

En kartlegging av muligheter for karbonfangst og lagring ved verkene som produserer aluminium, silisium, ferrosilisium og manganlegeringer

Kartleggingen er basert på innspill og dialog med Elkem, Eramet og Hydro

Innhold

Sammenheng	3
Bakgrunn	5
Prosessindustrien har redusert sine utslipp	5
Prosessindustrien har nye prosjekter som bidrar til ytterligere reduksjon i utslippene	6
Kildene for industrielle utslipp i Norge er ulik resten av Europa	6
Utslipp fra norsk prosessindustri er "hard-to-abate"	7
Økt behov for metaller i den grønne omstillingen	8
Betalingsvilje for reduserte klimagassutslipp	8
Løsningene for reduserte klimagassutslipp (Prosess21-veikart)	9
Det er stort behov for investeringsprosjekter, men de er ikke lønnsomme.....	11
CO ₂ fangst i prosessindustrien.....	13
Industriens klimaambisjoner og utvalgte prosjekter	15
Eramet Norway.....	15
Elkem	16
Hydro Aluminium	17
Klyngesamarbeid.....	18
Hva skal til for å realisere flere fangstanlegg	20
Prosjektforløp og prosjektrammebetingelser	21
Karbonfangst som mulig løsning på utvalgte verk	22
Rammebetingelser som kan bidra til flere CCS anlegg i prosessindustrien	23
Modning av CCS-prosjekter gjennom mulighets-, konsept- og FEED studier.....	24
Måltrettet FoU-innsats for nullutslippsteknologier.....	24
Forutsigbar mekanisme for regulering av BioCCS	24
Unngå tap av kvoter ved energigjenvinning.....	25
Investerings- og driftsstøtte.....	25
Karbondifferansekontrakter som virkemiddel	25
Gassnova og Enovas virkemidler kan samhandle ytterligere	25
Ta inspirasjon av Inflation reduction Act (IRA) og A Green Deal Industrial Plan.....	25
Behov for videre arbeid	27
Informasjon om notatet	28

Sammendrag

Prosessbedriftene produserer kritiske metaller/råvarer som er nødvendige i samfunnet og for det grønne skiftet. Norge er største produsent av flere metaller som inngår i omstillingen til lavutslippssamfunnet som aluminium, silisium og ferrosilisium, samt manganlegeringer. Det ligger til rette i deler av prosessindustrien for å ta i bruk CCS ettersom bedriftene har punktutslipp som gjør det mulig å samle/fange, mange av bedriftene har overskuddsenergi/varme som er en forutsetning i flere modne fangstteknologier. CCS-teknologier er kjent og verifiseres i dag ved flere bedrifter, og ved bruk av biokarbon kan CCS løsninger i prosessindustrien muliggjøre negative utslipp. Dette notatet ser på teknologiske muligheter for CCS og er basert på innspill og dialog med Elkem, Eramet og Hydro. Bedriftene som produserer tilsvarende produkter – Alcoa, Wacker og Finnfjord – har ikke deltatt i arbeidet, men kan inkluderes ved eventuell utvidelse av kartleggingen.

Prosessindustrien er i gang med konkrete prosjekter innen karbonfangst og utvikling av alternative nullutslippssystemer. Skiftet er igangsatt til tross for usikkert knyttet til kvotepriser, rammevilkår, virkemidler, prising av lavutslippssystemer – usikre variable som spiller en stor rolle for å lykkes med den nødvendige omstillingen.

Prosess21 har gjennomført en teoretisk studie av mulighet for storskala utrulling av karbonfangst og lagring for 18 fabrikker innen produksjon av aluminium, silisium, ferrosilisium og manganlegeringer. Studien er basert på teknologiske innspill og dialog med Elkem, Eramet og Hydro som er eiere av 13 av verkene. Realisering av CCS vil kunne bidra med ca. 4,8 millioner tonn fossilt CO₂ når en antar 90 % fjerning gjennom karbonfangstanleggene. Totale investeringskostnader for dette vil utgjøre ca. 45 milliarder kroner og driftskostnader (inkludert transport og lagring) vil til sammen utgjøre årlig ca. 5,0 milliarder kroner. Med antagelse om økende bruk av biologiske råvarer kan mer enn **1,1 million tonn** komme fra biologiske råvarekilder fra 2030.

Under de rette rammebetingelser vil 3-4 verk kunne **ferdigstilles innen 2030** og som vil kunne **reducere utslipp med 900.000 til 1,2 millioner tonn CO₂** i tillegg til Langskip (Norcems 400.000 tonn), noe som til sammen gir 1.3 til 1.6 millioner tonn dvs. 10-15 % av prosessindustriens utslipp. **Investeringene for disse anleggene vil utgjøre rundt 11 milliarder kroner.** Driftskostnader (Opex) vil kunne utgjøre mellom 900 millioner og 1,2 milliarder kroner årlig. For disse verkene kan det antydes at **LCOC (Levelised Cost of CO₂ Capture) ligger i området fra 140-160 €/tonn og oppover.** Energikommisjonen peker på potensiale ved energieffektivisering i industrien. Energigjenvinning er installert ved enkelte verk og slike anlegg kreves for å realisere karbonfangst der dette ikke er installert. For disse verk bidrar dette til økt LCOC. Vi vil også påpeke at i tillegg til selve karbonfangstanlegget og anlegg for flytendegjøring, lagring og uttransport er det behov for å tilpasse produksjonsutstyret for verkene. Spesielt ovnstilpasninger og ombygging av filtersystemene er nødvendig for noen av bedriftene.

En viktig forutsetning for å realisere CCS anlegg vil være **forutsigbarhet knyttet til krafttilgang** og -betingelser. Dette inkluderer også **CO₂-kompensasjonsordningen** som kompenserer utgiftene industrien i Europa har for CO₂-utslipp knyttet til forbrukt kraft. Uten CO₂-kompensasjonen vil industrien betale for CO₂-utslipp den ikke har bidratt til. Dette fordi den norske industrien bruker tilnærmet kun fornybar kraft. Dette bryter med forurenser betaler-prinsippet. Aktørene i den norske prosessindustrien er avhengig av å hele tiden være konkurransedyktige i et globalt marked. Rammebetingelsene for klimatiltak må derfor også sees i lys av å opprettholde og helst styrke denne konkurranseevnen.

Hvor mange CCS-prosjekter som realiseres vil også i stor grad være avhengig av **tilgang og kostnader knyttet til transport og lagring.**

For å realisere karbonfangst og utvikling av nullutslippsteknologier i prosessindustrien har Prosess21 følgende forslag knyttet til virkemidler og rammebetingelser. Forslagene kan vurderes i funksjon av tid og kan være overlappende. Følgende virkemidler er omtalt:

- Modning av CCS-prosjekter gjennom mulighetsstudier og FEED studier
- Målrettet FoU-innsats for nullutslippsteknologier
- Forutsigbar mekanisme for regulering av BioCCS
- Unngå tap av kvoter ved energigjenvinning
- Investerings- og driftsstøtte
- Karbondifferansekontrakter som virkemiddel
- Gassnova og Enovas virkemidler kan samhandle ytterligere
- Ta inspirasjon av Inflation reduction Act (IRA) og A Green Deal Industrial Plan

Norsk prosessindustri har redusert sine utslipp med 40 % siden 1990, men etter Norge inngikk i det europeiske kvotehandelssystemet (ETS) fra 2008 er utslippene i liten grad redusert. Dette skyldes at kvoteprisen utløser dekarboniseringsprosjekter i europeisk energisektor (overgang fra kull til fornybar). Med høyere kvotepriser og mindre utdeling av vederlagsfrie kvoter kan dette endre seg, men på kort sikt er effekten usikker. Dersom vi venter med å ta kutt i kvotepliktig sektor til de er kostnadseffektive i en europeisk sammenheng, kan Norge risikere at en stor del av kuttene må tas tett på 2050. Det kan gi høye omstillingskostnader over en kort periode. Dette kan være en god grunn å gjøre tiltak i Norge som setter i gang omstillingen allerede nå.

Ulike tiltak er satt i system gjennom ETS for å sikre at europeisk industri er konkurransedyktig og at karbonlekkasje unngås. Karbonlekkasje er uønsket ettersom en flytter utslippsproblemet til andre land og en får en negativ effekt globalt. Med overkapasitet i Asia og økende politisk regionalisering er oppmerksomheten økende. Tiltak som er igangsatt blant EU landene for å redusere fare for karbonlekkasje er blant annet vederlagsfrie kvoter, CO₂-kompensasjon og forslag til "karbongrenseskatt" - CBAM (Carbon Border Adjustment Mechanism). Med innføringen av Net Zero Industry Act vil EU blant annet bidra til raskere tillatelsesprosesser, utløse mer investeringer og videreutvikle kompetanse. Gjennom Critical Raw Materials Act adresseres avhengigheten EU er av importerte materialer. Industrien, nåværende og forrige regjering har vært veldig tydelige på at faren for karbonlekkasje er reelt. Økende regionalisering, økt overkapasitet og mangel på global karbonpris kan føre til økende utfordringer.

Samtidig så er det viktig at tiltak som skal forhindre karbonlekkasje ikke blir en hvilepute for bedriftene med dertil manglende tiltak for å redusere utslipp ytterligere. Det er derfor nyttig å knytte tiltak som forhindrer karbonlekkasje til å øke industriens innsats for å redusere utslipp, og ikke minst, forsere innsatsen slik at effektene kommer tidligere. Det er mange ukjente variable knyttet til utarbeidelse av rammevilkår og virkemidler for industrialisering av en karbonfangst verdikjede, både på norsk og europeisk side. Samtidig trenger prosjektene forutsigbarheten om fremtidige inntekter. Prosjektene vil kreve offentlige rammevilkår og en eventuell garantert inntekt fra norske myndigheter må ses i sammenheng eller kombineres med fremtidige EU-virkemidler. Eventuell overkompensering kan føre til en avkortning hvis dette inntreffer. Hensikten må være å få flere industrielle prosjekter igangsatt, med forutsigbare kontantstrømmer, og som tar hensyn til karbonlekkasje-effekter.

Bakgrunn

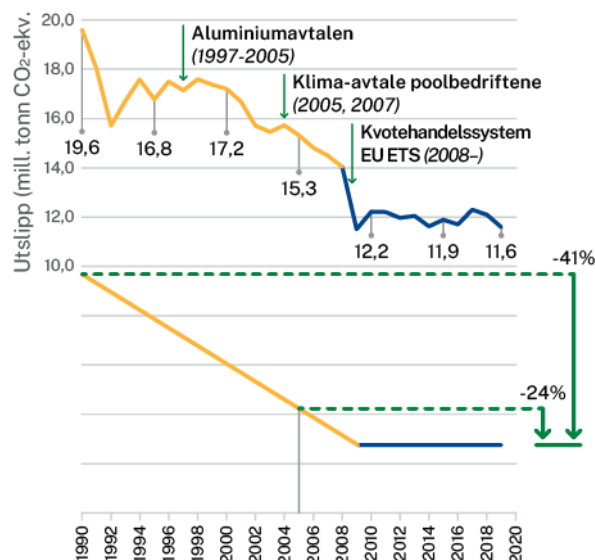
Prosess21 har gitt strategiske råd og anbefalinger om hvordan Norge best kan få til en utvikling i retning av minimale utslipp fra prosessindustrien i 2050, og samtidig legge til rette for at virksomhetene i denne industrien har bærekraftig vekst i perioden. Prosess21 har utarbeidet et bredt kunnskapsgrunnlag basert på et samarbeid mellom industri, akademia og offentlige aktører. Arbeidet er sammenfattet i en hovedrapport¹, som ble overlevert til Solberg-regjeringen i februar 2021. Hovedrapporten bygger på og suppleres av rapporter fra ti ekspertgrupper og flere tematiske rapporter.

Prosess21 identifiserte karbonfangst som ett av flere viktig tiltak for å redusere utslipp i prosessindustrien og valgte å sette ned en egen ekspertgruppe som utarbeidet anbefalinger høsten 2020.² Rapporten beskriver det tekniske potensialet for karbonfangst i industrien, og med forslag til tiltak for å realisere flere anlegg i Norge. Arbeidet ble ferdigstilt i samme tidsperiode som Solberg-regjeringen vedtok å igangsette Langskip³. I Prosess21 hovedrapport omtales hvordan ulike prosessindustrisegmenter kan realisere "end-of-pipe" karbonfangst, om det er behov for prosessstekniske modifikasjoner eller om det er sannsynlig med utvikling av ny og klimanøytral prosess teknologi. Dette notatet beskriver den delen av norsk prosessindustri som er ulik resterende industri i EU. Dette gjelder spesifikt industri som produserer aluminium, silisium, ferrosilisium og manganlegeringer. Notatet gir innblikk i de vurderinger industrien må ta hensyn til ved investeringer som skal realisere klimagassreduksjon. Notatet beskriver status i arbeidet med karbonfangst ved noen industribedrifter. Avslutningsvis beskrives ulike innspill om rammebetingelser og mulige verktøy som kan utløse de nødvendige investeringer for å realisere flere karbonfangstanlegg i prosessindustrien. Notatet er basert på innspill og dialog med Elkem, Eramet og Hydro. Denne studien kan utvides til en bredere studie av flere prosessindustribedrifter som kjemiske og mineralske industrier.



Figur 1 - Prosess21 ekspertgrupperapport (2020)

Prosessindustrien har redusert sine utslipp



Figur 2– Illustrasjon som viser reduksjonen i klimagassutslipp fra industri og bergverk. (miljødirektoratet (2019))

Prosessindustrien har redusert sine utslipp med referanse til 1990 fra 19,6 til 11,7 millioner tonn CO₂-ekv som utgjør en reduksjon på 40 %. Reduksjoner er kommet i stand som følge av avtaler som for eksempel Aluminiumavtalen (1997-2005). Norske bedrifter har vært en del av det europeiske kvotesystemet gjennom EØS-avtalen siden 2008. Etter at norske bedrifter har inngått i det europeiske kvotesystemet gjennom EØS-avtalen (2008), har utslippsreduksjonen stagnert.

Kvotepriene har vært lave, men har løftet seg fra starten av 2018 og ligger i dag rundt 90-100 €/tonn. Ettersom mye av norsk prosessindustri er utsatt for karbonlekkasje tildeles også frikvoter. Siden mange tiltak som må anses som lavt-hengende frukter er høstet er det i utgangspunktet ikke forventet betydelige reduksjoner i klimagassutslippene de neste ti årene uten forsterkede virkemidler. Hovedårsakene til dette er at kvotepriene er forventet å holde seg på et nivå som ikke utløser prosjekter i prosessindustrien, samt andre tekniske, økonomiske og regulatoriske barrierer.

