



International Research Institute of Stavanger

www.iris.no

Ragna M.L. Ervik (IRIS)

Erlend Randeberg (IRIS)

Christian Quale (IRIS)


Torger Reve (BI)

Vestlandet som ledende miljøvennlig energiregion

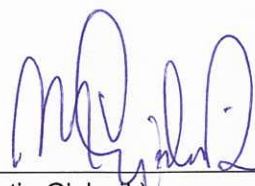
Rapport IRIS - 2008/176

Prosjektnummer: 7302888
Prosjektets tittel: Grønn kraft fra Vestlandet til verden
Oppdragsgiver(e): Vestlandskonferansen
Forskningsprogram:
ISBN: 978-82-490-0597-0
Gradering: Åpen

Stavanger 05.09.2008



(Ragna M.L. Ervik) Sign.dato 8/9-08
Prosjektleder



(Martin Gjelsvik) Sign.dato 11.9.09
Kvalitetssikrer



(Gottfried Heinzerling) Sign.dato 8/9-08
Senterleder
IRIS Samfunns- og næringsutvikling

Om rapporten

Denne rapporten fra IRIS er utarbeidet til Vestlandskonferansen 2008. Rapporten ser på hvilke forutsetninger Vestlandet har som miljøvennlig energiprodusent, hva som er status i dag og hvilke muligheter regionen har fremover. Intensjonen er at rapporten skal stimulere til videre engasjement på dette viktige området. Innenfor rammen av prosjektet tar vi for oss et utvalg av problemstillinger som vi vurderer som sentrale. Tidshorizonten for utsiktene er 2020.

Rapporten er finansiert av Sparebanken Vests allmennyttige virksomhet.

Om Vestlandskonferansen

Vestlandskonferansen er en arena for å drøfte landsdelens utvikling, konkrete prosjekter og for å bygge relasjoner. Konferansen arrangeres av Sparebanken Vests allmennyttige virksomhet, Stavanger Aftenblad, Bergens Tidende, Firda og Sunnmørsposten.

Tema for Vestlandskonferansen 2008 er Grønn kraft fra Vestlandet til verden. Konferansen belyser hvilke muligheter Vestlandet har for å bli en stor eksportør av miljøvennlig energi, teknologi og kompetanse og hva dette kan skape av næringsutvikling i landsdelen.

Takk til bidragsytere

Arbeidet med rapporten ble utført i nært samarbeid med programkomiteen for Vestlandskonferansen, ledet av Harald Queseth. Medforfatter Torger Reve, Handelshøyskolen BI, har vært faglig veileder på noen av kapitlene, og har kommet med konsise problemstillinger, innspill og tilbakemeldinger. Takk til Martin Gjelsvik som i tillegg til å være kvalitetssikrer, har deltatt i arbeidsmøter og diskusjoner og bidratt med gode presiseringer.

Sentrale begreper

Kilder til energiformål kan vi finne mer eller mindre tilgjengelig i naturen, og eksempler kan være vann i tyngdefeltet (til vannkraft), vind, bølger, tidevann, olje, gass, kull og biomasse (kjemisk energi dannet ved fotosyntese), solstråler, spaltbart materiale for utnyttelse av kjernekraft.

Brukerne av energi er avhengig av en egnet **energibærer**. I noen tilfeller kan energikilden i seg selv fungere som energibærer uten vesentlig bearbeiding / omdanning, som for eksempel olje, gass, kull og biomasse som kan forbrennes uten særlig foredling. Også jordvarme og solenergi kan benyttes direkte - til oppvarmingsformål. I andre tilfeller må det skje en omdanning fra en energiform til en annen for at vi skal kunne nyttiggjøre oss den på en praktisk måte. Energien blir da omdannet til en energibærer som muliggjør **distribusjon**, for eksempel elektrisitet, fjernvarme (vanligvis i form av varmt vann), bensin og andre drivstoff, hydrogen og elektrokjemisk energi lagret i et batteri.

Energi måles i ulike **enheter**. Her holder vi oss til watt-timer (Wh). 1000 Wh er det samme som 1 kWh, tilsvarende for eksempel det kjemiske energiinnholdet i 0,8 dl bensin eller det en 60 W lyspære bruker av elektrisk energi i løpet av 17 timer.

Effekt er energi per tidsenhet, og måles i watt.

Prefikser er vanlig å bruke for å få håndterbare antall siffer. Kilo (k) er $1\,000 = 10^3$, mega (M) tilsvarer en million, 10^6 , giga (G) er 10^9 og terra (T) 10^{12} . 1 GWh er altså det samme som 1 000 000 kWh.

Innhold

| | | |
|------|---|----|
| 1 | INNLEDNING | 7 |
| 2 | ENERGIUTFORDRINGER, KLIMAUTFORDRINGER OG TILTAK..... | 9 |
| 3 | VESTLANDETS ENERGISITUASJON | 12 |
| 3.1 | Energiproduksjon..... | 12 |
| 3.2 | Energidistribusjon | 13 |
| 3.3 | Energiforbruk | 14 |
| 3.4 | Klimagassutslipp fra energisektoren..... | 19 |
| 4 | RESSURSGRUNNLAG OG POTENSIELL ENERGIPRODUKSJON..... | 20 |
| 4.1 | Vannkraft | 21 |
| 4.2 | Vindkraft..... | 21 |
| 4.3 | Fossil kraftproduksjon..... | 22 |
| 4.4 | Biomasse og avfall..... | 23 |
| 4.5 | Spillvarmeressurser | 24 |
| 4.6 | Grunn- og sjøvarme..... | 25 |
| 4.7 | Geotermisk energi | 25 |
| 4.8 | Bølgekraft | 25 |
| 4.9 | Solenergi..... | 25 |
| 4.10 | Osmosekraft | 26 |
| 4.11 | Thorium..... | 26 |
| 5 | GRUNNLAG OG UTVIKLINGSPOTENSIAL MED INFRASTRUKTUR | 27 |
| 5.1 | Kraftsystemet..... | 27 |
| 5.2 | Distribusjon av varme | 29 |
| 5.3 | Distribusjon av gass..... | 30 |
| 5.4 | Smarte energisystemer..... | 31 |
| 5.5 | Håndtering av CO2 | 31 |
| 6 | MEKANISMER OG INTERESSEENTER | 34 |
| 6.1 | Næringsklynger og kunnskapsnav | 34 |
| 6.2 | Næringsliv; industri- og leverandørmiljøer | 36 |
| 6.3 | Bruk av rammebetingelser i andre europeiske land | 37 |
| 6.4 | Regionale myndigheter..... | 38 |
| 6.5 | Ideelle organisasjoner (NGOs) | 39 |
| 6.6 | Kompetansemiljøer..... | 40 |

| | | |
|-----|--|----|
| 7 | AKTUELLE UTVIKLINGSCASE | 44 |
| 7.1 | Hå kommune – Landbruk og industri i energieffektivt samarbeid..... | 44 |
| 7.2 | Utsira - En tidlig demonstrasjon av vind og hydrogen | 45 |
| 7.3 | Havsulprosjektet utenfor Møre og Romsdal | 47 |
| 7.4 | Årdal – et soleventyr? | 48 |
| 7.5 | Mongstad: Installasjon og demonstrasjon av CO ₂ -kjede | 49 |
| 8 | UTFORDRINGER, MULIGHETER OG VEIEN VIDERE..... | 51 |
| 8.1 | Potensial for næringsklynger og kunnskapsnav | 51 |
| 8.2 | Muligheter relatert til vannkraft | 52 |
| 8.3 | Muligheter relatert til vind og hav | 53 |
| 8.4 | Muligheter relatert til CO ₂ | 55 |
| 8.5 | Komplementær virksomhet og ny energi; hvem skal og vil ta føringen | 56 |
| 8.6 | Ambisjoner og realpolitikk..... | 57 |
| 8.7 | Etableringer gir kreativitet og nyskaping..... | 57 |
| 8.8 | Dilemma og interessemotsetninger | 58 |
| 8.9 | Veien videre..... | 59 |
| | VEDLEGG 1: REFERANSER..... | 60 |
| | VEDLEGG 2: TRE METODER FOR FANGST AV CO ₂ | 62 |

1 Innledning

Norges og Vestlandets utgangspunkt

Verden trenger ren energi for å bremse klimaendringene og Vestlandet antas å ha forutsetninger for å være en bidragsyter gjennom eksport av miljøvennlig kraft.

I Europa er Norge etablert som en stor energiprodusent. Vi har 23 prosent av Europas produksjon av vannkraft, 59 prosent av oljen og 39 prosent av naturgass.

Når det gjelder vannkraft står vestlandsregionen alene for 40 prosent av den norske produksjonen, noe som betyr at vestlandsregionen produserer ca 10 prosent av Europas vannkraft. I 2006 dekket Norge 18 prosent av Europas forbruk av naturgass. Av flere årsaker vil Norge i lang tid fremover anses som en strategisk viktig energileverandør i det Europeiske markedet.

Ved å inneha et slikt ansvar, er vi også forpliktet til å bidra i energibildet på en god måte. Som rammer for Vestlandets engasjement, kan noen stikkord være å:

- ▶ *Gjøre 'svart' sektor grønnere* ved bl.a. å involveres i aktiviteter til fangst og lagring av CO₂.
- ▶ *Utnytte 'grønne' ressurser bedre* ved å se på muligheter for vannkraft samt konkretisere utnyttelsen av nye grønne ressurser.
- ▶ *Bygge grønn energikompetanse i bedrifter og kunnskapsmiljøer* med utfordringer og bevisstgjøring.
- ▶ *Utvikle samarbeidsrelasjoner mellom aktørene* ved økt samspill mellom bedrifter og forskningsmiljø og mellom virksomheter i 'grønn' og 'svart' sektor.

Rapportens formål

Denne rapporten fra IRIS er utarbeidet som et utgangspunkt for dialog om Vestlandets muligheter og utfordringer på energisiden. Rapporten ser på hvilke forutsetninger landsdelen har som energiprodusent både innen miljøvennlig og fornybar energi, hva som er status i dag og hvilke muligheter regionen har fremover.

Rapporten kan også ses i en større sammenheng. Norsk innovasjons- og næringspolitikk må ha en bred basis i de ressursbaserte næringene og rapporten viser hvordan innovasjon knyttet til utvikling av miljøvennlig kraft på Vestlandet, kan styrke og videreutvikle den norske ressursbaserte kunnskapsøkonomien.

Kapittel 2 setter scenen ved å oppsummere sentrale målsetninger og strategier som på europeisk og nasjonalt nivå er besluttet for hvordan energi- og miljøsituasjonen skal adresseres.

Kapittel 3 oppsummerer energiproduksjon og energiforbruk i fylkene Møre og Romsdal, Sogn og Fjordane, Hordaland og Rogaland med fokus på stasjonære energi-anvendelser. Transportsektorens effekt og mulige bidrag innen mer miljøvennlig energibruk, er det ikke gått nærmere inn på.

Kapittel 4 tar for seg Vestlandets omfattende grunnlag av potensielle energiressurser, der vannkraften pr. i dag utgjør det viktigste bidraget. Det gis en forklaring av store og små energikilder, samt betraktninger om hva som kan anses å være realistisk utnyttbart potensial fra disse.

Kapittel 5 tar utgangspunkt i infrastruktur som er etablert for distribusjon av ulike energiformer og hvordan bevisst bruk og utvikling av slik infrastruktur er både viktig og kritisk for å oppnå nasjonale og europeiske målsetninger på energi- og miljøsidene. I dette bildet inngår også infrastruktur for håndtering av CO₂.

Kapittel 6 omfatter ulike mekanismer som kan influere kompetanse- og næringsutvikling. Her inngår både private og offentlige aktører, politiske organer, tiltak og rammevilkår.

Kapittel 7 beskriver fem eksempler på energiorienterte satsinger på Vestlandet. Med sine vidt forskjellige utgangspunkt og tilnærminger, illustrerer disse historiene at det ikke er noen oppskrift på hvordan etableringer skjer.

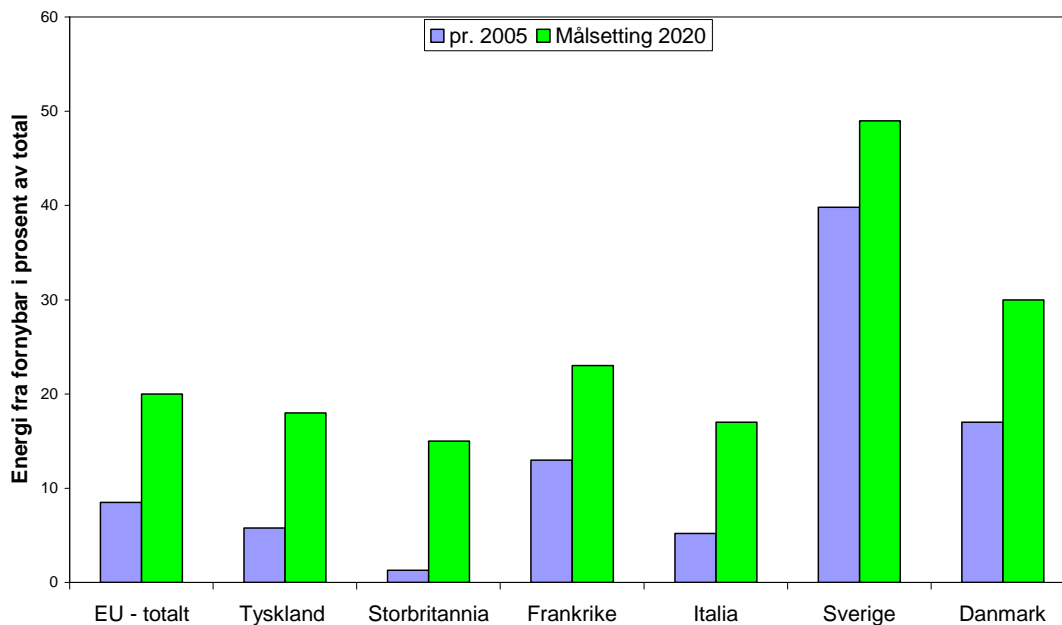
Kapittel 8 diskuterer konkrete utfordringer i forhold til de forventninger og mål som stilles for regionen. Videre søkes det å gi noen føringer på hvor innsatsen fremover bør settes inn og hvilke områder som synes å være mer beheftet med visjoner enn realisme.

2 Energiutfordringer, klimautfordringer og tiltak

På europeisk og nasjonalt nivå er det på politisk plan besluttet målsetninger og strategier for hvordan energi- og miljøsituasjonen skal adresseres. De mest sentrale vedtakene og institusjonene beskrives her.

EU 2020

Europakommisjonen har en 20-20-20-plan for CO₂-utslipp og bruk av fornybar energi innen år 2020. Som bidrag til å oppnå EUs miljømålsetninger, skal CO₂-utslippene innen EU reduseres med 20 prosent innen 2020, med 1990 som basisår. Videre er EUs ambisjon å bli den mest energieffektive region i verden med 20 prosent forbedret energieffektivitet i 2020. Den tredje ambisjonen dreier seg om fornybar energis andel av energibruken, som skal være 20 prosent innen 2020. Figur 2-1 viser dagens forbruk av fornybar energi i EU totalt og noen av landene, og hva de enkelte land har forpliktet seg til for å møte dette kravet.



Figur 2-1 EU – andel fornybar energi i prosent av total
(http://ec.europa.eu/energy/climate_actions/facts_en.htm)

Noen av hovedmålene i EUs energipolitikk er bærekraftig utvikling, forsyningsikkerhet og konkurransevne. EU-kommisjonen beskriver en rekke tiltak i sin handlingsplan for å oppnå hovedmålene, herunder:

- ▶ EU vil forplikte seg til elektrisitets- og gassmarkedsliberalisering.
- ▶ EU vil arbeide med de mekanismer som står til rådighet innen forsyningsikkerhets- og beredskapspolitikken på energiområdet.
- ▶ Kvotehandelsystemet for klimagasser skal forbli et sentralt element også etter 2012.
- ▶ "Energy Policy for Europe" stimulerer forsterket innsats til fortsatt utviklingsarbeid innen vind, solenergi, hydrogen og kull- og gasskraftanlegg med karbonrensing.

EU-kommisjonen har som ambisjon at EU skal vise globalt lederskap innen utvikling av teknologier for karbonfangst og deponering. Et gunstig regulatorisk rammeverk og FoU skal bidra til dette. Målet er at inntil 12 demonstrasjonsanlegg innen kull- og gasskraft-

anlegg med karbonrensing kommer i produksjon innen 2015, og at teknologien skal være tilgjengelig innen 2020.

Det er stor sannsynlighet for at Norge ikke har noe ønske om å være en "sinke" i forhold til EU-bestemmelsene. Norge har foreløpig ikke sluttet seg til EU-direktivet, men har satt som mål å være karbonnøytralt innen 2030.

Klimaforliket

Klimaforliket som ble vedtatt mellom regjeringen og de tre opposisjonspartiene i januar 2008, gir Norge en langsiktig klimapolitikk som skal kunne bestå uavhengig av skiftende regjeringer.

Målsetning:

Regjeringen foreslår i St.meld. nr. 34 (2006-2007) at Norge skal være karbonnøytralt i 2050, Norge skal fram til 2020 redusere de globale utslippene av klimagasser tilsvarende 30 prosent av Norges utslipp i 1990, og Norge skal skjerpe sin Kyoto-forpliktelse med ti prosentpoeng – til ni prosent under 1990-nivå. Innsatsen for reduksjon av utslipp i Norge må intensiveres – om lag halvparten og opp mot to tredjedeler av Norges totale utslippsreduksjon av klimagasser skal tas nasjonalt.

Flertallet i klimaforliket var enige om at som en del av en global og ambisiøs klimaavtale der også andre industriland tar på seg store forpliktelser, skal Norge ha et forpliktende mål om karbonnøytralitet senest i 2030. Det innebærer at Norge skal sørge for utslippsreduksjoner tilsvarende norske utslipp i 2030. Partene mener det nå er realistisk å anta reduksjoner i de norske klimagassutslippene på 15-17 millioner tonn CO₂-ekvivalenter innen 2020 når skog er inkludert. Dette innebærer i tilfelle at om lag 2/3 av Norges totale utslippsreduksjoner tas nasjonalt.

Klimaforliket betyr at regjeringen allerede i 2008 setter av 70 millioner kroner ekstra til forskning på fornybar energi og CO₂-håndtering. I 2009 blir det en økt satsing på totalt 300 millioner kroner. Innen 2010 skal de offentlige bidragene til forskning på fornybar energi og CO₂-håndtering være på minimum 600 millioner kroner. 150 millioner kroner blir satt av til et demonstrasjonsprogram for utvikling av havvindmøller og andre umodne energiteknologier. Regjeringen har også forbedret skattebetingelsene for småkraftverk som har søkt konsesjon før 5. oktober i år (2008).

På tampen av 2007 besluttet Regjeringen å gjenoppta forhandlingene med Sverige om grønne sertifikater for fornybar kraftproduksjon.

Energi21

Energi 21 er en samlende FoU-strategi for energisektoren som er et resultat av et initiativ fra Olje- og energiministeren vinteren 2007. Sluttrapporten ble lagt fram på energikonferansen *Energiuka* i februar 2008. Visjonen i Energi 21 er at Norge skal bli Europas energi- og miljønasjon, samt bli en leverandør av grønn/miljøvennlig energi til Europa. For å nå denne visjonen trengs det systematisk, samfunnsmessig og næringsmessig satsing innen industri, forskning, utdanning og effektiv energibruk og omlegging fra fossil til miljøvennlig energi. Rapporten foreslår 5 spissede satsingsområder. Det er energieffektivisering, miljøvennlig kraft, CO₂-nøytral oppvarming, et energisystem for framtiden og rammebetingelser (Energi21, 2008).

Forskningscentre for miljøvennlig energi (FME)

Forskningsrådet har etablert en ordning med Forskningscentre for miljøvennlig energi (FME). Bakgrunnen for denne ordningen er blant annet klimameldingen (klimaforliket) i 2008 og de midler som der ble foreslått satt inn for å styrke forskningen innen fornybar energi og CO₂-håndtering, Energi21s konklusjoner når det gjelder behovet for å

fokusere og styrke norsk forskning og innovasjon, samt anbefalingene i Bioenergi-strategien og Hydrogenhandlingsplanen vedrørende miljøvennlig transport.

En annen årsak er at de sentrene som er etablert innenfor ordningene for fremragende forskning (SFF) og forskningsdrevet innovasjon (SFI), så langt har vært meget vellykkede.

Flere av forskningsmiljøene innen energi i vestlandsregionen har søkt om etablering av senter etter FME-ordningen innen fristen 3/9-2008 for første søknadsrunde. Forskningsrådet vil fatte sin beslutning i løpet av desember samme år.

Enova

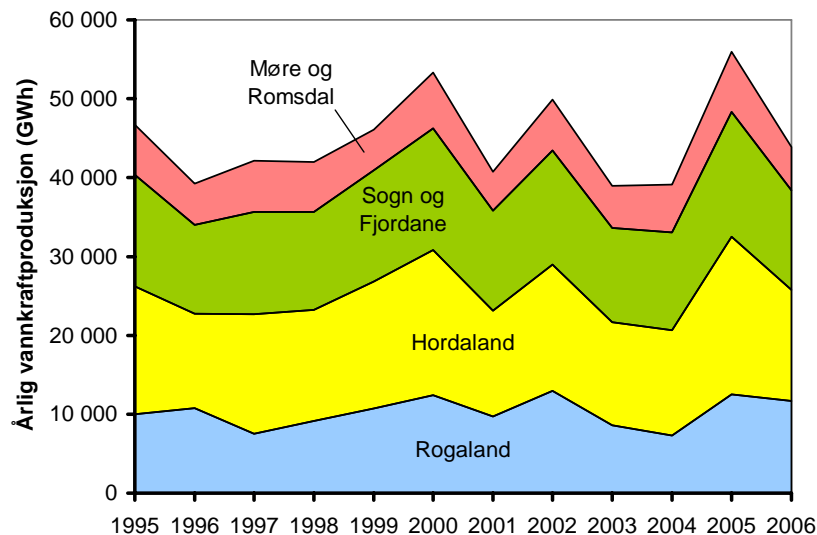
Selskapet Enova ble etablert i 2001 og var et av tiltakende for å fremme en miljøvennlig omlegging av energibruk og energiproduksjon i Norge. Dette arbeidet er et langsiktig og omfattende arbeid som innebærer å identifisere barrierer og innrette virkemidler for å oppnå markedsendringer. Enova har ordninger for økonomisk støtte som er organisert i programområder. Enova SF er et statsforetak som eies av Olje- og energidepartementet.

3 Vestlandets energisituasjon

Statistikk fra Statistisk sentralbyrå (SSB) danner utgangspunktet for statusbeskrivelsen for produksjon, distribusjon og bruk av energi på Vestlandet. Denne geografiske begrensningen innebærer at petroleumsproduksjon på kontinentalsokkelen ikke kommer med. Imidlertid er sokkelen svært viktig for Vestlandet og store deler av produksjonen er inntil vestlandsfylkene, slik at det også blir tatt med noe statistikk som viser olje- og gassproduksjon og tilknyttede utslipp.

