



Norges
forskningsråd

Sluttrapport

FoU-programmet Naturgass
– varer, tjenester og prosesser

Fem år med energi

Forskningsrådets energiprogrammer har ikke bare som oppgave å utvikle det norske energisystemet.

Like viktig er kompetanse- og erfaringsoppbygging for å møte nye utfordringer. Norsk konkurranseevne er avhengig av at vi lykkes.



TILBAKEBLIKK SYNLIGGJØR AT PROSJEKTER INNENFOR ALLE ENERGIOMRÅDENE HAR HATT KOMMERSIELL SUKSESS INNENFOR DEN FEMÅRIGE PROGRAMPERIODEN. Flere selskaper har en børsverdi som langt overstiger det beløp som er lagt ned i forskning. Disse prosjektene er synlige bevis på at «forskning lønner seg».

Bak hver suksesshistorie ligger det årelang oppbygging av erfaring og kompetanse. I stor grad er det kunnskap ervervet gjennom doktorgrader som på sikt har skapt de revolusjonerende gjennombruddene og de kommersielle suksessene. Derfor har også energiprogrammene lagt vekt på doktorgrader i sin strategi.

Risiko – en forutsetning

En forskningspolitikk som ikke tar risiko, vil aldri kunne nå de eksepsjonelle resultater som hever Norges posisjon som en energinasjon. Forbedringer av etablert teknologi setter oss ikke på verdenskartet. Og det er på verdenskartet over energinasjoner Norge bør og skal være.

Det er mange uløste oppgaver innen energisektoren – og nye vil følge etter hvert som nye krav blir stilt.

Fremdeles utnytter vi de energiråvarene som det tar tusenvis av år å skape, på en ineffektiv måte. Den nye fornybare energien utnyttes heller ikke optimalt. Gjennombruddet for de «nye» energikildene lar også vente på seg. Solenergien er for kostbar, bølgeenergien er ikke «temmet», og vindenergien strever med miljølempen og høye kostnader. Og naturgassen er omdiskutert til tross for at den internasjonalt er akseptert som «ren». En trend som synliggjøres, er en større satsing på lokal energiproduksjon.

Det er med andre ord nye utfordringer rett rundt hjørnet. Programstyret håper å ha lagt til rette for at den kunnskapsbase som er nedlagt i doktorgrader og utviklingsprosjekter med høy risiko, kan være verdifull for fremtiden.

Forskningsbevilgningene må tidobles

Vi håper også at Norges politikere vil satse på å utvikle Norge til en energinasjon som teller internasjonalt. Skal dette skje, må forskningsbevilgningene tidobles til et nivå rundt 700 millioner kroner per år. Idérikdommen og originaliteten i norsk energiforskning er unik, og programstyret er sikker på at et bevilgningsnivå i denne størrelsesorden, vil sette Norge på kartet blant flere nasjoner som bruker enda mye mer på energiforskning.

Vår erfaring er at norsk idérikdom og norsk kunnskap gir oss et unikt utgangspunkt. Det er bare å utnytte de mulighetene som allerede ligger der.

Programstyret håper denne informasjonsbrosjyren, som inneholder enkelte smakebiter fra programmene, viser hvor spennende norsk energiforskning er – og at den vil inspirere norsk næringsliv til ytterligere satsing på forskning. Det er gjennom forskning vi som nasjon får kompetanseoppbygging og konkurranseevne.

Knut Erik Madsen
PROGRAMSTYRELEDER

INNHOLD	NATURGASS	SIDE
	Introduksjon	4-5
	Gassforskning – Varer og tjenester (GAVOT)	6-8
	Prosess	9-13
	Noen utvalgte forskningstemaer	14
	Felles budsjettoversikt	15

Kompetanseoppbygging og økt konkurranseevne

Hvordan ivareta og foredle Norges naturgitte energiresurser, styrke norsk kompetanse og erfaringsoppbygging – og dermed også konkurranseevnen? Dette har vært hovedspørsmålene for den brukerstyrte energiforskningen i Norge de siste fem årene.



NORGE ER EN BETYDELIG ENERGIPRODUSENT – BÅDE UT FRA NATURGITTE- OG OPPARBEIDET FORUTSETNINGER. I Vest-Europa står vi for ca. 30 prosent av vannkraftproduksjonen, 45 prosent av gassreservene og 75 prosent av oljereservene, men har bare én prosent av befolkningen i regionen. Av Norges totale energiproduksjon, på over 2.400 TWh, eksporteres 90 prosent direkte som olje og gass.

Samtidig ble det i 2000 satt tre rekorder i det norske kraftsystemet: Vi har aldri produsert så mye elektrisitet, vi har aldri eksportert så mye i løpet av ett år, og vi har aldri brukt så mye strøm. Selv om de to første rekordene kan forklares med store nedbørmengder, gir det et signal om de utfordringene Norge står overfor på energisiden.

Europa og verden ellers går også i retning av en mer effektiv energiteknologi og mer bruk av fornybare energikilder. Bakteppet er økt deregulering og utvidet kraftutveksling, en mer fleksibel og desentralisert energiproduksjon og nye rammebetingelser med utgangspunkt i klima- og øvrige miljøutfordringer.

Hvordan kan norske energimyndigheter og aktører utnytte markedspotensialet som disse endringsprosessene skaper?

I perioden 1996–2001 har Forskningsrådets område Industri og energi (IE) bestått av følgende energiprogrammer:

EFFEKT – Kraftutveksling og nettmonopoler

NATURGASS – Varer, tjenester og prosesser

NYTEK – Effektive og fornybare energiteknologier

De to første programmene startet opp i 1996, mens NYTEK «tyvstartet» året før. Ifølge de opprinnelige planene skulle programmene vært avsluttet i 2000, men alle ble forlenget ut 2001. For 2001 har søknader til Forskningsrådet innenfor

næringsrettet energiforskning måttet forholde seg til de nye prioriteringene innen IE.

Brakerstyrt energiforskning og utvikling iverksettes i bedrifter der behovene oppleves i praksis. Det sikrer nytteverdien.

I søknadsbehandlingen har støtte til høyrisikoprojekter med stort potensial vært prioritert – med høyest støtteandel til små og mellomstore bedrifter. Prosjekter som har medført samarbeid mellom bedrifter, universiteter og institutter, har hatt høy prioritet. Tildelingen av støtte har vært utslagsgivende for iverksettelsen av prosjektene.

