GASSMAKS

Utredning av behov for nasjonal satsing på forskning for økt verdiskaping fra naturgass gjennom industriell foredling

Endelig rapport

15. august 2006

Fra referansegruppemøtet 2006-03-29. Bakerste rad: Thore Westermoen, Kirsten Broch Mathisen, Bjørg Andresen, Johan-Arnold Johansen, Sigurd Skogestad, Nils Røkke, Ole Henrik Ellestad. Midterste rad: Heide Merethe Eidet, Unni Olsbye, Hans Roar Sørheim, Hogne Hongset, Ole Børge Yttredal. Første rad: Klaus J. Jens, Rolf Ødegård, Steinar Kvisle, Eirik Normann

Overordnet oppsummering

Den foreliggende rapporten utreder behovet for en nasjonal satsing på forskning for økt verdiskaping fra naturgass gjennom industriell foredling. Innholdet og anbefalingene er basert på en omfattende dialog med sentrale norske industriaktører og forskningsmiljø. Det er gjort en vurdering av å opprette et nytt forskningsprogram med varighet åtte til ti år. Forslaget til forskningsprogram er gitt arbeidstittelen GASSMAKS og har den overordnede målsetningen: "Økt verdiskaping i naturgasskjeden".

Prioriterte tema i GASSMAKS er konvertering og bruk av naturgass til plastråstoff, plast, syntesegass, syntetiske drivstoff, energiprosesser, karbonmaterialer, metallurgiske prosesser og næringsstoff som proteiner og fett. Disse temaene har i liten grad vært dekket gjennom offentlig finansiert forskning siden 1993. En slik innretning av GASSMAKS vil gi naturlige grenser til relaterte forskningsprogrammer. Forskning og utvikling knyttet til gasskraft og transport av naturgass ivaretas av andre satsinger.

Rapporten argumenterer for at Norge har to muligheter for å realisere en betydelig verdiskaping basert på industriell foredling av naturgass:

1) Nye og mer effektive foredlingsprosesser basert på vitenskapelige eller teknologiske gjennombrudd
2) Industriell aktivitet som favner en stor del av verdikjeden fra naturgass til produkt for sluttbruker

Disse to mulighetene kan og bør kombineres, og GASSMAKS er innrettet for å stimulere begge. GASSMAKS vil være essensiell for oppnå gjennombruddene som trengs for å realisere mulighet 1).

For å nå målet om økt verdiskaping i naturgasskjeden, trengs en betydelig økning i industriens FoU-innsats i forhold til dagens nivå, samt omfattende investeringer i nye industrianlegg. Sentrale industrielle aktører trekker frem langsiktig sikkerhet for leveranser av naturgass til forutsigbar pris som den viktigste forutsetningen for storskala industriell foredling av naturgass i Norge.

GASSMAKS vil legge et forskningsbasert grunnlag for en miljømessig forsvarlig utnyttelse av norske naturgassressurser. Ved industriell foredling av naturgass vil en stor andel av energien og karbonet fra naturgassen finnes igjen i produktet. GASSMAKS kan føre til vitenskapelige gjennombrudd som muliggjør vesentlig lavere utslipp av klimagasser og forurensinger enn dagens teknologier for gassforedling.

Konklusjoner og anbefalinger:

- Det anbefales å opprette GASSMAKS som et nytt forskningsprogram fra 2007 med varighet 8 – 10 år
- GASSMAKS gis en profil som omfatter både grunnleggende kompetansebyggende forskning og industrielt rettet FoU
- Det anbefales en offentlig innsats på ca. 1,1 milliard kroner over programmets levetid
- Det forventes at GASSMAKS vil utløse tilsvarende bidrag fra industrien
- Norske forskningsmiljøer har grunnlag for og kapasitet til å realisere satsingen
- GASSMAKS vil bidra til at Norge blir en ledende nasjon innen de prioriterte temaer
- GASSMAKS vil sette Norge i bedre stand til å gripe mulighetene som petroleumsressursene i nordområdene byr på.
- På sikt kan GASSMAKS bidra til å utløse industriell foredling av naturgass i Norge med et årlig verdiskapingspotensial på mer enn 10 milliarder kroner

Innhold

Overordnet oppsummering i
Innhold ii
1. Innledning 1
1.1 Utredningens siktemål 1
1.2 Organisering og gjennomføring 1
1.3 Overordnet mål for GASSMAKS 1
1.4 Tidligere utredninger og informasjon om naturgass 1
1.5 Nasjonale forutsetninger for gassforedling 2
1.6 Oversikt over bruk av naturgass i Norge 2
1.7 Oppsummering fra høringsrunde 3
2. Tematiske prioriteringer og avgrensinger 4
2.1 Gass til plastråstoff og plast 4
2.2 Gass til energiprosesser og syntetiske drivstoff 6
2.3 Gass til materialer 9
2.4 Gass til proteiner og andre næringsstoffer 11
2.5 Innretning av og profil for GASSMAKS 12
2.6 Eksisterende programaktivitet med relevans for GASSMAKS 13
3. Miljømessige aspekter 17
3.1 CO_2-håndtering 17
3.2 Andre miljømessige aspekter 18
4. Aktørbildet 18
4.1 Industrielle aktører 18
4.2 FoU aktører 20
5. Finansiering 21
5.1 Forslag til offentlig innsats 21
5.2 Vurdering av interesse for industriell medvirkning 22
5.3 Vurderinger av FoU-aktørenes kapasitet 23
6. Vurdering av verdiskapingspotensial 23
6.1 Betraktninger om mulig omfang av gassforedling i Norge 24
6.2 Verdiøkning for gass til plastråstoff, plast og syntetiske drivstoff 24
6.3 Verdiøkning ved gass til materialer 27
6.4 Verdiøkning ved gass til næringsmidler 27
6.5 Betraktninger om prisutvikling for naturgass 28
6.6 Betydning av betingelser for gassleveranse 29
6.7 Betydning av FoU for verdiskapingspotensialet 29
6.8 Tilleggsverdier ved gassforedling i Norge 29
7. Konklusjoner og anbefalinger 30
Referanser 31
Vedlegg A: Forutsetninger for Tabell 3 32
Vedlegg B: Verdiøkning ved direkte reduksjon av jern 33
Vedlegg C: Utvikling mot et globalt gassmarked og mulige konsekvenser for Norge 34
Vedlegg D: Utredningsmandat 36

1. Innledning

NHD og OED har bedt om en utredning av behovet for en nasjonal satsing på forskning for økt verdiskaping fra naturgass gjennom industriell foredling. Bak dette ligger et politisk ønske om økt bruk av naturgass i Norge. Dette er ikke nytt, og delvis som et resultat av slike ønsker, ilandføres naturgass tre steder langs norskekysten, og to nye ilandføringssteder er under bygging. Norge er Europas desidert største produsent og eksportør av naturgass med nok energi til å dekke hele Norges energiforbruk. Allikevel er andelen naturgass i det norske energisystemet bare ca. 1 % – blant de laveste i Europa.

1.1 Utredningens siktemål

I tråd med utredningsmandatet, gjengitt i vedlegg D, er siktemålet for utredningen å gi en underbygget vurdering og anbefaling om *behovet for organisering av en nasjonal satsing på forskning for økt verdiskaping fra naturgass gjennom industriell foredling*. Satsingen er gitt arbeidstittelen "GASSMAKS".

1.2 Organisering og gjennomføring

Organiseringen av utredningen er beskrevet i utredningsmandatet, vedlegg D. Utredningen ble iverksatt 2006-03-01 med frist for en foreløpig rapport 2006-06-15 og endelig rapport 2006-08-15. Det er avholdt to møter i den eksterne referansegruppen og fire møter i den interne styringsgruppen. Det er gjennomført to seminarer: Ett med representanter for plastverdikjeden og ett med naturgass til bioproteiner og naturgass-materialer som tema. I arbeidet med utredningen har det vært løpende kontakt med industrielle aktører, forskningsmiljø, bransjeorganisasjoner og departement i form av presentasjoner, møter, samtaler og skriftlig korrespondanse. Den foreløpige rapporten ble sendt ut på høring til utvalgte instanser. Avsnitt 1.7 gir en oppsummering av resultatene fra høringsrunden.

1.3 Overordnet mål for GASSMAKS

Det følgende overordnede mål foreslås for GASSMAKS:

Økt verdiskaping i naturgasskjeden

Som en utdypning av dette foreslås:
Gjennom styrket kunnskapsutvikling, næringsutvikling og internasjonal konkurransekraft bidra til økt verdiskaping for samfunnet gjennom industriell foredling av naturgass.

1.4 Tidligere utredninger og informasjon om naturgass

I løpet av de siste fire årene er det gjennomført en rekke studier og utredninger knyttet til mulighetene for bruk av naturgass i Norge. Det finnes derfor en mengde rapporter med mulighetsstudier og analyser om ulike aspekter vedrørende naturgass, blant annet

rapportene 1–12 i den vedlagte referanselisten[a]. Mange av rapportene er tilgjengelige på internett. Deler av denne utredningen er basert på disse rapportene.

For informasjon om naturgass og relaterte forhold utenfor Norge anbefales IEA's *Natural Gas Market Review 2006* [18]. Den offisielle energistatistikken fra myndighetene i USA [20] inkluderer blant annet historikk, informasjon om bruk av naturgass og relevante forskningsaktiviteter både for USA og andre regioner. For ytterligere informasjon om prising av petroleumsprodukter, inklusive naturgass, henvises til referansene [21–23]. Vurdering av fremtidig prisutvikling for naturgass innebærer stor usikkerhet, og for noen av aktørene kan det ligge taktiske overlegninger bak estimatene.

1.5 Nasjonale forutsetninger for gassforedling

De siste årene har det oppstått en klar trend i retning av et globalt marked for naturgass. IEA forventer gjennomgripende endringer i gassmarkedet de neste årene, med blant annet utjevning av gasspriser mellom regioner [18]. Dette medfører endrede forutsetninger for norsk gass, og kan innebære at en del av konklusjonene i tidligere rapporter om innenlandsk bruk av naturgass ikke gjelder lenger. Det er grunn til å tro at prisulempen for norsk gass kan bli vesentlig mindre enn tidligere, noe som kan føre til at det blir flere alternative veier for verdiskaping fra naturgass i Norge.

Henriksen-utvalgets innstilling fra 2001 [1] tok til orde for at den innenlandske bruken av naturgass må økes til et nivå der vi i 2011 bruker 10 % av den norske produksjonen nasjonalt. Ved et slikt nivå kan GASSMAKS legge det forskningsmessige grunnlaget for nye teknologier som øker verdiskapingspotensialet med mer enn 10 milliarder kroner per år. Dette utdypes og begrunnes i kapittel 6.

Det ligger enorme muligheter for verdiskaping for samfunnet knyttet til petroleumsressursene i nordområdene. Snøhvit viser at offentlig satsing på FoU innen utnyttelse av naturgass kan legge grunnlaget for banebrytende teknologier som gir verdiskapende industriell aktivitet i nordområdene. Det er uavklart hvordan gassressursene i nordområdene skal utnyttes. GASSMAKS vil gi kunnskap og teknologi som setter Norge i bedre stand til å gripe fremtidsmulighetene som petroleumsressursene i nordområdene byr på.

For å realisere en økning til 10 % innenlandsk bruk av naturgass, trengs en rekke nye industriprosjekter med totale investeringer på flere titalls milliarder kroner. Vurderinger av forutsetninger og virkemidler for å realisere en slik industriell utbygging ligger utenfor utredningens mandat.

1.6 Oversikt over bruk av naturgass i Norge

Norge har i dag ilandføringssteder for gass på Kårstø, Kollsnes og Tjeldbergodden. Disse forsyner allerede en rekke områder og brukere med naturgass, og nye leveranser er

[a] I den etterfølgende teksten er henvisninger til referansene i vedlegget markert ved tall omsluttet av hakeparenteser […].

planlagt. I 2007 vil gass fra Ormen Lange-feltet føres i land til Nyhamn i Aukra kommune og gass fra Snøhvitfeltet ilandføres til Melkøya utenfor Hammerfest.
På Tjeldbergodden benyttes naturgass til produksjon av metanol og luftgass. I Grenland benyttes ca. 1 150 kilotonn våtgass per år i petrokjemisk industri og til ammoniakkproduksjon. Våtgassen leveres i dag med skip fra blant annet Kårstø. For mer informasjon om gassbruk i Norge henvises det til kapittel 7 i referanse [1] samt til avsnittene 3.3 og 5.1 i referanse [6].

1.7 Oppsummering fra høringsrunde

Forskningsrådet mottok 17 høringsuttalelser om den foreløpige utredningsrapporten av 2006-06-15. Generelt bærer uttalelsene preg av å være godt gjennomarbeidet. Uttalelsene inneholder mange verdifulle kommentarer og spørsmål som har bidratt til å forbedre denne endelige utgaven av rapporten. Forskningsrådet anser responsen i høringsrunden som en bekreftelse av aktørenes interesse for GASSMAKS satsingen.

Et generelt hovedinntrykk fra høringsrunden er at aktørene mener det er et stort behov for en slik satsing. (Uttalelsene fra OED og NHD kommenterer ikke behovet for satsing.) Videre er det bred enighet om den overordnede målsetningen for satsingen. De fleste industrielle aktørene samt forskningsinstitusjonene mener at det foreslåtte finansielle nivået er riktig. Eneste unntaket er Hydro, som mener det kan bli utfordrende å mobilisere tilstrekkelig industrimedvirkning til å forsvare det foreslåtte nivået. De opprinnelige initiativtakerne til GASSMAKS, NHO, LO og Norsk Gassforum, mener at det foreslåtte omfanget er for lavt.

Det fremkommer spørsmål og kommentarer vedrørende tematiske prioriteringer, internasjonal orientering og balanse mellom kompetansebyggende versus næringsrettede tiltak. Det er foretatt noen justeringer av den foreløpige rapporten. Det vil måtte være et hovedansvar for et fremtidig programstyre for en slik satsing å gjøre slike konkrete avveininger.

Hydro har i sin uttalelse pekt på at LNG burde vært inkludert som prioritert tema i GASSMAKS. Gjennom dialog med departementene i vår har Forskningsrådet kommet til at LNG produksjon plasseres under forskningsprogrammet PETROMAKS.

Uttalelsene fra Statoil, Hydro og NTNU kommenterer fremstillingen av verdiøkning for gass til plastråstoff, plast og syntetiske drivstoff i avsnitt 6.2. I forhold til den foreløpige rapporten er fremstillingen omarbeidet fra å vise potensiell verdiøkning for ulike produkter til å vise salgsverdi i markedet. Dette gir en enklere fremstilling, og er i tråd med andre presentasjoner. Gassprisen er estimert til å ligge 20 % under prisen for råolje. Dette er i tråd med langtids trender og prognoser fra litteraturen.

NHD og OED sine høringsuttalelser har spørsmål og kommentarer til resonnementet om at høy gasspris bedrer Norges konkurransesituasjon for foredling av naturgass. I lys av dette er vedlegg C omarbeidet og utvidet. I tråd med forslag fra departementene anbefales det at denne problemstillingen inkluderes blant forskningstemaene i GASSMAKS.

2. Tematiske prioriteringer og avgrensinger

Dette kapittelet beskriver tematiske prioriteringer og avgrensinger i GASSMAKS. Basert på dette drøftes grenseoppganger og koordineringsbehov med relevante forskningsprogrammer.

