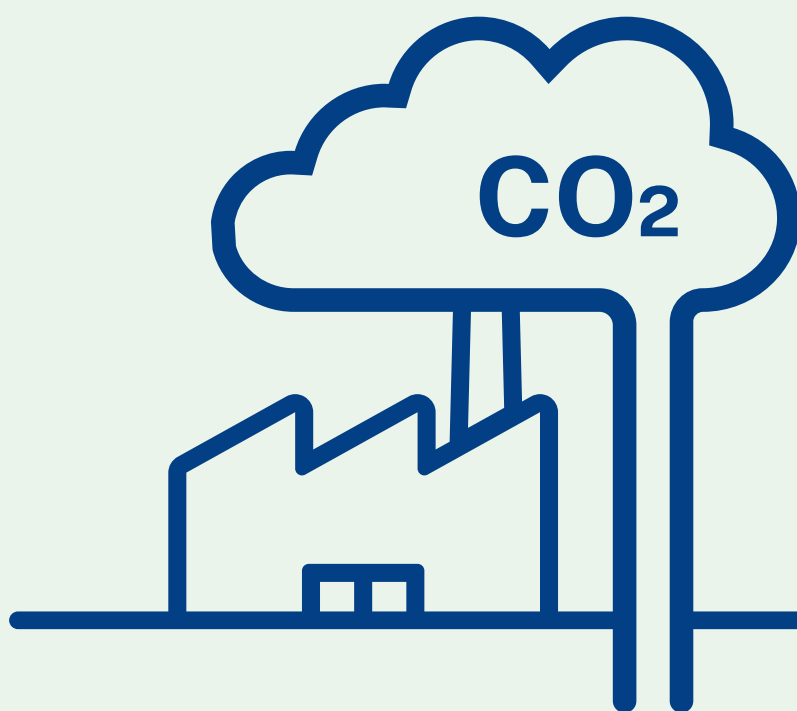


# Karbonfangst

Prosess21 CO<sub>2</sub>-håndteringsrapport



## Innhold

<b>Sammendrag</b> .....	<b>3</b>
Ekspertgruppen konkluderer med at:.....	3
Ekspertgruppen anbefaler at:.....	4
<b>Executive summary</b> .....	<b>6</b>
Committee of experts concludes that: .....	6
The committee of experts recommends that: .....	7
<b>Bakgrunn</b> .....	<b>9</b>
<b>Utviklingstrekk og trender</b> .....	<b>10</b>
Samfunnsmessige og politiske trender.....	10
<b>Prosessindustriens muligheter med CCS og bio-CCS</b> .....	<b>11</b>
CO <sub>2</sub> -håndtering i industriell kontekst.....	11
CO <sub>2</sub> -utslipp fra prosessindustrien og avfallsforbrenning i Norge.....	12
Teknologisk potensiale på ulike industrikilder .....	13
Lokalisering.....	13
Karakteristika ved aktuelle anlegg.....	14
Ulik grad av modenhet i prosjekter .....	15
En kort omtale av potensielle kommende teknologier som kan endre bildet .....	15
Klyngesamarbeid og delt CO <sub>2</sub> -infrastruktur .....	16
Eksempler på regional CO <sub>2</sub> -infrastruktur.....	17
<b>Etablering av infrastruktur for CO<sub>2</sub>-håndtering</b> .....	<b>19</b>
Hele verdikjeder og infrastruktur for CO <sub>2</sub> -håndtering må utvikles .....	19
Regelverk og finansieringsmodeller for CCS i Europa er ikke tilpasset en de-koblet modell .....	22
Nettverksmodeller gjør det mulig for ulike aktører å fokusere på det de er best på i verdikjeden .....	22
Infrastruktur krever store investeringer.....	23
Klimamålene i Norge og EU fordrer stor utbredelse av CCS .....	23
Infrastruktur bør utvikles modulært og med tydelige planer for hvordan den kan videreutvikles....	23
Infrastruktur for CCS skaper store muligheter for norsk industri .....	24
<b>Status og utsikter for CO<sub>2</sub>-håndteringskostnader og videre forskning</b> .....	<b>26</b>
Status for CO <sub>2</sub> -håndteringskostnader .....	26
Utsikter for CO <sub>2</sub> -håndteringskostnader .....	26
Potensiale for kostnadsreduksjon for CO <sub>2</sub> -håndtering i det norske fullskalaprojektet.....	27
Delvis fangst av utslipp .....	29

Videre forskning og utvikling blir viktig også når fullskalaprojektet utvikles videre og kommersialiseres .....	29
<b>Rammebetingelser for prosessindustri med CO<sub>2</sub>-fangst.....</b>	<b>31</b>
Produkter i internasjonal konkurranse .....	31
Reguleringer i Norge og EU.....	31
CO <sub>2</sub> -grenseavgift .....	31
Energitilgang - effekter av elektrifiseringen av samfunnet .....	32
CO <sub>2</sub> -håndtering - verktøy for grønn verdiskaping .....	32
Næringsvekst og vertskapsattraktivitet.....	32
Hydrogenproduksjon med CO <sub>2</sub> -håndtering.....	33
Negative CO <sub>2</sub> -utslipp gjennom bio-CCS.....	34
Markedsmekanismer for grønne produkter.....	35
Lavutslippsprodukter.....	35
<b>Verktøykasse med insentiver og støtteordninger for fangst og infrastruktur .....</b>	<b>38</b>
EUs innovasjonsfond .....	38
Nasjonalt CO <sub>2</sub> -fond .....	38
Lånegarantier .....	39
Skattekreditter .....	39
Støtte over statsbudsjettet kan ikke være den langsiktige løsning for CO <sub>2</sub> -håndtering .....	39
Contract for Difference (CfD) og Carbon Contract for Difference (CCfD) .....	39
Bedre avskrivningsbetingelser.....	40
Drahjelp fra finansmarkedet.....	40
Klimatiltak og offentlig finansiering .....	40
Offentlig kvalitetssikring av CCS prosjekter .....	41
<b>Bidragssystemer .....</b>	<b>42</b>
<b>VEDLEGG 1: Fangstteknologier .....</b>	<b>43</b>
Oversikt og karbonfangstteknologier .....	43
<b>VEDLEGG 2: Mandat for CCS ekspertgruppe .....</b>	<b>44</b>
Bakgrunn og begrunnelse for etablering av ekspertgruppen .....	44
Effekt mål for ekspertgruppen.....	44
Mål for Ekspertgruppen er å se på hvordan prosessindustrien kan ta CCS videre – etter realiseringen av fullskalaprojektet.....	44
Leveranser fra ekspertgruppen.....	45

## Sammendrag

### Ekspertgruppen konkluderer med at:

#### **CO<sub>2</sub>-håndtering er nødvendig for å nå klimamålene**

Norsk industri har et mål om at klimagassutslippene skal reduseres til null mot 2050. For at industrien skal nå dette målet er CO<sub>2</sub>-håndtering helt nødvendig. Dette er fordi CO<sub>2</sub>-håndtering i flere industrisektorer er den eneste måten man kan få en kraftig reduksjon i de prosessrelaterte utslippene som ikke lar seg redusere gjennom energieffektivisering eller overgang til fornybart råstoff. CO<sub>2</sub>-håndtering kan også, ved bruk av biobaserte innsatsmidler, bidra til negative utslipp – det vil si at CO<sub>2</sub> fjernes fra atmosfæren – som FNs klimapanelers rapporter viser vil være nødvendig for at klimamålet skal nås.

CO<sub>2</sub>-håndtering er svært kapitalintensivt. De første anleggene frem mot 2030 vil kreve betydelig statlig støtte for å bli realisert, siden kvoteprisen i EU ETS er lavere enn kostnadene ved å fange CO<sub>2</sub>. Norge har god erfaring med virkemidler og rammevilkår for å sikre investeringer og drift i en overgangsfase frem mot langsiktig lønnsomhet. Regjeringens innstilling om å realisere det norske fullskalaprojektet Langskip er meget positivt, men det vil fortsatt være behov for finansielle virkemidler for nye CO<sub>2</sub>-håndteringsprosjekter for å oppnå målet om nullutslipp mot 2050.

#### **Realisering av Langskip med to fangstanlegg vil gi viktig erfaring for å gå videre med CO<sub>2</sub>-håndtering på andre industrielle kilder**

Teknologier for fangst er tilstrekkelig utviklet og validert til å tas i bruk for å håndtere punktutslipp i prosessindustrien. Utbygging av anlegg for CO<sub>2</sub>-håndtering knyttet til flere industriutslipp vil bidra til ytterligere kostnadsreduksjon ved å industrialisere og standardisere fangst av CO<sub>2</sub>. Etablering av Langskip vil kunne gi gode synergieffekter mellom industrielle aktører og drift, forskning- og utviklingsmiljøer som vil bidra til ytterligere kostnadsreduksjoner.

#### **Industrielle utslippseiere har ikke kompetanse eller løfteevne til selv å etablere CO<sub>2</sub>-lager. Etablering av CO<sub>2</sub>-lager og transportsystem er en forutsetning for å videreutvikle markedet for CO<sub>2</sub>-håndtering i Norge og Europa**

Norge har unik erfaring og kompetanse med å fange og lagre CO<sub>2</sub> på en sikker måte i offshore CO<sub>2</sub>-lager. Flere nasjonale og europeiske aktører har vist interesse for å levere CO<sub>2</sub> til et norsk lager, etter at det er etablert. Etablering av CO<sub>2</sub>-lager i Langskip utgjør en vesentlig kostnad, men med flere brukere vil lagringskostnaden per tonn CO<sub>2</sub> reduseres vesentlig, ved at kapasiteten i lageret utnyttes bedre. Et utstrakt samarbeid med Europa er viktig for å øke utbredelsen av CO<sub>2</sub>-håndtering.

#### **Infrastruktur for CO<sub>2</sub>-håndtering vil bidra til å kunne realisere storskala produksjon av hydrogen til lavutslippsløsninger**

Hydrogen kan brukes for å erstatte fossile reduksjonsmidler i industrien og kan for enkelte industriprosesser medføre nullutslipp. Flere sektorer i Norge og Europa vurderer utstrakt bruk av hydrogen, noe som vil medføre økt behov for hydrogenproduksjon med lavt karbonavtrykk. Hydrogenproduksjon fra naturgass kan kun oppnå dette med CO<sub>2</sub>-håndtering. Det vil med stor sannsynlighet være behov for både hydrogen produsert ved elektrolyse og produksjon fra naturgass med CO<sub>2</sub>-håndtering, for å sikre tilgang til et større volum av hydrogen, også utover Norges grenser.

#### **Satsing på CO<sub>2</sub>-håndtering vil bidra til grønn industriutvikling, økt sysselsetting og økt konkurranseevne**

Både forskningsmiljøene og leverandørindustrien i Norge har i dag god kompetanse på CO<sub>2</sub>-håndtering. Etablering av prosjekter på CO<sub>2</sub>-håndtering i norsk industri vil derfor kunne bidra til økt sysselsetting i norsk leverandørindustri gjennom planlegging, bygging og drift. Ved etableringen av et aktivt hjemmemarked kan satsingen videreutvikles til en kommersiell fase, og bidra til å gjøre norsk leverandørindustri mer konkurransedyktig også internasjonalt. Norsk industri har allerede et unikt utgangspunkt på grunn av utslippsfri kraftproduksjon. CO<sub>2</sub>-håndtering gir muligheten til å produsere industriprodukter med ytterlig reduserte klimagassutslipp. Dette kan sikre eksisterende og skape nye arbeidsplasser ved å gjøre norske produkter mer konkurransedyktige på veien mot et nullutslippssamfunn.

## **Ekspertgruppen anbefaler at:**

### **Det norske fullskalaprojektet Langskip bør realiseres med begge fangstaktørene**

Fangstanleggene på både Klemetsrud og Brevik, samt transport- og lagerinfrastruktur i Northern Lights-konseptet er kritisk nødvendig for rask utrulling av CO<sub>2</sub>-fangst. To fangstanlegg bygger kompetanse og driftserfaring fra ulike bransjer med store nasjonale og globale utslipp, som begge er avhengige av CO<sub>2</sub>-håndtering for å redusere utslippene i betydelig grad. En logistikk-løsning som inkluderer flere kilder, vil også gi svært viktig erfaring for videre utvikling og planlegging av de neste industrielle fangstprosjektene i Norge og Europa, og gjøre prosjektene sterkere.

### **Infrastruktur etableres og driftes som en åpen og forutsigbar tjeneste**

For at CO<sub>2</sub>-håndtering skal være aktuelt for norsk prosessindustri, bør infrastruktur for transport og lagring etableres av profesjonelle aktører. Mottakssystem av CO<sub>2</sub> bør etableres og driftes som en tjeneste på lik linje med annen viktig samfunnsinfrastruktur. For å oppnå effektiv utnyttelse, forutsettes det åpen tilgang samt kommersiell og juridisk forutsigbarhet for norske og internasjonale brukere.

### **Sømløs virkemiddelpakke for nye fangstanlegg styrkes og koordineres mot virkemidler i EU**

CO<sub>2</sub>-håndtering er både bransje- og sektorovergrepene. Flere sektorer må jobbe sammen for å få på plass en hel kjede, og en av de aller viktigste effektene av å realisere det norske fullskalaprojektet Langskip vil være en infrastruktur (inkl. lagring) som ulike bransjer kan knytte seg til. Etter Langskip foreligger det ingen klar plan for om og hvordan virkemiddelapparatet skal utformes for å få fram etterfølgende fangstprosjekter.

Gassnova sitter i dag på viktig kompetanse, og har virkemidler for å støtte prosjekter fram til demonstrasjon. Et nærmere samarbeid mellom Gassnova og Enova vil kunne bidra til at kompetansen består, sikre en nærmere industriell tilknytning samtidig som prosjektene kan vurderes i forhold til andre lavutslippsprosjekter i industrien.

Gjennom CLIMIT-programmet støtter Gassnova/Forskningsrådet nå flere pågående industrielle prosjekter gjennom hele utviklingskjeden (forskning til demonstrasjon), men har ikke mandat til å støtte disse videre til realisering. Derfor anbefales det å forsterke virkemidlene for demonstrasjon og realisering av prosjekter hvor kostnadene øker vesentlig. Kommende prosjekter må antas ikke å bli tilnærmet fullfinansiert over statsbudsjettet. Et mål er at norsk industri har tilgang til internasjonale støtteordninger. Ekspertgruppa foreslår at det etableres et nasjonalt CO<sub>2</sub>-fond som sammen med bedriftens eget bidrag kan harmoniseres og koordineres med virkemidler i EU til en finansieringspakke.

### **Stimulere tilgang til privat kapital for prosjekter for CO<sub>2</sub>-håndtering**

Realisering av CO<sub>2</sub>-håndtering er i dag svært kapitalintensivt. Kostnadene knyttet til nye anlegg vil reduseres, men investeringene vil fortsatt anses som store, og kan ikke forsvares bedriftsøkonomisk i forhold til dagens verdi målt som kvotepriser. Tilgang til kapital er viktig for videre realisering av anlegg for CO<sub>2</sub>-håndtering. Myndighetene bør legge til rette for aktivisering av kapitalmarkedet ved å stille nødvendige lånegarantier og etablere forutsigbare betingelser for å investere i CO<sub>2</sub>-håndtering. Ekspertgruppa anbefaler i tillegg å vurdere å ta i bruk 'Contract for Difference' og 'Carbon Contract for Difference' som aktuelle virkemidler. Slike ordninger er benyttet andre steder, f.eks. i forbindelse med havvind. Ordningene bidrar både til investeringskostnadene og drift, og vil kunne bidra til å redusere regulatorisk og markedsmessig risiko for kapitalmarkedet og industrien samlet i hele verdikjeden.

### **Norge må bidra til å etablere markeder for grønne produkter og tjenester**

Norsk prosessindustri konkurrerer i et marked hvor produktpriser settes globalt. Det finnes i dag få prismekanismer som premierer grønne produkter og tjenester. Norske myndigheter må sikre at offentlige anskaffelser gir konkurransefortrinn for produkter og tjenester produsert med lavest mulig CO<sub>2</sub>-utslipp. Det kan også innføres teknisk krav i forskrift om CO<sub>2</sub>-utslipp fra produkter. For eksempel kan det innføres krav til utslipp fra materialer i byggeforskriftene. Videre bør Norge støtte EUs arbeid for å etablere et internasjonalt marked for grønne produkter. Arbeidet med å innføre en avgift basert på CO<sub>2</sub>-intensitet i med EUs Carbon Border Adjustment Mechanism (CBAM) som utvikles for å demme opp for import av varer produsert i land med svakere klimareguleringer og motvirke flytting av produksjon til disse landene må følges opp av norske myndigheter. En forutsetning må være at ordningen implementeres rettfærdig, inkluderer alle utslipp fra råvare til sluttprodukt og ikke går på bekostning av andre ordninger som CO<sub>2</sub>-kompensasjon og frikvoter.

### **Norge jobber for at det etableres insentiver til å fange bio-CO<sub>2</sub>**

En andel av innsatsfaktorene som brukes i industrien i dag er biomaterialer (treull, flis etc.). Som et ledd i å redusere fossilt CO<sub>2</sub>-utslipp ved å erstatte dagens bruk av fossilt kull og gass, vil bruken av biomasse i industrien øke fremover. Utslipp av CO<sub>2</sub> fra bærekraftig biomasse (bio-CO<sub>2</sub>) er regnet som karbonnøytralt. Ved å kombinere bruk av bærekraftig biomasse med CO<sub>2</sub>-håndtering, fjernes CO<sub>2</sub> fra kretsløpet (negative utslipp), noe rapportene til FNs klimapanel peker på vil være nødvendig for å nå klimamålet. Det er i dag ingen insentiver til å fange bio-CO<sub>2</sub>, hverken i Norge eller i EU. Slike insentiver vil være nødvendig for å gjøre det attraktivt å fange hele utslippet fra industri som benytter bærekraftig biomasse. Insentiver for å fange bio-CO<sub>2</sub> kan etableres ved for eksempel statlig kjøp av bio-CO<sub>2</sub> eller ved at det arbeides for å etablere en ordning i EU.

## Executive summary

### Committee of experts concludes that:

#### **CCS is necessary in order to meet climate goals**

The Norwegian process industry has a target to reduce its greenhouse emissions to zero by 2050. In order for industry to achieve this goal, carbon capture and storage (CCS) is an absolute necessity because there are several industrial sectors in which carbon capture is the only way to significantly reduce process-related emissions that cannot be reduced by means of energy efficiencies or transition to renewable sources of energy. The use of carbon capture when using bio feedstocks can also result in negative emissions - more specifically, CO<sub>2</sub> is removed from the atmosphere - which is an outcome that the United Nations' Intergovernmental Panel on Climate Change deem necessary if climate goals are to be met.

CCS is highly capital intensive. The first plants to go live prior to 2030 will require substantial state-backed funding if they are to be realised since the quota price in the EU ETS is lower than the costs of capturing CO<sub>2</sub>. Norway has good experience with the instruments and frameworks required to secure investments and delivering operations during a transitional phase that is aiming to result in long-term profitability. The Norwegian government's recommendation that project 'Longship' is to proceed is very positive, but new long-term financial instruments to support future CO<sub>2</sub> management projects are needed to meet the goal of zero emissions by 2050.

#### **The realisation of 'Longship' through the development of two capture facilities will provide vital experience to allow us to proceed with carbon capture at other industrial sites**

Capture technologies have been sufficiently developed and validated to be put into use for reducing CO<sub>2</sub> emissions at source in process-based industries. The development of carbon capture for a broad spectre of industrial emissions will contribute to further reductions in cost and increased industrialisation and standardisation of CO<sub>2</sub> capture technologies. The establishment of project Longship will result in positive synergies between industrial operators, research and development institutions which will result in further cost reductions over time.

#### **The owners of industrial emissions do not have the expertise or capability to establish CO<sub>2</sub> storage facilities by themselves. The establishment of CO<sub>2</sub> storage and transport systems is a prerequisite for the further development of the CO<sub>2</sub> handling market in Norway and Europe**

Norway has unique experience and expertise in capturing and storing CO<sub>2</sub> in a safe manner using offshore CO<sub>2</sub> storage reservoirs. Several national and European operators have shown an interest in supplying CO<sub>2</sub> to a Norwegian storage site following its establishment. The establishment of a CO<sub>2</sub> storage facility through Longship represents a significant expense, but with multiple users the storage cost per tonne of CO<sub>2</sub> will be significantly reduced through better utilisation of installed storage capacity. Extensive cooperation with Europe is a vital activity to increase the deployment of industrial CO<sub>2</sub> capture.

#### **CO<sub>2</sub> infrastructure will contribute to the realisation of large-scale hydrogen production and use with low emission**

Hydrogen can be used to replace fossil fuels in industry and may result in zero emissions when used in certain industrial processes. Several sectors, both in Norway and in Europe, are currently evaluating large scale use of hydrogen, which will result in increased need for hydrogen production with a low carbon footprint. Hydrogen production from natural gas can only achieve this through the use of CCS. It is highly likely that there will be a need for hydrogen produced through both water electrolysis and from natural gas with CCS in order to secure a greater volume of hydrogen with low CO<sub>2</sub> footprint.

#### **A commitment to CCS will contribute towards the development of green industry, increased employment and enhanced competitiveness**

Norway currently has excellent expertise in CCS in terms of research and in the supply chain. The establishment of CCS projects in Norway will therefore deliver increased employment in the Norwegian industry and the supply chain sectors through planning, construction and operation. The establishment of a domestic market for CCS will contribute to the development of a commercial marketplace and in making the Norwegian supply chain industry more competitive in the international green marketplace. Norwegian industry already has a unique starting point

thanks to its emission-free power generation. Carbon capture provides the opportunity to produce industrial products with large reductions in greenhouse gas emissions. This can secure existing jobs and create new ones by making Norwegian products more competitive as we progress towards being a zero-emission society.

## **The committee of experts recommends that:**

### **The Norwegian full-scale project 'Longship' should be realised with both capture projects**

The capture facilities at Klemetsrud and Brevik, as well as the transportation and storage infrastructure in the Northern Lights concept, are of critical necessity to ensure the rapid deployment of CO<sub>2</sub> capture. The two capture projects draw their expertise and operational experience from different industries with major national and global emissions. Both industrial sectors are dependent on carbon capture to reduce their CO<sub>2</sub> emissions. A logistics solution that incorporates multiple sources will be mutually reinforcing and also provide important experience necessary for the development and planning of the next industrial capture projects in Norway and Europe.

### **The CO<sub>2</sub> infrastructure to be established must be an open access system with predictable terms of service**

In order to ensure that carbon capture is an attractive opportunity for Norwegian process industry, CO<sub>2</sub> infrastructure for transportation and storage should be established by professional operators. The CO<sub>2</sub> infrastructure should be operated as a service equal to other key infrastructure services in the public sector. In order to achieve efficient utilisation, full third-party access, fair and transparent commercial and legal terms for both Norwegian and international users must be ensured

### **Seamless package of measures for new capture facilities to be boosted and coordinated against EU support mechanism**

CCS is both industry-specific and crosses sector boundaries. Hence, several sectors must cooperate to establish an entire CO<sub>2</sub> value chain. The most important feature of the Norwegian full-scale project will be the creation of CO<sub>2</sub> transport and storage infrastructure. The infrastructure enables industries in Norway and Europe to plan for capturing CO<sub>2</sub>. However, once the full-scale project is in place, there is no clear plan for how to ensure the development of subsequent capture projects.

Gassnova is currently in possession of key expertise and has the tools at hand to support projects up to the demonstration phase. Closer cooperation between Gassnova and Enova will help ensure that the combined expertise is better utilized to ensure that both industrial actors and capture projects can be assessed in relation to each other and in lieu of other low emission projects in the industry.

Gassnova and The Research Council of Norway are currently supporting several ongoing industrial projects through the CLIMIT programme throughout the development chain (research to demonstration), but they do not have a mandate to support projects at investment decision. As the risks and cost increases significantly during the latter phases of project development, we recommend that the incentives available for the demonstration and development of projects are strengthened. It is assumed that future projects will not achieve major funding only via the Norwegian government's state budget. The committee of experts therefore proposes the establishment of a national CCS CO<sub>2</sub> fund that will supplement corporate and market contributions. Additional funding should be pursued through the EU's funding packages for climate projects

### **Stimulate access to private capital for CCS projects**

Investment in CCS projects are highly capital intensive. While the costs tied to new capture projects will be reduced over time, investments will always be large. The cost for a ton of CO<sub>2</sub> in Europe's emissions trading system is unlikely to ensure commercial viability in the short to medium term. Access to capital is thus vital to further the deployment of more CCS projects. The authorities should leverage the capital markets through the establishment of a CCS loan guarantee and other predictable terms to secure investments in CCS. Additionally, the committee of experts recommends implementation of 'Contract for Difference' and 'Carbon Contract for Difference'. Schemes of this kind have been successfully used elsewhere, e.g. in connection with large scale deployment of offshore wind. These schemes contribute both to the investment costs and to operations, and greatly reduces regulatory and market-related risks throughout the value chain.



