

2019:01139 - Åpen

# Energi og Industri

## Mulighetsrom verdikjeder

## NHO Veikart for fremtidens næringsliv

### Forfatter(e)

Petter Støa

Nils Røkke, Sigmund Størset, Lars Sørum, Rudie Spooren, Gaute Knutstad, Nina Dahl, Duncan Akporiaye, Rune Bredesen, Gunnar Sand, Erlend Grytli Tveten, Stein Mortensholm, Anne Steenstrup-Duch, Eirill Bachmann Mehammer, Linn Emelie Schäffer, Judit Sandquist, Fride Vullum-Bruer, Edel Sheridan, Lisbeth Ingrid Alnæs, Per Helge Høgaas, Odd-Geir Lademo, Eivind Johannes Øvreid





**SINTEF**

Postadresse:  
Postboks 4761 Torgarden  
7465 Trondheim  
Sentralbord: 40005100

Foretaksregister:  
NO 919 303 808 MVA

# Energi og Industri

## Mulighetsrom verdikjeder NHO Veikart for fremtidens næringsliv

**VERSJON**

1

**DATO**

2019-10-30

**FORFATTER(E)**

Petter Støa

Nils Røkke, Sigmund Størset, Lars Sørum, Rudie Spooren, Gaute Knutstad, Nina Dahl, Duncan Akporiaye, Rune Bredesen, Gunnar Sand, Erlend Grytli Tveten, Stein Mortensholm, Anne Steenstrup-Duch, Eirill Bachmann Mehammer, Linn Emelie Schäffer, Judit Sandquist, Fride Vullum-Bruer, Edel Sheridan, Lisbeth Ingrid Alnæs, Per Helge Høgaas, Odd-Geir Lademo, Eivind Johannes Øvrelid

**OPPDRAGSGIVER(E)**

NHO

**OPPDRAGSGIVERS REF.**

Christoffer Sahl

**PROSJEKTNR**

302004635

**ANTALL SIDER OG VEDLEGG:**

97

Kan fremtidig verdiskaping innen energi og industri opprettholde Norge som bærekraftig velferdsnasjon, samtidig som vi oppfyller våre forpliktelser i internasjonale klimaavtaler og løser egne utfordringer i tråd med FNs bærekraftsmål? Vi mener svaret på dette spørsmålet er ja. I denne rapporten løfter vi fram norske industrielle muligheter fram mot 2030 og 2050, som kan realiseres gjennom samhandling med næringslivet og politiske beslutningstakere. Utgangspunktet for denne rapporten er hentet fra NHOs perspektivmelding fra 2018: Reduksjon av inntektene fra tradisjonell olje- og gassvirksomhet vil gi dramatiske kutt i velferdsnivået i Norge, hvis vi ikke greier å skape nye verdikjeder basert på lønnsomme virksomheter.

**UTARBEIDET AV**

Petter Støa

**SIGNATUR****KONTROLLERT AV**

Petter Haugan

**SIGNATUR****GODKJENT AV**

Karl Almås

**SIGNATUR****RAPPORTNR**

2019:01139

**ISBN**

978-82-14-06315-8

**GRADERING**

Åpen

**GRADERING DENNE SIDE**

Åpen



# Innholdsfortegnelse

<b>Sammendrag .....</b>	<b>5</b>
<b>1 Innledning.....</b>	<b>7</b>
<b>2 Økt verdiskaping gjennom grønn eksportrettet industri.....</b>	<b>19</b>
2.1 Prosessindustrien.....	21
2.2 Bioenergi og biokull .....	27
2.3 Flytende biodrivstoff.....	30
2.4 Karbonfangst og -lagring.....	33
2.5 Hydrogen.....	36
2.6 Klimapositive løsninger .....	40
2.7 Mineraler og gruvedrift.....	43
2.8 Batterier .....	46
<b>3 Fornybar energiproduksjon.....</b>	<b>51</b>
3.1 Økt nasjonal kraftproduksjon .....	53
3.2 Havvind .....	57
3.3 Solceller.....	61
3.4 Geotermisk energi.....	64
<b>4 Elektrifisering, energiinfrastruktur og systemtjenester .....</b>	<b>67</b>
4.1 Elektrifisering av transportsektoren .....	68
4.2 Det elektriske overføringsnett.....	71
4.3 Fleksibilitet, systemtjenester og rådgivningstjenester .....	74
<b>5 Digitalisert leverandør- og forbruksvareindustri .....</b>	<b>77</b>
<b>6 Nye markeder knyttet til olje- og gassressursene.....</b>	<b>85</b>
6.1 Utslippsfri utvinning.....	91
6.2 "Eldrebølgen" på norsk sokkel .....	95

<http://hdl.handle.net/11250/2624917>



## Sammendrag

Utgangspunktet for denne rapporten er utfordringen beskrevet i NHOs perspektivmelding fra 2018: Reduksjon av inntektene fra tradisjonell olje- og gassvirksomhet vil gi dramatiske kutt i velferdsnivået i Norge, hvis vi ikke greier å skape nye verdikjeder basert på lønnsomme virksomheter.

**Kan fremtidig verdiskaping innen energi og industri bidra vesentlig til å opprettholde Norge som bærekraftig velferdsnasjon, samtidig som vi oppfyller våre forpliktelser i internasjonale klimaavtaler og løser egne utfordringer i tråd med FNs bærekraftsmål?**

**Vi mener svaret på dette spørsmålet er ja.**

For det første fordi Norge er en energinasjon. Vi er rike på fornybare energiresurser, noe som gir store konkurransefortrinn for industrien vår. For det andre fordi vi er en kunnskapsnasjon. Både da vi utnyttet vannkraftressursene og da vi fant store olje- og gassressurser investerte vi tungt i å utvikle egen kompetanse, noe som sikret utviklingen av hele verdikjeder som innoverer basert på forskning og utdanning i verdensklasse.

Ut av dette vokser *samskaping*. Viljen til å samarbeide og å dele kunnskap og ressurser for å nå ambisiøse mål er avgjørende for å løse vår tids største samfunnsutfordringer og innfri ambisjonen om å være en bærekraftig velferdsnasjon også i fremtiden. Samskaping er en anerkjent praksis her til lands, gjerne omtalt som "den norske samarbeidsmodellen". Om vi følger oppskriften som har tatt oss dit vi er i dag kan samskaping fortsatt bidra til å gjøre oss godt rustet for fremtiden.

Det er slik prosessindustrien vår, med sine 50 000 arbeidsplasser, skal forbli minst like stor i 2050 som i dag og videreutvikle seg i fremtidens lavutslippssamfunn. Vår ledende rolle innen fangst og lagring av CO<sub>2</sub> (CCS) bør brukes til å styrke konkurransekraften til eksisterende industri og kan potensielt skape titalls tusen nye arbeidsplasser i Norge. Hydrogen fra fornybar energi eller fra naturgass med CCS kan sikre verdien av naturressursene våre i et lavutslippssamfunn. Vi kan doble vår sysselsetting innen mineraler og gruvedrift, som er viktig for å produsere materialer som er nødvendige for digitalisering og det grønne skiftet. Kraftsektoren kan bidra med mer kapasitet fra vind- og vannkraft for økt verdiskaping i en voksende industrisektor. Innen havbasert vind, hvor vi har et godt utgangspunkt gjennom en allerede sterk offshore leverandørindustri, er det potensial for nærmere 50 000 årsverk i 2050. Batteriproduksjon kan gi oss 15 000 nye årsverk, og lykkes leverandørindustrien med å skape konkurransekraft gjennom digitalisering kan den vokse med 30 000 årsverk i den samme perioden.

Vi mener Norge kan lykkes med omstillingen til et lavutslippssamfunn og å skape nye verdikjeder basert på lønnsomme og bærekraftige virksomheter. Forutsetningene for å få dette til er at politikere, næringsliv, forskningsinstitutt og universiteter løfter sammen og at vi handler raskt.

I året hvor vi feirer 50-årsjubileet for funnet på Ekofisk er vi godt rustet til å lykkes i global konkurranse. Vi må imidlertid være like handlekraftige som i 1969. Gjennom EUs forskningsprogrammer har SINTEF samarbeidet med mer enn 1 000 foretak rundt om i Europa. Med kunnskapen dette har gitt oss kan vi slå fast at den teknologiske utviklingen aldri har gått raskere enn i dag. Skal vi i Norge ha en ledende posisjon, må vi gripe mulighetene våre konkurransefortrinn gir oss i form av tilgang på ressurser, kompetanse og tillit mellom sektorene.

**"The best way to predict the future is to create it" - Dennis Gabor/Alan Kays**

Mulighetsrommet og potensialet er stort nok til å bygge en bærekraftig fremtid. Spådommer om hva vi vil lykkes med i et 2050-perspektiv er og blir usikre. Vi har etter beste skjønn sortert mulige verdikjeder etter potensiell omsetning i kategoriene 0-10, 10-100 og over 100 milliarder kroner basert på tilgjengelige rapporter og egen innsikt, de fleste godt forankret i eksisterende norsk industritradisjon og alle omtalt i rapportens seks kapitler.

**I kategorien over 100 milliarder finner vi:**

- Prosessindustri
- Karbonfangst og lagring
- Hydrogen
- Havvind
- Elektrifisering av transport
- Digitalisert leverandør- og forbruksvareindustri



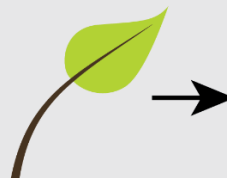
**I kategorien 10-100 milliarder:**

- Mineraler og gruvedrift
- Batteriproduksjon
- Fornybar energi
- Solceller
- Elektriske overføringsnett



**I tillegg kommer spennende ideer som ikke så lett lar seg verdifeste som:**

- Bioenergi og biokull
- Utslippsfri utvinning av olje og gass



Selv med en solid industrierfaring i ryggen skaper ikke disse mulighetene verdier av seg selv. De må gripes. Innsatsmidlene er naturressurser, kapital, gode forretningsideer, evne til å ta muliggjørende teknologier i bruk og mennesker med kunnskap, kreativitet og pågangsmot. Den kanskje største knapphetsfaktoren vår er menneskene. Mange av dem er i dag travelt opptatt med å hente verdier i olje- og gass sektoren. I de kommende tiårene må vi evne å fortsette å gjøre det samtidig som vi bygger de nye verdikjedene om ikke overgangen skal bli for disruptiv -eller med mer folkelig språk – for brå og brutal.

Anslagene på markedsstørrelser og antall sysselsatte for alle verdikjedene kan ikke summeres direkte. Det er ingen samlet analyse vi kan referere til som dekker alle verdikjedene. De som fins adresserer stort sett en og en sektor, men tar gjerne inn ringvirkninger i tillegg, og griper dermed inn i andre sektorer. Vi tror likevel at en litt grov inndeling i potensiale er treffsikkert nok til å se i riktig retning når en skal trigge en debatt om hvordan vi skal skape oss en bærekraftig fremtid.



# 1

## Innledning

Denne rapporten er del av en serie om fremtidens verdikjeder som SINTEF utarbeider for NHO. Rapportene setter søkelyset på *Nye verdikjeder, Havbaserte bioressurser, Mobilitet og smarte samfunn og Energi og industri*. Denne rapporten beskriver muligheter for fremtidens verdiskaping innen energi og industri, en sektor som skaper den klart største delen av norske eksportinntekter og som står for en betydelig andel av innenlandsk verdiskaping. *Energi* i denne konteksten omfatter produksjon, overføring og bruk av elektrisitet og all virksomhet innenfor olje og gass. *Industri* omfatter prosess- og vareproduserende industri. Tjenesteyting rettet mot energi og industri er også omtalt der det er naturlig.

”  
Energi og industri, en sektor som skaper den klart største delen av norske eksportinntekter.

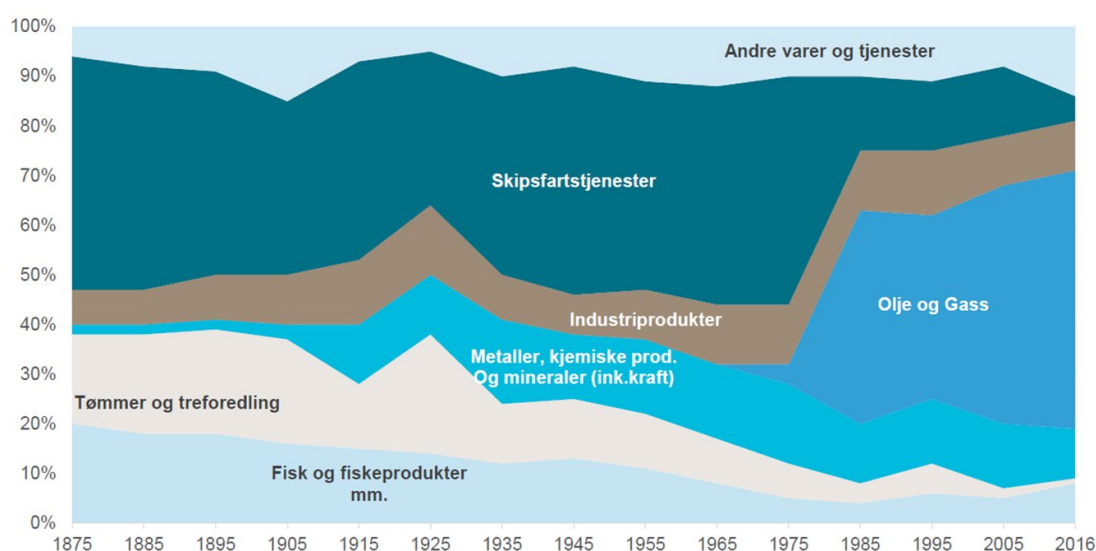
”  
Alle fremtidige virksomheter skal i størst mulig grad handle i tråd med FNs bærekraftsmål

At vi står midt i omstillingen til et lavutslippssamfunn er en gitt ramme for rapporten. Vårt perspektiv er at alle fremtidige virksomheter i størst mulig grad skal handle i tråd med FNs bærekraftsmål, og ta hensyn til tre forhold: Miljø og klima, sosiale forhold og økonomi. Bærekraftsmålene må realiseres, og dette vil kreve konkrete politiske aksjoner.

Gjennom Parisavtalen på globalt nivå, egne nasjonale vedtak og stadig mer konkrete målkrav fra det europeiske fellesskapet øker presset for betydelig omstilling. Dette framskynder vårt behov for å agere raskt. Reell omstilling er nær og ikke fjern framtid.

## Norge er en energinasjon

Uansett om skalaen er eksport, verdiskaping eller sysselsetting, er Norge en energinasjon. Olje og gass skaper nær halvparten av verdien av Norges totaleksport. I tillegg står industri bygd på tilgang til energi eller leveranser til energiselskapene for halvparten av den resterende verdiskapingen. Mulighetene for fremtidig verdiskaping for disse aktørene er fokus i denne rapporten.



Figur 1: Historisk utvikling for norske eksportinntekter fra 1875 til 2016<sup>1</sup>.

Den videre utviklingen i sektoren er kritisk ikke bare for næringene det gjelder, men også for norsk velferd. Selv om energi- og industrisektoren kun sysselsetter 20 % av arbeidsstokken, er eksportverdien per sysselsatt så høy at den finansierer en stor del av offentlig tjenesteyting.

Norge er rikt på energiresurser. Nær all elektrisitet som produseres er fornybar og brukes hovedsakelig innenlands. Over en tredel går til industriformål. Eksport og import av elektrisk kraft er netto svært lav over tid, men varierer på kort sikt, i hovedsak på grunn av forskjeller på våte og tørre år. Kraften flyter fra landet med lavest pris til landet med høyest pris. Slik utveksling er en fordel for begge parter, men skaper mest verdier for den som har den mest fleksible produksjonen. Vannkraft er en meget fleksibel energikilde, og vannmagasinene gir mulighet til å disponere vannressursene slik at det skapes størst mulig inntekter.

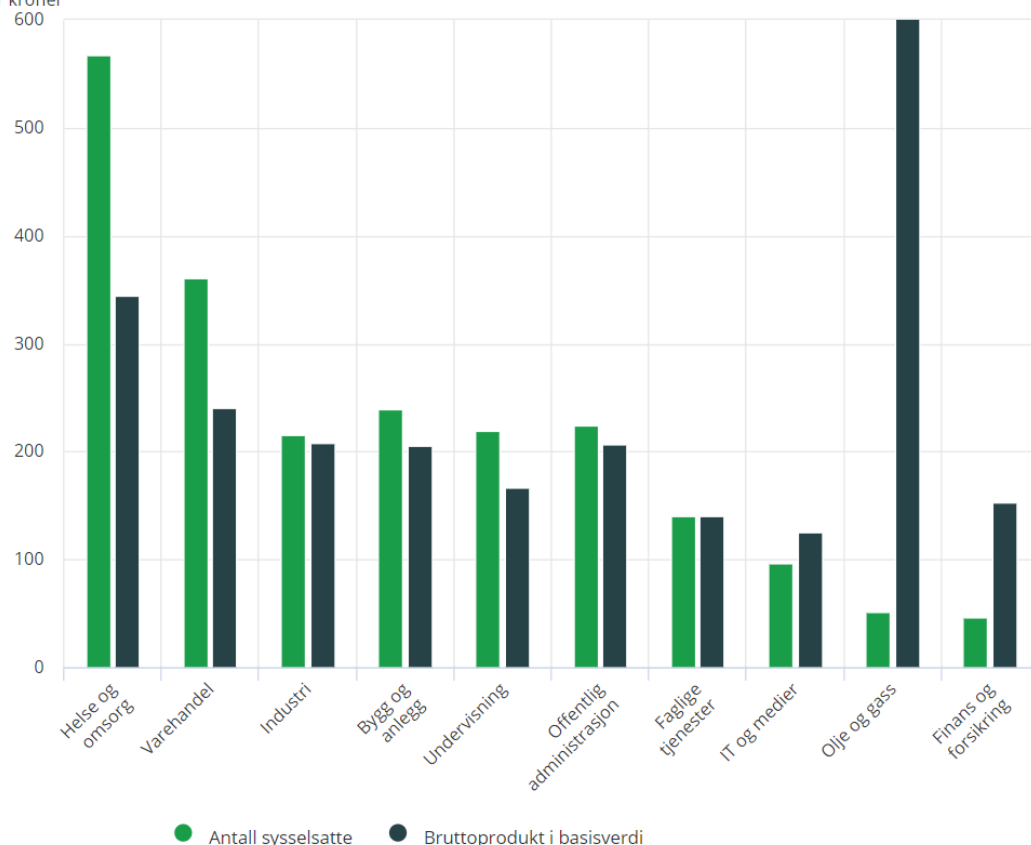
I olje- og gassektoren er situasjonen motsatt. Her eksporteres nær all energien vi henter fra norsk sokkel. Noe av oljen hentes tilbake for å drive mobilitet, mens gassen i all hovedsak selges til Europa, hvor den benyttes i gasskraftverk eller direkte til oppvarming og matlaging. Verdiene som skapes og hentes ut per sysselsatt i denne sektoren ligger langt over andre sektorer i Norge.

Figur 1. og 2 er hentet fra Statistisk sentralbyrå og gir som all statistikk et bilde av situasjonen fra ett ståsted. De illustrerer energi- og industrisektorens sterke stilling i Norge og oljesektorens særegenhet knyttet til verdiskaping per sysselsatt. Det som ikke går fram direkte er at en svært stor andel av leverandørindustrien er tett knyttet til olje- og gassvirksomheten. Den har derfor en dobbel rolle, som en

<sup>1</sup> Kilder: SSB, andre, bearbeidet av Oslo Economics for Norsk Olje og Gass

integert del av aktivitetsnivået på sokkelen og som basis for bygging av store potensielle nye grønne verdikjeder.

tusen personer / milliarder kroner



Figur 2: Produksjon og antall sysselsatte i utvalgte næringer<sup>2</sup>.

### Energiressurser har drevet Norges velstandsutvikling

Historisk sett har Norges velstandsøkning vært tuftet på utnytting av vannkraftressursene. I første runde ved sagbruk, tekstilmøller og andre industrier som kunne utnytte vannkraften direkte og mekanisk. I neste omgang ved at produsert kraft ble utnyttet til lokal industri for treforedling eller framstilling av metaller, eller overført til tettstedene. Utvikling av vannkraft og etablering av industri var sterkt sammenkoblet. Samspillet kraft og industriell innovasjon ga økt verdiskaping.

Et særtrekk ved vannkraftutbyggingen er den sterke offentlige styringen og eierskapet. Ettersom kraftverkene ble nedbetalt uten å være mekanisk eller elektrisk utslitte, ble overskuddet en betydelig og forutsigbar inntektskilde for eierne. Det offentlige eierskapet var basert på sikring av fellesskapets styringsrett over felles naturverdier. Samtidig erkjente man at staten måtte utvikle vannkraften i et samspill med privat sektor. Her bidro markedet med kapital og økonomisk rasjonalitet.

Da Norge i 1969 fant store olje- og gassressurser i Nordsjøen var den politisk/regulatoriske erfaringen fra vannkraftutbyggingen god å ha. Fellesskapet tok styringen og sikret kontroll over prosessene og fordelingen av verdiene som ble skapt. Myndighetene stilte krav til norsk industriell deltakelse og insentiver knyttet til forskning i Norge, noe som sikret utviklingen av sterke kompetansemiljøer og en betydelig norsk

<sup>2</sup> SSB statistikk [www.ssb.no/nasionalregnskap-og-konjunkturer/faktaside/norsk-naeringsliv](http://www.ssb.no/nasionalregnskap-og-konjunkturer/faktaside/norsk-naeringsliv)

offshoreindustri. Leverandørindustrien til olje og gass sysselsetter mer enn 150 000 i over 1000 bedrifter som omsetter nasjonalt for rundt 250 mrd og eksporterer for rundt 13 mrd årlig. Norske industribedrifter, leverandørindustri, samt utdannings- og forskningsmiljøer, er blant de fremste i verden innen offshore produksjon av olje og gas, og utgjør en viktig base for utvikling av potensielle nye grønne verdikjeder som havvind, hydrogen, karbonfangst og -lagring og langdistanse bulk transport.

Vannkraft bidro til å løfte Norge fra å være en av de fattigste nasjonene i Europas ytterkant til et gjennomsnittlig velferdsnivå i løpet av de første tre fjerdedelene av 1900-tallet. Olje og gass tok oss fra et europeisk gjennomsnitt til det globale toppsjiktet innen årtusenskiftet.

Olje- og gassindustrien og en konkurransedyktig vannkraftdrevne industri bærer det velstandsnivået vi har i Norge i dag. Men olje og gass utfordres av sterke klimadrevne, politisk forankrede strategier og beslutninger i FN, Europa og på nasjonalt nivå. Norge og store deler av Europa, vårt primære marked for gass, har netto nullutslipp i 2050 som mål. Dette betyr ikke nødvendigvis at fossile energikilder forsvinner fra energisystemet, men det betyr at karbondioksidet må fanges og lagres et sted i verdikjeden.

NHOs perspektivmelding peker på at olje- og gassinntektene vil falle i forholdsvis nær framtid, samtidig som Norge vil ha færre mennesker i arbeidsfør alder relativt til pensjonister. Dette bidrar til økte utgifter og reduserte inntekter.

*Hel eller delvis reduksjon av inntektene fra tradisjonell olje- og gassektoren vil gi merkbare kutt i velferdsnivået i Norge, hvis vi ikke greier å skape nye verdikjeder basert på nye lønnsomme virksomheter.*



Hel eller delvis reduksjon av inntektene fra tradisjonell olje- og gassektor vil gi merkbare kutt i velferdsnivået i Norge, hvis vi ikke greier å skape nye verdikjeder basert på nye lønnsomme virksomheter.

### **Distruptive megatrender**

I tillegg til å endre etterspørselen etter fossile energikilder krever klimautfordringene at man fjerner utslipp fra offshore og landbasert industri, samt fra mobilitet. De viktigste verdiskapende sektorene i Norge er følgelig under press. Globale og nasjonale krav om nullutslipp vil kreve større omstillinger i industrien og en drastisk omlegging av mobilitet og tilhørende infrastruktur.

En annen viktig faktor er den gjennomgripende digitaliseringen av alle deler av samfunnet. Rimelige og presise sensorer, raskere prosessorer, kraftig økt kommunikasjonshastighet og kapasitet har sammen med nye typer algoritmer for håndtering av informasjon, kraft til å snu opp ned på energi- og industrisektoren. Mer effektiv teknologi, mer presist styrbare prosesser og nye kundesentriske forretningsmodeller er stikkord i en dynamisk omforming som er i full gang.

Digitalisering er både en driver, trussel og mulighet. Som grunnleggende og gjennomgripende driver har den en kraft som har vist seg å kunne endre markeder som musikkdistribusjon, bøker og detaljhandel. Trusselen er at de som ikke evner å ta i bruk den digitale verktøykassa vil bli utkonkurrert.

Reduksjon av klimautslipp i tråd med globale og nasjonale mål er primært en politisk og langsiktig økonomisk drevet prosess, selv om EUs "Clean planet for all"<sup>3</sup>, Statkrafts lavutslippsrapport<sup>4</sup> og Stern-rapporten<sup>5</sup> alle viser at det er god økonomi i å investere i reduserte klimautslipp nå, for å unngå kostnader knyttet til konsekvenser av høyere temperaturer og ekstremvær i framtida.

Overgangen til et lavutslipps- og nullutslippssamfunn innebærer heller ikke store kostnader for samfunnet målt som andel av total verdiskaping. Snarere er dette lønnsomme investeringer. "Clean planet for all" peker på at omleggingen til et lavutslippssamfunn vil kreve økt investering i energiinfrastrukturen i Europa fra dagens 2% til 2,8% av europeisk BNP. Det er i størrelsesorden ett norsk statsbudsjett per år. På verdensbasis er kostnadsestimatet på 2,5% av global BNP. Dette er estimerte kostnader uten å ta med positive helseeffekter, verdiskapingspotensial for nye løsninger og innsparinger relatert til lavere klimarisiko for samfunnet.

”  
Overgangen til et lavutslipps- og nullutslippssamfunn innebærer ikke store kostnader for samfunnet.

”  
Overgangen kan derfor bli mer krevende for petroleumseksportører som Norge enn andre land.

Syssetting står sammen med klima, sikkerhet og etter hvert naturmangfold<sup>6</sup> høyt på den nasjonale agendaen. I Norge er nær halvparten av arbeidstokken sysselsatt i offentlig sektor. Olje og gass har et betydelig antall sysselsatte, men bidrar med en verdier som er ti ganger større enn snittet for øvrige arbeidsplasser. Et bortfall av olje- og gassaktiviteten vil derfor kreve en betydelig høyere sysselsetting i andre sektorer om verditapet skal kompenseres.

Overgangen til lavutslippssamfunnet kan derfor bli mer krevende for petroleumseksportører som Norge enn andre land, ikke minst i transisjonsfasen hvor både petroleumseksport og den fornybare sektoren har overlappende behov for kapital- og personell-ressurser.

Hvor stor utfordringen faktisk blir og når den slår inn er svært usikker. NHOs egne analyser<sup>7</sup> beskriver en nær fortid med stor variasjon i oljeprisen, en nær framtid med stor usikkerhet preget av handelskrig og upredikerbare lederbeslutninger i tunge økonomier, men predikerer likevel en 2030-horisont omtrent som i dag for norsk olje- og gass økonomi. Prognosene for oljeproduksjon og investeringer samstemmer godt med Olje og energidepartementets (OED) anslag<sup>8</sup>.

<sup>3</sup> EU: Clean planet for all, COM(2018) 773 final

<sup>4</sup> Statkrafts Lavutslippsrapport 2019, [www.statkraft.no/media/publikasjoner/lavutslippsscenario-2019](http://www.statkraft.no/media/publikasjoner/lavutslippsscenario-2019)

<sup>5</sup> STERN REVIEW: The Economics of Climate Change 2006, [www.sternview.org.uk](http://www.sternview.org.uk)

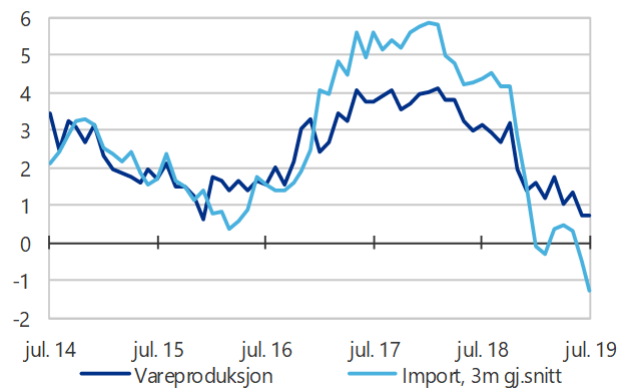
<sup>6</sup> IPBES - <https://www.ipbes.net/global-assessment-report-biodiversity-ecosystem-services>

<sup>7</sup> NHO Økonomisk overblikk 3/2019 Utsikter 2019-2021 – NHO Samfunnsøkonomi 11. oktober 2019

<sup>8</sup> <https://www.norskpetroleum.no/produksjon-og-eksport/produksjonsprognoser/>

### Verden: Vareproduksjon og import

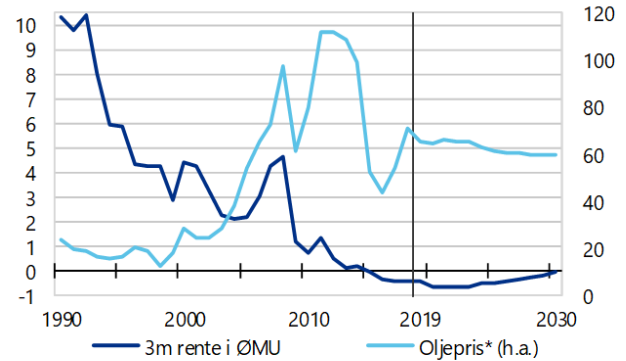
Prosentvis endring år/år. Sesongjustert volum



Kilde: Refinitiv Datastream / CPB / NHO

### Rente og oljepris

Prosent. USD pr. fat (h.a.)

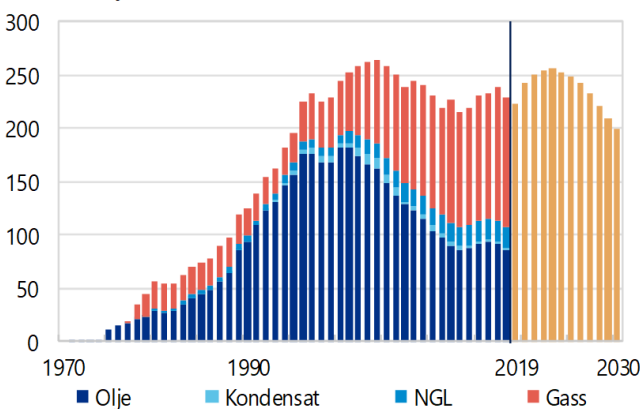


\*Reuters mediananslag frem til 2023, deretter RNB 2019 ut prognoseperioden.  
Kilde: NAM / NHO

Figur 3: Anslag for oljepris og rente

### Norge: Petroleumsproduksjon

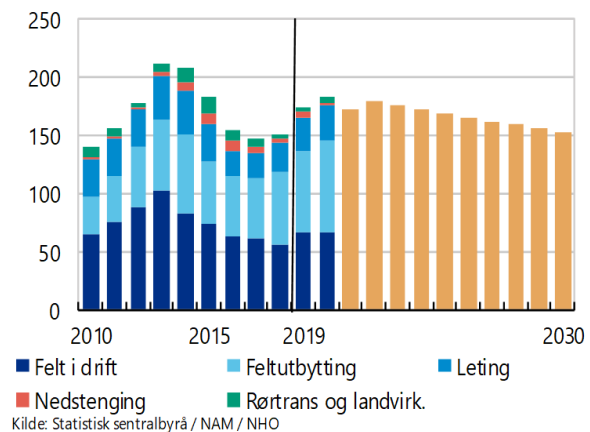
Mill. Sm<sup>3</sup> oljeekvivalenter



Kilde: Oljedirektoratet / RNB 2019 / NHO

### Norge: Petroleumsinvesteringer

Mrd. 2018-kroner. Etter investeringsart

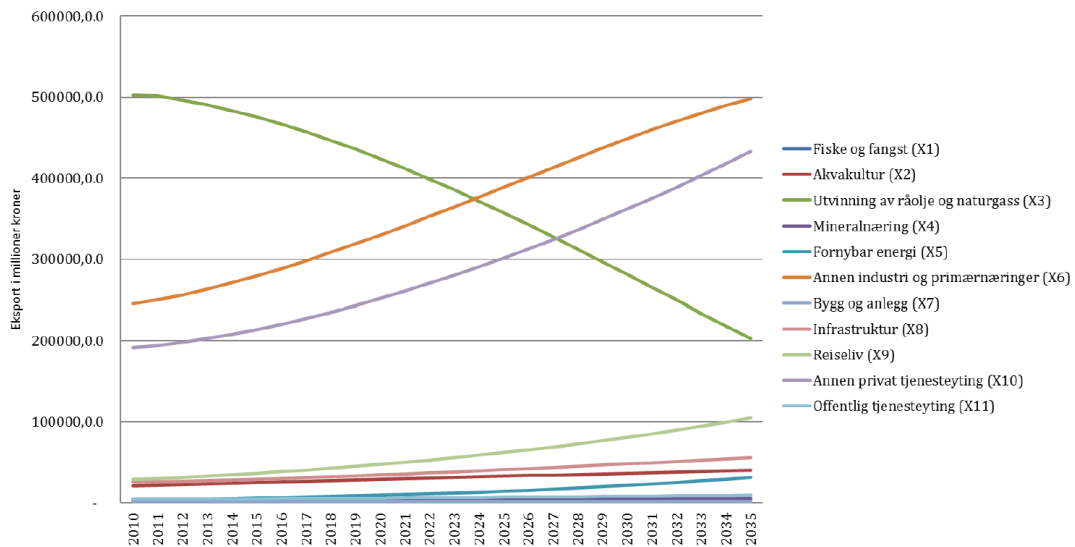


Kilde: Statistisk sentralbyrå / NAM / NHO

Figur 4: Gradvis lavere etterspørsel fra oljevirksomheten

Vista har foretatt en scenario-analyse som underlag for utredningen om grønn konkurransekraft av hvilke sektorer som skal erstatte verdiskapingen fra olje og gass for å opprettholde velferdsnivået og er kompatibel med en to-graders målet. Analysen tar ikke med effekten av konvertering av olje- og gass til hydrogen eller bruk av CCS, som ville ha løftet aktiviteten for sektoren i Vista analysen. På den annen side ville en analyse basert på en og en halv graders bane ha gitt en raskere reduksjon i etterspørselen.

Der NHO/OED ser en 10 prosent reduksjon i olje og gass ser Vistas analyse en nær 40 prosent reduksjon. Det er nærliggende å tro at utfallet ligger i det spennet, styrt av faktorer som både er utenfor og innenfor vår kontroll. Fremtiden vil vise hva fasit blir, men gitt størrelsen på verdiskapingen denne sektoren bidrar med for Norge, vil selv en begrenset nedgang ha en merkbar effekt.



Figur 5: Norsk eksport i virkningsbanen (konsistent med togradersmålet). Faste priser/volum.<sup>9</sup>

Vistas analyse viser at offentlig sektor ikke er et alternativ når avtakende olje- og gass eksport skal erstattes. Det vil være nødvendig med en oppskalering av eksportrettet industri og tjenesteyting. Bortfallet av verdiene fra olje- og gass sektoren er et utfordrende gap å lukke. En forenklet spissformulering av denne utfordringen er at en 20 prosent reduksjon i olje- og gass sektoren, rundt 10 000 arbeidsplasser, må erstattes med hundre tusen sysselsatte i vareproduserende industri og tjenesteyting.

”  
Det vil være nødvendig med en oppskalering av eksportrettet industri og tjenesteyting.

Dette må være kvalifiserte fagarbeidere og høyt utdannende eksperter som bidrar i sterk global konkurranse.

Både eksportrettet industri og tjenesteyting må proaktivt ta i bruk de verktøyene digitalisering tilbyr. Historien viser at viktige innsatsfaktorer for økt eksportrettet industri er god tilgang til fornybar energi i samspill med industriell innovasjonsevne. For begge er tilgang på høyt utdannede mennesker og evnen til å sette dem i arbeid avgjørende. Vi trenger en satsing på utdanning/etterutdanning, styrking av innovasjonsevnen og at vi evner å bygge på kompetanse fra offshore-sektoren inn mot bærekraftige næringer.

”  
Økt industriproduksjon krever også en økning i fornybar energiproduksjon.

Økt industriproduksjon krever også en økning i fornybar energiproduksjon. En balansert utbygging av kraft og industri er nødvendig om vi skal få økt industriproduksjon i den skala vi trenger for en omstilling. Den norske modellen for offentlig og privat samskaping er et godt grunnlag for å få dette til. Riktige rammebetingelser for aktørene og langsiktige kontrakter mellom kjøper og selger av kraft er viktige elementer i en slik prosess for å redusere risiko for aktørene og sikre framdrift.

<sup>9</sup> Kilde: Vista Analyse Rapport 2016/43 Grønn konkurransekraft: Muligheter og veivalg

## Mulighetsrommet framover

Spådomskunst har aldri vært enkelt og mye kan skje de kommende 30 årene som vi ikke evner å forutse. Mange kompetente aktører som IEA<sup>10</sup>, Bloomberg<sup>11</sup>, IRENA<sup>12</sup>, DNVGL<sup>13</sup>, Equinor<sup>14</sup> og Statkraft<sup>15</sup> har laget scenarier for utviklingen av ressursbruk, markeder og teknologi fram mot 2050. Ofte reflekteres aktørenes ståsted i deres analyser, men fellesnevneren er en sterk økning i sol, vind og batterier på grunn av kostnadsreduksjoner og en kraftig elektrifisering, spesielt av mobilitet.

DNVGL trekker spesielt fram energieffektivisering. Kull reduseres betydelig, oljebruk reduseres og gass lever lengst og kan få nytt liv som hydrogen. I analysene som sikter seg inn mot maksimalt 1,5 graders temperaturstigning er CCS en nødvendighet. Det er et rimelig stort sprik i tallfesting av markeder, og mye av usikkerheten tilskrives behovet for politiske beslutninger og rammebetingelser. Det er en robust antagelse å anta at fossile markeder vil gå betydelig ned, mens elektrisitetsmarkedet vil vokse kraftig.

”  
Det er en robust antagelse å anta at fossile markeder vil gå betydelig ned, mens det elektriske vil ha en kraftig økning.

Vi forholder oss til det vi tror er viktige styrende elementer i årene fram mot 2050. Klima og digitalisering er sterke drivere som tvinger fram omstilling og dynamikk. Velferd og samfunnsikkerhet er faktorer som vil sette rammer for utviklingen. FNs bærekraftsmål drar det globale samfunnet i retning av større bærekraft i vid forstand. For Norge er framtidig verdiskaping spesielt viktig, gitt vår utfordring med å finne erstatning for avtagende olje- og gassinntekter. Vi må møte utfordringen gjennom å bygge på våre naturgitte ressurser, tidligere erfaringer og evne til nyskaping. Energi21 sin strategi fra 2018 har vært et godt utgangspunkt for strukturering av mulighetsrommet<sup>16</sup>. Effektiv bruk av de norske forskerressursene er viktig<sup>17,18</sup>.