3.1 Energiproduksjon

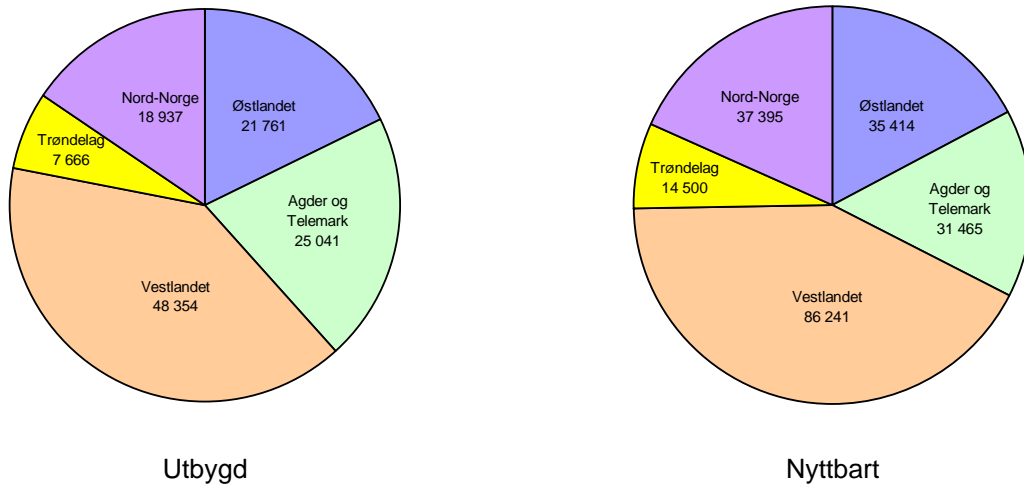
Når det her er tale om energiproduksjon tas det utgangspunkt i statistikk for 2006 for elproduksjon basert på vannkraft og varmekraft. For vindkraft er ikke tallene oppgitt på fylkesnivå. Når det gjelder vannkraftproduksjonen, bør det presiseres at denne varierer til dels kraftig fra år til år avhengig av nedbørsmengdene og fordelingen av nedbøren i forhold til vannkraftverkene tilgjengelig. Figur 3-1 viser variasjonen i vannkraftproduksjon på Vestlandet for årene 1995-2006.



Figur 3-1 Årlig vannkraftproduksjon på Vestlandet, 1995-2006 (kilde: SSB).

SSB opererer (basert på beregninger fra NVE) med en "normalårsproduksjon" som per 31.12.2007 utgjorde 48,4 TWh for Vestlandet, tilsvarende 40 prosent av Norges samlede produksjonskapasitet. I Figur 3-2 vises utbygd og teoretisk nyttbar vannkraft fordelt på ulike regioner i Norge. I denne forbindelse bør det også nevnes at nye nedbørsprognoser tyder på en generell oppjustering av den norske vannkraftproduksjonen framover¹.

¹ Teknisk Ukeblad: "Norge tjener på klimaendringer", publisert 25.06.2008, <http://www.tu.no/energi/article169242.ece>



Figur 3-2 Utbygd vannkraft per 31.12.2007 og nyttbare ressurser for ulike landsdeler. Alle tall i GWh (kilde: SSB).

I tillegg til vannkraftproduksjonen kommer noe kraftproduksjon basert på *varmekraft*, tilsvarende bare 373 GWh i 2006. *Vindkraftproduksjonen* er ikke tilgjengelig på fylkesnivå, men for Norge var tallet 636 GWh. En betydelig del av dette antas lokalisert på Vestlandet, primært i Møre og Romsdal (med kraftverket på Smøla som Norges største anlegg foreløpig). Se også Figur 4-2 for en oversikt over installert effekt vindkraft.

Det er ingen tilgjengelig oversikt over uttaket/produksjonen av *bioenergi* i regionen, men statistikken dekker *bruken*. Nedenfor (avsnitt 3.3) presenteres disse tallene, og det er grunn til å tro at en vesentlig del av bioenergien er basert på lokale ressurser.

For *solenergi* finnes det bare grove anslag på hvor mye solvarme bidrar med i bygningsmassen. Ifølge Solenergiforeningen (2008) er tallet 3-4 TWh i årlig bidrag til norske bygninger, primært i form av passiv solvarme. For Vestlandets vedkommende, med 26 prosent av befolkningen, tilsvarer dette i størrelsesorden 900 GWh per år. Dette kan ikke regnes som målbar produsert eller tilført energi, men heller er å betrakte som en indirekte besparelse av andre energivarer.

Når det gjelder utnyttelse av tilgjengelig *varmeenergi* i omgivelsene ved bruk av varmepumper, finnes heller ingen gode tall over hvor mye dette bidrar med. Som for solenergi betraktes dette her som en effektivisering av energibruken ved at forbruket av energivarer som el, petroleumsprodukter og biobrensel kan reduseres.

3.2 Energidistribusjon

Systemer for distribusjon av energi er avgjørende for å knytte sammen produksjon og forbruk. Elektrisitetsnettet er den viktigste distribusjonskanalen, med strenge krav til stabilitet og regularitet. Øvrige systemer er gassdistribusjonsnett, fjernvarmenett og ulike systemer for leveranse av energivarer (drivstoff, ved og så videre) med bil og båt til forbrukerne.

Distribusjonssystemet for elektrisitet kan grovt deles inn i *sentralnettet*, på høye spenninger og med stor kapasitet, *regionalnettet*, på midlere spenninger og *lokalnettet* ved relativt lav spenning for forsyning av de mange kundene rundt omkring. Mesteparten av sentralnettet eies av Statnett, mens regional- og lokalnettene eies av lokale nettselskaper.

Elnettet på Vestlandet er i store trekk rimelig robust med tanke på dagens produksjon og forbruk av elektrisitet. I enkelte regioner er imidlertid situasjonen anstrengt i perioder med høy belastning, og det er særlig Møre og Romsdal som er i en knapphetssituasjon. For å avhjelpe såkalte "særlig anstrengte kraftsituasjoner" har Statnett etablert et reservekraftverk på 150 MW på Tjeldbergodden i Møre og Romsdal. I tillegg bygges et tilsvarende anlegg ved Nyhamna.

Se også avsnitt 5.1 for en gjennomgang av kraftsystemet på Vestlandet med fokus på utviklingspotensialet.

Infrastruktur for varme og gass omtales nærmere i 5.2 og 5.3.

3.3 Energiforbruk

Framstillingen av energiforbruk baseres på statistikk fra SSB med 2006 som referanseår for statusbeskrivelsen. Dette er den nyeste tilgjengelige statistikken, og er strukturert i bruksområder på følgende måte:

- Stasjonær bruk
 - *Primærnæringer*
 - *Industri og bergverk*
 - *Tjenesteyting* (nærings- og offentlig virksomhet utenom industri, energisektoren og primærnæringer)
 - *Husholdninger*
- Mobil bruk² (vei-, luft-, sjø-, banetransport og "annen", det vil si snøscooter, småbåter og motorredskaper)

Når det gjelder bruken av ulike energibærere inndeles den på følgende måte:

- *El*
- *Gass* (primært naturgass)
- *Biobrensel* (ved, treavfall og avlut)
- *Kull* (inkludert kullkoks og petrolkoks)
- *Oljeprodukter* (bensin, parafin, diesellolje, fyringsolja, tungolja med mer)
- *Avfall*

For biobrensel er en vesentlig del av forbruket i husholdningene, og deler av dette er forbruk av ved som ikke er omsatt gjennom vanlige salgskanaler. SSB baserer derfor statistikken sin på forbruksundersøkelser for å finne et anslag på totalforbruket. Statistikken over avfall inkluderer avfall brukt som innsatsfaktor for varmeproduksjon i forbrenningsanlegg, eventuelt i kombinasjon med noe kraftproduksjon. Det er grunn til å tvile på kvaliteten av disse tallene, blant annet fordi bruken av avfallsenergi i Rogaland er rapportert til null fra SSB. I mangel av andre tall baseres likevel framstillingen her på dataene fra SSB.

I Tabell 3-1 vises energiforbruket for Vestlandet per 2006 inndelt i kategoriene beskrevet over. I tillegg er overskuddet i kraftproduksjon tatt med under krafteksport.

² I SSBs tall for transportsektoren er det en viss underrapportering med tanke på regionale tall, fordi den rapporterte energibruken for luft- og sjøtransport primært dekker transport nær havner og flyplasser.

Tabell 3-1 Status for årlig energibruk på Vestlandet per 2006. Alle tall i GWh (kilde: SSB).

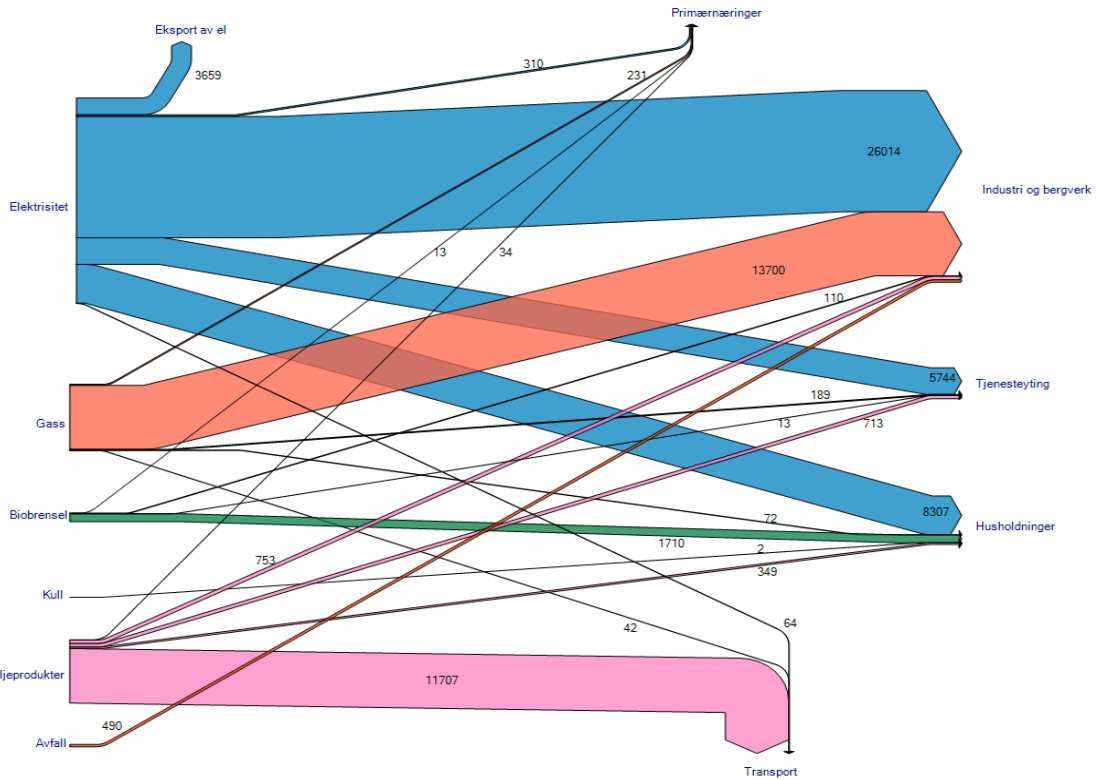
| Bruk av energibærere | El | Gass | Biobrensel | Kull | Olje- produkter | Avfall | Sum |
|-----------------------------|---------------|---------------|-------------------|-------------|----------------------------|---------------|---------------|
| Primærnæringer | 559 | 231 | 13 | 0 | 34 | 0 | 837 |
| Industri og bergverk | 26 014 | 13 700 | 110 | 0 | 753 | 490 | 41 066 |
| Tjenesteyting | 5 744 | 189 | 13 | 0 | 713 | 0 | 6 659 |
| Husholdninger | 8 307 | 72 | 1 710 | 2 | 349 | 0 | 10 439 |
| Transport | 64 | 42 | 0 | 0 | 11 707 | 0 | 11 813 |
| Sum | 40 688 | 14 233 | 1 845 | 2 | 13 555 | 490 | 70 814 |
| Krafteksport | 3 569 | | | | | | |

Informasjonen i Tabell 3-1 kan også framstilles i et såkalt *Sankey-diagram*, der energistrømmene vises grafisk. Diagrammet for Vestlandet per 2006 er vist i Figur 3-3. Figuren viser piler med tykkelse proporsjonal med størrelsen på verdien de representerer. På den måten gis et grafisk inntrykk av hvilke energiformer og -brukere som dominerer. Samtidig viser figuren at energibildet er svært komplekst, med mange bidrag og sammensatt bruk av energivarer på de ulike samfunnsområdene.

Når det gjelder energibildet er det verdt å merke seg at noen store enkeltbrukere dominerer på flere områder. Særlig gjelder dette forbruket av el og naturgass i industrien.

For øvrig viser energibildet at el dominerer som energibærer i husholdninger og tjenesteyting. Som for resten av Norge, men ulikt de fleste andre land det er naturlig å sammenligne med, utgjør energibærere for oppvarming (fjernvarme og ulike brensel) en relativt liten andel.

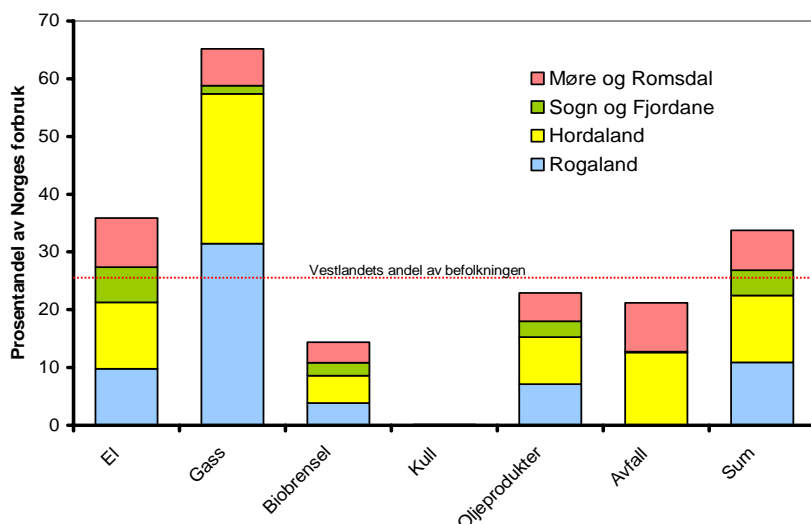
For energi til transport dominerer oljebaserte drivstoff fullstendig, med veitransporten som den største forbrukeren av energi. Her bør det imidlertid kommenteres at SSBs avgrensninger vist over (bare transport under visse høyder og avstander fra havn) bidrar til at sjø- og lufttransporten viser uforholdsmessig lite igjen i den regionale statistikken. Det reelle energiforbruket innenfor disse sektorene som foregår innenfor Vestlandets grenser, er vesentlig høyere, men det har ikke vært innenfor rammene av dette prosjektet å kartlegge dette ytterligere.



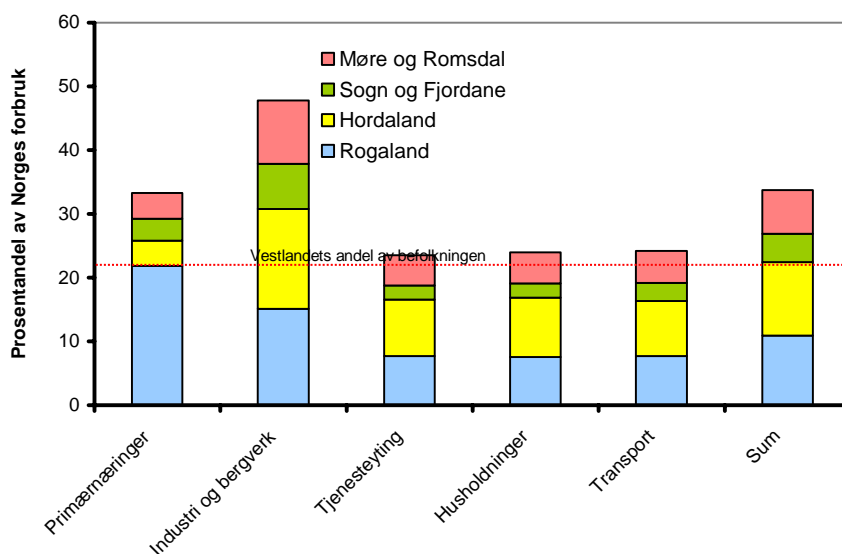
Figur 3-3 Energiforbruk for Vestlandet per 2006. Diagrammet viser tilført sluttbruk av ulike energibærere og eksport av el som differansen mellom produksjon og forbruk. Alle tall i GWh. Informasjonen finnes også i Tabell 3-1.

Når det gjelder Vestlandets energibruk sammenlignet med resten av Norge, illustreres dette i Figur 3-4 og Figur 3-5. Disse viser andelen av Norges forbruk som utgjøres av de fire vestlandfylkene med tanke på bruken av energivarer og innenfor ulike sektorer. Figurene viser tydelig at forbruket av kraft og naturgass, primært til industrien, er vesentlig høyere enn i resten av landet. Med store gassbehandlingsanlegg (Kollsnes, Kårstø og Tjeldbergodden) og betydelig kraftkrevende industri er dette rimelig. For øvrig er Vestlandets bruk av bioenergi vesentlig lavere enn landsgjennomsnittet.

Ved fordeling på ulike sektorer kan man merke seg at industrien, som nevnt, og sjøtransport skiller seg ut med høyt energiforbruk. Banetransport utgjør på sin side en lavere andel enn for landsgjennomsnittet.



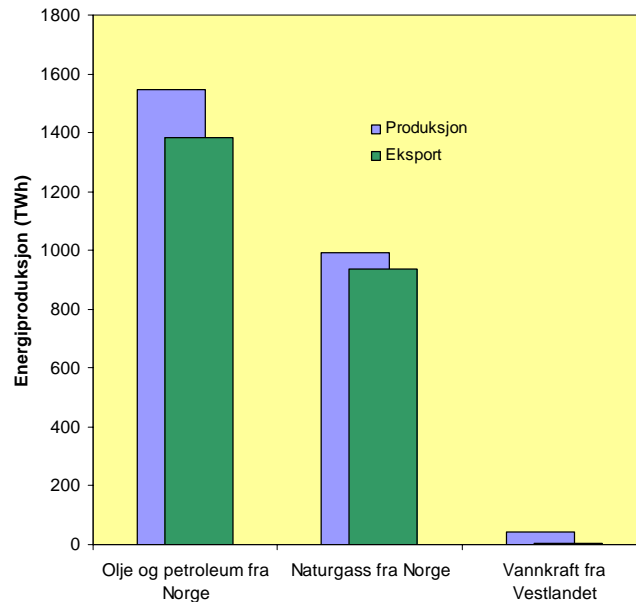
Figur 3-4 Andel av Norges forbruk som ble utgjort av vestlandsfylkene i 2006, fordelt på energivarer.



Figur 3-5 Andel av Norges forbruk som ble utgjort av vestlandsfylkene i 2006, fordelt på sektorer.

Når det gjelder balansen mellom produsert og forbrukt elektrisitet, preges denne av betydelige regionale forskjeller. På fylkesnivå er Rogaland, Hordaland og Sogn og Fjordane nettoeksportører av kraft, mens Møre og Romsdal har et betydelig underskudd. Mens de tre sørligste fylkene hadde et samlet kraftoverskudd på 7,8 TWh i 2006, var situasjonen 4,2 TWh i underskudd for det nordligste. Med ytterligere kraftkrevende industrietablering etter denne tid i Møre og Romsdal (Ormen Lange-anlegget på Aukra, ny kapasitet i Sunndalsøra med mer) har fylket en krevende situasjon.

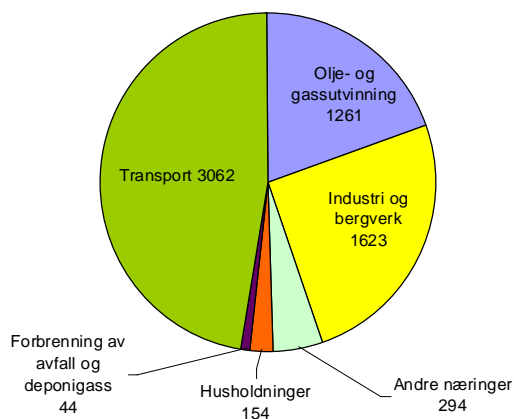
Figur 3-6 viser vannkraftproduksjonen sammenlignet med energiproduksjonen/uttaket fra norsk petroleumssokkel (2006), der en stor del er utenfor kysten av Vestlandet. I energimengde er de fossile energiressursene helt dominerende. Samtidig viser figuren at mens olje og gass i all hovedsak går til eksport dekker vannkraftproduksjonen primært eget forbruk av el (3,6 av 44 TWh eksporteres ut av regionen og er knapt synlig på figuren). Med tanke på energiekspert, er det per i dag de fossile ressursene som dominerer bildet fullstendig.



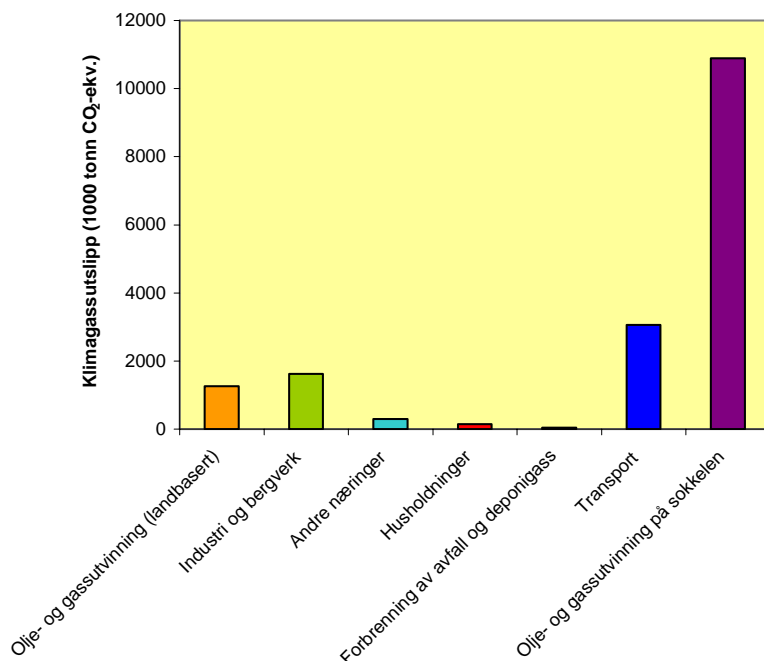
Figur 3-6 Sammenligning av produksjon av olje/petroleum og naturgass fra norsk sokkel og vannkraft fra Vestlandet, inkludert eksport. Tall for 2006 (kilde: SSB).

3.4 Klimagassutslipp fra energisektoren

Utslipp av klimagasser³ (primært CO₂, men også noe CH₄ og N₂O) forbundet med energibruk på Vestlandet, summerte seg i 2006 til 6,4 millioner tonn CO₂-ekvivalenter. Tallene gjengis i Figur 3-7 med fordeling på ulike sektorer. Til sammenligning var de norske utslippene⁴ 36,5 millioner tonn. 10,9 millioner tonn av dette utgjøres av utslipp fra forbrenning i forbindelse med olje- og gassutvinning på sokkelen (illustrert i Figur 3-8).



Figur 3-7 Klimagassutslipp (CO₂, CH₄ og N₂O) forbundet med energibruk på Vestlandet 2006, fordelt på sektorer. Alle tall i 1000 tonn CO₂-ekvivalenter (kilde: SSB).



Figur 3-8 Sektorvise utslipp av klimagasser ved energibruk på Vestlandet (jf. Figur 3-7) og sammenligning med utslippene forbundet med olje- og gassutvinning på kontinentalsokkelen.

Tall for 2006.

³ En lang rekke gasser kan karakteriseres som klimagasser, ved at de bidrar til økt drivhuseffekt. De viktigste er CO₂, CH₄, N₂O og diverse klor- og fluorforbindelser.

⁴ Inkludert utslipp fra petroleumsaktiviteten på kontinentalsokkelen og deler av innenlands sjø- og luftfart som ikke godskrives de kommunale/fylkesvise tallene.

