

Ti år med GASSMAKS

2016

Program for økt verdiskaping i naturgasskjeden –
GASSMAKS

Innhold

Om programmet GASSMAKS

GASSMAKS-programmet skal bidra til at mer av norsk naturgass foredles og utnyttes i Norge. Programmets overordnede mål er økt verdiskaping i naturgasskjeden gjennom styrket kunnskapsutvikling, næringsutvikling og internasjonal konkurransekraft.

Prosjektene som er støttet av programmet, skal bygge opp kompetanse i både forskningsmiljøene og i industrien, spesielt prosessindustrien.

Forord	3	Intervju med styrelederen Unni Olsbye	22
Utvikling av prosessindustrien GASSMAKS	4	Om programmet.....	24
Seks vellykkede prosjekter i GASSMAKS:	8	GASSMAKS i tall	26
CoorsTek/Protia	10	Summary in English – About the Research Programme on Maximising Value Creation in the Natural Gas Chain (GASSMAKS).....	28
INEOS	12	Programdrift.....	30
Norner Innovation	14	Prosjektoversikt GASSMAKS.....	31
SINTEF	16		
NTNU: De Cheng.....	18		
UiO: OGLIGOM.....	20		



>> side 10

En ny type reaktor gjør det mulig å konvertere naturgass til flytende kjemikalier i ett trinn, uten å gå via syntesegass. Det kan få stor innvirkning på bruken av naturgass.



>> side 14

Et GASSMAKS-prosjekt ga støtet til at Norner Innovation raskt utviklet seg til et internasjonalt anerkjent institutt innen nye verdikjeder for plast.



>> side 20

Hva skal petrokjemisk industri gjøre når råstoffet kommer fra naturgass i stedet for råolje? Forskerne ved Universitetet i Oslo er på sporet av effektive katalysatorer.



>> side 22

– Da GASSMAKS ble startet, var det ment som et program som skulle øke innenlands bruk av naturgass.



Forord

Naturgass er en verdifull ressurs som brukes til å lage en lang rekke av produktene vi omgir oss med til daglig. I mange år har det vært et politisk mål å foredle mer av naturgassen fra norsk sokkel i Norge. Likevel går fortsatt 96 prosent av gassen som produseres i Nordsjøen til Europa. Der blir mesteparten av gassen brukt i energiproduksjon, mens resten brukes som råstoff i petrokjemisk industri.

Det tiårige forskningsprogrammet GASSMAKS har hatt som mål å bidra til økt verdiskaping for samfunnet gjennom industriell foredling av naturgass. Virkemiddelet har vært å styrke kunnskapsutviklingen og øke industriens FoU-innsats. Målet var at dette skulle utløse omfattende investeringer i nye industriallegg. Dette forutsetter langsiktig sikkerhet for leveranser av naturgass til forutsigbar pris.

Oppstarten av programmet skjedde samtidig med at den petrokjemiske industrien i Norge hadde en gjennomgripende omstilling. Både Noretyl, Hydro Petrochemicals og Borealis i Norge ble kjøpt opp av Ineos (nå Inovyn). Samtidig engasjerte Statoil seg mindre og mindre i nedstrømsvirksomhet.

Endringene har medført et mindre engasjement fra petrokjemisk industri i GASSMAKS enn det som var forventet. Som en kompensasjon har programmet i større grad rettet seg mot grunnleggende forskning, spesielt innenfor katalyse.

Selv om det har vært liten vekst de siste årene i industrien som er knyttet til de prioriterte temaene i GASSMAKS, har norsk industri og norske akademiske miljøer fortsatt en ledende teknologiposisjon innenfor strategiske deler av de prosess tekniske fagfeltene. Dette vil være viktig i tiden fremover i lys av vesentlige endringer i gassmarkedene, energimarkedene og internasjonal klimapolitikk.

Klimapolitikken vil presse frem en kraftig omlegging til fornybar energi. Gassens rolle vil gradvis endres fra direkte bruk til back-up for fornybar energi, samtidig som det ventes kraftig vekst i direkte bruk av gass i form av LNG innen hele transportsektoren. Gass, kraft og solid kompetanse vil være attraktivt for så vel norske som utenlandske investorer også i fremtiden.

Typen prosjekter som frem til nå har fått støtte gjennom GASSMAKS vil i fremtiden gå inn under Forskningsrådets BIA-program: *Brukerstyrt Innovasjonsarena.*

Fridtjof Unander,
divisjonsdirektør for energi, ressurser og miljø i Norges forskningsråd





Langsiktig utvikling av prosessindustrien

>> **Prosessindustrien er Norges største industrigruppe utenom oljeindustrien med en omsetning på 322 milliarder kroner i 2013. Det er en kunnskapsnæring basert på mange tiårs forskning og utvikling.**

En stor del av industriell FoU i Norge skjer innenfor prosessindustrien som har bidratt tungt til den nasjonale industrikompetansen. Prosessindustrien er spredt over hele landet og har i stor grad formet distrikts-Norge siden bedriftene ofte er hjørnesteinsbedrifter i tettsteder og småbyer.

