

**SINTEFs faglige innspill til
klimatoppmøtet i Dubai 2023:**

Slik kan COP28 bli vendepunktet verden trenger



COP28
UAE

 **SINTEF**

Innhold

Bærekraftig kjøling	6
Karbonfangst og -lagring (CCS)	10
Karbonfjerning (Carbon Dioxide Removal, CDR) ..	14
Utslippskutt andre klimagasser: Metan	18
Hydrogen	21
Energieffektivisering i industrien	25
Vannkraft og energilagring	27
Havvind	30
Maritim transport	34

I mars 2023 kom den 6. synteserapporten fra IPCC, som regnes som det viktigste grunnlaget for utforming av internasjonal klimapolitikk. IPCCs 6. hovedrapport utgjør derfor det faglige grunnlaget for forhandlingene under COP28, og for SINTEFs innspill.

Under COP28 skal det første "global stocktake" (GST) under Parisavtalen konkluderes. GST er en statusgjennomgang på om vi er i rute med tanke på å nå klimamålene. Global Stocktake, eller «den globale gjennomgangen» på norsk, under Parisavtalen blir et svært viktig punkt i forhandlingene under COP28.

Presidentskapet for COP28, De forente arabiske emirater, har løftet frem bærekraftig kjøling som et viktig tema for årets klimatoppmøte. Regjeringen skriver at utslippsreduksjoner vil være en hovedprioritet for Norge i forhandlingene.

SINTEFs innspill er fokusert hovedsakelig rundt utslippskutt og energitransisjonen, med utgangspunkt i den kunnskapen vi besitter innen viktige energi- og klimateknologier og forskning og innovasjon innen dette området.

2023 har vært et skrekkår når det gjelder klima. 2023 sprenger alle rekorder og er det klart varmeste året siden vi startet å måle temperatur på jorda. Det har blitt klart at vi sannsynligvis ikke kommer til å nå 1,5-gradersmålet uten betydelig overshoot. Dette er bakteppet for årets klimatoppmøte i Dubai, og må være styrende for videre arbeid. Samtidig opplever vi at det fortsatt er en stor og økende kløft mellom språket som brukes i de internasjonale klimaforhandlingene på den ene siden, og den eskalerende klimakrisen og hastverket vi har for å innfri klimamålene på den andre siden. SINTEF vektlegger betydningen av interaksjonen mellom klima, natur og arealbruk samt kulturutfoldelse som et integrert sakskompleks, vi vektlegger dog i dette dokumentet klimakrisen i konteksten COP28.

Norge sin rolle i klimaforhandlingene må være å bidra til å heve ambisjonene for å fremskynde overgangen fra et utslippsintensivt energisystem basert på fossil energi til et system basert på fornybar energi. For å klare å gjennomføre store utslippskutt og omstilling til et fornybart energisystem på kort tid, trengs både økt kunnskap og mer forskning. Norge har verdensledende forskningsmiljøer på flere av områdene som vil være viktig i den grønne omstillingen, men vi trenger også at det legges til rette for mer internasjonalt forskningssamarbeid og kompetansedeling.

SINTEF jobber med mange av de teknologiske løsningene verden trenger. Vår ambisjon i vårt faglige innspill til COP28 er at vi skal bidra med oppdatert forskning og kunnskapsunderlag om de viktigste teknologiene for utslippskutt og som bygger opp under energitransisjonen.

SINTEF sine tre overordnede råd til COP28 er:

1. Norge bør tilgjengeliggjøre CO₂-infrastruktur for å ta hånd om eksporterte mengder CO₂ gjennom olje og gass. Norge bør oppfordre andre petroleumseksporterende land til å gjøre tilsvarende for å få fortgang i avkarboniseringen av fossile brensler og materialer.
2. Norge bør bidra til å akselerere forsknings- og teknologisamarbeid internasjonalt på COP28, for å sikre spredning av den kompetansen og teknologien hele verden trenger for å kutte utslipp av klimagasser.
3. Global oppvarming skjer raskere enn de fleste modellene tilsier i sine beste estimat. Det krever rask respons. Verden trenger ikke nye mål, men handling og implementering.



Nils Røkke
Direktør bærekraft

Faglige bidragsyttere:

- Forsker Rahul Anantharaman
- Seniorforsker Atle Harby
- Markedssjef Trond Johnsen
- Sjefforsker Kristin Jordal
- Forskningssjef Mona MølInvik, leder FME NCCS
- Sjefforsker Petter Nekså
- Seniorforsker Kristina Norne Widell
- Seniorforsker Gunhild Allard Reigstad
- Direktør bærekraft Nils Røkke, leder FME HYDROGENi
- Forskningssjef Petter Røkke, leder FME HighEFF
- Forsker Julian Straus
- Sjefforsker John-Olav Tande, leder FME NorthWind
- Seniorforsker Fride Vullum-Bruer
- Redaksjon: Mari Greta Bårdsen, Nils Røkke og Anne Steenstrup-Duch

Bærekraftig kjøling

Kontaktpersoner SINTEF



Sjeforsker Petter Neksa,
Petter.Neksa@sintef.no,
+4792606519



Seniorforsker Kristina Norne Widell,
Kristina.Widell@sintef.no
+47 91 89 30 26

Problem

COP28s presidentskap ved UAE har løftet frem bærekraftig kjøling som et viktig tema. Ifølge UNEP er en bærekraftig tilnærming til kjøling kritisk viktig for å håndtere klimaendringene, og er viktig for både klimatilpasning og klimagassreduksjoner. Med global oppvarming og ekstremtemperaturer vil dessuten behovet for kjøling øke.

Klorfluorkarboner (KFK) er en gruppe luktfrie og kunstig fremstilte kjemikalier. Tidligere ble de ofte brukt i spraybokser, kjøleskap og klimaanlegg og i en rekke andre produkter frem til Montrealprotokollen, som trådte i kraft i januar 1989, innførte forbud mot bruk av KFK da det viste seg at de bidro til å bryte ned ozonlaget. KFK ble erstattet av hydrofluorkarboner (HFK). HFK har ikke ozonnedbrytende egenskaper, men har siden vist seg å være svært kraftige klimagasser. I januar 2019 trådte Kigali-tillegget i Montrealprotokollen i kraft, noe som innebærer en gradvis reduksjon av HFK-forbruket. Ved å gå over til ozon- og klimavennlige alternativer kan vi unngå mer enn en halv grads temperaturøkning på jorda innen utgangen av århundret.

En ytterligere klimautfordring har dukket opp i den senere tid. En del av erstatningsstoffene til HFK som er foreslått, med lavt globalt oppvarmingspotensialer (GWP), faller inn under kategorien PFAS (Perfluorerte stoffer) og brytes helt eller delvis ned til TFA (trifluoreddiksyre) som senere akkumuleres i naturen. Dette kan ha mange mulige negative effekter for menneskers helse. Her finnes det foreløpig ikke restriksjoner, men forslaget som 5-lands gruppen hvor Norge er med, foreslår å fase disse stoffene ut.

Utover dette er også kjøling energikrevende og bærekraftighet påvirkes av energikilden som benyttes. Bruk av fornybar energi til kjøling er miljøvennlig, men i områder som er basert på fossile kilder for kraftproduksjon vil kjøling ved bruk av elektrisitet føre til betydelige indirekte klimautslipp. Det er derfor veldig viktig at alle anlegg har høyest mulig energieffektivitet.

Løsning

Å møte behovene for kjøling på en bærekraftig måte kan hjelpe over en milliard mennesker med klimatilpasning og samtidig redusere kostnadene knyttet til energitransisjonen med 3,5 billioner dollar innen 2030, ifølge UNEP.

Bærekraftig og fornybar kjøling er et tema hvor SINTEF i samarbeid med NTNU har verdensledende ekspertise, med spesiell oppmerksomhet på bruk av kjølemedier som naturlig forekommer i biosfæren, som karbondioksid (CO₂), ammoniakk (NH₃), hydrokarboner (HC) og vann (H₂O). Bruk av disse mediene gir en langsiktig, klimasikker løsning. Mange av landene, spesielt lavinntektsland (A5), kan også "leap-frogge" direkte fra HKFK og HFK stoffer til bærekraftige alternativer, uten å gå veien om medier som kanskje må fases ut om få år.

I tillegg til å erstatte potente klimagasser og direkte utslippskutt, kan CO₂ som kjølemedium også bidra til en energibesparelse. For supermarkeder er det blitt demonstrert rundt 35 prosent reduksjon av strømforbruket (med referanse til reell driftserfaring fra en rekke butikker hos REMA 1000). Dette er gjort ved å integrere alle behovene: til kjøling, frysing, oppvarming og klimakjøling i samme anlegget. Mer enn 35 000 slike anlegg anslås nå å være installert, hovedsakelig i Europa, men også globalt. I Norge har nå de fleste supermarkeder konvertert til bruk av CO₂ som kjølemedium. Videre har anlegg som benytter andre naturlige medier, eksempelvis NH₃ og HC, vist seg å kunne lages meget energieffektive. Utfordringen for disse mediene er imidlertid giftighet og brennbarhet av mediene. Riktig bruk og tilpasning av standarder for å oppnå sikker drift og installasjon blir derfor viktig. Et annet eksempel er fiskefartøy, hvor fisken må kjøles eller fryses. I store deler av den globale fiskeflåten brukes fortsatt HKFK 22, som både har ozonnedbrytende effekt og er en betydelig klimagass, mens man i Norge stort sett bare bruker naturlige kuldemedier (NH₃ og CO₂).