4 Ressursgrunnlag og potensiell energiproduksjon

Et fundamentalt spørsmål å stille, dersom målet for Vestlandet er å bidra til at EU skal nå sine ambisiøse mål om effektiv og miljøvennlig omlegging av energisektoren, er hva vi i så fall kan bygge videre på. I det følgende vurderes energigrunnlaget fra naturens side, krav til framtidig infrastruktur for distribusjon av energien (kap. 5), og til slutt ressurser i form av kompetanse og næringsliv (kap. 6).

I denne sammenhengen tar vi utgangspunkt i energiressurser som befinner seg - og kan utnyttes - innenfor de geografiske grensene til Vestlandet. Det betyr blant annet at petroleumsressursene utenfor kysten ikke tas med her. Når det gjelder fornybare energiressurser som finnes i omgivelsene i form av sol og varme (fra luft, sjø og grunn), er disse teoretisk sett nærmest ubegrensede. Begrensningen ligger gjerne i *energitettheten*⁵ eller *-kvaliteten*⁶, slik at ressursgrunnlaget må anslås i stor grad basert på hva som er rimelig å kunne utnytte teknologisk og økonomisk. Tabell 4-1 oppsummerer ressursgrunnlaget som gjennomgås i kapittelet.

Tabell 4-1 Teknisk/teoretisk ressursgrunnlag for ny energiproduksjon Vestlandet. Til dels svært usikre tall basert på anslag og kilder gjengitt i teksten.

| Ressurs | Størrelse (GWh) | Kommentar |
|----------------------------------|-----------------|---|
| Vannkraft | Ca. 86 000 | Utbygd ca. 48 TWh, vernet ca. 21 TWh. Trolig kontroversielt å bygge ut vesentlig storstilt ny vannkraft |
| Vannkraft – opprustning | Ca. 4 800 | Potensial for ca. 10 prosent økt produksjon |
| Vindkraft, onshore | 10 000? | Stort ressursgrunnlag, men arealkonflikter |
| Vindkraft, offshore | 50 000? | Nærmest ubegrenset ressursgrunnlag, men teknologien er umoden |
| Gasskraft | Ca. 19 000 | Produksjonskapasitet for meldte og igangsatte prosjekter. utfordringer knyttet til lønnsomhet og CO ₂ -utslipp |
| Kullkraft | Ca. 7 000 | Produksjonskapasitet for meldte prosjekter |
| Biomasse til brensel | Ca. 2 000? | Basert på skogsressurser (anslått) |
| Biomasse til gass | Ca. 1 000? | Basert på mengde husdyrgjødsel, avfall og avløpslam |
| Bioenergi til kraftproduksjon | Ca. 100? | Mest aktuelt i forbindelse med varmeproduksjon (kogen) |
| Avfall til energiformål | Ca. 1 000? | Basert på dagens avfallsmengder |
| Spillvarme | ? | Trolig store ressurser vanskelig tilgjengelig (industri som kilde) |
| Grunn- og sjøvarme (varmepumper) | ? | Betydelige ressurser i omgivelsen, men vanskelig å kvantifisere |
| Geotermisk energi | ? | Trolig store ressurser, men ikke kartlagt |
| Bølgekraft | Ca. 200? | Anslått utbyggbart potensial, men umoden teknologi |
| Solenergi | ? | Nærmest ubegrensede ressurser tilgjengelig, primært til varme, men lav energitetthet |
| Osmosekraft | 10 000? | Teknisk utbyggbart, men umoden teknologi |
| Thorium | ? | Umoden teknologi, uavklart grunnlag |

5 For eksempel når det gjelder innstrålt solenergi eller vind.

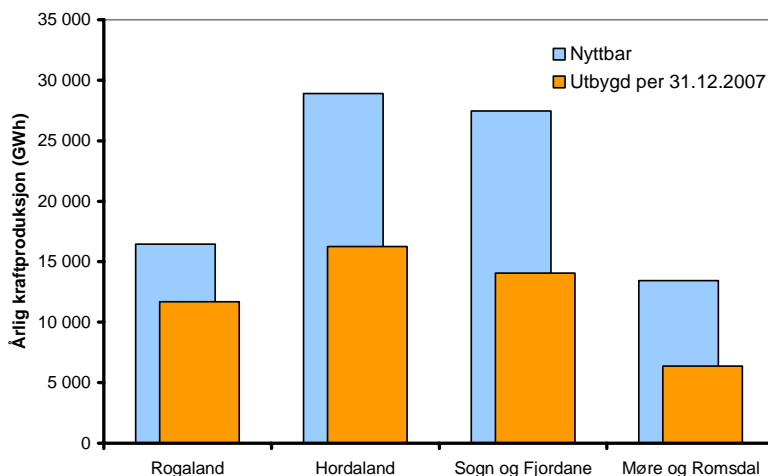
6 Et eksempel kan være omgivelsesvarme av relativt lav temperatur som i praksis bare kan benyttes til oppvarming.

4.1 Vannkraft

Vannkraftressursene er godt kartlagt og utnyttet i varierende grad på Vestlandet. Energien som frigjøres ved at vann beveger seg nedover i tyngdefeltet, blir benyttet til å drive turbiner som i sin tur genererer elektrisitet. Det utbyggbare potensialet for vannkraft på Vestlandet ved dagens estimater for normalnedbør, er 86,2 TWh årlig i følge NVE. Normalproduksjonen fra utbygde kraftverk var per 31.12.2007 48,4 TWh, med 0,9 TWh under utbygging. 21,1 TWh er varig vernet mot utbygging. Figur 4-1 viser fordelingen mellom fylkene.

Vestland fylkene står for 40 prosent av den utbygde vannkraften og har 42 prosent av det som regnes som nyttbart potensial i Norge (se også Figur 3-2).

Flere eksisterende vannkraftverk er relativt gamle og etter hvert modne for oppgradering. Med forbedret teknologi for vannveier, turbiner og generatorer, vil det være et visst grunnlag for økt produksjon fra eksisterende vannkraftverk. NVE anslår det tekniske potensialet for produksjonsøkning til omkring 10 prosent av dagens produksjon, det vil si i størrelsesorden 4,8 TWh for Vestlandets vedkommende.



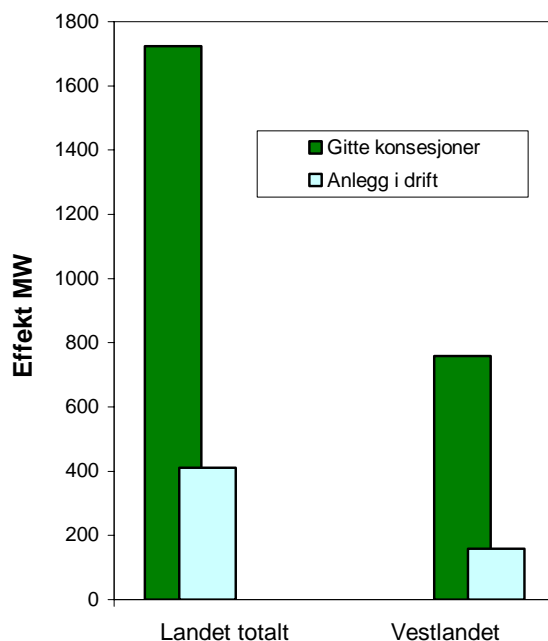
Figur 4-1 Oversikt over årlig vannkraftproduksjon i form av utbygde kraft sammenlignet med det nyttbare potensialet for vestland fylkene (Kilde: NVE).

4.2 Vindkraft

Potensialet for kraftproduksjon basert på vind er nærmest ubegrenset. Der det er vind, er det i prinsippet mulig å utnytte den til energiproduksjon. Særlig gjelder dette offshore, der vindressursene er størst og mest stabile.

Landbasert vindkraft er relativt teknologisk moden, og det er interesse for utbygging langs store deler av vestlandskysten. I følge NVE er det i dag vindkraftanlegg i drift i Norge med samlet installert effekt på vel 411 MW, og av dette har vestlandsregionen 162 MW, jf. Figur 4-2.

Figuren viser også at det er gitt konsesjoner til utbygging av vindkraftanlegg med samlet installert effekt på 1724 MW, der Vestlandets andel utgjør 758 MW. Hvorvidt dette blir realisert avhenger av ulike faktorer slik som rammebetingelser m.m.



Figur 4-2 Vindkraft: Konsesjoner tildelt og Installert effekt. Basert på tall fra NVE (aug. 2008).
Av Vestlandets anlegg i drift, er mer enn 96% lokalisert i Møre og Romsdal.

For offshorebasert vindkraft opererer NVE (2007) med et potensial på 150 TWh for Norges vedkommende. Se også kapitlene 6.4, 7.3 og 8.3.

4.3 Fossil kraftproduksjon

Norsk kraftproduksjon er fullstendig dominert av vannkraft, og det er et beskjedent bidrag av termisk kraftproduksjon. Slik kraftproduksjon er imidlertid i klar majoritet i de fleste andre land, og særlig naturgass til kraftproduksjon har blitt mer aktuelt også i den norske kraftforsyningen.

Det finnes flere teknologier for omvandling av energien i et brensel til kraft. Til lokal og distribuert produksjon av kraft og varme (kogenerering) finnes for eksempel små anlegg basert på stempelmotorer eller brenselceller. For storskala anlegg til kraftproduksjon i nettet benyttes vanligvis ulike typer turbiner.

Gasskraft

En rekke gasskraftprosjekter er lansert på Vestlandet. På Kårstø i Rogaland har Naturkraft⁷ bygget et anlegg med 430 MW installert effekt (ca. 3,5 TWh produksjonskapasitet pr. år). På grunn av høye gasspriser og lave kraftpriser har anlegget foreløpig stått store deler av tiden. Naturkraft har også fått konsesjon og utslippstillatelse til et noe mindre anlegg på Kollsnes i Hordaland, men dette er skrinlagt. Videre har StatoilHydro et gasskraftverk på 280 MW under bygging på Mongstad i Hordaland, integrert med raffineriet (jf. 7.5).

Statnett har som respons på underskuddssituasjonen i Møre og Romsdal fått konsesjon på to mindre gasskraftverk. Ett er under bygging i Nyhamna, mens det andre er på plass på Tjeldbergodden. De har installert effekt på 150 MW hver og skal fungere som reservekraft i tilfelle det er fare for rasjonering i Møre og Romsdal.

⁷ Eies av StatoilHydro og Statkraft med 50 % hver.

Statnett har også lansert muligheten for et tredje reservekraftverk som svar på kraftsituasjonen i fylket.

Utover disse prosjektene har StatoilHydro søkt om etablering av et 920 MW-anlegg på Tjeldbergodden. NVE har gitt konsesjon, men SFT har ikke gitt utslippstillatelse uten CO₂-håndtering (se også nedenfor). Det er også tvilsomt om StatoilHydro går videre med prosjektet på grunn av høye kostnader. Industrikraft Møre fikk avslag på sin konsesjonssøknad for et 450 MW-anlegg i Elnesvågen, mens BKK ennå venter på en avgjørelse på sin søknad om et 450 MW-anlegg i bergensområdet. Det er også lansert planer om et gasskraftverk i Risavika i Rogaland, men dette er foreløpig ikke offisielt meldt til myndighetene.

Kullkraft

Når det gjelder kullkraft, har to aktører meldt sine prosjekter. Haugaland kraft planlegger et kullkraftverk med effekt 400-800 MW på Karmøy eller Tysvær i Rogaland. I Husnes i Hordaland planlegger Sargas, Eramet, Tinfos og Sør-Norge Aluminium et 380 MW-anlegg. For begge disse er det lagt opp til CO₂-håndtering.

CO₂-håndtering

For konvensjonell kraftproduksjon (reservekraftverkene er unntatt) er det fra myndighetenes side lagt opp til at CO₂-håndtering er pålagt. En rekke forhold omkring kostnader, infrastruktur for transport og lagring av CO₂ og så videre er fortsatt uavklart og gjenstand for politisk debatt. utfordringene forbundet med håndtering av CO₂ anses av mange som en potensiell teknologi- og vekstnæring for Norge. Disse aspektene er nærmere belyst i kap. 5.5.

På Kårstø er planen å få på plass et pilotanlegg for CO₂-rensing i løpet av 2009, og fullskala rensing innen 2013. For Mongstads vedkommende er det i gang arbeid med et testanlegg, og et fullskala renseanlegg skal etter planen være på plass innen 2014. Diskusjonen om CO₂-håndtering har lenge vært et viktig politisk tema, og mye prestisje er knyttet til å få på plass det som av statsminister Jens Stoltenberg har blitt omtalt som en "månelanding".

For begge kullkraftverkene har tiltakshaverne lagt opp til CO₂-håndtering fra første dag. Prosjektene er imidlertid foreløpig et stykke fra en konkret beslutning om bygging.

I samband med fossil kraftproduksjon har mulighetene for å fange CO₂ fra anlegg som kombinerer bruk av fossilt og biologisk brensel, blitt lansert. På den måten kan CO₂-utslippene fra anleggene bli "negative" ved at CO₂, som er en del av det biologiske kretsløpet, tas ut og lagres.

4.4 Biomasse og avfall

Biomasse til brensel

Tradisjonell bruk av bioenergi er basert på uttak av skog brukt som ved. For Norge sett under ett opererer NVE (2003) med et potensial på 19-23 TWh bioenergi fra skogen. Basert på tall for produktivt skogareal for norske fylker⁸ anslås Vestlandets andel av dette å være 2,7 TWh, rimelig jevnt fordelt mellom fylkene, men med Rogalands skogsreserver som omkring halvparten av de andre fylkenes.

⁸ http://no.wikipedia.org/wiki/Norges_skoger

Dagens uttak er på landsbasis anslått til 7,2 TWh og Vestlandets forbruk er årlig ca. 1,9 TWh (se avsnitt 3.3). Nøyaktig hvor stor produksjonsvekst det er rom for på Vestlandet er uklart, men det kan anslås til omkring 1 TWh.

Biomasse til gass

Omdanning av biologisk materiale til brennbar gass (først og fremst metan) representerer en annen del av potensialet for bioenergi enn den tradisjonelle vedfyringen. Biogass baseres gjerne på ulike typer biologiske avfallsressurser fra husholdninger, landbruk, næringsmiddelindustri, avløp med mer. NVE (2003) anslår potensialet til 4 TWh for Norge. Her inngår også 1 TWh deponigass.

Basert på befolkningsgrunnlaget og store konsentrasjoner av husdyr særlig i Rogaland, anslås om lag 1 TWh av Norges potensial for biogassproduksjon å være tilknyttet Vestlandet.

Bioenergi til kraftproduksjon

Bioenergi og avfall vil være mest aktuelt å benytte til varmeformål, men det kan også produseres elektrisitet og varme samtidig. På denne måten kan det skaffes til veie både høyverdig energi i form av el samtidig som den mer lavverdige varmen kan benyttes til oppvarmingsformål. Slik energiproduksjon kan gi svært høy effektivitet.

NVE (2004) anslår det teknisk-økonomiske potensialet for kraftproduksjon basert på bioenergi til omkring 500 GWh for Norge. Denne energimengden kommer da i stedet for noe av varmeproduksjonen ressursgrunnlaget utgjør. Til sammenligning er det totale potensialet for biomasse til energiformål anslått til 43-47 TWh.

Avfall til energiformål

At noe betraktes som avfall kommer ofte an på øyet som ser. Ved utsortering av ulike fraksjoner kan deler av avfallet materialgjenvinnes eller forbrennes. Også restavfall kan benyttes til energiformål ved forbrenning. Hvorvidt avfallet kan betraktes som fornybart (og dermed CO₂-nøytralt) kommer an på andelen fossilt materiale som inngår.

For Norge er avfallsproduksjonen ifølge NVE anslått til 5,3 TWh (husholdningsavfall og treavfall), minus en utsortert andel på 2,0 TWh. For Vestlandets vedkommende kan i størrelsesorden 1 TWh antas å være tilgjengelig for energiformål. Det er ikke klart hvordan eventuell økt utsortering/materialgjenvinning vil slå ut med tanke på ressursgrunnlaget. Et forbud⁹ mot deponering av biologisk nedbrytbart avfall fra 2009 vil trolig også øke omfanget av avfallsforbrenning, med mulighet for varmeutnyttelse (og eventuelt noe kraftproduksjon).

4.5 Spillvarmeressurser

En rekke forbrukere av energi frigir relativt store mengder energi i form av varme som ikke blir benyttet. Dette gjelder særlig ulike typer prosessindustri. Utnyttelse av slike ressurser forutsetter at avstanden til varmekundene er rimelig kort, noe som ekskluderer bruk av noen av de største varmekildene (eksempelvis Mongstad og Kårstø).

Det er gjort få vurderinger av tilgjengelige og utnyttbare spillvarmeressurser på Vestlandet, men det er grunn til å tro at det er relativt store ressurser med en betydelig andel av Norges prosessindustri lokalisert her. I tillegg til de store forekomstene av

⁹ Motivasjonen for forbudet er reduksjon av metanutslipp fra deponier. Dette vil være et klimatiltak, siden metan er en vesentlig kraftigere klimagass enn forbrenningsproduktet CO₂. Forbudet trer i kraft fra 1. juli 2009. Les mer på http://sft.no/artikkel_42840.aspx?cid=3292.

industri med overskuddsvarme, er det også aktuelt å utnytte mindre varmekilder som lokal næringsmiddelindustri, meierier, småindustri med mer lokalisert nær bebyggelse der varmen kan få avsetning.

4.6 Grunn- og sjøvarme

Ved hjelp av varmepumper kan man hente varmeenergi fra lavtemperatur varme i berggrunn og/eller grunnvann. Brønner i fjell bores vanligvis ned til 100-180 m. Her er temperaturen stabil over hele året og denne varmekilden er dermed egnet til bruk for blant annet oppvarmingsformål.

Sjøvann er også en egnet varmekilde som er tilgjengelig nær store befolkningsskentrasjoner langs kysten. Med relativt jevn temperatur over året representerer sjøvannet et varmereservoar. Det er også mulig å bruke grunn- og sjøvarme som kilde for kjøling i sommerhalvåret.

4.7 Geotermisk energi

Geotermisk varme er tatt i bruk i områder der avstanden til varmt fjell er liten, for eksempel på Island og deler av USA. I Norge må en forholdsvis dypt for å hente ut lavtemperatur varme som kun egner seg til oppvarmingsformål. Moderne boreteknikk gjør dette mulig, men så langt har forsøk på å hente ut denne varmen ikke vært vellykket.

Det er ikke gjennomført noen systematisk kartlegging av de geotermiske ressursene i Norge. Potensialet er stort, men spredt. Det nyttbare potensialet begrenses til det en finner i geologiske formasjoner i nærheten av forbrukerne. Grove estimater antyder at utnyttbar energi ned til et dyp på 5 km utgjør et varmebidrag på 60 TWh per år for Norge i følge NVE. Det er uklart hvor mye av dette som er tilgjengelig på Vestlandet.

4.8 Bølgekraft

I havet utenfor vestlandskysten utgjør bølgeenergien i gjennomsnitt omtrent 20 kW per meter. Om en antar at 1/6 av kystlengden vil kunne bygges ut med en utnyttelsesgrad på 20 prosent, betyr det et teknisk potensial i størrelsesorden 4 TWh per år for Vestlandets vedkommende. Igjen er det ikke først og fremst det tekniske potensialet som er begrensningen, men en lav energitetthet som gir høy produksjonskostnad og store arealbeslag.

Fremdeles representerer utviklingen av bølgeenergi en relativt ung teknologi, og få prosjekter har vært gjennomført. Det realistiske potensialet når man tar hensyn til produksjonskostnader av størrelse 80-100 øre/kWh er mye lavere enn det tekniske potensialet og utgjør kanskje i størrelsesorden 200 GWh for Vestlandets vedkommende innen 2020 (OED, 1998)¹⁰.

4.9 Solenergi

Solinnstråling kan benyttes til oppvarming, dagslys eller den kan omgjøres til elektrisitet. Den årlige solinnstrålingen i Norge varierer fra ca. 700 kWh/m² i nord til vel 1 100 kWh/m² i sør. Forventet energiutbytte for solvarmeanlegg ligger i området 100 til

¹⁰ Anslaget for Norge er 0,5 TWh. Her anslås potensialet for Vestlandet til å være 40 prosent av dette.

450 kWh/m², alt etter type anlegg og hvor stor andel av varmebehovet som skal dekket med solvarme. Ved produksjon av elektrisitet benyttes solceller. De vanligst brukte solcellepanelene har typiske virkningsgrader på 12-15 prosent, det vil si at utnyttbar årlig elektrisk kraft utgjør 100-150 kWh/m², men med teknologisk utvikling går dette stadig opp.

Solenergiressursene er teoretisk sett nærmest ubegrensede, begrensningen ligger i den lave energitettheten og i muligheten for kostnadseffektiv utnyttelse av innstrålt energi. I Norge er det mest aktuelt med bruk av solenergi til oppvarming unntatt på isolerte steder der solceller kan bidra som erstatning for el fra nettet.

Solenergi bidrar i dag med anslagsvis 4,4 TWh til oppvarming av norske bygninger i fyringssesongen. Til sammenligning er bruken av el og brensel omkring 48 TWh¹¹. Dette er primært passiv solvarme, og mulighetene for å øke bidraget er betydelig. Aktiv solvarme er mindre vanlig, men er også en mulighet for å redusere fyringsbehovet gjennom tekniske og arkitektoniske grep.

4.10 Osmosekraft

Når ferskvann fra elver møter saltvannet i sjøen oppstår det et kjemisk energipotensial som kan brukes til produksjon av energi. Teoretisk kan hver kubikkmeter ferskvann som renner ut i havet, generere 0,7 kWh elektrisitet. Det teoretiske energipotensialet i Norge basert på midlere avrenning av ferskvann til havet er ifølge NVE om lag 250 TWh/år. Bare en liten del av dette potensialet kan i praksis utnyttes. For de ti største elvene i Norge er det teknisk utbyggbare potensialet grovt anslått til 25 TWh/år. Det er da lagt til grunn at det totale tapet i prosessen er om lag 60 prosent.

Med utgangspunkt i at Vestlandet står for omkring 40 prosent av Norges kraftproduksjon, kan det anslås et teknisk utbyggbart potensial på 10 TWh. Teknologien er imidlertid umoden og kostnadene ved slik kraftproduksjon er ennå relativt høye.

4.11 Thorium

Det radioaktive grunnstoffet thorium kan være en kandidat som brensel i framtidige kjernekraftreaktorer. I Vats i Nord-Rogaland er det identifisert en kilde for thorium, men i det regjeringsoppnevnte Thoriumutvalgets rapport (OED, 2008) pekes det på seks lovende lokaliteter i Norge – ingen av dem på Vestlandet. Det kan derfor synes som ressursgrunnlaget er relativt lite, men videre undersøkelser vil trolig avklare dette hvis det blir aktuelt å utnytte thorium til energiformål.

11 *Fornybar energi 2007*, utgitt av NVE, Enova, NFR og Innovasjon Norge. <http://www.fornybar.no>.

5 Grunnlag og utviklingspotensial med infrastruktur

En infrastruktur for distribusjon av nyttbare energibærere er nødvendig for å kunne ta i bruk energiressursene som finnes. Slik infrastruktur er kostbar å etablere og vedlikeholde, men er en forutsetning for å få på plass gode systemløsninger. Koblingen mellom energiproduksjon og -forbruk er avhengig av en infrastruktur, og de ulike nettene må dimensjoneres for å tåle ytre miljøbelastninger, ha tilstrekkelig overføringskapasitet og kunne levere tilfredsstillende energikvalitet. Samtidig er det store og langsiktige investeringer forbundet med utbygging av infrastruktur, og det er viktig å utvikle et totalsystem med optimalt samspill mellom de ulike energibærerne.

