

Kunnskapsgrunnlag for utforming av klimapolitikk for industrien



KOLOFON

Utførende institusjon

Miljødirektoratet

Oppdragstakers prosjektansvarlig

Andre Aasrud

Kontaktperson i Miljødirektoratet

Audun Rosland

M-nummer

M-680

År

2017

Sidetall

56

Miljødirektoratets kontraktnummer**Utgiver**

Miljødirektoratet

Prosjektet er finansiert av**Forfatter(e)**

Stian Rein Andresen, Henrik Gade

Tittel - norsk og engelsk

Kunnskapsgrunnlag for utforming av klimapolitikk for industrien

Sammendrag - summary

Verden har en begrenset mengde klimagasser igjen som kan slippes ut dersom klimamålene skal nås.

EU har mål om å redusere utslippene med 80 - 95 % i 2050 sammenlignet med 1990. For å nå målet legges det opp til å kutte utslippene inkludert i EUs kvotesystem med ca. 90 % i 2050 sammenlignet med 2005. Selv om kraftsektoren dekarboniseres fullstendig før 2050 vil det fortsatt være nødvendig med omfattende utslippsreduksjoner i europeisk industri.

Under visse forutsetninger vil en teknologinøytral politikk som karbonprising gjennom skatter og avgifter eller kvotesystemer gi den mest kostnadseffektive oppnåelsen av klimamålene. I praksis bidrar ulike former for barrierer og markedssvikter til at det er behov for å supplere karbonprising med flere virkemidler for å nå klimamålene på en kostnadseffektiv måte.

Karbonprisen er i dag for lav til å gi vesentlige utslippskutt og teknologiutvikling i industrien. Uten forsert teknologiutvikling i dag, kan det bli vanskeligere og dyrere å nå klimamålene.

4 emneord

Industri, klima, teknologi, utslippskutt

4 subject words

Industry, climate, technology, abatement

Forsidefoto

Miljødirektoratet

Innhold

Sammendrag	3
1. Innledning	6
2. Dagens utslipp og industristruktur i Norge, EU og globalt	7
2.1 Globale industriutslipp	7
2.2 Industrisammensetning i Norge sammenlignet med andre land	9
2.3 Endringer i utslippene fra industrien	12
3. Utslipp fra industrien i tråd med klimamålene	14
3.1 Karbonbudsjettet	14
3.2 Resultater fra IPCCs scenariodatabase	17
3.3 Nasjonale og regionale klimamål	25
4. EUs langsiktige klimamål	29
4.1 EUs klimamål og veikart for å nå dem	29
4.2 Reduksjoner i klimavotesystemet	31
5. Hvordan utløse klimatiltak i industrien	33
5.1 Behovet for ny climateknologi i industrien	33
5.2 En effektiv klimapolitikk krever en kombinasjon av virkemidler	35
6. Industriens rammebetingelser	40
6.1 Drivere for konkurransesituasjonen til industrien	40
6.2 Karbonpriser	43
6.3 Statlige virkemidler for teknologiutvikling	47
7. Referanser	50
8. Vedlegg	54
8.1 Oppdraget	54
8.2 Om begrepet industri i rapporten	56

Sammendrag

Denne rapporten er utarbeidet for å besvare oppdrag fra Klima- og Miljødepartementet (KLD) av 10. februar 2016 - "Faktagrunnlag for industrien knyttet til arbeidet med klimapolitikken".

Verden har en begrenset mengde klimagasser igjen som kan slippes ut dersom klimamålene som ble vedtatt i Paris skal nås. Dersom verden ikke skal bli avhengig av å fjerne CO₂ fra atmosfæren i svært stor skala, må utslippene reduseres raskt mot null.

FNs klimapanel (IPCC) har studert et stort utvalg scenarier fra mange forskjellige modeller for å se på hvordan det kan være mulig å nå klimamålene. Scenarier som kommer ut av modellene er ikke en beskrivelse av framtiden, men en beskrivelse av hva som kan skje dersom forutsetningene i modelleringen materialiserer seg. Det er stor usikkerhet knyttet til hvordan samfunnsutviklingen, klimapolitikken og den teknologiske utviklingen blir de neste tiårene.

I de modellbaserte scenarioene i tråd med togradersmålet skjer det omfattende utslippskutt i kraftsektoren tidlig i analyseperioden. Sektoren er karbonnegativ innen 2050 i mange av togradersscenarioene IPCC har studert, og allerede i løpet av de to neste tiårene i halvvannegradsscenarier. Et bredt utvalg av mulige kombinasjoner av forskjellige fornybare energikilder, kjernekraft og karbonfangst og lagring (CCS) er mulige løsninger.

For industrien, hvor utslippene i hovedsak stammer fra de store prosessindustribransjene, viser scenarioene at veien er vanskeligere. I likhet med tungtransport og landbruk er det ikke like åpenbart hva som skal gjøres. På kort sikt vil effektivisering og overgang til fornybare energikilder til stasjonær forbrenning gi reduksjoner, men senere vil langt større ting måtte skje. Mange av modellene velger i hovedsak CCS, mens andre inkluderer bruk av enda mer innovativ teknologi. Hvorvidt disse løsningene, og kanskje andre løsninger vi ikke kjenner i dag, vil være tilgjengelige vil avhenge av at et tilstrekkelig rammeverk er på plass for å utløse innovasjon i det tempo som er nødvendig.

Modellene viser at kostnaden ved, og muligheten for, å nå klimamålene er tungt avhengig av tilgangen til, kostnaden ved og effekten av ny climateknologi. Denne avhengigheten blir sterkere jo mer ambisiøst målet som skal nås er. De fleste av modellene klarer ikke å lage scenarier som når togradersmålet dersom man begrenser tilgangen til ny climateknologi.

FNs egen gjennomgang av effekten av de innmeldte nasjonale klimamålene som ble lagt frem i forkant av Parisavtalen, viser at landenes mål per i dag er for svake til å bringe verden inn på en utslippsbane som er i tråd med FNs klimamål. Det er lite sannsynlig at landenes klimamål vil utløse den nødvendige utviklingstakten i avgjørende klimatiltak som for eksempel CCS, elbiler, avansert biobrensel og bærekraftig byutvikling.

Norges klimamål og kvotesystemet

Norge skal være et lavutslippssamfunn i 2050 og skal være klimanøytralt i 2030. Videre er Norge i dialog om en felles løsning med EU om å kutte utslippene med 40 prosent i 2030 sammenliknet med 1990-nivå. Et viktig verktøy for å nå målene er det europeiske kvotesystemet, der ca. 50 prosent av de norske klimagassutslippene er inkludert.

Norges kvotepliktige utslipp kjennetegnes ved at en svært liten andel av utslippene stammer fra kraftsektoren, mens en svært stor andel stammer fra petroleumsvirksomhet og oljeraffinering i forhold til andre land. Andelen utslipp fra industri er relativt lik gjennomsnittet i EU, men sammensetningen av industrisektoren er imidlertid forskjellig. Norge har små utslipp fra produksjon av jern og stål sammenlignet med andre land, og relativt store utslipp fra produksjon av andre metaller som aluminium, silisium og ferrolegeringer. Ettersom de billigste tiltakene ser ut til å være å fase ut fossile energikilder i kraftsektoren, kan det forventes at Norges kvotepliktige utslipp vil reduseres senere enn i EU som helhet.

EUs langsiktige klimamål er å redusere utslippene med 80 - 95 prosent i 2050 sammenlignet med 1990. For å nå en 80 prosent reduksjon legges det opp til å redusere utslippene som er dekket av EUs klimakvotesystem EU-ETS med 90 prosent i 2050 sammenlignet med 2005. Om denne målsetningen opprettholdes vil kvotetaket i 2050 være på omtrent 250 millioner kvoter, mot i underkant av to milliarder i dag. Selv om kraftsektoren dekarboniseres fullstendig før 2050 vil det fortsatt være nødvendig med omfattende utslippsreduksjoner i europeisk industri, dersom EU skal nå dagens langsiktige klimamål. Parisavtalen forutsetter også at de nasjonale målene gradvis skjerpes, noe som for EU vil kunne bety et strammere kvotetak.

Hva kjennetegner en effektiv politikk for omstilling mot lavutslippssamfunnet?

Under visse forutsetninger vil en teknologinøytral politikk som karbonprising gjennom skatter og avgifter eller kvotesystemer gi den mest kostnadseffektive oppnåelsen av klimamålene. I praksis bidrar ulike former for barrierer og markedssvikter til at det er behov for å supplere karbonprising med flere virkemidler for å nå klimamålene på en kostnadseffektiv måte.

Det vil være et stort behov for forskning, utvikling og kommersialisering av ny teknologi for å kunne nå klimamålene, men private aktører finansierer i alt for liten grad forskning og teknologiutvikling. Dette reiser behov for støtteordninger. Innovasjonsforskningen kan tyde på at mange typer mer radikal teknologiutvikling ikke gjennomføres av private aktører alene, som heller fokuserer på å utløse kortsiktige gevinster ved å forbedre allerede eksisterende teknologi. Helt ny teknologi kan bli spesielt viktig i den svært gjennomgripende omleggingen av verdens energi-, transport-, industri- og landbrukssystemer som er nødvendig for å nå klimamålene. Dette kan reise behov for mer målrettet offentlig virkemiddelbruk.

Nye teknologier kan også møte en del problemer når de skal introduseres i markedet og konkurrere med etablerte teknologier. Kostnadene ved nye teknologier er ofte høye før læringseffekter, storskalafordeler og optimalisering har redusert kostnadene. Dette kan medføre behov for ordninger som sikrer at teknologier blir konkurransedyktige.

Investorer vil ofte være tilbakeholde med finansiering i tidlig fase fordi de ikke fullt ut forstår risikobildet, og kan derfor kreve en høy risikopremie. Dette kan skape et behov for virkemidler som reduserer risiko. Risiko er spesielt viktig for klimateknologi, fordi det er vanskelig for private aktører å basere seg på et varslet myndighetsskapt marked faktisk vil oppstå, og bli effektivt.

Mange klimamodeller forutsetter at investorer både har perfekt forståelse av hvordan en effektiv klimapolitikk vil bli iverksatt, at investorene legger det til grunn i sine

investeringsbeslutninger, og at de har en perfekt forståelse for hvordan de forskjellige innovasjonsløpene vil lykkes. Dette kalles perfekt framsyn, og er en veldig viktig antagelse når resultatene fra modellene skal oversettes til praktisk politikk. I en verden uten perfekt framsyn vil det ikke bli gjort tilstrekkelige investeringer på kort sikt i teknologier som det tar lang tid å utvikle og implementere, men som kan bli avgjørende for å nå klimamålene på lengre sikt.

Eksisterende virkemidler og rammebetingelser

I dag er om lag 13 prosent av verdens klimagassutslipp dekket av karbonprising, og andelen vil øke til 25 prosent ved iverksetting av Kinas klimavotesystem i 2017. Karbonprisene i disse systemene er på kort og mellomlang sikt for lave til å gi vesentlige utslippskutt i industrien, eller vesentlige insentiver til teknologiutvikling. Uten forsert teknologiutvikling i dag, utover det karbonpriser bidrar til, kan det bli vanskeligere og dyrere å nå klimamålene. Politikktutforming, etter Parisavtalen, bør derfor også fokusere på å stimulere teknologiutvikling, demonstrasjon og spredning av lavutslippsteknologi.

I Stortingsmelding 13, 2014/15 er blant annet utvikling av lavutslippsteknologi for industrien og CO₂-håndtering, pekt ut som prioriterte satsningsområder i norsk klimapolitikk. Lykkes man med dette kan man gjøre utslippsreduksjoner mulig både i Norge og globalt.

Det norske virkemiddelapparatet for forskning og innovasjon består av Norges forskningsråd, Innovasjon Norge, Enova og Gassnova. Støtteintensiteten er begrenset av statsstøtteregelverket i EØS, og er i den forstand harmonisert med Europa. Utfordringen ligger i å sørge for at systemet fungerer på en best mulig måte, med riktig prioriteringer.

Rammebetingelsene for norsk industri på energi- og klimaområdet oppleves som gode sammenlignet med andre land det er gjort sammenligninger med. Dette gjelder spesielt strømpriser og CO₂-kompensasjon. Skattenivå, investeringskostnader o.l er ikke vurdert i denne rapporten.

1. Innledning

Denne rapporten er utarbeidet for å besvare oppdrag fra Klima- og Miljødepartementet (KLD) av 10. februar 2016 - "Faktagrunnlag for industrien knyttet til arbeidet med klimapolitikken". Oppdragsteksten ligger som helhet i vedlegg. Hensikten med oppdraget er å utarbeide et bedre faktagrunnlag for arbeidet med klimapolitikken, og få et bedre grunnlag for å kunne vurdere utsiktene for industrien i en verden der klimapolitikken strammes gradvis inn, både på europeisk og globalt nivå.

I Paris i 2015 ble verdens ledere enig om å begrense den globale oppvarmingen til godt under 2 grader, og arbeide for å begrense temperaturstigningen til 1,5 grader. Avtalen blir ansett som en suksess i måten den har styrket det globale klimasamarbeidet.

Parisavtalen, sammen med de siste årenes teknologiutvikling innenfor både fornybar energi, energilagring og digitalisering, gir derfor grunnlag for en viss optimisme. Prisen på fornybare løsninger er i dag langt lavere enn mange hadde forventet. En stor andel av ny kraftproduksjon som installeres i verden i dag er fornybar og vi ser også en rask utvikling av nullutslippsteknologier innenfor transport. Samtidig vet vi at dersom vi skal redusere de totale utslippene i tråd med klimamålene, må alle sektorer bidra. Industrien står i dag for om lag 18 prosent av verdens utslipp, en andel som vil øke i takt med reduksjon av utslipp i andre sektorer.

Til forskjell fra sektorer som energi og transport har man i dag få teknologier tilgjengelig for å redusere utslippene i denne sektoren i tråd med det som er nødvendig for å nå klimamålene. Effektivisering kan ta utslippene et stykke ned, men alternative produksjonsmetoder og CCS må tas i bruk om man skal fortsette å bruke materialer som det i dag er vanskelig å se for seg verden foruten. Materialer som jern og stål, sement, aluminium, kjemikaler og silisium er i dag, og vil trolig også i fremtiden, være nødvendige byggeklosser til alt fra veibygging, biler, sykler, leker og tog, til solceller og vindmøller.

Denne rapporten er strukturert slik at kapittel 2 gir en beskrivelse av industriutslippene i verden, og industrisektoren og kvotepliktige utslipp i Norge sammenlignet med andre land. Kapittel 3 oppsummerer hva IPCC sier om utslipp fra industri og kraftproduksjon i et 2 og 1,5 gradersscenario, og så følger en gjennomgang av de nasjonale utslippsmålene som er meldt inn til klimakonvensjonen og hvordan disse kan påvirke industriutslippene.

Kapittel 4 gir en oversikt over EUs klimamål, veikartet EU har laget for hvordan disse målene kan nås, og en nærmere beskrivelse av kvotesystemets bidrag. Kapittel 5 inneholder en generell vurdering av hvilken type virkemiddelbruk som kan benyttes for å nå disse målene på en mest mulig kostnadseffektiv måte, før kapittel 6 gir en oversikt over noen viktige rammebetingelser for norsk industri, samt en kort oversikt over det eksisterende virkemiddelapparatet som er mest relevant for forskning og innovasjon i industrien.

Rapporten er i sin helhet utarbeidet som en litteraturstudie, og inneholder ingen vurdering av norsk virkemiddelbruk og heller ingen forslag til politikkutforming.

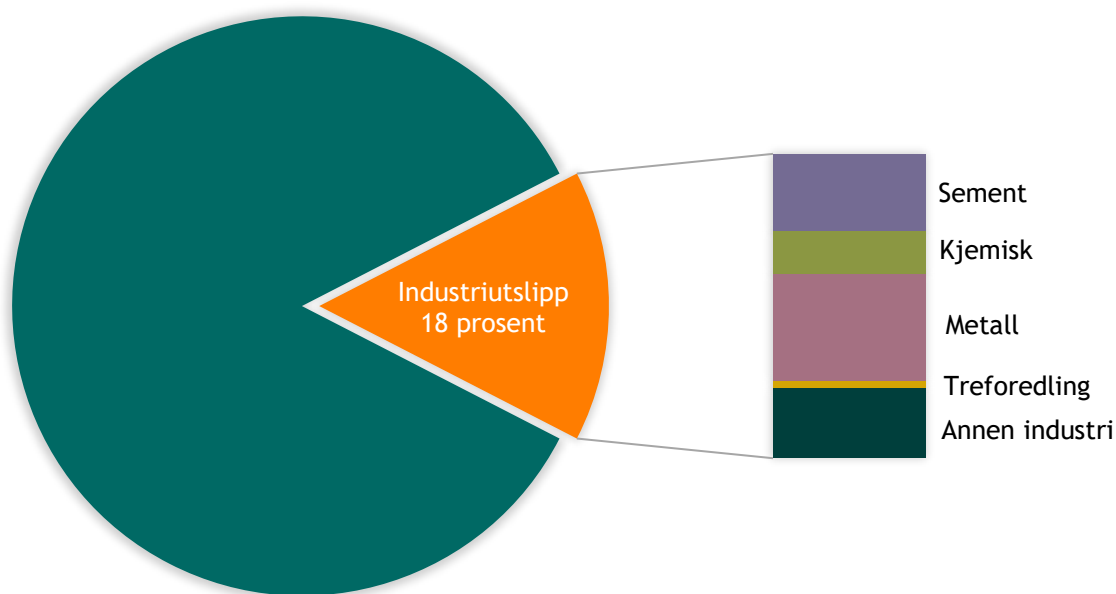
2. Dagens utslipp og industristruktur i Norge, EU og globalt

2.1 Globale industriutslipp

De direkte utslippene fra industrien globalt i dag er omtrent 9 milliarder tonn CO₂-ekvivalenter årlig (IEA, 2016), om lag 18 prosent av de totale utslippene. Inkluderer man også indirekte utslipp fra forbruk av elektrisitet og varme står industriutslippene for om lag 30 prosent av utslippene - mer enn sektorer som transport og bygg (IPCC, 2014).

Utslippene fra industrien er dominert av et fåtalls industribransjer; produksjon av jern og stål, produksjon av ikke-jernholdige metaller (hovedsakelig aluminium), kjemisk industri, mineralsk industri (hovedsakelig sement) og treforedling. Globalt står disse store industrisektorene for ca. $\frac{3}{4}$ av industriutslippene (IEA, 2016).

ANDEL INDUSTRIUTSLIPP AV GLOBALE UTSLIPP



Figur 1: Andel industriutslipp av globale utslipp (CO₂-ekv.). Basert på utslippstall fra (IPCC, 2014) og (IEA, 2016).

Industrien står for over 40 prosent av elektrisitetsforbruket globalt. Her er de store industribransjene mindre dominerende, men står likevel for rundt halvparten av elektrisitetsforbruket til industrien (IEA, 2016).

Utslippene fra de store industribransjene skyldes i stor grad utslipp fra prosessene som benyttes. Dette er utslipp som stammer fra kjemiske reaksjoner i produksjonsprosessene som for eksempel utslipp fra kalsinering av kalkstein for produksjon av sement, eller bruk av kull

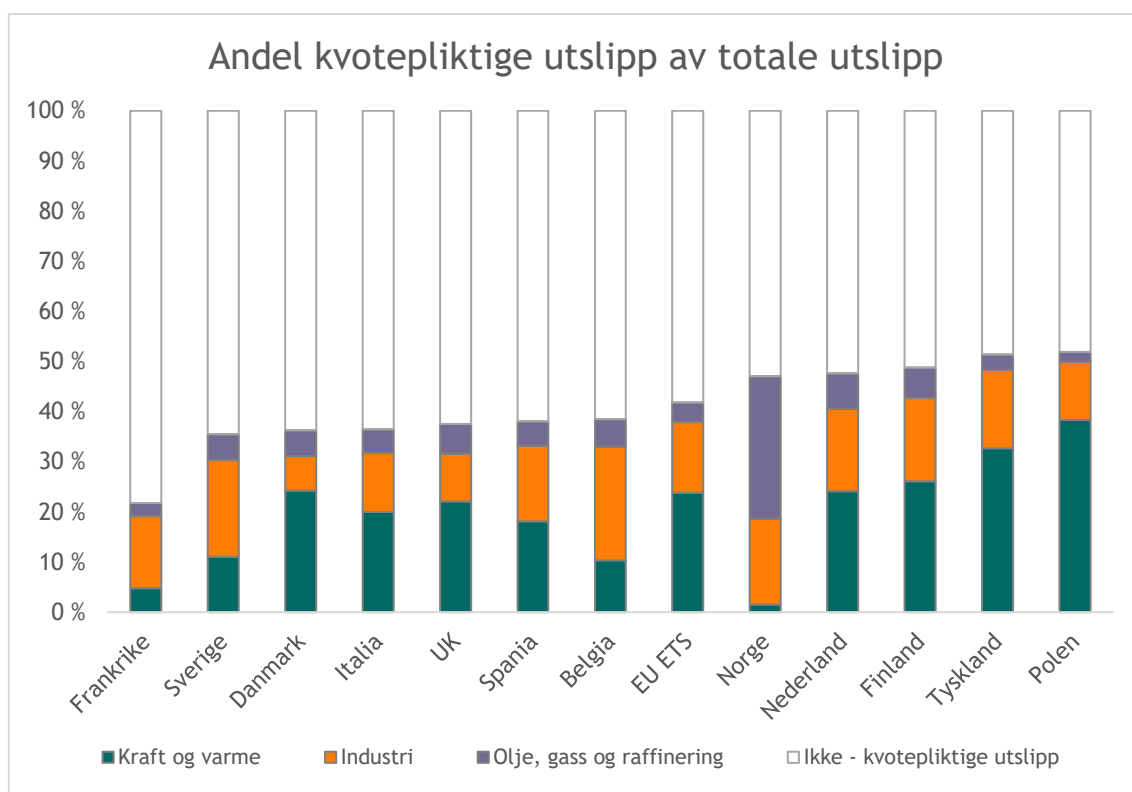
som reduksjonsmiddel ved produksjonen av metaller. Kraftige reduksjoner i disse utslippene vil kreve utvikling og implementering av ny prosesseteknologi, overgang til fornybare innsatsstoffer, bruk av CCS eller en kombinasjon av disse løsningene.