SINTEF



↓ **35 %**

MINDRE STRØM

↓ **37**

Mt CO₂e

UTSLIPPSKUTT

Forskning på kjøle- og varmepumper kutter millioner tonn CO₂ og sparer 35 % strøm

Forskning på CO₂ som erstatter klimagassen HFK i kjøle- og varmepumper er brukt av over 35 000 supermarkeder internasjonalt. Forskingen kutter 37 millioner tonn CO₂ hvert år og gir 35 % mindre strømforbruk. Forskingen er finansiert av prosjektpartnere, EnergiX/Norges forskningsråd og EU.

 HighEFF

Anbefaling

- Det må tilstrebes å utvikle anlegg med naturlige medier som er konkurransedyktige på effektivitet og kostnad sammenliknet med anlegg basert på fluorholdige medier.
- Begrensninger i bruk av fluorholdige medier med GWP over 150 og forbud mot medier som faller inn under PFAS definisjonen bør støttes.
- Teknisk sett er det spesielt viktig å finne løsninger for varmepumper og kjøleanlegg som kan fortrenge bruk av fossile varmekilder til romoppvarming. EU og andre land har som en viktig del av sine strategier å bruke varmepumper for å oppnå dekarboniseringen. Hydrokarboner (HC) er veldig godt egnet for slike bruksområder, men standardene som er gjeldende gir store begrensninger i mulig kapasitet for anlegg med HC. Utvikling av standarder som tillater høyere fyllingsmengder bør støttes.
- Videre er utvikling av høytemperatur varmepumper med naturlige medier veldig viktig for å bidra til avkarbonisering av varmebehov i industrien, spesielt mellom 100-200 °C. Forskningsprogram som støtter slik utvikling er viktig.
- Forskningsprogram som legger opp til kompetansedeling på tvers av land, for videreutvikling av bærekraftige kjøleanlegg, blir viktig.

Karbonfangst og -lagring (Carbon Capture and Storage, CCS)

Kontaktperson SINTEF



Forskningsjef Mona Mølsvik,

mona.molnsvik@sintef.no,
+47 93 00 88 68

Problem

Karbonfangst og -lagring (CCS), består av en rekke teknologier og prosesser som gjør det mulig å fange CO₂, lagre denne permanent i geologiske formasjoner og dermed gi store kutt i CO₂-utslipp. Hundrevis av klimascenarier har blitt modellert av IPCC, og CCS spiller en avgjørende rolle i nesten alle av dem som viser en vellykket oppnåelse av Paris-avtalens klimamål.

Når man snakker om hvilken rolle CCS vil spille i energitransisjonen og i det grønne skiftet, må det vurderes opp mot hvilke utslipp vi ikke klarer å kutte innen 2050 ved hjelp av energieffektivisering, elektrifisering, hydrogen og økt fornybar kraftproduksjon. CCS er den eneste teknologien som kan avkarbonisere enkelte industrier, som sement- og kalkproduksjon og avfallsforbrenning. Det er også en av løsningene for avkarbonisering innenfor metallproduksjon. Det er også andre sektorer som er mer krevende å avkarbonisere, hvor CCS vil være svært viktig for å kunne oppnå netto null innen 2050.

For at CCS skal bli en løsning for å bremse klimaendringene må det tilrettelegges for transport og lagring av store mengder CO₂, det vil si flere gigatonn per år innen 2050 globalt. Derfor må det utvikles standarder og forutsigbarhet slik at CO₂ kan flyte i et nettverk mellom ulike operatører og over landegrensene. Her må politikerne finne den best mulige balansen mellom regulering og frie markedskrefter.

CCS er også en helt nødvendig løsning for å kunne produsere rent hydrogen fra naturgass, såkalt blå hydrogen eller lavkarbon hydrogen.

Løsning

CO₂-fangst, transport og lagring (CCS) er avgjørende for å nå nullutslipp innen 2050, selv med stor framgang innen fornybar energi og energieffektivisering. CCS-teknologier gir oss også grunnlaget som kreves for å støtte CO₂-fangstløsninger fra for eksempel biobaserte prosesser eller direkte fangst fra atmosfæren (også kjent som Direct Air Capture/DAC) eller vann. Realisering av CCS forutsetter at industrien er dypt engasjert i forskningsprosjekter som utvikler de praktiske løsningene som trengs. Nye forretningsmodeller må utvikles for å sikre at implementeringen skjer så raskt som overhodet mulig. Verken stater eller bedrifter kan løse klimakrisen alene, det vil være behov for tilskudd av både offentlig og privat kapital.

CCS er en moden teknologi og anvendes i dag til å fange 42,5 millioner tonn CO₂ per år med geologisk lagring eller bruk. Norge er en pioner innen området og har bevist sikker lagring og transport i snart 30 år på Sleipner, og 16 år på Snøhvitfeltet knyttet til Melkøya. Fangst og transport av CO₂ er sammenlignbart med annen prosessindustri, og omfatter håndtering av en gass som hverken er eksplosjonsfarlig eller giftig i normale konsentrasjoner, som de aller fleste gasser vi omgir oss med. Det er ekstremt viktig at lagringsstedene er godt kartlagt og overåkes under drift og etter drift. Dette har man gode løsninger på i dag og det er og arbeidet med avbøtende tiltak i worst case scenarioer.

CCS kan i prinsippet rense nær 100 prosent av CO₂-utslippene av fra bruken av fossile materialer, det være seg brensel slik som kull, olje eller – eller andre prosesser hvor man frigjør fossilt CO₂ slik som for eksempel fra brenning av kalkstein. Teknisk/økonomisk optimum ligger normalt rundt 90-97 prosent, høyere kvotepriser (f.eks. i EU-ETS) vil presse opp fangstgraden. Det er også viktig å ta hensyn til hele verdikjeden i slike betraktninger. Det gjelder ikke bare for disse prosessene, men det gjelder også for prosesser for fornybar energi, her spiller særlig CO₂-intensiteten i kraftmiksen en stor rolle. For å balansere for gjenværende mengder fossil CO₂ i utslippene fra prosessanlegg er det mulig å bruke CCS på prosesser som helt eller delvis bruker biomasse, eksempelvis biogass, marin biomasse, landbruksavfall eller skogavfall eller avfall fra husholdninger. Det siste er særlig aktuelt for energigjenvinningsanlegg basert på avfall som Klementsrudanlegget eller det planlagte anlegget ved Trondheim Varmesentral.

Den største risikoen ved ikke å ta i bruk CCS er at vi fortsetter å slippe ut milliarder av tonn med CO₂ ut i atmosfæren fra menneskeskapte aktiviteter, noe som vil føre til at disse aktivitetene vil fortsette å påvirke klimaet i en negativ retning.

Det er på høy tid at det realiseres anlegg slik at man ser en balanse mellom hvor mye som gjøres kontra hvor mye man har sagt skal gjøres over tid. Her er det et stort misforhold som svekker omdømmet til denne løsningen. Eksempelvis fanger og lagrer Norge omtrent 1,6 millioner tonn CO₂ per år via Sleipner og Snøhvit mens utslipp fra bruken av eksportert gass er på om lag 250 millioner tonn/år.

Storskala CO₂-lagring er avgjørende. Når man tar i betraktning det store bildet – vårt mål om nullutslipp innen 2050, er Langskip et viktig springbrett for grønn omstilling.

En del av Langskip, Northern Lights-prosjektet, handler om å transportere og lagre opptil 1,5 millioner tonn CO₂ utslipp i fase 1 fra forskjellige anlegg, blant annet fra en sementfabrikk på fastlandet. Gassen vil bli gjort flytende og transportert fra fabrikk via skip til en landterminal for mellomlagring og videre transport til lagringsstedet offshore. Herfra vil gassen transporteres i en rørledning omtrent 100 km fra land og injisert i et permanent lagringssted nær 2700 meter under havoverflaten. Northern Lights blir Europas første CO₂ lagringsknutepunkt, og har som mål å lagre 5 millioner tonn CO₂ under havbunnen hvert år i neste fase, med mulighet til å lagre enda mer CO₂ i nærliggende geologiske formasjoner. En rekke industri bedrifter har meldt sin interesse. Realiseringen av et fullskalaprojekt som kan lagre opptil 5 millioner tonn CO₂ fra norsk industri hvert år i fase 2 er et stort skritt framover. Videre er flere tillatelser tildelt industrielle aktører for leting og utnyttelse av reservoarer på norsk sokkel for injeksjon og lagring av CO₂ de siste årene¹.

CCS muliggjør blått hydrogen. Hydrogen4EU-studiene har konkludert med at «endringer uten sidestykke» kreves for å nå nullutslipp innen 2050. Dette inkluderer storskala elektrifisering av samfunnet, med mye av strømproduksjonen fra sol og vind, deriblant havvind. I tillegg må vi utvikle et hydrogenmarked som muliggjør omsetning av hydrogen basert på alle tilgjengelige produksjonsmetoder – også fra naturgass.