”  
Med de nevnte faktorene som rammer, vil vi i det følgende sette søkelys på hvordan vi kan skape nok eksportrettet industri og tjenesteyting til å opprettholde dagens velstandsnivå når olje- og gassinntektene faller.

Med de nevnte faktorene som rammer, vil vi i det følgende sette søkelys på hvordan vi kan skape nok eksportrettet industri og tjenesteyting til å opprettholde dagens velstandsnivå når olje- og gassinntektene faller. Vi har valgt å strukturere mulighetsrommet i fem områder. Disse utdypes nedenfor og danner rammeverket for konkrete forslag til verdikjeder i siste del av rapporten. I beskrivelsen av verdikjedene forsøker vi å gi anslag for mulig verdiskaping og sysselsetting. Forutsetningen for anslagene er gitt og er mer et oppspill til debatt enn en fasit.

<sup>10</sup> <https://www.iea.org/weo/>

<sup>11</sup> <https://about.bnef.com/new-energy-outlook/>

<sup>12</sup> <https://www.irena.org/publications/2019/Apr/Global-energy-transformation-A-roadmap-to-2050-2019Edition>

<sup>13</sup> ENERGY TRANSITION OUTLOOK 2017 A global and regional forecast of the energy transition to 2050

<sup>14</sup> <https://www.equinor.com/en/how-and-why/energy-perspectives.html>

<sup>15</sup> <https://www.statkraft.no/media/publikasjoner/lavutslippsscenario-2019/>

<sup>16</sup> Energi21: Strategi 2018 nasjonal strategi for forskning, utvikling, demonstrasjon og kommersialisering av ny klimavennlig teknologi. [www.energi21.no](http://www.energi21.no)

<sup>17</sup> Impello for Forskningsrådet 2018: Effekter av energiforskningen

<sup>18</sup> Menon-Rapport 29/2019: Fra Elektrifisering til Eksporteventyr?



Energieffektivisering og sirkulær økonomi er av de viktigste tiltakene for å redusere klimautslipp, men er ikke definert inn som egne verdikjeder i rapporten. Ikke fordi det ikke er viktige og kan skape verdier både direkte og indirekte, men dels fordi dette omtales i en parallell rapport om smarte og bærekraftige byer, og dels fordi den er bakt inn som en naturlig del av verdikjeder som for eksempel Prosessindustri, Batteriproduksjon, Elektriske nett, Leverandørindustri eller Digitalisert Tjenesteyting.

Anslag fra bransjen selv antyder at energieffektivisering vil havne i i kategorien 10-100 mrd, kanskje opp mot nedre del av kategori 100 mrd +, og kan potensielt gi flere ti-tusen arbeidsplasser i Norge og ha et betydelig eksportpotensial for norske leverandører, entreprenører og rådgivere.

Tilsvarende tankegang gjelder sirkulær økonomi. Det må inn som nødvendig og integrert del av alle verdikjedene den må realiseres.

Med perspektiv mot 2050 er usikkerheten knyttet til utviklingen stor. Det er krevende å forsøke å tallfeste størrelsen på markeder, eksportpotensial og sysselsatte, og vi har ikke grunnlag for eksakte anslag. Vi mener likevel det er mulig og nødvendig å si noe om størrelsesordener for å bidra til debatt og underlag for gode veivalg.

### Økt verdiskaping gjennom grønn eksportrettet industri

En "first mover"-posisjon kan gi bedre muligheter for å etablere industri og tjenesteyting knyttet til reduksjon av utslipp globalt og nye verdikjeder som utvikles. Dette krever et tett samspill mellom myndigheter, industri og undervisnings- og forskningsmiljøer. Det må legges til rette for kunnskapsbygging, prototyping og markedsintroduksjon for å bygge globale næringer av nasjonale "first mover"-prosjekter. Dette vil særlig være aktuelt på områder hvor vi har fortrinn og er i posisjon til å utgjøre en forskjell.



En viktig erkjennelse er at vi ikke løser klimakrisen alene. Analyser ved bruk av klimasimulatorer<sup>19</sup> viser at de vestlige landene må bidra med samspill og teknologioverføring slik at store deler av Asia og Afrika kan gå direkte til utslippsfrie løsninger. Dette er en utfordring, men også en mulighet for et globalt rettet norsk næringsliv, og bør i større grad reflekteres i samspillet med utviklingsland.

### Fornybar energiproduksjon

Energiproduksjonen i det norske vannkraftsystemet kan med relativt beskjedne naturinngrep økes for å muliggjøre grønn industrivekst<sup>20</sup>. Dette gjelder også landbasert vindkraft. Her må vi finne en god og bærekraftig balanse mellom nasjonale behov for sikring av natur og arts mangfold og verdens behov for mer fornybar energi. For å spille på styrkene fra historisk industribygging må vi bygge ut lønnsom energikrevende industri parallelt med utbyggingen av energien den trenger. I tillegg til historiske eksempler knyttet til metallproduksjon og trebearbeiding, er datasentre og batterifabrikker aktuelle nye industrier.

I tillegg til muligheter for leverandør- og tjenesteytende industri, er det globalt et potensial for verdiskaping ved utbygging og drift av fornybar energi og utvikling av fornybar teknologi med internasjonalt markedspotensial. Et eksempel på dette er havvind. Her har Norge internasjonale fortrinn gjennom god generell kompetanse samt unik kunnskap om samspill mellom energiteknologi og natur.

### Elektrifisering, energiinfrastruktur og systemtjenester

Storskala elektrifisering er en av nøklene til å lykkes med det grønne skiftet og er sterkt koblet mot

<sup>19</sup> For eksempel: <https://www.climateinteractive.org/policy-exercises-and-serious-games/c-roads-world-climate-now-online/>

<sup>20</sup> <https://www.cedren.no/Nyheter/Article/ArticleId/4221/Gar-det-an-a-produsere-lonnsom-vannkraft-og-samtidig-ta-hensyn-til-naturen>

mulighetsrommet knyttet til industri, digitalisering og fornybar produksjon. En slik elektrifisering krever et tett samspill med økt fornybar produksjon, digitalisering og integrasjon med industri og forbrukermarkeder. Som et av de mest elektrifiserte landene i verden har Norge et vel utviklet system for transmisjon, distribusjon og markedsløsninger for energiinfrastruktur. Smarte og mer effektive komponenter, systemløsninger og markedsdesign er styrkeområder vi kan bygge eksportrettede produkter og tjenester på for et globalt marked. Denne kompetansen gir også et godt grunnlag for utvikling av integrerte løsninger hvor flere energibærere spiller sammen for å dekke behovet for elektrisitet og varme/kjøling.

### Digitalisert leverandør- og forbruksvareindustri

Det grønne skiftet handler om å bryte sammenhengen mellom befolkningsvekst, ressursuttak og forbruk, gjennom å innføre økonomiske og praktiske mekanismer som støtter opp om en "sirkulær økonomi". Dette omfatter ren produksjon, ombruk, gjenbruk, holdbarhet og gjenvinning. Aluminium er et godt eksempel på dette. Også her kan vi skape fortrinn ved å være "first mover". Dette har en risiko, men kan være avgjørende for å lykkes i globale markeder. Et risikoreduserende tiltak vil være å satse innen områder vi har naturlige fortrinn og kompetanse<sup>21</sup>.

Finanssektoren bidrar i økende grad til norsk verdiskaping (figur 3), mye takket være avkastningen fra investeringene til Statens Pensjonsfond Utland. Sektoren ligger over gjennomsnittet i industrien når det gjelder verdiskaping per sysselsatt. Vi har ikke sett på nye verdikjeder inn mot finanssektoren, men ser et behov for en diskusjon om bruk av og retningslinjer for fondets aktivitet både med hensyn til retning og geografi som relevant i sammenheng med omstillingen vi står ovenfor.

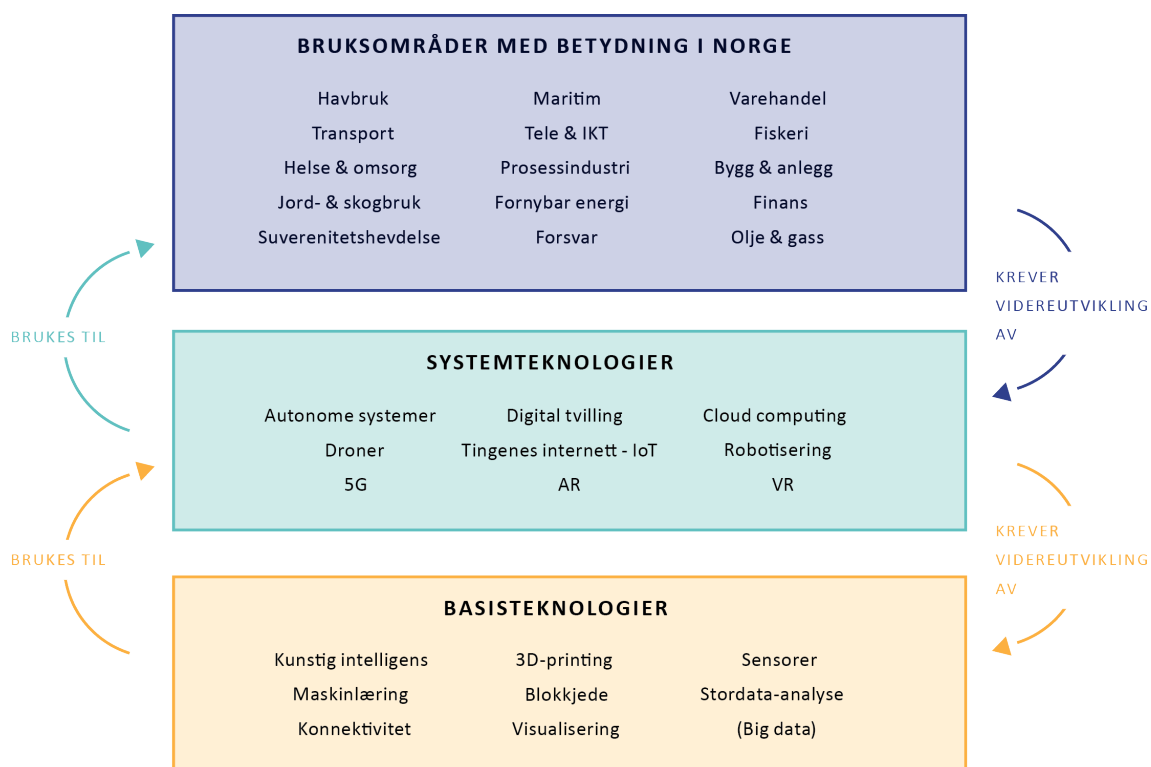
På område etter område ser vi hvordan tilgang og eierskap til data åpner nye forretningsmuligheter og verdikjeder, og grensen mellom produkter og tjenester viskes ut. Dette akselererer globaliseringen og utfordrer særegne nasjonale produkter og reguleringer. Internet of Things (IOT) og etter hvert tilgang til 5G-nett, akselererer dataproduksjonen dramatisk. Gjennombrudd innen Big data og maskinlæring åpner store spillerom for utfordrere som ikke må betjene kapital i gamle verdikjeder, og bidrar til å utvikle nye forretningsmodeller.



Dyp domenekompetanse fremstår fortsatt som nødvendig for verdiskaping

På få år har kapitalmarkedene utviklet seg slik at det er de store dataeierne som er høyest verdsatt, fremfor de som har rettigheter til naturressurser. Internasjonale teknologiselskaper har lyktes godt med å bruke data og maskinlæring i forbrukerorienterte markeder. Teknologiselskapene har hatt mindre suksess innen mer fysiske sektorer, som helse, energi og industri, der dyp domenekompetanse fortsatt fremstår som nødvendige for verdiskaping.

<sup>21</sup> BCG Mai 2019 for Norsk Industri og Næringsdepartementet: Capturing Norway's Digital Opportunity



Figur 6: Samspill digitale basisteknologier, systemteknologier og bruksområder (Digital21).

Digital 21<sup>22</sup> har sett på sammenhengen mellom digitale basisteknologier, systemteknologier og bruksområder med særlig betydning for Norge. Det ble gjort en omfattende kartlegging av industrielle muligheter, kompetanser og forutsetninger for å lykkes, særlig innen næringer der Norge har konkurransefortrinn. Sammenfall i behovene for digital kompetanse taler for at det vil lønne seg å samarbeide på tvers av næringer. Rapporten fra Digital 21 anbefaler tett samspill mellom myndigheter, industri og forskningsmiljøer for å sikre at Norge griper mulighetene digitaliseringen gir. Elementer i dette er utdanning, reguleringer, tilrettelegging for nye forretningsmodeller og utbygging av infrastruktur.

### Nye markeder knyttet til olje- og gassressursene

”

I denne rapporten har vi fokusert på verdikjeder som i sum har potensial til å erstatte i hvert fall deler av verdiskapingen i olje- og gass- sektoren, og kun gått inn på verdikjeder som gir null utslipp og er nye for sektoren.

I denne rapporten har vi fokusert på verdikjeder som i sum har potensial til å erstatte i hvert fall deler av verdiskapingen i olje- og gasssektoren, og kun gått inn på verdikjeder som gir null utslipp og er nye for sektoren som for eksempel utslippsfri utvinning.

<sup>22</sup> Digital21 rapport: Digitale grep for norsk verdiskaping 2018 [www.digital21.no](http://www.digital21.no)

Olje og gass blir ofte sett på som uløselig knyttet til klimagassutslipp. Slik trenger det ikke å være dersom man har kontroll på utslippene av CO<sub>2</sub> fra hele verdikjeden enten ved at karbonet fjernes før bruk, resirkuleres eller samles opp etter bruk. Lagring av karbonet i form av faststoff eller som CO<sub>2</sub> blir helt avgjørende for en bærekraftig olje og gassindustri. Eksempelvis kvalifiseres CCS og rent hydrogen som bærekraftige i EU's Sustainable Finance Taxonomy<sup>23</sup>.

Olje og gass er en verdifull ressurs som inneholder byggeklosser som kan utnyttes som råstoff innen mange vareproduserende industrigrener. Nær 60 % av oljen går i dag til mobilitet og er også et attraktivt råstoff for kjemisk industri, næringsmiddelindustri og materialproduksjon. I en global kontekst vil behovet for olje til mobilitet måtte synke etter hvert som elektriske og hydrogen/ammoniakkdrevne transportmåter vinner frem. Vi må legge til grunn at verden styrer mot netto nullutslipp og da gir dette seg selv. Det betyr at man bør se på alternativ og bærekraftig bruk av olje. Det er eksempelvis fullt ut mulig å bruke olje til hydrogenproduksjon også og følge verdikjedene for olje og oljeprodukter med teknologier som tar bort klimagassutslippene. Pr i dag er det liten aktivitet på dette fordi det er en sterk pull fra markedet for olje. Men Parisavtalen taler sitt klare språk om at dette ikke er forenlig med nullutslipp uten kontrollteknologier.

Gass vil kunne gi store reduksjoner i utslipp som erstatter for kull og olje på kort sikt, mens en avkarbonisering av gass til hydrogen med CO<sub>2</sub>-lagring (CCS) vil gi nullutslipp og vil sikre gass en plass i en framtidig utslippsfri mobilitetssektor. Hydrogen kan også erstatte gass som ressurs til energi og reduksjonsmiddel for industrien og mindre sluttbrukere dersom distribusjonssystemet bygges om. Det er faktisk slik at uten hydrogen fra naturgass med CCS vil overgangen til nullutslippssamfunnet knapt være mulig, være mye dyrere og ha større miljøavtrykk totalt<sup>24</sup>. Det vil være avgjørende at både hydrogen fra elektrolyse og naturgass med CCS spiller på lag i denne transisjonen. Tilgang på transport og lager for CO<sub>2</sub> er da fundamentalt nødvendig også for å kunne netto lagre CO<sub>2</sub> fra atmosfæren eller havet- såkalte klimapositive løsninger. I en slik overordnet kontekst kan det stilles spørsmål om olje og gassproduksjon ikke er forenlig med globale klimamålsettinger. Problemet er ikke olje og gass per se, men utslippene i leting, produksjon og bruk. Om de kan fjernes vil disse råstoffene være viktige byggesteiner videre sammen med fornybar energi, energieffektivisering og livsstilsendringer.

---

<sup>23</sup> [https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/business\\_economy\\_euro/banking\\_and\\_finance/documents/190618-sustainable-finance-teg-report-taxonomy\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/business_economy_euro/banking_and_finance/documents/190618-sustainable-finance-teg-report-taxonomy_en.pdf)

<sup>24</sup> [https://www.sintef.no/globalassets/sintef-energi/hydrogen-for-europe/hydrogen-for-europe-pre-study-report-version-4\\_med-omslag-2019-08-23.pdf](https://www.sintef.no/globalassets/sintef-energi/hydrogen-for-europe/hydrogen-for-europe-pre-study-report-version-4_med-omslag-2019-08-23.pdf)

## 2

### Økt verdiskaping gjennom grønn eksportrettet industri

Prosessindustrien er en eksisterende bærebjelke som langt på vei er grønn allerede. Energieffektivisering gjennom utvikling av nye prosesser, karbonfangst og utnyttning av spillvarme er sentrale tiltak mot nær null utslipp. 200 milliarder i eksportinntekter og rundt 50 000 ansatte er en solid plattform for videre satsing, og videre vekst er sterkt koblet til økt nasjonal fornybar kraftproduksjon.



Nye verdikjeder som kan levere 100 milliarder pluss og sysselsette flere titalls tusen er CCS og Hydrogen, begge støttet opp av bransjeforankrede utredninger av markedspotensialer. Hydrogen drives fram av elektrolyse basert på fornybar kraft og hydrolyse av naturgass. Koblet med CCS er hydrolyse en åpning for naturgassen inn et utslippsfritt samfunn. Hva som vil dominere er avhengig av flere faktorer, men det er rimelig klart at hydrogen vil ha og må ha økt betydning. En spennende joker er klimapositive teknologier som har et tilsvarende markedspotensial, men er umodent per i dag. Alle disse krever betydelige klimapolitiske tiltak.






















Batterier, mineraler og gruvedrift, biodrivstoff og biokull er i varierende grad modne teknologisk og markedsmessig. Potensialet er flere titalls milliarder i verdiskaping og minimum noen titalls tusen arbeidsplasser. Batterier står kanskje fremst i køen, drevet fram av et stort og umettet marked.

En "first mover"-posisjon kan gi bedre muligheter for å etablere industri og tjenesteyting knyttet til reduksjon av utslipp globalt og nye verdikjeder som utvikles. Dette krever et tett samspill mellom myndigheter, industri og undervisnings- og forskningsmiljøer. Det må legges til rette for kunnskapsbygging, prototyping og markedsintroduksjon for å bygge globale næringer av nasjonale "first mover"-prosjekter. Dette vil særlig være aktuelt på områder hvor Norge har fortrinn og er i posisjon til å utgjøre en forskjell.

En viktig erkjennelse er at vi ikke løser klimakrisen alene. Analyser ved bruk av klimasimulatorer<sup>25</sup> viser at de vestlige landene må bidra med samspill og teknologioverføring slik at store deler av Asia og Afrika kan gå direkte til utslippsfrie løsninger. Dette er en utfordring, men også en mulighet for et globalt rettet norsk næringsliv, og bør i større grad reflekteres i samspillet med utviklingsland.

<sup>25</sup> For eksempel: <https://www.climateinteractive.org/policy-exercises-and-serious-games/c-roads-world-climate-now-online/>

<b>Marked</b> Nå til 2050	 0-10 milliarder	 10-100 milliarder	 > 100 milliarder
<b>Eksport</b> (potensiale)	 0-100 milliarder	 > 100 milliarder	
<b>Sysselsatte</b> (potensiale)	 0-25 000	 > 25 000	

	Nå	→	2050	
Prosessindustri		→		 
Karbonfangst og lagring		→		 
Hydrogen		→		 
Klimapositive løsninger		→		
Mineraler og gruvedrift		→		 
Batterier		→		 

## 2.1 Prosessindustrien

Prosessindustri defineres som industri som prosesserer bulkråvarer til ferdige produkter eller halvfabrikata innenfor kjemisk, petrokjemisk, metallurgisk, mineraler inkludert sement, treforedling og andre beslektede sektorer. Prosessindustrien produserer kjemikalier og/eller materialer slik som petrokjemiske produkter, metaller, metall-legeringer, mineraler, mineralbaserte produkter, cellulose- og ligninprodukter. Prosessindustrien er ofte basert på norsk fornybar vannkraft og et bredt spekter av råmaterialer som spenner fra naturgass til mineraler, malm, karbonprodukter og trevirke.

Prosessindustrien er i dag ofte eiet av store selskaper med global industriell portefølje av selskaper og fabrikker. I Norge kan nevnes tre selskaper i samme kategori, men hvor eierskapet i hovedsak er norsk. Dette gjelder Hydro, Yara og Borregaard. Med unntak av noen mindre selskaper er eierskapet til øvrig prosessindustrien i Norge utenlandsk.

### Status for sektoren

#### Samlet verdiskaping og eksport

Prosessindustrien bidrar med i størrelsesorden 200 mrd. kroner i eksportinntekter per<sup>26</sup>. Dette utgjør mer enn 20% av Norges totale eksportverdier og ca. 50% av fastlandseksporten. Prosessindustrien er dermed en av de store eksportnæringene i Norge. De to største bedriftene med hovedsete i Norge er Norsk Hydro (Aluminium-produksjon) og Yara (mineralgjødning). Prosessindustrien bruker ca. 35 TWh av Norges vannkraftproduksjon i året og bidrar til verdiskaping og arbeidsplasser med store ringvirkninger i lokalsamfunnene over hele landet. Normalt vil en arbeidsplass i prosessindustrien gir totalt fire hvis man inkluderer tilstøtende leverandørindustri. De store prosessindustriaktørene har et omfattende behov for underleverandører og bidrar dermed også til en kompetent og konkurransedyktig leverandørindustri. I et verdikjedeperspektiv bidrar prosessindustrien til ytterligere verdiskaping i samarbeid med sine kunder. Sirkulærøkonomi og fokus på energieffektivitet, resirkulering og gjenbruk av avfall- og bistrømmer er også viktig for prosessindustrien og vil også bidra til økt verdiskaping.

Prosessindustrien er ofte hjørnesteinsbedrifter spredd over hele landet slik som vist i figur 1<sup>27</sup> (Veikart for norsk prosessindustri), med totalt ca. 50 000 ansatte og en eksportandel på 80 prosent.

### Kort historisk utvikling

Den landbaserte prosessindustrien i Norge har lange tradisjoner. God tilgang på kraft (vannkraft) har vært et komparativt fortrinn som har blitt utnyttet. Bedriftene er ofte lokalisert i nærheten av vannkraftverk og havn med mulighet for transport til kunder.

---

<sup>26</sup> SSB-Eksportstatistikken

<sup>27</sup> Veikartet for norsk prosessindustri,

[https://www.norskindustri.no/siteassets/dokumenter/rapporter-og-brosjyrer/veikart-for-prosessindustrien\\_web.pdf](https://www.norskindustri.no/siteassets/dokumenter/rapporter-og-brosjyrer/veikart-for-prosessindustrien_web.pdf)

- Kjemiske råvarer
- Primæraluminium
- Øvrig metallurgisk
- Treforedling
- Sement



*Figur 7: Prosessindustrien i Norge*

Prosessindustrien i Norge kan deles i to hovedsektorer; Kjemisk prosessindustri og metallurgisk prosessindustri. Sektoren opererer i og er del av komplekse, globale verdikjeder med lokal, nasjonal og internasjonal verdiskaping. Det er høy kompetanse i hele verdikjeden fra råvarer til ferdige produkter og tjenester. Prosessindustrien er i kontinuerlig utvikling i tett samspill med leverandører, utdannings- og forskningsinstitusjoner.

Prosessindustrien har i løpet av de siste ti årene etablert en god samarbeidskultur gjennom etablerte klyngeorganisasjonene: Eyde-klyngen (base i Agder), Arctic Cluster Team (base i Nordland) og Industrial Green Tech (base i Telemark) og etableringen av Future Materials Katapult senter.



### Kjemisk prosessindustri

Kjemisk prosessindustri i Norge omfatter en stor del av verdikjeden fra raffineri (Equinor og Esso), med foredling til ulike petrokjemiske strømmer, petrokjemisk industri som INEOS og INOVYN med anlegg i Grenland samt Equinor med metanolfabrikken på Tjeldbergodden. Den omfatter også kjemiske prosessindustrier som YARA, Dynea og GE Health Care som ta utgangspunkt i strømmer fra raffinerier for videre produksjon av kjemiske produkter. Det fins også en flere små- og mellomstore bedrifter innen finkjemiske industrier som produserer høyverdige produkter for en rekke markeder fra medisin til olje og gass. Kjemisk prosessindustri basert på karbon fra biomasse (bio baserte karbon) er også viktig for fremtiden. Borregaard, som et av verdens mest integrerte bioraffinerier basert på biomasse fra skog, produserer et økende spekter av produkter fra høy-verdi syntetisk vanillin til bioetanol for innblanding som energibærer.

Den petrokjemiske delen av verdikjeden er betydelig med INEOS som produserer de petrokjemiske byggesteinene etylen og propylen fra naturgass. Fabrikken på Tjeldbergodden er Europas største metanolfabrikk med sin kapasitet på 900 000 tonn/år. Fabrikken er også svært godt energiintegret og er ansett for å være verdens mest energieffektive metanolfabrikk. Spillvarme utnyttes til landbasert oppdrett av laks og rognkjeks.

Det er to fabrikker som produserer mineralgjødsel i Norge, Yara Porsgrunn og Yara Glomfjord. Om lag 90 prosent av produksjonen eksporteres. Økt bruk av mineralgjødsel er en nødvendig forutsetning for en bærekraftig matproduksjon i verden. OECD anslår at i 2050 vil verdens befolkning nå 9 milliarder mennesker og at matbehovet vil øke med nærmere 60 prosent sammenlignet med i dag. Mineralgjødsel må derfor produseres slik at man får økt produksjonsutbytte fra landbruk uten tilsvarende økning i belastning av naturressurser i prosessen.

### Metallurgisk prosessindustri

Det produseres silisium og flere ulike typer ferrolegeringer i Norge, herunder ferrosilisium, ferromangan og silikomangan. Elkem, Ferrolobe, Finnfjord, Wacker Chemicals og Eramet produserer totalt ca. 630 000 tonn pr år. Bedriftenes produkter er etterspurte og kapasiteten økes og forbedres flere steder; Wacker Chemicals i Hemne kommune er i ferd med å avslutte byggingen av verdens største ovn for produksjon av silisium (800 million kroners investering) og Elkem skal investere i et nytt energigjenvinningsanlegg i Salten. Den norske ferrolegeringsindustrien er kjent for å ha stort fokus på forskning og utvikling, som drives via Ferrolegeringsbedriftenes Forskningsforening (FFF).

Det er syv aluminiumsverk i Norge, fem eid av Hydro og to av Alcoa. Aluminium er det metallet det produseres mest av i verden etter jern. Aluminium lar seg lett resirkulere og omtrent 75 prosent av all produsert aluminium gjennom tidene er fortsatt i bruk. Resirkulert aluminium krever kun 5 prosent av energiforbruket sammenlignet med produksjon av primæraluminium. For å produsere 1 tonn primæraluminium trengs 12-15 MWh elektrisk kraft, avhengig av fabrikkens effektivitet og teknologi. Hydro og Alcoa er begge i verdensklasse når det gjelder energieffektivitet. Hydros Karmøy-pilot demonstrerer verdens mest klimavennlige og energieffektive aluminiumsproduksjon. Aluminiumsbedriftene legger vekt på bærekraft gjennom hele sin verdikjede også under bruk. Et eksempel er lettvekts-aluminium for Automotive.

I Norge har vi også produksjon av sink (Boliden Odda), titandioksid (TiZir Titanium & Iron), nikkel, kobber og kobolt (Glencore Nikkelverk), og resirkulert stål (Celsa Nordic).

### Potensial for videre utvikling mot 2030 og 2050

Prosessindustrien har store ambisjoner om å videreutvikle seg som en av Norges viktigste industri-sektorer i framtidens lavutslippssamfunn. I Veikart for norsk prosessindustri er målet økt verdiskapning med nullutslipp i 2050. Den samme visjonen er videreført i det nasjonale strategiarbeidet Prosess21<sup>28</sup>.

Norsk prosessindustri har i en årrekke jobbet systematisk med prosessforbedringer og teknologisk utvikling med stort fokus på sine klima- og miljøavtrykk. Fra 1990 til 2014 reduserte prosessindustrien sine klimagassutslipp med ca. 40%, samtidig som produksjonen økte med 37%. Dette viser stor vilje og evne til å finne løsninger og er et godt grunnlag for videre utvikling. Til tross for dette er klimautslipp en fortsatt en stor utfordring i dagens prosessindustri, ref. målsetningen med nullutslipp i 2050. Med utslipp av 9,4 millioner tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter i 2017 representerer norsk landbasert prosessindustri i dag i underkant av 18 % av Norges totale utslipp<sup>29</sup>. Figur 7 viser utslipp i norsk prosessindustri i 2017, fordelt på industrisektor.



I lavutslippssamfunnet vil det også være økt etterspørsel etter produkter med lite karbonavtrykk i produksjon og ved bruk. Det vil også være økt behov for produkter til produksjon og lagring av fornybar energi.

For flere av dagens prosesser og teknologier er man imidlertid i ferd med å nå teoretisk minimum for utslipp av CO<sub>2</sub>. Dette betyr at utvikling av nye, helt CO<sub>2</sub>-frie prosesser er nødvendig for å nå målet med økt verdiskapning med nullutslipp i 2050. I lavutslippssamfunnet vil det også være økt etterspørsel etter produkter med lavt karbonavtrykk i produksjon og ved bruk. Det vil også være økt behov for produkter til produksjon og lagring av fornybar energi. Den norske prosessindustrien er godt posisjonert for dette og har i en årrekke samarbeidet med forskningsmiljøene rundt disse temaene. Mye av dette samarbeidet foregår i dag i forskningssentrene SFI Metal Production<sup>30</sup>, SFI ICSI<sup>31</sup>, FME HighEFF<sup>32</sup> og FME Bio4Fuels<sup>33</sup>.

<sup>28</sup> <https://www.prosess21.no/>

<sup>29</sup> Miljødirektoratet 2017

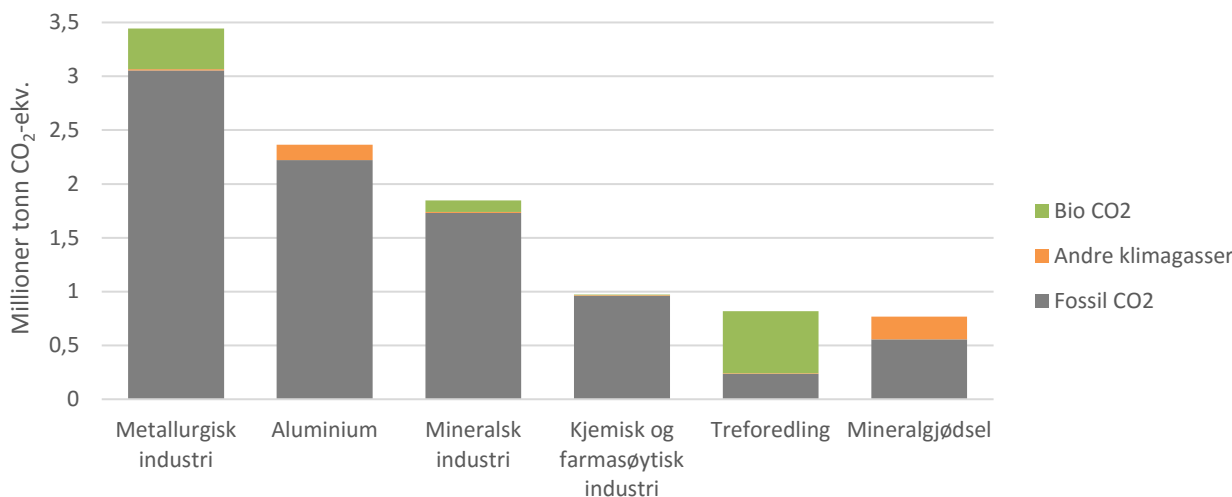
<sup>30</sup> <https://www.ntnu.edu/metpro/cr-metal-production>

<sup>31</sup> <https://www.ntnu.edu/icsi>

<sup>32</sup> <https://www.sintef.no/projectweb/higheff/>

<sup>33</sup> <https://www.nmbu.no/en/services/centers/bio4fuels/about>

## Utslipp fra prosessindustri i Norge



Figur 8: Prosessindustriens utslipp i 2017 (Miljødirektoratet)

De viktigste bidragene og prosessinnovasjonene det arbeides med i dag og som blir viktig i framtiden er:

**Spesialisering og produktutvikling** basert på prosessindustriens kjerneprodukter ved å forlenge industriens verdikjeder og bidra til merverdi i de ulike produktene (added value). Produkter som bidrar til direkte eller indirekte utslippsreduksjoner er f.eks. aluminium, silisium og elektrisk stål til batterier og elektriske biler, aluminium til biler, glassfiber og høyfaste støperilegeringer til vindmølleblad og høyfast betong med Microsilica® og lignin.

**CO<sub>2</sub>-fangst, bruk og lagring (CCUS)** fra prosessindustriens punktutslipp.

**Sirkulærøkonomi** - gjenbruk og bærekraftig bruk av ressurser

Produksjon, gjenvinning og resirkulering fra primære (metaller og materialer) og sekundære material- og avfallsstrømmer ved bruk av ulike teknologier (pyro- og hydrometallurgi og elektrolyse-prosesser). Dette er meget viktige bidrag til sikring av kritiske råmaterialer (ref. materialer og mineraler til det grønne skiftet).

**CO<sub>2</sub>-frie produksjonsprosesser:** For flere prosesser nærmer dagens teknologi seg teoretisk minimum med hensyn til direkte CO<sub>2</sub>-utslipp. Helt nye CO<sub>2</sub>-frie prosesser er dermed nødvendig

- Utvikling og bruk av ikke fossile reduksjonsmaterialer i metallproduksjon; biokarbon, H<sub>2</sub>, metan fra biogass.
- Lukkede ovnskonsepter.
- Gjenvinning og resirkulering av gass i industrielle prosesser (CCU).

**Utvikling av nye biobaserte prosesser** med bruk av biomasse som erstatning for karbon fra fossile kilder

- Biokjemikalier og biomaterialer.
- Biodrivstoff, spesielt rettet mot biojetfuel.

**Digitalisering** som mulig-gjør for automatisering, robotisering, autonome og adaptive prosesser.

**Nye kompakte eller modulære løsninger** som bidrar til "prosessintensivering", kutt i kostnader for investering i nye produksjoner og distribuert produksjon.

**Elektrifisering av kjemiske prosesser:** Det er store potensialer for "indirekte" og "direkte" elektrifisering.

- Erstatning av eksisterende fossilbasert oppvarming med strømbasert energi, spesielt med fokus på realisering av avansert prosesskontroll eller bruk av alternative energiformer (plasma, mikrobølger mm).
- Bruk av hydrogen fra elektrolyse eller biobaserte prosesser.
- Nye alternative reaksjonsprosesser via direkte elektro- eller foto- kjemisk/katalytisk konvertering.
- Bruk av kjemisk konvertering i lagring og transport av energi (Power-to-X) via kjemiske mellomprodukter (Hydrogen, metanol, ammoniakk).

### Barrierer og andre muligheter

Gode rammevilkår for industri som benytter fornybar norsk kraft i sin produksjon er avgjørende for fortsatt vekst og etablering av ny prosessindustri i Norge. Et velfungerende og tilpasset virkemiddelapparat er også viktig. Dette er viktige premisser for utvikling og implementering av teknologier og løsninger for lavutslippssamfunnet. Opprettelsen av strategiarbeidet Prosess21 er i så måte meget godt mottatt.

”  
Gode rammevilkår for industri som benytter fornybar norsk kraft i sin produksjon er avgjørende for fortsatt vekst og etablering av ny prosessindustri i Norge.

Videre er implementering av sirkulærøkonomiske teknologier og løsninger for håndtering av industrielle bistrømmer (sekundære materialstrømmer) og avfall utfordrende så lenge deponier og produksjon basert på primære kilder har en lavere kostnad. Her trengs insentiver og politisk villighet.

#### Referanser:

- Veikartet for norsk prosessindustri, [https://www.norskindustri.no/siteassets/dokumenter/rapporter-og-brosjyrer/veikart-for-prosessindustrien\\_web.pdf](https://www.norskindustri.no/siteassets/dokumenter/rapporter-og-brosjyrer/veikart-for-prosessindustrien_web.pdf)
- Meld. St. 27, Melding til Stortinget, Industrien – grønnere, smartere og mer nyskapende, 2016/2017
- <https://www.ntnu.edu/metpro/cr-met-prod>
- <https://www.ntnu.edu/icsi>
- <https://www.sintef.no/projectweb/higheff/>
- <https://www.adressa.no/nyheter/okonomi/2017/03/09/Investerer-800-millioner-i-smelteverket-Holla-i-Hemne-14416127.ece>
- <https://www.elkem.com/no/presserom/nyheter-gammel/energigjenvinningsanlegg-besluttet-pa-elkem-salten/>
- <https://www.hydro.com/no-NO/media/news/2017/karmoy-teknologipilot-innviet-av-statsminister-erna-solberg/>
- <https://www.hydro.com/no-NO/media/news/2019/audi-og-hydro-felles-satsing-pa-baerekraftig-aluminium/>
- [\(https://www.norskindustri.no/siteassets/dokumenter/rapporter-og-brosjyrer/veikart-for-prosessindustrien\\_web.pdf\)](https://sintef-my.sharepoint.com/personal/petter_stoa_sintef_no/Documents/NHO%20Energi%20og%20Industri%20-%20siste%20innsjutt/)
- <https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/starter-gruppearbeid-for-a-begrense-utslipp-fra-industrien/id2599077/>

## 2.2 Bioenergi og biokull

Potensialet for utnyttelse av bioenergi i Norge er betydelig, og det er store utnyttede biomasseressurser som i fremtiden kan bidra både til bioenergi og materialer. I fremtiden kan tradisjonell bruk av bioenergi få sterkt økende konkurranse om ressursbasen fra bruk av biomasse til både avansert biodrivstoff og biokull, og hvor også karbonfangst og lagring blir aktuelt. Potensialet for bruk av biokull i Norge er også meget stort. Bare i metallurgisk industri skal et årlig forbruk av fast karbon på en million tonn fossile reduksjonsmidler erstattes med biokarbon innen 2050. Samtidig er det forventet en betydelig vekst innenfor denne sektoren.

