

FoU for en grønn energisektor

*Analyser av innovasjons- og kommersialiseringsstrategier i åtte FMEer –
Forskningsentre for Miljøvennlig Energi*

Markus Bugge, Helge Godø, Atle Midttun, Trond Einar Pedersen og
Olav R. Spilling



© NIFU STEP Norsk institutt for studier av innovasjon, forskning og utdanning
Wergelandsveien 7, 0167 Oslo

Rapport 11/2010
ISBN 978-82-7218-670-7
ISSN 1504-1824

For en presentasjon av NIFU STEP's øvrige publikasjoner, se www.nifustep.no



Norsk institutt for studier av innovasjon, forskning og utdanning
Norwegian Institute for Studies in Innovation, Research and Education
Wergelandsveien 7, 0167 Oslo
Tlf. +47 22 59 51 00 • www.nifustep.no

RAPPORT 11/2010

Markus Bugge, Helge Godø, Atle Midttun, Trond Einar Pedersen,
Olav R. Spilling

FoU for en grønn energisektor

*Analyser av innovasjons- og kommersialiseringsstrategier i åtte FMEer
- Forskningscentre for Miljøvennlig Energi*

Forord

Ordningen med Forskningscentre for Miljøvennlig Energi (FME) ble opprettet i februar 2009 for å etablere tidsbegrensede forskningscentre som har en konsentrert, fokusert og langsiktig forskningsinnsats på høyt internasjonalt nivå for å løse utpekte utfordringer på energi- og miljøområdet. Ordningen administreres av Norges forskningsråd og skal i første omgang vare i fem år, med mulighet for forlengelse i ytterligere tre år. Norges forskningsråd finansierer også en betydelig del av denne satsningen. Ordningen kom i stand som følge av det såkalte Klimaforliket i 2008, der regjeringen og et flertall i Stortinget ble enige om hovedmålene i den fremtidige norske klimapolitikken. Ett av målene i dette forliket var at FoU for utvikling av ny energiteknologi skulle få høy prioritet.

I løpet av 2009 ble det etablert i alt åtte FMEer i Norge. Innovasjons- og kommersialiseringsstrategiene til disse FMEene er tema for denne rapporten. I forbindelse med oppstarten av FMEene ønsket Norges forskningsråd å få utført en analyse av hvordan FMEenes forskningsresultater skal kunne maksimere sitt potensial for å bli realisert, dette også med henblikk på å styrke grunnlaget for samfunnsvitenskapelig energiforskning. Det lyktes NIFU STEP å få tildelt dette som et oppdrag.

På NIFU STEP har analysen av de åtte FMEene blitt utført av et prosjektteam under ledelse av Helge Godø, med følgende deltakere:

- Markus Bugge
- Atle Midttun, professor ved Handelshøyskolen BI
- Trond Einar Pedersen
- Olav R. Spilling

I tillegg har direktør Svein Sundsbø, leder for Industripolitisk avdeling i Norsk Industri, vært tilknyttet prosjektet som rådgiver, noe prosjektet har hatt stort utbytte av.

Prosjektet har også fått god hjelp fra Norges forskningsråds administrasjon, fra RENERGI-programmet, noe vi herved vil takke for. Vi vil også takke informanter i de åtte FMEene som har bidratt med informasjon og innsikt til prosjektet.

Oslo, mars 2010

Sveinung Skule
Direktør

Taran Thune
Forskningsleder

Innhold

Sammendrag	7
1 Innledning	9
Bakgrunn	9
Undersøkelsens tilnærming	10
Forskningsrådets FME-strategi	13
Rapportens oppbygging og hovedinnhold.....	14
2 Innovasjonssystemer, diffusjon av ny teknologi og kommersialisering i energisektoren.....	16
Politiske og regulatoriske forutsetninger.....	17
Systemperspektivet.....	19
3 Enerkipolitiske tendenser – fremveksten av en ”grønn” energisektor.....	22
Etterspørsel etter energi i fremtiden	23
Politikkdrevet innovasjonsutvikling.....	25
4 FMEenes innovasjons- og kommersialiseringsstrategier.....	28
Om målsetningene med FME	28
CO ₂ -fangst, transport og lagring.....	31
Bioenergi	32
Vindkraft.....	33
Solceller.....	35
Bygg	36
Energisystemer	37
Oppsummering – FMEenes innovasjons- og kommersialiseringsstrategier	38
5 Markeder og rammebetingelser	42
Nisjemarkeder og utvikling av massemarkeder for nye energiteknologier.....	43
Markedspotensialer for nye energiteknologier	44
Politiske og markedsmessig faktorer av betydning for teknologisatsningene.....	47
Samspill mellom virkemidler	47
Leverandørindustriens rolle i markedsutviklingen – virkemidler og FMEenes rolle..	49
6 Kunnskapsbehov – og anbefalinger	50
Anbefalinger	51
Litteratur.....	53
Vedlegg 1: Beskrivelse av de enkelte FMEene.....	55
BIGCCS Centre	55
SUCCESS – Subsurface CO ₂ storage – Critical Elements and Superior strategy.....	63

CenBio.....	64
NORCOWE.....	71
NOWITECH	74
Solar United	79
ZEB – Zero Emission Buildings	88
CEDREN.....	94
Vedlegg 2: Norges forskningsråds beskrivelse av oppdraget.....	100

Sammendrag

I februar 2009 offentliggjorde olje- og energiminister Terje Riis-Johansen at det var bevilget midler til opprettelse av i alt åtte Forskningscentre for Miljøvennlig Energi – såkalte FME. De åtte sentrene ble karakterisert som ”nasjonale landslag” på sine områder, og skulle utgjøre spissmiljøer innenfor temaene:

- CO₂-fangst og –lagring, med følgende FMEer:
 - o BIGCCS Centre
 - o SUCCESS
- Bioenergi, med følgende FME:
 - o CENBIO
- Vindenergi, med følgende FMEer:
 - o NORCOWE
 - o NOWITECH
- Solceller, med følgende FME:
 - o Solar United
- Bygg, med følgende FME
 - o ZEB – Zero Emission Buildings
- Energisystemer, med følgende FME
 - o CEDREN

Tema for analysen som presenteres i denne rapporten er innovasjons- og kommersialiseringsstrategier og –aktiviteter i disse åtte FMEene. Rapporten er en samfunnsfaglig analyse, der vi skal belyse ”hvordan FMEenes forskningsresultater skal kunne maksimere sitt potensial for å bli realisert”, slik dette er formulert i oppdragsbeskrivelsen fra Norges forskningsråd. I analysen har vi operasjonaliserte dette som FMEenes innovasjons- og kommersialiseringsstrategier og –aktiviteter. Sentralt i dette oppdraget er å analysere hva som er forutsetningene for at FMEene skal realisere sitt potensial, med vekt på å analysere dette i forhold til relevante markedsforhold og politiske rammebetingelser og virkemidler.

Totalt er det satt av 125 millioner kroner per år fra Forskningsrådet til de 8 FMEene. Sammen med de øvrige midlene innebærer dette at den samlede aktiviteten blir på over 2 milliarder kroner over de åtte årene sentrene kan få støtte. I rapporten blir de enkelte FMEene beskrevet og analysert. Målet for FMEene er at de skal bidra til en teknologi- og kunnskapsutvikling som kommer til industriell anvendelse. En sentral problemstilling er dermed hvordan forskningen kan organiseres i samspill med relevante næringsaktører slik at de bidrar til den ønskede industrielle utviklingen. I denne rapporten er dette analysert ut fra hvilke innovasjons- og kommersialiseringsstrategier de enkelte FMEer har. Dernest presenteres analyser om rammebetingelser som må tilrettelegges for å sikre dette. Til slutt i rapporten presenteres noen refleksjoner og anbefalinger vedrørende kunnskapsbehov og samfunnsforskning, spesielt innovasjonsforskningen, i skjæringspunktene mellom energi og miljø.

1 Innledning

Bakgrunn

Tema for analysen som presenteres i denne rapporten er innovasjons- og kommersialiseringsstrategier og –aktiviteter i de nyopprettede Forskningsentra for Miljøvennlig Energi, forkortet til FME i denne rapporten. Rapporten er en samfunnsfaglig analyse, der vi skal belyse ”hvordan FMEenes forskningsresultater skal kunne maksimere sitt potensial for å bli realisert”, slik dette er formulert i oppdragsbeskrivelsen fra Norges forskningsråd. I analysen har vi operasjonaliserte dette som FMEenes innovasjons- og kommersialiseringsstrategier og –aktiviteter. Sentralt i dette oppdraget er å analysere hva som er forutsetningene for at FMEene skal realisere sitt potensial, med vekt på å analysere dette i forhold til relevante markedsforhold og politiske rammebetingelser og virkemidler. Vedlegg 2 gjengir Forskningsrådets oppgavebeskrivelse for dette prosjektet.

I februar 2009 offentliggjorde olje- og energiminister Terje Riis-Johansen at det var bevilget midler til opprettelse av i alt åtte forskningsentre for miljøvennlig energi – såkalte FME. De åtte sentrene ble karakterisert som ”nasjonale landslag” på sine områder, og skulle utgjøre spissmiljøer innenfor temaene

- offshore vindenergi
- solenergi
- energieffektivisering
- bioenergi
- energiplanlegging/-design
- karbonfangst og –lagring,

FMEene er opprettet på bakgrunn av ”Klimaforliket”¹ som ble inngått i januar 2008 mellom regjeringen og et flertall i Stortinget, samt Energi21-strategien som ble avlevert i februar 2008.² Energi21-strategien er et resultat av en prosess initiert av Olje- og energidepartementet våren 2007, og strategien ble utarbeidet av en gruppe bestående av representanter for nøkkelbedrifter og institusjoner i energisektoren samt Norges Forskningsråd som også hadde sekretariatsfunksjonen. Strategiens visjon er at Norge skal bli Europas ”fremste energi- og miljønasjon” med mål om lave klimautslipp og høy energieffektivitet, og å bli en stor leverandør av miljøvennlig kraft til Europa. Som ledd i dette er det også et mål å utvikle ”en FoU-strategi og næringspolitikk som vil være tiltrekkende for verdensledende energi og teknologibedrifter”.

I strategien er det foreslått satsing på fem spissede områder:

- effektiv energibruk innenfor bygninger, husholdninger og industri

¹ http://www.regjeringen.no/Upload/MD/Vedlegg/Klima/avtale_klimameldingen.pdf

² ”Energi21 – en samlande FoU-strategi for energisektoren”. Rapport utarbeidet av en strategigruppe nedsatt av Olje- og energidepartementet

- mer klimavennlig kraft innenfor vannkraft, vindkraft og solenergi
- CO₂-nøytral oppvarming som skal omfatte både bioressurs, utnyttelse av varme fra omgivelsene og spillvarme
- energisystem for fremtidens behov, bl.a. i god tilpasning av det lokale og det regionale energisystemet og det internasjonale kraftsystemet
- styrke kunnskapsgrunnlaget om hvordan rammebetingelsene påvirker næringens investeringer i FoU og kommersialisering av ny teknologi.

Det overordnede målet bak Energi21-strategien som FME-satsningen har sitt utspring i, er at Norge skal bli Europas fremste energi- og miljønasjon, og at det skal tilrettelegges for utvikling av en industri som kan bidra til å bringe Norge i en slik posisjon. FMEene skal altså være et middel til å nå et slikt mål.

Forskningsrådets engasjement for opprettelse av FMEene er en direkte oppfølging av Klimaforliket og Energi21-strategien. Arbeidet med å få etablert FMEene ble satt i gang nokså raskt etter at Energi21-strategien forelå. Utvelgelsen av sentrene skjedde i to trinn. I første søknadsrunde kom det inn 28 søknader, hvorav 17 ble invitert til å arbeide videre med konseptet og levere ny søknad. Dette resulterte i 12 nye søknader hvorav 8 ble innvilget.

Føringene for sentrene er at Forskningsrådet bevilger 10-20 millioner per år over fem år, med mulighet for forlengelse i ytterligere tre år. Beløpet fra Forskningsrådet skal matches med minst et tilsvarende beløp fra de involverte forskningsmiljøer og deres industrielle og offentlige partnere. Bedriftene må bidra med minst 25% av budsjettet. Bedriftenes bidrag kan komme både som prosjektdeltagelse ("in-kind") eller i form av kontantbidrag. Totalt er det satt av 125 millioner kroner per år fra Forskningsrådet til de 8 FMEene. Sammen med de øvrige midlene innebærer dette at den samlede aktiviteten blir på over 2 milliarder kroner over de åtte årene sentrene kan få støtte. For Norges forskningsråd kommer satsningen på FME i tillegg til andre målrettede prioriteringer innen Divisjon for Store Satsninger.

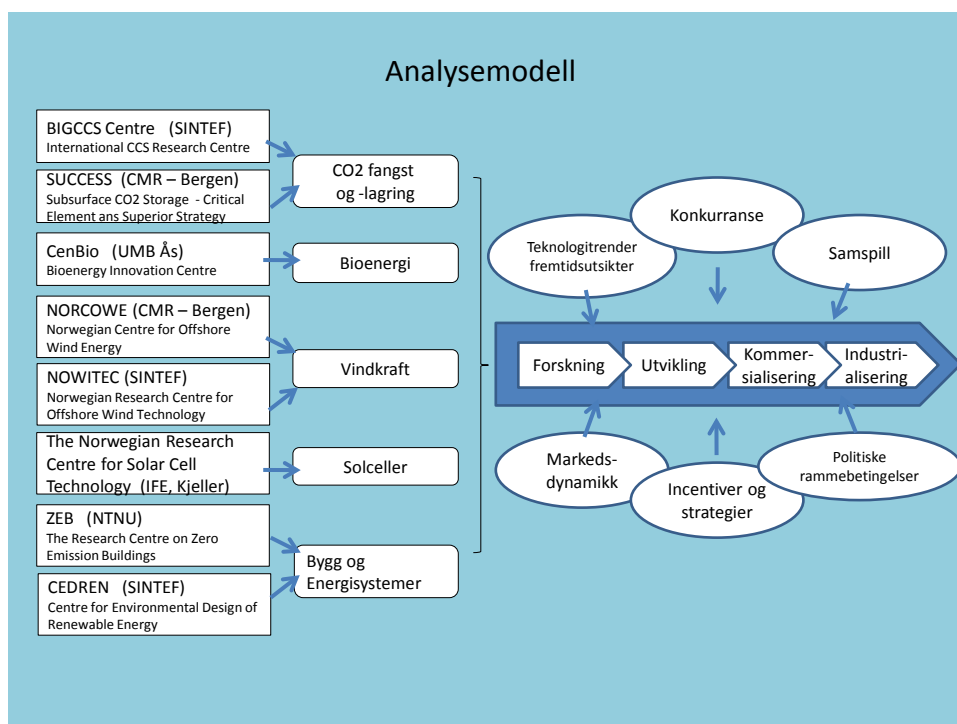
Undersøkelsens tilnærming

FME-initiativet er en typisk teknologidrevet strategi. Men den er avhengig av at det utvikles markeder for de aktuelle teknologiene. En bred og overordnet analyse av hva slags markeder som eksisterer eller kan utvikles på de teknologiområdene som FMEene representerer er derfor sentralt. Men det er begrenset hvor langt vi kommer ved denne tilnærmingen, idet markeder utvikles i samspill med teknologiutviklingen og den rollen ulike industrielle aktører tar i anvendelsen av teknologien. I dette arbeidet har vi tatt utgangspunkt i IEAs scenarier, både den såkalte "Reference Scenario" og den såkalte "450 Scenario" (IEA, 2009). Men verken disse eller andre prognoser kan med sikkerhet forutsi utviklingen av enkelte markeder - langt mindre etterspørselen etter nye energiteknologiske løsninger, dvs. det som er tema for denne undersøkelsen. Markedene som FMEene sikter seg inn mot er svake og må utvikles, ved at det åpnes teknologiske og industrielle muligheter for det nye.

Markedsutviklingen vil også være påvirket av politiske strategier og hva slags insentiver som gis for at disse markedene skal utvikles. I analysene som presenteres i denne rapporten vil vi peke på og vurdere både enkeltfaktorer og deres samspill, men verken vi eller andre kan gi sikre, kvantifiserte anslag for fremtidige markedsandeler, volumer, etc.

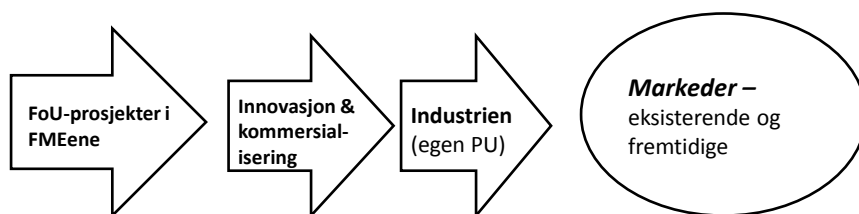
Vår tilnærming i denne analysen er derfor å ta utgangspunkt i de enkelte FMEer og de teknologiområder de representerer, og så søke å identifisere de mest sentrale markedene av relevans for de aktuelle teknologiene. Vår tilnærming bygger på en enkel modell, som vist i figur 1.1.

Figur 1.1: Modell for analysen av FMEene



Modellen viser det som kan karakteriseres som en idealtypisk lineær innovasjonsprosess, dvs. en prosess som tar utgangspunkt i forskning. Resultatene av forskningen danner så grunnlaget for videre utvikling, med etterfølgende kommersialisering og industrialisering. Analysene vil sette fokus på FMEenes innovasjons- og kommersialiseringsstrategier. Ut fra dette baserer vi våre analyser på en enkel verdikjedemodell, som bygger videre på figur 1.1. Det sentrale i våre analyser har vært å se på pilen ”innovasjon og kommersialisering” i de enkelte FME’ene, se figur 1.2.

Figur 1.2: Verdikjedemodell som analysene bygger på



Analysene som presenteres i denne rapporten bygger på flere datakilder:

- Analyse av søknadene og tilhørende planer som lå til grunn for utvelgelsen av FMEene i Norges forskningsråd
- Forskningsrådets vurderinger av disse søknadene, med vekt på ekspertenes vurderinger av innovasjons- og kommersialiseringspotensialet i de enkelte søknadene
- Intervjuer av nøkkelpersonell i Norges forskningsråds administrasjon med tilknytning til FMEene,
- Intervjuer med ledelsen og annet nøkkelpersonell i alle FMEene, med vekt på å få deres synspunkter og vurderinger av innovasjons- og kommersialiseringsstrategiene til FMEen,
- ”desk research” av FMEene, spesielt deres industripartnere mht teknologisk og kommersiell aspekter og strategier innen de teknologiområdene som de enkelte FMEene arbeider med,
- Generell ”desk research” av markedsforhold, reguleringer og rammebetingelser som er relevante for FMEene, særlig forskningsbaserte studier av disse.

Disse kildene har gitt oss et empirisk grunnlag for analysene som presenteres i denne rapporten. Oppdragets ambisjon er krevende; ideelt sett krever det et langt mer omfattende og uttømmende undersøkelses- og analyseopplegg enn det som har vært mulig innen rammen av prosjektet. I kapittel 6 vil vi fremsette forslag til videre samfunnsfaglig forskning, noe vi mer vil være fruktbart for den videre utviklingen av FMEene – og mulige, fremtidige FMEer, ut fra en antakelse om at det kan bli aktuelt å styrke satsningen på utvikling av energiteknologier for utnyttelse av fornybare og miljøvennlige energikilder.

Forskningsrådets FME-strategi

Ordningen med FMEer er basert på samme prinsipper som ligger til grunn for SFI-ordningen – sentre for forskningsdrevet innovasjon³. SFI-ordningen er en type forskningspolitisk virkemiddel som har fått økende utbredelse, også internasjonalt, av mange grunner. Thune og Gulbrandsen (2010, p. 2) forklarer at det er to trender som virker sammen i dette:

“One is related to the high emphasis put on *excellence*, usually seen as researchers and research units operating with “high quality” on scientific and technological frontiers. This worldwide trend is related to other policy hotspots like internationalization and accountability in the form of scientific publications. The other trend is a growing emphasis on *innovation*, even in more traditional science policy circles, where public research is increasingly seen as an infrastructure (or even engine) for innovation activities in companies. Based on theoretical arguments and empirical evidence, it has been found that academic excellence and economic benefits like innovation are strongly related (Salter & Martin 2001)”.

Hovedkriteriet for valg av et FME er potensialet for innovasjon og verdiskaping. En viktig mekanisme for å sikre koplingen mellom forskning, innovasjon og verdiskaping er organiseringen med partnerbedrifter som gjennom sin medvirkning forventes å sikre relevans i forskningen, og at forskningsaktiviteten følges direkte opp gjennom utviklingsarbeid i de enkelte bedrifter. Dette har dannet utgangspunktet for utvelgelsen av FMEene, som har vært en to-trinns prosess:

- Trinn 1: Søkerens faglig relevans, konsortiets sammensetning og gjennomføringsevne. Dette vurderes et fagutvalg bestående av eksterne eksperter og representanter for administrasjonen og relevante forskningsprogrammer i Forskningsrådet.
- Trinn 2: Vitenskapelig kvalitet som vurderes av et ekspertpanel med utenlandske fageksperter med vitenskapelig og næringsmessig kompetanse innfor det faglige tema som søknaden dekker. Verdiskapingspotensialet vurderes av fagutvalget fra trinn 1.

Første utlysning resulterte i 28 søknader, av disse ble i alt 17 søknader invitert til å gå videre til runde to; av de 17 var det ti som ble vurdert som ”sterke”, mens sju ble vurdert som ”middels sterke”. De resterende 11 søknadene ble vurdert som å ha ”store svakheter”, og ble ikke invitert videre til trinn to. De søknadene som gikk videre, ble gitt korte tilbakemeldinger om hva som kunne forbedres med søknadene.

³ Norges forskningsråd forklarer ordningen slik: ”SFI-ordningen skal styrke innovasjon gjennom satsing på langsiktig forskning i et nært samarbeid mellom forskningsintensive bedrifter og fremstående forskningsmiljøer. SFI skal utvikle kompetanse på høyt internasjonalt nivå på områder som er viktig for innovasjon og verdiskaping. Ordningen skal styrke teknologioverføring, internasjonalisering og forskerutdanning. Det forutsettes samfinansiering mellom bedrifter, vertsinstitusjon og Forskningsrådet. Bedrifter må delta aktivt i senterets styring, finansiering og forskning. Sentrene vil bli etablert for en periode på maksimalt fem pluss tre år. Hovedkriteriet for å velge ut sentre er potensial for innovasjon og verdiskaping. Vitenskapelig kvalitet i forskningen må ligge på høyt internasjonalt nivå.” Kilde: <http://www.forskningsradet.no/servlet/Satellite?c=Page&cid=1224067021140&pagename=sfi%2FHovedsidemal>

I invitasjonen til den andre søkerunden, ble det gitt en spesifisert oversikt over hva søknadene skulle inneholde. Det er særlig ett av disse punktene som er relevant for innovasjon og verdiskaping, nemlig ”betydning for brukerpartnere” (pkt 10), der det stilles spørsmål om:

- a) På hvilken måte vil kunnskapen fra senteret ha betydning for fremtidig innovasjon og verdiskaping for hver av de deltakende brukerpartnerne?
- b) Beskriv hvilket potensial for innovasjon og økt verdiskaping resultatene kan ha for norsk næringsliv. Redegjør for hvilke resultater forskningsmiljøet har oppnådd tidligere med betydning for innovasjon og verdiskaping.

Dett ble videre fulgt opp med krav om at det i partnernes intensjonserklæringer skulle gis en begrunnelse for deres interesse for å delta i sentret, og hvilke potensial for innovasjon og verdiskaping som partneren ser i de forventede resultater fra sentret og hvordan forskningsresultatene kan anvendes.

Det ble mottatt 12 søknader i andre runde, og 8 av disse søknadene ble innvilget basert på vurderinger blant annet av et ekspertpanel. En oversikt over de innvilgede sentrene er gitt i tabell 1.1.

Rapportens oppbygging og hovedinnhold

Denne rapporten består av seks kapitler, hvorav det første (dette kapitlet) er innledningen. De andre er:

- *Kapittel 2*, hvor vi presenterer generelle problemstillinger og teoretiske resonnementer som er relevante for analysen av FMEene og deres teknologiutvikling, dette ut fra en innovasjons- og diffusjonsteoretisk tilnærming.
- *Kapittel 3*, som beskriver og drøfter energi- og miljøpolitiske utviklingstrekk av betydning for FMEene. Dette er viktig fordi teknologiutviklingen i stor grad bæres frem av sterke føringer som ligger i grenselandet mellom energipolitikk og en stadig sterkere miljøpolitikk.
- *Kapittel 4*, som senker blikket ned på de åtte FMEene, med hovedvekt på analyse av de enkelte FMEenes innovasjons- og kommersialiseringsstrategier og –aktiviteter.
- *Kapittel 5*, hvor markeder og rammebetingelser som er relevante for FMEene er tema.
- *Kapittel 6*, som kort angir kunnskapsbehov, samt anbefalinger for videre samfunnsfaglig forskning i tilknytning til FMEene.

I tillegg er det to vedlegg til rapporten:

- *Vedlegg 1* som gir mer detaljerte beskrivelser av de enkelte FMEene ut fra perspektivet i denne undersøkelsen.
- *Vedlegg 2* som er en gjengivelse av oppdragsbeskrivelsen til Norges forskningsråd for dette oppdraget.

Tabell 1.1: Oversikt over innvilgede FMEer.

Senter	Prosjektansvarlig	Fagområde/mål
BIGCCS Centre (International CCS Research Centre)	SINTEF Energiforskning AS	CO ₂ -fangst og lagring (CCS) Rettet mot hele CO ₂ -kjeden med mål om fullskala CO ₂ -håndtering (fangst, transport og lagring) fra kraftproduksjon og industrielle prosesser
CEDREN Centre for Environmental Design of Renewable Energy	SINTEF Energiforskning AS	Systemløsninger fornybar energiproduksjon Videreutvikling av metodikk for miljøkonse- kvensanalyser for anvendelse på landbasert vindkraft og kraftlinjer, senere også offshore vind, bioenergi og solenergi
CenBio Bioenergy Innovation Centre	Universitetet for miljø- og biovitenskap (UMB)	Stasjonær bioenergi Utvikle grunnlaget for en bærekraftig og kostnadseffektiv bioenerginæring i Norge basert på biomasse fra skog
NORCOWE Norwegian Centre for Offshore Wind Energy	Christian Michelsen Research (CMR)	Offshore vindenergi Utvikle grunnlaget for nye, miljøvennlige og kostnadseffektive løsninger for offshore vindkraft.
NOWITECH Norwegian Research Centre for Offshore Wind Technology	SINTEF Energiforsknings AS	Offshore vindenergi Kombinere kunnskap om vindkraft med offshore- erfaring for å utvikling av vindparker til havs.
SOLAR UNITED The Norwegian Research Centre for Solar Cell Technology	Institutt for energiteknikk (IFE), Kjeller	Solcelleteknologi Gi aktører i solcelleindustrien tilgang til ledende teknologi og ekspertise
SUCCESS Subsurface CO ₂ storage – Critical Elements and Superior Strategy	Christian Michelsen Research (CMR)	CO ₂ -fangst og lagring (CCS) Lagring av CO ₂ med fokus på CO ₂ oppførsel i reservoarer, forseglingssegenskaper, monitorering og konsekvenser av lekkasje
ZEB The Research Centre on Zero Emission Buildings	NTNU – Fakultet for Arkitektur og billedkunst	Energiløsninger for bygninger Utvikling av produkter og løsninger for eksiste- rende og nye bygninger basert på materialteknologi, energiproduserende klimaskall, energiforsyning og styringssystemer, konsepter og strategier for nullutslippsbygg.

2 Innovasjonssystemer, diffusjon av ny teknologi og kommersialisering i energisektoren

De åtte forskningsentre for miljøvennlig energi (FME) dekker temaene CO₂-håndtering, bioenergi, offshore vind, solceller og ”smarte systemer”. Med en forskningsbasert satsing representerer FMEene i utgangspunktet ”technology push” initiativ der FoU satsinger med omfattende offentlig finansiering kan legge til rette for teknologiutvikling med sikte på senere kommersialisering. Mulighetene for å utnytte disse teknologisatsingene kommersielt er tema for foreliggende rapport, dette vurdert ut fra FMEenes strategier og planer for innovasjon og kommersialisering.

Idet det dreier seg om kommersialisering av nye teknologier foreligger det forretningsmessig potensial bare delvis i form av eksisterende privat eller offentlig etterspørsel, og da gjerne i spesielle politisk styrte nisjemarkeder, ofte med betydelige inngangsbarrierer. En underliggende antakelse er at markeder kommer til å vokse fram parallelt med teknologiutviklingen. Vurderingen av FME-teknologienes kommersielle potensial må derfor bygge på en utviklingsanalyse der markedsfremvekst og institusjonsutvikling også trekkes inn, slik dette betones bl.a. i innovasjonssystemteori.

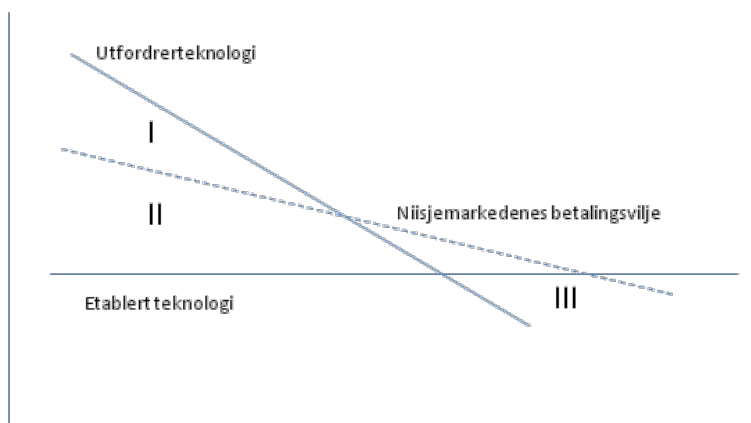
Et sentralt fokus i innovasjonssystemteori er at kunnskapsproduksjon, læringsdynamikk, institusjonelle rammer og industriell struktur inngår i et tett samspill for å frambringe vellykket kommersielt gjennomslag for nye teknologier, som påpekt av teoretikere som Lundvall (1992), Edquist (1997), Edquist & Hommen (2008) og Nelson (1992). I sine studier av sektorielle innovasjonssystemer benytter Malerba (2004) begrepet ”coevolution” eller samutvikling av teknologier og institusjonelle rammer, der teknologiutvikling driver fram institusjonell utvikling og omvendt.

Markedspotensialet for FMEenes teknologier er derfor avhengig av gjensidig markeds- og teknologiutvikling i flere stadier. Teknologien må i tidlige og halvmodne faser møte hensiktsmessige institusjonelle rammer og kommersielle nisjemarkeder (figur 2.1). En rekke studier har konstatert at teknologier som gir reell markedsutprøving raskt forbedrer funksjonalitet og synker i pris. I følge Henderson (1974) kan det være 15-20% kostnadsreduksjon ved hver dobling av markedsvolumet.

Som vist i figur 2.1 må FME teknologier med høye produksjonskostnader finne politiske og/eller kommersielle nisjemarkeder der funksjonalitet og ikke pris er det sentrale. Slike nisjemarkeder kan være både offentlige og private. Offentlige tidligfasemarkeder styres gjerne av innovasjonspolitik, der staten skaper beskyttende arenaer for skjermet teknologiutvikling (I). Når pris/ytelse på denne måten er forbedret kan det åpne seg muligheter for private nisjer for spesielle anvendelser (II). F eks. gir solcellepaneler for fjerntliggende hytter og båter strøm som ikke konkurrerer med vanlig strømpris. Slike

markeder representerer muligheter for ytterligere læring og teknologien kan her utvikles til senere å tåle konkurranse i standardmarkedet. Ytterligere forbedringer vil så gi konkurransefortrinn i forhold til tradisjonell standardteknologi (III).

Figur 2.1: Læringskurver og politiske og kommersiell nisjemarkeder

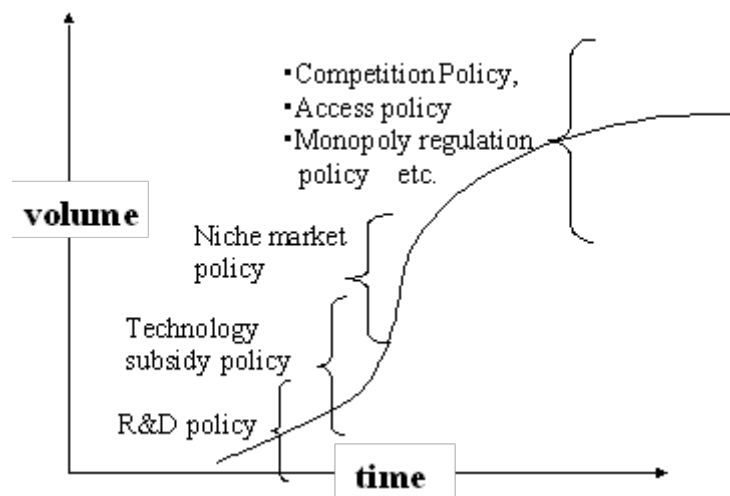


For hvert nisjemarked vil FMEenes kommersialiseringsgjennomslag avhenge av hvor unik teknologien er i de aktuelle kommersielle anvendelser og hvor lenge man kan regne med konkurransemessige fortrinn i aktuelle nisjemarkeder og senere hovedmarkeder, sett i forhold til konkurrenter og substitutter. Muligheter for å samspille med krevende kunder kan også støtte teknologiutviklingsprosessen og senere markedsintroduksjon.

Politiske og regulatoriske forutsetninger

Politikk og offentlig sektor vil ofte spille en sentral rolle som innovasjonsdriver. Vurdering av kommersialiseringspotensial for FME-teknologiene medfører dermed en analyse av hvordan politiske virkemidler legger til rette for innovasjon og kommersialisering. Som vist i figur 2.2, vil en effektiv politikk for teknologiutvikling og kommersialisering måtte ha virkemidler som støtter opp om innovasjonen fra tidligfase teknologiutvikling, via ulike former for tidligfase markedsintroduksjon, nisjemarkeder og fram til regulatoriske rammer for spredning av produkter i moden fase av produksyklusen (Midttun & Gautesen, 2007). Hvis virkemidler mangler eller er ufullstendige (slik man tidligere har sett i forbindelse med utvikling av brenselceller – jfr. Godoe (2006) og Nerdrum & Godoe (2006)) og det ikke finnes private alternativer, vil kommersialiseringsprosessen stoppe opp.

Figur 2.2: Politisk – institusjonelle faktorer over produktsyklusen



Den følgende analysen av FMEens kommersielle gjennomslag trekker på begreper og perspektiver som er beskrevet i innovasjonssystem- og læringskurveteori. Markedsfremvekst og institusjonsutvikling blir derfor sentrale elementer i kommersialiseringsanalysen.

I nyere innovasjonsforskning innen miljø og klima peker forskere på at det her er spesielle og store utfordringer. En konkret forutsetning i denne sammenheng er å etablere *nye teknologiske regimer* (Malerba2004; Rip & Kemp, 1998) som kan danne ryggraden i det som kreves for å konstituere, vedlikeholde og videreutvikle et teknologisk område. Men for at dette skal kunne skje vil det være behov for innovasjonsregimer (Godoe, 2000) som kan legge forutsetningene for nye teknologier og systemer og dermed danne overgang til mer permanente, nye teknologiske regimer. Dette er spesielt utfordrende innen energisektoren fordi man har å gjøre med etablerte, store teknologiske systemer som har en betydelig egentyngde (momentum) mht å utvikle seg i sine vante spor, samt tilhørende egeninteresse i å konsolidere sine interesser (Hughes, 1987; Joerges, 1988). Derfor er barrierene for å etablere nye, potensielt konkurrerende systemer, særlig de som krever store investeringer i infrastruktur, betydelige – noe som blant annet kan forklare hvorfor det norske ”vannkraft-establishment” inntil nylig har vist liten interesse for å utvikle andre fornybare energiteknologier enn vannkraft.