Permanent lagring av CO₂ er en viktig del av overgangen til hydrogensamfunnet, hvis den skal gjøres på en kostnadseffektiv måte. Storskala CO₂-lagring (for eksempel under havbunnen i Nordsjøen) kan dermed sparke i gang hydrogeninfrastrukturen vi trenger for en fornybar fremtid.²

EU-taksonomien gir oss en bred oversikt over fremtidens økonomiske aktivitet, mens Langskip gir oss en mal for hvordan partnerskap mellom offentlige og private kan fungere for å lukke gapet mellom pilotprosjekter og fullskala implementering. Offentlige investeringer på dette stadiet vil gjøre det mulig for bedrifter å bli med på CCS-omstillingen tidligere enn de ellers kunne, noe som vil redusere totalkostnaden i det lange løp.

¹ *Tillatelser til CO₂-lagring - Oljedirektoratet (npd.no)*

² *<https://www.nrk.no/mr/studie-fra-gassco-viser-at-det-er-mogleg-a-transportere-hydrogen-fra-noreg-til-tyskland-1.16651239>*

Anbefaling

- CO₂-fangst, transport og lagring (CCS) er avgjørende for å nå nullutslipp innen 2050, selv med stor framgang innen fornybar energi og energieffektivisering. CCS må brukes der man ikke realistisk kan anvende andre løsninger innen rimelig tid og er en av flere løsninger på klimakrisen. CCS kommer ikke til bruk istedenfor andre bærekraftige løsninger, men i tillegg.
- Dersom Norge går inn for en formulering i slutterklæringen om utfasing av urensset eller «unabated fossil fuels», må det spesifiseres når utslippene skal renses (såkalt rapid abatement) og hvor stor renselsesgrad som må til for å komme inn under definisjonen «renset» eller «unabated». Her bør man bruke «beste tilgjengelige teknologi» (Best Available Technology) som utgangspunkt for rensesgrad. I tillegg bør også fossile innsatsfaktorer og andre fossile materialer som bidrar til utslipp adresseres, ikke bare fossile brensler («fuels») – slik kan også utslipp fra aluminiums- og sementproduksjon omfattes av formuleringen.
- Land med høye eksporterte CO₂-utslipp må ta ansvar for å tilby lagring av CO₂, i samme størrelsesorden som de eksporterte CO₂-utslippene. De oljeproduserende landene har geologisk lagring og kompetanse i kraft av å være nettopp oljeprodusenter. Norge må også ta sitt ansvar her – Langskip er en god start, men lagringskapasiteten i dette prosjektet er ikke tilsvarende våre eksporterte CO₂-utslipp. Dette er en videreføring av EU sin "take back" obligation i NET ZERO Industry Act som pålegger produsenter av olje og gass innen EU å stille til rådighet lagringskapasitet på 50 MT CO₂/år i henhold til produksjonsandelen de siste 4 år i EU.

Karbonfjerning (Carbon Dioxide Removal, CDR)

Kontaktperson SINTEF



Kristin Jordal,

Kristin.Jordal@sintef.no,
+47 41 64 73 87

Problem

Å kutte klimagassutslipp er i seg selv ikke nok, dersom vi skal nå 1,5-gradersmålet og komme til netto nullutslipp innen 2050. I tillegg til utslippskutt, må vi fjerne klimagasser (Carbon Dioxide Removal) fra atmosfæren og fra hav og vann.

CDR-løsninger er svært viktig med tanke på 2050-målet om netto nullutslipp. Vi vil mest sannsynlig ikke være i stand til å kutte utslippene raskt nok, og samtidig er det sektorer hvor det er vanskelig å se for seg nullutslipp – for eksempel landbruk, deler av industrien og transportsektoren (eksempelvis transkontinentale fly og skipstransport). IPCC anslår at vi må fjerne om lag 6 milliarder (Gigatonn) tonn CO₂ globalt per år for å nå netto null innen 2050 og totalt opp mot 600 milliarder tonn til år 2100 for å ha sjanse til å begrense oppvarmingen til 1,5 grader.

Vi har allerede sluppet ut for mye klimagasser, vi har nå en atmosfærekonsentrasjon av CO₂ på omtrent 420 ppm, førindustrielt nivå var omtrent 280 ppm. Ved 450 ppm nærmer vi oss 2 grader³ oppvarming. Vi trenger store utslippskutt, blant annet gjennom CCS fra fossile kilder. Men vi må også rydde opp i gammel moro gjennom å hente tilbake igjen gamle utslipp, og vi må kompensere for de utslipp vi ikke klarer å kutte helt i fremtiden. Det gjøres gjennom å fjerne

³ med 50 prosent sannsynlighet

CO₂ fra atmosfæren via biomasse eller direkte fra lufta eller fra vann, og sørge for at det lagres trygt slik at karbonet ikke slipper tilbake ut i kretsløpet igjen.

I EU sitt foreslåtte rammeverk for sertifisering av karbonfjerning bruker man i tre kategorier:

- a) Teknologiske løsninger for permanent karbonlagring, slik som bioenergi med karbonfangst eller direktefangst fra luft (DAC) med permanent lagring. Denne kategorien kan bruke samme infrastruktur for transport og lagring som CCS fra fossile utslipp (se ovenfor).*
- b) Karbonlagring i produkter og materialer: Dette er en noe heterogen kategori som omfatter blant annet karbonatiserte mineraler (hvor karbon fra biomasse eller luft i prinsipp kan bindes permanent) og trebaserte konstruksjoner (for eksempel trehus), som jo kan vare veldig lenge, men også utsettes for eksempelvis brann.*
- c) Naturbaserte løsninger: Skogplanting, forbedring av jordsmonn, restaurering av våtmarker.*

Bruk av biokarbon kan gå inn under alle tre kategorier: (a) bruk av biokarbon i smelteverk som bruker CCS, (b) bruk av biokarbon i materialer (bruk i betong er et eksempel på forskningsområde) og (c) bruk som jordforbedringsmiddel.

Fangst av fossilt karbon for lagring (CCS) er ikke karbonfjerning, men utslippskutt, som beskrevet i kapittelet over. Like fullt er utvikling og skalering av CCS viktig for utviklingen av nødvendig infrastruktur for permanent lagring av CO₂ – og slik en forutsetning for utrulling av flere CDR-løsninger.

Bruk av fossil CO₂ i produkter er generelt sett ikke karbonfjerning, og det er heller ikke bruk av CO₂ fra biomasse eller luft i produkter med kort levetid (typisk hydrokarboner, som for eksempel drivstoff). I sum bidrar ikke disse teknologiene til å redusere klimagasser i atmosfæren.

Det er enighet om at vi er avhengig av CDR for å klare å nå netto null i 2050 – men vi mangler en plan for hvordan det skal foregå og i hvilket omfang. Slik situasjonen er i dag er det få incentiver for å fjerne CO₂ fra atmosfæren eller fra havet, med unntak for Inflation Reduction Act (IRA) i USA som gir skattelettelse for direkte CO₂-fjerning fra luft. Det krever politiske grep – både nasjonalt og internasjonalt. Det må skapes en markeds plass for å stimulere til karbonfjerning. Vi ser i Sverige at man på vei mot å skape en markeds plass for karbonfjerning via biomasse gjennom å innføre «omvendte auksjoner». Den som tilbyr fangst og permanent lagring av CO₂ fra biomasse til lavest pris per tonn CO₂ vil få økonomisk støtte under de første 15 årene fra den dato lagringen starter.

Det er i tillegg lite forskningsfinansiering tilgjengelig for utvikling av CDR-teknologier. Dette gjelder spesielt for fjerning av CO₂ og andre klimagasser fra luft og fra vann, men også for å identifisere energi-, ressurseffektiv, og bærekraftig bruk av biomasse for CCS. Samt for å vurdere om det i tillegg til bruk av CCS fins nye og hensiktsmessige måter å lagre karbon i materialer over lang tid (hundrevis av år). Dette er kritisk siden det haster å utvikle gode nye teknologier som kan bli implementert i tilstrekkelig stor skala og nå markedet. Forskningsområdet

er underfinansiert, derfor trenger vi også en plan for hvordan vi skal utvikle de klimapositive teknologiene vi trenger gjennom forskning og utvikling.

Det er mange utfordringer knyttet til både hvordan CDR skal involveres i enkeltstatenes klimaplaner og hvordan CDR skal måles, verifiseres og reguleres, både på internasjonalt og nasjonalt nivå.

Det er viktig å huske at potensialet for CDR er begrenset – mengden biomasse som kan brukes for CDR begrenses av hensyn til naturmangfold og arealbruk, mens fjerning av CO₂ direkte fra luft (eller fra sjøvann) er meget energikrevende. Det vil alltid være mindre energikrevende å fange og lagre CO₂ fra en energiintensiv industri enn å fange og lagre CO₂ direkte fra luft eller sjøvann. Med andre ord må kutt i CO₂-utslipp alltid komme før karbonfjerning. Karbonfjerning er et tiltak som trengs i tillegg til utslippskutt grunnet den kritiske klimasituasjonen.

Løsning

FNs klimapanel er tydelige på at det er nødvendig å fjerne store mengder CO₂ fra atmosfæren og havet for å begrense den globale oppvarmingen og oppfylle målene i Parisavtalen. Behovet for nye, bærekraftige kostnads- og ressurseffektive CDR-løsninger, mer forskning og teknologiutvikling er presserende.

Det er et sterkt behov for at CDR blir en del av de internasjonale klimaforhandlingene, og at det utarbeides veiledende retningslinjer og standardisering når det gjelder verifikasjon, måling og rapportering. Det er viktig at FN tar internasjonalt lederskap på dette området, for å sikre at utviklingen blir bærekraftig og rettferdig.