### Status for sektoren

Bioenergi i Norge har tidligere først og fremst omhandlet bruk av biomasse i form av ved, flis og restprodukter som bark og sagflis fra treforedlingsindustrien, samt den biogeniske delen av kommunalt avfall via energigjenvinning ved forbrenning. Det har i liten grad vært fokus på restprodukter fra skogbruk eller jordbruk, ulike typer biologisk basert slam og akvatisk biomasse eller dyrking av energivækster og skog. Bioenergien brukes primært til varmeformål i Norge, som prosessvarme eller til oppvarming. Den meget beskjedne produksjonen av strøm fra biomasse er primært basert på bruk av restprodukter eller husholdningsavfall, som har lav, ingen eller negativ kostnad. Produksjon av biogass fra organisk materiale er økende, også for oppgradering til drivstoffkvalitet.

Selv om det har vært en betydelig økning i produksjon og distribusjon av fjernvarme (primært fra avfall og biomasse) de siste par tiårene, er fremdeles omfanget (5,7 TWh<sup>34</sup> i 2018) beskjedent sammenlignet med våre naboland. Dette har historiske, demografiske og topografiske årsaker. Bruk av ved til oppvarming har alltid stått sterkt i Norge (5,6 TWh<sup>35</sup> i 2018), og vil også gjøre det i fremtiden, da produsentene i økende grad utvikler vedovner tilpasset fremtidens energieffektive bygninger, hvor det er behov for lavere og jevnere varmeavgivelse. I papirindustrien har nedleggelse av produksjonen både på Tofte og Follum hatt innvirkning på bruken av bioenergi i denne sektoren av treforedlingsindustrien, men virke fra skogen finner nye veier, i form av eksport til naboland. Det betyr at energivirke fortsatt vil tas ut samtidig som massevirke, og sagtømmer tas ut.

Strategidokumenter som Energi21<sup>36</sup> og Skog22<sup>37</sup> peker på biomasse og bioenergi som et viktig bidrag til det norske energisystemet også i fremtiden. Samtidig har økningen i bruken av bioenergi i Norge vært moderat (19 TWh<sup>38</sup> i 2018, hvorav mer enn 3 TWh importert førstegenerasjons biodrivstoff) de siste årene<sup>39</sup>, spesielt sammenlignet med målet i regjeringens bioenergi-strategi fra 2008<sup>40</sup>; en dobling i bruken av bioenergi fra 2008 til 2020, fra 14 til 28 TWh.

### Potensial for videre utvikling mot 2030 og 2050

De siste årene har det blitt økende fokus på avansert biodrivstoff (beskrevet i påfølgende kapittel) og biokull som vekstmuligheter. Dette er tuftet på behovet for å erstatte fossile brenslers i transportsektoren

<sup>34</sup> <https://www.ssb.no/energi-og-industri/statistikker/fjernvarme/aar>

<sup>35</sup> <https://www.ssb.no/statbank/table/11563/>

<sup>36</sup> Energi21 (2018). <http://www.energi21.no/>

<sup>37</sup> Skog22 (2015). <http://www.innovasjon Norge.no/no/skog22/>

<sup>38</sup> <https://www.ssb.no/energi-og-industri/statistikker/energienergiskap>

<sup>39</sup> Riksrevisjonens undersøkelse av myndighetenes satsing på bioenergi for å redusere utslipp av klimagasser (2018).

<https://www.riksrevisjonen.no/rapporter-og-utredninger/rapporter-og-utredninger/2017-2018/myndighetenes-satsing-pa-bioenergi-for-a-redusere-utslipp-av-klimagasser/>

<sup>40</sup> Strategi for økt utbygging av bioenergi (2008). <http://www.regjeringen.no/nb/dep/oe/dok/rapporter/2008/strategi-for-okt-utbygging-av-bioenergi.html?id=505401>

og fossile reduksjonsmidler i Norges store metallurgiske industri<sup>41</sup>. Begge disse sektorene har hatt fokus på skogen som en primær ressurs for å dekke fremtidens behov, samtidig som det er ønskelig å benytte alternative og billigere ressurser. En forutsetning er at tilstrekkelig produktkvalitet kan oppnås for sluttbrukeren.

Bruk av biokull som jordforbedringsmiddel med samtidig langtidslagring av karbonet i jordsmonnet gir en vinn-vinn-situasjon, men det er ingen energiutnyttelse tilknyttet bruken av biokullet. I metallurgisk industri forbrukes det faste karbonet i biokullet som reduksjonsmiddel i de ulike metallurgiske prosessene, dvs. ikke for energiproduksjon. Men, biokull må produseres, og nettopp denne produksjonen er en mulighet for samtidig energiproduksjon fra overskuddsvarme.



Det vil være behov for anlegg for karbonisering av en rekke typer biomasse med tanke på spesifikk sluttbruk. Her ligger det et stort potensial for utvikling av norsk leverandørindustri, og flere norske industriaktører har nå initiativer rettet mot teknologiutvikling for produksjon av biokull for jordbruksformål og for metallurgisk industri. Biprodukter fra produksjonen i form av bioolje og gass, kan også oppgraderes istedenfor å brennes direkte, spesielt hvis biokull produksjonen er varmeintegreert med en industri som har overskuddsvarme.

Et fellestrekk ved utnyttelse av biomasse til ulike formål er det økende fokuset på bærekraft og bærekraftige verdikjeder, fra ressurs til sluttbruk, og bruk av riktig ressurs til riktig formål, hvor ressursen og verdikjeden tilpasses sluttbrukerens behov og kvalitetskrav. I verdikjedene er det et ønske om høyest mulig energieffektivitet og lavest mulige utslipp, til jord, vann og luft, inkludert drivhusgasser. I visse verdikjeder vil bioenergi være en del av løsningen og i samspillet med ulike fornybare energikilder vil man finne den optimale løsningen, f.eks. til oppvarming av boliger, hvor både sol- og omgivelsevarme via varmepumper kan bidra.

Frem mot 2030 kan det forventes en sterk vekst i bruken av biomasse for energi, drivstoff, materialer (som reduksjonsmidler) og karbonfangst og -lagring. Det forventes vesentlig mer fokus på bruk av restprodukter og avfallsstrømmer og riktig bruk av biomasse til riktig formål, i en sirkulær økonomi<sup>42</sup>. Samtidig kan integreringen av bioenergi i fremtidens energisystem i økende grad forventes å bli styrt av samspillet mellom ulike tilgjengelige energikilder, i fjernvarmesystemer, boliger eller industri. Frem mot 2050 er det en forventning om 100% fornybare byer, distrikter, industrier og boliger<sup>43</sup>. I dette bildet er både bioenergi, biodrivstoff og biokull viktig deler av løsningen.

### Barrierer og utfordringer

Barrierer og utfordringer for bioenergi er delvis knyttet til teknologi og delvis til rammebetingelser<sup>44</sup>. En lang rekke teknologier for produksjon av varme og elektrisitet fra biomasse er tilgjengelige og kommersielle. For produksjon av biokull finnes det et stort antall teknologier, men de er generelt gamle og for dårlige i en norsk kommersiell setting. Her er det et stort behov for å utvikle nye og bedre teknologier for det norske markedet, som på en bærekraftig måte kan produsere biokull for ulike formål fra ulike

<sup>41</sup> Veikart for prosessindustrien (2016). [https://www.norskindustri.no/siteassets/dokumenter/rapporter-og-brosjyrer/veikart-for-prosessindustrien\\_web.pdf](https://www.norskindustri.no/siteassets/dokumenter/rapporter-og-brosjyrer/veikart-for-prosessindustrien_web.pdf)

<sup>42</sup> Avfall som ressurs-avfallspolitikk og sirkulær økonomi (2017). <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/meld.-st.-45-20162017/id2558274/>

<sup>43</sup> <https://www.rhc-plattform.org/about-us/structure/horizontal-working-groups/>

<sup>44</sup> Rammebetingelser for bioøkonomi i Norge (2015). <https://vista-analyse.no/no/publikasjoner/rammebetingelser-for-biookonomi-i-norge/>

norske biomasse ressurser. Tilstrekkelige rammebetingelser og fokusert satsing<sup>45</sup> er viktig ved implementering av nye verdikjeder.

Den største utfordringen, men samtidig den største muligheten, er utnyttelsen av alle bærekraftig tilgjengelig biomasseresurser for å dekke fremtidens behov for energi og materialer. Denne utnyttelsen må være økonomisk, sosialt og miljømessig bærekraftig. Dette må være et samspill med andre fornybare energikilder, for dekning av våre totale fremtidige energi- og materialbehov.

---

<sup>45</sup> Regjeringens bioøkonomistrategi (2016). <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/regjeringens-bioekonomistrategi-kjente-ressurser--uante-muligheter/id2521997/>

## 2.3 Flytende biodrivstoff

IEA har etablert en målsetning<sup>46</sup> om at 10% av det globale forbruket av drivstoff må være biodrivstoff i 2030, inkludert biojet. I dag er det kun rundt 3% av drivstoffet i transportsektoren som er biodrivstoff, noe som betyr at det globale tilbudet etter biodrivstoff må øke kraftig i årene framover. Dette åpner spennende muligheter for verdiskaping innen norsk industri.

### Status for sektoren

Globalt finnes det rundt 81 Mtoe (millioner tonn oljeekvivalenter) biodrivstoff i transportsektoren i dag, noe som utgjør ca. 3% av energimiksen. IEAs målsetning tilsvarer en økning på over 250 Mtoe. IEA påpeker at biodrivstoffproduksjon og -bruk må økes betydelig fra dagens nivå. For å nå målsetningen må produksjon og forbruk økes med 10% hvert år, mens det i realiteten kun er ca. 3% økning som per i dag er realistisk.

Samfunnet og kunder krever lavere CO<sub>2</sub>-avtrykk fra transportsektoren, og i mange tilfeller (for eksempel luftfart, anleggsmaskiner, langtransport) er biodrivstoff den mest realistiske muligheten for å oppnå CO<sub>2</sub>-nøytralitet. Biodrivstoff har også bidratt til å senke CO<sub>2</sub>-utslipp fra veitransport. Miljødirektoratet anslår at bruk av biodrivstoff i Norge i løpet av 2018 har bidratt til å redusere CO<sub>2</sub>-utslippene med 970 million tonn (Mt) CO<sub>2</sub>-ekvivalenter hvis man inkluderer livsyklusutslippene fra produksjon<sup>47</sup>.



Mesteparten av omsatt biodrivstoff i Norge i dag er importert, men det finnes også norske produsenter, som Borregaard, Silva Green Fuel, St1, Quantafuel og Biozin. De største brukerne av biodrivstoff i Norge er Avinor, Equinor, Eco-1 og Preem.

Norges nåværende ambisjon er at 20% av omsatt drivstoff innen 2020 skal være biodrivstoff. 8% må være «avanserte» biodrivstoff. Avanserte biodrivstoff framstilles av rester og avfall fra næringsmiddelindustri, landbruk eller skogbruk og kommer ikke fra råstoff som kan utnyttes som mat eller dyrefôr. Avansert teller dobbelt så mye som «vanlig» biodrivstoff, så det betyr i realiteten at 4% av drivstoffet må være avansert. Miljødirektoratet oppgir at omsatt biodrivstoffmengde i Norge var 497 millioner liter i 2018. Salget av avansert biodrivstoff økte til 190 millioner liter mens salget av palmeolje gikk betydelig ned fra 317 til 93 millioner liter sammenliknet med 2017, med resultat at totalt omsatt biodrivstoff i 2018 var 25% lavere enn 2017. Andelen av omsatt biodrivstoff på 17% var likevel høyere enn det obligatorisk krav på 10% på grunn av høyere andel avansert biodrivstoff. Eksport av norskprodusert avansert biodrivstoff gikk opp fra 0,4 til 1,1 % sammenliknet med året før, men er fremdeles et lite bidrag. Regjeringen har nylig annonsert at 0,5% av alt drivstoff i fly må være avansert biodrivstoff fra 2020.

### Potensial for videreutvikling mot 2030 og 2050

I årene framover er det stort potensial for blant annet å øke andelen biodrivstoff i dagens lavinnblanding-drivstoff. Denne økningen må gjøres med biodrivstoff av høyere kvalitet, for eksempel med HVO (hydrert vegetabilsk olje) i diesel. HVO er en svært attraktiv dieselerstatning på grunn av dets høye drivstoffkvalitet og gode egenskaper. HVO kan også brukes rent i for eksempel anleggsmaskiner og flåter.

<sup>46</sup> [IEA Transport biofuels](#)

<sup>47</sup> [Miljødirektoratet - Salget av avansert biodrivstoff økte i fjor](#)



ZERO har beregnet at biodrivstoffbehovet for fossilfri transportsektor vil bli ca. 15 TWh dersom massiv effektivisering og elektrifisering realiseres samtidig<sup>48</sup>. I Vista analyses rapport fra 2016 om markedsutsiktene for biodrivstoff<sup>49</sup> vises det til at den globale etterspørselen etter biodrivstoff kommer til å øke betraktelig i årene framover, men at tilbudet avhenger av råstoffprisene. Det forventes økt produksjon og forbruk, men flate priser fram til 2024. Fram til 2024 er det ventet at avansert biodrivstoff utgjør en begrenset rolle.

I EUs oppdaterte direktiv for fornybar energi (RED II) fra 2019 er det satt et krav om at 14% av energibehovet i transportsektoren må bli dekket av fornybare kilder innen 2030. Dette kan nås gjennom elektrifisering sammen med økte andeler fornybar produksjon og bruk av biodrivstoff. I RED II er det ikke satt noe spesielt mål til biodrivstoff, men det er et mål om at 3,5% av totalt energibruk skal være dekket av avansert biodrivstoff i 2030. Videre ønsker EU å fase ut biodrivstoff som er produsert fra «høyrisiko» råstoff samt sette et tak på 7% fra 1. generasjons biodrivstoff.

Både EU og Norge setter kvoter, men ambisjonene mangler for å få i gang egenproduksjon – vi ser nå ut til å bli avhengige av importen. Det er derfor viktig at Norge og EU utarbeider gode bærekraftskriterier som følges opp i hele produksjonsprosessen.

### Barrierer og andre utfordringer

Rambøll har utarbeidet en rapport for Miljødirektoratet i 2016 som ser på sentrale barrierer og kostnader for biodrivstoff i transport<sup>50</sup>. De mest sentrale barrierer basert på funnene i rapporten er:

**Etablering av biodrivstoffproduksjon basert på norsk råstoff;** Det er nok tilgjengelig biomasse i første omgang, men forventet produksjonskostnad, markedsutvikling og usikre rammebetingelser anses som barrierer. Det kreves storskala investering for storskala produksjon.

**Konkurransen med elektrifisering og hydrogen for å få støtte;** Det er økende satsing på elektrifisering av transportsektoren og for å ta i bruk hydrogen, mens satsing på biodrivstoff ofte er neglisjert.

**Innenlands distribusjon;** Distribusjon av drivstoff produsert i betydelig lavere volum kan ha vesentlig større kostnader enn distribusjon av konvensjonelt drivstoff. Den internasjonale fraktavstanden er også lengre for biodrivstoff enn fossilt, dermed er fraktkostnadene høyere også ved import.

**Tekniske barrierer;** Noen biodrivstofftyper er drop-in, som betyr at de tilsvarer sine fossile ekvivalenter når det gjelder distribusjon og sluttbruk. Disse er ikke omfattet av denne barrieren. Ikke-drop-in biodrivstoff har lavere energitetthet, dårligere kulde- og lagringsegenskaper som krever egnet distribusjon og lagring samt at motoren i noen tilfeller må modifiseres noe. Denne barrieren er mindre uttalt i lavinnblanding enn i høyinnblanding.

**Politiske føringer for høyinnblandet drivstoff:** NHO og en samlet transportbransje etterlyser sterkere fokus og bedre rammebetingelser for høyinnblandet biodrivstoff rettet mot næringstransporten, i stedet for lavinnblanding i alt drivstoff som også går inn i personbilparken. Det er luftfart, sjøfart, tungtransport, anleggs- og landbruksmaskiner som vil ha størst behov for biodrivstoff som langsiktig løsning fremover, og da bør rammebetingelsene legges til rette slik at bærekraftig og godt biodrivstoff blir tilgjengelig for disse

<sup>48</sup> [Zero - Bærekraftig biodrivstoff \(2017\)](#)

<sup>49</sup> [Vista analyse - Markedsutsiktene for biodrivstoff \(2016\)](#)

<sup>50</sup> [Miljødirektoratet - Biodrivstoff i transportsektoren. Kartlegging av barrierer og kostnader.](#)

bransjene. En gjeninnføring av veibruksavgift på biodrivstoff omsatt utenfor omsetningskravet, drar i motsatt retning.

**Oppfatning blant folk, biodrivstoffets rykte;** Ved innføring av høyere andel biodrivstoff i lavinnblanding (E10 for eksempel) kan folk tro at det skader kjøretøyet. Biodrivstoff kan også anses som mindre bærekraftig enn fossilt hovedsakelig grunnet bruk av palmeolje.

**Drivstoffstandarder;** For sluttbruk må drivstoffet standardiseres for å sikre kvalitet. Prosessen kan være langsom og dyr for eksempel ved sertifisering til luftfart. Noen drivstofftyper tilfredsstill ikke kravene til sertifisering, noe som fører til at de ikke kan brukes der standarden er påkrevd.

**Tilgjengelighet;** Tilgjengeligheten av avansert biodrivstoff er begrenset i dag. Økt satsing og kvoter for omsetning av biodrivstoff og krav til å bruke avansert biodrivstoff resulterer at det er mangel i markedet. Dette gjelder spesielt biodrivstoff for luftfart.

## 2.4 Karbonfangst og -lagring

Verden trenger CO<sub>2</sub>-fangst og -lagring for å nå ambisjonene om utslippsreduksjoner i Paris-avtalen. Det norske fullskalaprojektet for CO<sub>2</sub>-håndtering er unikt i global sammenheng og muliggjør utviklingen av nye industrier og næringer basert på norskutviklet teknologi. En studie utført av SINTEF har vist at i 2050 kan verdikjeden for CO<sub>2</sub> bidra til å styrke 160 000-200 000 eksisterende arbeidsplasser, bidra til å skape mellom 30 000-40 000 nye arbeidsplasser, og gi en samlet verdiskaping på opp mot 200 milliarder NOK<sup>51</sup>. Disse tallene forutsetter at olje- og gass aktiviteten fortsetter som anslått av OED og reflekterer et omfang på karbonfangst og lagring som sikrer nær null utslipp.

### Status for sektoren

De globale utslippene av klimagasser økte med 1,4 % i 2017, og flere store land vil ikke nå utslippstoppen før etter 2020. Andelen av utslippsreduksjoner som må tas ved hjelp av CO<sub>2</sub>-håndtering varierer mellom de ulike analysene, men ligger ifølge Det internasjonale energibyrået (IEA) og FNs Klimapanel (IPCC) på mellom 12 % og 20 %. En del industrielle utslipp kan ikke reduseres på annen måte enn ved hjelp av CO<sub>2</sub>-håndtering.



Både det europeiske veikartdokumentet "A Clean Planet for All"<sup>52</sup> og IPCCs spesialrapport på 1,5-gradersmålet<sup>53</sup> understreker at vi ikke realistisk kan nå nullutslipp i 2050 uten betraktelig bruk av CO<sub>2</sub>-håndtering som klimateknologi. I september 2019 arrangerte OED og KLD en Europeisk Høynivåkonferanse sammen med EU (DG Energy) for å sette utvikling av CO<sub>2</sub>-fangst og -lagring på en felles agenda i EU og Norge. Norge er i dag er i en unik posisjon i Europa knyttet til verdikjeden for CO<sub>2</sub>-håndtering, gjennom det norske fullskalaprojektet. Det er helt unikt i Europa at Norge planlegger lagring av CO<sub>2</sub> i dette formatet og at man ser for seg å ta imot CO<sub>2</sub> fra flere kilder uavhengig av hvor den er fanget.

Det norske fullskalaprojektet for CO<sub>2</sub>-håndtering planlegges for å lagre opp mot 1 million tonn CO<sub>2</sub> per år. Det vil være det første prosjektet som fanger CO<sub>2</sub> fra prosessindustri og avfallshåndtering, knytter sammen flere utslippskilder, og bruker transportskip for å forbinde utslippskilde og CO<sub>2</sub>-lager. Prosjektet vil også kunne være et første skritt mot etablering av norsk sokkel som storskala sentrallager for CO<sub>2</sub> fra Europa. Det norske fullskalaprojektet skal opp til investeringsbeslutning i Stortinget høsten 2020. Om prosjektet vedtas vil dette være en viktig milepæl for en kritisk klimateknologi, og et stort løft for Norge og Europa på veien til å bli klimanøytrale.

I september 2019 inngikk Equinor på vegne av Northern Lights (lagringsprosjektet under det norske fullskalaprojektet) en intensjonsavtale med syv europeiske selskaper for å utvikle verdikjeder innen CO<sub>2</sub>-fangst og lagring<sup>54</sup>. Disse selskapene er Air Liquide, Arcelor Mittal, Ervia, Fortum Oyj, HeidelbergCement AG, Preem, og Stockholm Exergi. Dette viser potensialet for å kunne skape Europeiske CO<sub>2</sub>-håndteringskjeder med den norske kontinentalsokkelen som et sentrallager for CO<sub>2</sub> for Europa.

<sup>51</sup> [Industrielle muligheter og arbeidsplasser ved storskala CO<sub>2</sub>-håndtering i Norge](#). April 2018. Disse tallene er forutsatt at det fanges og lagres 1000 millioner tonn CO<sub>2</sub> årlig i Europa i 2050, noe som er i samsvar med IPCCs (FNs klimapanel) 2-gradersscenarier som tilskriver CO<sub>2</sub>-håndtering stor viktighet.

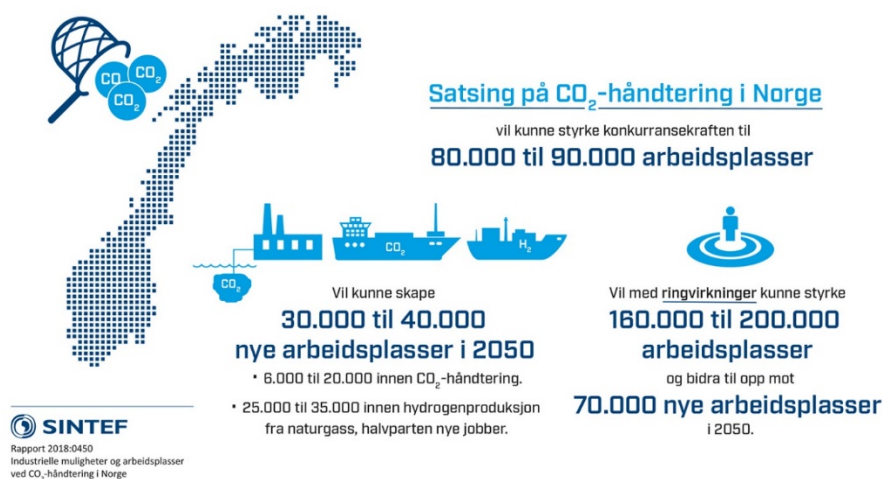
<sup>52</sup> [A Clean Planet for all](#), Europakommisjonen, november 2018.

<sup>53</sup> [IPCC - Global Warming of 1.5°C](#)

<sup>54</sup> [Equinor - Europeisk samarbeid om karbonfangst og -lagring](#)

## Potensial for videreutvikling mot 2030 og 2050

I april 2018 lanserte SINTEF og NTNU en rapport<sup>51</sup> på oppdrag fra NHO, LO, Fellesforbundet, Norsk Industri, Norsk Olje og gass, og Industri Energi om verdiskapings- og sysselsettingspotensialet for norsk næringsliv knyttet til CO<sub>2</sub>-fangst og lagring. Forutsetningen som tas i studien er at det fanges og lagres 1000 millioner tonn CO<sub>2</sub> årlig i Europa i 2050, som er i samsvar med IPCCs 2-gradersscenarier som tilskriver CO<sub>2</sub>-håndtering stor viktighet. Basert på dette var hovedfunnene fra rapporten det følgende:



**Den norske prosessindustrien** har mål om nullutslipp i 2050, samtidig som produksjonen skal doubles. CO<sub>2</sub>-håndtering i Norge er en forutsetning for å nå målet. Realisering av en slik ambisjon vil styrke konkurransekraften til mer enn 30 000 eksisterende jobber i Norge.

**Norge som vertsnasjon for internasjonal industri.** Tilgang på rimelig og fornybar energi kombinert med nærhet til en infrastruktur for CO<sub>2</sub>-håndtering kan gjøre Norge til en attraktiv vertsnasjon for industri siden muligheten til å produsere utslippsfrie produkter styrkes.

**Et marked for CO<sub>2</sub>-håndtering i Europa** vil kunne omfatte mellom 30 000 og 40 000 arbeidsplasser i 2030 og mellom 80 000 og 90 000 arbeidsplasser i 2050, direkte knyttet til CO<sub>2</sub>-håndtering.

**Et sentrallager for CO<sub>2</sub> i Nordsjøen**, bestående av flere lagringslokasjoner, kan bidra vesentlig i olje- og gasssektoren. I 2050 kan Norge ha over 10 000 sysselsatte direkte knyttet til CO<sub>2</sub>-lagring i Nordsjøen, mens ringvirkningene av industrien vil kunne sysselsette 5 000 til 10 000 flere i Norge.

**Transport av CO<sub>2</sub> på skip**, hvor det i 2050 kan være behov for en flåte på over 600 skip, kan sysselsette 8 000 til 10 000 mennesker. Norske verft, rederier og tilliggende tjenestevirksomhet er godt posisjonert til å ta andeler i dette markedet.

**Markedet for CO<sub>2</sub>-fangstteknologi og -anlegg** kan nå et omfang på over 450 milliarder NOK i Europa i 2050, og sysselsette over 40.000 mennesker. Norsk utviklet teknologi vil kunne konkurrere i dette markedet, og har også globalt spredningspotensial.

**Verdiskapingen i selve fullskalaprojektet.** I tillegg til ringvirkningseffekter vil det norske fullskala-prosjektet i seg selv kunne sysselsette opp mot 5 000 årsverk, i hovedsak arbeidsplasser i Norge. Potensialet for spredning av teknologi og kunnskap fra fullskalaprojektet er stort, og kan gi avgjørende læring for utvikling av neste generasjons CO<sub>2</sub>-håndteringsprosjekter.

Realiseringen av et stort og tilgjengelig CO<sub>2</sub>-lager er en nøkkel for å løse ut et sett av verdikjeder knytta til fangst og derfor et viktig element å få realisert raskt.

### Barrierer og andre utfordringer

**Teknologiske;** CO<sub>2</sub>-fangst og -lagring fra noen typer utslippskilder finnes i storskala og opereres under kommersielle forhold flere steder i verden i dag, og teknologien må regnes som moden. Likevel er det viktig å fortsette utviklingen av neste generasjons teknologier for å redusere kostnader, øke sikkerheten, og utvikle optimale løsninger for CO<sub>2</sub>-fangst fra ulike utslippskilder. I så måte skiller ikke CO<sub>2</sub>-håndtering seg fra andre nye teknologier som introduseres i et marked. Det er imidlertid feil å hevde at det er stor usikkerhet til CO<sub>2</sub>-håndtering som teknologi. Den fungerer og har vært i bruk til ulike formål i stor skala de siste 20 årene.

**Økonomiske;** CO<sub>2</sub>-avgifter for utslipp på den norske sokkelen har resultert i kommersiell, økonomisk lønnsom CO<sub>2</sub>-fangst og lagring i over 20 år ved Sleipner og over 10 år ved Snøhvit. For landbasert industri innenfor kvotepliktig sektor er ikke avgiftene høye nok til å finansiere CO<sub>2</sub>-fangstprosjekter i seg selv. Heller ikke gjeldende karbonpris i Europa, ihht. ETS-systemet, er høy nok til at CO<sub>2</sub>-håndtering blir lønnsomt. På den andre siden vil CO<sub>2</sub>-håndtering muliggjøre utslippsfrie produkter som man vanskelig vil kunne produsere på andre måter, som for eksempel utslippsfri sement eller stål. En svensk studie viser at selv om kostnaden for sement med CO<sub>2</sub>-håndtering øker med opptil 50 % sammenliknet med vanlig sement, så vil kostnaden for en bygning produsert med utslippsfri sement bare øke med om lag 0,5 %<sup>55</sup>. Det er derfor naturlig å tenke at markedet for utslippsfrie produkter muliggjort på grunn av CO<sub>2</sub>-fangst og lagring vil skapes så snart slike produkter blir tilgjengeliggjort. EU lanserer i 2020 "Innovation Fund"<sup>56</sup>, som vil investere 10 milliarder Euro de neste 10 årene i å demonstrere first-of-a-kind klimateknologi på industriell skala. CO<sub>2</sub>-fangst og -lagring vil være en av teknologitypene som er meget aktuell for dette fondet.

**Sosiale;** I områder av Europa og verden er det motstand mot CO<sub>2</sub>-håndtering blant "folk flest", på grunn av redsel for at teknologien ikke er trygg. Frykt for lekkasje av CO<sub>2</sub> fra rør eller lager som er i nærheten av bebyggede strøk eller der folk oppholder seg gjør at mange er skeptiske til teknologien. Selv om dette tilsynelatende ikke er spesielt utbredt i Norge, så er dette en utfordring som må tas på alvor for å muliggjøre en storskala realisering av CO<sub>2</sub>-håndtering -infrastruktur i Europa. Dette kan også være i endring, da EU blir enda tydeligere på at de trenger CO<sub>2</sub>-håndtering for å kunne nå sine utslippsmål. Blant annet uttalte den tyske forbundskansleren Angela Merkel i mai 2019 at Tyskland kun kan bli utslippsfri innen 2050 om de tar i bruk CO<sub>2</sub>-håndtering som et virkemiddel.<sup>57</sup>

<sup>55</sup> J. Rootzén, F. Johnsson: [Technologies and policies for GHG emission reductions along the supply chains for the Swedish construction industry](#), ECEEE. Mai 2017.

<sup>56</sup> [EC - Innovation fund](#)

<sup>57</sup> [Clean Energy Wire - Merkel puts contentious CCS technology back on German agenda](#)

## 2.5 Hydrogen

I framtidens energisystem kan hydrogen som energibærer supplere elektrisitet og bidra til økt utnyttelse av ikke-kontinuerlige fornybare energikilder som sol, vind og småkraft, samt fortsatt utnyttelse av fossile energikilder på en miljøvennlig måte om CO<sub>2</sub>-utslippene fra prosessen skilles ut og lagres under produksjonen.

Hydrogen utgjør potensielt Norges største bidrag til lavutslippssamfunnet i en internasjonal kontekst, og er en stor mulighet for Norge til fortsatt stor verdiskaping basert på egne energiresurser, lang erfaring og høy kompetanse. En mulighetsstudie levert av SINTEF i 2018 viser at dersom naturgassproduksjonen i 2050 er tilsvarende som i dag, og 80% av naturgassen reformeres til hydrogen med CO<sub>2</sub>-fangst og -lagring kan dette gi en verdiskaping på 220 milliarder NOK og sysselsette over 25 000 personer i Norge i 2050.<sup>51</sup>



Hydrogen utgjør potensielt Norges største bidrag til lavutslippssamfunnet i en internasjonal kontekst.

### Status for sektoren

I veikartdokumentet "A Clean Planet for all"<sup>58</sup>, peker Europakommisjonen på hvordan klimanøytralitet kan oppnås i 2050. I tillegg til CO<sub>2</sub>-håndtering, som diskutert i et tidligere kapittel, trekkes hydrogen frem i rapporten som en av nøklene til å begrense klimagassutslipp. Som en energibærer som ikke forårsaker klimagassutslipp ved bruk, kan hydrogen bidra til å knytte sektorer og energisystemer sammen og til energilagring. Om EU skal nå sine klimamål, vil energisystemet måtte være så godt som utslippsfritt i 2050. For å bevare vår rolle som energinasjon og vår betydelige eksport av energiresurser har Norge derfor en betydelig egeninteresse i at hydrogenøkonomien etableres i Europa og verden for øvrig.

Skalerbare elektrolyseteknologier har stort potensiale når de installeres i sammenheng med norske fornybarressurser og kan også brukes til å balansere den ikke-regulerbare kraftproduksjonen. Dette vil potensielt øke verdien både på for eksempel vindkraften i Norge og lede til klimagevinster ved å gi billigere hydrogen som kan substituere CO<sub>2</sub>-intensiv energi. En økt bruk av hydrogen vil åpne nye markeder for norske bedrifter som leverer teknologi og løsninger. Mens utviklingen av brenselceller, og produksjonsmetoder for disse har vært dominert av bilfabrikantene og andre utenlandske selskap, har Norge en internasjonal ledende posisjon i andre deler av verdikjeden, spesielt innen elektrolysører og trykktanker. Markedet for elektrolysører forventet å vokse kraftig i perioden fram mot 2050, mye drevet av fremtidig tilgang til rimelig fornybar energi. Et konservativt anslag hvor 25% av det anslåtte hydrogenbehovet i 2050 produseres med elektrolyse vil gi et årlig marked for elektrolysører på om lag 300 mrd. kroner.



I fremtiden vil hydrogen kunne brukes på tvers av sektorer, og en betydelig infrastruktur for hydrogenhåndtering vil være nødvendig.

I tillegg til å være en energibærer kan hydrogen benyttes som nullutslippsdrivstoff i transportsektoren, hvor hydrogen er komplementært til batteriteknologi særlig innen langtransport og for tunge kjøretøy, samt brukes til stasjonær varme- og kraftproduksjon. Slik kan hydrogen bidra til å frikople energibruk fra CO<sub>2</sub>-utslipp. Hydrogen kan også erstatte fossile energibærere som kull og naturgass i industrielle prosesser. Per i dag er nær all hydrogenbruk knyttet til nettopp industrielle anvendelser, og det meste av hydrogenet brukes der det produseres. I fremtiden vil hydrogen kunne brukes på tvers av sektorer, og en betydelig infrastruktur for hydrogenhåndtering vil være nødvendig.

<sup>58</sup> [A Clean Planet for all](#), Europakommisjonen, november 2018.

I Europa vil markedene i tillegg til de ovennevnte være innen kraftproduksjon, varme og kjøling. Flere store prosjekter utredes: I Nederland utredes Equinor, Vattenfall og Gasunie muligheten for å ombygge Magnum-kraftverket til et hydrogengasskraftverk som vil levere 1.200 MW ren kraft til markedet<sup>59</sup>. Gjennom prosjektet HyDeploy i Nord-England ser man på muligheten for å erstatte naturgass med hydrogen i gassdistribusjonssystemet<sup>60</sup> for utslippsfri oppvarming, et prosjekt hvor også Equinor er engasjert. Begge disse prosjektene utredes med tanke på å forsynes av hydrogen fra norsk naturgass. En forutsetning for dette er et operativt lager for CO<sub>2</sub> i Nordsjøen. Disse eksemplene viser at samspill med EU knyttet til å skape et marked for hydrogen kan gi store muligheter for Norge og norsk verdiskaping.

For Norge vil det være mest nærliggende å ta i bruk hydrogen innen transportsektoren og innen industrielle applikasjoner som i raffinerier, i kunstgjødselproduksjon (Yara) og i metallindustrien, slik som hos Tizir i Tyssedal, hvor hydrogen planlegges å erstatte kull som reduksjonsmiddel i fremstillingsprosessen. Videre kan hydrogen gi store muligheter for utslippskutt i norsk olje- og gassektor, blant annet gjennom kraftproduksjon fra hydrogen offshore. Hydrogen kan også spille en rolle i dekarbonisering av skipstransport – også i form av ammoniakk produsert fra rent hydrogen.

Norge ligger i forkant og har i årtier ledet an i utviklingen mot reduserte utslipp innen skipsfarten. Lavere drivstofforbruk har vært oppnådd både gjennom innovativ design (bedre skrog og propeller) og mer effektive fremdriftssystemer. Den norske, maritime industrien har mer enn 25 års erfaring med hybridisering, i første omgang i form av dieselelektrisk-, og senere LNG-elektrisk fremdrift. Helelektrifisering har de siste fire-fem årene revolusjonert det norske fergemarkedet. I neste runde vil innføring av hydrogenteknologi kunne sikre at Norge beholder forspranget. Det vil danne grunnlag både for økt verdiskaping og nullutslipp i flere segmenter av maritim transport.

### Potensial for videreutvikling mot 2030 og 2050

Nylige studier angir et markedspotensial for hydrogen på mellom 1800 TWh og 2300 TWh i 2050 i ambisiøse scenarier for implementering av hydrogenteknologi.<sup>61</sup> Et øvre potensial på 3000 TWh ble utarbeidet i "Hydrogen for Europe pre-study"<sup>62</sup>. I studien ble det videre estimert at fullt ut realisert ville dette kunne redusere 19% av Europas CO<sub>2</sub> utslipp årlig innen 2050. Studien pekte på fire viktige observasjoner for potensialet for hydrogen i Europa:

**Hydrogen som er produsert fra naturgass med CO<sub>2</sub>-fangst og -lagring** vil ha lavere relaterte utslipp av drivhusgasser enn hydrogen produsert fra elektrisitet i det europeiske kraftnettet de neste tiårene. Hydrogen produsert ved vannelektrolyse med elektrisitet fra den norske kraftmiksen vil i dag ha sammenliknbare assosierte utslipp av klimagasser som hydrogen produsert fra fossile brensler hvor 95% av CO<sub>2</sub> i prosessen fanges og lagres permanent.

**I perioden fram mot 2050 kan hydrogen i økende grad bli produsert** fra fornybare kilder som i dag har begrenset tilgjengelighet, som vind- og solkraft, samt fra biomasse.

**Hydrogenproduksjon med tilhørende fangst og lagring av CO<sub>2</sub>**, integrert i industrielle områder, kan ha et potensial for å redusere kostandene for å nå nullutslippssamfunnet, blant annet fordi hydrogen kan distribueres ut fra produksjonsanlegget og brukes i omkringliggende industribedrifter, til oppvarming av

<sup>59</sup> [Intensjonsavtale for å konvertere naturgass til hydrogen](#), Statoil. Juli 2017.

<sup>60</sup> [H21 Leeds City Gate](#), Northern Gas Networks. Juli 2016.

<sup>61</sup> [A Clean planet for all](#): 1847 TWh, [Hydrogen Roadmap Europe](#): 2251 TWh

<sup>62</sup> [Hydrogen for Europe pre-study - key findings](#)

husholdninger og kontorer, til kraftproduksjon og til transportsektoren. Spesielt marin langtransport er aktuelt, og da i kombinasjon med bruk av ammoniakk.

**Hydrogen produsert fra naturgass med tilhørende fangst og lagring av CO<sub>2</sub>** kan bli viktig for å få produsert store nok volumer hydrogen i en tidlig markedsutviklingsfase da dette i stor grad er kjent teknologi og store produksjonsvolumer er mulig i dag.