Det er lagt til grunn fire førende prinsipper for valg av tema i GASSMAKS. Disse er:

1) GASSMAKS innrettes mot forskning knyttet til prosesser for storskala industriell foredling av naturgass. Med storskala menes her at det er grunnlag for en industriell virksomhet med stort verdiskapingspotensial.
2) Naturgass inngår som en vesentlig innsatsfaktor i industriprosessen. Det innebærer at gassforbruket er så stort at nærheten til gassfeltene er av betydning.
3) GASSMAKS skal bidra til å styrke norsk konkurransekraft på det internasjonale markedet innen naturgassbaserte prosesser.
4) Avgrensingene for GASSMAKS utformes med tanke på å unngå at aktivitet flyttes fra et forskningsprogram til et annet.

Ut fra dette foreslås at nedenstående tema inkluderes i GASSMAKS. Disse temaene ble også trukket frem i notatet som denne utredningen bygger på [13].

- Gass til plastråstoff og plast
  - Prosesser og produkter langs plastverdikjeden
  - Utnyttelse av våtgass
- Gass til syntetiske drivstoff og energiprosesser
  - Kjemisk konvertering av naturgass og syntesegass til syntetiske drivstoff
- Gass til materialer
  - Konvertering og bruk av naturgass i metallurgisk industri
  - Naturgass som innsatsfaktor for produksjon av verdifulle materialer
- Gass til proteiner og andre næringsmidler

De ovennevnte temaer skal ikke være til hinder for at GASSMAKS kan støtte opp under gode prosjekter basert på nye oppdagelser og ideer for foredling av naturgass. Her er den overordnede målsetningen *økt verdiskaping i naturgasskjeden* en ledestjerne. Endelige prioriteringer og avgrensinger vil bli foretatt av et fremtidig programstyre for GASSMAKS.

Det har skjedd store endringer i olje- og gassmarkedet de siste årene, blant annet med en tredobling i prisnivå og en trend mot et globalt gassmarked. Dette påvirker markedene for foredlede petroleumsprodukter så vel som konkurransesituasjonen for foredlingsindustrien. Arbeidet med utredningen har avdekket et behov for en bedre forståelse av de komparative fortrinnene som norsk industri vil ha knyttet til foredling av naturgass fremover. Det er naturlig å inkludere dette som en del av forskningsinnsatsen i GASSMAKS.

2.1 Gass til plastråstoff og plast

Verdens forbruk av plast øker hvert år, og vil fortsette å gjøre det. En illustrasjon av veksten kan være følgende: Dersom en legger Henriksen-utvalgets ambisjon om å øke

innenlands bruk til 10 % av Norges gassproduksjon til grunn, rekker dette til ca. ett års vekst i verdens etterspørsel etter plast, dersom all gassen ble benyttet til plastproduksjon[b].

Lette olefiner (eten og propen) fra naturgass er hovedkilden til produksjon av plastmaterialer. Hittil har det vært den delen av naturgassen som kalles våtgass som har vært mest relevant som innsatsfaktor til plastråstoff, men prosesser som tar utgangpunkt i metan opplever stadig større interesse.

Plastmaterialer kan deles inn i standard handelsvarer og spesialplaster. De vanligste standardplastene er polyeten (PE), polypropen (PP), polyvinylklorid (PVC), polystyren (PS) og polyetenftalat (PET). Disse fem plastene koster typisk mindre enn 10 kr/kg og står for mer enn 80 % av verdens plastforbruk. Hovedandelen av spesialplaster koster typisk tre til ti ganger mer enn standard handelsvarer. Disse kan skreddersys til de fleste formål og har derfor et svært stort anvendelsesområde.

2.1.1 Naturgass til plastråstoff

Naturgass består primært av metan, men den inneholder også etan, propan og butan. Frem til i dag har etan og propan konkurrert med nafta fra råolje som råstoff til plastproduksjon. Metan[c] kan også brukes, men da kreves flere prosesstrinn. Tilgang og pris på råstoff er avgjørende for lønnsomheten.

Lette olefiner, spesielt eten og propen, er viktige plastråstoffer og produseres i dag hovedsakelig ved termisk molekylspalting av etan, propan og nafta. En alternativ prosess er katalytisk dehydrogenering av etan og propan, og i noen grad butan. Grunnet prisutviklingen for etan, propan og nafta, er alternative råstoffmuligheter av stor interesse. En aktuell prosess for å produsere olefiner tar utgangpunkt i metanol produsert fra naturgass[d]. Denne kalles metanol til olefiner prosessen (MTO) og er viktig i forbindelse med konvertering av naturgass til mer verdifulle produkter.

I likhet med de fleste andre petrokjemiske prosesser, er katalysatoren[e] et nøkkelpunkt for MTO-prosessen, både med hensyn til produktselektivitet og stabilitet av katalysatoren. En viktig del av videreutviklingen av MTO-prosessen er derfor fundamental forståelse av katalysatoren. Det finnes andre konsepter for produksjon av olefiner fra naturgass der man går veien om tyngre produkter som for eksempel aromater. Dette innebærer flere prosesstrinn, men kostnadene ved dette kan oppveies ved at man får enklere separasjonstrinn.

Olefiner danner også utgangspunkt for vinylklorid og etylklorid produksjon som er viktige plasråstoff for polyvinlylklorid (PVC). Viktige utfordringer her er mer effektive

---

[b] Verdens forbruk av plast har en årlig vekstrate på 6 millioner tonn, tilsvarende omtrent 10 milliarder Sm^3 naturgass.

[c] Metan (CH_4) er hovedbestanddelen i naturgass. Ren metan kalles også tørrgass. I likhet med for eksempel CO_2, er CH_4 et stabilt molekyl. Derfor er det svært utfordrende å bruke metan direkte i petrokjemiske prosesser.

[d] Metanolproduksjon omtales i avsnitt 2.2.1.

[e] Katalysator er en substans som akselererer raten til en kjemisk reaksjon uten selv å bli forbrukt.

prosesser for blant annet å redusere energiforbruket. Videre kan helt nye konsepter for vinylklorid og etylklorid produksjon direkte fra etan gi nye muligheter.

Ut fra dette er viktige FoU-innsatsområder knyttet til bruk av gass til plastråstoff:

- Nye, radikale konsepter for konvertering av metan til petrokjemiske produkter
- Videreutvikling av teknologi for olefinproduksjon, for eksempel MTO
- Nye og forbedrede metoder og konsepter for separasjon av komponentene i naturgass
- Nye, radikale konsepter for fremstilling av olefiner fra våtgass
- Nye konsepter og videreutvikling av eksisterende metoder for å konvertere aromater til olefiner
- Teknologier for konvertering mellom ulike olefiner
- Utvikling av nye katalysatorsystemer for dehydrogenering som er mer aktive, stabile og selektive ved lavere reaksjonstemperaturer
- Nye konsepter for direktekonvertering av etan til vinylklorid og etylklorid
- Nye og forbedrede reaktorteknologier for effektiv storskala produksjon

2.1.2 Prosesser og produkter langs plastverdikjeden

Polymerisasjonsprosessen gir råvarer til plastindustrien, og det er avgjørende å ha en prosess som produserer en råvare med riktige egenskaper i forhold til sluttproduktene. Viktige egenskaper er molekylvekt og -fordeling, forgreninger og kjemisk sammensetning. Disse faktorene gir polymerer med forskjellige egenskaper og ulike bruksområder. For polyolefiner og andre katalytisk fremstilte polymerer er det selve katalysatoren og typen polymerisasjonsprosess som avgjør egenskapene til polymeren. En sentral utfordring er utvikling av katalysatorer og prosesser med mulighet til å designe polymermateriale med spesifikke egenskaper.

Et ferdig plastmateriale inneholder en rekke tilsetningsstoff som er avgjørende for materialets egenskaper. Kunnskap om tilsetningsstoff og deres effekter er derfor sentralt for å oppnå høy verdiskaping i plastverdikjeden. Følgelig er utfordringer knyttet til plastmaterialets egenskaper der plastbearbeidende industri er sluttbruker et tema for GASSMAKS.

Viktige FoU-innsatsområder knyttet til produkter langs plastverdikjeden er:

- Nye og forbedrede metoder og teknologier for styring av polymerstruktur
- Nye polymerisasjonsteknologier der molekyllengde og forgrening kontrolleres
- Ny teknologi for kopolymerisering med funksjonelle monomerer og nye olefiner
- Nye og forbedrede reaktorteknologier for effektiv storskala produksjon

2.2 Gass til energiprosesser og syntetiske drivstoff

Dette temaet omfatter kjemisk konvertering av naturgass til syntetiske energiprodukter som er flytende uten nedkjøling ved atmosfærisk trykk. Eksempler å slike produkter er syntetisk bensin og diesel, samt metanol. Syntetiske drivstoff konkurrerer med drivstoff fremstilt fra råolje. Med bakgrunn i hensyn til miljøet stilles det stadig høyere krav til drivstoff med blant annet strenge begrensinger på innhold av svovel. Dette bidrar til å

gjøre syntetiske drivstoff mer konkurransedyktige fordi de er ekstremt rene i utgangspunktet.

Felles for konverteringsteknologiene som brukes i dag er at syntesegass[f] er det viktigste mellomproduktet. Det er et betydelig potensial for forbedring av eksisterende teknologi, men det er behov for radikalt nye løsninger for å gjøre denne teknologien konkurransedyktig i regioner der en har muligheter for transport av naturgassen til sluttbrukermarkedene.

2.2.1 Metanol

Metanol er blant de viktigste petrokjemiske basisproduktene, og inngår som råstoff i en lang rekke kjemiske prosesser. Et eksempel på anvendelse er metanol til olefiner (MTO) som er omtalt i avsnitt 2.1.1 ovenfor.

Første trinn i dagens prosesser for produksjon av metanolprosesser er konvertering av naturgassen til syntesegass. I likhet med andre prosesser med syntesegass som føde, konkurrerer naturgass med andre karbonholdige energikilder, blant annet kull og biomasse. Råstoffet til syntesegassen påvirker ikke kvaliteten til sluttproduktet. Ved bruk av kull eller biomasse kommer kostnader for rensing av rågassen i tillegg. Allikevel innebærer dette en begrensning i muligheten for verdiøkning av naturgassen ved konvertering via syntesegass.

Det er vanlig å benytte rent oksygen som føde til syntesegassproduksjonen. I slike tilfeller trengs anlegg for luftseparasjon. Investeringskostnadene for dette kan typisk være på samme nivå som for reaktorenhetene. Med dagens teknologier representerer syntesegassproduksjonen en av de største kostnadskomponentene i metanolanlegg. Syntesegass er sentralt i fremstilling av syntetiske drivstoff og er også aktuell i andre petrokjemiske prosesser. En alternativ teknologi er å bruke metallsmelter til syntesegassproduksjon, se avsnitt 2.3.2.

Viktige forskningsmessige utfordringer for metanol:

- Gassrensing
- Nye metoder og løsninger som har potensial til å redusere kostnadene knyttet til luftseparasjon. Luftseparasjon ved destillasjon er en moden teknologi og forbedringer og optimalisering av denne er ikke et tema i GASSMAKS.
- Forbedring av eksisterende prosesser samt utvikling av nye konsepter for syntesegassproduksjon
- Direktekonvertering av metan til metanol

2.2.2 Gass til syntetisk drivstoff: GTL

Gas to liquid (GTL) er en prosess for å konvertere naturgass til flytende drivstoff gjennom Fischer-Tropsch-syntese (FT), se [24]. Fischer-Tropsch-syntese er en katalysert

[f] Syntesegass er navnet på gasser som hovedsakelig består av en blanding av hydrogen og karbonmonoksid i ulike blandingsforhold. Syntesegass brukes i mange kjemiske prosesser, og kan blant annet fremstilles gjennom dampreformering eller partiell oksidasjon av naturgass.

kjemisk reaksjon hvor CO og H_2 konverteres til rettkjedede hydrokarboner. Typiske katalysatorer er basert på jern og kobolt. På samme måte som for metanol, er første trinn i GTL prosessen å omforme naturgassen til syntesegass, se avsnitt 2.2.1. Naturgassen må renses for komponenter som vil forgifte katalysatoren i reaktoren. De fleste FT-reaktorer benytter i dag kobolt-katalysatorer som forgiftes av selv små mengder svovel. Kostnadene for gassrensing er svært avhengige av gassammensetningen. For gass med mye forurensing kan gassrensingen utgjøre betydelige investeringer for et GTL-anlegg.

Karakteristisk for FT-prosesser er at produktet inneholder et spekter av hydrokarboner (alkaner) med varierende molekyllengde. Slurrybaserte reaktorer for FT syntese utviklet på 1990 tallet av blant andre Statoil har mye større kapasitet enn tidligere design. Dette har medført betydelige kostnadsreduksjoner, men fører til større utfordringer i separasjonstrinnet.

Ved bruk av slurrybaserte reaktorer må katalysatormaterialet separeres fra produktene. Mekanisk slitasje bidrar til at det blir dannet finpartikler. Dette er krevende å separere, særlig fordi FT produktene inneholder voks. Forbruk av katalysatormateriale og omfattende separasjonsprosesser bidrar til økte utgifter for GTL-prosesser.

Ut fra dette er viktige FoU-innsatsområder knyttet til bruk av gass til flytende drivstoff:

- Fischer-Tropsch-reaktorer: høy selektivitet til voks for så å hydrocracke til diesel i etterfølgende trinn
- Kostnads- og energieffektiv produksjon av syntesegass
- Separasjon av produkter

2.2.3 Naturgass til energiprosesser

Dette prioriterte området omfatter forskningsoppgaver knyttet til prosesser hvor naturgass brukes til energiformål i direkte tilknytning til industriell foredling. Eksempler på slike prosesser kan være tilførsel av varme til kjemitekniske prosesser og metallurgiske prosesser. Inkludert i dette er forskning knyttet til tilhørende teknologiutvikling, for eksempel gassbrennere.

Det finnes analoge satsinger forskningsprogrammene RENERGI, Climit og MAROFF. Det som skiller de ulike satsingene er hvilken sammenheng energiprosessen inngår i. Som beskrevet i avsnitt 2.6 nedenfor, fører dette til naturlige og hensiktsmessige grenseoppganger mellom programaktivitetene på dette området.