5.1 Kraftsystemet

Innfasing av ny kraftproduksjon som vind og småkraft og enheter for fossil kraftproduksjon basert på gass og kull, avhenger av tilstrekkelig kapasitet i el-nettet. Basert på aktuelle lokale forhold må det derfor gjøres en vurdering ved etablering av ny produksjonskapasitet. Flaskehalsen i nettet kan i enkelte tilfeller være en barriere, særlig dersom tiltakshaver må bære kostnadene ved oppgradering av nettet.

I tillegg til investeringer i fysiske anlegg som kraftledninger, transformatorstasjoner og lignende, er det store muligheter for effektivisering av kraftsektoren ved å introdusere "smarte" løsninger. I EU er teknologiplattformen *SmartGrids*¹² etablert som et middel for å samkjøre produksjon og forbruk av energi, utnytte effektkapasiteten bedre og totalt sett forbedre effektivitet og legge til rette for ny, distribuert energiproduksjon. Informasjonsutveksling vil være en sentral del av framtidens smarte energisystem (jf. 5.4).

Elektrisitetsnettet

Elektrisitetsnettet er den dominerende infrastrukturen og har utbredelse i så godt som hele landet. Det stilles spesielle krav til leveringssikkerhet når det gjelder elektrisk energi, siden produksjon og forbruk av el skjer samtidig. Blant annet skal tid med utfall i nettet minimeres og energien skal leveres med gitt spenningskvalitet.

Framover viser Statnett særlig til to store prosjekter for kraftoverføring på Vestlandet. For å avhjelpe underskuddssituasjonen i Møre og Romsdal er det søkt om etablering av en ny forbindelse mellom Ørskog på Sunnmøre og Fardal i Sogn. Tilsvarende er det søkt om etablering av en ny kraftledning mellom Sima i Hardanger og Samnanger nær Bergen. I begge tilfellene er det faren for kritisk underdekning som er grunnlag for prosjektene. Økt kraftbehov innenfor industrien (primært petroleumsnæringen, både på land og offshore) er den viktigste årsaken til situasjonen som har oppstått.

Generelt vil også bosettingsmønster og mer generell samfunnsutvikling påvirke behovet for utbygginger og oppgraderinger i nettet.

Når det gjelder vindkraft, er mulighetene for avsetning av kraft fra omsøkte vindkraftprosjekter varierende. Annen, konkurrerende kraftproduksjon kan bidra til at enkelte vindkraftprosjekter får dårlig lønnsomhet dersom det kreves investeringer i ny overføringskapasitet. Tilsvarende situasjoner kan oppstå når det gjelder småkraft i svake deler av nettet.

¹² Les mer på <http://www.smartgrids.eu/>.

Eksport av elektrisitet

Elkraftsystemene i Europa er i utvikling og det forventes betydelige endringer i de nærmeste tiår både når det gjelder produksjon (nye energikilder), nett (overføringskapasitet) og markedsforhold (Bjørndalen et al 2007). Ideen om et supernetverk forutsetter et omfattende nett av likestrømsforbindelser i Europa og karakteriseres ved en forventet økt integrasjon av kraftsystemene i et felles europeisk kraftmarked.

Det norske kraftsystemet er svært fleksibelt. Både kraftproduksjon og forbruk i Norge er vant med store fluktuasjoner og kostnadene med slike fluktuasjoner er mindre i Norge enn i de fleste av våre naboland. Vi har samtidig god tilgang på miljøvennlig energi i Norge med potensielle vindressurser og økt effekt i vannkraftsystemet.

En ser derfor for seg en utvikling der vårt kraftsystem kan spille en viktig rolle med tanke på reduksjon av utslipp av klimagasser internasjonalt og samtidig øke lønnsomheten i norsk energisektor, noe som kan oppnås med økt energiutveksling med utlandet.

Området Rogaland / Agder er knutepunkt når det gjelder utveksling av elektrisitet til og fra kontinentet. Med overføringskapasitet til Danmark og den nylig etablerte 700 MW sjøkabelen mellom Norge og Nederland (*NorNed*) via Feda i Kvinesdal, er total overføringskapasitet til utlandet ca. 5000 MW. Det er også planer om ytterligere utbygging av sjøkabler til Storbritannia og Tyskland.

Med slik økende kapasitet for kraftutveksling med Europa, åpner mulighetene seg for at Norge i større grad kan bli såkalt *svingprodusent* (jf. 8.2) Det innebærer at deler av svingningene i det europeiske kraftforbruket dekkes av norsk vannkraft, som er enkel å regulere i effekt.

For å oppnå produksjonsvolum som kan muliggjøre økt eksport, kartlegges nå norske vannkraftverk med mulighet for effektutvidelse ved s.k. *effektkjøring*. Dette kan oppnås blant annet ved utbygging av kapasitet for å pumpe vann tilbake i magasinene ved lavt forbruk og lav pris (pumpekraft). Blåsjømagasinet i Ryfylkeheiene / Rogaland kan utnytte pumpekraft i et anlegg med 640 MW installert effekt. Et tilsvarende eksempel er Sira-Kvina kraftverk på Tonstad i Sirdal, som planlegges oppgradert med pumpekapasitet. Det vil trolig være et betydelig behov for oppgradering av nettet dersom effektkjøring av norsk vannkraft blir mer utbredt.

I tillegg til land med behov for svingkapasitet, har et stort marked som Storbritannia forpliktet seg til å øke innslaget av fornybar energi, og kan dermed også vise seg etter hvert å ha stort behov for og vilje til å kjøpe vannkraft fra Norge.

Elektrisitet fra vindkraft

Økt behov for balanseregulering på kontinentet, vil kunne øke verdien av fleksibel norsk vannkraft som igjen kan frigjøres ved å ta i bruk noe av potensialet i offshore vindkraft. Begrensningene med hensyn på å utnytte dette potensialet ligger i behovet for økt overføringskapasitet og de tekniske / miljømessige problemene knyttet til realisering av så vel vindmølle- som nettutbygging på fastlandet. Infrastrukturen vil være befattet med omfattende investeringsbehov, inkludert avanserte systemer for overvåking og kontroll av store offshorebaserte vindanlegg, samspill mellom de offshorebaserte vindkraftsystemene og de etablerte kraftsystemene på land samt organisering av handel mellom en rekke aktører.

På den annen side vil det norske kraftsystemet, med stor kapasitet av raskt regulerbar vannkraft, være mer mottakelig for storskala vindkraftproduksjon enn tilfellet er i land med hovedsakelig termisk produsert elektrisitet.

Elektrisitet til norsk kontinentalsokkel

Såkalt elektrifisering av den norske petroleumsaktiviteten på sokkelen, åpner for reduserte klimautslipp fra mange små og ineffektive gasskraftverk på plattformene ved å forsyne installasjonene med kraft fra land. Dersom dette skal realiseres i stor skala, vil det kreve betydelige investeringer i overføringskapasitet både på land og i sjøkabler. For nye feltutbygginger, spesielt de i rimelig avstand til land, blir slik kraftforsyning vurdert i konseptstudier, men for allerede utbygde felt er det faktorer som gjenværende levetid og store kostnader ved omformerstasjoner og ombygginger på plattformene som gjør slike løsninger lite økonomiske. Sokkelinstallasjonene krever store mengder energi, og reell tilgang på "ren" fastlandskraft - som ikke utløser behov for økt import av "kullkraft" - er også et element å ta med i slike betraktninger.

Krafteksport i form av industriprodukter

Eksport av elektrisk energi er relativt kostbart sammenlignet med transport av for eksempel naturgass i rør. Et alternativ til eksport av kraften kan imidlertid være eksport av bearbejdede industriprodukter.

Norge som industrinasjon ble langt på vei skapt ved å bruke energi fra vannkraft til å framstille energiintensive produkter. Fabrikker ble lagt nær kraftverkene fordi det var enklere og billigere å frakte produktene (som aluminium og ferrosilicium) enn energien. Langsiktige og prisgunstige kraftkontrakter for den kraftkrevende industrien har også lagt til rette for at en betydelig del av den norske vannkraften har blitt eksportert indirekte i form av industriprodukter. Etter hvert som mange av disse kontraktene nå nærmer seg slutten, har behovet for et nytt "industrikraftregime" meldt seg. Det eksisterende regimet har hatt en lang historie, og er en av grunnene til at vi har betydelig industri i Norge selv om vi ikke er konkurransedyktige på lønnskostnader.

Et nytt industrikraftregime må innføres i tråd med EUs regler for konkurranse, og overvåkningsorganet ESA har vært skeptisk til at det innføres regler som gir norske industribedrifter bedre betingelser enn ellers i Europa. Norske myndigheter har kommet med en plan¹³ som foreløpig ikke er behandlet av ESA, og situasjonen er ennå uavklart.

For at krafteksport i form av industrivarer skal kunne skje i stor stil, for eksempel basert på ny vindkraft, er det en rekke andre aspekter som også må avklares. I tillegg til kraftkostnadene, kan elementer som utslipp av klimagasser eller andre negative miljøeffekter ved produksjonen av produktene og utslipp forbundet med transport av de ferdige produktene, inngå. Dette må dermed avklares med hensyn til blant annet framtidige internasjonale klimaavtaler.

5.2 Distribusjon av varme

Infrastruktur for fjernvarme er svært vanlig i en rekke europeiske land, og har også etter hvert blitt mer vanlig i Norge. Fjernvarme er en infrastruktur der oppvarmet vann distribueres i rør. Oppvarming av vannet kan baseres på ulike energiresurser. En vesentlig fordel med fjernvarme er at det blir mulig å utnytte energiresurser som ellers har liten eller ingen verdi. Eksempler på dette er varme fra avfallsforbrenning, overskytende trevirke fra skogsdrift (flis, hogstavfall etc.) og spillvarme fra industri.

For å stimulere til utbygging og bruk av fjernvarme i Norge disponerer statsforetaket Enova, underlagt Olje- og energidepartementet, ulike støtteordninger. Gjennom programmene *Fjernvarme infrastruktur* og *Fjernvarme nyetablering* gis det støtte til

¹³ <http://www.dagsavisen.no/innenriks/article335017.ece>

aktører som ønsker å etablere infrastruktur for fjernvarme og tilhørende fornybar energiproduksjon. Fjernkjøling og konvertering av eksisterende varmesentraler til fornybar grunnlastproduksjon er også omfattet. Programmet *Lokale energisentraler* omfatter støtte til aktører som ønsker å etablere ny varmeproduksjon basert på fornybar energi.

Enovas støtte til infrastruktur gis som investeringsstøtte, etter gitte krav til dokumentasjon av avkastning og konkurransesituasjon. Ordningene skal kompensere for manglende lønnsomhet, det vil si utløse infrastrukturprosjekter som ikke er lønnsomme i utgangspunktet.

De første fjernvarmeanleggene i Norge ble etablert tidlig på 1980-tallet for å gjøre nytte av overskuddsvarme fra de store avfallsforbrenningsanleggene som ble etablert i Oslo og Trondheim. Det er nå etablert fjernvarmeanlegg i en del større byer og tettsteder der det ligger til rette for utnyttelse av lokale energiresurser.

En forutsetning for å ta i bruk fjernvarme er bruk av vannbåren varme i bygg. Tett bebyggelse innenfor et relativt begrenset geografisk område bidrar dessuten til å forsvare de relativt høye investeringene som er forbundet med fjernvarme. For å sikre konsesjonshavers kundegrunnlag kan kommunene kreve tilknytningsplikt for alle utbyggere innenfor fjernvarmenettets konsesjonsområde etter Plan- og bygningsloven.

Det er primært i byer og tettsteder det er aktuelt å etablere fjernvarme, og på Vestlandet er det gitt konsesjon til drift av anlegg på Nord-Jæren, i Haugesund, Bergen, Førde, Vågsøy, Molde, Ulstein, Averøy og Sunndal. Total installert effekt er i følge NVE 360 MW.

Det kan også nevnes at det i samband med fjernvarmedistribusjon også kan leveres kjøling. En slik distribusjon kan redusere bruken av elektrisitet til kjølemaskiner i blant annet sykehus og næringsbygg, og baseres ofte på varmeveksling med sjøvann.

Sammenlignet med elektrisk oppvarming er kostnadene ved etablering av vannbåren varme og distribusjon i fjernvarmesystemer typisk høyere ved installasjon, men lavere i driftsfasen. Gode offentlige støtteordninger for etablering av infrastrukturen er derfor avgjørende for at en rekke prosjekter skal kunne realiseres.

5.3 Distribusjon av gass

Tilgang på gass er av avgjørende betydning for lokaliseringen av de store gasskraftverkene som er etablert eller planlagt. Når det gjelder lokal, distribuert kraftproduksjon, kombinert med varmeutnyttelse, kreves en infrastruktur for transport av gassen nær forbrukerne. Dette gjelder også ved direkte bruk av gass til oppvarming.

Som for annen infrastruktur, er etablering av infrastruktur for gass kostbart, og det kreves et visst kundegrunnlag for å få lønnsomhet i investeringene.

Bruken av naturgass på Vestlandet er primært konsentrert omkring ilandføringsstedene fra sokkelen. Tjeldbergodden, Kollsnes og Kårstø er utgangspunkt for industriens gassforbruk. I tillegg finnes et visst distribusjonssystem til andre kunder, men sammenlignet med andre land i Europa er dette beskjedent de fleste steder på Vestlandet.

Rørdistribusjon av naturgass finnes i Haugesundsområdet og Stavanger-regionen. I begge tilfeller er prosessanlegget på Kårstø utgangspunkt for forsyningen.

I 2004 åpnet Lyse Gass sin Rogassledning mellom Kårstø og Nord-Jæren med årlig transportkapasitet for gass tilsvarende hele 16 TWh. Distribusjonsnettet består av 47 km høytrykks sjørør og 400 km lavtrykks landrør som i 2006 leverte 420 GWh naturgass til Lyses kunder (Lyse Elnett, 2007). Dette utnytter knapt 5 prosent av kapasiteten i Rogassrøret, som også skal forsyne gass til Lyses LNG-fabrikk i Risavika og et eventuelt gasskraftverk samme sted.

På Haugalandet eier og driver Gasnor et ca. 100 km langt gassrørnett (2006), og det ble i 2005 omsatt gass tilsvarende en energimengde på 450 GWh. Kundene er primært industribedrifter, men også nærings- og boligbygg er tilknyttet.

På Møre er det planer om rørdistribusjon av naturgass basert på Ormen Lange-anlegget på Aukra og til gasskraftverket på Mongstad vil det bygges en rørledning fra Kollsnes.

Øvrig bruk av naturgass er basert på CNG¹⁴/LNG¹⁵-distribusjon. Flere steder langs kysten er det etablert infrastruktur basert på at naturgass leveres med båt eller tankbil. Kundene er først og fremst industri, bolig- / næringsbygg med fyrkjel, og transportsektoren. I den siste kategorien kommer et betydelig bruksområde i form av busser og ikke minst ferjer som drives av naturgass.

Med infrastruktur for naturgass på plass vil det være mulig å mate inn biogass, produsert for eksempel fra avfall, husdyrgjødsel og kloakk. På denne måten kan andelen fornybar, klimanøytral energi økes samtidig som lokale energiresurser utnyttes.

5.4 Smarte energisystemer

En trend som kan ha stor påvirkning på rammebetingelsene for fornybar energi, er utviklingen av teknologi for distribuert produksjon av kraft og varme i små anlegg, og utviklingen av rammebetingelser for nettilknytting av slike anlegg. Dersom mindre anlegg skal stå for en vesentlig andel av kraftproduksjonen, vil det være behov for utvikling av ny teknologi også for kommunikasjon med anleggene og styring av dem. Minst like viktig vil regelverket for hva det koster å knytte anleggene til nettet og hvordan de kan omsette produksjonen, være. En utvikling i denne retningen vil trolig forutsette bevisste valg for utviklingen av infrastruktur for overføring av kraft. Regionen har et sammensatt ressursgrunnlag for distribuert produksjon av ulike energiformer, og modeller og styringssystemer som kan samkjøre ulike energisystemer på optimal måte, kan være et satsingsområde.

5.5 Håndtering av CO₂

Utfordringen med CO₂ som vi står overfor, er hvordan vi skal bidra til utnyttelse av fossile brennstoffer på en mest mulig skånsom måte, dvs. hvordan få tatt hånd om den CO₂ som naturlig oppstår ved forbrenning av energirike organiske stoffer som olje, gass og kull. Utfordringen omtales ofte som CO₂-håndtering og omfatter kjeden fra og med utskilling eller isolering av CO₂ til og med deponering av CO₂, også kalt CCS (Carbon Capture and Storage). I tillegg til å lagre CO₂, kan der også ligge muligheter i kommersiell avsetning eller utnyttelse av CO₂. Elementene i CO₂-kjeden omtales kort nedenfor.

Utskilling og isolering av CO₂

Det finnes en rekke løsninger for å fange CO₂ og flere er under utvikling. De krever alle store investeringer og teknologiene har bare vært utprøvd i liten skala. Anleggene som nå planlegges for gasskraftverkene i Norge, er 10-20 ganger større enn de som er bygget til nå. All erfaring tilsier at et så stort sprang i størrelse på et prosessanlegg, skaper utfordringer og tar tid å løse.

14 *Compressed Natural Gas* – naturgass under trykk.

15 *Liquefied Natural Gas* – naturgass gjort flytende ved nedkjøling.

I dag snakker en om tre prinsipielt forskjellige måter for fangst av CO₂ (se vedlegg 2). Alle disse krever store investeringer i anlegg og opptil 40 prosent ekstra brensel og energi for å kunne fange 90 prosent av den CO₂ som utvikles ved kraftproduksjon¹⁶. Dette har stor negativ innvirkning på et kraftverks virkningsgrad og øker kostnadene for kraftproduksjon med 20-85 prosent, det vil si en betydelig økonomisk utfordring.

I hele den industrialiserte verden arbeides det med å utvikle CO₂-fangstmetoder som er mer effektive og ikke minst billigere enn dagens løsninger. Det er derfor anledning å stille spørsmål ved om utskilling ("CO₂-rensing") er et område der Norge har noen fortrinn for å ta en ledende rolle, jf. 7.5 og 8.4.

Transport av CO₂

Etter at CO₂ er skilt ut, må det fraktes enten til et egnet sted for langtidslagring eller til et brukssted der CO₂ kan gjøre nytte som innsatsfaktor. Transporten kan skje i rør eller med skip og er det elementet i CO₂-kjeden som er minst komplisert, både når det gjelder teknologi og mulighetene til å vurdere realistiske kostnader. Like fullt er transportleddet både energikrevende og kostbart. Infrastrukturen er et avgjørende element i verdikjeden som industrien selv er nølende med å legge store ressurser ned i, og det er dermed trolig nødvendig med offentlige investeringer for i det hele tatt å få på plass fossil kraftproduksjon med CO₂-fangst.

Rørledninger for transport av store volum naturgass, er kjent teknologi. Men en har ikke erfaring med transport av store mengder CO₂ gjennom rør over stor avstand på havbunnen. Transport av CO₂ i skip er mer krevende enn transport i rør siden gassen må gjøres flytende ved kombinasjon av høyt trykk og nedkjøling for å komme til et håndterlig volum.

Hvilken transportmetode som er aktuell, er avhengig av mengden av CO₂ og hvor den skal flyttes. For transport fra et stort gasskraftverk og med dagens teknologi, vurderes transport i rør som det enkleste og mest kostnadseffektive alternativet.

Gassco har satt i verk utredningsarbeid for transport- og lagringssystem for CO₂ fra gasskraftverket på Kårstø og det planlagte energiverket på Mongstad. Designgrunnet for CO₂-røret fra Kårstø skal låses i desember i 2008.

Deponering av CO₂

- ▶ *Lagring i petroleumsreservoarer:* Bruk av porøse formasjoner som har inneholdt petroleum (olje / naturgass) til å holde på CO₂. Interessant fordi strukturen har hindret petroleum fra å lekke. Kan kombineres med EOR (Enhanced Oil Recovery, økt oljeutvinning).

For å finne frem til et sikkert alternativ for deponering av CO₂ fra Kårstø og Mongstad, utreder Oljedirektoratet tre mulige lagringssteder i Nordsjøen; Johansen-formasjonen vest for Bergen, og to knyttet til den såkalte Utsira-formasjonen i Sleipnerområdet. Det er iverksatt en seismisk undersøkelse for bedre kartlegging av Johansen-formasjonen.

- ▶ *Lagring i kull:* Mindre aktuelt i Norge, men CO₂ kan lagres i forekomster av kull. Kan evt. også benyttes som en metode for å øke produksjonen av metan som finnes i kullageret (Coal Bed Methane Recovery).
- ▶ *Lagring i akviferer (vannførende geologisk struktur):* Lagring i porøse bergarter under et dekke av en tett bergart, slik at gassen ikke siver opp til overflaten. CO₂

¹⁶ www.regjeringen.no/nb/dep/oed/tema/CO2.html

løser seg i vannet som finnes i akviferen og er dermed kjemisk bundet. Metode for geologisk lagring uten andre effekter/produkter.

- ▶ *Lagring i havet:* Absorpsjon av CO₂ i havet, men trolig ikke lang nok oppholdstid til å kunne betraktes som lagring. Vanligvis ikke betraktet som en løsning som kvalifiserer for å være permanent lagring av CO₂.

Anvendelse av CO₂

- ▶ *CO₂ for EOR:* CO₂ kan benyttes i stedet for vann og naturgass som trykkstøtte for å få ut mer olje av feltene. Alternativt kan metoden benyttes for økt gassutvinning (EGR – Enhanced Gas Recovery).
- ▶ *Binding i mineraler:* CO₂ kan las reagere med ulike mineraler (metalloksider) for dannelse av karbonater. Disse nye forbindelsene kan ha ulike anvendelser eller bare fungere som et lager for CO₂.
- ▶ *CO₂ for økt plantevekst:* CO₂ er et næringsstoff for planter (inngår i fotosyntesen). Økt verdiskaping i veksthus og evt. til algeproduksjon. Kan ikke betraktes som permanent lagring av CO₂, siden karbonet ender opp i biosfæren og inngår i karbonkretsløpet.

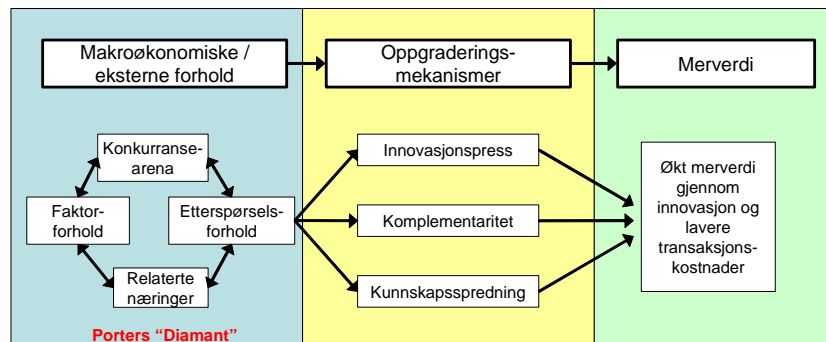
Se også kap. 8.4.

6 Mekanismer og interessenter

6.1 Næringsklynger og kunnskapsnav

Næringsklynger

En næringsklynge kan defineres som en geografisk konsentrasjon av relaterte bedrifter, virksomheter og institusjoner (Porter, 1998). Klynger stimulerer til en selvdreven næringsdynamikk som gir opphav til innovasjoner og oppgradering av kompetansemiljøene. Nærhet til krevende kunder, lokal konkurranse, samarbeid mellom bedriftene i regionen og et godt regionalt faktorgrunnlag (se nedenfor) henger nært sammen med innovasjon og vekst.