Programstyret

Programmene innenfor Forskningsrådets brukerstyrte energiforskning har i perioden 1996–2001 hatt følgende felles programstyre:

Knut Erik Madsen, E-CO Energy AS (tidl. Oslo Energi)

Madeleine Cato, Østfold Energi

Marit L. Fossdal, NVE (tidl. Enfo)

Bjørn Erik Haugan,

GE Packaged Power (tidl. Kværner Energy)

Johan Hustad, NTNU

Helge Kongsjorden, Statoil

Svein Kroken, Norske Skog

Kristian Løkke, NVE

Liv Rathe, Norsk Hydro

Tidligere medlemmer:

Erling Diesen, NVE

Gunnar Myrvang, Statoil

Kristian Hausken, Statoil

Jan Øverli, PFI

Økt verdiskapning og større bruk

En bedre utnyttelse av Norges største naturressurser – både i form av verdiskapning for norsk industri og ved at naturgass blir tatt mer i bruk i Norge på en kostnadseffektiv måte. Dette har vært den overordnede målsettingen i NATURGASS-programmet.



SELV OM DEN INNENLANDSKE ANVENDELSEN FORTSATT ER BEGRENSET, ER INTERESSEN KLART ØKENDE, og naturgass trekkes frem som et viktig område for potensiell økt verdiskapning i Norge. I områdene rundt ilandføringsstedene bygges det opp distribusjonssystemer. Disse knytter til seg kunder som ser bruk av naturgass både som en lønnsom og miljøvennlig ressurs. På Tjeldbergodden benyttes naturgass også i landbasert industri for omdanning av metanol, til fremstilling av bioprotein og til produksjon av flytende, nedkjølt naturgass (LNG).

Økende interesse

I løpet av det siste året har det også blitt en økende interesse for produksjon av LNG i separate, småskala anlegg med tanke på bruk i ferger og lignende. Verdens første LNG-baserte ferge (Glutra) trafikkerer i dag en fergestrekning i Møre og Romsdal.

Da programmet startet i januar 1996, var det delvis en videreføring av «Gassforskning – Varer og tjenester» (GAVOT), som ble etablert i 1994. I tillegg ble en ny programdel som dekket prosessmessig anvendelse av naturgass, integrert. I tråd med dette har også programmets overordnede mål vært todelt:

- 1) Å bidra til utvikling av lønnsomme produkter og tjenester basert på anvendelse av naturgass.
- 2) Å bidra til utviklingen av nye og eksisterende gassrelaterte prosesser og nye anvendelser av naturgass i prosess-sammenheng.

Til sammen er 233,8 millioner kroner brukt til realisering av ca. 70 prosjekter. Næringslivsbedrifter, universiteter og høyskoler og FoU-institusjoner har bidratt med 148 millioner kroner, mens Forskningsrådets andel har vært 85,8 millioner kroner.

Programmet har finansiert 27 doktorgrader (hvorav 13 har disputert i løpet av programperioden). Ca. 30 prosent av alle prosjektene har innbefattet internasjonalt samarbeid. 11 små og mellomstore bedrifter har deltatt, jfr. egen resultatramme.

I søknadsbehandlingen innenfor **GAVOT**-delen av programmet ble det lagt avgjørende vekt på markedspotensial og mulig inntjening til produktene man har støttet. Prosjekter med høy risiko og høyt avkastningspotensial ble prioritert.

Programmet har støttet utvikling av produkter frem til og med uttesting av en første prototyp. For videre støtte til demonstrasjon av prototyp og markedsimplementering, har man søkt å hjelpe bedrifter til å få kontakt med Statens nærings- og distriktsutviklingsfond (SND) og andre virkemidler fra Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) og Eksportrådet.

På grunn av den fortsatt begrensede anvendelsen av naturgass i Norge, er produktene som er utviklet innenfor NATURGASS-programmet primært rettet mot eksportmarkedene.

Den begrensede innenlandske anvendelsen, gjør også at det er få aktører som er inne på utvikling og produksjon av naturgassrelaterte produkter og tjenester. Flere av disse har imidlertid hatt vellykkede utviklingsprosjekter, som har skapt nye produkter og økt omsetning for bedriftene.

Flere bedrifter understreker at støtten fra programmet har vært avgjørende for disse prosjektene, jfr egne presentasjoner av Rolls Royce Marine (tidl. Ullstein Bergen) sine gassmotorer, FMC Kongsberg Metering (tidl. Kongsberg Offshore) sine ultralyd gassmålere og Fremos «lav-NO_x»-gassbrennere på sidene 6–8.

Prosess-delen av programmet rettet seg mot et lite antall store bedrifter som benytter naturgass (eventuelt våtgass) som råstoff i ulike prosesser. I hovedsak omfatter dette petrokjemisk

Fagutvalget

Et fagutvalg – som har bistått i de faglige evalueringene av prosjektene – har bestått av:

GAVOT

Lillen Smith-Christensen, Statoil
Christian Grorud, KanEnergi
Trond Moengen, Interenergi
Hans-Roar Sørheim, CMR

Programkoordinator:

Trygve U. Riis, Norges forskningsråd
(for begge programdeler)

Prosess

Marit S. Brownrigg, NTNU
Arne Grislingås, Statoil
Ragne Hildrum, Kværner
(nå: Statkraft)
Steinar Kvisle, Norsk Hydro
Karl Petter Lillerud, UiO
Åse Slagtern, SINTEF Kjemi

*«Uten støtten fra Forskningsrådet
og NATURGASS-programmet,
ville prosjektet rett og slett
ikke blitt gjennomført.»*

(John Bjørn Fossdal, tidligere FoU-leder på ultralyd hos Kongsberg Offshore. I dag omfatter kundelisten for gassmåleren en rekke selskaper over hele verden, se side 7.)



industri, hvor Statoil og Norsk Hydro er de viktigste aktørene. Betydelig vekt er lagt på kompetanseoppbygging. Det ble også stilt strenge krav til at prosjektene skulle være av fundamental karakter, dvs. at (mer enn) alle midlene fra Forskningsrådet skulle benyttes bedriftseksternt etc.

De senere år har det vært en økende interesse i de store, norske olje- og petrokjemiselskapene for å utvikle prosesskonsepter for konvertering av naturgass offshore. Hovedopp-gaven til delprogrammet «Prosess» har vært å bidra til å bygge opp nødvendig kompetanse for denne virksomheten – særlig ved at det utdannes doktorgradskandidater, som i neste omgang er etterspurt av bedriftene.