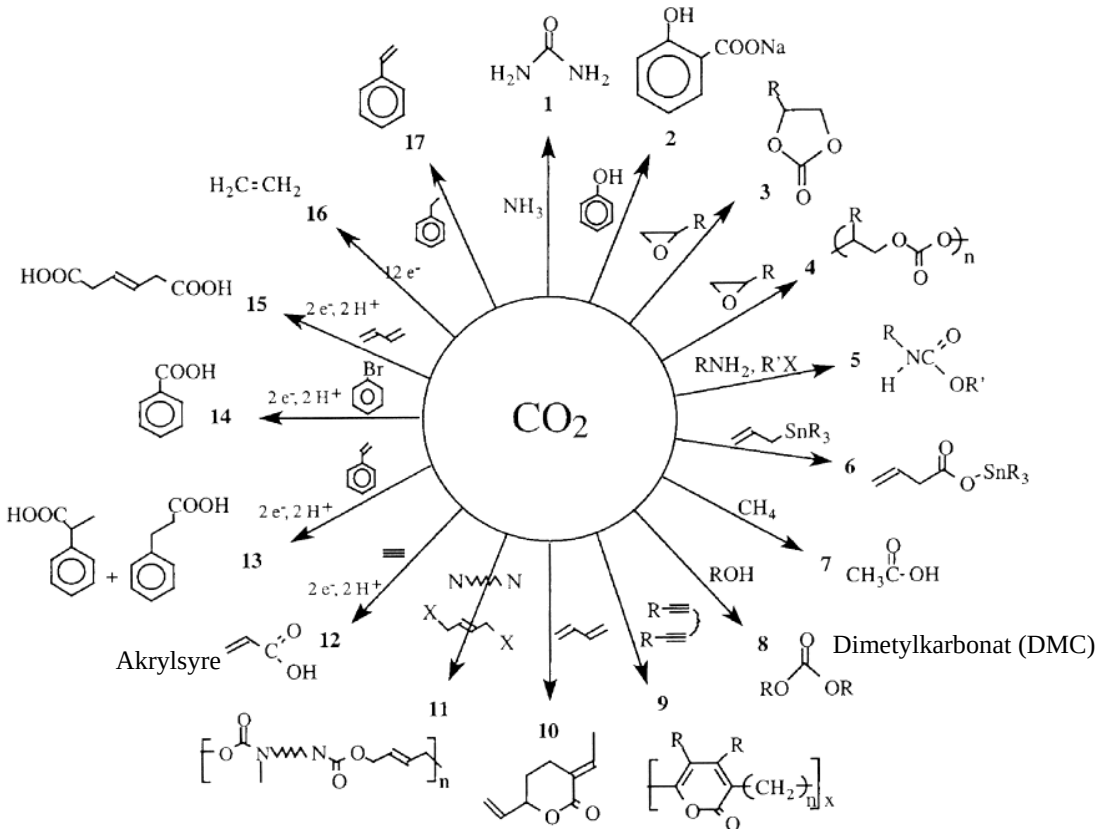
2.2.4 Innovative prosesser og produkter

Med tanke på en langsiktig styrking av norsk konkurransekraft innen naturgass-baserte prosesser er det viktig å fokusere på nye, innovative prosesser og produkter basert på naturgass. Dette har også relevans til petrokjemiske produkter. Som illustrasjon nevnes her to interessante områder:

1. Direkte funksjonalisering av alkaner, herunder metan, uten å gå veien om syntesegass eller olefiner. Syntesegassleddet representerer i dag en vesentlig del av investeringskostnadene i et metan-til-metanol-anlegg. Prosesser som kan overflødiggjøre syntesegassleddet er derfor kommersielt interessante. I de senere

år er flere alternative ruter for direkteomdanning av metan til verdifulle produkter publisert i åpen litteratur. Andre tilnærminger er under utvikling ved norske universiteter og institutter. GASSMAKS skal stimulere til enda flere ideer og bidra til at de beste ideene kommersialiseres.

2. Kjemisk konvertering av CO_2 til verdifulle produkter. Eksempler på slike prosesser er gitt i Figur 1 nedenfor. CO_2 er selv et stabilt produkt, og slike prosesser er derfor energikrevende. Integrering av prosessene med andre, energiproduserende prosesser er ønskelig.



Figur 1: Illustrasjon som viser 17 kjemiske prosesser hvor CO_2 er innsatsfaktor for å lage verdifulle kjemikalier [27]. Produkt nr. 8 er dimetylkarbonat og produkt nr. 12 er akrylsyre. Disse omtales også i avsnitt 3.1, CO2-håndtering.

2.3 Gass til materialer

Begrepet "gass til materialer" omfatter her konvertering og bruk av naturgass i metallurgisk industri og naturgass som råmaterial for produksjon av høyverdige karbonprodukter.

2.3.1 Konvertering og bruk av naturgass i metallurgisk industri

Naturgass blir hovedsakelig brukt på to forskjellige måter i metallurgisk industri – som *reduksjonsmiddel*[g] ved produksjon av metall fra malm og oksid eller som *energikilde* for oppvarming og varmebehandling av metallurgiske reaktorer og produkter.

Gassbasert fremstilling av jern i Europa opplever en renessanse da denne nå fremstår som en billigere og mer miljøvennlig produksjonsmetode enn koksbasert fremstilling[h]. Her ligger et stort verdiskapingspotensial for Norge, for eksempel i et samarbeid med svenske produsenter av jernmalm. Denne potensielle verdiskapningen må også ses i perspektiv av Norge som en betydelig eksportør av legeringer for stål og som importør av stålprodukter mot offshore-sektoren. En viktig betraktning er også de klare mulighetene for energieffektivisering ved integrering av gasskraftverk og svampjernsverk.

Utvikling og produksjon av solceller er et viktig satsningsområde for norsk industri. Naturgass gir tilgang på superrent karbon, noe som er en viktig forutsetning for å fremskaffe rent silisiummetall til denne industrien og for å utvikle mere effektive solceller. Norge kan styrke sin posisjon i dette markedet med økt forskningsinnsats.

I det siste har også bruk av naturgass innen aluminiumelektrolyse blitt aktuelt. Energiproduksjonen ved forbrenning av karbon i anoder erstattes med forbrenning av naturgass. Fordelene med denne prosessen er mange, blant annet reduserte utslipp av CO_2 per enhet aluminium, reduserte utslipp av polyaromatiske hydrokarboner (PAH), redusert energiforbruk og lavere elektrodekostnader.

Det forskes også på produksjon av aluminium ved karbotermisk reduksjon av aluminiumoksid til aluminium. I denne prosessen vil i en kombinasjon av kraftproduksjon og karbonproduksjon fra naturgass kunne gi et billigere metall og mulighet for fangst av CO_2 fra prosessen. Dagens aluminiumprosess er en betydelig bidragsyter til CO_2 utslipp.

Områder for betydelig forskningsinnsats bør være:

- Integrasjon og kombinasjon av metallurgiske og andre gassanvendelser, for eksempel kraftproduksjon i integrerte anlegg
- Utvikling av såkalte “value-added” svampjernsprodukter i samarbeid mellom jern- og stålprodusenter og ferrolegeringsprodusenter
- Videreutvikling av naturgassanoden for aluminiumelektrolyse
- Videreutvikling av konsepter for karbotermisk reduksjon av aluminiumoksyd til aluminium

---

[g] Med reduksjonsmiddel menes her utnyttelse av karbonets og hydrogenets evne til å separere metallatomer fra oksygenatomer

[h] På grunn av økningen i internasjonale kull- og kokspriser samt reduserte kostnader til CO_2 kvoter på grunn av halvert CO_2 utslipp per produsert jern

2.3.2 Metallurgisk teknologi til ikke-metallurgiske formål

Metallurgiske prosesser kan utnyttes til å produsere produkter som i utgangspunktet ikke regnes som metallurgiske. For eksempel kan metallurgisk teknologi brukes til produksjon av syntesegass fra metan. Effektiv syntesegassproduksjon er kritisk for å kunne utnytte tørrgass til petrokjemiske prosesser (se avsnittene 2.1 og 2.2 ovenfor).

En metallsmelte med høy karbon-løselighet (for eksempel jern) kan brukes som reaksjonsmedium for metan, noe som gir en nesten fullstendig omsetning av naturgassen til karbon-monoskid (CO) og hydrogen (H_2). En fordel ved å bruke metallsmelten, er at man kan oppnå det forholdet mellom CO og H_2 som man ønsker ved å tilsette smelten karbon fra kull eller andre hydrokarboner.

Viktige forskningstema er:

- Optimalisering av smelteprosesser for produksjon av syntesegass med forskjellige H_2/CO-forhold.
- Bruk og destruering av "hydrokarbonavfall" i smelteprosesser for syntesegassproduksjon

2.3.3 Råmaterial for høyverdige materialer basert på gass

Naturgass er en attraktiv kilde for rent karbon. Karbon er en viktig ingrediens i fremstilling av en lang rekke avanserte materialer. Det er en økende etterspørsel etter karbon av stadig høyere renhet. Naturgass kan spaltes til hydrogen og karbon. Dette karbonet er ekstremt rent og kan benyttes blant annet som høyverdig reduksjonsmaterial og i form av grafitt og karbonfiber til fremtidens konstruksjonsmaterialer.

Grafitt og karbonfiber vil fylle ulike roller som et lett, bestandig og sterkt materiale som også har i seg muligheten til å erstatte blant annet stål og betong for en rekke formål. Som reduksjonsmaterial vil det fremme utviklingen av nye prosesser for produksjon av for eksempel solcellesilisium. Både som lett konstruksjonsmateriale og som rent reduksjonsmiddel vil karbon medføre betydelige miljøforbedringer og gevinster. Det er særlig innen to områder det er behov for forskning:

- Bedre og flere alternative prosessruter fra gass til hydrogen og karbon
- Større innsats for å kunne styre og manipulere karbonstrukturen og gitterveksten ved spalting av gass til karbon og hydrogen

2.4 Gass til proteiner og andre næringsstoffer

Naturgass kan bli en viktig innsatsfaktor til produksjon av næringsstoffer som for eksempel proteiner og lipider. På lang sikt kan dette gi grunnlag for en betydelig industriell aktivitet.

Et eksempel er Norferm, som har bygget en kommersiell bioreaktor på Tjeldbergodden for produksjon av protein fra naturgass. Slike protein kan utnyttes som fôr i havbruksnæringen, samt som mulig fôrtilsetning og til mattilsetning. Dagens situasjon er at eierne av Norferm besluttet å avslutte driften av selskapet i 2005 som følge av svake

økonomiske resultater. Statoil er i dag eneeier av Norferm AS og ønsker å bidra til en videreføring av teknologien i et nytt selskap der andre eiere bør være pådrivere.

I rapporten "Norges muligheter for verdiskaping innen havbruk", sies det følgende om dette; "Foreløpig gjenstår det mye innen vi får en prismessig akseptabel produksjon som kan monne i praktisk sammenheng. Dersom dette proteinet kan gis spesielle egenskaper, som for eksempel særlig høyt innhold av lysin og svovelholdige aminosyrer, vil produktet lettere finne lønnsom anvendelse i fôr til husdyr og fisk og til mat."

Viktige FoU-områder i GASSMAKS knyttet til produksjon av næringsmidler fra naturgass er:

- Utvikling av nye prosesser for fremstilling av næringsmidler
- Design og optimalisering av reaktorer og prosesser for effektiv produksjon
- Skreddersy protein til ulike anvendelser, for eksempel ernæring og smakstilsetninger
- Utvikling av nye anvendelser i næringsmiddelindustrien

2.5 Innretning av og profil for GASSMAKS

GASSMAKS skal legge det forskningsmessige fundamentet for å *øke verdiskapingen i naturgasskjeden.* For å realisere dette målet foreslås å skape et sterkt forskningsbasert innovasjonssystem innenfor industriell foredling av naturgass gjennom en kombinasjon av kompetansebyggende og næringsrettede tiltak:

GASSMAKS skal omfatte grunnleggende og anvendt forskning, og stimulere til innovasjon, verdiskaping og kommersialisering

Et viktig tiltak i GASSMAKS vil være en betydelig styrking av grunnleggende forskning innenfor ett eller noen få utvalgte fagområder. Grunnleggende forskning har helt spesielle forutsetninger for å initiere radikalt nye ideer og konsepter. Aktuelle fagområder kjennetegnes ved at det kan komme vitenskapelige gjennombrudd som vil legge grunnlaget for nye foredlingsprosesser med betydelig høyere verdiskapingspotensial enn eksisterende teknologi. Katalyse er et slikt område. Her finnes det fra før en relativt begrenset programaktivitet i forskningsprogrammet KOSK, se avsnitt 2.6.1.

Knapphetsressursen i industriell virksomhet hvor Norge konkurrerer, er tilgang til kunnskap. GASSMAKS vil gi industri og forskningsmiljøer tilgang til personer med kompetanse på høyt internasjonalt nivå innenfor prioriterte områder. Sentralt i en satsing på grunnleggende forskning står et omfattende og ambisiøst doktorgradsprogram. Det kan være hensiktsmessig å organisere den grunnleggende forskningsaktiviteten etter sentermodellen, med inspirasjon fra ordningene med "senter for fremragende forskning" (SFF) og "senter for forskningsdrevet innovasjon" (SFI). Et viktig suksesskriterium er at senteret innrettes for å utvikle nye ideer.

Et annet viktig tiltak i GASSMAKS er forskningsprosjekter hvor industrien bidrar aktivt til kompetansebygging innenfor strategisk viktige områder. Disse prosjektene vil normalt

gjennomføres av et konsortium av flere industrielle aktører og forskningsmiljøer. Dette fremmer samarbeidet innen forskningssystemet gjennom å styrke kommunikasjonskanalene mellom industri og forskningsinstitusjoner. Implementeringen av tiltaket skjer gjennom virkemiddelet "kompetanseprosjekter med brukermedvirkning" (KMB). Slike prosjekter vil ha et betydelig innslag av forskerutdanning som en integrert del av aktiviteten. Dette supplerer doktorgradsutdanningen knyttet opp mot den grunnleggende forskningen og øker tilgangen til høyt kvalifisert personell til forskning og industri innen prioriterte områder.

Det tredje tiltaket i GASSMAKS er industrielt rettet. Virkemiddelet for å implementere dette er "brukerstyrte innovasjonsprosjekter" (BIP). Disse prosjektene har en anvendt profil og det vil være en industriell aktør som er ansvarlig for gjennomføringen. I slike prosjekter stilles det krav til minst 50 % bidrag fra industrien. Dette tiltaket bidrar til at de gode ideene blir foredlet og videreutviklet i retning av kommersiell utnyttelse. Industrien ser ideene og mulighetene skapt gjennom kompetansebyggende aktivitetene etter hvert. Det er derfor naturlig at de industrielt rettede tiltakene får en større tyngde underveis i programmet.

Det kan følgelig forventes en profil med vekt på kompetansebyggende tiltak i den første fasen av programmet, og med en opptrapping av industriell medvirkning gjennom et økende innslag av BIP senere i programmet. Den andelsmessige fordelingen og virkemiddelbruk vil være et viktig anliggende for et fremtidig programstyre for GASSMAKS.

2.6 Eksisterende programaktivitet med relevans for GASSMAKS

I avsnittene som følger er det gitt en kortfattet beskrivelse av andre forskningsprogrammer i regi av Forskningsrådet som har grenseflate mot GASSMAKS. Relevante avgrensinger er beskrevet og samarbeidsmuligheter på tvers av programmer er trukket frem der de er identifisert. Generelt gir den foreslåtte innretningen av GASSMAKS naturlige og tydelige grenseflater mot de relevante programmene.

2.6.1 KOSK

Katalyse og organisk syntetisk kjemi, KOSK (2000–2006) er etablert som en førsteprioritets anbefaling i fagevalueringen av kjemi utført av et internasjonalt panel og etterfølgende nasjonalt fagplanutvalg. Programmet er finansiert med 9,9 millioner kroner fra KD og 5,1 millioner kroner fra OED, og det er foreslått forlenget for en ny periode i budsjettforslaget for 2007. Programmets hovedmål er å gi økt verdiskapning innen norsk kjemisk industri gjennom å styrke den grunnleggende forskning innen de to fagområder basert på de strategiske delmålene:

- Øke antallet kandidater innen katalyse og organisk syntese i Norge for å tilfredsstille industriens og forskningsinstituttenes behov for kvalifisert arbeidskraft, og legge grunnlaget for framtidig ekspansjon og nyetablering innen kjemisk industri.
- Oppnå samvirke mellom forskningsgrupper i Norge, og oppnå økt samarbeid med de internasjonale forskningsmiljøene innen katalyse og organisk syntese.

- Etablere slagkraftige forskningsgrupper innen organisk syntese ved universitetene og ved instituttene.
- Øke verdiskapning av norske petroleumsressurser med spesiell vekt på utnyttelse av naturgassen.