Prosessindustrien har vært en svært viktig eksportnæring for Norge helt siden Elkem og Norsk Hydro ble etablert i henholdsvis 1904 og 1905. Det er ingen grunn til at prosessindustrien skal bli mindre viktig i fremtiden siden det er en næring som ligger svært godt til rette for Norge. Den foredler i stor grad norske råstoffer og har potensial til å for-

bruke en vesentlig del av det forventede overskuddet av norsk fornybar energi. Den er lite arbeidsintensiv, men meget kapitalkrevende. Den er internasjonal og er en stor forbruker av FoU, noe som har ført til at det er bygget opp høy kompetanse både i FoU-institusjonene og i industrien.

Foto: Mongstad



Foto: Sverre Vind



Foto: Sverre C. Jarlid



Holder seg i Norge

Næringen er meget konkurransedyktig, noe utenlandske investorer har merket seg. I dag har 90 prosent av norsk prosessindustri utenlandske eiere. To andre vesentlige årsaker til at norske prosessindustribedrifter er populære oppkjøpskandidater for utenlandske industrikonsern er:

- > Den prosesstekniske kompetansen i Norge er høy.
- > God tilgang på ren og billig energi

At store deler av den norske prosessindustrien er eid av utenlandske industrikonsern synes ikke å være noe stort problem. Industrien opplever at eierne har en framtidrettet industripolitikk, og utøver et aktivt og nært eierskap. Selskaper med utenlandske eiere står i dag for hele 30 prosent av sysselsettingen og 36 prosent av verdiskapingen i norsk industri totalt. Bare i prosessindustrien er 72 000 ansatt i utenlandsk eide selskaper ifølge Menon publikasjon, nr 11/2012.

Bruk av naturgass i Norge

Det forrige store forskningsprogrammet for utnyttelse av naturgass var SPUNG – Statlig Program for Utnyttelse av Naturgass som opererte mellom 1987-1993. Hovedmålsettingen SPUNG var å bygge opp kompetanse og forberede Norge til en fremtid som en stor gassnasjon.

Norge fikk gjennom dette programmet en kompetansebase og nettverk av personer, bedrifter, institutter og universiteter. Betydningen av denne kompetansen har senere vist seg gjennom industrielle satsinger, bl.a.:

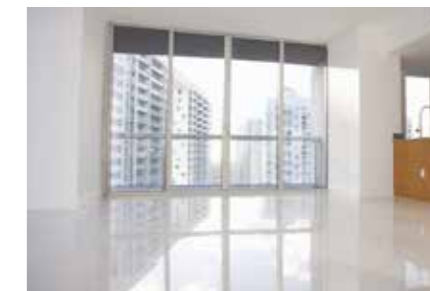
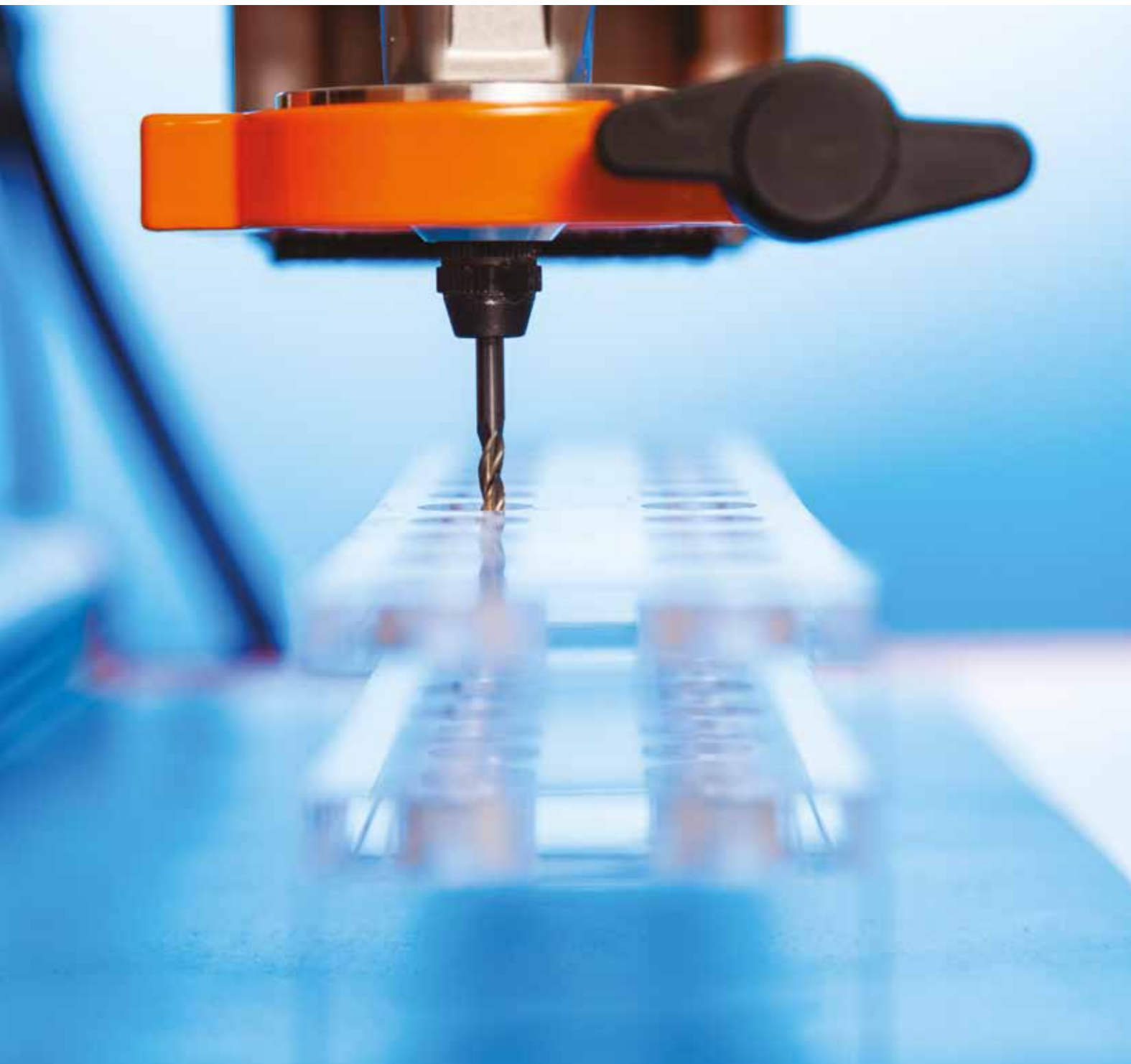
- > **Tjeldbergodden-** metanolanlegg (1997): Kompetansebase fra SPUNG var viktig for å kunne bygge, operere og optimalisere driften av dette anlegget som er det mest energi-effektive metanolanlegget i verden.
- > **Melkøya-** LNG anlegg (2006): Termodynamiske data og nye konsept for varmeveksling har bidratt til å bryte et industrimonopol for LNG-anlegg. Utgangspunktet for deler av dette kan føres tilbake til SPUNG og forskningsaktivitet som er videreført i industrien i kjølvannet av SPUNG.