Utfordringene knyttet til etablering av nye teknologiske regimer er av en helt annen størrelsesorden og karakter enn det som vanligvis regnes som innovasjonspolitiske utfordringer. Dette fremføres nå i økende grad av innovasjonsforskere, blant annet Bengt-Åke Lundvall (2008). Han henviser i denne sammenheng til Carlsson & Stankiewicz (1991), og argumenterer for å bruke en ko-evolusjonær tilnærming som omfatter teknologi, institusjoner og markeder. De alvorlige og store miljøutfordringene som verden står overfor forutsetter *radikale tverrfaglig og flerteknologiske gjennombrudd* – og de krever forankring og innsikt i institusjonelle barrierer, samt pådriverrollen til sosiale bevegelser og interessegrupper. Følgelig må utviklingen av nye teknologiske systemer – slik FMEene tar

sikte på å bidra til – betraktes som resultatet av tett samarbeid mellom ulike sektorer, bransjer og bedrifter, institusjoner og reguleringer. I følge Lundvall er de største utfordringene som de nordiske landene står overfor er å utvikle spesialisert innsats i å bygge nye teknologiske systemer. Dette vil kreve mer ambisiøse, nasjonale politiske målsetninger, samt økt og utstrakt internasjonalt samarbeid. For å lykkes i utviklingen av miljørelaterte innovasjoner vil det være behov for en samordnet politikk mht:

1. Skape et marked for ”grønne” produkter ved å etablere standarder i et samarbeid, hvor brukere, produsenter og innkjøpspolitikk som motiverer offentlige og private brukere inngår,
2. Styrke organisasjoner som har ansvar for å overvåke og analysere miljøutviklingen, samt etablere institusjoner for utdanning og forskning,
3. Styrke sammenhengen mellom miljøpolitikk, innovasjonspolitik og generell økonomisk politikk.

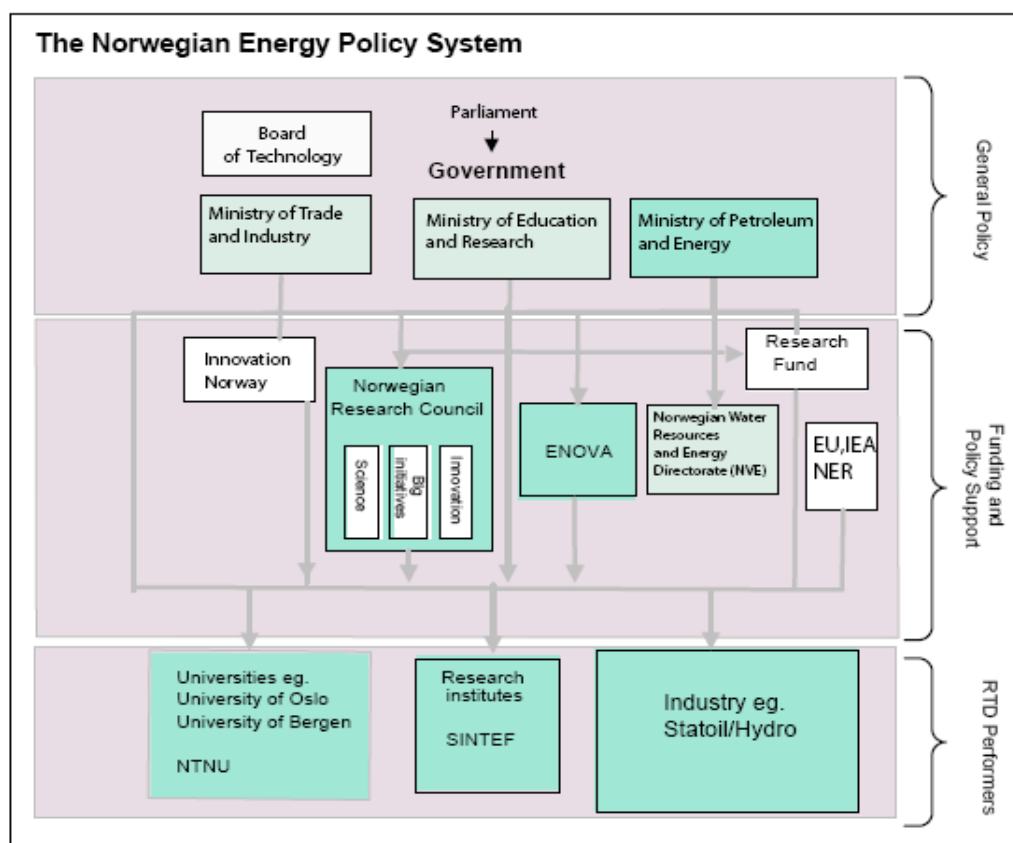
Disse tre anbefalingene skal drøftes videre i kapittel 6, i konklusjonen, men underveis i analysene i neste kapittel vil aspekter knyttet til dette resonnement blir berørt og analysert.

Systemperspektivet

I tråd med hva som er gjeldende oppfatninger innenfor studier av innovasjonssystemer, legger vi til grunn at innovasjon er et systemisk fenomen som skjer i nær interaksjon mellom en rekke forskjellige aktører (jf. bl.a. Lundvall, 1992; Edquist, 1997). Vår analyse av FMEene og potensialet for at forskningsresultatene skal komme til industriell anvendelse vil være basert på et slikt perspektiv. I utgangspunktet fokuserer FME-strategien på en forskningsdrevet teknologiutvikling. Samtidig er en viktig forutsetning for at forskningen skal komme til anvendelse at forskningen er organisert i et tett samspill med ulike industrielle aktører, og at de industrielle partnerne er aktivt involvert i videreutviklingen og implementeringen av teknologien. På denne måten vil det være viktig å ha både et langsiktig perspektiv på forskning og kunnskapsutvikling, og samtidig et parallelt fokus på muligheter for markedsnær og kortsiktig kommersialisering og industriell anvendelse.

Siden utviklingen på området miljøvennlig energi i stor grad er politikkdrevet, er man også avhengig av at ulike rammebetingelser tilrettelegges for å sikre den ønskede utviklingen. Utviklingen av miljøvennlig energi dreier seg således om å utvikle større, ofte nye systemer der ulike typer aktører samhandler i prosesser rundt kunnskapsutvikling og spredning, og herunder å bringe kunnskapen til industriell anvendelse.

Figur 2.3: Det energipolitiske systemet i Norge



Kilde: Klitkou et al 2008.

I figur 2.3 gjengis en oversikt over det norske energipolitiske systemet som viser de viktigste aktørene involvert i prosesser knyttet til forskning, utvikling og industrielle anvendelser av nye energiteknologier, og utviklingen av de nye teknologiene dreier seg om en koevolusjon mellom forskjellige aktører.

I den systemiske tilnærmingen til innovasjon vil man hevde at slike systemer - teknologiske systemer - kan være formet på ulike måter og med ulike geografiske nedslagsfelt, men en hovedtendens er at slike systemer i stor grad vil være forankret i globaliserte nettverk.

De enkelte FMEer er med andre ord ganske små aktører i utviklingen av de nye teknologiene. I analysene av FMEene er det viktig å fokusere på hvordan de enkelte FMEene inngår i større systemer, og hvilke strategier de har for utvikling av allianser innenfor disse systemene. Satsingen på de enkelte FMEer må videre vurderes i lys av de politiske strategiene for å tilrettelegge rammebetingelsene på de ulike teknologiområder, samt utvikling av forskningsstrategier som reflekterer slike forhold.

I tråd med Lundvall (2008) kan det hevdes at utvikling av nye næringsområder basert på miljøvennlig energi dreier seg om å bygge teknologiske systemer som kombinerer ulike sektorer, foretak, institusjoner og reguleringer (Carlsson & Stankiewicz, 1991). Videre kreves det tett samspill mellom miljøpolitikken og forsknings- og innovasjonspolitikken.

En slik tenkning i forhold til næringsutvikling er fundert på en antakelse om at innovasjon og næringsutvikling ikke nødvendigvis skjer innenfor sektorer, men på tvers av eksisterende næringsstrukturer og politiske og forvaltningsmessige avdelinger.⁴

Det kan være utfordringer knyttet til det å legge føringer som åpner for nytenkning utover etablerte sektorielle skillelinjer⁵. Det å skape gode systemiske forutsetninger og rammebetingelser for utvikling av fornybar energi i et næringsklima med en svært høy spesialisering på ikke-fornybar energi representerer dermed spesielle utfordringer. Norge har gjennom flere tiår opparbeidet seg spesialisert kompetanse innenfor offshore olje og gassutvinning, maritime og marine næringer. Dette bør være et godt utgangspunkt for å bidra til viktige nye anvendelser i tilgrensende næringer, dvs. videreutvikling av eksisterende teknologisk kunnskap kombinert med annen og ny kunnskap til nye næringer. Ny teknologi innenfor offshore vind, havenergi, bølge- og tidevannskraft, geotermisk energi eller osmotisk energi er eksempler på relaterte næringsområder. Her kan eksisterende kunnskap i det norske systemet ha gode forutsetninger for innovasjon.

For å unngå stivhengighet innenfor olje- og gass og en motsetning mellom Norges styrke på dette feltet og satsingen på nye fornybare næringer bør man derfor etterstrebe ulike former for samhandling mellom eksisterende og nye miljøer; både innenfor forskning og kunnskapsutvikling, og innenfor kommersialisering og industriell anvendelse. Dette innebærer en mer systematisk søken etter ulike former for grensesnitt og innretninger som balanserer henholdsvis utforskning av ny kunnskap (exploration) og en kommersiell utnyttelse av denne (exploitation) (Cooke, 2004; March, 1991). Her kan samfunnsfaglig forskning bidra til å videreutvikle kunnskapen om forutsetninger som kreves for å skape et samspill mellom eksisterende og nye næringer, samt behov for FoU. Dette er et tema som blir ytterligere omtalt i kapittel 6.

⁴ Denne formen for sektorovergrepene næringsutvikling tematiseres blant annet i nyere forskning på kunnskapsmodi (Jensen, Johnson, Lorenz, & Lundvall, 2007), kunnskapsbaser (Asheim & Coenen, 2005; Laestadius, 2000) og på ulike former for relatert og ikke-relatert mangfold (related and unrelated variety) (Ron Boschma, Eriksson, & Lindgren, 2009; R. Boschma & Iammarino, 2009; Frenken, Oort, & Verburg, 2007).

⁵ NHO-organisasjonen Abelia har fremført kritiske synspunkter i forbindelse med *Klimakur 2020*, se <http://www.dagensit.no/k/smarterenorge/article1857001.ece>

3 Energipolitiske tendenser – fremveksten av en ”grønn” energisektor

Dagens økte satsning på FoU på nye fornybare energiteknologi viderefører og revitaliserer prioriteringer som for alvor startet i midten av 1970-årene, i kjølvannet av det såkalte ”oljesjokket” i 1973, da OPEC (Organisasjonen for petroleumseksporterende nasjoner) som følge av Yom Kippur krigen mellom Israel og Egypt, innførte begrensninger i utvinningen av olje. Dette førte til at oljeprisen steg fra ca US\$ 2 pr fat til over US\$ 12 på kort tid, altså en prisstigning på over 600%. Selv i oljelandet Norge ble det innført begrensninger for å spare på oljeforbruket, bl.a. en periode var det forbud mot kjøring av privatbiler på søndager, og Handelsdepartementet trykket opp rasjoneringskort for bensin, fordi de trodde at rasjonering kunne bli aktuelt ganske snart. IEA ble på dette tidspunktet etablert etter initiativ fra Henry Kissinger, slik at OECD-landene skulle utvikle og bygge ut energikilder som gjorde dem mindre avhengige av olje og de lunefulle OPEC-landene. Selv om utbygging av kjernekraft var viktigste oppgave for IEA i begynnelsen, så fikk utvikling av nye fornybare energi også en plass.

Interessen for utvikling av nye fornybar energiteknologi ble også påskyndet av en annen strømning, om enn fra et helt annet hold, fra en gryende miljøbevegelse. De igangsatte debatter med kritikk som ytterligere bidro til en tidsånd med et endret syn på energiforbruk. Deres synspunkter om rovdrift på naturen, særlig den stigende og hemningsløse bruken av olje og kjernekraft, dumping av miljøgifter og forurensning – og behovet for omlegging av energiproduksjon fikk økende tilslutning. En bok som utkom første gang i 1972, *Limits to Growth* (Meadows, Meadows, Randers, & Behrens III, 1989), fikk særlig stor innflytelse og bidro til å gjøre miljøbevegelse til en politisk legitim kraft – før ble den betraktet som suspekt og nesten subversiv. Gro Harlem Brundtland ble et symbol på den nye anerkjennelsen som miljøbevegelsen fikk. I kjølvannet av dette – særlig utover på 1990-tallet - har forskningen om global temperaturstigning og klimagassenes rolle i dette kommet på høyt på den politiske agendaen – og utvikling av teknologier som kan håndtere CO₂ har fått høy prioritet, slik vi bl.a. ser ved at to av FMEene gjelder dette.

Disse strømningene som hadde sine aner tilbake til 1970-årene reflekteres i statistikk over ressurser som er blitt brukt FoU på energi. De offentlige budsjettene for energiforskning økte kraftig i årene rett etter oljekrisen frem til 1980, for så gradvis å minske til et nivå som lå ca 2/3 under, utover 1980-årene frem til 1987, ned til et nivå som har holdt seg relativt stabilt frem til 2003⁶. FoU rettet mot nye fornybar energi har imidlertid beholdt sin relative andel i energiforskningen, dvs. at den på OECD-nivå har hele tiden ligget på ca 7,6-7,7% av all energiforskning. Men pga av nedgangen i finansieringen av energiforskning totalt, så minsket også finansiering av denne typen forskning utover 1980-tallet. Dermed ser det ut til

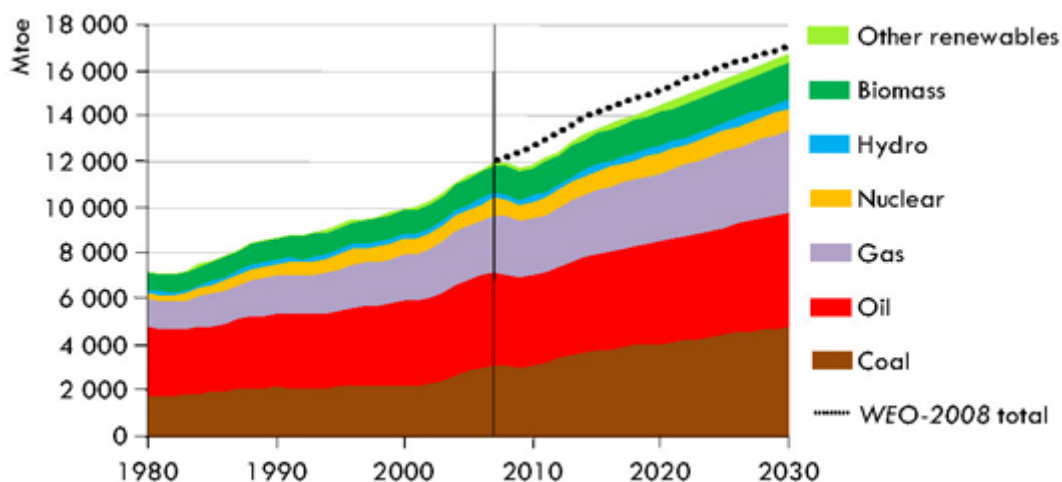
⁶ IEA, *Renewable energy : market & policy trends in IEA countries*, International Energy Agency- OECD, Paris 2004

at FoU på nye fornybar teknologi var relativt upåvirket av de politiske strømningene, opinionsdannelsen og debattene som foregikk i det offentlige rom, bl.a. i forbindelse med FNs "Rio-konvensjon" av 1992 og den såkalte "Kyoto-avtalen" fra 1997. Da FNs klimapanel (IPCC) la frem sin fjerde rapport i 2007 på Bali, kom dette på et tidspunkt da hovedtyngden i den politiske opinion i de fleste OECD-landene anerkjente alvor i klimautviklingen, og det førte til en rekke politiske initiativ for en mer klimavennlig utvikling. I Norge ga dette seg uttrykk i det såkalte "Klimaforliket" fra januar 2008. Som en følge av dette økte også interessen for utvikling av energiteknologi, særlig utvikling av teknologier for utnyttelse av fornybare energikilder, og finansiering av forskning og utvikling ble en del av forliket. Bak dette ligger det selvsagt en forhåpning om at det skal være mulig å utvikle nye teknologier som på sikt blir like billige, pålitelige og effektive som de eksisterende teknologiene, særlig de som baserer seg på bruk av fossilt brensel.

Etterspørsel etter energi i fremtiden

Anslagsvis 80-90% av verdens energiforbruk (totalforbruk er anslått til ca 15,8 TW) er basert på bruk av fossilt brensel. Mengden av utvinnbar fossilt brensel, særlig olje, vil minke i fremtiden fordi kildene tømmes ut, selv om det er forekomster som fortsatt vil være store i lang tid ennå. Dette gjelder forekomsten av kull, som det vil være rikelig tilgang på ut fra dagens volum i forbruk, helt frem til år 2165. Om enn i litt mindre omfang gjelder dette også forekomsten av naturgass; eksempelvis har nye metoder (horisontalboring) for utvinning fra gassholdige skifersedimenter i Nord-Amerika vist at store forekomster av utvinnbar naturgass vil kunne utvinnes i nær fremtid. I et perspektiv på noen generasjoner vil imidlertid tilgangen på fossilt brensel før eller siden ta slutt – og i mellomtiden kan bruken av dette føre til stor skade – og kanskje ikke så stor glede og velstandsutvikling. Dagens bruk av fossilt brensel fører til store utslipp av klimagasser (global oppvarming) og generell, om enn lokal, forurensing av luft og vann, slik man kan se mange steder rundt om på vår klode. I nåtiden gjelder det siste særlig Kina, men det var også slik i Europa i siste halvdel av 1800-tallet og første halvdel av 1900-tallet da forbruket av kull var stort i industrien, i transport og i husholdninger.

Figur 3.1: IEAs Reference Scenario for det globale energiforbruk frem til 2030



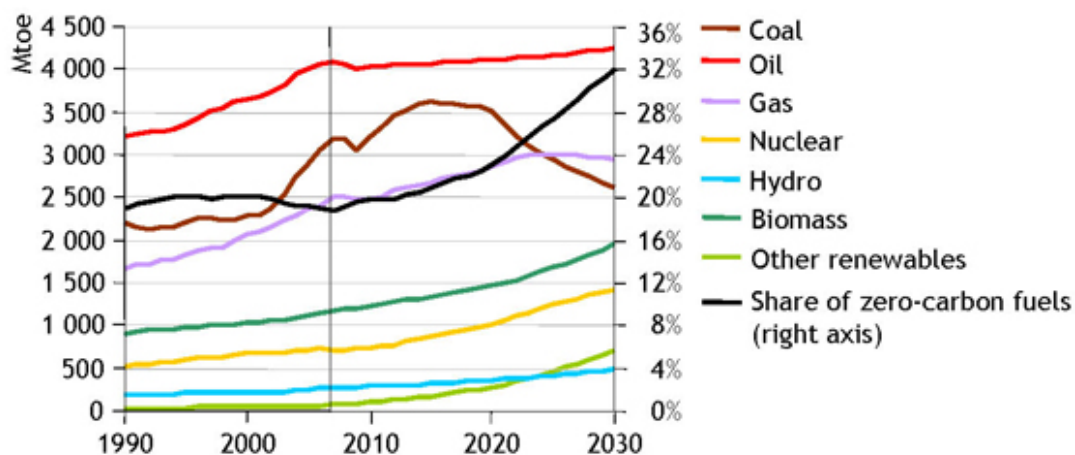
Kilde: IEA, *World Energy Outlook 2009*, Paris: IEA/OECD, s 75

Ut fra hva vi vet nå om samfunnsutviklingen i moderne samfunn er økt etterspørsel etter energi noe som man kan anta som gitt. I følge IEA vil etterspørselen øke fra dagens volum (2007) som er estimert til 12 milliarder tonn oljeekvivalenter, til ca 16,8 milliarder tonn oljeekvivalenter i 2030, gitt at dagens energipolitikk og teknologiske løsninger forblir uendret. IEA kaller dette for "Reference Scenario" og har beregnet at denne utviklingen har en vekstrate på 1,5% pr år. Figur 1 viser denne prognosen – og den viser at andelen nye fornybare energikilder utgjør en beskjeden andel av veksten frem mot 2030, gitt at dagens politikk innen energi ikke endres.

Fremtidsutsiktene som speiler seg i IEAs "Reference Scenario" er både dystre og dramatiske, spesielt når de sammenholdes med hvor vanskelig det er å oppnå enighet om en politikk som kan sette verden på en mer bærekraftig utviklingsbane mht utvikling og innføring av nye fornybare energiteknologier. IEA skriver om dette at "The scale and breath of the energy challenge is enormous – far greater than many people realize. But it can and must be met././ Households and businesses are largely responsible for making the required investments, but governments hold the key to changing the mix of energy investments" (IEA, 2009, s. 41). I følge IEA vil etterspørselen etter elektrisitet være den viktigste driveren for veksten i etterspørselen etter energi frem til 2030. Ut fra dagens energiproduksjonsmåter innebærer dette økt forbruk av gass og kull. I løpet av siste året har finanskrisen lagt en demper på investeringer energisektoren, men det er forventet at land utenfor OECD, særlig Kina og India og øvrige asiatiske land vil lede an i å øke sin etterspørsel etter energi frem mot 2030. IEA peker også på at 1,5 milliarder mennesker bosatt på landet fortsatt mangler tilgang til elektrisitet – dette gjelder særlig i Afrika og sørlig Asia. I løpet av de neste 20 årene vil denne gruppen også være en betydelig faktor i økt etterspørselen etter elektrisitet.

IEA foreslår, som et alternativ til "Reference Scenario", det de kaller "450 Scenario", hvor 450 henspiller på målsetningen om at global oppvarming kan unngås hvis utslippene av CO₂ stabiliseres på 450 ppm innen 2030. I *World Energy Outlook 2009* er det lagt frem en rekke forslag til hvordan en slik målsetning skal kunne oppnås, men ut fra dette ser IEA for seg en utvikling i det globale energiforbruket som vist i figur 3.2.

Figur 3.2: IEAs "450 Scenario" for den globale energietterspørselen frem til 2030



Kilde: IEA, *World Energy Outlook 2009*, Paris: IEA/OECD, s. 213

Ut fra tallene som presenteres her forventes andelen av nye fornybare energikilder utenom vannkraft å være ca 6% av totalforbruket i 2030, mens bioenergi har en andel på 16%. Den sterkeste veksten vil imidlertid være inne nye fornybare energikilder utenom vannkraft, i følge denne prognosen, mens andelen av det som kalles "zero-carbon fuels" også vil øke kraftig. I sum betyr dette at ut fra et overordnet, makro-perspektiv vil det definitivt være en sterk etterspørsel etter de teknologiene og kunnskapen som FMEene skal frembringe.

Politikkdrevet innovasjonsutvikling

Utviklingen av en "grønn" energisektor basert på utvikling av nye fornybare energiteknologier er i stor grad politikkdrevet – og dermed uttrykk for politisk vilje som samtidig anerkjenner at det å bygge opp en "grønn" energisektor innebærer målsetninger, særlig teknologiske, som markedet ikke er i stand til å løse, dvs. markedssvikt. Denne tidsånden, som altså har sine aner tilbake til 1970-årene, har gradvis kommet høyere og høyere på den politiske dagsorden – og dermed også ført til en rekke politiske initiativ og prosesser som sikter seg inn på å skape en ny, klimavennlig "grønn" energisektor. Denne fremveksten har ikke skjedd uten friksjoner og konflikter, slik verden har var vitne til under FN's Klimakonferanse i København i desember 2009. Tendensen er allikevel helt entydig. Som følge av disse prosessene er det fattet en rekke klimapolitiske vedtak de siste årene – både internasjonalt og nasjonalt – med målsetning om å bygge opp en "grønn" energisektor, hvorav de som er mest relevante for FMEene skal kort omtales:

EUs visjon om ”20 20 by 2020” er en målsetning om at EU innen år 2020 skal redusere sine utslipp av drivhusgasser med 20% i forhold til utslippsnivået i 1990, og at 20% av EUs energiforbruk på dette tidspunktet skal stamme fra nye fornybare energikilder ⁷. Denne målsetningen berører også Norge gjennom EØS-avtalen. Visjonen skal implementeres gjennom fire juridisk bindende tiltak:

- Et direktiv om et europeisk handelssystem (European Emission Trading System – EU ETS) for utslippskvoter som skal dekke 40% av drivhusgassutslippene fra EU,
- En kommisjonsbeslutning som skal sette nasjonale mål for utslipp av drivhusgasser innen de områdene som ikke dekkes av EU ETS,
- Et direktiv som angir bindende mål for hvordan andelen av energi produsert fra nye fornybare kilder skal økes,
- Et direktiv som skal utarbeide et juridisk rammeverk for en miljømessig og sikker anvendelse av karbonfangst og lagringsteknologier.

EUs visjon om ”20 20 by 2020” er ambisiøs, slik EU ofte kan være om målsetninger som ligger langt inne i fremtiden, men den er i samsvar med tilsvarende målsetninger som bl.a. fremkommer i FN-sammenheng (ICCP) og IEA.

*Klimakur 2020 – Tiltak og virkemidler for å nå norske klimamål mot 2020*⁸ er en utredning som ble fremlagt av Klima- og forurensingsdirektoratet (tidligere SFT) i februar 2010. Utredningen angir oppfølging av den norske Klimameldingen fra 2007⁹ som grunnlag for arbeidet, men den omtaler også EUs visjon ”20 20 by 2020” som ”sentral” (s.7) – og forholder seg eller til den klimapolitiske utviklingen i EU, noe som gjenspeiles i at målene oftest er satt til årstallet 2020, slik EU gjør. Et hovedfokus i utredningen er norsk reduksjon av klimagassutslipp, med utgangspunkt i Klimaforliket fra 2008. Her ble det formulert en målsetning om at utslippene i Norge skal reduseres med 15-17 millioner tonn CO₂-ekvivalenter innen 2020, slik at utslippsnivået i Norge i 2020 blir på ca 45-47 millioner tonn CO₂-ekvivalenter pr år. I 2008 var det norsk utslippet på 54 millioner tonn CO₂-ekvivalenter – og prognosene sier at dette vil øke til 59 millioner tonn CO₂-ekvivalenter i 2020 hvis det ikke innføres nye tiltak. Målsetningen i *Klimakur 2020* ligger på samme nivå som EUs ”20 20 by 2020” mht reduksjon av klimagassutslipp i Norge. I utredningen er det gitt detaljerte, forslagsvise anvisninger om hvordan utslippsreduksjonen skal oppnås i de mest utslippsintensive sektorene i Norge, hvorav de viktigste er:

- *Transport*: Utslippsreduksjon på 3-4,5 millioner tonn CO₂-ekvivalenter innen 2020, som bl.a. kan oppnås med økt forbruket av biodrivstoff og øke andelen av kjøretøyer med lavt utslipp (elbiler, hybridbiler, etc.),
- *Petroleumsvirksomheten*: Utslippsreduksjoner, særlig gjennom utbygging av karbonfangstanlegg og –lagring (CCS), med et samlet reduksjonspotensial på ca. 5,5 millioner tonn CO₂-ekvivalenter i 2020,

⁷ http://ec.europa.eu/commission_barroso/president/pdf/COM2008_030_en.pdf

⁸ <http://www.klimakur.no/>

⁹ St. meld. Nr 34 (2006-2007), *Norsk klimapolitikk*

- *Industri*: Utslippsreduksjoner på 4,3 millioner tonn CO₂-ekvivalenter i år 2020 (omfatter ikke CCS-tiltak), særlig ved å ta i bruk trekull og biomasse i stedet for fossilt brensel, og ellers gjennom energieffektivisering og prosessforbedringer.
- *Bygg*: Utslippsreduksjoner på ca 3 millioner tonn CO₂-ekvivalenter i år 2020, særlig ved å erstatte bruk av fossilt brensel med bioenergi og innføring av fjernvarme til oppvarmingsformål, etc.
- *Avindustrialisering*: Utslippsreduksjoner på 3,8 millioner tonn CO₂-ekvivalenter i år 2020 gjennom ”nedtrapping av virksomheter i prosessindustrien”.

Den samfunnsøkonomiske kostnaden av forslagene i *Klimakur 2020* er anslått til 5 milliarder kroner. I *Klimakur 2020* er det foreslått en rekke andre tiltak og med tilhørende, detaljerte beregninger.

Gjennomgangen ovenfor av politiske initiativ og planer viser at det vil oppstå en etterspørsel etter teknologiske løsninger av et betydelig omfang hvis målsetningene skal virkeliggjøres – både nasjonalt (hjemmemarked) og internasjonalt, for eksempel i EU-landene, slik EUs visjon om ”20 20 by 2020” innebærer. Generelt forutsetter disse planene en kraftig vekst i elektrisitetsproduksjon fra nye fornybare energikilder, men også bruk av bioenergi. Derneft forutsetter alle planene utvikling av teknologier og systemer relaterte især til CO₂-fangst og –lagring – dette for å redusere utslipp av klimagasser. Videre forutsetter de politiske målsetningene en betydelig grad av teknologisk substitusjon, for eksempel overgang til varmeproduksjon og fremdriftsteknologi som primært bruker ikke-fossil, fornybar energi, dvs. elektrisitet (men også hydrogen er aktuell). Planene forutsetter også implementering av en rekke energiøkonomiserende tiltak (for eksempel bedre isolasjon av bygg, etc.) og energioptimaliserende systemutvikling, slik som sammenkobling i system produksjon av energi fra vind, sol, vann, biobrensel, etc. i integrerte energiforsyningssystemer. FMEene plasserer seg sentralt i denne etterspørselen etter ny teknologi. Det behovet som denne etterspørselen reflekterer er drevet frem av politikk – og vil bli finansiert gjennom politiske vedtak. Dermed er en viktig forutsetning for å lykkes med å skape teknologiske innovasjoner tilstede, slik man har sett i utvikling av innovasjoner i andre områder der politisk vilje har vært en viktig drivkraft (Godoe, 2000; 2006; Nerdrum & Godoe, 2006) – noe som gjør at Jens Stoltenbergs metafor om ”månelanding” har en berettigelse i denne sammenheng.

4 FMEenes innovasjons- og kommersialiseringsstrategier

Utfordringen i analysene av FMEene – om hvordan de skal kunne maksimere sitt potensial for å bli realisert – krever en fortolkning og operasjonalisering av begrepene ”potensial” og ”å bli realisert”. Som resultat av analysen mener vi at dette best kan gjøres ved å ta utgangspunkt i FMEenes innovasjons- og kommersialiseringsstrategier og –aktiviteter, slik vi har redegjort for i kapittel 1 om analyseopplegget. Med denne tilnærmingen skal FMEenes innovasjons- og kommersialiseringsstrategier presenteres og analyseres i dette kapitlet, ut fra perspektiver i innovasjonsforskningen. I neste kapittel skal analysen ta for seg de omgivelser FMEene befinner seg i mht markedsmuligheter, institusjonelle, politiske og andre faktorer mht rammebetingelser som har betydning for FMEenes fremtidsutsikter i det som oppdraget har formulert som ”hvordan FMEene skal maksimere sitt potensial for å bli realisert”.

Om målsetningene med FME

Som påpekt i forrige kapittel er noen viktige, overordnede politiske forutsetninger på plass for å tilrettelegge for utvikling av en grønn energisektor basert på fornybare energikilder. Det overordnede målet bak Energi21-strategien er at Norge skal bli Europas fremste energi- og miljønasjon, og implikasjonen av dette er at det skal tilrettelegges for utvikling av industrielle aktører som kan bidra til å bringe Norge i en slik posisjon. Den forskningen som organiseres gjennom FMEene skal altså være et bidrag til å nå et slikt mål. Målet for FMEene er med andre ord at de skal bidra til en teknologi- og kunnskapsutvikling som kommer til industriell anvendelse, og en sentral problemstilling er dermed hvordan forskningen kan organiseres i samspill med relevante næringsaktører slik at de bidrar til den ønskede industrielle utviklingen. Samtidig er det viktig med bevissthet om at FME-initiativet er et typisk teknologi-push tilbud - man legger opp til en forsknings- og teknologidrevet utvikling. For at en slik strategi skal lykkes, er man imidlertid avhengig av at det utvikles markeder for de aktuelle teknologiene, og dette er igjen avhengig at det offentlige tilrettelegger ulike rammebetingelser som sikrer at det skapes slike markeder. Når vi i denne analysen skal søke å gi svar på hvordan FMEenes potensialer skal kunne realiseres, dreier det seg således om ganske kompliserte problemstillinger, idet det er spørsmål om hvordan ulike systemer bestående av forskningsaktører, industrielle aktører og markeder skal kunne utvikles i et samspill for å sikre den ønskede utviklingen av de aktuelle sektorer. Vi vil derfor splitte analysen i to deler. Det ene hovedspørsmålet er hvilke strategier de enkelte FMEer har for å sikre at forskningsresultatene kommer til industriell anvendelse. Det andre hovedspørsmålet gjelder hvordan rammebetingelser må tilrettelegges for å sikre dette. I dette kapitlet diskuterer vi FMEenes strategier, mens de politiske rammebetingelsene, markedsforhold og andre forhold av betydning diskuteres i neste kapittel.

Et utgangspunkt for å drøfte FMEenes strategier kan være Forskningsrådets fire mål for FMEene der det heter at det enkelte FME skal:

1. Stimulere brukerpartnerne til innovasjon innen det aktuelle temaområdet gjennom økt satsing på langsiktig forskning, og gjøre det attraktivt for bedrifter som arbeider internasjonalt, å etablere FoU-virksomhet i Norge.
2. Skape aktivt samarbeid mellom innovativt næringsliv, forvaltningsorganer og fremstående forskningsmiljøer.
3. Fremme utvikling av anvendelsesorienterte forskningsmiljøer som ligger i den internasjonale forskningsfronten og som inngår i sterke internasjonale nettverk
4. Stimulere til forskerutdanning på områder som er viktig for brukerpartnerne og til forskningsbasert kunnskaps- og teknologioverføring.

Som omtalt i kapittel 1 ble de åtte FMEene valgt etter en relativt omfattende søkeprosess basert på konkurranse, og med bruk av ekspertpaneler for identifisering av de best kvalifiserte søkerne. Sentrale kriterier i denne sammenheng har vært faglig relevans, sentrenes sammensetning og gjennomføringsevne, samt samfunnsøkonomisk nytteverdi og næringsmessig relevans. Et sentralt poeng med å organisere FMEene på samme måte som Sentre for Forskningsdrevet Innovasjon (SFI), er for øvrig å sikre den næringsmessige relevansen gjennom et samarbeid med industrielle partnere.

Når det gjelder de fire punktene angitt fra Forskningsrådet, er trolig punkt 4 om forskerutdanning kanskje det som er enklest å oppnå for FMEene fordi de oftest har universitetsinstitusjoner som forskningspartnere, og de har rutiner og erfaring med å håndtere dette. I academia gir det dessuten prestisje og mange andre fordeler med å satse på doktorgrads-utdanning. Industripartnerne mener dette er en viktig oppgave for FMEene fordi de er interessert i utdanning av eksperter som de senere kan rekruttere, hvis de har behov for det. Dette alene er en faktor som motiverer en del industripartnere fordi de speider hele tiden etter dyktige folk. En problemstilling som imidlertid kan reises i denne sammenheng er den langsiktige effekten av denne type kompetanseinvestering ut fra et nasjonalt interesseperspektiv. Det er et generelt inntrykk at en stor andel av doktorgradsstudentene og post.doc'er innenfor disse teknisk-naturvitenskapelige fagområder er rekruttert i utlandet. Dette er positivt ut fra mange kriterier, men det er sannsynlig at en del velger å forlate Norge etter avsluttet utdanning.