De direkte utslippene fra industrien globalt er omtrent 9 milliarder tonn CO₂-ekvivalenter, tilsvarende 18 prosent av verdens klimagassutslipp. Utslippene fra industrien er dominert av noen få prosessindustribransjer, som alene står for om lag ¾ av industriutslippene.

2.2 Industrisammensetning i Norge sammenlignet med andre land

I Europa lå utslippene fra industrien¹ på om lag 750 millioner tonn CO₂-ekvivalenter i 2014, tilsvarende ca. 17 prosent av de totale utslippene. Til sammenligning er utslippene fra norsk industri i underkant av 11 millioner tonn² CO₂-ekvivalenter årlig, som utgjør ca. 20 prosent av våre nasjonale utslipp og tilsvarer ca. 1,5 prosent av de europeiske industriutslippene.

Nærmere 80 prosent av de europeiske industriutslippene er dekket av EUs klimakvotestystem, mot om lag 90 prosent i Norge. Industriutslippene som ikke er omfattet av kvotestystemet er i stor grad utslipp fra stasjonær forbrenning fra mindre industrivirksomheter eller vareproduksjon. Sammensetningen av kilder til kvotepliktige utslipp i Norge er ganske spesiell sammenlignet med resten av Europa. For EU som helhet står kraftproduksjon for nær 60 prosent, industri for i overkant av 30 prosent, og petroleumsvirksomhet for 10 prosent, mens i Norge er de tilsvarende tallene henholdsvis 3 prosent, 36 prosent og 60 prosent.



Figur 1: Andel kvotepliktige utslipp av totale utslipp i utvalgte land (2014). Kilder: Community Independent Transaction Log (CITL), utslippsregnskap innlevert UNFCC, og Point Carbon.

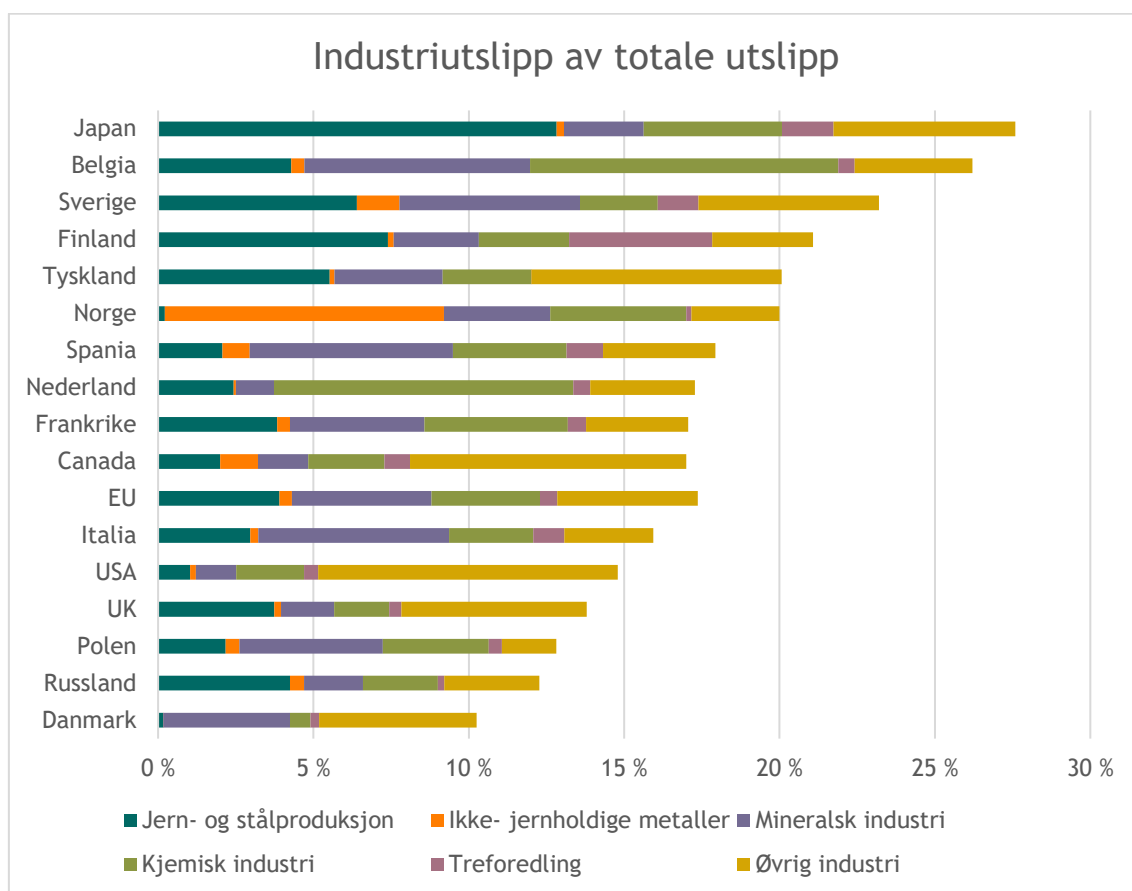
Norges kvotepliktige utslipp er altså kjennetegnet av svært liten andel utslipp fra kraftsektoren og en relativt stor andel utslipp fra petroleumsvirksomhet og raffinering, mens andelen utslipp fra industri er relativt lik. Sammensetningen av industrisektoren er imidlertid ganske forskjellig.

¹ Inkluderer Norge.

² Inkluderer utslipp fra industriens iht. Norges utslippsregnskap, kategori 1A2 og 2 (Minus 2F, 2G og 2D)

Norges kvotepliktige utslipp er kjennetegnet av svært liten andel utslipp fra kraftsektoren og en relativ stor andel utslipp fra petroleumsvirksomhet og raffinering, mens andelen utslipp fra industri er relativt lik som EUs.

I figur 3 under er utslippene fra de forskjellige industrisektorene i Norge sammenlignet med 16 andre industriland³. Utslippene inkluderer også industriutslipp som ikke er omfattet av kvotesystemet. Sammenligningen viser at Norge har forholdsvis høy andel industriutslipp, og at andelen av utslippene som stammer fra prosessindustrien, 85 prosent, også er relativt høy.

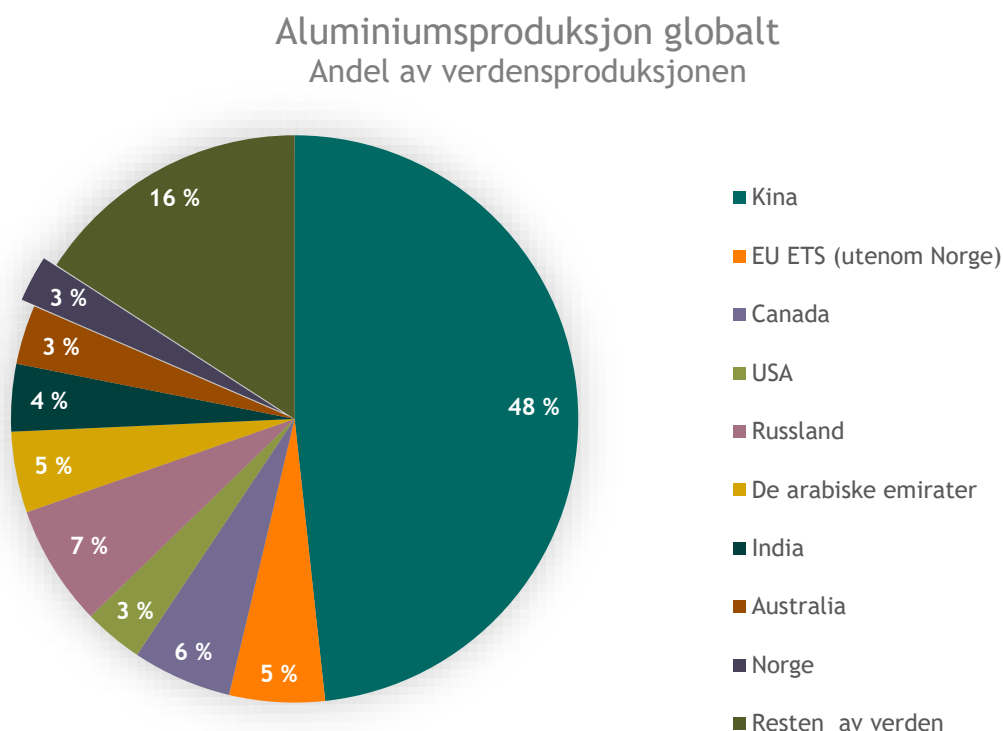


Figur 2: Andel industriutslipp av totale utslipp (CO₂-ekv.) i 17 industriland. Tallene er basert på landenes nasjonale utslippsregnskap. Utslippene fra industrien omfatter IPCC- utslippskategori 1A2 og 2, med unntak av 2D-E, se kapittel 2.2 for mer informasjon.

Norge har en veldig liten jern- og stålsektor, men har til gjengjeld den klart største andelen utslipp fra produksjon av ikke-jernholdige metaller av de landene Norge er sammenlignet med. Utslippene fra denne sektoren domineres av to bransjer, ferrolegeringer og aluminium. Norge har nesten 3 prosent av verdensproduksjonen av aluminium, 4 prosent av verdensproduksjonen av silisium og ferrosilisium, og over 3 prosent av verdensproduksjon av ferromangan. I Europa er norsk industri en stor aktør innen produksjon av disse materialene, og står for om lag en tredjedel av europeisk aluminiumsproduksjon (USGS, 2016). På

³ De nordiske landene med unntak av Island, åtte øvrige EU- land, EU- 28, Russland, Japan og USA

verdensbasis er imidlertid produksjonen av aluminium, i likhet med de fleste prosessindustribransjene, dominert av Kina.



Figur 3: Andelen av verdensproduksjonen av primæraluminium fordelt på land/områder (2014). Kilde: (USGS, 2016)

Norge har store utslipp fra produksjon av ikke-jernholdige metaller, også i absolutte tall, og kun tre land i sammenligningen har større utslipp enn Norge innenfor denne kategorien: USA, Russland, og Canada. Kina har ikke rapportert tilstrekkelig detaljerte tall, men har antagelig utslipp i denne kategorien som tilsvarer resten av verden til sammen.

Utslipp fra produksjon av ikke-jernholdige metaller



Figur 4: Utslipp fra produksjon av ikke-jernholdige metaller, fra de 8 landene i sammenligningen med størst utslipp fra sektoren. Kina er ikke med i sammenligningen grunnet manglende detaljerte data, men antas å ha betydelig større utslipp innenfor denne kategorien enn både USA, Russland, Canada og EU. Utslippstall for 2014. IPCC-kategori: 1A2b, 2c2, 2c3, 2c4, 2c5 og 2c6.

2.3 Endringer i utslippene fra industrien

Siden 1990 har de globale industriutslippene økt med om lag 60 prosent (WRI/CAIT, 2014). Økningen skyldes hovedsakelig økt produksjon i Kina og andre fremvoksende økonomier. Eventuelle energieffektiviseringstiltak og redusert utslippsintensitet i enkelt sektorer og land, som i Norge og EU, har blitt spist opp av den økte produksjonen globalt.

I EU har utslippene fra industrien blitt redusert med om lag 45 prosent fra 1990 til 2014⁴. En kombinasjon av faktorer kan forklare reduksjonene i EU, blant annet økt energieffektivitet i jern- og stålindustrien, og lavere karbonintensitet i industrien generelt. Samtidig skyldes også reduksjonen strukturelle endringer i økonomien, og den økonomisk nedgangen etter finanskrisen i 2008 (EEA, 2016).

I Norge har utslippene fra industrien blitt redusert med nesten 40 prosent fra 1990 til 2014. Reduksjonene skyldes hovedsakelig reduksjon av andre klimagasser enn CO₂, effektivisering, og prosessoptimalisering samt enkelte nedleggelser. I sum har den norske industriproduksjonen økt i denne perioden.

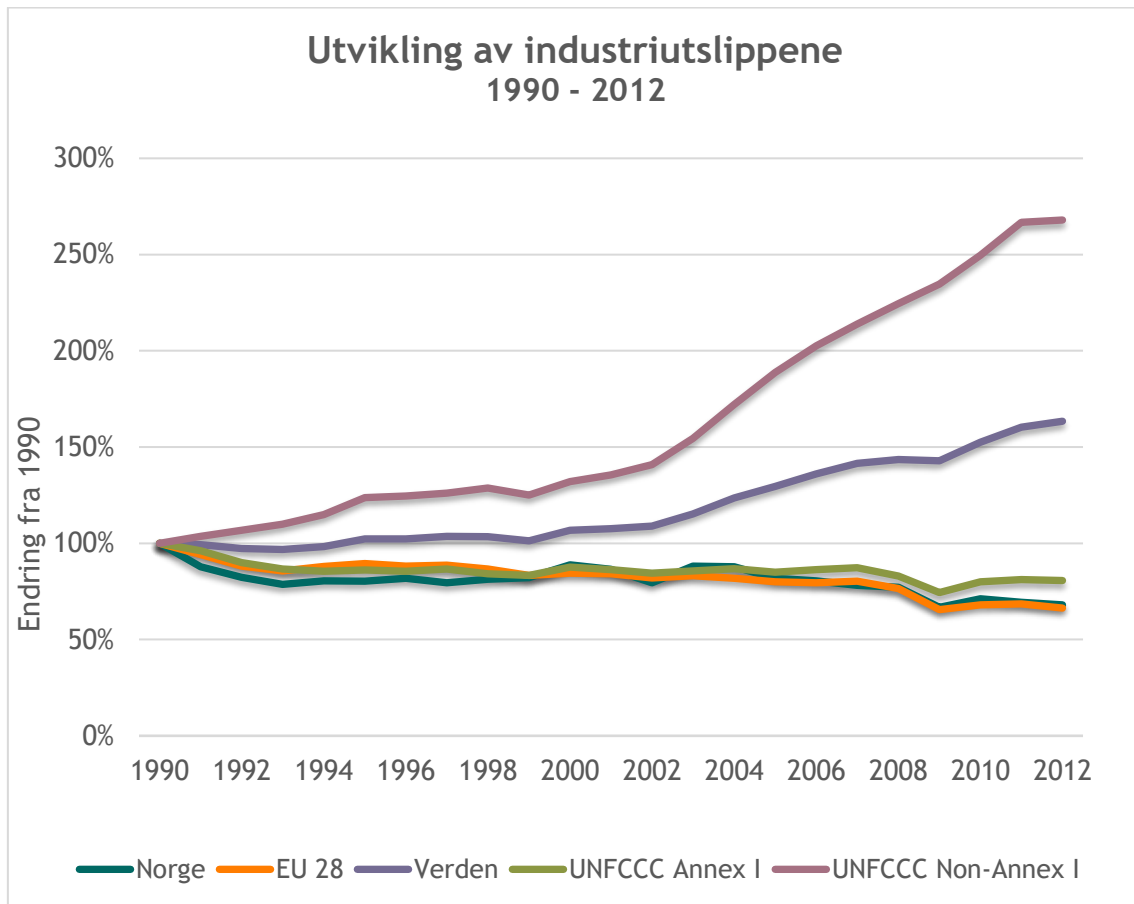
Reduksjonene av utslipp i Norge skiller seg fra EU ved at brorparten av reduksjonene i EU stammer fra reduksjon av CO₂, og ikke av andre klimagasser. I Norge har man kun hatt relativt små reduksjoner i CO₂-utslippene, men store reduksjoner av blant annet PFK-utslipp fra aluminiumsindustrien og lystgassutslipp fra mineralgjødselproduksjon.

Norge har redusert utslippene fra industrien med nesten 40 prosent fra 1990 til 2014, mot 45 prosent samlet i Europa. Reduksjonene i Europa skyldes i stor grad reduksjon av CO₂, mens reduksjonen i Norge hovedsakelig skyldes reduksjon av andre klimagasser.

Reduksjon av industriutslippene er noe vi ser i de alle fleste industrielle land, som vist i figur 6. Industriutslippene i land som ofte defineres som utviklingsland (ikke- anneks 1), herunder blant annet Kina, ser man på den andre siden en sterk vekst. Av de 44 landene som er definert som industriland (anneks 1) i FNs klimakonvensjon er det under 10 land som har hatt økning i industriutslippene fra perioden fra 1990 til i dag⁵ (WRI/CAIT, 2014).

⁴ Industri i denne sammenheng omfatter IPCC- kategoriene 1a2 og 2 minus 2F, 2G, og 2D, som beskrevet i kapittel 8.2. EU benytter en industridefinisjon som gir industrireduksjon på 37 prosent.

⁵ Grunnet manglende detaljert data for ikke- anneks 1 land er industri her summen av IPCC- kategori 1a2 og 2.



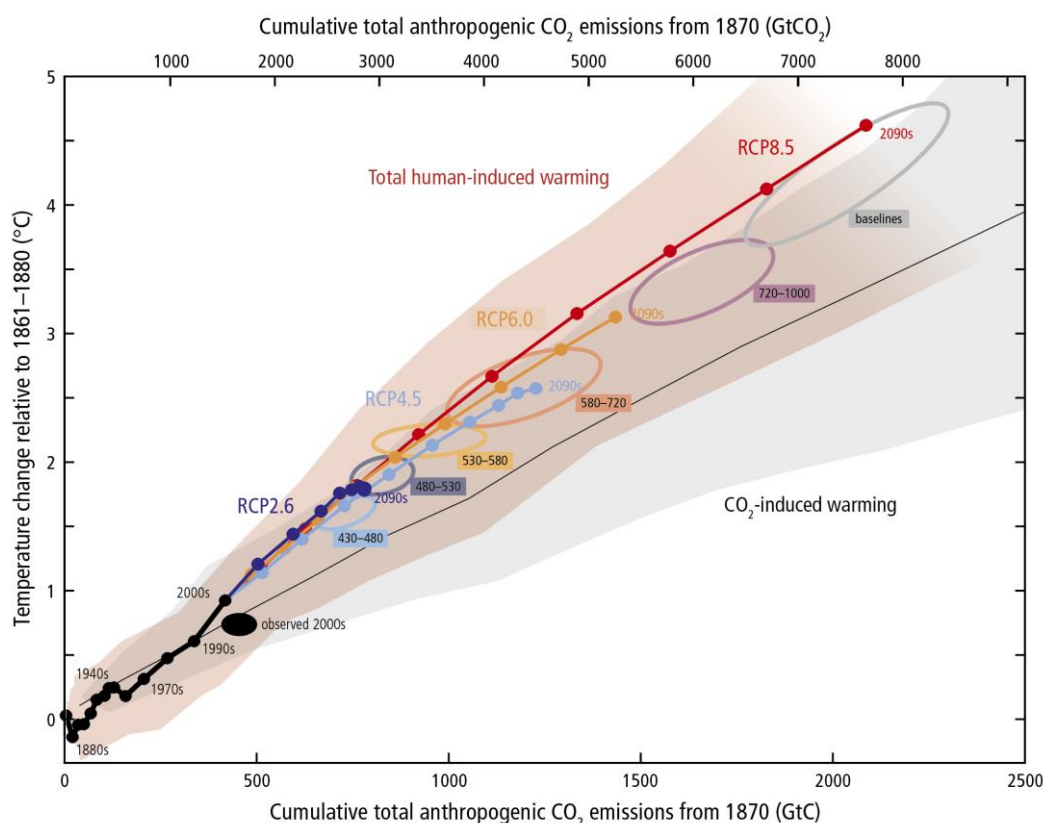
Figur 6: Utvikling i indusstriutslippene siden 1990. Omfatter IPCC kategori 1.A.2 og 2.

3. Utslipp fra industrien i tråd med klimamålene

3.1 Karbonbudsjettet

Fordi sammensetningen av gasser i atmosfæren påvirker strålingsbalansen mellom jorda og verdensrommet, påvirker vedvarende endringer i konsentrasjonene av klimagasser temperaturen på jorda. CO₂ som frigjøres fra den langsomme karbonsyklusen som følge av kull- og petroleumsvirksomhet eller sementproduksjon, og CO₂ som frigjøres som følge av avskoging, gjør at konsentrasjonen av CO₂ i atmosfæren blir vedvarende høyere. Det er derfor en sterk, konsistent, nesten lineær sammenheng mellom det totale akkumulerte netto utslippet av CO₂ og global oppvarming på lang sikt. Dette er illustrert i figuren under.

Kortlevde klimadrivere kommer på toppen av dette, men det akkumulerte utslippet av disse har ikke så stor betydning.