I dag eksporterer Norge rundt 110 milliarder Sm<sup>3</sup> gass til utlandet hvert år. Dette tilsvarer en energimengde på om lag 1 200 TWh, som omsatt til hydrogen med CO<sub>2</sub>-håndtering kan utgjøre 600-800 TWh CO<sub>2</sub>-fri høyverdig energi. Vår vannkrafteksport utgjør i et normalår til sammenligning om lag 15-20 TWh, men med det svensk-norske grønne sertifikatmarkedet forventes kraftoverskuddet å øke betydelig. Det er derfor også muligheter for hydrogeneksport basert på elektrisitet fra fornybare kilder som for norske forhold i praksis vil være fra vind- og vannkraft. Det er et identifisert potensial for å generere mer enn 200 TWh / år fra ny havbasert vindkraft i Norge, dvs. 150% av dagens vannkraftproduksjon (134 TWh / år).<sup>63</sup> Produksjon av hydrogen fra vind er en utmerket mulighet for lagring og transport av energi til innenlandske og internasjonale markeder uten å benytte et allerede anstrengt strømmnett. Produksjon av hydrogen fra elektrisitet kan spille en viktig rolle i samspill med hydrogen produsert fra fossil energi ved å trekke nytte av den samme infrastrukturen for distribusjon og sluttbruk.

Som beskrevet over vil Norge kunne ha et vesentlig verdiskapingspotensial knyttet til produksjon av hydrogen fra naturgass eller strandet fornybar elektrisitet (som havvind eller landvind langt nord i Norge).



Norge kunne ha et vesentlig verdiskapingspotensial knyttet til produksjon av hydrogen fra naturgass eller strandet fornybar elektrisitet.

Forskjellige energisystemer og verdikjeder vil ha behov for forskjellige hydrogenløsninger (for eksempel knyttet til stor eller mindre skala, lagringsmuligheter, forskjellige bruksområder osv.), og det vil være et tydelig markedsbehov for hydrogenkjeder knyttet til produksjon både fra fossile kilder med CO<sub>2</sub>-håndtering og fornybare kilder. Videre er det et vesentlig verdiskapingspotensial for Norge basert på produkter, tjenester og kunnskap gjennom en tidlig introduksjon og etablering av et hjemmemarked for hydrogen. Dette vil danne grunnlag for næringsutvikling i form av produksjon og eksport av eksempelvis komponenter (gasstanker) og prosesser (hydrogenseparasjon) i hydrogenverdikjeden, komplette systemløsninger (som f.eks. hydrogenstasjoner) og hydrogendrevne skip. Industrielle muligheter i form av teknologiekseport er allerede nå dokumentert gjennom milliardkontrakter til NEL og Hexagon.

<sup>63</sup> [Skar, C.; Jaehnert, S.; Tomasgard, A.; Midthun, K.; Fodstad, M. Norway's Role as a Flexibility Provider in a Renewable Europe - A Position Paper Prepared by FME CenSES; 2018.](#)



## Barrierer og utfordringer

Barrierer for norsk verdiskaping basert på hydrogen kan være:

- Høy terskel for etablering av et globalt marked for hydrogen
- Europas fokus på forsyningssikkerhet i form av økt egenproduksjon av fornybar energi
- Aksept for CO<sub>2</sub>-fangst og -lagring i Europa, en mulig barriere for utviklingen av viktig infrastruktur.
- Usikkerhet mht. etablering av infrastruktur for lagring av CO<sub>2</sub> i Norge.
- Usikkerhet med tanke på hvordan Fornybardirektivet vil påvirke mulig bruk av hydrogen produsert fra fossile kilder med CO<sub>2</sub>-håndtering i transportsektoren
- Hydrogen sikkerhet og samfunnsaksept

I tillegg til kulepunktene, er en stor utfordring knyttet til hydrogen dagens "høna og egget"-situasjon med tanke på produsenter og forbrukere: de som ønsker å produsere større volumer hydrogen mangler et stabilt marked, mens de som ønsker større leveranser av hydrogen mangler forutsigbar produksjon i stor skala. En viktig oppgave er matche produsenter og forbrukere i Norge og Europa, noe flere av de store potensielle produsentene jobber aktivt med.

For å møte utfordringene og bidra aktivt til å utvikle og realisere markeder for hydrogen fra Norge og norsk hydrogenteknologi, bør det legges til rette for bred involvering av norske industrielle aktører i utviklingen av hydrogenmarkeder og -tjenester. Det bør utvikles forretningsmodeller for økt verdiskaping basert på storskala eksport av bærekraftig hydrogen fra Norge både i form av videreforedling av naturgass med karbonfangst og lagring, og gjennom økt utnyttelse av norske, fornybare energikilder.

Samtidig bør det utvikles tidlige verdikjeder for hydrogen rettet mot transportsektoren, særlig i den maritime sektoren og der det må tilbakelegges store distanser eller hvor det kreves særlig høy effekt. Her har hydrogen som drivstoff særlige fortrinn sammenliknet med andre nullutslippsteknologier.

## 2.6 Klimapositive løsninger

Parisavtalen legger til grunn at man skal begrense den globale oppvarmingen til godt under 2 grader, ned mot 1,5 grader. For å balansere utslipp som er vanskelige eller umulige å redusere trengs karbonnegative løsninger, eller som vi omtaler det videre, *klimapositive løsninger*<sup>64</sup>. I global skala er det et enormt behov for nye verdikjeder for klimapositive løsninger, hvor norsk industri kan spille en avgjørende rolle.

### Status for sektoren

Dersom verden skal nå 1,5 graders målet må man raskt endre utslippsbanen og i praksis ha netto null utslipp rundt midten av dette århundret, se Figur 9. og tilhørende figurtekst. Men mange utslippsområder er uunngåelige eller meget vanskelige å redusere. Dette omfatter blant annet jordbruk, hvor utslipp av non-CO<sub>2</sub> gasser synes svært krevende å redusere – eksempelvis N<sub>2</sub>O (lystgass) og metan (CH<sub>4</sub>). Det er også svært krevende å få til nullutslipp i kraftforsyning, industri og deler av transportsektoren.

De klimapositive teknologiene vi kjenner i dag er i hovedsak bruk av biomasse i kraftprosesser eller industri med CO<sub>2</sub>-fangst, transport og lagring (CCS). Dette er ikke vesentlig forskjellig fra dagens teknologier for CO<sub>2</sub>-fangst. Den mest brukte metoden er skogplanting, nyplanting eller gjenplanting. Dette krever store arealer og man må sikre at det lagrede karbonet ikke blir omdannet til nytt CO<sub>2</sub> gjennom bruk. I så fall vil det bare bli klimanøytralt, ikke klimapositivt. Foreløpige anslag viser at en CO<sub>2</sub>-reduksjon på 10 milliarder tonn/år krever tilgjengelig biomasse fra et areal sammenlignbart med den skogdekte delen av Russland (ca. 800Mha).

En annen tenkelig metode er å fange CO<sub>2</sub> direkte fra lufta eller fra havet. Dette er imidlertid kostbart eksempelvis fordi konsentrasjonen av CO<sub>2</sub> er svært lav i luft (0,04%) og man trenger vifter samt energi til regenerering av materialet.

Det finnes lite kunnskap, kompetanse og teknologi tilgjengelig for klimapositive løsninger i dag. Det finnes imidlertid flere rapporter som har sett på ressursgrunnlaget for slike løsninger og hva vi kjenner til av teknologier i dag.

Ettersom man skal netto fjerne CO<sub>2</sub> fra atmosfæren har man tre mulige resipienter for CO<sub>2</sub>:

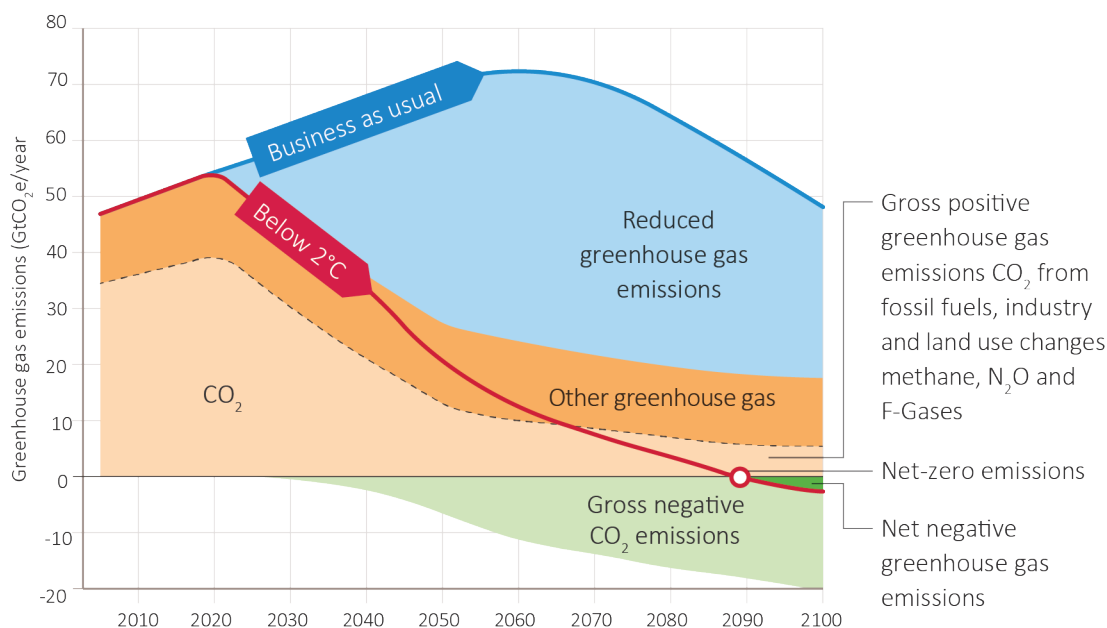
**I undergrunnen eller i jord** – som CO<sub>2</sub> eller som fiksert karbon (biokull), evt. som forvitrede bergarter

**I skog og planter**, via fotosyntesen, vel å merke dersom karbonlageret får stå eller blir lagret geologisk/i jord

**I havet**, opptak gjennom marine organismer/biota eller utfelling som karbonater

---

<sup>64</sup> Begrepet klimapositive løsninger appellerer sterkere til aksjon og en positiv handling enn karbonnegative løsninger



Figur 9: Skjematisk fremstilling av utslippsbaner for å nå 2 grader.<sup>65</sup> For å nå 1.5-gradersmålet kreves at en enda større andel (10-20 mrd. tonn) CO<sub>2</sub> fjernes fra atmosfæren fra 2050.

### Potensial for videreutvikling mot 2030 og 2050

Dersom man tar utgangspunkt i IPCC SR15<sup>66</sup> vil de mest sannsynlige framtidsscenarioene kreve at man fjerner i størrelsesorden 10-20 milliarder tonn CO<sub>2</sub> fra atmosfæren pr år fra 2050, se Figur 9. Mengden avhenger av hvilke framtidsscenarioer man legger til grunn. Dette er en stor utfordring, men samtidig en stor mulighet for teknologi og næringsutvikling. Om man tenker seg samme modell anvendt på Norge,<sup>67</sup> vil vi ha behov for å fjerne mellom 5 og 10 millioner tonn CO<sub>2</sub> fra atmosfæren rundt 2050 for å oppnå klimanøytralitet – netto null drivhusgassutslipp.

Et globalt behov for eksempelvis 20 milliarder tonn CO<sub>2</sub> netto fjernet til en kostnad på eksempelvis 500 kr/tonn gir en total global virksamhet på 10.000 milliarder kroner per år, skalerbart etter mengde fjernet CO<sub>2</sub>. Lagring og transport av CO<sub>2</sub> vil utgjøre om lag 25% av dette, det vil si en aktivitet på størrelse med to norske statsbudsjett (ca. 1325 mrd. NOK i 2018) per år og økende. For Norge vil aktiviteten basert på behov for egne utslippsreduksjoner være i størrelsesorden 5 til 10 mrd. NOK per år, men potensialet for økt virksamhet er mye større ettersom Norge har store geologiske lagringsressurser for CO<sub>2</sub> og kan ta betalt for denne ressursen og utvikle en industri rundt CO<sub>2</sub>-lagring.

<sup>65</sup> Kilde: Royal Society 2018- GHG removal

<sup>66</sup> [IPCC - Global Warming of 1.5°C](#)

<sup>67</sup> Dersom man endrer skalaen fra milliarder tonn til millioner tonn i figuren så samsvarer omtrent kurven Norges utslipp i datum punktet 2018 (52,7Mtonn/år)



For Norge vil aktiviteten basert på behov for egne utslippsreduksjoner være i størrelsesorden **5 til 10 mrd NOK/år**, men potensialet for økt virksomhet er mye større.

Global investering i nye anlegg/teknologier vil være betydelig: Dersom man regner en kapitalkostnad ("Capex") på 1 mrd. NOK per million tonn CO<sub>2</sub> fanget, trenger man investeringer i størrelsen 20 000 mrd. NOK over en periode på 30 år. Norge har en offshore industri som kan utvikle nye løsninger for dette kommende markedet og også en betydelig biomarin aktivitet. Havet som løsningen på klimapositive behov er per dags dato underkommunisert. SINTEF har blant annet tatt til orde for dyrking av makroalger i stor skala for å starte høsting for energi og klimaformål- også klimapositive løsninger. Vår olje- og gassnæring sitter på stor kunnskap om geologisk lagring av CO<sub>2</sub>, noe som vil være nødvendig for å tilby store mengder CO<sub>2</sub> fjernet fra atmosfæren. Bruk av marin biota for jordforbedring kan også være en mulighet samt hvordan vi kan bruke fornybar energi i nye løsninger for å fjerne CO<sub>2</sub> fra atmosfæren.

### Barrierer og utfordringer

Hovedutfordringene for klimapositive teknologier kan deles opp i økonomiske, tekniske, ressursmessige, juridiske og sosiale barrierer:

**Økonomiske barrierer:** Per i dag er det liten betalingsvillighet for rene klimatiltak, dvs. tiltak som kun tjener ett formål: å redusere utslippene av klimagasser, noe CCS er et godt eksempel på. Slike teknologier krever med andre ord en pris på netto fjernet, isolert eller unngåtte utslipp for å oppnå lønnsomhet.

**Tekniske barrierer:** Klimapositive løsninger er et umodent område hvor man ikke har drevet målrettet forskning og innovasjonsvirksomhet, delvis på grunn av svake økonomiske signaler i markedet. Potensialet er imidlertid stort for å komme opp med nye ideer og løsninger, men disse må være bærekraftige og ikke bare forskyve problemene over på andre områder.

**Ressursmessige barrierer:** Ettersom CO<sub>2</sub>-fjerning skal gjøres i mega skala (Gt/år) trenger man ressurser som finnes eller kan produseres i stort monn. Man bør tenke sirkulær økonomi og naturlige løsninger der dette er mulig. Er det for eksempel nok bærekraftig biomasse til alle disse formålene, og hva om vi inkluderte ressursene i havet? Finnes det nok fornybar elektrisitet til dette formålet i fremtiden- eller er det dette vi faktisk må bruke større andeler av fornybar kraft på?

**Politiske/juridiske barrierer:** De teknologiske løsningene trenger et rammeverk å forholde seg til, som må utvikles fra politiske føringer- lover og regler som markedet kan operere fritt innenfor. Markedskreftene har ikke innebygde mekanismer for å ta inn over seg eksternaliserte virkninger og er ikke av natur kapabel til å håndtere klimakrisen alene. Det viser seg at man trenger kompenserende tiltak for å starte nye verdikjeder og mekanismer som bidrar til riktig pris på utslipp.

**Sosiale barrierer:** Tiltak i denne størrelsesorden må ha tilstrekkelig stor sosial aksept- eksempelvis for storskala lagring av CO<sub>2</sub> eller bruk av biomasse eller havet til andre formål enn det vi normalt gjør i dag. Klimapositive tiltak må ikke bli en sovepute for å ikke gjøre primærtiltak mot global oppvarming, slik som energieffektivisering, vind og solkraft, livsstilsendringer mm.

## 2.7 Mineraler og gruvedrift

Mineraler er avgjørende for samfunnsutviklingen. De er i omtrent alt vi omgir oss med, som for eksempel papir, tannkrem, maling, mobiltelefoner, batterier osv. I tillegg er sand, grus og stein viktige byggeråstoffer. Behovet for mineraler nasjonalt og globalt er økende og potensialet for økt verdiskaping er stort. Norge har betydelige mineralressurser<sup>68,69</sup> og sterke tradisjoner med tanke på bærekraftig utnyttelse av naturressurser. Vi har derfor et ansvar for å ta vår del av produksjonen av mineralene, og ikke forvente at alt uttak av mineraler skal skje i resten av verden.

### Status for sektoren

Det er produksjon av mineraler i alle landets kommuner, og næringen sysselsetter i underkant av 5 000 årsverk på landsbasis.<sup>70</sup> Omsetningen er i dag på 10,8 mrd. NOK, noe vi tror kan vokse til 14 mrd. i 2030 og 30 mrd. i 2050. Eksportandel er 43% nå og kan vokse til 50% i 2030 og 60% i 2050, mens sysselsettingen kan øke fra dagens 4 718 til 7 000 i 2030 og 10 000 i 2050.

Rogaland har i dag størst total omsetning av mineraler, etterfulgt av Nordland, Trøndelag og Møre og Romsdal. Total omsetning i mineralnæringen på 10,8 milliarder kr i 2017<sup>71</sup> gir en økning på over 5% fra 2016. Dette til tross for nedtrappingen av kullproduksjonen på Svalbard. Omsetningen av energimineraler er redusert med hele 84%, men alle andre råstoffgrupper har økt omsetningen fra 2016. Byggeråstoff dominerer den norske mineralnæringen og står for 60% av den totale omsetningen. I Norge har vi også en stor foredlingsindustri som bidrar med betydelig verdiskaping. Forholdet mellom eksport og innenlands salg holder seg stabilt. Eksportverdien er på 4,6 milliarder NOK og utgjør 43% av den totale omsetningen. I tillegg tas det ut store volum fast fjell som ikke er konsesjons eller rapporteringspliktig, særlig i forbindelse med infrastrukturprosjekter. Basert på prognoser fra nasjonal transportplan og Bane Nor, samt statistikk fra Norsk Forening for Fjellsprengningsteknikk (NFF), anslår Direktoratet for mineralforvaltning (DMF) at det vil utgjøre ca. 30 millioner tonn uttak av fast fjell per år frem til 2029 til slike formål.

De fem råstofftypene i den norske mineralnæringen er:

**Byggeråstoff (pukk sand, grus):** Byggeråstoff brukes først og fremst til å bygge veier og annen samfunns viktig infrastruktur. I tillegg benyttes en stor andel til produksjon av betong og betongprodukter. Norge eksporterer betydelige volum byggeråstoff.

**Industrimineraler (bl.a. kvarts, kalkstein, olivin, grafitt og dolomitt):** Norge har stor produksjon av en rekke viktige industrimineraler og er ledende i produksjon av *olivin*, som brukes blant annet som slaggdanner i stålindustri, smelteovner, ildfast stein og masser, tildekking av reaktive materialer og sandblåsing, samt *nefelinsyenitt*, som brukes i glass, keramiske produkter, tilsetningsstoff i pigment og annet. 66% av uttaket av industrimineraler går til eksport.

**Metalliske malmer (jern, kobber, nikkel, ilmenitt/titanjernstein og molybden):** Metallisk malm omfatter mineraler som inneholder metaller i så store mengder at de kan utvinnes økonomisk. I Norge produseres per i dag ilmenitt ved Titania i Rogaland og jernmalm ved Rana Gruber i Nordland. Flere metallgruver er under planlegging. Titandioksid, som fremstilles av ilmenitt, brukes blant annet til pigment i maling, tannkrem, fiskeboller, softis, etc. Titanmetall brukes blant annet i flyskrog, implantater/proteser, golfkøller

<sup>68</sup> [Strategi for mineralnæringen](#)

<sup>69</sup> [Nordkloden](#)

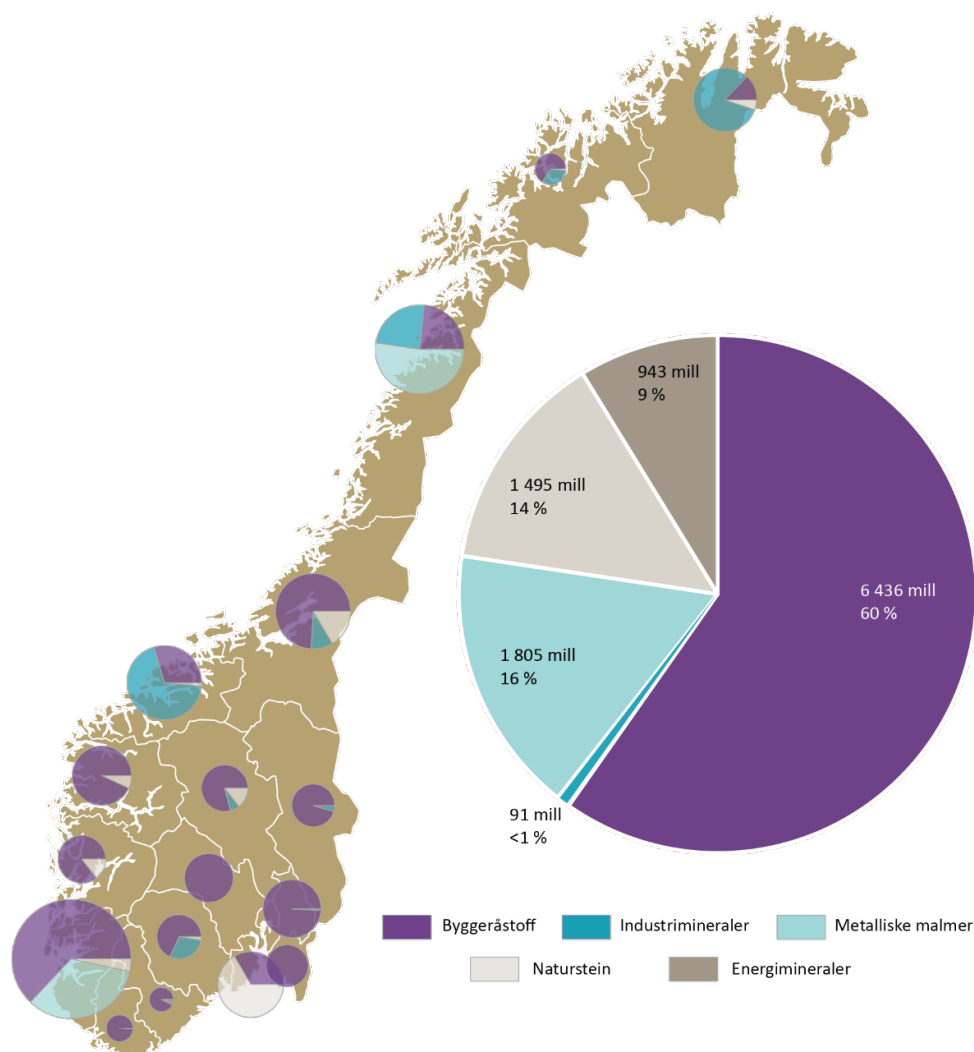
<sup>70</sup> [Verdier i grunnen: Direktoratet for mineralforvaltning](#)

<sup>71</sup> [Harde fakta om Omset mineralnæringen: Mineralstatistikk for 2017](#) [Harde fakta om mineralnæringen: Mineralstatistikk for 2017](#)

og sykler. Jern brukes til produksjon av stål og i pigment.

**Naturstein (blokkstein, skifer og murstein):** Naturstein er betegnelsen på stein som brukes i bygninger, monumenter og utearealer. Naturstein blir produsert i alle fylker bortsett fra Akershus.

**Energimineraler (steinkull og torv):** Energimineraler er mineraler som kan avgi energi ved forbrenning. Kull produseres kun på Svalbard og 82% av produksjonen går til eksport, utelukkende til kjemisk og metallurgisk industri. Norsk produksjon av kull på Svalbard er redusert de siste par årene, og per i dag er det kun én kullgruve i drift med norske drivere.



*Figur 10: Total omsetning for de 5 råstoffgruppene fordelt fylkesvis og Omsetning for de fem råstoffgruppene i 2017.*

### Potensial for videreutvikling mot 2030 og 2050

Verdens behov for mineralske råstoffer er formidabelt og vil fortsette å vokse i tiårene fremover.<sup>72</sup>

Den største behovsveksten vil komme i kjølvannet av globale megatrender som befolkningsøkning, velstandsutvikling og global oppvarming, klimakrisen. FN anslår at verdens befolkning vil nærme seg 10 milliarder innen 2050. Mesteparten av veksten vil komme i afrikanske og asiatiske land med stort potensial for velstandsøkning. Befolkningsveksten alene kommer til å skape enorme ressursbehov, særlig i kombinasjon med velstandsutvikling som pågår i mange u-land der økonomisk vekst er i ferd med å bringe levestandarden nærmere vestlige nivåer. Dette fører til økt press på mineralressurser som jern, kobber og aluminium. Den største veksten vil finne sted i Kina og utviklingsland. Kina har gjennomgått en rask utvikling som vil fortsette å prege verdens råstoffmarkeder i lang tid. I 2025 anslås det at Kina vil ha 221 byer med mer enn en million innbyggere. Til sammenligning er det 35 millionbyer i hele Europa. I 2030 anslås det at det vil være flere biler i Kina alene enn det var i hele resten av verden i 2000.

For å produsere solcellepanel, vindmøller, el-biler og annen miljøvennlig teknologi trengs en lang rekke mineralske råstoffer; råstoffer som finnes i den norske berggrunnen. Fornybar energi krever tilgang til kvarts, grafitt, kobber og andre mineralske råstoffer. Andre stoffer som kreves i fornybar teknologi har til nå vært ansett som avfall eller biprodukter av andre mer kjente mineraler (for eksempel gallium i jernmalm). Ettersom behovene forandrer seg, må industrien omstille seg for å tilby råstoffer det tidligere har vært lav etterspørsel etter.



Ettersom behovene forandrer seg, må mineralindustrien omstille seg for å tilby råstoffer det tidligere har vært lav etterspørsel etter.

Mineralnæringen tilbyr betydelige muligheter i Norge, ikke minst i lys av sterke markedsdrivere som befolkningsøkning, velstandsutvikling, global oppvarming og utvikling av ny teknologi. Den norske berggrunnen er rik, men veien frem til lønnsom og bærekraftig drift forutsetter forskning, styrket virkemiddelapparat og politisk forutsigbarhet og langsiktighet.

### Barrierer og andre utfordringer

Norge har lang erfaring med naturressursforvaltning, strenge miljø- og HMS-regelverk og høy kompetanse i befolkningen. Utbygging av mineralprosjekter krever ofte store naturinngrep og det er behov for bedre koordinering av plan- og utbyggingsprosesser mellom kommuner, fylker, direktorat og nasjonal forvaltning. Videre er det uenighet mellom Sameting og Storting gjeldende Mineralloven og forvaltning av mineralressurser i områder med samisk befolkning.

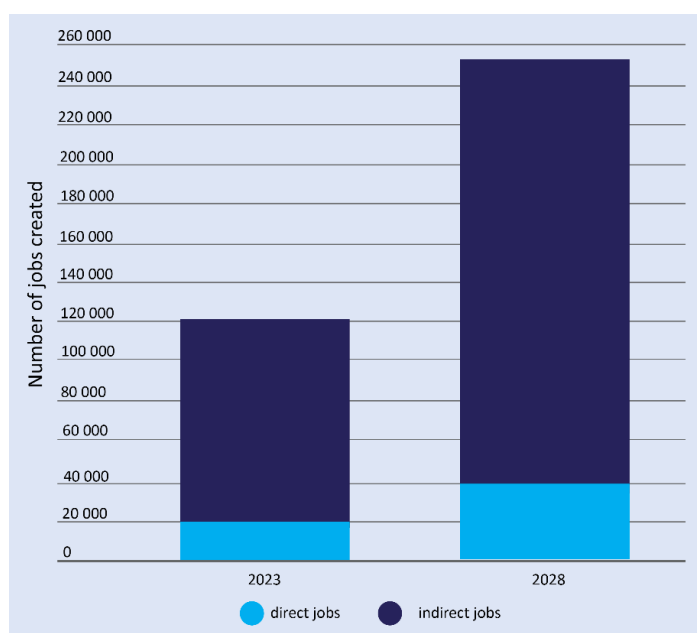
Videre er etablering og implementering av sirkulærøkonomiske teknologier og løsninger for håndtering av industrielle bi-strømmer (sekundære materialstrømmer) og avfall i dag utfordrende, så lenge deponier og produksjon basert på primære kilder har en lavere kostnad. Dette er viktige grep for å sikre bærekraft og krever sterkere insentiver og politisk vilje.

<sup>72</sup>[Veikart for mineralnæringen](#)[Veikart for mineralnæringen](#)

## 2.8 Batterier

Batteriindustrien er i rask vekst globalt, og Norge har med sin tilgang på viktige råmaterialer og billig kraft et konkurransefortrinn. Økningen vil være betydelig særlig innen transportsektoren, der den europeiske bilindustrien har et stort og raskt voksende behov for batterier. For å sikre en sikker og forutsigbar tilgang på battericeller til denne industrien, er det ønskelig at produksjonen av disse kan foregå i Europa.

Dagens verdiskaping knyttet til batteri-industri i Norge anslås til om lag 1 000 MNOK i 2019 med en eksportandel på ca. 200 MNOK og en sysselsetting på rundt 200 arbeidsplasser. I tillegg er det ca. 120 personer som jobber innen forskning og utvikling ved ulike universiteter og forskningsinstitusjoner. Med en anslått årlig produksjonskapasitet for battericeller på 131 GWh i Europa innen 2023 viser analyser fra Joint Research Center<sup>73</sup> at det innen 2023 vil være skapt ca. 18 000 nye arbeidsplasser, og innen 2028 er det forventet at dette tallet vil øke til et sted mellom 25 000 og 49 000. I tillegg kommer indirekte arbeidsplasser, som estimeres til ca. 215 000 innen 2028, slik at den totale veksten i sysselsetting vil ligge på ca. 250 000 nye jobber innen 2028<sup>74</sup>.



Figur 11: Økt sysselsetting i EU fra framstilling av Li-ion batterier<sup>65</sup>.

Et konservativt estimat tilsier at Norge bør kunne ta ca. 2,5% av det europeiske batterimarkedet. McKinsey estimerer at det europeiske markedet i 2040 har en verdi på ca. 90 mrd €, som i Norge betyr et potensiale på ca. 20 mrd NOK, med anslagsvis ca. 15 mrd NOK i eksportandel, og ca. 10 000 arbeidsplasser for battericelleproduksjon alene<sup>75</sup>. En ekstrapolering til 2050 tilsier et mulig potensial på 40-60 mrd. NOK, med 30-50 mrd. NOK i eksportandel og en sysselsetting på ca. 20 tusen arbeidsplasser

<sup>73</sup> <http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC108043/kjna28837enn.pdf>

<sup>74</sup> <https://www.transportenvironment.org/publications/electric-surge-carmakers-electric-car-plans-across-europe-2019-2025>

<sup>75</sup> Det er antatt at Norges andel i sysselsettingen er lavere enn 2,5% enn den europeiske sysselsettingen, da en forventer en høyere automatiseringsgrad i Norge pga høyere lønnskostnader og lavere kraftpriser.



Estimatene for 2030 og 2050 omfatter kun battericelleproduksjon. Disse er beregnet basert på en antagelse om at Norge kan ta til seg ca. 2,5% av det europeiske markedet. Tallene for anslagene for markedsverdi i Europa i 2030 og 2040 er hentet fra publiserte kilder, mens tallene for 2050 er ekstrapolert fra 2040-tallene. Verdiene for 2019 er grove estimater basert på kjent omsetning. Tallene inkluderer ikke alle deler av verdikjeden, men hovedsakelig battericelleproduksjon.

### Status for sektoren

Det globale batterimarkedet vokser raskt, på grunn av det presserende behovet for å elektrifisere transportsektoren for å redusere CO<sub>2</sub>-utslipp og luftforurensning, men også for å optimalisere bruk av variable energikilder som sol og vind, og for å muliggjøre implementering av trådløs teknologi. Denne veksten etterspør først og fremst Li-ion-batterier på grunn av deres overlegne energi- og effekt-tetthet. Spesielt har elbilindustrien fått et enormt oppsving de siste årene. Norge er et foregangsland som ofte blir nevnt i internasjonal sammenheng som et eksempel på hvordan elbiler kan implementeres og bli mer akseptert hos folk flest. I tillegg er Norge verdensledende på elektrifisering av maritim transport, en sektor som er ventet å vokse betydelig de neste årene.

I dag produseres nesten alle Li-ion-battericeller i tre asiatiske land; Kina, Japan og Korea. Kun om lag 3% av batteriene produseres andre steder i verden, og bare ca. 1% kommer fra Europa. I Europa finnes det noen få fabrikker som produserer batteripakker og moduler, men disse bruker nesten utelukkende battericeller som er produsert i Asia. Dette fører til at europeiske bilprodusenter og lignende industrier er svært sårbare og strever med å få tilgang på nok batterier. Videre kan vekst og avkarbonisering av andre sektorer som for eksempel sjøtransport og integrering av fornybar energi påvirkes negativt hvis tilgangen til Li-ion-battericeller hindres.

Den strategiske betydningen av batterier er tydelig anerkjent i Europa. I løpet av de siste tre årene har flere store initiativer blitt etablert, inkludert European Battery Alliance, Batteries Europe ETIP, Battery 2030+, samt flere nasjonale batterinettverk. Her i Norge har SINTEF tatt initiativ til å starte BEACON (Battery Ecosystem Accelerator of Norway) for å samle alle norske aktører innen hele batteriøkosystemet fra råmaterialer til gjenvinning. I tillegg leder DNV GL Maritime Battery Forum som har spesielt fokus på den maritime industrien, og på Sørlandet jobber Eydeklyngen med involvering av norsk prosessindustri i batteriverdikjeden.

Flere aktører arbeider nå også med etablering av battericelleproduksjon i Europa. I mai 2019, kom nyheten om at Northvolt har fått full finansiering for å bygge en gigafabrikk for battericeller i Skellefteå i Sverige, hvor blant andre Volkswagen Group og BMW har gått inn med store investeringer, i tillegg til European Investment Bank, ABB og andre. I Norge er det nå kommet en ny aktør på kartet, Freyr, som planlegger å bygge gigafabrikk i Mo i Rana med en antatt årlig produksjon på 32 GWh. Sommeren 2019 sikret Freyr en finansiering på 7,25 millioner Euro fra EIT InnoEnergy. InnoEnergy investerte også på et tidlig stadium midler i Northvolt. Freyr ble presentert på møtet med European Battery Alliance i september 2019 hvor en stor andel av mulige investorer og fremtidige kunder var til stede. I tillegg er det flere andre aktører som Graphene Batteries AS og Beyonder som satser på alternative kjemier og som på sikt kan bygge opp mindre produksjonsenheter.

I Norge har vi flere selskaper som produserer batteripakker og -moduler, hvorav det finnes tre store aktører; Siemens, ZEM Energy og Corvus Energy. Siemens startet sin produksjon i Trondheim i 2018 og ZEM har i flere år levert batterimoduler, mens Corvus planlegger å ha batterifabrikken i Bergen oppe og gå i løpet av 2020. Disse har alle skips- og offshoreindustrien som største kundegruppe og bruker per i dag

battericeller fra Asia. Norge er svært langt fremme med implementering av batteri i skip og ferger, og dette er et område vi er verdensledende på.

## Potensial

Den dramatiske økningen i batteribehov betyr at det potensielle markedet er enormt. Innen 2040 er det forventet at energibehovet for elbiler produsert i Europa alene vil nå 1200 GWh per år. Dette betyr at vi vil trenge omtrent 55 gigafabrikker med en gjennomsnittlig kapasitet på 36 GWh per år. Verdien av det europeiske battericellemarkedet alene er beregnet til ca. 90 milliarder Euro per år, med potensiale for en økning i antall arbeidsplasser på ca. 250 tusen. Da regner man ikke med økt verdiskaping for råmaterialprodusenter, resirkulering og gjenbruk, samt andre deler av batteriøkosystemet.

”  
Verdien av det europeiske battericellemarkedet alene er beregnet til ca. 90 milliarder Euro per år.

”  
Norge har svært gode forutsetninger for å bli et kjerneområde for battericelleproduksjon.

Norge har svært gode forutsetninger for å bli et kjerneområde for battericelleproduksjon. Vi har verdensledende prosessindustri og kompetanse, godt utviklet og avansert arbeidstokk, og tunge akademiske miljøer som utmerker seg internasjonalt. Norge har også tilgang på grønn og rimelig kraft. Dette gjør at vi har muligheten til å produsere battericeller på en mer miljøvennlig måte enn noen andre land i Europa og Asia, som gir oss et enormt fortrinn.

Norge har også gode tradisjoner for resirkulering samt produksjon av råmaterialer som går inn i battericellene. Det finnes også høy kompetanse på materialer og fabrikking av deler som benyttes i sammenstilling av batterimoduler og -pakker, spesielt aluminium og kompositter. Materialer som kreves i batteriene inkluderer blant annet jern/stål, mangan, nikkel, kobolt, grafitt, silisium, kobber og aluminium. Glencore Nikkelverk produserer nikkel, kobber og koboltprodukter og er det største nikkelraffineriet i den vestlige verden. Norge er et av få vestlige industriland som har egen grafittproduksjon, for eksempel Skaland Graphite As med sin grafittgruve i Trælen. Innen råmaterialer har Norge store ressurser og battericelleproduksjon i Norge vil derfor potensielt kunne øke verdiskapingen hos mange norske bedrifter.

Et annet aspekt ved at samfunnet elektrifiseres, og som må sees på som en del av batteriøkosystemet, er ladeinfrastruktur og strømmettet. I Norge, hvor elbilen har stor utbredelse, har det til tider vært store utfordringer med ladeinfrastruktur. Med økende elektrifisering, så må ladeinfrastrukturen bygges ut betydelig. Digitalisering og styringssystemer for både strømmett, strømforsyning og kontrollsystemer for store batteripakker og moduler vil også kunne bidra til betydelig økning i sysselsetting og verdiskaping.

Innenfor alle delene av batteriøkosystemet vil det være potensial for eksport, enten av varer eller kunnskap. Dette inkluderer råvarer, battericeller, batteripakker og –moduler, samt kunnskap på teknologi og infrastruktur. Da omfanget av hele batteriøkosystemet er ekstremt stort, så er det svært vanskelig å verdsette både dagens tilstand og hvordan det vil se ut i fremtiden. Det finnes per i dag ikke tall som verdsetter den mulige verdiskapingen innenfor hele batteriøkosystemet, verken globalt eller nasjonalt. Tallene som er gitt innledningsvis er kun basert på battericelleproduksjon og antatt som en prosentandel av den totale europeiske produksjonen.

## Barrierer og utfordringer

Norge og de fleste andre europeiske land er politisk forutsigbare, og det er sterke forpliktelser til å redusere det totale karbonutslippet. Norge har også en ren energimiks siden mesteparten av strømforsyningen kommer fra vannkraft. I tillegg vil en økende andel komme fra fornybare energikilder som vind og sol. Battericeller produsert i Norge vil derfor ha betydelig lavere karbonavtrykk enn battericeller produsert i Asia og en del andre land i Europa. Utfordringen er likevel at det ofte koster mer å produsere battericeller i Europa på grunn av betydelig billigere arbeidskraft og lavere produksjonskostnader i land som Kina og Korea. Det vil derfor være nødvendig å få på plass reguleringer og insentiver for å akselerere prosessen med å etablere flere fabrikker for battericelleproduksjon i Europa.