**Norway must help to establish markets for green products and services**

Norwegian process industry is competing in a market where products are priced globally. At present, few pricing mechanisms are available to place a premium on green products and services. The Norwegian authorities must ensure that public procurement awards a competitive advantage to products and services that are produced with the lowest possible CO<sub>2</sub> emissions. Technical CO<sub>2</sub> requirements based on product emissions may also be added to regulations. For instance, a CO<sub>2</sub> standard for materials could be added to the building code. Additionally, Norway should support the EU's initiative to establish an international market for green products through the introduction of a tax based on CO<sub>2</sub>-intensity. The EU's Carbon Border Adjustment Mechanism (CBAM) is being developed to curb the import of goods produced in countries with weaker climate regulations and to counteract the transfer of production processes to these countries (carbon leakage). A prerequisite is that the scheme is implemented fairly, that it includes all emissions from raw materials to the finished product and that it is not introduced at the expense of other scheme such as CO<sub>2</sub> compensation and free quotas.

**Norway is working to establish incentives for the capture of bio-CO<sub>2</sub>**

Several feedstocks currently used in industry are biomaterials (charcoal, wood chips, etc.). These feedstocks are primarily used to reduce fossil fuel consumption and related CO<sub>2</sub>-emissions. Consumption of biomass in the industry will increase in future. Emissions of CO<sub>2</sub> from sustainable biomass (bio-CO<sub>2</sub>) are considered as carbon neutral. By combining the use of sustainable biomass with carbon capture, CO<sub>2</sub> will be removed from circulation (negative emissions), which the United Nations' Intergovernmental Panel on Climate Change's reports show will be necessary if climate goals are to be met. There are currently no incentives for the capture of Bio CO<sub>2</sub> in Norway or the EU. Incentives of this kind will be essential in order to make it attractive to capture all emissions from industries that use sustainable biomass. Incentives for the capture of bio-CO<sub>2</sub> may be established through measures such as state purchase of bio-CO<sub>2</sub> or through working towards the creation of an EU scheme.

## Bakgrunn

Mange studier viser at karbonfangst og –lagring (Carbon Capture and Storage - CCS) er nødvendig for å ha en rimelig sjanse for å nå klimamålet fra Parisavtalen om mindre enn to grader oppvarming innen år 2100<sup>1</sup>. I tillegg til CCS vil det høyst sannsynlig også være behov for å fjerne CO<sub>2</sub> fra atmosfæren, såkalte negative utslipp. Dette fordi vi som samfunn i dag ligger langt etter de nødvendige utslippskuttene som må til for å nå klimamålet.

Bio-CCS (BECCS) og 'Direct Air Capture' (DAC), er to former for CCS som kan gi negative utslipp. BECCS er fangst av CO<sub>2</sub> fra biomasse brukt til energiproduksjon eller av CO<sub>2</sub> som inngår i industriprosesser der CO<sub>2</sub> frigjøres. BECCS kan derfor anvendes ved produksjonen av for eksempel sement og stål, eller ved avfallsforbrenning av bio-basert avfall.

I starten var CCS en 'smal' teknologi, som i hovedsak var rettet mot energisektoren og reduserte CO<sub>2</sub>-utslipp fra bruk av fossil energi. De siste årene har perspektivet på CCS blitt bredere og det har blitt forståelse for at CCS kan anvendes på mange industrielle kilder til CO<sub>2</sub> og forbrenning av avfall. Utviklingen av CCS har også gått fra å være en løsning for noen få og store anlegg til å bli mer 'nettverks-basert', med mange selskaper og teknologi-varianter tilpasset forskjellige industrier i en mindre skala.

Langskip har vært under planlegging over flere år og danner grunnlag for scenarier for CO<sub>2</sub>-håndtering i Norge. CO<sub>2</sub>-fangst ved både Klemetsrud og Norcem Brevik må gjennomføres for å få driftserfaring og utvikle insentiver og rammevilkår på to forskjellige anlegg både i og utenfor kvotepliktig sektor. CO<sub>2</sub>-håndtering på to anlegg vil doble volumet CO<sub>2</sub> fanget og reduserer tiltakskostnader pr. tonn CO<sub>2</sub> lagret.

Ekspertgruppen synes det er meget positivt med beslutning om Langskip og støtte til fangst av CO<sub>2</sub> fra sementfabrikken til Norcem i Brevik, men hadde ønsket også full støtte til forbrenningsanlegget på Klemetsrud. Klimakur 2030 viser at CO<sub>2</sub>-håndtering på tre avfallsforbrenningsanlegg kan redusere Norges ikke-kvotepliktige utslipp med 4 millioner tonn innen 2030, hvorav 1,8 millioner bio-CO<sub>2</sub>. Dette potensialet la til grunn en oppstart av Klemetsrud sommeren 2024, og at de to andre anleggene fulgte på i 2027 og 2028. Å få etablert et første CO<sub>2</sub>-fangstanlegg på et avfallsforbrenningsanlegg vil gi læring til de neste, og en mulighet for potensiale hos også flere.

Ekspertgruppen konkluderer med at realisering av Langskip med to fangstanlegg vil gi viktig erfaring for å gå videre med CO<sub>2</sub>-håndtering på andre industrielle kilder

Videre vil en logistikk-løsning som inkluderer flere kilder gi svært viktig erfaring for videre utvikling og planlegging av de neste industrielle fangstprosjektene i Norge og Europa. Samtidig vil en hel CO<sub>2</sub>-håndteringskjede i sin natur bli mer robust ved å ha mer enn en leverandør av CO<sub>2</sub> inn til infrastrukturen som etableres med Langskip.

Norsk sokkel er godt egnet for lagring av CO<sub>2</sub>, og Norge har mer enn 20 års erfaring med fangst og lagring av CO<sub>2</sub> i industriell skala gjennom Sleipner og Snøhvit prosjektene.

Rett etter signering av Parisavtalen i 2015 la Norsk Industri sammen med medlemsbedrifter frem sitt veikart for klimareduksjoner i industrien<sup>2</sup>. Av alle mulige tiltak for klimagassreduksjoner viste veikartet at CO<sub>2</sub>-håndtering var det tiltaket som kunne redusere utslippene mest i industrien og som må gjennomføres for å nå klimaforpliktelsene og oppfylle industriens visjon om nullutslipp innen 2050. I 2018 etablerte Regjeringen Prosess 21 med mandat å operasjonalisere veikartet ved å adressere utfordringer og behov vedrørende teknologi, økonomi og rammevilkår. Ekspertgruppen for karbonfangst har gjennom 2019/20 arbeidet med anbefalinger og forutsetninger som må på plass for å utløse storskala CO<sub>2</sub>-håndtering før 2030, og legge grunnlaget for en rekke fangstanlegg frem mot 2050.

Medlemmene i Ekspertgruppen for Karbonfangst har vært sammensatt av eksperter fra industri, forskning og utvikling, teknologiselskaper og fra arbeidsliv. Ekspertgruppen har hatt fem møter, to workshops, samt flere møter i undergrupper. Sekretariatet var sammensatt av representanter fra Gassnova og Miljødirektoratet.

Ekspertgruppen anbefaler at det norske fullskalaprojektet Langskip bør realiseres med begge fangstaktørene

<sup>1</sup> IPCC (2018): [Special Report: Global Warming of 1.5 °C](#)

<sup>2</sup> Norsk Industri (2016): [Veikart for prosessindustrien – økt verdiskaping med nullutslipp i 2050](#)

## Utviklingstrekk og trender

### Samfunnsmessige og politiske trender

Etter Parisavtalen i 2015 og 1,5 °C spesialrapporten fra FNs klimapanel om oppvarming ifra 2018 har diskusjonen om klima i Norge og mange andre land gått i retning av en mer ambisiøs klimapolitikk.<sup>3</sup> Et eksempel er at Norge nylig har forsterket sitt klimamål til 2030 til minst 50 % og opp til 55 % kutt i forhold til utslippsnivået i 1990<sup>4</sup>. Klimakur 2030 rapporten<sup>5</sup> fra i fjor utreder mulige klimatiltak som kan oppfylle klimamålet i de sektorene som ikke er med i EUs kvotesystem (dvs. transport, landbruk, bygg, avfall og mindre utslipp fra prosessindustrien). Energiproduksjon og industri er med i EUs kvotesystem, som betyr at Norge må rette seg etter de felles målene for kvotesystemet satt av EU i tråd med Parisavtalens mål om å prøve å begrense oppvarmingen til 1,5 °C ved utløpet av dette århundret er visjonen for Norge tilnærmet nullutslipp av klimagasser innen 2050. Dette er svært ambisiøse målsettinger for Norge og enda mer for verden. Samtidig har dynamikken på klimaområdet blitt stadig mer preget av initiativer i industrien, store selskaper, byer og kommuner, organisasjoner og finanssektoren enn av politikk på nasjonalt og globalt nivå. Spørsmålet blir nå hvordan Koronapandemien vil påvirke klimapolitikken. Dette vil avhenge av om landene og næringslivet klarer å utnytte det momentet som pandemien kan skape for en større omstilling i grønn og bærekraftig retning.

Folketallet på jorden vil fortsette å stige ut dette århundret og urbaniserings-trenden vil også fortsette. Dette betyr at behovet for infrastruktur og bygninger vil vokse, der stål, betong og aluminium er viktige innsatsfaktorer. Disse varene vil etterspørres selv om samfunnet klarer å fase ut fossile energivarer i løpet av noen tiår. Det har blitt større forståelse for at klimagassutslippene må kuttes i alle sektorer dersom det ambisiøse klimamålet fra Parisavtalen skal nåes, og ikke bare på de områdene der det er enklest. Det er altså ikke nok å fase ut fossile energivarer ved å bygge ut vind- og solenergi og redusere CO<sub>2</sub>-utslippene ved å bygge ut noe CCS i energisektoren. Utslippene av klimagasser i industrien - ikke minst i prosessindustrien - må også reduseres substansielt, og CCS er i mange tilfeller det mest interessante og effektive alternativet.

Det er tydelig at Norge, EU og noen andre land prioriterer å nå klimamålet i Paris-avtalen, mens mange andre land gir lav prioritet til klima. Denne trenden kan bli forsterket av Korona-pandemien. Samtidig er økonomien i stor grad globalisert og norsk prosessindustri må konkurrere med bedrifter i andre land hvor det stilles mindre ambisiøse klima- og miljøkrav. En grenseskatt på importerte produkter med stort klimaavtrykk kan innføres for å sikre at norske og europeiske miljø- og klimavennlige produkter kan konkurrere med billigere importerte produkter.

Det har gått senere en forventet når det gjelder satsing på CO<sub>2</sub>-håndtering i Europa og andre land. Selv om det i dag er 19 CO<sub>2</sub>-håndteringsprosjekter i drift globalt og ytterligere 32 på ulike utviklingsstadier er det fremdeles stor usikkerhet knyttet til verdien av CO<sub>2</sub>-håndtering, fordi denne avhenger av om mange land satser betydelig på å nå klimamålet i Parisavtalen, og i tillegg satser på CO<sub>2</sub>-håndtering som klimatiltak.<sup>6</sup> Spørsmålet blir om det finnes bedre alternativer for å redusere klimagassutslippene og hvor langt CO<sub>2</sub>-håndtering kan utvikles videre. Etablering av et eller to CO<sub>2</sub>-håndteringfullskala anlegg og tilhørende infrastruktur kan vise at Norge tror på CO<sub>2</sub>-håndtering som en viktig klimaløsning, noe som kan utløse satsing på CO<sub>2</sub>-håndtering i flere land. Direktør Fatih Birol, IEA, framhever at CO<sub>2</sub>-håndtering er en avgjørende teknologi for å nå klimamålet, at Norge kan gjøre en forskjell, samt har gode forutsetninger for å lykkes med CO<sub>2</sub>-håndtering.<sup>7</sup> Lykkes Norge med en CO<sub>2</sub>-håndterings-satsing kan dette inspirere flere land til å satse på CO<sub>2</sub>-håndtering.

<sup>3</sup> IPCC (2018), Special report: Global warming of 1.5 °C, Summary for Policymakers. <https://www.ipcc.ch/sr15/chapter/spm/>

<sup>4</sup> Regjeringen.no (2020), [Norge forsterker klimamålet for 2030 med minst 50 prosent og opp mot 55 prosent](#)

<sup>5</sup> Miljødirektoratet (2019), [Klimakur 2030](#).

<sup>6</sup> Global CCS Institute (2020), Global status of CCS 2019. <https://www.globalccsinstitute.com/resources/global-status-report/>

<sup>7</sup> Mullis, Magnus Eikeli (2020), IEA-sjef Fatih Birol: – Minst to gode grunner til at elbiler ikke vil stoppe klimakrisen, Nettavisen, 2. september. <https://www.nettavisen.no/okonomi/iea-sjef-fatih-birol--minst-to-gode-grunner-til-at-elbiler-ikke-vil-stoppe-klimakrisen/3424013100.html>

# Prosessindustriens muligheter med CCS og bio-CCS

## CO<sub>2</sub>-håndtering i industriell kontekst

FNs klimapanelers rapport<sup>8</sup> anslår at om lag 21 % av nødvendige kutt i klimagassutslippene i industrien må bli gjennomført ved CO<sub>2</sub>-håndtering dersom to-gradersmålet skal nås. I mai 2019 presenterte det internasjonale energibyrået (IEA) sin rapport «Transforming Industry through CCUS»<sup>9</sup> der CO<sub>2</sub>-håndtering via CCUS framheves som et av de mest kostnadseffektive tiltakene for reduserte utslipp av klimagasser. Videre har IEA lansert en spesialrapport september 2020 «CCUS in Clean Energy Transitions»<sup>10</sup> der dette budskapet forsterkes. Rapporten estimerer at om lag 60 % av eksisterende industrianlegg og nyere kraftverk vil måtte montere karbonfangst frem til 2050. Videre slår rapporten fast at karbonfangst er en kosteffektiv løsning for hydrogen med lavt CO<sub>2</sub>-fotavtrykk, nødvendig i store volum for å oppnå lavutslipp i industri og transport, og at CO<sub>2</sub>-håndtering vil bidra til negative CO<sub>2</sub>-utslipp ved karbonfangst på biobaserte forbruk i industri og kraftproduksjon.

Også for flere industrier i Norge vil CO<sub>2</sub>-håndtering være et nødvendig middel for å redusere CO<sub>2</sub>-utslippene. Dette fordi CO<sub>2</sub>-utslippene kommer fra selve råstoffet i produksjonen av sluttproduktet og dermed ikke vil kunne fjernes ved bruk av fornybar kraft.

Sementprodusentene har gjort mye for å redusere utslippene ved å bruke biobasert masse for energitilførsel til sementovnene, men dette fjerner potensielt kun 1/3 del av utslippet av CO<sub>2</sub>. Siden 2/3 av CO<sub>2</sub>-utslippene kommer fra omdanning av kalkstein til sement, er CO<sub>2</sub>-håndtering en sentral del av sementprodusentenes klimaløsning. Installasjon av CO<sub>2</sub>-håndtering vil også fange bio-CO<sub>2</sub> ved bruk av bioenergi, noe som gjør det mulig å oppnå negative utslipp.

Kjemi- og petrokjemiproduksjon omfatter et bredt spekter av prosesser og utslippskilder, der CO<sub>2</sub>-håndtering kan spille en rolle for flere. Dette er en bransje som har ulike alternativer for å redusere sine utslipp, som kjemisk resirkulering eller biobaserte tilsatsstoffer. Utredninger av ulike klimaløsninger tyder på at CO<sub>2</sub>-håndtering kan være et kostnadseffektivt tiltak.<sup>11</sup>

Ekspertgruppen konkluderer med at CO<sub>2</sub>-håndtering er nødvendig for å nå klimamålene

Avfallsforbrenning fører til CO<sub>2</sub>-utslipp som en uunngåelig del av prosessen. Når avfall først skal forbrennes er CO<sub>2</sub>-håndtering det eneste utslippsreducerende alternativet. Typisk er mer enn halvparten av avfallet biobasert slik at installasjon av CO<sub>2</sub>-håndtering vil kunne bidra til en betydelig andel negative utslipp.

Produksjon av mineralgjødsel bruker ammoniakk som innsatsfaktor og produksjonen av ammoniakk er denne bransjens primære kilde til utslipp av CO<sub>2</sub>. Ammoniakkproduksjon baseres primært på dampreforming av gass for å produsere hydrogen til ammoniakksyntesen. Om lag 2/3 av CO<sub>2</sub>-utslippene fanges allerede i dag, da CO<sub>2</sub> må fjernes fra prosessen før ammoniakksyntesen. En del av denne fangede CO<sub>2</sub> leveres til næringsmiddelproduksjon, men hoveddelen slippes ut da markedet kun har behov for en liten del av volumet. Et alternativ til CO<sub>2</sub>-håndtering for denne bransjen er omlegging av produksjonsprosessen til å produsere hydrogen vha. strøm og vannelektrolyse.

Raffinerier har ulike CO<sub>2</sub>-utslippskilder, og CO<sub>2</sub>-håndtering er lite anvendbart på enkelte av disse. Hydrogenproduksjon i raffineringprosessen vil derimot være aktuelt å kombinere med CO<sub>2</sub>-håndtering, siden dette ofte er større punktutslipp av CO<sub>2</sub>.

Metallindustrien har komplekse prosesser, og produksjon foregår i flere ulike trinn. Kun en del av de samlede utslippene kan fanges ved hjelp av karbonfangst i dagens prosesser. En av utfordringene for f.eks. aluminiumsproduksjonen med tilførsel av ventilasjonsluft som medfører at CO<sub>2</sub>-utslippene tynnes ut og gjør karbonfangst mer krevende. Siden dagens prosesser er krevende å rense, ser flere av industriene i denne bransjen

<sup>8</sup> IPCC, 2014b [AR5](#).

<sup>9</sup> IEA (2019) [Transforming Industry through CCUS](#).

<sup>10</sup> IEA (2020) [CCUS in Clean Energy Transitions](#).

<sup>11</sup> "Using CCUS in industry and fuel transformation is one of the most cost-effective ways to reduce emissions, particularly from processes that produce concentrated CO<sub>2</sub> streams." IEA (2020), CCUS in Industry and Transformation. <https://www.iea.org/reports/ccus-in-industry-and-transformation>.

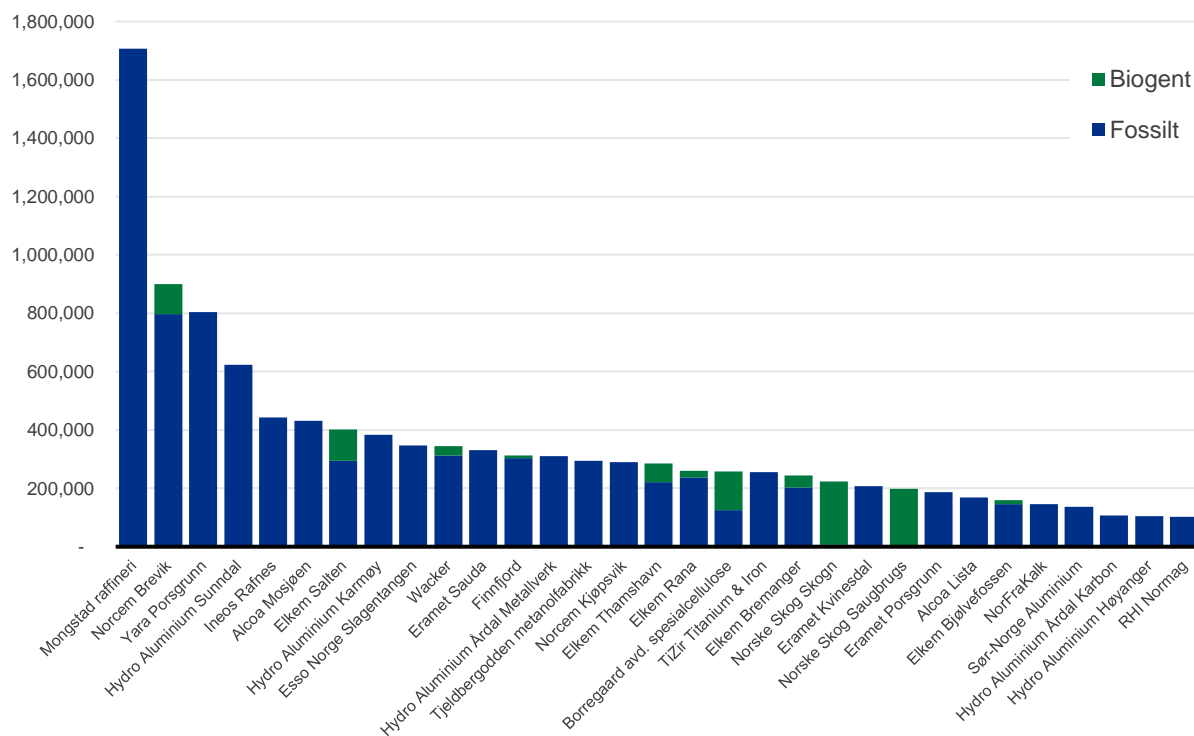
på å endre hele produksjonsprosessen for enten å gjøre prosessen mer tilrettelagt for CO<sub>2</sub>-håndtering, eller for å bruke hydrogen som reduksjonsmiddel i stedet for kullbasert reduksjon.

Flere typer prosessindustri kan redusere sine CO<sub>2</sub>-utslipp ved å ta i bruk hydrogen i sine industriprosesser (bla. stål og jern). Dette hydrogenet må produseres med lavt CO<sub>2</sub>-fotavtrykk for å få ønsket klimaeffekt. Hydrogen produsert fra naturgass vil måtte ta i bruk CO<sub>2</sub>-håndtering for å få lavt CO<sub>2</sub>-fotavtrykk. Dette hydrogenet omtales ofte som blått hydrogen. Alternativt kan hydrogen produseres ved hjelp av vannelektrolyse, som ofte omtales som grønt hydrogen. CO<sub>2</sub>-fotavtrykket til grønt hydrogen bestemmes av CO<sub>2</sub>-fotavtrykket til elektrisiteten som brukes, og er derfor i klima-sammenheng bare interessant dersom den er produsert ved hjelp av vannkraft, vindkraft eller solenergi. Blått hydrogen anses i dag for å være den mest kostnadseffektive måten å produsere hydrogen med lave utslipp, men konkurranseforholdet mot grønt hydrogen avhenger sterkt av skala, periodevis overskudd på vind- eller solenergi, energipriser og behovet for lang transport og distribusjon.