Punkt 3 om forventningene til FMEene om å fremme utvikling av anvendelsesorienterte forskningsmiljøer som ligger i den internasjonale forskningsfronten og som inngår i sterke internasjonale nettverk er også et potensial som FMEene i utgangspunktet har gode muligheter å realisere. FMEene tilhører og har sin identitet knyttet til internasjonale forskersamfunn og –nettverk innen de fagdisipliner og forskningsorienterte teknologiutviklingsområdene som de er forankret i. Dette kommer blant annet til syne i søknadene og årsplaner for FMEene, som viser at de er orientert mot et internasjonalt forskersamfunn, for eksempel gjennom planlagte bidrag på internasjonale forskerkonferanser med høy faglig standard, publiseringsplaner i anerkjente internasjonale tidsskrifter, etc. Mange av forskningspartnerne deltar dessuten i internasjonalt FoU-

samarbeid, for eksempel gjennom deltakelse i prosjekter i regi av EUs rammeprogrammer. FME-ordningen gir gode muligheter for denne type deltakelse mht finansiering, men viktigst, deltakelse er en indikator på faglig kvalitet for den norske institusjonen som deltar, dvs. at de oppfyller noen av kriteriene som ligger i punkt 3 ved å delta.

Punktene 1 og 2 er mer komplekse og krever mer detaljerte vurderinger, noen vi følger opp i gjennomgangen av de ulike teknologiområder med tilhørende FMEer i resten av kapitlet. Generelt kan det imidlertid anføres at det å stimulere brukerpartnere til innovasjon, og å skape et aktivt samarbeid mellom innovativt næringsliv og forvaltningsorganer er svært krevende oppgaver (Godø, 2009). Selv om dette er kanskje FMEenes viktigste oppgaver, så forutsetter dette vilje og interesse fra partnernes side.

FMEenes industrielle partnere representerer et visst mangfold. Mange av dem er store industrielle aktører, for eksempel multinasjonale selskap som BP, Conoco og StatoilHydro som utvilsomt har ressurser til å inngå i et aktivt partnerskap. Men også en del små og mellomstore bedrifter er partnere, og det kan være et spørsmål i hvilken grad de har tilstrekkelige forutsetninger for å inngå som partnere i.

Et annet spørsmål gjelder hvilken interesse de industrielle aktørene har med hensyn til å bidra aktivt i den teknologiske og industrielle utviklingen som FMEene skal bidra til. Som påpekt ovenfor er de interessert i at FMEene utdanner forskere, enten fordi de selv ønsker å rekruttere dem i fremtiden, eller fordi de ønsker at det skal være et lett tilgjengelig ekspertmiljø i Norge som de kan benytte. Som hovedregel vil vi anta at de fleste partnere går inn i et samarbeid med en genuin interesse for å bidra aktivt til teknologiutviklingen og integrere den i sin egen strategi. Men samtidig er det viktig å være bevisst på at enkelte bedrifter kan ha flere motiver. Noen bedrifter, spesielt store, synes å delta i slikt samarbeid som ledd i en mer generell teknologi- og konkurrentovervåkingsstrategi, ut fra en teknologipolicy om heller være en rask "second mover" (Gilbertand & Bormbaum-More, 1996) mht teknologiutvikling. Det kan derfor tenkes at de deltar i et FME fordi det gir dem en god utkikkspost til noe som potensielt kan bli viktig for dem (og deres konkurrenter), men uten at de selv i utgangspunktet ser for seg en aktiv rolle i implementering av teknologien før konkurranseforhold gjør det nødvendig. Hvis så skjer vil de da kunne komme raskt på banen som "second mover".

I det følgende gjennomgår vi en del forhold ved de enkelte FMEenes strategier for at deres resultater skal komme til industriell anvendelse, det vi enkelt kan kalle deres innovasjonsstrategier. For en bredere beskrivelse av de åtte FMEene vises til omtale i Vedlegg 1, her omtaler vi bare de mest sentrale forholdene vedrørende deres innovasjonsstrategier.

CO₂-fangst, transport og lagring

De to FMEene BIGCCS og SUCCESS arbeider innen dette området. BIGCCS har fokus på hele CO₂kjeden fra CO₂-fangst og transport til CO₂-lagring, mens arbeidsområdet for SUCCESS er avgrenset til CO₂-lagring. Utviklingen innenfor området CO₂-fangst, -transport og -lagring er helt og fullt politikkdrevet, dvs. at klimapolitiske målsetninger og forpliktelser om reduksjon av CO₂-utslipp driver utviklingen. I dette bildet har et internasjonalt handelssystem for CO₂-utslipp en viktig rolle, men den store teknologiske utfordringen er at avstanden mellom kvotepriser for CO₂ og kostnadene ved CO₂-håndtering fortsatt er store. Målsetningen med FMEene er å bidra til utvikling av teknologi og løsninger som vil redusere kostnadene og energibruken drastisk for CO₂-håndtering.

Det foregår FoU og teknologiutvikling på dette området i mange land. I Norge har disse aktivitetene tilknytning til olje- og gassindustrien, men også til energiintensiv prosessindustri og teknologibedrifter. Det foregår utprøving av teknologiske løsninger for CO₂-fangst og -lagring i regi av denne industrien, eksempelvis har Statoil siden 2005 drevet et CO₂-prosjekt på Sleipnerfeltet, hvor CO₂ fra naturgass som utvinnes her blir utskilt og pumpet ned til saline sedimenter langt nede i jordskorpen. På Mongstad bygger StatoilHydro et anlegg for CO₂-fangst knyttet til oljeraffineriet og for et fremtidig gasskraftverk, dette med en foreløpig prislapp på 25 milliarder kroner. Aktørene i disse aktivitetene er også deltakere i de to FMEene BIBCCS og SUCCESS. Noen av disse kjennetegnes av at de, som StatoilHydro, utfører FoU i egen regi i et stort omfang, slik at aktivitetene i FMEene er komplementære til de som foregår i bedriftene.

Det viktigste grepet i innovasjonsstrategien til BIGCCS er å legge ansvaret for implementering av strategien til en ekstern partner, nemlig Studio Apertura, som er en del av NTNU Samfunnsforskning. Studio Apertura har bred kompetanse i arbeid med innovasjonsprosesser, og prosjektlederen som skal ha ansvar for innovasjonsstrategien, har selv flere års erfaring med organisering av innovasjonsprosesser i et større norsk selskap. Som ledd i innovasjonssstrategien skal det etableres en "Exploration and Innovation Advisory Committee" som skal ha det overordnede ansvaret for innovasjonsstrategien, Et mål er å utvikle arbeidsprosesser med fokus på innovasjon, og det arbeides også med sikte på å gjennomføre analyser av innovasjonspotensialet på ulike områder. Som ledd i dette skal det identifiseres spesifikke delprosjekter eller arbeidsprosesser av spesiell interesse for innovasjon. Det planlegges videre aktiviteter som "creative workshop" og "Consortium Day" som tiltak som skal fremme innovasjon.

Et poeng av relevans for innovasjonssstrategien er at prosjektet i stor grad er forskerdrevet. I sentrets organisasjonsmodell kan det se ut som om innovasjonsperspektivet er lite integrert med de aktivitetene der industripartnerne deltar. På den annen side er det et betydelig sammenfall mellom de industrielle aktørenes forskningsmessige interesser og sentrets interesser. Partnerne er alle sterkt involvert i prosesser med å ta i bruk CCS-teknologien. Hensikten er at samarbeidet med partnerne vil kunne bidra til å utløse

innovasjoner og kommersielle anvendelser. For alle de industrielle aktørene er det å ta i bruk teknologien deres primære motivasjon for å delta i samarbeidet. En viktig forutsetning er imidlertid at man lykkes i å organisere et godt samspill mellom forskningsmiljøene og de industrielle partnerne. BIGCCS har planlagt et samarbeid om kommersialisering med TTOene i Trondheimsmiljøet, og vil bruke både NTNU Technology Transfer og Sinvent.

I motsetning til BIGCCS, har SUCCESS hittil ikke utviklet noen innovasjonsstrategi, i alle fall har ikke vi fått tilgang til planer som tyder på dette. Dette henger trolig sammen med at om SUCCESS som FME foreløpig ikke er ferdigforhandlet og arbeidet i SUCCESS har ikke har kommet i gang.

Bioenergi

På dette området er det bare en FME – CenBio – som har en delt ledelse, med Sintef Energiforskning i Trondheim som prosjektleder og Norsk senter for bioenergiforskning tilknyttet Universitetet for miljø- og biovitenskap (UMB), som prosjektansvarlig. CenBios utvikling og fremtidsutsikter nært knyttet til en miljøpolitisk målsetning om utvikling av bioenergi, og sentret har et ambisiøst mål om å gi et betydelig bidrag til næringsutviklingen på dette området. CenBio har et stort antall industrielle partnere som representerer ulike næringsområder, og samspillet med disse vil ha stor betydning for at CenBios forskningsresultater skal komme til industriell anvendelse. Teknologisk sett er utfordringene innen CenBios arbeidsområder av inkrementell art (men ikke-trivielle). Dette gjelder effektivisering og videreutvikling av kjente teknologier, hvor målsetninger er å utvikle mer kosteffektive løsninger slik at bioenergi kan bli mer konkurransedyktig i forhold til andre energikilder, samt utvikle mer miljøvennlig teknologi og bruksområder. Et eksempel på dette er FoU relatert til biogass fra avfallsdeponier og bruk av forskjellige former for trevirke til oppvarming av varmesentraler for fjernvarmeanlegg.

CenBio er organisert med et rådgivende organ for innovasjon og industriell anvendelse - Exploitation and Innovation Advisory Board (EIAB) – som er ledet av en av de industrielle partnerne. I tillegg har CenBio har et eget delprosjekt – SP5 Knowledge transfer and innovation – med et relativt bredt anlagt opplegg for kompetanseoverføring og innovasjon. Dette består av tre deler:

- WP5.1 Bio-Energy Graduate School
- WP5.2 Knowledge Transfer and Dissemination
- WP5.3 Innovation Management

Blant disse er det WP5.3 som er av spesiell interesse i vår sammenheng. Formålet med denne arbeidspakken er å strukturere og tilrettelegge for prosesser som kan føre til at resultatene tas i bruk. Dette omfatter også analyse og utprøving av nye muligheter. Som del av innovasjonsstrategien inngår også å skape et miljø som stimulerer til entreprenørskap. Planer om en årlig Bioenergy Innovation Award inngår i dette, og det planlegges opprettet en komité for å arbeidet med dette.

CenBio har en ambisjon om å bruke de industrielle partnerne aktivt for å fremme kopling mellom innovatører og potensielle partnere for utvikling og anvendelse av den aktuelle innovasjonen. WP5.3 er splittet opp i følgende fire punkter:

- Shared Innovation Platform (5.3.1) - Utvikling av felles perspektiver på hva slags forventninger man skal ha til innovasjoner i CenBio, konkretisering av mål for innovasjonsaktiviteten, og holde en løpende diskusjon om hvordan aktuelle innovasjoner kan utvikles og introduseres i markedet.
- Nurturing of Entrepreneurship (5.3.2) - Utvikle økt oppmerksomhet for det industrielle og økonomiske potensialet i forskningsaktiviteten i sentret, nominering av kandidater til den årlige bioenergi innovasjonsprosen, og organisering av innovasjonsworkshop. Første workshop var planlagt i nov 2009, men er utsatt til 2010.
- Industrialization, Commercialization and Business Development (5.3.3) - Opprette samarbeid med TTO-kontorene ved SINTEF i Trondheim (Sinvent) og i Ås (Bioparken)
- Continuous application effort (5.3.4) – Aktivitet som skal følge løpende med i muligheter for å søke om midler til å styrke aktiviteten i CenBio på relevante områder.

Vindkraft

På dette området er det to FMEer, NORCOWE og NOWITECH. Begge FMEene har til felles at de tar sikte på utvikling av vindkraft på anlegg til havs, dvs. offshore vindkraft, men med litt forskjell mht fokus og vektlegging innen FoU-områder og teknologiutvikling, selv om det er et betydelig overlapp og sammenfall mellom de to FMEene. NORCOWE, som har sin base hos Christan Michelsen Research (CMR) i Bergen, har litt større fokus på FoU relatert til naturens krefter ute på havet (vind, strøm, bølger, temperatur, etc.), mens NOWITECHs hovedfokus er på teknologiutvikling. Det er også noe forskjell mellom de to mht nettverk og samarbeidspartnere: NOWITECH fremstår som ”veteran” innen utvikling av offshore vindkraftutvikling fordi den er etablert på et nettverk som har eksistert i mange år. NOWITECH har base på Sintef i Trondheim og har langvarige samarbeidsrelasjoner med NTNU og Institutt for energiteknikk om utvikling av vindkraftteknologi. NORCOWE, som ble etablert i forbindelse med søknaden om FME, representerer til sammenligning en ”nykommer” på feltet. Begge har til felles at de støttes av den sterke politiske viljen som ligger i prioritering av FoU og teknologiutvikling innen fornybare energikilder, men ambisjonene og fremtidsutsiktene for offshore vindkraft er allikevel forskjellig fra de andre FMEene.

Det knytter seg til forventningene om fremtidig marked for elkraft produsert fra offshore vindanlegg. I forbindelse med planene om ”Demo 2020”¹⁰, som skal omtales nærmere nedenfor, blir det vist til at det foreligger planer som tilsier at markedet for offshore vind kan anslås til tusen milliarder kroner frem til 2020 for rundt 40GW vindkraft. I følge samme kilde er utbyggingen av Doggerbank beregnet til rundt 300 milliarder kroner. Frem mot 2030 er det planlagt å bygge ut 150 GW offshore vindkraft. Det betyr et marked på flere

¹⁰ <http://www.forskningsradet.no/no/Nyheter/Fra+FoU+til+test+og+demonstrasjon/1253954327262&kilde=f>

tusen milliarder kroner. Men det er tvilsomt om det finnes et norsk hjemmemarked for denne kraften pga forventet høy pris på produsert kraft. I dag er de norske subsidiene for denne type kraft så lave at offshore vindkraft ikke er konkurransedyktig – prisgapet i forhold til vannkraft fra fastlandet, som det er overskudd av, er såpass høyt at det er små utsikter til at offshore vindkraft kan forsyne et hjemmemarked. Det kan derimot være et konkurransedyktig alternativ for kraftlevering i forbindelse med elektrifisering av offshore petroleumsanlegg, hvis dette blir aktuell politikk for reduksjon av CO₂-utslipp. Kongstanken bak satsningen på offshore vindkraft er at norske bedrifter skal bli store på utbygging og drift av vindfarmer utenom Norge, dette som et nytt forretningsområde. Det skal videreutvikle og posisjonere norsk verksteds- og teknologiindustri inn i et forretningsområde som er under sterk vekst i Europa og ellers i verden.

I utgangspunktet var det vanskelig å få øye på disse mulighetene mht NORCOWE av mange grunner, blant annet fordi NORCOWE ikke har fremlagt planer for innovasjons- og kommersialiseringsaktiviteter, ei heller har tatt organisatoriske grep for å tydeliggjøre dette. NOWITECH har derimot eksplisitte planer og organisatoriske implementering (Commercial and Innovation Committee - CIC) relatert til innovasjons- og kommersialiseringsaktiviteter.

CICs oppgave å bidra til å omsette forskningsresultater til produkter, prosesser og tjenester. Det fokuseres på fire hovedmåter:

- Industripartnerne skal delta i relevante arbeidspakker og eventuelle utvidelser av disse gjennom etablering av kompetanseprosjekter med brukermedvirkning (KMB) og brukerstyrte innovasjonsprosjekter (BIP), som er prosjektyper støttet av Norges Forskningsråd.
- Samarbeide med små og mellomstore bedrifter (SMB) med utgangspunkt i halvårlege seminarer med Innovasjon Norges bedriftsnettverk, hvor resultater kan presenteres og hjelp til kommersialisering kan drøftes.
- Kommersialisering og innovasjon gjennom etablering av spin-outs. Denne type kommersialisering kan skje med bakgrunn i ideer/resultater generert av senteret. Man etablerer da et firma under rådgivning og i samarbeid med relevant kommersialiseringsenhet (Campus Kjeller, Sinvent, TTO).
- Etablering av et system for håndtering og evaluering av ideer som ”kommer inn”. Det nevnes at disse ideene kan komme fra enkeltpersoner eller fra SMBer. Målet er å være villig til å bruke tilstrekkelig med ressurser til å evaluere innspilte ideer for så å lede ideene videre til finansiering ved prosjektstøtte fra NFR og Innovasjon Norge.

CIC er organisert som en komité med deltakelse fra industripartnerne og ledes av en av industripartnerne. I skrivende stund har CIC hatt to komitemøter og har med det etablert seg og akkurat kommet i gang med planlegging av aktiviteter. Det er planlagt at CIC-leder og CIC-sekretær skal møte arbeidspakkelederne to ganger i året. For 2010 er det planlagt at entreprenørskapsstudenter ved NTNU (siv.ing) skal gjennomføre intensive arbeidssamlinger med bakgrunn i ideer for kommersialisering fra industripartnerne. Industripartnerne forventes å drive idemyldring blant sine ansatte og komme opp med en ide, et problem, eller

et konsept, som studentene skal ta videre. Intensjonen med CIC er at den skal etablere en portefølje av kommersialiseringsaktiviteter. NOWITECHs budsjett for arbeid i regi av industripartnerne er imidlertid lite og organiseringen av slike videre kommersialiseringsaktiviteter er ennå ikke utformet.

Muligheten for at senternes forskningsresultater skal komme til anvendelse økes især for NOCOWE, men også for NORWITECH fordi de to FMEene har tatt initiativ til opprettelse av et test- og demonstrasjonsprogram som de har gitt navnet "Demo 2020". Dette initiativet skjer i samarbeid med bedriftsklyngene Arena NOW på Vestlandet og Arena Vindenergi i Midt-Norge, som begge organiserer relevante bedrifter innen bransjen og er finansiert av IN.¹¹ Formålet med test- og demonstrasjonsprogrammet er:

- demonstrere ny og eksisterende teknologier og produkter for å skaffe referanser slik at norske leverandørbedrifter kan prekvalifisere seg for nye prosjekter
- teste ny teknologi som Hywind og Sway
- bygge kompetanse og få erfaring

Test- og demonstrasjonsprogrammet vil omfatte alle ledd fra vindkraftverket til havs, også kabler og nettinfrastruktur til havs og oppkobling til kraftnettet på land samt hele kraftsystemet. I tillegg til dette har de to FMEene etablert et samarbeid på andre områder. Eksempelvis samarbeider de om Norwegian Offshore Wind Energy Research Infrastructure¹²(NOWERI), sammen med en annen FME, CEDREN, om utvikling av anlegg for innsamling av data om vær, vind, havstrømmer, etc, som underlag til disse FMEenes FoU-virksomhet.

Solceller

På dette området er det bare en FME – Solar United – som ledes av Institutt for energiteknikk på Kjeller, men med NTNU, Sintef og Universitetet i Oslo som forskningspartnere. For solceller gjelder noen av de samme markedsmessige forholdene som for offshore vindkraft: Det er egentlig ikke noe "hjemmemarked" for elkraft fra solceller i Norge, men, til forskjell fra offshore vindkraft, så er det allerede en relativt stor industri med norsk basis relatert til produksjon av solceller, med en betydelig grad av internasjonalisering og tilstedeværelse i internasjonale markeder. Det er forventet at det globale markedet for solceller vil fortsette å vokse kraftig i årene som kommer, slik dette er forklart i Vedlegg 1 under beskrivelsen av Solar United. Teknologit utviklingen innen solceller fremstår som et kappløp om å kunne utvikle solceller som kan produsere elektrisk kraft til en lavere pris enn dagens. Dette er et kappløp som foregår på flere områder samtidig: Utvikling av produksjonsprosesser som kan redusere energiforbruk i forbindelse med fremstilling av solceller, øke produksjonseffektivitet, etc. – samt utvikling av nye materialer til bruk i

¹¹ <http://www.forskningsradet.no/no/Nyheter/Fra+FoU+til+test+og+demonstrasjon/1253954327262&kilde=f>

¹² <http://www.norcowe.no/index.cfm?id=267858>

fremtidens solceller og produksjonsprosesser for disse. Solar United dekker de fleste leddene i fremstilling av solceller.

Hele solcellebransjen er avhengig av subsidier og energipolitiske virkemidler i de enkelte nasjonene. Eksempelvis opplevde bransjen en etterspørselssvikt og påfølgende overproduksjon av solceller i 2009 som følge av endringer i subsidieordninger i noen land, slik som Spania og Tyskland, samt invensteringstørke i kjølvannet av finanskrisen. Videre tror mange at etableringen av flere nye asiatiske, særlig kinesiske, solcellefabrikker de siste årene vil skjerpe konkurransen i markedet ytterligere.

Ut fra opplysninger som foreligger synes det som Solar United har en målrettet strategi for innovasjon. Dette skjer på flere områder:

1. På ”arbeidspakkenivå”, der industrien deltar aktivt i arbeidet med å definere problemstillinger og skape løsninger for det de beskriver som ”fundamentale” spørsmål, dvs. ikke-trivielle problemstillinger som alle industripartnerne har til felles (generiske) – og hvor løsninger ikke vil gi enkeltbedrifter konkurransefortrinn. Et typisk tema i denne sammenheng er å oppnå bedre forståelse for hvordan størkningsprosesser foregår i ulike smelteovner.
2. Mekanisme for å etablere prosjekter med enkeltbedrifter for utvikling av proprietær teknologi, produkter eller prosesser, dette i henhold til en modell som er nøye avtalt i konsortieavtalen mht IPR og deling av IPR. En slik relasjon kan danne grunnlaget for spinn-offs og bedriftsetableringer hvor forskningsinstituttet er en interessent.
3. Gjennom demonstratorer som skal utvikles i WP6 – Verdikjedeprosjektet. Denne arbeidspakken er foreløpig organisert som et team bestående av arbeidspakkelederne fra de fem andre arbeidspakkene, under ledelse av FME-senterets leder. I følge senterlederen er status for WP6 og demonstrator, at det er fortsatt på et tidlig planleggingsstadium, slik det står i årsplanen for 2010. I løpet av 2010 skal dette konkretiseres i form av mer håndfaste planer. Imidlertid arbeider de ut fra en tilnærming der de vil ta utgangspunkt i ferdige produkter, for ut fra hva slags egenskaper disse og andre anvendelser krever, utvikle et verdikjedeperspektiv oppstrøms. Tidsperspektivet for WP6 er tidsrommet fra 2011 til resten av perioden for FMEene, dvs til 2017.

Ut fra dette virker det som Solar United har en differensiert, men i sum robust innovasjonsstrategi. Dette underbygges av arbeidsplanen for 2010, som i detalj spesifiserer tema og leveranser fra hver enkelt arbeidspakke, samt milepeler og ansvarsforhold. Industripartnerne har vært deltakere i planleggingen av disse – og deltar også på enkelte områder i utførelsen av selve forskningsarbeidet. Solar United har også et langsiktig perspektiv som ivaretas av WP 4 om nye materialer, og utvikler dermed en kunnskapsbase som er fremtidsrettet.

Bygg

På dette området er det også bare en FME – ZEB, som er en forkortelse for Zero Emission Buildings. ZEB er organisert som en felles enhet mellom NTNU og Sintef – og ledes av de to i felleskap. I

motsetning til de andre FMEene, så vil resultatene kunne føre til store, umiddelbare samfunns- og privatøkonomiske gevinster, især gjennom energiøkonomisering. ZEBs store utfordring – i likhet med andre energi- og klimatiltak for byggsektoren – ser ut til å være diffusjon av kunnskap og implementering av ny praksis basert på dette, både eksisterende kunnskap og ny kunnskap og tilhørende innovasjonsmuligheter som ZEB sikter seg inn på. Fokus for ZEBs arbeid er primært nasjonalt, men resultatene fra ZEB vil også kunne ha et potensiale på internasjonale markeder, særlig for industriaktører som har tilstedeværelse i internasjonale markeder.

Mulighetene for at ZEBs resulater skal komme til anvendelse er særlig knyttet til byggebransjen. ZEB har ikke organisert innovasjons- og kommersialiseringsaktivitetene sine i en egen enhet, men har valgt å integrere disse i de enkelte arbeidspakkene i ZEBs prosjektorganisasjon, som konkret er implementert slik:

- WP1: Forskning på materialteknologi, blant annet på nanoteknologi. Forskning på strømproduserende materialer og løsninger som kan integreres i bygningskroppen, for eksempel solceller. Samarbeid med forskningsmiljøer på solceller. Etablering av tverrfaglig gruppe for (oppstrøms) idéutvikling (forskere, arkitekter, ingeniører, praktikere)
- WP2: Utvikle ny kunnskap og teknologi for bygningskroppen, som bl.a. omfatter pilottesting i samarbeid med industripartnerne, konsekvensutredning, laboratorietesting og dokumentasjon på ytelse og designmanualer.
- WP3: Utvikle nye komponenter og energisystemer.
- WP4: Målinger av energibruk fra pågående prosjekter samt fokusgruppemøter vil gi input på skiftende brukerbehov og trender. Utvikling av pilotbygg, offentlige boliger og andre offentlige bygg.
- WP5: Utvikling av en standardisert, åpen metode for måling av CO₂-utslipp gjennom konstruksjon, drift og demontering.

ZEBs innovasjonsmuligheter kan sannsynligvis forsterkes ved å inngå tettere allianser med aktører som har en svak tilknytning til ZEB, men som til gjengjeld er viktige premissleverandører for byggebransjen på systemisk nivå. Disse er i dag representert i ZEBs referansegruppe, dvs. at dere involvering i ZEBs arbeid og strategi er relativt perifer. Medlemmene i referansegruppen er 1) Forbrukerrådet, 2) NBBL, 3) NVE, 4) EcoBox (NAL), 5) Lavenergiprogrammet for bygg og anlegg og 6) Driftsforum. Referansegruppen skal ikke bidra med finansiering til senteret, men anses som viktige i forhold til å spre og implementere resultatene fra arbeidet i ZEB til byggebransjen.

Energisystemer

På dette området er det også bare en FME – CEDREN – som er ledet av Sintef Energiforskning, med NINA og NTNU som forskningspartnere, dvs. at denne FMEen også har sin hovedtyngde i Trondheim. Forskningsaktivitetene i CEDREN er primært rettet inn mot å utvikle løsninger for vannkraftproduksjon samt FoU knyttet til miljømessige virkninger av utvikling og overføring av ulike former for fornybar energi. CEDREN har på den måten et tverrfaglig fokus på energiutvikling og miljømessig bærekraft. Det ligger allikevel et betydelig potensiale for bedre utnyttelse av fornybare energikilder i CEDRENs tilnærming.

Av denne grunn har CEDREN stor energi- og miljøpolitiske interesse. CEDREN er basert på en visjon, som mange har (Jacobson & Delucchi, 2009), om at store regioner (for eksempel Norden, Nord-Europa og UK, etc.) kan danne et integrert elforsyningssystem, der forskjellige energikilder er koblet på og samspiller og sørger for forsyningssikkerhet i hele området, tilpasset svingninger i etterspørsel i løpet av et døgn, en uke eller årets sesongvariasjoner. Det skal også være tilpasset naturens evne til å avgi energi under varierende vær, vind og klimaforhold. Dette forutsetter planlegging og utbygging av nye infrastrukturer mht overføringslinjer – og finansiering av disse – og modeller for hvordan desentraliserte og sentraliserte systemer kan samvirke. Men et slikt integrert system er avhengig av en rekke politisk-økonomiske og institusjonelle faktorer som ennå ikke er utviklet, dvs. rammebetingelser, reguleringer, avtaler og traktater, og, ikke minst, politiske institusjoner som også i svak grad er utviklet for slike formål. Imidlertid vil resultatene fra CEDREN kunne spille en viktig rolle for politikktutvikling og utvikling av rammebetingelser for et fremtidig energisystem basert på nye fornybare energikilder.

Dette innebærer at CEDREN sannsynligvis ytterligere kan forsterke sitt innovasjonspotensial. CEDRENs utfordring mht innovasjonsstrategi synes å være svak mulighet til test- og demonstrasjonsvirksomhet. Gjennom slike aktiviteter kan CEDREN sannsynligvis tiltrekke seg flere industripartnere – og gjennom dette komme i bedre inngrep med relevante partnere mht kommersialisering. Men CEDRENs FoU kan også ha betydning for utvikling av nye reguleringer og politiske rammebetingelser knyttet til hvordan fremtidige, integrerte energisystemer kan utformes og fungere, både teknisk og samfunnsmessig.

Oppsummering – FMEenes innovasjons- og kommersialiseringsstrategier

Det er variasjon mellom de enkelte FMEer med hensyn til hvorvidt de har et tydelig fokus på innovasjon og kommersialisering, og i hvilken grad de har utviklet en systematisk strategi for dette. Selv om det kan variere noe mellom de ulike teknologiområdene hvordan innovasjonsstrategiene bør utformes, bl.a. ut fra hvor langt man har kommet i teknologiutviklingen på det aktuelle området, er det en klar premiss for FMEene at de skal bidra til teknologiutvikling og teknologioverføring på sine områder. Det er videre et overordnet perspektiv for FME-satsingen at den skal bidra til utvikling av Norge som miljønasjon, og der utvikling av næringer relatert til fornybar energi og miljøteknologi er en viktig del av dette. Et viktig krav til de enkelte FMEene er derfor at de har en klar strategi for hvordan deres forskningsresultater kan bidra til en slik utvikling i næringslivet.

Fokus på innovasjon

En første viktig forutsetning for at forskningsresultatene skal komme til industriell anvendelse og ha betydning for utviklingen i næringslivet, er at man har et tydelig fokus på innovasjon i organisering av forskningsaktivitetene i de enkelte FMEene. Her varierer det

betydelig. Noen av sentrene har et tydelig fokus på innovasjon og har innovasjon som et viktig perspektiv i forskningsprosjektene. I enkelte tilfeller ivaretas dette ved at innovasjon er et integrert perspektiv i de enkelte delprosjekter, i andre tilfeller kan det ivaretas ved at arbeid med innovasjon defineres som et eget delprosjekt der man har som en uttalt målsetting å arbeide med å identifisere prosjekter med interessante potensialer for så å organisere arbeidet med videreutviklingen av de aktuelle prosjektene, slik CenBio gjør.

En annen viktig forutsetning for at forskningsresultatene skal kunne ha næringsmessig betydning er at FMEene har organisert virksomheten slik at noen har et tydelig ansvar for arbeidet med innovasjon, og at de ansvarlige har kompetanse på arbeidet med innovasjon. I tilfeller der forskningssentrene er organisert med et eget delprosjekt for arbeid med innovasjon, bør i alle fall det formelle ansvarsforholdet være ivaretatt, men for at dette skal bli reelt, kreves det at den aktuelle ansvarlige har kompetanse og fortrinnsvis praktisk erfaringer fra slikt prosjektarbeid. I tillegg bør en slik funksjon ha en sentral forankring i senterledelsen og være en prioritert del av sentrenes lederansvar.

En modell i denne sammenheng er den strategien BIGCCS har valgt, der ansvaret for innovasjonsaktiviteten er satt ut til en ekstern part, Studio Apertura som er en del av NTNU samfunnsforskning, og som har kompetanse og erfaring fra arbeidet med organisering av innovasjonsprosesser. Den aktuelle prosjektlederen har dessuten selv erfaring fra arbeid med store utviklingsprosjekter i et større norsk selskap, og har dermed god kunnskap om problemstillinger knyttet til hvordan man bringer forskningsbasert kunnskap til industriell anvendelse.

I flere av de aktuelle forskningsmiljøene eksisterer det imidlertid utfordringer med hensyn til å integrere innovasjonsperspektivet i forskningsarbeidet. Man må unngå at innovasjon er noe man har i ”en boks utenfor alle de andre”. Forståelsen av hva innovasjon og kommersialisering er, er en grunnleggende premiss og startpunkt. I mange miljøer synes det å være lite klarhet i hva som er forskjellen mellom forskning og innovasjon, og hva som er sammenhengen mellom de to. Slik bevissthet er viktig, og det er også viktig med bevissthet rundt hva som er aktuell tidshorisont for ulike utviklingsprosjekter. Det kan også være et generelt problem at mange av forskerne som arbeider i FMEene i liten grad er orientert mot kommersialisering. En viktig oppgave for arbeidet med innovasjonsstrategiene er å påvirke kultur og holdninger.

Samspeillet med de industrielle partnere

En tredje forutsetning for at forskningen skal komme til industriell anvendelse, er selve organisasjonsmodellen for FMEene, der det er krav til at de skal organiseres med et antall industrielle partnere. Hvordan de enkelte FMEer er organisert med slike partnere, hvilke interesser partnerne representerer og hvordan samarbeidet med partnerne er organisert, er dermed nøkkelfaktorer.

Når det gjelder de ulike sentrenes partnere, så ser det ut til - så langt disse er avklart – at de i de fleste tilfellene representerer de relevante verdikjeder og næringsområder av betydning for de områder FMEene arbeider med. Det er bl.a. interessant å registrere at flere av FMEene samarbeider med store industrielle aktører som er aktivt involvert i implementeringen av de aktuelle teknologiene, og at det dermed kan bli en tett kopling mellom FMEenes forskningsaktivitet og den industrielle anvendelsen av forskningsresultatene. Et eksempel på dette er norsk solcelleindustriens deltakelse i noen av arbeidspakkene i Solar United, men i materialet om FMEene ser vi at det er variasjon mht grad av deltakelse og måten partnerne deltar på.

Det er imidlertid viktig å være bevisst på hvordan kontaktflaten mellom forskningsmiljøene og de industrielle partnerne organiseres, og her er det stor variasjon i forhold til hvor langt man har kommet, noe som er nærliggende gitt at FMEene fortsatt er i et tidlig utviklingsstadium. En generell modell som trolig alle FMEene vil følge opp, er at det organiseres en ”innovasjonskomite” med ansvar for å følge opp innovasjonsarbeidet – det som gjerne kalles ”Exploration and Innovation Advisory Committee”. Denne ledes av en representant for de industrielle partnerne, og skal ha ansvar for å følge opp og koordinere arbeidet med innovasjon og kommersialisering. Men det er viktig at det i organiseringen av de enkelte sentrenes aktiviteter tilrettelegges for arbeidet i denne gruppen – og at det er tette koblinger til senterets øvrige arbeid.

I tillegg er organiseringen av samarbeidet mellom forskningsmiljøene og de industrielle partnerne sentralt. Både forskningsmiljøene og industripartnerne kan representere komplekse organisasjoner der det er krevende å organisere en god kontaktflate. Det siste gjelder særlig for de store industripartnerne, hvor det kan være stor organisatorisk (og geografisk) avstand fra de personene som har kontakt og samarbeid med FMEene – og de i partnerbedriften som beslutter teknologi- og forretningsstrategier. FMEene bør tilstrebe å ha bestemte kontaktpersoner knyttet til enkelte delprosjekter som har ansvar for kontakten med de relevante industripartnerne.

Forskningsrådets rolle

Forskningsrådet har en viktig rolle i å følge opp de enkelte FMEene, og bidra til at de både utvikler tydelige innovasjonsstrategier - og at de organiserer samspillet med industripartnerne på en hensiktsmessig måte. Et inntrykk vi sitter igjen med etter gjennomgangen av saksunderlaget for valg av FMEer og kontakten med de enkelte FMEene, er at Forskningsrådet har et forbedringspotensial mht til å utvikle og følge opp sin FME-strategi.