Figur 7. " Økning i global gjennomsnittlig overflatetemperatur idet globale CO₂-utslipp når en gitt verdi for netto kumulativ total, tegnet inn som en funksjon av totalen, fra flere bevis og tilnærminger. Den rosa-fargede fanen viser spredningen i verdier av tidligere og framtidige temperaturer beregnet med et hierarki av klima-karbonsyklusmodeller drevet av historiske utslipp og utslippene i de fire utviklingsbanene fram til 2100. Fargen blekner i takt med et synkende antall tilgjengelige modeller. Ellipser viser menneskeskapt oppvarming i 2100 ved ulike samlede CO₂-utslipp fra 1870 til 2100, ifølge en enkel klimamodell (median klimarespons) iht. scenariokategoriene benyttet i WGIII. Ellipsenes utstrekning med hensyn til temperatur skyldes virkningen på de

ulike scenarioene fra andre klimadrivere enn CO₂. Den fylte svarte ellipsen viser observerte utslipp fram til 2005 og observerte temperaturer i tiåret 2000-2009 med tilhørende usikkerheter. {Boks 2.2, Figur 1, Figur 2.3}''' (IPCC, 2014)

På bakgrunn av det kan man noe forenklet si at det finnes en bestemt mengde CO₂ vi kan slippe ut dersom vi skal begrense oppvarmingen til et bestemt nivå med en bestemt sikkerhetsmargin. Slike karbonbudsjett ble presentert i IPCCs femte hovedrapport (IPCC, 2014).

Landene i FNs klimakonvensjon har tidligere blitt enige om å begrense den globale oppvarmingen til to grader sammenlignet med før-industriell tid (togradersmålet). På den 21. klimakonferansen i FN-regi i Paris i desember 2015 ble landene videre enige om å begrense den globale oppvarmingen til godt under 2 grader og å arbeide for å begrense temperaturstigningen til 1,5 grader sammenlignet med førindustriell tid. Hva godt under 2 grader vil si ble ikke nærmere definert. For å nå det langsiktige temperaturmålet tar landene sikte på at de globale klimagassutslippene skal nå toppunktet snarest mulig, og raske reduksjoner deretter, for å oppnå en balanse mellom menneskeskapte utslipp og opptak av klimagasser i andre halvdel av århundret (netto null utslipp).

Tabell 1 viser hvor mye det er igjen av karbonbudsjettet fra og med 2011 for å begrense oppvarmingen til 1,5 °C, 2 °C og 3 °C med 33 prosent, 50 prosent og 66 prosent sannsynlighet.

Sammenheng mellom kumulative CO ₂ -utslipp fra og med 2011 og sannsynligheten for å nå en bestemt oppvarming								
< 1,5 °C			< 2 °C			< 3 °C		
66 %	50 %	33 %	66 %	50 %	33 %	66 %	50 %	33 %
400	550	850	1000	1300	1500	2400	2800	3250

Tabell 1. Sammenheng mellom kumulative utslipp av CO₂ i milliarder tonn fra og med 2011 og sannsynligheten for å nå en bestemt oppvarming. Hentet fra {WGI 12.5.4, WGIII 6} (IPCC, 2014)

IPCC har lagt til grunn at utslippsbanene som med mer enn 66 prosent sannsynlighet er under 2 grader i 2100 er i tråd med togradersmålet. Disse utslippsbanene tilsier at det resterende netto CO₂-utslippet fra 2011 må begrenses til omtrent 1000 milliarder tonn. Det årlige CO₂-utslippet i dag ligger på ca. 40 milliarder tonn slik at det resterende karbonbudsjettet i dag er på ca. 800 milliarder tonn CO₂.

Dersom man skal begrense oppvarmingen til 1,5 grader med en tilsvarende sannsynlighet har vi svært få år igjen med dagens utslippsnivå. Det finnes imidlertid flere mulige tolkninger av dette målet, og hvordan det skal forstås er noe som må avklares politisk. Det kan påpekes at det er mulig å operere med ett karbonbudsjett og to temperaturmål samtidig. Scenarier som har 80 prosent sannsynlighet for å begrense oppvarmingen til 2 grader har for eksempel også 50 prosent sannsynlighet for å begrense oppvarmingen til 1,5 grader i 2100 (Rogelj, 2016).

I de fleste scenarioene med lave utslippsbaner frem mot 2100 ligger det inne at utslippene først overskrider karbonbudsjettet, og at dette senere kompenseres gjennom tilsvarende

negative utslipp. Negative utslipp vil si at opptaket av CO₂ er større enn utslippene på global skala. Teknologier med negative utslipp som ligger inne i scenarioene er hovedsakelig CO₂-fangst og lagring av bioenergi (bio-CCS) og planting av skog på nye arealer.

Det er stor usikkerhet knyttet til hvor mye en overskridelse av karbonbudsjettet vil påvirke den globale oppvarmingen. Det er blant annet usikkert hvordan klimasystemet responderer på oppvarmingen som følge av utslippene. Tilbakekoblingsmekanismer (feedbacks) er prosesser i klimasystemet som utløses ved global oppvarming og som bidrar til ytterligere oppvarming, for eksempel tining av permafrost og isen på Nordpolen. Slike tilbakekoblingsmekanismer kan utløse vippepunkt som vil gjøre det svært vanskelig å begrense hastigheten på temperaturstigningen som nå pågår.

Dersom utslippene overgår karbonbudsjettet, men senere blir kompensert for med negative utslipp, vil også temperaturen midlertidig overstige det endelige temperaturmålet. En slik "overshoot" kan være risikabel fordi det er usikkert hvor enkelt det er å få temperaturen til å synke etter å ha nådd en topp på grunn av tilbakekoblingsmekanismene som er beskrevet over. Det er også en risiko for at det kan bli fysisk umulig å nå klimamålene dersom man baserer seg på at slike karbonnegative teknologier vil være tilgjengelig i framtiden, og utsetter å gjennomføre klimatiltak, for så å oppdage at de ikke lar seg gjennomføre i tilstrekkelig skala.

Det er en sterk, konsistent, nesten lineær sammenheng mellom det totale akkumulerte utslippet av CO₂ og global oppvarming på lang sikt. Vi har derfor en ganske begrenset mengde CO₂ igjen som vi kan slippe ut dersom vi skal stanse den globale oppvarmingen.

3.2 Resultater fra IPCCs scenariodatabase

3.2.1 Scenarier som når togradersmålet

IPCC-rapporten ble skrevet før Parisavtalen og tok utgangspunkt i det tidligere togradersmålet om at den global oppvarmingen ikke skal overskride to grader. IPCC har studert over 900 scenarier fra 30 integrerte modeller (IAM) for å vurdere hvordan dette målet kan nås, og 76 scenarier fra fem av modellene klarer togradersmålet med sannsynlighetsovervekt.

Baselinescenarioene er de utslippsbanene som ikke innfører utslippsreducerende tiltak frem mot 2100. I disse er de akkumulerte utslippene fra 2010 700 GtCO₂ innen 2030, over 1 500 GtCO₂ innen 2050 og godt over 4 000 GtCO₂ innen 2100.

I de fleste baselinescenarioene er det forventet en kraftig vekst i de direkte utslippene fra kraftproduksjon, fra 14,4 milliarder tonn i 2010 til 24 - 33 milliarder tonn i 2050. Nær sagt alle modellstudiene som klarer togradersmålet viser at en fullstendig dekarbonisering av kraftproduksjonen er kritisk for å nå togradersmålet, men det er ikke enighet om hvilke teknologier som vil lede til dette resultatet. Litteraturen viser til et bredt utvalg av mulige kombinasjoner av forskjellige fornybare kilder, kjernekraft og CCS som gjennomførbare. Hvilke løsninger som blir valgt i framtiden kan derfor like gjerne bli avgjort av andre forhold enn kostnadsoptimalisering, som nasjonal sikkerhet, luftkvalitet eller energisikkerhet. Unntaket fra denne fleksibiliteten er bruk av CCS på energiproduksjon som benytter biomasse (bio-CCS), som er av fundamental viktighet for å nå klimamålene i de fleste scenarioene. Kraftproduksjonen er som helhet karbonnegativ innen 2050 i mange scenarier som klarer togradersmålet.

I de fleste baselinescenarioene er det forventet en kraftig vekst i direkte og indirekte⁶ industriutslipp, fra 13 milliarder tonn i 2010 til 20 - 24 milliarder tonn i 2050. I de fleste studiene som klarer togradersmålet er utslippene fra industrien veldig lave i 2050, og utslippsreduksjonene skjer ved hjelp av effektivisering, utfasing av fossile energibærere der det er mulig, ny prosessteknologi og CCS. Et veldig lite antall scenarier klarer å fjerne utslippene fra industriktoren uten noe bruk av CCS. Så vidt Miljødirektoratet forstår er det i disse lagt inn forutsetninger om overgang til biomasse og elektrisitet på en måte de andre modellene ikke tillater. En av modellene tillater for eksempel at industrien produserer store mengder bioplast for permanent lagring til en svært høy kostnad, slik at dette blir en kilde til negative utslipp når CCS ikke er tilgjengelig.

Modellene viser at kostnaden ved, og muligheten for, å nå klimamålene er tungt avhengig av tilgangen til, kostnaden ved og effekten av ny klimateknologi, og denne avhengigheten blir sterkere jo mer ambisiøst målet som skal nås er. De fleste av modellene klarer ikke å produsere scenarier som når togradersmålet dersom man begrenser tilgangen på ny klimateknologi. I litteraturen er det særlig karbonfangst og lagring (CCS) og spesielt CCS i kombinasjon med biomasse (bio-CCS), som avgjør om man kan nå målene eller ikke og til hvilken kostnad. De fleste av scenarioene som klarer togradersmålet tar i bruk bio-CCS og/eller skogplanting i en enorm skala i andre halvdel av dette århundret for å fjerne CO₂ fra atmosfæren. I enkelte scenarier vil dette medføre et behov for dedikert areal for produksjon

⁶ Fra el-produksjon som dekker industriens behov

av biomasse til bio-CCS tilsvarende landarealet til Australia mot slutten av dette århundret (IEA, 2016).

Modellene viser at kostnaden ved, og muligheten for, å nå klimamålene er tungt avhengig av tilgangen til, kostnaden ved og effekten av ny climateknologi, og denne avhengigheten blir sterkere jo mer ambisiøst målet er.

3.2.2 Klimamålene fra Paris: Godt under to grader og strekke seg mot halvannen grad

Det er generelt lite litteratur på halvannengrads målet. De få scenarioene IPCC har vurdert er karakterisert av "umiddelbar gjennomføring av klimatiltak; hurtig oppskalering av hele porteføljen av lavutslippsteknologier; og utvikling langs utviklingsbaner med lavt energiforbruk".

Studiene som eksisterer hvor halvannengrads målet nås med minst 50 prosent sannsynlighet har alle en utslippstopp innen 2020, og omfattende utslippsreduksjoner er nødvendig i perioden 2015 - 2025. Utslippene når null 10 - 20 år tidligere enn i scenarier som når tograders målet med 66 prosent sannsynlighet, for så å bli sterkt negative i de påfølgende årene. Kraftsektoren dekarboniseres allerede i løpet av de neste tjue årene, og utviklingsbanene er preget av kraftig effektivisering i sektorer som det er vanskelig å fjerne utslippene fra (Rogelj, 2016).

3.2.3 Noen vesentlige forutsetninger i modellene som må forstås for å kunne tolke scenariene

Hvilke grunnleggende forutsetninger ligger til grunn for samfunnsutviklingen?

De fleste scenarioene bruker FNs sentralestimat for befolkningsvekst framover, og legger til grunn kraftig og ofte eksponentiell velstandsvekst. De fleste modellene gjør dette eksogent som en gradvis forbedring av arbeidsproduktiviteten over tid, selv om de teknologiske innovasjonsprosessene som gir denne typen forbedringer bare er delvis forstått.

Energiintensiteten i verdensøkonomien kan endres gjennom effektivisering og strukturelle endringer, og driverne er til en viss grad energipriser men i større grad teknologiutvikling og endrede preferanser som følge av økt velstand. De fleste modellene kan bare beskrive disse prosessene på en forenklet aggregert måte, men noen har lagt inn enkelte sektorspesifikke antagelser. I de fleste baselinescenarioene endres ikke karbonintensiteten vesentlig over tid.

Endringer i disse forutsetningene, som at veksten i verdensøkonomien eller befolkningsveksten blir vesentlig annerledes, vil få ganske store utslag.

Hvilke teknologier er tilgjengelige i modellene?

Gitt at tilgangen på ny teknologi er så viktig i lavutslippsscenarioene, kan det være verd å reflektere litt over hvordan denne teknologiutviklingen er representert i modellene. Man kan bare beskrive det man kjenner til. Hvert enkelt modelleringsteam legger inn de teknologiene de selv mener er tilstrekkelig utviklet og tilstrekkelig dokumentert i litteraturen basert på en skjønnsmessig vurdering.

I enkelte scenarier tillates det langt mer innovativ teknologi enn i andre. I IEAs togradersscenario 2DS er for eksempel inerte anoder lagt inn som kommersielt tilgjengelig for aluminiumsindustrien fra 2030, selv om ingen foreløpig har klart å utvikle slik teknologi. IEAs modelleringsteam har allikevel vurdert at teknologien er så nærme kommersialisering at den kan brukes i modellen (IEA, 2016).

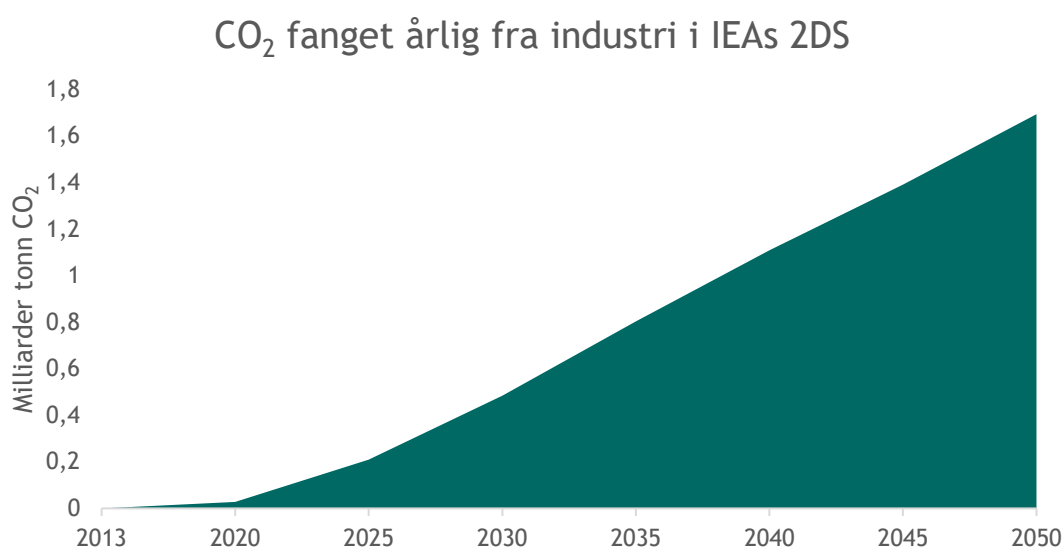
Generelt er ikke teknologigjennombrudd noe modellene tar høyde for. Denne typen sprang er svært uforutsigbare, og det tar også svært lang tid fra en teknologi først beskrives til den er klar for kommersiell bruk. Det som er ny teknologi i modellene er altså ny teknologi som er under utvikling og relativt nærme kommersialisering. At helt grunnleggende ny teknologi vil bli utviklet i tiårene framover er sannsynlig, men er altså ikke en del av scenarioene. Modellene som ser svært langt fram i tid kan derfor generelt sies å være konservative på vegne av tilgjengeligheten av helt ny teknologi.

Hvilke forutsetninger er gjort for at teknologier skal tas i bruk i stor skala?

Når det er gjort et utvalg av teknologier må modelleringsteamet anta at det som må til for å utløse en bestemt teknologiutvikling faktisk skjer. Normalt vil man ikke legge så veldig mye mer i dette, men det er egentlig en veldig vesentlig forutsetning. Den langsiktige utviklingen kan lett bli sterkt påvirket av valg som gjøres på kort sikt.

IEA har brukt litt mer tid enn mange andre på å utdype hva denne typen forutsetninger betyr. Utviklingen av CCS i industrien i 2DS kan tjene som eksempel:

"CCS will need to be introduced in industry as soon as 2020 and rapidly scaled up to capture 209 MtCO₂ by 2025." (IEA, 2016) *"Governments and industry must ensure that the incentive and regulatory frameworks are in place to deliver upwards of 30 operating CCS projects by 2020 across a range of processes and industrial sectors"* (IEA, 2013).

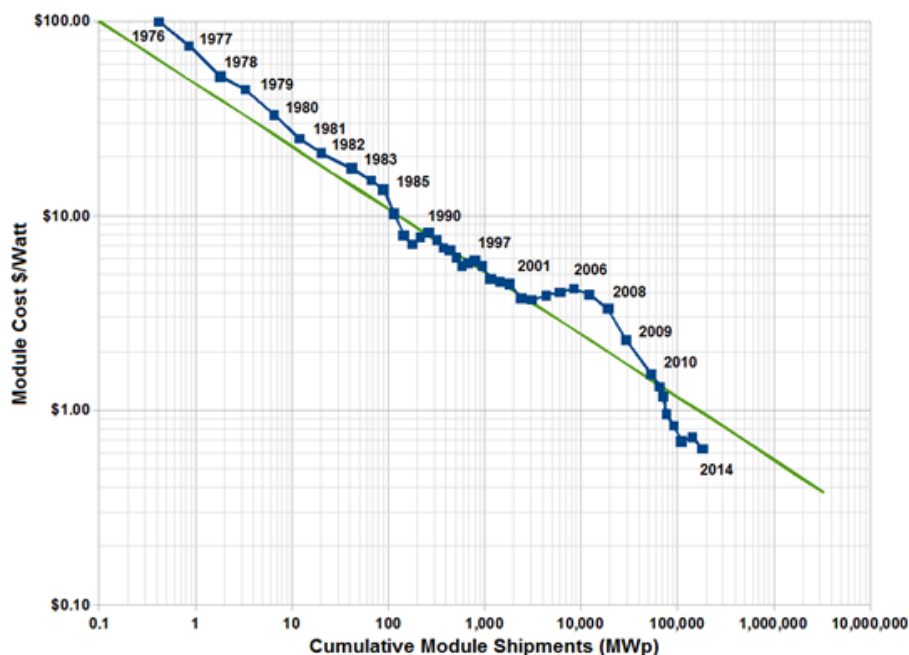


Figur 8: Mengden CO₂ som fanges fra industrikilder i IEAs togradersscenario 2DS (IEA, 2016)

Modellene antar generelt at aktørene har perfekt framsyn, og at framtidig klimapolicy er fullt ut forstått og internalisert i alle beslutningsprosesser. I den virkelige verden er det dessverre ikke slik, og IEA har justert ned spredningen av CCS i sine scenarier fordi denne utviklingen, som er forutsatt for en vid implementering senere, foreløpig ikke har skjedd, og fordi kostnadene knyttet til fornybar energi har falt raskere enn det som lå til grunn i tidligere modellkjøringer (IEA, 2016).

Hvordan anslår man kostnadene?

Å anslå kostnader knyttet til ny teknologi som inerte anoder er veldig vanskelig, men det er heller ikke helt rett fram å estimere kostnadsutviklingen på modne teknologier over tid. Grafen under viser kostnadsutviklingen på solceller som funksjon av den akkumulerte produksjonsmengden. Denne viser at lærings- og skalaeffekter reduserer kostnadene med ca. 21 prosent for hver dobling av mengden produserte solceller. Akkurat denne utviklingen har blitt kalt Swanson's Law, som en parallell til den mer kjente Moore's Law om utviklingen av transistorer.



Figur 9. Swanson's Law: for hver dobling av mengden produserte PV-solceller faller prisen med ca. 21 prosent (Wikipedia, 2014)

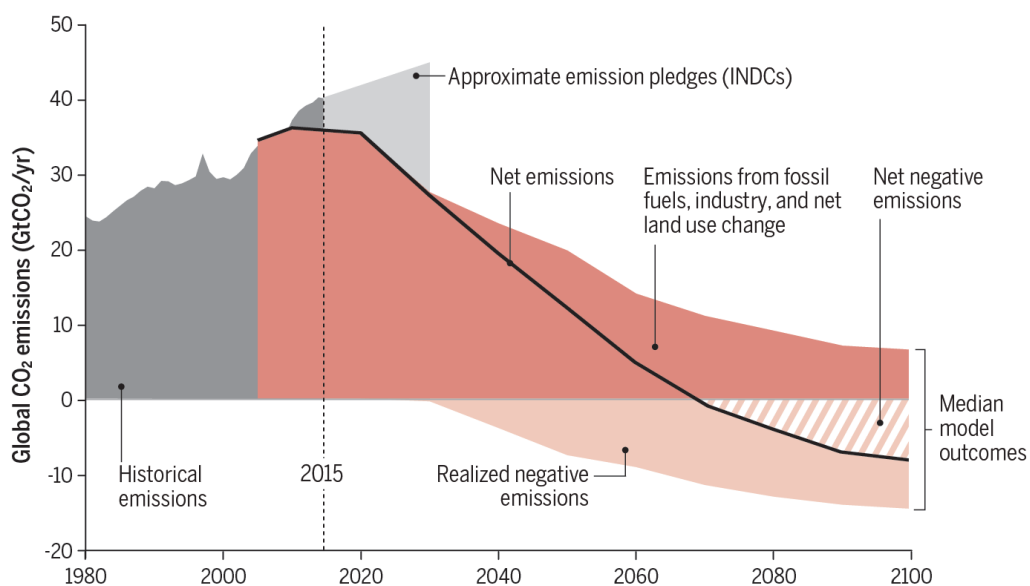
Slike læringskurver kan observeres for alle teknologier i forskjellig grad, og i modellene må man forsøke å legge inn noen slike antagelser om kostnadsutvikling. Det må allikevel påpekes at å forutsi slike kostnadsutviklingsbaner mange tiår fram i tid er beheftet med vesentlig usikkerhet.