Lite CO₂-avtrykk

Naturgass kan brukes som råstoff i mange prosesser. Det er mulig å integrere produksjon av for eksempel jern, silisium, aluminium, titan, kobber, plastråstoffer og bioproteiner. På den måten kan utslippene av CO₂ reduseres vesentlig ved at syntese-gass (CO + H₂) både brukes i syntese av polymere og som reduksjonsmiddel.

Industriell foredling av naturgass vil ha få negative miljømessige konsekvenser sammenlignet med å anvende tilsvarende mengder naturgass i energiproduksjon. En studie som SINTEF Energiforskning har gjort for GASSMAKS, indikerer at utslippene av CO₂ er tre ganger så høye ved å eksportere gassen inn i energimarkedet sammenlignet med å bruke den i industriell produksjon av plastråstoffer i Norge. En viktig årsak til dette er at betydelige deler av karbonet i naturgassen bindes i plastmaterialet. Karbonet kan sies å være deponert i produktets levetid.

Det må imidlertid foretas ytterligere studier av hvordan gjenvinning og håndtering av plastprodukter påvirker CO₂-regnskapet før det kan trekkes endelige konklusjoner for et samlet miljøregnskap.



Råstoff for alle typer plast

>> Svært mange av de uttallige plastproduktene vi omgir oss med og bruker til daglig, er foredlet naturgass.

For å lage plast blir naturgassen splittet opp i mindre molekyler. Disse molekylene kalles monomerer, og er de minste byggsteinene i plast. Måten disse byggsteinene settes sammen på bestemmer typen plast. Monomerer settes sammen til lange kjeder som kalles polymerer. Polymerer finnes også naturlig, for eksempel i cellulose.

Egenskapene til polymerene endres og forbedres ved å sette til ulike stoffer, avhengig av hva plasten skal brukes til. Noen eksempler:

Fra polyetylen lages velkjente produkter som plastposer og beskyttelsesbelegg

på melkekartonger. Polyetylen benyttes også til avanserte plastprodukter som kirurgiske implantater og reservedeler til kroppen, for eksempel hofteproteser.

Polyetylen lages også som en type kompositt, en slags glassforsterket plast med egenskaper som blant annet gjør den egnet til å beskytte følsomme elektroniske komponenter.