For det første ser det ut til å eksistere en iboende konflikt mellom (noen av) FMEenes ønske om langsiktig grunnforskning versus Forskningsrådets FME-strategi som i større grad legger vekt på konkrete og anvendelige resultater. På sett og vis kan man si at FMEene, i likhet med SFI-ordningen, er planlagt ut fra et håp om at dette spenningsforholdet kan føre til gode resultater for alle parter. Dette innebærer avveininger mellom en tilnærming hvor

industripartnerne først definerer sine behov for deretter å bli avløst av forskningen versus en annen strategi hvor forskerne definerer hva de vil forske på først og industripartnerne må avvente og se om det er noe som kommer som de kan være interessert i. Det mest hensiktsmessige er trolig å ha parallelle og kombinerte fokus på langsiktige prosjekter som er avhengige av offentlig forskningsfinansiering og kortsiktige prosjekter med relevans for industriaktørene, og hvor disse har vært med på å definere fokus. Forskningsrådet bør utvikle en tydeligere strategi for å følge opp hvordan FMEenes resultater skal komme til industriell anvendelse. I utgangpunktet er FMEene forskerdrevne sentere, hvor industripartnerne kommer inn på et generelt grunnlag for å se om noe av forskningen anses som interessant for dem, i tillegg til at de har et generelt ønske om å være med i forskningsfronten. Som påpekt tidligere ligger det et spenningsforhold mellom de interessene forskerne ved FMEene har for å drive sin forskning – og hvilke interesser og forventninger industripartnerne har til å delta.

5 Markeder og rammebetingelser

I forbindelse med oppdraget fra Norges forskningsråd om undersøkelsen av FMEene står det at

” Et viktig spørsmål er dermed å forstå den markedsmessige og politiske konteksten til de ulike teknologiene og de rammene som er nødvendige for at et marked skal kunne vokse frem. Målet med dette oppdraget er å øke forståelsen av hvilke markedsmessige forhold som kan forventes å påvirke potensialet for teknologiene knyttet til FMEene og hva behovet er for norske virkemidler for å sikre at teknologien FMEene utvikler klarer å innta disse markedene.”

Gjennomgangen i forrige kapittel (kapittel 4) om FMEenes innovasjons- og kommersialiseringsstrategier gjør det mulig å belyse disse noen mer overordnede og generelle problemstillinger som er relevante for utviklingen av FMEene. Mer spesifikt gjelder dette:

- Hvordan dannes nisjemarkeder for teknologiene og hvilken rolle spiller de i utviklingen av massemarkeder?
- Hvilke ulike markedsmodeller eksisterer for de ulike teknologiene og hvilke faktorer bygger disse modellene på?
- Hvilke politiske og markedsmessige faktorer har vært avgjørende for teknologiseringen?
- Hvordan foregår samspillet med andre virkemidler og hvordan kan dette samspillet utvikles og forsterkes?
- Hvilken rolle spiller leverandørindustrien i markedsutviklingen og hvilke virkemidler kan best muliggjøre interaksjon mellom FMEene og leverandørindustrien?
- Hvordan bør den samfunnsvitenskapelige forskningen innrettes for å bidra til at resultatene av forskningen innen FMEene utnyttes best mulig i norske og internasjonale markeder?

I dette kapitlet skal disse problemstillingene og spørsmålene belyses, men en viktig premisse er at det er vanskelig – kanskje umulig – å gi noen fasitsvar. I likhet med alle andre studier som har et fremtidsperspektiv mht teknologiutvikling, er denne analysen utført under stor grad av usikkerhet. Analyse og diskusjon av problemstillingene og spørsmålene som er reist ovenfor kan danne grunnlag for til slutt drøfte forsknings- og innovasjonspolitiske strategier – og hvordan virkemidler bør utformes for å understøtte slike strategier. Ordningen med FMEer er et slikt virkemiddel. I denne sammenheng er det naturlig å se nærmere på Forskningsrådets strategi og rolle – samt de forsknings- og innovasjonspolitiske rammebetingelsene og forutsetningene de arbeider ut fra. Dette blir tema i siste kapittel (kapittel 6). Her vil vi også presentere noen refleksjoner og anbefalinger vedrørende samfunnsforskningen, spesielt innovasjonsforskningen, i skjæringspunktene mellom energi og miljø.

Nisjemarkeder og utvikling av massemarkeder for nye energiteknologier

Alle teknologiene som FMEene utvikler og driver FoU-virksomhet på er teknologier som har eksistert i lang tid, enten til helt spesielle anvendelser, eller – med stor utbredelse – i det som nå fremstår som ”lav-teknologiske” anvendelser. Det siste gjelder bioenergi¹³ og vindkraft¹⁴. Solceller – fotovoltalisk teknologi – kan også vise til en lang historie¹⁵ og har i mange tiår vært i bruk til spesielle formål. Det samme gjelder CO₂-fangst, -transport og – lagring. Innen bygg har energiøkonomisering stått på den politiske dagsorden lenge, særlig etter oljekrisen i 1972 ble det tatt mange initiativ for økt energiøkonomisering i bygg og ellers i andre anvendelser. Etableringen av Enova i 2001 er bare ett av mange politiske tiltak for å fremme energiøkonomisering.

Utfordringen som har utkrystallisert seg de siste årene som følge av den klimapolitiske utviklingen og generell økt etterspørsel etter energi, gjelder videreutvikling av disse teknologiene og tilhørende løsninger, slik at samfunn kan utvikles på en miljømessig mer bærekraftig måte, samtidig som velferdsgevinster (inkludert forsyringsikkerhet og andre samfunnskritiske forhold) knyttet til bruk av energi ivaretas. Dette omfatter også en forventning om at veksten i energiforbruk kommer til å øke – og at dette er ønskelig av politiske og velferdsmessige grunner. Vekst i den globale befolkning og velstandsøkning vil uvergelig bidra til dette.

Etter at klimaendring gradvis har fått økt politisk prioritet har teknologiutviklingen i økende grad blitt politikkdrivet – og dynamikken i dette er styrt av politiske beslutninger, rammebetingelser og reguleringer. Dette setter rammer for en innovasjonsdynamikk som til dels avviker fra den rådende konvensjonelle tenkingen om at innovasjoner fremkommer fordi de viser seg overlegne mht økonomiske og teknologiske gevinster i en markedskonkurransen. I denne tenkingen ligger oppfatninger om at politikk bør være teknologinøytral og ikke plukke vinnere; politikken skal sette mål og tilby generelle, nøytrale virkemidler: Markedet vil ut fra dette – i en kompleks, men konkurransedynamisk seleksjonsprosess – alltid velge det beste og følgelig styre en diffusjonsdynamikk som gjør at innovasjoner blir realisert. Teoretisk bygger slike antakelser på beslutningsmekanismer som innen diffusjonsteori betegnes som ”frivillige innovasjonsbeslutninger” (Rogers, 1995). Denne logikken inngår i begrunnelser for dagens politiske initiativer og støtte til FoU og teknologiutvikling: Målsetningen er at utviklingen av nye energiteknologier en gang i fremtiden skal økonomisk sett bli like konkurransedyktige som eksisterende måter å produsere energi på, for eksempel kullfyrte eller kjernefysiske kraftverk.

¹³ Brenning av ved, trekull (bearbeidet ved), organisk materialer, etc. og bruk av ovner har eksistert i tusenvis av år; fjernvarme har også eksistert lenge.

¹⁴ Vindmølle som teknologi er dokumentert allerede i skriftene til vitenskapsmannen og ingeniøren Heron av Aleksandria, ca 70 e. kr.

¹⁵ Den første solcellen ble bygd i 1883 av en amerikansk oppfinner, Charles Fritts – men den fotovoltaiske effekten ble oppdaget tidligere, av den franske fysikeren Alexander-Edmond Becquerel i 1839.

Forhåpningen om en fremtidig økonomisk konkurransedyktighet for nye energiteknologier som utnytter fornybare energikilder i naturen skapt ved hjelp av stor FoU-innsats og teknologiutvikling er ikke utopisk. Snarere viser innovasjonsforskning at radikale teknologiske fremskritt oftest kommer som følge av politiske strategier (for eksempel utvikling av militærteknologi) som gradvis får økt sivil, kommersiell utbredelse (Godoe, 2000, 2006). Disse forhåpningene understøttes også av økende kunnskap om hva som er fysisk mulig å utvinne av energi fra naturen – og hvordan dette kan gjøres på miljømessig skånsomme måter, med siktemål at de skal bli økonomisk sett bedre enn ikke-fornybare og forurensende energikilder.

Dette er rasjonalet for utvikling av teknologier som fanger opp litt av de enorme mengder energi som finnes i vind og havets bølger, i solstråler, varme under jordskorpen, etc. Men, som påpekt i kapittel 2, står vi overfor en utvikling som forutsetter samspill av flere faktorer samtidig, det vil si. koevolusjon, et samvirke mellom FoU og teknologiutviklingsinnsats samt etablering av nye teknologiske regimer, politiske rammebetingelser, til dels komplekse læringsprosesser og kunnskapsspredning, markedsstimulerende og –diskriminerende virkemidler, regulatoriske tiltak, utbygging av nye infrastrukturer etc. FME-satsingen er en brikke i en slik utvikling, men for at satsingen skal bidra til den ønskede utviklingen, forutsetter det at en rekke andre tiltak og betingelser er tilstede. I tabell 5.1 er det gitt en oversikt over noen faktorer av betydning for markedsmulighetene på de områder FMEene arbeider, og dette drøftes i de neste avsnittene.

Markedspotensialer for nye energiteknologier

Gjennomgangen av FMEene viser at de arbeider med teknologier som er rettet mot forskjellige markeder og der det er svært ulike mekanismer som bestemmer etterspørselen. Norge står i en særstilling i forhold til de fleste andre land i Europa mht tilgang til fornybar energi og andre former for energi. Dels skyldes dette at vi har en betydelig produksjon av elektrisitet fra vannkraft (ca 120 TWh), som på årsbasis fører til en eksport av ca 10-20 TWh, primært til våre naboland. Norge er også en betydelig eksportør av olje og naturgass. Nær all norsk naturgass går til eksport via store rørledninger og LNG-skip til Europa og resten av verden – og det er lite forbruk av naturgass på det norske hjemmemarkedet. Norges klimapolitiske utfordring er å redusere CO₂-utslipp som beskrevet tidligere (kapittel 3) i forbindelse med presentasjonen av forslagene i *Klimakur 2020*.

Tabell 5.1: Oversikt over faktorer av betydning for markedsmulighetene innenfor FMEenes arbeidsområder

Teknologiområder - FMEer	Faktorer			
	Markeds- muligheter	Forutsetninger for utvikling	Regulatoriske forhold – institusjoner	Økonomiske rammebetingelser
CO ₂ -håndtering BIGCCS SUCCESS	Initieres i hjemmemarkedet, men betydelig internasjonalt potensial	Effektivitet mht priser på CO ₂ -håndtering	Nasjonale forpliktelser om reduksjon av CO ₂ -utslipp	Handelssystem for CO ₂ -utslipp, subsidier
Bioenergi CenBio	Hovedsakelig hjemmemarked, men stort internasjonalt potensial på noen områder	Overgang til bruk av bio-energi	Forbud og pålegg i lovgiving, reguleringsplaner	Subsidier til investeringer (Enova, etc.)
Vindkraft NORCOWE NOWITECGT	Eksportmarked	Tekno-økonomisk effektivitet og adgang til markeder	Nasjonale forpliktelser om reduksjon av CO ₂ -utslipp + kraftbehov	Støtte til FoU og teknologiutvikling, generell eksportstøtteordninger
Solceller Solar United	Eksportmarked	Tekno-økonomisk effektivitet og adgang til markeder	Kraftbehov + behov for reduksjon av CO ₂ -utslipp	Støtte til FoU og teknologiutvikling, generell eksportstøtteordninger
Bygg ZEB	Hjemmemarked, noe eksportmarked	Enøk og effektivitet mht priser på CO ₂ -håndtering	Forbud og pålegg i lovgiving, reguleringsplaner	Subsidier til investeringer (Enova, etc.)
Energisystemer CEDREN	Initieres i hjemmemarkedet, noe eksportmarked	Optimalisering av energi-systemer	Institusjoner for energihandel og -- integrasjon	Investering i infrastruktur

Norges energisituasjon har betydning for hva slags markeder som er relevante for de energiteknologiske satsningene som FMEene er en del av. De aktuelle industrielle aktørene vil derfor ha ulike forretningsstrategier for å utnytte de ulike markedsmulighetene. I

utgangspunktet kan det gjøres et enkelt skille mellom teknologi med sine primære potensialer på hjemmemarkedet og eksportmarkeder.:

Eksportmarkedet er først og fremst relevant for offshore vindkraft og solceller, men også teknologi og løsninger for CO₂-fangst, -transport og –lagring vil etter hvert komme i denne kategorien, slik StatoilHydro nylig har annonsert at de har ambisjoner om å gå inn i¹⁶. I tillegg er det et eksportpotensial knyttet til utvikling av nye byggmaterialer og –konsepter i ZEB. Det vil også kunne utvikles eksportpotensialer på de andre teknologiområdene, eksempelvis deler av de områder CenBio arbeider med, og også systemløsninger som CEDREN arbeider med, vil etter hvert kunne ha et eksportpotensial.

Den eksportrettede industrien bygger videre på norske industrielle tradisjoner fra skipsbygging og offshorerelatert anleggs- og utstyrsindustri, men også på en sterk norsk metallurgisk prosessindustri mht solceller. Denne industrien har vist seg å være internasjonalt konkurransedyktige, slik at den har gode forutsetninger for å lykkes – noe de allerede har vist mht solceller. Men deres fremtid beror på at de får adgang til relevante markeder og at disse fungerer ikke-diskriminerende vis a vis norske aktører. I EU-sammenheng bør ikke dette være noe problem, men det kan tenkes at andre markeder, for eksempel i Asia, kan ha barrierer som kan være problematiske. Nettopp fordi utvikling av slike markeder er avhengige av store offentlige subsidier fra nasjonale myndigheter, er det nærliggende at disse vil omfatte tiltak som favorisere eget næringsliv til fortrengsel for utenlandske aktører.

Hjemmemarked vil være det sentrale utgangspunktet for teknologiutviklingen innenfor CCS, bygg, bioenergi og energisystemer. Felles for utviklingen på disse teknologiområdene er at de i stor grad er siktet inn på anvendelser innenfor Norges grenser. FoU- og teknologiutviklingen i disse FMEene er viktige elementer i en nasjonal klimapolitisk strategi, slik som *Klimakur 2020*. Markedsmekanismene for utviklingen på disse områdene er mer komplekse enn for de eksportrettede fordi de berører systemiske forhold, men samtidig er de også enklere i den forstand at de avgrenses til Norge. Av denne grunn vil de være påvirket av regulatoriske forhold (for eksempel byggeforskrifter og påbud) og langsomme politiske prosesser og implementering knyttet til infrastruktur (for eksempel reguleringsplaner i kommuner), slik som innføring av fjernvarme i byer eller nye former for energiproduksjon i landbruk. De er også nært forbundet med økonomiske incentiver som er koblet til slike politiske strategier. Markedsmulighetene vil her være påvirket av beslutninger som fattes utenfor markedene, i politiske organer og i forvaltningen – og i forhandlinger mellom disse og store bedrifter innen energiforsyning. Sistnevnte er ofte tett sammenfiltret med det politiske systemet gjennom eierskap og andre former for nettverk, noe som er en viktig faktor.

¹⁶ Jfr. Aftenposten, 3.3.2010, "Nordsjøen kan bli Europas CO₂-lager"

Politiske og markedsmessig faktorer av betydning for teknologisatsningene

Som påpekt i kapittel 3, er det flere generelle faktorer som driver den koevolusjonære prosessen og som har hatt betydning for teknologiutviklingen for fornybare energikilder, men hvor de viktigste er:

- Økende etterspørsel etter energi og nasjoners behov for forsyningssikkerhet mht energi, noe som for alvor kom på den politiske dagsorden som følge av ”oljekrisen” i 1972.
- Miljø- og klimaproblemer knyttet til økt energiforbruk, særlig bruken av fossilt brensel og kjernekraft, bl.a. som følge av Tjernobyl-ulykken og problemer med håndtering av radioaktivt avfall.

Som følge av disse faktorene har det i løpet av de siste tiårene gradvis blitt et økende politisk press for utvikling av teknologier som utnytter fornybare energikilder. For 5-10 år siden kom dette presset til uttrykk i en stor interesse for utvikling av hydrogen og brenselceller (Nerdrum & Godoe, 2006; OECD, 2005), siden har andre, mulige teknologiske løsninger fått større oppmerksomhet, slik Forskningsrådets portefølje med FMEene viser. Parallelt med dette økte politiske presset har også økende (om enn fluktuerende) priser på især olje og gass spilt en viktig rolle i å understøtte behovet for utvikling av nye energiteknologier som utnytter fornybare energikilder. En helt grunnleggende faktor i dette presset er forsyningssikkerhet. De fleste nasjoner ser på dette som en vital interesse som de må ivareta og det fremstår som en faktor som berettiger betydelige ressurser, på lik linje med ressursbruken og berettigelsen for bruk av store midler på opprettholdelse av et militært forsvar.

Gitt denne tidsånden, med tilhørende ”kriseforståelse” knyttet til fremtiden, så ansporer det også til entreprenørskap og innovasjon; entreprenørene kommer ”svermende inn” i det de oppfatter som et nytt mulighetsområde, slik Schumpeter (1994 [1934]) satte ord på det. De inngår i en komplisert dynamikk, men i denne sammenheng kan det være grunn til å peke på en slik skikkelse som passer inn i tidsbildet, Alf Bjørseth, som i stor grad har vært pådriver og grunder for utviklingen av en norsk solcelleindustri, som forklart i Vedlegg 1, under omtalen av Solar United. Som i alle innovasjonsprosesser vil entreprenørskap være viktig i utvikling av nye energiteknologier, noe Alf Bjørseth har vist.

Samspill mellom virkemidler

Som følge av at energi og miljø har kommet høyt på den politiske dagsorden i de fleste OECD-medlemslandene og mange andre nasjoner (Kina, India), er det blitt etablert en rekke insentivordninger og andre rammebetingelser for å påskynde en utvikling med overgang til økt bruk og utnyttelse av fornybar energi og teknologier som reduserer klimagassutslipp. Et eksempel på dette er California, som har utviklet strenge krav til utslipp fra kjøretøy (noe som favoriserer elbiler) og samtidig innført gunstige finansieringsordninger for solcellebasert

og soloppvarmet energiproduksjon, dvs. både restriksjoner og insentiver¹⁷. En lignende modell fungerer i Oslo mht forbud mot installasjon av nye oljefyrte sentralvarmeanlegg, men hvor det samtidig finnes støtteordninger fra Enova til tilkobling til fjernvarmeanlegg for borettslag og boligsameier. Slike ”pisk og gulrot”-virkemidler kan være effektive for å påvirke beslutningstakere, dvs. gunstig for en diffusjonsdynamikk der ”frivillige innovasjonsbeslutninger” fattes (Rogers, 1995). Sagt på en annen måte, markedsstimulerende tiltak vil være viktige, men de forutsetter at det finnes bærekraftige teknologiske løsninger som beslutningstakere vil oppfatte som funksjonelt og økonomisk attraktive i forhold til status quo. Et virkemiddel som er dårlig utviklet og sannsynligvis for svakt i Norge til å ha en systemeffekt er innmatingstariffer (feed-in tariffs) for elkraft, noe som har høy prioritet i mange andre land, for eksempel Spania og Tyskland, hvor disse og andre former for subsidier har påskyndet utbygging av sol- og vindkraft. De norske innmatingstariffene påvirker utviklingen av vindkraft og utbredelsen av småskala vannkraftverk – og forklarer hvorfor utbygging av offshore vindkraft ikke er aktuelt for å forsyne det norske hjemmemarkedet.

Nylig, i mars 2010, ble det i forbindelse med nyheten¹⁸ om at General Electric skal etablere et forsknings- og teknologisenter for havvind i Oslo, vist hvordan myndigheter¹⁹ ser på hvordan ulike virkemidler, i form av politiske vedtak de siste årene, kan spille sammen, slik at de fremmer utvikling og spredning av miljøvennlig energiteknologi:

Lov om fornybar energiproduksjon til havs ble nylig vedtatt i Stortinget. Proposisjonen inneholder også en strategi for produksjon av havenergi.

I tråd med Klimaforliket har regjeringen hevet budsjettene til forskning- og teknologiutvikling rettet mot fornybar energiproduksjon og karbonfangst og -lagring i perioden 2008-2010 med mer enn 600 mill. kroner. Regjeringen har også opprettet to Forskningsentre for miljøvennlig energi på havvind.

Enova har opprettet et eget demonstrasjonsprogram for ny teknologi med en ramme på 250 mill. kr i 2010. Ordningen har bl.a. støttet Statoils Hywind-demonstrasjonsprosjekt utenfor Karmøy og Sways planlagte 10 MW-turbin.

GIEK (Garanti-instituttet for eksportkreditt) skal aktivt medvirke til at prosjekter innen fornybar energi, også prosjekter til havs, har et godt og tilpasset garantitilbud.

Statkraft og Statoil er tildelt rettigheter til å utvikle og bygge ut vindkraftprosjekter i Storbritannia.

Havsul I-prosjektet i Møre og Romsdal, mottok, som det første storskala havvindprosjektet i Norge, konsesjon i september 2009.

¹⁷ Jfr. http://en.wikipedia.org/wiki/Climate_change_in_California

¹⁸ Jfr. <http://www.aftenposten.no/okonomi/innland/article3580614.ece>

¹⁹ I dette tilfellet ble Nærings- og handelsdepartementet oppgitt som kilde.

I et forsknings- og innovasjonspolitiske perspektiv kan man allikevel spørre om det i dag en underinvestering av offentlige midler til utvikling av nye energiteknologier. FoU-statistikken gir indikasjon på en sterk vekst de siste årene i FoU utført innen energi og miljø. I følge denne statistikken ble det utført FoU for 7,7 milliarder kroner i 2007 innen energi og miljø, dvs. både petroleumssektoren og elkraftproduksjon. Tilsvarende tall i 2005 var litt i overkant av 5 milliarder, dvs. at det var en vekst på 53% fra 2005 til 2007. I følge FoU-statistikken for 2007 ble 61% (4.730 millioner kroner) av denne FoU utført i næringslivet. Tematisk var hovedtyngden inne petroleumsvirksomhet (52%), mens kategorien "Fornybar energi" hadde en andel på 10%, dvs. 768 millioner kroner. En FoU-innsats på 7,7 milliarder kroner er isolert sett betydelig, men det kan allikevel reises spørsmål om dette er tilstrekkelig ut fra noen betraktninger. En innfallsvinkel kan være størrelsen på FoU-innsats (målt i penger) i forhold til verdiskapingen i sektoren. I 2007 bidro petroleumssektor, kraftforsyning og vannkraft til 542 milliarder kroner av Norges BNP, dvs. en andel på 23%. Energi og miljøforskning for 7,7 milliarder kroner er 1,4% av dette, mens Norges FoU-utgifter som andel av BNP i 2007 var 1,64%, dvs. noen høyere. Først mot slutten av 2010 kommer tallene for FoU-undersøkelsen i 2009, så først da vil man se om den store veksten i FoU innen energi og miljø fra 2005 til 2007 har fortsatt. Imidlertid kan det være grunn til å vurdere om Norge har tilstrekkelig høyt nivå på FoU innen området "Fornybar energi" – og om det samsvarer med ambisjonene innen utvikling av nye teknologier for fornybar energi. Dette aktualiseres særlig i forbindelse med behov for investeringer i til dels kostbare test- og demonstrasjonsanlegg, noe som er viktig for FMEenes innovasjonsvirksomhet.

Leverandørindustriens rolle i markedsutviklingen – virkemidler og FMEenes rolle

Som det fremgår av gjennomgangen av FMEene i kapittel 4 og i Vedlegg 1, har FMEene relasjoner til en leverandørindustri som samlet sett er heterogen fordi de representerer forskjellige bransjer og teknologiske spesialiseringer – og fordi bedriftene har ulike posisjoner i sine respektive markeder. Eksempelvis er norsk solcelleindustri allerede en betydelig aktør på det internasjonale solcellemarkedet, mens norsk verkstedsindustri satsing på offshore vindkraft fortsatt er i startgropen og bioenergi står overfor helt andre utfordringer. Felles for alle FMEene, muligens med unntak av CEDREN, er at de kan spille en viktig rolle i forbindelse med test- og demonstrasjonsanlegg for de teknologiene som de utvikler og driver FoU på – og som deres industripartnere har interesse av. Planene om opprettelse av "Demo 2020" som NORCOWE og NOWITECH er en del av, er et eksempel på dette fordi det oppfyller et felles behov for interessenter innen vindkraftområdet. I tillegg vil slike anlegg kunne spille en betydelig rolle i forbindelse med markedsutvikling fordi de bidrar til felles læring, nettverksutvikling, referanser, kvalitetssikring, utvikling av industristandarder og normer, etc. Samtidig innebærer slike anlegg utfordringer på mange områder mht IPR, regler for statsstøtte, definisjoner av hva som er prekompetitivt og prenormativt, etc. En naturlig videreutvikling FMEene vil være at de, som NORCOWE og NOWITECH, tar initiativ til å utvikle test- og demonstrasjonsfasiliteter, etter modell av planene for "Demo 2020". Norges forskningsråd bør være en pådriver i dette.

6 Kunnskapsbehov – og anbefalinger

I Kiltkou, Pedersen, Schwach & Scordato (2010) presenteres en studie av nyere samfunnsvitenskapelig forskning på energiområdet basert på analyse av internasjonale og norske forskningsprosjekter og forskningspublikasjoner med et samfunnsvitenskapelig fokus på miljøvennlig energi. Til dette benyttet de flere tilnærminger, slik som en bibliometrisk studie og en kartlegging av prosjektporteføljer i noen utvalgte, men sentrale internasjonale FoU-prosjekter. Videre foretok studien en analyse av viktige tematiske områder innen denne forskningen, samt en kartlegging av norske forskningsaktiviteter på området. Rapporten gir detaljerte oversikter, men i denne sammenheng er det av interesse hva studien oppsummerer mht norsk samfunnsvitenskapelig forskning: Den er dominert av økonomisk forskning omkring energimarkedene, og på klima- og miljøpolitiske problemstillinger. De skriver videre at:

“Other social science studies are still fairly underdeveloped. Issues such as new, emerging energy technologies, the significance of R&D for deployment of sustainable energy technologies and the energy innovation system are less widely addressed in the Norwegian context. The high level of energy market research can be explained by special conditions in Norway for economists wishing to study a functioning, deregulated power market. However, such analysis should be complimented and developed by taking different types of policy analysis into account, as the debate on different approaches to energy market analyses at the Energiuka 2010 shows.” (s. 100).

Disse observasjonene og vurderingene understøttes av vår egen undersøkelser, spesielt at det er lite FoU ut fra samfunnsvitenskapelig, mer spesifikt, innovasjonsteoretiske tilnærminger (som er mest relevant), mht å bygge opp kunnskap om utvikling av nye energiteknologier, relatert FoU og innovasjoner, som påpekt ovenfor.

Samfunnsvitenskapen, som er svakt representert i arbeidet til FMEene, kan tenkes å bli en viktig bidragsyter og pådriver for målsetningene med FMEene. Det grunnleggende i FMEene er selvsagt teknologiutvikling og relatert FoU. Men i forhold til målene som er satt for hva FMEene skal oppnå, kan denne type innsikt være både relevant og viktig. Dette fordi FMEenes målsetninger er nært forbundet med diffusjonsprosesser, markedsdynamikk, politiske og økonomiske faktorer, institusjonelle og regulatoriske forhold. Mer konkret kan dette bidraget tenkes å være relevant på minst tre områder:

1. Systemanalyser som tar for seg politikktutvikling med energi- og klimapolitiske målsetninger, samt visjoner om utvikling av nye energisystemer, slik CEDREN til en viss grad gjør. En sentral målsetning med denne type forskning kan være å fremskaffe kunnskap og innsikt om hva slags politiske, institusjonelle og økonomiske faktorer som må til for å utvikle nye energiregimer bestående av store, integrerte energisystemer. Hensikten med en slik forskning kan være å utvikle forskningsbasert strategier (veikart) for hvordan slike målsetninger kan oppnås.

2. Det er behov for samfunnsvitenskapelig oppfølging av satsingen på FME. Energiteknologiske systemer er noe av det største og mest omfattende vi har av systemer i samfunnet. Samfunnsvitenskapelig forskning om organisering, nettverk, marked og konfigurering av aktører i disse store, komplekse teknologisystemene, bør organiseres med et følgeforskningsopplegg som kan bidra med løpende kunnskapsoppbygging, kritisk søkelys og eventuell korrigerende når det gjelder gjennomføring. Følgeforskning kan bidra i arbeide med å nå markeds målsetninger, dvs. målsetninger om å igangsette diffusjonsprosesser i samfunnet som vil føre til etterspørsel etter ny teknologi og dermed endring i energiproduksjon og klimautslipp – slik som i FMEene.
3. Innovasjons- og diffusjonsdynamikk som er relevant for de enkelte FMEene, særlig samspill mellom FoU, industri/næringsliv og brukere/marked. Utfordringen for samfunnsvitenskapelig forskning vil være å forene ”to verdener”: FMEene og industri/næringsliv på den ene siden, og, på den andre siden, brukere og markedets adferd og rasjonale. Hensikten med å utvikle et slikt kunnskapsområde er å oppnå bedre forståelse for sammenhengen mellom teknologiutvikling og diffusjonsdynamikk for derigjennom fremskaffe innsikt som kan brukes til å fremme målsetningene med de enkelte FMEene.

Anbefalinger

Basert på arbeidet som er gjennomført i forbindelse med denne rapporten vil vi fremsette følgende anbefalinger i det videre arbeidet med FME'ene:

1. Alle FMEene bør videreutvikle sine innovasjons- og kommersialiseringsstrategier i retning av et mer bevisst og klarere grensesnitt mellom langsiktig forskning og kortsiktig kommersialisering. Dette innebærer en tydeliggjøring av hvordan FMEene ser for seg prosessene som skal føre til implementering av forskningsbasert kunnskap i konkrete aktiviteter og bedrifter, samt en tydeliggjøring av hvordan spredningen av kunnskapen som genereres innad i senteret vil kunne spres til samfunnet for øvrig. Det bør blant annet legges til rette for at industripartnere, brukere og interessenter, der hvor dette ikke allerede er tilfelle, trekkes inn i arbeidet med utvikling av innovasjons- og kommersialiseringsstrategi i FMEene – og i sterkere grad være med på å lede disse.
2. I tråd med overstående punkt bør Norges forskningsråd på samme måte tydeliggjøre sine målsetninger i forhold til grensesnittet mellom hensynet til langsiktig forskningsutvikling, og målsettingen om industriell anvendelse og kommersialisering på kortere sikt. Som en del av dette bør Norges forskningsråd vurdere å bruke etableringen av Demo 2020 som et mulig forbilde for hvordan slagkraftige kommersialiseringsprosesser kan organiseres mht de øvrige FMEene.
3. Norges forskningsråd bør videreutvikle SFI-modellen, som ligger til grunn for FMEene – og tilpasse disse til FMEenes mer komplekse utfordringer og omgivelser, spesielt med hensyn til faktorer som har å gjøre med reguleringer, fremtidige markeder og institusjoner.
4. Norges forskningsråd bør videreutvikle sine ambisjoner og strategier i forhold til støttefunksjoner og samordning på tvers av FME'ene, både i forhold til avklaring av

problemer som dukker opp (for eksempel hvordan en FME kan komme til enighet med sine industripartnere om IPR-spørsmål) og i forhold til å bidra til effektiv læring og kunnskapsutvikling.

5. Hvis det ikke allerede er planlagt, så bør Norges forskningsråd, i samråd med FMEene, utvikle en mekanisme eller prosess som i større grad trekker inn aktører av betydning for de rammebetingelsene som er viktige for FMEenes utvikling. Dette gjelder særlig myndighetsaktører, slik som Olje- og energidepartementet og NVE, men også andre aktører med sektorielle interesser bør i større grad trekkes inn. Nærings- og handelsdepartementet (teknologiutvikling, industri og eksport) kan være viktig for mange av FMEene, men også Landbruks- og matdepartementet og Kommunal- og regionaldepartementet med relevante etater, bør være av interesse.
6. I forlengelse av punkt 5 bør det også vurderes om FME-strategien også bør utvides til å omfatte en strategi for deltakelse i internasjonale institusjoner som IEA/OECD og EUs rammeprogrammer for forsknings, teknologisk utvikling og demonstrasjonsprogrammer. Hensikte med dette er å vurdere større grad av fokus på faktorer som er av betydning for rammebetingelser som er viktige for teknologiutviklingen i FMEene.

Litteratur

- Asheim, B. T., & Coenen, L. (2005). Knowledge Bases and Regional Innovation Systems: Comparing Nordic Clusters. *Research Policy*, 34 8, 1173-1190.
- Boschma, R., Eriksson, R., & Lindgren, U. (2009). How does labour mobility affect the performance of plants? The importance of relatedness and geographical proximity. *Journal of Economic Geography*, 9, pp. 169–190.
- Boschma, R., & Iammarino, S. (2009). Related Variety, Trade Linkages, and Regional Growth in Italy. *Economic Geography*, 85(3), 289-311.
- Carlsson, B., & Stankiewicz, R. (1991). On the nature, function and composition of technological systems. *Journal of Evolutionary Economics*, 1(2), 93-118.
- Cooke, P. (2004). The role of research in regional innovation systems: new models meeting knowledge economy demands. *Int. J. Technology Management*, 28(3/4/5/6), 507 - 533.
- Edquist, C. (1997). *Systems of innovation: technologies, institutions and organizations*. London: Pinter Publishers.
- Edquist, C., & Hommen, L. (Eds.). (2008). *Small country innovation systems : globalization, change and policy in Asia and Europe*. London: Edward Elgar.
- Frenken, K., Oort, F. V., & Verburg, T. (2007). Related Variety, Unrelated Variety and Regional Economic Growth. *Regional Studies*, 41(5), 685-697.
- Gilbertand, J. T., & Bormbaum-More, P. H. (1996). Innovation timing advantages: From economic theory to strategic application. *Journal of Engineering and Technology Management*, vol. 12, 245-266.
- Godoe, H. (2000). Innovation regimes, R&D and radical innovations in telecommunications. *Research Policy*, 29, 1033-1046.
- Godoe, H. (2006). The role of innovation regimes and policy for creating radical innovations: Comparing some aspects of fuel cells and hydrogen technology development with the development of Internet and GSM. *Bulletin of Science, Technology & Society*, 26(4), 328-338.
- Godø, H. (2009). *Innovasjon i offentlig sektor - utfordringer og muligheter*. Kunnskapsdugnaden, Oslo: Tekna, LO, NHO.
- Henderson, B. (1974). *The Experience Curve Reviewed: V. Price Stability. Perspectives.:* The Boston Consulting Group
- Hughes, T. (1987). The evolution of large technological systems. In W. Bijker, T. Hughes & T. Pinch (Eds.), *The social construction of technological systems* (pp. 51-82). Cambridge: The MIT Press.
- IEA. (2009). *World Energy Outlook 2009*. Paris: IEA/OECD.
- Jacobson, M. Z., & Delucchi, M. A. (2009). A path to sustainable energy by 2030. *Scientific American*, 301(5), 38-45.
- Jensen, M. B., Johnson, B., Lorenz, E., & Lundvall, B. Å. (2007). Forms of knowledge and modes of innovation. *Research Policy*, 36(5), 680-693.
- Joerges, B. (1988). Large Technical Systems: Concepts and issues. In R. Mayntz & T. P. Hughes (Eds.), *The development of large technical systems* (pp. 9-26). Frankfurt: Campus Verlag.
- Klitkou, A., Pedersen, T. E., Schwach, V., & Scordato, L. (2010). *Social science research on energy - International and Norwegian studies*. Oslo: NIFU STEP
- Laestadius, S. (2000). Biotechnology and the Potential for a Radical Shift of Technology in Forest Industry. *Technology Analysis & Strategic Management*, 12(2), 193-212.
- Lundvall, B.-Å. (1992). *National systems of innovation towards a theory of innovation and interactive learning*. London.: Pinter Publishers.