Modeller har ofte undervurdert kostnadsreduksjonene som drives fram av skala- og læringseffekter, men i noen tilfeller kan også slike kurver stanse opp av andre årsaker. Et eksempel på dette er vindkraft på land, hvor kostnadsreduksjoner i noen markeder blir motvirket av at de gunstigste lokasjonene for vindkraft blir bygget ut først, slik at nye vindparker har vanskeligere forhold (IEA, 2016).

Hvilke begrensninger finnes det for at en teknologi skal tas i bruk i svært stor skala?

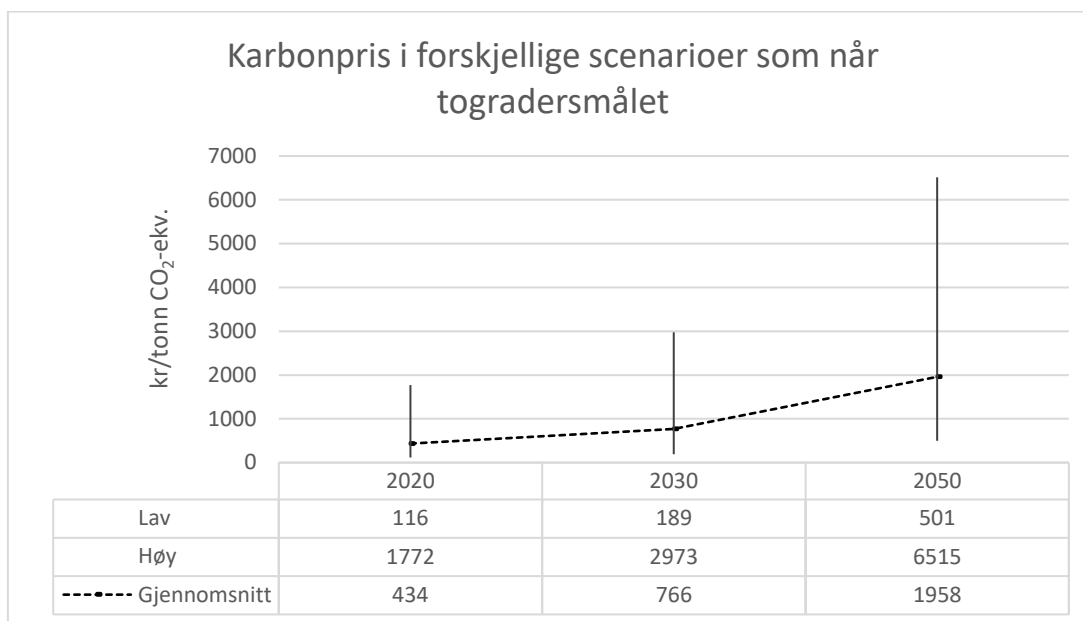
Enkelte teknologier tas i bruk i svært stor skala i modellene, og det blir da viktig å vurdere om det finnes naturlige begrensninger som setter et tak for omfanget av en gitt teknologi. Som eksempel vil vi i det videre diskutere hvilken rolle CCS på biomasse og skogplantning spiller i lavutslippsscenarioene.

Figur 10 under viser omfanget av negative utslipp som median av togradersscenariene IPCC har studert.



Figur 10. Medianen av utslippsbanene i scenarioene IPCC har studert som når togradersmålet med sannsynlighetsovervekt, historiske utslipp og estimer av utslipp fram mot 2030 basert på INDCene (Anderson & Peters, 2016)

De fleste integrerte modellene antar at en kostnad på 100-150 USD/tonn ($\approx$ 850-1 300 kr/tonn) er tilstrekkelig for å dekarbonisere kraftsektoren i stor grad ved hjelp av CCS, og at dette også vil være tilstrekkelig til å utløse bio-CCS i stor skala. Siden dette da representerer kostnaden ved å fjerne CO₂ fra atmosfæren, blir dette også marginalkostnaden ved å nå klimamålene i modellene som tillater ubegrenset eller nær ubegrenset bruk av bio-CCS, siden man mangler tilstrekkelige klimatiltak i mange sektorer. I scenarier som ikke tillater bruk av CCS, men allikevel klarer togradersmålet, stiger marginalkostnaden opp mot 6 500 kr/tonn i 2050, og totalkostnaden ved å nå klimamålene med opp til 300 prosent (IPCC, 2014).



Figur 11. Spredning i marginalkostnad i scenarier fra IPCC database som klarer togradersmålet (Grønn skattekommisjon, 2015)

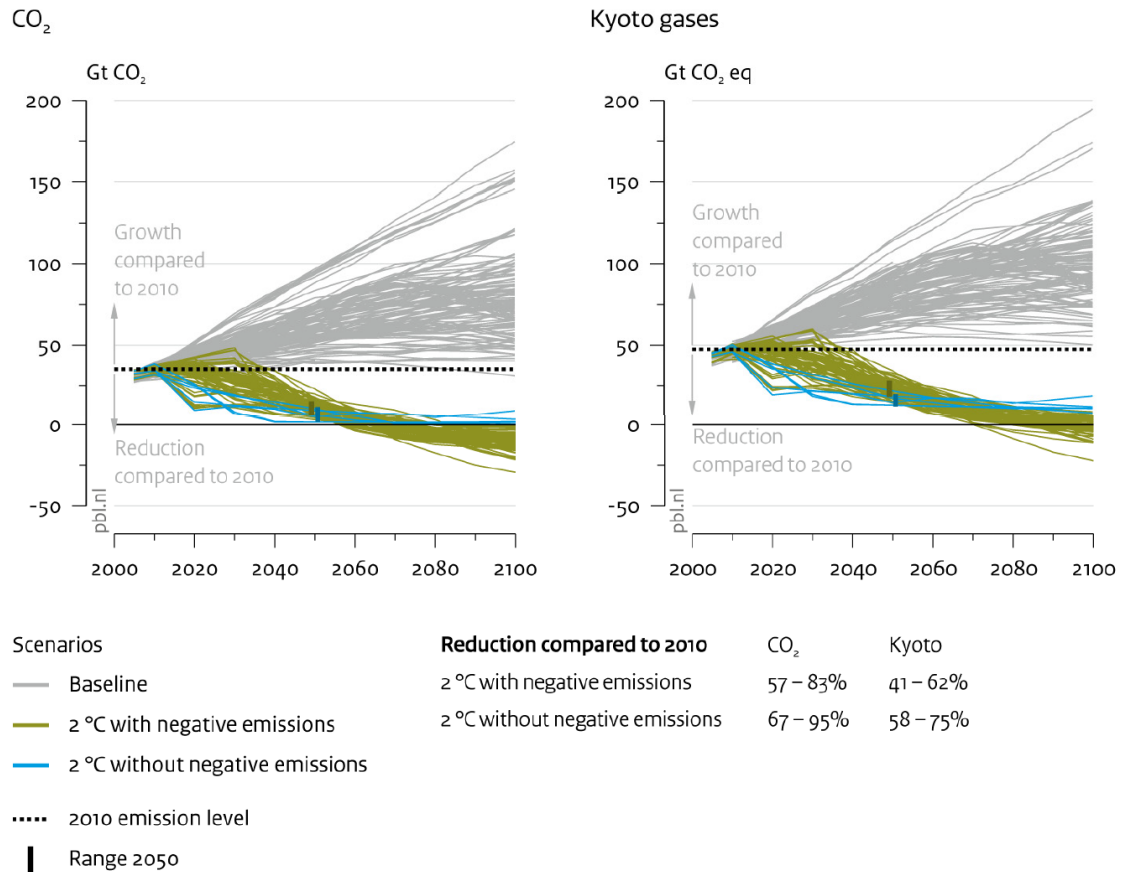
Om løsninger som bio-CCS faktisk kan spille en vesentlig rolle er imidlertid uklart, fordi effekter og risiko ved å ta dem i bruk i større skala er dårlig forstått i dag. Hvorvidt bio-CCS, økt skogareal, andre karbonfjerningsløsninger (CDR), eller teknologier som kan begrense solinnstrålingen (SRM) forutsettes å være tilgjengelig, og i hvilket omfang og til hvilken kostnad, får svært stor effekt.

I en studie er potensialet for skogplanting beregnet å kunne utgjøre negative utslipp på opptil 10 milliarder tonn i året under de mest optimistiske forutsetningene, men samtidig vises det til at kanskje 4 milliarder tonn er et mer realistisk tall. Mer pessimistiske studier tyder på at begrensningene knyttet til arealbruk tilsier at det reelle langsiktige potensialet er null (Van Vuuren, 2015). For bio-CCS er også tilgjengeligheten av biomasse kanskje det største usikkerhetsmomentet, men tilgjengeligheten av egnede lagringsmuligheter kan også vise seg å bli et problem. Estimatenes for tilgjengelig geologisk lagring varierer mellom 500 og 100 000 milliarder tonn CO₂, og lagringsmulighetene er ikke jevnt fordelt. Det er for eksempel lite kjent potensial for CO₂-lagring på det indiske subkontinentet i nærheten av de store punktkildene (Holloway & al, 2009), og slike lokale hensyn er i varierende grad ivarettatt i modellene. Behovet for geologisk lagring av CO₂ i togradersscenariene ligger på mellom 500 og 1 000 milliarder tonn fram mot 2100 (IPCC, 2014). CCS i en slik skala vil kreve en massiv infrastruktur.

I de scenarioene som ikke tillater netto negative utslipp en gang i framtiden men allikevel klarer togradersmålet reduseres de globale utslippene av CO₂ med 67 - 95 prosent i 2050 sammenlignet med 2010, avhengig av hvor raskt utslippene faller i den samme perioden (Van Vuuren, 2015). Gitt at utslippene har vokst fra 2010 til 2016, og at det framstår som lite sannsynlig at de blir kraftig redusert de nærmeste årene, kan man anta at vi nå bør sikte mot den mer ambisiøse enden av dette intervallet dersom vi ikke skal være avhengige av netto negative utslipp i framtiden. Det er ikke lenger mulig å redusere oppvarmingen til halvannen

grad med 66 prosent sannsynlighet ved hjelp av utslippsreduksjoner alene uten netto negative utslipp, siden dette karbonbudsjettet for alle praktiske formål er brukt opp.

Emission of greenhouse gases in baseline and 2 °C scenarios



Figur 12. Utslippsprofiler i forskjellige scenarier (Van Vuuren, 2015)

3.3 Nasjonale og regionale klimamål

3.3.1 Nasjonalt fastsatte bidrag levert inn til Parisavtalen

Parisavtalen forplikter landene til å utarbeide nasjonalt fastsatte bidrag (NDC) og oppdatere disse hvert femte år. Det ble nedfelt et prinsipp om at landenes innsats skal øke over tid og reflektere deres høyeste ambisjon.

Mer enn 200 land⁷ har tilsammen innrapportert over 160 slike bidrag til FN. Bidragene som er lagt fram dekker om lag 99 prosent av verdens utslipp. De er forskjellige i utforming, men mange representerer mål om faktiske utslippsreduksjoner i prosent opp mot et gitt år frem i tid. Andre representerer utslippsreduksjoner opp mot en forventet utslippsbane, eller har mål for utslippsintensitet.

FN har analysert klimaeffekten av de innsendte bidragene. Analysen viser at dersom de innmeldte klimamålene gjennomføres vil det bidra til at utslippene i 2030 blir litt lavere enn det som ble beregnet i baselinescenarioene. Utslippene i 2030 vil likevel bli 16 prosent høyere enn i 2010, og om lag 36 prosent høyere enn utslippsbaner som når togradersmålet.

Dersom de innmeldte klimamålene etterleves frem mot 2030 vil det føre til at om lag 26 prosent av karbonbudsjettet (260 Gt CO₂) som når togradersmålet gjenstår i 2030 fra 2011. Dette tilsvarer i underkant av 5 års forventede utslipp i 2030. Tar man utgangspunkt i et karbonbudsjett som holder oppvarmingen under maksimalt 1,5 grader med 50 prosent sannsynlighet, vil hele budsjettet brukes opp før 2030. (UNFCCC, 2016).

NDCene tilsier at landene må øke innsatsen og ambisjonene betydelig i årene fremover, også før 2030, om man skal nå de overordnende målene om å begrense den globale oppvarmingen. Selv om de innmeldte klimamålene ikke er tilstrekkelig for å nå en utslippsbane som er i tråd med togradersmålet, viser analyser at de likevel vil bidra til omstillingen som må til. Dette gjelder spesielt innenfor kraftsektoren, der klimamålene kan redusere karbonintensiteten fra 2010 til 2030 med omtrent 40 prosent samlet for USA, Kina, Brasil, Japan, India og EU (IDDRI, 2015).

Dersom de innmeldte klimamålene etterleves frem mot 2030 vil det føre til at om lag 26 prosent av karbonbudsjettet (260 Gt CO₂) for å nå togradersmålet gjenstår i 2030. Dette tilsvarer i underkant av 5 års forventede utslipp i 2030. Tar man utgangspunkt i et utslippsbudsjett for å nå målet om maksimalt 1,5 grader oppvarming med 50 prosent sannsynlighet, vil hele budsjettet brukes opp før 2030.

⁷ EU sendte inn et felles mål for sine 28 medlemsland til FN, men teller her som 28 land.

Sammendrag av nasjonalt fastsatte bidrag i utvalgte økonomier	
USA	Redusere klimagassutslippene med 26-28 prosent i 2025 i forhold til 2005, med ambisjoner om å nå en reduksjon på 28 prosent.
Japan	Redusere klimagassutslippene med 26 prosent i 2030 i forhold til 2013-utslippene.
EU	Redusere klimagassutslippene i unionen med minst 40 prosent i 2030 i forhold til 1990.
Kina	Nå utslippstoppen av CO ₂ rundt 2030, og ambisjoner om å nå toppen tidligere. Redusere utslippsintensiteten (CO ₂ /BNP) med 60-65 prosent fra 2005 i 2030. Øke andelen ikke-fossile brensler i primærenergiforbruket til om lag 20 prosent i 2030.
India	Redusere utslippsintensiteten til 33-35 prosent fra 2005 nivå i 2030. Oppnå om lag 40 prosent samlet installert kapasitet fra ikke-fossile kilder i elektrisitetsproduksjonen i 2030 ved hjelp av teknologioverføring og internasjonal finansiering.
Mexico	Redusere klimagassutslipp og kortlevde klimadrivere med 25 prosent i forhold til "business as usual" i 2030, eller opptil 40 prosent, avhengig av tilgang på gunstig finansiering og teknologioverføring.
Brasil	Redusere utslippene med 37 prosent i 2025 i forhold til 2005.
Tyskland	Tyskland er inkludert i EUs klimamål. Likevel har landet også et eget internt klimamål som en integrert del av landets strategi for energiomstilling mot 2050. Tysklands langsiktige mål er at landet hovedsakelig skal ha fornybar kraftproduksjon i 2050. Som en del av denne overordnede strategien har Tyskland et mål om å kutte sine klimagassutslipp med 40 prosent i 2020 i forhold til 1990, 55 prosent i 2030, og 80-95 prosent i 2050. I november 2016 vedtok Tyskland en plan for hvordan disse utslippsreduksjonene kan nås ⁸ . Planen tallfester klimamål for enkeltsektorer, og forslår strategiske beslutninger for hvordan disse kan nås (BMUB, 2016).

Tabell 2: Sammendrag av de fastsatte nasjonale bidragene i utvalgte økonomier frem mot 2025 og 2030. Tysklands nasjonale mål er inkludert i tabellen, selv om de er en del av EUs innmeldte mål. For oppfyllelsen av bidraget er det ikke en felles tilnærming til hvordan landene beregner utslipp og opptak av CO₂. Tilnærming til bruk av opptak i skog, og bruk av markedsmekanismer for oppfyllelsen av bidragene kan variere.

⁸ Climate Action Plan 2050

3.3.2 De innmeldte klimamålenes konsekvenser for industriutslippene

Utslippsreduksjonene mot 2030 er ikke forventet å fordele seg jevnt på alle sektorer. Analyser av de nasjonale bidragene, samt hva landene selv har lagt frem av dokumentasjon, viser at det er energisektoren som vil ta de største kuttene på kort sikt.

I de landene hvor det har vært mulig å innhente informasjon, og isolere hva bidragene betyr for industriutslippene, er det forventet ulik påvirkning på industriutslippene. I enkelte land eller områder vil utslippene kunne bli redusert, mens det i andre land forventes små endringer i utslippene. Det største kuttet forventes i Tyskland, der det nasjonale målet kan bidra til reduksjoner på om lag en femtedel av utslippene fra 2010 dersom de nasjonale ambisjonene realiseres. Dette målet er imidlertid ikke sendt inn til FN som nasjonalt bidrag.

De innmeldte klimamålene til de store utslippslandene vil etter Miljødirektoratet sin vurdering alene ikke være tilstrekkelig til å drive frem betydelige utslippsreduksjoner i industrien, og heller ikke utvikling av lavutslippsløsninger som CCS i nødvendig skala.

De innmeldte klimamålene viser at det er energisektoren som vil ta de største kuttene frem mot 2030. Industriutslippene vil trolig ikke bli betydelig redusert frem mot 2030 uten at klimamålene styrkes. De innmeldte klimamålene vil derfor alene ikke være tilstrekkelig til å drive frem utvikling og implementering av lavutslippsløsninger i industrien i nødvendig skala.

De innmeldte klimamålenes konsekvenser for industriutslippene	
USA	Det forventes at en stor del av de nødvendige reduksjonene frem mot 2025 vil skje i elektrisitetssektoren og gjennom allerede eksisterende virkemidler. Likevel vil ytterligere virkemidler trolig måtte iverksettes for å nå utslippsmålet i 2025 (C2ES, 2016).
Japan	Japan har lagt frem konkrete måltall for industrien om en reduksjon på 7 prosent i 2030 i forhold til 2019 (UNFCC, 2016). Dette tilsvarer om lag en reduksjon på 9 prosent fra 2010. Reduksjonene forventes som følge av en forsterkning av allerede eksisterende nasjonale tiltaksplaner for industrien (IDDRI, 2015).
EU	I EU som helhet, hvor industrien allerede har foretatt store utslippsreduksjoner fra 1990, er det forventet reduksjoner fra sektoren på om lag 10 prosent i 2030 i forhold til 2010 (IDDRI, 2015).
Kina	Det forventes at industrisektoren blir den sektoren i landet som når utslippstoppen først, selv om det er energisektoren som vil bidra mest til landets utslippsintensitetsmål for 2030. Stansen i utslippsveksten i den kinesiske industrien forventes som følge av omstrukturering og reduksjon av overkapasitet. Økt energieffektivitet, teknologiutvikling og en overgang fra kull til naturgass som energibærer vil likevel også måtte spille en viktig rolle (NCSC, 2016).
Tyskland	I Tysklands plan for hvordan det nasjonale utslippsmålet på 55 prosent reduksjon i 2030 fra 1990 skal nås, tallfestes en ambisjon på 49-51 prosent reduksjon av industriutslippene fra 1990 til 2030 (BMUB, 2016). Dette tilsvarer i overkant av 20 prosent reduksjon fra 2010 ¹⁰ . Tysklands mål er et nasjonalt mål, og ikke sendt inn til FN som nasjonalt bidrag i forbindelsen med Parisavtalen.

Tabell 3: De innmeldte klimamålenes konsekvenser for industriutslippene. Tysklands nasjonale mål er inkludert i tabellen, selv om Tyskland er en del av EUs innmeldte mål.

⁹ Kun energirelaterte CO₂- utslipp

¹⁰ Miljødirektoratet sin egen beregning, basert på en utslippstall for 2030 på 140-143 millioner tonn CO₂-ekvivalenter, og et utslippstall i 2010 på 188- 181 millioner ton CO₂ -ekvivalenter.

4. EUs langsiktige klimamål

4.1 EUs klimamål og veikart for å nå dem

EUs innmeldte klimamål går ut på å kutte utslippene i 2030 med minst 40 prosent i forhold 1990, og EU har også et langsiktig mål om å redusere utslippene med 80 - 95 prosent innen 2050 (EU, 2015).

For å nå disse målene har EU tatt i bruk flere virkemidler for å utløse klimatiltak, som det europeiske kvotesystemet (EU-ETS), fornybarmål, innovasjonsprogrammer, utslippskrav i transportsektoren og virkemidler som fører til energieffektivisering.

For å nå 2030-målet er det lagt opp til at de kvotepliktige utslippene reduseres med 43 prosent i 2030 sammenlignet med 2005, mens ikke-kvotepliktige utslipp reduseres med 30 prosent (European Council, 2014). Utslippsreduksjonene i klimakvotesystemet skjer ved at antallet kvoter gradvis reduseres, og for den ikke-kvotepliktige delen av økonomien skal alle medlemslandene få utdelt egne bindende nasjonale utslippsmål fram mot 2030.

Kommisjonen presenterte et veikart i 2011 for hvordan EU kan nå klimamålene på en kostnadseffektiv måte. Veikartet bygger på scenarioer som oppnår 80 prosent reduksjon i 2050.

I alle scenarioene som ligger til grunn for veikartet er det forventet en sterk vekst i forbruket av elektrisitet. Hvor stor økningen er varierer noe avhengig av hvor mye CCS som tas i bruk, og på hvilken måte energiforbruket i bygninger, transport og industri konverteres til elektrisitet. Allikevel forutsetter alle scenariene en nesten fullstendig dekarbonisering av kraftsektoren innen 2050. Teknologiene som gjør dette mulig er økt bruk av fornybar energi, kjernekraft og CCS, i kombinasjon med energieffektivisering.