Med støtte fra NATURGASS-programmet er det utviklet flere nye og forbedrede prosesser/prosesstrinn som gir økt lønnsomhet og miljømessige gevinster ved kjemisk konverte-ring av naturgass, se sidene 10-13. I neste omgang vil dette legge grunnlaget for større prosessmessig bruk av naturgass i Norge og dermed også fremme verdiskapningen knyttet til en slik anvendelse.

Temaet CO₂-fri gasskraft har vært mye fremme i debatten i den senere tid, og store prosjekter har vært gjennomført og nye er i gang i Forskningsrådsprogrammet KLIMATEK. På grunn av dette programmet, har CO₂-fri gasskraft i liten grad vært berørt i NATURGASS-programmet.

Prossessdelen av NATURGASS-programmet har vært sam-ordnet med programmet «Kjemisk konvertering av naturgass». Blant annet har programstyret for det sistnevnte programmet fungert som rådgivende fagutvalg for prosessdelen. GAVOT-delen har hatt et eget fagutvalg som har vært rådgivende til administrasjonen og programstyret med hensyn til prioriteringer av prosjekter.

Resultatspredning

Informasjon fra programmet er blitt spredd gjennom de vanlige kanaler i Forskningsrådet. Programmet har hatt egen hjemmeside på <http://program.forskningsradet.no/naturgass/>. Siden 1997 ble det i tillegg utgitt 8 utgaver av nyhetsbladet «Om forskning og bruk av naturgass». For de tre ovennevnte prosjektene innenfor GAVOT-delen ble det også utarbeidet fire siders presentasjonsbrosjyrer.

RESULTATER

En samlet oversikt gir tallene nedenfor. Se også total-oversikten for de tre energiprogrammene på side 15.

Totalomsetning:	233,8 mill. kr.
Forskningsrådets bidrag:	85,8 mill. kr.
Antall prosjekter:	70,0
Antall doktorgrader:	27*
* (13 har disputert i perioden)	
Ferdigstilte nye og forbedrede metoder, modeller og prototyper:	19
Nye og forbedrede produkter:	5
Registrerte patenter:	11
Nye foretak etablert som følge av prosjekter:	1
Publiserte artikler i vitenskapelige tidsskrifter med referee:	4
Utgitte bøker (lærebøker etc.):	5
Publiserte foredrag fra internasjonale faglige møter/konferanser:	32
Øvrige rapporter, foredrag og presentasjoner:	68
Deltakende SMBer:	11
Internasjonalt samarbeid:	ca. 30 prosent av prosjektene

Suksess med gassmotorer

Rolls-Royce Marine AS, Engines – Bergen (tidl. Ulstein Bergen) nærmer seg nå 250 solgte gassmotorer på verdensmarkedet. En betydelig andel av bedriftens produksjon er nå gassdrevne motorer.



ENGINES – BERGEN ER HISTORIEN OM PRODUSENTEN AV DIESELMOTORER SOM I LØPET AV 1990-TALLET KLARTE Å ETABLERE YTTERLIGERE ETT BEN Å STÅ PÅ – i form av gassmotorer til kombinerte kraftvarme-verk på land. – Støtten fra Norges forskningsråd har vært avgjørende for vår suksess, sier Solvar N. Klokke, utviklingssjef i bedriften. Siden 1990 har antall ansatte økt fra vel 300 til nærmere 600.



Gassmotorene fra Bergen har høy elektrisk virkningsgrad sammenlignet med konkurrerende produkter på markedet. Et element i denne sammenheng er en effektiv turbolader med variabel dysegeometri.

På tross av fraværende hjemmemarked (bare to av de hittil nærmere 250 solgte gassmotorene har gått til kunder i Norge), har bedriften på Hordvikneset i Bergen lyktes på eksportmarkedet.

Energianlegg som produserer både elektrisk kraft og termisk energi (i form av varmt vann og damp) går under betegnelsen «Combined Heat and Power» (CHP). Rolls-Royce Marine, Engines – Bergen sine gassmotorer er et eksempel på en CHP-produktlinje.

Lave utslipp og høy virkningsgrad

Kombinasjonen av høy termisk virkningsgrad, lave utslipp og en tilgjengelighet på over 90 prosent, har gitt Engines – Bergen meget interessante kommersielle muligheter i et internasjonalt marked preget av hard konkurranse. Så langt har de viktigste eksportmarkedene vært Danmark, Italia og Spania, men nye leveranser vil nå gi et utvidet markedsgrunnlag.

Teknologien tar utgangspunkt i et «lean-burn»-konsept, realisert ved Otto-motorprosess med gnisttenning. Denne teknologien gir en gunstig kombinasjon av høy virkningsgrad og lave utslipp. Suksessfaktorene er en kontrollert forbrenning av en mager og homogen blanding av gassformig brennstoff og luft i et høy-turbulent og kompakt forbrenningskammer.

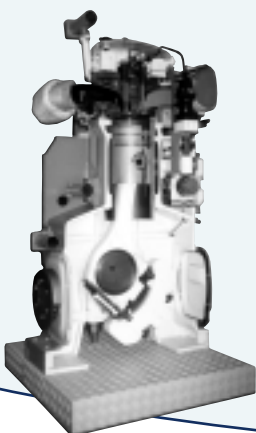
En stadig videreutvikling

Etter 40 år med produksjon av skipsdieselmotorer, startet Rolls-Royce Marine, Engines – Bergen i 1984 arbeidet med å utvikle en middels hurtiggående gassmotor.

Året etter ble det tatt initiativ til det første utviklingsprosjektet i samarbeid med MARINTEK i Trondheim. I 1989 var det klart for langtidstesting av en prototypmotor i

tilknytning til Statoils K-laboratorium på Kårstø gassterminal i Rogaland. Allerede året etter ble den første salgskontrakten undertegnet.

Senere er teknologien blitt kontinuerlig videreutviklet – både for å møte nye krav til reduserte avgassutslipp, økt ytelse og forbedret virkningsgrad samt øket tilgjengelighet.