Programmet er delt i organisk syntese og katalyse og har en grunnleggende profil med hovedvekt på doktorgradsutdanning i en prosjektportefølje på 35 prosjekter. Katalyse er sentralt også innen organisk syntese, men de valgte forskningstema er annerledes enn for de deltagende katalysemiljøene. Hovedhensikten er å styrke miljøene i et generasjonsskifte. Det som betegnes katalysedelen og som primært er finansiert av OED andelen, er å styrke allerede meget gode miljøer innen et viktig felt. Denne delen kan være relevant for GASSMAKS innen kompetansebyggende tiltak på utvalgte områder der GASSMAKS planlegges å ha en klarere næringsrettet profil. Følgelig er de to programmene i utgangspunktet komplementære, og en koordinering mellom dem vurderes som uproblematisk.

Katalyseprosjektene er konsentrert på områdene fremstilling og bruk av syntesegass, fremstilling og videreforedling av olefiner og direkte konvertering av metan og lette olefiner. Flere av prosjektene dreier seg om produksjon av syntesegass og hydrogen. Det foretas studier av katalysatorer, reaktorsystemer og reaksjonsbetingelser. Blant annet ses det på hydrogenering av CO, som er en viktig del av fremtidige prosesser for konvertering av naturgass til flytende drivstoffer.

2.6.2 RENERGI: Fremtidens rene energisystem

RENERGI er et viktig virkemiddel for Forskningsrådet til å nå målet om bedre koordinering, større grad av tverrfaglighet og forsterket innsats innenfor energiforskning. Varigheten for programmet er 2004 – 2013. Renergi har 7 prioriterte områder hvor naturgass er ett av disse. Innenfor området naturgass, fokuserer RENERGI på nye muligheter for energiproduksjon og næringsutvikling i den forbindelse. Innsatsen er avgrenset til prosjekter som har relevans til introduksjon av *naturgass i det norske energisystemet*. Det konkrete målet for innsatsen er *nye produkter med eksportverdi for direkte bruk av naturgass,* inklusive brenselceller. Området omfatter også relevant forskning knyttet til småskala produksjon og distribusjon av flytende naturgass, LNG. Porteføljen for dette området i RENERGI er begrenset til et postdoktorprosjekt innen utvikling av mikrogassturbiner.

I likhet med RENERGI har også GASSMAKS direkte bruk av naturgass i energiprosesser som prioritert område. GASSMAKS har en klar grense mot RENERGI ved at innsatsen i GASSMAKS er avgrenset til anvendelser som er direkte knyttet til industriell foredling av naturgass.

2.6.3 Petromaks

Petromaks er Forskningsrådets program for petroleumsforskning, og skal bidra til økt verdiskaping for samfunnet ved at *petroleumsressursene utnyttes optimalt*. I Petromaks sin programplan fra 2005 er det syv delmål. Ett av disse er “Effektivisere transport av gass til marked”. Under arbeidet med utredningen har OED klargjort at dette skal

inkludere innsats knyttet til prosesser for produksjon av flytende naturgass (LNG). Dette medfører en tydelig grenseoppgang ved at kjemisk konvertering av naturgass ligger i GASSMAKS mens flytendegjøring av naturgass ved nedkjøling hører inn under Petromaks.

Det kan ligge faglige synergimuligheter mellom GASSMAKS og FoU knyttet til produksjon av LNG i Petromaks. Dette gjelder blant annet problemstillinger knyttet til gassrensing, gasseparasjon og integrasjon av industrielle prosessanlegg. Et fremtidig GASSMAKS programstyre bør være oppmerksom på de mulighetene for samarbeid med Petromaks som dette innebærer.

2.6.4 Climit

Climit er et offentlig program for satsing på utvikling av miljøvennlige *gasskraftteknologier og løsninger for håndtering av CO_2*. Programmet støtter aktiviteter fra forskning og utvikling til utprøving og demonstrasjon av nye teknologier i industriell regi. Programmet administreres av Gassnova og Norges forskningsråd i samarbeid. Gjennom en offensiv innsats på forskning og innovasjon har norske forskingsmiljøer og norsk industri oppnådd en internasjonalt ledende posisjon innen CO_2-håndtering for gasskraftverk. Dette grunnlaget styrker Norges mulighet til å bli en ledende nasjon innen miljøvennlig foredling av naturgass til mer verdifulle produkter.

Industriell foredling av naturgass medfører vanligvis utslipp av CO_2, og dette anses som den viktigste miljømessige utfordringen for GASSMAKS. Dette er også omtalt i kapittel 3. Ved foredling av naturgass kan utslippene av CO_2 prinsipielt deles inn i utslipp fra prosessanlegget og utslipp knyttet til produksjon av elektrisiteten som trengs for å drive anlegget. Denne inndelingen markerer grensen mellom GASSMAKS og Climit.

Det forventes at det største bidraget fra GASSMAKS knyttet til CO_2-håndtering vil være å legge grunnlaget for mer effektive foredlingsprosesser for naturgass. En tilleggsstrategi for å bedre CO_2-regnskapet ved gassforedling er produksjon av verdifulle produkter hvor CO_2 er en innsatsfaktor. En viktig utfordring her er å identifisere produkter som har et volummessig markedspotensial som står i forhold til de aktuelle mengdene CO_2. For disse områdene vil det ikke være overlapp mellom Climit og GASSMAKS.

En mulig problemstilling i GASSMAKS kan være innfanging av CO_2 fra delprosesser i foredlingsanlegget. Her vil de teknologiske mulighetene og tilhørende forskningsmessige utfordringene ha mye til felles med Climit. Forskningsoppgaver knyttet til CO_2-innfanging som er spesifikke for foredlingsprosesser for naturgass som ikke dekkes av Climit, er relevante for GASSMAKS.

Det kan ligge muligheter for miljømessige og økonomiske gevinster i å integrere industrianlegg for foredling av naturgass og gasskraftverk. Forskningsoppgaver i skjæringslinjen mellom miljøvennlig gasskraftteknologi og foredlingsprosesser for naturgass er et aktuelt område for samarbeid mellom GASSMAKS og Climit. Det anbefales at et fremtidig programstyre for GASSMAKS gjør nærmere vurderinger av mulighetene for samarbeid på utvalgte områder og formen for slikt samarbeid.

2.6.5 MAROFF: Maritim virksomhet og offshore operasjoner

Forskningsrådets innovasjonsprogram "Maritim virksomhet og offshore operasjoner", MAROFF har som mål å stimulere til FoU som bidrar til å øke lønnsomheten, konkurransekraften og veksten i maritim sektor. FoU-innsatsen i MAROFF programmet konsentreres om fem satsingsområder. Én av satsingene har akronym INNOGAS, og dreier seg om økt verdiskaping i knyttet til norsk naturgass. Begrunnelsen for denne satsingen er at maritime aktører kan bidra vesentlig til måloppnåelsen.

I denne sammenheng ser MAROFF spesielt etter prosjekter der *maritime konsortier kan lede framdriften av nye og innovative anvendelser for naturgass.* Relevante anvendelser av naturgass som trekkes frem i MAROFF sin programplan er transport av gass med skip, prosessering av gass på flytende anlegg og gass som drivstoff for skip og offshore innretninger. Disse eksemplene faller utenfor GASSMAKS sine prioriterte områder.

Innretningen på MAROFF sin satsing innen naturgass innebærer at det finnes tydelige kjennetegn for anvendelsesområdet og aktørbildet for å identifisere relevante prosjektinitiativ. Grenseflaten mellom GASSMAKS og MAROFF vurderes som hensiktsmessig og naturlig. Det anbefales at et fremtidig programstyre for GASSMAKS gjør en nærmere vurdering av synergimulighetene i grensesnittet mot MAROFF, og ser på samarbeidsmuligheter mellom programmene i lys av dette.

2.6.6 Nanoteknologi og nye materialer - NANOMAT

NANOMAT er et av Forskningsrådets store programmer. Nanoteknologi er arbeid på atomært og molekylært nivå for å designe, fremstille, manipulere og anvende materialer, komponenter og systemer med nye mekaniske, funksjonelle og biologiske egenskaper. Målet for satsingen er å styrke grunnleggende kompetanse for å legge grunnlag for et nytt kunnskapsbasert og forskningsintensivt næringsliv og gi en bærekraftig fornyelse av etablert norsk industri. Programmet løper foreløpig i perioden 2002–2008, og er finansiert av Fondet for forskning og nyskapning, Kunnskapsdepartementet og Nærings- og handelsdepartementet.

I NANOMAT's programplan er det syv delmål. To av disse innebærer at programmet har en grenseflate mot GASSMAKS. Det ene av disse er: "Legge grunnlaget for nytt kunnskapsbasert og forskningsintensivt næringsliv og økt verdiskaping basert på nye produkter og ny teknologi innen sensorer og smarte materialer, mikroteknologi, ny energiteknologi, ny miljøteknologi, ny prosessteknologi". Det andre delmålet som har relevans for gassmaks er: "Utvikle en nasjonal materialteknisk kompetansebase som grunnlag for en bærekraftig fornyelse av etablert norsk industri: - teknologi for prosess-effektivisering, rensing, gjenvinning og resirkulering - økt verdiskaping fra nasjonale olje- og gassressurser". En gjennomgang av siste tildelingsrunde i NANOMAT viser at 4 av 10 tildelinger til brukerstyrte prosjekter ligger innenfor energi og miljø, samt konvertering av naturgass.

Forskningsrådet arbeider for tiden med en nasjonal strategi for nanovitenskap og nanoteknologi. Planen skal anbefale tiltak til Forskningsrådet, universitets- og høgskolesektoren og departementene. Det foreligger et høringsutkast av rapporten

“Nasjonal strategi for nanovitenskap og nanoteknologi”. Denne har energi og miljø som det viktigste tematiske satsingsområdet og grenseflate- og overflatevitenskap og katalyse som et sentralt kompetanseområde. Konvertering av naturgass er et viktig anvendelsesområde.

NANOMAT er i sin natur et svært tverrfaglig program, med grenseflater inn mot flere andre forskningsprogrammer. Administrasjonen av programmet legger stor vekt på aktiv koordinering og samarbeid med andre forskningsprogrammer. Et eksempel er samfinansiering med forskningsprogrammet Funksjonell genomforskning – FUGE. Et annet eksempel er at NANOMATs bidrag til kommersialisering av FoU-resultater gjennom programmet FORNY, der FORNY lyser ut støtte til forsknings- og utdanningsinstitusjoner som vil kommersialisere resultatene av sin nano- og materialteknologiske forskning.

Det er behov for koordinering og store muligheter for samarbeid og synergi i grenseflaten mellom GASSMAKS og NANOMAT. Det er viktig at et fremtidig programstyre for GASSMAKS diskuterer og avklarer grenseoppganger og drøfter samarbeidsmuligheter i forhold til NANOMAT.

3. Miljømessige aspekter

Ved utnyttelse av naturgass er det en rekke miljømessige utfordringer. Det er i dag en stor bekymring for betydelige endringer i jordens klima på grunn av menneskeskapte utslipp av gasser med drivhuseffekt. Norge har gjennom Kyotoavtalen forpliktet seg til betydelige reduksjoner i utslipp av drivhusgasser i forhold til dagens nivå. Håndtering av CO_2-utslipp til atmosfæren anses som den viktigste miljømessige utfordringen ved en storstilt satsing på industriell foredling av naturgass i Norge. Som beskrevet i avsnitt 3.1, gir industriell foredling av naturgass reelle muligheter for å kombinere økt verdiskaping med CO_2-håndtering.

Gassforedling medfører også utslipp av forurensende stoffer til luft, vann og jord. Videre er det en risiko for negative miljømessige konsekvenser ved uønskede hendelser. Dette er omtalt i avsnitt 3.2.

3.1 CO_2-håndtering

Ved bruk til energiformål vil karbonet i naturgassen gå inn i atmosfærens CO_2-kretsløp hvis man ikke gjør spesielle tiltak for å håndtere karbonet gjennom innfanging og lagring. Generelt medfører slik CO_2-håndtering økt energibruk og økte kostnader. Ved industriell foredling av naturgass er karbonet vanligvis en vesentlig komponent i sluttproduktet. For andre aktuelle prosesser, slik som naturgass til direkte reduksjon av jern, er utslippet av CO_2 vesentlig lavere enn for alternative prosesser.

For de fleste foredlingsprosessene er det mulig å realisere CO_2-håndtering gjennom utvikling av prosesser med redusert energibruk i forhold til dagens teknologier. Det er også en sterk industriell driv for en slik utvikling, fordi det samtidig gir konkurransefortrinn gjennom reduserte kostnader til råmaterialer. GASSMAKS innrettes

slik at det støtter opp under en slik utvikling. Dette er særlig viktig i en situasjon med høye gasspriser.

Industriell foredling av naturgass skiller seg vesentlig ut fra bruk av naturgass til energiformål ved at det er mulig å utvikle *karbonnøytrale* prosesser. Med karbonnøytral menes at karbonet i naturgassen som ble brukt i produksjonsprosessen finnes igjen i de foredlede produktene. For at karbonregnskapet for foredlingsprosessen skal være gunstig, er det også viktig at virkningsgraden er høy. Høy virkningsgrad innebærer i praksis at en stor andel av energien i naturgassen finnes igjen i produktene. Dette betyr at det ved industriell gassforedling er det sammenfall mellom høy verdiøkning og et gunstig karbonregnskap. En naturlig konsekvens av dette er at CO_2-håndtering inngår som en integrert del av satsingen, primært gjennom FoU som bidrar til mer energieffektive foredlingsprosesser.

Gjennom Climit-programmet er det allerede et operativt offentlig virkemiddelapparat for FoU- og demonstrasjonsprosjekter knyttet til gasskraftverk med CO_2-håndtering. Dette programmet støtter relevante aktiviteter knyttet til hele CO_2-kjeden fra innfanging, transport og lagring. Det ligger godt til rette for koordinering og samarbeid mellom Climit og et GASSMAKS. I flere av foredlingsprosessene for naturgass produseres CO_2 i ren form som en naturlig del av prosessen. En mulighet for å bedre CO_2-regnskapet er å bruke CO_2 som innsatsfaktor i foredling til verdifulle produkter[i]. Hvis det finnes infrastruktur for transport og lagring av CO_2 kan det også være et kostnadseffektivt supplement til CO_2-innfanging fra gasskraftverk.

3.2 Andre miljømessige aspekter

For industriell foredling av naturgass er andre miljømessige aspekter enn utslipp av CO_2 knyttet til utslipp av forurensinger til luft og jord. Noen aktuelle forurensinger er:

- Prosessutslipp av NO_X, SO_X og hydrokarboner
- Diffuse utslipp av hydrokarboner, blant annet aromater og klorerte hydrokarboner
- Forurensinger separert ut fra naturgassen, herunder svovel og tungmetaller
- Utslipp i forbindelse med uønskede hendelser

Disse utslippene anses som håndterbare gjennom alminnelig regulering og konsesjoner om utslipp. På samme måte vurderes risikoen for negative miljøkonsekvenser som følge av uønskede hendelser som håndterbar gjennom gjeldende lovgivning og regulering.