Utslippene fra veitransport og stasjonær forbrenning blir også kraftig redusert og dette gjør at energimiksen i EU ser ganske annerledes ut fram mot 2050, med langt mindre behov for import av energivarer.

Produksjonen i industrien er forutsatt å vokse i framtiden, samtidig som utslippene går ned. Utslippsreduksjonene er dominert av effektivisering og overgang til elektrisitet og fornybare brensler fram til ca. 2035. Da legges det til grunn at CCS tas i bruk i omfattende skala. Gitt denne utviklingen antar veikartet en mulighet for reduksjon i utslippene i industrien i størrelsesorden 83 til 87 prosent i 2050 i forhold til 1990.

Av konsekvensutredningen går det frem at dette utfallet ikke er ansett som mulig i scenarier med fragmentert global klimainnsats. Dette skyldes at de økte kostnadene knyttet til CCS gjør at industrien ikke vil være konkurransedyktig hvis ikke den reelle karbonprisen de møter er mer eller mindre global. Mulighetene for utslippsreduksjoner i EUs industri i en slik verden vil bli redusert til ca. 50 prosent i 2050.

Utslippsreduksjoner som ligger til grunn for EUs veikart, fordelt på sektorer			
Reduksjoner sammenlignet med 1990	2005	2030	2050
Totalt	-7 %	-40 til -44 %	-79 til -82 %
Sektorer:			
Kraftproduksjon	-7 %	-54 til -68 %	-93 til -99 %
Industri	-20 %	-34 til -40 %	-83 til -87 %
Transport	30 %	20 til -9 %	-54 til -67 %
<i>Transport ex. skip og luftfart</i>	-12 %	-37 til -53 %	-88 til -91 %
Jordbruk (ikke CO₂)	-20 %	-36 til -37 %	-42 til -49 %
Annet ikke CO₂	-30 %	-72 til -73 %	-70 til -78 %
Reduksjoner sammenlignet med 2005		2030	2050
Kvotepliktige utslipp		-43 til -48 %	-88 til -92 %
Ikke- kvotepliktige utslipp		-24 til -36 %	-66 til -71 %

Tabell 4: Klimagassutslipp i EU i forskjellige scenarier som reduserer utslippene med ca. 80 % i 2050 sammenlignet med 1990. Scenario med fragmentert klimapolitikk som gir kraftig reduksjon i utslippskutt i industrisektoren er ikke tatt med. Satt sammen av data fra tabell 8 og 9 i (EC, 2011).

For å nå EUs mål om 80 prosent reduksjon i 2050 sammenlignet med 1990 er det lagt opp til utslippsreduksjoner i industrien helt opp mot 87 prosent, samtidig som kraftproduksjonen dekarboniseres nesten fullstendig. Utslippsreduksjonene i industrien domineres av energieffektivisering og overgang til elektrisitet og fornybare brensler fram til ca. 2035. Da legges det til grunn at CCS tas i bruk i omfattende skala.

4.2 Reduksjoner i klimakvotesystemet

Utslippene som er omfattet av EUs kvotesystem utgjør i overkant av 40 prosent av utslippene i EU, og stammer fra større virksomheter innenfor industri og kraftproduksjon.

Utslippsmengden disse kan slippe ut er bestemt på forhånd gjennom et kvotetak. Selskapene kan selge kvoter seg imellom. Det ligger til grunn for veikartet at de kvotepliktige utslippene skal reduseres med omtrent 90 prosent innen 2050 sammenlignet med 2005.

De årlige kvotepliktige utslippene er i dag i underkant av 1,8 milliarder tonn CO₂-ekvivalenter, og kvotetaket rommer i underkant av 2 milliarder kvoter. Den samlede mengden kvoter blir redusert med nesten 40 millioner kvoter hvert eneste år¹¹, og det Europeiske rådet har besluttet at reduksjonstakten skal øke fra og med 2021 til i underkant av 50 millioner kvoter årlig¹². Ettersom taket reduseres med et bestemt antall kvoter hvert år vil den prosentvise reduksjonen øke fra år til år.

Dersom den årlige reduksjonen av kvotetaket ikke økes ytterligere i framtiden vil de kvotepliktige utslippene bli redusert med 84 prosent innen 2050 sammenlignet med 2005. En måte å nå 90 prosent reduksjon i 2050 kan være å øke reduksjonstakten til ca. 55 millioner kvoter årlig fra og med 2031¹³. Dersom dette gjennomføres vil kvotetaket i 2050 være omtrent 250 millioner kvoter (Point Carbon, 2016).

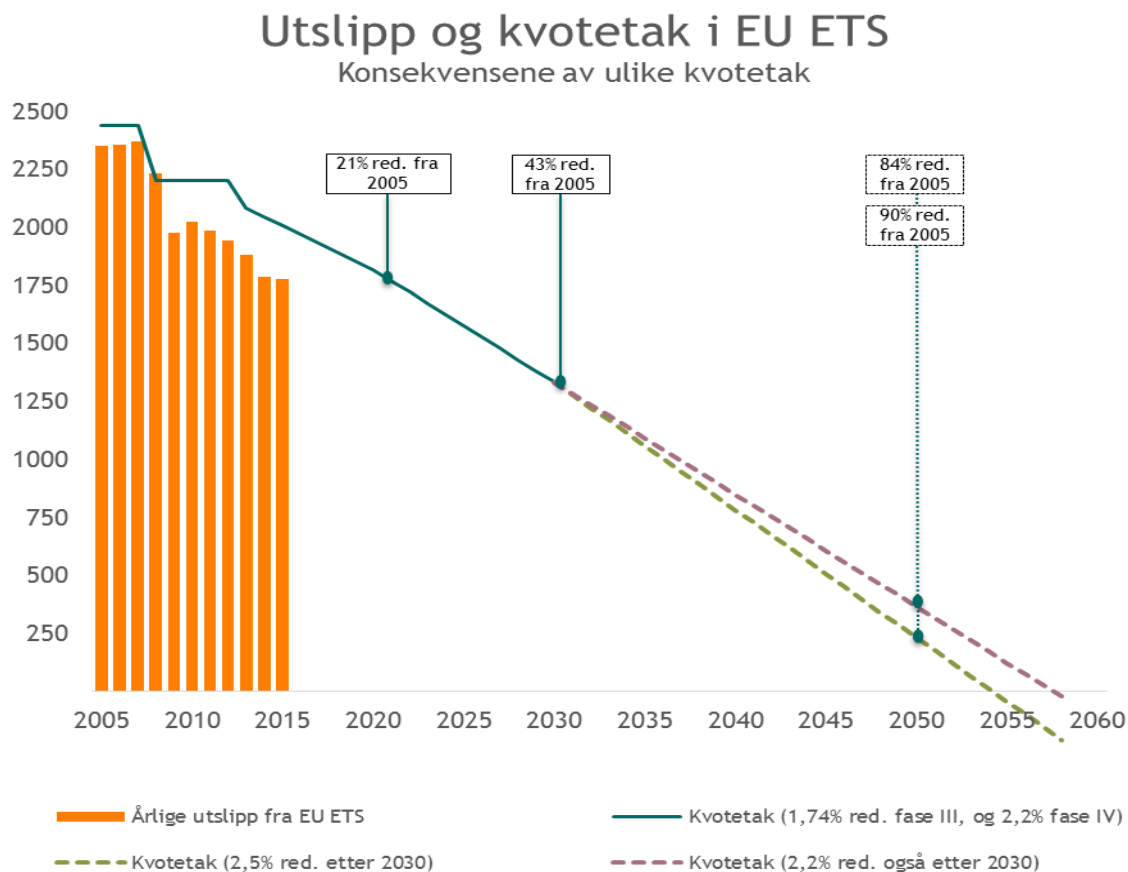
De kvotepliktige utslippene fra industrien er i dag på rundt 600 millioner tonn CO₂-ekvivalenter (EEA, 2016). Dette betyr at selv om kraftsektoren blir fullstendig dekarbonisert innen 2050 må industrien likevel kutte kraftig i sine utslipp. Gitt at brorparten av industriutslippene kommer fra prosessindustribransjene må også disse bransjene belage seg på større utslippsreduksjoner.

Selv om EUs ambisjon om utslippskutt kun strekker seg til 2050, vil det kunne bli nødvendig med ytterligere kutt etter 2050. Dette må sees i lys av utslippsbanene som er lagt frem av IPCC i tråd med togradersmålet og Parisavtalen. Dersom man ser for seg at kvotesystemet fortsetter også etter 2050, med lik eller raskere nedtrapping av kvotetaket, vil utslippsstaket nå eller gå under null før 2060 basert på dagens reduksjonstakt.

¹¹ Den årlige reduksjonsfaktoren tilsvarer 1,7 prosent av de kvotepliktige utslippene i 2010.

¹² Nedtrappingen er i dag på 1,74 prosent per år (tilsvarende om lag 38 millioner tonn). Vedtaket fra det Europeiske rådet tilsier at nedtrappingen skal økes til 2,2 prosent per år (tilsvarende om lag 48 millioner tonn) fra 2021.

¹³ Tilsvarende at nedtrappingen øker til 2,5 prosent



Figur 13: Figuren viser utslipp fra kvotesystemet fra 2005 til 2015 (søyler). Den sorte linjen viser vedtatt kvotetak frem mot 2030, med årlig reduksjonsfaktor på 1,74 prosent frem mot 2021, og en reduksjonsfaktor på 2,2 prosent fra 2021 til 2030. Fra 2030 (stiplet linje) er det indikerte et kvotetak som følger samme reduksjon som mellom 2021 og 2030, og et som følger en reduksjon som medfører utslippskutt tilsvarende 90 prosent i kvotepliktig sektor i 2050 fra 2005.

Et utslippstak for kvotepliktige utslipp som følger målsettingen satt i veikartet om 90 prosent reduksjon i 2050 sammenlignet med 2005 vil romme i underkant av 250 millioner kvoter i 2050. De kvotepliktige utslippene fra industrien er i dag omtrent 600 millioner tonn CO₂-ekvivalenter. Dette betyr at selv om kraftsektoren blir fullstendig dekarbonisert innen 2050 må industrien kutte kraftig i sine utslipp.

5. Hvordan utløse klimatiltak i industrien

5.1 Behovet for ny climateknologi i industrien

For å kunne nå klimamålene må det gjennomføres klimatiltak på kort sikt, men det er vel så viktig å muliggjøre gjennomføringen av dype utslippskutt på lenger sikt. For at dette skal skje må det legges betydelig innsats i å utvikle teknologier og institusjoner som muliggjør fremtidige utslippsreduksjoner i stor skala. Investeringer i forskning og utvikling for å redusere kostnadene ved lavutslippsteknologier, kombinert med tidlig utrulling for å forbedre ytelsen gjennom læringseffekter, er derfor blant det viktigste som kan gjøres på kort sikt (IPCC, 2014).

For industrien er effektivisering både i produksjon og bruk, utfasing av fossile brensler til energiformål, og vid implementering av beste tilgjengelig teknologi globalt viktig for å redusere utslippene på kort sikt, mens CCS og nye prosessteknologier vil være avgjørende for å komme ned på utslippsnivåene som er nødvendig på lengre sikt.

I nær sagt alle scenarioene som når togradersmålet er det CCS-teknologier som tas i bruk for å redusere utslippene i industrien mot null i andre halvdel av dette århundret. Implikasjonen av å strekke seg mot halvannen grad vil være at CCS må fases mye raskere inn enn i togradersscenarioene.

Miljødirektoratet gjorde en gjennomgang av mulige klimatiltak i industrien fram mot 2050 i rapporten «Kunnskapsgrunnlag for lavutslippsutvikling» fra 2014, og kjente teknologialternativer i forskjellige stadier av utvikling er beskrevet i den rapporten.

Generelt finnes det forskjellige veier industrien kan gå for å redusere utslippene sine betydelig:

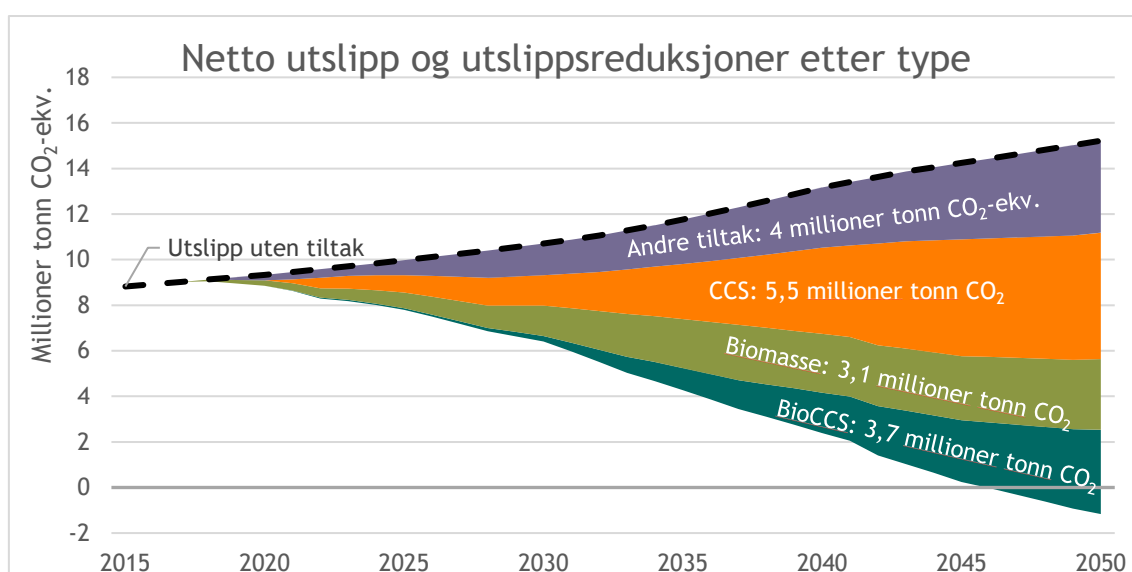
- Den eksisterende prosessteknologien kan tilpasses bruk av fornybare innsatsstoffer.
- Det kan utvikles ny prosessteknologi som ikke fører til utslipp av klimagasser.
- CCS-teknologi kan ettermonteres på dagens industri.
- Den eksisterende prosessteknologien kan designes på nytt slik at CCS blir integrert i anlegget.
- Det kan utvikles ny prosessteknologi hvor CCS er designet inn fra starten.
- Det kan utvikles nye produkter som kan produseres med lave eller ingen klimagassutslipp som erstatter produktene vi konsumerer i dag, slik at den eksisterende industrien kan avvikles.

I 2016 kom norsk prosessindustri selv ut med et veikart for klimagassreduksjoner fram mot 2050 (Norsk Industri, 2016). Prosessindustrien som er dekket av veikartet står for om lag $\frac{3}{4}$ av de totale utslippene fra industrien i Norge.

I veikartet er det gjort en vurdering av hvilke muligheter prosessindustrien har for å kutte klimagassutslippene sine kraftig, og så er det gjort et utvalg av disse som er satt sammen til

et hovedscenario mot 2050. Dersom dette slår til vil prosessindustrien nær doble produksjonen samtidig som utslippene blir netto negative mot slutten av 2040-tallet. Grunnstammen av tiltakene er til dels svært innovative nye prosessteknologier som i ulik grad kombineres med bruk av fornybar energi, fornybare innsatsstoffer og karbonfangst og lagring. Teknologiene er på veldig ulike modningsnivå, men er alle prosjekter som de deltagende virksomhetene eller norske forskningsmiljøer jobber med.

Hovedscenarioet er basert på tekniske vurderinger om de forskjellige teknologienes effekt, forsknings- og utviklingsbehov og sannsynlig implementeringstid, og forsøker ikke å vurdere hvordan innfasingen vil skje under et bestemt virkemiddel som for eksempel et karbonpriseringsregime. Valg av virkemidler vil derfor endre hvordan innfasingen av tiltak vil foregå. Andre tiltak enn de som er valgt i hovedscenarioet kan være de som blir tatt i bruk til slutt, avhengig av hvordan de forskjellige forsknings- og utviklingsprosjektene lykkes.



Figur 14: Prosessindustriens veikart mot grønn konkurransekraft legger til grunn at industrien kan ekspandere kraftig og samtidig fjerne netto utslipp av klimagasser ved å ta i bruk ny prosessteknologi og CCS, mer biomasse og mer elektrisk kraft. Figuren er basert på et hovedscenario, samtidig kan andre løsninger ende opp med å bli valgt. Oljeraffineriene var ikke definert som en del av prosessindustrien i veikartprosessen (Norsk Industri, 2016).

Nye investeringer i energiforsyning globalt bør bli CO₂-nøytrale innen 5-10 år dersom togradersmålet skal være oppnåelig uten at verden skal bli avhengig av å gjennomføre tiltak som innebærer at CO₂ må fjernes fra atmosfæren i svært stor skala. Det samme resonnementet kan gjøres for nye industrianlegg som har tilsvarende levetid (Van Vuuren, 2015)

En gjennomgang av ulike lands "Nationally Determined Contributions" (NDCs) viser at det er usannsynlig at klimapolitikken som det per i dag er lagt opp til vil gi den nødvendige utviklingstakten i avgjørende klimaklimatiltak som for eksempel CCS, elbiler, avansert biobrensel og bærekraftig byutvikling. Politikktutforming etter Parisavtalen må derfor også fokusere på å stimulere teknologiutvikling, demonstrasjon og spredning (Spencer, Pierfederici, & al, 2015).

5.2 En effektiv klimapolitikk krever en kombinasjon av virkemidler

Under visse forutsetninger vil en teknologinøytral politikk som karbonprising gjennom skatter og avgifter eller kvotesystemer i teorien gi den mest kostnadseffektive oppnåelsen av klimamålene (Stern, 2007). I praksis bidrar ulike former for barrierer og markedssvikt til at det er behov for å supplere karbonprising med tilleggsvirkemidler for å nå de langsiktige klimamålene på en kostnadseffektiv måte.

Det er særlig seks markedssvikter som kan nevnes i denne sammenheng:

- Forurensere betaler ikke for den reelle kostnaden ved sine klimagassutslipp.
- Kunnskapseksternaliteter gjør at det underinvesteres i forskning og utvikling generelt, og innen klimateknologi spesielt.
- Asymmetrisk informasjon i finansmarkedene gir ugunstige finansieringsløsninger for klimaløsninger.
- Nettverkseksternaliteter motvirker spredning av klimateknologi.
- Forbrukere mangler informasjon for å kunne gjøre klimavennlige valg.
- Manglende prising av noen vesentlige positive effekter ved klimatiltak, særlig helseeffekter ved redusert luftforurensning.

Markedssvikter og barrierer som hindrer forskning og utvikling av ny klimateknologi

Kunnskap er et fellesgode

I forskningsfasen er det et særtrekk at kunnskap eller nye idéer i større eller mindre grad kan kopieres. Det at andre aktører drar nytte av forskning uten å betale kostnadene kalles kunnskapseksternaliteter. Patentsystemene som er innført gir ikke perfekt beskyttelse, og kunnskap blir i større eller mindre grad et fellesgode. Dette gjør at private bedrifter i for liten grad investerer i forskning og utvikling (Grønn skattekommisjon, 2015) og er en av grunnene til at de fleste land subsidierer forskning og utvikling.

Produktiviteten til forskning avhenger av hvor stor den eksisterende kunnskapsbasen er innen et gitt felt. Kunnskapsbasen for miljøteknologi er lavere enn for andre teknologier, og dette innebærer at det er større kunnskapseksternaliteter for miljøteknologi enn annen teknologi (Greaker, Heggedal, & Rosendahl, 2015). Grønn skattekommisjon viser til at flere studier antar at den samfunnsøkonomiske gevinsten av klimateknologiinnovasjon er fire ganger høyere enn den private gevinsten.

Klimaprosjekter har ofte høyere risiko enn mange andre prosjekter

Bedrifter vil normalt være skeptiske til å engasjere seg i FoU-prosjekter med høy risiko (Mazzucato, 2015). For klimateknologi kommer det i tillegg en politisk risiko, siden det er usikkerhet knyttet til hvilken klimapolitikk som vil bli ført i Norge og verden for øvrig i framtiden (Grønn skattekommisjon, 2015). Risikoen i klimapolitikken er ikke i seg selv en markedssvikt men påvirker like fullt investeringsatferd, og må derfor også vurderes i policydesign (Blyth, Bunn, Kettunen, & Wilson, 2009).

I de tidlige stadiene av teknologiutvikling vil det normalt være svært høy risiko, men relativt lave kapitalbehov. Etter hvert som konseptet er klart definert må det testes i større og større skala. Den teknologiske risikoen reduseres gjennom dette, men kapitalbehovet øker kraftig. Store pilot- og demonstrasjonsanlegg kan være svært kostbare. Bedrifter har en begrenset evne til å gjennomføre prosjekter, og rangerer interne prosjekter etter lønnsomhetskrav. Dersom den kommersielle risikoen er stor vil et prosjekt bli nedprioritert. Utvikling av miljøteknologi ligger ofte utenfor bedriftens kjerneaktivitet, og bedrifter kan ha mindre interesse av å gjennomføre prosjekter av den grunn. Det er imidlertid lite litteratur på kapitalmangel til innovasjonsprosjekter i store virksomheter. For små- og mellomstore bedrifter derimot er det påvist en betydelig kapitalmangel for risikable tidligfaseprosjekter i Norge, med tydelige tegn på markedssvikt (Menon, 2014).