¹ [prosess21_rapport_hovedrapport_web_oppdert_060821.pdf](#)

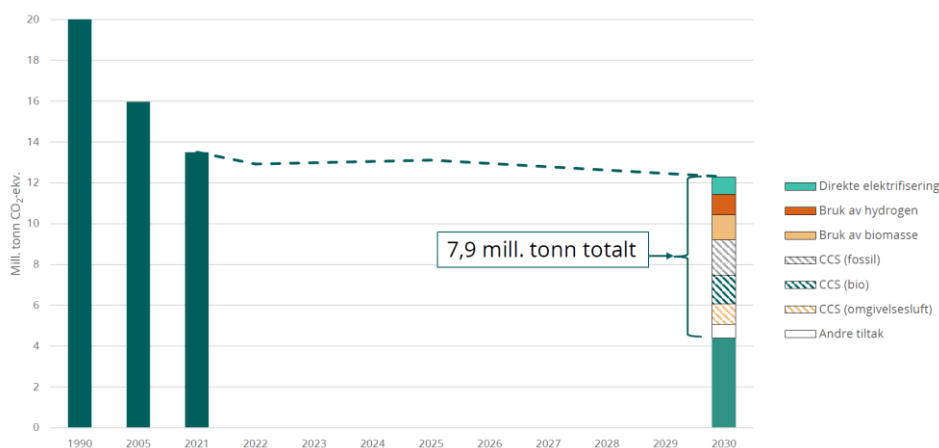
² [prosess21_co2-handteringsrapport_def_091120.pdf](#)

³ [Meld. St. 33 \(2019–2020\) \(regjeringen.no\)](#)

Prosessindustrien har nye prosjekter som bidrar til ytterligere reduksjon i utslippene

Miljødirektoratet har utarbeidet et oppdatert kunnskapsgrunnlag⁴ som blant annet omhandler prosessindustri og energiforsyning. Rapporten adresserer utslippsreduksjonspotensialet i 2030 for både kvotepliktige og ikke-kvotepliktige utslipp. Arbeidet bygger på tidligere analyser som Klimatiltak og utslippsbaner mot 2030⁵, Kunnskapsgrunnlag for utforming av klimapolitikk for industrien⁶ og Prosess21 Veikart⁷.

Miljødirektoratet har fått innspill fra industrien og teknologileverandører. Muligheter for karbonfangst og -lagring er utredet sammen med Gassnova. Tiltakene i prosessindustrien er prosjektbasert, og modningsgrad for ulike prosjekter varierer i stor grad. Miljødirektoratet har definert prosjektene i tre ulike kategorier med tilhørende barrierer og usikkerheter. En betydelig andel av prosjektene omhandler karbonfangst av fossile og biogene CO₂ utslipp.



Figur 3 - Illustrasjon som viser Historiske utslipp, utslippsframskrivninger og tiltak i landbasert industri og energiforsyning (Miljødirektoratet - Grønn omstilling)

Brorparten av tiltakene som er omtalt er inkludert i en kategori (2) som omhandler markedsmessig umodne tiltak, som CCS og bruk av hydrogen. Dette er tiltak der teknologien er utprøvd, men kostnadene fortsatt er høye fordi teknologien ikke er tatt i bruk i markedet i stor skala. Gitt at alle tiltak i de kategorier med lavest barrierer gjennomføres vil utslippene fra landbasert industri og energiforsyning være på rundt 6,4 millioner tonn CO₂-ekv. i 2030. Dette tilsvarer en reduksjon på 53 prosent sammenlignet med 2021 og 68 prosent sammenlignet med 1990.

For industri vil det ikke være hensiktsmessig å sette årlige prosentvise reduksjoner i utslipp (som for transportsektoren), men heller se på mulighetene for å modne frem prosjekter slik at en kan estimere effekt ved prosjektets ferdigstilling. De fleste prosjekter vil ha byggetid på 3-4 år. Men modningstiden kan innebære forskning, utvikling, pilotering og demonstrasjon. Eksempler på prosjekter beskrives i dette notatet.

Kildene for industrielle utslipp i Norge er ulik resten av Europa

Fra European Green Deal⁸: «Energy-intensive industries, such as steel, chemicals and cement, are indispensable to Europe's economy, as they supply several key value chains. The decarbonization and modernisation of this sector is essential. The recommendations published by the High-Level Group of energy-intensive industries show the industry's commitment to these objectives». I norsk kontekst kunne denne setningen blitt omskrevet: «Energy-intensive industries, such as **non-ferrous**, chemicals and cement are indispensable to **Norway's** economy, as they supply **global** key value chains. The decarbonization and modernisation of this sector is essential. The recommendations published by **Prosess21** show the industry's commitment to these objectives»

⁴ [Grønn omstilling: Klimatiltaksanalyse for petroleum, industri og energiforsyning - Miljødirektoratet \(miljodirektoratet.no\)](#)

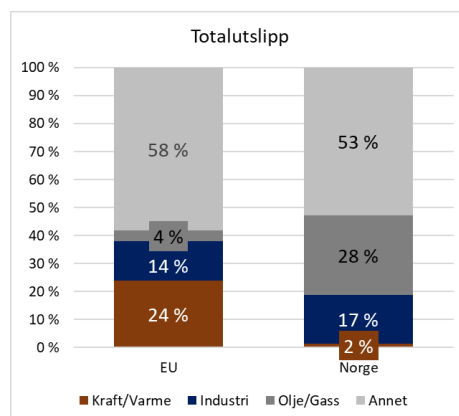
⁵ [M386.pdf \(miljodirektoratet.no\)](#)

⁶ [m680.pdf \(miljodirektoratet.no\)](#)

⁷ [210120-prosess21_veikart_rapport.pdf](#)

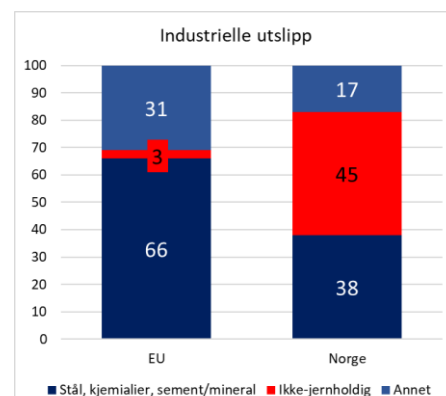
⁸ [Communication on The European Green Deal \(europa.eu\)](#)

Norges utslipp utgjør mellom 1 og 2% av EUs samlede utslipp. Norge og EU har felles ambisjoner om klimagassreduksjon med 55 % reduksjon frem til 2030 med 1990 som referanseår. Om ambisjonene er like er utslippene som vil bli påvirket av EUs kvotehandelssystem ofte svært ulike. EU har store utslipp knyttet til kraftproduksjon, og Norge har store utslipp knyttet til olje- og gassutvinning. Kvoteprisen ble før krigen i Ukraina hovedsakelig bestemt av kostnaden for å dekarbonisere energiproduksjon i Europa (kullkraft), og kvotehandelssystemet har til nå i liten grad ført til reduserte klimagasser fra industri i Norge. Et forhold som delvis skyldes at industrielle prosesser for dekarbonisering er meget kostnadskrevenende og tar lang tid å realisere i forhold til kraftindustriens mulighet til å benytte gass i stedet for kull i sin kraftproduksjon. Landbaserte industriutslipp utgjør 14 % av utslippene i EU og 17 % av utslippene i Norge. Bransjene som inngår i de industrielle utslippene er de samme i Norge og EU, men andelen varierer betydelig. Norge er ulikt alle andre land i EU. (Data er hentet fra Miljødirektoratets rapport *Kunnskapsgrunnlag for utforming av klimapolitikk for industrien* hvor utslippstall fra 2015 er benyttet)⁶.



Figur 4 - Prosentvise totalutslipp i EU og Norge

I EU utgjør stål, kjemikalier og sement/mineraler til sammen 66 % av industrielle utslipp. I Norge representerer tilsvarende industri 38%. Disse bransjene omtales i *European Green Deal* og det spesifiseres at EU vil gjennom «A New Industrial Strategy for Europe» vil legge til rette for klimanøytral utvikling av disse. Den største bransjen i Norge er ikke-jernholdig materialer som utgjør 45% av norske industriutslipp. Tilsvarende utslipp i EU utgjør 3%. Dette er en utfordring for relevante norske industribedrifter som ønsker EUs oppmerksomhet for denne type bransjer. Norge kan med fordel utvikle en egen strategi for disse materialene med tilhørende utslipp (alene eller i partnerskap med EU). Ikke-jernholdige materialer utgjør 6% av norsk eksportverdi og 11% av norske CO₂ utslipp (2019). Norsk ikke-jernholdig produksjon har verdensledende lave klimagassutslipp. Karbonintensitet (Scope 2) for disse produkter produsert i Norge har 75-87 % lavere utslipp målt i kg CO₂ pr. produserte tonn sammenlignet med Kina.



Figur 5 - Prosentvise andeler av ulike bransjer i EU og Norge

Utslipp fra norsk prosessindustri er "hard-to-abate"

Energiintensive industrier produserer basismaterialer, som stål, petrokjemiske produkter, aluminium, sement og mineralgjødsel. Utslippene fra slik industri har vært globalt økende ettersom flere land har en økende velstandsutvikling. Siden 1990 er det i hovedsak Kina som har bidratt til økt produksjon av basismetaller som stål⁹ og aluminium¹⁰. Energiintensive industrier er en integrert del av det industrialiserte samfunnet og har utviklet seg sammen over flere tiår med infrastruktur, sosiale institusjoner, kunnskap og teknologi. Dette har ført til et svært effektivt, men fossilbasert produksjonssystem. Slike industrier har utslipp som både er teknologisk utfordrende og kostnadskrevenende å redusere – "hard-to-abate".

Industrisektoren utgjør sammen med energi og transportsektoren de største andelene av de globale utslippene. Ettersom det innføres mer fornybar energi og transporten elektrifiseres vil industrien over tid utgjøre den største globale utslippsandelen. IEA rapport *Net Zero by 2050 - A Roadmap for the Global Energy Sector*¹¹ beskriver hvordan industriutslippene vil utgjøre 40 % i 2030 og 55 % i 2040 til tross for reduksjon i utslipp på hhv. 1.6 og 5.0 gigatonn CO₂. Dekarbonisering i industrien er knyttet til teknologiske og økonomiske utfordringer. I samme rapport omtales karbonfangst og lagring som en løsning som må industrialiseres raskt (fra dagens 32 operative anlegg).

⁹ [Charted: Visualizing 50 Years of Global Steel Production \(visualcapitalist.com\)](https://www.visualcapitalist.com/charted/visualizing-50-years-of-global-steel-production/)

¹⁰ *Prosess21 hovedrapport – figur 17*

¹¹ [Net Zero by 2050 - A Roadmap for the Global Energy Sector \(windows.net\)](https://www.windows.net/net-zero-by-2050-a-roadmap-for-the-global-energy-sector/)

World Economic Forum Net Zero Industry Tracker¹² har benyttet IEA's rapport og beskriver utfordringene: "The challenges associated with industrial decarbonization are typically more complex than those of other carbon-intensive sectors (e.g. power, transportation, buildings, etc.). But they are also relatively less well understood. Gaps in data and discrepancies in key terminologies, definitions, and industry and emission boundaries contribute to a lack of visibility on progress". Videre beskrives: "While industries differ in products, processes and business models, their transformation will rely on the evolution of common enablers that are often beyond the control of any single industry". En muliggjørende teknologi er karbonfangst. Ettersom karbonfangst ikke er kjerneteknologi for den enkelte industrielle bedrift, er det hensiktsmessig å samles om løsninger gjennom samarbeid i verdikjeden og nettverkssamarbeid. Videre er det viktig å sikre finansiell støtte til så vel FoU som prosjektgjennomføring inntil teknologiene er nådd en viss modning mht kostnadsnivå. For aluminiumproduksjon påpeker World Economic Forum at 65 % (merk: 100 % i Norge) av dagens produksjon er kompatibel med et 2030-mål takket være høy grad av resirkulering og bruk av vannkraft. For 2050 reduseres krav til utslippsintensitet med 97 %, noe som vil kreve betydelig prosessomstilling. Tilsvarende utfordringer er gjeldende også for andre industriprosesser.

Økt behov for metaller i den grønne omstillingen

Den grønne omstillingen gir økt behov for utvinning og raffinering av materialer. For å realisere omstillingen er det viktig at en vektlegger sirkulærøkonomi med best mulig ressursutnyttelse. Utvikling av materialer som kan substituere råvarer som er under press bidrar også til å dempe råvarebehovet. Til tross for dette viser undersøkelser at vi må utvinne mer mineraler for å kunne realisere det grønne skiftet. Eurometaux har engasjert KU Leuven¹³ for å anslå behovet for ulike raffinerte metaller for perioden mellom 2020 og 2050. I illustrasjonen nedenfor ses en oversikt over sentrale metaller. Norge har industriaktører innenfor aluminium, silisium, sink, nikkel, kobolt og kobber

Li Lithium	2109%	Si Silicon	62%	Aluminium Copper Zinc Silicon	
Dy Dysprosium	433%	Tb Terbium	62%		
Co Cobalt	403%	Cu Copper	51%		
Te Tellurium	277%	Al Aluminium	43%		
Sc Scandium	204%	Sn Tin	28%		
Ni Nickel	168%	Ge Germanium	24%		Lithium Nickel Cobalt
Pr Praseodymium	110%	Mo Molybdenum	22%		
Ga Gallium	77%	Pb Lead	22%		Dysprosium Neodymium Praseodymium
Nd Neodymium	66%	In Indium	17%		
Pt Platinum	64%	Zn Zinc	14%		
Ir Iridium	63%	Ag Silver	10%		

Figur 6 - Økt behov for metaller som følge av grønn omstilling (Eurometaux, KU Leuven)

for å nevne noen. Den anslåtte veksten er betydelig for materialer som er knyttet til elektrifisering av samfunnet, en elektrifisering som vil kreve batterier, magneter, solceller, vindmøller og tilhørende infrastruktur.

Norge er Europas største produsent av aluminium og silisium. Fremover er det viktig at prosessindustrien fokuserer på å levere produkter med høyere teknologiinnhold, høy kvalitet, lavere karbonintensitet som kan kombineres med supplerende tjenester.