- Lundvall, B. Å. (2008). *Innovation and competence building in the learning economy - Implications for innovation policy*. Kunnskapsdugnaden, Oslo: Tekna, LO, NHO.
- Malerba, F. (2004). Sectoral systems of innovation: Basic concepts. In F. Malerba (Ed.), *Sectoral systems of innovation* (pp. 9-35). Cambridge: Cambridge University Press.
- Malerba, F. (Ed.). (2004). *Sectoral systems of innovation : concepts, issues and analyses of six major sectors in Europe*. New York & Cambridge: Cambridge University Press.
- March, J. G. (1991). Exploration and exploitation in organizational learning. *Organization Science*, 2(1), 71-87.
- Meadows, D. S., Meadows, D. L., Randers, J., & Behrens III, W. W. (1989). *The limits to growth : a report for the Club of Rome Project on the Predict of Mankind*. New York Universe Books.
- Midttun, A., & Gautesen, K. (2007). Feed in or Certificates, Competition or Complementarity? Combining a Static Efficiency and a Dynamic Innovation Perspective on The Greening of The Energy Industry. *Energy Policy*, 35(3), 1419-1422.
- Nelson, R. R. (1992). National Innovation Systems: A Retrospective on a Study. *Industrial & Corporate Change*, 1(2), 347-374.
- Nerdrum, L., & Godoe, H. (2006). Industry cycles, market ideology and innovation policies: Fuel cells and hydrogen industries. *VEST - Journal for Science and Technology Studies*, 19(1-2), 7-29.
- OECD. (2005). *Innovation in energy technology: Synthesis report* (No. DSTI/STP/TIP(2005)1/REV1). Paris: OECD
- Rip, A., & Kemp, R. (1998). Technological change. In S. Rayner & E. L. Malone (Eds.), *Resources and technology* (Vol. 2, pp. 327-399). Columbus: Batelle Press.
- Rogers, E. M. (1995). *Diffusion of innovations* (4th ed.). New York: Free Press.
- Schumpeter, J. (1994 [1934]). *Capitalism, socialism and democracy*. London: Routledge.
- Thune, T., & Gulbrandsen, M. (2010). *Cross-sector collaboration in Norway: Institutionalization through large-scale university-industry interaction?* Paper presented at the Workshop on cross-sector collaboration (CSC) in national innovation systems: Understanding the impact of policy and practice. Cordoba: University of Cordoba.

Vedlegg 1: Beskrivelse av de enkelte FMEene

I dette vedlegget fremlegges beskrivelser og vurderinger av de enkelte FMEene. Disse beskrivelsene er organisert etter en felles mal; for hver FME blir følgende punkter beskrevet og analysert:

- Senterets hovedstrategi og forskningsområde
- Verdikjeder og næringsområde
- Industrielle partnere
- Strategi for innovasjon og kommersialisering
- Rammebetingelser

Fremstillingen er organisert slik:

- CO₂-fangst og –lagring, med følgende FMEer:
 - o BIGCCS Centre
 - o SUCCESS
- Bioenergi, med følgende FME:
 - o CENBIO
- Vindenergi, med følgende FMEer:
 - o NORCOWE
 - o NOWITECH
- Solceller, med følgende FME:
 - o Solar United
- Bygg, med følgende FME
 - o ZEB – Zero Emission Buildings
- Energisystemer, med følgende FME
 - o CEDREN

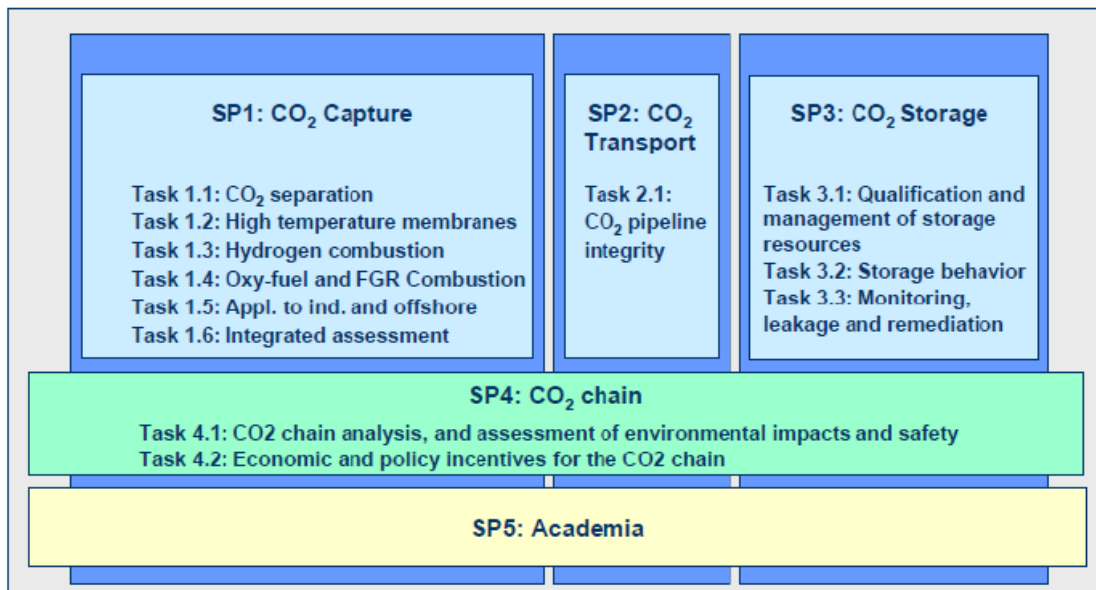
BIGCCS Centre

Hovedstrategi og forskningsområder

Sentret er organisert ved SINTEF Energiforskning og skal gjennomføre forskning på hele CO₂-kjeden fra fangst og transport til lagring. Sentret har som mål å bidra til at det kan produseres energi av fossilt brennstoff basert på kosteffektiv CO₂-håndtering, og å virkeliggjøre fullskala CO₂-håndtering i kraftproduksjon og industrielle prosesser. Det skal utvikle kunnskap, metoder og løsninger som gir:

- Minst 90 prosent CO₂-fangst
- 50 prosent kostnadsreduksjon i forhold til dagens nivå
- Virkningsgradsreduksjon på mindre enn 6 prosentpoeng for CO₂-håndtering
- Grunnlag for å vurdere og kvalifisere lagre for CO₂ og kvantifisere lagringskapasitet i norsk og europeisk sammenheng.

En oversikt over den planlagte forskningsaktiviteten er gitt i figuren nedenfor.



Kilde: BIGCCS

Prosjektet er organisert med fem delprosjekter, de tre første tar for seg CO₂-fangst, CO₂-transport og CO₂-lagring, dvs. de tre hoveddelene av CO₂-verdikjeden. SP1 om CO₂-fangst er det mest omfattende, og med seks underprosjekter, og den største andelen av forskningsinnsatsen vil foregå på dette området.

I tillegg er det organisert to delprosjekter som fokuserer på hele verdikjeden, det ene gjelder SP4 som er innrettet mot analyse av CO₂-verdikjeden og studier av miljøeffekter og sikkerhet. Her inngår også et underprosjekt som tar for seg økonomiske og politiske insentiver av betydning for utvikling av CO₂-verdikjeden. Ved siden av dette er sentret organisert med et delprosjekt kalt "Academia" som gjelder forskeropplæring med vekt på PhD og post-doc. Det planlegges også å knytte et mastergradsprogram ved NTNU til sentrets aktiviteter.

Sentret er organisert med et stort antall partnere. På forskningssiden inkluderer dette tre universiteter (inklusive NTNU) og 8 institutter i tillegg til tre andre avdelinger innen SINTEF. På den industrielle siden er 12 selskap med som partnere, alle er ledende norske og internasjonale selskap innen olje og gass, energi, teknologi og engineering.

Verdikjeder og næringsområder

I utgangspunktet dreier dette seg om en relativt "enkel" verdikjede i den forstand at det er rettet mot de tre områdene fangst, transport og lagring av CO₂. Men innenfor hvert av disse områdene er det svært krevende og kompliserte teknologier som skal utvikles.

Fangst

Generelt utgjør karbonfangst den største kostnaden i CCS – i størrelsesorden 60-80 prosent - og det største potensialet for kostnadsreduksjon er knyttet til redusert energiforbruk i fangstprosessen. Det arbeides med ulike teknologier for fangst, og sentrets strategi er knyttet til utvikling av nye teknologier på området.

Internasjonalt arbeides det med mange planer for anlegg for karbonfangst, i følge søknaden er det annonsert 40 planer for slike anlegg i Europa, men sannsynligheten for realisering varierer betydelig.

Utviklingen av en effektiv fangstteknologi vil gi alle typer forbrenningsanlegg basert på fossilt brensel muligheter for redusert CO₂-utslipp. Først og fremst gjelder dette stasjonære anlegg som gasskraftverk, kullkraftverk m.v., men dette er også relevant for smelteverksindustrien. Det er generelt stort behov for denne type teknologi, men etterspørselen etter teknologien vil i stor grad være bestemt av hvilke pålegg næringslivet får med hensyn til rensing priser på utslippskvoter for CO₂. Dette henger igjen sammen med overordnede nasjonale og internasjonale strategier og de politiske virkemidler.

Interessenter for denne FoU-aktiviteten er leverandørindustrien, dvs. ulike typer teknologileverandører, engineering selskap mv, men også energiselskapene og olje- og gassindustrien.

Transport

CO₂-transport er et komplisert område som foreløpig er lite utviklet, og det blir betraktet som en grunnleggende hindring for å sette opp effektive fangstanlegg. BIGCCS arbeider med rørledningsbasert transport av CO₂ i kondensert form. Viktige utfordringer er knyttet til å forstå hvordan CO₂ i kondensert form oppfører seg, hvordan transport i rørledninger bør organiseres, og samspillet mellom transporten og reservoaret der gassen skal lagres.

På brukersiden er det primært rørledningsselskap som vil være etterspørrere av denne teknologien samt selskapene som er operatører for olje- og gassreservoarene.

På tilbudssiden er det først og fremst leverandørindustrien som berøres.

Lagring

Effektive metoder for lagring av CO₂ er også en forutsetning for CO₂-håndteringen, og lagring i deep saline aquifers (DSA – brønner som bores ned til saltholdig grunnvannsbasseng) og i uttømte olje- og gassreservoarer vurderes som å lovende muligheter. Sentrets aktiviteter er rettet mot lagring på ulike felter i Nordsjøen som inneholder DSA med god reservoarkvalitet. Det trenges imidlertid bedre kunnskap om reservoarkvaliteten, og det må utvikles kunnskap om lagringsmekanismene på kort, mellomlang og lang sikt i de aktuelle reservoarene.

På brukersiden er det først og fremst operatørselskapene (oljeselskapene) som er de sentrale aktørene, mens på tilbudssiden er det leverandørindustrien, inklusive geoseismiske analyse-selskap som er sentrale aktører.

Industrielle partnere

I følge den opprinnelige prosjektsøknaden er sentret organisert med til sammen ni industrielle partnere.²⁰

Olje- og gasselskap

Det er fem selskap i denne gruppen: BP, ConocoPhillips, Shell, StatoilHydro og Total. Begrunnelsen for deltakelse er særlig knyttet til de interesser selskapene har for CO₂-lagring i eldre, utnyttede olje- og gassfelter. Ett av selskapene viser til mange års erfaring fra planlegging og operatør for CO₂-lagringsplasser på felter det har hatt operatøransvar for, og det forventes økt kunnskap om ulike aspekter ved CO₂-lagring som kan ha stor betydning for selskapets fremtidige virksomhet. Trolig gjelder den samme motivasjonen for de andre selskapene.

Energiselskap

Det er to energiselskap med som partnere: Statkraft og DONG

Statkraft har sin primære rolle innenfor fornybar energi, men er også inne på andre energiområder, og begrunner sin interesse for CCS bl.a. med at de driver tre gasskraftverk i Tyskland, og har eierandeler i to andre i henholdsvis Tyskland og Norge. Deltakelsen i prosjektet er begrunnet med SINTEFs ledende rolle på innen CCS, og at de andre partnerne driver omfattende forskning på feltet. Deltakelse som partner vil derfor kunne gi tilgang til informasjon av stor interesse for Statkraft.

DONG er et internasjonalt integrert energiselskap med utspring fra Danmark, som både utvinner og produserer olje og gass, og de produserer også varmeenergi fra fornybare kilder. DONG E&P Norge er partner i syv produserende olje- og gassfelt på den norske sokkelen, og de deltar også i utvikling av andre felt og lisenser i dette området. De angir generell interesse for å minimere miljøkonsekvensene av sine aktiviteter som motivasjon for deltakelse.

Rørledningsoperatør

Gassco er et norsk, statseid selskap som ble etablert i 2001 og har operatøransvar for det norske transportsystemet for gass på den norske sokkelen. Selskapet har interesser for utvikling av konsepter og tekniske løsninger for CO₂-transport. Interessen for deltakelse i sentret er begrunnet med den kunnskapsutvikling som dette kan gi på de aktuelle områder.

²⁰ I prosjektplanen for 2010 kan det se ut som det er noe færre partnere med i arbeidet nå, men en forespørsel vedrørende dette har ikke blitt besvart av Forskningsrådet. Vi har derfor omtalt alle de industrielle partnerne som er omtalt i søknaden.

Teknologileverandører

Det er tre selskap i denne gruppen: Aker Clean Carbon, ALSTOM og Schlumberger.

Aker Clean Carbon er dannet av Aker ASA og Aker Solutions for å arbeide med kommersialisering av CO₂ fangst teknologi, og de oppgir at de ser store muligheter for utvikling av nye og mer kostnadseffektive og miljøvennlige teknologier. Aker Clean Carbon har for øvrig ansvaret for levering av teknologien til CO₂-fangstanlegget på Mongstad, et anlegg som karakteriseres som ett av verdens fremste. Mens Aker Clean Carbon skal levere teknologien, er det Aker Solutions som står for byggingen av anlegget.

ALSTOM er et sveitsisk selskap som er en global leverandør av energisystemer og har betydelige aktiviteter på områder som gjelder miljøvennlig energi, inkl CO₂-løsninger. Alstoms avdeling i Norge er Norges største eksportør av miljøteknologi og har blant annet stor ekspertise på rensing av avgasser fra aluminiumsverk og olje/kullkraftverk. De er også valgt som leverandør av et testanlegg for CO₂-fangst på Mongstad.

Schlumberger er et multinasjonalt selskap med franske aner og med hovedaktivitet innen geofysiske og seismiske undersøkelser, brønnlogging, etc. - og med aktivitet i over 80 land. Schlumberger har vært i Norge siden 1960-tallet med avdelinger i Stavanger, Bergen og Oslo. Selskapet karakteriserer seg selv som petroleumsindustriens ledende leverandør av kompetanse og teknologiske løsninger innen utforskning og produksjon, og er også eier av verdens største seismikkselskap, WesternGeco. Blant annet arbeider selskapet med lagring av CO₂, og har betydelig ekspertise i teknologi og prosjektledelse relatert til dette. I tillegg til å angi sin interesse for geologiske lagringsløsninger av CO₂, understrekes betydningen av at sentret skal dekke hele CO₂-kjeden, noe som gjør prosjektet interessant også for andre deler av Schlumberger.

Sikkerhetsanalyser

Det Norske Veritas (DNV) er et norsk selskap som har en ledende rolle innen risikoanalyser og risikoleidelse. De begrunner sin deltakelse generelt med behovet for utvikling av ny kunnskap og know-how for å løse spesifikke problemer knyttet til utvikling og implementering av CCS-teknologi.

DNV har utviklet en strategi på området - "Cleaner Energy and Utilities activities" - og er involvert i et bredt spekter av FoU-prosjekter, særlig med fokus på utvikling av storskala anvendelser av CCS, og selskapet har interesse for kunnskapsutvikling og utvikling av tjenester knyttet til de ulike deler av CO₂-kjeden. De angir sine interesser for sentrets aktiviteter til å ligge langs to "akser", nemlig lagring av CO₂ og sikkerhetsledelse av fullstendige CO₂-kjeder

Prosessindustri

Hydro ASA er en ledende aluminiumsprodusent, men er også involvert på andre områder, blant annet solcellerelatert virksomhet (se beskrivelsen av "Solar United"). Bakgrunn for deltakelsen i BIGCCS er de miljømessige utfordringene selskapet står overfor i forbindelse

med sin produksjon. Selv om viktigste energikilde er elektrisitet basert på vannkraft, er en betydelig del av virksomheten basert på kull og gass, og bruk av fossil energi vil være viktig for fremtiden. Selskapet ser derfor CCS som et viktig strategisk område; det er stort behov for reduksjon av CO₂-utslipp i forbindelse med aluminiumsproduksjonen.

De er mest interessert i utvikling av teknologi for CO₂-fangst etter forbrenning (post-combustion) i forbindelse med deres produksjon. De angir spesifikt to deler av sentrets aktivitet som relevante, nemlig CO₂-fangst og prosessering, og varmegjenvinning.

Selskapet oppgir videre at de har planer om en betydelig ekspansjon av sin stab med kompetanse innen CCS-teknologi, og kandidater utdannet gjennom BIGCCS vil derfor være av interesse for Hydro.

Generelt kan det sies at de industrielle partnerne representerer en sterk gruppe industrielle aktører som dekker de ulike deler av CO₂-kjeden, alle er også i betydelig grad involvert i egen FoU-aktivitet knyttet til denne kjeden. Medvirkningen i sentret er således forankret i en sterk interesse for fremtidig anvendelse av den kunnskapen som utvikles. Det kan ellers være verdt å merke seg at flere av partnerne begrunner sin deltakelse med tidligere gode erfaringer fra samarbeid med SINTEF Energiforskning og den fremtredende kompetansen selskapet har på CCS-feltet.

Innovasjonsstrategi

I prosjektbeskrivelsen for BIGCCS er det et tydelig fokus på innovasjon og hvordan resultatene skal komme til industriell anvendelse. Potensialet for innovasjon og fremtidig verdiskaping er omtalt i forbindelse med de fleste delprosjekter, det også er antydning hvilke typer aktører som vil ha interesse av anvendelse av teknologien. Det er videre verdt å merke seg at det er et eget delprosjekt som spesifikt skal se på hvordan teknologien knyttet til CO₂-fangts kan komme til anvendelse på andre områder enn energiproduksjon.

BIGCCS har et eget delprosjekt som skal se på hvilken betydning økonomiske rammebetingelser og politiske virkemidler vil ha for utviklingen av CO₂-kjeden. Gjennom dette vil det således utvikles kunnskap om forutsetningene for at CCS-teknologien skal komme til anvendelse.

Når det gjelder sentrets egen innovasjonsstrategi, var ikke denne like klart formulert i den opprinnelige søknaden, der den kun var kort omtalt. Dette er imidlertid utviklet i planen for 2010 der "Centre Building and Innovation Processes" er ført opp som et hovedpunkt før gjennomgangen av planene for de enkelte delprosjekter. Det viktigste grepet i sentrets innovasjonsstrategi er at ansvaret for å lede innovasjonsaktiviteten er satt ut til en egen aktør, Studio Apertura, og det er deres ansvar å følge sentrets forskningsaktiviteter og sikre at fokus holdes på potensialet for kommersielle anvendelser av den nye teknologien. Studio Apertura, som er en del av NTNU Samfunnsforskning, har bred kompetanse i arbeid med innovasjonsprosesser, og prosjektlederen som skal ha ansvar for innovasjonsstrategien, har selv flere års erfaring med organisering av innovasjonsprosesser i et større norsk selskap.

Målet for strategien er å gi støtte til senterledelsen og ”Exploitation and Innovation Advisory Committee” i senterbyggingsprosessen og å utvikle innovasjonsrelaterte aktiviteter tilpasset sentrets virksomhet. Gjennom dette er hensikten å bidra til at de enkelte deltakere utvikler samarbeid om innovasjon, og man vil også bistå med kunnskap om hvordan slike innovasjonsprosesser kan organiseres. Det planlegges gjennomført workshops og møter for å simulere til utvikling av arbeidsprosesser med fokus på innovasjon.

Et poeng av relevans for innovasjonssstrategien er at prosjektet i stor grad er forskerdrevet. I sentrets opprinnelige organisasjonsmodell kan det se ut som om innovasjonsperspektivet var lite integrert med de aktivitetene der industripartnerne deltar, men dette blir trolig endret gjennom den innovasjonsstrategien som nå implementeres. Et viktig poeng er at det er et betydelig sammenfall mellom de industrielle aktørenes forskningsmessige interesser og sentrets interesser. Partnerne er alle sterkt involvert i prosesser med å ta i bruk CCS-teknologien. For alle de industrielle aktørene er det å ta i bruk teknologien deres primære motivasjon for å delta i samarbeidet. Det er derfor grunn til å tro at samarbeidet med partnerne vil kunne utløse innovasjoner og kommersielle anvendelser. Men en viktig forutsetning er at man organiserer et godt samspill mellom forskningsmiljøene og de industrielle partnerne, noe som også er et viktig fokus i sentrets innovasjonsstrategi.

BIGCCS har planlagt et samarbeid om kommersialisering med aktuelle teknologioverføringskontorer (TTO) i Trondheimsmiljøet, og vil bruke både NTNU Technology Transfer og Sinvent.

Rammebetingelser og markedsutvikling

Behovet for utvikling av CCS-teknologien er i utgangspunktet bestemt av politiske mål om reduksjoner i utslipp, og hvilke konkrete strategier og virkemidler som dette følges opp med. Den viktigste mekanismen for å stimulere til utvikling på dette området gjelder internasjonale klimaavtaler og de enkelte lands nasjonale strategier for å følge opp dette. Gjennom oppretningen av et system med kvoter for klimautslipp og en tilhørende pris for slik kvoter, har det blitt etablert en prismekanisme som kan bidra til å stimulere til utvikling av mer klimavennlig teknologi. Når det gjelder CCS-teknologien, er det imidlertid et betydelig avvik mellom de kostnader som teknologien medfører og kvoteprisen for utslipp av CO₂.

I Klimakur 2020²¹ heter det følgende om dette (s. 136):

”De samfunnsøkonomiske tiltakskostnadene som er beregnet i denne rapporten ligger for de fleste anlegg vesentlig over anslagene for kvotepris laget for Klimakur 2020. Den

²¹ Klimakur 2020. Tiltak og virkemidler for å nå norske klimamål mot 2020, foreløpig versjon 22. februar 2010. Klima- og forurensningsdirektoratet, NVE, Oljedirektoratet, Statistisk Sentralbyrå og Statens vegvesen.

økonomiske risikoen vil medføre at en kvotepris må ligge over de samfunnsøkonomiske tiltakskostnadene før private aktører vil ta investeringsbeslutninger. Derfor vil mer kostnadseffektive fangstmetoder, reduksjon av ulike risikoelementer og framtidig høy og forutsigbar CO₂-pris være avgjørende for kommersielle løsninger for CCS i framtiden.”

Siden de aktuelle kvotekostnader ligger vesentlig under hva de må gjøre for at investeringer i CCS anlegg vil være lønnsomme, vil en utvikling og implementering av teknologien være fullstendig avhengig av politikken på området. Politikken kan gjelde både offentlig medvirkning i finansiering av forskning og investeringer i teknologi, og gjennom lovreguleringer som setter forbud mot utslipp av CO₂ over et visst nivå slik at industrielle aktører må ta i bruk teknologien.

Siden mange land er i ferd med å utvikle en slik politikk, betyr det at det er under utvikling et marked for CCS-teknologi, og det kan skjernes mellom markeder knyttet til de verdikjeder og næringsområder vi har beskrevet tidligere, nemlig:

- CO₂-fangst i anlegg basert på forbrenning av fossilt brensel, som gass- og kullkraftverk, smelteverksindustrien m.v.
- CO₂-transport - i BIGCCS er avgrenset til å gjelde løsninger for transport av CO₂ i kondensert form
- CO₂-lagring, i BIGCCS fokuserer på lagring i utnyttede olje- og gassreservoarer.

De aktuelle markedene gjelder dels den spesifikke teknologien som utvikles og som installeres, det er særlig fangstteknologien som er et stort og så langt lite utviklet område. Dels gjelder det også tjenesteleveranser i tilknytning til implementering og bruk av teknologien, som ingeniørtjenester, risikoanalyser og systemanalyser.

Når det gjelder CO₂-lagring, blir dette av flere oljeselskap vurdert som et interessant markedsområde. Det kan i denne sammenheng vises til at Statoil, som er en av partnerne i BIGCCS, som vurderer CO₂-lagring som et interessant fremtidig forretningsområde.²² Men det understrekes fra selskapets side at det trenges tilskudd i en overgangsfase ”før klimagass blir så dyrt at lagring lønner seg”. Det er også viktig med utvikling av et system for godkjenning av lagringsmuligheter, eksempelvis ved et lisenssystem for lagring.

²² Jf. oppslag i Aftenposten 3. mars 2010: ”Nordsjøen kan bli Europas CO₂-lager”.

SUCCESS – Subsurface CO2 storage – Critical Elements and Superior strategy

Sentrets hovedstrategi og forskningsområder

Sentret er organisert ved Christian Michelsen Research i Bergen og skal gjennomføre forskning rettet mot lagring av CO₂. Det er stor mangel på kunnskap om effekten av å injisere CO₂ i undergrunnen, og slik kunnskap er avgjørende for å nå internasjonale mål om deponering av CO₂.

SUCCESS skal arbeide med fire områder knyttet til CO₂-lagring:

- CO₂-gassens oppførsel i reservoaret
- Forseglingsegenskaper
- Monitorering
- Konsekvens for havmiljø ved lekkasjer.

De planlagte aktivitetene inkluderer eksperimentelle og teoretiske studier, analyser av bergartsprøver, utvikling av matematiske modeller, numerisk modellering, og testing i feltlaboratorier. SUCCESS-konsortiet har betydelig kompetanse innen fagfelt som strukturgeologi, sedimentologi, reservoarkarakterisering, geomodellering, reservoarmodellering, eksperimentell væskestrømning og mineralreaksjoner, geokjemi, geomekanikk, petrofysikk og marin økologi.

Forskningen er planlagt organisert i følgende delprosjekter:

1. Storage: geo-characterization and geochemical/geomechanical response
2. Storage: Fluid flow and reservoir modeling
3. Sealing properties
4. Monitoring of reservoir and background
5. The marine component
6. CO₂-School

Sentret er organisert med sju forskningspartnere, alle er norske. Når det gjelder industrielle partnere, var dette lite avklart på søknadstidspunktet. Det er foreløpig ikke inngått avtale mellom Forskningsrådet og sentret, og det foreligger således heller ingen konkret plan for arbeidet i sentret.

Verdikjeder og næringsområder

Sentrets aktiviteter er kun rettet inn mot lagringsdelen i CO₂-kjeden, og det relevante næringsområdet vil da være knyttet til dette og til operatørselskapene og deres leverandører.

Industrielle partnere

I følge søknaden har man ikke sentrets planer blitt diskutert med de industrielle partnerne, og man hadde kun intensjonsbrev fra fem aktuelle partnere som markerer sin prinsipielle interesse for å delta i sentret. Vi har ikke fått oppdaterte opplysninger om hvordan dette har utviklet seg.

De fem oppgitte partnerne er StatoilHydro, ConocoPhillips, CGG Veritas, Tracerco og Coda Octopus. De tre første er også partnere i BIGCCS. De siste to har spesialkompetanser innen prosessdiagnostikk, feilsøking og prosessoptimalisering for offshore produksjon (Tracerco) og innen undervannsteknologi og geofysiske analyser knyttet til oljeutvinning (Coda Octopus).

I tillegg til de fem aktuelle partnerne, er det i søknaden vist til flere andre industrielle aktører som CMR samarbeider med i andre relevante prosjekter.

Innovasjonsstrategi

Søknaden inneholder ingen opplysninger om innovasjonsstrategi, heller ikke om hvordan samarbeidet med partnerne skal organiseres m.v. Det foreligger heller ikke planer som gir nærmere opplysninger om dette.

Rammebetingelser og markedsmuligheter

Det vises til beskrivelsen av BIGCCS. Siden SUCCESS kun er rettet mot lagring, vil det først og fremst være rammebetingelsene knyttet til denne delen av CCS-teknologien som er av interesse med hensyn til hvordan forskningsresultatene skal komme til anvendelse. Men i hvilken grad lagringsteknologien blir tatt i bruk, vil selvsagt være helt avhengig av den samlede utviklingen innenfor CCS-teknologien, og hvilke samlede politiske regimer som utvikles rundt dette.

CenBio

Sentrets hovedstrategi - forskningsområder

CenBio er organisert i et samarbeid mellom Norsk senter for Bioenergiforskning ved UMB på Ås og SINTEF Energiforskning i Trondheim. Den formelle prosjektledelsen ligger ved SINTEF Energiforskning, mens prosjektansvarlig er Norsk senter for Bioenergiforskning. Forskningsaktivitetene i CenBio er fordelt nokså likeverdig mellom de to miljøene. Til sammen representerer de to miljøene landets fremste ekspertise innen bioenergi-området, og CenBio er organisert med et samarbeid med de ledende næringsaktørene.

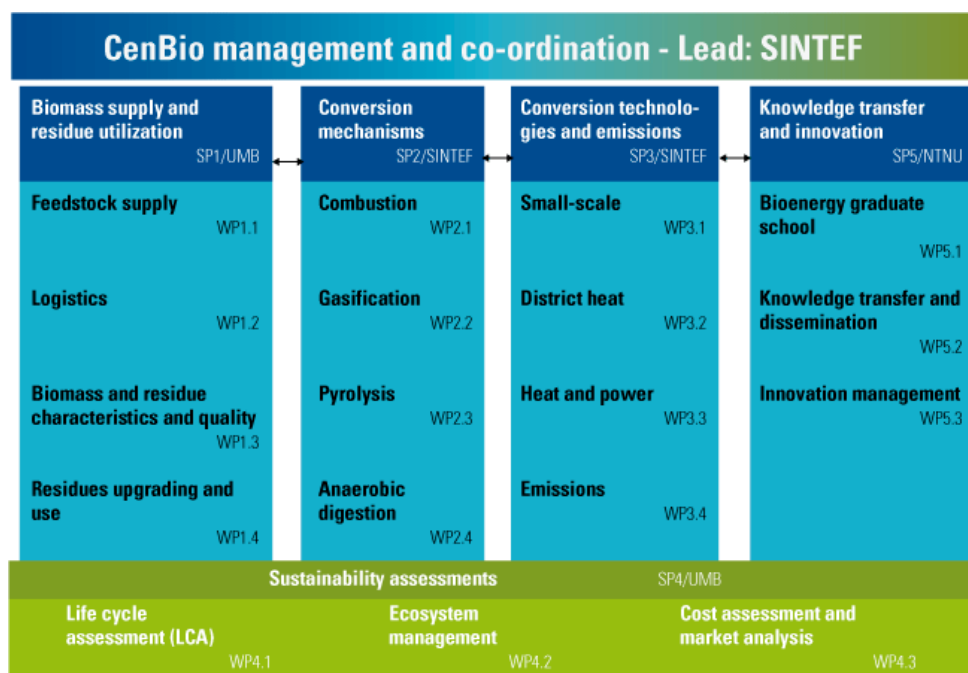
Hovedmålet for sentret er å bidra til utvikling av en bærekraftig og kostnadseffektiv bioenerginæring. Dette er spesifisert i fire delmål:

1. Analysere hvordan omfanget av innhøstet biomasse for energiproduksjon kan bli fordoblet innen 2020, og hvilke implikasjoner dette har for energikvaliteten (energy fraction qualities).
2. Analysere hvilke krav dette medfører til produksjon av 'råmaterialer' (feedstock requirements) og hva som er de teknologiske implikasjonene av effektiv utnyttelse av biomassen for energiformål.
3. Å demonstrere at det er praktisk og økonomisk mulig å nå målet om fordoblet energiproduksjon innen 2020, og kan skje på en miljøvennlig måte.

4. Bidra med analyser av den økonomiske og miljømessige betydningen av bioenergi verdikjeden for investorer, reguleringsmyndigheter og andre interessenter.

Prosjektet er (i hovedsak) avgrenset til stasjonær bruk av bioenergi, dvs. bruk av bioenergi for oppvarming av bygninger gjennom lokale anlegg og fjernvarmeanlegg.

Sentret har organisert forskningsaktiviteten sin i fem delprosjekter, og i hvert delprosjekt inngår 3-4 arbeidspakker. En oversikt er gitt i figuren nedenfor (kilde: CenBio).



Delprosjektene SP1-SP3 er tematisert slik at de følger verdikjeden fra forsyning av biomasse frem til omforming til varmeenergi. I tillegg er det ett delprosjekt som gjelder kunnskapsoverføring og innovasjon (SP4), i dette inngår både organisering av master- og doktorgradsutdanning, diverse opplegg for kunnskapsoverføring og spredning, og en egen arbeidspakke om innovasjonsledelse (WP5.3). Det er også organisert et eget delprosjekt (SP4) som gjelder analyser av bærekraft i bioenergi-kjeden med fokus på analyser av livssykluser, forvaltning av økosystemene, og kostnads- og markedsanalyser knyttet til investeringer i aktuelle prosjekter som forskningsaktiviteten kan føre frem til.

CenBio er organisert med et stort antall partnere. På forskningssiden er, i tillegg til miljøene i Trondheim og Ås, det svenske Vattenfall Research and Development involvert som en forskningsmessig hovedpartner. Ut over dette har CenBio ti såkalte assosierte forskningspartnere som inkluderer bl.a. tre amerikanske miljøer og fem nordiske. På næringsiden er det 19 industrielle aktører, til dels store og nasjonalt og internasjonalt ledende selskap på sine områder.

Verdikjeder og næringsområder

Hoveddelen av forskningsaktiviteten i CenBio er rettet mot verdikjeden fra biomasseproduksjon til varmeenergi i stasjonære anlegg. En skjematisk oversikt er gitt i tabellen nedenfor, der det også er angitt hvilke typer næringsaktører som er relevante i forhold til de enkelte ledd i kjeden.

Verdikjeden	Næringsaktører
Biomasseproduksjon fra skog - Utvide til å inkludere alle typer masse - Bioøkonomisk optimalisering	Skogeiere
Logistikk - Kostnader ulike driftsformer - Logistikk-kjeden: høsting, lagring og transport	Skogeiere Skogsentreprenører
Biomassehåndtering og oppgradering	Skogsentreprenører Treforedling
Biomasse konvertering (conversion) - Forbrenning - Gassifisering - Pyrolyse - Anerobe omdanningsprosesser	Treforedling Avfallshåndteringsselskap Energiselskap
Konverteringsteknologi og utslipp - Ved- og pelletsovner (lokale anlegg) - Fjernvarmeanlegg - Industrielle varmeanlegg - Utslipp	Avfallshåndteringsselskap Energiselskap Teknologiselskap (leverandører av forbrenningsteknologi)

Dette er hovedkjeden – dvs der biomasse basert på skog dyrkes og høstes, og så transporteres og på ulike måter tilberedes for så å bli konvertert til varmeenergi i ulike anlegg. Verdikjeden har imidlertid ulike forgreninger:

- Trevirket bearbeides til ved, pellets, flis mm, som så anvendes i ulike typer forbrenningsanlegg
- Deler av trevirket går til trelast- og treforedlingsindustrien med primært formål andre anvendelser enn energiproduksjon, men rester/avfall av dette virket går så videre til energiproduksjon gjennom forbrenningsanlegg
- Noe av restavfallet fra treforedling sammen med andre typer biologisk avfall fra landbruk går til gassproduksjon. Dette inkluderer også biologisk avfall samlet inn gjennom renovasjonsselskap.