4. Aktørbildet

4.1 Industrielle aktører

Det er i dag et lite knippe industrielle aktører i Norge som er aktive innen industriell foredling av naturgass i stor skala. Disse er Statoil, Hydro, Yara, Elkem og Borealis. Alle

[i] Det finnes mange muligheter for bruk av CO_2 som innsatsfaktor til fremstilling av verdifulle produkter, se Figur 1. Fremstilling av akrylsyre fra CO_2 og eten samt produksjon av dimetylkarbonat (DMC) fra metanol og CO_2 er eksempler på prosesser som vurderes som interessante av industrielle aktører i Norge.

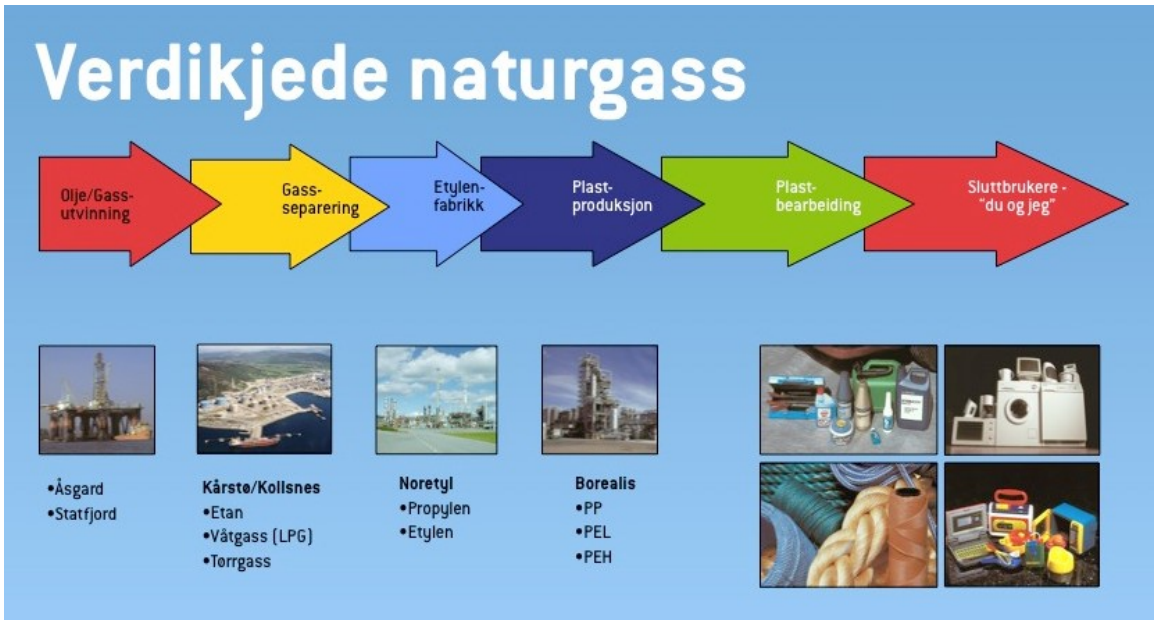
disse har et omfattende forskningsengasjement innenfor prioriterte tema i GASSMAKS. En stor del av denne aktiviteten skjer i samarbeid med universitets- og instituttsektoren.

Norge i dag har begrenset industriell aktivitet knyttet til en del av de prioriterte temaene i GASSMAKS. Det er allikevel verd å merke seg at norsk industri har en internasjonalt ledende teknologiposisjon innenfor noen av disse områdene. Et eksempel på dette er at Statoil er blant de ledende industrielle aktørene innen teknologi for produksjon av syntetisk drivstoff, GTL. Dette er av strategisk betydning ved at det gir fortrinn på den globale industrielle konkurransearena. Et annet eksempel er at Hydro er internasjonalt ledende innen metanol-til-olefiner (MTO) prosessen. Disse eksemplene har særlig relevans her fordi opphavet til teknologiene kan spores direkte tilbake til den forrige store satsingen på forskning innen prioriterte temaene i GASSMAKS, nemlig Statlig program for utnyttelse av naturgass (SPUNG).

Norge har i dag fire betydelige produsenter av plast og plastråstoff:

- Borealis polymeriserer eten, propen og andre olefiner
- Hydro Polymers lager VCM av klor og eten og polymeriserer VCM til PVC
- Reichhold produserer polyestere
- Brødrene Sunde polymeriserer styren til bruk i ekspandert polystyren (EPS)

Verdikjeden for foredling av naturgass plastmaterialer er illustrert i Figur 2. GASSMAKS er relevant for bedrifter lenger ut i plastverdikjeden ved at prosesser og produkter langs plastverdikjeden er et prioritert område i programmet, se avsnitt 2.1.2.



Figur 2: Verdikjeden ved foredling av naturgass til plast. Kilde: Borealis

Store aktører innen tradisjonell metallurgisk industri i Norge er Elkem, Hydro, Falconbridge og Fesil. En illustrasjon av relevans til GASSMAKS er bruk av naturgass som varmekilde for å oppnå høyere produktkvalitet ved Hydros anlegg på Karmøy. Et annet eksempel er et felles FoU initiativ av Elkem og Statoil hvor en ser på en

kombinasjon av aluminiumsfremstilling, produksjon av karbon og hydrogen fra naturgass og produksjon av elektrisk kraft med CO_2 fangst.

4.2 FoU aktører

I norske universiteter, høgskoler og forskningsinstitutter er det seks fagmiljøer med omfattende aktivitet og ledende kompetanse innen prioriterte områder for GASSMAKS. Disse er fordelt på 17 faggrupper, lokalisert i Oslo, Bergen, Trondheim og Porsgrunn. Tabell 1 gir en oversikt over disse miljøene, med antall personer knyttet til dem.

Tabell 1: Størrelse på faggrupper innenfor prioriterte fagområder for GASSMAKS (estimert). For noen av faggruppene er det totale antall tilsatte større enn angitt nedenfor. Årsaken til dette er at de har aktivitet som ligger utenfor prioriterte tema i GASSMAKS.

Institusjon	Faggruppe	Vit. ansatte	Postdoc	PhD	Katalyse og syntese	Polymerkjemi og - fremstilling	Prosess- og reaktor-teknologi
UiO Kjemisk institutt	Katalyse	**3**	**3**	**11**	**X**		
	Kvantekjemi	**1**	**0**	**1**	**X**		
	Polymerer	**5**	**3**	**3**		**X**	
NTNU	Katalyse	**5**	**3**	**18**	**X**		
	Reaktorteknologi	**2**	**2**	**11**			**X**
	Prosesskontroll	**4**	**1**	**10**			**X**
	Industriell prosessteknikk	**4**	**1**	**6**			**X**
SINTEF Oslo	Prosesskjemi	**17**	**1**	**0**	**X**		
	Polymerkjemi	**10**	**0**	**0**		**X**	
	Polymer- og komposittmaterialer	**7**	**0**	**0**		**X**	
SINTEF Trondheim	Katalyse	**8**	**0**	**0**	**X**		
	Kjemiteknikk	**17**	**0**	**0**			**X**
	Gassteknologi	**11**	**3**	**0**			**X**
UiB	Kvantekjemi	**2**	**0**	**4**	**X**		
	Katalyse	**1**	**2**	**5**	**X**		
Høgskolen i Telemark og Tel-Tek	Prosess- og reaktorteknologi	**6**	**0**	**5**			**X**
Total		**103**	**19**	**74**			

I tillegg til faggruppene listet i Tabell 1 eksisterer det andre faggrupper, for eksempel ved NTNU, UiB, UiS og ved forskningsinstitutt som IFE, CMR, IRIS og SINTEF, hvor det er betydelig aktivitet, kompetanse, ressurser og interesse innen områder som er relevante for GASSMAKS satsningen.

Utover dette har industriaktørene Statoil, Hydro, Borealis og Elkem egne forskningssentre, med omfattende aktivitet og kompetanse på høyt internasjonalt nivå innen prioriterte tema i GASSMAKS.

5. Finansiering

Vurderinger av det finansielle behov er her basert på et estimat av prosjektporteføljen for et forskningsprogram som skissert ovenfor. Det er gjort en vurdering av grunnlaget for støtteverdige prosjektsøknader innenfor hvert av hovedtemaene beskrevet i kapittel 2. Det understrekes at denne type vurderinger delvis er basert på skjønn og følgelig inneholder en grad av usikkerhet.

I dette arbeidet er det lagt til grunn at begrensende faktorer for det mulige omfanget av GASSMAKS er:

- Relevante industrielle partnernes vilje og evne til medvirkning gjennom økonomiske bidrag og egeninnsats av ulike slag.
- FoU-aktørenes nåværende kapasitet og ressursgrunnlag knyttet til aktuelle tema samt deres muligheter til en utvidelse av aktivitetsnivået.

Avsnitt 5.2 og 5.3 gir en nærmere omtale av disse to faktorene.

5.1 Forslag til offentlig innsats

Tabell 2 gir et forslag til offentlig innsats ut fra estimater av grunnlaget for aktivitet innenfor hvert av de fire prioriterte temaene i GASSMAKS. Fordelingen er brukt for å konkretisere grunnlaget for aktivitet, og er ikke ment som en tentativ allokering av midler til de enkelte tema. Estimatene er primært basert på vurderinger av industriens evne og vilje til medvirkning ut fra dagens situasjon. Grunnlaget for disse estimatene er indikasjoner fra industrien om interesse for forskningsprosjekter og signaler fra forskningsmiljøene.

Tabell 2: Finansielt behov, beløp i millioner kroner

Tema	**Oppstartsår 2007**	**Full drift 2008 – 2016**
1) Plastråstoff og plast	15	40
2) Syntetisk drivstoff	20	40
3) Materialer	10	30
4) Bioprotein	5	10
Total	**50**	**130**

De mest konkrete signalene foreligger i form av søknader om å etablere sentra for fremragende forskning (SFI). Forskningsrådet mottok to søknader som i sin helhet ligger innenfor de prioriterte temaene for GASSMAKS, og to andre søknader hvor anslagsvis halvparten av aktiviteten er relevante for GASSMAKS. Søknadene dokumenterer at industrien er villig til å bruke store ressurser i form av kontantbidrag og egeninnsats inn mot en FoU satsing som går over åtte år. Hovedstyret i Forskningsrådet har i sitt møte den 15. juni vedtatt at det skal etableres 1 SFI som i sin helhet ligger innenfor de prioriterte temaene for GASSMAKS, nemlig “Innovative Natural Gas Processes and Products” med Universitet i Oslo som vertsinstitusjon. Forrige forskningsprogram med en tung offentlig innsats innen de prioriterte områdene i GASSMAKS var Statlig program for utnyttelse av naturgass (SPUNG). Dette programmet gikk i perioden 1987 –

1993. Det har altså gått 13 år siden forrige satsing, og det er trolig en av grunnene til at det er vanskelig å anslå det industrielle grunnlaget for aktivitet med sikkerhet. Denne usikkerheten taler for en forsiktig start av programmet, med opptrapping etter hvert som en ser responsen fra de industrielle aktørene og forskningsmiljøene.

Forskningsrådets har erfaring for at det tar typisk tre år å fase inn et nytt forskningsprogram. For at GASSMAKS skal nå sine mål er det viktig at programmet får frem gode prosjekter gjennom å være en krevende konkurransearena. Som nevnt i avsnitt 2.5 foreslås en profil på programmet med vekt på kompetansebygging og ide-utvikling i første fase og tyngre industrimedvirkning underveis i programmet.

5.2 Vurdering av interesse for industriell medvirkning

Det er en forutsetning at hovedvekten av prosjektene i GASSMAKS (antydningsvis 70 – 80 %) har en betydelig økonomisk medvirkning fra industrielle aktører. Selv for de store industriselskapene krever beslutninger om forskningssatsinger av den størrelse det her er snakk om en solid strategisk forankring og en realitetsbehandling av konkrete prosjektinitiativ. Slike prosjektinitiativ oppstår vanligvis som respons på en utlysning av forskningsmidler. Dette er den grunnleggende begrensningen for hvor spesifikk vurderingene av mulig omfang kan være på dette stadiet.

Høringsuttalelsene til den foreløpige GASSMAKS rapporten gir noen holdepunkter for å vurdere industriens vilje til medvirkning. I uttalelsen fra Elkem heter det blant annet: *"Vi synes anbefalingen fra NFR om en oppstart i 2007 med 25 mill. er for beskjeden. De signaler vi har i eget selskap og hos våre samarbeidspartnere (Statoil, Alcoa) er at potensialet er så stort at det må settes av mer i 2007. Vår anbefaling er 75 mill. NOK i 2007."*

I sin høringsuttalelse skriver Statoil blant annet: *"Basert på de meget gode erfaringene med SPUNG (som for Statoil resulterte i egen GTL teknologi, som nå demonstreres i et storskala demonstrasjonsanlegg i Sør-Afrika, og Statoil/Linde LNG teknologien som nå tas i bruk på Snøhvit), og den lange perioden etter SPUNG med liten eller ingen nasjonal satsing på gassforedling, finner Statoil at tiden nå er overmoden for en ny nasjonal satsing innen dette området. Statoil gir derfor herved en klar og sterk støtte til utredningens hovedkonklusjon om at det lenge har vært et behov for en nasjonal satsing på forskning for økt verdiskaping fra naturgass gjennom industriell foredling, og at det derfor bør opprettes et stort, langvarig forskningsprogram i NFR med tittel: "Gassmaks". (…) Statoil finner den foreslåtte rammen på 130 MNOK til å være fornuftig. For a sikre en tilstrekkelig rask opptrapping mot et aktivitetsnivå som understøtter den sterke ambisjonen for Gassmaks, mener Statoil at det beløp som er foreslått for 2007 i brevet som ble oversendt i forbindelse med høringsrunden (25 MNOK) er for lavt. Rammen for 2007 bør derfor økes til 40-50 MNOK (…)."*

Ved utlysning av næringsrettede forskningsprogram er det vanligvis en tilsiktet virkning at det dannes konsortier bestående av flere industrielle partnere og FoU-aktører. Prosjekter med en kompetansebyggende profil (KMB) vil kunne ha bredt sammensatte konsortier, ofte med konkurrerende industriaktører. De mer brukernære prosjektene (BIP)

vil typisk ha mindre konsortier bestående av industrielle samarbeidspartnere sammen med en eller et fåtall FoU-institusjoner. Dannelsen av konsortier gir en tilleggsdimensjon til vurderingene av mulig omfang. Som utdypet nedenfor, bidrar ikke dette nødvendigvis til å øke usikkerheten i estimatene av mulig omfang.

5.2.1 Samtaler med industrielle aktører

Flere sentrale industrielle aktørene signaliserer åpent at de har som intensjon om å medvirke i GASSMAKS hvis det får en innretning som beskrevet ovenfor. Selv om slike signaler om engasjement ikke er forpliktende, har de en reell betydning. Da de industrielle aktørene befinner seg i en konkurransesituasjon, er deler av informasjonen om deres langsiktige forskningsstrategi og prioriteringer av fortrolig art.

I den fasen arbeidet med GASSMAKS er nå, anses bilaterale samtaler med sentrale industrielle aktører som det viktigste grunnlag for å vurdere industriens reelle vilje og evne til å medvirke til forskningsprosjekter innenfor programmets prioriterte tema. Som en konsekvens av dette har samtaler med aktuelle industrielle aktører vært en viktig del av utredningsarbeidet.

5.3 Vurderinger av FoU-aktørenes kapasitet

Som et bakteppe for denne vurderingen er det tatt høyde for at FoU-aktørene i utgangspunktet er positive til nye offentlige forskningsprogram. Det er imidlertid et klart inntrykk at FoU-aktørenes kapasitet samsvarer godt med omfanget av mulig aktivitet indikert av de industrielle aktørene. Hovedårsaken til dette er at de industrielle aktørene har god og til dels svært god innsikt i de aktuelle FoU miljøenes kompetanse og aktiviteter, og har inkludert relevante kapasitetsvurderinger i sine uttalelser.