Betalingsvilje for reduserte klimagassutslipp

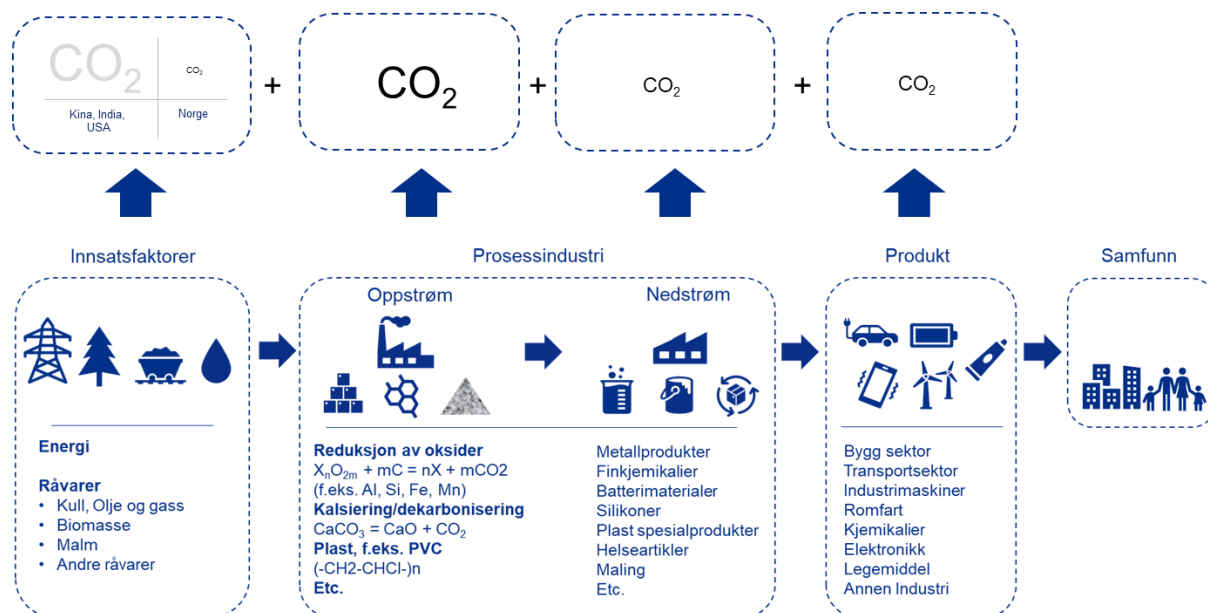
Material Economics¹⁴ beskriver motsetninger knyttet til kostnadsbildet som er forventet i forbindelse med netto-nullutslipp i industriell sektor. På den ene siden viser beregningene at totale kostnader er håndterbare ved at forbrukerpriser på biler, hus, artikler osv. ville øke med mindre enn 1 % for å betale for å dekarbonisere verdikjeden oppstrøms. Material Economics beregner merkostnaden ved å redusere utslippene i EU ned til null til 40-50 milliarder EUR per år innen 2050, rundt 0,2 % av anslått EUs BNP med en gjennomsnittlig kostnad på 75-91 EUR per tonn CO₂ (analysen er basert på informasjon fra før 2019). **På den annen side er omveltningen av kostnader fra bedrift til bedrift stor og utfordrende.** Lavutslippsprosesser antas å øke produksjonskostnader for stål med 20-30 %, for sement og kjemikalier med 20-80 % og opp til 115 % for noen av de aller «siste tonnene» som må kuttes. Material Economics påpeker: "These differences cannot be borne by companies facing both internal EU and international competition, so supporting policy will be essential". I de ulike verdikjedene for å produsere produkter er det

¹² [WEF NetZero Industry Tracker 2022 Edition.pdf \(weforum.org\)](https://www.weforum.org/reports/net-zero-industry-tracker-2022)

¹³ [Metals Clean Energy \(eurometaux.eu\)](https://eurometaux.eu)

¹⁴ [Industrial Transformation 2050 - Pathways to Net-Zero Emissions from EU Heavy Industry - Material Economics](https://www.material-economics.com/industrial-transformation-2050-pathways-to-net-zero-emissions-from-eu-heavy-industry-material-economics)

størst behov for dekarbonisering oppstrøms i prosessindustri (se figur under). I verdikjeden er det her en vil finne de største punktutslippene som setter nivået på karbonintensiteten i sluttproduktene.



Figur 7 - Illustrasjon av utslipp av klimagasser gjennom verdikjede. Utslippsintensiteten av sluttproduktet vil ofte være knyttet til oppstrøms prosessindustri. Utslippsintensiteten for et sluttprodukt avhenger av utslippene gjennom hele verdikjeden. Utslipp fra kraftproduksjon (innsatsfaktor) varierer betydelig globalt og utslippsintensiteten i det norske elkraftsystemet er betydelig lavere enn i andre land.

Norsk prosessindustri eksporterer i hovedsak alle sine produkter ut av Norge. Produkter som aluminium, silisium og manganlegeringer eksporteres i sin helhet. Produksjon av sement går i hovedsak til det norske markedet. Betalingsviljen for ulike produkter er dominert av konkurransesituasjonen for de ulike varene i det globale markedet. Norsk prosessindustri deltar i en global konkurranse og norske så vel som EUs rammebetingelser er satt opp for å unngå karbonlekkasje. Slike rammebetingelser defineres i hovedsak av EU og omfatter blant annet EUs kvotehandelssystem (ETS) og karbongrenseskatt (CBAM¹⁵). Som en del av ETS direktiver har landene mulighet til å gi CO₂-kompensasjon¹⁶ til enkelte industribedrifter som er spesielt utsatt for karbonlekkasje. Prinsippet om forurenser betaler er gjeldende og CO₂-kompensasjon fungerer som en tilbakebetaling for CO₂ avgift (gjennom ETS) som bedriftene har betalt, men ikke bidratt til. Utgiften for bedriftene kommer som følge av prisøkning på europeiske kraftpriser (som har fossile utslipp) som smitter over på norske kraftpriser (som ikke har fossile utslipp). Bedriftene mottar tilbakebetaling med tilhørende dokumentasjonskrav.

Produsenter som konkurrerer i globale markeder med en bred kundeportefølje vil ha utfordringer med å overføre økte kostnader gjennom økte salgspriser. Dette gjelder store deler av norsk prosessindustri. Noen internasjonale konsern har eierskap i bredere deler av verdikjeden (eiere av fabrikker som både produserer basismateriale og sluttprodukt) og vil enklere kunne overføre kostnader til neste ledd i verdikjeden. Det er en forventning at sluttbrukere er villig til å betale mer for produkter med lavere utslippsintensitet, men utfordringen ligger i hvordan ulike aktører har evne og mulighet til å overføre kostnader til neste ledd i verdikjeden. Prisøkningen pr. enhet økes betydelig jo tidligere i verdikjeden en opererer og prisøkninger på 20-50% (eller dobling) er det ikke betalingsvilje for i 2023.

Løsningene for reduserte klimagassutslipp (Prosess21-veikart)

Prosess21 utviklet et veikart for å illustrere en mulig vei til en utslippsfri prosessindustri innen 2050⁶. Veikartet er illustrert i figuren under. Utslippsreduksjonen innen 2030 er antatt å komme som følge av bruk av biokarbon,

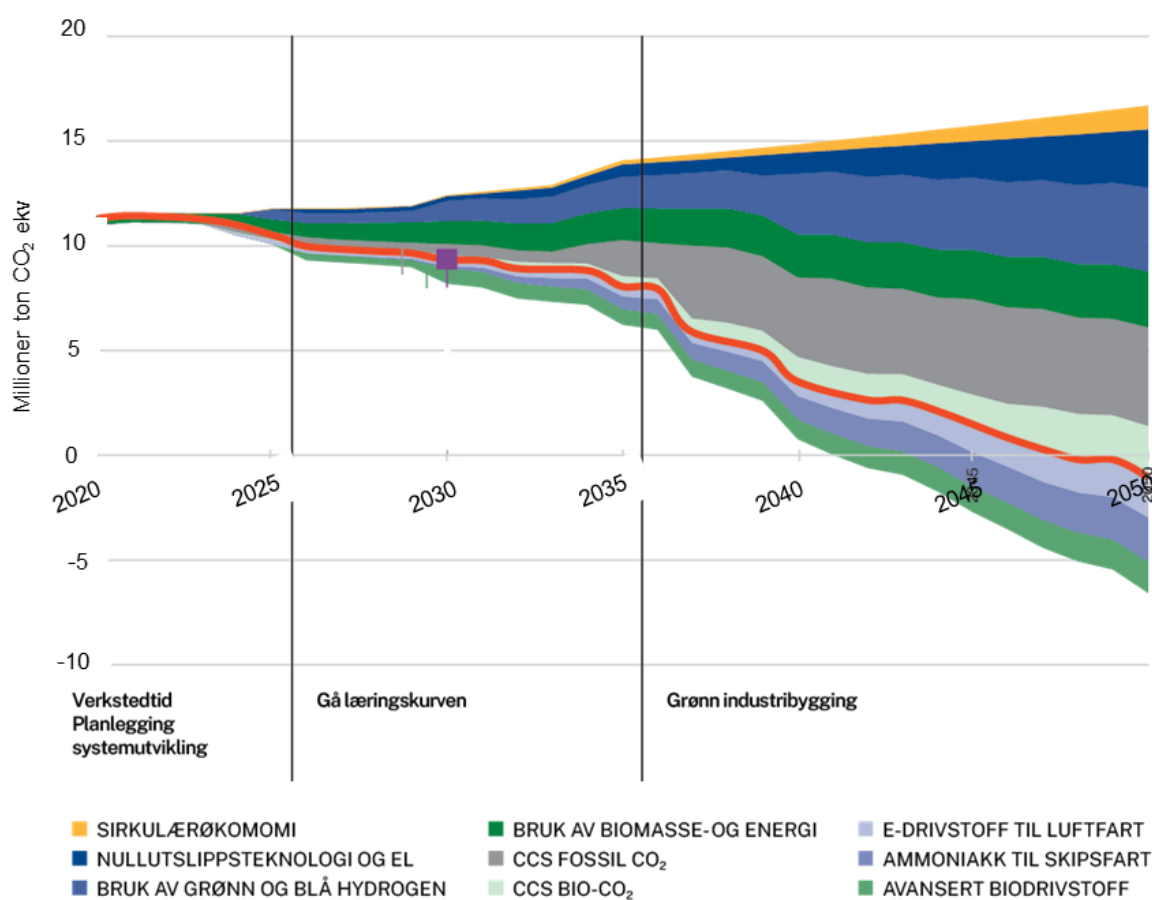
¹⁵ [Deal reached on new carbon leakage instrument to raise global climate ambition | News | European Parliament \(europa.eu\)](https://ec.europa.eu/press-room/en/press-releases/2023/08/23-08)

¹⁶ [Forskrift om CO2-kompensasjon for industrien for perioden 2021-2030 - Lovdata](#)

karbonfangst ved Norcem, bruk av hydrogen i ammoniakkproduksjon og ulike elektrifiseringsprosjekter (bla prosjekter listet opp av NVE ¹⁷)

I anslaget frem til 2030 forutsettes begrenset innføring av karbonfangst i prosessindustrien. Dette var basert på EU ETS kvotepris på rundt 30 €/tonn CO₂ (2019) og eksterne analyser for 2030 på opp mot 130 €/tonn CO₂. Det siste året har kvoteprisen løftet seg opp mot 100 €/tonn. Frem til 2030 er forventet et utfallsrom mellom 100-130 €/tonn. Analysene varierer betydelig.

Veikartet beskriver noen av løsningene for prosessindustrien har tiltakskost opp mot 4.000 kr/tonn CO₂. Slike høye kostnader representerer tiltak som ikke er markedsmessig modne, men som må tas i bruk over de neste ti årene for å modne teknologiene, redusere kostnader, samt utvikle nødvendige systemer og reguleringer. Tiltakskostnader vil ikke være det samme som samfunnsøkonomiske kostnader, bla fordi man ikke hensyntar spredningseffekt ifm. grønt skifte i andre bedrifter/sektorer i og utenfor Norge. I *A Clean Planet for All* går det fram at den marginale tiltakskostnaden i kvotesystemet ligger rundt 3.500 kr/tonn CO₂-ekvivalenter ved oppnåelse av netto null utslipp.¹⁸



Figur 8 - Illustrasjon av veikart for utslippsreduksjon i prosessindustrien (Prosess21)

Utslippsreduksjonene i Prosess21-veikartet vil derfor skje litt og litt gjennom demonstrasjons og markedsintroduksjonsprosjekter, og vil avhenge av støttende rammebetingelser for å finne sted. Etter hvert som disse prosjektene senker kostnader og risiko, og CO₂-prisen stiger, er det mulig å se for seg en mer markedsdrevet omstilling. De store volumene av utslippskutt vil komme i denne fasen, som kan tenkes å begynne en gang i løpet av 2030-tallet. Ulike eksperter peker på at EUs kvotehandelssystem danner et grunnleggende rammeverk, men

¹⁷ [rapport2020_18.pdf \(nve.no\)](https://www.nve.no/rapport2020_18.pdf)

¹⁸ EC, 2018. A Clean Planet for all - A European long-term strategic vision for a prosperous, modern, competitive and climate neutral economy. IN-DEPTH ANALYSIS IN SUPPORT OF THE COMMISSION COMMUNICATION COM (2018) 773

mange interessenter ser utfordringer knyttet til fremtidige CO₂-priser, ikke minst gitt internasjonal konkurranse^{19 20}. I løpet av 2022 og i starten 2023 har USA igangsatt *Inflation Reduction Act* (IRA) og EU *A Green Deal Industrial Plan for the Net-Zero Age* som vil kunne sette fart på industrielle nullutslippsprosjekter. EU-kommisjonen konstaterer at for å nå EUs klimamål, sikre forsyningsikkerhet og egen økonomisk og politisk tåleevne ("resilience") må man legge til rette for en europeisk industribase som kan møte samfunnets behov. EU-kommisjonen understreker at industriens konkurranseevne må ivaretas og avhengigheten av import av strategiske råvarer må reduseres. EU-kommisjonen la frem *Net Zero Industry Act*²¹ og *Critical Raw Materials Act*²² i mars 2023. Begge er svært relevante for prosessindustrien generelt og for CCS spesielt. Det vil være behov for å forstå bedre hvordan EU ønsker å legge til rette for industriell kapasitetsoppbygging gjennom ovenfornevnte tiltak. Skal Norge være relevant for å tiltrekke seg investeringer vil det være viktig å se norsk industriutvikling i strategisk sammenheng med Europa, og under felles rammer definert av TCTF (Temporary Crisis and Transition Framework)²³ frem til utgangen av 2025.