Norge bør ta initiativ til at CDR løftes opp i de internasjonale klimaforhandlingene, og at det tydeliggjøres hvilken rolle CDR skal spille i enkeltstaters arbeid med å nå sine klimaforpliktelser og i arbeidet mot å nå de globale klimamålene. En må i denne sammenhengen huske at kutt i fossile utslipp må komme først, siden dette trengs i mye større omfang enn karbonfjerning. Med andre ord: Karbonfjerning, eller CDR, kan ikke brukes som påskudd for å unngå kutt i fossile utslipp. Det er så langt ikke direkte kvantifisert noen konkrete separate mål for hvor mye fossile CO₂-utslipp som må kuttes og hvor mye karbon som må fjernes gjennom CDR. Det her heller ikke definert nøyaktig hvilke sektorer det er så vanskelig å kutte utslippene mot null at gjenværende utslipp faktisk må kompenseres for gjennom karbonfjerning⁴.

Når det gjelder Norge, har Miljødirektoratet sett på ulike scenarier, og bruker 1 million tonn/år som et eksempel for å anslå behovet i Norge i 2030. Dette er et relativt nytt område med stort behov for forskning og innovasjon – og det haster.

Norge er ledende i utvikling av CCS-løsninger, og vi har et godt utgangspunkt for å også ta lederskap i utviklingen av CDR-teknologi.

⁴ <https://www.wri.org/research/international-carbon-removal-governance>

Anbefaling

- Vi trenger både utslippskutt og karbonfjerning for å nå netto null innen 2050, og nå er det på tide at også CDR behandles som et sentralt virkemiddel i de internasjonale klimaforhandlingene. IEA estimerer at vi må fjerne om lag 1,7 milliarder tonn CO₂ globalt per år i 2050 for å nå netto null⁵. Dette er adskillig lavere en estimatet fra IPCC på 6 mrd tonn, men fortsatt veldig mye. Vi trenger en plan for hvordan det skal skje, og det haster. I sitt «Delayed Action Case» anslår IEA at 5 milliarder tonn CO₂ må fjernes årlig fra atmosfæren under andre halvdel av dette århundret for å nå tilbake til en temperaturøkning på kun 1,5 grader.
- Fjerning av karbon fra atmosfæren må komme i tillegg til kutt i klimagassutslipp. Kutt i klimagassutslipp er det klart viktigste virkemiddelet for å unngå katastrofale klimændringer. Vi må ikke komme i en situasjon hvor karbonfjerning prioriteres på bekostning av utslippskutt. Da vil vi aldri nå målet om netto null, da fjerning koster typisk 10-20 ganger mer enn reduksjon tonn for tonn. Samtidig kan en overdreven bekymring for dette medføre at det ikke satses nok på CDR. Derfor er det et behov for internasjonal regulering og anbefalinger når det gjelder de relative nivåene for utslippskutt og CDR. CDR bør også reguleres slik at man ikke kan slippe ut klimagasser et sted på jorda og fjerne det et annet sted, det bør være avgrenset til hvert land sine grenser. Et regelverk må på plass som løser dilemma rundt dette på eksempelvis utslipp i internasjonalt farvann og luftrom.
- Karbonfjerning kan ikke bli et hvileskjær for å unngå eller utsette utfasing av fossil energi – gjennom en tankegang om «offset».
- En del av begrunnelsen for hvorfor CDR er nødvendig for å nå netto nullutslipp innen 2050 er at noen sektorer er vanskelig å avkarbonisere. Det bør tydeliggjøres hva som defineres som såkalte «hard to abate emissions».
- FN bør ta initiativ til at det settes mål for hvor mye CO₂ som skal hentes tilbake fra atmosfæren, i tillegg til utslippskutt. Vi har tydelige nasjonale mål for hvor store utslippskutt som er nødvendige, men når det gjelder fjerning av CO₂ er det ikke satt noen konkrete mål.
 - Det vil være naturlig for Norge å sette en målsetting for fjerning av klimagasser fra atmosfæren, slik EU har forslått- både for naturbaserte og teknologiske løsninger. En realistisk målsetting er 500 000 tonn/år i 2030, det viser også behovet for å utvide aktiviteten for å kunne lagre CO₂ på sokkelen.
- Det bør utarbeides internasjonale retningslinjer og standardisering når det gjelder verifikasjon, måling og rapportering av CDR.
- Mer forskningsfinansiering for utvikling av nye CDR-teknologier og løsninger. CDR er et område som er underfinansiert på forskning og innovasjon, det er behov for målrettede virkemidler for å få frem teknologi og løsningene vi trenger for å realisere fjerning av CO₂ og andre klimagasser.
- De landene som historisk sett har stått for de største utslippene må øke innsatsen og sette av finansiering som øremerkes til forskning og utvikling av helt nye løsninger som eksempelvis lagring av karbon i jord, og andre teknologiske løsninger som også kan omfatte andre klimagasser slik som lystgass og metan.

⁴ Net Zero Roadmap: A Global Pathway to Keep the 1.5 °C Goal in Reach – Analysis - IEA

Utslippskutt andre klimagasser: Metan

Kontaktpersoner SINTEF



Seniorforsker Gunhild Allard Reigstad
gunhild.reigstad@sintef.no,
+47 99 15 64 02



Forsker Julian Straus,
julian.straus@sintef.no,
+47 45 83 58 35



Forsker Rahul Anantharaman,
rahul.anantharaman@sintef.no,
+47 47 32 40 44

Problem

Atmosfærisk metan er den nest viktigste klimagassen etter CO₂. Den sjette vurderingsrapporten fra IPCC fant at metanutslipp fra alle menneskelige aktiviteter bidro med omtrent 0,5 °C til den nåværende observerte oppvarmingen. Metan har en levetid i atmosfæren på rundt 10-12 år og global oppvarmingspotensialet (GWP) av metan tilsvarer 30 (i et 100års-perspektiv) til 83 (i et 20-årsperspektiv) ganger den for CO₂⁶.

Metanutslipp tilsvarer omtrent 10 prosent av klimagassutslippet i EU⁷ og Norge⁸, mens det samme tallet er 11,5 prosent for USA (målt i et 100års-perspektiv). Metanutslippene har økt, hovedsakelig drevet av landbruksaktiviteter, avfallshåndtering og utvinning og bruk av fossilt brensel. Størstedelen av metanutslipp i Europa kommer fra landbruk (57 prosent i Norge, 46 prosent i EU og 26 prosent i USA) mens globalt er olje- og gassvirksomhet en stor kilde til metanutslipp (30 prosent i USA). Metan utslipp kan føre til en situasjon hvor naturgass har et dårligere klimagassregnskap enn kull.

Metanutslipp fra olje- og gassvirksomhet kan komme fra forskjellige steder og man må skille mellom konvensjonelle reserver og skifergass/oljesand. Generelt sett har man i hver del av verdikjeden metanutslipp, delvis pga. lekkasje, delvis pga. valg av teknologier (ventiler som opererer med hydraulisk løsninger er designet til å slippe ut metan). U.S. Environmental Protection

⁷ <https://www.eea.europa.eu/publications/annual-european-union-greenhouse-gas-2>

⁸ SSB utslipp til luft, tabell Statistikkbanken kildetabell 13931

Agency (EPA) har undersøkt forskjellige kilder relatert til metanlekkasje ut fra tekniske installasjoner⁹ hvor man kan se at det er mange teknologier som bidrar til utslippene.

Metanutslipp kommer også fra kullutvinning (omtrent 5 prosent i EU og i USA) og fra avfall som deponigass (anaerobic digestion, 18 prosent i EU og Norge, mens den ligger på 15 prosent i USA).

Mens verden har satt søkelys på metanutslipp fra olje- og gassindustrien og landbruk (og kjøttforbruk spesielt), kommer en betydelig del av metanutslippene fra risdyrking. Ris forsyner halvparten av verdens befolkning med basismat, men risdyrking er også kilden til halvparten av verdens utslipp av dyrket mark. En annen kilde til metanutslipp som blir viktigere er myrområder. I metankilder som risdyrking, myrer og avfallsdeponering er det også betydelige utslipp av en annen potent klimagass: lystgass.

En rapport fra FNs miljøprogram¹⁰ om metan viser at å kutte metanutslippene med 45 prosent i dag kan redusere oppvarmingen med 0,28 °C ved midten av århundret – og holde verden på fortsatt kurs mot målet om mindre enn 2 °C global oppvarming.

Løsning

USA og EUs initiativ «Global Methane Pledge» (GMP) som ble lansert under COP26 var viktig for å sette søkelys på viktigheten av å redusere metanutslippene. GMP er basert på et (frivillig) mål om å bidra til å redusere globale metanutslipp med 30 prosent fra 2020-nivå innen 2030. Nå er det på tide å løfte ambisjonene og diskutere også nasjonale mål for utslippskutt av metan.

Metanutslipp fra olje- og gassindustrien kan reduseres betydelig med dagens teknologier. IEA sier at man kan redusere 40 prosent av metanutslipp uten netto kostnader med kjente, eksisterende teknologier¹¹. For eksempel har norsk olje- og gassproduksjon veldig liten metanlekkasje relativt til andre land¹². Det kan skyldes at Norge har en metanskatt som må betales av olje- og gassprodusentene samt et veldig strengt HMS-regime, spesielt offshore. Det fører til at metanutslippsreduksjonen via investeringer i teknisk utstyr er billigere enn prisen for utslipp. EPA gir også teknologianbefalinger til reduksjon av utslipp fra hvert steg i naturgassverdikjeden.