Figur 6-1 – Porters "diamant" og oppgraderingsmekanismer (jf. Reve & Jakobsen 2003)

Innovasjonspress, Konkurranse og Krevende kunder

Porters studier av næringers konkurransedyktighet (Porter 1990) påviste betydningen av *nærhet til krevende kunder*. Kunder som stiller krav om ny funksjonalitet, hurtighet og fleksibilitet – til konkurransedyktige priser – gir innovasjonsimpulser til sine leverandører. Lokalisering nær kundene gir hyppig "ansikt-til-ansikt"-kommunikasjon, noe som gjør kommunikasjonen rik og nyansert. Porter påpekte også effekten av *konkurranse*; Når man må kjempe om kundenes gunst, er viljen til å strekke seg litt lenger hele tiden til stede.

Kombinasjonen av disse to faktorene – krevende kunder og rivalisering – gir opphav til lokalt innovasjonspress.

I regioner der den lokale konkurranseintensiteten er størst, samarbeider bedrifter mer med hverandre enn de gjør i regioner der konkurransen er liten. Konkurranse og samarbeid mellom aktørene i en klynge vil generere økt kompetanse gjennom rivalisering og gjensidig kunnskapsutveksling.

Empiriske studier av næringsklynger (Reve & Jakobsen, 2003) viser at bedrifter som tilhører sterke næringsklynger, har høyere verdiskaping, høyere vekst og høyere lønnsnivå enn bedrifter som ikke er del av næringsklynger. Samtidig er innovasjonsgraden høy og ikke minst evnen til å kommersialisere innovasjoner. Det betyr at næringsklynger har høy omstillingsevne, noe som er avgjørende for fremtidig næringsstruktur.

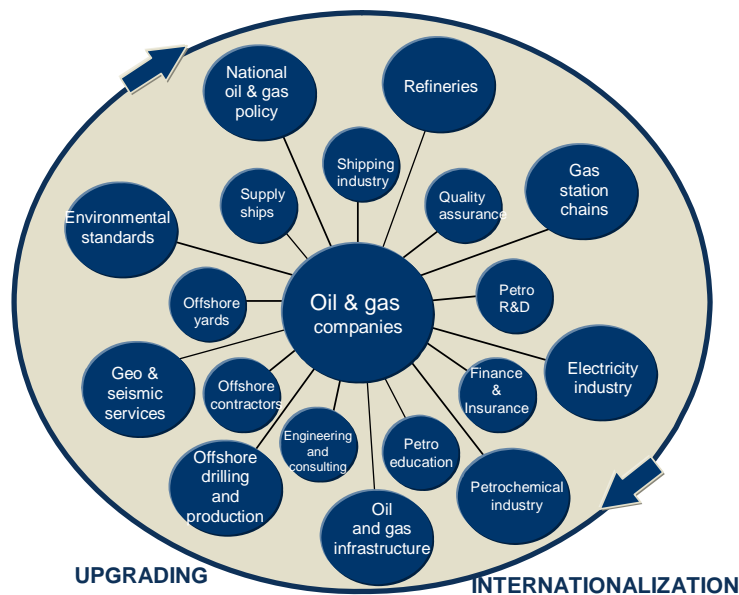
Derimot er det vanskelig å påvise noen empirisk sammenheng mellom næringsklynger og lønnsomhet. Hard konkurranse og krevende kunder kan drive ned den kortsiktige lønnsomheten, samtidig som leverandørindustrien og arbeidskraften tar en større andel av verdiskapingen. Bedriftene vil likevel velge å lokalisere sin virksomhet til dynamiske næringsklynger for å dra nytte av lærings- og kompetansemiljøet her. Olje- og gassklynger i Rogaland, og de maritime næringsklyngene i Hordaland og Møre og

Romsdal er gode eksempler på dette. Testen er at også utenlandske selskaper velger å lokalisere sine kunnskapsfunksjoner til slike næringsmiljøer.

Faktorforhold gjelder faktorer som arbeidskraft, kapital, infrastruktur, underleveranser samt god tilgang til kompetansemiljø og undervisning. Dette understreker betydningen av gode skoler og universiteter og det offentliges rolle som investor i infrastruktur. Det norske virkemiddelapparatet har en viktig rolle som kobler mellom entreprenører og kapital.

Komplementaritet tar utgangspunkt i at regionale næringsklynger gir bedriftene tilgang til et bredt spekter av felles ressurser. Når klyngen består av mange bedrifter, oppnås fallende enhetskostnader. Det må altså eksistere en kritisk masse av bedrifter for at denne gevinsten utløses. Alle bedrifter vil ha fordel av et godt utbygd vei- og kommunikasjonssystem, et sterkt forskingsmiljø osv. Denne mekanismen vil gi virksomhetene større effektivitet og lavere kostnader.

Kunnskapsspredning skjer ved kommunikasjon gjennom formelle og uformelle kanaler. Dette fører til oppgradering i klynger fordi ny kunnskap og nye ideer får grobunn i komplementære kunnskapsmiljøer. Der er både formelle og uformelle koblinger. Markedskoblinger (kjøper/selger relasjoner) og joint ventures er eksempler på formelle koblinger. Kollegaer og kjente som møtes i jobb og fritid samt jobbskifter, er eksempler på uformelle koblinger som medfører kunnskapsspredning. Typisk for Vestlandets sterke petroleums-klynge er at der er mange koblinger mellom aktørene og rask informasjonsspredning på grunn av korte geografiske og forretningsmessige avstander.



Figur 6-2 – Den norske petroleums-klyngen (jf. Reve 2003)

Kunnskapsnav

Flere svært vellykkete næringsklynger har vokst fram i nærheten av sterke universitets- og forskningsmiljøer. Dette skjer typisk i utviklingen av nye, kunnskapsintensive næringer som IT hardware og software (Silicon Valley), bioteknologi (Boston og Medicon Valley i Øresundsregionen). Ideen om kunnskapsnav springer dels ut av slike observasjoner, dels ut fra forventninger om at alle næringer blir mer kunnskapstunge og at universitets- og forskningsmiljøene i større grad definerer seg som aktive deltakere i regionale og internasjonale innovasjonssystemer.

Kunnskapsnav oppstår når universiteter, forskningsinstitusjoner og industri har tette koblinger i nettverk med utstrakt kunnskapsoverføring. Kunnskapsnavene tiltrekker seg venture-kapitalister (aktive eiere) og gjør oppstartsprosessen av entreprenørvirksomheter, med gründere fra universitetsmiljø, raskere. Sentra for fremragende forskning vil lettere oppstå der det er et sterkt kunnskapsnav. Begrepet kunnskapsnav retter et enda sterkere fokus på betydningen av politisk vilje for å øke kunnskap og innovasjonsevne i skoler, universitet og forskningsinstitusjoner (Reve, 2008).

Den maritime klyngen er et eksempel på globalt kunnskapsnav i Norge, et annet er petroleumsklyngen. Spørsmålet er om Norge vil greie å bli et like sterkt senter for fornybar energi? Norge var og er gode på vannkraft, selv om ikke denne industrien har det samme fokus som andre fornybare kilder.

Det er mulig å legge bedre til rette for rammebetingelser som sikrer kompetanseoppbygging innen fornybar og renere energi, noe som i stor grad er et statlig ansvar. En kan også tenke seg spesielle regionale ordninger, som for eksempel egne utviklingsfond og finansieringsordninger. Men også her er det de kommersielle betingelsene som i stor grad vil bestemme utviklingen; kompetansen vil bli gjort tilgjengelig dersom virksomheter ser potensial i å ta fatt i mulighetene og skape et marked.

6.2 Næringsliv; industri- og leverandørmiljøer

Vestlandet er en stor produsent av vannkraft og produserer vel 40 prosent av Norges elektrisitet fra vannkraft. Det finnes mye god vannkraftkompetanse i regionen og det satses også friskt på videre utnyttelse av denne (jf. 8.2). Som følge av disse naturgitte vannkraftressursene, er også mye kraftkrevende industri i regionen bygd opp rundt tilgang på rimelig kraft. Mye av denne industrien som ble etablert rundt og etter forrige århundreskifte, er fortsatt i full drift, mens andre er lagt ned eller har lagt om produksjonen. Ett eksempel på avvikling fulgt av ny virksomhet er Hydros aluminiumsfabrikk i Årdal i Sogn som nå er etterfulgt av en solcellefabrikk for selskapet NorSun. Solcelleteknologi er en ny og innovativ industri i Norge, og selv om bruken av sol som energikilde er beskjeden her, vil sol være en stadig viktigere energikilde på verdensbasis. Eksport av solcelleteknologi er et satsingsområde som Norge kan bli gode på, slik Danmark er blitt på vindmøllateknologi og eksport av denne.

Alle fylkene i regionen har bygd opp industri og kompetanse knyttet til olje- og gassnæringen, og et viktig fokusområde for denne sektoren er fangst og lagring av CO₂, samt at det er viktig å forsyne flere installasjoner i Nordsjøen med elektrisitet.

Vestlandet har også en stor og aktiv maritim industri, fra skipsdesign og konstruksjon til ulik rederivirksomhet. Erfaring både fra oljebransjen og maritim industri er interessant for videreutvikling av fornybar energi, og initiativene innen bølgekraft og offshore vind har sitt utspring i kompetanse fra disse næringene. I Møre og Romsdal anser en den maritime klyngen som et startpunkt for offshore vindmøller.

Vestlandet ser et stort potensial for videre utbygging innen vind. Møre og Romsdal er det eneste fylket som pr. i dag har i drift en vindpark av en viss størrelse (Smøla, installert effekt 150 MW). I tillegg har fylket innvilget konsesjoner på vindkraftutbygging

med effekt på til sammen 416 MW, deriblant Havsul I-prosjektet som er en havvindmøllerpark vest av Sandøy med en effekt på 350 MW (jf. 7.3).

Langs vestlandskysten ligger flere ilandføringsanlegg for gass, noe som åpner muligheter for produksjon av elektrisitet fra gasskraftverk. Kraftverket på Kårstø i Rogaland er allerede åpnet og klar til produksjon, men er ikke i drift fordi strømmen derfra ikke kan konkurrere på pris med vannkraft. På Kårstø er målsetningen å ha på plass CO₂-fangst innen 2014, mens CO₂-håndtering ved gasskraftverket på Mongstad ble lansert som regjeringens "månelandingsprosjekt" (jf. 7.5 og 8.4).

Møre og Romsdal har underskudd på energi og Statnett har etablert et gasskraftverk som skal fungere som backup i tilfelle kritiske situasjoner. I tillegg er det søkt om konsesjon for å bygge gasskraftverk på Tjeldbergodden, men så langt uten positiv innstilling fra SFT fordi det i første omgang var planlagt å bygges uten CO₂-fangst.

Industrielle aktører i Rogaland og Hordaland som har planer om kullkraftverk med CO₂-fangst, er Sør-Norge Aluminium (Husnes) og Haugaland Kraft (Tysvær eller Karmøy).

Felles for de mye omtalte og kostbare anleggene for CO₂-utskilling ved kraftverkene på Kårstø og Mongstad, er at der ikke er avklart hva som skal skje med den CO₂ som kommer ut av prosessen.

6.3 Bruk av rammebetingelser i andre europeiske land

Subsidier og støtteordninger er det mest kritiske for å akselerere utvikling av teknologi for og bruk av ny energiformer. I andre land med suksess på dette området, er det slike incentiver som har vært utløsende og utslagsgivende. Dette gjelder for eksempel ved satsingen på solcelleenergi i Tyskland og vindmøller i Danmark. Dette er et område som ligger under statlige myndigheter, inkludert begrensingene gjennom EØS-avtalen for støttesatser og hva som kan støttes.

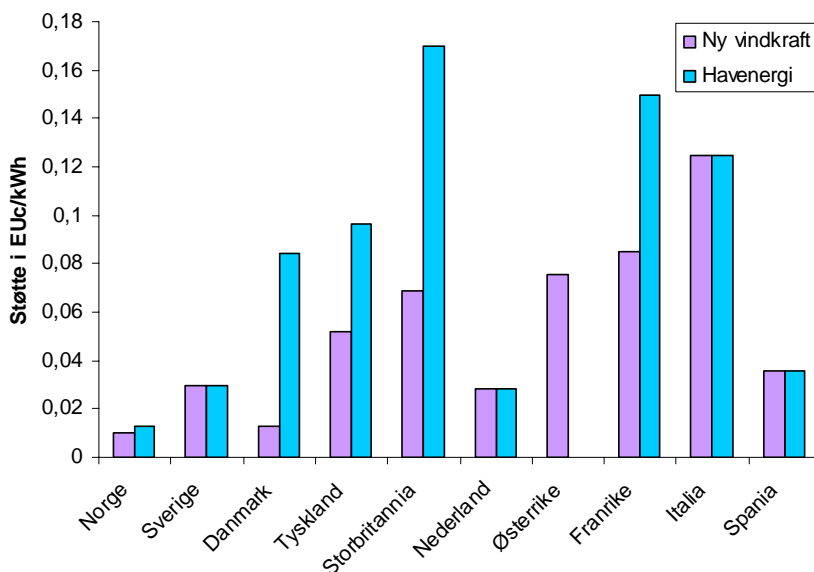
Et av de landene som har størst aktivitet innen FoU på fornybar energi, er Tyskland, og årsaken er de svært gode rammebetingelser nettopp for å fremme satsing på fornybare energiformer.

En del av landene i EU har støtteordninger i form av fornybar energisertifikater, såkalte grønne sertifikater. Det betyr at aktører som selger til sluttkunde, må selge en viss andel fornybar energi, som igjen bestemmes ut fra nasjonale mål om tilvekst av fornybar energi. Både Sverige og Storbritannia har slike sertifikatordninger.

Innmatingstariff¹⁷ er en annen støtteordning som myndighetenes bruker for å øke produksjonen av fornybar energi, og da gis det støtte til ny produksjonskapasitet fra fornybar energi med en fast pris energi levert på nettet. Land som har slike ordninger er blant annet Tyskland, Spania og Danmark.

Virkemiddelbruken varierer fra land til land og det er derfor vanskelig å sammenligne støtteordningene direkte. Figur 6-3 er et forsøk på å vise forskjellen i støtteordninger

17 Innmatingstariff eller Feed in-tariff: Økonomisk støtte for "grønn" energi som leveres på nettet. Et statlig incitament for å øke produksjon og tilslutning til bruk av fornybar energi. Oppgis ofte i øre eller eurocent pr kilowattime.



Figur 6-3 Støtte til ny vindkraft og havenergi. Tall for EU-land basert på rapport 2008-066 - *Støtteordninger for fornybar energi i Europa* (Econ Pöyry 2008). Noen land bruker innmatingstariff mens andre har sertifikatordninger. Tall for Norge er basert på St.meld. nr. 11 (2006-2007)¹⁸.

I Tyskland er innmatingstariffen på 50-73 øre/kWh mens den i Norge er 8 øre/kWh. Mange prosjekter som i Norge har fått konsesjon, blir ikke bygget fordi støtten er for dårlig. Dette gjør at blant annet Statkraft velger å investere i vindkraft utenfor Norge.

Det er stadig prosjekter som flyttes ut av Norge fordi rammebetingelser for pilottesting, demonstrasjon og kommersialisering ikke er gode nok. For eksempel ble videreutvikling av Hammerfest Energis tidevannskraftverk flagget ut til Storbritannia fordi det der gis investeringstilskudd¹⁹. Skipsreder Fred. Olsen var misfornøyd med støtten fra norske myndigheter og flyttet sitt Buldraprojekt for bølgekraft fra Norge til Storbritannia istedenfor lokasjon utenfor Karmøy.

6.4 Regionale myndigheter

Offentlig styring skjer på flere nivå.

Kommunene er lokalsamfunnsaktører og kan være både partnere og initiativtakere i samarbeidsprosjekter med lokalt næringsliv og organisasjoner. Kommunene er blant annet ansvarlig for kommunale arealplaner, og kommunen har ulike roller og oppgaver i miljøvern, både lovpålagte og valgfrie. Dette innebærer at kommunene selv kan velge å ha en mer offensiv miljøpolitikk enn lovens minstestandard. I vindmølleeksempelet (jf. 7.3) var skepsis fra kommunenes befolkning og folkevalgte også del av årsaken til at det ble avslag i to av de tre Havsulprosjektene.

Fylkeskommunene, som er neste nivå, har ansvar for fylkesplaner som overordnede planverktøy for samfunnsutviklingen. Disse planene har, i den grad det er mulig, betydning for utviklingen av energiformer og bruk av energi. Alle de fire fylkene i vestlandsregionen har enten ferdig utarbeidede eller arbeider med planer innen klima

¹⁸ St.meld. nr. 11 (2006-2007 - støtteordningen for elektrisitetsproduksjon fra fornybare energikilder (fornybar elektrisitet) der det er foreslått 8 øre/kWh for vindkraft, og 10 øre/kWh for biokraft og umodne teknologier

¹⁹ Ref. nettstedet til Hammerfest Strøm, www.hammerfeststrom.com

og energi. Alle fylkene i regionen vil satse på klimavennlig kraft. Hordaland sier i sin fylkesdelplan for energi som går fram til 2012, at de skal ha robust og stabil energiforsyning samt at det ved ny produksjon og bruk av energi, skal tas hensyn til miljø- og arealkonflikter. Møre og Romsdal har et uttalt mål om å utvikle ny teknologi knyttet til gassutnyttning. Sogn og Fjordane erkjenner at de er et vannkraftfylke og at de har potensial til å utnytte dette gjennom mer utbygging av småkraftverk. I alle fylkesdelplaner nevnes rammevilkår og FoU som punkter for å bli bedre på fornybar energi.

Fylkeskommunene har innsigelsesmyndighet i planer som er i strid med kulturminneloven, nasjonale retningslinjer og vedtatte, godkjente fylkesplaner / fylkesdelplaner. Fylkesmannen er statens representant i fylket og er en viktig høringsinstans for utbyggingsplaner. En del småkraftentreprenører har opplevd at det er nettopp fylkesmannens miljøvernavdeling som setter foten ned for mulige utbyggingsprosjekter.

Staten er regulerende myndighet og er den instans som godkjenner fylkesplanene, og som oftest skjer det ved at de gjør merknader eller tar forbehold til enkelte punkter.

Hvordan står det så til med realismen i fylkesplanene; tegner de visjoner som er relatert til virkeligheten, eller dreier det seg også mye om innbyrdes fylkesrivalisering om storslagne målsetninger? Både kommunene og staten kan overprøve og si nei til utbyggingsplaner, betyr det at fylkeskommunen kommer i en mellom situasjon med manglende reell myndighet?

6.5 Ideelle organisasjoner (NGOs²⁰)

Miljøvernorganisasjoner er viktige stemmer i den offentlige debatten, og gir nødvendig korrektiv til industri og bestemmende myndigheter. Organisasjonenes utgangspunkt har tradisjonelt vært ytre miljø, dvs. ytre forurensing som følge av menneskers (og energiselskapers) adferd, mens fokus de siste årene i stadig større grad har vært det globale klima. I og med at klimaendringer settes i sammenheng med energibruk, har organisasjonenes aktiviteter dermed blitt mer direkte knyttet til spørsmål om utvinning og utnyttelse av ulike energiresurser.

Bellona er organisert som en stiftelse og erkjenner at "miljøorganisasjonene alene ikke kan drive frem løsningene på alle miljøutfordringene vi står overfor", og som derfor har utviklet et samarbeidsprogram med næringslivet. Bellona er en sentral røst i energi- og miljødebatten og til tross for at de søker å samarbeide, er de heller ikke redde for å gi uttrykk for meninger på tvers av industriens, noe som utsagnet etter årets oljemesse i Stavanger er et eksempel på: "Bellona utfordrer StatoilHydro og de andre fossile selskapene til å lage en plan innen neste oljemesse i Stavanger i 2010. Da bør de ha klare planer for hvordan de kan legge om til å sørge for minst 85 prosent utslippsfri energi innen 2050. Hvordan selskapene faktisk følger opp disse planene vil kunne fungere retningsgivende for investorer." (Frederic Hauge, 30/08-2008).

Bellona har ikke kontor på Vestlandet, men er minst like engasjert i energidebatten her som de andre organisasjonene. Bellona er også den mest internasjonale av de norske miljøvernorganisasjonene med kontorer både i Washington, Brussel og St. Petersburg.

Norges Naturvernforbund er en medlemsbasert organisasjon som arbeider aktivt opp mot politikere og politiske myndigheter sentralt og lokalt for å påvirke beslutningsprosesser. Organisasjonen er Norges største demokratisk styrte miljøorganisasjon basert på medlemmer og lokallag i alle landets fylker. Organisasjon har representanter i en rekke komiteer og utvalg. Energi- og klimaspørsmål er høyt på deres dagsorden.

²⁰ Non-Governmental Organisations

Natur og Ungdom er Naturvernforbundets selvstendige datterorganisasjon, med øvre aldersgrense på 25 år. Organisasjonen er en synlig aktør innen miljø både på lokalt og nasjonalt plan. Den har fokus på energi og klima og samarbeider blant annet med prosjektet Grønn Boks som er i regi av Energibedriftenes Landsforening, EBL. Natur og Ungdom har også egne undervisningsopplegg som passer inn i skolenes kompetanseplaner.

Norges Miljøvernforbund (NMF) med hovedsete i Bergen hevder at de er den mest aktive miljøvernorganisasjonen. I likhet med de andre organisasjonene er heller ikke NMF redde for å komme med kritiske kommentarer: "Oljesteiket klimamelding fra Jens Stoltenberg. Skuffende, men dessverre ikke uventet klimasvikt gir Norge klimamålingsetninger uten inndekning, sier Kurt Oddekalv, leder i Miljøvernforbundet."

Framtiden i våre hender har medlemmer og enkelte lokale avdelinger på Vestlandet, og fokuserer på spørsmål knyttet til miljø og global fordeling. Verdens Naturfond (WWF), Greenpeace og ZERO har ingen egen aktivitet på Vestlandet, men engasjerer seg like fullt i saker tilknyttet regionen. Disse er primært basert i Oslo.

6.6 Kompetansemiljøer

FoU – utdannings og forskningsinstituttsektor

SSBs tall for utdanningsinstitusjoner i Norge viser at Vestlandet har vel 20 prosent av studieplassene, hvorav Bergen og Hordaland har over halvparten og dermed utgjør det tyngste utdanningsmiljøet i regionen. Rogaland kommer på en klar andre plass med flere studieplasser enn de to nordligste fylkene i regionen til sammen.

Regionen besitter også meget god klima og miljøkompetanse med Bergensmiljøet i front med Havforskningsinstituttet, Bjerknessenteret og Christian Michelsen Research (CMR). Vestlandsavdelingen til Norsk institutt for vannforskning (NIVA) er også lokalisert i Bergen.

Det økonomiske forskningsmiljøet ved Norges Handelshøyskole (NHH), Stiftelsen for Samfunns- og Næringslivsforskning (SNF) og Universitetet i Bergen (UiB) har spilt en sentral faglig rolle i utviklingen av nye markedsformer innen energisektoren. Forarbeidene til Energiloven som la grunnlaget for deregulering av det norske kraftmarkedet, ble utført her. Disse forskningsmiljøene har også betydelig faglig aktivitet innen miljøøkonomi. NHH har blant annet nettopp ansatt en ny professor i miljøøkonomi, finansiert av Sparebanken Vests Allmenntnyttige Fond.

Av Forskningsrådets 14 sentre for forskningsdrevet innovasjon har vestlandsregionen ett senter i Bergen og byen huser også regionens fire senter for fremragende forskning, der to av disse har relevans for miljøvennlig energi.

Bergensregionen har med henblikk på det planlagte energiverket på Mongstad, foretatt en detaljert kartlegging av kompetansemiljø som kan bidra inn mot utfordringen med håndtering av CO₂. Både CMR, Høgskolen i Bergen (HiB) og UiB blir sett på som viktige aktører. Spesielt sterk er kompetansen innen langtidsdeponering av CO₂ der flere institutt ved UiB over flere år har bidratt i internasjonale fora og prosjekter.