Dersom prosjektene som skisseres i Prosess21-veikartet realiseres vil det bli økt etterspørselen etter fornybar kraft, CO₂-lagring og bærekraftig biomasse, mens etterspørselen etter kull og ulike petroleumsprodukter reduseres. Den enkelte industribedrift må velge en utslippsreduksjonsstrategi basert på en rekke teknologiske og økonomiske elementer. Alle bedrifter vil måtte vurdere tilgang og pris på fornybar kraft. Noen aktører kan grundig analysere kostnadsbildet for og tilgang til biomasse, totalkostnaden for karbonfangst eller utvikling av nye klimanøytrale prosesser (som vil ta år å demonstrere). Disse vurderingene må ses i lys av at industrien allerede har investert i eksisterende fabrikker. Installasjoner som allerede har lave utslipp av klimagasser sett i forhold til tilsvarende industri globalt og normalt har en 30-50 års teknisk levetid. Ulike strategier kan slå veldig ulikt ut (med referanse til veikartet):

- Dersom tilgangen på biomasse blir vesentlig mindre, reduseres mulighetene for negative utslipp, samt at muligheten for bruk av biofuel begrenses. Av dette følger at utslippene i alle sektorer må kuttes raskere gjennom bruk av nye og ofte ukjente teknologiløsninger – samtidig som behovet for CO₂-lagring og ny fornybar kraft øker.
- Energien i fossile brenslere som brukes til f.eks. skip, fly og tungtransport må erstattes, og hvordan hydrogen produseres kan gi store utslag i etterspørselen etter fornybar kraft og CO₂-lagring (spesielt viktig om en ser for seg eksport av ammoniakk til marine fartøyer basert på grønt hydrogen).
- Uten karbonfangst må bruken av fossil energi og fossile innsatsstoffer opphøre, og denne energimengden må da erstattes med ny fornybar energi og biomasse. Netto null utslipp vil ikke være mulig for industrisektoren uten karbonfangst.
- Hvis en kraftig utbygging av rimelig fornybar kraft ikke finner sted, øker avhengigheten av CO₂-lagring og biomasse, samtidig som mulighetene for vekst og nye industrinæringer (som e-fuel til luftfart og ammoniakk til marintransport) blir vesentlig begrenset.

Vi opplever et anstrengt kraftmarked med forventet underskudd på kraft inne noen få år. I 2020 hadde vi lave priser grunnet hydrologisk overskudd. Ved åpningen av 1.400 MW kraftkabler til Storbritannia og Tyskland i 2021 har overføringskapasiteten økt betydelig. På sensommeren 2022 opplevde Norge betydelig hydrologisk underskudd. Når Russland ikke lenger eksporterer gass i nevneverdig omfang til Europa og vi har hatt hydrologisk underskudd, har vi fått betydelig prissmitte fra Storbritannia og det nordlige Europa.

Forutsetningen for å gjennomføre klimagassreduksjoner forutsetter rikelig og rimelig tilgang til fornybar kraft. Prosessindustrien vil ha behov for betydelig mengder fornybar kraft for å realisere reduserte klimagassutslipp.

Det er stort behov for investeringsprosjekter, men de er ikke lønnsomme

Fra Prosess21s veikart er alternativene for ulike industrier varierende med hovedvekt på løsninger knyttet til bruk av biomasse, elektrifisering, bruk av hydrogen og karbonfangst eller kombinasjoner av disse. Uansett hvilke

¹⁹ [Industrial Transformation 2050 - Pathways to Net-Zero Emissions from EU Heavy Industry - Material Economics](#) (s10)

²⁰ [Masterplan for a competitive transformation of EU energy-intensive industries enabling a climate-neutral, circular economy by 2050 - Publications Office of the EU \(europa.eu\)](#) (side 9)

²¹ [Net Zero Industry Act \(europa.eu\)](#)

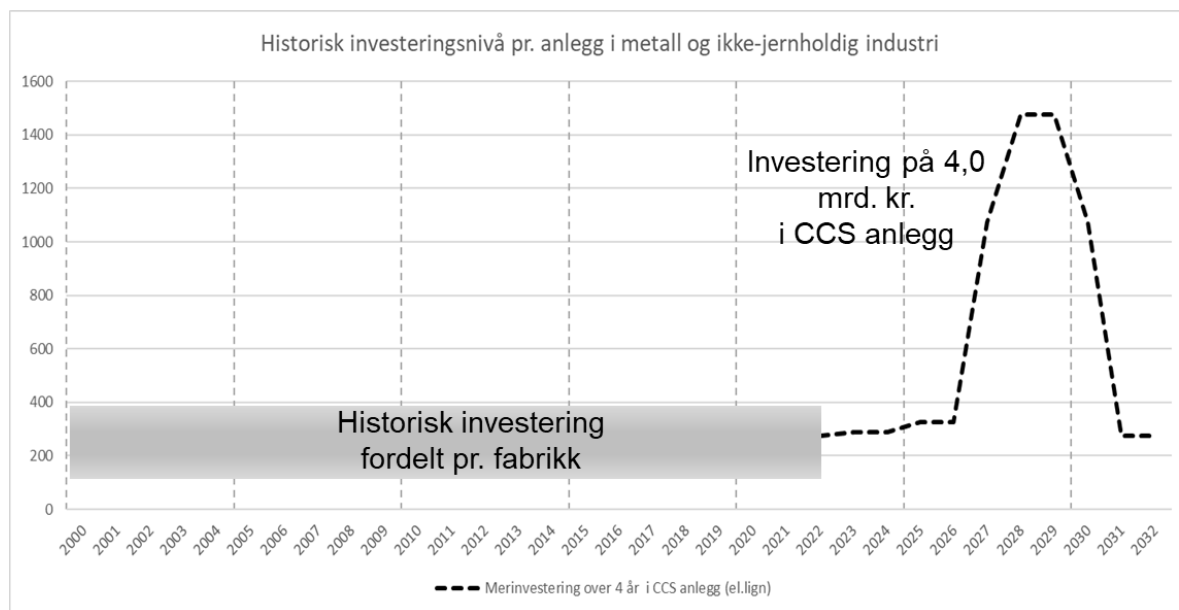
²² [European Critical Raw Materials Act \(europa.eu\)](#)

²³ [Temporary Crisis and Transition Framework \(europa.eu\)](#)

løsninger bedriftene bestemmer seg for så fører dette til veldig store investeringer for hvert enkelt prosjekt. Investeringsprosjekter som ligger i området en til fem milliarder pr fabrikk er store prosjekter i landbasert industri. Det siste store prosjektet av slik størrelse var Hydro's ekspansjon med nye elektrolyseceller (HAL4e-teknologi) ved Karmøy (4,3 mrd kroner)²⁴, Wacker Chemie har bygget Norges største silisiumovn²⁵ (1,0 mrd kroner), Glencore Nikkelverk har bygget ny kobber elektrolyse (1,2 mrd)²⁶ og Elkem et energigjenvinningsanlegg ved Elkem Salten (1.2 mrd)²⁷. I Norge har olje/gass industri og tilhørende leverandører håndtert investeringsnivåer som overgår prosessindustrien 5-10 ganger og i enkelte år investert til sammen opp mot 200 milliarder kroner. Prosessindustrien har historisk sett begrenset lønnsomhet ettersom den er konkurranseutsatt og er ikke oppsatt med betydelig engineering-kompetanse.

Industrianleggene er i hovedsak installasjoner med lang teknisk levetid, og det vil ta tid å omstille dem til produksjon uten klimagassutslipp - særlig hvis helt ny og uprøvd teknologi skal tas i bruk. Flere av tiltakene som de ulike industribedrifter skal gjennomføre inkluderer teknologiutviklingsprosjekter, demonstrasjonsanlegg eller prosjekter i tidlig markedsfase som bereder grunnen for omstillingen mot 2050. IEA beskriver behovet for å bygge demonstrasjonsanlegg tidlig nok for å modne teknologi²⁸. Ettersom Norge har prosessindustri som er ulik de øvrige i Europa, vil det også være nyttig om teknologien utvikles i Norge.

Investeringsnivået for å fjerne klimagasser i prosessindustrien er betydelige og overgår historiske nivåer. Hvis vi ser på investeringer i de 18 verkene som inngår i metall og ikke-jernholdig produksjon (blant annet aluminium, silisium ferrosilisium og manganlegeringer) så varierer det totale investeringsnivået pr år fra ca 2,6 mrd (2010) til 8,3 mrd (2019). Dette er totale investeringer som gjelder for fabrikker som produserer aluminium, silisium, ferrosilisium og manganlegeringer, samt produksjon av nikkel, kobolt, kobber og sink. Dette gir gjennomsnittlige investeringsnivået pr. fabrikk er vist i figuren under.



Figur 9 - Illustrasjon som viser et spenn av historiske investeringer på fabrikknivå og investering i karbonfangstanlegg

De siste ti årene gir dette investeringsnivåer opp mot 400 millioner kroner pr. år pr. verk, men dette skyldes i hovedsak større investeringer som er omtalt ovenfor. Normalt vil det årlige investeringsnivået i prosessindustrien ligge rundt 100-150 millioner pr. verk. Ved en tenkt gjennomføring av en investering i et CCS-anlegg over 4 år (2026-2030) med total investeringskostnad på rundt 4.0 milliard kroner, så viser dette omfanget av investeringene. For den enkelte fabrikk må investeringsnivået mangedobles og den lokale kompetansen for å tilpasse teknologien

²⁴ [Hydro starter produksjon ved teknologipilot](#)

²⁵ [Silicon Metal Capacities Expanded - Wacker Chemie AG](#)

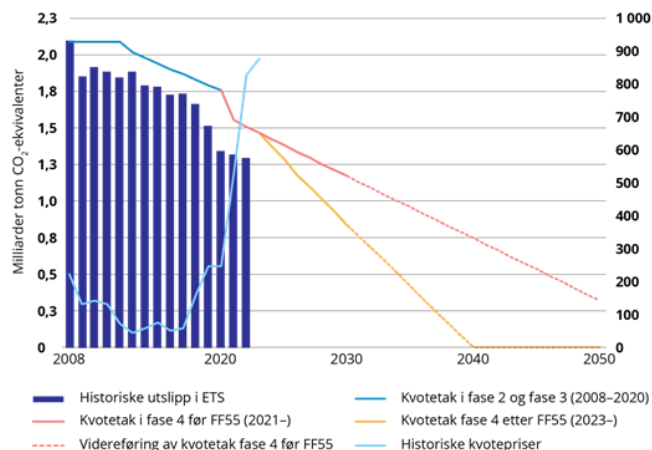
²⁶ [Åpnet ny fabrikk som kan produsere for to milliarder kroner - fvn.no](#)

²⁷ [Statsministeren åpnet energigjenvinningsanlegg ved Elkem Salten - regjeringen.no](#)

²⁸ [The Need for Net Zero Demonstration Projects – Analysis - IEA](#)

vil ofte være en begrenset ressurs. Tilsvarende omfang er reelt for investeringer i alternativ prosesseteknologi eller bruk av hydrogen som reduksjonsmiddel. Skal lignende investeringer gjennomføres ved flere fabrikker må de fordeles ut i tid.

De aller fleste prosessindustribedrifter har utslipp som inngår i kvotehandelssystemet. Miljødirektoratet beskriver den utfordringen norsk prosessindustri står ovenfor som en "hard-to-abate" sektor med meget høy tiltakskost.



Figur 10 - Utslipp, kvotetak og pris i EU ETS (Klimautvalget 2050)

En forventet kvotepris (EUA) opp mot 130 €/tonn frem til 2030 vil ikke alene føre til at prosjekter realiseres. Dette til tross for at en forventer en gradvis økende betalingsvilje for produkter med lave og sågar negative utslipp knyttet til produksjonen. Industri som er utsatt for karbonlekkasje mottar en andel utslippskvoter vederlagsfritt. Gjennom innføring av CBAM (Carbon Border Adjustment Mechanism) vil utfasing av frikvoter starte i 2026, med en gradvis økende nedtrapping hvor frikvotene er fullstendig utfaset i 2034. Noen tiltak møter utfordringer med hvordan dagens reguleringer er utformet og det er uklart hvilke krav som skal gjelde for måling og rapportering for fangst av CO₂ fra omgivelsesluft og hvordan klimaeffekten av bruk av bioråstoff skal beregnes. Flere av disse reguleringene

utformes på EU-nivå. Når andelen frikvoter blir lav vil dette motivere for å gjennomføre klimatilak. Til tross for dette vil de fleste prosjekter være langt fra å oppnå lønnsomhet som følge av de betydelige investeringer og økte driftskostnader.

Reglene for bedrifter som mottar gratis utslippskvoter er endret flere ganger, og de siste endringene gjelder fra 2021-2026, (Fase 4, del 1). Reglene vil endres igjen fra 2026 (fase 4, del 2), og gratis tildeling vil gjøres betinget av dekarboniseringstiltak: for eksempel vil installasjoner som ikke implementerer tiltak anbefalt i energirevisjon få sine gratis kvoter kuttet med opptil 25 %. Det er viktig at reglene for kvotetildeling praktiseres likt blant landene som er underlagt EUs klimaregelverk. Dette dreier seg blant annet om hvordan energigjenvinning håndteres. Prosessindustrien er også opptatt av at gjenvinning og utnyttelse av energi må premieres, og ikke som nå bli straffet gjennom kvotetildelingssystemet.