Mens reduksjon av metanutslipp fra olje- og gassindustrien er det lavhengende tiltaket som kan oppnås med eksisterende teknologi, må vi også fjerne metan fra relativt lavkonsentrasjonskilder for å oppnå reduksjonsnivåer som kan gi en betydelig innvirkning på klimaet. Det er svært utfordrende å fjerne metan fra lavkonsentrasjonskilder som dyrehold og fra nærområdet til

⁹ <https://www.epa.gov/natural-gas-star-program/methane-mitigation-technologies-platform>

¹⁰ *Global Methane Assessment: Benefits and Costs of Mitigating Methane Emissions, UNEP, 2021*

¹¹ <https://www.iea.org/reports/global-methane-tracker-2022/strategies-to-reduce-emissions-from-fossil-fuel-operations#abstract>

¹² https://www.hydrogen4eu.com/_files/ugd/2c85cf_e934420068d44268aac2ef0d65a01a66.pdf
<https://acp.copernicus.org/articles/22/4303/2022/>

rismarker, tinende tundra, myr og til og med fra luft. Her er konsentrasjonen av metan 10–200 ganger lavere enn CO₂ i luft, og det vil derfor være krevende å fjerne metanen direkte fra luft (DAC).

Det utvikles teknologier for å konvertere metan fra disse lavkonsentrasjonskildene til CO₂ og i noen tilfeller konvertere både metan og lystgass til metanol. Disse teknologiene er i tidlige utviklingsstadier, men lovende. Hovedutfordringen for å lykkes med denne teknologien er å flytte store mengder luft, som er energikrevende, for å fjerne en meningsfull mengde metan.

Anbefaling

- EUs avtale for reduksjon av metanutslipp i EU og globalt er et stort steg i riktig retning, da den stiller krav til leverandører av olje, kull og gass til måling og overvåking av metanutslipp knyttet til produksjon og distribusjon, samt stiller krav til innføring av tiltak som vil redusere utslippene.¹³ Det anbefales å arbeide for å få til lignende ordninger globalt, gjerne i samarbeid med OGCI¹⁴. Visjonen bør være null utslipp fra tekniske installasjoner.
- Som nevnt tidligere, er hovedutfordringen med teknologier som fjerner metan fra kilder med lav konsentrasjon, å flytte store mengder luft for å fjerne en meningsfull mengde metan. Det er fortsatt et åpent spørsmål om å fjerne metan fra disse lavkonsentrasjonskildene er en bærekraftig løsning. Derfor anbefaler SINTEF at forskningsfokus bør etableres på potensialet for fjerning av metan fra lavkonsentrasjonskilder og identifisere hvor og når det er fornuftig som en global klimaløsning.

¹³ *Commission welcomes deal on first-ever EU law to curb methane emissions in the EU and globally*

¹⁴ *Oil and gas climate initiative*

Hydrogen

Kontaktperson SINTEF



Nils Røkke,

Nils.A.Rokke@sintef.no,

+47 95 15 61 81

Problem

Hydrogen er en nødvendig integrert del av energitransisjonen mot netto null ved midten av århundreskiftet.

Hydrogen kan produseres ved hjelp av strøm og vann i elektrolysører og fra naturgass som omdannes i en termokjemisk prosess som kalles reformering. Ettersom naturgass inneholder karbon så må CO₂ som dannes i reformeringsprosessen fjernes og lagres for at hydrogenet som produseres kan omtales som rent hydrogen (clean hydrogen). Dersom 100 prosent fornybar energi brukes for elektrolyseprosessen med vann er hydrogenet i prinsippet utslippsfri. Nær alt hydrogen som produseres i dag baseres seg på naturgass eller olje uten CO₂ fjerning og lagring. Det står for nær 1 milliard tonn CO₂ utslipp globalt. Dette kan ikke fortsette, vi må fjerne utslippene fra hydrogenproduksjon og vi trenger også mye mer hydrogen for å nå målsettingene på global basis, typisk fra 80-90 millioner tonn i dag til 400-500 tonn/år i 2050.

Hydrogen vil også finne anvendelse i andre sektorer enn i dag, hydrogen benyttes nesten utelukkende i industrielle prosesser hvor kunstgjødsel dominerer samt petrokjemi eksempelvis i raffinerier. Hydrogen brukes alt overveiende der det blir produsert på grunn av at hydrogen er et krevende stoff å transportere og lagre på en effektiv måte per i dag. Fremtidig bruk vil være innenfor nye industrielle prosesser (eksempelvis stål produksjon, glassproduksjon, aluminium og legeringer), som drivstoff særlig i anvendelser hvor man trenger stor effekt og -energimengder som i maritim sektor, for lang-transport og kanskje også i fly.

Flytendegjøring av hydrogenet til LH₂ gir mye høyere lagringstetthet. Dette gir fleksibilitet for transport av rent hydrogen mellom kontinenter og til områder uten utviklet rørinfrastruktur. For bruksområder innen transport, hvor det kreves store energimengder, eksempelvis maritim transport, lang-transport på land, tog og fremtidig innen luftfart, utgjør LH₂ en mulighet for kompakt lagring av hydrogen som drivstoff. Norge har en rekke bedrifter som er mulige leverandører inn i et slikt marked.

Hydrogen er også byggestein for ammoniakk og kan transporteres som ammoniakk og brukes til drivstoff etter at man har omvandlet ammoniakken til hydrogen helt eller delvis. Ved å rekombinere hydrogen med fanget CO₂ fra atmosfæren eller fra biogene kilder kan man også lage flytende drivstoff som ligner på diesel. Slike prosesser er imidlertid ofte forbundet med store energibehov og betydelige klimafotavtrykk i produksjonene og må alltid kunne bevise at det utgjør et reelt klimavennlig alternativ til eksempelvis biodrivstoff. Generelt bør drivstoff ikke inneholde karbon, men i en overgangsperiode vil det kunne hevdes at det muliggjør bruk av eksisterende infrastruktur og applikasjoner. På den annen side kan det argumenteres for at det bidrar til å låse inn eksisterende verdikjeder som ikke er effektive eller bærekraftige på medium til lang sikt.

For land uten naturgassressurser vil all produksjon basere seg på elektrolyse eller importert hydrogen. Europa er tilnærmet i en slik situasjon, det samme gjelder eksempelvis Japan, Korea og flere andre land. For land som har produksjon av naturgass vil konvertering av denne til hydrogen med nær 100 prosent fjerning og lagring av CO₂ være attraktivt. Det gjelder også land som per i dag ikke vil ha nok fornybar kraft til å kunne produsere nok hydrogen. Dette gjelder de fleste land i EU og globalt, nesten ingen land har overskudd av fornybar elektrisitet og i hvert fall ikke i de mengder som trengs. EU har i gjennomsnitt 39 prosent fornybar kraft i sin kraftmiks mens Norge har 97 prosent fornybar kraftmiks om vi holder utenfor offshore olje og gassvirksomhet. Norges totale energimiks (dvs energibruk i alle sektorer inkludert transport) er omtrent 50 prosent fornybar.

En fullstendig elektrifisering av kraftsystemet samt produksjon av hydrogen for avkarbonisering av industri og deler av transportsektoren vil ta tid og generelt bør man bruke fornybar kraft der man kan bruke elektrisitet. Produksjon av hydrogen har typisk en effektivitet på 60-65 prosent så man bør elektrifisere der man kan og der det er rimeligst og så anvende hydrogen der man ikke har alternativer eller at det faller seg rimeligere. Og så er det slik at dette ikke er fullt ut substituerbart, enkelte prosesser vil kreve strøm mens andre vil kreve hydrogen. Lavkarbon hydrogen (såkalt blå hydrogen) vil kunne spille en rolle i å få frem infrastruktur for hydrogen samt anvendelser i stor skala, mens det er ingen tvil om at på lengre sikt vil alt hydrogen være fornybar hydrogen (såkalt grønn). Lavkarbon produkter fra norsk sokkel vil ha lave karbonavtrykk grunnet nær neglisjerbare utslipp i produksjon av naturgass på sokkelen. Dette er meget strengt regulert gjennom HMS regler og standarder. Produksjon av lavkarbon hydrogen kan da ha et karbonavtrykk under 1 kg CO₂/kg H₂. Dette er godt under EU sine krav på 3.38 kg/kg og kan bare produseres med et lavere avtrykk fra elektrolyse om utslippintensiteten til kraften som brukes er under 20 g CO₂/kWh. Den europeiske kraftmiksen er på omtrent 250 g/

kWh, den norske på omtrent 16 g/kWh. Ved å blande inn biometan eller klimanøytrale gasser kan fangstgraden økes og avtrykket ytterligere reduseres.