Ultralydmåler på verdensmarkedet

FMC Kongsberg Metering AS (tidl. Kongsberg Offshore) har i samarbeid med Christian Michelsen Research utviklet en kommersiell måler for fiskal måling av naturgass ved hjelp av ultralyd. Måleren er på vei inn i verdensmarkedet.



I TILLEGG TIL OLJESELSKAPENE NORSK HYDRO, STATOIL OG ESSO – som bl.a. har installert måleren på henholdsvis Oseberg Gass, raffineriet på Kårstø og produksjonsskipet Jotun – omfatter kundelisten også Williams Transco, Moss Bluff og Peoples Energy i USA, KCC i de Forenede Arabiske Emirater, Blue Stream-prosjektet i Russland og det store West Natuna-prosjektet utenfor Korea.

Som måleprinsipp har ultralydmålere flere fordeler. Den aller viktigste er at metoden ikke krever at gjenstander «stikkes inn» i gasstrømmen. Dermed unngår en ikke bare trykktap ved målingen, men også slitasje og kostbart vedlikehold.

De senere års utvikling av «flerstråle»-ultralydmålere har gjort at dette måleprinsippet stadig vinner terreng i forhold til konvensjonelle målemetoder for fiskalmålinger. Bruk av flere lydbaner, sammen med avansert prosessering, gjør at metoden gir meget god nøyaktighet.

«Best-in-test»

Omfattende tester ved noen av verdens fremste laboratorier i USA, har vist at ultralydmålerne fra Kongsberg har en svært høy målenøyaktighet; noe som er

den viktigste konkurransefaktoren i dette markedet. Store omsetningstall gjør at små feilmarginer kan bety millioner av kroner i reduserte inntekter for operatørselskapene.

Totalt har utviklingsprosjektet bestått av fire delprosjekter. I tillegg til *måling ved komplekse strømningsforhold, prosessering av ventilstøy og måling av tetthet*, er det også utviklet en egen *lydbølgeteori for våtgass*.

At det ofte forekommer betydelige mengder væske (i form av vann og hydrokarboner) i gassen er et fenomen som skaper ytterligere utfordringer ved denne type applikasjoner. Også på dette området har ultralydmålerne oppnådd meget gode testresultater.

Støtten fra Norges forskningsråd og Naturgass-programmet har vært 25 prosent av drøyt 20 millioner kroner.

Målerne har vært gjenstand for omfattende testing. Her er det våtgassmåleren som testes ved et anlegg i USA.

– Prosjektet ville rett og slett ikke blitt gjennomført uten denne støtten. Det var harde tider med hensyn til å skaffe sponsorer i industrien, og Forskningsrådets deltakelse gjorde det også lettere å skaffe disse, sier daværende FoU-leder på ultralyd hos Kongsberg Offshore, John Bjørn Fossdal.

– Vi opplever i tillegg at støtten fra Forskningsrådet har gitt prosjektet en form for kvalitetsstempel og gjør at industrien kanskje opplever det som ekstra tillitsvekkende. På denne måten har støtten også en tilbakevirkende kraft nå produktene selges – iallfall i Nordsjø-markedet.

Et samarbeidsprosjekt

Ultralydmålerne som FMC Kongsberg Metering AS i dag selger over hele verden, er en videreutvikling av et internprosjekt som startet ved Christian Michelsen Research AS (CMR) for over ti år siden.

En videreutvikling av en prototyp fant sted ved CMR på midten av 90-tallet, med støtte blant annet fra

Forskningsrådets KAPOF-program. Etter at daværende Kongsberg Offshore kjøpte rettighetene til produktet fra Fluenta i 1996, har prototypen gjennomgått omfattende forbedringer.

I tillegg til støtten fra Naturgass-programmet på vel fem millioner kroner, har også Norsk Hydro, Statoil og Philips Petroleum deltatt i prosjektet.

«Lav-NO_x» i verdenstoppen

I nært samarbeid med SINTEF Energiforskning og NTNU har Fremo AS utviklet flere gassbrenner-konsepter som alle er karakterisert ved svært lave utslipp av NO_x.



Prosjektet med å utvikle «lav-NO_x»-brennersystemer har pågått siden begynnelsen av nittitallet. I dag kan Fremo AS tilby kommersielle produkter.

NITROGENOKSID (NO_x) ER EN HOVEDKILDE TIL SUR NEDBØR, SMOG OG NEDBRYTING AV OZON. Reduksjon av NO_x-utslipp er derfor et hovedsatsingsområde innen forbrenningsteknologi, og de fleste produsentert av viftedrevne gassbrennere tilbyr i dag egne «lav-NO_x»-modeller.

Teknikkene, som benyttes for å styre utslippene, er flere. For å komme lavest mulig ned i utslipp, har de norske samarbeidspartnerne tatt i bruk en kombinasjon av teknologier. Utgangspunktet har vært en standard viftedreven gassbrenner uten ekstern resirkulering av røykgassen.

Resultatet er at Fremo i dag tilbyr kommersielle produkter der NO_x-utslippet er helt nede i ca. 12 ppm (parts per million), og utslippet av CO (karbonmonoksid) ligger på under 10 ppm. Dette er meget lavt – ikke bare sammenlignet med dagens standard gassbrennere (som kan ha utslipp av NO_x helt opp i 60-70 ppm), men også i forhold til andre konkurrerende «lav-NO_x»-produkter på markedet.

Fremos brennere – som er testet ved anerkjente laboratorier og sertifisert av det tyske standardiseringsorganet TÜV – tilfredsstiller de strenge mellomeuropeiske (Tyskland og Sveits) kravene til forbrenningskvalitet. Utslippstallene er også klart under kvalitetskravene en ser for seg i EU, og brennerkonseptet innebærer derfor gode markedsmuligheter for Fremo.

– Utviklingen av Fremos «lav NO_x»-brennersystem er et samarbeidsprosjekt, der også SINTEF Energiforskning AS og NTNU deltar. – Takket være støtten fra Forskningsrådet har vi kunnet gjennomføre en langsiktig og grundig utviklingsprosess hos SINTEF. Dette har vært avgjørende for resultatene som er oppnådd, sier disponent Sverre R. Nyegaard i Fremo AS.



Prosjektet med å utvikle «lav-NO_x»-brennersystemer har pågått siden begynnelsen av nittitallet. I dag kan Fremo AS tilby kommersielle produkter.

Skandinavias mest moderne

Fremo AS åpnet i fjor sitt nye energilaboratorium med tilhørende kurscenter for olje- og gassfyring. Laboratoriet er Skandinavias mest moderne forbrenningslaboratorium.