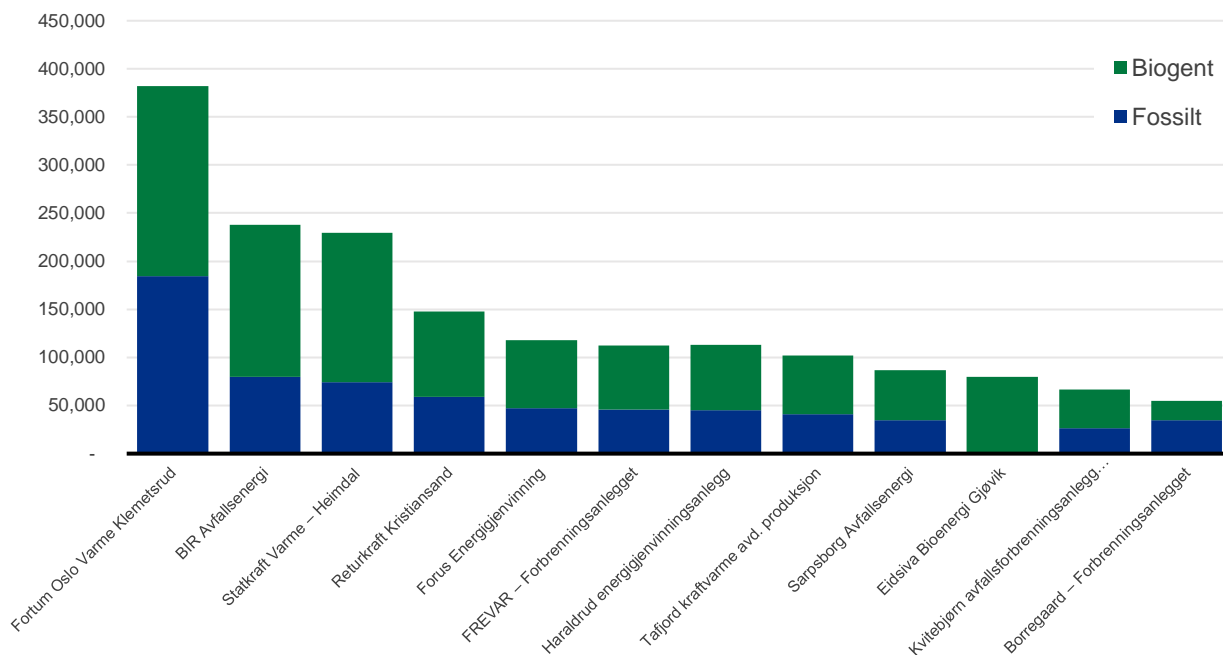
## CO<sub>2</sub>-utslipp fra prosessindustrien og avfallsforbrenning i Norge

Det er få enkeltutslipp av CO<sub>2</sub> i Norge som er store nok til å etablere en kommersiell kjede av CO<sub>2</sub>-fangst, transport og lagring alene. I tillegg er, som vist i kapittelet under, størrelsen på CO<sub>2</sub>-utslipp kun én av mange faktorer som spiller inn i vurderingene av hvor reduksjon i CO<sub>2</sub>-utslipp enklest kan gjennomføres. Under presenteres det en oversikt over de største CO<sub>2</sub>-utslippene i prosessindustrien og fra avfallsforbrenning (Figur 2), fordelt på fossilt og biogent CO<sub>2</sub>. Den fleksible logistikk-kjeden lagt til grunn i Northern Lights tillater CO<sub>2</sub>-håndtering både fra store utslipp fra enkeltkilder og fra klynger hvor flere utslippskilder samlet gir et signifikant avtrykk. Slike klynger kan inneholde CO<sub>2</sub>-utslipp både innenfor og utenfor kvotepliktig sektor. Noen av disse klyngene er beskrevet avslutningsvis i dette kapittelet.

Den norske prosessindustrien består i grove trekk av metallurgisk, kjemisk og mineralsk industri. Sammenlignet med europeiske land har vi en relativt høy andel produksjon av aluminium, silisium- og manganlegeringer (ikke-jernholdige metaller), mens jern- og stålproduksjonen er lav sammenliknet med store deler av EU.



Figur 1. Utslipp av fossilt og biogent CO<sub>2</sub> fra norsk prosessindustri i 2019. Inkluderer bare bedrifter med utslipp som overstiger 100 000 tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter (Kilde: Miljødirektoratet)



Figur 2. Utslipp av fossilt og biogent CO<sub>2</sub> fra de største norske avfallsforbrenningsanleggene. Oversikten er sammensatt av rapporterte CO<sub>2</sub>-utslipp til Miljødirektoratet og beregnet utslipp basert på CO<sub>2</sub> per rapportert forbrant avfall (faktor: 1,14 tonn CO<sub>2</sub>/tonn avfall). Fordeling av karbondioksid fra fossilt og biomasse er basert på avfallsfraksjoner der det er tilgjengelig (Kilde: Miljødirektoratet)

## Teknologisk potensiale på ulike industrikilder

For å evaluere det tekniske potensialet for CO<sub>2</sub>-fangst fra ulike industrikilder i Norge har ekspertgruppen foretatt en rundspørring blant en rekke av selskapene med størst utslipp av CO<sub>2</sub>. I det følgende presenterer vi en overordnet betraktning med bakgrunn i resultater fra denne rundspørringen. Formålet har vært å beskrive ulike utfordringer bedrifter med utslippspunkt vil oppleve dersom CO<sub>2</sub>-håndtering skal iverksettes, gjennom et sett parametere. I tillegg har vi forsøkt å synliggjøre hvilken utslippsreduksjon som kan oppnås basert på tilgjengelig teknologi i perioden frem til 2030, samt indikere hvilke teknologier som mulig vil bli tilgjengelig fram til 2050.

Vi har i beskrivelsen ikke tatt hensyn til kostnader, og kapittelet er heller ikke ment å beskrive det økonomiske rammeverket. Det er imidlertid grunn til å anta at større teknisk kompleksitet vil lede til høyere kostnad. Vi har i denne rundspørringen antatt lagring av CO<sub>2</sub> i offshore formasjoner og dermed behov for transport til endelig lagringssted ved bruk av skip.

De parametere som er identifisert som viktige for å avklare teknologisk potensiale for CO<sub>2</sub>-håndtering er:

### Lokalisering

**Tilgjengelighet til kai for transport av CO<sub>2</sub>:** Utslippspunkt lokalisert langt fra egnet kai vil gi komplikasjoner i lokal logistikk. En vil da måtte sikre transport gjennom rørledning, lektere/tilsvarende, eller veibasert transport. Undersøkelsen viser at de fleste utslippspunkt i norsk prosessindustri ligger 0-1000 m fra kai.

**Tilgjengelig plass for fangstanlegg:** Industrien er ikke opprinnelig plassert for å gjennomføre CO<sub>2</sub>-håndtering. Enkelte lokaliteter kan derfor oppleve å ha begrenset plass. Hinder kan være fjell og fjord, men også annen industri eller boligområder tett på. Undersøkelsen viser at de fleste utslippspunktene har begrenset tilgang på areal, og at prisen på areal varierer – både alternativkostnad ved eget bruk til annen aktivitet og dersom en må kjøpe tilstøtende areal.

**Tilgjengelig plass for logistikk:** Utslipp fra industrien er kontinuerlig og korrelerer med produksjon. Skipstransport vil ha en fast frekvens for henting av fanget CO<sub>2</sub>. Dette betyr at vil være behov for å kunne mellomlagre CO<sub>2</sub> tilsvarende minimum det bedriften slipper ut mellom hvert skipsanløp. Det samme gjelder her som for tilgjengelig plass til selve fangstanlegget. For de fleste utslippspunkt er areal et kostnadsspørsmål.

#### Vi har identifisert

- Majoriteten av prosessindustrien i Norge er lokalisert ved eller i nærheten av et kaianlegg.
- Gjennom transportkjeden valgt av Northern Lights, vil en kunne nå over 80 prosent av kvotepliktige utslipp.
- Lite tilgjengelig plass kan komplisere implementering av CCS. Tilgjengelig plass varierer fra utslippspunkt til utslippspunkt, og vil være et kostnadsdrivende element.
- For ikke-kvotepliktig utslipp antas tallet for lokasjon ved umiddelbar nærhet til kai å være lavere.

#### Oppsummering

Det er grunnlag for å hevde at majoriteten av utslippspunktene i Norge favoriseres av sjøbasert transport, og at Northern Lights' valg om transport av CO<sub>2</sub> på skip fra utslippspunkt til lagringshub kan anses for å være et strategisk riktig valg.

#### Karakteristika ved aktuelle anlegg

**Størrelsen på CO<sub>2</sub>-utslippene:** Volumet av CO<sub>2</sub>-utslipp vil indikere effekten av tiltak på de enkelte utslippspunktene. Sammen med lokaliseringen vil dette kunne gi et bilde av det totale antall tonn CO<sub>2</sub> som er tilgjengelig for fangst i Norge. Det er stor variasjon i størrelsen på årlige utslipp: både for det enkelte anlegg som varierer fra 50.000 til over 1.000.000 tonn CO<sub>2</sub>, til hvor store utslipp som kommer fra den enkelte pipe på lokaliteten.

**Konsentrasjon av CO<sub>2</sub> i røykgass:** Konsentrasjon av CO<sub>2</sub> i røykgassen varierer fra kilde til kilde. De fleste utslippspunkt har CO<sub>2</sub>-konsentrasjoner fra 3 til 30 % CO<sub>2</sub>, med hovedvekt mellom 5 % og 20 %. Det finnes teknologier av varierende modenhet for å oppkonsentrere CO<sub>2</sub> før fangst, slik at fangstkostnadene vil gå ned. Det er ikke tatt hensyn til slike studier i denne rapporten, men det omtales i korte trekk ved avslutningen av dette kapittelet.

**Tilgjengelighet til kjølevann:** Tilgjengelig teknologi er avhengig av å redusere temperaturen på røykgassen før fangst av CO<sub>2</sub>. Dette kan føre til et betydelig behov for kjølevann. Behovet for vann øker om røykgassen også må forbehandles med tanke på rensing av andre avgasser før fangst. Lav tilgjengelighet av kjølevann vil komplisere eller fordyre implementering av karbonfangst. Undersøkelsen viser at kjølevann stort sett finnes tilgjengelig fra 0 - 500 m fra utslippspunktet

**Tilgjengelig varme:** Tilgjengelig teknologi krever også tilgang på varme til fangstprosessen. Dermed vil utslippspunkt med tilgjengelig overskuddsvarme oppleve lavere kompleksitet og kostnad ved implementeringen av karbonfangst. Undersøkelsen viser at varmetilgang kan utgjøre en utfordring for flere utslippspunkt. Det er enten begrenset overskuddsvarme på lokasjonen, eller så er prisen på denne varmen høy. Det er gjort flere studier på effekten av delvis fangst, hvor en fanger så mye CO<sub>2</sub> som en har overskuddsvarme til. Det er ikke tatt hensyn til slike studier i denne rapporten, men det omtales i korte trekk ved avslutningen av dette kapittelet.

**Antall utslippspunkt:** Selskapene kan ha flere utslippspunkt per lokasjon. Dette kan både være flere piper med samme type røykgass, men også ulike typer røykgass. Kompleksiteten vil øke ved sistnevnte, samt om det er betydelig avstand mellom de ulike utslippspunktene. Undersøkelsen viser at om lag 30 % av utslippspunktene har ett utslippspunkt, mens de fleste varierer fra to til fem.

**Påkrevd ombygging/tilpasning av utslippspunkt:** Enkelte utslippspunkt vil ha behov for å tilpasse utslippet for å tilrettelegge for karbonfangst. Det kan være forbehandling av røykgass, oppkonsentrering av CO<sub>2</sub> før fangst eller tilpasning av pipe/skorstein. Ethvert slikt nødvendig inngrep vil komplisere implementering av karbonfangst. Undersøkelsen viser at de fleste utslippspunktene krever moderat tilpasning av selve utslippspunktet for å kunne installere CO<sub>2</sub>-fangst.

**Påkrevd ombygging/tilpasning av prosess:** Enkelte prosesser er i dag ikke egnet for CO<sub>2</sub>-fangst. Eksempler på dette kan være produksjonsprosesser med åpne ovner (kun avsugsventilasjon). I disse tilfellene vil det måtte gjøres endringer og inngrep i selve produksjonsprosessen før karbonfangst kan installeres. Dette vil kreve til dels betydelige inngrep i forkant av karbonfangst-utbygging. Undersøkelsen viser at de fleste utslippspunktene krever noe tilpasning også av selve prosessen for å kunne installere CO<sub>2</sub>-fangst.

#### **Ekspertgruppen har identifisert:**

Om lag 5 millioner tonn kvotepliktig CO<sub>2</sub> per år er tilgjengelig for karbonfangst, med et varierende kostnadsbilde. Samtidig viste Klimakur 2030 at i overkant av 800.000 tonn ikke-kvotepliktig CO<sub>2</sub> per år vil kunne fanges og lagres fra avfallsforbrenningsanleggene på Klemetsrud i Oslo, BIR i Bergen og Heimdal i Trondheim i 2030.

Kostnaden ved fangst vil ikke variere signifikant for konsentrasjon mellom 5 og 15 % CO<sub>2</sub>. Det er teknologisk mulig å fange CO<sub>2</sub> fra røykgass med lavere konsentrasjon, men det vil sannsynligvis ha en høyere kostnad per tonn fanget CO<sub>2</sub>. Tilsvarende vil snittkostnad per tonn sannsynligvis reduseres ved fangst fra røykgass med CO<sub>2</sub>-konsentrasjon over 15 %.

Ekspertgruppen har videre identifisert at det også finnes prosessindustri som sannsynligvis ikke vil ha mulighet til å fange CO<sub>2</sub> ved bruk av dagens eksisterende teknologi. Dette er blant annet i industrielle prosesser hvor utslippene ikke samles i et utslippspunkt og/eller har en svært lav konsentrasjon.

#### **Oppsummering anlegg:**

Vi har identifisert få lokaliteter som ikke har teknologiske muligheter til å fange CO<sub>2</sub> fra sine utslippsskilder. Det er imidlertid svært ulike betingelser og tilgjengelige rammer fra lokalitet til lokalitet, slik at kostnad per tonn fanget CO<sub>2</sub> vil kunne variere mellom anleggene. Det er få lokaliteter som har nok detaljert kunnskap rundt de ulike kostnadselementene til at det er mulig å etablere en sammenligning for å vise kostnader per tonn.

#### **Ulik grad av modenhet i prosjekter**

**Utført evaluering av CO<sub>2</sub>-håndtering:** Noen selskaper har allerede kommet langt med studier for å evaluere CO<sub>2</sub>-håndtering på ulike lokaliteter. For disse lokasjoner vil oversikten over kompleksitet og gjennomføring være tydeligere og mer detaljert enn for de som ikke har gjennomført slike studier. Dette vil også kunne si noe om modenhet for eventuell beslutning om å bygge ut CO<sub>2</sub>-håndtering basert på tilgjengelig teknologi.

Undersøkelser ekspertgruppen har gjennomført viser at få lokaliteter har gjort en detaljert nok studie til å kunne anslå reelle kostnader for CO<sub>2</sub>-håndtering.

## **En kort omtale av potensielle kommende teknologier som kan endre bildet**

Det pågår mye arbeid innen utvikling og kommersialisering av karbonfangstteknologi. Se Vedlegg I for en oversikt over ulike fangstteknologier. Kort oppsummert jobbes det med å løse følgende problemstillinger:

#### **Reduksjon av behov for forbehandling**

De fleste eksisterende teknologier har et behov for både bestemte temperaturer og en røykgass renses for de fleste andre urenheter. Ved å fjerne behovet for forbehandling vil en både kunne oppnå lavere kapitalkostnad (CAPEX) og lavere driftskostnad (OPEX).

#### **Reduksjon av størrelse på anlegg**

Konvensjonell teknologi er preget av høye tårn og store anlegg. Arbeidet med modularisering og reduisering av størrelsen uten å tape kapasitet vil kunne forenkle 'retrofiting', redusere CAPEX og gjøre det enklere å fange CO<sub>2</sub>, spesielt der hvor lokaliteten har mer enn ett utslippspunkt.

#### **Reduksjon av energibehovet ved fangst**



Eksisterende teknologi krever betydelig tilførsel av energi. I hovedsak er dette varmeenergi for å regenerere fangststoffet. En mer energieffektiv fangstteknologi i kombinasjon med effektiv varmeintegrering mot lokasjonen vil redusere OPEX.

Det finnes også svært mange ulike tilnærminger til fangst, hvorav hver tilnærming har sine styrker og svakheter. Denne rapporten går ikke i detalj på teknologiene, men disse alternativene kan nevnes:

- Videreutvikling av fangst med solventer/fangststoff. Både utvikling av fangststoff og av tilhørende prosess teknologi
- Membraner for å fange CO<sub>2</sub>
- «Solid Sorbents»; fangst ved hjelp av pellets
- Metal Organic Framework (MOF) Utvikling av nye strukturer med en betydelig overflate

I tillegg utvikles det ulike typer komplementær teknologi, som for eksempel resirkulering og oppkonsentrering av røykgass. Ved å oppkonsentrere røykgass fra en CO<sub>2</sub>-konsentrasjon på 3 % til 6-7 % vil en kunne muliggjøre billigere CO<sub>2</sub>-fangst per tonn.

## Klyngesamarbeid og delt CO<sub>2</sub>-infrastruktur

Klyngesamarbeid omhandler samarbeid om felles infrastruktur og en felles CO<sub>2</sub>-hub for ulike kilder, og felles mellomlagring før skipet fra Northern Lights kan hente og frakte til lagring på den norske sokkelen. Det er få enkeltutslipp av CO<sub>2</sub> fra prosessindustri i Norge (inklusive BioCCS) som er store nok til å etablere en kommersiell kjede av CO<sub>2</sub>-fangst, transport og lagring alene. De fleste CO<sub>2</sub>-utslippkildene fra prosessindustri i Norge ligger i områder der det også er andre CO<sub>2</sub>-utslipp. I disse tilfellene er det mulig med separate CO<sub>2</sub>-fangstprosesser, og med felles transport- og lagringsløsninger.

Eksempler på områder (klynger) med flere store CO<sub>2</sub>-utslipp er

- Grenland
- Fredrikstad/Sarpsborg/Halden (Borg CO<sub>2</sub>)
- Oslo
- Agder (Eyde-klyngen)
- Mo i Rana (CO<sub>2</sub> Hub Nordland)
- Kårstø (O&G)
- Øygarden (O&G)
- Kårstø (O&G)
- Tjeldbergodden (O&G)

Den store fordelen med klyngesamarbeid er at kostnadene ved CO<sub>2</sub>-håndtering kan deles på flere. En annen fordel kan være at slike fellesløsninger vil bidra til større åpenhet om både tekniske og kommersielle sider av løsningene. En naturlig konsekvens av dette kan være at mellomlagring og transport lokalt av CO<sub>2</sub> kan utføres av en egen kommersiell enhet pr. klynge. For å realisere samarbeid om slike løsninger, må det sees nærmere på bl.a. kostnadsfordeling, prioriteringer ved redusert kapasitet i transport/lagringskjeden og eventuelle stopp i fangst fra enkeltaktører.

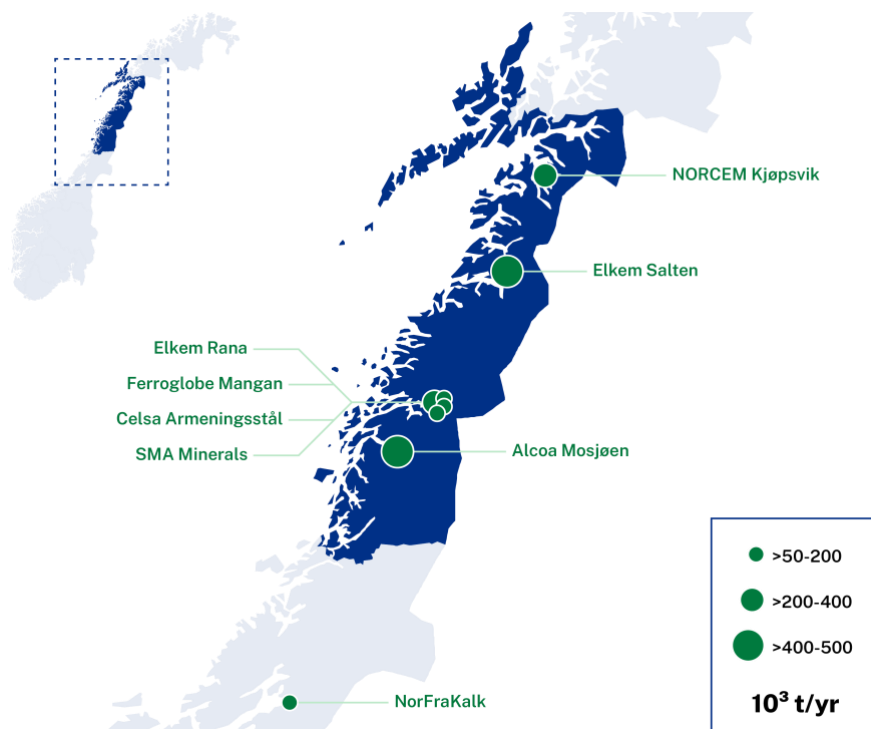
Det må videre sees på kostnadene for infrastrukturen som ligger utenfor bedriftens eget område og fangstanlegg, spesielt for de anleggene som ikke ligger direkte tilknyttet et kaianlegg. Her må den fangede CO<sub>2</sub>-en sannsynligvis fraktes med rørledning, noe som kan fordyre enkeltanleggene. Mange regionale grupperinger (klynger) har startet samarbeid for å utvikle regionale løsninger for karbonfangst, transport og lagring. Disse grupperingene burde støttes både regionalt og nasjonalt, fordi de er viktige for å etablere regionale CO<sub>2</sub>-fangstprosjekter som krever samarbeid.

For å insentivere bedriftene ytterligere til å etablere fangstanlegg bør ansvaret – og kostnadene – ved de første anleggene tas over ved «fabrikkgjerdet» slik at transport fra fabrikkens område til lagringsstedet håndteres av en ekstern aktør.

## Eksempler på regional CO<sub>2</sub>-infrastruktur

### CO<sub>2</sub>-Hub Nordland

CO<sub>2</sub>-Hub Nordland (2018-2020) er et prosjekt som er støttet av CLIMIT demo, og der Mo Industripark er prosjekteier. I 2017 ble det gjennomført et forprosjekt blant bedrifter i Nordland. Prosjektet består av ni partnere med et samlet utslipp på ca. 2 mill. tonn CO<sub>2</sub> per år. Prosjektpartnerne er lokalisert på til sammen fem lokasjoner, fire i Nordland og en i Trøndelag. Ut fra dagens driftssituasjon kan det være mulig å fange opp til 1,5 mill. tonn CO<sub>2</sub>. Partnerne representerer flere ulike industrisektorer: ferrolegering, aluminium, sement, kalk og armeringsstål.



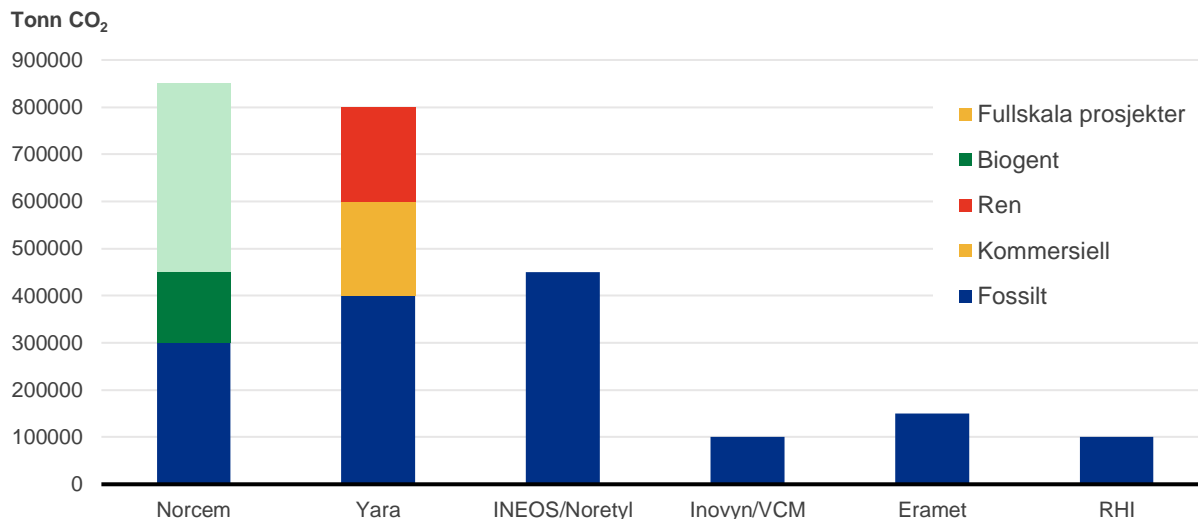
Figur 3. Prosjektpartnerne i CO<sub>2</sub>-Hub Nordland.