Polyvinylklorid er kanskje mest kjent som materiale i gulvbelegg, tapeter, vindusprofiler, rør og kabler, men også bilkarosserier. Egenskapene til polyvinylklorid gjør at den også brukes til medisinsk utstyr som blodposer og

overføringslanger. Polyvinylklorid anvendes også som belegg på piller, og sikrer at de medisinske virkestoffene i pillene frigjøres gradvis i kroppen.

Polypropen/polypropylen er en polymer og termoplast, som brukes til alt fra innpakning av sjokolade til superundertøy og avansert laboratorieutstyr. I tillegg er polypropylen materiale i for eksempel plastposer, engangsservise, taktekking, tauverk og armering i betong.



SEKS VELLYKKEDE PROSJEKTER I **GASSMAKS**

Tre næringslivsprosjekter -
tre forskerprosjekter >>



Coorstek

Dr. Selene Hernandez
Morejudo tester et
reaktoroppsett.
Foto: Coorstek
Membrane Sciences

Membranreaktor gjør det billigere å konvertere naturgass

» En ny type reaktor gjør det mulig å konvertere naturgass til flytende kjemikalier i ett trinn, uten å gå via syntesegass. Det kan få stor innvirkning på bruken av naturgass.

Ved å bruke katalytiske membranreaktorer kan naturgass gjøres om til aromater i ett trinn, noe som gjør produksjon av for eksempel benzen billigere og mer energieffektiv. Siden prosessen går uten oksygen er den dermed også uten CO₂-utlipp. Produksjonsanlegget kan bygges betydelig mindre og billigere enn dagens anlegg.

Dette har Coorstek Membrane Sciences (tidligere Protia) forsket på. Det norske selskapet er eid av det amerikanske selskapet Coorstek Inc. Hvis metoden lykkes i stor skala, kan det bli en «game changer» for petroleumsindustrien.

Kostbar konvertering

Med dagens teknologi er det kostbart og energikrevende å gjøre om naturgass til flytende kjemikalier. Det vanlige er å bruke oksygen for å gjøre om metan og andre lette alkaner til syntesegass før den foredles videre.

En stor andel av kostnadene går til å lage oksygenet, og prosessen gir høye CO₂-utslipp.

Mer av gassen blir konvertert

Metoden de norske forskerne jobber med er basert på keramiske membraner som bare slipper hydrogen igjennom. Naturgassen blir varmet til 700 grader i reaktoren hvor metanet blir omdannet til hydrogen og karbon. Ved å fjerne hydrogen fra reaksjonen forskyves likevekten og mer av gassen kan konverteres.

I prosjektet har forskerne bygd opp ny kunnskap rundt keramet. De har identifisert og optimalisert katalysator, og konstruert en fungerende membranreaktor.

Katalysator og reaktor ble testet hos partnerne, et institutt i Valencia i Spania og Universitetet i Oslo, mens utvikling av membranen stort sett ble gjort i parallelle prosjekter. Tester ble kjørt i to mindre testreaktorer, og i den siste fasen ble det produsert signifikante mengder aromater i en større reaktor.

Forskningen fortsetter

Etter at prosjektet var ferdig, har partnerne fortsatt forskningen. En av utfordringene er at keramet ikke har klart å ta ut nok hydrogen når prosessen oppskaleres.

Dette er i ferd med å løse seg. Forskerne har bevist at konseptet fungerer i en laboratoriemodell, og har bygd en demo-enhet som kan lage én liter per dag. Oppskalering mot industriell skala kan skje i løpet av 5-10 år.

Prosjekt: Intensified conversion of alkanes to aromatics and olefins using integrated catalyst/membrane reactor (ICOR)

Millioner å spare

>> Vinylkloridfabrikken på Rafnes kan spare 10-15 millioner kroner i året ved å forbedre mange ulike prosessavsnitt.

Produksjon av plastråstoff er en komplisert kjemisk prosess der hvert trinn slår ut på lønnsomheten. Nå har Inovyn sammen med SINTEF og Universitetet i Oslo etablert ny kunnskap om prosessen fra naturgass til vinylklorid. Kunnskapen vil være basis når bedriften gjør tiltak for å redusere energiforbruket, utslippene og dannelsen av biprodukter. Fabrikken vil bli bedre rustet til å unngå kostbare driftsforstyrrelser.

I prosjektet har forskerne også arbeidet med andre problemstillinger i prosessene, blant annet dannelsen av belegg i destillasjonsdelen.

Avanserte prosesser

I sin fabrikk på Rafnes produserer Inovyn (tidligere Ineos) vinylkloridmonomer (VCM), som er en byggestein for plastråstoffet polyvinylklorid (PVC). VCM produseres fra klor og etylen via mellomproduktet dikloretan (EDC). Etylen produseres i en egen fabrikk fra etan og propan (våt-gass).

Mellomproduktet EDC omdannes til VCM og saltsyre ved termisk cracking. Cirka 60 prosent av EDC omsettes, resten renses for biprodukter ved destillasjon før det sendes tilbake til crackeren. Kvaliteten på crackerføden er avgjørende for råstoffutnyttelse, energiforbruk og for driften av fabrikken. Ved endring i EDC-kvaliteten kan eksempelvis omsetningen øke mye. Dette kan føre til driftsforstyrrelser, redusert produksjon og i verste fall full stans.