Bedriften – som ble etablert allerede i 1916 – har i dag ca. 25 ansatte ved fabrikken i Stavern, som produserer rundt 30 ulike typer olje- og gassbrennere. Foruten å selges på det norske markedet, blir produktene også eksportert til en rekke land, som Tyskland, Sverige og Kina, samt til internasjonal skipsfart.

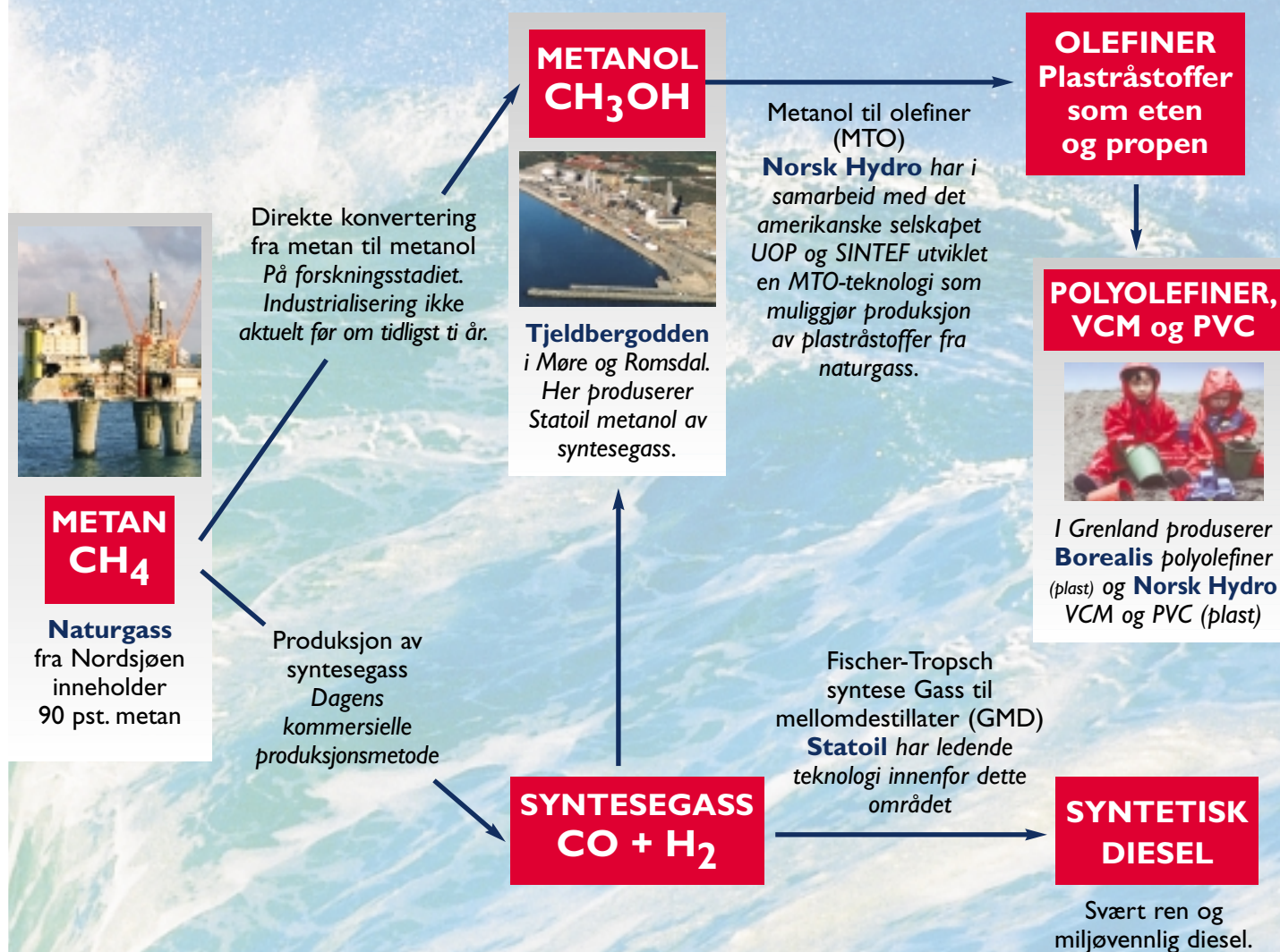
Fra gass til hverdagsprodukter

VED Å FOREDLE NATURGASSEN, KAN SLUTTPRODUKTERNE BLI OPPTIL 3 - 10 GANGER MER VERDT ENN RÅSTOFFVERDIEN – avhengig av foredlingsgrad og produkter. I prinsippet er det ingen begrensninger på hvilke energiprodukter og kjemiske produkter som kan lages fra naturgass, men det finnes en del hovedretninger.

Praktisk talt alle prosesser for gasskonvertering skjer via syntesegass ($\text{CO} + \text{H}_2$). Dette gjelder både kommersielt veletablerte prosesser som ammoniakk og metanol, men også fremstilling av for eksempel syntetisk diesel som i dag er langt mindre kommersiell.

Metanol har betydning både innenfor energimarkedet som drivstoff og som utgangspunkt for produksjon av plastråstoffer som etylen og propylen.

Produksjon av metanol fra syntesegass krever høye investeringer og er en energiintensiv prosess. Det forskes derfor for å finne direkte reaksjonsveier fra metan og metanol eller andre flytende produkter. Men så langt har ikke denne teknologien vært kommersiell konkurranse-dyktig med prosessen via syntesegass.



Lovende tester med ny katalysator

For å verifisere en ny teknologi for propan dehydrogenering (PDH), har Statoil gjennomført tester med en oppskalert katalysator i et pilotanlegg på Mongstad-raffineriet. Testingen har gitt lovende resultater.



Pilottesting med en oppskalert katalysator gjennomføres på Mongstad-raffineriet.

I TEKNOLOGIUTVIKLINGSPROSJEKTET SAMARBEIDER STATOIL MED EN TEKNOLOGILEVERANDØR OG EN KATALYSATOR-PRODUSENT. Målsettingen er å utvikle en katalysator som er mer effektiv enn de som i dag er kommersielt tilgjengelige. Pilottestingen har foregått innenfor prosjektet

Testene har i hovedsak vært fokusert på å studere katalysatorens aktivitet, selektivitet, stabilitet og mekaniske styrke. Det har i tillegg vært gjennomført omfattende kinetikkstudier i laboratorieskala med variasjon i temperatur, trykk og sammensetning av føden.