#### Prosjektet omfatter følgende aktiviteter:

- Teknologivurderinger med design av fangstanlegg på eksisterende utslipp av CO<sub>2</sub>
- Kartlegging av kildene, muligheter for utnyttelse av overskuddsvarme, kjølevann og areal tilgjengelig
- Vurdering av prosessendringer som kan gi en økning av fangbart CO<sub>2</sub>
- Vurdering av CCU på lokasjoner som er spesielt tilrettelagt
- Vurdering av mellomlager for transport av CO<sub>2</sub> til Northern Lights-prosjektet
- Kostnadsestimater for de enkelte fangstanlegg

### Grenland

Et område som er kommet langt i planleggingen av et felles prosjekt for CO<sub>2</sub>-fangst og deretter felles løsning for transport (og lagring), er Grenland. Det er allerede etablert en kjede for CO<sub>2</sub>-fangst (CO<sub>2</sub>-produksjon) fra Yara sin ammoniakk-produksjon med transport av CO<sub>2</sub> på skip ut fra Herøya og CO<sub>2</sub>-fangst fra sementfabrikken til Norcem i Brevik og en transportløsning fra Brevik er inkludert i Langskip. En felles løsning for CO<sub>2</sub>-transport fra flere CO<sub>2</sub>-kilder i Grenland (Norcem, Yara, Ineos, Eramet) har vært diskutert. Figur 4 viser de viktigste punktutslippene av CO<sub>2</sub> fra industrien i Grenland



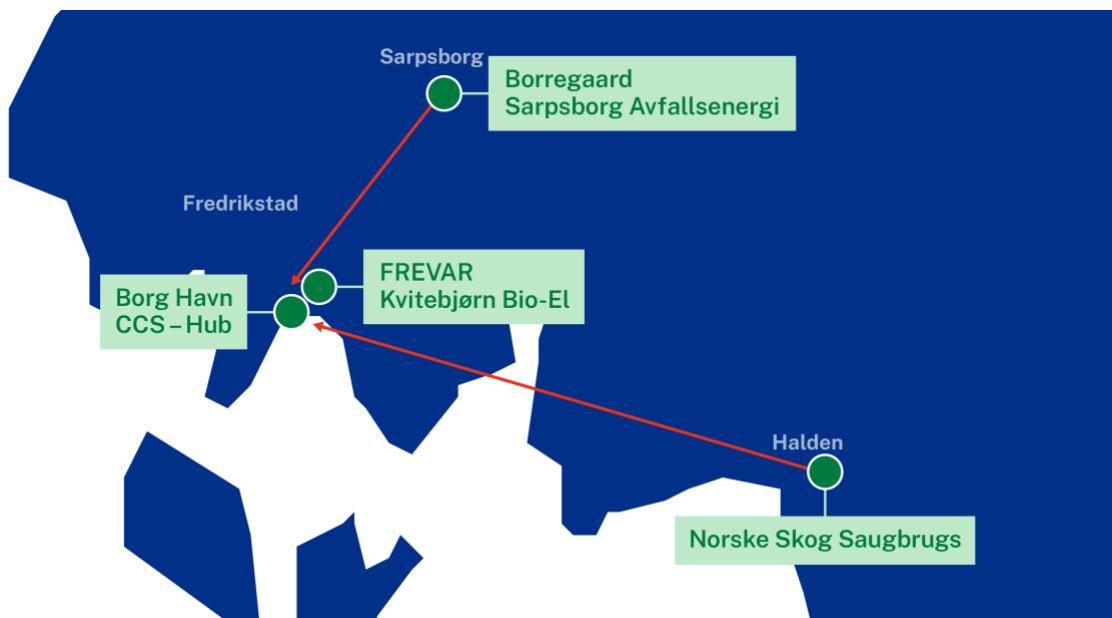
Figur 4. CO<sub>2</sub> punktutslipp fra industrien i Grenlandsområdet. (Kilde: SINTEF rapport nr. 2020:00667)

### Borg CO<sub>2</sub>

Borg CO<sub>2</sub> har jobbet planmessig med karbonfangst, bruk og lagring, siden årsskiftet 2017/2018. Gjennom mulighetsstudiet 'CCS-klynga på Øra og regionalt', støttet av CLIMIT, ser de på muligheten for å fange CO<sub>2</sub> fra fem ulike kilder (tre ulike lokasjoner) i Viken og levere til permanent lagring via Northern Lights. Samlet har klyngen potensialet for å fange opp mot 630.000 tonn CO<sub>2</sub>, hvorav en stor andel er biogent CO<sub>2</sub>.

Utslippspunktene er fordelt på tre lokasjoner:

- Fredrikstad, Øra Industriområde (FREVAR og Kvitebjørn Bio-El)
- Sarpsborg (Borregaard og Sarpsborg Avfallsenergi)
- Halden (Norske Skog Saugbrugs)



Figur 5. Plassering av bedrifter i Borg CO<sub>2</sub>-klyngen.

Da utslippspunktene ligger med flere kilometers avstand fra hverandre må det utarbeides en regional CO<sub>2</sub>-infrastruktur for å knytte disse sammen, inkludert transport til mellomlagring og egnet plassering av dette.

## Etablering av infrastruktur for CO<sub>2</sub>-håndtering

### Hele verdikjeder og infrastruktur for CO<sub>2</sub>-håndtering må utvikles

En av de største barrierene for karbonfangst og -lagring i stor skala i Europa dag er at det ikke er en åpent tilgjengelig løsning og tjeneste for lagring. Hvis en industriaktør ønsker å begynne med CO<sub>2</sub>-fangst, så har de per i dag ikke noe sted å lagre CO<sub>2</sub>.

Erfaringer fra utviklingen av Northern Lights er at når industriaktører rundt om i Norge og Europa har troen på at det vil komme en fleksibel og åpen transport- og lagertjeneste for CO<sub>2</sub>, begynner flere av disse industriaktørene å jobbe seriøst med utvikling av fangstprosjekter. Dette underbygges av at det i oktober 2020 var er cirka 30 industribedrifter som er i dialog med Northern Lights om mulig transport og lagring.

Tabellen under viser data fra noen av prosjektene Northern Lights er i aktiv dialog med som har pågående CO<sub>2</sub>-håndtering prosjekter og som ønsker transport og lagring av CO<sub>2</sub> fra deres industriutslipp:

Company	Equinor, Shell, Total	Fortum	Heidelberg Cement				Arcelor Mittal	Borg CO <sub>2</sub>	Ervia	Stockholm Exergi	Total unngått utslipp
Project	Northern Lights	Oslo	Norcem	Cementa Site	Hannover	CBR Lixhe	Gent Carbalyst	Borg	Clusters	Stockholm	
Country	Norge	Norge	Norge	Sverige	Tyskland	Belgia	Belgia	Norge	Irland	Sverige	
Totalt utslipp [ ktonn/år ]	N.A	460	800	1800	640	1200	390	700	3500	900	
Andel bio CO <sub>2</sub> [ % ]	N.A	50%	35%	12%	6%	20%	100%		5%	100%	
Fangst rate [ % ]	N.A	90%	50%	89 %	78 %	83 %	90%	90%	95%	80-95%	
<b>Totalt unngått utslipp [ ktonn/år ]</b>	<b>N.A</b>	<b>410</b>	<b>400</b>	<b>1600</b>	<b>500</b>	<b>1000</b>	<b>350</b>	<b>630</b>	<b>3325</b>	<b>720-860</b>	≈ 9 millioner tonn CO <sub>2</sub> pr. år
Andel bio CO <sub>2</sub> [ ktonn/år ]	N.A.	205	140	180	25	180	350	430	165	720-860	
Fossilt og prosess utslipp [ ktonn/år ]	N.A.	205	260	1420	475	820	0	200	3160	0	
Planlagt oppstart [ årstall ]	2024	2024	2024	2028	2028	2028	2027	2025	2028	2025	
<b>CCS relaterte jobber:</b>											<b>Totalt</b>
I utbyggingsfasen [ årsverk ]	1320	1509	1050	1300	875	1036	180	1000+	3525	1030	≈ 11800
I driftsfasen [ antall arbeidsplasser ]	90	56	20	60	60	60	16	30-50	300	20	≈ 680

Tabell 1: Potensiale for CO<sub>2</sub>-utslippsreduksjon og verdiskaping i form av arbeidsplasser for et utvalg av pågående prosjekter i dialog med Northern Lights. (Kilde: Northern Lights - CCS and the EU COVID-19 Recovery Plan "The positive economic impact of a European CCS ecosystem" - May 2020)

I tillegg til Northern Lights er det noen andre europeiske prosjekter som er i planleggingsfase der det å etablere system for transport og lagring av CO<sub>2</sub> er sentralt. Det er stor forskjell i modenheten, og ingen av disse er kommet til investeringsbeslutning. Et utvalg av relevante prosjekter er:

- ACORN: et prosjekt i Skottland der man ønsker å utnytte eksisterende gass og olje infrastruktur til transportere CO<sub>2</sub> fra ulike utslippspunkter i regionen og lagre CO<sub>2</sub> i et tomt offshore gassfelt.<sup>12</sup>
- Net Zero Teesside: et prosjekt på nordøst kysten av England der man planlegger å dekarbonisere en stor industriklynge nær Teesside vha. CO<sub>2</sub>-håndtering og felles utnyttelse av CO<sub>2</sub>-infrastruktur og lagring. Målet er å kunne fjerne opp mot 10 millioner tonn CO<sub>2</sub>/år.<sup>13</sup>

<sup>12</sup> <https://theacornproject.uk/>

<sup>13</sup> <https://www.netzeroteesside.co.uk/>

- Port of Rotterdam CO<sub>2</sub> Transport Hub and Offshore Storage - Porthos: et Nederlandsk prosjekt der målet er å samle CO<sub>2</sub>-utslipp fra industri nær Rotterdam havn og ha felles rørledning til et tomt gassfelt ca. 20 km utenfor kysten. Det er planlagt kapasitet til å fange 2,5 millioner tonn CO<sub>2</sub>/år.<sup>14</sup>

Utvikling og kvalifisering av konkret lagringskapasitet er altså både effektivt og nødvendig, for å trigge utviklingen av fangst, logistikk og transportprosjekter.

Den viktigste innovasjonen innen CO<sub>2</sub>-håndtering nå er derfor å realisere hele verdikjeder med fangst, transport og lagring i industriell skala. Når CCS-verdikjeder er etablert vil de så måtte videreutvikles, forbedres, forstørres og multipliseres. Dette gjøres best ved å sikre et kontinuerlig samspill mellom prosjekter, teknologiutvikling og FoU. CO<sub>2</sub>-håndteringsløsninger som er under utvikling i Europa i dag er nettverksbaserte

I 2019 var det på verdensbasis 19 operasjonelle fullskala CO<sub>2</sub>-håndteringsløsninger, og ytterligere fire under konstruksjon<sup>15</sup>. Samlet har disse en kapasitet på 40 millioner tonn CO<sub>2</sub> i året, med en forventet økning på ytterligere én million innen 12-18 måneder, som følge av overgang fra konstruksjon til operasjonell fase for de nyeste anleggene. Ifølge IEA's

**Ekspertgruppen konkluderer med at Industrielle utslippseiere har ikke kompetanse eller løfteevne til selv å etablere CO<sub>2</sub> lager. Etablering av CO<sub>2</sub>-lager og transportsystem er en forutsetning for å videreutvikle markedet for CO<sub>2</sub>-håndtering i Norge og Europa**

«Sustainable Development Scenario»<sup>16</sup>, et scenario som er konsistent med en 66 prosent sannsynlighet for å begrense global oppvarming til 1,8 grader Celsius i 2050, vil CO<sub>2</sub>-håndtering måtte levere 9 prosent av de kumulative utslippsreduksjonene mellom 2019 og 2050. Dette tilsvarer et årlig volum på 1,5 milliarder tonn CO<sub>2</sub> som blir fanget og lagret permanent per år, som står i stor kontrast til kapasiteten per i dag. De fleste av dagens anlegg er fullt integrerte løsninger med «et fangstanlegg, en rørledning og et lager». Sett i lys av kontrasten mellom dagens globale CO<sub>2</sub>-håndteringskapasitet og behovet som er nødvendig for å oppnå en tilstrekkelig reduksjon i CO<sub>2</sub>-utslipp, og at denne kapasiteten har brukt flere tiår på å utvikle seg, er det tydelig at den tradisjonelle måten å utvikle CCS-prosjekter på har mislyktes i å akselerere global CO<sub>2</sub>-håndtering kapasitet til det nødvendige nivået.

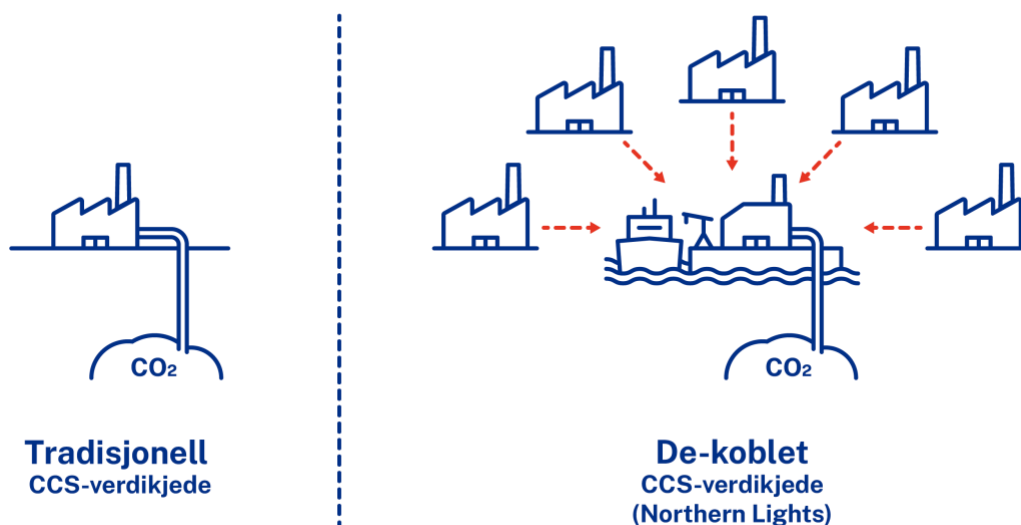
Dette er en av hovedgrunnene til at de CO<sub>2</sub>-håndtering -prosjektene som nå er under utvikling i Europa er nettverksbaserte, hvilket vil si at de muliggjør at fangst og lagring skjer på ulike steder. Denne strukturen gir en de-kobling av verdikjeden som er mer lovende enn de integrerte løsningene. En slik de-kobling har en rekke fordeler:

- Tilgang til lagerinfrastruktur er en forutsetning for utvikling av fangstprosjekter. Som følge av at fangst og lagring skjer på ulike steder, i tillegg fleksibilitet i transportleddet, gjør dette at industrielle aktører som tidligere ikke hadde tilgang til lager nå kan realisere sine CO<sub>2</sub>-håndteringprosjekter. Sverige er et godt eksempel på dette, der flere industrielle aktører er tydelige på at Northern Lights er en forutsetning for å realisere CO<sub>2</sub>-fangst på deres industrianlegg.
- Kostnaden ved å utvikle transport- og lagerinfrastruktur blir fordelt mellom flere, hvilket bidrar til å senke den individuelle kostnaden for hver enkelt fangstaktør.
- Oppdeling av verdikjeden senker risikoen ved å la erfarne aktører håndtere sin respektive del (eks. olje- og gasselskaper utvikler lager offshore, som følge av sin erfaring med seismikk og olje- og gassutvinning).
- Oppdeling av verdikjeden muliggjør standardisering og modulisering, hvilket er en forutsetning for ytterligere kostnadsreduksjoner (f.eks. er gass prosessering, mellomlagring og avlasting til skip komponenter som vil være svært like på tvers av fangstprosjekter).

<sup>14</sup> <https://www.porthosco2.nl/en/>

<sup>15</sup> Global CCS Institute (2019): [GGC Global Status Report 2019](#)

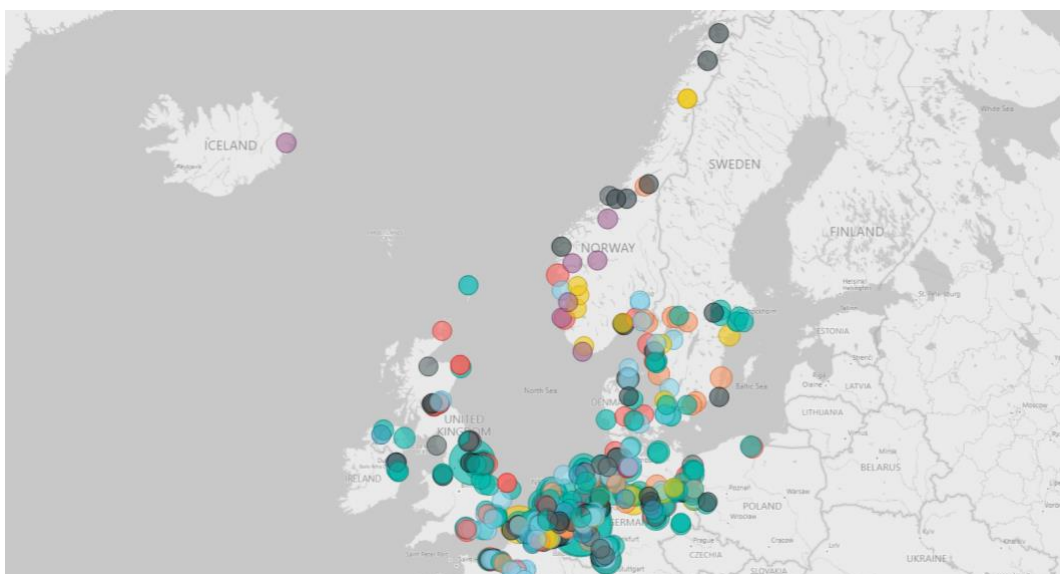
<sup>16</sup> IEA (2019): [Sustainable Development Scenario](#)



Figur 6. Tradisjonell vs. de-koblet CCS-verdikjede

Som forklart i punkt over muliggjør den nettverkbaserte modellen en eksponentiell økning av fangstprosjekter. Antallet fangstprosjekt, som blir muliggjort som følge av en åpen lagerinfrastruktur vil være avhengig av fleksibilitet i transportleddet (rørledning, skip, lastebil/tog), og en teknologisk og kommersiell optimalisering som følge av geografi og tilgjengelig CO<sub>2</sub>-volum.

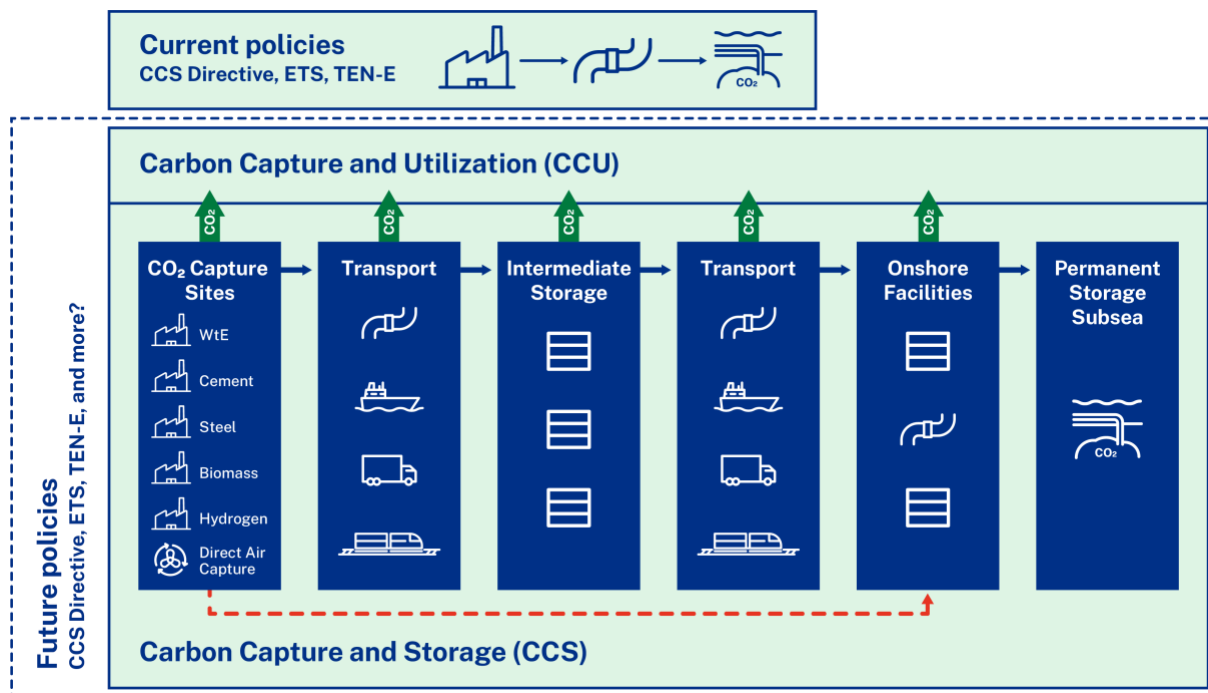
Northern Lights gjennomfører transport av CO<sub>2</sub> ved hjelp av skip, hvilket muliggjør at alle industrielle fangstaktører kan frakte CO<sub>2</sub> til nærmeste havn for å få tilgang på lagring. Skipstransport tilbyr høy grad av fleksibilitet. Data fra European Pollutant Release and Transfer Register (E-PRTR) på alle industrielle utslipp over 100.000 tonn pr. år muliggjør visualisering av kilder som kan knytte seg til Northern Lights. Analyseverktøyet utviklet av Endrava, Carbon Limits og Norske olje og gass. Dersom man filtrerer på en avstand (luftlinje) på 1500 km fra Northern Lights, som er en rimelig avstand for skipstransport, og inkluderer alle industrielle kilder som har en eksisterende havn innenfor 25 km avstand, gir dette 615 kilder med et totalt utslipp på 574 millioner tonn CO<sub>2</sub> i året. Dette er illustrert i Figur 7. Med en så stor portefølje av potensielle fangstkandidater muliggjør dette en faset utvikling av lager, som kan oppskaleres som følge av at markedet for CCS modnes.



Figur 7. 615 industrielle kilder, med et akkumulert utslipp på 574 millioner tonn CO<sub>2</sub> per år, innenfor 1500 km seilingavstand fra Northern Lights og har en havn innenfor en 25 km. radius. (Kilde: Northern Lights Project Concept report RE-PM673-00001, Endrava CaptureMap verktøy 2020)

## Regelverk og finansieringsmodeller for CCS i Europa er ikke tilpasset en de-koblet modell

Per i dag er det meste av regelverk og finansieringsmuligheter for CCS i Europa tilpasset den tradisjonelle modellen; «et fangstanlegg, en rørledning og et lager». Som følge av dette er det flere punkter som må revideres i EUs lagringsdirektiv, EUs kvotesystem (EU ETS) og TEN-E (CEF). Effektiv finansiering og et oppdatert regelverk er en forutsetning for at CCUS nettverket, som nå er under utvikling, lykkes.



Figur 8. Dagens regelverk og finansieringsmodeller er ikke tilpasset en de-koblet modell

## Nettverksmodeller gjør det mulig for ulike aktører å fokusere på det de er best på i verdikjeden

En de-kobling av verdikjeden gir føringer for hvilke aktører som bør ta hovedansvaret for ytterpunktene av kjeden, og på den måten også for hvordan forretningsmodeller best bør organiseres.

CO<sub>2</sub>-fangst og integrasjonen av CO<sub>2</sub>-fangst i industriprosessene bør gjøres av bedriftene som er ansvarlige for disse. Industriaktørene kan ikke forventes å ha kapasitet til å engasjere seg utover CO<sub>2</sub>-fangst og integrering av denne i sin produksjonsprosess, hverken faglig eller økonomisk.

Aktører som ønsker å bruke CO<sub>2</sub> som råvare (CCU) kan kjøpe dette fra selskap med CO<sub>2</sub>-fangstanlegg til en gitt markedspris. Under forutsetning at denne CO<sub>2</sub> permanent fjernes fra atmosfæren bidrar dette til industriens klimamål. Volum av CO<sub>2</sub> som utnyttes til andre formål vil være begrenset i et klimaperspektiv. Dette er videre beskrevet av Prosesst21 ekspertgrupperapport for Ny prosessteknologi med reduserte klimagassutslipp.

Permanent geologisk CO<sub>2</sub>-lagring offshore på den andre siden bør gjøres av organisasjoner med kompetanse fra olje/gass-utvinning og med kompetanse til å utvikle, drifte, overvåke og evt. gjøre tiltak ved CO<sub>2</sub>-lagring under havbunnen.

For tjenester og infrastruktur mellom fangst og permanent lagring finnes det flere alternative måter for hvordan disse kan struktureres og driftes. Sentrale elementer er flytendegjøring, lokal transport og mellomlagring(er). Det er ikke opplagt hvem som har best kompetanse til dette. En modell kan være at lageraktøren integrerer sin virksomhet oppover i verdikjeden og tar seg av disse elementene også. En annen modell er at spesialiserte aktører tilbyr disse spesifikke tjenestene i et åpent marked.

En de-koblet verdikjede gjør at det vil være behov for ulike insentiver for ulike aktører i verdikjeden. På fangstsiden er det behov for sterkere insentiver til å redusere CO<sub>2</sub>-utslipp fra industriprosesser, mens det på lagersiden er viktig med insentiver som motiverer bedrifter med nødvendig kompetanse og ressurser for offshore CO<sub>2</sub>-lagring til å prioritere arbeid og investering i dette.

### Infrastruktur krever store investeringer

Det krever store investeringer å få lager, rør, kompressorer og skip i drift. Investeringer, kapitalkostnader, drift og avkastningskrav for infrastrukturen vil sette prisen for å levere et tonn CO<sub>2</sub> for lager. Andre kostelementer kan være særlige myndighetskrav og ansvarsrett for lagret CO<sub>2</sub>. Som diskutert i kapitlet om finansiering og insentiver er det en rekke ordninger som reduserer både risiko og øker forutsigbarheten for investeringer og lønnsomhet. En viktig faktor for infrastrukturen er den økonomiske organiseringen av transport og lagring.