Utviklingsløpet fra en idé til kommersialisering av ny teknologi kan ta lang tid, gjerne 10 - 20 år. Avstanden fra prosjektets start til en usikker inntjeningsmulighet gjør tidkrevende utviklingsløp mindre attraktive for mange investorer som gjerne opererer med en kortere tidshorisont. Mange kjerneteknologier vi bruker i dag, som for eksempel internett og GPS, har blitt utviklet fram til kommersialisering ved hjelp av tung involvering fra universiteter og offentlige forskningsinstitusjoner via offentlig finansierte målrettede teknologiutviklingsprogrammer¹⁴, og så videreutviklet derfra av bedrifter i privat sektor (Mazzucato, 2015). Dette kan også skyldes at stater er bedre egnet enn private aktører til å bære usystematisk risiko.

Kvotesystemet og utvikling av ny climateknologi

De ulike elementene beskrevet over gjør at virkemidler som klimakvoter og avgifter i utgangspunktet leder til ytterligere effektivisering og trinnvis innovasjon, heller enn å gi insentiver til å utvikle helt ny teknologi (Smith, 2009). Studier som har sett på effekten av EU-ETS på innovasjon har konkludert med at prisene er for lave og prisutviklingen for usikker til at kvotehandelssystemet har bidratt til vesentlige innovasjonssatsinger i seg selv (Egenhofer, Alessi, Georgiev, & Fujiwara, 2011). Samtidig er langsiktige utslippsmål og teknologispesifikke virkemidler viktige for å bestemme innovasjonssatsinger på virksomhetsnivå (Schmidt, Schneider, Rogge, Schuetz, & Hoffmann, 2012).

De langsiktige målene i et kvotesystem må oppfattes som troverdige for at en karbonpris konsistent med målene skal internaliseres hos virksomhetene som er dekket av den. Men selv om de langsiktige målene er politisk troverdige kan det være barrierer i et kvotesystem knyttet til hvordan en langsiktig høy karbonpris internaliseres i dagens beslutninger i kvotepliktige virksomheter. 2050 kan for eksempel ofte være for langt frem i tid til at sentrale beslutningstakere i industrivirksomheter tar hensyn til en forventning om høye kvotepriser i dagens investeringsbeslutninger. Thomson Reuters legger for eksempel til grunn i sin karbonprismodell at tidshorisonten hos virksomhetene er 3-5 år.

I dagens situasjon er det også et ikke uvesentlig problem at kvotesystemene som finnes er nasjonale eller regionale. Mange bedrifter som selger varer i et globalt marked vil få til dels sterke konkurranseulempene dersom de møter en høyere karbonpris enn konkurrentene. En virksomhet må derfor også ha tillit til at andre nasjoner gjennomfører en klimapolitikk som

¹⁴ som DARPA, NASA eller CERN

gjør at konkurrentene deres møter tilsvarende kostnader knyttet til klimagassutslipp som dem selv.

Markedssvikter og barrierer som hindrer spredning av klimateknologi

Ny teknologi havner ofte i konkurranse med teknologien som allerede er i bruk. Disse teknologiene har blitt gradvis optimalisert over lang tid. Markeder, institusjoner, infrastruktur og leverandørsystemer er bygd opp rundt dem, og positive læringseffekter har oppstått etter hvert som kunnskap har blitt akkumulert. Dette gjør at nye teknologier, som ikke har gått igjennom denne prosessen, ofte taper i konkurransen med de eksisterende teknologiene selv om de i seg selv har potensial for å være langt bedre. I en slik situasjon har man endt opp med veiavhengighet, eller teknologisk innlåsing (Grønn skattekommisjon, 2015) (Groba & Breitschopf, 2013). En høy karbonpris vil bidra til å motvirke dette.

Store produktivitetsforbedringer kommer vanligvis ikke ved introduksjonen av ny teknologi, men fra den kumulative effekten av trinnvis forbedring i etterkant. Prisen på PV-solceller har som eksempel falt med over 99 prosent siden slutten av 1970-tallet, og har falt rundt 21 prosent per dobling av mengden installert kapasitet (ITRPV, 2016). Denne utviklingen er ventet å fortsette (IEA, 2016). Slike læringskurver kan observeres for alle teknologier i forskjellig grad.

Denne statistiske korrelasjonen mellom volum og pris representerer mange forskjellige mekanismer i den virkelige verden, som effekter av forskning og utvikling, læringseffekter, skalafordeler og reduksjon av forskjellige barrierer som nettverkseksternaliteter (Greaker & Midttømme, 2014) og imperfekt informasjon i finansmarkedene (Groba & Breitschopf, 2013). Utviklingen i PV-solceller har vært drevet av subsidier og nisjemarkeder, men teknologien er nå konkurransedyktig mot kull- og gasskraftverk i enkelte markeder (IEA, 2016). Utviklingen innen fornybar energi er et godt eksempel på at en uniform karbonpris alene ikke vil gi tilstrekkelig investeringer i en del viktige klimateknologier fordi de initielle kostnadene er for høye til å bli utløst av karbonprisen når investorene mangler perfekt framsyn (Kverndokk & Rosendahl, 2007) (Bråten, 2014).

Spesifikke teknologier kan også møte egne barrierer som må overkommes, som strukturen i kraftmarkedene for fornybar energi (Groba & Breitschopf, 2013) eller naturlig monopoldannelse og komplementære markeder i transport og lagring for CCS (ZEP, 2014) (IEA, 2014). Disse må overkommes for at spredning skal være mulig, og kan reise behov for enkelte teknologispesifikke virkemidler.

Effekter av implementeringstid på optimal innfasing

Mange klimatiltak kan ta flere tiår å innføre, som for eksempel infrastrukturtiltak eller tiltak som krever omfattende og tidkrevende teknologiutviklingsløp. På grunn av denne tregheten vil *"en optimal innføring av forskjellige typer klimatiltak, og også hvilke typer tiltak som bør gjennomføres, være annerledes enn det som kan hentes ut av en naiv tolking av marginalkostnadskurver"* (The World Bank, 2011). Denne tregheten gjør alene at en uniform karbonpris ikke kan gi en optimal innfasing av klimatiltak i en verden uten perfekt framsyn og uten perfekt kredibilitet i det langsiktige prissignalet for klimagasser.

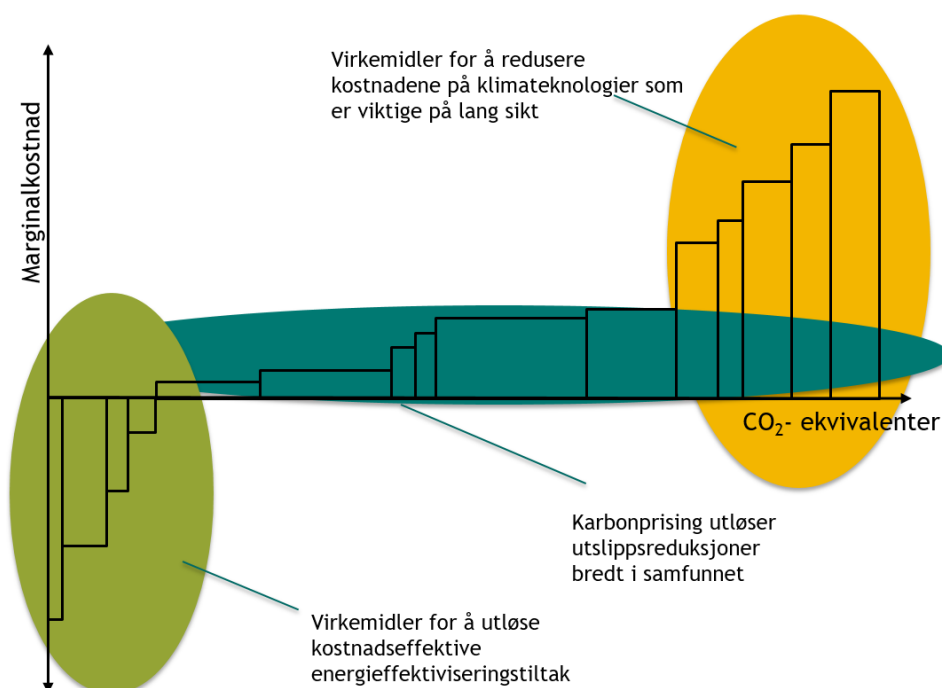
I denne konteksten kan kortsiktige mål gi uheldige effekter. For eksempel er den beste måten å redusere utslippene i EU med 20 prosent innen 2020 avhengig av om denne reduksjonen er

det endelige målet, eller bare et punkt på veien til et mye mer ambisiøst langsiktig mål. Det samme gjelder for 2030-målet. Dersom man har et ambisiøst langsiktig mål er det kostnadseffektivt å starte implementeringen av dyre tiltak med lang implementeringstid og stort potensial tidlig (The World Bank, 2011).

Et kvotesystem med relativt lave priser fram mot 2030 vil utløse de billigste tiltakene først. Fordelen med et kvotesystem i denne sammenheng er at utslippsmålene (kvotetaket) uansett ligger fast og nås så lenge de politisk vedtatte målene er troverdige. Effekten av dette kan bli at kvoteprisene blir ekstremt høye på lang sikt når tunge investeringer *må* gjennomføres for å nå de langsiktige klimamålene. I sum kan dette gi en tiltaksbane som hverken er bedrifts- eller samfunnsøkonomisk optimal.

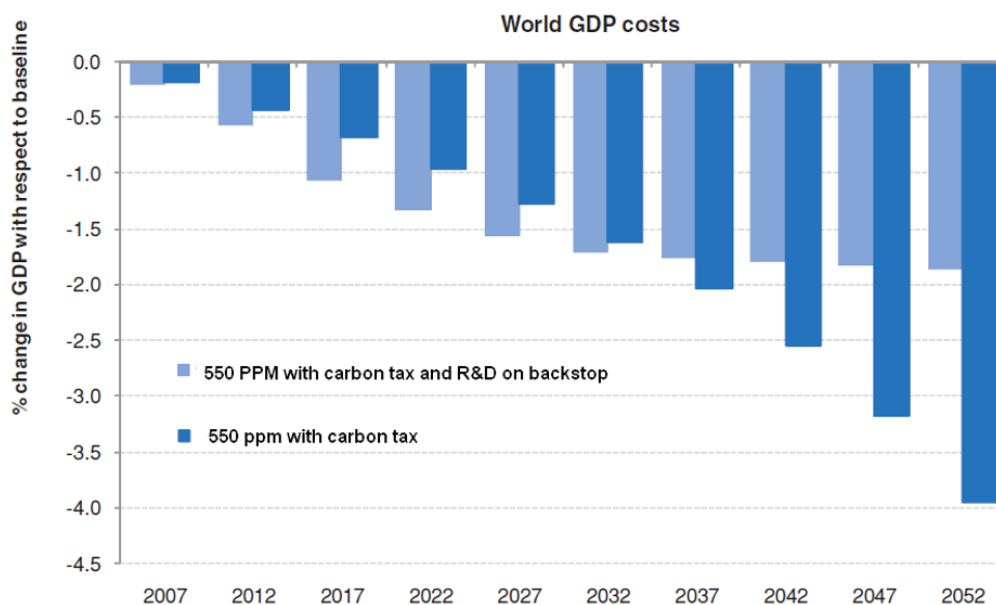
En effektiv kombinasjon av virkemidler

En kostnadseffektiv virkemiddelbruk må både sørge for å utløse kjente klimatiltak bredt i samfunnet (statisk effektivitet) og stimulere til innovasjon og teknologispredning slik at ny klimateknologi utvikles (dynamisk effektivitet). Den må også håndtere usikkerhet effektivt. Kjernen i en kostnadseffektiv virkemiddelbruk består av en kombinasjon av karbonprising med virkemidler som utløser samfunnsøkonomisk lønnsom energieffektivisering og egne virkemidler for teknologiutvikling og teknologispredning (IEA, 2011). Slike virkemidler kan for eksempel være subsidier, feed-in tariff, reguleringer, offentlige innkjøp og merkeordninger.



Figur 15. Kjernen i en kostnadseffektiv klimapoliticymiks består av en kombinasjon av karbonprising med virkemidler som utløser samfunnsøkonomisk lønnsom energieffektivisering og egne virkemidler for teknologiutvikling ifølge IEA. Figur utledet av (IEA, 2011)

Hvor lang tid det vil ta å implementere tiltak, og da særlig dyre tiltak med stort potensial som for eksempel infrastrukturtiltak og CCS, påvirker også når man burde begynne å ta dem i bruk. Bruk av tilleggsvirkemidler vil øke kostnadene ved klimapolitikken på kort sikt, men kan gi store besparelser senere dersom det senker kostnadene på viktige teknologier og gjør at disse kan tas i bruk tidligere (IPCC, 2014) (The World Bank, 2011) (IEA, 2011). Dette er illustrert i grafen under.



Figur 16. Kostnaden ved begrense klimaendringene med og uten tilstrekkelig teknologiutvikling, hentet fra (Egli, Johnstone, & Menon, 2015)

Dette reiser i hvert fall to vesentlige problemstillinger: Hvordan skal man velge hvilke teknologier og klimatiltak som bør støttes med tilleggsvirkemidler (Egli, Johnstone, & Menon, 2015), og når skal støtten fases ut slik at den videre utviklingen drives av karbonprisen (Janeiro & Klessmann, 2016) (Thema, 2016). I europeisk sammenheng er bruken av tilleggsvirkemidler kanskje ytterligere komplisert av at kvotesystemet er regionalt og implementeres likt i alle de landene som er med. Til en viss grad bør derfor bruken av tilleggsvirkemidler også koordinere på tvers av land i EØS-området. Utstrakt bruk av unilaterale tilleggsvirkemidler kan føre til at den reelle EUA-prisen varierer innad i EU ETS, med konsekvenser for konkurransevridning innad i EU. For industrien i Europa er det trolig av relativt stor betydning at den regulatoriske tilpasningen er ensartet i hele EØS-området.

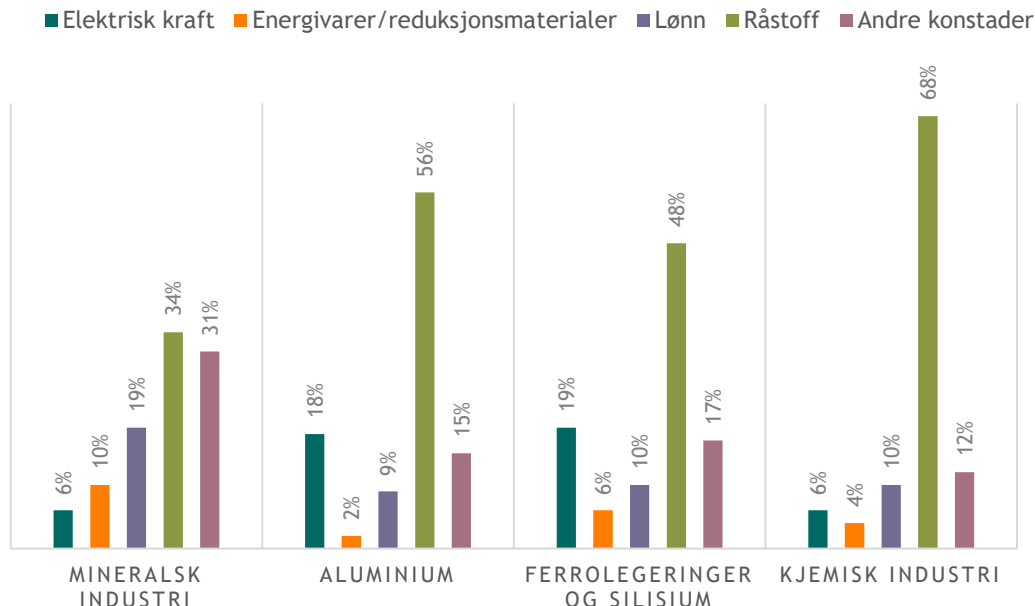
6. Industriens rammebetingelser

6.1 Drivere for konkurransesituasjonen til industrien

Rammebetingelser som pris på innsatsfaktorer, kraft, lønn og valutakurs er viktig for lønnsomheten til de mest energi- og utslippsintensive delene av norsk industri. Forutsigbarheten og stabiliteten i disse rammebetingelsene er også viktig med tanke på fremtidige investeringer.

Hva som gir industrien komparative fortrinn i et gitt land er ikke nødvendigvis gitt av kostnadenes størrelser. For eksempel er råstoff den største utgiftsposten for prosessindustrien i Norge. Råstoff, som sluttproduktet, er imidlertid en vare hvor prisen ofte settes globalt. Råvarepris anses derfor ikke nødvendigvis som verken et komparativt fortrinn eller ulempe, selv om det for enkelte sektorer kan være fordeler knyttet til nærhet eller lokalisering i samme land som råvaren hentes fra (ECORYS, 2013). Sikker tilgang til råstoff er imidlertid viktig, og så godt som alle selskapene i norsk prosessindustri har for eksempel sikret seg tilgang på råvarer internt i selskapet gjennom egne gruver.

FORDELING AV DRIFTSKOSTNADER



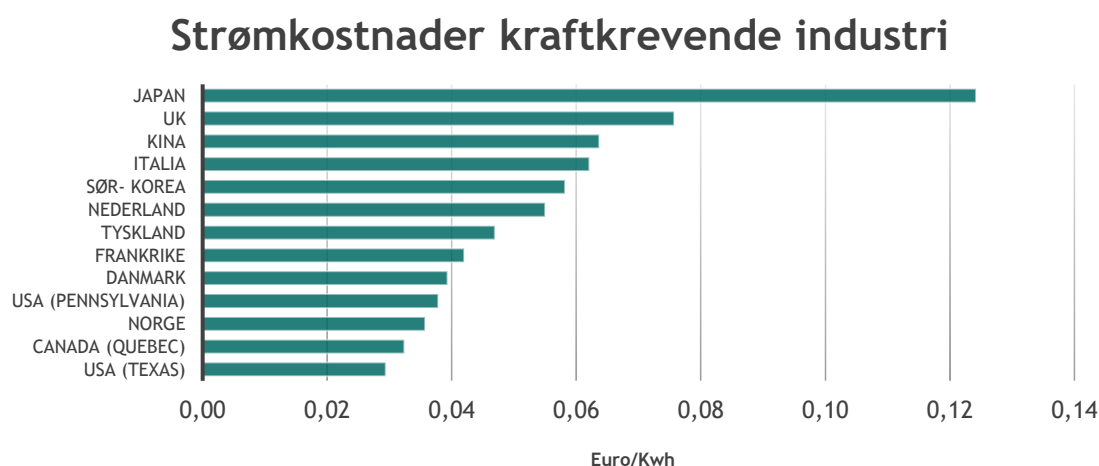
Figur 17: Fordeling av driftskostnader for industrisektorene mineralsk industri, aluminium, ferrolegering, og kjemisk industri. Kilde: (NVE, 2013).

En kostnad med stor betydning for konkurransesituasjonen for en stor andel av prosessindustrien er kostnaden på elektrisk kraft. I norsk metallindustri står elektrisitet for størstedelen av de totale driftsutgiftene utenom råstoff, nær 20 prosent. I kjemisk og mineralsk industri står elektrisitet for noe mindre, om lag 6 prosent. Det er også stor korrelasjon mellom produsert mengde og forbruket av kraft.

Viktigheten av kraftprisen kommer frem i en studie fra 2013 gjennomført av NVE som viser at lønnsomheten (produksjonsmarginene) til denne delen av industrien endrer seg mye som følge av økt strømpris. For eksempel vil lønnsomheten for aluminiumindustrien endre seg nesten 15 prosentpoeng ved en økning av strømprisen på 20 øre/kWh (NVE, 2013).

Norge har blant de laveste strømprisene i Europa, takket være tilgjengeligheten på billig vannkraft. Strømpriser for de mest energiintensive industribedriftene, som produsenter av aluminium, er imidlertid ikke tilgjengelig i europeisk statistikk¹⁵ for mer enn et lite utvalg land, og heller ikke Norge. Dette skyldes at virksomhetene ofte har inngått langsiktige strømvavtaler, har egenprodusert strøm eller betaler på bakgrunn av en blanding av spotpris og langsiktige avtaler. Den kategorien som er tilgjengelig i statistikken, og som ligger tettest opp mot forbruket til den utslippsintensiv industrien, er virksomheter med elektrisitetsforbruk mellom 70-150 GWh per år. I denne kategorien er kraftprisene i Norge den laveste i de 15 europeiske landene Miljødirektoratet har sammenlignet Norge med¹⁶.

Det tyske forskningsinstituttet Fraunhofer utarbeidet i 2016 en rapport som sammenligner elektrisitetskostnader for den kraftkrevende industrien i Norge med andre land i Europa og verden i samarbeid med Ecofys¹⁷. Rapporten har gjort kvalifiserte vurderinger av strømprisene i forskjellige land. Rapporten antar at strømprisen for kraftkrevende industribedrifter sannsynligvis er lavere enn for de med forbruk mellom 70-150 GWh per år. Studien viser at norsk kraftintensiv industri har lav strømpris i forhold til flere andre land og områder (Fraunhofer/Ecofys, 2015):



Figur 18. Sammenligning av strømkostnader for kraftkrevende industri i forskjellige land (Fraunhofer/Ecofys, 2015).

¹⁵ Med Europeisk statistikk menes her Eurostat, EUs sitt statistikk-kontor. Norge leverer data til Eurostat for de fleste statistikkområder og har gjennom EØS-avtalen plikter og rettigheter med hensyn på levering av data og utarbeiding av statistikk.

¹⁶ Estland, Frankrike, Danmark, Sverige, Finland, Tsjekkia, Polen, Østerrike, Tyskland, Nederland, Belgia, Spania, Ungarn, UK, og Italia

¹⁷ Rapporten er en tilleggs-studie til en rapport utarbeidet av Fraunhofer på oppdrag av det tyske finansdepartementet

Til tross for at den norske industrien i dag har lav strømpris i forhold til mange andre land, har strømprisene for kraftintensiv industri økt betydelig siden 2000-tallet. Dette skyldes både generelt høyere strømpriser i Norge, men hovedsakelig at rimelige myndighetsbestemte kraftkontrakter har gått ut. De siste av disse kraftkontraktene gikk ut i 2011.