Norsk naturgasseksport var i 2022 122 milliarder Sm³ (standard kubikkmeter). Det tilsvarer om lag 1350TWh energi, om dette ble omdannet til hydrogen kunne man eksportere 850 TWh ren energi uten utslipp og ta hånd om 230 millioner tonn CO₂. 850 TWh hydrogen tilsvarer om lag 25 millioner tonn/år- mer enn EU sin ambisjon om 20 millioner tonn/år i 2030 totalt. Det foreligger planer om å produsere 2-3 millioner tonn hydrogen fra naturgass med CCS fra Equinor, RWE og Shell og sende i rør til kontinentet.¹⁵

Løsning

Ved å holde på strenge krav til utslippsintensiteten (LCA basert) til hydrogen produsert fra både elektrisitet og naturgass kan man få til en akselerert utvikling uten å kannibalisere ny fornybarproduksjon. Man kan da få frem løsninger som er miljøvennlige samt etablere infrastruktur og løsninger som etter hvert bare vil ha fornybart hydrogen som produksjonsmetode. Dette vil imidlertid ta lang tid, anslagsvis 20-30 år. Ved å akselerere utviklingen kan man realisere hydrogenøkonomien mye raskere enn om man vil bare basere seg på elektrisitet. Det krever dog at man kommer i gang med anlegg og får frem løsninger med lavest mulig avtrykk. Likeså må man understøtte forretningsmodeller for hydrogen og kanskje spesielt for fornybart hydrogen slik at man her også får en driver for teknologiutvikling og kapasitet til å gradvis ta større andeler av markedet. Differansekontrakter, primært for produksjon av fornybar kraft, men også for hydrogen, kan være en slik løsning.

¹⁵ <https://www.nrk.no/mr/studie-fra-gassco-viser-at-det-er-mogleg-a-transportere-hydrogen-fra-noreg-til-tyskland-1.16651239>

Anbefaling

- Skape forståelse for hvordan fornybart og lavt karbon hydrogen kan utfylle hverandre over tid ved en faktabasert diskusjon. Legg til rette for nullutslippsløsninger hvor hydrogen kan konkurrere også på hjemmemarkedet, skape et marked og bruk av hydrogen og hydrogenbærere. Fjerne regulatoriske hindre.
- Skape gode relasjoner med andre stater som ønsker rask innføring av hydrogen og som trenger å erstatte dagens import av utslippsenergi til utslippsfri energi. Inngå bilaterale avtaler for eksport av hydrogen der dette er attraktivt, koble FoU aktiviteter til slike avtaler for å sikre kunnskapsoverføring og omforent FoU aktivitet på en teknologinøytral basis hvor pris, tilgjengelighet og klimagassavtrykk er førende.
- Understøtte forskning og innovasjon for å forbedre dagens løsninger for elektrolysebasert produksjon og lavkarbon produksjon. Understøtte forskning og innovasjon på transport og lagring samt sluttbruk av hydrogen, særlig i industrielle anvendelser, maritim bruk og mobilitet for øvrig.
- Understøtte forskning og innovasjon på sikkerhet langs hele verdikjeden inkludert klima-effekter av hydrogenlekkasjer.
- Understøtte aktiviteter som fremmer produksjon, transport og bruk av hydrogenbærere slik som ammoniakk, flytende hydrogen og andre bærekraftige løsninger.

Energieffektivisering i industrien

Kontaktperson SINTEF



Sjøfforsker Petter Neksa ,
Petter.Neksa@sintef.no,
+47 92 60 65 19



Forskningsjef Petter Røkke,
petter.e.rokke@sintef.no,
+47 92 60 65 19

Problem

Økt energieffektivitet er det viktigste tiltaket i enhver avkarboniseringsstrategi. En ubrukt kWh trenger ikke å produseres.

Rapporten fra Energikommisjonen¹⁶ gir en klar ambisjon om at energieffektivisering i Norge skal frigjøre økt behov for elektrisk kraft tilsvarende 20 TWh per år i 2030. Dette tilsvarer 6-7 prosent av det totale Norske primærenergiforbruket (315 TWh I 2022, inkl. olje og gass)¹⁷. Økt energieffektivisering vil styrke nasjonal energi-sikkerhet, redusere kostnader for energi og produkter, og hjelp til å bygge robuste industrielle symbioser og sirkularitet i materialstrømmer. Regjeringens Veikart for grønt industriløfte, fastslår at Norge skal ha verdens reneste og mest energieffektive prosessindustri¹⁸. Videre fremhever *Energi21*¹⁹ strategien at avkarbonisering av industrien, energisikkerhet og utvikling av nye grønne industrier som tre hovedutfordringer. Redusert energibehov ved å øke energieffektiviteten i industrielle prosesser svarer på alle de tre utfordringene.

¹⁶ Regjeringen: Mer av alt – raskere. Report from the Energy commission (2023)

¹⁷ NVE: Summary of Norwegian energy consumption (2023)

¹⁸ Regjeringen: Veikart for grønt industriløfte (2022)

¹⁹ Energi21: National strategy for research and innovation within new climate friendly energy technology (2022)

Globalt sett fremheves også økt energieffektivitet som den viktigste strategien. Den store og åpenbare fordelen med økt energieffektivitet i industrien er at den øker verdiskapningen ved å redusere det spesifikke energibehovet, og som forgrener seg til hele verdikjeden. Alt i verdikjeden minker, redusert bruk av innsatsfaktorer og økologiske konsekvenser i alle henseende. Energibehovet i seg selv går ned. Av denne grunn har ”*the US Department of Energy’s Industrial Decarbonization Roadmap*”²⁰ listet industriell energieffektivitet som det første av sine strategier i en fem-punkts strategi for å avkarbonisere industrisektoren. The Internasjonale Energi Byrået (IEA) sier i sin Net Zero by 2050 rapport at det er essensielt å ha et “*major worldwide push to increase energy efficiency*” for å redusere energibehovet med 7% innen 2030²¹. Det pågående forskningscenteret FME HighEff fokuserer på disse avgjørende, utfordrende og viktige aspektene i jaget mot Net Zero, noe som vil bli videreført med økt styrke og fornyet fokus i et nytt FME senter, FME cEFF, om finansiering til dette blir innvilget.

Løsning

Styrke forskning og utvikling på energieffektivisering og økt grad av sirkulær økonomi i alle ledd, industrielle klynger, varmepumpeteknologier og varme til kraft prosesser, prosess utvikling for avkarboniserte prosesser og komponentutvikling for innfangning av overskuddsvarme ved et høyest mulig temperaturbehov, slik at den kan utnyttes i verdikjeder som ellers ville økt fremtidig energibehov. I dette inngår å få god oversikt over all ressursbruk i industrien, for eksempel på råstoff, energi og vann, men også hvilke krav som kommer fra EU om å registrere denne typen av data.

Utnyttelse av overskuddsvarme i den grad den ikke kan utnyttes direkte i eksisterende infrastruktur, internt hos bedriften eller mating til fjernvarme, vil kreve utvikling av nye næringer hvor varmen kan utnyttes.

Anbefaling

- Incentivere tiltak for økt grad av resirkulering for å redusere behovet for ny-produksjon av materialer
- Tiltak som gjør at beste tilgjengelige teknologi (“best-available-technology”) blir tatt i bruk
- Stimulere utvikling av industriklynger som gir mulighet for utnyttelse av overskuddsvarme og materialstrømmer mellom bedrifter
- Stimulere utvikling og implementering av teknologier som bidrar til økt energieffektivisering

²⁰ US DOE: DOE Industrial Decarbonization Roadmap.

²¹ IEA, Net Zero by 2050 – A Roadmap for the Global Energy Sector (2021)

Vannkraft og energilagring

Kontaktperson SINTEF



Vannkraft: Seniorforsker

Atle Harby,

atle.harby@sintef.no,

+47 98 23 05 02



Batteri: Seniorforsker

Fride Vullum-Bruer

fride.vullum.bruer@sintef.no ,

+47 98 66 76 54

Problem

Den globale energitransisjonen vi nå står ovenfor, fordrer at vi klarer å skaffe trygg, bærekraftig energi til en fornuftig kostnad. Skal vi nå målene i Parisavtalen er tiden knapp, og for å kutte utslipp og sette fart på energitransisjonen må fornybar energi prioriteres.

For å lykkes med å nå klimamålene, og samtidig ivareta forsyningsikkerhet til en akseptabel kostnad, må vi bruke teknologier som er tilgjengelig nå, samtidig som vi forsker for å få frem løsningene som skal ta oss til et kostnadseffektivt, robust, klima- og naturvennlig energisystem innen 2050. Løsningene er mange: Vindkraft, vannkraft, elektrifisering, solkraft, energieffektivisering, batterier, CO₂-fangst og lagring og nullutslippsdrivstoff som hydrogen og ammoniakk.

Løsning

Vannkraft er i dag den klart største kilden til fornybar energi med større produksjon enn fra vind og sol til sammen, og er ifølge IEA forventet å dobles innen 2050. Likevel blir kanskje vannkraftens viktigste rolle i framtiden å sørge for integrering av variabel energiproduksjon fra vind og sol. Med en massiv overgang fra fossile kilder til vind- og solkraft i strømmettet, vil det være et stort behov for balansering og lagring av energi av tidsskalaer fra sekunder til dager, uker og sesong. Det er ingen andre fornybare teknologier enn vannkraft som er så fleksibel og regulerbar og samtidig har stor lagringskapasitet. Pumpekraft, som representerer godt over 90 prosent av all nett-tilknyttet energilagring er også essensielt for å lykkes med overgangen til fornybarsamfunnet.