CO<sub>2</sub>-infrastrukturen i USA har 7.250 km med CO<sub>2</sub>-rør og er eiet av ulike aktører i konkurranse på levering og mottak. Den norske infrastrukturen vil ved oppstart være et naturlig monopol ettersom det er kun én operatør av mottak og lager samt én operatør av transport fra fangstanlegg til mottaksterminal. En monopolsituasjon fordrer spesielt fokus på kostnadseffektivitet, transparens og regulering.

**Ekspertgruppen anbefaler at infrastruktur etableres og driftes som en åpen og forutsigbar tjeneste**

Norges kraftnett, veier, jernbaneinfrastruktur og gassrørinfrastruktur er regulert til marginal avkastning over faktiske kostnader for drift av systemet. Infrastrukturen driftes etter regelverk og forskrifter som er forankret i norsk lov med statlige operatørselskaper som Gassco, Statnett og Jernbaneverket. Avkastning for denne infrastrukturen varierer, men overstiger ikke 7 % når alt er hensyntatt. Risiko i de forskjellige sektorer varierer, dermed også kalkulasjonsrenten.

### Klimamålene i Norge og EU fordrer stor utbredelse av CCS

Når det etableres to eller flere CO<sub>2</sub>-lager og transportaktører med forskjellige eierkonstellasjoner, vil det oppstå reell konkurranse mellom operatører for lagertjenester og transport av CO<sub>2</sub>. Skal Norge og Europa nå sine mål må derfor flere lager etableres utover Northern Lights. Dette fordrer økt samhandling med europeiske aktører. Dette kan gi gode synergier og bidra til en kosteffektiv utnyttelse av CO<sub>2</sub>-infrastruktur.

Ekspertgruppen tar ikke stilling til hvilke driftsmodell eller avkastningskrav som bør settes for slik infrastruktur, men forutsetter at infrastruktur driftes lønnsomt og i tråd med avkastningskrav som reflekterer graden av konkurranse og modenheten i markedet for transport og lagring av CO<sub>2</sub>. På det nåværende tidspunkt er de kommersielle risikoene omfattende. Transparens, myndighetskrav og regulering vil kunne avbøte usikkerheter inntil et marked er etablert. Dette blir spesielt viktig for prosjekter som i stor grad finansieres av staten.

### Infrastruktur bør utvikles modulært og med tydelige planer for hvordan den kan videreutvikles

Med infrastruktur menes systemet som kobler den fangede CO<sub>2</sub>-en med lageret. Transport av fanget CO<sub>2</sub> kan skje ved bruk av rør, eller tanker (på skip, tog, eller bil) designet for flytende CO<sub>2</sub>. Fullskalaprojektet i Norge planlegger å benytte ett skip per fangstanlegg. Videre er det planlagt en hub på land ved Kollsnes, og videre rørtransport til injeksjonsstedet. På sikt er det viktig at vi forstår hvordan en slik infrastruktur kan utvides og optimaliseres etter hvert som nye CO<sub>2</sub>-kilder og -lager fases inn.

Når ny infrastruktur skal planlegges, vil man kunne møte avveininger knyttet til kostnad versus fleksibilitet og kapasitet. Avhengig av CO<sub>2</sub>-kilde, må det avgjøres hvor i kjeden, og til hvilken kvalitet man skal rense og behandle gassen. Urenheter og fuktighet kan gi økte kostnader nedstrøms dersom dette for eksempel fører til behov for dyrere stålkvaliteter. Bedre, men dyrere stålkvaliteter nedstrøms kan også gi reduserte kostnader og større fleksibilitet oppstrøms for CO<sub>2</sub> fangst. Videre er det viktig å forstå hvordan ulike fangsteknologier spiller sammen med, og endrer forutsetningene for, kondisjonering og transport. Det handler blant annet om hvilke stoffer som finnes i CO<sub>2</sub>-en etter fangstprosessen og tilstanden (trykk og temperatur). Infrastruktur bør utvikles i modulære trinn, på en slik måte at det hele tiden muliggjør effektiv utvikling av transport- og fangstprosjekter. Standardisering av



sentrale komponenter er viktig for modulær utvikling, for eksempel trykkregimer, samt løsninger for sikker og effektiv lasting og lossing. I et strategisk perspektiv bør man også planlegge for hvordan infrastrukturen kan videreutvikles og «skiftes», f.eks. fra små skip med mellomager på land til store skip med direkte-injeksjon offshore eller rør direkte fra utslippskilde til lager. Man må således ha visjoner og planer for bytte av infrastruktur, og forstå fleksibiliteten og realopsjonene til ulike fangstteknologier i denne sammenhengen.

I likhet med LNG (flytende naturgass), kan man for CO<sub>2</sub> finne den beste transportløsningen langs aksene: mengde transportert gass og avstand. Jo lenger avstand, desto mer sannsynlig vil det være at skipstransport utkonkurrerer rørtransport. Videre vil man for skipsbasert CO<sub>2</sub>-transport kunne se en trend mot mer kostnadseffektive løsninger dersom transporttrykket er lavere. I fullskalaprojektets første fase benyttes kjent CO<sub>2</sub>-skipsteknologi for mellomtrykk. Når kapasiteten i nettverket skal økes, kan det være potensial for å utvikle CO<sub>2</sub>-skip der tanktrykket og temperatur er lavere. Tettheten til CO<sub>2</sub>-en øker, veggtykkelsen i CO<sub>2</sub>-tankene reduseres, skroget kan utnyttes bedre, og gassfasen i returfrakten får lavere tetthet, slik at økt kapasitet kan oppnås. Det er også ytterligere elementer som vil spille inn her, som lossehastighet, hydratdannelse, etc., som må undersøkes nærmere.

Det anbefales videre forskning og utvikling (F&U) innen området for å gi grunnlag for utforskning av nye innovative løsninger, samt ytterligere forbedring av de eksisterende. God kjennskap til CO<sub>2</sub>-termo- og fluiddynamikk er essensielt for å støtte den ønskede utviklingen. Dette omfatter blant annet dannelse av CO<sub>2</sub> i fast form (tørris) og hvordan urenheter påvirker CO<sub>2</sub>-egenskapene.

## Infrastruktur for CCS skaper store muligheter for norsk industri

Ferdig utbygget infrastruktur, som en integrert del av fullskalaprojektet, vil kunne være ferdigstilt i 2024, gitt en positiv stortingsbeslutning i 2020. En beslutning om finansiering av det norske fullskalaprojektet, dvs. realisering av bl.a. nødvendig infrastruktur for transport og håndtering av CO<sub>2</sub> fra lokale mellomager hos fangstaktører til deponering i lager i Nordsjøen, vil være med på å skape store muligheter for norsk industri. Effektene av etablering av infrastruktur for CCS vil være hensiktsmessig å dele inn i to perspektiver, hhv. på kort og lang sikt:

På kort sikt, dvs. frem til ferdigstilling av Langskip vil dette kunne medføre direkte sysselsetning av anslagsvis 3-4.000 årsverk. Dersom indirekte effekter og konsumeffekter regnes med, vil antallet være betydelig høyere. Det er rimelig å anta at en stor andel av denne sysselsettingen vil tilfalle norske og lokale aktører. Det er verdt å merke seg at det er heftet betydelig usikkerhet til disse tallene. For selve infrastrukturprosjektet Northern Lights anslås antall årsverk til å være ca. 1200 i prosjektering- og byggefasen, mens det i en driftsfase vil generere ca. 90 heltidsstillinger.<sup>17</sup>

På lenger sikt er det overordnede formålet med fullskalaprojektet å legge til rette for at CCS kan tas i bruk som klimatiltak i Europa. Lageret som utvikles i Northern Lights- prosjektet vil ha kapasitet utover behovet til de to fangstaktørene Norcem og Oslo Fortum Varme, og vil kunne ta imot CO<sub>2</sub> fra andre CO<sub>2</sub>-utslippskilder i inn- og utland. Fullskalaprojektet kan bli en plattform for videreutvikling av grønn industri for en lav-karbon fremtid både nasjonalt og internasjonalt.

Etablering av verdikjede for CO<sub>2</sub>-håndtering vil kunne være med på å styrke konkurransekraften for den norske prosessindustrien ved å kunne tilby håndtering og lagring av CO<sub>2</sub> etter fangst i prosessanleggene. Videre vil etablering av infrastruktur kunne være med på å gjøre Norge attraktivt som vertsnaasjon for internasjonal industri. Etablert og utviklet infrastruktur og relativt korte avstander til lager vil kunne fremstå som attraktivt ved etablering av ny klimavennlig prosessindustri. Northern Lights-prosjektet planlegges med transport av CO<sub>2</sub> fra fangstaktørens mellomager til terminal for injisering i lager i Nordsjøen ved bruk av skip. Etablering og drift av en slik infrastrukturenløsning kan gi norsk maritim næring et kunnskapsgrunnlag som vil kunne gi økt konkurransekraft i fremtiden.

---

<sup>17</sup> Notat fra industripartnerne i de norske CCS verdikjedeprojektene - Versjon 23 mars 2020.

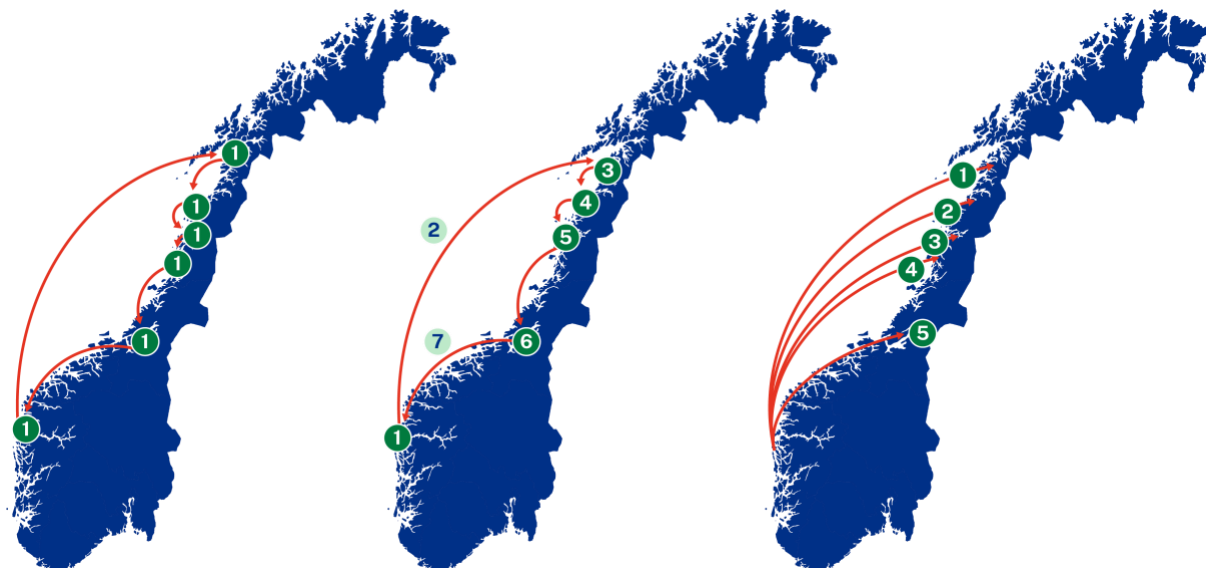
**Prosjektet CO<sub>2</sub> Hub Nordland er beskrevet ovenfor og illustrert i figur 3**

Beregninger i prosjektet har vist at det ut fra dagens tilgjengelighet og CO<sub>2</sub>-konsentrasjoner er mulig å fange til sammen ca. 1,5 mill. tonn CO<sub>2</sub> på de fem lokasjonene. Dette betyr etablering av fangstanlegg basert på to ulike fangsteknologier på de fem anleggene.

Ingen av bedriftene har damp tilgjengelig, men på flere av lokasjonene er det muligheter for bruk av overskuddsvarme til dampproduksjon. Trolig vil det på enkelte lokasjoner bli behov for for-rensing av avgassen før den kan gå inn i fangstanlegget. Dette må utredes videre. Hvordan fangstanlegg kan integreres i et eksisterende prosessanlegg der det ofte kan være begrenset plass, samt hvordan innvirkning på den eksisterende produksjonen kan unngås under byggeprosessen må vurderes grundig. Kjølevannsbehov må utredes, og i enkelte tilfeller må det etableres ny kjølevannstilførsel.

Prosjektet har som forutsetning at man kan levere fanget CO<sub>2</sub> til Northern Lights. Det må etableres anlegg for mellomlagring på hver lokasjon. Samtlige lokasjoner er plassert nær kai, eller har sikker adkomst til et kaiområde. De fleste lokasjonene har tilstrekkelig areal for etablering av mellomlager og lasteanlegg for transport, men for noen av lokasjonene må ulike løsninger vurderes for å løse et slikt arealbehov.

I prosjektet er det gjennomført kostnadsstudie på skipstransport der størrelse på mellomlager, størrelse og regularitet på skip, samt bruk av dedikerte skip kontra etablering av «melkerute» for henting av CO<sub>2</sub>. Studien viser at valg av transportløsninger vil ha betydning for kostnadene på mellomlager og transport. Det må også tas hensyn til at det ikke vil bli bygd fangstanlegg på alle lokalitetene samtidig. Figur 9 viser eksempel på ulike løsninger for skipstransport.



Figur 9. Eksempel på ulike løsninger for skipstransport, alt. 1, 2 og 3. (Ref. CO<sub>2</sub> Hub Nordland)

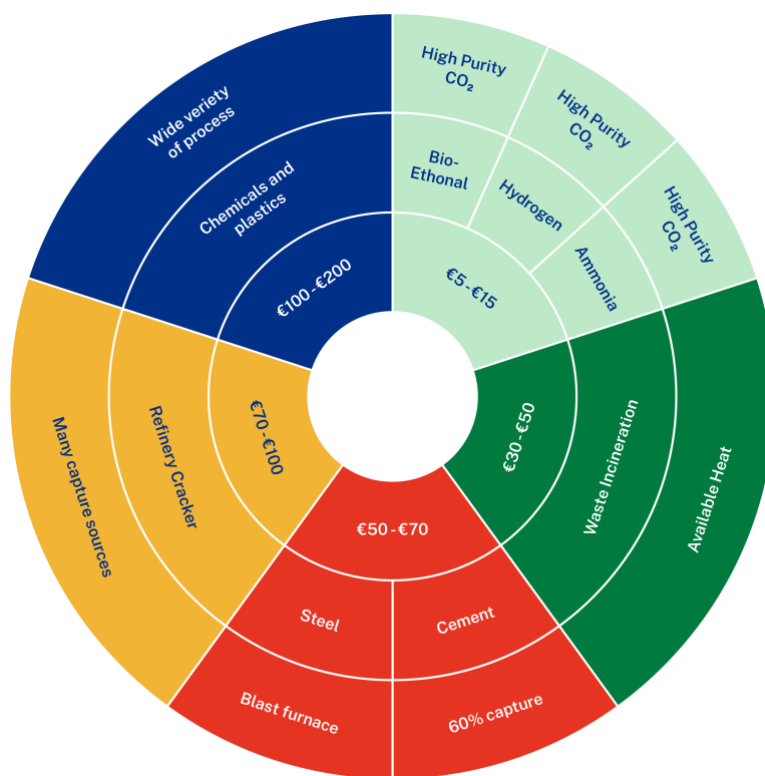
Studien viser at valg av transportløsning vil ha betydelig innvirkning på kostnadene for mellomlager og transport. Kostnaden per tonn CO<sub>2</sub> kan variere med det dobbelte ut fra hvilken løsning som velges. Resultatene fra denne studien viser at dedikerte skip (alt.3 i figuren over), dvs. spesialbygde skip som kan ta den aktuelle mengden av CO<sub>2</sub> fra hver lokasjon og frakte den til Kollsnes, er den beste løsningen. Dette alternative kan implementeres uavhengig av om alle aktører i partnerskapet vil bygge fangstanlegg, samt når denne byggingen kan gjennomføres.

Erfaringen fra denne studien viser at valg av skipsløsning og mellomlagring av CO<sub>2</sub> må sees i sammenheng. Størrelse på skip og seilingsmønster vil ha en betydelig innvirkning på kostnadene knyttet til størrelse på mellomlagringstankene.

## Status og utsikter for CO<sub>2</sub>-håndteringskostnader og videre forskning

### Status for CO<sub>2</sub>-håndteringskostnader

Historisk har CO<sub>2</sub>-håndtering blitt omtalt som en dyr teknologi – ofte ansporet av at anleggene er store med tilhørende høye investeringer og driftskostnader, men som derfor også har kapasitet til å fjerne store mengder CO<sub>2</sub>. Miljødirektoratet sin Klimakur 2030 rapport kategoriserer CO<sub>2</sub>-håndtering på avfallsforbrenning som et samfunnsøkonomisk mellom-dyrt klimatiltak som faller i kategorien 500-1500 kr/tonn CO<sub>2</sub>. Det vil være variasjon på CO<sub>2</sub> fangstkostnader innen andre sektorer, men majoriteten blir kategorisert som et medium dyrt klimatiltak basert på dagens tilgjengelige teknologi. Figur 10 viser fangst-estimerer for forskjellige sektorer<sup>18</sup>.



Figur 10. Estimerte fangstkostnader i forskjellige sektorer (Bellona, 2016)

### Utsikter for CO<sub>2</sub>-håndteringskostnader

CO<sub>2</sub>-håndtering omfatter tre hovedelementer, fangst, transport og lagring. Historisk har FoU vært fokusert på reduksjon av investeringskostnader (CAPEX) og reduserte driftskostnader (OPEX). Energiforbruket ved fangstanlegg er dominerende driftsutgifter og det er stort potensiale for å redusere dette. Noen av fangsteknologiene kan også utnytte lavtemperatur energi med lav kommersiell verdi. Derfor er integrasjon mot utslippkilden viktig for å utnytte slik energi. En annen vesentlig faktor for kostnadene er konsentrasjonen av CO<sub>2</sub> i

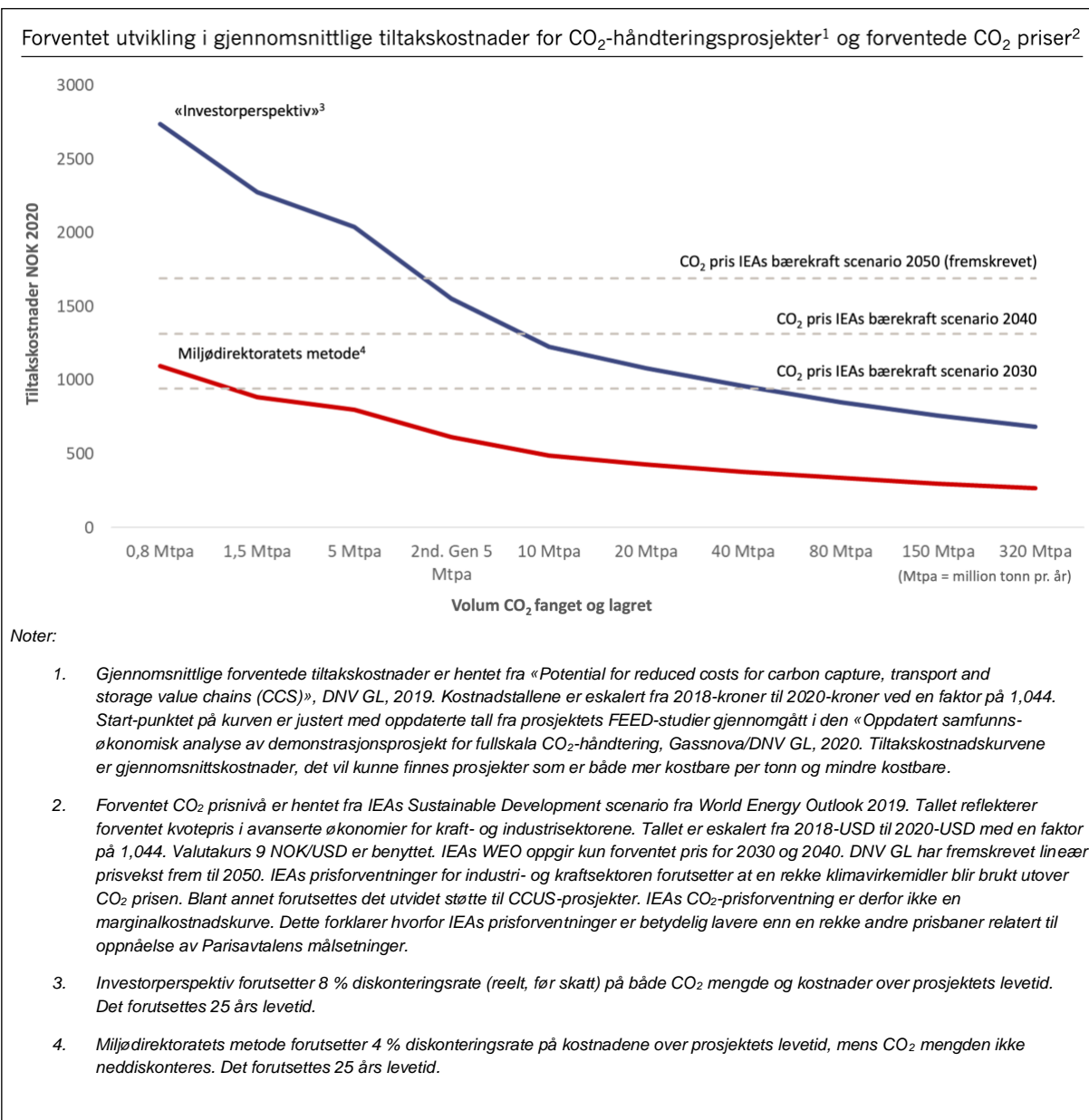
<sup>18</sup> Bellona (2016): Basert på tall fra Element Energy og Imperial College London.

<https://network.bellona.org/content/uploads/sites/3/2016/10/MANUFACTURING OUR FUTURE INDUSTRIES EU REGIONS AND CLIMATE FINAL.pdf>

avgassene fra prosessen. Dette skyldes at økt volum av avgasser som skal behandles og lav konsentrasjon (lavt partialtrykk) av CO<sub>2</sub> vil gjøre separasjonen av CO<sub>2</sub> mer krevende. Desto lavere konsentrasjon av CO<sub>2</sub> desto høyere blir kostnadene.

### Potensiale for kostnadsreduksjon for CO<sub>2</sub>-håndtering i det norske fullskalaprojektet

Det er få CO<sub>2</sub>-håndtering anlegg som hittil er realisert på verdensbasis og det er ingen bransjer/selskaper eller teknologier som har konkrete erfaringstall for hvor mye kostnaden kan reduseres ved å bygge flere anlegg. I forbindelse med det norske fullskalaprojektet utførte DNV GL<sup>19</sup> en studie for å se på potensialet for kostnadsreduksjon for CO<sub>2</sub>-håndtering i dette prosjektet. Dette arbeidet er benyttet i forbindelse med stortingsmeldingen fra regjeringen om prosjektet Langskip.



Figur 11. Forventet utvikling av tiltakskost for CO<sub>2</sub>-håndtering Kilde: (Gassnova DNV-GL, 2020 gjengitt i St.meld 33 (2019-2020))

Første fase vil være preget av kostnadsreduksjon ved å utnytte etablert lager, deretter ved å optimalisere eksisterende tekniske løsninger før en trinnvis læringseffekt ved introduksjon av nye fangstteknologier og generelle

<sup>19</sup> Gassnova DNV-GL (2020) gjengitt i [St.meld 33 \(2019-2020\)](#)

industrielle nyvinninger ('adaptive manufacturing', 'digital twins', 'new materials', etc.), se

Figur 11.

Hovedfunnene i studien fra DNV GL er:

Rask kostnadsreduksjon kan oppnås ved å etablere en åpen infrastruktur for transport og lagring for dermed å anspore en større utrulling av CO<sub>2</sub>-fangstprosjekter. Ved 10 millioner tonn CO<sub>2</sub> per år kan tiltakskosten potensielt halveres.