En annen utfordring er manglende ladeinfrastruktur og for lav kapasitet på strømnettet. Elbilproduksjonen går mye raskere fremover enn utbyggingen av strømnett og ladestasjoner. Dette kan dermed utgjøre en flaskehals for implementeringen av nullutslippstransport.

En betydelig utfordring for de som ønsker å satse på store batterifabrikker er tilgang på nok kapital og vilje til å bidra med investeringer. Mange har ikke tro på at Europa klarer å ta igjen Asia på battericelleproduksjon og mener derfor det er for risikabelt å investere i slike initiativer. Disse holdningene er på veg til å snu, med stadig sterkere politiske tiltak og signaler fra EU.

En forutsetning for verdiskaping i Norge, er at vi investerer i forskning for å sikre egne rettigheter til kunnskap langs hele verdikjeden for batterier. Utdanning er også viktig, både på fagarbeidernivå, men også på høyere nivå, slik at man tilstrekkelig med kompetanse både inn i fabrikkene, men også inn i forskning og utvikling.

### Referanser og data

- McKinsey Company: "Recharging economies: The EV-battery manufacturing outlook for Europe", May 2019
- Avicenne Energy: "The Rechargeable Battery Market 2017-2030 – Energy Storage Systems & Industrial Applications", Januar 2019
- Avicenne Energy: "The Worldwide Rechargeable Battery Market 2017-2030", Januar 2019
- Bellona: "Batteriproduksjon i Innlandet – en mulighetsstudie", Februar 2018
- [https://www.tu.no/artikler/mineralerfunnet-pa-havbunnen-inneholder-mye-kobber/467379?utm\\_source=newsletter-tudaily&utm\\_medium=email&utm\\_campaign=newsletter-2019-06-14](https://www.tu.no/artikler/mineralerfunnet-pa-havbunnen-inneholder-mye-kobber/467379?utm_source=newsletter-tudaily&utm_medium=email&utm_campaign=newsletter-2019-06-14)
- <https://www.ngu.no/nyheter/kartlegger-forekomster-av-kobolt-i-europa>
- <https://bellona.no/nyheter/industri/industrielle-losninger/2018-04-naermere-norsk-batterirevolusjon>
- <https://northvolt.com/northvolt-completes-equity-capital-raise-to-enable-europes-first-homegrown-gigafactories-for-lithium-ion-batteries/>
- <https://www.tu.no/artikler/vil-bygge-gigafabrikk-for-batterier-i-mo-i-rana/462341>
- <https://www.highnorthnews.com/nb/planlegger-storstilt-batteriproduksjon-og-vindmollepark-i-nordland>
- European Commission, Strategic action plan on batteries, COM (2018) 293.



# 3

## Fornybar energiproduksjon

Energiproduksjonen i det norske vannkraftsystemet kan med relativt beskjedne naturinngrep økes for å muliggjøre grønn industrivekst<sup>76</sup>. Dette gjelder også landbasert vindkraft. Her må vi finne en god og bærekraftig balanse mellom nasjonale behov for sikring av natur og arts mangfold og verdens behov for mer fornybar energi. For å spille på styrkene fra historisk industribygging må vi bygge ut lønnsom energikrevende industri parallelt med utbyggingen av energien den trenger. I tillegg til historiske eksempler knyttet til metallproduksjon og trebearbeiding, er datasentre og batterifabrikker aktuelle nye industrier.








Det er et globalt markedspotensial for verdiskaping ved utbygging og drift av fornybar energi, samt utvikling av fornybar leverandør- og tjenesteytende industri. Et eksempel på dette er havvind. Her har Norge internasjonale fortrinn gjennom verdensledende offshore-kompetanse samt unik kunnskap om samspill mellom energiteknologi og natur.













Vannkraft og solcelleindustrien er godt etablert og kan levere verdier på noen titalls milliard nivå inn mot 2050. For vannkraft innebærer dette økt fornybar kapasitet levert til ny nasjonal industri eller eksport. Parallelt kan koblingen til Europa forsterkes ytterligere for å hente ut gevinstene ved vannkraftens fleksible egenskaper. For sol forutsetter det en fortsatt utvikling av verdensledende teknologi.

Havvind er jokeren med en potensiell ny verdiskaping på opp mot 100 milliarder kroner og flere titalls tusen arbeidsplasser, i utgangspunktet knyttet til leverandørindustri og tjenesteyting, men på sikt også salg av energi. En slik gevinst hentes ikke uten proaktiv handling og er utfordrende idet en konkurrerer med olje- og gassektoren om samme kompetanse.

En viktig faktor for sektoren er at energiselskapene og leverandørindustrien evner å etablere seg internasjonalt basert på konkurransedyktige produkter og tjenester utviklet nasjonalt.

<sup>76</sup> <https://www.cedren.no/Nyheter/Article/ArticleId/4221/Gar-det-an-a-produsere-lonnsom-vannkraft-og-samtidig-ta-hensyn-til-naturen>

<b>Marked</b> Nå til 2050	 0-10 milliarder	 10-100 milliarder	 > 100 milliarder
<b>Eksport</b> (potensiale)	 0-100 milliarder	 > 100 milliarder	
<b>Sysselsatte</b> (potensiale)	 0-25 000	 > 25 000	

	Nå	2050
Økt nasjonal energiproduksjon		  
Havvind		  
Solceller		  

### 3.1 Økt nasjonal kraftproduksjon

Vannkraft er ryggraden i det norske kraftsystemet og gir kraft som både er billig, fornybar og fleksibel. Det norske vannkraftsystemet er unikt i Europa, og stiller Norge i en særegen posisjon som forvalter av omtrent halvparten av europeiske vannkraftlager. Ettersom vannkraft er fornybar, er Norge ett av få land i verden som allerede har et tilnærmet karbonnøytralt kraftsystem. Dette gir store fortrinn mot andre land som i dag bruker store summer på å omstille sine kraftsystemer for å redusere utslipp av klimagasser. Videre er dette også et fortrinn for norsk industri, ettersom tilgang på fornybar energi muliggjør "grønn industri" med ingen eller lave klimagassutslipp tilknyttet energi til produksjon. I tillegg er Norge rikt på gode vindressurser både på land og til havs. Landbasert vindkraft er i dag den raskeste måten å øke kraftproduksjonen i Norge, og teknologien kan få en viktigere betydning i det norske kraftsystemet i årene som kommer.

Ny kraftproduksjon, i form av vannkraft og vindkraft, vil kunne gi betydelige økonomiske ringvirkninger for leverandørindustri og utbyggere. Nasjonal omsetning, ekskludert kraftsalg, eksport og utenlandsomsetning var i 2018 13,8 mrd NOK. Økt utbyggingstakt av ny kraftproduksjon samt rehabilitering av eksisterende vannkraftverk kan gi en omsetning opp mot 20 mrd NOK årlig. På lengre sikt, mot 2050, er utbygningstakten av ny kraft forventet å falle mens det vil være et økende rehabiliteringsbehov for vindkraft. Økt energioverskudd fra ny kraftproduksjon kan tilrettelegge for ny industri og elektrifisering eller eksporteres.

#### Status for sektoren

”  
Landbasert vindkraft stod i 2018 for **4 TWh** produksjon, omtrent **3%** av total kraftproduksjon.

Vannkraft er den største kraftproduserende teknologien i Norge med en midlere årlig kraftproduksjon på rett under 135 TWh (rundt 94% av total kraftproduksjon). Det norske vannkraftsystemet består av over 1 600 kraftstasjoner, 800 magasiner og mer enn 3 500 dammer. Den installerte produksjonskapasiteten er på over 32 GW og omtrent 87 TWh energi kan lagres i norske vannkraftmagasiner. Det var ved inngangen til 2019 2,3 TWh ny vannkraft under bygging og gitt konsesjon til ytterligere 5,2 TWh ny vannkraft<sup>77</sup>. Nasjonal omsetning, ekskludert eksport og utenlandsomsetning, var 8 mrd. NOK i 2018 og det var sysselsatt ca. 3 500 årsverk i Norge. Dette inkluderer ikke kraftsalg. Den totale omsetningen til norske vannkraftprodusenter inkludert kraftsalg var 68,5 mrd. NOK i 2018<sup>78</sup>.

Landbasert vindkraft er den raskest voksende kraftproduserende teknologien i Norge og stod i 2018 for 4 TWh produksjon, omtrent 3% av total kraftproduksjon. Norge har noen av Europas beste forutsetninger for etablering av vindkraftproduksjon, med gode vindressurser spredt over store arealer. NVE har gitt konsesjon til nesten 23 TWh landbasert vindkraft i Norge, hvorav 10 TWh i dag er i drift eller under bygging. NVE forventer at ytterligere 4,5 TWh vindkraftproduksjon settes i drift i løpet av 2019. Nasjonal omsetning, ekskludert eksport og utenlandsomsetning, var 5,8 mrd. NOK i 2018 og det var sysselsatt ca. 1 800 årsverk i Norge<sup>79</sup>. Omsetningen fra produksjon av kraft fra landbasert vind kommer i tillegg, og var i 2018 på 2,3 mrd NOK.<sup>80</sup>

<sup>77</sup> [NVE, 2019](#)

<sup>78</sup> [https://www.multiconsult.no/assets/Kartlegging-av-den-norskbaserte-fornybare-A6ringen\\_10.10.19-FINAL-1.pdf](https://www.multiconsult.no/assets/Kartlegging-av-den-norskbaserte-fornybare-A6ringen_10.10.19-FINAL-1.pdf)

<sup>79</sup> [https://www.multiconsult.no/assets/Kartlegging-av-den-norskbaserte-fornybare-A6ringen\\_10.10.19-FINAL-1.pdf](https://www.multiconsult.no/assets/Kartlegging-av-den-norskbaserte-fornybare-A6ringen_10.10.19-FINAL-1.pdf)

<sup>80</sup> [NVE, 2019](#)

Norge er netto selvforsynt med elektrisk kraft og årlig kraftforbruk ligger rundt 130-135 TWh. Billig og forutsigbar tilgang til kraft har gitt kraftkrevende industri et konkurransefortrinn i Norge, og har lagt grunnlaget for utbygging av en nasjonal industri som i dag sysselsetter rundt 40 000 personer. Selv om det norske samfunnet kjennetegnes ved en stor grad av elektrifisering sammenlignet med andre land, er den totale energibruken i Norge (225 TWh i 2014, NVE) fortsatt betydelig høyere enn kraftforbruket. Økt elektrifisering er derfor nødvendig for å kutte klimautslipp nasjonalt, noe som også vil føre til økt etterspørsel etter fornybar kraft produsert og omsatt i Norge.

### Potensial for videreutvikling mot 2030 og 2050

Investeringer i nasjonal kraftproduksjon kan gi betydelige ringvirkninger og økonomisk vekst i form av 1) økt sysselsetting ved nyinvesteringer, reinvesteringer og oppgraderinger av kraftverk, 2) vekst i ny industri og nye jobber innen prosessindustri, teknologi, datalagring og maritim sektor og 3) elektrifisering og utslippskutt innen transport og andre sektorer<sup>81</sup>.

Store deler av norsk vannkraft ble bygd ut mellom 1950 og 1980 og det er i årene fremover økende behov for rehabilitering. NVE anslår et behov for rehabilitering på omtrent 150 mrd NOK (ca. 3,75 mrd NOK årlig) frem mot 2060, kun innen maskin- og elektrotekniske komponenter for vannkraftverk<sup>82</sup>. Statkraft alene regner med å reinvestere for 1,5 mrd NOK årlig fremover<sup>83</sup>. Dette vil gi økt behov for leverandørindustri, utbygging og FoU- og rådgivningstjenester. En studie fra NTNU<sup>84</sup> viser at opprustning og utvidelse av norske vannkraftverk kan øke energiproduksjonen fra norsk vannkraft med 20 til 30 TWh. NVE anslår potensialet til å ligge rundt 6 TWh, blant annet grunnet strengere miljøhensyn. Forskning fra FME CEDREN på miljødesign viser at potensialet for økning i energiproduksjonen fra norsk vannkraft som kan oppnås med relativt beskjedne naturinngrep antagelig ligger et sted midt mellom disse anslagene<sup>85</sup>. I tillegg øker tilsiget til norsk vannkraft på grunna av klimaendringer. Totalt sett antar NVE en økning på 11 TWh vannkraft frem mot 2040 i sin langsiktige markedsanalyse fra 2019 til 2040.

Norsk vannkraft har høy reguleringsgrad. Denne fleksibiliteten i kraftsystemet muliggjør at større andeler ikke-regulerbar kraft, som for eksempel vindkraft, enklere kan innlemmes i energisystemet. Vannkraften kan balansere produksjon fra vindkraft, og bidrar på den måten til økt verdi av vindkraftprosjekter i Norge. Teknologikostnaden for å bygge ut vindkraft har falt betydelig de siste årene. Vindkraftprosjekter i områder med gode vindressurser i Norge er i dag lønnsomme uten subsidier og har en LCOE ("Levelized cost of energy") på 30-35 EUR/MW<sup>86</sup>. Kostnaden av å bygge ut vindkraft er forventet å falle ned mot 25 EUR/MWh innen 2030. NVE har gjort en større utredning av areal for vindkraftproduksjon i Norge, og 13 egnede områder er lagt frem i "Nasjonal ramme for vindkraft på land"<sup>87</sup>. Denne utredningen har på grunn av lokale protester blitt lagt på is<sup>88</sup>. NVE antar i sin markedsanalyse for 2019 at det kommer 26 TWh ny vind frem mot 2040, men understreker at det er stor usikkerhet knyttet til utbygging av vindkraft på land fremover og oppgir et utfallsrom på totalt 19 – 38 TWh vindkraft i 2040<sup>89</sup>. Vindkraftutbygging vil gi økt behov for leverandørindustri, utbygging av infrastruktur som veier og overføringsnett, samt FoU og

<sup>81</sup> [Fornybarnæringens veikart](#)

<sup>82</sup> [NVE - Reinvesteringsbehov - Opprustning og utvidelse](#)

<sup>83</sup> [Statkraft - Turbinrehabilitering, Statkraft - Tiden for store rehabiliteringer](#)

<sup>84</sup> [Leif Lia, Mikal Nauq Aas og Ånund Killingtveit, NTNU. The International Journal on Hydropower & Dams, 2017 \(4\)](#)

<sup>85</sup> <https://www.dn.no/innlegg/energi/fornybar-energi/vannkraft/kan-fa-mye-mer-vannkraft-og-bedre-miljo/2-1-657986>

<sup>86</sup> Statnett Langsiktige markedsanalyse 2018-2040

<sup>87</sup> [NVE, 2019](#)

<sup>88</sup> <http://www.vindkraftnytt.no/nyhetsarkiv/visning-nyheter-1/200-twh-samfunnet-1.aspx?Action=1&M=NewsV2&PID=1280> , <https://e24.no/energi/i/8m7x1w/europa-har-plass-til-11-millioner-vindturbiner-potensialet-er-absurd-stort>

<sup>89</sup> [http://publikasjoner.nve.no/rapport/2019/rapport2019\\_41.pdf](http://publikasjoner.nve.no/rapport/2019/rapport2019_41.pdf), [http://publikasjoner.nve.no/rapport/2019/rapport2019\\_43.pdf](http://publikasjoner.nve.no/rapport/2019/rapport2019_43.pdf)



rådgivningstjenester underveis i prosjektfasen. Omsetningen knyttet til landbasert vindkraft ble i 2018 firedoblet fra 2017 grunnet økt utbygningstakt av vindkraft. Det er gitt konsesjon til betydelig mer vindkraft og dette nivået kan derfor øke ytterligere frem mot 2030. På lengre sikt vil det også være et økende behov for rehabilitering av aldrende vindkraftverk.

Kraftutbygging vil gi et økt kraftoverskudd i Norge som enten kan eksporteres til Europa eller legge grunnlag for vekst i kraftkrevende industri og økt elektrifisering. NVE antar et kraftoverskudd på 23 TWh i Norge i 2040, men avhengig av utviklingen i ny kraftproduksjon og kraftforbruket får kraftoverskuddet et utfallsrom fra 4 – 44 TWh årlig<sup>90</sup>. Verdien av å eksportere et økt kraftoverskudd er avhengig av kraftprisen som oppnås ved salg og forutsetter investering i tilstrekkelig overføringskapasitet internt i Norge og til Europa. Et økt kraftoverskudd på 40 TWh årlig har en verdi på 17.2 mrd. NOK med NVEs forventede kraftpris på 43 øre/kWh i Norge i 2040 fra samme analyse. I realiteten vil oppnådd kraftpris for eksport av norsk kraft ligge høyere enn gjennomsnittsprisen, da det hovedsakelig eksporteres når kraftprisen i Europa er høy. Dette er avhengig av at eksportkapasiteten er høy nok til at det ikke blir et innelåst kraftoverskudd som reduserer realisert pris. Tilsvarende begrenser overføringskapasiteten prispåvirkningen fra Europa og gjør at pristoppene i Europa ikke fullt ut kan utnyttes gjennom kraftsalg i Norge. Prisdifferansen mellom den norske og europeiske prisen vil generere en flaskehalsinntekt som deles mellom eierne av overføringslinjen/kabelen.

Et annet alternativ er at økt kraftproduksjon følges av økt kraftforbruk. Utbygging av kraft kan bistå utvikling av nye næringer som datasentre og hydrogenproduksjon, og kan også være viktig for å nå norske klimamål gjennom elektrifisering av transport og industri. Nye næringer er viktig for å skape arbeidsplasser og økonomisk vekst, og er også viktig for å sikre teknologiutvikling og nye innovasjoner. Norske klimagassutslipp må kuttes for å opprettholde norske klimaforpliktelser og sikre konkurransekraften til norske produkter og tjenester i en klimabevisst verden.



Utbygging av kraft kan bistå utvikling av nye næringer som datasentre, batteriproduksjon og hydrogenproduksjon

### Barrierer og utfordringer

Vannkraft er en moden teknologi, noe som både kan være en fordel og en utfordring. En godt etablert industri kan være tregere i omstillingen enn nye teknologier, men man ser i dag en bransje som er mer innstilt på omstilling og innovasjon enn for ti år siden.

Vannkraftanlegg er over sin lange levetid en av de billigste energiproduksjonsteknologiene som finnes. Det er imidlertid en kapitalkrevende teknologi som krever store investeringer i utbyggingsfasen, og det tar derfor lang tid før investorer kan regne med avkastning på investeringene. Dette gjør at det i dag er krevende å hente inn kapital til nye anlegg, siden andre fornybare kilder som sol og vind både leverer raskere energi og gir raskere avkastning på investeringer. Videre gjør også kostnader av komponenter og det langsiktige perspektivet at reinvestering og modernisering kan være vanskelig å gjennomføre. Den norske vannkraftbransjen har også pekt på det nåværende skattesystemet som en viktig barriere for reinvestering og modernisering.

<sup>90</sup> [http://publikasjoner.nve.no/rapport/2019/rapport2019\\_41.pdf](http://publikasjoner.nve.no/rapport/2019/rapport2019_41.pdf)

Raskt fallende teknologikostnader har gjort vindkraft interessant for internasjonale investorer, og flere vindkraftprosjekter i Norge har de siste årene blitt realisert med en kombinasjon av norsk og internasjonal kapital. I løpet av de siste årene har det imidlertid vokst frem en sterk lokal motstand mot vindkraftutbygging på land i Norge. Dette har skapt utfordringer for gjennomføring av prosjekter som allerede er i gang, gjort det vanskeligere å tiltrekke seg investorer til nye prosjekter og gitt et økt politisk press på å bremse utbyggingen av norske vindressurser. Etter massiv kritikk valgte regjeringen nylig å skrote nasjonal ramme for vindkraft<sup>91</sup>. Den lokale motstanden mot vindkraft anses å ha stor betydning for den videre utviklingen av vindkraft i Norge frem mot 2030.

Tabell 1: Kapasitetsfaktor for ulike fornybare energikilder. Referanse 2017.

Fornybar energikilde	Samlet kapasitet [GW]	Produsert elektrisitet [TWh]	Kapasitetsfaktor [%]
Sol	108	115	12,3
Vind	169	336	22,7
Vann (Globalt)	1292	4200	37,1
Vann (EU)	252	643	29,1

Tabellen over viser forskjellen i roller som de ulike fornybare energikildene spiller i kraftsystemet. Med referanse til 2017 ser en hvordan utbygd kapasitet og produsert energi forholder seg til hverandre. Kapasitetsfaktor, et slags mål på brukstid for vannkraft er høyere enn vind som er høyere enn sol. Når en tar med i betraktningen at sol og vind kommer og går utenfor vår kontroll illustrerer det viktigheten av en lett regulerbar vannkraft som balanserende energi i systemet.

<sup>91</sup> [NRK, 2019](#)

## 3.2 Havvind

Havvind er en ny næring i kraftig vekst, med en norsk verdiskaping i dag (2017) på om lag 4 milliarder NOK og en sysselsetting i Norge på 1 600 årsverk<sup>92</sup>. Potensial for verdiskaping i 2030 er imidlertid formidabelt, med en potensiell eksport på 50 milliarder NOK og 24 000 årsverk<sup>93</sup>. Disse tallene antar at det globale havvindmarkedet har vokst til NOK 500 milliarder (25 GW årlig) i 2030 og at en satsing på havvind i Norge har gitt en økt markedsandel for norske leverandører fra dagens 3 - 5 % av verdensmarkedet for havvind til 10 % i 2030. Antall årsverk er anslått med utgangspunkt i at hvert årsverk vil gi 2,5 MNOK i verdiskaping per år. Potensialet for 2050 er en dobling av estimatet for 2030, med utgangspunkt i at det globale havvindmarkedet i 2050 vil utgjøre NOK 1 000 milliarder (45 GW årlig)<sup>94</sup>. Det er betydelig usikkerhet rundt estimatene for 2030 og 2050.

### Status for sektoren



Det er stort potensial for teknologiutvikling og etter hvert storskala leveranser av energi fra flytende havvind.

Den første havvindparken ble installert i Danmark i 1991. Denne bestod av 11 vindturbiner a 450 kW som var installert på 2-4 meters vanddyb ca. 1 km fra kysten. Deretter gikk utviklingen relativt sakte fram til starten av 2000 tallet, hvorpå den har akselerert etter 2010. Ved utgangen av 2017 var det totalt 19 GW installert havvind i verden, hvorav 16 GW i Europa og de øvrige i Kina, Vietnam, Japan, Sør-Korea, USA og Taiwan. Havvind er i forhold til energisystemet totalt sett fortsatt en nisje, men i kraftig vekst og med stort potensial både når det gjelder bunnfaste og flytende havvindparker. Så godt som alle havvindparkene som er installert til nå er bunnfaste, dvs. at de har et fundament som står fast på sjøbunnen. Unntaket er enkelte demonstrasjonsanlegg med flytende vindturbiner. Her har Norge hatt en pionerrolle. Verdens første flytende turbin i full skala ble installert i Norge i 2009 av Equinor. De har etterfølgende videreutviklet konseptet og satte i drift verdens første flytende havvindpark, Hywind Scotland (30 MW) i 2018. Det er nå nylig bevilget støtte fra Enova til bygging av en enda større flytende vindpark, Hywind Tampen (88 MW) i Norge<sup>95</sup>. Det er videre lagt ut tre nye områder til høring for mulig utbygging av større havvindprosjekt i Norge<sup>96</sup>. Nøkkeldata for disse områdene er vist i Tabell 2. En akselerert utvikling av flytende havvind er forventet i nær fremtid, da en rekke selskap, både norske og utenlandske, ser et stort potensial for teknologiutvikling og etter hvert storskala leveranser av energi fra flytende havvind. Aker Solutions har for eksempel kjøpt seg inn i Principle Power som utvikler det flytende havvind konseptet WindFloat<sup>97</sup>.

<sup>92</sup> Status for offshore vind er gitt for 2017 basert på MENON-RAPPORT NR. 76/2018: "[Kartlegging av omsetning, sysselsetting, eksport og utenlandsomsetning i fornybarnæringen i Norge i 2017](#)".

<sup>93</sup> Potensial for eksport i 2030 er basert på [Norsk Rederiforbund - Havvind - Et nytt norsk industrieventyr](#)

<sup>94</sup> Dolf Gielen, IRENA Director Innovation and Technology (2019) Status and Opportunities for Offshore Wind; WEO 2019 High-level Workshop on Offshore Wind Outlook, Paris, 13 May 2019

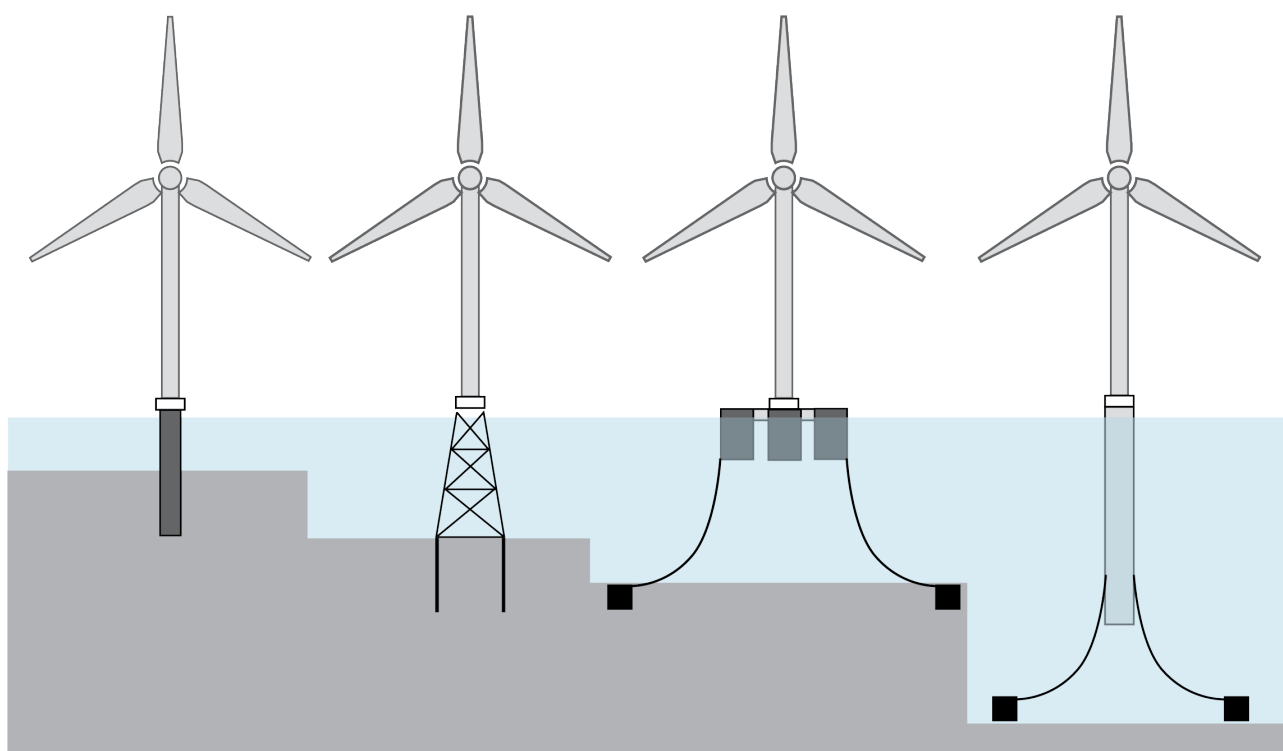
<sup>95</sup> <http://presse.enova.no/pressreleases/enova-stoette-til-hywind-tampen-2909002>

<sup>96</sup> <https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/vindkraft-til-havs-hoyring-av-omrade-og-forskrift/id2662579/>

<sup>97</sup> <https://www.akersolutions.com/news/news-archive/2018/aker-solutions-expands-into-offshore-floating-wind/>

Tabell 2: Områder lagt ut til høring for mulig større utbygging av havvind i Norge.

	Utsira Nord	Sørlige Nordsjø II	Sandskallen-Sørøya Nord
Havdyp (m)	267	60	89
Avstand til land (km)	22	140	14
Kapasitet (MW)	500-1500	1000-2000	100-300
Brukstid (timer)	4300	4400	3500



Figur 12: Illustrasjon av understell for bunnfaste og flytende havvindturbiner. Bunnfaste turbiner installeres typisk opp til omkring 50 meters vanddyp. Flytende turbiner installeres på dypere vann.

Havvind har relativt lav lokal miljøpåvirkning og er generelt mindre kontroversielt enn landvind. WWF<sup>98</sup> har konkludert med at "Dersom en god, helhetlig planleggingsprosess og tilstrekkelig avbøtende tiltak ligger til grunn, er det mulig å etablere og drive havvindparker uten å vesentlig skade miljøet."

Kostnaden for havvind har falt kraftig de siste årene. De billigste prosjektene planlegges nå å realiseres uten subsidier. Dette gjelder bunnfaste prosjekt på gunstige områder, for eksempel planlegger Vattenfall bygging av 700 MW havvindpark i Nederland uten subsidier<sup>99</sup>, og Equinor planlegger å realisere en 3600 MW havvindpark på Doggerbank til en kontraktspris på ca 40 øre/kWh<sup>100</sup>. Til denne vil norske Aibel

<sup>98</sup> WWF-Norway, Environmental Impacts of Offshore Wind Power Production in the North Sea, 2014,

[http://awsassets.wwf.no/downloads/wwf\\_a4\\_report\\_havvindrapport.pdf](http://awsassets.wwf.no/downloads/wwf_a4_report_havvindrapport.pdf)

<sup>99</sup> <https://uk.reuters.com/article/uk-netherlands-windpower/swedens-vattenfall-wins-dutch-700-mw-offshore-wind-tender-idUKKBN1GV2BP>

<sup>100</sup> <https://www.equinor.com/no/news/2019-09-19-doggerbank.html>

sammen med ABB levere omformerstasjonene for overføring av kraften til land<sup>101</sup>. Havvind på grunt til mellomdypt vann (-50 m) med bunnfast fundament er per i dag billigere enn flytende havvind på større dyp (100-300 m), men dette kan endre seg med utvikling av marked og teknologi. Flytende havvind har et stort potensial fordi flytende turbiner kan plasseres på områder med dypt vann. Det gir tilgang til store vindressurser og mulighet for plasseringer med mindre konflikt med andre interesser. Industrien har som mål at flytende havvindparker skal kunne bygges til om lag 40-60 øre/kWh i 2030<sup>102</sup>.

### Potensial for videre utvikling mot 2030 og 2050

Havvind er en viktig del av et fremtidig bærekraftig energisystem. Flere land satser tungt på dette, og Europa er i fronten gjennom store utbygginger i UK, Tyskland, Danmark, Nederland og Belgia, samtidig som det er en kraftig opptrapping i utbygging av havvind også i Asia og Nord-Amerika<sup>103</sup>. IEA har nylig gjort en grundig studie av havvindpotensialet<sup>104</sup>. I denne beskrives havvind som en sentral del av et fremtidig kraftsystem uten utslipp av CO<sub>2</sub>. Potensialet for havvind angis å være 420 000 TWh/år, noe som tilsvarer 18 ganger elektrisitetsforbruket i verden. For 2050 angir IRENA i sitt REmap senario at total vindkapasitet vil utgjøre over 6000 GW hvorav tett på 1 000 GW vil være havvind<sup>94</sup>. EU kommisjonen har et mål om 450 GW havvind i Europa for samme tidspunkt<sup>105</sup>. Hvor mye som faktisk vil bygges ut globalt vil avhenge av en rekke faktorer, blant annet av energikostnad for kraft fra havvind sammenlignet med andre energikilder, men også muligheter for arbeidsplasser, konfliktnivå og miljøpåvirkning.



Hvor mye havvind som faktisk vil bygges ut globalt vil avhenge av en rekke faktorer som energikostnad, muligheter for arbeidsplasser, konfliktnivå og miljøpåvirkning.

For Norge representerer havvind flere muligheter:

**Utvikling av nye arbeidsplasser og eksportinntekter** fra leveranser av varer og tjenester til det internasjonale markedet. Norske leverandører har allerede betydelig eksport til dette markedet.

**Forsyning av olje og gassplattformer med havvind** for å få ned utslipp av CO<sub>2</sub> fra norsk sokkel.

**En utbygging av havvindparker for kraftforsyning** til Norge og det internasjonale markedet med kobling til et Nordsjønett og i takt med at kostnaden for havvind er kommet ned på et konkurransedyktig nivå.

Det ligger et stort potensial i sambruk av havrommet<sup>106</sup>. Det er overlapp mellom behov innen ulike industrier til havs; som vindkraft, bølgekraft, olje og gass, akvakultur og fiskeri. Dette gjelder eksempelvis innen detaljert værmelding, informasjon om næringsforekomst i havet, informasjon om bunntopologi, kommunikasjonssystemer, kontrollsystemer, infrastruktur som fortøyninger, transport av materiell og

<sup>101</sup> <https://aibel.com/news/aibel-wins-offshore-wind-contract-at-dogger-bank>

<sup>102</sup> <https://www.equinor.com/no/what-we-do/hywind-where-the-wind-takes-us.html>

<sup>103</sup> [Global Offshore Wind Market Report, 2018, NORWEP](#)

<sup>104</sup> <https://www.iea.org/reports/offshore-wind-outlook-2019>

<sup>105</sup> <https://windeurope.org/newsroom/press-releases/the-eus-big-goals-for-offshore-wind-are-achievable-with-the-right-grid-investments-and-spatial-planning/?ref=mainbanner>

<sup>106</sup> [https://www.sintef.no/globalassets/sintef-energi/arendalsuka/arendalsuka\\_2019\\_tre-rad.pdf](https://www.sintef.no/globalassets/sintef-energi/arendalsuka/arendalsuka_2019_tre-rad.pdf)

personell, og trening av fagpersoner som skal operere systemer ute i havet. Havvind kan også brukes i et fremtidig system for offshore lading av el-hybride fartøy, eller for produksjon av hydrogen. Dette mangfold av muligheter drevet av til dels sterk betalingsevne for gode bærekraftige løsninger tilsier fokus på utvikling av teknologi og energibruk i havrommet i en tidlig fase, med tid til å planlegge en integrering med energisystemet på land når den blir konkurransedyktig.

Norsk industri sin sterke kunnskapsbaserte og teknologiske konkurransefortrinn innen havvind er blant annet basert på vår petroleumsindustri og maritime kompetanse. Våre fremste områder er innen understell, maritime operasjoner, drift og vedlikehold, sjøkabler og overvåking- og styringssystem.

I en studie utført av FME NTRANS konkluderes det at havvind er en stor industriell mulighet for Norge. Rapporten<sup>110</sup> ser på potensialet for både krafteksport og teknologiekspert i et perspektiv fram mot 2050. Den anbefaler at Norge tar en aktiv rolle i samarbeidet mellom Nordsjølandene med en norsk satsing på havvind med FoU og et program for utbygging.



En videreført norsk satsing på havvind gjennom FoU og et program for utbygging vil bidra til å redusere kostnaden for havvind. Det vil gi en større utbygging globalt, mer ren energi og bidra vesentlig til oppnåelse av klimamål. Norsk eksport av teknologi og elektrisitet vil både gi verdiskaping og nye arbeidsplasser.

### Barrierer og utfordringer

Havvind er stadig i en tidlig utvikling med betydelig behov for utdanning, forskning og innovasjon. Havvind trekkes fram som et prioritert forskningsområde både nasjonalt, for eksempel av Energi21<sup>107</sup>, i Europa av EUs SET-plan<sup>108</sup>, og internasjonalt, for eksempel av IEA<sup>109</sup>.

Prioriterte tema<sup>110</sup> hvor norske FoU-miljø har sterk kompetanse og hvor norsk industri har mulighet til å oppnå vesentlige fordeler av forskningen er:

- understell, materialer og marine operasjoner
- nettilkobling, systemintegrasjon og energilagring
- digitalisering, drift og vedlikehold og styringssystem for havvindparker

I tillegg er det også vesentlig å ha samfunnsfaglig forskning på rollen havvind spiller i omstillingen, markedsdesign, verdiskaping og risikohåndtering, industrialisering og innovasjon.

Utvikling av et norsk hjemmemarked vil være viktig som læringsarena for praktisk uttesting og problemløsning, som referansegrunnlag og for å utvikle markedskompetanse i denne nye næringen. Norges fortrinn innen havvind er kunnskap og teknologi, som vi må utnytte for å nå nye markeder og drive kostnadene ned slik at havvind blir lønnsomt. For å bevare dette fortrinnet må norsk industri utvikle enda smartere og bedre løsninger, noe som krever godt samspill mellom industri, utdanning, forskning og innovasjon.

<sup>107</sup> <https://www.energi21.no/siteassets/energi21strategi2018lr.pdf>

<sup>108</sup> [https://setis.ec.europa.eu/system/files/setplan\\_wind\\_implementationplan\\_0.pdf](https://setis.ec.europa.eu/system/files/setplan_wind_implementationplan_0.pdf)

<sup>109</sup> <https://www.iea.org/tcep/power/renewables/offshorewind/>

<sup>110</sup> NTRANS (2019) Havvind – en industriell mulighet. <https://www.ntnu.no/documents/1284688443/1285504199/Havvind+-en+industriell+mulighet+-+NTRANS-rapport.pdf/163a21ec-8b39-46d1-9636-19ffa5e82b2d>

### 3.3 Solceller

I 2017 var verdiskapingen fra dette økosystemet i Norge på 3,7 mrd. NOK, hvorav 2,4 mrd. i eksportandel og næringen sysselsatte 1200 personer. Dette kan vokse til henholdsvis 16,650 mrd. NOK med 10,8 mrd. i eksportandel og 4320 sysselsatte i 2030, deretter opp mot 30 mrd. NOK med 18 mrd. i eksportandel og 5 400 sysselsatte i 2050.

Tall for 2017 er hentet fra "Fornybarnæringen 2017"<sup>111</sup>. Det er estimert et potensial i 2030 og 2050 basert på scenarier fra ITRPV<sup>112</sup>. De gir et høyt og et lavt senario for utviklingen av det globale PV-markedet for årlig installert kapasitet. Estimatenes for verdiskaping og eksportandel er basert på middelerverdier for de to scenariene i hhv. 2030 og 2050, og at norsk verdiskaping og eksportandel følger disse middelerverdier for den globale markedsutviklingen. I 2017 var norsk produksjon og eksport av solcellesilisium 0,5% av den globale produksjonen. I et midlere (gjennomsnittlig) senario vil det globale markedet i 2030 være 4,5 ganger større enn i 2017, og 7,5 ganger større i 2050. For tallene for sysselsetting har vi antatt at økt produksjon og automatisering har gitt en 20% reduksjon i 2030 og 40% reduksjon i 2050 i sysselsetting, sammenlignet med en lineær økning på 4,5 ganger (2030) og 7,5 ganger (2050) fra utgangspunktet i 2017 (1200).