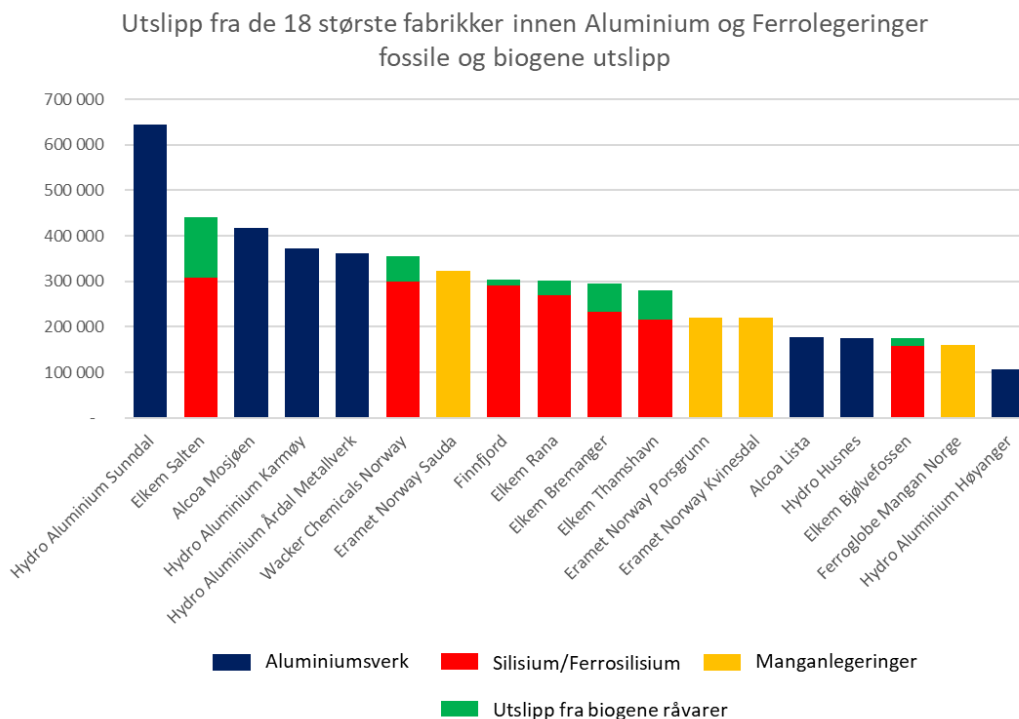
CO₂ fangst i prosessindustrien

Prosess21s ekspertgruppe på karbonfangst foretok en kartlegging blant en rekke av selskapene med størst utslipp av CO₂. Formålet var å kartlegge mulig utslippsreduksjon og beskrive ulike utfordringer bedrifter med utslipp vil oppleve dersom CO₂-håndtering skal iverksettes. På det tidspunktet (2019) var det kun et fåtall bedrifter som hadde underlag til å beskrive det økonomiske rammeverket. Likevel viser rapporten noen generelle trekk som:

- Størrelsen på CO₂-utslippene
- Konsentrasjon av CO₂ i røykgass
- Tilgjengelighet til kjølevann
- Tilgjengelig varme
- Antall utslippspunkt
- Påkrevd ombygging/tilpasning av utslippspunkt
- Påkrevd ombygging/tilpasning av prosess
- Arealtilgjengelighet for fangstanlegg og flytendegjøring
- Arealtilgjengelighet for mellomlagring og avstand fra kai

Majoriteten av prosessindustrien i Norge er lokalisert ved eller i nærheten av et kaianlegg, Gjennom transportkjeden valgt av Northern Lights, vil en kunne nå ca 80 % av kvotepliktige utslipp. Det er ofte begrenset tilgjengelig plass for å lokalisere et fangstanlegg i forbindelse med industrianleggene.

Ekspertgruppen identifiserte at om lag 5 millioner tonn kvotepliktig CO₂ pr år er tilgjengelig for karbonfangst, med et varierende kostnadsbilde. Grønn omstilling-rapporten fra Miljødirektoratet har forsøkt å identifisere relevante prosjekter som kan ha effekt før 2030. For den eksisterende prosessindustrien akkumulerer slike utslipp seg til ca. 1,5 millioner tonn, hvorav Norcem sitt anlegg i Langskip står for ca. 0,4 millioner tonn.



Figur 11 – Fossile og biogene utslipp fra fabrikkene som produserer aluminium, silisium, ferrosilisium og manganlegeringer. For Ferroglobe Mangan Norge er illustrert som om CO₂ gikk til utslipp, men CO-gass benyttes som energikilde hos Celsa, SMA Mineral og Mo Fjernvarme. (Kilde: Miljødirektoratet)

Industriens klimaambisjoner og utvalgte prosjekter

I denne kartleggingen har vi benyttet kunnskap utarbeidet hos selskapene Eramet, Elkem og Hydro som underlag. Informasjon og analyser er derfor ikke nødvendigvis representative for de andre aktørene som har fabrikker i Norge. For aluminiumproduksjon gjelder dette Alcoa, for silisiumproduksjon gjelder det Wacker Chemie og for ferrosilium gjelder dette Finnfjord. Ferroglobe mangan har også produksjon tilsvarende Eramet. Vi mener likevel at det går an å gjøre antagelser for tilsvarende verk for å få frem estimater på investeringer og driftskostnader om de ulike verk skulle velge å installere karbonfangst. Dette blir derfor forenklet når vi vet at enkelte verk har ambisjoner som avviker noe fra de antagelser vi har gjort.

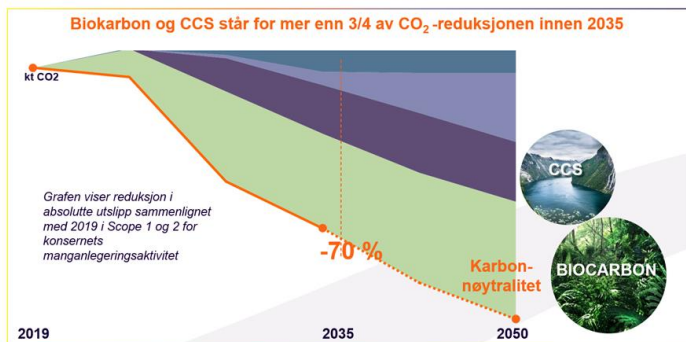
Alle bedriftene som produserer aluminium, silisium, ferrosilium og manganlegeringer i Norge er i en global konkurranse, og for alle selskapene er hovedvekten av konkurrentenes kapasitet lokalisert i Kina. Industriselskapene er i all hovedsak globale aktører hvor investeringene i selskapene vurderes globalt. Det er intern konkurranse mellom fabrikkene om allokering av investeringsmidlene og også hvor man bygger de første anleggene – muligheter for risikoavlastning og støtteordninger er viktige for lokalisering av prosjekter.

Eramet Norway

Eramets fabrikker i Sauda, Kvinesdal og Porsgrunn har et årlig utslipp på rundt 700-800.000 tonn som utgjør ca. 1,5 % av Norges utslipp og 5,5-6,0 % av prosessindustriens utslipp. Eramet Norways mål, etablert i 2018, er å redusere CO₂-utslippene med minst 43% innen 2030 og minst 80% innen 2050, sammenlignet med referanseåret 2005. For Erametkonsernet samlet er ny ambisjon satt med 40 % reduksjon innen 2035 og fullstendig karbonnøytral produksjon i 2050, målt mot nivået i 2019. Eramet Norway utgjør en betydelig del (ca 70%) av konsernets manganlegeringsaktivitet, og vil i løpet av 2023 oppdatere sine målsettinger som en del av konsernets SBTi-prosess, noe man forventer vil medføre en ytterligere skjerpning siden utgangspunktet nå er EU Green Deal. Klimautslippene har vært stabile de siste årene, men i 2021 oppnådde Eramet en forbedring knyttet til bruk av slaggdannere i smelteprosessen. Eramets veikart beskriver prioriterte utviklingsprosesser og prosjekter som må realiseres for å oppnå de langsiktige målene.

Eramets veikart for klima og miljø

Erametkonsernets mål er å redusere CO₂-utslippene med minst 40% før 2035, og 100% innen 2050 (i forhold til 2019-utslippene).



eramet

Figur 12 - Eramet Norway historiske utslipp og ambisjoner for reduksjon av klimagasser

Eramet Norways viktigste tiltak for å nå konsernets målsettinger frem mot 2030 og 2035 er å erstatte fossile reduksjonsmidler med biomassebasert karbon, også kalt biokarbon. Målet om klimanøytralitet i 2050 skal realiseres gjennom karbonfangst og lagring (CCS).

Det pågående prosjektet for karbonfangst og -lagring (CCS) er et resultat av et initiativ fra Eyde-klyngen i 2018. Etter innledende studier i samarbeid med Sintef, støttet av Gassnovas CLIMIT-program, ble en forstudie igangsatt i 2021 med sikte på bygging av en karbonfangstpilot i Sauda. Forstudien ble også støttet av Gassnova/Climit og ble ferdigstilt i 2022. Deretter ble det gjennomført en detaljstudie som grunnlag for en søknad til Enova og en investeringssøknad til konsernets styre i siste del av 2022.

Eramet Norway Sauda produserer ferromanganlegeringer. Produktet utgjør en kritisk komponent i stål ettersom det drastisk forbedrer stålets fysiske og kjemiske egenskaper. Ferromanganproduksjonsprosessen frigjør 1,4 tonn CO₂ per tonn produsert legering (scope 1 og 2), hovedsakelig på grunn av bruk av fossilt karbon som reduksjonsmiddel. Mens Eramet har et av de laveste fotavtrykkene i manganindustrien (Mn), har den ambisjoner om å bli karbonnøytral innen 2050 og anser karbonfangst og -lagring som et av de viktigste tiltakene for å realisere dette.

I mars 2023 fikk Eramet Norway tildelt 132 millioner kroner fra Enova som støtte til bygging av et full-skala energigjenvinningsanlegg og et pilotanlegg for testing av karbonfangst ved sitt smelteverk i Sauda. Smelteverket skal gjenvinne energien fra ovngassen som til nå har blitt faklet. Prosjektet er basert på et vellykket pilotprosjekt gjennomført i 2021 og 2022 som også ble støttet av Enova. Det nye prosjektet innebærer installasjon av seks nye gassmotorer som muliggjør en samlet produksjon på mer enn 90 GWh elektrisk energi (max 12 MW effekt) og ca. 150 GWh varme.

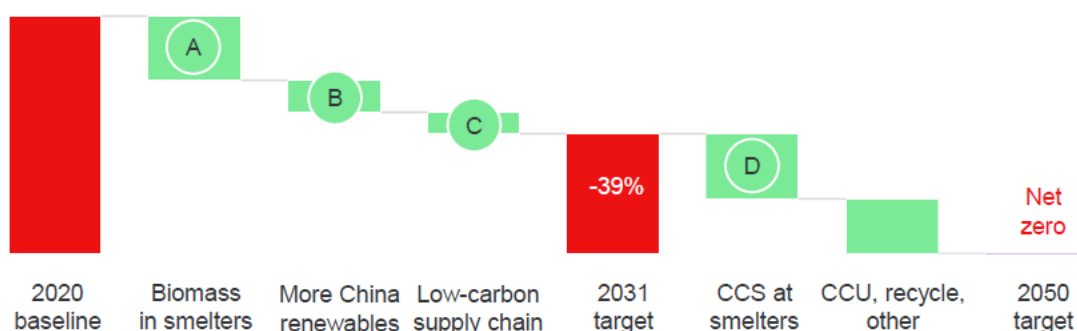
CO₂-konsentrasjon etter forbrenning i gassmotorene utgjør 20-25%. Den høye konsentrasjonen gjør at Eramet Norway vil etablere et pilotanlegg for testing av karbonfangst. Til tross for at Eramet Norways klimafotavtrykk utgjør mindre enn 40% av snittet i bransjen, har smelteverket i Sauda et årlig CO₂-utslipp på ca. 350.000 tonn. Karbonfangstpiloten er basert på Pressure Swing Adsorption-teknologi (PSA) og kan behandle 200 kg CO₂ pr time. Pilotperioden er estimert til å vare ett år. Et fremtidig karbonfangstanlegg vil kunne fange mer enn 70% av CO₂-utslippene i Sauda, og målsettingen er å ha dette på plass i 2028.

Elkem

Elkem driver 9 smelteverk på verdensbasis som produserer Silisium og Ferrosilisium i kombinasjon med microsilica. I Norge har Elkem 5 smelteverk. Produktene brukes i en rekke produkter som produksjon av silikoner, tilsatsmateriale til stål og til aluminium og microsilica brukes blant annet i sement. Mange av produktene er kritiske komponenter i solceller, vindmøller, elektriske produkter og elektrisk infrastruktur – alle nødvendige for det grønne skiftet.

Elkems fabrikker i Norge har et årlig utslipp på 1,2 millioner tonn som utgjør ca.2,5 % av Norges utslipp og litt i underkant av 10 % av prosessindustriens utslipp. Elkem har ambisjoner om å redusere absolutte utslipp med 28 % fra 2020-2031 (scope 1 og 2) og levere en 39 % forbedring i karbonfotavtrykket i produktene (Scope 1-3). Innen 2050 er ambisjonen å oppnå fullstendig karbonnøytral produksjon globalt (ingen fossile utslipp).

Our roadmap to climate neutral products (Illustrative)



* Total global fossil CO₂ emissions, scope 1 and 2
 ** Main products average fossil CO₂ emissions, scope 1-3

Figur 13 - Illustrasjon fra Elkem som viser konsernets ambisjoner for utslippsreduksjon målsatt for 2031 og 2050

Elkem jobber med flere tiltak for å redusere klimagassutslippene fram mot 2031 og videre mot 2050. Dette innebærer blant annet å erstatte fossile reduksjonsmidler med biomassebasert karbon, også kalt biokarbon. Elkem har startet en pilotfabrikk for produksjon av biokarbon i Quebec/Canada for utvikling av teknologien og for å teste ut biokarbon i Elkems smelteovner. Videre settes søkelys på forsyningskjeden gjennom innkjøp og transport av

råmaterialer og produkter med lavere karbonfotavtrykk. Målet om klimanøytralitet i 2050 kan realiseres gjennom karbonfangst og lagring (CCS), eventuelt i kombinasjon med utnyttelse (CCU) og parallelt pågår utvikling av nullutslippsprosesser.

Elkem har deltatt i ulike klyngeinitiativ og tidligfase mulighetsstudier, ulike forskningsprosjekter og klyngeinitiativet CO₂ Hub Nordland²⁹. Nylig ble arbeidet utvidet gjennom prosjektet CO₂ Hub Nord³⁰ hvor Aker Carbon Capture teknologi skal demonstreres på Ferrosilisiumproduksjon ved Elkem Rana lokalisert i Mo Industripark. Prosjektet inkluderer også CO₂ fangst på SMA Minerals sitt kalkanlegg i samme industripark. I demonstrasjonsprosjektet som pågår for tiden vil en også teste rensing av avgasser for CO₂ utslippene fra de to fabrikkene i parallell. Målsetningen med prosjektet er å demonstrere karbonfangst teknologien på reelle avgasser fra prosessindustrien. Prosjektene er alle støttet av Gassnova/Climit og ferdigstillelsen av sistnevnte prosjekt er forventet sommeren 2023.