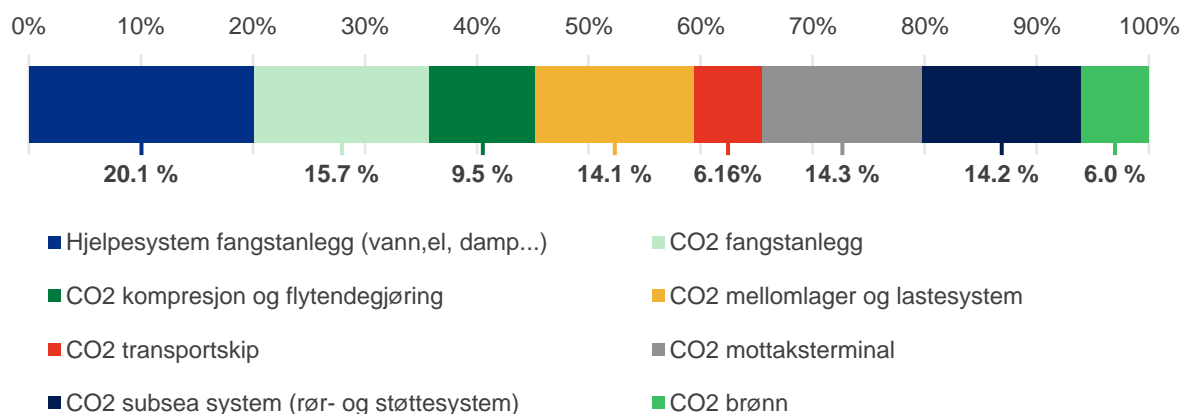
En videre kostnadsreduksjon er knyttet til læringseffekten ved økt volum og flere anlegg. Volumøkning er meget sensitiv for kvoteprisen i EUs kvotesystem (EU ETS) eller andre insentiver for CO<sub>2</sub>-reduksjon.

Studien avdekker at det er høyere potensial for prosentvis kostnadsreduksjon på fangstanlegg enn for transport og lagring. Dette basert på at de to siste trinnene benytter mer etablerte løsninger fra skips- og oljenæringen med tilhørende lavere potensiell læringsrate enn for fangstanlegg.

Reduksjon av fangstkostnader basert på læringsrate er i hovedsak knyttet til:

- Oppkonsentrering av CO<sub>2</sub> fra industriprosessene
- Delvis fangst for å utnytte tilgjengelig spillvarme fra industrien reduserer driftskostnadene
- Modulære standardiserte fangstanlegg. Aker Innovations 'Just Catch' moduler er eksempel på dette
- Etablere felles anlegg for kompresjon og utskipping av CO<sub>2</sub> ved industriklynger
- Integre fangst i primærprosessene på nye prosessindustriplanlegg
- Nye fangstteknologier

I de norske CCS prosjektene er kapitalkostnaden (CAPEX) på 70 % og driftskostnadene (OPEX) på 30 % for fangstoperatørene. I rapporten anslås det at læringsraten for fangst av CO<sub>2</sub> er på rundt 10 % (kostnadsreduksjonen ved doubling av antall CCS anlegg). Fangstkostnaden vil ligge mellom 40 – 120 USD/tonn CO<sub>2</sub> avhengig av industriprosess/CO<sub>2</sub>-kilde.



Figur 12. Fordeling av investeringskostnader (CAPEX) i det norske CCS fullskalaprojektet (basert på to fangstanlegg). (Kilde: Gassnova)

Figur 12 viser fordeling av investeringskostnader på trinnene i verdikjeden. Ut over lagringsanlegget er de største investeringene knyttet til selve fangstanlegget og integrasjonen til industriprosessen. Det er også på disse to elementene som det er størst potensiale for læring og kostnadsreduksjon for nye anlegg. For de andre delene av CCS kjeden er det også et læringspotensiale, men med større potensiale ved å utnytte felles resurser for flere fangstkilder.

### Delvis fangst av utslipp

SINTEF et al. i prosjektet CO2stCap har estimert kostnadene ved delvis CO<sub>2</sub>-fangst på ulike industriprosesser - stål, sement, treforedling/papir og silisium produksjon. Delvis fangst kan være f.eks 50 % eller 70 % av totalt CO<sub>2</sub>-volum i røykgassen<sup>20</sup>. Studien viser at kostnad pr. tonn fanget CO<sub>2</sub> kan reduseres betydelig dersom en nøyer seg med delvis fangst av CO<sub>2</sub>. Kostnaden bestemmes i stor grad av hvorvidt og hvor mye spillvarme og damp som er tilgjengelig og dennes tilgjengelighet til CO<sub>2</sub>-fangst prosessen. Dette samsvarer godt med industriens fokus på energigjennvinning og det å nyttiggjøre seg av restvarme fra produksjonen. Tilgjengelig fangst teknologi benytter varme og det kan derfor være en god synergi på dette området.

## Videre forskning og utvikling blir viktig også når fullskalaprojektet utvikles videre og kommersialiseres

Med regjeringens forslag om realisering av det norske fullskalaprojektet Langskip feirer vi en stor milepæl. Norge har hatt en langsiktig og målrettet innsats for å utvikle CO<sub>2</sub>-håndtering som et viktig klimatiltak.

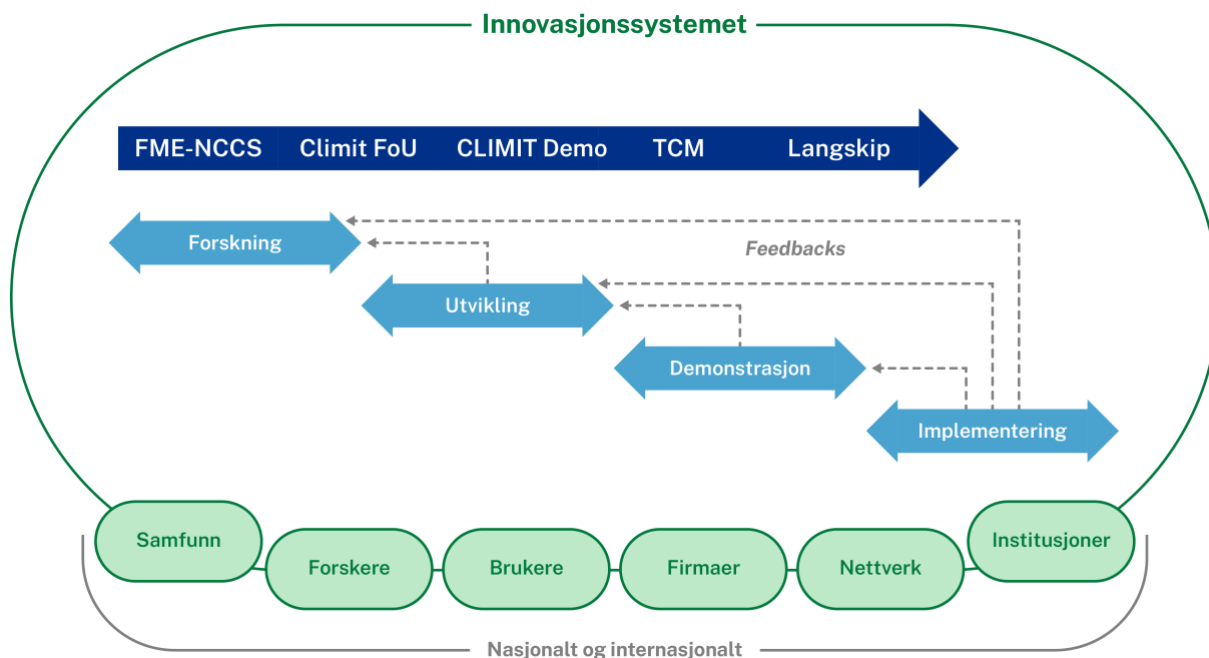
I 1997 ble det første målrettede programmet for teknologiutvikling innen CO<sub>2</sub>-håndtering opprettet i Forskningsrådet – Klimatek. Dette som et resultat av industriens behov for å videreutvikle teknologien som de begynte å ta i bruk for å redusere CO<sub>2</sub>-utslipp ved gassproduksjon offshore (CO<sub>2</sub>-injeksjon på Sleipner). I 2005 ble støtte til forskning og utvikling av CCS forsterket ved at CLIMIT-programmet ble etablert. Dette er administrert av Gassnova i samarbeid med Forskningsrådet. I 2012 ble Teknologisenteret på Mongstad (TCM) åpnet for å teste fangstteknologi i industriell skala. Videre har hele tre FME-er (forskningscenter for miljøvennlig energi) hatt CO<sub>2</sub> håndtering som tema siden 2009, nå sist med Norwegian CCS Research Center (NCCS).

FoU-historien innen CO<sub>2</sub>-håndtering i Norge viser hvor virkningsfullt samarbeidet mellom industrien, forskningen og det offentlige blir når virkemidlene fremmer samarbeid slik som i den norske modellen. Når Aker Carbon Capture ble etablert som eget selskap august 2020, har satsingen røtter tilbake til et strategisk instituttprogram fra tidlig 2000-tallet. Etablering av det CLIMIT-støttede prosjektet SolVIT i 2009, var sentralt for å utvikle Akers karbonfangstteknologi. Utviklingen foregikk blant annet med testing ved CO<sub>2</sub>-testanlegget hos SINTEF på Tiller i Trondheim, og senere på TCM. Dette viser hvordan en solid prosjektportefølje av strategisk fellesfinansiert FoU, sammen med forskningsinfrastruktur (representert ved ECCSEL<sup>21</sup>), og målrettede industristyrte prosjekter i sum utgjør en solid satsing som lykkes. Koordinerte programmer virker strukturerende på forskningsmiljøene og industrien. I tillegg er de avgjørende for en vellykket satsing mot EU.

---

<sup>20</sup> SINTEF, 20. <https://www.sintef.no/en/projects/co2stcap-cutting-cost-of-co2-capture-in-process-industry/>

<sup>21</sup> <https://www.eccsel.org/>



Figur 13. Det koordinert innovasjonssystemet for CO<sub>2</sub>-håndtering i Norge (Innovasjon figur: kilde IEA)

Hele tiden har man hatt fokus på innovasjonssyklusen og viktigheten av at tilbakekoblingene i innovasjonssystemet fungerer, og at læring fra utviklingsløpet bygger opp under målrettet industriell utvikling. Når Langskip nå skal realiseres er det viktig å opprettholde og videreutvikle det etablerte innovasjonssystemet i Norge og koble dette enda sterkere til de europeiske utviklingsprogrammene.

I EU-prosjektene finner Norske industriaktører nye partnerskap, ny kompetanse og nye muligheter. Disse prosjektene som vinnes i sterk konkurranse, er også en ypperlig mulighet for posisjonering og påvirkning. Det er flere eksempler på hvordan kunnskap fra EU-prosjekter har påvirket Europeiske aktørers syn på CCS og hydrogen. Et eksempel er EU H2020-prosjektet CEMCAP som konkluderte med at CO<sub>2</sub>-fangst er en sentral teknologi når sementbransjen skal nå sine klimamål. Et annet eksempel er ERANET ACT støttede prosjektet ELEGANCY som arrangerte høring i EU-parlamentet om betydningen av hydrogen fra naturgass med CCS for å nå klimamålene

Videre satsing på F&U knyttet til utvikling av karbonfangst og CO<sub>2</sub>-infrastruktur har et stort verdiskapingspotensial langs mange akser, bl.a. å gi norske leverandører en satsplanke internasjonalt. Videre vil satsingen sikre effektivisering og inkrementell utvikling av eksisterende CO<sub>2</sub>-håndteringsteknologier. Læringseffekten fra fullskalaprojekt(ene) vil mangedobles og komme norske, og utenlandske bedrifter med behov for å kutte CO<sub>2</sub>-utslipp til gode. Videre vil risikoen i de industrielle prosjektene reduseres siden sjansen for at eksisterende kunnskap når det neste prosjektet øker. Med oppskalering og kommersialisering vil det oppstå nye spørsmål som forskning og utvikling kan bidra til å løse.

## Rammebetingelser for prosessindustri med CO<sub>2</sub>-fangst

Industrien er vant til å forholde seg til usikkerheter knyttet til markeder og priser, for eksempel kraftpris, prisen på eksportvarer, valutakurs og i noen grad prisen på CO<sub>2</sub>-utslipp. Det nye ved investeringer i CO<sub>2</sub>-håndtering er politisk usikkerhet, der risikoen er knyttet til endring i rammevilkår. Det kan for eksempel gjelde reguleringer med krav til bruk av CO<sub>2</sub>-håndtering, eller støtte til investeringer i CO<sub>2</sub>-fangst. I tillegg kan det være markedsmekanismer som er opprettet nasjonalt, regionalt eller globalt som kan gi insentiver for CO<sub>2</sub>-håndtering, som for eksempel kvotehandel i EU ETS og CO<sub>2</sub>-avgifter. Insentiver for CO<sub>2</sub>-håndtering kan også skapes av markeder for grønne produkter, for eksempel lav-karbon sement produsert ved CO<sub>2</sub>-fangst. En nyttig framgangsmåte for prosessindustrien for å håndtere det samlede komplekse risikobildet er å utvikle scenarier for ulike kombinasjoner av markedsrisiko og politisk risiko, for å teste i hvilken grad disse kan håndteres og hvilke grep som kan tas for å redusere disse risikofaktorene.

### Produkter i internasjonal konkurranse

En betydelig risiko for lønnsomheten for CO<sub>2</sub>-håndtering i industrien er økte kostnader i investering og drift av CO<sub>2</sub>-fangstanlegg. En annen risiko er at det i dag er for lav betalingsvilje for produkter med lavt CO<sub>2</sub>-avtrykk. Skal en bedrift investere må den ha forutsigbarhet for at det grønne produktet etterspørres og at markedsprisen er akseptabel. Norsk industriproduksjon leverer i all hovedsak kritisk viktige innsatsvarer til bygg og anlegg, transportsektoren, matproduksjon og råvarer for annen fremtidsrettet industriproduksjon som solceller, vindkraft, batterier. Disse produktene er konkurranseutsatt og vil i de fleste markeder måtte konkurrere med produkter som er produsert uten krav til klimagassutslipp. Ekspertgruppen anser risikoen for at fabrikker som er aktuelle for CO<sub>2</sub>-fangst i liten grad er truet av svikt eller bortfall av etterspørsel, men løper en betydelig risiko hvis ikke prisene for klimautslipp er mest mulig lik for konkurrerende industri i og utenfor Europa.

### Reguleringer i Norge og EU

Nye reguleringer i Norge og EU kan være med på å skape fungerende markeder for grønne og lav-karbon varer og tjenester. Ettersom disse grønne produktene i liten grad er tilgjengelige i dag eller er dyrere enn tradisjonelle produkter må offentlige reguleringer enten drive produksjonsprosessene i en grønnere retning og/eller gjøre de grønne produktene mer konkurransedyktige i pris. De tradisjonelle produktene kan bli dyrere gjennom økte avgifter på utslipp av klimagasser eller høyere pris på klimakvoter, eller bli vanskeligere å produsere og omsette på grunn av strengere klima- og miljøkrav. Ved å innføre en terskel ('benchmark') for maksimal klima- eller miljø-belastning ved produksjon eller bruk av varer eller tjenester vil industrien og markedene dyttes i en grønnere retning.

### CO<sub>2</sub>-grenseavgift

EU utreder en CO<sub>2</sub>-grenseavgift (CBAM)<sup>22</sup> der produkter som importeres til Europa ilegges en skatt som tilsvarer kostnader med kvotesystemet i Europa. Carbon Border Adjustment Mechanism (CBAM) skal etter planen til EU være en CO<sub>2</sub>-avgift som baseres på kvoteprisen og som pålegges ved EUs yttergrense for utvalgte produkter med høy CO<sub>2</sub>-intensitet og som konkurrerer med kvotepliktig industriproduksjon i Europa. Varer produsert innen EU som direkte eller indirekte er omfattet av EU ETS har ekstra kostnader knyttet til CO<sub>2</sub>-utslipp, og en av hensiktene med CBAM er å inkludere CO<sub>2</sub>-kostnader i importerte varer, og likestille CO<sub>2</sub>-kostnaden for importerte og egenproduserte varer. CO<sub>2</sub>-intensiteten i produktet avgjør hvor mye CO<sub>2</sub>-avgift som ilegges. Videre er det tenkt at CO<sub>2</sub>-avgiften utbetales til produsenten når varer eksporteres til land uten CO<sub>2</sub>-avgifter slik at varen kan konkurrere med varer produsert i importlandet. Hvis ordningen implementeres rettfærdig, inkluderer alle utslipp fra råvare til sluttprodukt og ikke går på bekostning av andre ordninger som CO<sub>2</sub>-kompensasjon og frikvoter, kan den føre til globale utslippskutt og bidra til økt lønnsomhet for produkter med lav CO<sub>2</sub>-intensitet.

Ved ensidig innføring av krav til investering i klimagass-reduksjon i Norge, uten virkemidler som overgangsstøtte og CBAM, vil det være risiko for CO<sub>2</sub>-lekkasje. Det kan oppstå en situasjon hvor produksjonen av de norske produktene med lave klimagass-utslipp blir ulønnsomme, og derfor stoppet, med det resultat at etterspørselen blir

<sup>22</sup> <https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/12228-Carbon-Border-Adjustment-Mechanism/public-consultation>



dekket av importerte produkter med et høyere klimagassavtrykk. En slik ordning kan bidra til en aksept for høyere kvotepris, men kan være handelspolitisk vanskelig å få gjennomført.

### **Energitilgang - effekter av elektrifiseringen av samfunnet**

European Green Deal og Norges klimamål forplikter oss til drastiske utslippskutt som krever store investeringer i ny fornybar kraft og energilagring. Hvis den store økningen i kraftetterspørsel ikke samtidig utløser minst like mye kraft, vil kraftkostnadene for norsk industri øke betydelig. Kraftkostnader utgjør fra 20-50 % av driftskostnaden for industrien i Norge.

Fornybar krafttilgang må økes i takt med hva det vedtatte utslippsmålet i Norge vil medføre at økt kraftetterspørsel. Prosess 21s Ekspertgruppe for kraft har utarbeidet et anslag for forventet økt etterspørsel. Norge vil i henhold til denne rapporten måtte bygge ut minst 56 nye TWh før 2050. CO<sub>2</sub>-fangst vil brukes på kraftkrevende industri så tilgang til kraft er viktig, men CO<sub>2</sub>-fangst i seg selv vil ikke være prisdrivende på elektrisk kraft og hoveddelen av energi til dagens fangstteknologi fokuserer i stor grad på utnyttelse av varmeenergi.

## **CO<sub>2</sub>-håndtering - verktøy for grønn verdiskaping**

### **Næringsvekst og vertskapsattraktivitet**

CO<sub>2</sub>-infrastruktur alene betyr per i dag relativt lite for hvorvidt en bedrift vil bli, utvide eller etablere seg i en bestemt vertskommune eller område. Forhold som tilgang på areal, kraft og vann veier tyngre. Det er derfor grunn til å søke løsninger som innebærer bygging av fangstanlegg der industrien allerede er etablert.

Et område som kan vise til utbygd CO<sub>2</sub>-håndteringsinfrastruktur, vil være attraktivt for etablering av virksomheter som har CO<sub>2</sub>-utslipp av en karakter som ikke lett lar seg redusere uten å endre selve prosessen. At denne infrastrukturen er tilgjengelig i et område med tilgang til grønn energi, vil styrke attraktiviteten. Erfaring tilsier at slike etableringer vil tiltrekke seg leverandører som både vil ha direkte leveranser til virksomheten, men også aktører som vil utvikle produkter og tjenester rundt CO<sub>2</sub>-håndtering som en tjeneste.

Et fåtall eksisterende utslippspunkter vil ligge nær det planlagte CO<sub>2</sub>-lageret utenfor Øygarden kommune i Vestland fylke. Men for noen bedrifter kan det være attraktivt å etablere seg nær et mellomlager. ZEG Power<sup>23</sup> er et eksempel på en bedrift som ønsker å benytte seg av nærhet til det planlagte CO<sub>2</sub>-mellomlageret i Øygarden, og etablere naturgassbasert hydrogenproduksjon ved Kollsnes.

Bruk av CO<sub>2</sub> som råvare (CCU) vil i noen tilfeller kunne utløse bygging av karbonfangstanlegg. Noen industriklynger ser et økende tilfang av interessenter som er på jakt etter områder hvor CO<sub>2</sub> er tilgjengelig. Spesielt gjelder dette virksomheter som skal benytte CO<sub>2</sub> til produksjon av hydrokarboner (drivstoff, metanol). Avstand til og tilgjengelighet av CO<sub>2</sub> blir dermed et sentralt punkt i deres vurderinger, og dette påvirker industriparkens attraktivitet for nyetableringer og videreutvikling av eksisterende aktivitet.

**Ekspertgruppen konkluderer med at satsing på CO<sub>2</sub>-håndtering vil bidra til grønn industriutvikling, økt sysselsetting og økt konkurransevne**

<sup>23</sup> <https://www.zegpower.no/>

## Hydrogenproduksjon med CO<sub>2</sub>-håndtering

Hydrogen i seg selv vil kanskje ha et begrenset marked i Norge. Men dersom naturgass- reformering med CO<sub>2</sub>-håndtering gjøres i stor skala og med relativt lave kostnader, sitter Norge med en stor karbonfri hydrogenressurs som vil kunne være konkurransedyktig med karbonfritt hydrogen andre steder, enten den er basert på naturgass (blå) eller elektrolyse med strøm fra vind, vann eller sol (grønn).

Konkurransedyktigheten vil blant annet avhenge av den politiske aksepten for hydrogen fra naturgass, og av hvor raskt og billig fornybar strømprøduksjon kan bygges ut i en skala som tillater tilstrekkelig produksjon av grønt hydrogen. I EU Kommissjonens arbeid med Taxonomi <sup>24</sup> ble hydrogen med CO<sub>2</sub>-intensitet på maksimalt 100 gram per kWh akseptert innenfor Green Deal ambisjonen. Tysklands nye hydrogenstrategi tyder på at blått hydrogen blir sett på som nødvendig i en "overgangsfase" mens man bygger tilstrekkelig kapasitet for grønt hydrogen. Da kan import av blått hydrogen fra Norge bli aktuelt allerede på 2020-tallet.

Hydrogen kan videreforedles til produkter som drivstoff og "blå" karbonfri ammoniakk, som vil kunne dekke eksisterende markeder i gjødsel og industri. Karbonfri ammoniakk vil ifølge Lloyds og University Maritime Advisory Services (UMAS) kunne være den viktigste ruten til lavkarbon skipstransport når vi nærmer oss 2040-2050<sup>25</sup>. Dette vil åpne et meget stort nytt marked, anslått av IEA til å ligge i størrelsesorden 350 millioner tonn per år i 2050-2070, avhengig av hvilke scenario-forutsetninger man legger til grunn <sup>26</sup>. Global ammoniakkproduksjon ligger i dag på rundt 200 millioner tonn for alle bransjer sett under ett.

Store brukere av hydrogen i Norge er Yara, som i Porsgrunn årlig produserer i størrelsesorden 75 000 til 85 000 tonn hydrogen fra etan-/propangass som blandes med nitrogen som igjen videre prosesseres direkte til ammoniakk. Equinor Tjeldbergodden bruker også større mengder hydrogen fra naturgass, som del av syntesegass som igjen brukes direkte i metanolproduksjon.

Øvrig etterspørsel og produksjon av hydrogen er i skrivende stund begrenset. Nippon Gases (tidligere Yara Praxair) produserer nesten alt av trykksatt sylindergass i Norge ved sitt anlegg på Rjukan, hvor produksjonen skjer ved vannelektrolyse. Enkelte middels store brukere av hydrogen, slik som Nouryon på Rjukan, produserer sitt eget hydrogen ved vannelektrolyse.

I Norge har vi et godt utgangspunkt for å kunne produsere blått hydrogen til en kostnad som gir en god konkurransemessig posisjon for salg av hydrogen direkte til markeder i Europa, eller videreforedle i Norge. Dette gode utgangspunktet sikres gjennom en full verdikjede fra gassproduksjon på norsk sokkel, via produksjon av hydrogen enten offshore eller nær gassterminal i Norge, og med direkte tilbakeføring av CO<sub>2</sub> i norske lagerløsninger.

**Ekspertgruppen konkluderer med at infrastruktur for CO<sub>2</sub>-håndtering vil bidra til å kunne realisere storskala produksjon av hydrogen til lavutslippsløsninger**

<sup>24</sup> [https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/business\\_economy\\_euro/banking\\_and\\_finance/documents/190618-sustainable-finance-teg-report-taxonomy\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/business_economy_euro/banking_and_finance/documents/190618-sustainable-finance-teg-report-taxonomy_en.pdf)

<sup>25</sup> Lloyds-UMAS Publication (Part of the low carbon pathways series) 2017: [Zero-Emission Vessels 2030. How do we get there](#)

<sup>26</sup> IEA (2020): [Energy Technology Perspectives 2020](#), s. 278.