#### Status for sektoren

Solceller benevnes ofte med PV etter det engelske uttrykket PhotoVoltaics. Prisen på strøm produsert fra PV har falt med 85 prosent siden 2010 iht. BNEF NEO 2019, og teknologien kan integreres i alt fra småskalaelektronikk til bygninger og store solkraftanlegg for strømproduksjon. Internasjonalt har solkraftanlegg stått for den største andelen av ny kraftproduksjon utbygget siden 2016.

Norske selskaper arbeider innenfor industriell produksjon av silisium og wafere til solceller, installasjon av bygningsintegreerte PV-systemer, og etablering og drift av solcelleanlegg i utlandet<sup>113</sup>. Totalt sysselsatte solenergisektoren i Norge i overkant av 1100 personer (leverandører 923, utbyggere 42, rådgiving og FoU 91) og omsatte for MNOK 3 700 i 2017. Innenfor etablering og drift av solcelleanlegg i utlandet er Scatec Solar den dominerende norske aktøren og hadde en omsetning i 2018 på MNOK 4 700.

#### Historisk utvikling

I Norge var vi tidlig ute med bruk av solceller, særlig i forbindelse med fritidsboliger. Selv om omfanget er lite, har mange fått praktisk erfaring med teknologien. PV-anlegg i bygg installeres nå av spesialfirma og entreprenører innenfor bygg og elektro. Nettselskapene har utviklet løsninger som inkluderer avtaler om tilbakekjøp av overskuddsstrøm fra slike anlegg. For utvikling av solkraftanlegg ble Scatec Solar etablert i 2007 og leverte sin første installasjon i Italia i 2009. Selskapet har hatt kontinuerlig vekst og i 2017 ble et partnerskap med Equinor etablert om utvikling av installasjoner i Brasil. Det er også nylig etablert et selskap (Ocean Sun) som produserer flytende solkraftanlegg i Norge. Det er etablert en interesseforening for solenergiselskaper som i dag har ca. 80 selskaper som medlemmer.

<sup>111</sup> Fornybarnæringen 2017, Menon rapport <https://www.eksportkreditt.no/no/case/fra-heiarop-til-eksportstrategi/>

<sup>112</sup> ITRPV 2019 (10<sup>th</sup> edition) International Technology Roadmap for Photovoltaic <https://itrvp.vdma.org/>

<sup>113</sup> Solcellesystemer og sol i systemet, Multiconsult og Asplan Viak, <http://solenergiklyngen.no/>

## Potensial for videre utvikling mot 2030 og 2050

De viktigste retningene for videre utvikling fra et norsk perspektiv synes å være:

**Norsk produksjon** av silisium og silisium-wafere til solceller, med verdens laveste klimagass <sup>114</sup><sup>115</sup> fotavtrykk, har store vekstmuligheter.

**Norske utviklere** av solkraftanlegg på land og vann <sup>116</sup> vil kunne øke sin konkurransekraft i energimarkedet ved at strøm fra PV-anlegg blir stadig mer konkurransedyktig relativt til andre energikilder.

**Norske selskaper med spesialisering** innen utbygging av bygningsintegreerte PV-anlegg og salg av bygningselementer for slike anlegg kan vokse i et sterkt voksende marked.

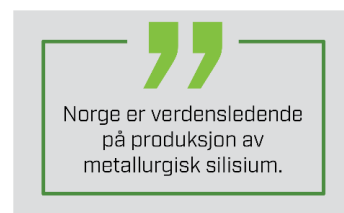
Det er flere viktige drivkrefter for den videre veksten i markedet:

1. Fortsatt reduksjon i pris på PV-teknologi.
2. Behovet for økt ren energi og reduksjon i klimagassutslipp.
3. Digitalisering og elektrifisering.

Mange steder i verden er det i dag billigere å bygge el-kraft anlegg basert på PV enn kull, slik at markedet driver utviklingen. Elektrifisering av transportsektoren og prosessindustrien er viktige områder hvor solenergi kan få stort innpass. I Norge er det kapasitet til å øke strømproduksjon i bygningsintegreerte PV-anlegg til 26TWh/år, ifølge Multiconsult og Asplan Viaks rapport.

IEA har hatt en utfordring i å estimere utvikling av PV-markedet i sine publiserte fremtidsscenarioer, da teknologien har hatt et prisfall og en utbygging som ikke har vært observert tidligere. Sammenlignet med solstrømproduksjonen i 2017 (434,6 TWh) forventer IEA <sup>117</sup> i sitt "*Sustainable Development Scenario*" en 7,5 x økning i PV-strømproduksjonen i 2030 og 14,7 x økning i 2040. Det er med andre ord forventet en meget stor økning av PV-strømproduksjonen i de kommende år, og norsk industri har derfor store muligheter til å øke sin verdiskaping innenfor denne globale veksten. Bloomberg NEF anslår at det skal investeres 9 500 milliarder dollar i vind og solkraft frem til 2050 <sup>118</sup>. De anslår også at PV vil se den sterkeste veksten innen fornybar energi, med en økning fra 2% av verdens elektrisitetsproduksjon i dag, til 22% i 2050 med 4 200 milliarder dollar investert.

Norge er verdensledende på produksjon av metallurgisk silisium som eksporteres for raffinering til solcellesilisium som benyttes av Norsun, REC Silicon og Norwegian Crystals til å lage solcelle-wafere som igjen eksporteres til solcelleprodusenter i utlandet. Norsun, Norges største produsent av wafere til solceller har besluttet å investere for å oppnå en dobling av produksjonen <sup>119</sup> på vei til en ti-dobling av produksjonen <sup>120</sup>. For solkraftanlegg utviklet av f.eks. Scatec Solar og Ocean Sun, vil norske dilleverandører kunne bidra med sine produkter i anlegg som eksporteres.



<sup>114</sup> <http://solenergiklyngen.no/app/uploads/sites/4/norsun-presentation-baerekraft-seminar-carsten-rohr-norsun.pdf>

<sup>115</sup> <http://www.synapsun.com/carbon-footprint-french-pv-tenders-69-low-carbon-modules-what-are-the-promising-alternatives/>

<sup>116</sup> Where Sun Meets Water. <https://www.worldbank.org/en/topic/energy/publication/where-sun-meets-water>

<sup>117</sup> IEA WEO model <https://www.iea.org/weo/>

<sup>118</sup> Bloomberg New Energy Outlook 2019 <https://about.bnef.com/new-energy-outlook/>

<sup>119</sup> Press release 11th June 2019 - NorSun secures NOK 515 million to fund capacity expansion

<sup>120</sup> Vil tidoble norsk solkraftproduksjon, <https://gemini.no/2018/08/vil-tidoble-norsk-solkraftproduksjon/>



### Barrierer og utfordringer

Det er en utfordring at norske produsenter av solcellesilisium og wafere er små i en internasjonal sammenheng<sup>121</sup>. Norsun gjennomfører, som nevnt, en betydelig ekspansjon av produksjonen for å øke lønnsomheten.

EU<sup>122</sup> har nå forsterket ambisjonen om å etablere storskala produksjon (GW) av solceller for å gjøre denne mer konkurransedyktig i Europa. Det pekes på behov for utvikling av ny teknologi, fabrikk 4.0, bærekraftig produksjon, og kvalitet og utvikling av nye forretningsmodeller for å flytte verdiskaping tilbake til Europa fra Kina. De siste årene har småskala flytende solanlegg blitt testet ut med positive resultater, et område hvor Norge kan ha fortrinn knyttet til vår maritim kompetanse.

### Kompetansebehov

Historisk har vi sett at utviklingen og prisreduksjonen i PV-markedet har vært raskere enn mange har forventet. Større satsning på utdanning, forskning og forskningsinfrastruktur innenfor dette segmentet er viktig for at norsk industri fortsatt skal være med i utviklingen og beholde sin konkurransekraft.

”  
Satsning på utdanning, forskning og forskningsinfrastruktur innenfor dette segmentet vil være viktig for at norsk industri fortsatt skal være med i utviklingen og beholde sin konkurransekraft.

Kompetanse innenfor materialteknologi for å støtte opp om silisiumprodusenter, automatisering av produksjon og digitalisering er viktig. For kraftanlegg og bygningsintegrasjon vil elektroingeniører, kraftingeniører, systemdesignere og kompetanse om styring av anlegg være etterspurt kunnskap.

Videre vil kunnskap om energilagring og integrerte anlegg i kombinasjon med batterier, H<sub>2</sub> og andre energilagringsmedier være nødvendig å utvikle. EU har mer erfaring enn oss innen installasjon og bruk av PV-teknologi, og vi ser at norsk industri også henter kunnskap i EU.

<sup>121</sup> Eksportkreditt: <https://www.eksportkreditt.no/no/case/fra-heiarop-til-eksportstrategi/>

<sup>122</sup> Photovoltaic Solar Energy: Big and Beyond, ETIP PV

### 3.4 Geotermisk energi

Geotermisk industri utnytter varme fra jordens indre ved at en brønn produserer varmt vann eller damp. Dette brukes til oppvarming eller produksjon av elektrisitet. Man skiller mellom geotermisk energi fra grunne eller dype brønner. Grunn geotermisk energi nyttiggjøres i Norge for små anlegg for privatboliger, og i økende grad til større og dypere varmeanlegg. Dyp geotermisk forbindes med produksjon av elektrisitet gjennom turbiner drevet av høytemperatur damp/gass og foregår foreløpig kun i områder med vulkanologisk aktivitet, eksempelvis på Island.

Energi21 Strategi 2018 anbefaler å videreutvikle en solid kunnskaps- og teknologiplattform innen dyp geotermisk energi; *"Det er et potensial for å utvikle teknologi og tjenester for geotermisk energiproduksjon rettet mot et internasjonalt marked. Teknologiene og tjenestene vil være innovasjoner fra olje- og gassektoren, samt nye teknologiske tjenester som er direkte avledet fra denne sektoren. Det er derfor et verdiskapingspotensial knyttet til utvikling av en leverandørindustri inne dyp geotermisk energi."*

#### Status for sektoren

I Europa alene er det over 100 geotermiske kraftverk med en total kapasitet på 2,5 GWe. Geotermisk fjernvarme i Europa har en kapasitet på 4,8 GWt. Varme og kjøling utgjør halvparten av Europas energibehov og Geotermisk fjernvarme er i kraftig vekst. I et av kjerneområdene, Toscanaregionen i Italia, er ca. 10 000 personer ansatt i geotermisk industri. Energi21 framholder geotermisk energi som en mulig teknologi med stort globalt potensial. I et kraftsystem med økende andel produksjon fra variable kilder som sol og vind, er geotermiens stabile produksjon et fortrinn. Geotermisk energi var lenge begrenset til vulkanske områder på Island og Italia, men nye "binære" kraftverk som kunne nyttiggjøre seg lavere temperaturer økte utbredelsen på slutten av det 20. århundre. Strøm produseres i dag i sju europeiske land og varme i tjuetjue. Energi21s mulighetsorientering trekker fram behovet for betydelige kostnadsreduksjoner for å styrke teknologiens konkurransevne, men framholder at norsk industri har komparative fortrinn basert på petroleumsvirksomheten og at det er gode muligheter for å bidra til et grønt skifte ved å utvikle nasjonal kompetanse og teknologi.



I et kraftsystem med økende andel produksjon fra variable kilder som sol og vind, er geotermiens stabile produksjon et fortrinn.

Norske bedrifter og forskningsmiljøer har etablert en solid portefølje av FoU-prosjekter som systematisk sikter på å styrke teknologiens konkurransevne. Disse miljøene har en samlet oppdatert oversikt på status i nasjonale og internasjonal forskning og innovativ bruk av geotermisk energi. Konferansen GeoEnergi 2019 ble arrangert i februar 2019 og presentasjoner fra denne konferansen antas å være representative for status i sektoren og legges til grunn for etterfølgende statusbetraktning<sup>123</sup>.

Noen eksempler tas med for å vise spenn i aktørbildet. Flere bedrifter presenterte teknologi og strategi rettet mot det internasjonale markedet:

**Equinor** søker å innta en ledende internasjonal teknologiposisjon for produksjon av elektrisitet gjennom sitt konsept GeoMagma. Equinor kjører en portefølje av nasjonale og internasjonale

<sup>123</sup> <http://cger.no/index.cfm?id=380173>.

prosjekter for å kvalifisere dette konseptet for bruk i vulkanske regioner, og er opptatt av å involvere norsk leverandørindustri. Eksempelvis bidrar Elkem og Norcem i utvikling av materialteknologi for brønnforingsrør for høytemperatur brønner (500°C).

**Bedriften Norwegian Well** utvikler viktig sensorteknologi for høytemperaturbrønner.

**Den islandske bedriften North Tech Energy** har inngått tett samarbeid med boreriggprodusenten Qmatech fra Vinje for å realisere "Mini Geothermal" for øysamfunn i Indonesia, med anvendelser også i mindre samfunn i regioner i Afrika.

Et økende sett av nasjonale aktører adresserer **innovative energisystemer for norsk/nordisk bruk**:

**Rock Energy** har fullført sitt pilotprosjekt for dype (1500 m) energibrønner for Avinor for avising av rusegropa for fly ved OSL Gardemoen. De opplever sterkt økende interesse for slike anlegg for større utbyggingsprosjekter i Norge.

**Drammen kommune** viste konseptet GeoTermos som bygges ut for sesonglagring av varme i fjell.

**Maskinentreprenørenes Landsforbund (MEF)** synliggjorde den nye fag- og yrkesutdanningen for boreriggoperatører som muliggjør for en bred nasjonal/nordisk anvendelse av geotermi.

### Potensial for videreutvikling mot 2030 og 2050

Mange av ovenstående eksempler samsvarer i stor grad med Energi21. Eksemplet "Mini Geothermal" er drevet av behov i utviklingsland hvor alternativ kilde til strømproduksjon er dieselaggregater. Nevnte North Tech Energy har underskrevet avtaler om utvikling av sju anlegg på øya Flores i Indonesia. Mulighetene for oppskalering er enorme i et land med 6 000 bebodde øyer og en befolkning på nært 240 millioner. I samspill med den Afrikanske utviklingsbanken og "Sustainable Energy Fund for Africa (SEFA)" jobbes det i parallell med å identifisere et afrikansk demonstrasjonsprosjekt for samme konsept og for å gjennomføre en kartlegging av potensialet for Afrika. Bedriften Qmatech er altså i posisjon til å levere borerigger for det som ser ut til å utvikle seg til et stort internasjonalt marked.

Referansene til Elkem, Norcem og Norwegian Well synliggjør noen material-, og teknologibedrifter med økende oppmerksomhet på det internasjonale eksportmarkedet. Equinor har ikke tatt kommersiell stilling til geotermi som energikilde, men antas å fortsette å styrke sin internasjonale teknologiposisjon inntil de finner optimale kommersielle case som energiselskap. Et annet case drevet av North Tech Energy er offshore geotermi: Tilgang på landområder med høytemperatur grunnforhold begrenses av blant annet lokale miljøhensyn. North Tech Energy gjennomfører nå kartlegging av felter nord (Kolbeinsey) og sørvest (Reykjanes) for Island. Norske leverandørbedrifter som Kværner, Equinor, og fra GCE NODE er invitert til å delta i realiseringen av et pilotkonsept.

De nasjonale eksemplene, og presentasjonene fra GeoEnergi 2019, viser en industriell oppvåkning knyttet til bruk av undergrunn for geotermisk varmeproduksjon og -lagring. Det er svært sannsynlig at den nye fag- og yrkesutdanningen for boreriggoperatører, i kombinasjon med eksempler som nevnt på Oslo Lufthavn og i Drammen vil akselerere utviklingen sterkt allerede mot 2030. Med andre ord; vi ser industriell vekst og muligheter også i et hjemlig marked.

Oppsummert ser vi stort vekstpotensial i minst fire ulike former;

- 1) *Bedrifters mulige involvering i dyp eller grunn internasjonal geotermisk energiproduksjon*
- 2) *Teknologiekspert*
- 3) *Entreprenørdrevet nasjonal anvendelse av undergrunn for varmeproduksjon og -lagring.*
- 4) *Økende oppmerksomhet om synergier mellom geotermi og andre verdikjeder assosiert med boring og undergrunn, spesielt CCS og mineralutvinning.*

### Barrierer og utfordringer

Fra et industrielt ståsted som leverandørbedrift er den første utfordring å bli kjent med et nytt marked. GCE NODE i Kristiansand har de siste tre år, i samarbeid med SINTEF, kjørt årlige workshops for å utvikle felles nettverk i internasjonal geotermisk industri. Tiltak som styrker slik tidlig nettverksaktivitet er svært viktig. Mange av de ovennevnte utviklingsprosjekter og industrielle muligheter har sitt utspring i slike arenaer. Vi ser særlig at det er gjensidige fordeler i styrket samhandling mellom norske og islandske bedrifter og kunnskapsmiljøer hvor det pågår diskusjon om å etablere et norsk-islandsk geotermisk cluster.

Noen barrierer for vekst i geotermi er oppsummert i ETIP-DG rapporten "Strategic Research and Innovation Agenda" (2019). Viktige teknologiske utfordringer ligger i leteteknologi og undergrunnsforståelse, effektiv boring, høytemperatur-utfordringer og effektiviteten i geotermiske kraftverk.

Geotermi har særlige utfordringer knyttet til finansiell risiko. Kvalitet av et nytt reservoar er usikkert inntil kostbare boreoperasjoner er gjennomført. Dette kan bare dels løses med teknologisk forskning og utvikling. Skreddersydde løsninger for å finansiere innovativ bruk geotermi er et observert behov.

#### Referanser og data

- Energi21, Strategi 2018 Nasjonal strategi for forskning, utvikling, demonstrasjon og kommersialisering av ny klimavennlig energiteknologi
- <https://www.tu.no/artikler/forskning-na-vil-norsk-industri-levere-losninger-for-jordvarme-i-utviklingsland/469038>
- <https://www.tu.no/artikler/norges-dypeste-energibronner-skal-levere-inntil-100-kilowatt-hver/439344>
- <https://www.tu.no/artikler/statoil-borer-verdens-varmeste-bronn-pa-5000-meters-dyp-pa-island/351390>
- <https://www.tu.no/artikler/geotermisk-energi-bedre-for-norge/239985>
- <http://cger.no/doc/pdf/2018/Program%20GeoEnergi%202019%20-%20final.pdf>
- [http://www3.weforum.org/docs/WEF\\_Global\\_Risks\\_Report\\_2019.pdf](http://www3.weforum.org/docs/WEF_Global_Risks_Report_2019.pdf)
- <https://www.nho.no/publikasjoner/p/naringslivets-perspektivmelding/>
- <https://sysla.no/offshore/legger-frem-lovverk-mineralutvinning-pa-norsk-sokkel/>
- [http://www.etip-dg.eu/front/wp-content/uploads/SRIA\\_ETIP-DG\\_web-1.pdf](http://www.etip-dg.eu/front/wp-content/uploads/SRIA_ETIP-DG_web-1.pdf)
- [http://www.etip-dg.eu/front/wp-content/uploads/D5\\_2-brochure-ETIP-DG-final-web-5p.pdf](http://www.etip-dg.eu/front/wp-content/uploads/D5_2-brochure-ETIP-DG-final-web-5p.pdf)
- <https://www.egec.org/vision-deep-geothermal-looking-towards-2050/>
- <http://cger.no/index.cfm?id=380173>

# 4

## Elektrifisering, energinfrastruktur og systemtjenester

Storskala elektrifisering er en av nøklene til å lykkes med det grønne skiftet og er sterkt koblet mot mulighetsrommet knyttet til industri, digitalisering og fornybar produksjon. En slik elektrifisering krever et tett samspill med økt fornybar produksjon, digitalisering og integrasjon med industri og forbrukermarkeder. Som et av de mest elektrifiserte landene i verden har Norge et vel utviklet system for transmisjon, distribusjon og markedsløsninger for energinfrastruktur. Smarte og mer effektive komponenter, systemløsninger og markedsdesign er styrkeområder vi kan bygge eksportrettede produkter og tjenester på for et globalt marked. Denne kompetansen gir også et godt grunnlag for utvikling av integrerte løsninger hvor flere energibærere spiller sammen for å dekke behovet for elektrisitet og varme/kjøling.

Elektrifisering av transport skiller seg ut som ny verdikjede med et potensial på opp mot 200 milliarder kroner og flere titalls tusen sysselsatte i 2050. Mobilitetssektoren er stor globalt, og etterspør både industrielle produkt og stadig mer digitaliserte tjenester. Det er viktig å utnytte maksimalt de nasjonale fortrinn vi har for å lykkes innen denne sterkt konkurranseutsatte sektoren.

Elektriske overføringsnett, systemtjenester (fleksibilitet) og rådgiving leverer alle i spekteret fra noen til flere titall milliarder i verdiskaping med et potensial for minst en dobling fram mot 2050. Samlet sysselsetter disse aktørene per i dag rundt 25 000 personer. Størst potensial for vekst har nettsiden, som ser et marked på 40 milliarder kroner årlig i primært reinvesteringer i Europa. Potensial for salg av balansetjenester er avhengig av kapasiteten på tilknytningen til Europa. Verdien av handelen ventes å øke til det dobbelte når nye kabler er klare før 2030. Dette er en kombinasjon av eksport av energi og fleksibilitet, balansert kjøp og salg over tid.

<b>Marked</b> Nå til 2050	0-10 milliarder	10-100 milliarder	> 100 milliarder
<b>Eksport</b> (potensiale)	0-100 milliarder	> 100 milliarder	
<b>Sysselsatte</b> (potensiale)	0-25 000	> 25 000	

	Nå	2050
Elektrifisering av transport		
Elektrisk overføringsnett		
Fleksibilitet, systemtjenester og rådgiving		

## 4.1 Elektrifisering av transportsektoren

Gjennom prosessen med grønn konkurransekraft er det utarbeidet viktige strategier for omstilling i næringslivet, som alle innebærer økt bruk av fornybar energi gjennom elektrifisering<sup>124</sup>. En fremskyndet fullelektrifisering av norsk økonomi kan resultere i en netto verdiskapingseffekt på om lag 210 milliarder kroner fram mot 2040<sup>125</sup>, tilsvarende verdien som blir skapt i 105 000 høyproduktive årsverk. Utviklingen innen batterier gjør det mulig å elektrifisere nye formål raskt og i stor skala, særlig innenfor deler av transportsektoren. Elektrifisering er nøkkelen til å gjøre transportsektoren utslippsfri enten energilagringen skjer i batterier eller i form av hydrogen.

### Status for sektoren

**Maritim transport;** Den norske maritime industrien er verdensledende på mange felter, inkludert elektrifisering. Fergesamband med batteri- eller hybridløsninger har allerede kommet langt i Norge. Gjennom Forskningsrådets pilot-E instrument, krav ved offentlige innkjøp er allerede åtti elektriske ferjer i drift eller under bygging. Transportnæringene anslår at de fleste ferger og fiskebåter vil drives med elektromotor innen 2030. For større skip som seiler lange avstander uten ladetilgang, er det nærmest umulig med dagens teknologi å gå over til batterielektrisk. Her fremstår hydrogen som en mulig løsning for å kutte utslipp. Batteriteknologi og elektrifisering av skip er sentralt også i offshore operasjoner. Her har Equinor gått i front ved å foretrekke hybridskip og skip tilrettelagt for landstrøm i sine anbud.

**Veitransport;** Elektrifiseringen i personbilmarkedet i Norge har i stor grad blitt drevet fram av politiske virkemidler. Blant annet har Stortinget vedtatt at det ikke skal selges nye fossildrevne personbiler i Norge etter 2025. Den høye andelen av elektriske og (plug-in) hybride personbiler er imidlertid hovedsakelig basert på importerte kjøretøy fra internasjonale produsenter. For næringstransporten peker transportnæringene på behov for omfattende virkemiddelbruk for å få til en storstilt elektrifisering. I sitt eget veikart anslår transportnæringene at innen 2030 vil 90% av varebilene og en stor andel av bussene drives med elektromotor<sup>126</sup>. I tungtransporten vil bruk av elektromotor trolig bli mer forsiktig innført og være avhengig av teknologiske gjennombrudd.

**Jernbane;** I Norge brukes det fortsatt kun dieseltog på flere (noen) jernbanestrekninger. En elektrifisering av disse strekningene vil gi mer moderne og miljøvennlige tog, bedre komfort og større kapasitet både når det gjelder person- og godstrafikk. Hydrogen- og batteridrevne tog er alternativer til tradisjonell elektrisk drift med kontaktledning som kan redusere kostnadene vesentlig<sup>127</sup>. Disse teknologiene utgjør et stort potensial for innovasjon og verdiskaping.

**Lufttransport;** Sammen med energieffektivisering og stadig modernisering av flyflåten, kan elektriske eller hybride fly bidra til at de samlede klimagassutslippene fra norsk luftfart reduseres de neste tiårene<sup>128</sup>. Avinor og partnere i luftfartsbransjen jobber for at Norge skal ta en ledende rolle i dette arbeidet. Målet er at Norge skal bli det første markedet der elektriske fly tar en betydelig markedsandel, og at all innenriks luftfart i Norge skal være elektrifisert innen 2040.

<sup>124</sup> Statnett - Et elektrisk Norge - fra fossilt til strøm

<sup>125</sup> Menon Economics - Fra elektrifisering til eksporteventyr

<sup>126</sup> Fornybarnæringens veikart

<sup>127</sup> SINTEF – Analyse av alternative driftsformer for ikke-elektrifiserte baner

<sup>128</sup> Avinor - Elektriske fly

**Andre bransjer;** Opp mot 80% av produksjonen fra norsk oppdrettsnæring er lønnsom å elektrifisere, ifølge DNV GL<sup>129</sup>, noe som vil gi omtrent 0,1 TWh økt kraftforbruk. Dette inkluderer drivstoff til arbeidsbåter, utstyr på båter og utstyr på anlegg. I bygg- og anleggsbransjen har det allerede blitt utviklet blant annet batterielektriske gravemaskiner, hjullastere, dumpere og betongbiler. Bruk av oljefyring til byggtørking og varme blir forbudt på norske byggeplasser fra 2022. Infrastrukturen som er nødvendig for å kutte utslippene i byggefasen er stort sett den samme som trengs for strøm og fjernvarme i de ferdige bygningene.

### Potensial for videre utvikling mot 2030 og 2050

Fornybarnæringen i Norge har som mål at Norge skal ta en global lederposisjon som det første fullelektrifiserte samfunnet i verden innen 2050. Det er et stort potensial for økt norsk innovasjon og verdiskapning i en fullelektrisk transportsektor, for eksempel innen ladeinfrastruktur og tjenesteutvikling. Hurtiglading av stadig større batterier krever styrkede overføringsnett og ladestasjoner, inkludert tilhørende teknologier som stasjonære batterier og lokal energiproduksjon. Behovet for hurtiglading åpner også for tjenesteytende (kundesentrerte) forretningsmodeller, der energi kan selges som en tjeneste. Eksempler på nye norske aktører med slike forretningsmodeller er Plug, Morel og Smartly.

En rapport utarbeidet av Menon Economics på oppdrag fra Energi Norge viser at eksport av elektrifiseringsteknologi kan gi en netto verdiskapningseffekt på om lag 210 mrd. NOK frem mot 2040<sup>130</sup>. Dette tilsvarer 105 000 nye årsverk i høyproduktiv leverandørindustri, men de positive produktivetsgevinstene vil fordeles på enda flere arbeidstakere.



Eksport av elektrifiseringsteknologi kan gi  
**105.000** nye årsverk i leverandørindustrien.

Rapporten går gjennom mulighetene for å eksportere teknologien og kompetansen som Norge nå bygger opp innen elektrifisering, og konkluderer med at potensialet er størst innen kraftsystemer og maritim transport. Norges kompetanse innen markedsbasert omsetning av kraft har stor overføringsverdi når stadig flere land skal digitalisere og standardisere sin kraftbransje.

De største mulighetene ligger i spesialtilpassede løsninger, energisystemer, samt kraft- og fleksibilitetshandel. Norge er allerede langt fremme i omstillingen av nærskipstrafikken, og den norske næringen er fordelt på hele verdikjeden, fra verft, til batteri og hydrogen, systemløsninger og fremdriftsteknologi. Norge har også forskning og utvikling rettet mot hydrogen- og batterielektrisk fremdrift av ulike typer skip.



De største mulighetene ligger i spesialtilpassede løsninger, energisystemer, samt kraft- og fleksibilitetshandel.

Det er også gode muligheter for å skape en nisje innen elektrotekniske løsninger til fly basert på kunnskap fra maritim industri. Luftfartssektoren er dominert av noen få, ambisiøse aktører som ser på elektrifisering av kortbanenettet, og enkelte, som Rolls Royce Electrical, har opprettet egne divisjoner i Norge. Selv om

<sup>129</sup> DNV GL - Fullelektrisk fiskeoppdrett - Prosjekt for Energi Norge og Sjømat Norge

<sup>130</sup> Menon Economics - Fra elektrifisering til eksporteventyr

Norge er en outsider i flymarkedet, er dette et potensielt stort internasjonalt marked som kan gi betydelige eksportmuligheter på sikt, selv innenfor mindre nisjeområder.

### **Barrierer og utfordringer**

For å muliggjøre et **fullelektrisk samfunn** må fornybarnæringen bidra både med produksjon av konkurransedyktig fornybar energi, investering i nødvendig infrastruktur og utvikling av gode markedsløsninger.

Når stadig flere land skal **digitalisere og standardisere** sin kraftbransje, kan det åpne for nye internasjonale konkurrenter i Norge, og de norske aktørene er små sammenlignet med konkurrentene i utlandet.

**I dag investeres** det 2,7 mrd. NOK årlig til forskning på elektrifisering. Ifølge rapporten utarbeidet av Menon Economics på oppdrag fra Energi Norge må dette økes med 150 prosent fram mot 2040 for å utløse verdiskapingspotensialet. Dagens støttesystemer og anbudsprosesser for nye grønne teknologier må også gjøres mer langsiktige.



## 4.2 Det elektriske overføringsnett

Det elektriske overføringsnett (transmisjon og distribusjon) er ryggraden i dagens så vel som fremtidens fullelektriske energisystem. Denne infrastrukturen har som oppgave å gi samfunnet pålitelig, bærekraftig, konkurransedyktig og rimelig energi. Pålitelige komponenter i strømnettet er en forutsetning for en storstilt elektrifisering av samfunnet. Dette gir muligheter for norsk elektroteknisk industri til å ta betydelige markedsandeler både nasjonalt og internasjonalt, basert på kompetanse bygget opp over mange tiår. Kraftsystemet i Norge og Europa er i stor grad en aldrende infrastruktur som står overfor store reinvesteringer i årene framover. I Norge har investeringsplanene for perioden 2016-2025 en verdi på ca. 140 mrd. NOK<sup>131</sup>, mens investeringsbehovet i det europeiske kraftnettet er estimert til ca. 40 mrd. EUR årlig fram mot 2050<sup>132</sup>.

### Status for sektoren

Verden er allerede i ferd med å elektrifiseres. Globalt har IRENA beregnet at antallet arbeidsplasser i fornybarnæringen kan øke fra 9,2 millioner i 2016 til 24 millioner i 2030, forutsatt en doubling i fornybar energiproduksjon<sup>133</sup>. Denne utviklingen vil kreve teknologi, kompetanse, tjenester og produkter som norske næringsaktører kan levere<sup>134</sup>.

En velfungerende elektrisitetsinfrastruktur på lokalt, regionalt, nasjonalt og internasjonalt nivå er nødvendig for å forme en fornybar, miljøvennlig og digitalisert energiforsyning som kan møte verdens økte energibehov samtidig som utslippene reduseres. Framtidas nettkomponenter må tåle nye påkjenninger og driftsmønstre som har større variasjon sammenlignet med tidligere, bl.a. grunnet massiv utbygging av ny fornybar energi, elektrifisering av transportsektoren og utvikling av ny grønn industri. Det blir da viktigere med et sterkt overføringsnett og et godt samarbeid over landegrensene. Integrerte energimarkeder kan bedre utnytte ulikhetene i kraftsystemene og øke tilgangen til fleksible løsninger.

Norsk Industri har i dag 200 medlemsbedrifter innen den elektrotekniske industrien, som til sammen sysselsetter ca. 7 000 personer og omsetter for over 18 mrd. NOK<sup>135</sup>. I tillegg til mange små og mellomstore bedrifter, huser Norge også flere store, internasjonale aktører innen elektrotekniske materialer, komponenter og installasjoner, f.eks. Nexans, ABB og Siemens. Energi Norge organiserer netteiere, kraftprodusenter, strømleverandører og el-entreprenører som sysselsetter 15 000 personer og har en årlig omsetning på 70 mrd. NOK. Elektrisitets-, gass- og varmtvannsforsyningsnæringen som helhet hadde et bruttoprodukt (produksjon minus produktinnsats) i basisverdi på ca. 85 mrd. NOK de siste fire kvartaler (fram til K3 2019)<sup>136</sup>.

Etter mange år med effektivisering og moderate investeringer i Norge, er kraftsystemet nå inne i en periode hvor kapasiteten øker og deler av nettet bygges om<sup>137</sup>. Statnett planlegger nettinvesteringer i sentralnettet på ca. 50–70 mrd. NOK i perioden 2015–2025. I regional- og distribusjonsnettet planlegges det investeringer i samme størrelsesorden frem mot 2025. Her er de viktigste driverne behov for reinvesteringer i eksisterende nett og innføring av smarte målere (AMS). I tillegg vil innfasing av ny produksjon og nye forbruksmønstre være drivere i enkelte områder.

<sup>131</sup> [NVE - Status og prognoser for kraftsystemet 2016](#)

<sup>132</sup> [ITRE Committee - European Energy Industry Investments](#)

<sup>133</sup> [IRENA - Renewable Energy Benefits - Measuring the Economics](#)

<sup>134</sup> [Elektroforum - Grønn konkurransekraft](#)

<sup>135</sup> [Norsk Industri - Veikart for norsk elektroteknisk industri](#)

<sup>136</sup> [SSB - Nasjonalregnskap](#)

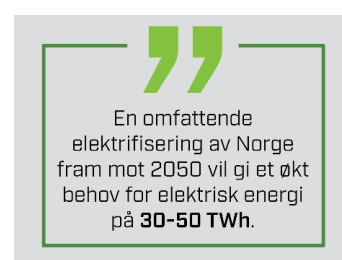
<sup>137</sup> [Energi Norge - Fornybarnæringens veikart](#)

Økt kraftutveksling med utlandet vil medføre økt kraftflyt i Sør-Norge. Statnett gjennomfører derfor nettinvesteringer i Sør-Norge, slik at kapasiteten i eksisterende og nye utenlandsforbindelser skal kunne utnyttes fullt ut. Alle de store tiltakene som planlegges frem mot 2021-2022 har fått tildelt kontrakt, og flere prosjekter er allerede ferdigstilt<sup>138</sup>.

Klimagassutslippene fra olje- og gassvirksomheten kan kuttes betydelig ved å ta i bruk kraft fra land. En rekke anlegg på norsk sokkel er allerede hel- eller delelektrifiserte<sup>139</sup>, og petroleum er den næringen i Norge som har hatt den største veksten i strømforbruket de siste årene. En helelektrifisering av sokkelen vil innebære transmisjon og distribusjon dimensjonert for 1 584 MW<sup>140</sup>.

### Potensial for videre utvikling mot 2030 og 2050

Statnett har beregnet<sup>141</sup> at en omfattende elektrifisering av Norge fram mot 2050 vil gi et økt behov for elektrisk energi på 30-50 TWh (noe mindre med tiltak som energieffektivisering og smart lading). Dette vil trolig gi moderate konsekvenser for transmisjonsnettet, mens konsekvensene blir størst i distribusjonsnettet, pga. lokale begrensninger og utjevning av lokale effekttopper. Unntaket er store økninger i kraftforbruk fra industri eller petroleumsvirksomhet (jfr. elektrifiseringen av norsk sokkel), som ofte krever lokale og i noen tilfeller regionale oppgraderinger i transmisjonsnettet.



En omfattende elektrifisering av Norge fram mot 2050 vil gi et økt behov for elektrisk energi på **30-50 TWh**.

Elektrifisering av sokkelen kan også skje med vindturbiner offshore, slik at mindre deler av kraftforbruket må dekkes fra nettet på land. Petroleumsnæringens eget veikart<sup>142</sup> omtaler bl.a. hybridløsninger med offshore vind, batterier, brenselceller (hydrogen) og bølgekraft.

I et europeisk perspektiv har ETIP SNET (European Technology and Innovation Platforms – Smart Networks for Energy Transition) utarbeidet en visjon for 2050<sup>143</sup>, hvor strømmettet i stor grad styres av kraftelektronikk gjennom digital overvåking og automatisert kontroll, hvor nasjonale kraftnett i større grad samspiller over landegrensene for økt fleksibilitet, og hvor det digitale nettet er mer motstandsdyktig mot cyberangrep.

I utviklingen av dette integrerte elektrisitetsnettet fram mot 2030 og 2050, vil noen hovedområder for mulig økt verdiskaping for norsk elektroteknisk industri være:

**Fornyng og forvaltning av eksisterende elkraftinfrastruktur:** Dette inkluderer verdiskapende forvaltning av elektrisitetsinfrastrukturen til lands og til havs. Optimal levetidsutnyttelse (bl.a. ved avansert tilstandskontroll og overvåking, samt teknologi for analyse av store datamengder) vil gi reduserte og utsatte reinvesteringer, og dermed store gevinster for samfunnet.

**Digitalisering og automatisering:** Tilgjengeliggjøring av digitale teknologier gir nye muligheter for effektiv bruk og forvaltning av elkraftsystemet – gjennom komponenter med innebygd sensorteknologi og

<sup>138</sup> [Statnett – Vestre korridor](#)

<sup>139</sup> [Statnett - Et elektrisk Norge - fra fossilt til strøm](#)

<sup>140</sup> [Unitech Power Systems – Elektrifisering av norsk sokkel – Transmisjonssystem fra land og distribusjon til plattformer](#)

<sup>141</sup> [Statnett - Et elektrisk Norge - fra fossilt til strøm](#)

<sup>142</sup> [Norsk olje og gass – Veikart for norsk sokkel](#)

<sup>143</sup> [ETIP SNET - VISION 2050](#)

intelligens. F.eks. gir fullført utrulling av AMS muligheter for bedre styring og utnyttelse av nettet. Et mulig norsk konkurransefortrinn er muligheten til å kombinere bred erfaring og domenekunnskap innen elkraftsystemer med vilje til å ta i bruk ny teknologi innen sensorer og dataprosessering.

**Utvikling av klima- og miljøvennlige elkraftkomponenter og -materialer:** Dette inkluderer bl.a. kompakte og smarte komponenter/anleggsløsninger, og bruk av miljø- og klimavennlige materialer i nye anlegg, som f.eks. nanomaterialer og selvhelende materialer.

**Langdistanse- og offshore-kraftoverføring:** Dette inkluderer utvikling av teknologi for bl.a. elektrifisering av norsk sokkel, utnyttelse av offshore vindenergi, og HVDC-overføring av energi. Eksport av slik teknologi er en industriell mulighet for den elektrotekniske leverandørindustrien.