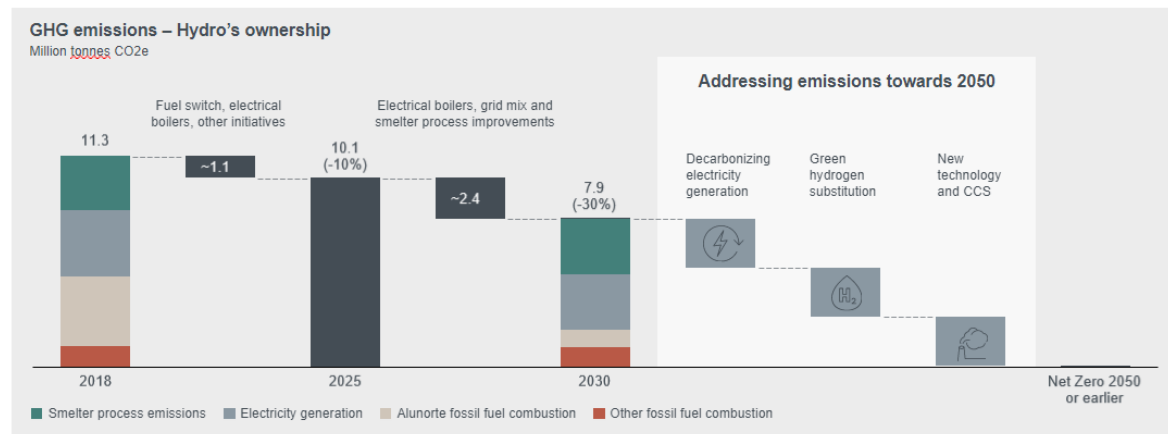
Hydro Aluminium

Hydros globale virksomhet består av fire forretningsområder med 31 000 ansatte og virksomhet i 40 land. Aluminiumsdivisjonen består av en resirkuleringsenhet med 7 fabrikker, eierskap i joint ventures i bl.a. Brasil, Qatar og Canada og 5 heleide aluminiumsverk i Norge. Den norske virksomheten har en samlet produksjon på om lag 1,125 millioner tonn aluminium og et CO₂-utslipp på om lag 2,25 millioner tonn per år, tilsvarende rundt 4,5 % prosent av Norges utslipp og i underkant av 20 prosent av prosessindustriens utslipp. Hydro har ambisjoner om å redusere absolutte utslipp av CO₂-ekvivalenter globalt med 30% (scope 1 og 2, baseline år 2018) innen 2030, og å oppnå netto null klimagassutslipp innen 2050.

Net-zero Hydro: The roadmap



On track to achieve 30% carbon emissions reduction by 2030 and net zero by 2050 or earlier

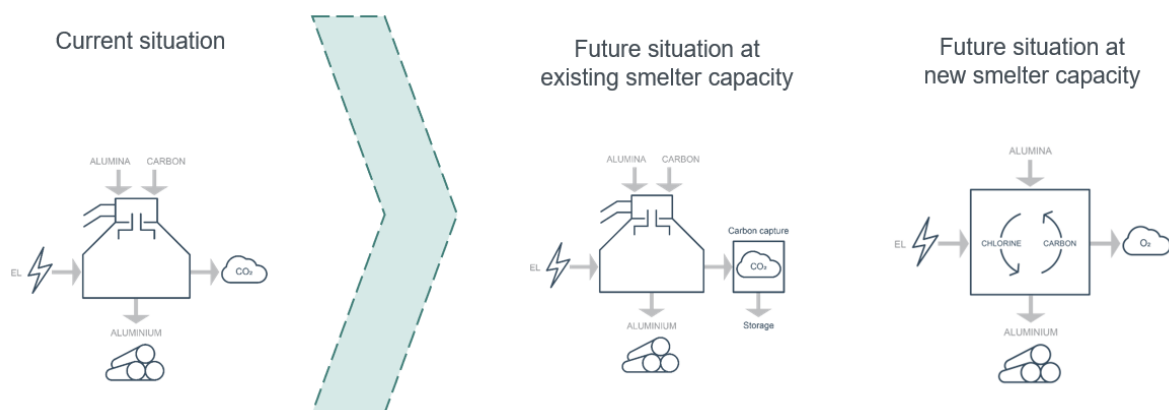


Figur 14 - Illustrasjon fra Hydro som viser konsernets ambisjoner for utslippsreduksjon målsatt for 2025, 2030 og 2050

Hydro sitt veikart til karbonfri produksjon av primæraluminium innebærer betydelig teknologitvilling:

²⁹ [CO₂-Hub Nordland - Climit](#)

³⁰ [World's first carbon capture pilot for smelters inaugurated at Elkem in Rana, Norway - Aker Carbon Capture AS \(cision.com\)](#)



Figur 15 - Hydro veikart for karbonfri produksjon av primæraluminium

Hydro er allerede i gang med å utvikle løsninger for karbonfri produksjon av primæraluminium, hvor innsatsen går langs to akser. Det ene alternativet, som passer for nye aluminiumverk, er Hydros egenutviklede HalZero-teknologi. Dette er en teknologi basert på konvertering av alumina til aluminiumklorid før elektrolysen, i en prosess der klor og karbon holdes i lukkede kretsløp, noe som fører til en helt avkarbonisert prosess for primæraluminium. Hydro har jobbet i lab-skala med dette i fem år, og fikk nylig 141 MNOK i støtte fra Enova til å videreutvikle teknologien. Hydro skal etter planen starte bygging av et testanlegg i Porsgrunn i løpet av 2023. Det nye testanlegget skal gi viktig kunnskap for videre utvikling og oppskalering, og målet er pilotproduksjon av aluminium helt uten klimagassutslipp innen 2030.

For å sikre verdiene knyttet til eksisterende aluminiumverk, utvikler Hydro også løsninger for karbonfangst og -lagring (CCS) som kan etterinstalleres ved aluminiumverk som allerede er i drift. Hydro har vurdert mer enn 50 CCS-teknologier, og utviklet et veikart for testing og pilotprøving av de mest lovende alternativene opp til industriell skala. Det mest sannsynlige resultatet er en kombinasjon av fangst fra avgasser og direkte luftfangst (DAC) for å eliminere hundre prosent av utslippene.

Klyngesamarbeid

Siden 2017 har industriparker og industriklynger igangsatt samarbeid som bidrar til økt kompetanseoppbygging. Ved å se de samlede utslipp i regionene muliggjør dette mer kostnadseffektive løsninger. Mulighetsstudier, ledet av klynger og industriparker, har ført til at enkeltbedrifter har modnet frem egne prosjekter. Flere industribedrifter er i dag i en prosess for å verifisere teknologi. Slike fellesprosjekter kan også utløse synergier knyttet til kostnadseffektive løsninger for mellomlagring og transport

CO₂-Hub Nordland (2018-2020) med Mo Industripark som prosjekteier gjennomførte mulighetsstudie med ni partnere med et samlet utslipp på ca. 2 millioner tonn CO₂ per år. Prosessindustrien i Nordland er nå samlet i et nytt felles arbeid med CO₂-håndtering³¹. Prosjektet fortsetter med de samme industripartnerne. I tillegg er Aker Carbon Capture med i prosjektet som teknologileverandør. Det skal gjennomføres en pilotkampanje over seks måneder der man skal teste avgass fra to industribedrifter hhv Elkem Rana og SMA Mineral.

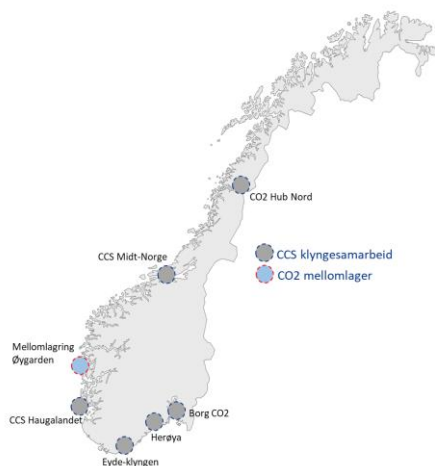
Eyde-klyngen³² igangsatte mulighetsstudier blant sine medlemsbedrifter i 2018 med kartlegging av utslippssammensetning hos Alcoa Lista, Eramet Kvinesdal, Elkem, Fiven (tidl Saint.Gobain) og Returkraft. Mulighetsstudiene har modnet frem to prosjekter ved Eramet Sauda og Returkraft avfallsforbrenningsanlegg. Eramet har nylig søkt om støtte for å realisere verdens første pilotanlegg for manganlegeringsverk. Returkraft har gjennomført en logistikkstudie for transport og mellomlagring av CO₂ med Kristiansand havn og igangsetter et pilotanlegg basert på membranteknologi fra Air products i mars 2023.

Borg CO₂ har jobbet planmessig med karbonfangst, bruk og lagring, siden årsskiftet 2017/2018. Gjennom mulighetsstudiet 'CCS-klynga på Øra og regional', støttet av CLIMIT, ble det sett på muligheten for å fange CO₂ fra fem ulike kilder (tre ulike lokasjoner) i Viken og levere til permanent lagring via Northern Lights. Samlet har

³¹ [CO2-Hub Nord fase 2 - Climit](#)

³² [Eyde-cluster \(eydecluster.com\)](#)

klyngen potensiale for å fange opp mot 630.000 tonn CO₂, hvorav en stor andel er biogent CO₂. Basert på mulighetsstudie gikk 9 partnere videre, søkte og fikk støtte til et utvidet mulighetsstudie - PRE-FEED som ble igangsatt høsten 2021 og ferdigstilt våren 2022. Miljøet ved Borg CO₂ har tatt initiativ til å samle aktørene nasjonalt gjennom samarbeidet CCUS Norge ³³.



Figur 16 - Oversikt over norske klyngeinitiativ som samarbeider om karbonfangst

forretningsmodeller for fangst, transport, bruk og lagring av CO₂.

CCS Haugalandet³⁶: Et konsortium bestående av Equinor, Eramet Norway, Gassco, Hydro, Sintef og Haugaland Næringspark har fått tildelt prosjektmidler til CCS Haugalandet fra CLIMIT for å utføre en teknisk-økonomisk analyse av felles infrastruktur for sikker transport og lagring av CO₂.

I Grenland kartlegges hva som skal til for å fange CO₂ fra alle de store gjenværende industrielle utslippskildene under prosjektledelse fra **Powered by Telemark** gjennom prosjektet Grenland Industrial CO₂ Capture and Storage (GICCS)³⁴. Prosjektet startet i 2021 og skal avsluttes i 2024. Prosjektet er finansiert av industrien og i form av støtte fra CLIMIT-programmet. Arbeidet springer ut av klyngens veikart, som identifiserer 25 prosjekter som skal sørge for at Grenland blir verdens første klimapositive industriregion.

CCS Midt-Norge³⁵ er et klyngesamarbeid etablert av Equinor Tjelbergodden, Elkem Thamshavn, Franzefoss Minerals, Statkraft, Wacker Chemie og SINTEF Energi. Prosjektet undersøker muligheter for energiintensive industrier i Midt-Norge å utvikle en felles infrastruktur for CO₂-håndtering, samt

³³ [CCUS Norge](#)

³⁴ [Forsker på hvordan Grenland skal bli klimapositiv - Climit](#)

³⁵ [CCS Midt-Norge. Industriklynge for samarbeid om CO2 fangst og transport i Midt-Norge – Fase 1 - Climit](#)

³⁶ [Sammen om CO2-fangst \(nforeningen.no\)](#)

Hva skal til for å realisere flere fangstanlegg

Prosess21 har gjennomført en teoretisk øvelse ved å se på gjennomføring av tiltak ved Norges anlegg for produksjon av aluminium, silisium, ferrosilisium og manganverk. Dette utgjør i sum 18 fabrikkianlegg med til sammen rundt 5,4 millioner tonn CO₂ utslipp hvorav 650.000 tonn stammer fra biogene kilder. De aktuelle fabrikkene ses i kartet under. Vi har primært benyttet informasjon fra Hydro, Elkem og Eramet. Informasjon og analyser er derfor ikke nødvendigvis representative for de andre aktørene som har fabrikkene i Norge.

Verkene er spredt over hele Norge, men alle ligger lokalisert med tilgang til sjø ettersom det er behov for import av råmaterialer og eksport av sluttprodukt. Anleggene har punktutslipp fra 150.000 tonn til over 600.000 tonn CO₂ årlig. Prosessindustribedrifter med produksjon av aluminium, silisium, ferrosilisium og manganlegeringer er kraftintensive og har verdensledende lave klimagassutslipp³⁷. Hovedårsaken til norsk prosessindustri rekordlave utslippintensitet er bruken av fornybar kraft og ressursoptimalisering gjennom mange år. Industrien har gjennom Prosess21 strategien pekt på at dette ikke vil være tilstrekkelig for å forbli verdensledende og ønsker å intensivere arbeidet med utvikling av nullutslippsteknologier og industrialisere "end-of-pipe" løsninger som karbonfangst.



Figur 17 - Illustrasjon over verkene som produserer aluminium, silisium, ferrosilisium og manganlegeringer

For å realisere betydelig klimagassreduksjon ved verkene er det ulike løsninger og teknologier som tidligere er beskrevet. Kortsiktig er det mulig for produksjon av silisium og ferrosilisium å øke andelen med biobasert råstoff (treflis og biokarbon). Manganverkene har andre krav til morfologi av trekullet og har akkurat introdusert bruken av dette, men forventer å øke andelen gradvis. Industribedriftene har ambisjoner om økt bruk av biobaserte råstoffer som treflis og biokarbon frem mot 2030. Aluminiumsverkene har i begrenset grad mulighet til å benytte biomasse for å erstatte fossile karbonkilder. Å fullstendig erstatte råvarekilder fra fossile til biologiske er ikke realistisk på grunn av tilgang på råvarer ettersom skog/biomasse er viktig kilde til karbonopptak. Økt bruk av biokarbon som råvarekilde i kombinasjon med karbonfangst og lagring gir mulighet for permanent fjerning av klimagasser.