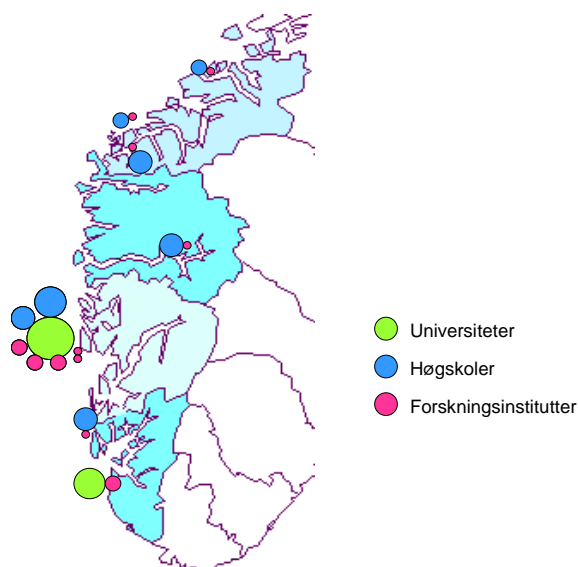
CMR har utviklet teknologi som er relevant både innen klimaforskning og olje- og gasssektoren. Gjennom datterselskapet Prototech arbeider CMR med utvikling av høytemperatur brenselcelleteknologi med henblikk på teknologiutvikling, oppskalering og kommersialisering av teknologi som kan bidra til å produsere strøm fra fossile brensel i kombinasjon med varmeutnyttelse og CO₂-fangst. Test av et demoanlegg for kombinert

strøm og hydrogenproduksjon med CO₂-fangst skjer ved Risavika Gas Centre og test av pilotanlegg for kombinert strøm og varme²¹ pågår ved BKKs fasiliteter på Kollsnes.

Stavanger regnes som Norges oljehovedstad og har sterke industri-, forsknings- og utviklingsmiljø innen petroleumssektoren. Forskningsinstituttet International Research Institute of Stavanger (IRIS) og universitet i Stavanger (UiS) har begge lang erfaring og kompetanse innen olje- og gassteknologi. I august 2008 var det klart for åpning av Risavika Gas Centre (RGC) i Sola kommune med IRIS, Lyse, Norske Shell og Statoil-Hydro som eiere. Her skjer det utvikling og testing av ny teknologi og produkter for både biogass og bærekraftig anvendelse av naturgass. Blant annet skal Aker Clean Carbon her teste sin teknologi for rensing av CO₂ fra eksos fra turbiner.

Forskningsstiftelsen Polytec i Haugesund arbeider innen fagområdene gassteknologi, energi og miljø.

Vestlandsforskning (VF) i Sogndal har gjennom flere tiår markert seg som en kompetent og anerkjent forskningsinstitusjon innenfor miljøforskning med energi og miljø som et sentralt tema. Ved Høgskulen i Sogn og Fjordane (HSF) er det en økende interesse for fornybar energi spredt på flere relevante fagområder. Ved å koordinere og utvikle disse fagmiljøene og ved å knytte til seg ressurspersoner i ledende forskningsmiljø nasjonalt og internasjonalt, kan Sogn og Fjordane skape et slagkraftig, tverrfaglig kompetansemiljø for fornybar energi. Det planlegges også et professorat innen fornybar energi, med mandat til å koordinere, veilede og initiere forskning og undervisning innen området.



Figur 6-4 Kompetansemiljø, utdannings- og instituttsektor Vestlandet. Størrelsesforhold mellom høgskoler og universitet er etter antall studenter. Størrelsesforhold på institutter er i forhold til vitenskapelige ansatte.

Møreforskning og Høgskolen i Møre og Romsdal er lokalisert i de tre byene Ålesund, Molde og Volda. Møreforskning har blant annet gjort forskning på vindkraft og samfunnskonsekvenser, og høgskolen satser på studier innen miljøvennlig energi. I tillegg er det initiert tre nye kompetansesentra på fornybar energi (Smøla, Tingvoll og Herøy).

21 Combined Heat and Power (CHP)

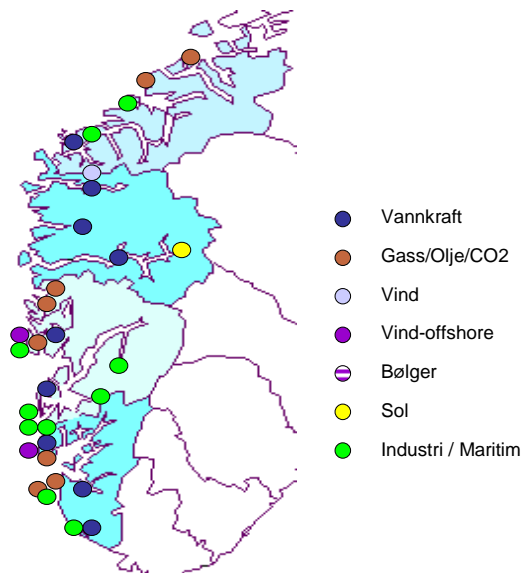
Forsknings- og kompetansemiljøene på Vestlandet søker for tiden til Forskningsrådets nye satsing på forskningssentra for miljøvennlig energi, FME, og vil også knytte universitetsstillinger opp mot disse sentrene.

Som det fremgår av Figur 6-4 er det Bergensområdet som har størst konsentrasjon innen sektoren høyere utdanning og forskningsinstitutter.

Selv om det ikke er vestlandsmiljøene som pr. i dag blir nevnt først når man snakker om fornybar energi på landsbasis, har regionen store muligheter til å bli sentral innen dette feltet. I følge statistikk fra NIFU STEP avlegges det stadig flere doktorgrader her i landet og 2007 var første år med mer enn 1000 disputaser. Av disse hadde UiB, UiS og NHH vel 23 prosent. Ser man på antall doktorgrader innen matematikk og naturvitenskap, er det over 30 prosent som er tatt ved UiB. Dette gir håp om at regionen også kan hevde seg innen feltet miljøvennlig energi.

Industrielle forsknings- og kompetansemiljøer

Innen energi finnes det i vestlandsregionen en rekke industrielle virksomheter som har forskning og utviklingsarbeid i sine organisasjoner eller som har et fagmiljø knyttet opp mot forskning og utvikling. Som formildere av ny kunnskap og teknologi er disse miljøene meget viktige. Figur 6-5 gir en oversikt over lokaliseringen av industri- og kompetansemiljøene langs Vestlandet.



Figur 6-5 Lokalisering av kompetansemiljø innen energi og relatert industri/maritim aktivitet.

De ulike kraftselskapene som tradisjonelt har hatt kraftproduksjon, kraftdistribusjon og energiomsetning basert på vannkraft som sine primærvirksomheter, vurderer nye fornybare og energieffektive løsninger. Prosjekter innen vindkraft, bølgekraft, avfallsforbrenning og bruk av energigasser til strømproduksjon, er noe som flere av disse vannkraftprodusentene nå ser på gjennom ulike samarbeidskonstellasjoner.

Kraftselskapene i de tre nordligste vestlandsfylkene har dannet selskapet Vestavind AS med vindprosjekter både på land og ute i havet. Bergenslokaliserte BKK, som er eid av Statkraft og 17 kommuner, er også en av aktørene i denne konstellasjonen.

Også Haugaland kraft og Lyse, som begge er lokalisert i Rogaland, arbeider med prosjekter innen vindkraft, bølgekraft, avfallsforbrenning og bruk av energigasser til strømproduksjon. Haugaland kraft deltar også i planer for kullkraftverk med renses-teknologi for CO₂.

StatoilHydro er et internasjonalt energiselskap med base i Norge og er den ledende operatøren på norsk kontinentalsokkel. Selskapet satser på utvikling av ny energi, både gjennom egen aktivitet og ikke minst ved investering i andre virksomheter. StatoilHydro er engasjert innen vindkraft, tidevannskraft, bølgekraft, biodrivstoff og hydrogen og energieffektive løsninger, og har et senter for fornybar energi i Porsgrunn. StatoilHydro FoUs hovedavdeling ligger i Trondheim, med aktiviteter også i Bergen og Stavanger.

Det er en stor verksindustri på Vestlandet og to store aktører knyttet til petroleum er Aibel og Aker Solutions. Begge har tunge engineeringavdelinger lokalisert på Vestlandet. Aker Solutions i Verdal i Nord-Trøndelag produserer vindmøllekomponenter til Tyskland og Nederland. Med den utbyggingen av offshore vindmøller som allerede er på gang i Nord-Europa, og gjerne også i Norge, er det ikke usannsynlig at verftene på Vestlandet også vil gå inn på slike oppdrag.

Innen den maritime industrien foregår det mye teknologiutvikling som vil kunne nyttiggjøres innen fornybar energi.

Risikokapital og aktivt eierskap er avgjørende for å bidra til utvikling og kommersialisering av ny teknologi. Hjemmesidene til Norsk Venture viser at ventureselskaper som spesialiserer seg på investeringer i olje/energi/miljøteknologi, er representert i Stavanger, Bergen og Førde. Det kan imidlertid stilles et spørsmål om hvor risikovillige disse er i forhold til fornybar energi. Flere av venturemiljøene har en betydelig investeringskapasitet, men de synes å foretrekke olje- og gasssektoren.



Figur 6-6 Tre stålunderstell på vei ut Trondheimsfjorden til Tysklands første offshore vindkraftprosjekt.
Foto: Aker Solutions.

7 Aktuelle utviklingscase

Som eksempler på energirelaterte satsinger på Vestlandet beskrives fem etableringer med forskjellige utgangspunkt og karakteristikk. Satsingene kommer fra ulike hold, har ulike formål, strategier og baseres på ulike energiråvarer, jf Tabell 7-1.

Tabell 7-1 Energiorienterte utviklingstiltak på Vestlandet

| | Hå | Utsira | Havsul | Årdal | Mongstad |
|-----------------------|-------------------------------------|------------------------------|-----------------------------------|--|--|
| Geografi | Landbruksområde, Rogaland | Øykommune, Rogaland | Øysamfunn, Møre og Romsdal | Omstillingsregion, Sogn og Fjordane | Industriområde, Hordaland |
| Råstoff | Biomasse | Vind/Hydrogen | Vind | Kvarts | Gass / CO ₂ |
| Initiativ | Regionalt næringsliv / kommuner | Energiselskap | Gründere | Gründere | Rikspolitikk |
| Hensikt/Driver | Energi-, miljø- og næringsutvikling | Demonstrasjon, Selskapsimage | Regionalt kraftbehov, Fortjeneste | Omstilling, Industriutvikling, Fortjeneste | Nasjonale miljø- og industriambisjoner |
| Omfang | 200 mill | 50 mill | 10 mrd | 2 mrd | 10 mrd |

Eksemplene dreier seg ikke nødvendigvis om nærings-, bransje- eller industriklynger, men heller om miljø der det tas initiativ med potensial for virksomhetsetablering, teknologiutvikling, læring eller kompetanseutvikling og på sikt eksport av kunnskap og teknologi.

7.1 Hå kommune – Landbruk og industri i energieffektivt samarbeid

I Hå kommune planlegger IVAR og Lyse et anlegg som skal produsere biogass fra husdyrfevd og dyreevfall. Biogassen vil berikes og utnytted sammen med naturgass i Lyses distribusjonsnett for naturgass. På samme tid som dette er god utnyttelse av potensiell energi, reduseres utslipp av klimagassen metan fra husdyrnæringen.

Hovedråvaren er 120 000 tonn husdyrgjødsel. I tillegg kommer organisk materiale fra næringsliv og husholdninger. I spesielle råtnetanker skal materialet omdannes til biogass. Tilbake blir et organisk materiale som skal bearbeides til biologiske gjødselprodukter. Resultatet er en mer effektiv utnyttelse av naturgjødsel og redusert bruk av kunstgjødsel.

Anlegget kombineres med meieridrift, gjødselproduksjon og flisforbrenningsanlegg som produserer elektrisitet og varme. Varmen går til tørking av råvaren som inngår i gjødselproduksjonen. Flisanlegget skal benytte rivningsmaterieell fra regionen, en kilde som regnes å være stabil og med høy kapasitet i lang tid.

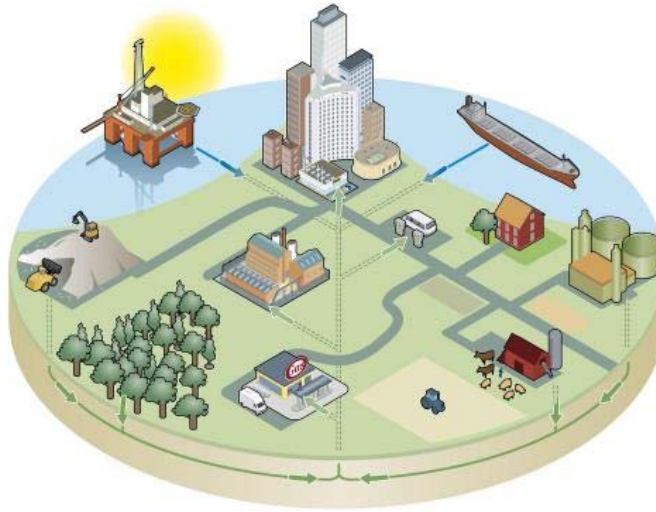
Miljøprosjekt

Anlegget vil føre til at store mengder metan og lystgass ikke går direkte ut i naturen. Miljøet og vannkvaliteten i Jærvassdragene vil også bli vesentlig bedre. I første omgang dreier det seg om produksjon av rundt 70 GWh biogass i året, men tilgangen på råstoff i regionen kan gi ca. 300 GWh biogass i året. Det betyr reduksjon av ca. 300 000 tonn CO₂-ekvivalenter.

Biogassen skal oppgraderes mates inn i rørnettet til Lyse Gass som er over 400 km langt og leverer gass til kunder innen industri og husholdninger.

Optimaliserte energisystemer

Et område som det tas sikte på å studere, er samspillet mellom de ulike energiformene og anvendelsene; hvordan en kan regulere produksjon, distribusjon og bruk av de enkelte energiformene slik at den totale nytten av energien blir optimal.



Figur 7-1 Ulike energiformer i samspill (Illustrasjon: IVAR)

Et relatert aspekt som det skal arbeides med i Risavika Gas Centre, er hvordan og hvor mye biogass en kan blande inn i fødestrømmen til anlegg som benytter naturgass uten at dette skal gå ut over effektivitet og vedlikehold.

Involverte aktører er bl.a. IVAR, Hå kommune, Lyse, Felleskjøpet, Norsk Protein og landbruket i Jærkommunene. Prosjektkostnadene for biogassanlegget blir nærmere 100 millioner kroner.

7.2 Utsira - En tidlig demonstrasjon av vind og hydrogen

På Utsira, et lite øysamfunn med rundt 240 innbyggere 18 km vest for Haugesund, startet Hydro i 2004 sammen med sin tyske samarbeidspartner Enercon, et mye referert vindkraft- og hydrogenanlegg. Her har en vist hvordan en kan forsyne avsidesliggende områder som ikke har tilfredsstillende infrastruktur for elektrisitet, med energi.

Hydro investerte vel 40 millioner kroner i anlegget som består av to vindturbiner, hver på 600 kW, en elektrolysør som omdanner vann til hydrogen, en hydrogenlagertank, en hydrogenmotor med generator på 55 kW og en brenselcelle på 50 kW. I tillegg kommer elektrisk utrustning for innfasing på øyas strømnnett.

Strøm til 10 husstander

Vindturbinene i seg selv er store nok til å kunne forsyne hele befolkningen på Utsira med strøm så lenge det blåser mer enn 2,5 m/s. Når det er vindstille blir brenselcellen og hydrogenmotoren automatisk koblet inn for å gi kraft til nettet. Brenselcellen og hydrogenmotoren er pr. i dag dimensjonert for å kunne levere strøm til de 10 husstandene som skulle få all sin kraftforsyning derfra. De øvrige husstandene på øya får kraft enten fra vindturbinene eller gjennom kabel fra strømnettet på land.

Boligene som er koblet opp mot hydrogenstasjonen, får sin strøm 20 prosent rimeligere enn de andre husstandene.



Figur 7-2 Vindmøller på Utsira (Foto: StatoilHydro)

Erfaringer

Hydrogenet produseres av elektrolysøren når vindturbinene generer mer kraft enn det som tas ut i forbruk på øya. Hydrogenet lagres i en lagertank. Dersom det produseres mer hydrogen enn det er lagringskapasitet til, vil den ekstra kraften eksporteres til fastlandet. På anlegget er det også hydrogenbaserte ovner som kan brenne av overflødig hydrogen.

En av utfordringene er å lage nok hydrogen. Driften av elektrolysøren er lite fleksibel, noe som gjør at en ikke får utnyttet all overskuddskraft fra vindturbinene til hydrogenproduksjon. Samtidig er effektiviteten i hydrogenmotoren så lav at det forbrukes mye ekstra hydrogen. Dette, sammen med det at kundene nå forbruker mer energi enn i starten av prosjektet, betyr at en risikerer å slippe opp for hydrogen når det oppstår lengre perioder uten vind. I slike tilfeller blir kundene koblet opp mot det vanlige nettet.

Brenselcellen har skapt flest problemer og en har av ulike årsaker ikke fått den fullt integrert i systemet. Brenselcellen er imidlertid ikke avgjørende for å drive anlegget. Hovedgrunnen til at en brenselcelle ble tatt med, var at en ville høste erfaring med det som presumptivt skulle være den mest fremtidsrettede løsningen. På grunn av høy kostnad og kort levetid er denne teknologien fremdeles ikke anvendbar.

Den hydrogendrevne generatoren er et godt alternativ på kort sikt. Hydrogenmotoren på Utsira er en ombygd gassmotor og har kapasitet til å dekke kundenes samlede kraftbelastning.

Publisitet

Anlegget ble et av Hydros mest profilerte prosjekter noensinne. En rekke internasjonale journalister, en popstjerne og en russisk milliardær er blant de som har vært på besøk. I 2006 ble mer enn 1000 personer vist rundt på anlegget.

I 2004 vant Utsira-prosjektet den prestisjefulle Platts-prisen for *Renewables Project of the Year* i New York. Utsira var også temaet for en TV-reklame for Toyota.

Anlegget skulle stå i minimum to år for å vinne erfaring med hvordan et slikt anlegg ville fungere over tid. Blant annet på grunn av stor oppmerksomhet fra hele verden, ble det i 2005 bestemt at driften skulle fortsette til våren 2008.

Økonomisk gjennomførbart

Målet er å gjøre løsningen kommersiell. Beregninger viser at dette konseptet innen fem til ti år skal kunne være konkurransedyktig med det som er konvensjonell krafttilførsel i avsidesliggende områder, områder som i dag hovedsakelig får sin kraft fra diesel-generatorer.

Løsningen er egnet for isolerte samfunn i hele verden. Grønland, Canada, Alaska, Sibir, Australia og en rekke Stillehavs-, Middelhavs- og Atlanterhavssøyer er aktuelle kandidater.

Dersom storskala pionerprosjekter som det på Utsira, er vellykkede, vil de bane vei for et framtidig hydrogenmarked. Mange forbedringer kreves, men StatoilHydro har identifisert mye av det som må korrigeres, og en kommer stadig nærmere målet.

7.3 Havsulprosjektet utenfor Møre og Romsdal

Møre og Romsdal er fortsatt det store vindfylket i landet, selv om energi fra vind fortsatt er meget beskjedent i energibidraget her til lands. I juni 2008 fikk selskapet Havgul AS konsesjon på utbygging av Havsul I offshore vindkraftverk, som vil ligge utenfor Sandøy kommune.

I 2006 søkte selskapet Havgul om konsesjon for tre vindparker utenfor kysten av Møre og Romsdal med en samlet effekt på 1500 MW. Teknologien er i stor grad den samme som Vattenfall og Dong benytter på vindmølleparken Horns Rev²².

Havgul fikk konsesjon for Havsul I, mens de to andre, Havsul II og IV, fikk nei. NVE vektla innspill fra fagmyndigheter som sier at en bør høste erfaringer og få bedre kunnskaper om de faktiske virkninger av offshore vindkraftverk før det eventuelt etableres flere havbaserte vindkraftverk utenfor Mørgekysten. NVE har også vektlagt konsekvensutredning og høringsinnspill som antydte at etablering av flere havbaserte vindkraftverk utenfor kysten av Møre og Romsdal, kan ha negative virkninger for fugl. Et annet argument var at vindmøller utenfor kysten vil gjøre Atlanterhavsveien mindre attraktiv og dermed mindre aktuell som nasjonal turistvei.

Havgul er et selskap som ikke selv har teknologi til eller planer om å drifte et offshore vindkraftverk. De fungerer mer som initiativtakere, tilretteleggere og lobbyister for vindprosjekter. Havgul baserer i utgangspunktet sine prosjekter på kjent teknologi. Når endelig klarsignal til utbygging foreligger, går en ut med anbudsrunder basert på funksjonskrav til teknologileverandører.

Lokasjonen for Havsulprosjektene ble valgt fordi der er store havområder med vann-dybder på 4 - 30 meter, noe som er gunstig for møller som skal stå på havbunnen. Videre er der stor innmatingskapasitet på nettet med nye 420 kV-kabler i tilknytning til Ormen Lange-anlegget. En annen viktig faktor var det store kraftunderskuddet i Møre og Romsdal.

For å fullføre et slikt prosjekt, vil det kreves innsats fra mange av industriaktørene i Møre og Romsdal, muligens også bredere. Utbygging og vedlikehold av vindkraftanleggene vil kunne bidra til vekst gjennom etableringen av kystbaser samt utvikling av ny skipsteknisk kompetanse og prosjektet vil styrke den maritime klyngen på Vestlandet.

²² Horns Rev er et 40 km langt rev 14 km utenfor vestkysten av Jylland. Her er installert 80 vindmøller med samlet produksjonskapasitet på 160 MW og forventet årlig elektrisitetsproduksjon på 600 GWh, tilsvarende strømforbruket i 150.000 danske husstander.

7.4 Årdal – et soleventyr?

NorSuns produksjonsanlegg i Årdal for monokrystallinsk ingot og wafere til den internasjonale solindustrien, ble offisielt åpnet av Kronprins Haakon 11. juni 2008.

Solcellebransjen er en global bransje der Norge er blitt godt representert med selskaper som Renewable Energy Corporation (REC), Elkem Solar og NorSun. Disse selskapene satser tungt for å posisjonere seg og foretar milliardinvesteringer i kapasitet i inn- og utland. En stor utfordring - og mulighet - er at det i resten av verden satses i enda større skala, og bare i Tyskland forventes denne sektoren å vokse fra dagens ca 50.000 til over 200.000 arbeidsplasser i 2020.

Fortrinn og muligheter

Norges forutsetninger for en solcelleindustri var i hovedsak tilgangen på kvarts som råstoff og på elektrisitet. Det som hevdes å være andre fortrinn, er etablert metallurgisk industri der silisium (som produseres av kvarts) inngår, samt høy kombinert kompetanse innen områder som materialteknologi og elektronikk. Om ikke disse egenskapene er unike i global sammenheng, så har i hvert fall personer i dette miljøet sett muligheter innen solcellesektoren og maktet å bli en signifikant aktør på relativt kort tid.

Ny industrivirksomhet

Den store gründeren innen norsk solindustri er Alf Bjørseth. Da amoniakkproduksjonen ved Hydro i Glomfjord ble avvirket tidlig på 1990-tallet, hadde han planene klare for å starte wafer-fabrikk i de ledige lokalene. Wafere er de tynne silisiumsskivene som regnes som hjertet i et solcellepanel. Alf Bjørseth startet selskapene ScanWafer, ScanCell, ScanModule, SiNor/Sitech og SolEnergy som alle senere ble samlet i dagens REC. Gjennom sitt selskap Scatec er Bjørseth nå nest største eier i NorSun.