Industrielle partnere

Sentret er organisert med til sammen 19 partnere som driver industriell aktivitet av relevans for forskningen organisert gjennom CenBio, jf oversikt i tabellen nedenfor.

Industrielle partnere	Interesser i forhold til CenBio
Landbruksaktører: - Norges Skogeierforbund - Norges Bondelag	Åpner nye markedsmuligheter for omsetning av lavkvalitets trevirke og annen biomasse fra skog, samt for utnyttelse restmaterialer fra jordbruksproduksjon
Skog- og landbruksrelaterte industrielle aktører - Norske Skog - Xynergo - Norsk Protein	Utvikling av forretningsaktivitet basert på biomasse, som: - Utvikling av industriparkkonsept der logistikk, bioenergi og biodrivstoff er sentralt - Utvikling og optimalisering av CHP (combined heat and power) produksjon - Storskala forsyning av trebasert biomasse for produksjon av 2. generasjon biodrivstoff - Utvikling av løsninger for utnyttelse av MBM (meat and bone meal) for produksjon av gjødsel
Energiselskap - Agder Energi - Akershus Energi - Hafslund - Trondheim Energi Fjernvarme - Nord-Trøndelag Elektrisitetsverk - Vattenfall Nordic Heat	Alle selskapene er på ulike måter engasjert i arbeid med utvikling av fornybar energi som forretningsområder: - Teknologi- og kunnskapsutvikling knyttet til energiproduksjon basert på biomasse - Kosteffektivitet i hele bioenergikjeden - Kontroll- og optimaliseringssystemer for komplekse distriktssystemer for oppvarming basert på ulike kilder
Renovasjsselskap - Avfall Norge (interesseorganisasjon) - Oslo kommune energigjenvinning (EGE) - City of Amsterdam Waste and Energy Company (AEB)	- Optimalisering av avfallsforbrenning - Reduksjon av utslipp fra avfallsforbrenning - Utnyttelse av restavfall/aske etter forbrenning - Utnyttelse av restavfall etter biogassproduksjon
Miljøteknologi/Forbrenningsteknologi - Energos - Cambi - Bionordic - Jøtul - Granit Kleber	Videreutvikling av teknologier knyttet til forbrenning av biomasse. Selskapene representerer følgende områder: - Avfallsforbrenning (Energos) - Produksjon av biogass (Cambi) - Pelletsovner (Bionordic) - Støpejernsovner og kleberstensovner (Jøtul og Granit Kleber)

Landbruksaktørene:

Norges Skogeierforbund, som representerer 50.000 skogeiere som er medlemmer i det norske skogeiersamvirket, og disse medlemmene forvalter ca halvparten av det produktive skogarealet i Norge. Skogeierne representerer kanskje den viktigste næringsinteressen i forhold til CenBio, siden den primære innretningen på sentret gjelder utnyttelse av skogstrevirke. Deres interesse er utvikling av bioenergi basert på trevirke som kan åpne nye markedsmuligheter for omsetning av lavkvalitets trevirke, samt annen biomasse fra skog, som kvister mm. Norge Bondelag representerer landets gårdbrukere, og deres interesse i CenBio er knyttet til de muligheter som åpnes for utnyttelse av restmaterialer fra jordbruksproduksjon, som halm og annet restmateriale med potensial for omdanning til biomasse.

Skog og landbruksrelaterte industrielle aktører

Norske Skog er en hovedaktør innen treforedling (avis- og magasinpapir), både nasjonalt og internasjonalt, bl.a. med tre fabrikanlegg på ulike steder i Norge. I disse anleggende

utnyttet avfall for produksjon av bioenergi, og er den største produsent og forbruker av bioenergi i Norge. Xynergo er deres datterselskap rettet mot produksjon av biodiesel som arbeidsfelt. Deres interesser knyttet til deltakelsen i CenBio gjelder utviklingen av et industriparkkonsept med fokus på logistikk, bioenergi og biodrivstoff, herunder forsyning av råmaterialer, forbrenning og forbrenningsteknologi.

Norsk Protein eies av Nortura (75 %) og Kjøtt- og fjørfebransjens landsforbund (25 %) og driver gjenvinning av proteinråstoff. Deres deltakelse i sentret er knyttet til deres interesse for utnyttelse av slakteavfall for produksjon av gjødsel.

Energiselskapene

De selskapene som deltar i CenBio er store elektrisitetsprodusenter som samlet har en betydelig andel av det norske markedet for produksjon og distribusjon av elektrisk kraft. Særlig gjelder dette Hafslund, som har en dominerende posisjon i Oslo og som i tillegg driver fjernvarmesystem i Oslo – et system som nå bygges ut i stor skala. For dem er utvikling av biobrenselsteknologi av stor interesse.

I tillegg deltar det svenske selskapet Vattenfall som er en stor produsent av elektrisitet og varmeenergi, det siste basert på biomateriale og avfall. Deres ambisjon er å være et ledende selskap innen miljøvennlig energi, og deres deltakelse er begrunnet med at CenBio representerer de fremste miljøer på dette området i Norge.

Renovasjonsselskapene

Avfall Norge er interesseorganisasjon for offentlig og private aktører og representerer i alt 100 kommunalt eide og 60 ikke-kommunale aktører, og representerer dermed hele verdikjeden i innsamling og håndtering av avfall. I tillegg to tyngre selskap – EGE og AEB – som er energigjenvinningselskap i hhv Oslo og Amsterdam. Disse selskapenes interesser kommer inn på områdene avfallsforbrenning og produksjon av gass.

Teknologiselskapene

Disse gjelder forbrenningsteknologi på noe forskjellige områder. Energos arbeider med teknologi for store avfallsforbrenningsanlegg, Bionordic produserer pelletsovner, Jøtul og Granit Kleber produserer ovner og peiser i hhv støpejern og kleberstein. Cambi er et norsk teknologiselskap med virksomhet i et stort antall land i Europa og Asia, og tilbyr teknologiske løsninger og ferdige anlegg for produksjon av bioenergi og biogass.

I tillegg kan det bemerkes Arena Bioenergi Innlandet er forskningspartner til CenBio. Dette nettverket driver et omfattende samarbeid med ulike industrielle aktører i Innlandet på ulike områder knyttet til bioenergi, og dette nettverket kan dermed også representere en viktig kontaktflate for industrielle anvendelser basert på CenBios forskning.

Strategi for innovasjon og kommersialisering

CenBio er organisert med et rådgivende organ for innovasjon og industriell anvendelse - Exploitation and Innovation Advisory Board (EIAB) – som er ledet av en av de industrielle partnerne.

CenBio har et eget delprosjekt – SP5 Knowledge transfer and innovation – med opplegg for kompetanseoverføring og innovasjon. Dette består av tre deler:

- WP5.1 Bio-Energy Graduate School
- WP5.2 Knowledge Transfer and Dissemination
- WP5.3 Innovation Management

Blant disse er det WP5.3 som er av spesiell interesse i vår sammenheng, og formålet med denne delen er å strukturere og tilrettelegge for prosesser som kan føre til at resultatene tas i bruk. Dette omfatter også analyse og utprøving av nye muligheter. Som del av innovasjonsstrategien er det pekt på behovet for å stimulere til entreprenørskap, og sentret har som ambisjon å skape et miljø som stimulerer til entreprenørskap. Man vil etablere en årlig Bioenergy Innovation Award, og det planlegges opprettet en komite for å arbeidet med dette.

CenBio har en ambisjon om å bruke de industrielle partnerne aktivt for å fremme kopling mellom innovatører og potensielle partnere for utvikling/anvendelse av den aktuelle innovasjonen. I arbeidsplanen for 2009 er dette mer utviklet, og WP5.3 er nå splittet opp i følgende fire punkter (tasks):

1. Felles innovasjonsplattform
Utvikling av felles perspektiver på hva slags forventninger man skal ha til innovasjoner i CenBio, konkretisering av mål for innovasjonsaktiviteten, og holde en løpende diskusjon om hvordan aktuelle innovasjoner kan utvikles og introduseres i markedet.
2. Stimulering av entreprenørskap
Utvikling økt oppmerksomhet for det industrielle og økonomiske potensialet i forskningsaktiviteten i sentret, nominering av kandidater til den årlige bioenergi innovasjonsprosen, og organisering av innovasjonsworkshop. Første workshop var planlagt i nov 2009, men er utsatt til 2010.
3. Industrialisering, kommersialisering og forretningsutvikling
Det planlegges opprettet samarbeid med TTO-kontorene ved SINTEF i Trondheim (Sinvent) og i Ås (Bioparken).
4. Oppfølging med nye søknader (Continuous application effort)
Følge løpende med i muligheter for å søke om midler til å styrke aktiviteten i CenBio på relevante områder.

I den opprinnelige søknaden står det også at man vil gi kvalifisert rådgivning for å utvikle innovasjoner, både med hensyn til IPR, markedsanalyser, identifisering av potensielle første kunder og tilgang til videre finansiering (som Innovasjon Norge, Enova, privat kapital). I planen for 2009 er ikke dette lenger nevnt eksplisitt, men overlates trolig til TTOene de skal samarbeide med. Det er foreløpig ikke avtalt et slikt samarbeid.

Rammebetingelser

CenBios ambisjoner er, i likhet med de andre FMEene, nært knyttet til energipolitiske rammebetingelser, dvs. subsidier, kvotehandel, priser, lover og andre former for reguleringer. For CenBio synes følgende forhold å være viktige:

Elektrisitetsprisen

Varmeenergi basert på biomasse må være konkurransedyktig i forhold til el-prisen for at det skal være et insentiv for overgang til bioenergi. Som eksempel kan nevnes at selskapet Bionordic (en av partnerne) som produserer pelletsovner, måtte permittere sine ansatte høsten 2009 på grunn av dårlig marked for deres ovner, noe som skyldtes den lave elektrisitetsprisen.

Investeringsstilskudd

Dette er viktig for bl.a. utbygging av infrastruktur for vannbåren varme, herunder ledningsnett for fjernvarmeanlegg. Videre har det stor betydning som insentiv for utskifting av gamle oljefyringsanlegg og overgang til andre energiformer.

Reguleringer – bygninger

Det offentlig har stor innflytelse på energiforsyningen til bygninger. For det første kan man regulere en rekke forhold gjennom bygningslovgivningen, eksempelvis forbud mot oljefyring i nye bygg og forbud mot utskifting av oljekjeler i gamle bygg. For det andre eier offentlige aktører en betydelig andel av landets samlede bygningsmasse, og kan som eiere pålegge seg selv forpliktelser med hensyn til at oppvarming skal være basert på miljøvennlig energi. Blant annet er en del kommuner aktive på dette området.

Dieselavgift

Dieselavgiften har ikke direkte betydning for bruk av stasjonær bioenergi, men kan muligens ha en indirekte betydning ved at manglende insentiver til å satse på biodiesel også kan påvirke satsingen på andre former for bioenergi. Samtidig illustrerer imidlertid de endringene i dieselavgiften som regjeringen Stoltenberg vedtok høsten 2009 at det har stor betydningen med stabile og forutsigbare rammebetingelser for at private aktører skal investere på dette området.

Avfallspolitikk

Som ledd i avfallspolitikken inngår bl.a. forbud mot deponering av matavfall, og det er reguleringer med hensyn til utslipp fra forbrenningsanlegg m.m. Slike reguleringer vil ha stor betydning som insentiv til å utvikle alternative løsninger.

NORCOWE

Sentrets hovedstrategi – forskningsområder

Norwegian Centre for Offshore Wind Energy (NORCOWE) har som hovedstrategi å kombinere norsk offshore teknologi og dansk vindenergikompetanse for utvikling av offshore vindteknologi. Det skal utvikles løsninger og teknologi for store vandyp og krevende offshore miljøtilstander. NORCOWEs ambisjon er å støtte norske bedrifter som tar mål av seg å få en ledende rolle i kommende offshore vindmarkeder.

NORCOWE ledes av Christian Michelsen Research (CMR) i Bergen. CMR har prosjekteierskapet og leder følgende forskningspartnere: Universitetet i Bergen UNI Research (et forskningsselskap eid av Universitetet i Bergen), Universitetet i Agder, Universitetet i Stavanger samt Aalborgs Universitet (DK).

NORCOWE har organisert sin virksomhet i fem forskningsområder, som utgjør hver sin arbeidspakke:

1. Vind og havforhold – klimatologiske studier av hav- og værforhold, og modellering av det marine grenselag.
2. Havvindteknologi og nye konsepter som omfatter dynamisk respons, fanging av vindenergi, komponent og system utvikling, og pålitelighet og levetid
3. Marine operasjoner og vedlikehold tar for seg asset management, kontrollsystem for enkeltturbiner, fjernstyring, og marine operasjoner.
4. Optimalisering av vindfarmer ved hjelp av "nowcasting", dvs. korttidsvarsling av vær- og vindforhold, integrasjon i kraftsystemer, og modellering av vindfarmer
5. Felles tema fokusert på utdanning, sikkerhet, miljø og testfasiliteter og infrastruktur.

Verdikjeder og næringsområder

NORCOWEs forskningsområder/arbeidspakker dekker store deler av verdikjeden som må etableres for å kunne bygge ut offshore vindparker. Det er likevel riktig å si at NORCOWE har et tyngdepunkt når det gjelder forskning på områder som er viktig i planlegging/prosjektering, drift og vedlikehold, i forhold til forskning på hardware-komponentene i vindkraftteknologi. Dette gjenspeiler det kunnskapsmessige tyngdepunktet som forskningsmiljøene i Bergen har på meteorologi, havkrefter og havforhold.

Industrielle partnere

Statkraft, Vestavind Offshore AS, Agder Energi, Statoil, Lyse, Aker MH, National Oilwell Norway, Origo Engineering, Norwind

Strategi for innovasjon og kommersialisering

Sammenliknet med den andre FMEen som driver utvikling av offshore vindmølleteknologi (NOWITECH) er NORCOWES prosjektbeskrivelse rikere og mer detaljerte mht forskning. I denne, under kapittelet forskningsmetoder, beskrives planlagte arbeidsmetoder for å fremme industriell innovasjon. Det argumenteres med at utviklingen av innovative industrielle

anvendelser er avhengig av den metode som anvendes, men at også teknologien i seg selv vil gi betingelser. Senteret vil ha følgende styrker som vil muliggjøre innovasjon:

- Bred og heterogen bakgrunn, både når det gjelder universitetspartneres akademiske forskning og undervisning, og når det gjelder vitenskapelige, tekniske og kommersielle ferdigheter ved forskningsinstituttene og i bedriftene.
- Teamene (i arbeidspakkene) er også i stor grad multidisiplinære og dekker mange forskningsområder, med både teoretiske og eksperimentelle tilnærminger.
- Partnerne har et stort internasjonalt nettverk, med internasjonalt samarbeid på alle områder av senterets aktivitet.
- På hvert applikasjonsområde vil industripartnerne være aktive deltakere i forskningsarbeidet, og allokere tid ved senteret for å optimalisere synergi mellom forskningsgruppene.
- For å stimulere innovasjon fra forskningsområdene vil det bli organisert åpne seminarer for å identifisere industrielle behov og gap mellom kunnskap og teknologi.
- Personer ved senteret og partnere vil bli invitert til å delta i idemyldringsaktiviteter for å utforske relevante utfordringer, og felles prosjekter vil bli etablert.

Prosjektbeskrivelsen fortsetter med formuleringer om at intensjonen med NORCOWEs skal være et synlig og attraktivt FoU-miljø for norske bedrifter som arbeider internasjonalt, gjennom aktivt samarbeid mellom forskningsgrupper, og dermed med gode muligheter for innovasjon. Det vises til at forskningspartneres og industripartneres historikk og erfaring vil sikre at teknologier som utvikles vil bli implementert og brakt ut i markeder, til nytte for produsentene, brukere og samfunnet. Utover dette er det ikke fremlagt konkrete arbeidsmåter for å muliggjøre industrielle anvendelser fra NORCOWEs aktiviteter.

NORCOWE er per februar 2010 i ferd med å etablere en komite med ansvar for kommersialisering og innovasjon, med samme struktur og funksjon som den komiteen som NOWITECH har etablert. Komiteen skal ledes av en av industripartnerne og skal i hovedsak ha deltakere fra industrien. Men det foreligger ikke detaljerte planer som beskriver eventuell strategi, organisering og planlagte aktiviteter i mer detalj.

Det skjer allerede aktiviteter som naturlig faller inn under den kommende komiteens arbeidsområde. Flere av forskningspartnerne og industripartnerne i NORCOWE er med i aktiviteter og prosesser med tematikk knyttet til industrielle anvendelser. I tillegg deltar NORCOWE i en rekke eksisterende nettverksdannelser som kan fungere som basis for innovasjonsprosjekter. Det er etablert en allianse mellom de to vindklyngene som er støttet av Innovasjon Norges Arena-program, Arena Vindenergi og Arena NOW, hvor også NOWITECH deltar. Gjennom denne alliansen er planer for et stort test- og demonstrasjonsprogram, Demo 2020, blitt fremlagt. Et annet samarbeidsprosjekt er Vestavind Kraft, som er et vindkraftselskap med fokus på prosjektutvikling av onshore og offshore vindparker på Vestlandet. Vestavind Kraft AS ble stiftet i 2005 av Vestlandsalliansen – et samarbeid mellom en rekke kraftselskaper i Vest- og Sør-Norge. Vestavind Kraft eier 100 % av offshore vindkraftprosjektet Havsul I og 49 % av offshore vindkraftprosjektet Havsul II, samt Stadtvind testcenter. Et siste samarbeidsprosjekt er FFMFE (Forum For Marin Fornybar Energi), som er et forum med forankring i Vest- og

Sør-Norge. Medlemmer er Statoil, Shell, Lyse, BKK, Statkraft, Agder Energi, Fred. Olsen og nevnte Vestavind Kraft.

I sin strategi prioriterer NORCOWE satsing på nettverksetablering og kunnskapsgenerering innenfor offshore vind. Samarbeidspartnerne som ble med i NORCOWE var ikke del av et eksisterende nettverk, slik tilfellet er i FMEen NOWITECH, som ble etablert på et eksisterende samarbeid mellom Sintef, NTNU og IFE. Det er derfor et klart behov for å bruke både tid og konkrete aktiviteter for å etablere forskningssamarbeidet i NORCOWE. Samarbeid mellom forsknings- og industripartnere vil naturlig nok også måtte etableres. NORCOWE skal arbeide konkret med kommersialiserings- og innovasjonsaktiviteter gjennom den planlagte komiteen.

Rammebetingelser

Både i Norge og i EU er det i dag positive holdninger til utbygging av offshore vindkraft blant politikere. Utbygging av offshore vindkraft er viktig for utvikling av en norsk leverandørindustri, men også for kraftprodusenter. Flere land har planer for offshore vindutbygging i stor skala og de har etablert støtteordninger for investering i og produksjon av vindkraft. Dette har ført til at store norske aktører som Statkraft og Statoil investerer betydelig i offshore vindparker i utlandet, særlig i UK. I tillegg til å delta i NORCOWE og NOWITECH arbeider de samme selskapene i Norge med demonstrasjonsanlegg for flytende vindmølleteknologi, som har kommersialiseringspotensial noe frem i tid. Norsk leverandørindustri til offshore vindkraft deltar i utvikling av nye konsepter og demonstrasjonsanlegg, men norske industribedrifters leveranser av moden offshore vindteknologi går nær opp til 100 % til eksport. Det gjelder for eksempel Aker Solutions som leverer bunnfaste understell for vindmøller. Det vil si at for tiden finnes det ikke noe "hjemmemarked" for vindmøller til havs, noe som skyldes mange forhold. Hovedgrunnen er at Norge har overskudd på elkraft fra vannkraftverk og at offshore vindkraft er mer kostbar enn denne kraften – og at det ikke finnes tilstrekkelige norske støtteordninger som kan redusere prisen på denne type el-produksjon.

En annen årsak til manglende utbygging av norsk vindkraft til havs kan være at lovverket for offshore vindmøller hittil ikke har eksistert. Stortinget vil ventelig vedta en ny "Lov om fornybar energiproduksjon til havs"²³ (også omtalt som "Havenergiloven") i løpet av mars 2010. Denne loven stadfester at den norske stat er "grunneier" i havområdene i norsk territorialvann og at etablering av vindparker skal underlegges norsk jurisdiksjon mht etablering (konsesjon) og drift. Følgelig skal "departementet" (dvs. Olje- og energidepartementet) gi forskrifter og etablere arealplan og rammevilkårene, og NVE skal behandle konsesjonssøknader. Norske myndigheter er positive til fornybar kraft generelt og vindkraft spesielt. Men både landbasert vindkraftutbygging, som i mange tilfeller er kommersielt lønnsomt, og offshore vindkraftutbygging som verken er økonomisk lønnsomt eller teknologisk realistisk, lider i følge industriaktører under et arealplan- og konsesjonsbyråkrati med svak kapasitet.

²³ Jfr. Prop. 8 L (2009-2010).

For at offshore vindkraft i Norge skal virkeligjøres må det være økonomiske rammebetingelser som gjør dette lønnsomt. Det første er midler til FoU for å utvikle teknologi, noe FME-ordningen som finansierer NORCOWE og NOWITECH er et eksempel på. Gjennom Enova blir det gitt noe investeringsstøtte til vindkraftverk. Men produksjonsbaserte insentiver (subsidiert) utgjør forskjellen på norske og for eksempel britiske rammevilkår. Norge har lenge vært i planleggingsfasen når det gjelder et sertifikatmarked for fornybar elektrisitetsproduksjon, men implementering lar vente på seg. Det er sannsynlig at investeringsviljen i både landbasert og havbasert vindkraftproduksjon i Norge vil øke hvis et slikt insentivsystem kommer på plass, men Norges ”problem” er at landet ikke egentlig har behov for denne type elkraft pga landets store vannkraftbaserte el-produksjon. Det er markedene utenfor Norge som er av interesse, samt til en viss grad, elektrifiseringen av offshore olje- og gassanlegg (inkludert CO₂-håndtering offshore) som kan representere en etterspørsel etter denne type kraft.

NOWITECH

Senterets hovedstrategi - forskningsområder

Norwegian Research Centre for Offshore Wind Technology - NOWITECH - arbeider i likhet med NORCOWE med utvikling av offshore vindkraft. Senterets mål er ifølge prosjektbeskrivelsen prekompetitiv forskning for å etablere et grunnlag for industriell verdiskaping og kostnadseffektive vindmølleparker. Områder som vektlegges er dypvanns- (+30 meter) vindmøller med både bunnfaste og flytende understell. Arbeidet fokuserer på tekniske utfordringer samt relevante utdanningsløp, spesielt PhD- og post doc-programmer. Blant forskningspartnerne i NOWITECH dominerer Sintef med tre av sine avdelinger. Sintef Energiforskning har prosjektlederskapet. De to andre er Sintef Materialer og kjemi og Sintef Informasjons- og kommunikasjonsteknologi (IKT). De andre forskningsaktørene i senteret skal omtales nærmere nedenfor.

NOWITECHs totale budsjett i prosjektperioden (2009-2016) er MNOK 320. Senterets strategiske hovedambisjoner sammenfattes i følgende poenger:

1. NOWITECH skal utvikles til å bli et verdensledende forskningssamfunn/-senter på offshore vindteknologi. Senteret skal støtte norsk industri slik at det er mulig å være i den internasjonale fronten på dette området.
2. NOWITECH skal etablere rekrutterings- og utdanningsprogram for å levere til industrien høyt kvalifisert arbeidskraft på Master- og PhD-nivå.
3. NOWITECH skal assistere utvikling av ny industriell virksomhet, nye produkter og tjenester relatert til offshore vind ved hjelp av målrettet forskning og ved å være kontaktpunkt for første validering av nye konsepter. Det er også et mål å knytte utviklingsprosesser an mot offentlige utviklingsprogrammer og støttemuligheter.

4. NOWITECH skal etablere et vitenskapelig grunnlag for offshore vind test- og demonstrasjonsprosjekt, og arbeide nært med disse aktivitetene for å maksimere resultater og kvalitet i implementering.
5. NOWITECH skal være et "one-stop centre" for kunnskap på offshore vind, for industripartnere and offentlige aktører.

NOWITECH har det del kaller assosierte forskningspartnere, som er utenlandske forskningspartnerne fra Risø DTU, Massachusetts Institute of Technology (MIT), National Renewable Energy Laboratory (NREL), Fraunhofer IWES og University of Strathclyde

Forskningsaktivitetene til NOWITECH er delt opp i seks arbeidspakker (AP) som tar for seg følgende forskningsområder og -tematikk:

- AP1. Utvikling av integrerte numeriske designverktøy (integrated numerical design tools) til bruk i konseptutvikling og prosjektering av offshore vind energikonsepter. Målet er etablering av et sett av utprøvde verktøy til bruk i integrert design og prosjektering av dypvanns vindturbiner, herunder karakterisering og interaksjon av vind-, bølge- og strømkrefter.
- AP 2. Studier av nye energikonverteringssystemer (new energy conversion systems) for offshore vindturbiner. Målet er å bidra til utvikling av effektive, lette og sterke rotorblader (blade technology) og generatorteknologi for offshore vindturbiner.
- AP 3. Identifisering og vurdering av nye undervannsfundamenter (novel substructures), både bunnfaste og flytende, for offshore vindturbiner. Målet er å identifisere kostnadseffektive løsninger for vindturbiner på dypt vann.
- AP 4. Vurdering av nettverkstilkobling og systemintegrasjon for store offshore vindparker. Målet er å utvikle tekniske og markedsmessige løsninger for kostnadseffektiv nettilkobling og systemintegrasjon av offshore vindparker
- AP 5. Utvikling av drift- og vedlikeholdsstrategier og – teknologier (O&M). Målet er å utvikle den vitenskapelige basis for implementering av kostnadseffektive O&M-strategier og -teknologier for offshore vindparker.
- AP 6. Vurdering av nye konsepter (novel concepts) for offshore vindturbiner med numeriske verktøy og fysiske eksperimenter, herunder utvikling av kontrollsystemer og kombinasjon av resultater fra AP2 og AP3. Vurderingene er med numeriske verktøy (AP1) og ved å utnytte "in-house" laboratorium og resultater fra fullskala demonstratorer (for eksempel HyWind).

Arbeidspakkene samsvarer i stor grad med verdikjeden i offshore vindteknologi (se neste avsnitt). Et unntak er arbeidspakke 6 som skal konsentrere seg om helt nye konsept (novel concepts). Arbeidspakkene er nært knyttet sammen og har sammenfallende mål om å utvikle ny kunnskap, verktøy og teknologier som basis for industriell utvikling og kostnadseffektive

offshore vindparker på dypt vann. Forskningen vil hovedsakelig være av prekompetitiv karakter og vil omfatte Ph.D.-utdanning og postdoc-program.

Verdikjeder og næringsområder

Verdikjeden for offshore vind kan deles inn i følgende deler:

1. Design, planlegging og prosjektering av offshore vindmølleparker. Produktene og tjenestene som leveres er basert på forskning og modellering integrert i programvareverktøy, som omfatter av meteorologiske, atmosfæriske og oseanografiske (bølge, strøm osv.) påvirkninger.
2. Vindturbinkomponenter (rotorer, gir, hus etc.) og generator, dvs. kjernen i vindkraftteknologi.
3. Vindmøllefundament, faste og flytende løsninger.
Identifisering og vurdering av nye understellsløsninger for både bunnfaste og flytende turbiner.
4. Teknologi for tilkobling til nett og systemintegrasjon
Arbeidspakke 4 omhandler systemintegrasjon og nettilknytning av store offshore vindmølleparker.
5. Drift og vedlikehold, konsepter, teknologi
Arbeidspakke 5 fokuserer på drifts- og vedlikeholdsstrategi og -løsninger.

Industrielle partnere

I NOWITECH inngår en rekke industrielle partnere, i hovedsak energiprodusenter og utstysleverandører. Førstnevnte gruppe omfatter flere av Norges største elektrisitetsnetteiere og elektrisitetsdistributører og Norges største selskaper innenfor olje, gass og fornybar energi. De representerer potensielle kunder for utstysleverandører. Utstysleverandørene omfatter både leverandører av hardware og software. Det er internasjonale aktører på de fleste av leddene av verdikjeden. Industripartnerens økonomiske bidrag til NOWITECH varierer. Tabellen under gir en oversikt over utstysleverandørene som deltar i NOWITECH.

Bedrift	Produkter/tjenester
Aker Solutions AS	Understellsteknologi
Det Norske Veritas AS (DNV)	Bl.a. standardiseringstjenester, risikovurderinger
Devold AMT AS	Materialteknologi, maritim og møller
Fugro OCEANOR AS	Design, produksjon, teknologisk utvikling, installasjon og vedlikehold av miljøovervåkningssystemer, sjøovervåkings- og -beregningssystemer.
SmartMotor AS	Generatorteknologi
Vestas Wind Systems AS	Mølleteknologi
Vestavind Kraft AS	Konsulentvirksomhet og tjenester knyttet til vindkraft og vindteknologi. Skal også utvikle, bygge, eie og drive vindkraftanlegg.
Umoe Mandal	Material-, design- og produksjonsteknologi, maritimt engineeringverft
Sway	Offshore vindmølleteknologi
ScanWind	Offshore vindmølleteknologi
ChapDrive	Vindmølleteknologi, turbin, generator
SmartMotor	Generatorteknologi

NOWITECHs organisering av kommersialisering og innovasjon

NOWITECH er organisert med en senterledelse (Centre Management) under Sintef Energiforskning. Denne ledelsen omfatter også de som er ansvarlig for utdanning og rekruttering fra NTNU og ledelsen for de seks arbeidspakkene, de er plassert direkte under senterledelsen. I senterledelsen sitter også ansvarlig for innovasjon og spredning (Innovation and dissemination) også han fra NTNU. En vitenskapskomite er også plassert her. Ledelsen er underlagt et styre (Executive Board) som ledes av en industrirepresentant og et General Assembly, generalforsamlingen, hvor alle partnere er representert.

NOWITECH er organisert med en enhet for innovasjon og kommersialisering (CIC), som skal arbeide med industrielle anvendelser. Den har som oppgave å knytte sammen kompetanse, interesse og relevans mellom forskningsmiljøene og de industrielle partnerne, dvs. å sikre relevans mellom forskningsaktivitetene og de industrielle partnerne.

Det skal være CICs oppgave å bidra til å omsette forskningsresultater til produkter, prosesser og tjenester. Det fokuseres på fire hovedmåter:

- Industripartnerne skal delta i relevante arbeidspakker og eventuelle utvidelser av disse gjennom etablering av kompetanseprosjekter med brukermedvirkning (KMB) og

brukerstyrte innovasjonsprosjekter (BIP), som er prosjektyper støttet av Norges Forskningsråd.

- Samarbeide med små og mellomstore bedrifter (SMB) med utgangspunkt i halvårlige seminarer med Innovasjon Norges bedriftsnettverk, hvor resultater kan presenteres og hjelp til kommersialisering kan drøftes.
- Kommersialisering og innovasjon gjennom etablering av spin-outs. Denne type kommersialisering kan skje med bakgrunn i ideer/resultater generert av senteret. Man etablerer da et firma under rådgivning og i samarbeid med relevant kommersialiseringsenhet (Campus Kjeller, Sinvent, TTO).
- Etablering av et system for håndtering og evaluering av ideer som ”kommer inn”. Det nevnes at disse ideene kan komme fra enkeltpersoner eller fra SMBer. Målet er å lede ideene videre til finansiering ved prosjektstøtte fra NFR og Innovasjon Norge.

CIC er organisert som en komité med deltakelse fra industripartnerne. CIC ledes av en av industripartnerne. I skrivende stund har CIC hatt to komitemøter og har med det etablert seg og akkurat kommet i gang med planlegging av aktiviteter. Det er planlagt at CIC-leder og CIC-sekretær skal møte arbeidspakkelederne to ganger i året.

Arbeidet i CIC er naturlig nok ikke kommet langt, men en plan for aktivitet er lagt og skal gjennomføres i 2010. Planen går ut på at entreprenørskapsstudenter ved NTNU (siv.ing) skal gjennomføre intensive arbeidssamlinger med bakgrunn i ideer for kommersialisering fra industripartnerne. Industripartnerne forventes å drive idemyldring blant sine ansatte og komme opp med en ide, et problem, eller et konsept, som studentene skal ta videre. Dette skal gjennomføres to ganger i året, i vår halvåret og i høsthalvåret, tilpasset studentenes opplegg og prosjektarbeid. Prosjektene som hver student skal gjennomføre skal gjøres intensivt over en uke. Ideene som kommer fra industripartnerne skal relateres til relevant arbeidspakke i NOWITECH og til forskere som arbeider med relatert tematikk og som er i stand til å evaluere prosjektet løpende. Ideen fra industripartneren skal kunne være basert på et kortsiktig problemløsningsbehov eller en mer langsiktig visjon om produkt- eller tjenesteutviklingsmuligheter.

Det skal arbeides målrettet og konkret med å ta ideen/konseptet fram til et prekommersielt stadium, om mulig skal det gjennom en rapid prototypingprosess, med teknologi som SINTEF/NTNU har. Teamene som skal dannes skal bestå av student, forsker, professor og bedrift. Studenten og ikke minst forskeren som arbeider innenfor en av NOWITECH arbeidspakker skal ansøres til og opplært i å tenke relevans og entreprenørskap.

Intensjonen med CIC er at den skal etablere en portefølje av kommersialiseringsaktiviteter. NOWITECHs budsjett for arbeid i regi av industripartnerne er imidlertid lite og organiseringen av slike videre kommersialiseringsaktiviteter er ennå ikke utformet. Av den grunn er spørsmål knyttet til mulige problemstillinger i forhold til IPR ennå ikke avklart.

Rammebetingelser

Disse er ganske lik de som er angitt for NORCOWE, se beskrivelsen av NORCOWE hvor disse er utdypet i et eget avsnitt.

Solar United

Sentrets hovedstrategi - forskningsområder

Solar United er et Forskningscenter for Miljøvennlig Energi (FME) med to ambisiøse hovedmål: Skape et vitenskapelig og teknologisk miljø i verdensklassen i Norge, til fordel for dagens og fremtidens norske solcelleindustri, og bidra til at solcelleindustrien blir en av de viktigste landbaserte industriene i Norge. Norsk solcelleindustri er allerede stor i oppstrømsdelene av verdikjeden av solcellemarkedet og den sysselsetter ca 2.500 mennesker i Norge. Dette skyldes mye virksomheten til REC, dvs. datterselskapene REC Silicon og REC Wafer som betegnes som verdens største i produksjon av superrent silisium, ”råvaren” for solceller, og det første trinn i fremstilling, saging av silisiumblokker til supertynne skiver, eller wafer. Men det har i løpet av de siste årene kommet til mange andre norske bedrifter innen produksjon av solceller – og bransjen er i høy grad internasjonalsert, med mange produksjonsanlegg utenlands. I global sammenheng er det nå tegn som tyder på en overetablering innen bransjen²⁴ - og dette påvirker lønnsomheten for tiden²⁵.