Det gjenværende vannkraftpotensialet finnes i dag stort sett i Asia, Latin-Amerika og Afrika, men det er også et visst potensial igjen i Europa og Nord-Amerika. Her er det imidlertid en aldrende vannkraftpark som trenger fornyelse. Opprusting, utvidelse, ombygging og modernisering er derfor den viktigste utfordringen for vannkraft i Europa og Nord-Amerika sammen med å gjøre vannkraften mer bærekraftig og øke den sosiale aksepten. Modernisering kan gi betydelig økt effektinstallasjon (økt kapasitet), mer fleksibel drift og bedre utnyttelse av energilagring. I tillegg må moderniseringen bidra til gode miljøtiltak som to-veis vandring-løsninger for fisk, slipp av miljøbaserte vannføringer og andre tiltak for å bedre forholdene for økosystem og andre tjenester som vannforsyning, navigasjon og rekreasjon.

Batterier er en essensiell bidragsyter til det grønne skiftet, både for å gi utslippsfri transport og for å muliggjøre mer fornybar energi gjennom lagring av energi i korte perioder med høy produksjon (sol og vind) som kan benyttes når det ikke produseres. Batterier vil også spille en viktig rolle for blant annet å stabilisere strømmettet, bidra til frekvensregulering og redusere effekttopper. Dette kan redusere behovet for utbygging av nett samt også bidra til forsynings-sikkerhet spesielt i rurale strøk hvor nettet er svakere. Batterier vil også være viktige spesielt for energilagring i mikronett i lav- og middelinntektsland.

Per i dag er det Li-batterier som dominerer EV-markedet. Det begynner også å ta en større andel av det stasjonære markedet. Historisk er det Asia, med Kina i spissen, som har stått for nesten all produksjon av Li-batterier.

Anbefaling

- Når det gjelder vannkraft trenger vi forskning, utvikling og demonstrasjon av gode løsninger for økt effektinstallasjon, og mer fleksible vannkraftverk som samtidig tar økt hensyn til miljø og andre samfunnsinteresser.
- Retro-fitting av eksisterende vannkraft til pumpekraft for å bedre mulighetene for energilagring og fleksibilitet krever økt innsats på tekniske løsninger, miljøvirkninger og gode markedsordninger og reguleringer.
- Forskning og utvikling på batteriteknologi vil være helt grunnleggende for at vi skal klare å sette fart på det grønne skiftet, både med tanke på avkarbonisering av transportsektoren og muliggjøring av mer fornybar energi.
- Batteriproduksjon bør skje med så lavt karbonfotavtrykk som mulig og med minst mulig naturinngrep. Forskning og innovasjon legger grunnlaget for å sikre en fremtidig bærekraftig batteriproduksjon.
- Det bør utarbeides internasjonale retningslinjer og sertifiseringer for batteriproduksjon med krav til miljø- og klimafotavtrykk, merking av hvor materialene kommer fra, andel resirkulerte materialer og lignende – tilsvarende EU Battery Regulation.
- Batteriproduksjon og kunnskapen om batteriproduksjon bør ikke lokaliseres til kun få land, men være tilgjengelig for alle på en slik måte at batterier kan produseres i alle verdensdeler. Det vil også føre til betydelige utslippsreduksjoner knyttet til transport av materialer og transport av batteriene.

Havvind

Kontaktperson SINTEF



Sjeforsker John Olav Tande,

john.tande@sintef.no,

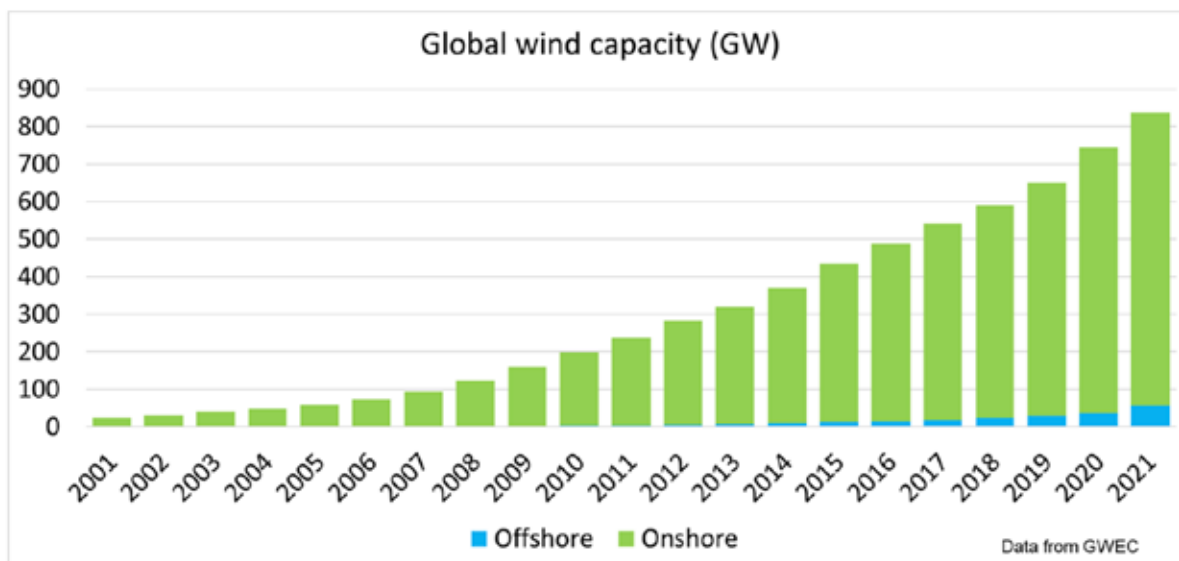
+47 91 36 81 88

Problem

Installert havvindkapasitet i verden utgjør kun en liten andel av den totale vindkraftkapasiteten, men potensialet for havvind er mange ganger større enn verdens elforbruk²², og havvind kan bygges ut i stor skala nær store lastsentra uten samme type konflikter og miljøvirkning som kan assosieres med vindkraft på land. I Europa er målet for nordsjølandene å øke fra totalt 30 GW installert havvind ved utgangen av 2022 til å ha installert 300 GW havvind innen 2050. Dette vil gi store mengder utslippsfri energi og helt nødvendig for å nå klimamål²³. 300 GW havvind vil gi over 1000 TWh i årlig elproduksjon, tilsvarende et årlig utslippskutt på over 1000 Mton CO₂ hvis havvind produksjonen erstatter kullkraft og om lag 500 Mton CO₂ hvis havvind produksjonen erstatter gasskraft. De totale investeringene for utbygging av 300 GW havvind vil være i størrelsesordenen 1000 milliarder EUR, og utgjør et svært stort marked for norsk leverandørindustri. Den store utfordringen er at utbyggingen går for sakte. Dette gjelder både for nordsjølandene og globalt. Nordsjølandene må øke utbyggingstakten slik at 15 GW ny havvindkapasitet settes i drift hvert år de neste 20 årene. Det globale behovet er 4-5 ganger større.

²² IEA (2019) *Offshore wind outlook 2019. World energy outlook special report.*

²³ IEA *World Energy Outlook 2022. An updated roadmap to Net Zero Emissions by 2050.*



Kostnaden for havvind har blitt kraftig redusert fram til for få år siden, men har deretter økt på samme vis som andre energiteknologier i de siste årene som konsekvens av krigen i Ukraina og en omveltning av verdensøkonomien med økte priser på råvarer, kapital og arbeidskraft. Det er flere store aktører som tar store tap, både leverandørindustri²⁴ og utbyggere²⁵, og det er gjennomført auksjoner hvor det ikke er kommet inn bud på å bygge ut nye havvindparker²⁶. Denne utviklingen må snus til lønnsomhet.

Løsning

Vindkraft på land har vokst til en stor industri som årlig installerer 50-100 GW ny vindkraftkapasitet. En tilsvarende utbyggingstakt med havvind er fullt mulig, men krever utvikling av industri og leverandørkjeder, infrastruktur og kompetanse. Utbyggingen må skje med respekt for naturen og mennesker.

Forutsigbarhet er en forutsetning for å få utviklet industri og leverandørkjeder. Industrien er avhengige av å se at det er et langsiktig marked for å kunne investere i nye produksjonsfasiliteter.

Utløsning av områder for utbygging og valg av auksjonsform er av avgjørende betydning. Dagens ordning med auksjoner som i hovedsak prioriterer pris per kWh gir nettopp press på pris, men ikke nødvendigvis grunnlag for å øke produksjonskapasiteten i industrien eller sikre en mest mulig bærekraftig utbygging, for eksempel med hensyn til miljø og sameksistens. Et

²⁴ <https://www.bloomberg.com/news/articles/2023-08-07/siemens-energy-reviews-wind-business-on-seeing-4-5-billion-loss#xj4y7vzkg>

²⁵ <https://www.finansavisen.no/finans/2023/08/30/8032525/varsler-nye-store-havvindtap-i-usa-aksjen-dundrer-ned>

²⁶ <https://www.bbc.com/news/business-66749344>

ensidig press på pris kan gi kortsiktig gevinst gjennom rekordlave priser på ny kraft, men samtidig risikeres en utarming av industrien og situasjon som vi har i dag hvor store leverandører går med tap og det er mangel på kapasitet i leverandørindustrien.

En helhetlig og forsterket satsing på forskning, innovasjon og utdanning er en forutsetning for å lykkes med ambisjonene innen havvind. Kunnskap, ny teknologi, effektive løsninger og arbeidskraft med den riktige kompetansen er helt sentrale suksesskriterier.