Et utall reaksjoner

Hundrevis av reaksjoner kan skje i crackingen i fabrikken, og disse kan i betydelig grad påvirke energiforbruket og dannelsen av biprodukter.

SINTEF har tatt for seg 175 elementærreaksjoner og beregnet termodynamikken for hver enkelt for å se hvilke reaksjoner som er gunstige og ugunstige. De har laget en oversikt over hvilke reaksjoner som er gunstige for energiomsetningen.

Lager aktivitetsindeks

Etter GASSMAKS-prosjektet har forskerne rangert forbindelser som øker eller minsker omsetningen i crackeren. På grunnlag av kjemiske analyser av føden og beregninger basert på SINTEFs resultater, vil de forsøke å komme fram til en aktivitetsindeks for å kunne sammenligne ulike fødekvaliteter.

Foreløpig er det rangert cirka 40 forbindelser. Resultatene skal brukes til å beregne en aktivitetsindeks som vil bli implementert som et verktøy for å optimalisere driften av VCM-fabrikken.

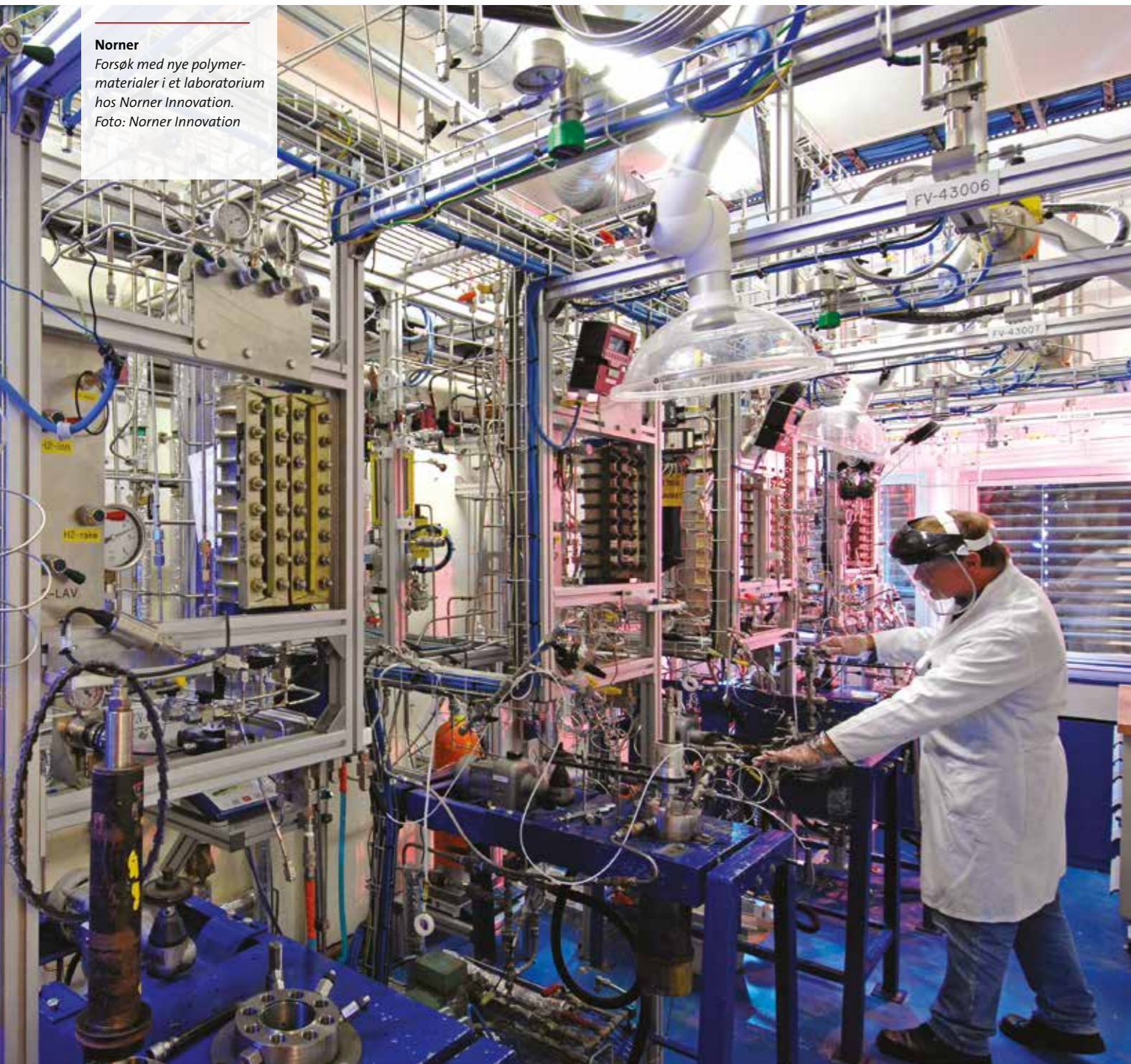
Prosjekt: Prosessforbedring i verdikjeden fra NGL til vinylklorid



Trykktank med seglass for studie av overflatefenomen ved høye hydrostatiske trykk og elektriske spenninger.