Solar United er, som de andre FMEene, dannet som et konsortium. Det består av Institutt for energiteknikk (IFE) på Kjeller, NTNU²⁶, Sintef Materialer og Kjemi og Universitetet i Oslo²⁷ (UiO) – sammen med åtte industripartnere (utdypes nedenfor). Solar United ledes av IFE, men er organisert rundt seks arbeidspakker (WP - work package):

- *WP 1: Mono- og multikrystallinsk silisium* – som har som mål å frembringe prosesser for produksjon av silisium av god materialkvalitet i svært store kvanta. Arbeidspakken ledes av Sintef, men med arbeidsinnsats fra alle de fire forskningsinstituttene.
- *WP 2: Modellering*, som skal utvikle programmeringsverktøyet ”SiSim” til bruk i forskningsmiljøer og industrielle utviklingsmiljøer, for modellering av størkningsprosesser og oppvarming/nedkjøling av silisium i forbindelse med produksjon. Arbeidspakken ledes av Sintef, med arbeidsinnsats fra IFE og Sintef.
- *WP 3: Solcelle og solcellepanelteknologi*, som tar mål av seg utvikling av nye produksjonsprosesser, nye materialer og nye metoder for lyshøsting for fremtidig

²⁴ I følge en artikkel i Aftenposten (21.1.2010 – ”Sjekk denne solnedgangen” av Roar Valderhaug): ”Fortsatt lages det mer solceller i verden enn det er etterspørsel etter. Prisene vil være presset i minst to-tre år til.” I samme artikkel gjengis en uttalelse fra analytiker Einar Kilde Evensen i DnB NOR Markets om at ”Konkurrentene til REC, spesielt de asiatiske, har kommet på banen raskere enn man hadde trodd, med kostnadseffektive produksjonsløsninger og med produkter av god kvalitet”.

²⁵ Aftenpostens børskommentar 11.2.2010 om fremleggelsen av Orklas årsregnskap for 2009 : ”Driftsresultatet i REC endte på minus 1,82 milliarder kroner i 2009. Sjefen for selskapet kunne heller ikke love lysere tider i nær fremtid. Kursfallet i REC førte til at Orkla måtte nedskrive REC med 3,1 milliarder kroner.” Videre skriver avisen at ”For mens tradisjonelle produkter som maling, syltetøy, pizza, vaskemidler og undertøy bidrar svært positivt til Orkla-fellesskapet, drar solenergiselskapene REC, som Orkla eier 39,7 prosent av, og Elkem Solar betydelig ned.”

²⁶ NTNUs del av konsortiet har basis i flere miljøer: Institutt for materialteknologi, Institutt for fysikk og Institutt for elektronikk og telekommunikasjon

²⁷ UiOs del av konsortiet har basis i Fysisk institutt og Senter for Materialvitenskap og Nanoteknologi

produksjon av høyeffektive solceller. Arbeidspakken ledes av IFE, og involverer forskere fra IFE, Sintef og UiO.

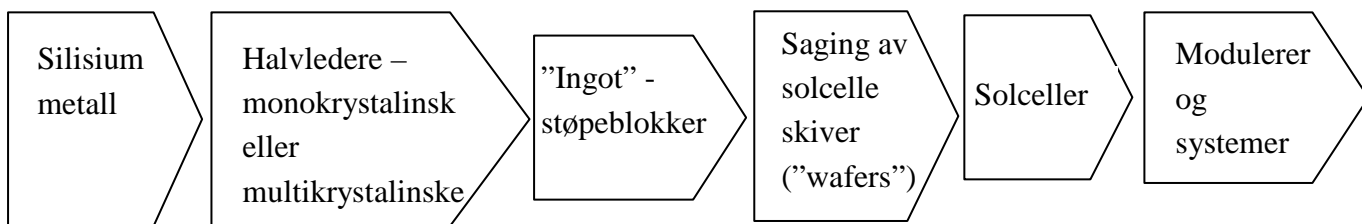
- *WP 4: Nye materialer*, som tar mål av seg å utvikle nye absorbermaterialer for nye solcellekonsepter, slik som nanotråder, oksydbaserte halvledermaterialer og kvanteprikkbaserte materialer – med en målsetning om å oppnå et effektivitetsmål for nye solceller på mer enn 20%. Arbeidspakken ledes av NTNU, men med arbeidsinnsats fra alle de fire forskningsinstituttene, samt mange dr.gradsstudenter og post.doc'er.
- *WP 5: Karakterisering*, som går ut på utvikling av nye karakteriseringsmetodene som er nødvendige for å oppnå senterets øvrige mål. Arbeidspakken ledes av UiO, men med arbeidsinnsats fra alle de fire forskningsinstituttene.
- *WP 6: Verdikjedeprosjektet*, som skal koble sammen resultatene, verktøyene og metodene som utviklet i de øvrige WP'ene, med mål om å fremstille fungerende demonstratorer av de utvalgte solcelleteknologiene, med henblikk på kommersialiseringsmuligheter og innovasjon. Arbeidspakken ledes av IFE, av leder for FMEen og med deltakelse fra de øvrige arbeidspakkelederne angitt ovenfor, fra de fire forskningsinstituttene.

Verdikjeder og næringsområder

Produksjon av solceller har sitt utspring fra, og bærer mange likhetstrekk med, metallurgisk prosessindustri, både teknologisk-faglig og markedsmessig. Den norske industrien har i stor grad sitt utspring i Elkem, mer spesifikt til entreprenørskapet utført av Alf Bjørseth, som var teknologidirektør i Elkem før han i 1994 etablerte Scanwafer, forløperen til dagens REC. Men i likhet med annen norsk metallurgisk industri som for eksempel aluminium, er hovedinnsatsen for norsk solcelleindustri innen de første leddene av verdikjeden, innen foredling av råvarer til innsatsvarer og emner for fremstilling av produkter, dvs. halvfabrikata. De inngår dermed i en arbeidsdeling der de er leverandører til produsenter av solcellemoduler og –systemer.

Kort fortalt dannes verdikjeden av fem trinn, fra råvaren, kvarts, til ferdige solcellemoduler og –systemer, som vist i figur 1 nedenfor:

- Trinn 1: Rensing av kvarts til ren silisium av solcellekvalitet (mer enn 99,9999% renhet)
- Trinn 2: Støping av silisium for å skape en krystallisering, til støpeblokker, ca 1,5 m x 1,5m x 0,4 m, eller det som kalles ”ingot”
- Trinn 3: Saging av blokkene i tynne skiver (0,2mm), det som også kalles ”wafers”
- Trinn 4: Doping og syrebehandling av overflaten på solcelleskivene og påliming på glass, samt påføring av antirefleksbelegg og sølvtråder for elektriske kontakter.
- Trinn 5: Montering av solceller på moduler og innpassing i elproduksjonssystem.



Den norske solcelleindustrien har hovedtyngdepunktet sitt på de første tre trinnene i denne prosessen – og til en viss grad inn i trinn 4. Solar United har hovedfokus på trinn 2 og 4, men i WP6 er målet i større grad å ta utgangspunkt i trinn 5. Når det gjelder trinn 3, saging av støpeblokker, så ligger det utenfor FMEen fordi dette er et område hvor hovedtyngden av ekspertise ligger i industrien – og hvor det er liten interesse i industrien for at dette skal være gjenstand for offentlig finansiert FoU²⁸.

Industrielle partnere

Solar United har åtte norske industribedrifter innen produksjon av solceller som partnere. Partnerskapet innebærer at de har kontraktforpliktet seg til å bidra til Solar United i form av penger og/eller arbeidsinnsats (”in kind”). Størrelsen på denne innsatsen varierer, men ligger i området 0,5 til 1,5 millioner kroner i året pr bedrift. Følgende bedrifter deltar i Solar United:

- **Elkem Solar** startet opp produksjon av superrent silisium (trinn 1 og 2 ovenfor) i en ny fabrikk i Kristiansand høsten 2009, basert på en ny, energibesparende metallurgisk prosess for å produsere silisium til solcelleindustrien. Elkem Solars nye fabrikk i Kristiansand skal produsere solcellesilisium med en fjerdedel av energien som lignende anlegg med tradisjonell teknologi bruker. Fabrikken har kostet 4,2 milliarder kroner. Den har 270 ansatte og har kapasitet til produksjon av 6.000 tonn silisium i året. De har også egen FoU-virksomhet.
- **Fesil Sunergy AS** ble etablert i 2006 med formål teknologiutvikling og produksjon av silisiummetall av solcellekvalitet, basert på Solsilc-prosessen (utviklet i samarbeid med Sintef). Denne prosessen skal være langt mindre energikrevende enn de tradisjonelle prosessene for fremstilling av ren, solcelle-silisium. Selskapet er eid av norske Fesil gjennom Fesil Venture AS (51 %) og det nederlandske investeringsselskapet Sunergy Investco (49 %). I 2010 skal det bygges et pilotanlegg for produksjon på Lilleby i

²⁸ Kristiansandsbedriften Metallkraft AS, som også har sitt utspring fra Elkem, har utviklet en prosess for gjenvinning av 100% av slam (slurry – avslag, ”sagmugg”) fra skjæreplassen til å lage nye støpeblokker av silisium, samt de store mengdene av glykol som benyttes i forbindelse med sagingen. De hevder at de kan produsere nye solceller med langt mindre innsats av energi (40-50% mindre) enn i første syklus. Metallkraft AS ble etablert i 1999 av Knut Henriksen, tidligere forskningsdirektør i Elkem. Bedriften får sine inntekter fra å selge tilbake rensed silisium og glykol til solcelleprodusenter.

Trondheim, til 210 millioner kroner. En større fabrikk for produksjon av solcelle-silisium på Orkanger er under planlegging.

- **Hydro Solar** representerer Norsk Hydros interesser i Solar United. Norsk Hydros engasjement i solceller er fordelt på fire fronter: HyCore, som er en joint-venture mellom Norsk Hydro og det belgiske selskapet Umicore. I 2008 ble det annonsert at HyCore skulle bygge en pilotfabrikk på Herøya i Porsgrunn for prøveproduksjon av solcelle silisium, 20 tonn årlig, med sikte på oppskalering i 2010, men i februar 2010 kom meldingen om at dette prosjektet er nedlagt²⁹. Norsk Hydro er også deleier i bedriften Ascent Solar (USA) som produserer supertynne, fleksible (elastiske) solceller for bruk i bygningsindustrien. I tillegg er Norsk Hydro deleier i NorSun og har investert i venturefondet Convexa, som spesialiserer seg på investeringer i solcelleindustrien.
- **Innotech Solar** ble startet opp i 2008 av en "avhopper" fra REC, basert på gjenvinning av solceller som blir vraket av andre solcelleprodusenter. Høsten 2009 startet en fabrikk for denne type produksjon opp i Narvik og Innotech Solar er i ferd (primo 2010) å bygge en tilsvarende fabrikk i Halle i Tyskland. Bedriften har planer om å bygge slike fabrikker også i Spania og Frankrike.
- **Norsun:** Bedriften ble startet i desember 2005 av Alf Bjørseth. I 2006 bygde Norsun en waferfabrikk i Årdal og har siden ekspandert med bygging av en fabrikk i Vanta i Finland i 2007. I 2008 inngikk Norsun avtale om et samarbeid med Swicorp og CDC i Saudi Arabia om bygging av en fabrikk for produksjon av polysilisium solceller i Jubail i Saudi Arabia. En planlagt storfabrikk i Singapore er pr primo 2010 utsatt pga usikker markedsituasjon.
- **Prediktor** er en relativt liten bedrift som utvikler og selger programvare for prosessindustrien, men også for skipsfart. Deres interesse i Solar United går på utvikling av programvare for styring av prosesser i forbindelse med støping og størkning av solceller. Bedriften har base i Gressvik, utenfor Fredrikstad.
- **REC** (akronym for Renewable Energy Corporation) omtaler seg som verdens fremste leverandør av superrent silisium. REC besitter en rekke unike patenter og teknologier på produksjon (støping) av silisium og wafere. I likhet med annen norsk solcelleindustri er REC er en liten aktør innen nedstrømsvirksomhetene celler og moduler. REC er delt i tre enheter; Silisium, Wafer og Solar. REC har fabrikker i Moses Lake (Montana, USA), Glomfjord, Herøya, Narvik og i Glava (Sverige) og sysselsetter ca 1650 personer, herav

²⁹ I følge en artikkel i Teknisk Ukeblads nettutgave 11.2.2010 (<http://www.tu.no/industri/article236755.ece>) har Norsk Hydro bestemt seg for å nedlegge arbeidet i HyCore og stanse det planlagte fabrikkprosjektet på Herøya. I artikkelen står det "Vi legger FoU-arbeidet på is. Det er for stor usikkerhet rundt teknologien til at man ønsker å satse videre, sier informasjonssjef Lars Nermoen til tu.no." Denne beslutningen vil ikke overraske de som kjenner Norsk Hydro; bedriften har en lang tradisjon med å trekke seg ut av prosjekter for utvikling av avansert teknologi og produkter, etter først å ha brukt store ressurser på FoU.

mange utenfor Norge. I begynnelsen av 2010 skal produksjon av solceller fra en ny fabrikk i Singapore starte opp – den blir beskrevet som en ”gigantfabrikk”. Metallkraft AS etablerer samtidig en gjenvinningsfabrikk i samarbeid med REC i Singapore. REC har også en egen FoU-virksomhet, anslagsvis 200 forskere.

- **Scatec AS** (Scandinavian Center for Advanced Technology) har ca 25 ansatte og beskriver seg selv som et arnested for nye forretningsideer innen områdene fornybar energi og miljøvennlige og avanserte materialer. Bedriften etablerer og utvikler selv nye bedrifter innen disse områdene. Scatec eies i sin helhet av Alf Bjørseth. Bjørseth har tidligere etablert ScanWafer, ScanCell, ScanModule, SiNor/Sitech og SolEnergy, som senere ble slått sammen til Renewable Energy Corporation (REC). Scatec/Bjørseth har dessuten etablert Norsk Titanium i 2004, NorSun etablert i 2005, Thor Energy etablert i 2006, Scatec Solar etablert i 2007, Scatec Adventure etablert i 2007, NorWind etablert i 2007, OceanWind etablert i 2008, for å nevne noen.
- **Umoe Solar** ble startet i 2007, med utspring ut fra Umoe Gruppen. Umoe Solar har liten aktivitet i Norge, men har planer om å bygge en større fabrikk i New Brunswick i Canada, for produksjon av polysilisium solceller. Produksjonsstart er planlagt til 2012.

Oversikten nedenfor viser deltakelsen av bedriftene i de enkelte arbeidspakkene i henhold til opplysninger i arbeidsplanen for Solar United for 2010. Som vist deltar industrien i alle arbeidspakkene bortsett fra WP 4 og WP 6.

Industripartners deltakelse i de enkelte arbeidspakkene (x) i henhold til arbeidsplanen for 2010.

Bedrift	WP1: Mono og multi- krystallinsk silisium	WP 2: Modellering	WP 3: Solcelle og solcelle- panel- teknologi	WP 4: Nye materialer	WP 5: Karakteris- ering	WP 6: Verdikjede- prosjektet
Elkem Solar	X	X	X		X	
Fesil Sunergy	X	X	X		X	
Norsk Hydro – Hydro Solar	X		X		X	
Innotech Solar	X	X	X		X	
Norsun	X	X	X		X	
Prediktor	X	X	X		X	
REC	X	X	X		X	
Scatec	X	X	X		X	
Umoe Solar	X	X	X		X	

I følge leder for Solar United varierer deltakelsen fra industripartnerne i de angitte arbeidspakkene – noen avgrenser sin deltakelse til å være observatør på styringsmøter i

arbeidspakkene og med en relativt liten deltakelse i det faglige arbeidet, mens andre er meget aktive, både i prosjektledelsen av arbeidspakkene og gjennom deltakelse i utførelsen av prosjektene. Det siste gjelder især bedriftene som har egen FoU-enheter, slik som REC, Norsun og Elkem Solar – og til en viss grad også Fesil Sunergy.

Strategi for innovasjon og kommersialisering

Solar United har en overordnet målsetning om å skape et vitenskapelig og teknologisk miljø i verdensklassen i Norge, til fordel for dagens og fremtidens norske solcelleindustri, og bidra til at solcelleindustrien blir en av de viktigste landbaserte industriene i Norge. Dette skjer på flere områder:

1. På ”arbeidspakkenivå”, der industrien deltar (om enn i varierende grad) aktivt i arbeidet med å definere problemstillinger og skape løsninger det de beskriver som ”fundamentale” spørsmål, dvs. ikke-trivielle problemstillinger som alle industripartnerne har til felles (generiske) – og hvor løsninger ikke vil gi enkeltbedrifter konkurransefortrinn. Et typisk tema i denne sammenheng er å oppnå bedre forståelse for hvordan størkningsprosesser foregår i ulike smelteovner.
2. Utvikling av kompetanse og eksperter som industrien kan dra nytte av, enten ved å ansette dem eller ved at de kan benyttes i forbindelse med oppdrag til forskningsinstituttene (Sintef, IFE, universitetene).
3. Grunnlag for prosjekter med enkeltbedrifter for utvikling av proprietær teknologi, produkter eller prosesser, dette i henhold til en modell som er nøyte avtalt i konsortieavtalen mht IPR og deling av IPR. En slik relasjon kan danne grunnlaget for spinn-offs og bedriftsetableringer hvor forskningsinstituttet er en interessent.
4. Gjennom demonstratorer som skal utvikles i WP6 – Verdikjedeprosjektet. Denne arbeidspakken er foreløpig organisert som et team bestående av arbeidspakkelederne fra de fem andre arbeidspakkene, under ledelse av FME-senterets leder. I følge senterlederen er status for WP6 og demonstrator, at det er fortsatt på et tidlig planleggingsstadium, slik det står i årsplanen for 2010. I løpet av 2010 skal dette konkretiseres i form av mer håndfaste planer. Imidlertid arbeider de ut fra en tilnærming der de vil ta utgangspunkt i ferdige produkter, for ut fra hva slags egenskaper disse og andre anvendelser krever, utvikle et verdikjedeperspektiv oppstrøms. Dette er et perspektiv som går ”oppstrøms” i forhold til de andre arbeidspakkene. Ideen er at bruksegenskaper og anvendelser av solceller skal identifisere kriterier for hva slags solceller som skal utvikles – og de skal så testes og brukes i demonstratorene. De ser for seg at kunnskapen som skapes gjennom demonstratorene vil også kunne bli en viktig kilde til produktutvikling for norsk industri, dvs. at industrien i større grad beveger seg ”nedover” i verdikjeden, mot produksjon av moduler og hele systemer. Tidsperspektivet for WP6 er tidsrommet fra 2011 til resten av perioden for FMEene, dvs til 2017.
5. Når det gjelder WP 4 om ”nye materialer” er dette et område hvor industrien ikke har vist noen særlig interesse for fordi arbeidet her etter deres oppfatning har få utsikter til å skape resultater som kan anvendes av industrien innen de tidshorisonter de arbeider innenfor.

Ut fra de fire første punktene virker det som Solar United har en differensiert, men i sum robust strategi for hvordan resultatene fra FMEen skal komme til anvendelse og oppfylle sitt potensial for utnyttelse. Dette underbygges av arbeidsplanen for 2010, som i detalj spesifiserer tema og leveranser fra hver enkelt arbeidspakke, samt milepeler og ansvarsforhold. Industripartnerne har vært deltakere i planleggingen av disse – og deltar også på enkelte områder i utførelsen av selve forskningsarbeidet. Solar United har også et langsiktig perspektiv som ivaretas av WP 4, og utvikler dermed en kunnskapsbase som er fremtidsrettet.

Rammebetingelser

Enkelt sagt er det to forhold som kommer til å påvirke etterspørselen etter energi produsert av solceller:

- 1) Pris pr produsert enhet elektrisk kraft ut fra kostnader på solceller – i forhold til prisen på andre tilgjengelige energikilder
- 2) Grad av subsidier, incentiver og andre former for prisdiskriminering som gjør at solcelleprodusert elektrisitet blir billigst – dvs politiske intervensjoner begrunnet i miljøhensyn, energisikkerhet, etc.

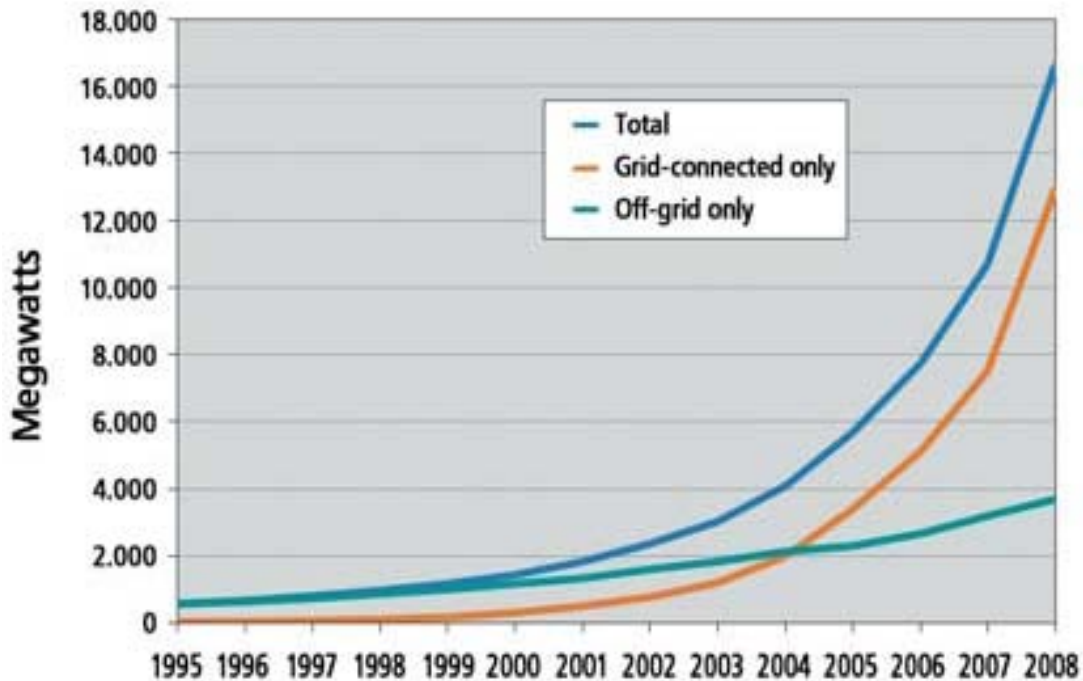
Ut fra et energiregnskapsperspektiv er energi produsert av solceller meget lønnsom fordi, gitt en antatt levetid på ca 30 år for en solcelle. Det tar ca fire år for en solcelle å produsere den mengden energi som ble brukt på å lage seg selv³⁰. De resterende ca 26 år av sin levetid er i et energiregnskapsperspektiv ren netto. Produksjon av solenergi er også ren – den avgir ikke klimagasser eller andre former for utslipp – den krever bare ”gratis” sollys for å produsere elektrisitet. Men ut fra et økonomisk perspektiv er solcelleprodusert elektrisitet fortsatt kostbar i forhold til konkurrerende og markedsmessig billigere energikilder, slik som kullkraft, kjernekraft og gasskraft. Eksakte tall på hvor mye dyrere solcelleprodusert elektrisitet er, er vanskelig å finne, men generelt sier eksperter at prisnivået på installerte solceller må ned med ca 50-60% i forhold til dagens priser. Enkelt sagt kan dette skje på to måter: Enten at kostnadene på å produsere solceller går ned, eller at effekten av solceller øker fra dagen nivå på ca 20%³¹ - eller begge deler. Det er i dette perspektivet at rammebetingelser, dvs. subsidier blir viktige.

Det norske markedet for solceller er lite og spesialisert (utkantsløsninger, hytter, fyr, etc.) og den norske solcelleindustrien er i stor grad basert på nærvær i et internasjonalt marked. I disse markedene er det nasjonale og regionale energipolitiske rammebetingelser som i overskuelig fremtid vil være viktigste driver for etterspørsel i markedene, dvs. subsidier og andre former direkte og indirekte støtte som gjør at energi produsert via solceller er attraktiv, eller plutselig blir mindre attraktiv, slik det har skjedd i Spania og Tyskland, hvor nivået på subsidier er blitt redusert de siste årene. Figur 1 nedenfor viser utvikling av solcellebasert

³⁰ Jfr. <http://www.nrel.gov/docs/fy05osti/37322.pdf>

³¹ En vanlig måte å angi effekt fra solceller er i ”watt-peak”, dvs. tidspunkt for høyeste effekt oppnådd når sola skinner, uttrykt som Wp. Hvis effekten er 20% (som er det vanlige for de mest utbredte typer av solceller), så ser regnestykket for døgnproduksjon ut slik: 1kWp * 24timer/0.2 = 4,8 kWh.

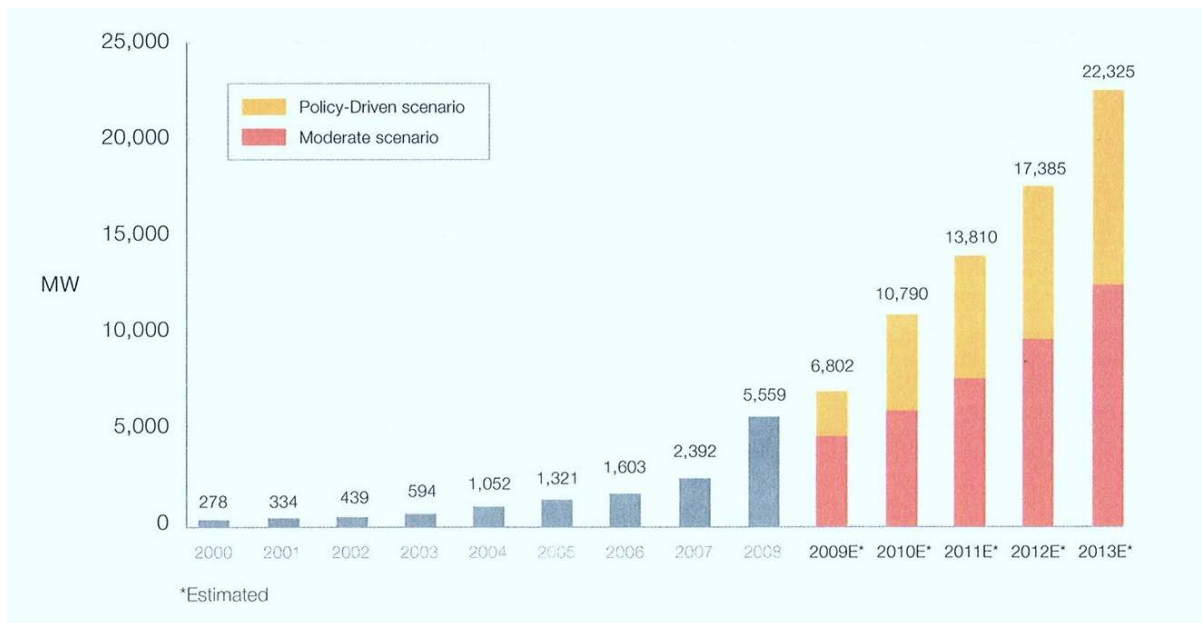
elektrisitetsproduksjon siden 1995. Som vist har veksten ”tatt av” siden ca 2004 og dette kan i stor grad forklares ut fra veksten i produksjon knyttet til elnettene, noe som igjen henger sammen med bruken av innmatingstariffer (FiT – ”feed-in tariffs”) og den formen for subsidier som ligger i denne ordningen.



Figur 1: Globale produksjon av solcellebasert elektrisitet 1995-2008.

Kilde: http://www.ren21.net/globalstatusreport/GSR2009_Figures.asp

Ut fra hva industrien selv mener, så er fremtidsutsiktene for utbredelse – og dermed også markedet – for solceller lovende. EPIA (European Photovoltaic Industry Association) har publisert prognoser for den forventede globale etterspørselen etter solceller frem til og med 2013, som vist i figur 2. Ut fra denne ser vi at vekstforventningene ligger på ca 25-30% pr år. I prognosen er tallene todelt: En bane som forutsetter at det er sterke politiske føringer som oppmunter til bruk av solceller, eller det som kalles ”Policy-Driven Scenario” – noe som peker på betydningen av politiske rammebetingelser for innfasing av solceller i energisystemet. Den andre, en laver vekstbane, kalles for ”Moderate Scenario” fordi den ikke vektlegger politiske faktorer, slik som den enorme satsningen som skjedde i Spania i 2008 (se figur 3), så stor vekst, men heller foretar en svak S-kurve-fremskrivning basert på tidligere, faktisk utbredelse. I den moderate fremskrivningen ligger veksten på ca 10% pr år.

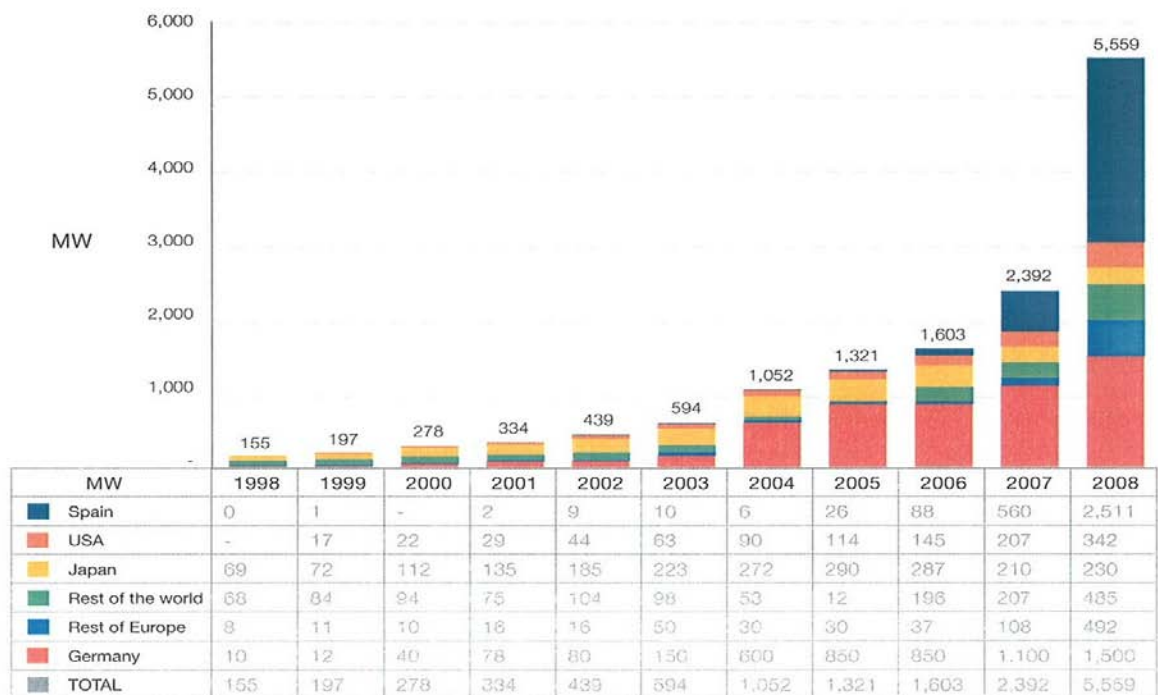


Figur 2: Markedsutsikter for det globale årlige markedet for solceller

Kilde: EPIA, ” Global Market Outlook for Photovoltaics Until 2013”, jfr.

<http://www.epia.org/index.php?id=18>

Når det gjelder veksten i utbredelse av solceller så viser tall at den varierer mye fra land til land, noe som igjen peker på betydningen av nasjonale tiltak og rammebetingelser for innfasing av solceller i elsystemene. Figur 3, også hentet fra EPIAs analyse viser utviklingen av disse nasjonale og regionale markedene i de siste årene.



Figur 3: Utbredelse av solceller 1998-2008.

Kilde: EPIA, ” Global Market Outlook for Photovoltaics Until 2013”, jfr.

<http://www.epia.org/index.php?id=18>

Hovedutfordringene for den norske solcelleindustrien vil være å utvikle produksjonsmetoder og teknologi som gjør solceller i stand til å konkurrere i pris med andre former for energiproduksjon – og i pris i forhold til andre solcelleprodusenter. Det betyr utvikling av prosesser som kan fremstille solceller langt billigere enn i dag – og/eller utvikling av solceller som har langt bedre ytelse enn dagens solceller, gitt ellers konstant pris. På dette området føyer den norske solcelleindustrien seg inn i et etablert mønster for norsk industriell verdiskaping: Norsk industri er gode på produksjon av store kvanta halvfabrikata som krever store mengder energi og kontroll av avanserte prosesser, slik som aluminium og gjødsel. Utfordringen ligger her, som i annen produksjon av halvfabrikata, er å komme lengre ned i verdikjeden; for solceller betyr det evnen til å utvikle nye og bedre produkter og systemer hvor solceller produserer energi.

ZEB – Zero Emission Buildings

Senterets hovedstrategi – forskningsområder

Forskningscenteret for Zero Emission Buildings (ZEB) – eller nullutslippsbygg – er organisert som en felles enhet mellom NTNU og SINTEF. Senteret er lokalisert på Gløshaugen på NTNU men ledes av de to organisasjonene i fellesskap. ZEBs overordnede målsetting er å utvikle nye produkter og løsninger for eksisterende og nye bygg som vil føre til flere nullutslippsbygg, dvs. bygningskonsepter som har null utslipp gjennom hele livsløpet, og som *skal kunne markedsintroduseres*, og som *skal kunne bli en reell del av den norske bygningsmassen i fremtiden*. Bygningskonseptene som søkes utviklet skal også kunne tilpasses skiftende brukerbehov, samt være lønnsomme for produsenter, brukere og samfunn, og arkitektonisk attraktive.

Bygninger i Norge står for 40 % av totalt energiforbruk og 50 % av all elektrisitet. Det er derfor mye å spare på å gjøre bygninger mer energieffektive. For at et bygg skal kunne bli et nullutslippsbygg må det både redusere energibruk og produsere energi. Et bygg kan spare energi på mange måter; for eksempel gjennom isolasjon av bygningskroppen, oppvarming, belysning, kjølesystemer, ventilasjon, orientering (plassering av vinduer, orientering ift sollys etc), byggets størrelse (arealeffektivitet) og plassering.

FoU på nullenergibygg er en del av den overordnede forskningsstrategien, men dette er ikke noe hovedtema, ettersom senteret legger vekt på null utslipp totalt sett gjennom hele livsløpet, fra produksjon av materialer, transport, konstruksjon av bygg, drift og demontering.

Status per ultimo januar 2010 at senteret så vidt har kommet i gang. ZEB fokuserer primært på forskningsdrevet kunnskapsutvikling gjennom sine fem arbeidspakker:

- WP1: Materialteknologi: Nye materialer, livssyklus, lagring
- WP2: Teknologi og teknikk ift bygningskroppen og inneklime tilpasset ulike kontekster: Sollys, isolasjon, ventilasjon i bygningskroppen

- WP3: Integrasjon av energisystemer: Integrasjon av fornybare energisystemer med ny teknologi i bygningskroppen. Oppvarming, avkjøling, ventilasjon, lys, lagring uavh. Bygningskroppen. Ulike skiftende kontekster ift skiftende energikilder – lage smarte systemer som inkorporerer slike skiftende energikontekster.
- WP4: Energieffektiv bruk, drift, brukerinput: Brukerstyring, drift, implementering
- WP5: Konsepter og strategier for nullutslippsbygninger. Integrasjon av WP 1-4

Én av arbeidspakkene, WP4 er mer brukerorientert og fokuserer på input fra brukerne og utførerne i en driftsfase. Denne arbeidspakken, som er brukerorientert, utgjør den minste arbeidspakken i ressursbruk, noe som styrker inntrykket av at denne FME'en er forskningstung. Hver av arbeidspakkene har sin respektive innovasjonsstrategi, som det redegjøres for i avsnittet om strategi for innovasjon og kommersialisering. Totalbudsjettet for ZEB i perioden 2009 – 2016 er på NOK 329 millioner.