**Elektrifisering av transportsektoren:** Dette inkluderer bl.a. utvikling av løsninger for ladeinfrastruktur, både for landbasert, maritim og lufttransport, inkludert spesialtilpassede løsninger for å utjevne lokale effekttopper og beskytte lokal nettinfrastruktur mot nye forbruksmønstre.

### Barrierer og utfordringer

**Elektrifisering av transportsektoren** krever investeringer i distribusjonsnett. Høye effektuttak i korte perioder gir en lav utnyttelse av nettkapasiteten over tid. Det kan bli nødvendig med endringer i nettreguleringen for å øke nettselskapenes insentiver for å gjøre investeringer i nettet som tilrettelegger for elektrifisering av transportsektoren.

**Et digitalisert transmisjons- og distribusjonsnett** vil i større grad enn før være sårbart for dataangrep fra fiendtlige aktører som skulle ønske å lamme sentrale samfunnsfunksjoner. Cybersikkerhet i kraftnettets digitaliserte infrastruktur vil være et høyaktuelt tema de neste tiårene, men krever omfattende FoU-satsing og teknologiutvikling for å modnes.

**Nye klima- og miljøvennlige elkraftkomponenter**, som f.eks. alternativer til den klimafiendtlige SF<sub>6</sub>-gassen som fortsatt brukes i mange elkraftanlegg, eller mineralske isolasjonsoljer i transformatorer, er utfordringer som elkraftindustrien må finne løsninger på.

**Den elektrotekniske industrien** er en fragmentert bransje med mange små selskap, og dette utgjør en mulig barriere som kan hindre at verdiskapingspotensialet realiseres.

### 4.3 Flexibilitet, systemtjenester og rådgivningstjenester

En av de viktigste egenskapene til norsk vannkraft er muligheten til å lagre energi i vannkraftmagasinene. Omleggingen av det europeiske energisystemet fører med seg en enorm vekst i sol- og vindenergi, samtidig som fossil kraftproduksjon fases ut. Dette øker andelen ikke-regulerbar kraft, og gir et større (og økende) behov for fleksibilitet fra deler av kraftsystemet som kan tilby dette. Her har Norge et betydelig konkurransefortrinn mot Europa siden vannkraften gir oss en eksepsjonell tilgang på fleksibel kraft som kan balansere fornybar og varierende kraftproduksjon på kontinentet. Kompetansen og erfaringen bygget opp gjennom det norske kraftsystemet er også en ressurs som kan gi økt verdiskaping i et tettere integrert og elektrifisert fremtidig energisystem gjennom salg av balanse-, system-, og rådgivningstjenester i et europeisk og globalt kraftmarked.

#### Status for sektoren

Overføringskapasiteten mellom Norge og Europa var i 2016 ca. 6 000 MW. Kun 700 MW av dette gikk ut av Norden og flere større prosjekter for å øke overføringskapasiteten til europeiske land utenfor Norden er i igangsatt. Handel av kraft er viktig for norsk forsyningssikkerhet i år med lite tilsig til norske magasiner, og gjør det mulig å netto importere eller eksportere kraft etter behov. Økt overføringskapasitet gjør det også mulig å balansere ikke-regulerbar kraft i våre naboland, blant annet Danmark. Flexibiliteten i det norske vannkraftsystemet er unikt i europeisk sammenheng, noe som gjør det mulig å kjøpe kraft billig når det er høy ikke-regulerbar produksjon i Europa, samtidig som det lagres energi i norske magasiner som deretter kan selges når det er kraftunderskudd og høyere kraftpriser i Europa. Dette gir i dag et stort inntektspotensial for eksport og import, uten at det behøver å påvirke den årlige energibalansen i Norge.

Kun en begrenset andel av omsetningen til norsk vannkraftindustri kommer fra eksport og utenlandsomsetning. I 2018 utgjorde dette en omsetning på 1,7 mrd. NOK og består av noe leverandørindustri og en del salg av rådgivning og FoU-tjenester. Landbasert vind har også begrenset utenlandsaktivitet, men dette utgjør en større andel enn for vannkraft, og var i 2018 2,9 mrd. NOK.<sup>144</sup>

#### Potensial for videreutvikling mot 2030 og 2050

Norsk vannkraft kan i fremtiden bidra i enda større grad til å balansere variabel tilgang på kraft i Europa dersom infrastruktur og markeder legger til rette for dette. Dette vil kunne være et betydelig bidrag til avkarbonisering av det europeiske energisystemet og kunne gi nye forretningsmodeller for kraftprodusenter i Norge.

Ny overføringskapasitet til Europa, økt effektkapasitet og realisering av pumpekraft vil øke potensialet for fleksibel krafteksport. Med overføringskapasiteten som i dag er investeringsbesluttet får vi en økning i overføringskapasitet fra ca. 6 300 MW i 2016 til 11 000 MW før 2030 ut av Norden<sup>145</sup>. Fra Norge økes overføringskapasiteten ut av Norden med 2 800 MW, potensielt opp mot 4 200 MW hvis NorthConnect vedtas. Økningen på 2 800 MW tilsvarer en femdobling av kapasiteten fra Norge ut av Norden, og gir en total overføringskapasitet ut av Norge (til Europa inkludert andre nordiske land) på ca. 9 000 MW. Økt overføringskapasitet gir økt potensial for å utnytte prisvolatiliteten i landene vi handler med. Samtidig er kraftprisene i Europa forventet å bli betydelig mer volatile i årene fremover som et resultat av økt andel variabel og fornybar kraftproduksjon<sup>146</sup>. Dette kan øke verdien av eksport av fleksibilitet. Ved eksport av fleksibilitet menes salg av fleksibilitetstjenester fra norsk vannkraft (for eksempel midlertidig energilager), og ikke eksport av et energioverskudd. Det vil si at man eksporterer når prisen i Europa er høy og

<sup>144</sup> <https://www.multiconsult.no/assets/Kartlegging-av-den-norskbaserte-fornybare-C3%A6ringen-10.10.19-FINAL-1.pdf>

<sup>145</sup> Statnett Langsiktige markedsanalyse 2018-2040

<sup>146</sup> Schäffer, L.E., Graabak, I. 2019. Power Price Scenarios. HydroCen Report 5. Norwegian Research Centre for Hydropower Technology

importerer tilbake når prisen er lav. Verdien av eksport av fleksibilitet er avhengig av prisvolatiliteten i Europa, overføringskapasitet ut av Norge og systembegrensninger i Norge. Dersom eksporten er begrenset av tilgjengelig overføringskapasitet ut av Norge vil prispåvirkningen i Norge begrenses og mer av verdien tas ut som flaskehalsinntekter. Tilgjengelig kapasitet er avhengig av installert kapasitet og de ulike produktene som konkurrerer om eksportkapasiteten. Dersom Norge har et stort kraftoverskudd som eksporteres, vil mindre av kapasiteten være tilgjengelig for å handle ren fleksibilitet i form av balansetjenester. Verdien av å eksportere fleksibilitet er vanskelig å fastsette, men forventes å øke med økt overføringskapasitet ut av Norge og høyere prisvolatilitet. Verdien er anslått å være i størrelsesordenen opp til 5-10 mrd. NOK, hvorav en del av dette vil være flaskehalsinntekter..

En av styrkene til vannkraft er at den kan delta aktivt i ulike markeder og tilby mange type produkter<sup>147</sup>. Det er forventet at salg av energi i de fysiske markedene forblir den viktigste inntektskilden til norske kraftprodusenter i mange år fremover, men at fleksibilitet får en økende betydning for inntjeningen. I tillegg vil salg av balansetjenester og andre systemtjenester kunne gi viktige tilleggsinntekter.

For at økt handel av balanse- og systemtjenester på tvers av landegrensler skal være mulig kreves det:

- 1) tilgjengelig fysisk kapasitet (nett)
- 2) markeder for denne typen tjenester
- 3) utforming av standardiserte produkter i Europa (og globalt)

I Norge er en stor andel av det tilgjengelige vannkraftpotensialet allerede bygd ut, men globalt er det et stort gjenværende potensial. Det er et betydelig potensial for vekst internasjonalt for norsk vannkraftsektor, spesielt innen leverandørindustri og rådgivning. En moden industri med høyt kompetansenivå gjør norske vannkraftaktører konkurransedyktige på det internasjonale markedet. Globalt estimerer IHA en 50% (78 GW) vekst i pumpekapasitet frem mot 2030 og en dobling av totalt installert vannkraftkapasitet i 2050. I 2018 utgjorde eksport og utenlandsomsetning rundt 17% av nasjonal omsetning innen vannkraft<sup>148</sup>. Dette var betydelig høyere enn rapporterte tall fra 2016 og 2017<sup>149</sup>. Med en årlig vekst som estimert av IEA<sup>150</sup> (1,6% til 2,2 %) gir dette en eksport på opp mot 3,5 mrd. NOK i 2050.

Dersom norsk vannkraftindustri dobler sin markedsandel internasjonalt sammenliknet med i dag er potensialet opp mot 7 mrd. NOK i 2050. Flere norske selskaper satser internasjonalt og er involvert i planlegging og drift av en rekke vannkraftverk internasjonalt. For eksempel ble SN Power opprettet i 2002 og Statkraft investerte 10 av over 13 mrd. NOK i 2015 utenfor Norge<sup>151</sup>. Det er også flere norske rådgivningsselskaper som eksporterer tjenester innen vannkraft internasjonalt.

For landbasert vindkraft kom litt over 30% av den totale omsetningen fra eksport og utenlandsprosjekter i 2018. Det er i hovedsak utvikling og drift av prosjekter, og i mindre grad leverandørindustri, som står for denne delen av omsetningen. Det internasjonale markedet for landbasert vind har hatt stor vekst de siste årene og er forventet å vedvare. Dette utgjør et stort potensial for norske aktører.

I tillegg til å ha høy kompetanse og lang erfaring innenfor vannkraft, har norske aktører betydelig kompetanse innen drift av markedsbasert kraftsystem, krafthandel og optimalisering. Norge ledet an i dereguleringen av den nordiske kraftsektoren og i utformingen av en plattform for handel av kraft, Nord Pool. Utviklingen de senere årene har gått mot mer integrert handel av kraft på tvers av landegrensler,

<sup>147</sup> Harby, A. et al., [Flexible hydropower providing value to renewable energy integration. IEA Hydropower. 2019](#)

<sup>148</sup> <https://www.multiconsult.no/assets/Kartlegging-av-den-norskbaserte-fornybarne%C3%A6ringsen-10.10.19-FINAL-1.pdf>

<sup>149</sup> [Menon Economics - Fornybarneringen i Norge](#)

<sup>150</sup> [IEA World Energy Outlook](#) - New Policies Scenario and Sustainable Development Scenario

<sup>151</sup> [Statkraft i verden](#)

finere tidsoppløsning og flere produkter og markeder. Dette har gjort at det har vært viktig med gode modelleringsverktøy i alle deler av det nordiske kraftsystemet (produsenter, systemoperatører og regulatorer) for å sikre god drift. Norske aktører er i dag derfor langt fremme på bruk av digitale løsninger, komplekse optimeringsmodeller og automatiserte systemer i drift og planlegging. For norske aktører er dette en konkurransefordel som gir muligheter for salg av tjenester innen planlegging, drift og krafthandel på det internasjonale markedet.

### Barrierer og utfordringer

Leveranse av fleksibilitetsprodukter er en stor mulighet for bransjen, men det er flere barrierer som i dag hindrer full utnyttelse av dette. Det er i dag for eksempel begrenset mulighet for å handle reserver over utenlandskabler. En annen utfordring er regler for ramping på kabler, som begrenser i hvilken grad man kan utnytte prissvingninger. Videre er energimarkedets reguleringer førende for fleksibilitetstjenestenes verdiskapingspotensial. Noen tiltak som er under utvikling er for eksempel harmonisering av balansemarkeder i Europa, finere tidsoppløsning i kraftmarkedene og mulighet for raskere ramping på kabler og av systemet som helhet.



For utviklingsprosjekter internasjonalt, både innen vannkraft og vindkraft, er en av de største utfordringene å kunne konkurrere på pris mot aktører fra andre land. Et høyt kostnadsnivå og høye standarder gjør det vanskelig for norske aktører å vinne prosjekter, selv om kvaliteten er god. Spesielt kan konkurransen fra statlige støttede selskaper fra andre nasjoner, som Kina, være utfordrende<sup>152</sup>.

<sup>152</sup> [https://www.multiconsult.no/assets/Kartlegging-av-den-norskbaserte-fornybarene-C3%A6ringen\\_10.10.19-FINAL-1.pdf](https://www.multiconsult.no/assets/Kartlegging-av-den-norskbaserte-fornybarene-C3%A6ringen_10.10.19-FINAL-1.pdf)

# 5

## Digitalisert leverandør- og forbruksvareindustri

Leverandør og forbruksvareindustrien bidrar til en stor del av verdiskapingen i Norge og deles gjerne i næringsmiddelindustri, prosessindustri, forbruksvareindustri, og leverandørindustri. Det er de to siste som er fokusert i dette kapitlet. Leverandør- og forbruksvareindustrien ga i 2018 en verdiskaping på 315 mrd. kroner, hadde en eksportandel på 33% og sysselsatte 150 000 personer. Potensialet for vekst fram mot 2050 er stort og sektoren må ta mye av ansvaret for eksportrettet vekst framover.

Leverandørindustrien har vokst seg sterk på leveranser til olje- og gassektoren og er forventet å utgjøre en viktig plattform for å ta en global rolle også i det grønne skiftet.

Det grønne skiftet handler om å bryte sammenhengen mellom befolkningsvekst, ressursuttak og forbruk. Det kan fremmes ved å innføre økonomiske og praktiske mekanismer som støtter opp om en "sirkulær økonomi", i form av ren produksjon, ombruk, gjenbruk, holdbarhet og gjenvinning. Også her kan vi skape fortrinn ved å være "first mover". Dette har en risiko, men kan være avgjørende for å lykkes i globale markeder. Et risikoreducerende tiltak vil være å satse innen områder vi har naturlige fortrinn og kompetanse<sup>153</sup>.

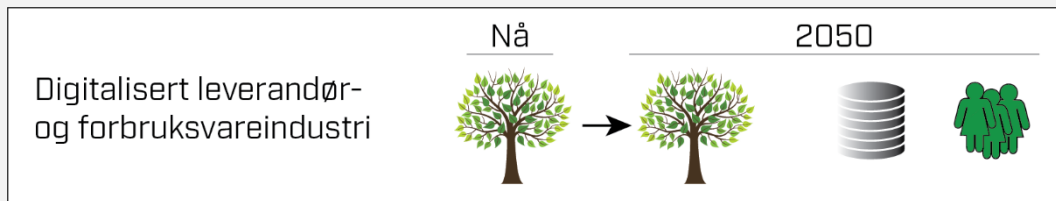
Internet of Things (IOT) og etter hvert tilgang til 5G-nett, akselererer dataproduksjonen dramatisk, og gjennombrudd innen Big data og maskinlæring åpner store spillerom for utfordrere som ikke må betjene kapital i gamle verdikjeder. På få år har kapitalmarkedene utviklet seg slik at de store dataeierne er høyest verdsatt, fremfor de som har rettigheter til naturressurser. Internasjonale teknologiselskaper har lyktes godt med å bruke data og maskinlæring i forbrukerorienterte markeder. Teknologiselskapene har hatt mindre suksess innen mer fysiske sektorer, som helse, energi og industri, der dyp domenekompetanse fortsatt fremstår som nødvendige for verdiskaping.

Mot dette bakteppet ser vi en mulighet for Norge ved nettopp å koble digitalisering mot automatisering, avanserte materialer, adaptive produksjonssystem og høyt kunnskapsnivå til integrerte verdikjeder hvor kravet til avansert koordinering og organisering er nødvendig for å lykkes. Dette er en krevende med mulig ambisjon gitt vår tradisjon for samskaping mellom næringslivet, myndighetene og forskerne. Framover må vi i tillegg evne å utvikle og inkludere entreprenører og finanssektoren tettere i denne samskapingen.

Marked og eksport er betydelig for sektoren og utmerker seg med et høyt antall sysselsatte. Sysselsetting har en egenverdi og er en viktig bidragsyter til velferdsdelingen nasjonalt. Næringen ser potensial for nær en dobling av verdiskapingen fra 315 milliarder kroner i 2018 til rundt 550 milliarder i 2050, og en økning av antall ansatte på 30 000 i samme periode. En skal her merke seg at industrien som leverer til olje- og gass sektoren er inkludert og at den i en del sammenhenger også telles med som en del av olje- og gassektoren.

<sup>153</sup> BCG Mai 2019 for Norsk Industri og Næringsdepartementet: Capturing Norway's Digital Opportunity

<b>Marked</b> Nå til 2050	 0-10 milliarder	 10-100 milliarder	 > 100 milliarder
<b>Eksport</b> (potensiale)	 0-100 milliarder	 > 100 milliarder	
<b>Syssette</b> (potensiale)	 0-25 000	 > 25 000	





## Leverandør- og forbruksvareindustri

I Statistisk Sentralbyrås standard for næringsgruppering, er "industri" definert som "fysisk eller kjemisk omdanning av materialer, stoffer eller deler til nye produkter". Industrien deles opp i en rekke næringsgrupper som omfatter mange bransjer og sektorer. Det kan være hensiktsmessig å strukturere industrisektoren på andre måter, slik det for eksempel er gjort i industrimeldingen fra 2017<sup>154</sup>, som deler industrien i næringsmiddelindustri, prosessindustri, forbruksvareindustri, og leverandørindustri (figur 13, hentet fra Industrimeldingen). De to førstnevnte sektorene adresseres i andre kapitler i denne delrapporten eller i andre delrapporter.

En stor del av den norske leverandør- og forbruksvareindustrien produserer høyteknologiske nisjeprodukter. Denne delen av sektoren blir ofte betegnet som "teknobedrifter"<sup>155</sup>.

### Status for sektoren

Leverandør- og forbruksvareindustrien ga i 2018 en verdiskaping på 315 mrd. kroner, hadde en eksportandel på 33% og sysselsatte 150 000 personer. Dette kan vokse til 372 mrd. kroner med eksportandel på nærmere 40% og en sysselsetting av 157 500 personer i 2030, deretter til en verdiskaping på 535 mrd. kroner med en eksportandel på 59,4% og sysselsetting av 180 000 personer i 2050.

**Forbruksvareindustri.** Som det kommer frem av figur 5.1.1 er omsetningen i forbruksvareindustrien i Norge begrenset og nedadgående. Dette må sees i lys av en kombinasjon av det relativt høye norske kostnadsnivået, samt at nærmarkedet er begrenset. Sektoren består i hovedsak av møbel- og interiørindustri, tekstil- og konfeksjonsindustri, helse og legemiddelindustri, samt trelast og trevareindustri.

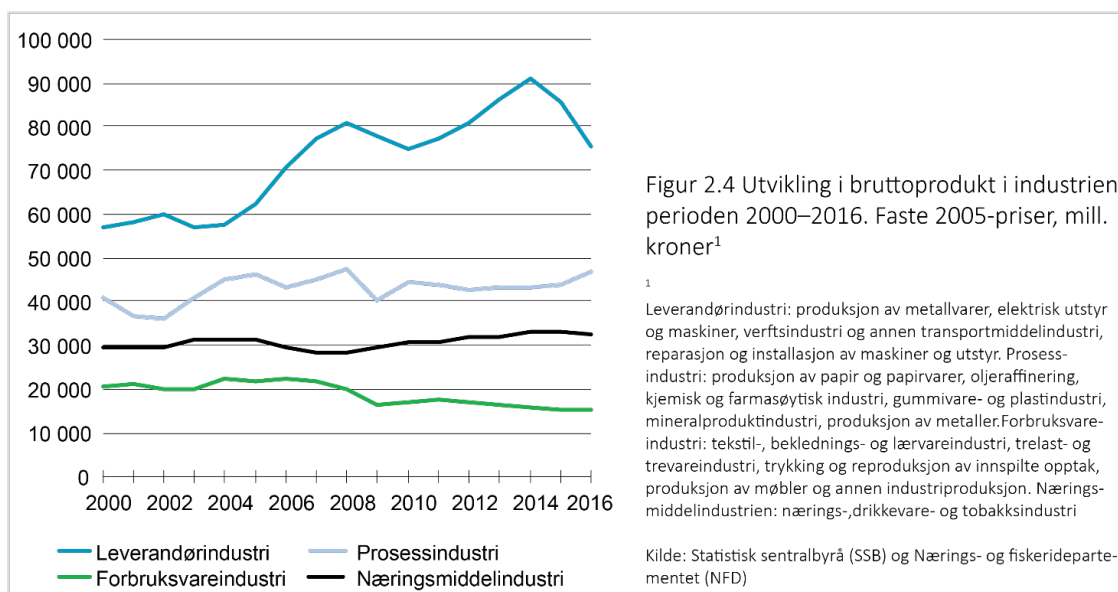
Her skiller helseindustrien seg ut med en betydelig omsetningsvekst i perioden 2004-2014, selv om denne industrien fremdeles har et begrenset omfang i internasjonal sammenheng. Den norske forbruksvareindustrien baserer seg ofte på nisjeprodukter og/eller tilgjengelige naturressurser. Brorparten av sektoren er avhengig av å kunne konkurrere på et internasjonalt marked gjennom å satse på produkter med høyt teknologisk innhold, høy kvalitet, produktutvikling og -design.

Ferdigvareindustrien (samlebetegnelse på om lag 8 000 bedrifter rettet mot konsumentmarkedet med produkter innen møbel, tekstil, klær, glass, porselen, belysning, metallvare, støperi, elektriske produkter, plast og byggevarer) er eksempel på virksomhet med stor eksport og hvor vi kan forvente vekst i årene som kommer. Menon har beregnet at sysselsettingen vil øke fra 45 600 i 2017 til 74 100 i 2030 og gi et bidrag til en øking i BNP på over 1 prosent relativt til 2017-nivået dersom Norsk Industris målsetning om doubling av ferdigvareindustriens eksport innen 2030 oppnås.<sup>156</sup> Digitalisering og mer effektiv produksjon er blant de viktigste driverne for den potensielle veksten.

<sup>154</sup> [2017, Stortingsmelding 27, Industrien – grønnere, smartere og mer nyskapende](#)

<sup>155</sup> 2017, Veikart for Teknobedriftene, Norsk Industri

<sup>156</sup> [2019, Internasjonalisering av ferdigvareindustrien, Menon Economics](#).



Figur 13: Utvikling i bruttoprodukt i industrien perioden 2000-2016

**Leverandørindustri.** Norsk næringsliv domineres av aktivitet som er tuftet på landets naturressurser (energi og råvarer fra primærnæringen) og høy kompetanse. Over tid har Norge utviklet en sterk og omfattende leverandørindustri til disse "basisnæringene". Videre har Norge en viktig leverandørindustri som foredler halvfabrikata fra prosessindustrien til deler av sluttprodukter som produseres av andre (for eksempel bildeler). Omsetningen i leverandørindustrien domineres i dag av leveranser til petroleumsvirksomheten som har hatt en stor vekst både absolutt og relativt sett i forhold til resten av denne sektoren. Avgrenser vi til norskbaserte selskaper som leverer olje- og gassrelaterte produkter eller tjenester til petroleumsvirksomheten, enten direkte til oljeselskaper eller som underleverandør til større leverandørbedrifter, så er disse Norges nest største næring målt i omsetning (etter produksjon og salg av olje og gass), og består av over 1 100 selskaper. Bedriftene omsatte for 340 milliarder kroner i 2017, hvorav 29 % i internasjonale markeder. Den har vært motoren for vekst i industrien på 2000-tallet og er en sentral driver i den industrielle virksomheten i Norge. Bedrifter som tradisjonelt har spesialisert seg på leveranser til olje- og gassnæringen utnytter nå i økende grad sin kunnskap og teknologi mot andre sektorer, blant annet drevet av reduserte investeringer i petroleumssektoren siden 2015. Leverandører som lager produkter for produksjon av vannkraft i Norge er også betydningsfulle. Leverandørindustri som leverer til annen produksjon av fornybare energi er økende (blant annet sol- og vindkraft). Den maritime leverandørindustrien er også en helt sentral leverandørindustri i Norge. Forsvarsindustrien må selvsagt også nevnes her.

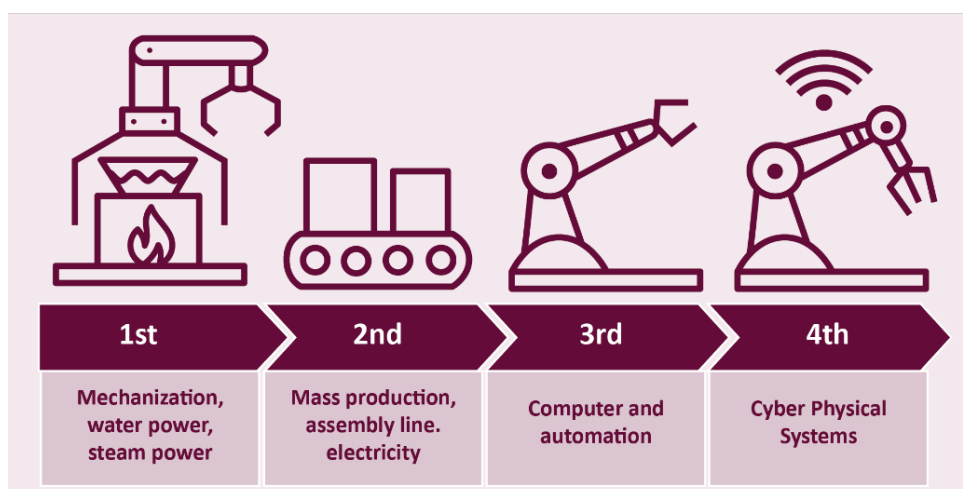
En betydelig andel av den norske leverandør- og forbruksvareindustrien består av små og mellomstore bedrifter, og mange virksomheter er blant de mest innovative og teknologisk ledende på sine felt. Bransjen har derigjennom skaffet seg en sterk posisjon internasjonalt, der blant annet samspillet mellom leverandører, kunder og forskningsmiljøene har gitt gode resultater. Deler av bransjen har gradvis omstilt seg fra produksjon av standard produkter til høyteknologiske nisjeprodukter, der kostnader for arbeidskraft har mindre betydning. Likevel ble en del av produksjonen av særlig den ikke-petroleumrelaterte delen av bransjen flagget ut til lavkostland. Den eksplosive utviklingen av digitaliserings- og automatiseringsteknologi, samt den økte teknologiske kompleksiteten til produktene bidrar til at Norge igjen kan bli konkurransedyktig også når det gjelder produksjonskostnader, og som i flere tilfeller allerede

har gitt grunnlag for "home-sourcing" av produksjon. Eksempler på dette er bedrifter som GKN Aerospace, Mapei og Raufoss Technology.

### Potensial for videre utvikling

**Megatrender og drivere.** Verdenssamfunnet står overfor enorme globale utfordringer knyttet til miljømessig, samfunnsmessig og økonomisk bærekraft. Disse utfordringer blir blant annet uttrykt gjennom FNs bærekraftsmål og omfatter klima- og miljøutfordringene, knapphet på livsviktige ressurser, demografiske endringer og urbanisering, og en stadig økende individualisering av samfunnet. Denne situasjonen ledsages av en eksplosiv teknologisk utvikling der konvergerende muliggjørende teknologier (IKT, materialteknologi, bioteknologi og produksjonsteknologi) står sentralt, og der den digitale transformasjonen former navet. Kombinasjonen av kritiske samfunnsutfordringer og store teknologiske muligheter forventes å skape en transformasjon av verdenssamfunnet som ofte betegnes som den fjerde industrielle revolusjonen (Industri 4.0). Denne revolusjonen forventes å resultere i en helt ny sirkulærøkonomisk næringslivsstruktur der miljø- og klimamessig bærekraft er sentral (ofte betegnet som det grønne skiftet).

Avfall vil i fremtiden utgjøre hovedandelen i materialstrømmene i den sirkulære økonomien og dermed kunne endre forutsetningene for økonomisk aktivitet dramatisk, og samtidig medføre helt nye forretningsmodeller. Konvergerende muliggjørende teknologier vil også endre mønstrene for økonomisk aktivitet på andre måter. Digitalisering og automatisering av produksjon vil medføre at betydningen av billig arbeidskraft blir stadig mindre og kanskje forsvinner helt, mens den relative betydningen av kompetanse og fleksibilitet vil øke sterkt.



### Muligheter for norsk leverandør- og forbruksvareindustri.

Det grønne skiftet og sirkulærøkonomiske forretningsmodeller, kombinert med redusert betydning av billig arbeidskraft og økt betydning av kompetanse og fleksibilitet, skaper store muligheter for norsk industri generelt og norsk leverandør- og forbruksvareindustri spesielt. Tilgang til avansert teknologi vil i seg selv i beste fall gi et kortvarig konkurransefortrinn på grunn av en rask globale spredning av slik teknologi. Det som virkelig gir langsiktig konkurransevne er derimot evne til å ta i bruk, sette i system og utnytte teknologiene til å fremstille avansert produkter gjennom smarte produksjonssystemer.



Det som virkelig gir langsiktig konkurransevne er evnen til å ta i bruk, sette i system og utnytte teknologiene til å fremstille avansert produkter gjennom smarte produksjonssystemer.

Norge har et forsprang gjennom tilgang til fornybar energi gjennom et godt utbygd strømnett. Dette gir et konkurransefortrinn sammenlignet med andre nasjoner som må bygge ut fornybare energikilder, ofte kombinert med utskifting av en infrastruktur basert på fossile energikilder. På toppen av dette finnes det muligheter i Norge for å øke tilgangen til fornybar energi ytterligere. Forutsetningene for kraftkrevende (prosess) industri med tilhørende leverandør og -foredlingsindustri er derfor meget gode. Konvertering av avfall til nye råvarer vil også ofte være energikrevende, og skape muligheter for Norge på linje med aluminiumsindustrien, selv uten geografisk nærhet til materialkilden (avfall). Slik industriell aktivitet vil også danne grunnlag for en omfattende leverandørindustri.

Nettarki fremfor hierarki; Den sirkulære økonomien forutsetter en sterk integrasjon av materialstrømmer i og på tvers av verdikjeder. Et samfunn tuftet på samarbeid og egalitet gir Norge forutsetninger til å håndtere de nødvendige komplekse organisasjonsstrukturer, og til å etablere nye verdikjeder.

Samfunnets økende krav til fleksibilitet, tilpasningsevne og individualisering vil medføre tilsvarende i industriell produksjon. Den relative betydningen av dynamiske små og mellomstore bedrifter (SMB) for utviklingen av økonomien vil sannsynligvis øke.

Selv om digitalisering i seg selv vil danne grunnlag for store muligheter i næringslivet, så er det spesielt i kombinasjon med spennende utviklinger innen blant annet materialteknologi at nye muligheter vil oppstå. Gjennom sin industrielle historie har Norge en meget sterk posisjon innen materialteknologi, som landet kan bygge videre på. For å produsere varer med riktige egenskaper vil koblingen mellom materialkunnskap, produksjonskunnskap og produktkunnskap bli stadig viktigere. Norge vil spesielt ha gode forutsetninger til å utvikle og ta i bruk nye produksjonsmetoder der IKT og materialteknologi konvergerer (for eksempel additiv tilvirkning eller 3D-printing).

Digitalisering og automatisering vil være nødvendig for å håndtere komplekse interaksjoner mellom aktører i næringslivet, samt den økende kompleksiteten i produktene. I overskuelig fremtid vil den menneskelige faktoren være like avgjørende for å lykkes. Det høye utdanningsnivået i Norge kombinert med en befolkning som har vilje og evne til å ta i bruk ny teknologi gir grunnlag for en norsk konkurranseposisjon. En utvikling av den norske arbeidslivsmodellen vil kunne styrke konkurransekraften ytterligere. Økende grad av automatisering innebærer at lønnskostnader blir en mindre viktig lokaliseringsfaktor. Noe som kan skape nye muligheter for norsk vareproduksjon.

”

Det høye utdanningsnivået i Norge kombinert med en befolkning som har vilje og evne til å ta i bruk ny teknologi gir også her grunnlag for en sterk norsk konkurranseposisjon.

Norge har over tid hatt sterke koblinger mellom industri, utdanning og forskning, som er et avgjørende bidrag til å realisere den fjerde industrielle revolusjonen.

Norge har utviklet en sterk leverandørindustri knyttet til økonomisk aktivitet basert på landets naturgitte ressurser. Det eksisterer et betydelig potensial til translasjon av teknologi og kompetanse fra denne leverandørnæringen til andre sterkt voksende eksisterende og kommende næringsområder, for eksempel innenfor havbruk, helse og bygg og anlegg. Den digitale transformasjonen vil medføre et stort behov for en kompetent IKT-leverandørindustri, for eksempel for å produsere sensorer.

Den teknologivante befolkningen i Norge vil også kunne danne grunnlag for en sterkere nasjonal forbruksvareindustri, fordi det kan bli attraktivt å utvikle og teste ut nye komplekse forbrukerprodukter i en oversiktlig norsk befolkning.

Eksisterende teknologibedrifter og virksomhet innen vareproduserende industri kan bidra med kunnskap og løsninger for digitalisering og automatisert produksjon.

Fremtidens bedrifter vil kjennetegnes av avanserte, adaptiv og smarte produksjonsprosesser der vareflyt, prosesser, og produkter kontinuerlig optimaliseres gjennom digitale tvillinger. De er sirkulærøkonomiske, med ressurseffektivitet og materialutnyttelse i fokus. De er nettverk med fleksible produksjonsheter som gir mulighet til skreddersøm og rask omstilling. Menneske og maskin samspiller, og vi har en dynamisk produktspesifikasjon basert på informasjon fra instrumenterte produkter.

Konkurransekraft vil i stor grad oppnås gjennom et integrert samspill mellom:

**Avanserte materialer og produkter;** bruk og utnyttelse av muliggjørende nøkkeltknologier er kjernen i mange innovative og avanserte produkter. De er nyskapende i form av nye materialkombinasjoner (additive, kompositt, sammenføring), kompetansetunge og har innebygd tjenester.

**Adaptive produksjonssystemer:** Adaptiv og additiv produksjon; masseprodusert skreddersøm, engineering-to-order, avansert bruk av IKT, økt digitalisert og visualisert informasjon og kommunikasjon, automatisert og robotisert

**Avansert koordinering og organisering:** Menneskesentrerte arbeidssystemer, fleksibilitet, medarbeiderdrevet innovasjon, helhetlig, ansvarlig og fokusert på grensesnittet mellom manuelle operasjoner og automatisering, smart organisering som evner å utnytte produksjonsteknologiene.

**Integrerte verdikjeder.** Digitalisering spesielt gjennom IOT og utnyttelse av sensorikk og intelligens vil gi økt tilgjengelighet på informasjon og dermed muligheter for økt integrering av verdikjeder. Dette kan styrke verdiskapingen gjennom økt effektivitet samt gi bedre muligheter til å utvikle sirkulære økonomiske løsninger.

### Barrierer og utfordringer

Selv om Norge har en rekke gode forutsetninger til kunne skape stor vekst i leverandør- og forbruksvareindustri eksisterer det også barrierer og utfordringer. Noen av disse er:

- For lite omstillingsvilje og investeringsvilje så lenge det går tålelig bra i de tradisjonelle næringene.
- Norge henger etter innen robotisering og automatisering av produksjonsprosesser.
- Manglende kapasitet og ressurstilgang i bedriftene som muliggjør satsing på ny teknologi og fravær av store nasjonale programmer som hjelper bedrifter med å orientere seg i den industrielle revolusjonen.
- Manglende evne til å se mulighetene.
- Offentlige innkjøp uten insentiv til utvikling av innovative løsninger fra en leverandørindustri.
- Svært få leverandører av avansert produksjonsutstyr.
- Et stereotypisk bilde av at industri er gammeldags, møkkete og kjedelig, som bidrar til mangel på fagarbeidere.
- For få investorer som er interessert i å investere i industri.
- Et FoU-system som i mindre grad er innrettet mot etablering av nytt næringsliv.
- Uklart hvordan utviklingen innen digitalisering, maskinlæring og additive produksjonsprosesser vil påvirke lokalisering av produksjon og utviklingen av nye forretningsmodeller.
- Cyber Security vil være en avgjørende faktor for å sikre transaksjonell trygghet i et Industri 4.0-perspektiv.

#### Referanser

- 2019, Kompetanseveikart – Kompetanse for fremtidens industri, Norsk industri
- 2018, Manufuture vision 2030, Manufuture High-Level Group
- 2017, Stortingsmelding 27, Industrien – grønnere, smartere og mer nyskapende
- 2017, Veikart for Teknobedriftene, Norsk Industri
- 2016, Factories 4.0 and Beyond, Recommendations for the work programme 18-19-20 of the FoF PPP under Horizon 2020, EFFRA
- 2013, Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0, final report of the Industrie 4.0 Working group acatech National Academy of Science and Engineering
- 2013, FACTORIES OF THE FUTURE, Multi-annual roadmap for the contractual PPP under HORIZON 2020, EFFRA
- 2016, Factories 4.0 and Beyond, Recommendations for the work programme 18-19-20 of the FoF PPP under Horizon 2020, EFFRA

# 6

## Nye markeder knyttet til olje- og gassressursene

I denne rapporten er fokus på **alternative** verdikjeder til olje- og gass- sektoren som i sum har potensial til å bidra med betydelig verdiskapingen. Vi går derfor ikke inn på sektoren i sin helhet, men kun på verdikjeder innen sektoren som bidrar til null utslipp og er nye for sektoren.

I dette kapittelet gis likevel en kort status og fremtidsutsikter for sektoren. Dette er relevant fordi deler av sektoren kan spille en rolle i overgangen til og dels leve videre i et tilnærmet nullutslippssamfunn om en tar grep. CCS og hydrogen fra naturgass er eksempler på dette som allerede er omtalt. En dreining av leveransene fra energibruk til råstoff for industri og vareproduksjon en annen.

Olje og gass er verdifulle ressurser som inneholder byggeklosser som kan utnyttes som råstoff innen mange vareproduserende industrigrener. Nær 60% av oljen går i dag til mobilitet. En avkarbonisering av mobilitet vil styre oljesektoren over mot andre markeder. Ifølge en scenaristudie fra Shell<sup>157</sup> trenger ikke dette bety kroken på døra for olje, som fortsatt vil være attraktivt råstoff for kjemisk industri, næringsmiddelindustri og materialproduksjon. Også hydrogen kan produseres effektivt fra olje. Marginene blir lavere, men kan være tilstrekkelig til å rettferdiggjøre fortsatt utvinning. Avklaring av bærekraft er viktig for dette scenariet.