Den nasjonale forsknings- og innovasjonsstrategien Energi21²⁷ prioriterer havvind som et av de viktigste satsingsområdene for offentlig forsknings- og innovasjonsinnsats. Norges havvindressurser og potensialet for videreutvikling av dagens leverandørindustri vurderes som et solid fundament for fremtidig verdiskaping, forsyningsikkerhet og klimavennlig omstilling av industri og samfunnet generelt.

Følgende begrunnelse er lagt til grunn for satsing:

- Havvind kan bli en viktig bidragsyter til fornybar kraft til elektrifisering, til ny grønn industri, til produksjon av grønt hydrogen for transport og industri.
- Havvindressursene kan bidra betydelig til nasjonal kraftproduksjon og vil være et positivt bidrag for å sikre kraftoverskudd i det norske kraftsystemet
- Havvind vil bidra til utvikling av verdikjeder for marine energiteknologier. Utviklingen av en norsk havvindnæring kan bidra til nye arbeidsplasser og ytterligere verdiskaping for norske leverandører innenfor maritim og offshore sektor

Viktige mål med forsknings- og innovasjonsinnsatsen er *kostnadsreduksjoner, miljøvennlige - og bærekraftige løsninger, og effektiv systemintegrasjon mellom havvinnanlegg og energiinfrastrukturen i Nordsjøen og på fastlandet.*

Samarbeidsforum for havvind²⁸ peker på disse temaene som sentrale:

- Markedsdesign, regulering og juridiske forhold
- Bærekraft, miljødesign og sambruk
- Flytende og bunnfast havvindteknologi
- Marine operasjoner, drift og vedlikehold
- Digitale løsninger og sikkerhet
- Storskala integrasjon av havvind i kraftsystemet

Ledende europeiske forskningsinstitusjoner har i samarbeid med store industriselskaper identifisert behov for en kraftfull satsing på forskning innen havvind. To områder er pekt på som særlig viktige²⁹, nemlig flytende havvind og storskala integrasjon av havvind i kraftsystemet. Visjonen er at havvind vil være en bærebjelke for det fremtidige energisystemet, utviklet med respekt for naturen og samfunnet, og for å gi velstand med ren og rimelig energi for alle.

²⁷ <https://www.energi21.no/>

²⁸ <https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/olje-og-energiministeren-inviterer-til-samarbeidsforum-for-havvind/id2993553/>

²⁹ <https://www.northwindresearch.no/news/lighthouse-initiatives-on-offshore-wind-explained-i-3-minutes/>

Anbefaling

- Fortsette og forsterke Nordsjøsam arbeidet (NSEC) om utvikling av havvind.
- Gi forutsigbarhet til industrien med utvikling av et veikart for utvikling og utbygging av havvind med årlige utlysninger av havvindområder for utbygging.
- Norge bør ta lederskap i utviklingen av flytende havvind, med utvikling av produksjons og sammenstillingsinfrastruktur, leverandørkjeder, forskning og innovasjon. Dette vil redusere kostnaden for flytende havvind til på sikt å bli konkurransedyktig uten subsidier og helt avgjørende for å kunne utnytte de store vindressursene i havområder med dypt vann. 80 prosent av det globale havvindpotensialet er i områder med vandyp som krever flytende havvindteknologi.
- Man må sørge for å utvikle kraftnettet og kraftsystemet for effektiv integrering av havvind og andre fornybare energikilder, hydrogen og vannkraft.
- Utvikle teknologier og løsninger som sikrer at utbyggingen av havvind kan skje med respekt for naturen og i positiv sameksistens med andre brukere.
- Forsterke FME NorthWind (Norsk forsknings senter for vindenergi)³⁰ og i samarbeid med EERA JP wind³¹ etablere et European Centre of Excellence på havvind som adresserer flytende havvind og storskala integrasjon. Dette er også anbefalt av Nasjonalt eksportråd i sin strategi for havvind³² og vil styrke internasjonalt samarbeid og akselerere havvindutviklingen.

³⁰ <https://www.northwindresearch.no/>

³¹ <https://www.eera-wind.eu/>

³² <https://files.nettsteder.regjeringen.no/wpuploads01/sites/502/2022/11/Nasjonalt-Eksportrad-Forslag-til-eksportsatsing-havvind-vvv.pdf>

Maritim transport

Kontaktperson SINTEF



Markedssjef Trond Johnsen

trond.johnsen@sintef.no,
+47 92 21 64 89

Problem

Maritim sektor står i dag for 9 prosent av Norges klimagassutslipp og 3 prosent av de globale klimagassutslippene. Avkarbonisering av maritim sektor er derfor svært viktig for å redusere de globale utslippene. Juli 2023 ble det enighet om IMO's strategi for reduksjon av drivhusgasser fra skip, med målsetting om 20-30 prosent reduksjon i 2030, 70-80 prosent reduksjon innen 2040 og nullutslipp i 2050, mot referanse i 2008³³.

Det er flere utfordringer knyttet til avkarboniseringen av maritim transport. Alternative grønne drivstoff er vanskelig å fremskaffe i stor nok skala, i tillegg til å være dyre og ofte dessuten tar stor plass på fartøyet. Derfor er det viktig at det satses på mer forskning og teknologiutvikling, både knyttet til grønne drivstoff, men også energieffektivisering igjennom optimalisering av design og drift av skip (inkl. logistikkplanlegging og rutemønster).

I tillegg er det viktig at det maritime næringslivet endrer fokus:

- Sette søkelys på overordnet klimagassutslipp, utover kun CO₂
- Vurdere livssyklus-ytelse snarere enn kun utslipp direkte fra fartøyet
- Designe og evaluere skips ytelse for faktiske driftsforhold, og optimalisere basert på faktisk bruk av fartøyet
- Etablere samarbeid langs verdikjedene
- Vurdere tiltak som kan innføres umiddelbart eller i nær fremtid, da det akkumulerte bidraget kan være betydelig også sett opp mot nye lovende teknologier og tiltak som kan innføres fra 2035 og framover mot 2050

³³ <https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/2023-IMO-Strategy-on-Reduction-of-GHG-Emissions-from-Ships.aspx>

Løsning

Enighet om IMOs strategi for reduksjon i drivhusgasser åpner muligheten for å implementere et regelverk som vil drive fram omstilling i den maritime sektoren. Det er avgjørende å klare å følge opp det gode arbeidet som er gjort, og få til et slikt regelverk. Effektiv avkarbonisering av den maritime sektoren vil bygges på optimalisering av design og drift, energieffektivisering og bytte til utslippsfrie drivstoff. Bunnplanken for disse tiltakene er økt samarbeid langs de maritime verdikjedene, da det er avgjørende for å bygge tilstrekkelig investeringsbeslutningsgrunnlag. Dette gjelder f.eks samarbeid mellom vare-eier og fraktselskap, finansiering av maritime prosjekter med lave utslipp og tilhørende økte kostnader ved investeringstidspunkt sammenliknet med konvensjonelle investeringer, samarbeid mellom transport-aktør og havn for å unngå f.eks rask transport og venting ved havn, samarbeid mellom ulike transport-ledd fra leverandør til mottaker og samarbeid om tilgjengeliggjøring av drivstoff f.eks gjennom konseptet grønne skipskorridorer.

Energieffektivisering kan oppnåes gjennom flere ulike tiltak, og understøttes gjennom forskning: optimalisert skipsdesign, inkl. design av drivlinjer som lett kan tilpasses nye drivstoff, samarbeid om last på tur/retur, bruk av batterier og rensing av begroing på skroget for å redusere friksjonsmotstanden.

Bruk av nye drivstoff kan implementeres gjennom bruk av brenselceller, og ulike skipsmotorer, samt evt. fangst og mellombels lagring av CO₂ om bord. Maritim sektor er mangfoldig, og man har derfor mange ulike behov for utslippsfrie konsepter som kan tilpasses det enkelte skips behov. Det finnes allerede en rekke komponenter og systemer som er tilpasset f.eks hydrogen, men videre utvikling og implementering er også avgjørende for å dekke alle behov. I tillegg er det avgjørende å få til tilstrekkelig investeringer i fornybar kraftproduksjon for å få tilstrekkelig store volumer drivstoff med lavt CO₂ avtrykk på LCA basis.

Anbefaling:

- I kortsiktig mangel på alternative drivstoff, vil energieffektivisering vil være det viktigste tiltaket frem mot 2030 innen maritim transport. Det bør stimuleres til dette gjennom krav (for eksempel knyttet til IMO-indeksene EEDI og Cii) og støtteordninger til rederier som går foran med energisparende teknologi (for eksempel gjennom reinvestering av kvoteinntekter/CO₂-avgift i sektoren).
- Overgang til grønne drivstoff forhindres i første rekke av pris. Så lenge det finnes et rimelig fossilt alternativ, er differansekontrakter avgjørende for å stimulere opptaket av grønne drivstoff og utbygging av verdikjeder og infrastruktur.
- Grønne korridorer kan være et effektivt virkemiddel for å komme i gang med den enorme havneinfrastruktur-utbyggingen som må til for å tilgjengeliggjøre grønne drivstoff, men da må strategien for utvelgelse, oppbygging og langsiktig finansiering av korridorene være tydelig og troverdig nok for industrien som skal investere.