Data fra pilottestene på Mongstad og kinetikkdata har vært grunnlag for utarbeidelse av en PDH-reaktormodell. Prosjektet befinner seg nå i en avsluttende fase av pilottestingen. Neste skritt vil være utprøving av katalysatoren i et fullskala anlegg.

– Samarbeidet mellom Norges forskningsråd og SINTEF har hatt stor betydning for prosjektets fremdrift, sier Sylfest Myklatun, prosjektleder ved Statoils forskningssenter i Trondheim.

– Utviklingen har foregått over to fronter samtidig, forklarer han. Teknologiutviklingsprosjektet har hele tiden hatt stramme mål og korte tidsfrister. Parallelt har Statoil sammen med SINTEF og Forskningsrådet arbeidet med grunnleggende problemstillinger og utfordringer som har vært avgjørende for å lykkes i teknologiutviklingsprosjektet. Samarbeidet har vært meget godt, sier Myklatun.

To doktorgradskandidater har vært knyttet til prosjektet siden 1997.

NATURGASS

NATURGASS dannes ved nedbryting av biologisk materiale og består hovedsakelig av lette hydrokarboner, hvorav metan (CH_4) er den viktigste. I tillegg finnes det varierende mengder av høyere hydrokarboner i naturgass. Disse kalles ofte våtgasskomponenter og omfatter etan (C_2H_6), propan (C_3H_8), butan (C_4H_{10}) og pentan (C_5H_{12}).

Naturgass kan brukes direkte som energikilde til oppvarming, eller videreforedles til petrokjemiske produkter.

En **katalysator** bidrar til at reaksjoner mellom kjemiske forbindelser styres mot ønskede produkter og at reaksjonene foregår ved et lavere energinivå – uten at katalysatoren forbrukes.



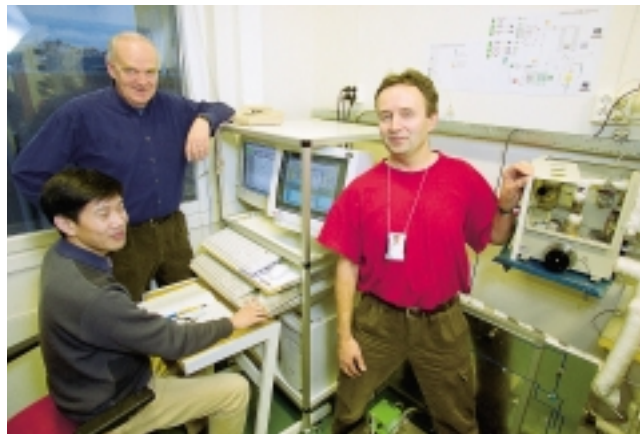
Redusert koksdannelse

VED HJELP AV EN OSCILLERENDE MIKROVEKT (TEOM 1500) er det frembrakt resultater som gir en direkte sammenheng mellom koksdannelse og katalysatoraktivitet ved fremstilling av syntesegass fra naturgass. Dette gir et godt utgangspunkt for kartlegging av betingelser som motvirker dannelse av koks i kommersielle anlegg.

Praktisk talt alle prosesser for gasskonvertering skjer via syntesegass, som er en blanding av karbonmonooksid (CO) og hydrogengass (H₂). Å produsere syntesegass er meget kapitalkrevende. For eksempel er 60-70 prosent av kostnadene ved å lage metanol ved Statoils anlegg på Tjeldbergodden knyttet til produksjon av syntesegass.

Koksdannelse er et sentralt problem i alle prosesser hvor hydrokarboner eller karbonoksider eksponeres for høye temperaturer. Dannelsen av koks (som er rent karbon) påvirker den kjemiske reaksjonsprosessen og krever rensing av reaktoren. Problemet påfører industrien store kostnader, og det legges derfor ned mye ressurser på å redusere eller eliminere koksdannelsen.

NATURGASS-prosjektet «Karbondannelse ved katalytisk fremstilling av syntesegass fra naturgass» er et samarbeid



FØRST IVERDEN. Professor Anders Holmen (bak), amanuensis De Chen (sittende) og seniorforsker Rune Lødeng og de andre kollegaene i kjemimiljøet ved NTNU/SINTEF var de første i verden som tok i bruk TEOM-teknikken («Tapered Element Oscillating Microbalance») til eksperimentelle undersøkelser ved industrielle betingelser, dvs. høy temperatur, høyt trykk og med damp i naturgassføden. (Foto: Håvard Simonsen)

mellom Statoil og Norsk Hydro som industrielle partnere. Alt eksperimentelt arbeid skjer ved SINTEF i Trondheim. Det er knyttet en doktorgradsstudent til prosjektet.

Målet om 90 prosent nådd

DE NYUTVIKLEDE KATALYSATORENE GIR EN FUNDAMENTAL FORBEDRING I UTBYTTE av C₅+ (C₅ og høyere karboner) i forhold til basiskatalysatorene i «Fischer-Tropsch»-syntesen. Forbedringen er på vel fem prosent, og målsettingen om å utvikle en katalysator som gir 90 % C₅+ selektivitet (dvs. 90 % av produktene i form av C₅+ komponenter) er nådd. Også syntetisk diesel kan fremstilles fra syntesegass ved en industriell prosess som kalles «Fischer-Tropsch»-syntesen. Denne prosessen har vært kjent siden 1920-årene, men har hatt problemer med å konkurrere økonomisk med konvensjonelle petroleumbaserte produkter.

Behovet for å finne løsninger for avsidessliggende gassfelt og for mer miljøvennlige drivstoffer har imidlertid økt interessen for denne prosessen.

Innenfor prosjektet «Forbedret Fischer-Tropsch katalysator og prosess» er det utført en rekke forsøk med ulike modell-

katalysatorer – både i «Fisher Tropsch»-syntesen og i modellreaksjoner. Disse forsøkene har klarlagt sammenhengen mellom bestemte katalysatorparametere og ytelseevnen til katalysatorene – og dermed skapt god forståelse for hva som påvirker prosessvirkningsgraden.