## Negative CO<sub>2</sub>-utslipp gjennom bio-CCS

Såkalte negative utslipp av klimagasser kan oppnås ved bruk av en kombinasjon av biomasse og CO<sub>2</sub>-håndtering. CO<sub>2</sub> vil da tas ut av naturens kretsløp, og innholdet av CO<sub>2</sub> i atmosfæren vil reduseres. Skal man få til negative utslipp må en rekke prosesser være tilstrekkelig effektive når det gjelder energibruken og det totale karbonbudsjettet i et livsløpsperspektiv:

- produksjon og høsting av biomasse
- prosessering til bioenergi og innsatsfaktor i industriprosesser
- fangst av CO<sub>2</sub>
- transport og lagring av CO<sub>2</sub>

Både Norge og Sverige har store bioressurser i skogen, men infrastrukturen for å bruke disse ressursene til industri og CO<sub>2</sub>-håndtering er mangelfull. Utvikling av en lav-karbon industriklynge med prosesser og produkter basert på klimavennlige bio-ressurser og CO<sub>2</sub>-håndtering kan spille en viktig rolle for å nå klimamålet vårt samt demonstrere for andre land at dette er et interessant og levedyktig konsept. Aktuelle utslippspunkt med potensial for negative utslipp i Norge er smelteverk, bio-raffinerier, avfallsforbrenningsanlegg, og sementfabrikker. Fangst og lagring av bio-CO<sub>2</sub> er også et tema som passer meget godt for nordisk samarbeid.

Både Norsk Industri og en rekke smelteverk har ambisjoner om økt bruk av bioreduksjonsmidler på bekostning av fossile reduksjonsmidler. En høy andel bioreduksjonsmidler brukt i industriprosesser eller til varmeproduksjon i kombinasjon med CO<sub>2</sub>-håndtering har potensial til å fjerne flere millioner tonn CO<sub>2</sub> fra atmosfæren hvert år. Slike løsninger fremstår derfor som attraktive kandidater hvis rammebetingelsene er tilrettelagt for CO<sub>2</sub>-håndtering og spesielt for fangst av bio-basert CO<sub>2</sub>. Det norske fullskalaprojektet for CCS kan bidra til å vise hvordan negative utslipp kan oppnås med tilgjengelig teknologi, og med utgangspunkt i eksisterende industri. Dette vil være relevant for EUs politikkutvikling. EU-kommisjonen har varslet at de vil se på insentiver for bio-CCS i forbindelse med European Green Deal. Mulige rammebetingelser er beskrevet lenger ned i dette dokumentet.

Ekstrakostnaden for et fangstanlegg for bio-CO<sub>2</sub> vil ligne kostnaden for CO<sub>2</sub>-håndtering på fossile energikilder. I tillegg vil det, for f.eks. smelteverkene, være en ekstrakostnad for bioreduksjonsmidlene treflis og trekull sammenlignet med fossilt kull og koks. Per i dag er denne kostnaden betydelig, men flere studier har vist at et skogbruk tilrettelagt for uttak av grot (hogstavfall som greiner og topper) fra gran, furu og løvtre til dette formålet vil kunne redusere kostnadene. Et av problemene er at det er mange interessenter som peker på økt bruk av biomasse (hovedsakelig skog) som et bidrag til det grønne skiftet. Dette kan føre til større konkurranse om disse ressursene. Et eksempel er prosjekter som ønsker å lage biodrivstoff eller bruke biomasse for å erstatte noe av kullet i kullkraftverk. I en slik situasjon kan det være vanskelig for myndighetene å gå inn og prioritere i henhold til klimaeffekten og potensialet for verdiskaping. Fremtiden har ikke plass til kullkraftverk og heller ikke fossil-baserte forbrenningsmotorer. Derfor vil for eksempel aktører innen prosessindustrien argumentere for at den bør ha fortrinn på tilgang til ressurser som for eksempel grot.<sup>27</sup>

Den økonomiske verdien av såkalte negative utslipp er i dag lav. CO<sub>2</sub>-utslipp fra biomasse er regnet som CO<sub>2</sub>-nøytralt, og medfører per i dag ikke plikt til å levere inn kvoter i EU ETS. Dette betyr samtidig at man heller ikke sparer penger på å fange og lagre denne CO<sub>2</sub>-en, selv om utslippene påvirker klimaet. For at CO<sub>2</sub>-håndtering for biomasse skal lønne seg bedriftsøkonomisk, må en bedrift få betalt for dette via prispåslag for produktet, eller ved hjelp av støtteordninger for fangst, transport og lagring av CO<sub>2</sub>. Frivillig kjøp av kvoter eller sertifikater kan også bli en driver for negative utslipp.

**Ekspertgruppen anbefaler at Norge jobber for at det etableres insentiver til å fange bio-CO<sub>2</sub>**

Det vil være en risiko for å opprette insentivsystemer som kan føre til ikke-bærekraftig bruk av biomasse, eller prioritering av biomasse der den gir mindre klimanytte. Temaer som uforutsette effekter på arealbruk, skogforvaltning og naturverdier som biodiversitet er ikke diskutert i ekspertgruppen.

<sup>27</sup> Prosess21 Ekspertgrupperapport (2020): [Biobasert Prosessindustri](#)

## Markedsmekanismer for grønne produkter

### Lavutslippsprodukter

I dag må økte produksjonskostnader for CO<sub>2</sub>-håndtering bæres av industrien selv, med begrenset mulighet til å fordele kostnadene i verdikjeden til produktene. På grunn av fare for karbonlekkasje er det ikke ønskelig å pålegge særkrav om CCS eller høye avgifter ved produksjon av internasjonale industrivarer. Forretningsmodeller og virkemidler som bygger et marked for grønne industriprodukter er derfor avgjørende i omstillingen til nullutslippsamfunnet. Slike forretningsmodeller bør bidra til å stimulere markedet slik at kostnadene kan fordeles mellom myndighetene, industri og forbruker.

EUs kvotesystem kan på sikt bidra til å utløse CCS, men i dag er CO<sub>2</sub>-kvotekostnadene for lave til at det gjør CO<sub>2</sub>-håndtering bedriftsøkonomisk lønnsomt for industrien. CCS kan bli bedriftsøkonomisk lønnsomt med en kombinasjon av statsstøtte, EUs kvotesystem og virkemidler for grønne produkter.

Det er økende interesse og etterspørsel etter grønne produkter i for eksempel offentlige bygge- og anleggsprosjekter og bilindustrien. Slike tidligmarkeder kan bidra til å skape lønnsomhet for produkter produsert med lave utslipp. Bruk av frivillige markeder for massebalanse<sup>28</sup> for grønne produkter som lavutslippsbetong, lavutslippsgjødsel og avfallshåndtering uten utslipp kan bidra til å bygge et utvidet geografisk marked, med høyere betalingsvilje for grønne løsninger. I noen typer industri vil skifte fra fossilbasert råvare og energi, til fornybar energi og råvare, måtte være en gradvis overgang, som sikrer kontinuerlig drift og salg til relevante markeder. I slike tilfeller vil man få "hybridprodukter" som per volum vil ha en reell, men i første omgang kanskje lav reduksjon i karbonfotavtrykk. For å kunne oppnå en virkning i markedene kan en likevel vurdere å danne mekanismer som tillater at en "grønn fraksjon" av produksjonen kan allokere til dedikerte lavkarbonprodukter gjennom massebalanse- eller "book & claim"-prinsipper. Det vil være viktig at nasjonale og internasjonale standarder tillater dette. Slike systemer kan i første omgang være for eksempel selskapsinterne eller bransjespesifikke, men det vil uansett være en stor fordel om systemene er bygd på samme sett av standarder.

Det finnes ikke direkte rettede programmer for etablering av fullskala karbonfangstanlegg i dag, verken hos Gassnova eller Enova. Gassnova finansierer studier og demonstrasjon av mindre anlegg, men har ikke mulighet til å finansiere etablering av fullskala anlegg, slik Enova har gjort for andre klimatiltak. Norge har i flere år jobbet med et prosjekt for fullskala fangst og lagring av CO<sub>2</sub>, med finansiering over statsbudsjettet. For etterfølgende anlegg fins det ingen virkemidler som kan dekke CCS-kostnadene.

Markedsverdien til grønne produkter kan sikres av offentlig sektor eller det private markedet. Ved å ha en ledende rolle på innkjøp av grønne produkter og investeringer, og til en moderat ekstra kostnad, kan staten og kommunene styrke både etterspørselen etter disse produktene og leverandørene. Offentlige anskaffelser (kjøp av varer og tjenester og investeringer) i Norge er på om lag 500 milliarder kroner i året<sup>29</sup>.

I det private markedet kan verdien av grønne produkter sikres dersom sluttbrukermarkedet er villig til å betale et tillegg i prisen i en periode, inntil de grønne produktene blir ledende, ut fra en holdning til samfunnsansvar på klimaområdet, en 'dugnads-ånd' eller fordi disse produktene blir oppfattet som etisk riktige. Dersom et slikt marked skal fungere må de grønne produktene merkes basert på etablerte og internasjonalt anerkjente standarder slik at det blir enkelt å orientere seg i markedet.

**Ekspertgruppen anbefaler at Norge bidrar til å etablere markeder for grønne produkter og tjenester**

En tredje mulighet er at offentlige reguleringer og forskrifter legger rammer og standarder som både private og offentlige innkjøpere må forholde seg til. Disse reguleringene kan gå på maksimalt energiforbruk, minimum energieffektivitet, eller maksimalt klimaavtrykk for å kunne selge produktene. Slike reguleringer kan påvirke produkter og produksjonsprosesser. Rammene kan da være med på å sikre markedsverdien til grønne produkter.

<sup>28</sup> For eksempel på massebalanse-prinsippet, se bl.a. Inventura (2019) [Veiledning i bærekraftig innkjøp av biodrivstoff](#) (s. 43).

<sup>29</sup> [Regjeringen.no \(2019\): Meld. St. 22 \(2018–2019\). Smartere innkjøp – effektive og profesjonelle offentlige anskaffelser](#)

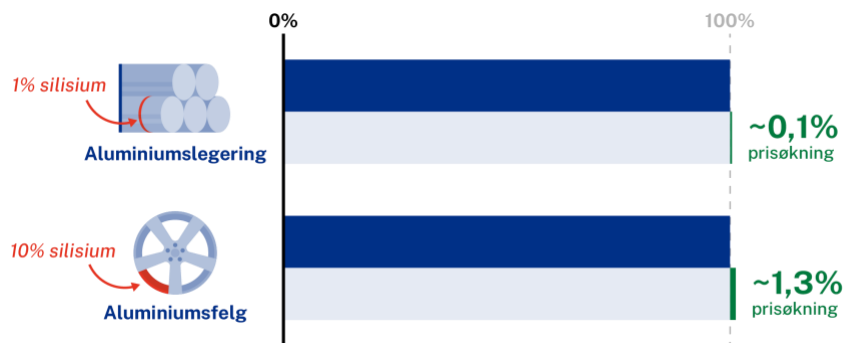
### CCS på silisiumproduksjon, konsekvenser for produksjons- og produktkostnader

Eksempel på hvordan kostnader for CCS påvirker produksjonskostnader for Silisium og "sluttprodukt":

**Forutsetninger:** Pris på silisium: 1 800 EUR/tonn, Fangst og lagringskostnad: 100 EUR/tonn CO<sub>2</sub>

Utslipp: 4 MT CO<sub>2</sub>/MT silisium produsert

Eksempel på grove beregninger av konsekvenser for produktkostnader:



Figur 14. Prisøkning på sluttprodukt pga. CO<sub>2</sub> håndtering på silisiumproduksjon (Kilde: Elkem)

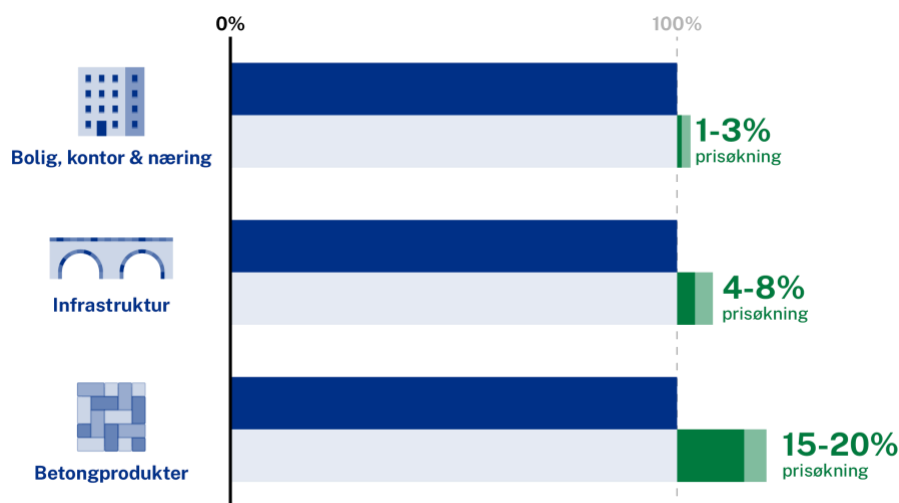
### CCS på sementproduksjon, konsekvenser for produksjons- og produktkostnader

Eksempel på hvordan kostnader for CCS påvirker produksjonskost for sement og "sluttprodukt" der sement anvendes:

**Forutsetninger:** Pris på sement: 100 EUR/tonn, Fangst og lagringskostnad: 100 EUR/tonn CO<sub>2</sub>

Utslipp: 610 kg CO<sub>2</sub>/tonn sement produsert (i dag, uten karbonfangst)

Norcem har sammen med en av de største entreprenørene gått gjennom faktiske prosjekter innen bolig, kontor og næringsbygg og infrastruktur, og sett på den kostnadmessige effekten på sluttproduktet dersom sementen ble dobbelt så dyr som følge av karbonfangst.



Figur 15. Prisøkning på sluttprodukt pga. CO<sub>2</sub> håndtering på sementproduksjon (kilde Norcem)

### CCS på avfallshåndtering, konsekvenser for produksjons- og produktkostnader

Nedenfor har vi en oppstilling på hvordan kostnader for CCS påvirker kostnader for avfallshåndtering og hvordan "sluttprodukt" det vil si forbrenning av avfall- og tilhørende renovasjonsavgift påvirkes:

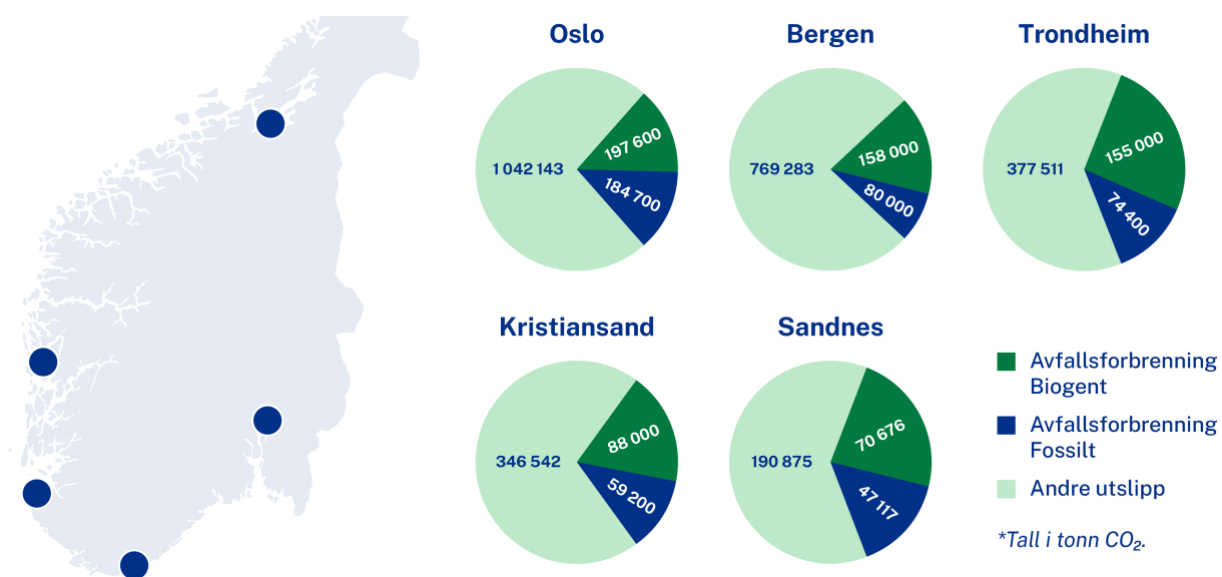
**Forutsetninger:** Pris på levering av kommunalt avfall: 500 kr/tonn. Fangstkostnad: 1 048 kr/tonn CO<sub>2</sub>

Utslipp: 1,1 tonn CO<sub>2</sub>/tonn avfall forbrent

Norske avfallsforbrenningsanlegg mottar og sluttbehandler avfall fra kommuner og næringer. I Norge er det om lag 3,8 millioner tonn avfall som går til forbrenning, der husholdningsavfall utgjør 1/3 del av dette. Det er betydelig underkapasitet i de norske forbrenningsanlegg og opp mot 60 % forbrennes i utlandet. Kommunene er svært interesserte i å redusere sitt klimafotavtrykk, fotavtrykket til innbyggerne og fotavtrykket til annen aktivitet i kommunene, og muligheten for å levere avfall til et anlegg med karbonfangst kan fremstå som attraktiv. Selvkostprinsippet gjør at økte kostnader på avfallsforbrenning ikke belastes kommuneøkonomien, men kommunens innbyggere.

Et CO<sub>2</sub> fangstanlegg vil øke leveringskostnad for avfall i størrelsesorden 1.000 kr/tonn. Fordeles dette kun over renovasjonsgebyret på om lag 2.350 Kr/år vil gebyret øke 20-30 prosent mens de kommunale avgiftene kan øke med 6-8 prosent. Dersom merkostnadene med CCS på et forbrenningsanlegg fordeles likt utover alle som genererer avfall ville det utgjøre 10 prosent økning, det vil si 3 prosent økning i renovasjonsgebyret<sup>30</sup>.

Figuren nedenfor viser at en stor del av CO<sub>2</sub> utslippene som kommer fra forbrenningsanlegg er fra biologisk avfall. Med karbonfangst vil det føre til negative utslipp (bio-CCS). I dag er det ikke insentiv i for å fange slike utslipp.



Figur 16. Oversikt over utslipp fra avfallsforbrenning i kommunene. (Kilde: Miljødirektoratet)

<sup>30</sup> Multiconsult (2019). Rapportnr:10209499-TVF-RAP-001 <https://www.multiconsult.no/assets/rapport-multiconsult-hvordan-gjore-co2-fangst-og-lagring-lonnsomt.pdf>

## Verktøykasse med insentiver og støtteordninger for fangst og infrastruktur

CO<sub>2</sub>-fangst krever store investeringer og øker kostnadene på produkter som ofte konkurrerer i et globalt marked. Skal Norge nå vedtatte utslippsmål for 2030 og 2050 må CO<sub>2</sub>-fangst være lønnsomt for industrien. Hvis CO<sub>2</sub>-fangst forblir ulønnsomt samtidig som utslippene er lovmessig vedtatt å gå ned kan konsekvensene bli betydelig redusert industriproduksjon. Dette kan forårsake betydelig globale utslippsøkninger gitt industriens lave spesifikke utslipp sammenlignet med konkurrentene på det globale markedet. Det vil også føre til redusert sysselsetting og eksportinntekter. Ekspertgruppen har nedenfor laget en oppstilling over virkemidler og mulige insentiver som i forskjellige kombinasjoner kan bidra til å utløse CO<sub>2</sub>-fangstprosjekter. Alle virkemidlene er etablerte ordninger som i varierende grad er i bruk i Norge, Europa og Nord Amerika.

Globale økonomiske konjunkturer, klimapolitikk, etterspørsel av produkter og teknologiforbedringer endres naturlig over tid. Sterk vekst i global etterspørsel etter varer kan øke kostnader for energi og for infrastruktur. Alt annet likt vil økt etterspørsel etter grønne produkter kunne redusere behovet for støtte. Kvotepreisen kan øke, men være for volatil eller ikke øke i takt med produktpriser. Det samme gjelder for økte energi- og råvarekostnader uten tilsvarende økning i produktpriser. Det er umulig å forutsi hvordan markedet og kostnader utvikler seg over mange år. Derfor ber ekspertgruppen om at det etableres en verktøykasse med insentiver og rammevilkår som tar høyde for utvikling og behov frem mot 2030 og langsiktige virkemidler mot 2050. Med en større verktøykasse av virkemidler kan myndighetene evaluere hvilke av disse som gir størst forutsigbarhet for investeringer, samt sikre optimal bruk av felleskapets kapital.

### EUs innovasjonsfond

EUs nye Innovasjonsfond kan finansiere opp til 60 prosent av merkostnader ved å bygge og drifte ett fullskala CCS-anlegg.

EUs innovasjonsfond er finansiert av kvotesalg og har 10 milliarder euro som skal brukes på prosjekter mot 2030. Det gir rundt 11 milliarder norske kroner i året. Disse midlene skal spres ut over hele EU og kriteriene for å utløse støtte er at de er innovative demonstrasjonsprosjekter. CO<sub>2</sub>-fangst er per 2020 ikke nødvendigvis innovativ som enkeltstående teknologi, men når teknologien brukes på nye områder som sement, avfall, ferroindustri for første gang er de innovative. Implisitt i dette ligger det at fremtidige fangstprosjekter - prosjekt #2 innenfor samme industri, i mindre grad kan kvalifiseres som innovative. EU-støtte vil være viktig frem mot 2030 og 2050 men det er lite sannsynlighet for at alle CCS prosjekter i Norge vil utløse EU støtte. Tidlig bygging av norsk lagerkapasitet for CO<sub>2</sub> vil imidlertid bidra til at europeiske utslippspunkt faktisk vil være i stand til å gjennomføre CCS-prosjekter, og dermed øker sine muligheter for å få støtte fra forskjellige finansieringsprogrammer. Sintef og NTNU<sup>31</sup> og Bellona<sup>32</sup> har estimert et potensial for flere titalls tusen arbeidsplasser knyttet til CO<sub>2</sub>-lagring i Nordsjøen.

### Nasjonalt CO<sub>2</sub>-fond

Resirkulering av miljøavgifter tilbake i fond er i økende grad et verktøy for klimainvesteringer. Et slikt fond bør etableres med krav og retningslinjer som sikrer at de beste prosjektene får støtte først og at støtte til investeringer og drift reduseres når lønnsomheten for CCS og produkter øker. Det norske NO<sub>x</sub>-fondet er finansiert av NO<sub>x</sub> avgiftene som industrien betaler og har siden 2008 utløst mange NO<sub>x</sub>-reducerende tiltak i industrien, tilsvarende har vi eksempel med Miljøfondet (tidligere Svovelfondet) som med færre, men større prosjekt er mer likt det som er behov for CO<sub>2</sub>-håndtering. EUs innovasjonsfond<sup>1</sup> er etablert på samme måte for å redusere CO<sub>2</sub>-utslipp. EUs innovasjonsfond finansieres med EUs inntekter fra kvotesalg. Likeledes kan et norsk CO<sub>2</sub>-fond finansieres på flere måter, f.eks. ved at en andel av det industrien betaler i CO<sub>2</sub>-avgifter eller salgsinntekter fra auksjonering av kvoter tilføres fondet. Ved lanseringen av Langskip ble det anmodet at dersom Klemetsrud prosjektet får tilslag i EUs

<sup>31</sup> S. Størseth, G. Tangen, O. Wolfgang, G. Sand; SINTEF og NTNU (2018): Rapportnr 2018:0450, ISBN 978-82-14-6887-0: [Industrielle muligheter og arbeidsplasser ved CO<sub>2</sub>-håndtering i Norge.](#)

<sup>32</sup> K. Whiriskey; Bellona (2015): [North Sea to the Rescue: The Commercial and Industrial Opportunities of CO<sub>2</sub> storage in the North Sea.](#)

innovasjonsfond så vil staten dekke det resterende finansieringsbehovet for å utløse prosjektet. Et CO<sub>2</sub>-fond vil kunne benyttes i en slik finansiering, samtidig som det også vil være aktuelt for etterfølgende prosjekter. Resirkulering av miljøavgifter tilbake i fond er i økende grad et verkøyt for klimainvesteringer. CO<sub>2</sub>-avgifter har økt mye de siste årene og det forventes at kvoteprisen skal øke mye, slik at det forventes en inntektsøkning. Et CO<sub>2</sub>-fond kan i tillegg til CO<sub>2</sub>-håndteringsprosjekter, utløse et bredt spekter av prosjekter som bidrar til å realisere klimamålsettingen til industrien på veien mot 2030 og 2050.