Det er allikevel flere forhold som taler for rimeligere kraftpriser i tiden fremover. Utbygging av mer fornybar energi, muligheter for mer nedbør, mildere klima og energieffektivisering taler for lavere priser i Norden (NVE, 2013). I 2013 innførte også myndighetene en kompensasjonsordning for økte kraftpriser som følge av kvoteprisen i EUs klimakvotesystem.

CO₂- KOMPENSASJONSORDNINGEN

Om lag 40 norske industribedrifter i Norge får årlig kompensasjon for økte kraftkostnader som følge av klimakvotesystemet. Ordningen omfatter store deler av norsk kraftkrevende industri, blant annet produsenter av aluminium, ferrolegeringer, kjemiske produkter og treforedling.

Ordningen er et svar på at etableringen av kvotesystemet i EU har gitt økte kraftpriser i Norge og EU. Kraftverk som produserer strøm fra fossile energikilder (f.eks. gass- og kullkraftverk), må kjøpe klimakvoter for sine klimagassutslipp. Denne kostnaden velter produsentene i stor grad over på kundene i form av høyere kraftpriser.

EU har vedtatt retningslinjer for statsstøtte som åpner for å gi kompensasjon for industriens indirekte kvotekostnader. Norge tok i bruk denne muligheten for kompensasjon fra juli 2013.

Ordningen gir ikke støtte til strømforbruk dekket av langsiktige kraftavtaler inngått før 2005, da kvotesystemet ble innført, og heller ikke for egenprodusert kraft. Det årlige støttebeløpet varierer som følge av kvoteprisen i EUs kvotesystem. I tillegg reduseres støtten gradvis frem mot 2020.

Ved siden av rene driftskostnader er det også andre forhold som påvirker konkurransekraften til industrien. Dette gjelder eksempelvis kronekursen. En svak kronekurs er positiv for eksportorientert industri da valutakursen vil gjøre norske varer billigere relativt til land som benytter andre valutaer, og en vedvarende svak krone vil være en gunstig situasjon for eksportorientert industri. (Norsk Industri, 2016).

Ved siden av driftskostnader og forhold som kronekurs, er også skatte- og avgiftsstruktur, støtteordninger og politisk stabilitet viktig for konkurransesituasjonen til industrien, og for større investeringer med lang tidshorison.

6.2 Karbonpriser

De siste årene har man sett en sterk økning i andelen av globale klimagassutslipp som er dekket av karbonprising. Fra godt under 1 prosent i 1990 og 9 prosent i 2005, er i dag om lag 13 prosent av verdens utslipp dekket av karbonprising. Av disse utslippene er hoveddelen priset gjennom kjøp og salg av kvoter i kvotesystemer (The World Bank, 2016).

Norsk industri er i stor grad inkludert i EUs klimakvotesystem, og 90 prosent av de norske industriutslippene er dekket av systemet (Miljødirektoratet, 2014). Systemet dekker om lag 11 000 virksomheter i de 28 EU-landene, Norge, Island og Liechtenstein (European Commission, 2016). EUs kvotesystem ble startet opp i 2005, og har lenge vært det største systemet i verden.

Dette er i endring, og det har i de siste årene blitt innført flere klimakvotesystemer andre steder i verden. Totalt er det i dag 17 kvotesystemer i verden, fordelt på totalt 8 land utenfor EU sitt klimakvotesystem (ICAP, 2015). Ved siden av systemet i EU, er det opprettet systemer i Quebec, California, New Zealand, Kazakhstan, Sør-Korea, flere nordøstlige stater i USA (RGGI), Sveits, Japan, og Kina.

I Kina er det i dag klimakvotesystemer i totalt 7 provinser/byer, men et nasjonalt klimakvotesystem har planlagt oppstart i tredje kvartal 2017. Systemet vil trolig bli verdens største klimakvotesystem. Systemet vil blant annet omfatte kraftproduksjon og en rekke store industrisektorer som sement, raffinier, jern og stål og kjemisk industri. 2017 til 2019 anses som første fase i det kinesiske kvotesystemet, som etter 2019 er planlagt å øke i omfang ved å inkludere flere sektorer og selskaper. Iverksetting av Kinas klimakvotesystemer fra 2017 vil øke andelen prisede klimagasser i verden til om lag 25 prosent (The World Bank, 2016).

De fleste kvotesystemene som er i drift i dag inkluderer industrielle utslipp. Det er gjennomgående slik at kvotesystemene som omfatter konkurranseutsatt industri gir en høy andel gratiskvoter til industrien. Dette medfører imidlertid ikke at industrien nødvendigvis mister insentiver for klimagassreduksjoner, siden virksomhetene kan selge kvoter i markedet.

Fra 1 prosent i 1990, er i dag om lag 13 prosent av verdens utslipp dekket av karbonprising. Iverksetting av Kinas klimakvotesystemer fra 2017 vil øke andelen prisede klimagasser i verden til om lag 25 prosent.

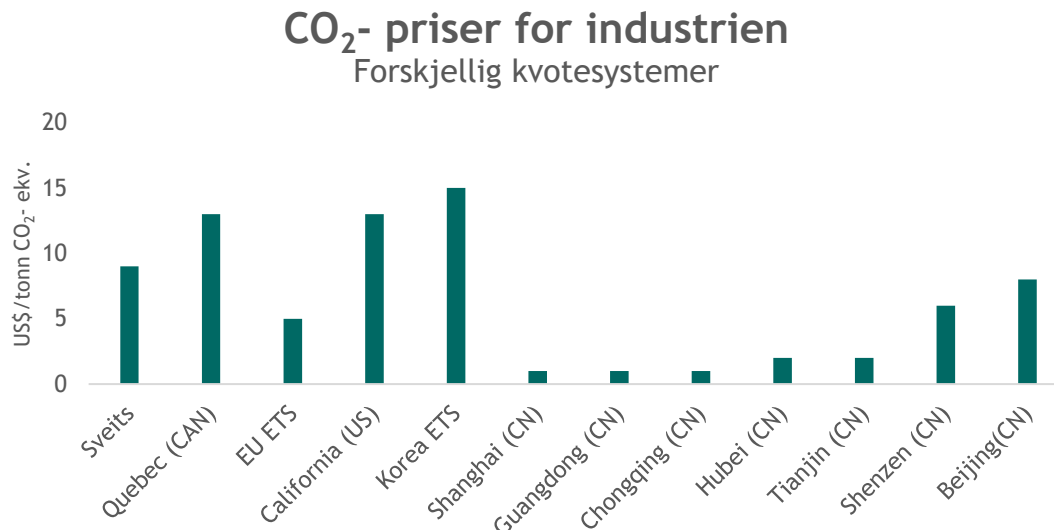
KARBONLEKKASJE OG GRATISTILDELING TIL INDUSTRIEN

Karbonlekkasje er ofte definert som en økning i utslipp utenfor en region eller land som følge av en stram klimapolitikk eller karbonpris, for eksempel som følge av at industrien flagger ut til land med mindre ambisiøs klimapolitikk.

Mange industrisektorer operer i et globalt marked, og har ikke mulighet til å overføre hele kostnadsøkningen et kvotesystem kan utgjøre uten å tape markedsandeler. For å bøte på risikoen for karbonlekkasje gis det i stor grad gratistildeling til industri som er utsatt for slik risiko i de kvotesystemene som er i drift i verden i dag.

Ved en fremtidig felles global karbonpris, eller en fremtid der flere og flere regioner iverksetter sammenlignbar klimapolitikk, vil behovet for gratistildeling til industrien reduseres eller forsvinne helt.

Prisen som industrien står overfor i de forskjellige klimakvotesystemene varierer. Felles for dem er at prisen per i dag i stor grad er for lav til at den isolert sett fører til storstilte klimagassreduksjoner i industrien. Dette kan endre seg dersom de forskjellige systemene oppnår knapphet på kvoter og dermed en betydelig høyere pris.



Figur 19. Kilde: (Worldbank/EcoFys, 2016)

Innenfor EUs klimakvotesystem er det for eksempel i dag et stort overskudd av kvoter som er forventet å vedvare en god stund etter 2020. Dette medfører en forventet lav kvotepris frem mot 2030. Analyseselskapet Thomson Reuters forventer f. eks. at kvoteprisen i gjennomsnitt

fra i dag til 2030 ikke vil være høyere enn om lag 13 euro, med en forventet pris på rundt 19 Euro¹⁸ i 2030.

På grunn av det store omfanget av Kinas kommende kvotesystem vil den kinesiske kvoteprisen være veldig viktig. Prisen i det kinesiske kvotesystemet er usikker, i og med at hverken utslippstak eller mengden gratistildeling enda er fastsatt. Det er forventet at de ulike sektorene i første omgang vil få en betydelig andel vederlagsfri tildeling. Det legges i første omgang opp til at tilbudssiden kan bestemmes ved korte intervaller, slik at etterspørsel av kvoter kan justeres rask, til forskjell fra i EUs kvotesystem, der tilbud og etterspørselssiden som utgangspunkt bestemmes for flere år av gangen.

Samtidig er energisektoren i Kina stor grad regulert, og sektoren har ikke mulighet til å overføre sine kvotekostnader til forbrukerne. Kvoteprisen gir derfor ikke de samme insentivene til energieffektivisering i industrien fordi den ikke automatisk fører til høyere elektrisitetspriser. For å sikre dette insentivet er det derfor planlagt at industribedriftene må svare kvoter for de indirekte utslippene sine som følge av elektrisitetsforbruket, i tillegg til sine direkte utslipp. Redusert tildeling og økende pris må derfor skje i samsvar med reformen av energisektoren i landet. I en undersøkelse fra 2015 svarte imidlertid over 300 aktører fra forskning, næringsliv, industri, NGOer og myndigheter på hva de forventet at den kinesiske kvoteprisen vil bli fremover. Svarene lå i størrelsesorden 9 euro per tonn CO₂ i 2025 (De Boer, R., & H., 2015).

Det er tydelig at forventet kvotepris i de store klimakvotesystemene som i EU og Kina på kort til mellomlang sikt trolig ikke vil være tilstrekkelig til å drive innovasjon og investeringer mot omfattende teknologiskift i industrien, og heller ikke bidra til å utløse vesentlige klimatiltak i seg selv. Prisene i de store kvotesystemene er i dag langt lavere enn gjennomsnittet marginalkostnaden i scenarioer IPCC har studert (se kap 3.2).

Likevel er det ikke nødvendigvis slik at kvotesystemene er uten betydning for teknologiutvikling og omstilling i industrien. Industrien investerer ofte med lang horisont, ikke minst ved nyetableringer. Selv om kvoteprisen på kort til mellomlang sikt er forventet å være lav, kan forventningen om høyere kostnad i fremtiden påvirke virksomhetenes investeringsbeslutninger. Industrien må også ta høyde for et stadig nedadgående kvotetak, som med dagens politikk vil være veldig lavt om 20- 30 år i forhold til i dag. Ved å implementere lavutslippsløsninger ved veivalg og investeringer tidlig vil industrien bli mindre eksponert mot fremtidig strengere krav, høyere kvotepris, eller lavere gratistildeling.

For norsk industri kom dette forholdet tydelig frem i en rapport som Carbon Limits gjennomførte på vegne av Miljødirektoratet i 2014. I forbindelse med rapporten ble det gjennomført dybdeintervjuer med 18 kvotepliktige norske selskaper¹⁹ om hvordan kvotesystemet og karbonpris påvirket deres investeringsbeslutninger. Industrien anså forventningen om generelt strammere miljøpolitikk og økte kostnader i fremtiden som en av de viktigste driverne for klimavennlige investeringer, og ikke kvoteprisen i dag eller kort frem i tid (Carbon Limits, 2014).

¹⁸ Reelle 2015 priser

¹⁹ Ansvarlig for over 80prosent av de kvotepliktige utslippene i 2012.

Kvoteprisen i de store klimakvotestystemene vil på kort til mellomlang sikt trolig ikke være tilstrekkelig til å drive innovasjon og investeringer mot omfattende teknologiskift i industrien.

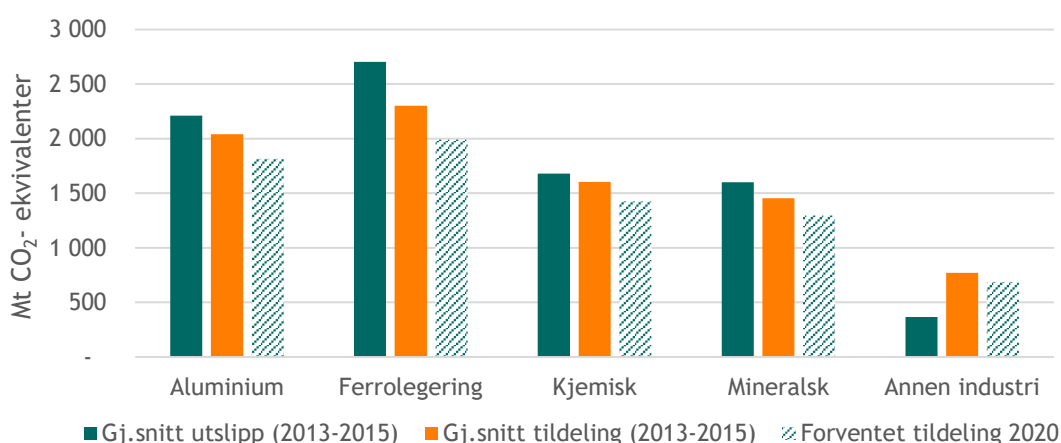
Tildeling av gratiskvoter til norsk industri

Norsk kvotepliktig industri kunne i forkant av fase 3 i EUs kvotesystem søke Miljødirektoratet om gratiskvoter for perioden 2013- 2020. Regelverket for tildeling av kvoter er harmonisert på EU- nivå. Den avsatte mengden gratistildeling til europeisk industri er bestemt i forkant, og tilsvarer 43 prosent av kvotene som er tilgjengelig under kvotetaket i perioden. Størstedelen av norsk industri er definert som karbonlekkasjeutsatt, og berettiget mer gratistildeling enn den øvrige delen av industri.

Utslippstall for de tre første årene i fase 3 av kvotesystemet (2013-2015) viser at de fleste norske bedrifter har fått noe mindre tildeling enn utslipp. Sektorene aluminium, ferrolegering, mineralsk og kjemisk industri har i gjennomsnitt fått tildelt henholdsvis 92, 85, 91 og 95 prosent av sine kvotepliktige utslipp så langt i kvoteperioden. Hvordan dette slår ut for den enkelte bedrift varierer imidlertid innad i bransjene. Mot 2020 vil tildelingen reduseres gradvis. Dersom sektorene har utslipp i 2020 tilsvarende utslippene i perioden 2013-2015 vil tildelingen til sektorene aluminium, ferrolegering, mineralsk og kjemisk industri reduseres til henholdsvis 82, 74, 81 og 85 prosent av de kvotepliktige utslippene.

I kategorien annen industri får bedriftene i gjennomsnitt betydelig høyere tildeling enn sine kvotepliktige utslipp. Dette skyldes i stor grad at bedrifter innen treforedlingsindustrien får tildeling for sitt energibruk (og tilhørende utslipp) som stammer fra forbrenning av biologiske brensl. Dette utslippet teller ikke som kvotepliktige utslipp i kvotesystemet, og fordelingen mellom tildeling og utslipp blir derfor positiv for de bedriftene som benytter mye biologisk brensel.

Norsk industris eksponering mot direkte karbonpris Årlige utslipp mot gratistildeling (2013 - 2015)



Figur 5: Oversikt mellom kvotepliktige utslipp og tildeling av gratiskvoter for enkelte industrisektorer. Tallene er basert på gjennomsnittlige utslipp og tildeling i årene 2013-2015. Forventet tildeling i 2020 kan endre seg som følge av kapasitetsendringer, og eventuelle nedleggelse og oppstarter av enkeltbedrifter i de ulike bransjene.

6.3 Statlige virkemidler for teknologiutvikling

Utvikling av lavutslippsteknologier er et av de prioriterte innsatsområdene i regjeringens klimapolitikk, som ble presentert i klimameldingen i februar 2015. I stortingsmeldingen oppgis det at satsing på teknologiutvikling for å redusere utslippene fra industrien vil muliggjøre både utslippsreduksjoner i Norge samt vekst av denne produksjonen globalt, uten å øke de globale utslippene. Det understrekes at støtte til forskning, utvikling og etablering av pilotanlegg er viktig for å lykkes.

Viktige statlige aktører for slik teknologiutvikling i industrien er Forskningsrådet, Innovasjon Norge, Gassnova og Enova som dekker forskjellige deler av innovasjonsskjeden. Grunnforskning gjøres ved universiteter, høyskoler og forskningsinstitutter. Mye av forskningen som gjøres her er finansiert av institusjonene selv med støtte fra Forskningsrådet. I det videre innovasjonsløpet har Forskningsrådet flere typer støtteordninger som er aktuelle for industrien, fram til pilottesting. Pilotering av nye teknologier kan delfinansieres gjennom Innovasjon Norge, og storskala demonstrasjon og markedsintroduksjon kan få støtte fra Enovas programmer. Støtteintensiteten til de forskjellige aktørene er begrenset av statsstøtteregelverket i EU (se faktaboks lenger ned) og i den forstand harmonisert innad i Europa. Innenfor denne rammen er det imidlertid mulig å gjøre systemet mer eller mindre effektivt eller målrettet.

Hvor i teknologiutviklingsløpet de ulike programmene som er mest aktuelle for utvikling av lavutslippsteknologi i prosessindustrien befinner seg er vist i figur 20 under.

	Ny lavutslippsteknologi for industrien				CCS	
TRL	Forskningsrådet		Innovasjon Norge	Enova	Forsknings -rådet	Gassnova
1	Energi X	FRIPRO			CLIMIT	
2		BIA				
3						
4						
5			Skatte - funn	Miljøtekn. - ordningen		
6						
7				Ny klima- og energi - teknologi i industrien		
8						
9						

Figur 20. Oversikt over eksisterende støtteordninger og programmer som er mest aktuelle for utvikling av lavutslippsteknologi i industrien, vist etter hvilke deler av teknologiutviklingsløpet de er mest aktuelle for (TRL 1-9 hvor 1 er grunnforskning og 9 er kommersialisering)

Forskningsrådet

Norges forskningsråd skal tilføre det norske forskningssystemet merverdi gjennom å realisere forskning som de enkelte aktørene ikke klarer hver for seg. Forskningsrådet skal bidra til et helhetlig FoU-system som leverer forskning av høy kvalitet, utvikle kunnskap for å møte sentrale utfordringer i samfunn og næringsliv, bidra til dynamikk og samhandling nasjonalt og internasjonalt, og legge til rette for læring, bruk og innovasjon. Støtte gis gjennom utlysninger i Forskningsrådets programmer. De programmene som er spesielt relevant for

utvikling av lavutslippsteknologi i industrien er ENERGIX, FRIPRO/FRINATEK, BIA, og CLIMIT. Forskningsrådet administrerer også SkatteFUNN, som er en rettighetsbasert skattefradragsordning for alle norske bedrifter som har FoU-prosjekter. Selve den finansielle støtten i prosjektene skjer over foretakenes skatteoppgjør, via Skatteetaten.

Innovasjon Norge

Innovasjon Norge ble opprettet i 2003 og skal bidra til nyskaping i næringslivet, utvikling i distriktene og utvikling av konkurransedyktige norske bedrifter. Miljøteknologiordningen er det programmet hos Innovasjon Norge som er mest relevant for støtte til teknologier for reduserte klimagassutslipp fra prosessindustrien. Miljøteknologiordningen ble etablert i 2010 og kan støtte bedrifter som utvikler norsk miljøteknologi, og som skal i gang med pilotanlegg eller demonstrasjonsanlegg. Arbeidsdelingen mellom Innovasjon Norge og Enova er slik at fullskala demonstrasjonsanlegg for klima- og energiteknologi henvises til Enova.

Enova

Enova har som mål å drive fram miljøvennlig omlegging av energibruk og energiproduksjon samt å bidra til utvikling av energi- og klimateknologi. Enova har særlig to programmer som er relevante for utvikling av lavutslippsteknologier for industrien. Disse er *program for støtte til forprosjekt for ny energi- og klimateknologi*, og *program for støtte til ny energi- og klimateknologi i industrien*. Program for støtte til forprosjekt for ny energi- og klimateknologi er etablert for å øke tilfanget av større demonstrasjonsprosjekter til programmet støtte til ny energi- og klimateknologi i industrien. Demonstrasjonsprosjektet som skal utredes i forprosjektet må være en konkret fysisk installasjon og ha definerte mål for innovasjon og for hva demonstrasjonen skal vise. *Program for støtte til ny energi- og klimateknologi i industrien* er innrettet mot introduksjon av innovativ teknologi i industriens produksjonsprosesser. Målet er å øke og framskynde introduksjon av ny energi- og klimateknologi med et markedspotensial for videre spredning både i Norge og internasjonalt.

Gassnova

Gassnova har som oppdrag å realisere karbonfangst og lagring, og har det overordnede ansvaret for CCS-programmet CLIMIT. Gassnova drifter Technology Centre Mongstad (TCM) som har bidratt til å modne fangstteknologier basert på karbonat og amin og kan bidra til videre modning av forskjellige fangstteknologier i framtiden.