I Årdal var det også avviklingen av prosessindustri som gjorde stedet interessant for solcellegründeren. Bjørseth og ScanWafer hadde store planer om å investere 1,5 milliarder kroner i en fabrikk på Årdalstangen med 105 millioner kroner i støtte fra det offentlige og 200 millioner kroner fra Norsk Hydro. Men i 2005 trakk selskapet tilbake disse planene. Etter at Bjørseth og hans selskap solgte seg ut av ScanWafer og startet NorSun, vendte han igjen blikket mot Årdal som produksjonssted og inngikk i 2006 en intensjonsavtale med omstillingsselskapet Årdal Framtid. To år senere er nå fabrikkene i Årdal i drift og ventes i januar 2009 å ha full produksjonskapasitet med 150 ansatte. Produksjonen i Årdal gir monokrystall-wafere²³ av høy kvalitet.

Internasjonale etableringer og rammevilkår

NorSuns produksjon startet for øvrig i Finland og erfaringene derfra ga NorSun mulighet til å gi de ansatte opplæring og erfaring før produksjonen i Årdal startet opp. NorSuns mål er å bli den ledende og mest kostnadseffektive produsenten av monokrystallinsk silisium og wafere til den internasjonale solindustrien. NorSun har vedtatt å bygge sin neste fabrikk i Singapore.

Det fantes en internasjonal solcelleindustri lang tid før noe ble påtenkt i Norge. Et paradoks er at grunnlaget for de norske solcelleselskaperes suksess er andre nasjoners, spesielt Japan, Spania og Tysklands, støtteordninger til utbygging av solenergi. Hadde ikke disse landene lagt til rette med sterke insentiver for søløløsninger, ville det ikke vært noe marked for de nye norske aktørene.

²³ REC Scanwafer produserer multikrystallinske wafere, som er rimeligere å produsere, men som også gir lavere voltaisk effekt.

Solindustrien er dermed et eksempel på at det utvikles kompetanse- og industrimiljø her i Norge som er avhengig av rammebetingelser ute. Den norske solcelleindustrien bygger heller ikke opp noe nytt, men en kan si at den anvender kjent kunnskap og teknologi fra den godt etablerte internasjonale solenergisektoren, på nye måter.

Dette er ikke helt ulikt den strategien som en ser i nye industriland, spesielt i Asia, der en bevisst går gjennom tre faser (Hanson 2008):

1. Preproduksjon, der det opparbeides egen kunnskap basert på andre nasjoners og selskapers erfaringer, for eksempel gjennom lisensproduksjon.
2. Etableringsfasen, der det etableres egne selskaper og gror opp bredere innovasjonssystemer med norske aktører som tar i bruk ny teknologi.
3. Momentumfasen, der sterkere aktører med påvirkningskraft entrer arenaen.

7.5 Mongstad: Installasjon og demonstrasjon av CO₂-kjede

Staten og StatoilHydro ble i 2006 enige om utvikling av CO₂-håndtering på Mongstad i to steg: Utvikling av et testsenter for CO₂-fangst (2011) fulgt av fullskala CO₂-håndtering (2014).

Testsenteret TCM

Partnerne i TCM (European CO₂ Test Centre Mongstad) er DONG Energy, Norske Shell, StatoilHydro, Vattenfall og den norske stat v/Gassnova. Staten står for inntil 80 prosent av investeringen i anlegget, mens StatoilHydro går inn med 20 prosent. Forberedelsene pågår og det tas sikte på å fatte endelig beslutning om bygging av testanlegget innen utgangen av 2008 med oppstart etter at gasskraftverket er i gang, sannsynligvis i 2011.

Formålet med TCM er å teste og demonstrere teknologi for fangst av CO₂ for derigjennom å redusere kostnader og risiko for CO₂-fangst i storskala. I tillegg til at eierselskapene får viktig kunnskap om teknologien for bruk i egne virksomheter, håper en at resultatene fra arbeidet vil få internasjonal betydning for fremtidige fangstanlegg.

En målsetning er at TCM skal realiseres gjennom et tett samarbeid med ulike teknologileverandører som i etterkant kan videreutvikle og eie rettighetene til teknologien.

Næringsaktører

To ulike teknologier for CO₂-fangst skal etter planen prøves ut i testsenteret. 80 prosent av de 100 000 tonnene CO₂ som skal hentes ut, skal tas med Alstoms chilled ammonia-teknologi. Denne bruker ammoniakk som absorbent. De siste 20 000 tonnene skal isoleres med amin som absorbent, og denne teknologikontrakten skal tildeles innen utgangen av 2008.

Det er ennå uklart hvilke andre aktører som får innpass i utviklingen av TCM, men så langt er det Aibel som har fått oppgaven med å prosjektere og deretter lede bygging av testanlegget (prosesser, hjelpesystemer og infrastruktur, samt tilknytninger til raffineriet og det nye gasskraftverket på Mongstad). Med en slik EPCM-kontrakt (Engineering, Procurement, Construction and Management), hviler det i stor grad på Aibel hvordan og hvilke underleverandører som engasjeres. Ingeniørarbeidet skal foretas ved Aibels kontor på Billingstad, mens bygging og installasjon på Mongstad kommer i gang i løpet av 2009.

Det primære fokus ved TCM er CO₂-fangst, der det i hovedsak vil være en eller flere etablerte teknologileverandører som vil utnytte løsningene videre i sin virksomhet i

andre deler av verden. TCM i seg selv vil sannsynligvis gi begrenset grunnlag for kompetanse- eller teknologiekSPORT fra Vestlandet, eller for den saks skyld fra Norge.

CO₂-kjede og CO₂-klynge?

I planene for TCM skal fanget CO₂ slippes ut i luften og TCM fokuserer ikke på CO₂-verdikjeden. Men parallelt foregår det en del aktivitet som tar for seg øvrige ledd i kjeden. Blant annet har Bergensregionen, nettopp med henblikk på det planlagte energiverket på Mongstad, foretatt en egen detaljert kartlegging av kompetansmiljø som kan bidra inn mot håndtering av CO₂, jf. 6.6.

Med utgangspunkt i disse Bergensmiljøene, legges det et godt fundament for å se sammenhenger i en kjedebetraktning. Men konstellasjonen har tilnærmet alt fokus på sterke FoU-aktører, mens mulige industrielle aktører ikke er nevnt i posisjonsnotatet²⁴, noe som kan skyldes at det pr. i dag ikke er mulig å identifisere noen regionale "CO₂-teknologibedrifter". Hvorvidt satsingen i neste omgang skaper grunnlag for teknologi-basert næringsutvikling (og evt. klyngetendenser) relatert til en CO₂-kjede, beror derfor på evnen til å formidle og omforme ny kunnskap til næringslivsaktører, enten i form av involvering i samarbeidsprosjekter eller ved etablering av nye bedrifter basert på forskningsresultater.

En annen forutsetning for økt aktivitetsnivå rundt Mongstad, er at det ganske raskt avklares tilfredsstillende løsninger for CO₂-deponering i Utsira- eller Johansenforma-sjonen, og at staten ut fra konkurransemessige hensyn får aksept fra EU til å finansiere fullskala CO₂-håndtering på Mongstad.

Aktivitet som rent geografisk må skje på Vestlandet (kraftproduksjon, CO₂-deponering, etc.) vil, som annen virksomhetsetablering, gi grunnlag for økt volum av tilknyttede underleveranser av varer og tjenester.

Et fullskala CO₂-fangstanlegg på Mongstad vil, når det står ferdig, være et prosess-anlegg på linje med en rekke andre som allerede befinner seg på raffineriområdet. I motsetning til de fleste prosessindustrier, som produserer for et marked og dermed inngår i en verdikjede, er produktet fra CO₂-prosessen et problemprodukt uten kommersiell verdi av betydning. Den nye virksomheten vil neppe oppleve krevende kunder eller innovasjonspress, og disse forutsetningene for klynge-dannelse kan ikke sies å være til stede. Drift- og vedlikeholdstjenester for de nye anleggene vil heller ikke bringe noe nytt næringssegment til Mongstadorrådet eller Vestlandet.

De som først og fremst ut fra et CO₂-perspektiv vil dra nytte av de kommende instal-lasjonene på Mongstad, er FoU-miljøet i Bergen (og Norge). Eventuell utvikling av noe som bærer preg av CO₂-næringsklynge, kan komme over tid, mest sannsynlig som spesialiserte spin-off selskaper med utgangspunkt i resultater fra FoU-prosjekter.

24 www.co2bergen.no/reports/Mongstadrapport1

8 Utfordringer, muligheter og veien videre

Som beskrevet i det foregående, pågår det allerede utvikling der enkelte eksisterende miljøer innen energisektoren orienterer seg mot "nye" eller renere energiformer. Flere kraft- og energiselskaper er aktive innen fornybar energi og det er eksempler på at personer med bakgrunn fra petroleumsrettet virksomhet etablerer bedrifter innen fornybar energi. Men er denne kanskje noe fragmenterte innsatsen tilstrekkelig?

Det er forventninger om at Norge (og Vestlandet) skal bidra til å akselerere utviklingen av teknologi for miljøvennlige energiløsninger. For å oppnå en slik ønsket utvikling, er det en rekke utfordringer som må håndteres, ikke minst for å skape grobunn og entusiasme i næringslivet for oppriktig å avsvette tid og ressurser. Her finnes mange dilemmaer og paradokser som til sammen hindrer fundamentale og overordnede politiske vedtak om veivalg og tilhørende substansielle ordninger som kan rettferdiggjøre aktivitet og initiere bedriftsøkonomisk bærekraftige prosesser. Utfordringer finnes innen områder som for eksempel

- ▶ Politisk/rammebetingelser
- ▶ Infrastruktur
- ▶ Ressursgrunnlag
- ▶ Internasjonal konkurranse
- ▶ Kompetansemangel
- ▶ Vilje til omlegging

Utgangspunktet som skal gi Vestlandet det nødvendige løftet, inneholder flere fortrinn, men utviklingen og situasjonen karakteriseres og hemmes også av klare ulemper:

| Fortrinn | Ulemper |
|---|--|
| Naturressursgrunnlaget (olje, gass, vannkraft, vind, vind offshore, bølger, etc) | Rammevilkår for grønn energiutvikling er for dårlige sammenlignet med konkurrerende EU land. |
| Et internasjonalt kompetansemiljø innen offshore og gass. | Sterke olje- og gasspriser gjør det mindre attraktivt å satse på fornybar energi. |
| Offshorekompetanse - Kan benyttes i utvikling av ny vindmølleteknologi. | Er i dag for svake på kompetansemiljø innen fornybar energi. |
| Industrikompetanse som kan anvendes i teknologiutvikling fr fornybar energi, eksempelvis prosessindustri rettet mot solsystemkomponenter. | Ikke godt nok samspill mellom aktører innen miljøvennlig energi. |
| Utdannings- og FoU-miljø med generisk kompetanse potensielt anvendbar innen fornybar energi. | Avstand til politiske beslutninger. |
| Sterk tradisjon for industrielt entreprenørskap. | Konstruerte prosjekter styrt ovenfra og ned, jf. Mongstad. |

I det følgende søkes det å belyse noen av mulighetene som er oppe i tiden samt noen forhold som kan vise seg enten å muliggjøre eller å stå i veien for videre utvikling.

8.1 Potensial for næringsklynger og kunnskapsnav

På Vestlandet er det klart mye kompetanse på ulike energiformer, men, med noen hederlige enkeltstående unntak, skiller den seg strengt tatt ut fra det som finnes i andre av landets regioner? Og hvor kan vi hevde å være mer enn en skygge av internasjonale miljøer? En utfordring er derfor å bli tydelig på hvor Vestlandet virkelig kan

ha fortrinn og konsentrere innsatsen på videreutvikling der en kan ha *realistiske* muligheter til å vokse og lykkes.

Med utgangspunkt i karakteristikk og egenskaper som er illustrert i kap. 6.1, antas det å finnes sentrale betingelser som må oppfylles for at nyetablering eller videre næringsutvikling skal finne sted.

Regionale eller globale effekter

Studier viser at bedrifter som er lokalisert i næringsklynger ofte har høyere vekst, viser større innovasjonsiver og oppnår større lønnsvevne (Reve og Jakobsen 2001). Innen petroleumsnæringen, der oppgavene krever stadig nye teknologiske løsninger, drives innovasjon på forretningsmessige premisser der god økonomi øker mulighetene for nyskaping og teknologiutvikling. Høy lønnsvevne gir bedriftene muligheter til å konkurrere om kompetent arbeidskraft, spesielt i et stramt arbeidsmarked.

I ikke fullt så lukrative bransjer kan fordelene gjerne bli størst for de store konsern som også er lokalisert i sterke næringsklynger, men som kan kapitalisere på lærings- og innovasjonsgevinstene herfra i *andre deler* av konsernet der innsatsfaktorenes kostnad er lavere. Dette er en utvikling en kan se trekk av innen Norges solcellesektor, der selskaper som REC og NorSun i Norge er etablert i områder med sterk kompetanse, mens deres økte produksjonskapasitet mer og mer etableres i land der vilkårene for fabrikasjon er bedre.

Krevende kunder og etterspørsel i et marked

Vestlandet har en viktig ressursbase i en petroleumsorientert leverandørindustri som tidligere, med utgangspunkt i mekanisk-, prosess- og verftsindustri, viste seg omstillingsdyktig og klar for de økonomisk bærekraftige utfordringene som oljevirkomheten kunne by på. Det er skapt forventninger om at den samme leverandørindustrien, som ennå har flere tiår med lyse utsikter i sine nåværende forretningsområder, aktivt skal engasjere seg i landets visjoner om å bli ledende på teknologi for ny energi.

En forutsetning for å øke den samme leverandørindustriens interesse for og engasjement i problemstillinger innen fornybar energi, CO₂-håndtering, etc. er imidlertid at det utvikles et større *betalingsdyktig* marked regionalt, nasjonalt og internasjonalt innen disse områdene. Et lite bidrag her kan være å gjøre industrien oppmerksom på de mulighetene som allerede finnes internasjonalt.

Motivasjon og naturlige insentiver

Mekanismene som ligger i "Nød lærer naken kvinne å spinne" har alltid ført til kreativitet og utvikling. Med dagens utgangspunkt har kanskje Vestlandet det 'for godt', blant annet med petroleumsvirkomheten så nært innpå. Selv om en snakker om at oljen (og gassen) en gang vil ta slutt, er det ikke tilstrekkelig til å skape en reell angst som kan få tatt ut vestlendingenes ivoende overlevelsessegenskaper og sans for lønnsomme forretningsmuligheter. Det vil si at forutsetningene og insentivene er ikke nødvendigvis sterkt nok til stede for å få fart på Vestlandet som en nyskapende energiregion.

8.2 Muligheter relatert til vannkraft

Vannkraft vil fortsatt være den viktigste energikilden til bruk her i landet, og ikke minst på Vestlandet. Selv om mye oppmerksomhet er på de nye teknologiene og mer spektakulære prosjekter knyttet til for eksempel vindkraft offshore, er det viktig å ikke glemme vannkraften og kompetansen knyttet til dette. Tiden for å demme opp store vannmagasin er nok over, men det ligger stort potensial i å bygge ut småkraftverk med mindre inngrep og påvirkning på natur og kulturlandskap. For å utnytte vannkraftpotensialet kreves det også bedre overføringslinjer, som også for mange småkraftleverandører er hindringen for å komme inn på forsyningsnettet.

En annen viktig mulighet innen vannkraft er å oppgradere eksisterende anlegg for å øke virkningsgraden. I Ryfylke planlegges Førre Peak Power i regi av Statkraft, bl.a. med tanke på oppbackinganlegg på land for nye havvindmøller. Tilsvarende prosjekter planlegges bl.a. i Sirdal, og prinsippet er at når vinden mer eller mindre uforutsett uteblir, kan slusene i vannmagasinene åpnes og sørge for kontinuitet i strømforsyningen.

Denne fleksibiliteten som ligger i vannkraft, har den samme effekten i en større sammenheng ved at det norske kraftsystemet anses som en perfekt match for vindkraft og annen miljøvennlig kraftproduksjon på kontinentet. Norge vil som effektleverandør i et koblet europeisk kraftmarkedet her kunne få en sentral rolle som *svingprodusent* for Europa.

Dette krever naturligvis overføringsmuligheter (jf. 5.1), men kan være en viktig forutsetning for at EU-landene selv skal kunne foreta en omfattende utbygging av miljøvennlig kraftproduksjon.

Vannkraften kan overta reguleringsoppgaver som i dag medfører relativt store utslipp for eksempel ved marginalproduksjon fra termiske (kull/gass)kraftverk. Men en sentral *forutsetning* for en slik strategi, er at det økonomisk, miljømessig og teknisk sett faktisk er gunstigere å benytte vannkraftsystemer for varierende produksjon enn å bruke termiske anlegg, og at tilgang til slik fleksibilitet utgjør en reell begrensning for utbygging av fornybare resurser på kontinentet (Bjørndalen et al 2007).

Det hevdes for eksempel i en studie gjort for det tyske energibyrået DENA²⁵ at det trolig allerede er stor nok fleksibilitet i den eksisterende tyske kraftverksparken for å dekke opp for en prognosert økning vindkraft i Tyskland med 10 GW frem til 2015. Men Tysklands aggressive planer for utbygging av ytterligere 12 GW vindeffekt frem mot 2020, kan endre dette bildet.

Utsiktene reiser imidlertid spørsmål som kan få betydning for de norske ambisjonene (Bjørndalen et al 2007). Er det korrekt å anta at regulering i termiske kraftverkssystemer er så kostbare eller miljømessig krevende at det faktisk utgjør en barriere for omfattende satsing på fornybar energi på kontinentet? Hvis ikke, kan det være grunnlag for å stille spørsmål ved om det virkelig er noe fremtidig marked for påfyll av norsk kraft for svingformål. Et beslektet spørsmål er også hvilken utvikling en kan vente seg med tanke på regulerbarhet i termiske verk. I den grad eksisterende teknologi utgjør en reell begrensning for en satsing på fornybare ressurser, er det også nærliggende at noen på kontinentet vil satse fokusert på å utvikle teknologi eller metoder som kan fjerne denne barrieren på mer økonomisk vis enn en løsning med omfattende kabelforbindelser og import fra land som Norge.

8.3 Muligheter relatert til vind og hav

Store muligheter til å utvikle teknologi for flytende vindmøller og Regjeringen har meldt Norge på i den internasjonale konkurransen om å utvikle offshore vindkraft. Spørsmålet er om myndighetene klarer å holde tritt med aktørene som tar utfordringen. I følge et Stortingsvedtak fra 2001 skal det være utbygd 3 TWh vindkraft i Norge innen 2010. Pr i dag er det bygd ut 1,12 TWh og Regjeringen innrømmer åpent at den ikke vil nå målet. Det som begrenser vindkraftutbygging i Norge i dag, er regionalt stor motstand blant myndigheter og opinion, og varierende grad av lønnsomhet.

I en rapport utført for Enova (2007) estimeres et fysisk potensial for offshore vindkraft til hele 14 000 TWh, slik at det er teknologiske og økonomiske betingelser som legger

25 www.dena.de - Grid Study I (2005)

begrensninger heller enn ressursgrunnet. Uansett pekes det på at offshorebasert vindkraft ligger et stykke fram i tid.

For å unngå kaos til havs, vurderer myndighetene å innføre en modell lik den en har hatt for oljeindustrien, med tildeling av blokker der offshoremøller kan stå. Modellen vil i så fall gjelde vindmølleanlegg utenfor den såkalte grunnlinjen. For vindmøller på land og på grunt vann, vil fortsatt energiloven og Plan- og byggeloven gjelde.

Med basis i kompetansen innen utvikling og vedlikehold av offshoreinstallasjoner, anses offshore vindkraft som et aktuelt område med potensial for fremtidig næringsutvikling basert på norsk teknologi²⁶. I tillegg til bunnfaste offshore vindmøller som for eksempel de Havgul arbeider med, jobbes det med nye konsepter som kan installeres på dypt vann. Hywind prosjekterer flytende vindmøller med basis i teknologi fra oljevirksomheten med et kraftanlegg på flytende betongkonstruksjoner. En annen aktør er gründersekskapet Sway som bl.a. bruker strekkstagteknologi. Et tredje konsept er Windsea som plasserer tre møller på én flytende plattform.

Sway og Hywind har fokus på selve teknologien. StatoilHydro er sekskapet bak Hywind som er gitt konsesjon²⁷ for et pilotanlegg som skal settes opp utenfor Karmøy innen 2010.

Lyse har meldt til NVE at de har planer om å bygge vindkraftanlegg utenfor Utsira, og første fase er uttesting og demonstrasjon av Sways flytende vindmølle.

En fjerde aktør som har meldt planlegging av flytende vindmøller, er Vestavind Kraft AS som er eid av kraftselskap i de to nordligste vestlandsfylkene. Dette vindkraftverket er planlagt plassert 18 nautiske mil vest for Vågsøy og Selje kommune i Sogn og Fjordane.

Karmøy kommune vil etablere et testsenter for marin fornybar energiteknologi (MET-senteret) der aktører med ny offshoreteknologi skal kunne teste ut sine piloter. Planene er avhengig av at kabelen ut til StatoilHydros Hywind-pilot seksdobles i størrelse og blir en permanent installasjon. Utfordringen der er å skaffe finansiering til kabelen, men så langt har aktørene møtt stengte dører hos myndigheter som gir statlig støtte til fornybare energiprojekter.

Aktører som planlegger havvindmøller basert på kjent teknologi, argumenter med at kostnader for drift og vedlikehold øker betydelig mer enn proporsjonalt med møllenes avstand fra land. Ennå ikke utviklede konsepter med flytende vindmøller langt fra land, forventes ikke å kunne etableres med noen lønnsomhet og heller ikke bidra innenfor overskuelig tidshorisont til nasjonens ambisiøse nasjonale mål om betydelig økt innslag av fornybar energi.

For å kunne utvikle ny vindmøllateknologi og bygge testanlegg i Norge, må det gjøres lønnsomt i form av støtteordninger. Uten massive slike og så lenge elektrisitet fra vannkraft i Norge har såpass lav pris, er det vanskelig for andre fornybare aktører å være konkurransedyktige.

²⁶ Innen dette området har Aker Verdal allerede tatt ballen og er, uten myndigheters initiativ eller forsøk på involvering, i gang med prosjektering av stålunderstell til offshore vindmøller utenfor Tyskland.

²⁷ Vedtaket om konsesjon ble sendt til Norsk Hydro Produksjon AS, som i sin tid søkte om dette pilotprosjektet.

8.4 Muligheter relatert til CO₂

Utfordringene med CO₂-ens innvirkning på jordens atmosfære og klima har de siste årene satt ekstra fart i arbeidet med å kunne utnytte andre energikilder enn de fossile. I vår sammenheng er det ikke utfordringene med CO₂ og klimaet som så, som adresseres. Men det er klimautfordringene som utgjør mye av bakgrunnen for den økte konkurransen som nå utspiller seg mellom mange av verdens nasjoner og lokale regioner om å bli best på utvikling av metoder og teknologi for renere energiutnyttelse.

Kjeden for CO₂-håndtering er av staten og i store deler av næringslivet blinket ut som et fremtidig industrielt vekst- og satsingsområde der mange ønsker å være i front, spesielt av næringsmessige og kommersielle, men også av samfunnsmessige hensyn.

CO₂-utfordringen ligger da i å utvikle bærekraftige teknologiske, økonomiske og logistiske løsninger som kan utnyttes regionalt og også gi grunnlag for eksport av utstyr og kompetanse.

Potensialet for norsk gasskraft og CO₂-fangst

Muligheten for Vestlandet til å posisjonere seg, beror i hovedsak på at regionen har lokasjonene for de to største og mest aktuelle CO₂-renseanleggene for gasskraftproduksjon på land, Kårstø og Mongstad (aktiviteter relatert til Mongstad er innlemmet som eget case, jf. 7.5).