Verdikjeder og næringsområder

Verdikjedene i byggebransjen omfatter FoU innen materialteknologi (for eksempel solceller, isolasjon, glass, massivtre), tekniske og arkitektoniske rådgivnings- og prosjekteringstjenester, og utførende tjenester i form av bygging. I tråd med en slik oppdeling kan bygg- og anleggsbransjen deles gjerne inn i tre hovedkategorier aktører; 1) byggherre, 2) prosjekterende og 3) utførende. I planleggings- og prosjekteringsfasen er det ofte dialog med materialleverandørene om egenskaper ved de enkelte produktene. Deretter oppføres bygget. I tillegg til byggherrens premisser for det aktuelle byggverket kan også bygningsforskrifter og entreprisreformer være med på å forme graden av innovasjon i byggeprosjekter.

Industrielle partnere

Oversikten nedenfor viser partnerne i ZEB. ZEB består av i alt 16 industripartnere, 8 FoU-samarbeidspartnere internasjonalt, samt 2 offentlige etater og interesseorganisasjoner. Av industripartnerne er 4 byggherrer, 2 er prosjekterende og 10 er materialleverandører. De fleste av industripartnerne er langvarige samarbeidspartnere med SINTEF Byggforsk og er tiltenkt en aktiv rolle i det pågående arbeidet. I tillegg vurderes det å inkludere et energiselskap og en vindusprodusent. ZEB har hatt en bevisst policy om ikke å ta inn partnere som er konkurrenter og har latt dette prinsippet være styrende for utvelgelse av alle gruppene av industripartnere, på tvers av byggherrer, prosjekterende og utførende.

Bedrift	Bidrag (1000 NOK)	Generelt om selskapet
Byggherre		
Statsbygg	9600	Statens rådgiver i byggesaker, byggherre, eiendomsforvalter og -utvikler
Forsvarsbygg	2400	Bygger, drifter og selger eiendom for Forsvaret
Skanska*	16000	Entreprenør og boligutvikler
ByBo	2400	Utvikler, bygger og selger boliger i Bergensområdet
Prosjekterende		
Snøhetta	2400	Arkitekter: Arkitekttjenester
Multiconsult	3200	Ingeniører: Teknisk rådgivning, prosjektering
Materialleverandører		
YIT	4000	Tekniske bygningsinstallasjoner
Protan	2400	Tekniske Tekstiler, takbelegg, membranteknologi
Glava	3200	Produsent av isolasjonsmateriale
Isola	4600	Leverandør av løsninger ift fuktproblemer: tak, vegg, gulv og grunn
Maxit	7800	Murverk og murverksrelaterte produkter
Hydro Aluminium	8000	Aluminium
Brødrene Dahl	4000	Grossist innen VVS, VA, industrivarer og verktøy
DuPont	NA	Bygningsmaterialer og tjenester
BNL	2000	Bransjeorganisasjon for byggenæringen
Norsk Teknologi	1600	Bransjeorganisasjon for tekniske leverandører og utførere
Offentlige etater og interesseorganisasjoner		
Husbanken	8400	
BE	400	Statens Bygningstekniske Etat
FoU		
SINTEF Byggforsk**	45942	Avd for Materialer og kjemi / Avd for Energiforskning
NTNU	45897	
* Skanska er både byggherre og utførende		
**SINTEF Byggforsk er både en FoU-aktør samt en premissleverandør i kraft av sine bygningsforskrifter og sertifisering		

ZEB har hatt et verdikjedefokus i sammensetningen av industripartnerne, og man har forsøkt å dekke inn hele verdikjeden. ZEB har også bevisst valgt ut partnere som er toneangivende innenfor sine respektive bransjer, for at disse skal kunne spille en rolle i forhold til spredning av kunnskap og kommersialisering til resten av samfunnet. Utvalget av materialleverandører er delvis gjort på bakgrunn av et ønske om å få med aktører her som har egne forsknings- og utviklingsenheter selv. Dette er en bevisst strategi som må ses i sammenheng med ønsket om å sette sammen partnere med egne forskningsaktiviteter.

Strategi for innovasjon og kommersialisering

ZEB har et tydelig fokus på innovasjon i sine planer, med spesifikke innovasjonsplaner fordelt på de ulike arbeidspakkene. Av denne grunn er ikke innovasjonsaktivitetene organisert i noen egen arbeidspakke. Senteret har heller ikke noe etablert samarbeid med TTO-kontorer eller liknende, og eventuelle implementering av innovasjoner er tenkt direkte gjennom industripartnerne selv. Senteret har en egen innovasjonsstrategi hvor det angis en rekke tiltak som skal bidra til å fremme innovasjon og industriell anvendelse. Spredning og implementering av den nye kunnskapen og teknologien som genereres i ZEB vil kunne skje på ulike nivåer, og kan deles inn i et individnivå, et bedriftsnivå (innenfor senterets rammer) og et systemnivå.

Til tross for at innovasjonsbegrepet er tydelig til stede i prosjektbeskrivelsen, har disse et langsiktig perspektiv mht industriell anvendelse. Ifølge prosjektlederen gjør fagområdets kompleksitet og art at man ikke forventer seg så mange patenter fra senteret.

Senteret har flere kontaktflater på bedriftsnivå. De viktigste av disse er generalforsamlingen (the General Council), som er et felles forum med minimum to årlige møter med samtlige industripartnere. I tillegg legges det opp til kunnskapsoverføring og implementering gjennom ulike kanaler:

- SINTEF Byggforsk's bygningsforskrifter, sertifisering og produktgodkjenning
- Utvekslingsprogram mellom deltakende partnere
- All informasjon vil gjøres tilgjengelig på prosjektets nettsider
- 6 pilotbygg innen 2016. Man ønsker å utvikle noen pilotbygg på nullenergi allerede nå, i stor grad basert på eksisterende teknologi
- Aktiv promovering av nye produkter gjennom NTNU's utdanningsprogrammer

Arbeidspakkespesifikk innovasjonsstrategi

De enkelte arbeidspakkene har egne innovasjonsstrategier, selv om hovedfokus for ZEB er å utvikle ny teknologi og nye løsninger, samt dokumentasjon av hvordan disse virker. I planene for ZEB er de arbeidspakkespesifikke innovasjonsstrategiene angitt slik:

- WP1: Etablering av tverrfaglig gruppe for (oppstrøms) idéutvikling, men lite om (nedstrøms) implementering
- WP2: Datasimulering, laboratorietesting, pilottesting i samarbeid med industripartnere, konsekvensanalyse. Tverrfaglig forskningsgruppe. Utstrakt laboratorietesting. Leveranse: Ny kunnskap og ny teknologi. Dokumentasjon på ytelse og designmanualer. Dette er primært oppstrømsleveranser, mens det er lagt svakere vekt på hvordan den nye kunnskapen og teknologien skal spres og implementeres i ZEB og i resten av bransjen.
- WP3: Utstrakt laboratorietesting
- WP4: Målinger av energibruk fra pågående prosjekter samt fokusgruppemøter vil gi input på skiftende brukerbehov og trender. Utvikling av pilotbygg.
- WP5: Utvikling av standard metoder (Åpen metode) for måling av CO₂-utslipp i forbindelse med konstruksjon, drift og demontering. Gjennomsiktig metode for å dokumentere energibruk og livssyklus kostnader, for å overbevise markedet. Denne modulen vil kunne bidra til å synliggjøre hvorvidt de nyutviklede konseptene og løsningene er lønnsomme for markedsaktørene.

ZEB er opptatt av at industripartnere skal delta aktivt i forskningen i ZEB, dette for å sikre at denne blir mest mulig hensiktsmessig for industripartnere. I forkant av utarbeidelsen av arbeidspakkene har ZEB vært åpen for innspill fra industripartnere om forskningsområder. På denne måten har industripartnere hatt muligheten for å definere forskningsagendaen i senteret og på den måten fått et eierskap til strukturen på forskningen i de ulike arbeidspakkene.

I den grad senteret har et fokus på industriell anvendelse og kommersialisering er denne delvis rettet mot eksportrettede byggevareprodusenter og delvis i form av integrerte løsninger og systemer for byggebransjen. Det legges opp til at industripartnerne (og kanskje spesielt byggevareprodusentene og materialleverandørene) skal patentere det de måtte finne interessant gjennom det pågående forskningsarbeidet som gjøres. Markedet for disse er primært Norge, men flere av partnerne har internasjonale nedslagsfelt.

Det eksisterer flere kanaler hvor industripartnerne kan fange opp resultater og løsninger; blant annet gjennom et e-rom for alle partnerne, gjennom generalforsamlingen, gjennom styret som er representativt sammensatt og ikke minst gjennom det kontinuerlige arbeidet i de ulike delprosjektene. I tillegg er flere av partnerne med i andre prosjekter utenfor ZEB hvor man også snakker sammen. Flere av industripartnerne er med i flere arbeidspakker og får derfor informasjon om hva som skjer i ulike arbeidspakker. Kunnskap om nye produkter, løsninger og systemer forventes implementert og overført gjennom bransjeorganisasjonene, Byggforsk-serien, byggeforskrifter, arkitektur- og ingeniørutdanningen, samt gjennom at de ulike industripartnerne lærer seg nye og forbedrede metoder. Men det understrekes at senteret ikke har noe tydelig fokus på systemiske utfordringer og aspekter som byggeprosess, entreprisereformer, effektivisering og systemisk læring.

ZEB har lagt opp til at de av industripartneren som ønsker å gå videre med enkelte funn eller løsninger står fritt til å gjøre det. Industripartnerne (og enkelte av FoU-partnerne) har hatt et behov for å ivareta sine kommersielle interesser. Ut fra dette har ZEB utarbeidet en IPR-policy som skal ivareta alles interesser i forhold til FoU-resultater som kan ha et innovasjonspotensial³².

ZEB har tatt mål av seg å utdanne 15 doktorgrader og 5 postdoktorer fordelt på de ulike arbeidspakkene frem til 2016. Byggebransjen i Norge domineres av mange SMBer uten egen FoU. Man kan blant annet problematisere hvorvidt dagens sammensetning av industripartnere er den mest hensiktsmessige i forhold til å kunne overføre kunnskap fra den forskningsintensive delen av bransjen til den prosjekterende og den utførende delen av bransjen. Sett i forhold til tredelingen av aktører innenfor bygg og anlegg er det utførende leddet svakt representert i ZEB. Skanska er den eneste aktøren som representerer det utførende leddet av industripartnerne. Bare to prosjekterende aktører med; et arkitektkontor

³² Materialleverandørene ville ha visse rettigheter før funn ble publisert i vitenskapelige tidsskrifter og formidlet til allmennheten. FME'en hadde ikke sett for seg at dette kunne bli et problem eller at industripartnerne kunne ha kommersielle interesser, og IPR-problematikken kom derfor noe uforutsett. Etter forhandlinger ble det inngått en avtale om at materialleverandørene kunne utsette publisering av visse resultater i 6 måneder, og ytterligere 6 måneder i veldig spesielle tilfeller, og hvor NTNUs styre har mulighet til å godkjenne utsettelsen eller ikke. Denne utsettelsen er ment for å skulle gi industripartnerne tid til å kunne patentere den nye teknologien. Det er ikke definert hvilke typer publikasjoner dette gjelder, så i utgangspunktet gjelder dette for all formidling og publisering, men alle aktørene er enige om at det skal brukes sunn fornuft slik at ikke alle foredrag etc. må godkjennes på forhånd. ZEB tenker å lage en skriftlig avtale rundt dette for å unngå fremtidige uoverenskomster rundt dette. Dette innebærer at forskerne i ZEB må ha godkjenning fra industripartnerne før de publiserer. Kontrakten ble inngått i november 2009 og gjelder for alle industripartnerne. Forskningsrådet gitt noen generelle signaler ift. kontraktsutforming men har overlatt arbeidet med utforming av disse til ZEB.

og et teknisk rådgivningsfirma. Verken arkitektenes bransjeorganisasjon NAL eller ingeniørenes bransjeorganisasjon NITO deltar. Sett i lys av den rollen byggherre og prosjekterende aktører kan spille i forhold til å bygge bro mellom den forskningsbaserte og den erfaringsbaserte kunnskapsutviklingen i bransjen kan deres svake representasjon i senteret kan bety at kunnskapsspredningen blir svak, dvs. at ZEBs strenge "anti-konkurranselinje" mht hvem som skal kunne delta i senteret er en svakhet med ZEB. Sammensetningen av industripartnere og bransjeorganisasjoner kan være et uttrykk for at innovasjonsstrategien i ZEB:

- a. er forskningsdrevet og ikke har en god nok forankring i byggebransjen
- b. ikke tar tilstrekkelig høyde for rollen de ulike typene aktører spiller i byggeprosessen
- c. primært knytter seg til implementering innenfor senteret, og i mindre grad i form av en bredere spredning til bransjen og samfunnet som sådan
- d. i stor grad baserer seg på at en referansegruppe skal fungere som en sentral aktør og et bindeledd mellom forskningsbasert og erfaringsbasert kunnskap

Dette kompenseres noe av referansegruppens aktiviteter, samt føringer gjennom byggeforskriftene i BE og Byggforsk vil kunne spille sentrale roller. Medlemmene i referansegruppen er 1) Forbrukerrådet, 2) NBBL, 3) NVE, 4) EcoBox (NAL), 5) Lavenergiprogrammet for bygg og anlegg og 6) Driftsforum. Referansegruppen skal ikke bidra med finansiering til senteret, men anses som viktige i forhold til å spre og implementere resultatene fra arbeidet i ZEB til byggebransjen. Det kan bemerkes at viktige offentlige aktører i forbindelse med rammebetingelser som er relevante for ZEBs teknologier ikke har tilknytning til ZEB, slik som KR D, OED, Enova, KS, etc

Et generelt problem for byggenæringen er at det allerede er utviklet mye kunnskap som heller ikke har blitt implementert i byggebransjen³³. Dette understreker at man ikke skal undervurdere de systemiske hindrene for innføring og spredning av ny kunnskap, og at diffusjonsprosessene fra nyutviklet konsept til bred industriell spredning og anvendelse sjelden er uproblematisk. Energieffektiv teknologi i bygg anses generelt som en moden teknologi i et eksisterende marked (EU 2009³⁴), og man skulle kanskje tro at det var på tide å ha et tydeligere fokus på å høste denne lavhengende frukten. Dette henspiller på betydningen av rammebetingelser, som skal utdypes i neste avsnitt.

I forhold til både strategi, finansiering og profil på industrielle partnere er ZEB et forskningsdrevet senter med et tyngre fokus på utvikling av ny kunnskap enn på implementering og kommersialisering av denne. Per i dag gis det inntrykk av at implementering av eksisterende kunnskap til byggebransjen er noe som andre aktører tar seg

³³ F.eks.: Det norske Veritas bygget sitt hovedkvarter på Høvik i Bærum i 1976 basert på oppvarming fra varmpumper i Oslofjorden og det som den gang var "det siste" mht energisparende arkitektonisk utforming, men dette er i liten grad blitt etterfulgt i andre byggeprosjekter før de siste årene.

³⁴ Commission of the European Communities: Commission staff working document, accompanying document to the "Communication from the commission to the European Parliament, the Council, the European economic and social committee of the regions", on Investing in the Development of LowCarbon Technologies. Impact assessment 07.10.2009

av. I den grad man allikevel ønsker seg en tydeligere vektlegging av implementering av innovasjon og kunnskap i dagens byggebransje kan det være hensiktsmessig å spørre seg hvorvidt senteret har et tydelig nok fokus på en bredere implementering av kunnskap som faktisk allerede foreligger.

Rammebetingelser

De siste årene har det, som følge av politikktviklingen knyttet til reduksjon av klimagasser og antatt økende knapphet på energi, blitt tatt en rekke initiativ, med tilhørende målsetninger som vil få stor betydning for etterspørselen etter den type resultater som ZEB utvikler.

- EU har satt som mål å redusere utslippene av CO₂ med 20 %, øke andelen fornybar energi til 20 % samt forbedre energieffektiviteten med 20 % innen 2020, i sin visjon om ”20 20 by 2020”³⁵.
- I den norske *Klimakur 2020*³⁶ er det fremlagt måltall som innebærer behov for betydelig reduksjon av utslipp og energibruk fra bygg innen 2020. Disse målene er på samme nivå som EUs.
- Ettersom fornybardirektivet fra EU nå blir ansett av Regjeringen for å være EØS-relevant vil dette trolig innebære en økning i satsingen på fornybare energikilder fremover.
- Utvikling av forskrifter: Bransjen er stilt overfor en ny form for forutsigbarhet i den forstand at det er skapt forventninger om stadig strengere byggeforskrifter. Dette har skapt et økt engasjement og interesse for miljøvennlige løsninger.

CEDREN

Senterets hovedstrategi – forskningsområder

CEDREN har som hovedmålsetting å utvikle og formidle løsninger for effektiv produksjon av fornybar energi som samtidig adresserer den samfunnsmessige og miljømessige påvirkningen av kraftproduksjonen. CEDREN ledes av SINTEF Energiforskning, Norsk Institutt for Naturforskning (NINA) og NTNU og jobber i skjæringsfeltet mellom miljø og energi. Forskningsaktivitetene i senteret er primært rettet inn mot å utvikle løsninger for vannkraftproduksjon samt FoU knyttet til miljømessige virkninger av utvikling og overføring av ulike former for fornybar energi. CEDREN har på den måten et tverrfaglig fokus på energiutvikling og miljømessig bærekraft. I tillegg har senteret et sterkt fokus på kommunikasjon og formidling av det fortløpende arbeidet til samfunnet.

Etableringen av CEDREN har sin bakgrunn i internasjonaliseringen av el-kraftmarkedet og et behov for å utvikle fleksibiliteten i vannkraftforsyninger til inn og utland. CEDREN har som primær målsetting å utvikle styringsverktøy for kraftindustrien og forvaltningen. Videre

³⁵ European Commission, 2008. ”EU Energy Security and Solidarity Action Plan: 2nd Strategic Energy Review”

³⁶ Jfr. www.klimakur.no

vil man utvikle metoder og modeller for en bedre forståelse av miljømessig påvirkning av ulike former for fornybar energiproduksjon.

Hovedaktivitetene i senteret kan oppsummeres på følgende måte:

1. Teknisk redesign av vannkraftsystemer: Utvikle nye løsninger for fremtidige vannkraftsystemer med vekt på kraftbalanse – både for å maksimere vannkraftproduksjonen økonomisk, men samtidig se på de miljømessige effektene av denne.
2. Utvikle nye metoder for vannkraftproduksjon: Planlegging og drift av vannkraftproduksjon
3. Utvikle metode for evaluering av miljømessige effekter av vannkraft
4. Utvikle miljøvennlige systemløsninger for å minimere miljømessig og samfunnsmessig ulemper fra kraftoverføring og vindkraftsystemer
5. Utvikle metoder og modeller for å sammenlikne miljømessig påvirkning fra fornybare energikilder både lokalt og globalt
6. Forbedre styringen av miljømessige tema relatert til fornybar energi gjennom studier av politiske, institusjonelle og regulatoriske rammeverk.
7. Etablere effektive informasjons- og kommunikasjonskanaler mellom de sentrale interessentene og media og opinionen for å sikre en best mulig offentlig debatt om energiproduksjon og at denne er fundert på tilgjengelig vitenskapelig informasjon.

CEDREN har et hovedfokus på å utvikle tekniske løsninger rundt vannkraft, men ser også på miljømessige konsekvenser av utvikling av andre fornybare energikilder, som offshore vind, hvor CEDREN ser på effekter på dyre- og planteliv. CEDREN tar mål av seg å bruke metodikken fra studier av miljøvirkninger fra vannkraft på vind og overføringslinjer. Spesielle utfordringer her knytter seg til utvikling av bedre reversible pumpeturbiner, samt økologiske utfordringer i forhold til endringer i vannstanden i elver og reservoarer, ettersom dette skaper endrede betingelser for plante- og dyreliv. Forskningen vil fokusere på fysiske og biologiske konsekvenser av maksimal utnyttelse av vannkraft.

Senteret er organisert som en administrativ enhet rundt syv prosjekter, hvorav seks er aktive. Utover felles administrasjon og formidling utgjør ikke CEDREN andre faglige aktiviteter:

1. OPTIPOL - Miljøvennlige trasévalg og utforming av kraftledninger. OPTIPOL skal gi kraftindustrien og energi-/miljømyndighetene nødvendige verktøy slik at klimavennlig energi kan finne veien fra kraftanleggene til forbrukeren.
2. BirdWind - Fuglevennlig lokalisering og utforming av nye vindkraftanlegg på land
3. EnviDORR samler lakseforskere, hydrologer, kraftbransjen og forvaltningen for å finne de gode løsningene for laks og kraft i regulerte vassdrag.
4. GOVREP fokuserer på politisk forvaltningspraksis og entreprenørskap i energibransjen. Europa skal øke bruken av fornybar energi, men hvordan kan vi sikre at dette skjer på en måte som tilfredsstillende behovene både i dag og i framtiden?
5. EnviPEAK - Miljøkonsekvenser av raske vannføringsendringer. EnviPEAKs ambisjon er å utvikle kunnskap og verktøy til å analysere, forutsi og avbøte negative konsekvenser av endret vannføringsreguleringer av vannkraftanlegg.

6. HydroPEAK – Teknologit utvikling rundt vannkraft som balansekraft og behovet for tekniske tilpasninger. Dette prosjektet vil utvikle kunnskap for å kunne tilpasse det norske vannkraftsystem til å balansere ikke-regulerbar vindkraft i Norge og Europa.
7. TOOLS - Verktøy for framtidig drift av vannkraftanlegg og vassdrag. Prosjektet TOOLS vil framskaffe nye og forbedrede verktøy for framtidens produksjonsplanlegging. Man vil fokusere på anvendelser til investeringsanalyser, oppgradering og analyser av ulike miljøtiltak. Dette prosjektet er blitt satt på vent som følge av problemer ift IPR.

Flere av prosjektene i senteret eksisterte før prosjektene ble samlet inn under en egen FME-paraply. FME-statusen har gjort at man har kunnet videreføre og utvide både forskningskomponent og formidlingskomponent fra tidligere prosjektstatus i ulike KMB'er. Det antas at antall prosjekter vil øke og at nye prosjekter også kan bli integrert etter hvert.

Gjennom prosjektporteføljen har CEDREN aktiviteter som både handler om utvikling av teknologiske løsninger (prosjektet Hydropeak), miljøvirkninger av vannkraft (prosjektene Envipeak og Envidorr), miljømessige konsekvenser av offshore vindkraft (prosjektet BirdWind), miljømessige virkninger av overføringslinjer/kraftledninger (prosjektet Optipol), samt politiske, institusjonelle og regulatoriske rammeverk for disse (prosjektet GovRep). I den grad CEDREN har aktiviteter som grenser opp mot innretningen i de andre FME'ene er dette avklart og koordinert med de respektive FME'er og i samråd med forskningsrådet. Senteret samarbeider blant annet med de to andre FME'ene Norcowe og Nowitech i prosjektet som handler om offshore vindkraft.

Bioenergi og miljøvirkninger på bioenergi, havenergi, bølge- og tidevannskraft, geotermisk energi og osmotisk energi (dvs energien som oppstår når ferskvann møter saltvann i elveutløp og elvemunninger) er i utgangspunktet ikke en del av forskningsområdet i CEDREN, men slike tilgrensende områder og aktiviteter kan bli integrert i senteret på et senere stadium.

Senteret består av flere ulike prosjekter med svært forskjellige typer aktører. Etersom senteret er en administrativ konstruksjon rundt enkeltstående prosjekter anses det som en utfordring å få til tydelige strategiske prioriteringer på tvers av alle deltakende aktører. I tillegg er selve innretningen på senteret er ambisiøs i den forstand at det ikke bare fokuserer på utvikling av fornybar energi og systemer og ny teknologi rundt denne, men også i hvilken grad den nye teknologien er bærekraftig og samspiller med den lokale naturen og dyrearter – og hvordan disse skal styres og forvaltes.

Status for CEDREN er nå at man per januar 2010 har gått over i en driftsfase etter etableringen av senteret. Men allikevel pågår det fortsatt strategidiskusjoner i senteret om hvordan man skal jobbe mer konkret fremover, og i forhold til hva hver av industripartnerne ønsker seg fra deltakelsen i senteret.

Verdikjeder og næringsområder

Det største potensial innenfor næringsutvikling knyttet til forskningen i CEDREN kan være mht mulighetene for norsk vannkraftindustri til å tjene penger i utlandet. Dette omfatter både energiselskaper, norske konsulentmiljøer som bidrar med rådgivning, norske FoU-miljøer, samt leverandørindustri som kan selge inn komponenter.

Industrielle partnere

I tillegg til SINTEF Energiforskning, Norsk Institutt for Naturforskning (NINA) og NTNU er også Laboratorium for ferskvannøkologi og innlandsfiske (Oslo og Bergen), Stein Rokkan Senter for Flerfaglige Samfunnsstudier (UNIFOB), Program for forskning og utredning for et bærekraftig samfunn (PROSUS) og Norsk institutt for vannforskning (NIVA) forskningspartnere i senteret.

De bekreftede industripartnerne i CEDREN er per i dag 7 energiselskaper, hvor alle er med i flere av prosjektene:

- Agder Energi
- Eidsiva
- Hydro
- Energibedriftenes landsforening (EBL)
- Sira-Kvina kraftselskap
- Statkraft
- Statnett

Industripartnerne står for 25 % av finansieringen av det totale budsjettet i senteret. Foreløpig består industripartnerne kun av energiprodusenter og deres bransjeforening. Det kan derfor diskuteres hvorvidt den industrielle representasjonen i senteret er bred nok. Det har vært forsøkt å få med andre typer aktører, som leverandørbedrifter og konsulenter. Noe av strategien for 2010 er å nå ut til flere mulige internasjonale energiselskaper (fra eksempelvis Tyskland, Østerrike, Spania, Frankrike) som mulige samarbeidspartnere sammen med de internasjonale FoU-partnerne. Man forsøkte å få med andre typer aktører, som Alstom og Rainpower (turbiner og generatorer), men på grunn av finanskrisen lot ikke dette samarbeidet seg gjøre ettersom de ikke hadde midler til dette.

I tillegg til industripartnerne er Direktoratet for naturforvaltning, Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE), og representanter for NGO'er ikke-betalende deltakere i senteret. Senteret har også etablert samarbeid og kontakt med flere internasjonale universiteter og forskningsmiljøer. Tre av kraftselskapene og Energi Norge sitter i styret i CEDREN, og det er lagt opp til regelmessige brukermøter (dvs med referansegruppene) i prosjektene.

Strategi for innovasjon og kommersialisering

CEDREN har et hovedfokus på FoU på fornybare energikilder (primært vann men også vind) og miljøet. Samtidig har man et fokus på formidling til samfunnet, og man ønsker å bidra til et kunnskapsgrunnlag som utgangspunkt for samfunnsdebatten om bærekraftig

fornybar energi, men den skal samtidig fremskaffe anvendbar kunnskap for forvaltningen og energibransjen.

Ifølge CEDRENs ledelse kan man ikke snakke om innovasjon på samme måte for CEDREN som i de øvrige FME'ene, ettersom nyskapningen i dette senteret i større grad knytter seg til å utvikle forvaltningsmessige miljøløsninger og forretningsmodeller; bare i liten grad skal senteret arbeide med utvikling av ny kommersialiserbar teknologi. Senteret har derfor ingen uttalt strategi for innovasjon, og har heller ikke en egen innovasjonsavdeling. Ansvar for innovasjon er fordelt på de ulike prosjektlederne i de seks pågående prosjektene.

CEDREN legger vekt på kommunikasjon og formidling av forskningsresultater fra de 6 pågående prosjektene. Informasjon og formidling fra senteret utgjør 8 % av det totale budsjettet. Senteret skal ha en egen enhet for formidling, selv om denne enheten foreløpig ikke har blitt etablert. Formidlingen er primært tenkt som spisset mot relevante organisasjoner og premissleverandører. Spredningen og formidlingen til samfunnet vil skje både i form av vitenskapelig publisering innenfor det vitenskapelige miljøet internasjonalt, gjennom senteret og med dets brukere og industripartnere. CEDREN tar også sikte på å nå frem til stat, forvaltning og øvrige interesserte i det offentlige.

CEDREN vektlegger på denne måten formidling og kommunikasjon av resultater fra den pågående forskningen, og fokuserer i mindre grad på faktisk å implementere de nye løsningene i ulike kontekster. Senteret har ikke noen uttalt målsetting om implementering av løsningene som de utvikler.

I den grad det anses å være et potensial for næringsutvikling i CEDREN er dette primært tilknyttet muligheter innenfor vannkraft for eksportrettet salg av el-kraft (energisekskaper), komponenter (leverandørindustri), konsulent tjenester (konsulentmiljøer) og forskningstjenester (FoU-miljøer). Internasjonalt er utbygging av vannkraft sentralt i land utenfor Vest-Europa, som Latin-Amerika, Asia, Øst-Europa, Afrika. Det er derfor ikke noen målsetting for CEDREN at norske bedrifter skal selge tjenester til Vest-Europa.

Spredning og implementering av ny kunnskap er tenkt gjennomført i ulike former:

- Pilot: Birdwind: Stor infrastrukturdel som går på å utvikle et radarsystem hvor de to andre FME'ene Nowitech og Norcowe skal lage et demonstrasjonsanlegg
- Samarbeid i form av felles møter med tekniske konsultantselskaper
- Felles casestudier mellom CEDREN og de industrielle partnerne
- Utveksling av personell fra industripartnere og forskning, med NINA som vertsinstitusjon for gjesteforskere og andre
- Rekruttering av studenter (Totalt 21 PhDs og 7 postdocs gjennom hele prosjektperioden)
- Resultater fra forskningen vil integreres i utdanningsprogrammer ved NTNU samt ved samarbeidende utdanningsinstitusjoner internasjonalt

Hvert av de pågående prosjektene i CEDREN vil i tillegg til prosjektmøter ha brukermøter i form av referansegrupper sammensatt av ulike typer aktører, med representanter fra både forvaltningen og industrien. Det er foreløpig ikke utviklet noen detaljert plan for hvordan kontaktflatene mellom de ulike referansegruppene skal være. Foreløpig er det kun to av de seks pågående prosjektene som har fått nedsatt en referansegruppe.

Alle prosjektene har hatt brukermøter/referansegruppemøter hvor industripartnerne har kunnet komme med innspill på hva de ønsker at det skal forskes på. Men FoU-miljøene må få bestemme selv også.

CEDREN har i likhet med andre av FME'ene også hatt visse problemer knyttet til IPR som har krevd tid og ressurser.

Rammebetingelser

CEDRENs aktiviteter er siktet inn på en visjon om at store regioner (for eksempel Norden, Nord-Europa og UK, etc.) kan danne et integrert elforsyningssystem, der forskjellige energikilder er koblet på og samspiller og sørger for forsyningssikkerhet i hele området, tilpasset svingninger i etterspørsel i løpet av et døgn, en uke eller årets sesongvariasjoner. Det skal også være tilpasset naturens evne til å avgi energi under varierende vær, vind og klimaforhold. Dette forutsetter planlegging og utbygging av nye infrastrukturer mht overføringslinjer – og finansiering av disse – og modeller for hvordan desentraliserte og sentraliserte systemer kan samvirke.

Et mulig scenario i dette, som mange fremhever, er at den norske fjellheimen, med sine store vannmagasin, kan fungere som et multinasjonalt energidepot som på kort varsel kan åpnes og levere elektrisitet til systemet når etterspørselen er stor, eller når vindkraft og andre kilder svikter eller ikke er i stand til å møte etterspørselen. CEDREN gir kunnskap om hvordan et slikt system kan se ut og hva det krever – og hva det vil koste, særlig i form av miljømessige konsekvenser. Men et slikt integrert system er avhengig av en rekke politisk-økonomiske og institusjonelle faktorer som ennå ikke er utviklet, dvs. rammebetingelser, reguleringer, avtaler og traktater, og, ikke minst, politiske institusjoner som også i svak grad er utviklet for slike formål. Imidlertid vil resultatene fra CEDREN kunne spille en viktig rolle for politikkutvikling og utvikling av rammebetingelser for et fremtidig energisystem basert på nye fornybare energikilder.

Vedlegg 2: Norges forskningsråds beskrivelse³⁷ av oppdraget

Forskningsrådet ønsker å styrke grunnlaget for samfunnsvitenskapelig energiforskning og vil i den forbindelse få utført en samfunnsfaglig analyse rettet mot hvordan FMEenes forskningsresultater skal kunne maksimere sitt potensial for å bli realisert. Forskningsrådet etablerte i 2009 en ordning med Forskningscentre for miljøvennlig energi (FME). Formålet med FME- ordningen er å etablere tidsbegrensede forskningscentre kjennetegnet ved en konsentrert, fokusert og langsiktig forskningsinnsats på høyt internasjonalt nivå for å løse utpekte utfordringer på energi og miljøområdet. Et FME skal heve kvaliteten av norsk forskning og fremskaffe anvendbar kunnskap og løsninger innen temaområdet. Forskningscentre har et høyere ambisjonsnivå, større langsiktighet og sterkere konsentrasjon av innsatsen enn andre virkemidler som Forskningsrådet har. 4. februar 2009 ble det gitt tildeling til åtte forskningscentre for miljøvennlig energi. Sentrene dekker temaene CO2-håndtering, bioenergi, offshore vind, solenergi og energibruk.

Disse områdene har blitt identifisert av Energi21 som viktige områder som skal gjøre Norge om til Europas energi og – miljønasjon – og gå fra nasjonal energibalanse til grønn leveranse. Energi21 strategien peker dermed både på sikring av nasjonal energiforsyning men også mot eksport av energi og energiteknologi til internasjonale markeder. For å få maksimert potensial til FMEene så er en forståelse av markedsforhold og politiske virkemidler i Norge, Europa og internasjonalt nødvendig for å utforme de rette virkemidlene som kan bidra til dette.

FMEene skal sikre en langsiktig og konsentrert teknologiutvikling, men er avhengig av fremtidige markeder for å realisere sitt potensial. Et viktig spørsmål er dermed å forstå den markedsmessige og politiske konteksten til de ulike teknologiene og de rammene som er nødvendige for at et marked skal kunne vokse frem. Målet med dette oppdraget er å øke forståelsen av hvilke markedsmessige forhold som kan forventes å påvirke potensial for teknologiene knyttet til FMEene og hva behovet er for norske virkemidler for å sikre at teknologien FMEene utvikler klarer å innta disse markedene.

Noen aktuelle problemstillinger kan være:

- Hvordan dannes nisjemarkeder for teknologiene og hvilken rolle spiller de i utviklingen av massemarkeder?
- Hvilke ulike markedsmodeller eksisterer for de ulike teknologiene og hvilke faktorer bygger disse modellene på?
- Hvilke politiske og markedsmessige faktorer har vært avgjørende for teknologisatsingen?

³⁷ Denne teksten er hentet fra dokumentet : ”Konkurranses grunnlag - Samfunnsfaglige analyser rettet mot hvordan FMEenes forskningsresultater skal kunne maksimere sitt potensial for å bli realisert” - Utstedelsesdato: 15. 07 2009

- Hvordan foregår samspillet med andre virkemidler og hvordan kan dette samspillet utvikles og forsterkes?
- Hvilken rolle spiller leverandørindustrien i markedsutviklingen og hvilke virkemidler kan best muliggjøre interaksjon mellom FMEene og leverandørindustrien?
- Hvordan bør den samfunnsvitenskapelige forskningen innrettes for å bidra til at resultatene av forskningen innen FMEene utnyttes best mulig i norske og internasjonale markeder?

Prosjektet skal bemannes med et tverrfaglig team med relevant kompetanse innen innovasjonsteori samt politikk og virkemidler innom energisektoren. Tilnærming og oppgaveforståelse vil bli vektlagt i tildelingskriteriene.