Langsiktige løsninger ligger i å utvikle nye klimanøytrale prosesser hvor råvarene kan være både biologiske og fossile. Slike nye produksjonsprosesser er beskrevet i Prosess21 ekspertgrupperapport på prosesseteknologi³⁸. Utfordringen ligger i at slike teknologier er i dag ikke bygget på pilot eller demonstrasjonsskala og må derfor modnes frem. Dette vil ta mange år og i Prosess21 Veikart beskrives hvordan en kan se for seg en utrulling av industrielle løsninger for alternative teknologier. Slike teknologier må demonstreres industrielt rundt 2035 og løsningene vil

³⁷ Se eksempel på utslippintensitet for aluminium i [Prosess21 hovedrapport](#) side 53 - Figur 31 eller [Prosessindustrien veikart](#) fra 2016 side 37 – Figur 4.13

³⁸ [p21 rapport ny-prosessteknologi web-1.pdf \(prosess21.no\)](#)

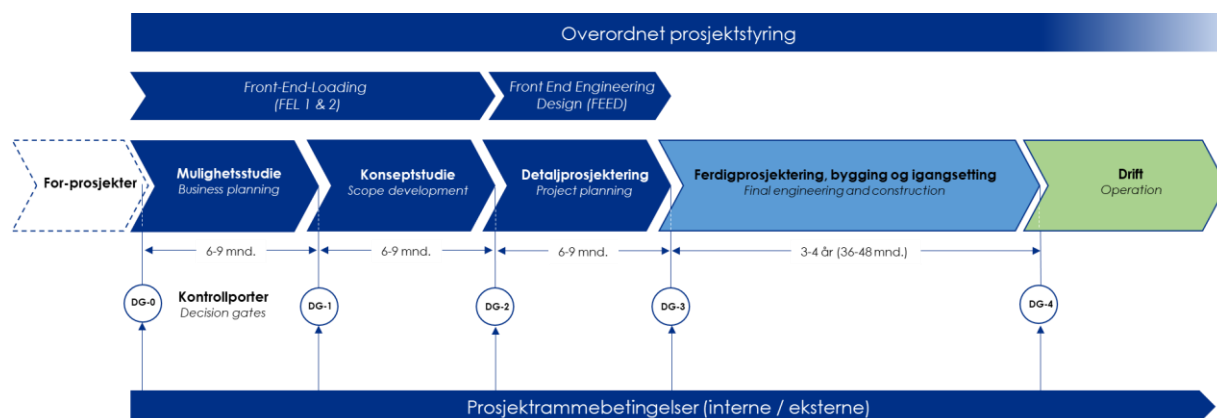
trolig først "rulles ut" i stor skala mellom 2040-2050. Slike løsninger er også mer kraftintensive enn dagens produksjon ettersom mer energi som i dag tilføres fra fossile kilder skal erstattes med fornybare energikilder som elektrifisering eller bruk av hydrogen. Inntil slike prosesser er demonstrert er industriens første valg å benytte biokarbon og/eller, hvis økonomisk realiserbart, investere i karbonfangst.

Å fange CO₂ fra aluminiumsproduksjon krever betydelig FoU. Hovedutfordringen er at avgassen har en svært lav konsentrasjon av CO₂ <1 % - og krever dermed teknologiutvikling innen karbonfangstteknologi tilpasset lave konsentrasjoner av CO₂. Gjennom omfattende FoU-innsats har Hydro som mål å investere i en pilot i industriell skala som kjøres innen 2030. Hydro utvikler også karbonfjerningsteknologi for karbonfangst og -lagring (CCS) og direkte luftkarbonfangst og -lagring (DACCS).

De fleste eksisterende CCS-teknologier har en typisk fangstgrad i størrelsesorden 90-95 %, noe som betyr at 5-10 % av CO₂ fortsatt vil slippes ut til atmosfæren. Å fange 100 % av CO₂-utslippene fra punktutslipp vil være uoverkommelig energikrevende og kostbart. For å redusere energietterspørselen og håndtere restutslipp for å oppnå netto null, vil industrien derfor måtte stole på bruk av biokarbon i kombinasjon med CCS og fangst av omgivelsesluft) DACCS.

Prosjektforløp og prosjektrammebetingelser

Ulike bedrifter benytter ulike benevnelser for ulike deler av en prosjektgjennomføring, men generisk sett kan dette illustreres med en overordnet prosjektstyringsmodell. For å bruke ressurser effektivt og sikre rask implementering er det viktig å ha avklart prosjektspesifikke interne og eksterne rammebetingelser for den enkelte kontrollport (*decision gate*). Norcem/Langskip prosjektet er under bygging og har passert kontrollport 3.



Figur 18 - Generell fremstilling av en større prosjektgjennomføring av en industriinvestering som CCS

Pågående CCS prosjekter i norsk prosessindustri (utover Norcem) ligger i kategori for forprosjekter og mulighetsstudier. I mulighetsstudie gjennomføres innledende utslippskarakterisering, vurdering og evt. verifisering av mulig teknologi og høsting av andre innledende erfaring. En mulighetsstudie med testing av teknologi vil normalt ha en varighet på 6-9 måneder og erfaringene vil inngå i et beslutningsunderlag. I et slikt beslutningsgrunnlag (DG-1) vil også rammebetingelser vurderes for å kunne gjennomføre neste steg – Konseptstudie. I neste steg inngår konseptuell prosjektering for alternativer studert i mulighetsstudien, finansielle vurderinger av evt. alternativer med tilhørende grove kostnadsoverslag. Konseptstudiet vil normalt ha en varighet på 6-9 måneder og erfaringene vil inngå i et beslutningsunderlag som også hensyntar beslutningsprosesser i selskapene og vil være avhengig av rammebetingelser for prosjektfasene for videre detaljprosjekter (FEED). Ved passering av kontrollport DG-3 er det tatt en prinsipiell investeringsbeslutning, men det er behov for å redusere risiko med tanke på økonomi, tidsforløp og eventuelle andre show-stoppere. Det er i dag ingen støtteordninger for å gjennomføre konseptstudier (FEL-2) eller detaljprosjektering (FEED). For flere bedrifter i prosessindustrien gjennomføres det, eller det planlegges for gjennomføring av, av mulighetsstudie. Noen bedrifter nærmer seg DG-1.

Det må antas en gjennomføringsperiode på 4-5 år fra oppstart på konseptstudie (FEL 2) og 3-3.5 års bygging og igangkjøringsperiode. De første anleggene som tester teknologi i dag, betyr at CCS anlegg vil kunne settes i drift i

løpet av 2028 – evt. 2029 hvis beslutningsprosessene tar mye tid. Dette forutsetter selvfølgelig at det foreligger økonomiske ansvarlige prosjekter.

Karbonfangst som mulig løsning på utvalgte verk

Prosessbedriftene produserer kritiske metaller/råvarer som er nødvendige i samfunnet og for det grønne skiftet. Norge er største produsent av flere metaller som inngår i omstillingen til lavutslippssamfunnet som aluminium, silisium og ferrosilisium, samt manganlegeringer. Det ligger til rette i store deler av prosessindustrien for å ta i bruk CCS ettersom bedriftene har punktutslipp som gjør det mulig å samle/fange, mange av bedriftene har overskuddsenergi/varme som er en forutsetning i flere modne fangstteknologier. CCS-teknologier er kjent og verifiseres ved flere verk, og ved bruk av biokarbon kan CCS løsninger i prosessindustrien muliggjøre negative utslipp.

For å ta vare på de verdier og eiendeler ("assets") som allerede ligger i verkene er det viktig å forlenge levetid ved å kunne produsere i eksisterende verk, men med lavere klimagassutslipp. "End-of-pipe" karbonfangst er et foretrukket alternativ der konsentrasjonen av CO₂ er høy nok og hvor tilgangen til varme er i overskudd. Karbonfangst er også reelt for bedrifter med lav konsentrasjon av CO₂ i utslippene, men utfordringen er å gjøre dette kostnadseffektivt. Konsentrasjon av CO₂ og evt. overskuddsenergi bidrar til redusert kostnad, men bortfall av disse forutsetningene er ikke noen "show-stopper" i seg selv.

Sentrale risikoer i CCS prosjekter ligger i den tekniske usikkerheten og kostnader som fremtidig karbonprising, driftskostnader på fangstanlegg, fangstgrad, transport og lagerkostnader for CO₂ og avskrivninger. Krafttilgang og kraftpris er en betydelig faktor for lønnsomhet i energiintensiv industri og priskrisen på kraft har også vist at fremtidige priser kan øke betydelig. Kraftintensiv industri har normalt sikret kraftpris gjennom langsiktige avtaler og bekymring er knyttet til nasjonalt kraftunderskudd og "import" av europeiske priser.

Studier ved utvalgte verk for silisium, ferrosilisium og manganlegeringer er gjennomført og viser at investeringene er formidable. Investeringer i fangst, flytendegjøring og mellomlagring spenner fra **1,5 milliarder kroner og opp mot 4-5 milliarder pr. verk**. Dette er samme investeringsnivå som en betydelig utvidelse av eksisterende fabrikker. I tillegg kommer økte driftskostnader som vil kunne ligge mellom **900 til 1.000 kroner for hvert tonn CO₂ fjernet**. Av dette går ca. 50 % til transport og permanent lagring og ca. 30 % i energi som kraft/varme. Anleggene vil i stor grad kunne benytte eksisterende overskuddsvarme for fangstanlegget (forutsatt løsning med varme/damp som primær energikilde), Ved noen verk er det behov for å investere i varmegjenvinningsverk som bidrar betydelig på investeringsnivået. Kapitalprosjekter i en slik størrelsesorden møter utfordringer i forhold til prioritering i investeringsporteføljen grunnet a.) høyt kapitalvolum og b.) meget høy tilbakebetalingstid - "pay-back".

I en investeringsportefølje i et konsern stilles det tydelige krav til internrente, nåverdi og tilbakebetalingstid. Et styre som skal vedta investeringer vil måtte prioritere strengt innenfor den kapital de har tilgjengelig gjennom opptjent kontantstrøm og mulig låneopptak. Prosjekter med best inntjening og kortest tilbakebetalingstid vil bli valgt innenfor den kapitale bedriften/konsernet har tilgjengelig.

Klimareduksjonsprosjekter vil normalt ha en lang tilbakebetalingstid og er forbundet med betydelig usikkerhet knyttet til fremtidige kvotepriser, mulige kreditter for biologisk CO₂, usikkerhet knyttet til kapitalkost (capex) og driftskost (opex), samt regulatoriske usikkerheter. **Det kan antas at det vil bli økt betalingsvillighet for karbonnøytrale produkter over tid, men når dette får en betydelig påvirkning er vanskelig å estimere i lønnsomhetsberegningen av prosjektet** (det gjøres anslag for dette i beregninger). I et internasjonalt konsern vil det være hensiktsmessig å redusere utslippene der det er mest kostnadseffektivt, og prosjektlønnsomheten vil være avhengig av rammebetingelser i ulike land hvor en har fabrikker. Den store utfordringen for de enkelte selskapene er kapitalvolumet for å realisere slike investeringer. Investeringer på 1,5 milliarder kroner og opp mot 4-5 milliarder pr. verk vil i stor grad begrense andre investeringer.

I sum viser en oversikt at det teoretisk vil være mulig å redusere klimagassutslipp fra eksisterende fabrikker med en fangstgrad på 90 % med **ca. 4,8 millioner tonn CO₂** som utgjør rundt av 10 % av nasjonale utslipp og 40 % av norske utslipp i kvotepliktig sektor. Med antagelse om økende biogene råvarer kan opp mot **1,1 million tonn vil komme fra biologiske råvarekilder fra 2030**. Rundt regnet vil investeringer for å gjennomføre karbonfangst ved alle 18 fabrikker ha en **total investeringskost rundt 45 milliarder kroner og med årlige driftskostnader rundt 5 milliarder kroner**. Investeringene vil variere betydelig fra verk til verk. Dette er ikke bare som følge av valg av teknologi, behov for prosessinngrep og behov for investering i varmegjenvinning, men de totale investeringer vil

også være et resultat av tilgjengeliggjort areal, lagringsareal, avstand til kaifront etc. Gjennomsnittlig byggetid, som inkluderer FEL 2 (Konseptstudie) og FEED - (Detaljprosjektering) studier, må antas å være rundt 4 år. Som beskrevet tidligere vil informasjon og analyser ikke nødvendigvis være representative for aktører utenom Hydro, Elkem og Eramet.

Under de rette rammebetingelser vil **3-4 verk realistisk kunne ferdigstilles innen 2030** som vil kunne redusere utslipp med **900.000 til 1,2 millioner tonn CO₂**. Dette vil komme i tillegg til Langskip (med blant annet Norcem på rundt 400.000 tonn) som til sammen gjør det mulig å fange 1.3 til 1.6 millioner tonn i prosessindustrien før 2030 gjennom karbonfangstprosjekter. Dette utgjør 11-14 % av prosessindustriens utslipp. **Investeringene for disse anlegg vil utgjøre rundt 11 milliarder kroner. Opex vil kunne utgjøre mellom 900 millioner til 1,2 mrd. årlig** **For disse verkene kan det antydes at LCOC (Levelised Cost of CO₂ Capture) ligger i området 140-160 €/tonn** og oppover. Energikommisjonen³⁹ peker på potensiale ved energieffektivisering i industrien. Energigjenvinning installert ved slike anlegg vil ofte kreves for å realisere karbonfangst der dette ikke er installert. For disse verk bidrar dette til økt LCOC i området 35-40 €/tonn. Vi vil også påpeke at i tillegg til selve karbonfangstanlegget og anlegg for flytendegjøring, lagring og uttransport er det behov for å tilpasse produksjonsutstyret for verkene. Spesielt ovnstilpasninger og ombygging av filtersystemene er nødvendig for noen av bedriftene. Verkene har ulike teknologi og det vil derfor være ulike kapitalbehov for investeringer.

Analysen som er beskrevet inkluderer ikke andre produksjonsverk innen mineraler, raffineri eller petrokjemi. Denne studien kan derfor utvides til å se på karbonfangst for flere verk i prosessindustrien.

For reduserte utslipp i prosessindustrien kan en også se til mulige elektrifiseringstiltak som beskrevet i NVE i *Elektrifisering av landbaserte industriprosjekter*. Her ses på elektrifiseringstiltak som ved kjent teknologi kan redusere utslipp med ca. 1,8 millioner tonn ved Yara Herøya, Kårstø, Mongstad, Borregaard og Kollsnes. Utfordring vil være krafttilgang og -pris.

Rammebetingelser som kan bidra til flere CCS anlegg i prosessindustrien

Vi ønsker å trekke frem følgende viktige momenter for å realisere flere karbonfangstprosjekter i industrien før 2030. Prosessindustrien kan under de rette rammebetingelser fange opp til 1,6 millioner tonn (inkludert Norcem/Langskip) til en LCOC rundt 140-160 €/tonn CO₂. For å realisere dette er det en **viktig forutsetning** at vi har **forutsigbarhet knyttet til kraft tilgang**. Dette **inkluderer også CO₂ kompensasjonsordningen** som kompenserer utgiftene industrien har for CO₂ utslipp knyttet til forbrukt kraft. Uten CO₂ kompensasjonen vil industrien betale for CO₂ utslipp den ikke har (ettersom den norske industrien bruker tilnærmet kun fornybar kraft). Dette bryter med at forurenser betaler prinsippet.