En utfordring med disse gasskraftverkene er om og når de vil komme i regulær drift og om en vil ha nytteverdi av statens omfattende investeringer i anlegg for CO₂-fangst. I et markedsstyrt nordisk og europeisk kraftregime har Norge sine beste forutsetninger ved å bidra med vannkraft. Lønnsomheten i å omforme høykvalitets eksportgass til elektrisitet som så skal sendes over store avtander, stiller i utgangspunktet svakt i forhold til kull- eller gassbasert elektrisitet som produseres nærmere forbrukerne. Det som nå synes å kunne gi levevilkår for kraftverket på Mongstad, er muligheten for at nye installasjoner i Nordsjøen vil inngå langsiktige avtaler om strømforsyning derfra. I første omgang dreier det seg om å forsyne Gjøa og Troll. En viktig forutsetning for å kunne få på plass en slik avtale, er at StatoilHydro har eierskap begge steder.

Mulighetene for Vestlandet til næringsmessig å komme på banen innen CO₂-håndtering, ligger innenfor de funksjonsområdene som er omtalt i kap. 5.5. Det er ikke gitt å si på forhånd hvor mulighetene for nå frem er størst, men av erfaring vil det vestlandske næringsliv gripe anledningene som byr seg når de ser muligheter for å bygge økonomisk virksomhet.

Kommersiell anvendelse av CO₂

Eksempler på hvordan kommersielle interesser vurderer gryende anvendelser av CO₂, er den nylig inngåtte avtalen mellom Nordic Mining og StatoilHydro om et felles program for å utvikle og teste bruk av CO₂ til foredling av ulike mineralforekomster. Hensikten er å øke forekomstenes verdi, og planen er å starte forsøk med bruk av Nordic Minings forekomster av mineralene anortositt og eklogitt i Sogn og Fjordane.

Mye referert er virksomheten ved Hustadmarmor i Møre og Romsdal. Her finmales marmor før den renses og gjøres om til en flytende hvit masse som eksporteres til bruk som fyllstoff i papir og som middel for å gjøre papiret blankt. Ved Hustadmarmor har en sett på muligheten å anvende CO₂ i produksjon av syntetisk kalk, men i klimasammenheng nulles en eventuell positiv effekt ut ved at prosessen i seg selv er meget energikrevende.

Kårstø

På Kårstø skal regjeringen finansiere og bygge fullskala fangstanlegg for CO₂ i tilknytning til gasskraftverket som nå står der. Anlegget dimensjoneres for å fange 1 million tonn CO₂ som etter planen skal transporteres for deponering i geologiske forma-

sjoner under havbunnen. Gassnova, som har ansvaret for arbeidet, signerte i juli 2008 kontrakter med tre leverandører for tekniske forstudier: Aker Clean Carbon (Norge), Fluor Daniel (England/USA) og Mitsubishi (Japan). I september ble en fjerde leverandør, HTC/Bechtel (Canada/USA) også engasjert. Forutsatt tilfredsstillende tekniske studier, vil disse så delta i konkurransen om å få bygge CO₂-fangstanlegget på Kårstø. Planen er å sitte igjen med én leverandør høsten 2009.

Hvordan og i hvilken grad dette arbeidet vil skape næringsmessige ringvirkninger utover en eventuell anleggsperiode på Kårstø, er uklart.

Aker Clean Carbon har i mellomtiden avbrutt arbeidet med et egenfinansiert demonstrasjonsanlegg for CO₂-fangst på Kårstø. Årsaken er uforutsigbar tilgang på røkgass fra gasskraftverket som det for tiden ikke er økonomisk å sette i drift.

En mulighet som kan gi regulær fremtidig drift av gasskraftverket på Kårstø, og dermed også sikre nytte av de 5 mrd kr som planlegges investert for CO₂-håndtering, var oppe til vurdering på et tidlig tidspunkt; Allerede i planleggingsfasen foreslo Naturkraft at gasskraftverket på Kårstø skulle bli leverandør av kraft og varme til gassterminalen og på den måten blant annet erstatte de 25 år gamle gassturbinene som nå er i bruk.

Konseptet, som den gang ikke ble fulgt opp av relevante aktører, tas nå frem blant annet av ZERO som en løsning for situasjonen på Kårstø. Dette kan elektrifisere hele eller deler av terminalen samtidig som damp fra gasskraftverket kan erstatte dagens produksjon av damp på terminalen. Samlet vil dette gi en meget energieffektiv bruk av gass og en rekke andre fordeler som lavere NO_x-utslipp, bedre tilpasset utvidelse av Kårstø's kapasitet og bedre forsyningsikkerhet. I tillegg kan eventuelt overskudd av strøm fra gasskraftverket selges på det ordinære kraftmarkedet.

8.5 Komplementær virksomhet og ny energi; hvem skal og vil ta føringen

I energisektoren vil en ved samlokalisering av komplementære bedrifter kunne øke sannsynligheten for integrasjon mellom produksjon av elkraft, olje og gass, og fornybare energiformer. Slik integrasjon kan foregå i store foretak, slik vi f.eks. ser tilløp til i Lyse AS, eller ved at spesialiserte selskaper samarbeider i joint ventures eller andre nettverksformer.

Det er likevel et åpent spørsmål om utvikling av alternative energiformer vil skje i eller rundt de etablerte industrilokomotivene i petroleumssektoren. Eksempelvis kan det forventes at olje og gass i flere tiår fremover vil være absolutt dominerende i Statoil-Hydros virksomhet. Andre energiformer vil antakelig bli en parentes i organisasjonen og bunnlinjene. I varierende grad vil dette sannsynligvis være tilfellet for alle oljeselskapene, selv om de kan tenkes å forfølge noe ulike strategier. Alle børsnoterte oljeselskaper er underlagt de samme forventninger om at oljeproduksjonen skal erstattes av nye funn, med forutsigbare kvartalsregnskaper.

Kjernekompetansen i oljeselskapene ligger i petroleumsfagene, dvs. å finne og produsere reserver. Størst verdi og nytte av denne kompetansen har selskapene ved å gå etter hydrokarboner, som har størst energitetthet og som gir effektiv energiutvinning i en verden med sterkt voksende behov for energi. De store investeringene og satsingene vil alltid skje i kjernevirksomheten og det vil forbli en illusjon å vente at "the majors" vil transformeres til "ny energi"-selskaper de neste tiårene, selv om informasjonsavdelingene plikter å bringe det som selskapene har av nyenergisatsinger, frem i lyset.

En klar andreprioritet i selskapene får eventuelt havvindmøller eller andre maritime energiformer, dersom dette da virkelig beror på offshoreteknologi, eller for eksempel jordvarme dersom dennes suksess står og faller med oljeselskapenes boreteknologi.

Men, som det uttrykkes i klar tale fra operatørselskap, er det meningsløst å tvinge eller mobbe oljeselskapene bort fra sin kjernevirksomhet. Kanskje det riktige er å la oljeselskapene konsentrere seg om å gjøre sin energijobb så kostnads- og miljøeffektivt som mulig (slik det skjer på norsk sokkel), så vil andre industrielle konstellasjoner som ser muligheter, naturlig gå inn i og utvikle fornybar sektor.

8.6 Ambisjoner og realpolitikk

I sin åpningstale på ONS i Stavanger (august 2008) oppsummerte statsminister Stoltenberg Norges viktigste bidrag til klimapolitikken: Levere mer gass til Europa, eksportere teknologi for energieffektivitet og utvikle og ta i bruk teknologi for fangst og lagring av karbon (CCS). I et intervju la han til vern av regnskog, men nevnte *ikke* spesielle programmer for å støtte fornybar energi. På spørsmål om politikken for fornybare, sa han at Norge allerede har gode programmer og at det er *energiprisen* som er det viktigste insentivet også for fornybare.

Føringene er at de industrielle mulighetene med teknologi for CO₂-fangst (jf. 8.4), er der landet satses, i tillegg til å forsyne verden med gass som renere brennstoff enn tungolje og kull. Realistisk sett er Norge og Vestlandet allerede en ren, vannkraftbasert energiregion med begrensede forutsetninger for å utvikle "alternative" energikilder. Vind og hav er ikke noe unikt norsk, og store solmengder er ikke vår styrke.

Mulighetene ligger i relativt rene hydrokarboner (gasseksport og CO₂-håndtering) og fleksibel optimalisert utnyttelse av våre vannkraftressurser (jf. 8.2). Satsingene på Vestlandet synes også å ha mest å hente innen disse feltene.

Statsministerens føringer bekrefter den mer realistisk oppfatningen om at det ikke er spesielle grunner til at Norge absolutt skal insistere på å ta en ledende rolle for etablering av nye energiformer når så mange andre land allerede er langt foran, med minst like gode naturforutsetninger og ikke minst vilje til å ta regningen for hva det koster (jf. 6.3 om nasjonale insentivordninger).

8.7 Etableringer gir kreativitet og nyskaping

Historien viser at etter etablering av virksomhet, kommer ofte entreprenørskap og nyskaping som en konsekvens. En sekvens av hendelser som kan gi resultater på energisiden, er:

- a) Bygge fasiliteter for neste generasjons energiløsninger
- b) Adoptere / forstå / videreutvikle teknologien som skaper energiproduksjonen
- c) Forbedre eksisterende eller utvikle ny teknikk og metoder som kan eksporteres og bidra andre steder i verden

Gitt forutsigbare rammebetingelser og eventuelle støtteordninger som er sammenlignbare med det Europa for øvrig har for fremtidsrettede tiltak, vil landsdelens industri og kapital selv ta initiativ for å sette Vestlandet også på fremtidens energikart. Dette kan først og fremst skje ved at en får installert utstyr for energiproduksjon, i første omgang gjerne med kjent utenlandsk teknologi og eierskap, noe som lar lokale kompetansemiljøer opparbeide erfaringer ved å ha nærhet til real-life utøvelse av virksomhet, jf. utgangspunktet for landets suksessrike petroleums-klynge.

En skal heller ikke glemme at økonomi er en fundamental faktor som påvirker all utbygging, også satsing på nye energiformer. Nylig publiserte tall fra FNs miljøprogram UNEP viser at verdens investeringer i vindkraft, solenergi og vannkraft ble nesten halvert fra 320 milliarder kroner i 2. kvartal 2007 til 180 milliarder kroner i andre kvartal 2008. Årsaken skal være siste års negative utvikling i finansmarkedene og viser at

heller ikke "ideelle" hensyn til miljø og klima er unntatt fra økonomiske realiteter og behov for kapital.

Men Norges særdeles gunstige posisjon med driftsoverskudd og ledig kapital som andre land misunner oss, kan her by på en unik mulighet. En massiv nasjonal satsing med investeringer i anlegg for utvikling av alternative energiformer nå, mens andre nasjoner setter mange prosjekter på vent, kan gi oss et relativt teknologisk og kompetansemessig løft som kan redusere avstanden og kanskje ha etablert norsk teknologi i en frontposisjon når globale oppgangstider returnerer og andre lands teknologiinvesteringer igjen tar seg opp.

8.8 Dilemma og interessemotsetninger

Norges historie med ren energi i tiden etter de store vannkraftutbyggingene, kan vitne om et system som er handlingslammet pga. demokratiets spilleregler. Det at "alle" skal høres og at alle innvendinger skal utredes, har medført vegring og sterke hindringer i forhold til det å bygge ut "nye" energikilder her til lands. Med skiftende regjeringer med skiftende ambisjoner, har landet gått i sirkler mens enkelte delstater i USA og flere industrialiserte land har tatt affære og lagt økonomisk og politisk til rette for å utvikle energiforsyning basert på vind og sol. Deres lærekurve på disse energiformene ligger tilsvarende distanse foran norsk kompetanse.

I boka "Rik på Natur - Innovasjon i en ressursbasert kunnskapsøkonomi" (2008) er Havsulprosjektene (jf 7.3) et av casene som diskuteres. "Kontroversen om Havsulprosjektene har langt på vei handlet om ulike aktørers kamp om å definere natur" (ibid 2006:98). Her vises hvordan motstanderne av utbygging har greid å mobilisere for å verne fiskeinteresser, fugleliv og området som turistperle. Har en kommune først sagt nei til et prosjekt, har NVE liten mulighet til å overprøve en slik avgjørelse.

Norge er et land der naturvern er viktig, avslagene på to av Havsulprosjektene viser at det er et sterkere argument enn energibehov og arbeidsplasser.

Vindkraft møter en del motstand her i Norge fordi det kommer i konflikt med friluftsinnteresser og ødelegger turist- og kulturlandskap. Regjeringens ankepunkt når de skal gi tilsagn til fylkesplaner for energi, er at nye utbygginger ikke må true biologisk mangfold. Vindkraft kommer ofte i klemme mellom miljøvern og bærekraftighet, noe som artikkelen "Vindkraft i Norge: fra ulønnsom til miljøfiendtlig teknologi" (Bye, Solli 2007) tydelig viser fra de debattene som har vært.

Møreforskning har også sett på vindkraft fra et samfunnsøkonomisk perspektiv, det som kommer fram, er blant annet at det er den visuelle effekten ved vindkraft som vektlegges. Rapporten viser fra studier i Danmark og utbyggingen ved Horns Rev samt på Harøy i Møre og Romsdal, at det er en viss villighet til å betale for å unngå å bli direkte berørt av vindmøller (Hervik og Bræin 2006). Kanskje det aller beste personlige bidrag en lokalbefolkning noen sinne kunne få mulighet til bidra med i "klimakampen", er nettopp det å akseptere synet av en vindmølle eller en vindmøllepark i horisonten?

Andre føringer som legges, er at ny fornybar energi må komme lokal næring og industri til gode, og at det i seg selv er et positivt bidrag. "EUs økende fokus på å redusere CO₂-utslippene samt styrke forsyningssikkerheten, representerer markedsmuligheter for Norge" (Aune og Sørensen, 2007:15).

Gassdebatten i Norge regnes som spesiell, men det har nok sammenheng med den norske energisituasjonen. Vi har mye vannkraft, og vannkraften har symbolsk rolle som "gullstandard" (Næss, 2007). Næss viser hvilke debattgrep som benyttes for å styrke sine synspunkter av de ulike grupperingene som går fra å være støttespillere for behov om kraft til at de i motsatt ende mener at gasskraft er unødvendig. Mellom disse står de som ser muligheter i ny teknologi, deriblant Bellona.

8.9 Veien videre

Hva kan/bør så iverksettes for at Vestlandet skal bli "Europas grønne kraftsenter"? Ut fra det som er omtalt i rapporten, kan noen forslag til svar være:

1. Bygge videre på alle de lokale initiativene vi har innen fornybar energi
2. Oppgradere vannkraften og kraftnettet
3. Omstille den store kompetansebasen vi har innen olje, gass og offshore til å bli like sterk også innen grønn energi
4. Bruke gassnodene (Kårstø etc.) på Vestlandet til spissområder for teknologiutvikling for å gjøre svart sektor grønnere
5. Sørge for at CO₂-fangstprosjektet på Mongstad lykkes tidsmessig, teknologisk og kommersielt
6. Bygge ny infrastruktur for gass, varme, CO₂, inkludert el-kabler til sokkelen og kontinentet
7. Bli svingprodusent for el til Europa
8. Bli ledende på vindkraft offshore
9. Utvikle FoU-miljøene på Vestlandet til å bli ledende på klima og fornybar energi
10. Innføre et klimaprisregime som stimulerer til utvikling av grønn kraft nå

Det er imidlertid ingen enkel vei frem for å nå slike mål. I det foregående har vi forsøkt å illustrere noen av mulighetene så vel som realistske og tildels komplekse utfordringer og spørsmålsstillinger som tvinger seg inn i dette løpet.

Rapporten viser hvordan situasjonen er for Vestlandet i dag og at det er ulike og koblede valg som kan gjøres. Det nytter ikke å satse på isolerte områder, for eksempel offshore vindmøller, om en ikke samtidig kraftig utvider kapasiteten for overføring av elektrisitet, med de økonomiske, miljø- og naturvernsmessige slag og ubehag dette totalt sett kan innebære. Om Vestlandet virkelig ønsker å bli en viktig eksportør av miljøvennlig energi, teknologi og kompetanse, må økonomisk tunge så vel som politisk sammensatte og tildels upopulære tiltak besluttes og gjennomføres, nå.

Vedlegg

Vedlegg 1: Referanser

- Aune M. og K.H. Sørensen (red) 2007- *Mellom klima og komfort – utfordringer for en bærekraftig energiutvikling*. Trondheim: Tapir akademisk forlag
- Bjørndalen, J. & al 2007 *Norge som svingmaskin – rapport utarbeidet av EC group for EBL*.
- Bye, R. og J. Sollie 2007 Vindkraft i Norge: fra ulønnsom til miljøfiendtlig teknologi (s. 105-124) i Aune M. og K.H. Sørensen (red) 2007- *Mellom klima og komfort – utfordringer for en bærekraftig energiutvikling* Trondheim: Tapir akademisk forlag
- Enova, 2007. *Potensialstudie av havenergi i Norge*. Oppdragsrapport utført av SWECO Grøner, ECON og Kjeller Vindteknikk for Enova SF. <http://www.enova.no/minas27/publicationdetails.aspx?publicationID=266>
- Hanson, J., 2008 – Fra silisium til solceller – fremveksten av norsk solcelleindustri i *Rik på natur. Innovasjon i en ressursbasert kunnskapsøkonomi* J. Hanson og O. Wicken (red) Fagbokforlaget.
- Hervik, A og L. Bræin, 2006. Et samfunnsøkonomisk perspektiv på vindkraft – Vindkraftutbygging og arealkonflikter. Rapport 0601, Møreforskning
- Lyse Elnett, 2007. Kraftsystemutredning for Sør-Rogaland 2007 – 2030. Hovedrapport. Lyse Elnett. <http://www.lysenett.no/getfile.php/www.lysenett.no/Utreninger/Kraftsystemutredning-2007-hovedrapport.pdf>
- NVE, 2003. *Bioenergiressurser i Norge*. Oppdragsrapport 7/2003 utført for NVE av KanEnergi AS og NLH. <http://www.nve.no/FileArchive/210/oppdragsrapportA7-03.pdf>
- NVE , 2004. *Elproduksjon basert på biobrensler. Teknisk-økonomisk potensial*. Oppdragsrapport 1/2004 utført for NVE av KanEnergi AS. <http://www.nve.no/FileArchive/210/oppdragsrapportA1-04.pdf>
- NVE, 2007. *Vindkraftpotensialet utenfor norskekysten (offshore)*. Rapport 1/2007. http://www.nve.no/FileArchive/224/Rapport%2011_03.pdf
- Næss, R, 2007. Teknologiens melankoli? Debatten om gasskraft i Norge 1997-2004 (s 85-104) i Aune M. og K.H. Sørensen (red) 2007- *Mellom klima og komfort – utfordringer for en bærekraftig energiutvikling* Trondheim: Tapir akademisk forlag
- OED, 1998. *Energi- og kraftbalansen mot 2020*, NOU 1998:11 <http://www.regjeringen.no/nb/dep/oed/dok/NOU-er/1998/NOU-1998-11.html?id=141308>
- OED, 2008. *Thorium som energikilde – Muligheter for Norge*. Rapport fra et utvalg satt ned av Olje- og energidepartementet. <http://www.regjeringen.no/upload/OED/Rapporter/ThoriumReport2008.pdf>
- Reve, T. 2007. 15 år med klyngestudier – hva har vi lært? Kapittel i *Kunnskap, næringsutvikling og innovasjonspolitik* O. R. Spilling red. Bergen. Fagbokforlaget.
- Reve, T og K. Roland, 2003. Høsting eller kompetansebasert vekst. *Energi Norges fremtid. Høsting eller kompetansebasert vekst* - Oslo. Universitetsforlaget
- Reve, T. og E.W. Jacobsen, 2001. *Et verdiskapende Norge*, Oslo: Universitetsforlaget
- Thele, F. 2008 Vindkraft i motvind – kontroversen om Havsul-prosjektene i *Rik på natur. Innovasjon i en ressursbasert kunnskapsøkonomi* J. Hanson og O. Wicken (red) Fagbokforlaget.

Referanser til data fra nett og nettsider:

Aker Verdal -

<http://www.akersolutions.com/Internet/AboutUs/AkerKvaernerGroup/GroupStructure/FieldDevelopmentEurope/AkerVerdal.htm>

CO2Bergen.no - www.co2bergen.no

Energi21 – www.energi21.no

Enova – www.enova.no

Fornybar.no, en informasjonsressurs for fremtidens energiformer – www.fornybar.no

Hammerfest Strøm - www.hammerfeststrom.com

Lyse – www.lyse.no

NifuStep- www.nifustep.no

Norsk Venture - www.norskventure.no

NorSun – www.norsuncorp.no

NVE – www.nve.no

Ramm, Hans Henrik. Kommentarer ang. ONS 2008: www.offshore.no/nyheter/newspick.aspx?qcat=46

Regjeringen - www.regjeringen.no

Statens forurensingstilsyn - www.sft.no

Statistisk sentralbyrå – www.ssb.no

Stavanger Aftenblad "Bygger vannkraft for havmøller på land" - www.aftenbladet.no Publisert 02.07.2008 08:24

Smartgrids www.smartgrids.no

StatoilHydro www.statoilhydro.com

Stortinget - www.stortinget.no

Støtteordninger for fornybar energi i Europa – 2008 Rapport utarbeidet av Econ Pöyry -

http://www.regjeringen.no/nb/dep/oed/dok/rapporter_planer/rapporter/2008/stotteordninger-for-fornybar-energi-i-eu.html?id=515243

Teknisk Ukeblad: "Norge tjener på klimaendringer", publisert 25.06.2008, <http://www.tu.no/energi/article169242.ece>

Vedlegg 2: Tre metoder for fangst av CO₂

Post combustion: CO₂ fanges fra røykgassen i et separat anlegg etter forbrenning. Den eneste metoden som i dag er kommersielt tilgjengelig og som også er aktuell løsning for kraftverkene på Kårstø og Mongstad. CO₂-anlegget er atskilt fra kraftverket og kan således monteres i ettertid. Siden prosessen er nødt til å håndtere enorme avgassmengder, blir det ikke optimalt å bygge anlegg for å fange inn all CO₂. Det er dessuten en utfordring med avfallet som kommer fra nedbryting av amin i prosessen, samt at det slippes ut aminer til luft.

Pre combustion: Naturgass og damp reformeres til hydrogenrik syntesegass som gjør at CO₂ fanges før det hydrogenrike brenselet brennes i gassturbinen. Dette er moden teknologi som kan bygges nå, og reformeringsanlegget kan benyttes til å produsere mer syntesegass (for eksempel hydrogen) enn det som kraftverket trenger. I tillegg er det en ren prosess med lite utslipp av kjemikalier. Men et slikt anlegg er kostbart med høy grad av prosess- og varmeintegrasjon, noe som igjen er utfordrende å drifte.

Oxy-fuel: Naturgass brennes i gassturbinen sammen med ren oksygen som er separert fra luft i et eget anlegg. Røykgassen fra turbinen vil kun inneholde CO₂ og vanndamp og CO₂ kan da skilles ut ved nedkjøling av eksosen. Hele prosessen er relativt enkel, gir ingen utslipp av CO₂ eller kjemikalier, og fangstanlegget blir mye mindre enn ved full 'post combustion'. Luftseparasjon for å skaffe oksygen er velkjent teknologi, men meget energikrevende. Pr. i dag er en utfordring at det ikke er tilgjengelig storskala gassturbinteknologi som kan brenne naturgass direkte med oksygen.

Post-combustion er den eneste av metodene der CO₂-fangst skjer uavhengig av kraftverket. Dette gjør at kraftverket kan driftes selv om det er stans i CO₂-anlegget, noe som kan være viktig for forsyningssikkerheten.