Det er også utviklet integrerte simuleringsmodeller som kombinerer prosessmodeller for syntesegassproduksjon med reaktormodeller for «Fisher-Tropsch»-syntese. Disse modellene danner grunnlaget for en optimal integrasjon, slik at utbyttet av ønskede produkter maksimaliseres og CO₂-utslippet minimaliseres.

Uttestingen har foregått hos SINTEF og i et slurry-anlegg ved Statoils forskningssenter. Prosjektet ble avsluttet fra Forskningsrådets side ved utgangen av 2000, men Statoil planlegger å fortsette utviklingsarbeidet frem mot en kommersiell prosess.

Doktorgradsarbeider gir uttelling

Til sammen har NATURGASS-programmet støttet 27 doktorgradsstipendiater. Syv av dem har vært tilknyttet et stort program i Statoil relatert til termodynamikk/faseliukevekt og LNG-teknologi.



Janne Buhaug forsker på en mer effektiv og miljøvennlig fjerning av H_2S (hydrogensulfid) fra naturgass.

En forsøksrigg for måling av masseovergang og kinetikk i hydrokarbonsystem ved høye trykk er designet. Data fra masseovergang og kinetikk i reelle systemer er unikt og vil være meget verdifullt ved design av høytrykks gassprosesseringsanlegg.

De fire øvrige doktorgradsarbeidene har prosjekttitlene:

- «Offshore Natural Gas Liquefaction Process for High-Pressure Gas Fields»
- «Kimdannelse i hydrokarbonsystem»
- «Grunnleggende termodynamikk for faseomvandling i hydrokarbonsystemer»
- Dynamisk simulering av LNG-varmevekslere



Finansieringen av de syv doktorstipendiaterne har skjedd i et «spleiselag» der Forskningsrådet ved NATURGASS-programmet og Statoil har bidratt med 50 prosent hver.

Rensing av CO_2 (karbondioksid) fra naturgass er temaet for Even Solbraa.

ARBEIDENE HAR GITT FLERE VIKTIGE RESULTATER, FORTÆLLER KIRSTI TANGVIK, prosjektkoordinator ved Statoils forskningscenter i Trondheim. Hun fremhever det gode samarbeidet med Norges forskningsråd og NTNU/SINTEF-miljøet når det gjelder tilrettelegging og praktisk prosjektgjennomføring. – Vi oppfatter dette som en god og effektiv måte å gjennomføre denne type forskningsaktivitet på, sier hun og gir følgende smakebiter med hensyn til konkrete resultater:

Scavengere er kjemikalier som blant annet brukes for å fjerne mindre mengder H_2S (hydrogensulfid) fra naturgass. Målet med doktorgradsarbeidet « *H_2S -scavengere / Effektiv og miljøvennlig H_2S -fjerning*» er å erverve ny kunnskap om hva som skjer når H_2S -scavengeren (renseren) triazin reagerer med H_2S -gass.

Reaksjonsproduktene har tidligere ikke vært kjent, og denne kunnskapen vil være essensiell for å kunne utvikle nye scavengere med større effektivitet enn dagens, som bare har en effektivitetsgrad på rundt 30 prosent.

I arbeidet «*LNG-teknologi – Varmeovergang og trykktap*» er metoder for beregning av varmeovergang og trykktap i spiralrørsvarmevekslere forbedret. Det betyr mindre designmarginer og dermed en billigere varmeveksler; noe som er en vesentlig kostnad for et LNG-anlegg (et anlegg som produserer flytende naturgass).

Også «*Ikke-likevekts termodynamikk for hydrokarbonsystemer*» er gjenstand for et eget prosjekt. Arbeidet har som målsetting å måle masseovergang mellom gass og væske i forbindelse med rensing av CO_2 (karbondioksid) fra naturgass ved høye trykk (200 bar). Dette er grunnleggende mekanismer knyttet til CO_2 -fjerning.

Konverteringsprosess mot verdenstoppen

Norsk Hydro har i samarbeid med det amerikanske selskapet UOP og SINTEF, utviklet en teknologi som muliggjør produksjon av plastråstoffer fra naturgass på en kostnadseffektiv måte.



Hydros demonstrasjonsanlegg på Herøya har vært avgjørende i utviklingen av MTO-prosessen.

LETTE OLEFINER (ETEN OG PROPEN) ER BASISPRODUKTER I PETROKJEMISK INDUSTRI, for eksempel som råstoff til plastmaterialene polyeten, polypropen og PVC. I dag produseres lette olefiner ved «steam cracking» av nafta eller våtgass. I prosjektet «UOP/Hydro MTO Process» omsettes metanol til eten og propen over en fluidisert katalysator. Siden metanol produseres fra naturgass, åpner MTO-prosessen for stor verdiskapning i foredling av naturgass til verdifulle petrokjemiske produkter.

Den nyutviklede prosessen fremstår i dag som et alternativ med stort potensial for gassutnyttelse. Interessen for prosessen er stadig økende og flere prosjekter vurderes.

Grunnlaget for MTO-teknologien ble lagt innenfor SPUNG-programmet i perioden 1987-1992. Fra slutten av SPUNG til slutten av NATURGASS-programmet har man klart å redusere investeringskostnadene med ca. 20 prosent, hvilket representerer flere hundre millioner kroner. Dette har stor betydning for prosessens konkurransedyktighet.

Forbedret katalysator og prosess

Hovedfokus innenfor NATURGASS har vært en forbedret produksjonsmetode for MTO-katalysatoren. Design av reaktor og regenerator er forbedret, og problemstillinger relatert til produktkvalitet er løst gjennom fokus på katalysatoren og reaksjonsmekanismer. Totalt fem patenter knyttet til katalysator, reaktor og prosessdesign er oppnådd i prosjektperioden.

Kompetansen innen mikroporøse materialer ved SINTEF i Oslo holder et meget høyt internasjonalt nivå og har vært avgjørende for suksessen i prosjektet. I tillegg har NTNU bidratt med meget verdifulle mekanismestudier. MTO-prosjektet innenfor NATURGASS ble avsluttet ved utgangen av år 2000. Norsk Hydro fortsetter utviklingsarbeidet rettet mot kommersialisering av prosessen.



En alternativ rute?

Plastmaterialet PVC (polyvinylklorid) lages ved polymerisering av VCM (vinylklorid) – som igjen fremstilles fra eten og klor, eksempelvis i flere Hydro-fabrikker. Eten produseres blant annet ved «steam cracking» av etan.