NOVINS vinylkloridfabrikk på Rafnes
Foto: INOVYN Norge AS



Norner

Forsøk med nye polymermaterialer i et laboratorium hos Norner Innovation.
Foto: Norner Innovation

Satt norsk institutt på verdenskartet

» Et GASSMAKS-prosjekt ga støtet til at Norner Innovation raskt utviklet seg til et internasjonalt anerkjent institutt innen nye verdikjeder for plast.

Prosjektet pågikk fra 2007 til 2008, helt i startfasen for Norner Innovations liv som selvstendig, privat forskningsinstitutt. Det ble etablert på Stathelle da Borealis flyttet sin forskningsavdeling utenlands.

Prosjektet handlet om å bruke CO₂ som råvare for polymerer.

Rett i teten

Norner Innovation var først i Norge og blant de første i Europa som forsket på slike prosesser. I Norners avanserte benkskala-reaktorer studerte forskerne blant annet hvordan slike polymerdannende reaksjoner foregår, og hva som trengs av hjelpstoffer. Forskerne laget også en enkel livssyklusanalyse som viste at karbonavtrykket for de nye polymermaterialene etter all sannsynlighet ville bli fordelaktig.

Målet var ikke bare å fremstille nye polymermaterialer fra CO₂, men å forvandle disse videre til ulike gjenstander av plast for å demonstrere at dette var mulig. Det lyktes de med. Den nye polymeren, som inneholdt over 40 prosent CO₂, ble brukt til å fremstille plastbokser, flasker og andre gjenstander i Norners laboratorier.

Fikk en kickstart

For Norner ble prosjektet starten på en ny æra på polymersiden, og på nye prosjekter med nasjonale og internasjonale partnere. Det ga muligheten til å demonstrere at selskapet hadde kunnskapen, kompetansen og utstyret for polymerfremstilling og testing som skal til for å jobbe på dette feltet.

Prosjektresultatene brakte Norner fram i lyset i nyhetsmedier og på konferanser i inn- og utland, og dannet grunnlaget for

dagens brede prosjektportefølje nasjonalt og internasjonalt. Selskapet har fått et stort industrielt kontaktnett, og er delaktige i videre utvikling av nye polymerer.

Økende interesse

Interessen for polymerer laget av CO₂ stiger stadig.

Norner arbeider nå med å finne en industripartner for å sette opp et pilotanlegg som kan lage større polymermengder enn det Norner kan i dag. Det er nødvendig for videre teknologisk utvikling på dette feltet.

Prosjekt: Green Industrial Process & Products: CO₂-Enhanced Engineering Thermoplastics (GRIPP).



Smelteverksindustrien kan halvere CO₂-utslippene

» Når kull erstattes med naturgass i produksjonen av titanoksyd, silisium og mangan, blir utslippene av klimagasser kraftig redusert. Samtidig kan silisium- og manganfabrikkene levere hydrogen og karbonmonoksid (CO) til syntesegass.

Karbon er en helt nødvendig ingrediens for å lage metaller. Som oftest brukes kull som karbonkilde, men ved å modifisere prosessen kan kullet erstattes med naturgass. I et stort prosjekt der Ferrolegeringens forskningsforening og titanoksydprodusenten TiZir var med, har NTNU og SINTEF forsket på tre prosesser, en for produksjon av titanoksyd fra ilmenitt, en for produksjon av mangan og en for produksjon av silisium.

I Tyssedal var det nødvendig å investere i en stor oppgradering av anlegget for å øke kapasiteten. Forskernes idé var å bruke naturgass til å produsere hydrogen og karbonmonoksid (CO). Denne syntesegassen kunne erstatte kullet som brukes til å redusere (metallisere) jernet i ilmenittmalmen. Teknisk er dette gjennomførbart, men de høye gassprisene ved bruk av relativt små gassmengder, har gjort at TiZir heller produserer hydrogen med elektrolyse av vann.

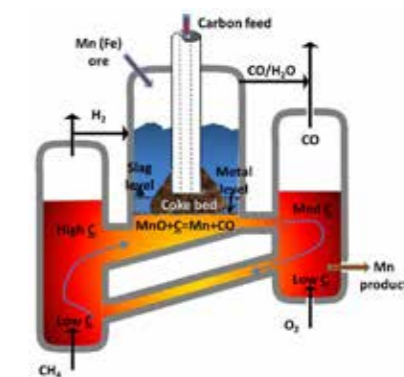
I manganpakken designet forskerne en prosess der naturgass brukes til å redusere manganalm til mangan med hydrogen og CO som biprodukter. Hydrogenet kan selges på markedet, for eksempel som drivstoff til hydrogenbiler. CO-en kan forbrennes med oksygen i en gassturbin som leverer elektrisitet til manganprosessen og «ferdig fanget CO₂».