Norske myndigheters praktisering av EU/ETS-regelverket for tildeling av frikvoter ble for Fase 3 (2013-2020) påklaget til ESA av norsk ferrolegeringsindustri, og bedriftene fikk medhold. For Fase 4 (2021-2025) opprettholder norske myndigheter praksisen om tildeling av frikvoter for 75 % av utslippene, mens det nå er flere eksempler fra andre europeiske land som viser at myndigheter utenfor Norge opprettholder tildeling av frikvoter for 97 %. **Lik behandling av like industriprosesser er viktig**. For norske bedrifter utenfor 'product benchmark' er en tilleggskonsekvens også at antallet frikvoter reduseres ytterligere hvis bedriften har energigjenvinningstiltak.

Hvor mange CCS-prosjekter som realiseres vil i stor grad være avhengig av **tilgang og kostnader knyttet til lagring**. Foreløpig er ikke utviklingen av lagerkapasitet tilstrekkelig. Kostnader for transport og lagring av CO₂ utgjør en betydelig andel av LCOC og med økende konkurranse vil dette kunne utløse flere karbonfangstanlegg. Ved å sette et økt ambisjonsnivå for lagring og effektivisere lisenstildelinger for CO₂-lagringskapasiteten vil dette bidra til å øke konkurransen og raskere redusere kostnader. Det utvikles flere lagringsalternativer i Europa av varierende modenhet. På Island er utviklet lagring i basalte bergarter. Carbfix-prosessen⁴⁰ løser opp CO₂ i vann før den sprøytes inn dypt under bakken, hvor den blir til faste mineraler i løpet av mindre enn to år og tilbyr lavere lagringskostnader enn i Nordsjøen.

Nedenfor følger punkter som utgjør viktige rammebetingelser for å realisere karbonfangst i de aktuelle verkene i prosessindustrien. Noen punkter haster mer enn andre for å få modnet frem prosjekter, men jo tidligere

³⁹ [NOU 2023: 3 \(regjeringen.no\)](#)

⁴⁰ [We turn CO2 into stone - Carbfix](#)

4 Unngå tap av kvoter ved energigjenvinning

For norske bedrifter utenfor 'product benchmark' er en tilleggskonsekvens også at antallet frikvoter reduseres ytterligere hvis bedriften har energigjenvinningstiltak. Dette er dog i henhold til regelverket og ikke en særnorsk praktisering. Men det oppfattes å være en utilsiktet effekt av den norske praktiseringen slik det rammer norske bedrifter. Det oppfattes også å være i strid med intensjonen i regelverket, samt andre EU-direktiv (og politikk) hvor det er ønsket å stimulere til reduksjon av utslipp og økt bruk av energieffektive teknologier. I praksis får norsk ferrolegeringsindustri tildelt færre frikvoter som følge av at ovnsgassen benyttes til energigjenvinning. Det vil være behov for å bygge ut energitnyttelse/-gjenvinning og dette burde premieres som klimatiltak.

5 Investerings- og driftsstøtte

Skal utslipp kuttes før 2030 vil ikke karbonpris og eventuelle salg av biogene kvoter utløse prosjekter i prosessindustrien alene. De første prosjekter i industrien vil normalt ikke utløses før kvoteprisen (UEA) ligger i området 140 €/tonn og høyere. Prosjekter er svært kapitalintensive slik at det også begrenser andre investeringer som er nødvendige. For å bidra til at Norge når sine 2030-klimamål kan prosjekter gjennomføres, men da med investeringsstøtte. 50% støtte til 3-4 prosjektene som vil utgjøre rundt 5.5 milliarder kroner. For å opprettholde lønnsomhet ved disse verk er det behov for driftsstøtte for de første anleggene. Perioden for slik støtte kan være tilsvarende som andre EU-land bidrar med og må ses i sammenheng med kvoteprisen. Årlige driftsutgifter for 3-4 verk vil utgjøre mellom 900 millioner til 1,2 milliarder kroner og det vil være størst behov på de første anleggene som realiseres før 2030. Lagerutgifter utgjør ca. 50 % av driftsutgifter. Investeringer i infrastruktur som mellomlager, logistikk og logistikksentra kan også gjøres i statlig regi. Regjeringen kan derfor etablere et systematisk, tydelig og forutsigbart støttesystem for CCS med provenyer fra CO₂-utslipp. Investeringsstøtte kan også dekke prosjekter for å klargjøre røykgass til karbonfangst. Det eksisterer ikke støtteordninger til dette og dette utgjør en barriere for bedriftene til i det hele tatt å komme i posisjon til å fange CO₂.

6 Karbondifferansekontrakter som virkemiddel

Prosess21s rapport "Karbonfangst" ga anbefalinger om å stimulere til bruk av privat kapital ved å stille til rådighet nødvendige lånegarantier og etablere forutsigbare betingelser for å investere i CO₂-håndtering. Bruk av karbondifferansekontrakter ble lagt frem som mulig virkemiddel. Differansekontrakter er særlig egnet til å avlaste risikoen knyttet til utviklingen i kvotepris for innovative utslippsreducerende prosjekter som er teknologisk modne og klare til markedsintroduksjon, men som fortsatt er kommersielt umodne. I tillegg kan differansekontrakter sikre slike prosjekter en høyere effektiv karbonpris enn kvoteprisen. Vi erkjenner at virkemidlet er mer tilrettelagt der kan har mer moden og ensartet teknologi og at ulike aktører stiller med de samme forutsetninger⁴², men en ordning med karbondifferansekontrakter kan også vurderes for CCS-prosjekter.

7 Gassnova og Enovas virkemidler kan samhandle ytterligere

Industrien setter pris på det tette samarbeidet som Gassnova og Enova har til støtte for industrien. Vi mener likevel potensialet for ytterligere samhandling er til stede og at virkemiddelaktørenes tildelingsbrev og mandat burde gjenspeile dette. I de siste årene har Enova redusert fokus på energieffektivisering, men i 2023 gir Regjeringen et særskilt oppdrag med forsterket satsing innen energieffektivisering⁴³. Energikommisjonen peker tydelig på behovet for å utløse energipotensialet som ligger i industrien. Enova kan støtte energieffektivisering, og såkalt moden teknologi som ikke er bedriftsøkonomisk lønnsom. Dette er spesielt viktig der hvor energien kan gjenbrukes for å realisere karbonfangst eller som energitilførsel på nullutslippsprosesser. Midlene som tildeles Gassnova for å drive frem demonstrasjon og pilot kan økes betydelig og inkludere støtte til å modne frem prosjekter.

8 Ta inspirasjon av Inflation reduction Act (IRA) og A Green Deal Industrial Plan

I august 2022 gjennomførte Biden administrasjonen tiltakspakken *Inflation Reduction Act* (IRA) for å få fart på den grønne omstillingen i USA hvor det blant annet gis skattekreditter (direkte støtte, men omsettbare kreditter via skattesystemet) på 85 USD/tonn fanget og lagret CO₂ og 180 USD fanget og lagret DACCS). Dato for byggestart er utvidet til 1. januar 2033⁴⁴. EU lanserte 1. februar *A Green Deal Industrial Plan for the Net-Zero Age*⁴⁵ som blant

⁴² <https://www.regjeringen.no/contentassets/ef70efad942743998fd303cf4da42393/rapport-fra-ekspertgruppa-for-differansekontraktar-for-utslippsreduksjonar-ccfd.pdf>

⁴³ [Oppdragsbrev 2023 for Enova SF \(regjeringen.no\)](https://www.regjeringen.no/no/oppdrag/2023/01/01/oppdragsbrev-2023-for-enova-sf)

⁴⁴ [IRA-2022-Fact-Sheet-8.16.pdf \(carboncapturecoalition.org\)](https://www.carboncapturecoalition.org/ira-2022-fact-sheet-8.16.pdf)

⁴⁵ [COM 2023 62 2 EN ACT A Green Deal Industrial Plan for the Net-Zero Age.pdf \(europa.eu\)](https://ec.europa.eu/eip/industrial-plan-2023-2027)

annet definerer en forenkling av støtteordninger for utrulling av fornybar energi og avkarbonisering av industrielle prosesser. EU vil kunne åpne opp for at nasjonale stater tilrettelegger for investeringsstøtteordninger og skattefordeler. Det varsles en betydelig økning av taket for notifikasjon av statsstøtte i relevante nullutslippsektorer. Karbonfangst er varslet som en av flere teknologier som skal inngå i *Net-Zero Industry Act* som skal legge til rette for økt produksjonskapasitet gjennom et forenklet regelverk. EU har nå ambisjoner om å utvikle 50 millioner tonn CO₂ lagring årlig innen 2050. Norge har muligheten gjennom rammene som settes for EU-fellesmarkedet å utløse betydelig klimagassreduksjon i kvotepliktig sektor. Industrien ser IRA og Green Deal Industrial Plan som sentrale for å utløse industrielle løsninger i nødvendig skala. Vi ser frem til hvordan Norge plasserer seg i det geopolitiske landskapet. Norge er Europas største produsent av produkter nevnt i denne rapporten og norsk industriell strategi bør ses i sammenheng med den europeiske.

Behov for videre arbeid

Norsk prosessindustri har redusert sine utslipp med 40 % siden 1990, men etter Norge inngikk i det europeiske kvotehandelssystemet (ETS) fra 2008 er utslippene i liten grad redusert. Dette skyldes at kvoteprisen utløser dekarboniseringsprosjekter i europeisk energisektor (overgang fra kull til fornybar). Med høyere kvotepriser og mindre utdeling av vederlagsfrie kvoter kan dette endre seg, men på kort sikt er effekten usikker. Dersom vi venter med å ta kutt i kvotepliktig sektor til de er kostnadseffektive i en europeisk sammenheng, kan Norge risikere at en stor del av kuttene må tas tett på 2050. Det kan gi høye omstillingskostnader over en kort periode. Dette kan være en god grunn å gjøre tiltak i Norge som setter i gang omstillingen allerede nå.

Ulike tiltak er satt i system gjennom ETS for å sikre at europeisk industri er konkurransedyktig og at karbonlekkasje unngås. Karbonlekkasje er uønsket ettersom en flytter utslippsproblemet til andre land og en får en negativ effekt globalt. Med overkapasitet i Asia og økende politisk regionalisering er oppmerksomheten økende. Tiltak som er igangsatt blant EU landene for å redusere fare for karbonlekkasje er blant annet vederlagsfrie kvoter, CO₂-kompensasjon og forslag til "karbongrenseskatt" - CBAM (Carbon Border Adjustment Mechanism). Med innføringen av Net Zero Industry Act vil EU blant annet bidra til raskere tillatelsesprosesser, utløse mer investeringer og videreutvikle kompetanse. Gjennom Critical Raw Materials Act adresseres avhengigheten EU er av importerte materialer. Industrien, nåværende og forrige regjering har vært veldig tydelige på at faren for karbonlekkasje er reelt. Økende regionalisering, økt overkapasitet og mangel på global karbonpris kan føre til økende utfordringer.

Samtidig så er det viktig at tiltak som skal forhindre karbonlekkasje ikke blir en hvilepute for bedriftene med dertil manglende tiltak for å redusere utslipp ytterligere. Det er derfor nyttig å knytte tiltak som forhindrer karbonlekkasje til å øke industriens innsats for å redusere utslipp, og ikke minst, forsere innsatsen slik at effektene kommer tidligere. Det er mange ukjente variable knyttet til utarbeidelse av rammevilkår og virkemidler for industrialisering av en karbonfangst verdikjede, både på norsk og europeisk side. Samtidig trenger prosjektene forutsigbarheten om fremtidige inntekter. Prosjektene vil kreve offentlige rammevilkår og en eventuell garantert inntekt fra norske myndigheter må ses i sammenheng eller kombineres med fremtidige EU-virkemidler. Eventuell overkompensering kan føre til en avkortning hvis dette inntreffer. Hensikten må være å få flere industrielle prosjekter igangsatt, med forutsigbare kontantstrømmer, og som tar hensyn til karbonlekkasje-effekter.

Prosess21 kan bidra til å øke innsikter og fremstille mer faktabasert informasjon basert på industriell kompetanse som sitter i bedrifter og academia. Utslippsreduksjonstiltak vil kreve teknologiutvikling som er spesifikke for ulike prosesser, men anerkjente teknologier vil også inngå i løsningene f.eks elektrifisering, biologiske råvarekilder, hydrogen som reduksjonsmiddel og karbonfangst. Karbonfangst og lagring er ett av de viktige sporene for norsk prosessindustri, men vi trenger å tilegne oss ytterligere industriell kompetanse og forståelse gjennom:

- Øke innsikt i hva som er EUs ambisjoner på karbonfangstområdet med annonserte mål om 50 millioner tonn injeksjonskapasitet, og ikke minst forstå de "mindre" utslippene som Norge har i denne settingen. EU har pekt på CCS som en av åtte strategiske teknologier i sin *Net-Zero Industry Act* og vil trolig benytte verktøy definert av nasjonale stater gjennom TCTF og andre EU-finansieringskapasiteter. Det vil være svært viktig at Norge er tett koblet på, ikke bare som vertskap til lagerlokasjoner, men ikke minst for å redusere norske utslipp.
- Inkludere flere aktører innen prosessindustrien (bedrifter som ikke har deltatt i denne studien og andre prosessindustribransjer som f.eks mineraler/kalk)
- Etablere kunnskap og behov for å kommersialisere lagringsalternativer for CO₂ for å sikre at det blir en reell konkurranse mellom transport og lagringsaktører.
- Infrastruktur for å mellomlagre og transportere CO₂ til lagerlokasjoner utgjør en betydelig andel av investeringene for å realisere karbonfangst og lagring. Det er i prosessindustrien flere klynger/nettverk/industriparker som kan utgjøre hub'er for skipning av CO₂, men det er behov for ytterligere å samle informasjon om de reelle alternativene på nasjonalt nivå

Informasjon om notatet

Notatet er utarbeidet av sekretariatet i Prosess21 ved Direktør for Prosess21, **Lars Petter Maltby**. Arbeidet med notatet har vært ledet av en styringsgruppe bestående av representanter for de tre industribedriftene Elkem, Eramet Norge og Hydro Aluminium:

Trond Sæterstad, Climate Direktør, Elkem ASA

Kåre Bjarne Bjelland, Strategi- og kommunikasjonsdirektør, Eramet Norge. Leder av Norsk Industris klima- og energipolitiske utvalg (NIKE)

Morten Landsgård, Head of Finance and Business Support at Technology and Operational Support, Primary Metal

Prosess21 har ved utarbeidelsen av notatet ikke et overordnet mandat for pågående periode og det er derfor ikke etablert en styringsgruppe for det helhetlige arbeidet. Bedriftene som har deltatt i arbeidet med dette notatet stiller seg bak innholdet.