6. Vurdering av verdiskapingspotensial

Ved industriell foredling av naturgass kan det oppnås meget store økonomiske og miljømessige gevinster gjennom å forbedre virkningsgraden[j] for foredlingsprosessene. Et delmål for GASSMAKS er å bidra til forbedrede delprosesser som legger grunnlaget for bedre kjedevirkningsgrad. Katalyse peker seg ut som et område hvor vitenskapelige gjennombrudd kan legge grunnlaget mer vesentlig forbedrede foredlingsprosesser. Hvis en lykkes med dette, kan GASSMAKS føre til en økning i verdiskapingspotensialet ved foredling av naturgass i Norge på mer enn 10 milliarder kroner per år. Dette utdypes i avsnitt 6.7.

Ved foredling av naturgass har investeringskostnader og driftskostnader stor betydning for lønnsomheten til prosjektene. GASSMAKS legger et grunnlag for å redusere disse kostnadene gjennom økt forståelse for fenomenene og prosessene i foredlingsanleggene. De industrielle aktørene vil legge stor vekt på lønnsomhetshensyn i sine FoU prioriteringer og på den måten bidra til at ideene som løftes frem av GASSMAKS har et kommersielt potensial.

---

[j] Virkningsgraden er energimengden i produktet relatert til energimengden i føden (naturgass). Energibruk knyttet til transport er ikke inkludert.

6.1 Betraktninger om mulig omfang av gassforedling i Norge

For Norge innebærer selv de mest offensive planene for innenlands bruk av naturgass at en begrenset andel av den produserte gassen brukes i Norge. I dag eksporteres ca. 99 % av naturgassen som ikke går til re-injeksjon eller til å drive offshore kraftbehov og komprimering. I et scenario hvor Norge eksporterer 90 % av naturgassen beholdes den nåværende hovedprofilen med vekt på eksport av gass. Samtidig innebærer det en formidabel industriell utbygging basert på bruk av naturgass i Norge.

Det forventede årlige salgsnivået for norsk naturgass vil være 120 milliarder Sm^3 fra omkring 2010 [19]. En ambisjon om 10 % innenlands bruk av gass innebærer dermed et årlig forbruk på 12 milliarder Sm^3/år. Med dagens gasspris estimeres salgsverdien[k] av dette ved salg til en industrikunde i Europa til 19 – 27 milliarder kroner. Det er naturlig å vurdere verdiskapingspotensialet ved innenlands bruk av naturgass opp mot dette.

6.2 Verdiøkning for gass til plastråstoff, plast og syntetiske drivstoff

Naturgass er en blanding av ulike komponenter. Naturgass består primært av tørrgass (metan) og varierende mengder våtgass. En blanding av tørrgass og våtgass kalles også *rikgass*. Våtgass består av etan, propan, butaner, pentaner, naturbensin og kondensat i varierende blandingsforhold.

For bruk til energiformål er tørrgass og våtgass tilnærmet likeverdige. Til energiformål er det viktigste fortrinnet til naturgass det lave innholdet av forurensinger. Naturgass gir vanligvis høyere termisk virkningsgrad og lavere utslipp av forurensninger enn andre karbonholdige energikilder.

Som innsatsfaktor til petrokjemisk industri går det et skille mellom tørrgass (metan) og våtgass. Den grunnleggende forklaringen for dette er at metan er et stabilt molekyl, se også avsnitt 2.1.1. Med dagens teknologier er det stor variasjon i verdiskapingspotensialet for de ulike komponentene. For noen tilfeller kan det lønne seg å separere ut våtgassen og konvertere denne til mer verdifulle petrokjemiske produkter, mens tørrgassen eksporteres. Komponentene i våtgassen er etterspurte råstoffer til produksjonen av basisstoffer for petrokjemisk industri, se avsnitt 2.1.1. For tørrgassen innebærer dagens teknologier først konvertering til syntesegass før videreforedling til andre produkter. Siden syntesegass også kan produseres fra kull, biomasse og andre karbonholdige brensler, gir dette begrensninger i verdiskapingspotensialet for tørrgass.

For å estimere verdiøkningen ved foredling av naturgass, er prisen for noen viktige petrokjemiske basisprodukter sammenholdt med prisen for naturgass med samme energimengde. I motsetning til hva som er tilfelle for råolje, skjer en betydelig del av omsetningen av både naturgass og foredlingsprodukter i et lukket marked. Det er derfor viktig at tallunderlaget er representativt for det reelle prisnivået. Det er også lagt vekt på at estimatene skal være gyldige for de siste 3 – 4 årene, hvor det har vært en betydelig økning i petroleumsprisene. Som grunnlag for vurderingene er det innhentet data fra en

[k] Med gasspris på 160 – 230 øre/Sm^3.

rekke kilder. Ved å sammenholde dataene vurderes usikkerhetene i underlagsmaterialet til å være små nok til å forsvare en overordnet vurdering av verdiskapingspotensialet for noen petrokjemiske basisprodukter og syntetisk diesel (GTL).

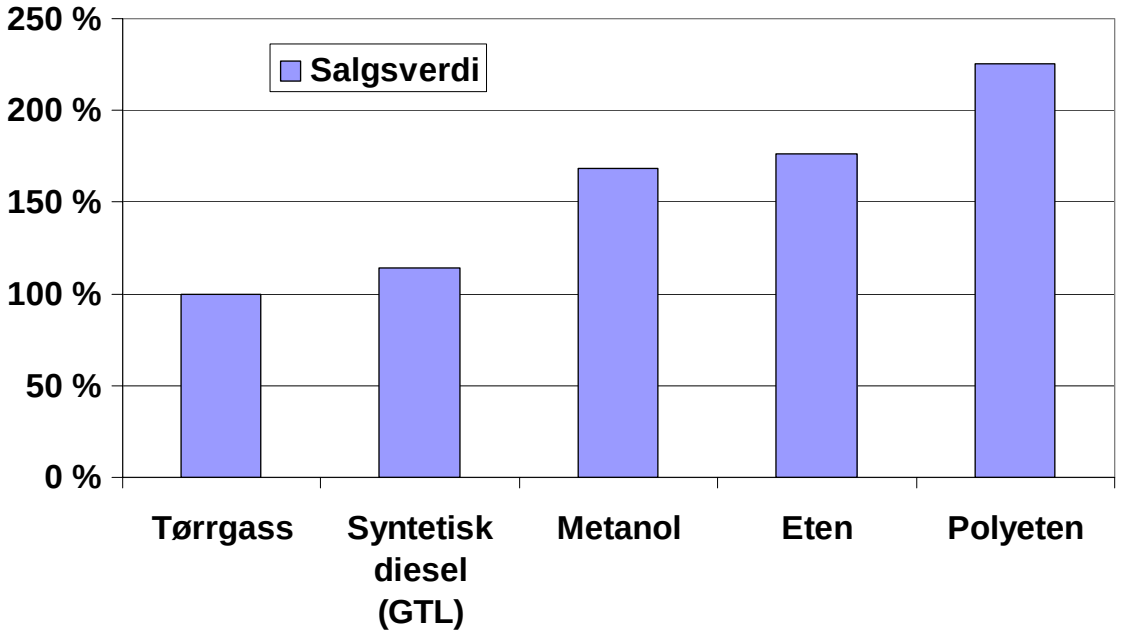
For å estimere verdiøkningen ved foredling av naturgass til et gitt produkt må virkningsgraden for prosessen inkluderes. Den angir hvor mye energi det er i det foredlede produktet i forhold til føden (naturgass). Teknologi, sammensetning av råvarer, sammensetning av produkter og integrasjon med andre prosessanlegg er viktige faktorer her. Best tilgjengelig kommersiell teknologi under typiske forhold er lagt til grunn for estimatene av virkningsgrad. Disse estimatene anses som nøyaktige nok for dette formålet.

Tabell 3: Estimat av salgspris ved foredling av naturgass til syntetisk diesel (GTL), metanol, eten og polyeten.

Produkt	**Indeksert pris**[l]	**Virkningsgrad**	**Salgsverdi**[m]
Tørrgass (referanse)			100 %
Syntetisk diesel (GTL)	168 %	68 %	114 %
Metanol	240 %	70 %	168 %
Eten	360 %	49 %	176 %
Polyeten	480 %	47 %	226 %

Tabell 3 gir estimater for salgsverdi ved foredling av naturgass til noen utvalgte produkter basert på data fra litteraturen. Siste kolonne angir estimert salgsverdi i forhold til salg av gassen uten foredling. Salgsverdien er også illustrert i Figur 1. Forutsetningene for tabellen er oppsummert i vedlegg A på side 32.

[l] Indeksert pris er prisen for tørrgass med samme energimengde levert til markedet.
[m] Salgsverdien er det som realiseres ved salg av produktet i markedet. Den beregnes ved å multiplisere indeksert pris med virkningsgraden. Salgsverdien for tørrgass er 100 % per definisjon.



Figur 3: Estimat av salgsverdi i markedet for alternative produkter basert på naturgass. Tørrgass er brukt som referanse med salgsverdi 100 %. Se også Tabell 1.

En viktig forutsetning i Tabell 3 er at naturgass er den eneste innsatsfaktoren som er inkludert. Kapitalkostnader er også av stor betydning for slike anlegg, og estimater av investeringsnivået er åpent tilgjengelige. Utgifter til drift og vedlikehold må også tas i betraktning for å få et mer fullstendig bilde. Det er klare stordriftsfordeler for alle prosessene som er omtalt her. Videre kan det ofte hentes ut betydelige gevinster ved å samlokalisere flere ulike anlegg. Case-studier egner seg godt til å vurdere slike faktorer, men det ligger utenfor mandatet til denne utredningen.

Et viktig delmål for GASSMAKS er forbedring av virkningsgraden for aktuelle foredlingsprosesser, da dette gir direkte utslag i høyere salgsverdi for det aktuelle produktet, og dermed for naturgasskjeden. En illustrasjon på dette er at et teknologisk gjennombrudd som gir en forbedring av kjedevirkningsgraden for polyeten fra for eksempel 47 % til 58 % gir en økning i salgsverdi fra 226 % til 278 %. En mulig måte å oppnå bedre virkningsgrad, er mer direkte reaksjonsveier til for eksempel metanol eller andre petrokjemiske basisprodukter. Dette krever satsing på FoU innen katalytisk konvertering av metan som foreslått i avsnitt 2.2. Andre måter er å øke virkningsgraden ved utvikling av mer effektive katalysatorer og energieffektive prosesser.

Tabell 3 indikerer at verdiskapingspotensialet ved konvertering av gass til syntetisk diesel (GTL) er sammenlignbart med salg av naturgassen. Dette stemmer med at GTL ofte vurderes som et alternativ til LNG. Kostnaden for naturgass har en betydelig innflytelse på konkurranseevnen til GTL i forhold til konvensjonelle drivstoff. Hittil har bruken av naturgass som føde til GTL anlegg vært begrenset til såkalt “stranded gas”. Det er en meget stor internasjonal interesse og oppmerksomhet omkring GTL teknologi. En av årsakene til dette er at syntetisk diesel oppnår en høy pris på grunn av økende etterspørsel

etter svært rene drivstoff. Utvikling av slik teknologi i Norge kan gi store internasjonale muligheter for norsk industri knyttet til utvikling av nye gassfelt og tilhørende industri i utlandet.

6.3 Verdiøkning ved gass til materialer

Med gass til materialer menes her metallurgiske prosesser og avanserte materialer basert på naturgass, slik som karbonfiber og "carbon black". Her er det mange muligheter til å utvikle nye prosesser eller å forbedre kritiske elementer i eksisterende teknologier.

Det er foretatt en overordnet vurdering av verdiøkningen ved bruk av naturgass til direkte reduksjon av jernmalm til jern for anvendelse i stålproduksjon, se vedlegg B. Denne vurderingen antyder en mulighet for noe høyere verdiøkning enn for plast og petrokjemi. Tilsvarende indikerer mer detaljerte case-studier at direkte reduksjon av jernmalm og produksjon av "carbon black" har høyere verdiskapingspotensial enn petrokjemi for første foredlingstrinn [14]. Det er flere forutsetninger for å oppnå høy verdiskaping fra et anlegg for direkte reduksjon av jern, blant annet at avstanden til kilden for jernmalmen ikke er for stor. Her kan det være konkrete muligheter for et samarbeid mellom norske og svenske industriaktører, se avsnitt 2.3.1.

Norge har en betydelig metallurgisk industri som er konkurranseutsatt i et internasjonalt marked. Denne industrien kan styrke sin posisjon og øke verdiskapningen gjennom økt forskning på utnyttelse av naturgass til fremstilling av renere og billigere metaller og kompositter. Solceller og silisiummetall til solceller har et betydelig vekstpotensial. Forskning på nye prosesser for fremstilling av aluminium, der avansert bruk av naturgass kan gi oss en økt verdiskapning og styrket industri. Transport av energi fra nordområdene i form av aluminium metall kan være et alternativ til transport av energi som LNG.

Det er opplagt at verdiskapingspotensialet ved produksjon avanserte materialer som karbonfiber er svært høyt. Her er imidlertid tilgang til naturgass en vesentlig mindre sentral forutsetning. Her er det klare analogier til situasjonen for spesialplaststoffer.

6.4 Verdiøkning ved gass til næringsmidler

Næringsmidler fremstilt fra gass representerer både et nytt marked og et nytt produkt. Til forskjell fra øvrige tema i GASSMAKS er en viktig utfordring markedsutvikling for slike produkter. Det er tidkrevende og kostbart å kvalifisere slike produkter for aktuelle markeder.

For å estimere verdiskapingspotensialet er det tatt utgangspunkt i tallunderlag for Norferms prosess for fremstilling av bioprotein. Innsatsfaktorene er primært metan, oksygen, ammoniakk og mineraler. Til produksjonen går det med omtrent 2 Sm^3 metan for å lage 1 kg bioprotein, tilsvarende en gasskostnad på omtrent 4 kroner per kg med dagens prisnivå. Kostnadsnivået for produksjonen er oppgitt til å være i området 7 – 8 kroner per kg. Med det nåværende prisnivået for naturgass og energi er det små muligheter for å redusere produksjonskostnadene.

I dagens marked er verdien for bioprotein i laksefôr 6 kroner per kg mens til fôr for grisunger er verdien 9 kroner per kg. Disse tallene indikerer at mulighetene for verdiskaping ved salg til disse markedene begrensede.

Det er trolig nødvendig å utvikle produkter som kan oppnå en betydelig høyere pris for å oppnå en vesentlig merverdi ved foredling av naturgass til næringsmidler. Som en illustrasjon på dette kan nevnes at produkter fra Norferm har vært omsatt til fermenteringsindustri til priser på opptil 32 kroner per kg.

6.5 Betraktninger om prisutvikling for naturgass

Ingen kan med sikkerhet si hvordan prisutviklingen for naturgass vil bli fremover. Det er imidlertid en utbredt oppfatning at dagens prisnivå kan fortsette eller stige ytterligere [18]. Naturgass brukes til energiformål og som innsatsfaktor i industrielle prosesser hvor det har vært og forventes en jevn økning i etterspørselen på internasjonal basis. Generelt finnes det alternativer til bruk av naturgass. Tilgjengelighet og pris for alternativene påvirker prisdannelsen av naturgass.