Silisium kan produseres ved å la naturgass (CH₄) reagere med silisiumoksidgass (SiO). Når SiO fra ren kvarts (SiO₂) reagerer med CH₄, kan de få ut ren Si, H₂ og CO som syntesegass.

– Arbeidet i dette prosjektet kan bidra til å redusere CO₂-utslippene fra smelteverksindustrien med 50 prosent i 2030. Vi ser veldig store muligheter for å få til dette hvis man bygger en «grønn» industrikllynge der vi kan utnytte avgassene og

overskuddsvarmen fra metallprosessene. Både produksjonen av mangan og silisium kan levere fra seg hydrogen og CO som syntesegass. Denne kan brukes sammen med overskuddsvarmen til å lage etanol eller biodiesel fra trevirke, eller for den saks skyld til fiskeoppdrett på land, sier professor Leiv Kolbeinsen ved NTNU. Han har vært prosjektleder.

Klyngetankene er tatt med videre til senteret for forskningsdrevet innovasjon SFI Metal production.



Smelteverksindustrien
Manganprosess med naturgass og oksygen.
Illustrasjon: NTNU

Prosjekt: GASFERROSIL – Use of Natural Gas in Ferroalloy and Si production and Ilmenite processing

Rask lading og høy kapasitet

» Batteriene i elbiler kan lades like raskt som å fylle opp tanken på en bensinbil ved å bruke nanorør laget av naturgass i elektrodene.

En forskergruppe ved NTNU har utviklet løsninger for energilagring med helt nye egenskaper. Teknologien brukes både i superkondensatorer i elbusser eller hybridbiler og litiumionbatterier i elbiler. Hemmeligheten ligger i nye tredimensjonale strukturer på nanometernivå. Råstoffet er naturgass.

Hurtiglading av elbiler

– Alt karbonet i nanorørene i batteriene kommer fra naturgass. Dette vil ikke bli den store forbrukeren av norsk naturgass, men nanorørene er et høyverdi-produkt. Dersom du kan lade en Tesla like raskt som du fyller en bensinbil, vil det fullstendig endre bruken av elektriske biler, og åpne markedet for nye batterier, sier prosjektleder, professor De Chen ved NTNU.

En Tesla bruker timer på å lade batteriene på vanlig måte. Med den nye teknologien kan en tilsvarende batteripakke lades på noen minutter. I laboratorieforskene har forskerne kommet ned i ladetid på fem minutter. Ved å bruke nanoteknologi blir elektrodene mye mer effektive til å lade opp og lade ut. De blir også mer stabile.

Bussene kan kjøre lenger mellom hver lading

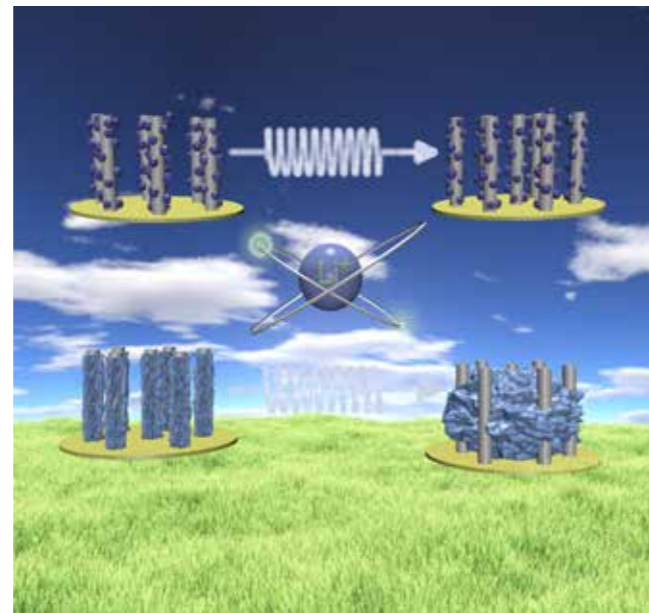
Forskerne har også utviklet nye superkondensatorer som kan inneholde mye mer energi enn dagens kapasitorer. Det gjør de ved å bruke «nanosvamper» der elektrodemateriale legges inn i nanohulrom.

En kapasitor er en elektrisk komponent som kan lagre elektrisk energi og gi den fra seg når det er behov for det. De har tradisjonelt hatt liten energitetthet. En superkondensator har høy energitetthet som kan lades ut raskt.

Superkondensatorer er tatt i bruk i elektriske busser. De gjør det mulig å lade opp bussen på ett minutt mens den står ved holdeplassen. Da kan bussen kjøre i typisk seks-sju kilometer. Oslo kommune planlegger slike busser og ladeholdeplasser.