Utfordringen i VCM-prosjektet var: Kan VCM lages ved direkte klorering av etan – og derved eliminere eten som mellomprodukt? Konklusjonen er at direkte konvertering til VCM er meget utfordrende, men katalytisk klorering over

kopperklorid ser ut til å gi høyt utbytte av 1,2-dikloretan (EDC) – som er et mellomprodukt til VCM i konvensjonell teknologi. Katalytisk etanklorering kan dermed åpne for en forkortet og forenklet prosessvei:

Ny: Etan $\xrightarrow{\text{klor}}$ EDC $\longrightarrow$ VCM

Konvensjonell:

Etan $\longrightarrow$ Etylen $\xrightarrow{\text{klor}}$ EDC $\longrightarrow$ VCM

Alt prosjektarbeidet er utført ved SINTEF Kjemi.

NATURGASS

– Noen utvalgte forskningstemaer

TITTEL	KONTRAKTSPARTNER	KONTAKTPERSON
Lean burn Otto gassmotor	Ulstein Bergen (nå: Rolls Royce)	Solvar Klockk
Miljøvennlige brennersystemer	Fremo	Sverre Nyegaard
CNG-teknologi, høytrykkssystem	Raufoss Technology	Per Heggem
Ultralyd fiskalmåling av gass	Kongsberg Offshore	John Bjørn Fossdal
Miljøvennlig brenner for Stirlingmotor	Sigma Elektroteknisk	Svein Hestevik
Simulator for underjordiske gasslagre	CARDIAC	Morten Andresen
LNG – Tjeldbergodden	Statoil	Jon Båtbugt
Utvikling av Sinus motor	Sinus Motor Concept	Leif Dag Henriksen
Termodynamikk/faselikevekt/LNG, dr.grads prosjekt	Statoil	Kirsti Tangvik
HP Sweetening and Dehydration Process	Framo Purification	Espen Tøndell
Bruk av gass i mineralprosesser	Nord-Trøndelag fylkeskom.	Ole Sivert Hembre
Småskala produksjon og distrib. av LNG	ABB Gas Technology	Åge Wallentinsen
Hydrogen produksjon ved pyrolyse av metan med karbon	Prototech	Arild Vik
Verdianalyser for norsk gassvirksomhet	Statoil	Birger Pedersen
Prosesser for NOx-frie gasskraftverk	Vitale Miljøinvesteringer	Olav M. Kvalheim
Småskalaanlegg for produksjon av LNG	Hamworthy KSE	Tore Lunde
Miljøvennlig bruk av naturgass i gassturbin	Rolls Royce Turbine	Nils Røkke
Large Diameter Reinforced Thermoplastic pipe for natural gas pipelines	Seaflex	Svein Are Løtveit
LNG i hurtiggående ferger	Fjellstrand	Ronald Hellenes
Tradisjonell Carbon Black fra naturgass	Kværner Oil and Gas	Ragne Hildrum
Metanol til olefiner	Norsk Hydro	Steinar Kvisle
Syntesegass, optimalisering og karbondannelse	Statoil (i samarbeid med Norsk Hydro)	Ola Olsvik
Gass til mellomdestilater (Fischer-Tropsch)	Statoil	Dag Schanke
Dehydrogenering av våtgass til olefiner	Statoil	Sylfest Myklatun
Keramiske oksygenmembraner	Norsk Hydro (og Statoil)	Stein Julsrud
VCM-teknologi	Norsk Hydro	Petter Saxegaard
Direkte konvertering av alkaner	Statoil	Erling Rytter
Hydrogenlagring	IFE, UiO, SINTEF	Per Finden (IFE)
Hydrogen teknologi	SINTEF, NTNU	Steffen Møller-Holst

Over til «Energi, Miljø, Bygg og anlegg»

Den brukerstyrte energiforskningen
– som tidligere tilhørte
programmene EFFEKT, NATURGASS
og NYTEK – vil fra år 2002 bli
adressert til det felles programmet
«Energi, Miljø, Bygg og anlegg».

AT BYGG OG ANLEGG HAR KOMMET MED I SAMME PROGRAM SOM ENERGI, skyldes hovedsakelig erkjennelsen av at ca. 60 prosent av vårt energiforbruk til alminnelig forsyning går til romoppvarming. Det er derfor viktig at FoU relatert til bruk av energi i bygg- og anleggssektoren, sees i sammenheng på tvers av bransjene dersom vi skal oppnå en effektivisering som monner.

Det nye programmet forventes å ha et budsjett på omkring 150 millioner kroner, som skal brukes til brukerstyrte innovasjonsprosjekter (BIP) og kompetanseprosjekter med brukermedvirkning (KMB). For mer informasjon, se «Energi, Miljø, Bygg og anlegg» sin hjemmeside på:

<http://program.forskningsradet.no/energi-miljo-bae/>

Budsjettoversikt energiprogrammene 1995 til 2001*

	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	SUM
EFFEKT								
OED	–	12,0	31,0	33,0	33,0	36,8	34,7	180,5
Privat	–	9,0	61,0	56,0	76,0	55,0	50,0	307,0
SUM EFFEKT	0,0	21,0	92,0	89,0	109,0	91,8	84,7	487,5
NYTEK								
OED	17,2	17,5	13,5	17,1	21,1	24,4	22,9	133,7
NHD	–	–	7,0	7,0	6,0	5,8	6,9	32,7
Privat	16,5	20,4	25,5	34,3	37,0	43,0	41,0	217,7
SUM NYTEK	33,7	37,9	46,0	58,4	64,1	73,2	70,8	384,1
NATURGASS								
OED	–	14,0	9,3	9,0	7,5	7,9	7,3	55,0
NHD	–	–	7,5	7,5	6,0	4,8	5,0	30,8
Privat	–	18,0	27,0	31,0	35,0	22,0	15,0	148,0
SUM NATURGASS	0,0	32,0	43,8	47,5	48,5	34,7	27,3	233,8

* Alle tall er i millioner kroner.



Norges
forskningsråd

Området for industri og energi

Naturgass – FoU-program for varer,
tjenester og prosesser.

<http://program.forskningsradet.no/naturgass/>

Norges forskningsråd
Postboks 2700 St.Hanshaugen
0131 Oslo

Telefon: 22 03 70 00

Faks: 22 03 70 01

www.forskningsradet.no

ISBN 82-12-01625-0