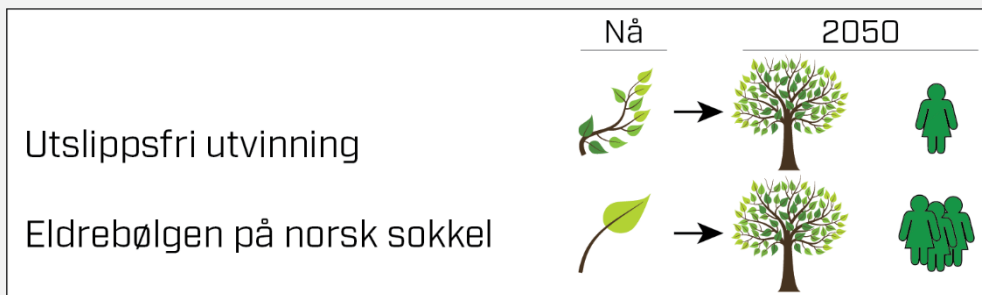
Avkarbonisering av mobilitet vil heller ikke skje umiddelbart. Fremtidens mobilitet vil være langt mer elektrifisert, men dette tar tid. Gass vil kunne gi store reduksjoner i utslipp som erstatter for olje på kort sikt, mens en avkarbonisering av gass til hydrogen med CO<sub>2</sub>-lagring (CCS) vil gi nullutslipp og kan sikre gass en plass i en framtidig utslippsfri mobilitetssektor.

Hydrogen kan også erstatte gass som ressurs for industrien og sluttbrukere om distribusjonssystemet bygges om. Det er følgelig naturlig å dele framtidige verdikjeder inn i to tidsperioder knyttet til transisjonen fram mot 2050 og tiden etterpå. Gass kan spille en viktig rolle som tilbyder av fleksibel kraft for å få en rask fornybar omstilling i elektrisitetssektoren, men må avkarboniseres ved kilden eller på forbruksstedet om det skal ha en framtid etter 2050.

Verdikjedene som beskrives i kapittelet er nye, og bidrar til reduserte utslipp og sektorens bærekraft. Utslippsfri utvinning er en klimapolitisk nødvendighet, størrelsen på verdiskapingen er igjen avhengig av at vi evner å utvikle globale løsninger og tjenester vi kan eksportere basert på hvordan vi løser det nasjonalt. Forsvarlig avstenging av brønner offshore er et stort marked med store verdier. Her er utfordringene å utvikle teknologi og løsninger som sikrer global konkurransevne, inkludert mulige gjenbruk av eksisterende installasjoner. Lykkes vi, er dette en industri med potensial for inntekter på flere hundre milliarder kroner.

<sup>157</sup> Shell: Powering progress together – providing more and cleaner energy solutions for a changing world. April 2017

<b>Marked</b> Nå til 2050	 0-10 milliarder	 10-100 milliarder	 > 100 milliarder
<b>Eksport</b> (potensiale)	 0-100 milliarder	 > 100 milliarder	
<b>Sysselsatte</b> (potensiale)	 0-25 000	 > 25 000	



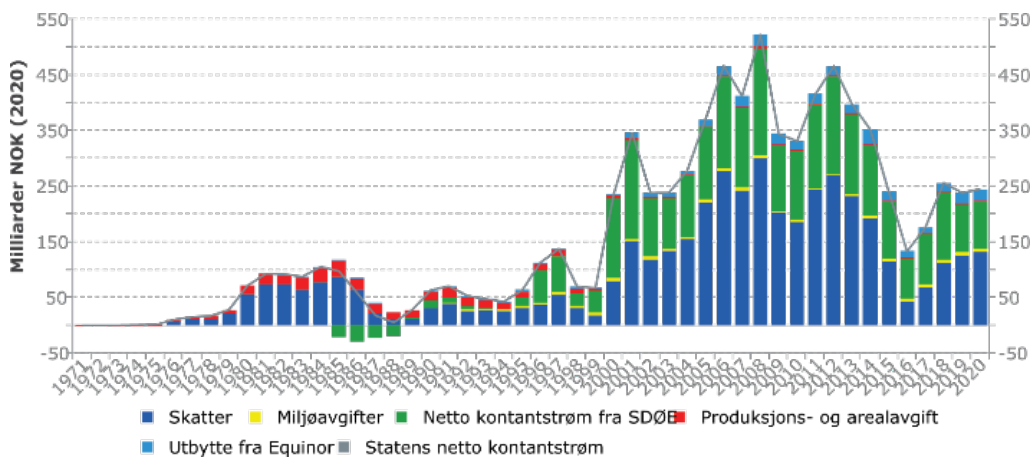


### Status for sektoren

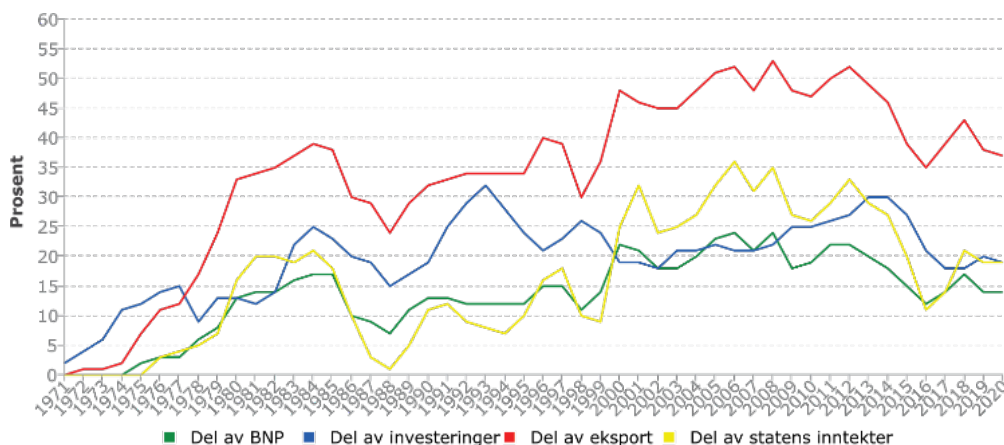
Norge er en viktig leverandør av olje og gass til det globale markedet, og nesten all olje og gass som produseres på norsk sokkel eksporteres. Inntektene som selskapene og staten mottar fra salg av olje og gass har vært helt sentrale for å skape det Norge vi kjenner i dag.

Olje er en global handelsvare som selges og leveres til de fleste verdenshjørner. Gassmarkedet har på sin side historisk sett bestått av ulike regionale markeder. Om lag 95% av norsk gass blir transportert via rørledninger til andre land i Europa, mens resten av gassproduksjonen blir eksportert som flytende naturgass (LNG) og transporteres på skip fra Melkøya ved Hammerfest.

Samlet eksportverdi for råolje, naturgass, LNG og kondensat utgjorde i 2018 om lag 534 milliarder kroner, noe som tilsvarer over halvparten av total norsk vareeksport. Norges forvaltning av olje- og gassressursene har vært en sterk bidragsyter til dagens velferdssamfunn blant annet med oppbyggingen av et stort oljefond som i dag har en verdi på over 10 000 milliarder kroner. Videre har forvaltningen av norsk olje og gass ført til oppbyggingen av en stor og internasjonalt ledende leverandørindustri som i dag omsetter for 340 milliarder kroner og eksporterer for 100 milliarder kroner (2017). Leverandørindustrien er Norges nest største næring etter utvinning av olje og gass.



Figur 14: Statens netto kontantstrøm fra petroleumsvirksomheten, 1971-2020



Figur 15: Makroøkonomiske indikatorer for petroleumssektoren, 1971-2020

Statistisk Sentralbyrå (SSB) anslår at antall direkte og indirekte sysselsatte i petroleumsnæringen var 170 200 i 2017. Dette utgjør om lag 6 prosent av samlet sysselsetting i Norge. Dette er estimert gjennom såkalte kryssløpsberegninger, som SSB beskriver i rapporten Ringvirkninger av petroleumsnæringen i norsk økonomi. I en studie utført av IRIS kom de fram til tall på direkte og indirekte sysselsatte på henholdsvis 186 000 og 144 000. I en studie utført av Samfunns- og næringslivsforskning (SNF) for Olje- og energidepartementet, viser at det var om lag 111 300 direkte sysselsatte i petroleumssektoren i 2017, hvorav omkring 25 300 i oljeselskap og 86 000 i leverandørbedrifter. Menon har i en studie på oppdrag fra Norsk olje og gass beregnet at olje- og gassnæringen legger grunnlag for om lag 225 000 sysselsatte i 2017 når en også hensyntar sysselsetningseffekten av leverandøreksport, med sine 73 000 sysselsatte.

### Historisk utvikling

Petroleumsvirksomheten er Norges største næring målt i verdiskaping, statlige inntekter, investeringer og eksportverdi. Petroleumsnæringen er nå noe helt annet enn hva den var på slutten av 1960-tallet. Ved hjelp av en lang rekke små og store teknologiske revolusjoner er vi i dag i stand til å produsere olje og gass både mer effektivt og mer skånsomt for miljø og klima. Samtidig har utslippene fra olje- og gassvirksomheten på norsk sokkel aldri vært større enn i dag.

Over halvparten av ressursene på norsk sokkel er fortsatt i bakken. Produksjon av gjenværende ressurser kan bidra til betydelig verdiskaping. Bærekraftskravet betyr at leting og utvinning skjer med strenge krav til lave utslipp og risiko for havmiljøet. Dette betinger utvikling av ny kunnskap og ny teknologi, allerede en av hjørnesteinene i forvaltningen av petroleumssressursene. Ut over dette er det viktig å legge en strategi for hvilken plass og rolle sektoren skal ha i et globalt bærekraftig energisystem.

Gjennom forskning, utvikling og demonstrasjon av ny teknologi, har det siden starten av petroleumsvirksomheten blitt arbeidet for å finne gode løsninger på hvordan man mest effektivt skal finne, bygge ut og produsere norsk olje og gass. Teknologi er en forutsetning for å løse både dagens og morgendagens utfordringer.

Konkurransesevnen og innovasjonskraften i petroleumsnæringen har også gitt store positive ringvirkninger og teknologiske bidrag til andre næringer i Norge, deriblant innen maritime næringer og fornybar energi. Teknologi utviklet på norsk sokkel har også gitt leverandørindustrien i Norge en konkurransefordel internasjonalt.



Et tett samarbeid mellom oljeselskap, leverandørbedrifter og forskningsinstitusjoner har vært en forutsetning for å lykkes i utviklingen av ny teknologi og nye løsninger.

Gode rammevilkår har gitt selskapene incentiv til å drive forskning og utvikling. Et tett samarbeid mellom oljeselskap, leverandørbedrifter og forskningsinstitusjoner har vært en forutsetning for å lykkes i utviklingen av ny teknologi og nye løsninger.

I dag står man overfor flere nye utfordringer. Funn og utbygginger er mindre enn tidligere. Oljen og gassen som er igjen i feltene er mer krevende å produsere enn ressursene som ble produsert da feltene ble startet

opp. Dermed blir det, alt annet likt, vanskeligere for enkeltprosjekt å finansiere teknologiutvikling. I tillegg kommer krav til å redusere klimagassutslippene.

For å sikre fremtidig verdiskaping fra petroleumsvirksomheten, er det avgjørende at både oljeselskap, bedrifter og staten fortsetter å satse på forskning og utvikling. Dette er vesentlig både for å videreutvikle kompetansen og konkurranseevnen i næringen, og for å få utnyttet mest mulig av olje- og gassressursene på norsk kontinentalsokkel på en sikker måte.

### Potensial for videre utvikling mot 2030 og 2050

Petroleumssektoren er Norges viktigste næring i form av inntekter til staten, eksport av olje og gass, sysselsetting og salg til det globale markedet av petroleumsutstyr og -tjenester. Et anslag på verdien av gjenværende ressurser er satt til om lag 6 000 milliarder NOK i nåverdi. Det estimeres at om lag 47% av de resterende ressursene ikke er påviste<sup>158</sup>. Leverandørindustrien til olje og gass sysselsetter mer enn 150 000 i over 1000 bedrifter som omsetter nasjonalt for rundt 250 mrd og eksporterer for rundt 13 mrd årlig. Norske industribedrifter, leverandørindustri, samt utdannings- og forskningsmiljøer, er blant de fremste i verden innen offshore produksjon av olje og gas.

Det er sannsynlig at petroleum fortsatt vil ha en rolle i den globale energimiksen i flere tiår framover, gitt av teknologiske utviklinger og politiske veivalg. Norge kan som leverandør av petroleum utvikle teknologi og metoder for å finne og produsere med minimale klimautslipp, og bidra til at sluttbruken ikke gir utslipp. Tilsvarende gjelder for gass hvor det er naturlig å jobbe sammen med de store brukerne i Europa for å gjøre tilsvarende. Ny teknologi og høy kompetanse vil derfor fortsatt være viktig i utviklingen av norsk sokkel og leverandørindustrien i Norge.

De viktigste målene for norsk sokkel frem mot 2050 er å realisere ressurser, senke kostnader, øke produktiviteten og senke miljøpåvirkningen i form av uønskede utslipp til luft og vann. Dette oversettes til følgende mulige vekstområder for fremtidens olje og gass industri:

- Økt energieffektivitet og beskyttelse av ytre miljø
- Nullutslipp av klimagasser
- Økt forståelse av undergrunnen ved bruk av nye digitale metoder
- Boreeffektivitet og brønnplugging
- Produksjonsoptimalisering
- Forbedret subsea og ubemannede systemer
- Økt oljeutvinning
- Digitalisering
- Nordområdene

Det er viktig at den industrien som bygges opp har et globalt fokus og benytter den muligheten som åpner seg for overføring til andre markeder. Spesielt leverandørindustrien har opparbeidet kompetanse som gir et godt utgangspunkt for vekst innen mulige grønne storskala industrier som havvind, hydrogen, karbonfangst og -lagring og global varetransport. En av de primære utfordringene knyttet til å bredde ut aktiviteten er å sikre tilgang til nok kompetent personell. Lykkes sektoren med å levere avkarboniserte produkter vil en kunne opprettholde deler av den eksisterende virksomheten samtidig som en bygger opp nye som vil kreve flere sysselsatte om verdiskapingen skal opprettholdes. Et tett samspill mellom myndighetene og næringslivet om tilstrekkelig og relevant utdanningskapasitet blir sentralt.

<sup>158</sup> <https://www.norskpetroleum.no/petroleumsressursene/ressursregnskap-norsk-sokkel/>

## Barrierer og utfordringer

Store deler av norsk sokkel har en velutbygd infrastruktur som kan utnyttes for å optimalisere utnyttelse av marginale ressurser gjennom forlenget levetid og subsea tie-backs, som er å forbinde nye funn av olje og gass med eksisterende produksjonsanlegg. Det forventes at ca. 70% av påviste funn skal utvikles gjennom en subsea tie-back løsning (ref. OG21 Strategien).

Norsk sokkel har også en aldrende infrastruktur med økende behov for vedlikehold og ombygging. Mange subsea-brønner har et økende vedlikeholdsbehov og mange brønner skal plugges og forlates. Den største delen av de gjenværende olje- og gassressursene finnes i Barentshavet, hvor en har krevende forhold i den dynamiske iskantsonen. Her er det viktig å håndtere samspillet mellom olje- og gassvirksomhet og utslipp til luft og sjø.

Vi har en omfattende infrastruktur for transport av gass til Europa som snart vil ha en betydelig overkapasitet på grunn av nedgang i gassseksport, som med tilpasninger kan transportere hydrogen. Vi har omfattende datamengder som gjennom digitalisering/automatisering kan øke produktiviteten.

Den internasjonale etterspørselen etter olje og gass vil påvirkes av endringer i den globale energimiksen, med blant annet økende bruk av fornybar energi, gass og andre ressurser. I lys av Paris-avtalen og verdens krav om redusert klimafotavtrykk vil søkelys på å minimere utslipp fra produksjon og fra bruk av fossile ressurser påvirke etterspørselen. Konkraft ga ut en rapport<sup>159</sup> i 2018 som peker på behovet for en digital omstilling i næringen for å øke konkurransekraft gjennom effektivisering. Videre vil alltid oljepris være en driver for investeringsevne for å lete etter nye ressurser og drive frem nye prosjekter.

Fordelingen av de gjenværende olje- og gassressursene viser at Nordsjøen har om lag 44%, Barentshavet 37% og Norskehavet 19%. En stor del av de forventede ressursene i Barentshavet er ennå ikke påvist. Historisk sett fører utvikling av olje- og gassindustri til en utvikling av komplementerende industri langs norskekysten. Transport, ilandføring, prosessering, verft og driftsorganisasjoner har blitt bygd ut i områder med tilknytning til produserende felt. Regional utvikling vil derfor være en stor positiv effekt også i neste fase av utviklingen av norsk petroleumsnæring.

### Referanser

- Veikart for norsk sokkel, Norsk olje og gass, 2016.
- Konkurransekraft – Norsk sokkel i endring, 2018.
- Oil & gas for the 21st Century, OG21 strategy, 2016.
- Eldrebølgen på norsk sokkel, Artikkel i Aftenposten, 27. nov. 2013 (på nett).
- Faktasider hos Norskpetroleum.no.
- SSB statistikk.
- "Kan koste 5 100 milliarder å stenge oljekrana", E24, 13. mars 2019.

<sup>159</sup> [Konkurransekraft - norsk sokkel i endring](#)

## 6.1 Utslippsfri utvinning

### Status for sektoren

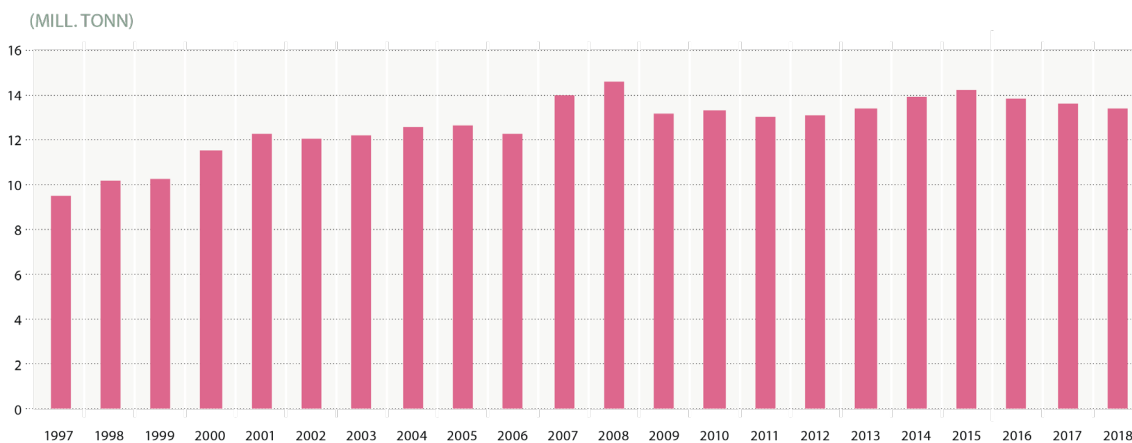
Olje- og gassindustrien er svært viktig for norsk økonomi og velferdsstaten Norge siden over 50% av Norges eksportinntekter kommer fra olje og gass. Norsk olje- og gassindustri er blant de reneste i verden med hensyn til kraftproduksjon. Gjennomsnittlig utslipp av CO<sub>2</sub> per produserte oljeekvivalent er lav på norsk sokkel sammenlignet med resten av verden. Likevel står det totale klimagassutslippet fra norsk sokkel for 25% av Norges totale utslipp. Over 25% av dagens forsyning av olje og gass er produsert offshore, og mengden energi knyttet til offshore aktiviteter er predikert å øke i årene fremover ifølge scenarier skissert av Det internasjonale energibyrået (IEA).

Norge er forpliktet gjennom Parisavtalen til å redusere utslipp av klimagasser og for at fremtidens olje- og gassproduksjon skal være i tråd med EU og Norges klimamål må CO<sub>2</sub>-utslippet reduseres. For å nå disse målene har industrien satt følgende langsiktige mål på norsk sokkel for henholdsvis 2030 og 2050:

**2030-mål:** 40% reduksjon i utslipp fra norsk sokkel i 2030 samtidig som man opprettholder en lønnsom og sikker produksjon på dagens nivå.

**2050-mål:** Opprettholde verdiskaping, øke utvinningsgraden til minst 60%. Redusere CO<sub>2</sub>-utslipp per produsert enhet betydelig i forhold til 2030-nivået.

**Veikartet for norsk sokkel er under oppdatering hvor nye mer ambisiøse mål skal settes for 2030 og 2050.**



Figur 16: Utslipp av CO<sub>2</sub>-ekvivalenter på norsk sokkel, Norsk olje og gass, Miljørapport 2019.

### Potensial for videre utvikling mot 2030 og 2050

Kraftproduksjonen offshore gjøres i dag hovedsakelig med gassturbiner som står for 84% av det totale CO<sub>2</sub>-utslippet. Omtrent 50% av energibruken går til prosessering av olje og gass *topside* på plattformene, mens den resterende halvparten går til trykkstøtte i brønnen for å holde produksjonstrykket oppe.

Et av hovedfokusområdene fremover vil derfor være å redusere utslipp fra gassturbiner. Dette kan være teknologiske løsninger som kan implementeres på kort sikt for å nå 2030-målet. På lenger sikt kan det integreres fornybare energiløsninger for offshore kraftproduksjon.

Bransjen har nå tatt initiativ til en stor forsknings- og innovasjonsinnsats på disse temaene. Ledende energiselskaper, operatører og leverandører har nå gått sammen med forskningsgrupper ved SINTEF og NTNU i et forskningssenter, LowEmission Research Centre, som også styrkes av deltakelse fra topprangerte universiteter og institutter fra Europa og USA. Det viktigste vitenskapelige fokuset i senteret vil være på kraft- og varmeproduksjon med lavere utslipp, redusert energibehov og energisystemer og -styring. Det siste inkluderer utvikling av digitaliserte løsninger og konsepter for integrering av fornybar kraftproduksjonsteknologi i offshore energisystem. Temaene velges ut fra deres potensial for å redusere utslipp på norsk sokkel i et kort- og langsiktig perspektiv.



Det ligger store muligheter for ny verdiskaping i å utvikle teknologier som tillater at offshore kraftproduksjon kan gjøres med lavere og nær-null klimagassutslipp.

Det ligger store muligheter for ny verdiskaping i å utvikle teknologier som tillater at offshore kraftproduksjon kan gjøres med lavere og nær-null klimagassutslipp samtidig som energibruk fra produksjon, prosessering og eksport reduseres. Hywind Tampen, som skal bidra til å forsyne oljefeltene Gullfaks og Snorre med fornybar kraft, vil for eksempel erstatte omtrent en tredel av gassen som forbrukes i dag og dermed redusere CO<sub>2</sub>-utslippene med omtrent 200.000 tonn per år plattformene er i drift, ifølge Enova. Samtidig vil prosjektet være vesentlig for utviklingen frem mot kommersialisering for havvind.

**Gassturbiner med lavere eller nær-null CO<sub>2</sub>-utslipp** Det foreligger et stort potensial for verdiskaping for produsenter av gassturbineteknologi sammen med leverandører av offshore innretninger. Dette teknologiområdet har potensial for implementering i relativt nær fremtid (i løpet av de neste 10 årene). To områder er viktige i denne sammenhengen:

**Mer effektive gassturbiner:** Gassturbinene som produserer kraften som offshore-industrien bruker i dag opererer typisk med 38% effektivitet. Dette er lavt sammenlignet med landbaserte kraftverk som opererer med en effektivitet på 60% eller mer. Landbaserte kraftverk med denne virkningsgraden inkluderer også en damp turbin som utnytter avfallsvarmen fra gassturbinen. Dette vil til gjengjeld kreve mer plass, noe som er mangelvare på offshore installasjoner. Utvikling av fremtidens digitale verktøy og teknologi for mer effektiv kjøring av gassturbiner offshore kan bidra til optimalisering av turbineteknologi, blant annet gjennom varmegjenvinning fra turbinene for å produsere mer kraft med lavere utslipp.

**Gassturbiner fyrt på alternative brenslersom hydrogen (H<sub>2</sub>) eller ammoniakk (NH<sub>3</sub>):** Med karbonfrie brenslersom hydrogen og ammoniakk-blandinger kan gassturbiner som produserer kraft og varme kjøres med tilnærmet nullutslipp av CO<sub>2</sub>. Det eksisterer allerede teknologi for gassturbiner som kjøres på 60% hydrogen, som kan videreutvikles for å introdusere hydrogen i verdikjedene offshore. Dette kan bidra til utviklingen av en ny hydrogenindustri i Norge som kan eksportere løsninger for både hydrogen/ammoniakk produsert fra naturgass kombinert med CO<sub>2</sub> lagring og tilhørende teknologi. På lengre sikt kan også brenselceller bli en relevant kraftproduksjonsteknologi for plattformer om hydrogen kan benyttes som brensel.

**Lav-kostnads elektrifiseringsteknologi** Elektrifisering fra land eksisterer allerede for flere plattformer. Hovedfokus fremover vil være, å redusere kostnaden av elektrifisering slik at det kan tas i bruk på flere plattformer.

**Digitale løsninger for offshore-energisystemet** Utvikling og implementering av modeller og digitale løsninger offshore vil føre til en mer kostnadseffektiv forbedring og optimalisering av energisystemet. En mer effektiv integrering av fornybare energikilder vil gi en reduksjon i CO<sub>2</sub>-utslipp og bedre driftssikkerheten i slike hybride energisystemer. Implementering av digitale løsninger kan skje ganske raskt og bidra til reduksjon av utslipp også på kort sikt.

**Energieffektiv drenering av reservoar** Det krever mer energi å pumpe opp olje fra felt som nærmer seg slutten av sin levetid sammenlignet med de yngre feltene. En utfordring forbundet med eldre felt er å holde produksjonsnivået oppe samtidig som man reduserer CO<sub>2</sub>-utslippene. Ved å analysere energibruk for ulike dreneringsstrategier (f.eks. produksjon fra lokale soner, gassløft, flerfasepumping) vil man kunne identifisere potensial for å redusere energibruk, og dermed også utslipp av CO<sub>2</sub>, både for eldre/eksisterende felt (på kort sikt) og for nye felt (på lang sikt).

**Energieffektiv prosessering** Det er estimert at 70% av de fremtidige ressursene på norsk sokkel vil bli produsert fra subseainstallasjoner. Flytting av produksjon og prosessering subsea gir muligheter for energisparing og utslippsreduksjon. Dette stiller imidlertid krav til design av subsea-utstyr og deres energieffektivitet, blant annet fordi kraftforbruket til subsea-pumper representerer vesentlige utslipp.

## Barrierer og utfordringer

**Økonomiske** Investeringskostnader vil være hovedutfordringen ved å redusere utslipp fra kraftproduksjon og prosessering offshore. Både utvikling av teknologi og installering offshore innebærer høye kostnader og krever ofte kostbare driftsstanser ved implementering.

**Teknologiske** Offshore-plattformer har svært begrenset med plass og vekt til installasjon av energisparende teknologi grunnet høye arealkostnader. I tillegg er det et krevende miljø med hensyn på blant annet vibrasjoner og høye prosesseringshastigheter. Ny teknologi og mer miljøvennlige løsninger kan være enklere å få innført om man designer nye plattformer.

Implementering av hydrogendrevet kraftproduksjonsteknologi offshore medfører et helt nytt scenario av utfordringer med hensyn til sikkerhet, prosedyrer og håndtering som må vurderes og kvalifiseres før implementering.

**Rammeverk** Gjennom kvotesystemet bidrar oljeselskapene til å redusere de totale utslipp fra kvotepliktig virksomhet med 43 prosent fra 2005 til 2030. På norsk sokkel gir CO<sub>2</sub>-skatt i tillegg operatørene et økonomisk incentiv til å redusere utslipp. Det er imidlertid behov for en internasjonal enighet om høyere beskatning av CO<sub>2</sub> utslipp fra olje- og gassproduksjon for å oppnå den påkrevde reduksjonen i utslipp fra industrien som helhet. Dette vil være sentralt for at industrien skal ta i bruk CO<sub>2</sub>-reduserende teknologi. Her spiller Norge en viktig rolle som foregangsland innenfor teknologiutvikling, rammeverk og lovgivning både innen EU og internasjonalt.



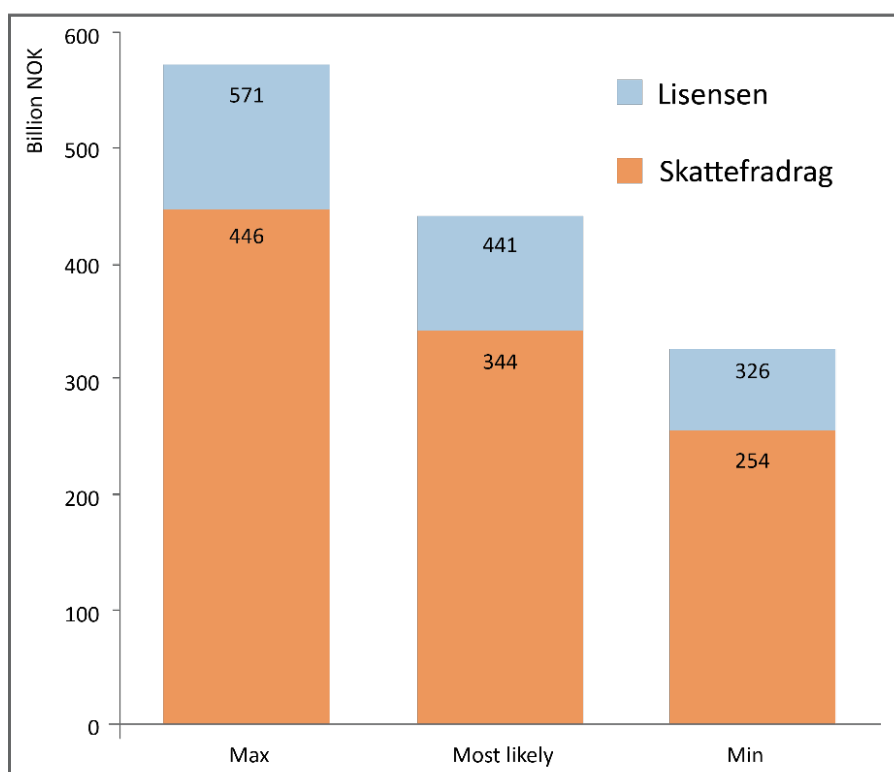
Det er behov for en internasjonal enighet om høyere beskatning av CO<sub>2</sub> utslipp fra olje- og gassproduksjon for å oppnå den påkrevde reduksjonen i utslipp fra industrien som helhet.



## 6.2 "Eldrebølgen" på norsk sokkel

Tusenvis av olje og gass brønner vil måtte plugges og forlattes på norsk sokkel. Samtidig skal strukturer og innretninger på sokkelen fjernes og håndteres i et bærekraftig perspektiv. Dette blir dyrt, og det er i realiteten samfunnet og det offentlige som må betale mesteparten av regningen. Kostnadene kan imidlertid begrenses hvis det utvikles nye og bedre teknologier for permanent plugging av brønner, restverdien av strukturene utnyttes og alternativ bruk av innretninger gjenbrukes til andre formål.

Det har blitt boret i underkant av 4 000 utvinningsbrønner på norsk sokkel. Det finnes ikke noen offisiell statistikk på hvor mange av disse brønnene som allerede er plagget og forlatt, eller hvor mange vi fremdeles har igjen å plugge. Equinor har nylig uttalt at de skal bore 3 000 nye brønner og de fleste av disse vil være subsea brønner og dermed også mer kostnadskrevenne å plugge. Norge vil ha behov for kostnadseffektive teknologier og løsninger for å redusere kostnadene for fellesskapet i dette ligger det en stor mulighet for å bygge en ny og stor industri som spesialiserer seg kun på plugging av brønner. Oljeindustriens aktiviteter legger et stort arealbeslag på norsk sokkel og representerer store områder for alternativ industriell utnyttelse – spesielt innenfor biomarin produksjon og havvind. Utnyttelse av eksisterende og gjenstående infrastruktur vil kunne redusere kostnadsbildet ved etablering av ny aktivitet.



Figur 17: Kondensatestimater: P&A av eksisterende brønner.

### Potensial på lang sikt (2030 og 2050)

Markedspotensialet for en ny industri er stor og er estimert i en studie utført av Universitetet i Stavanger (UiS). **Studien viser at kostnadene for å plugge alle eksisterende brønner på norsk sokkel vil beløpe seg til mellom 326 til 571 milliarder kroner. I tillegg kommer nye brønner som skal bores på norsk sokkel som kanskje vil doble dette beløpet.** De øvrige kostnadene for fjerning og håndtering av strukturer vil doble eller tredoble den totale kostnaden på norsk sokkel. I tillegg til at en vil kunne spare det norske samfunn for enorme kostnader vil en gjennom et lavere kostnadsnivå for plugging av brønner kunne realisere nye utbygginger til lavere kostnad gjennom en redusert balansepris. Alternativ utnyttelse av infrastruktur til andre formål – havvind, biomarin produksjon, havovervåkning mm, gir mulighet for nye verdikjeder på sokkelen. Dette representerer arealer som allerede er båndlagt for industriell aktivitet der mulige arealkonflikter håndteres på en god måte. Større strukturer med vesentlig brukspotensial (e.g. betongstrukturer, overføringslinjer for elektrisitet, etc.) representerer stor verdi for alternativ aktivitet som havvind, taredyrking og annen biomarin produksjon.

Tiltak innenfor P&A (plug and abandon) og alternativ utnyttelse av strukturer er som et kinderegg med flere store muligheter;

1. Redusere kostnader for det norske samfunn.
2. Oppbygging av en ny og internasjonalt ledende industri og derved nye arbeidsplasser.
3. Realisere nye og eventuelt alternative utbygginger til en lavere balansepris.

Timingen for oppbygging av en ny industri er svært god. Norsk sokkel er moden, og det er mange brønner som skal plugges. Norsk industri kan bygge opp ny teknologi og vil deretter være i god posisjon til å kunne etablere seg internasjonalt. Britisk sokkel vil være et fornuftig første steg, deretter andre olje og gass provinser i verden som f.eks. Brasil og Afrika.

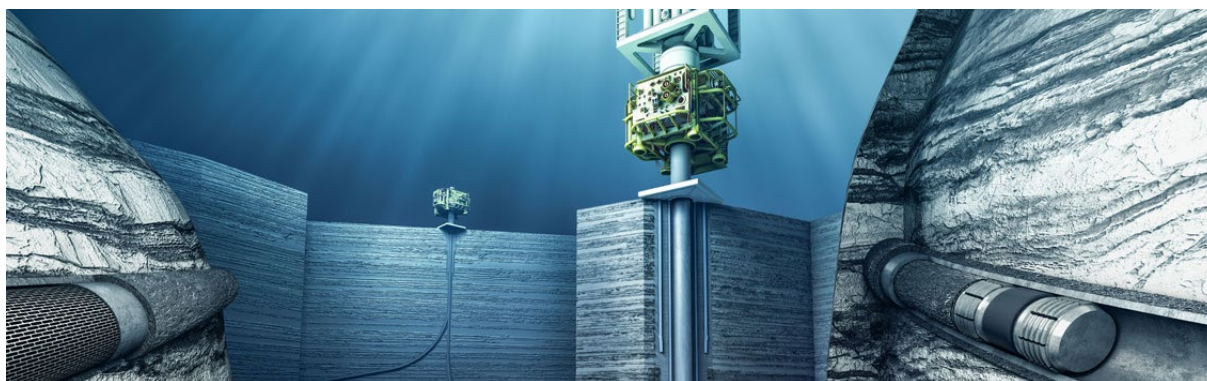


Foto: DNV-GL

### Hvordan kan vi gjøre dette innenfor P&A?

Hovedmål for oppbyggingen av en ny verdikjede innen plugging av brønner er å etablere en innovativ, høyteknologisk og effektiv industri som kan vokse seg stor nasjonalt og internasjonalt.



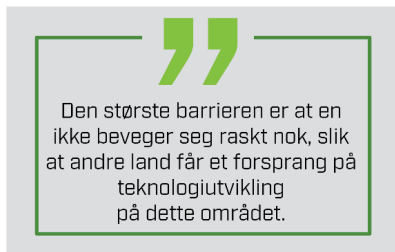
Første fase vil bestå av forskning og utvikling av nye og mer effektive teknologier for sikker plugging av brønner. Ingen brønner er like så derfor vil det være nødvendig å finne ulike teknologiske løsninger som er tilpasset behovet. En betydelig satsing på forskning, innovasjon av demonstrasjon av ny teknologi for plugging av brønner kan enkelt gjøres gjennom en betydelig økt satsing i eksisterende programmer som Petromaks2 og Demo2000. I dag er plugging av brønner kun ett av totalt 36 satsingsområder i Petromaks2 og det er derfor svært begrensede midler som settes av til dette temaet og som igjen vil føre til en for sakte utvikling av ny teknologi i forhold til behovet. En kan bygge opp eksisterende leverandørindustri, men det vil også være fornuftig å se på muligheten av å bygge opp en ny industri som kan bli spesialiserte på dette og som har dette som eneste satsing. Operatørselskapene vil måtte være positive til å delta i kvalifiseringsprosjekter for å teste ut nye teknologiske løsninger.

### Hvordan kan vi få alternativ utnyttelse av egnede strukturer på sokkelen?

Introduksjon av nye næringer og marked på norsk sokkel er betinget av politisk vilje, bærekraftige løsninger og lønnsomhet. Utvikling av nye næringer krever industrielle aktører med vilje og kapital for å realisere mulighetene. De største alternative mulighetene på norsk sokkel vil være tilsvar på flere av de store samfunnsutfordringene vi står overfor – økt matproduksjon fra havene, grønne energiformer (havvind, havstrøm, bølger, etc.) og reduserte klimautslipp (f.eks. CO<sub>2</sub>-binding ved storskala taredyrking).

Dette representerer områder hvor både private og offentlige aktører har felles målsettinger og sammen kan finansiere forskning, utvikling og innovasjon. Det vil være naturlig at havsatsingene framover åpner for alternativ utnyttelse av potensialet som ligger på norsk sokkel framover.

### Barrierer for fremdrift



Den største barrieren for å kunne lykkes med dette er at en ikke beveger seg raskt nok, slik at andre land får et forsprang på teknologiutvikling på dette området. Dette må derfor startes raskt slik at vi kan etablere en ny, effektiv og innovativ industri med ambisjon om å bli verdensledende. En umiddelbar satsing på forskning, utvikling og demonstrasjon er første steg og dette kan raskt gjøres gjennom eksisterende programmer i Forskningsrådet.

Dette er et område hvor operatørselskapene har en felles interesse av å få ned kostnader og hvor teknologiutvikling ikke er innenfor kjerneområdet. Det vil derfor være enklere å få til et felles løft innen kvalifisering av ny teknologi, men det krever at operatørene er positive og satser på dette i felleskap gjennom f.eks. lisenser.

#### Referanser

- Equinor skal bore 3 000 nye oljebrønner, TU 28. aug. 2018.
- Eldrebølgen på norsk sokkel, Aftenposten 27. nov. 2013
- Plug and abandonment on the Norwegian Continental Shelf, Bachelor's Thesis, UiS, 2015
- T. Øia, J.O. Spieler, Plug and abandonment status on the Norwegian continental shelf, Bachelor's Thesis, UiS, 2015



Teknologi for et bedre samfunn

[www.sintef.no](http://www.sintef.no)