På grunn av lav tetthet er naturgass i størrelsesorden ti ganger dyrere å transportere enn olje og kull. Inntil nylig har markedsprisen for naturgass ligget så vidt over kostnadene for å frakte gass over store avstander i flytende form (LNG). Kostnadene ved å transportere naturgass som LNG er omtrent 50 øre/Sm^3. Resultatet av dette er at selv store mengder naturgass har oppnådd svært lav pris hvis de befinner seg langt fra markedene, såkalt “stranded gas”. Anlegg for industriell foredling av naturgass har typisk blitt lagt til slike områder. Siden gassfeltene utenfor kysten av Sør-Norge ligger nært det europeiske gassmarkedet, har det vært krevende å utvikle konkurransedyktige industriprosjekter for foredling av naturgass i Norge.

Prisen på petroleumsprodukter er omtrent tredoblet i løpet 3 – 4 år[n]. Samtidig har teknologiutvikling og økt konkurranse med en trend mot vesentlig større produksjonsanlegg ført til reduserte kostnader for transport av gass som LNG. Gjennom diskusjoner med departementer og industriaktører har det blitt klart at det er et behov for mer kunnskap om hva denne utviklingen betyr for Norge. Det anbefales blant annet å gjennomføre en samfunnsøkonomisk analyse av bruk av naturgass fra et norsk perspektiv, hvor en tar utgangspunkt i den nye internasjonale markedssituasjonen for olje, gass og foredlede petroleumsprodukter. Det foreslås at GASSMAKS bidrar til at slike vurderinger blir gjort.

Vedlegg C på side 34 drøfter muligheten for at dagens høye pris for naturgass kan bidra til at Norge bli mer konkurransedyktig for industriell gassforedling på lang sikt. Høy gasspris gir dessuten fortrinn til anlegg med effektiv utnyttelse av gassen. Her har Norge allerede et fortrinn som kan videreutvikles gjennom GASSMAKS.

[n] I perioden 1986 til 2003 lå prisen for naturgass til industri i Europa og USA i området 60 – 90 øre/Sm^3 mens dagens nivå er 160 – 230 øre/Sm^3.

6.6 Betydning av betingelser for gassleveranse

Ved vurderinger av verdiskapingspotensialet for industriell foredling av store mengder naturgass er prisen for gassen av stor betydning. Generelt gir høy grad av foredling av en vare høy verdiskaping. Bygging av industrianlegg med høy foredlingsgrad innebærer store investeringer. I arbeidet med utredningen har det kommet tydelig frem at industrielle aktørers vilje til å gjennomføre slike satsinger avhenger av *langsiktig sikkerhet for leveranse* samt *forutsigbar pris* for naturgassen[o]. Disse faktorene har også svært stor innflytelse på industriens interesse i å delta et forskningsprogram med fokus på foredling av naturgass.

6.7 Betydning av FoU for verdiskapingspotensialet

Verdikjeden for petroleumsprodukter inklusive naturgass har i lang tid vært innrettet slik at en betydelig andel av inntektene går til industriaktørene som utvinner ressursene fra feltene samt til landene som har ressursene. Dette skyldes blant annet at det er et fåtall land som har petroleumsressurser som gir grunnlag for eksport. De overordnede vurderingene i denne utredningen illustrerer at det er to strategier for at *merverdien* ved foredling av naturgass skal være sammenlignbar med salgsverdien til gassen. Den ene er å forbedre virkningsgraden for foredlingsprosessen slik at man får mer produkt fra en gitt mengde naturgass. Den andre strategien er å gå langt i retning av et produkt til sluttbruker. Disse strategiene forsterker hverandre og kan med fordel kombineres. Gjennom de faglige prioriteringene beskrevet i kapittel 2, søker GASSMAKS å støtte FoU-aktiviteter som bygger opp under begge disse strategiene.

For å illustrere potensialet for skaping av merverdi gjennom industriell foredling, legges igjen til grunn et fremtidig innenlands forbruk av naturgass på 12 milliarder Sm^3. Som eksempel tas det utgangspunkt i videreforedling til plastmaterialet polyeten med dagens teknologi. I Tabell 3 er potensialet for verdiøkning utover den verdien som kan realiseres ved salg av gass estimert til 126 %, altså 24 – 34 milliarder kroner pr. år. Her er ingen andre kostnader enn fødegass inkludert. Kapitalkostnadene er av stor betydning, slik at den reelle verdiøkningen kan være relativt beskjeden når alle kostnader er inkludert.

Avsnitt 6.2 nevner at en forbedring av virkningsgraden fra 47 % til 58 % for konvertering til polyeten gir 23 % økt salgsverdi for samme mengden fødegass. Hvis en antar at kostnader til kapital, drift, vedlikehold etc. er uforandret, medfører dette en **ytterligere verdiøkning** på 10 – 14 milliarder kroner per år. Dette er en konkret illustrasjon på at FoU knyttet til temaene i **GASSMAKS har et verdiskapingspotensial på mer enn 10 milliarder kroner per år**. Slik teknologi vil være svært konkurransedyktig og kan være utløsende for bygging av anlegg for industriell gassforedling i Norge.

6.8 Tilleggsverdier ved gassforedling i Norge

I de foregående kapitlene er verdiskapingspotensialet vurdert ut fra den økonomiske gevinsten ved å foredle naturgass til mer verdifulle produkter. Utover dette kan en

---

[o] Forutsigbar pris betyr i denne sammenhengen ikke nødvendigvis fast pris. Prisen kan knyttes til andre råvarepriser slik som råolje. Bak dette ligger industriens behov for reduksjon av risiko for økonomiske tap.

markant økning av industriell foredling av naturgass i Norge danne grunnlag for annen betydelig verdiskaping, blant annet:

- Kompetanse og teknologi som konkurransefaktor for å sikre eierskap i internasjonale utviklingsprosjekt for utnyttelse av petroleumsressurser og industriprosjekter.
- Betydningen av norsk kompetanse og erfaring med å operere i områder med stor avstand til markedene, kostbare innsatsfaktorer og stor vektlegging av miljøprofil. Her er mulighetene som nordområdene byr på spesielt relevante.
- I et langt perspektiv kan en infrastruktur for industriell foredling av naturgass legge til rette for strategisk samarbeid innen naturgass med andre land, for eksempel Norge, Russland og Storbritannia.

I tillegg kan den industrielle virksomheten tillegges en verdi i seg selv, for eksempel ut fra arbeidsplassene den medfører.

7. Konklusjoner og anbefalinger

- Det anbefales å opprette GASSMAKS som et nytt forskningsprogram fra 2007 med varighet 8 – 10 år
- GASSMAKS gis en profil som omfatter både grunnleggende kompetansebyggende forskning og industrielt rettet FoU
- Det anbefales en offentlig innsats på ca. 1,1 milliard kroner over programmets levetid
- Det forventes at GASSMAKS vil utløse tilsvarende bidrag fra industrien
- Norske forskningsmiljøer har grunnlag for og kapasitet til å realisere satsingen
- GASSMAKS vil bidra til at Norge blir en ledende nasjon innen de prioriterte temaer
- GASSMAKS vil sette Norge i bedre stand til å gripe mulighetene som petroleumsressursene i nordområdene byr på.
- På sikt kan GASSMAKS bidra til å utløse industriell foredling av naturgass i Norge med et årlig verdiskapingspotensial på mer enn 10 milliarder kroner

Referanser

1. *"Ta naturgassen i bruk"* – LO og Arbeiderpartiet 2001
2. *"Innenlands bruk av naturgass mv."* St.meld. nr. 9 2002-2003
3. "OG21 – Oil and Gas in the 21st Century, Norway's technology strategy for value creation on the NCS and enhanced competitiveness in the oil and gas industry", OG21 Strategidokument 2005
4. *"Bruk av naturgass i Norge – samfunnsøkonomiske vurderinger"*, ECON Rapport 2004-017
5. *"Markedspotensialet for bruk av naturgass i Norge"*, ECON Rapport 2004-015
6. *"Naturgass – en generell innføring"*, NVE rapport 12-04
7. *"Landbasert bruk av naturgass – Distribusjons-løsninger"* ENOVA 2003:3
8. *"Gassteknologi, miljø og verdiskaping"*, NOU 2002:7
9. *"Gass i Norge. Vurderinger av alternative løsninger for fremføring av gass til innenlandske brukere"*, NVE rapport 10-04
10. *"Om innovasjonsverksemda for miljøvennlege gasskraftteknologiar mv"*, St.meld. nr. 47 2003-2004
11. *"Industriell utnyttelse av gass. Kartlegging av satsningsområder og forslag til forskningsprogram"*. Prosessindustriens Landsforening, mai 2002
12. *"Industriell utnyttelse av gass"* Sluttrapport Kon- Kraft 2002
13. *"Forslag fra NHO, LO og NGF til et nasjonalt forskningsprogram for økt verdiskaping fra naturgass gjennom industriell foredling:"GASSMAKS""*, *notat presentert for OED, NHD og KD 2005-12-09*
14. *"Commercialization of Marginal Gas fields"*, Joint UNDP/World Bank Energy Sector Management Assistance Sector (ESMAP), Report No. 201/97, 1997
15. DG Energy and Transport Quarterly Review of European Electricity and Gas Prices
16. RWE World Energy Report 2005
17. *"The Relationship Between Henry Hub and WTI Crude Oil Prices: Are Oil and Natural Gas Prices Related?"*, Villar, J., presentation, EIA Energy Outlook and Modeling Conference 2006
18. *"Natural Gas Market Review 2006 – Towards a Global Gas Market"*, OECD/IEA Report 2006
19. *"Energy Policies of IEA Countries – Norway 2005 Review"*, OECD/IEA Report 2005
20. *"Energy Information Administration, Official Energy Statistics from the U.S. Government"*, www.eia.doe.gov
21. *"IEA Oil Marked Report, Public access site"*, omrpublic.iea.org
22. "ENDEX European Energy Derivatives Exchange", www.endex.nl
23. "Energy Information Administration (EIA) Monthly Energy Review (MER)", http://www.econstats.com/fut/xeiam9__m12.htm
24. "Fischer-Tropsch Archive", www.fischer-tropsch.org
25. *"Steel and its Raw Materials: A Global Outlook to 2015 – Volume II"*, Metal Bulletin Research & American Metal Market Research, London, pp 79, 2005
26. *"Future Technologies for Energy-Efficient Iron and Steel Making"*, Beer, J.; Worrell, E. & Blok, K., Annu. Rev. Energy Environ. 23 pp: 123–205, 1998
27. H. Arakawa et al. Chem. Rev. 101 (2001) 953-996.
28. *"LNG and Pipeline Economics"*, James T. Jensen, Presentation at the Geopolitics of Gas, Meeting sponsored by Stanford University and Rice University, Palo Alto, October 17, 2002.

Vedlegg A: Forutsetninger for Tabell 3

1) Prisen på naturgass til industri og kraftsektoren tilsvarer 83 % av prisen for råolje (West Texas Intermediate, WTI) med samme energimengde[p]
2) Prisen for syntetisk diesel (GTL), estimeres til 40 % høyere enn WTI og dermed 68 % høyere enn naturgass med samme energiinnhold.
3) Energiinnholdet i syntetisk diesel (GTL) er ca. 68 % av energien i naturgassen som går med til å produsere den.
4) Estimat av pris for metanol er det dobbelte av råolje pr. energienhet og omtrent lik råolje pr. volumenhet pga lavere energitetthet, se www.methanex.com.
5) Energiinnholdet i metanol er ca. 70 % av energien i naturgassen som går med til å produsere den.
6) Estimat av markedspris for de petrokjemiske basisproduktene eten, propen, butadien og vinylklorid monomer tilsvarer tre ganger prisen på råolje med samme energimengde. Ved produksjon fra våtgass er energiinnholdet i produktet ca. 70 % av energien som tilføres.
7) Estimat av markedspris for plastmaterialene PE, PP og PVC tilsvarer fire ganger prisen på råolje med samme energimengde.

For at estimatene i Tabell 3 skal ha relevans, forutsettes at prisestimatene som ligger til grunn er representative for utviklingen fremover. Det er grunn til å tro at en stabilt høy pris for petroleumsprodukter kan bidra til en større verdiøkning for foredlede produkter hvor tørrgass er viktig innsatsfaktor. Bak dette ligger en antakelse om at høy markedspris for gass kan bidra til at det i fremtiden ikke vil finnes regioner med store mengder tørrgass til svært lav pris, såkalt “stranded gas”. Se også avsnitt 6.5 på side 28.

[p] Se rapportene [15, 18]. Analyser av priser på Henry Hub og West Texas Intermediate for perioden 1989 – 2006 viser at råoljeprisen påvirker gassprisen men ikke andre veien [17].

Vedlegg B: Verdiøkning ved direkte reduksjon av jern

For produksjon av ett tonn direkte redusert jern (DRI) trengs ca. 300 Sm^3 naturgass. Markedsprisen på DRI følger stort sett prisene på høykvalitetsskrap, siden DRI substituerer skrap i stålproduksjon. Gjennomsnittsprisen for HBI (Hot Briquetted Iron, en DRI kvalitet) har de siste 10 år ligget rundt 150 USD/tonn, mens prisen siden 2003 typisk har vært 330 USD/tonn [25]. Energiinnholdet i 1 tonn jern i forhold til dets naturlige tilstand er ca. 6.6 GJ [26], som innebærer en virkningsgrad på ca. 62.5%. Med referanse til beregningsmåten og definisjoner benyttet i Tabell 3 på side 25 gir dette tallverdier som angitt i Tabell 4.

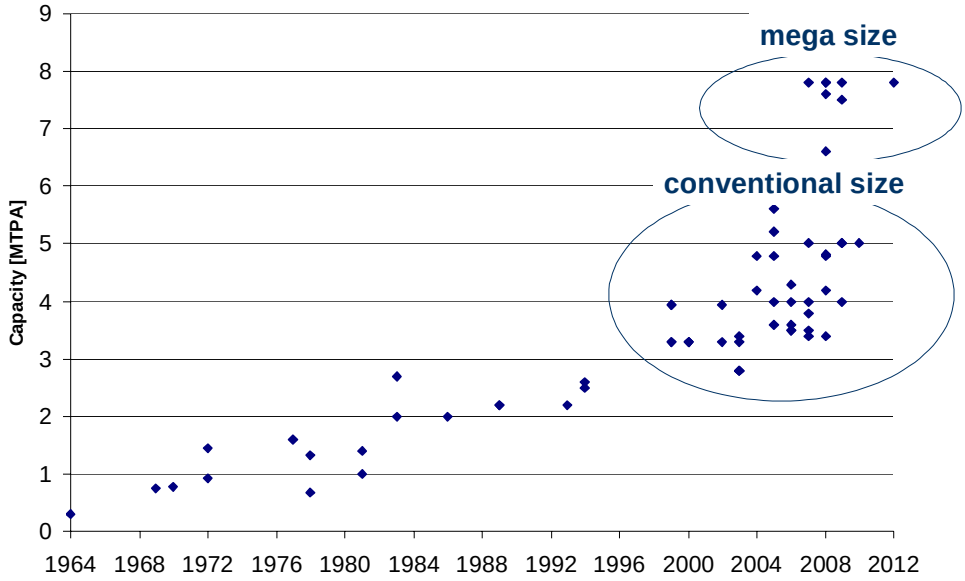
Tabell 4: Estimater av verdiøkning ved bruk av naturgass til direkte redusert jern (DRI)

Produkt	Indeksert pris	Virkningsgrad	Salgsverdi
DRI, lav pris	234 %	62,5 %	146 %
DRI, høy pris	515 %	62,5 %	322 %

Vedlegg C: Utvikling mot et globalt gassmarked og mulige konsekvenser for Norge

Det er en tydelig trend i retning av mindre prisforskjeller for naturgass mellom ulike regioner, se for eksempel IEA's rapport [18], side 89. Etter hvert som dette markedet modnes, forventes det at prisforskjellen for naturgass mellom regionene vil tilsvare forskjellen i transportkostnad. Analyser i litteraturen anslår at dette kan ta omtrent 10 år (fra 2006). Noen drivere bak utviklingen i retning av et fleksibelt marked for naturgass er:

1. Massiv utbygging av produksjons- og transportkapasitet for LNG. Kostnaden for LNG-transport er redusert gjennom økt konkurranse kombinert med en trend mot større produksjonsanlegg (se figur 4), større LNG skip og teknologiutvikling som gir billigere og mer energieffektive LNG anlegg.
2. Høy pris for naturgass. Dette henger sammen med høy råoljepris og at prisen til naturgass forventes å være koblet til råolje i lang fremtid.
3. Jevn økning i global etterspørsel etter naturgass.
4. Økende vektlegging av sikkerhet for forsyning av naturgass.
5. Produksjonskapasiteten i regioner som hittil har vært selvforsynt med naturgass holder ikke tritt med etterspørselen.