**Ekspertgruppen anbefaler en styrket sømløs virkemiddelpakke for nye fangstanlegg som koordineres mot virkemidler i EU**

### Lånegarantier

Statlige lånegarantier er i bruk for deler av industri og næringsliv. Statlige lånegarantier reduserer risiko for investorer og dermed også finansiell kostnad for å hente kapital i det private markedet. Ettersom fangstanlegg er svært kapitalkrevende vil lav kalkulasjonsrente på lånegarantier bety svært mye for fangstkostnaden. Ekspertgruppen mener statlige lånegarantier bør anrettes mot CCS og hvor staten gir garantier som bedriftene kan bruke i det private kapitalmarkedet. Dette vil kunne bidra til markedsfinansiering med lavere kapitalkostnad for CO<sub>2</sub>-håndteringsprosjekter.

### Skattekreditter

Skattekreditter er i bruk i mange land. Den som investerer, får en viss reduksjon i skatt per krone brukt for drift eller investert i en prioritert næring. I USA så har skattekreditter for CO<sub>2</sub> til økt oljeutvinning (EOR) vært i bruk siden 70 tallet<sup>33</sup>. Ordningen ble oppdatert og utvidet til også å gjelde CO<sub>2</sub> for geologisk lagring i 2008 og i 2018 ble det vedtatt å gi 50\$ per tonn for CO<sub>2</sub>-lagret og 35\$ for CO<sub>2</sub> brukt for EOR eller annen utnyttelse av CO<sub>2</sub>. Aktivitetene som kvalifiserer for skattekreditt, er detaljert i lovgivningen og gjelder kun for driftsmidler. Skattekreditten opphører hvis oljeprisen går over et visst nivå for EOR-aktiviteter og det samme kan tenkes for kvoteprisen i Europa. Skattekreditter sikrer at offentlig støtte via skattereduksjon kun går til den prioriterte aktiviteten og forhindrer at offentlige midler går til utbytte eller ikke prioriterte aktiviteter. Skattekreditter kan inngå som en ordning i kombinasjon med andre insentiver for å sikre drift av CO<sub>2</sub>-håndteringsprosjekter i en overgangsfase til markedet for grønne produkter er etablert.

### Støtte over statsbudsjettet kan ikke være den langsiktige løsning for CO<sub>2</sub>-håndtering

Statlig budsjettstøtte har så langt vært brukt for CO<sub>2</sub>-fangstanlegg i Norge utenom Snøhvit og Sleipner. Budsjettfinansierte tiltak er nødvendig i oppstartsfasen for en rekke klimatiltak. Som foreslått vil Langskip i hovedsak finansieres av staten mens Klemetsrud vil måtte sikre en større andel i markedet eller EU fond for å bli en del av Langskip. Selv om det for fremtidige fangstprosjekter også vil være behov for statlig støtte, mener ekspertgruppen at budsjettfinansierte støtte bør avta og erstattes med forutsigbare støtteordninger for investering og drift. I neste fase for CO<sub>2</sub>-fangst prosjekter vil en kombinasjon av tilgang på CO<sub>2</sub>-fond, rimelig kapital, skattekreditter og Contract for Difference (se under) koblet med økt betalingsvilje for grønne produkter være svært viktig. Kvotepriser som implementeres globalt kan gjøre CO<sub>2</sub>-fangst lønnsomt for konkurranseutsatt industri på mellomlang sikt og vesentlig redusere eller fjerne behovet for driftsstøtte. I sektorer utenfor kvotepliktig sektor vil andre insentiver være nødvendig

### Contract for Difference (CfD) og Carbon Contract for Difference (CCfD)

CfD og CCfD er tiltak som i dag er i bruk i enkelte land i Europa. I Storbritannia har CfD utløst store investeringer i havvind<sup>ii</sup>. I en godt utformet CfD-mekanisme dekker staten i en overgangsfase, forskjellen i driftskostnadene mellom konvensjonell utslippsintensiv prosess og utslippsfri prosess, eller den kan dekke forskjellene mellom markedspris og ekstra kost for grønn produksjon. CfD knyttet til hydrogenproduksjon er lansert som et mulig rammeverk i EUs

<sup>33</sup> U.S. Department of Energy (2019): [Internal Revenue Code Tax Fact Sheet](#)



hydrogenstrategi, hvor man har hatt stål og kjemisk industri som fokus sektorer. Nederland har allerede i sitt Stimulaton of Sustainable Energy Transition Scheme (SDE++) innført en CCfD støtte-mekanisme. CfD og CCfD'er vil være meget kraftfulle verktøy for konvertering av utslippstung industri til lavutslipp, og vil kunne dekke det tidsmessige gapet mellom ombygging til utslippsfri produksjon, med påfølgende høyere produktkostnader, og en situasjon hvor markedsetterspørsel er mer i balanse med tilbudet av lav-utslippsprodukter. En CFD sikrer i større grad at støtten ikke gir avkasting utover den avkastningsgraden som CFD forutsetter.

### Bedre avskrivningsbetingelser

Investeringer i landbasert industri avskrives normalt over 4 år lineært. Økt startavskrivning ble vedtatt i 2013 for industriinvesteringer, men ble avskaffet da økonomien bedret seg etter finanskrisen. Økt startavskrivning ble gjeninnført i 2020 da koronakrisen traff Norge. En permanent ordning for økt startavskrivning og eventuelt kortere avskrivningstid for investeringer i CO<sub>2</sub>-fangst kan gi betydelig forbedringer i prosjektøkonomien.

### Drahjelp fra finansmarkedet

I finansmarkedet legges det stadig mer vekt på bærekraft og klima. To eksempler er anbefalingene fra Task Force on Climate-Related Financial Disclosures (TCFD) og EUs strategi for bærekraftig finans. En såkalt taksonomi (klassifiseringssystem) for hvilke teknologier og aktiviteter som er grønne og bærekraftige er en sentral del av EUs strategi. Denne taksonomien er fremdeles under utvikling. CCS er med i en liste som viser hvilke teknologier som kan komme med store bidrag for å redusere klimaendringen, mens bruk av CO<sub>2</sub> ikke er godkjent (CCU). BECCS er heller ikke godkjent, der det vises til at et rammeverk for bærekraftig forvaltning av biomasse til energi først må på plass mens hydrogen med maksimalt 100 gram CO<sub>2</sub> per kWh er med.

Når innføringen av CCS i prosessindustrien krever store investeringer ut over det som kan dekkes av offentlig støtte i en periode blir tilgangen til kapital viktig. Store og langsiktige investeringer i CCS kan bli attraktivt for institusjonelle investorer som pensjonsfond. Ved den rette reguleringen av CCS kan investeringer i infrastruktur bedre tilrettelegges for norske investorer. Offentlige garantiordninger ('first loss') kan redusere risikoen for private investorer slik at mer kapital blir tilgjengelig.

I de siste årene har det dukket opp noen grønne finansielle instrumenter som kan hjelpe til med å vri nye investeringer i en grønnere retning. Blant disse er grønne obligasjoner ('Green bonds'), som er identiske med vanlige obligasjoner med ett unntak, nemlig at utgiveren lover at lånene skal brukes til klimavennlige prosjekter og investeringer. En del industribedrifter har gitt ut grønne obligasjoner for å finansiere løsninger som er mer energieffektive og klimavennlige. På dette området er Sverige et foregangsland. Grønne obligasjoner kan være en interessant mulighet for bedrifter i prosessindustrien som vurderer å ta opp lån ved å utstede obligasjoner for å finansiere nye grønne løsninger.

## Klimatiltak og offentlig finansiering

**Ekspertgruppen anbefaler at tilgang til privat kapital for prosjekter for CO<sub>2</sub>-håndtering stimuleres**

Norske myndigheter har siden innføring av CO<sub>2</sub>-avgifter sikret inntekter som igjen brukes målrettet for å oppnå klimareduksjoner. Et av de mest kjente er tiltak for overgang til nullutslipp biltransport. Denne politikken har vært en suksess med fritak for engangsavgiften og moms for denne sektoren. Hver elbil reduserer i tillegg til CO<sub>2</sub> en rekke utslipp som NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub> og partikler fra forbrenning. Det er viktig å redusere SO<sub>x</sub>- og NO<sub>x</sub>-utslipp, og selv om elbilpolitikken primært er motivert av reduserte CO<sub>2</sub>-utslipp bidrar den og til betydelige reduksjoner i NO<sub>x</sub> og SO<sub>x</sub>.

Miljødirektoratet har i Klimakur 2030 estimert tiltakskostnaden per tonn CO<sub>2</sub> med CO<sub>2</sub>-håndtering for avfallsbransjen til et medium kostbart klimatiltak (500-1500 kr/tonn CO<sub>2</sub>), elbiltiltak er i samme kategori. DNV GL har i forbindelse med Langskip prosjektet beregnet at det for prosjektet vil ha en tiltakskost på om lag 1 000 kr/tonn CO<sub>2</sub> med to fangstprosjekt med samme metodikk som i Klimakur 2030 (ref. figur.11 Forventet utvikling av tiltakskost for CO<sub>2</sub>-håndtering). Ved videre utnyttelse av Langskip prosjektet sin ekstra kapasitet og videre teknologiutvikling vil tiltakskostnad etter relativ kort periode komme under 500 kr/tonn og CO<sub>2</sub>-håndtering dermed bli kategorisert som et billig klimatiltak.

Ekspertgruppen legger til grunn at CO<sub>2</sub>-fangst ikke bare vil redusere CO<sub>2</sub>-utslipp, men også SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub> og partikler samt bidra til økt sysselsetting. Ser man på tiltak- og virkemiddelskostnader for CO<sub>2</sub>-fangst opp mot andre nasjonale klimatiltak som prioriteres kan CO<sub>2</sub>-fangst fremstå som et rimelig klimatiltak med mange gode synergieffekter.

Ekspertgruppen ber myndighetene evaluere klimatiltak opp mot tiltakskostnader for alle klimatiltak. I tråd med anbefalingene fra Grønn Konkurranseskraft i 2016 ber ekspertgruppen myndighetene evaluere klimaeffekten av tiltak i et globalt perspektiv samt for sysselsettingseffekt og eksportverdier.

### Offentlig kvalitetssikring av CCS prosjekter

Finansdepartementet har det overordnede ansvaret kriterier for kvalitetssikring av statlige investeringer mens Direktoratet for Økonomistyring i staten har ansvar for veilederen<sup>34</sup> som brukes for evaluering av prosjekter. Evalueringen settes ut til eksterne konsultentselskap som så gjennomfører en risiko og kvalitetssikring også kalt KS. Kvalitetssikring er svært viktig for alle større tiltak når offentlige midler skal brukes. Forutsetningene for økonomiberegninger avgjør lønnsomheten i et hvert prosjekt. I dagens veileder legges til grunn en kalkulasjonsrente på 4 % som bør vurderes satt lavere gitt nødvendigheten av klimareduksjoner og det lange perspektivet som klimainvesteringer har<sup>35</sup> I den foregående KS rapporten for Langskip er det antatt en kvotepris som er lavere enn det EU Kommisjonen legger til grunn for å nå 2030 mål<sup>36</sup>. Denne kvoteprisen som KS rapporten benytter er også betydelig lavere enn det stortingsmelding nr.33 (2019-20) om Langskip henviser til, der de viser til en forventet kvotepris i 2030 nærmere 1000 kr/tonn CO<sub>2</sub> (ref. Figur 11. Forventet utvikling av tiltakskost for CO<sub>2</sub>-håndtering Kilde: (Gassnova DNV-GL, 2020 gjengitt i St.meld 33 (2019-2020)som er hentet fra St.mld. nr.33). Ekspertutvalget anbefaler at forventede økninger i kvotepris og avgifter som er nødvendig for å oppnå 55 % utslippskutt i 2030 og tilsvarende økte priser for 2050 legges til grunn for evalueringen av den samfunnsøkonomiske lønnsomheten i prosjekter for CO<sub>2</sub>-håndtering.

---

<sup>34</sup> Direktorat for Økonomistyring i staten (2018): [Veileder for økonomiske analyser](#)

<sup>35</sup> Nicholas Stern (2006): The Economics of Climate Change

<sup>36</sup> EU Kommisjonen (2020) [Impact Assessment for Green Deal](#)

## **Bidragstere**

### **Ekspertgruppen**

Geir Vollsæter (leder) – Industri Energi  
Alf Tore Haug - Elkem  
Anne Marit Post-Melbye – ZERO  
Asbjørn Torvanger - Cicero  
Camilla Brox – Borg CO2  
Eystein Leren – Yara  
Hanna Knuutila - NTNU  
Jan Gabor – Mo Industripark  
Jannicke Bjerkås – Fortum Oslo Varme  
Lars Erik Øi – Universitetet i Sørøst-Norge  
Mona Mølnvik - SINTEF  
Olav Øye - Bellona  
Per Brevik - Norcem  
Per Carsten Ellertsen – Esso  
Per Sandberg - Equinor  
Sverre Gotaas – Hærøya Industripark  
Torleif Madsen – Fjell Technology Group  
Vibeke Andersson – Aker Carbon Capture

### **Sekretariatet**

Hans Jørgen Vinje – Gassnova  
Svein Ingar Semb – Gassnova  
Tone Sejnæs Pettersen – Miljødirektoratet  
Henrik Norgaard - Miljødirektoratet

# VEDLEGG 1: Fangstteknologier

## Oversikt og karbonfangstteknologier

Væskebasert CO<sub>2</sub>-fangst er den mest modne av fangstteknologiene, men fire andre teknologier er også på vei. CO<sub>2</sub>-fangstteknologi kan deles i fem arketyper i forhold til om CO<sub>2</sub> fanges ved hjelp av væsker, membraner, forbrenning med rent oksygen, faste stoffer eller ved lave temperaturer.

### *Væsker*

Dette er den teknologitypen som er mest moden av fangstteknologiene. Ved væskebasert CO<sub>2</sub>-fangst kommer den CO<sub>2</sub>-holdige gassen i kontakt med en væske og fanges ved at den løses opp i og ofte reagerer kjemisk med væsken. Væskebasert fangst av CO<sub>2</sub> fra naturgass er en moden teknologi som blant annet er blitt benyttet i flere årtier for å få naturgass med for høyt naturlig CO<sub>2</sub>-innhold klar til salg. Videre er også hydrogenproduksjon fra naturgass f.eks. i forbindelse med ammoniakkproduksjon kommersielt tilgjengelig. CO<sub>2</sub>-fangst fra kullkraft er implementert i stor skala på Boundary Dam (Canada) og Petra Nova (USA) som begge er designet til å fange 1 million tonn CO<sub>2</sub> og mer per år.

Opptil 80 % av energien som brukes til fangst av CO<sub>2</sub> er varmeenergi ved relativ lav temperatur (80-140 °C). Varmeintegrasjon av fangstanlegg mot utslippskilden er viktig for å utnytte spill-varme fra produksjonsprosessen.

### *Membraner*

Membraner utnytter at enkelte gasser i en blanding, f.eks. hydrogen eller CO<sub>2</sub>, lettere trenger igjennom materialer. På denne måten kan man oppkonsentrere hydrogen eller CO<sub>2</sub>. Membraner kan også benyttes sammen med andre fangstteknologier ved f.eks. å ha et membranbasert oppkonsentreringstrinn for CO<sub>2</sub>. Membraner bruker primært elektrisitet til fangstprosessen. Fangstgraden og CO<sub>2</sub>-renhet er viktige parameter ved membraner da membranarealet og energiforbruk øker proporsjonalt ved økt fangstgrad. F.eks. å øke fangstgraden fra 50 til 75 % fordobler membran-areale og energibehovet.

### *Forbrenning med rent oksygen*

Ved forbrenning med rent oksygen blir forbrenningsluften som består av ca. 80 % nitrogen, erstattet med oksygen iblandet med CO<sub>2</sub> eller vanddamp. Røykgassen vil da primært bestå av CO<sub>2</sub> og vann. Denne teknologien er primært av interesse for fossil kraftproduksjon eller andre industrielle prosesser som kan benytte ren oksygen i sine prosesser. Fordelen ved teknologien er at avgassene etter forbrenning består av tilnærmet ren CO<sub>2</sub> og vanddamp. Vannet skilles enkelt ut ved å kjøle ned avgassen og kondensere ut vannet. Ulempen er at produksjon av ren oksygen krever energi.

### *Fast stoff*

Gass kan binde seg til overflaten av et fast stoff og på denne måten benyttes til å ta ut f.eks. CO<sub>2</sub> fra en gassstrøm. Det faste stoffet kan deretter regenereres, dvs. frigjøre CO<sub>2</sub>, typisk ved å redusere trykket eller øke temperaturen. Teknologien benytter i stor grad varmeenergi og spenner fra å kunne bruke høy temperatur (500-800 °C) tett integrert med industriprosessene til varmeenergi i temperaturområder som væskebasert teknologier.

### *Lavtemperatur*

Ved lavtemperatur CO<sub>2</sub>-fangst kjøles røykgassen ned slik at CO<sub>2</sub> kan separeres ut som væske eller i fast form (typisk lavere enn -180 °C). Denne teknologien har et noe lavere modenhetsnivå. Teknologien bruker primært elektrisitet som energikilde. Siden CO<sub>2</sub> som er fanget kommer ut som væske slipper man kompresjon og flytendegjering som de andre teknologiene krever for videre transport.

## VEDLEGG 2: Mandat for CCS ekspertgruppe

### Bakgrunn og begrunnelse for etablering av ekspertgruppen

Prosess 21 er etablert av Nærings og Fiskeri Departementet.

Hovedoppgaven for Prosess21 er å gi strategiske råd og anbefalinger om hvordan Norge best kan få til en utvikling i retning av minimale utslipp fra prosessindustrien i 2050 og samtidig legge til rette for at virksomheter i prosessindustrien har bærekraftig vekst i denne perioden.

EU har definert tre overordnede målsetninger for 2030:

- 40% reduksjon i utslippene av klimagasser (fra 1990 nivå)
- 32% andel fornybar energi
- 32,5% forbedring i energieffektivitet

EU's målsetninger innebærer at innen EU-ETS skal klimagassutslippene innen 2030 reduseres med 43 % i forhold til utslippene i 2005. I forbindelse med lansering av «European Green Deal» signaliseres det at disse målsetningene skal bli mer ambisiøse. Samtidig har Stortinget en målsetning om at Norge skal være karbonnøytralt i 2050. FNs klimapanel og det internasjonale energibyrået (IEA), har i sine studier identifisert CCS som en av de desidert viktigste gruppene med klimatiltak. Det samme understrekes både av Energi21 og OG21. Klimagassutslippene fra industri og bergverk i Norge er ca. 12 millioner tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter. Veikartet for prosessindustrien gir eksempler på mulige teknologiløp for å oppnå nullvisjonen i 2050, forhindre karbonlekkasje og har identifisert CCS som ett av de viktigste tiltakene. I veikartetets hovedscenario bidrar CCS med 56% av utslippsreduksjonene, kompenserer for restutslipp i enkelte bransjer, og bidrar til netto negative utslipp i 2050 ved bruk av biobasert innsatsvarer. Fundamentet for realisering av nullvisjonen i veikartet ligger i Fullskalaprojektet som skal etablere og demonstrere en fullskala verdikjede for fangst, transport og lagring av CO<sub>2</sub> fra norsk industri. I Fullskalaprojektets gevinstrealiseringsplan legges det stor vekt på tiltak som muliggjør at det vil komme flere CCS prosjekter etterhvert som kan utnytte infrastrukturen og kunnskapen fra Fullskalaprojektet.

Sett i lys av dette og den politiske prosessen som pågår, er det naturlig at Prosess21 etablerer en ekspertgruppe innen CCS. Ekspertgruppen og sekretariatet bør kartlegge hva som er status for pågående CCS prosjekter og de viktigste aktørene for å etablere felles forståelse av nåsituasjon. Med basis i etablert nåsituasjon kan ekspertgruppen gå videre med tidligere kunnskapsgrunnlag og/eller kan foreslå nye studier. Videre kan ekspertgruppen arrangere workshops med relevante miljøer for å sikre innspill og forankring av arbeidet.

### Effekt mål for ekspertgruppen

Ekspertgruppens forventes å levere anbefaling i henhold til begrunnelsen for etableringen og oppgaver og mål. Ekspertgruppens rapport vil være en selvstendig rapport som representerer ekspertgruppens råd og inngå som en del av underlaget til Prosess21 samlede arbeid og de strategiske råd og anbefalinger som skal gis. Rapporten skal vise hvordan økt aktivitet og fokus på CCS er direkte knyttet til Prosess21 sin visjon og strategiske mål. Ekspertgruppen utarbeider et kortfattet ekstrakt som inngår i Prosess 21 sin sluttrapport.

Effekt mål er positive effekter som i hovedsak kommer i ettertid av ekspertgruppens arbeid og rapport. Det er mottakere av rådene og anbefalingene som er ansvarlig for realisering av gevinstene. Overordnet effekt mål er at ekspertgruppens rapport skal gi råd til relevante departement om hvilke rammevilkår som bør etableres for at CCS kan bli tatt i bruk som et klimaverktøy for prosessindustribedrifter i Norge.

Videre hvordan industrien ser at CCS kan inngå i deres strategi for å bidra til målsetninger i prosessindustriens veikart. Vurdering vil legge til grunn at den norske verdikjeden for transport og lagring av CO<sub>2</sub> er realisert og tilgjengelig for tilleggs volum fra Norge. Det forutsettes at nødvendige ansvarsforhold og rammeverk er etablert for å regulere ansvarsforhold i CCS kjeden.

### Mål for Ekspertgruppen er å se på hvordan prosessindustrien kan ta CCS videre – etter realiseringen av fullskalaprojektet.

Ekspertgruppen skal beskrive og vurdere de viktigste drivkreftene, mulighetene for og barrierene mot å øke bruk av CCS i prosessindustrien.

Ekspertgruppen skal beskrive og analysere den overordnede bruken av ulike CCS fremmede virkemidler i Norge og Europa, som klimavotesystemet oa.

Ekspertgruppen etablerer kontakt med de andre ekspertgruppene for informasjonsdeling der det er fornuftig.

Arbeidet konsentreres om følgende temaer:

- Vurdere barrierer og markedssvikter i CCS-kjeden i forskjellige utviklingsfaser, vurdere hvordan dagens rammevilkår fungerer og foreslå forbedringer.

- Kartlegge prosessindustriens i Norge sine CCS-ambisjoner og beskrive muligheter på mellomlang og lang sikt
- Analysere hvordan CCS-investeringer og bruk, påvirker kostnader i verdikjedene og hvorvidt mulig premium på «grønne produkter» i forbrukermarkedene kan stimulere til økt satsning på CCS
- Analyser sensitivitet for norsk industri sine rammevilkår relatert til EUs politikk, CO<sub>2</sub> kvotepris og karbonlekkasje
- Vurdere hvilke muligheter CCS gir for ny næringsvirksomhet og vekst, herunder vurdere sysselsettingspotensiale, mulighet for styrking av eksisterende jobber og oppretting av nye jobber i Norge.
- I lys av den samfunnsøkonomisk analyse som utarbeides i forbindelse med det norske fullskalaprojektet, vil forutsetninger og relevans for norsk prosessindustri vurderes.
- Vurdere og gi råd om hvordan innretning av virkemiddelapparat kan bidra til å utnytte og videreutvikle CCS kompetansen Norge besitter til å realisere CCS prosjekter i prosessindustrien samt katalysere videre F&U.

Ekspertgruppens sekretariat vil i tillegg bidra med følgende arbeid som underlag til ekspertgruppen:

- Kartlegge utviklingstrekk og trender med betydning for CCS.
- Analysere og sammenligne norske prosessindustri-utslipp med prosessindustri i EU.
- Analysere potensialet for negative utslipp ved bruk av CCS på biogene kilder (BECCS.).
- Kartlegge hvilke virkemidler i EU som kan bidra til å realisere CCS.


## Leveranser fra ekspertgruppen

Arbeidet skal dokumenteres i en egen rapport og møtereferater fra workshop og ekspertgruppemøter. Ekspertgruppens samlede rapport kan settes sammen med ekstern hjelp etter samråd med styrets sekretær. Arbeidet skal dokumenteres innen 1.oktober 2020.

Ekspertgruppens medlemmer bidrar med kvalitetssikring av rapporten før ferdigstillelse for Prosess21 styret og offentliggjøring. Ekspertgruppen er ansvarlig for anbefalinger/råd og analyser.

Det utarbeides kronikk til media og aktuell presentasjon for konferanse av ekspertgruppe-rapporten.

---



**Prosess21**  
**CO<sub>2</sub>-håndteringsrapport**  
prosess21.no

September 2020  
Design: Miksmaster as · [www.miksmaster.no](http://www.miksmaster.no)

Publikasjonen kan lastes ned fra  
<https://www.prosess21.no/om-prosess-21/dokumenter/>