Europeiske støtteordninger

Horisont 2020

Horisont 2020 er EUs forsknings- og innovasjonsprogram og har et budsjett på 80 milliarder euro for perioden 2014-2020. Målsettingen med programmet er å legge til rette for økonomisk vekst og økt sysselsetting i Europa. I Horisont 2020 finnes flere prosjekttyper, men særlig aktuelt for lavutslippsutvikling i prosessindustrien er programmene *Research & Innovation Actions*, og *Innovation Actions*. *Research & Innovation Actions* omfatter grunnleggende og anvendt forskning, teknisk utvikling samt i begrenset omfang også demonstrasjons- og innovasjonsaktiviteter, mens *Innovation Actions* omfatter markedsnære prosjekter som skal frembringe nye, endrede eller forbedrede produkter, prosesser eller tjenester. Aktørene i det norske virkemiddelapparatet gir veiledning og støtte til bedrifter om vil søke på disse programmene. Fordi EU ikke er en stat er Horisont 2020 ikke begrenset av statsstøtteregeleverket.

EUs innovasjonsfond

I forslaget til nytt EU ETS-direktiv lagt frem av EU- kommisjonen i 2015 er det fremmet forslag om et innovasjonsfond som skal stilles til rådighet til støtte for innovasjon innen lavutslippsteknologier og prosesser i industrien, CCS og innovative teknologier i energisektoren. Fondet kan støtte opp til 60 prosent av kostnadene til et prosjekt. Totalt er det foreslått at 450 millioner kvoter holdes tilgjengelig for å finansiere prosjektene. 400 millioner av disse vil først være tilgjengelig etter 2021, men 50 millioner vil kunne stilles til rådighet før dette. Total verdi av fondet vil avhenge av den fremtidige kvoteprisen.

STATSSTØTTEREGELVERKET

Når aktørene i virkemiddelapparatet for innovasjon skal tildele støtte må de forholde seg til EUs statsstøtteregelverk. Tildeling av offentlig støtte til næringslivet er forbudt gjennom EØS-avtalen. Forbudet er imidlertid ikke absolutt. For at et tiltak som innebærer offentlig støtte skal kunne iverksettes må støtten gis i overensstemmelse med en av de aktuelle unntakshjemlene i regelverket.

Støtte til forskning, utvikling og innovasjon er omfattet av en slik unntakshjemmel. Den maksimale støtteintensiteten som tillates, avhenger av hvilken kategori prosjektet faller inn under. For grunnleggende forskning er maksimal støtteintensitet 100 prosent, for industriell forskning 50 prosent, for eksperimentell utvikling 25 prosent, og for «feasibility studies» 50 prosent. Maksimal tillatt støtteintensitet avhenger også av om støttemottaker er en liten, mellomstor eller stor bedrift i statsstøtteregelverkets forstand. Støtteintensiteten kan økes med 10 prosent for mellomstore bedrifter og 20 prosent for små bedrifter. For støtte til industriell forskning er beløpsgrensen 20 millioner euro per foretak per prosjekt. Prosjekter større enn denne terskelen må notifiseres og godkjennes av ESA før en tildeling kan skje.

Støtte til miljøtiltak er også omfattet av en unntakshjemmel. Det kan blant annet gis investeringsstøtte for å forbedre miljøbeskyttelse ut over EU-standarder eller i fravær av EU-standarder. Kostnader som kan dekkes er for eksempel merkostnader med å bygge et renseanlegg for utslipp til luft eller vann som overoppfyller EU-standarder. Den maksimale støtteintensiteten er på 40 prosent, men noe høyere for små og mellomstore bedrifter. Beløpsgrensen for investeringsstøtte til miljøtiltak er som hovedregel på 15 millioner euro per foretak per prosjekt. Prosjekter større enn denne terskelen må notifiseres.

Støtteintensiteten kan økes til 100 prosent dersom den tildeles ved en anbudskonkurranse. Konkurransen må blant annet være basert på klare, transparente og ikke-diskriminerende kriterier, og må legge til rette for deltakelse av et tilstrekkelig antall foretak.

Støtte til CCS-prosjekter kan også omfattes av unntaket fra forbudet mot statsstøtte på nærmere angitte vilkår. Støtte til CCS-prosjekter må alltid notifiseres og godkjennes av ESA før tildeling kan skje. Hvis prosjektet godkjennes kan støtten dekke opp til 100 prosent av støtteberettigede kostnader.

7. Referanser

- Anderson, K., & Peters, G. (2016, Oktober 14). The trouble with negative emissions. *Science*, ss. 182 -183 .
- Blyth, W., Bunn, D., Kettunen, J., & Wilson, T. (2009, August). Policy interactions, risk and price formation in carbon markets. *Energy Policy*.
- BMUB. (2016). The Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation, Building and Nuclear Safety - Klimaschutzplan 2050 (Climate Action Plan 2050). Hentet fra http://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Klimaschutz/klimaschutzplan_2050_bf.pdf
- Bråten, J. (2014). *En kostnadseffektiv og virkningsfull klimapolitikk, Rapport nr. 04/2014*. Bergen: Norsk Klimastiftelse.
- C2ES. (2016). *ACHIEVING THE UNITED STATES' INTENDED NATIONALLY DETERMINED CONTRIBUTION - Doug Vine, Center for Climate and Energy Solutions*.
- Carbon Limits. (2014). *Konsekvensene av lave kvotepriser i EU ETS*.
- De Boer, D., R., R., & H., S. (2015). *The 2015 China Carbon Pricing Survey*. China Carbon Forum.
- EC. (2011). *Impact assessment, Accompanying document to the, EC COM: A Roadmap for moving to a low carbon economy in 2050*. Brussels: European Commission.
- EC. (2013). *Horizon 2020, Work Program, General Annex G, Commission Decision C (2013) 8631*.
- EC. (2016). *EU Reference scenario 2016, Energy, transport and GHG emissions, Trends to 2050, Main results*. European Commission .
- ECORYS. (2013). *Carbon Leakage Evidence Project*.
- EEA. (2015). *Trends and projections in the EU ETS in 2015*. European Environmental Agency.
- EEA. (2016, november 08). EU Emissions Trading System (ETS) data viewer. Hentet fra <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/data-viewers/emissions-trading-viewer>
- EEA. (2016). *Total greenhouse gas emissions trends and projections -Indicator assesment*. Hentet fra <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/greenhouse-gas-emission-trends-6/assessment>
- Egenhofer, C., Alessi, M., Georgiev, A., & Fujiwara, N. (2011). *The EU Emissions Trading System and Climate Policy towards 2050 - Real incentives to reduce emissions and drive innovation?* Brussels: Centre for European Policy Studies (CEPS).
- Egli, F., Johnstone, N., & Menon, C. (2015). *Identifying and inducing breakthrough inventions: An application related to climate change mitigation, OECD Science, Technology and Industri Working Papers*. Paris: OECD Publishing.
- EU. (2015). *Intended Nationally Determined Contribution of the EU and its Member States*. Riga: Latvian Presidency of the Council of the European Union.
- European Commission. (2016). *EU ETS factsheet*.
- European Commission/Development Solutions. (2015). *EU ETS handbook*. Hentet fra http://ec.europa.eu/clima/publications/docs/ets_handbook_en.pdf
- European Council. (2014). *European Council (23 and 24 October 2014) - Conclusions*.
- European Investment Bank. (2015). *EIB climate strategi*. Hentet fra http://www.eib.org/attachments/strategies/eib_climate_strategy_en.pdf
- Forskningsrådet. (2016). www.forskningradet.no. Hentet fra www.forskningradet.no

- Fraunhofer/Ecofys. (2015). *Electricity costs of energy-intensive industries in Norway - a comparison with energy-intensive industries in selected countries*.
- Greaker, M., & Midttømme, K. (2014). *Optimal Environmental Policy with Network Effects: Will Pigovian Taxation Lead to Excess Inertia?* CESifo Working Paper No. 4759. München: CESifo Group.
- Greaker, M., Heggedal, T.-R., & Rosendahl, K. (2015). *On the rationale for directing R&D to zero emission technologies*. CREE Working Paper 15/2015.
- Groba, F., & Breitschopf, B. (2013). *Impact of Renewable Energy Policy and Use on Innovation - A Literature Review*. Berlin: German Institute for Economic Research.
- Grønn skattekommisjon. (2015). *NOU 2015:15 Sett pris på miljøet. Rapport fra Grønn skattekommisjon*.
- Holloway, S., & al, E. (2009, februar). An assessment of the CO₂ storage potential of the Indian subcontinent. *Energy Procedia*, ss. 2607-2613.
- I4CE. (2015). *Exploring the EU ETS beyond 2020, A first assesement of the EU Commissions proposal for phase IV of the EU ETS (2021-2030)*. Institute for Climate Economics.
- ICAP. (2015). *Emission trading worldwide*.
- IDDR. (2015). *Beyond the numbers: Understanding the Transformation Induced by INDCs - A report by the MILES project Consortium*.
- IEA. (2010). *Energy Technology Perspectives 2010*. Paris: OECD/IEA.
- IEA. (2011). *SUMMING UP THE PARTS Combining Policy Instruments for Least-Cost Climate Mitigation Strategies*. Paris: OECD/IEA.
- IEA. (2013). *Technology Roadmap Carbon capture and storage*.
- IEA. (2014). *CCS 2014 - What lies in store for CCS?*
- IEA. (2016). *Energy Technology Perspectives 2016*. Paris: OECD/IEA.
- IEA. (2016). *RENEWABLE ENERGY Medium-Term Market Report 2016 Market Analysis and Forecasts to 2021*. Paris: OECD/IEA.
- IEA. (2016). *World Energy Outlook 2016*. Paris: OECD/IEA.
- IETA. (2015). *GHG market Sentiment Survey 2015*. IETA. Hentet fra <https://ieta.memberclicks.net/assets/Reports/EmissionsTradingAroundTheWorld/2015%20ghg%20market%20sentiment%20survey.pdf>
- IETA. (2015). *Green house gas markets 2015/2015: Making waves*. IETA.
- Innovasjon Norge. (2015). *Innnovasjon Norge*. Hentet fra <http://www.innovasjon Norge.no>
- IPCC. (2014). *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]*. Geneva, Switzerland: IPCC.
- IPCC. (2014). *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press.
- IPCC. (2014). *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Edenhofer, O., R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K.Seyboth, A. Adler. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press*.
- ITRPV. (2016). *International Technology Roadmap for Photovoltaic (ITRPV): Results 2015*. Frankfurt am Main: VDMA Photovoltaic Equipment.
- Janeiro, L., & Klessmann, C. (2016). *Phasing-out economic support to mature renewables? Drivers, barriers and policy options*. Ecofys.

- KfW/ZEW. (2015). *KfW/ZEW CO² Barometer 2015*. Hentet fra <https://www.kfw.de/PDF/Download-Center/Konzernthemen/Research/PDF-Dokumente-CO2-Barometer/CO2-Barometer-2015-Carbon-Edition.pdf?kfwurl=Research.24-09-2015.461483>
- Kverndokk, S., & Rosendahl, K. E. (2007). Climate policies and learning by doing: Impacts and timing of technology subsidies. *Resource and Energy Economics* 29, ss. 58 - 82.
- Mazzucato, M. (2015). *The Entrepreneurial State, revised edition*. Anthem Press.
- Menon. (2014). *Pilotinvest - En vurdering av ordninger med statlig involvering for å stimulere til investeringer i pilot- og demonstrasjonsanlegg*.
- MFEQ. (2013). Québec's Cap & Trade regulation. Hentet fra Québec's Cap & Trade regulation
- Miljødirektoratet. (2014). *Kunnskapsgrunnlag for lavutslippsutvikling*.
- NCSC. (2016, oktober). Pursuing an Innovative Development Pathway: Understanding China's NDC.
- Norsk Industri. (2016). *Konjunkturrapport*.
- Norsk Industri. (2016). *Veikart for prosessindustrien - økt verdiskaping med nullutslipp i 2050*. Norsk Industri.
- NVE. (2013). Energiintensiv industri - En beskrivelse og økonomisk analyse av energiintensiv industri i Norge.
- PBL. (2015). *Trends in Global CO₂- emissions*.
- Point Carbon. (2016). *EU Climate Ambition: Falling short of Long- term Targets*.
- Regjeringen. (2016). *Energimeldingen*.
- Rogelj, J. (2016). *Mitigation in the Context of the Paris Agreement*. Miljødirektoratet.
- Schmidt, T. S., Schneider, M., Rogge, K. S., Schuetz, M. J., & Hoffmann, V. H. (2012). The effects of climate policy on the rate and direction of innovation: A survey of the EU ETS and the electricity sector. *Environmental Innovation and Social Transitions*, ss. 23 - 48.
- Smith, K. (2009). *TIK Working papers on innovation studies, Climate Change and radical energy innovation: the policy issues*. Centre for Technology, Innovation and Culture, Universitetet i Oslo.
- Spencer, T., Pierfederici, R., & al, e. (2015). *Beyond the numbers: understanding the transformation induced by INDCs, Study no. 05/15*. Paris: IDDRI - MILES Project Consortium.
- Stern, N. (2007). *The Economics of Climate Change: The Stern Review*. Cambridge: Cambridge University Press.
- The World Bank. (2011). *When Starting with the Most Expensive Option Makes sense - Use and Misuse of Marginal Abatement Cost Curves*. The World Bank, Office of the Chief Economist.
- The World Bank. (2016). *State and Trends of Carbon Pricing*.
- Thema. (2016). *Time to phase out support to mature renewables? Approaches and options*. Thema Consulting group.
- UNFCCC. (2016, mai). Aggregate effect of the intended nationally determined contributions: An update20. Hentet fra <http://unfccc.int/resource/docs/2016/cop22/eng/02.pdf>
- UNFCCC. (2016). *Intended Nationally Determined Contributions (INDCs)* . Hentet fra http://unfccc.int/focus/indc_portal/items/8766.php
- USGS. (2016). <http://minerals.usgs.gov/>. Hentet fra <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/aluminum/>
- Van Vuuren, D. (2015). *Implications of long-term scenarios for medium-term targets (2050)*. The Hague: PBL Netherlands Environmental Assessment Agency.

- Wikipedia. (2014). *Wikipedia*. Hentet fra
https://en.wikipedia.org/wiki/Swanson%27s_law#/media/File:Swansons-law.png
- Worldbank/EcoFys. (2016). *Carbon Pricing Watch 2016*.
- WRI/CAIT. (2014). *Climate Analysis Indicators Tool: WRI's Climate Data Explorer*. Hentet fra
<http://cait2.wri.org>.
- ZEP. (2014). *Business models for commercial CO2 transport and storage*. European
Technology Platform for Zero Emission Fossil Fuel Power Plants.

8. Vedlegg

8.1 Oppdraget

Oppdrag fra KLD av 10. februar 2016 - faktagrunnlag for industrien knyttet til arbeidet med klimapolitikken

Hensikten med dette oppdraget er å utarbeide et bedre faktagrunnlag for arbeidet med klimapolitikken. Vi ønsker et bedre grunnlag for å kunne vurdere utsiktene for industrien i en verden der klimapolitikken strammes gradvis inn, både på europeisk nivå og på globalt nivå. Med vedtatt reduksjonsfaktor vil kvotemengden i EU ETS reduseres betydelig fram mot 2050. Denne reduksjonen skal skje på litt over 30 år. Kvotesystemet vil i utgangspunktet sikre at utslippsreduksjonene skjer der det er billigst, og norsk industri vil kunne kjøpe kvoter for å dekke utslipp også i 2050.

Hvis det ikke finner sted utslippsreduksjoner innenfor den norske delen av kvotesystemet, så vil Norges andel av utslippene i EU ETS øke betydelig frem mot 2050.

Hensikten med oppdraget er ikke å beskrive hvor Norge skal eller bør være i 2050, men å belyse hvor Norge og Europa vil kunne være med hensyn til utslipp og utslippsstruktur i 2050, og hvordan veien dit vil være, med særlig fokus på energiprodusenter og industri (kvotepliktig sektor).

A Utslipp fra industrien i tråd med klimamålene

- Hva sier veikart fra EU om energimiks og utslipp fra forskjellige sektorer fram mot 2050? Hvilke utslippsreduksjoner i kvotepliktig sektor legges til grunn i veikartet?
- Hvor kan vi forvente at de nødvendige utslippsreduksjonene for å holde utslippene innenfor kvotetaket vil skje dersom vi ikke får store teknologiske endringer, eksempelvis karbonfangst og lagring og nye industriprosesser?
- Gitt dagens teknologi, og dagens industristruktur, hvor stor andel av kvotemengden vil industrien i Europa bruke i 2050?
- En beskrivelse av hva IPCC sier om utslipp fra industri og kraftproduksjon i årene fram mot 2050:
- I et 2 og 1,5 graders- scenario
- Hva forutsettes i IPCCs scenarier av teknologiutvikling, og hvordan vil rommet for utslipp endres dersom det ikke forutsettes mulighet for mye karbonfangst- og lagring?

B Sammenligning norsk industristruktur med andre land

- Hvordan er norsk industristruktur i dag sammenlignet med EU totalt og utvalgte enkeltland i EU, med spesielt fokus på prosessindustri i ulike land?
- Hvilke andeler har Norge og EU av global produksjon innenfor disse sektorene i dag?

Oppdraget ses i sammenheng med oppdrag gitt for underlag til forhandlingene med EU om felles gjennomføring, som har leveranse i januar 2016.

C Sammenligning av rammebetingelser for industrien i ulike land.

- Beskrivelse av rammebetingelser generelt og karbonpriser og klimapolitikk spesielt i enkeltland det er relevant å sammenligne Norge med.
- Oppdraget ses i sammenheng med arbeidet med veikart for lavutslippsindustri. Tidspunkt for leveranse tilpasses dette arbeidet.

Spørsmålene vil kunne besvares i delleveranser. Første leveranse ønskes i løpet av mars 2016. Endelig leveranse for oppdraget som helhet innen 15. desember 2016.

8.2 Om begrepet industri i rapporten

Industri er ikke et klart definert begrep. Hva som inkluderes i begrepet kan variere noe fra kilde til kilde. For de fleste kilder dekker likevel begrepet de mest utslippsintensive sektorene som metall, mineralsk, og kjemisk industri. I denne rapporten er det fokusert på nettopp de sektorene med størst utslipp, både nasjonalt og globalt. Disse sektorene skiller seg også ut ved at utslippene i stor grad stammer fra prosesser i forbindelse med produksjon av et produkt eller materiale, og betydelige utslippsreduksjoner krever utvikling og implementering av ny teknologi.

Utslipp fra virksomheter inkludert eller direkte relatert til energi og elektrisitetssektoren, herunder raffinerier, olje og gassutvinning offshore, gassterminaler, gasskraftverk og fjernvarme er som hovedregel ikke med i omfanget av begrepet industri i denne rapporten. Sammenligningen av industristruktur under kapittel 5 er gjort ved hente tall fra ulike lands nasjonale utslippsregnskap til FN. Totale utslipp for industri er normalt summen fra IPCC-kategori 1.A.2 ("Energy - Manufacturing industries") som omfatter forbrenningsutslipp og kategori 2 ("Industrial processes and product use") som omfatter prosessutslipp. Innenfor kategori 2 er utslipp knyttet til blant annet substitutter til ozonreduserende stoffer i produkter (2F), bruk av løsemidler og smøremidler m.m (2D), og øvrige små utslipp av potente klimagasser (SF₆, PFK og N₂O) ved bruk og produksjon av produkter (2G) utelatt. Dette fordi utslippsreduserende tiltak og rammebetingelser antas å ha andre utfordringer for disse utslippskildene enn for øvrig industri.

Det er også benyttet andre datakilder for utslipp fra industrien. Disse kildene er i så stor grad som mulig sammenlignet med tall fremkommet fra landenes utslippsregnskap som definert over.

IPCC- kategorier som hovedsakelig er inkludert i begrepet industri i rapporten	
1.2.A Manufacturing industries and construction	2. Industrial processes and product use
a. Iron and steel	A. Mineral industry
b. Non-ferrous metals	B. Chemical industry
c. Chemicals	C. Metal industry
d. Pulp, paper and print	D. Non-energy products from fuels and solvent use
e. Food processing, beverages and tobacco	E. Electronic Industry
f. Non-metallic minerals	H. Other
g. Other	

Tabell 1: Oversikt over IPCC- kategorier som hovedsakelig er inkludert i begrepet industri i rapporten.

Miljødirektoratet

Telefon: 03400/73 58 05 00 | **Faks:** 73 58 05 01

E-post: post@miljodir.no

Nett: www.miljodirektoratet.no

Post: Postboks 5672 Sluppen, 7485 Trondheim

Besøksadresse Trondheim: Brattørkaia 15, 7010 Trondheim

Besøksadresse Oslo: Grensesvingen 7, 0661 Oslo

Miljødirektoratet jobber for et rent og rikt miljø. Våre hovedoppgaver er å redusere klimagassutslipp, forvalte norsk natur og hindre forurensning.

Vi er et statlig forvaltningsorgan underlagt Klima- og miljødepartementet og har mer enn 700 ansatte ved våre to kontorer i Trondheim og Oslo, og ved Statens naturoppsyn (SNO) sine mer enn 60 lokalkontor.

Vi gjennomfører og gir råd om utvikling av klima- og miljøpolitikken. Vi er faglig uavhengig. Det innebærer at vi opptrer selvstendig i enkeltsaker vi avgjør, når vi formidler kunnskap eller gir råd. Samtidig er vi underlagt politisk styring. Våre viktigste funksjoner er at vi skaffer og formidler miljøinformasjon, utøver og iverksetter forvaltningsmyndighet, styrer og veileder regionalt og kommunalt nivå, gir faglige råd og deltar i internasjonalt miljøarbeid.