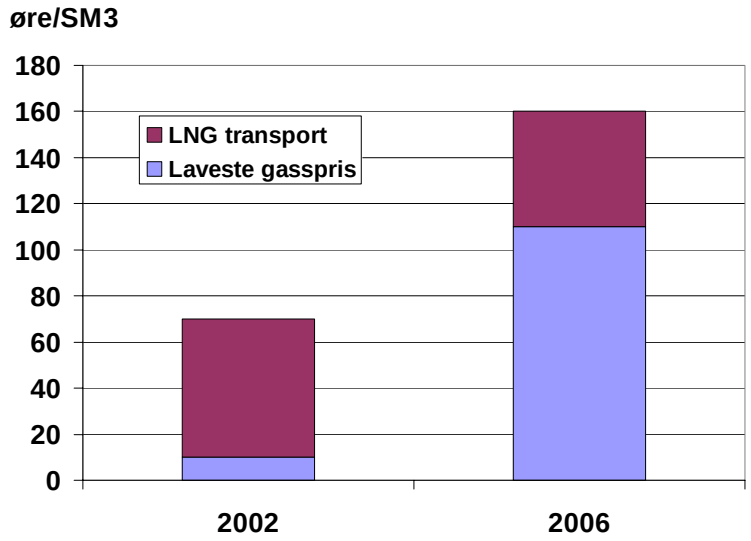
Figur 4: Historisk utvikling av kapasiteten til produksjonslinjene (tog) for LNG anlegg. Punktene representerer ett LNG tog. Utviklingen i retning av større anlegg er en viktig forklaringsfaktor bak kostnadsreduksjonen for LNG produksjon. Snøhvit-anlegget har ett tog på 4,3 MTPA.

Naturgassforekomstene utenfor Sør-Norge er nær det europeiske gassmarkedet, og har allerede en rørbasert infrastruktur for transport. Situasjonen for de påviste og antatte gassforekomstene i nordområdene, og delvis utenfor Midt-Norge, er annerledes. For å

illustrere dette sammenlignes kostnadene for undersjøisk rørtransport med tilsvarende kostnader for LNG transport for en årlig gassmengde på 30 milliarder Sm^3 (tilsvarende omtrent 5 Snøhvit anlegg). Tallmaterialet er hentet fra litteraturen [28], og inkluderer båttransport og regassifisering av LNG.

- Kostnadskurvene for LNG og rørtransport krysser ved ca. 3 000 km. Total transportkostnad for denne avstanden er ca. 43 øre/Sm^3.
- Til sammenligning er transportkostnad (LNG) ved avstand for eksempel 10 000 km ca. 51 øre/Sm^3, altså ca. 20 % høyere enn for 3 000 km.
- Ut fra dette er det ca. 5 % forskjell i gassverdi for ilandføringssteder som er henholdsvis 3 000 km og 10 000 km fra markedet ved en oljepris på 60 USD/fat.
- Kostnadene for LNG transport har falt ca. 30 % siden 1997. Det forventes at denne trenden fortsetter.
- Dette indikerer at transportkostnaden for naturgass fra Midtøsten til de store markedene kan være sammenlignbar med transportkostnaden fra nordområdene.

For regioner langt fra gassmarkedene er alternativkostnaden ved å selge naturgassen i markedene er omtrent tidoblet i løpet av de siste årene. Dette skyldes primært økt gasspris og sekundært reduserte kostnader for LNG transport, se Figur 5. Situasjonen for slike regioner er mer sammenlignbar med Norges situasjon enn tidligere. Dette bidrar til å bedre Norges konkurransesituasjon for foredling av naturgass, spesielt for gassforekomstene i nordområdene.



Figur 5: Utviklingen i kostnad for LNG transport og prisen på naturgass fra 2002 til 2006. Figurene illustrerer at verdien for gassen ved ilandsføringssteder langt fra markedet har økt fra ca. 10 øre/Sm^3 i 2002 til ca. 110 øre/Sm^3 i 2006. Her er markedsprisen for naturgass satt til 70 øre/Sm^3 i 2002 og til 160 øre/Sm^3 i 2006.

Vedlegg D: Utredningsmandat

Mandat og organisering av en utredning knyttet til:

Utvikling av en nasjonal satsing på forskning for økt verdiskaping fra naturgass gjennom industriell foredling.

1. Bakgrunn

LO, NHO og Norsk Gassforum har fremmet et forslag overfor Nærings- og handelsdepartementet, Olje- og energidepartementet og Kommunal og regionaldepartementet om å etablere et nasjonalt forskningsprogram for økt verdiskaping gjennom industriell utnyttelse av naturgass. De tre partene har konkretisert sitt forslag gjennom et notat som ble presentert for de tre departementer den 09.12.05 (vedlagt)

Nærings- og handelsdepartementet har i brev av 10.01.06 bedt Forskningsrådet innen 1. februar om å gi en totalvurdering av forslaget, der det skal legges spesiell vekt på tematiske satsingsområder, miljømessige sider samt finansiering av programmet, herunder størrelse og eventuell mulighet for bruk av midler fra forskningsfondet. Forskningsrådet har avgitt en slik vurdering i brev av 31.01.06 (vedlagt). Forskningsrådet har i sin vurdering anbefalt at det iverksettes en utredning med sikte på en flerårig satsing på forskning der målet er økt verdiskaping fra naturgass gjennom industriell foredling. Vurderingen er for en stor del begrunnet i foreløpige drøftelser med enkelte industrielle aktører. Ut i fra dette kan det slås fast at det er industriell interesse for en slik satsing, men ressursinnsatsen fra industriaktørene vil være avhengig av i hvilket omfang det vil bli etablert Sentra for forskningsdrevet innovasjon (SFI) innenfor de samme satsingsområdene.

Forskningsrådet har anbefalt at rammen på en slik satsing bør tentativt være 8-10 års varighet for å sikre nødvendig langsiktighet i kompetanseoppbygging og utvikling til industriell aktivitet. En finansiell ramme på en fremtidig satsing vil være avhengig av endelig valg av forskningsmessig profil. Forskningsrådet har antydet en ramme mellom 70-150 (200) millioner kroner pr år, avhengig av valg av profil, men samtidig pekt på at en mer presis utredning må konkretisere dette nærmere, inklusive forslag til opptrapping, siden det første året vil ha et volum som ligger betydelig under denne rammen.

Nærings- og handelsdepartementet og Olje- og energidepartementet har i sine tildelingsbrev for 2006 (vedlagt) bedt om at Forskningsrådet vurderer nærmere behovet for et eget FoU-program innen slik anvendelse av naturgass. De ber om at det blant annet vurderes hvordan et slikt opplegg eventuelt bør organiseres, grensesnitt mot tilgrensende programaktivitet og hvordan programmet kan finansieres.

Departementene ber om at Forskningsrådet så raskt som mulig kommer tilbake med en vurdering av behovet for et slikt program.

2. Mandat

Det skal gis en underbygget vurdering og anbefaling om behovet for organisering av en nasjonal satsing på forskning for økt verdiskaping fra naturgass gjennom industriell foredling.
I denne vurderingen skal det tas stilling til og gis anbefaling om det er hensiktsmessig og organisere dette gjennom et eget FoU-program.

En utredning må beskrive de forskningmessige og industrielle utfordringer som foreligger og peke på og prioritere temaer og områder som bør fokuseres i en nasjonal sammenheng.

Utredningen bør derfor beskrive og gi råd om

- Fagområder der Norge, på bakgrunn av nasjonale behov og forutsetninger, kan og bør ha en ledende posisjon og hvor det kan sannsynliggjøres et vesentlig, fremtidig verdiskapingspotensial.
- Nye satsingsområder som i dag har en svak industriell basis, men som gjennom en systematisk forskningsinnsats kan etableres som en industriell aktivitet.
- Hvilke forskningsmiljøer som vil kunne engasjeres innenfor rammen av en slik satsing og hva slags kompetanse disse har.
- Hvilke industrielle aktører som vil, gjennom egen pågående eller planlagt aktivitet, kunne bidra til å realisere satsingen, herunder beskrive den fremtidige potensielle verdiskapingen som kan realiseres i lys av en slik satsing. I en slik vurdering bør det også adresseres hvor langt ned i ”verdikjeden” en slik satsing skal gå, eksempelvis i forhold til plastbearbeidende industri
- Tiltak som kan bidra til en god nasjonal koordinering og arbeidsdeling mellom forskningsmiljøer for best mulig ressursutnyttelse nasjonalt av for eksempel laboratorier og annet utstyr
- I hvilken grad det er faglig overlapp mellom en ny nasjonal satsing og allerede eksisterende relevante programsatsinger i Forskningsrådet, som for eksempel PETROMAKS, RENERGI, CLIMIT, DEMO 2000 og Brukerstyrt innovasjonsarena (BIA).
- Bruk av finansielle virkemidler for å realisere en slik satsing. Virkemiddelbruk relateres til de foreslåtte fagområder slik at det tydelig fremkommer hvilken forskningsmessig profil en slik satsing bør ha.
- Hva slags finansielt omfang og varighet en slik satsing bør ha, herunder en beskrivelse av hvilket omfang den offentlige innsatsen som bør stilles til disposisjon for å realisere satsingen.

Det forutsettes at utredningen bygger på den bakgrunn som er fremkommet gjennom blant annet GASSMAKS-initiativet og den dokumentasjon som foreligger i tilknytning til dette initiativet.
Det vil være nødvendig med en klar forankring av anbefalingene i relevant industri og det forventes at utredningsarbeidet gjennomføres i nær dialog med aktuelle industrielle aktører og forskningsmiljøer.
Det forventes at utredningsarbeidet også beskriver internasjonal aktivitet på de områder som foreslås for en slik satsing. Ved gjennomføring av forskningsprosjekter i en fremtidig satsing vil det bli stilt som forventing om at disse gjennomføres i samarbeid med ledende internasjonale miljøer og at prosjektene holder høy (ledende) internasjonale kvalitetskrav. Det er derfor viktig at de områdene som fremmes i en slik satsing også har internasjonal oppmerksomhet og at de relevante industriaktører og forskningsmiljøer er i en posisjon som de facto er blant de ledende internasjonalt

Leveranser fra utredningsarbeidet skal være en rapport der det ovenstående beskrives. Detaljeringsgraden avtales med styringsgruppen. Dersom det konkluderes med at det bør etableres et eget FoU-program skal arbeidet inkludere en programplan-skisse, inklusive et tentativt budsjett for programmet. Dersom det foreslås å ikke etablere et program, må utredningen ha en klar anbefaling om på hvilken måte en satsing kan innarbeides i allerede eksisterende satsinger.

3. Timeplan og fremdrift

Prosjektet iverksettes fra 01.03.06. Det bør foreligge en foreløpig rapport pr 15. juni 2006 og en endelig rapport 1.09.06. Den foreløpige rapporten inneholder forslag til budsjett for en oppstart i 2007 og tentative rammer for de neste årene.

4. Organisering

Utredningen gjennomføres av Inge Gran som prosjektleder (CV vedlagt) Gran er forskningssjef på SINTEF og professor II ved NTNU. Han har tidligere ledet tilsvarende arbeid.
Prosjektleder rapporterer til Eirik Normann, Innovasjonsdivisjonen i alle administrative spørsmål i tilknytning til utredningsarbeidet. Prosjektleder rapporterer til en **intern styringsgruppe** i Forskningsrådet som består av

- Eirik Normann, Innovasjon, leder
- Ole Henrik Ellestad, Vitenskap
- Kirsten Broch Mathiesen, Sats

Styringsgruppen er ansvarlig for de faglige råd og anbefalinger som fremmes overfor Nærings- og handelsdepartementet og Olje- og energidepartementet. Styringsgruppen har ansvar for en at prosjektet gjennomføres i hht de milepæler som er satt. Styringsgruppen vil i samråd med prosjektleder utarbeide en mer detaljert fremdrifts og milepælsplan

For å sikre en bredere forankring av arbeidet med utredningen etableres det en **ekstern referansegruppe**. Denne består av

Bedrift/ Organisasjon	Navn	E-post	Tlf.
Hydro	Steinar Kvisle	steinar.kvisle@hydro.com	918 26 553
Statoil	Rolf Ødegård	ROED@statoil.com	916 94 476
Borealis	Klaus J. Jens	klaus-joachim.jens@borealisgroup.com	915 50 889
Elkem	Johan Arnold Johansen	Johan-Arnold.Johansen@elkem.no	91 69 30 01
Pipelife / Plastindustri	Kjell Larsen	kjell.larsen@pipelife.no	71 65 88 00, mob. 915 52 505
Aker Kværner	Oscar F. Graff	oscar.graff@akerkvaerner.com	913 75 859
SINTEF	Nils A. Røkke	nils.a.rokke@sintef.no	73 59 25 14
UiO	Unni Olsbye	unni.olsbye@kjemi.uio.no	22 85 54 56, mob. 954 18 751
NTNU	Sigurd Skogestad	sigurd.skogestad@chemeng.ntnu.no	73 59 41 54
IFE	Bjørg Andresen	bjorg.andresen@ife.no	977 78 786
CMR	Hans Roar Sørheim	Hans-Roar.Sorheim@cmr.no	55 57 42 14
IRIS	Kåre Netland	Kaare.Netland@irisresearch.no	909 11 119
NOPEF/LO	Hogne Hongset	hogne.hongset@nopef.no	918 36 363
Norsk Industri	Ole Børge Yttredal	ole.borge.yttredal@norskindustri.no	920 99 294
NHD	Heidi Eidet	Heide.Eidet@nhd.dep.no	22 24 04 60
OED	William Christensen	william.christensen@oed.dep.no	22 24 66 60
Norsk Gassforum	Thore Westermoen	thore.westermoen@vaf.no	909 25 978

Referansegruppen skal være en ressurs for prosjektleder og styringsgruppen og skal bidra til å kvalitetssikre arbeidet med utredningen gjennom å fremme synspunkter på faglig innretning og avgrensning, vurdering av fremtidig verdskapingspotensial og gi synspunkter på satsingens internasjonal orientering. Medlemmene i referansegruppen kan inviteres til å komme med innspill underveis i prosessen.