Med NTNUs teknologi vil bussen kunne kjøre 30 kilometer og i mange tilfeller trengs da bare lading ved endestasjonene. Det sparer busselskapene for investering i ladepunkter på hver holdeplass. I tillegg er de nye superkondensatorene sikrere og mer stabile.

Resultatene er blant annet publisert i det anerkjente tidsskriftet Energy Environmental & Science.



Figur: Karbonnanorør lages av naturgass. Nanorørene blir festet parallelt på en metallfolie, noe som gjør at batteriet får mange parallelle elektroder, og en svært stor overflate sammenlignet med vanlige elektroder. Dermed kan de lade opp og lade ut raskt. Ill: NTNU





Foto: H. Simonisen

Smarte katalysatorer

» Hva skal petrokjemisk industri gjøre når råstoffet kommer fra naturgass i stedet for råolje? Forskerne ved Universitetet i Oslo er på sporet av effektive katalysatorer.

Et av de viktigste produktene fra destillering av råolje er nafta, som brukes til å produsere bensin og til en rekke petrokjemiske produkter, ikke minst mange ulike typer plast. I en cracker blir de store nafta-molekylene varmet opp slik at de splittes til mindre molekyler som eten (etylen), buten og propen.

Når utgangspunktet i stedet er våtgass fra naturgass, får industrien en utfordring med å lage buten og propen. I stedet for å klippe opp lange molekyler må de sette sammen små molekyler. Eten er enkelt å lage av etan i naturgassen ved å varme den opp, men etan-prosessen mangler de andre viktige kjemikaliene som kommer ut av nafta-prosessen. Smarte katalysatorer utviklet i et GASSMAKS-prosjekt kan bidra her.

Dyre å gjenbruke

Det finnes kommersielle prosesser som omdanner eten til buten og propen, men katalysatorene er vanskelige å gjenbruke. Forskerne ved Kjemisk institutt i Oslo og Høgskolen i Sørøst-Norge ser på katalysatorer som skal være mye enklere å skille ut og bruke om igjen.

Løsningen er å bruke faste materialer som zeolitter og metallorganiske forbindelser (MOF). De har veldig stor overflate per volumenhet og får plass til et stort antall katalytiske seter som hjelper til med å omdanne eten til buten og propen. De aktive stoffene festes i materialet.

En fordel med de zeolittbaserte katalysatorene, sammenliknet med kommersielle katalysatorer, er at de ikke trenger en såkalt kokatalysator for å gjøre dem aktive i prosessen. En annen fordel er at de er faste stoffer, som lett kan skilles fra produktene. De kan dermed brukes i en kontinuerlig prosess, og spare kostnader for industrien.

Overraskelse

Da forskerne skulle teste zeolittene, fikk de seg en overraskelse. Produksjonen av buten og propen gikk ned sammenlignet med bruk av faste katalysatorer som ikke var porøse. Det ble først fart på reaksjonene da trykket ble økt til 30 bar. Årsaken er trolig at de små porene gjorde at produktene blir holdt fast.

– En fortsatt utfordring ved denne prosessen er at katalysatoren deaktiverer ganske raskt. Vi må finne ut hvordan katalysatoren skal lages for at produktene skal slippe taket igjen. Når det problemet er løst, er det stor sjanse for at slike faste katalysatorer blir industrialisert, sier professor Unni Olsbye ved Kjemisk institutt ved Universitetet i Oslo. Hun er prosjektleder for prosjektet OLIGOM som avsluttes i 2017.

Prosjekt: Ethene oligomerisation and metathesis (OLIGOM)

OM SATSINGEN



Det grønne skiftet i prosessindustrien

» Da GASSMAKS ble startet, var det ment som et program som skulle øke innenlands bruk av naturgass. I ettertid ser vi at prosjektene peker lenger fremover enn det, sier leder av programstyret Unni Olsbye.

Olsbye har de siste to årene ledet programstyret i GASSMAKS, og vært medlem av programstyret i fem år. Hun er sentral i forskning og utvikling av ny teknologi som professor ved Kjemisk institutt ved Universitetet i Oslo og leder av Senteret for forskningsdrevet innovasjon, inGAP.

– GASSMAKS har bidratt til utvikling av naturgassbaserte prosesser og -produkter og bidratt med kunnskapsgrunnlaget for et grønt skifte i prosessindustrien. De petrokjemiske prosessene vi har sett på i prosjektene, kan også bruke andre karbonkilder enn de fossile, for eksempel biomasse eller CO₂, sier Olsbye.

Karbonløsning

I fremstillingen av metaller er bruk av naturgass et stort steg på veien mot mer miljøvennlige prosesser: De fleste metallurgiske prosesser bruker i dag kull som reduksjonsmiddel.

– Hvis du bruker metan (CH₄) i stedet, vil både karbon og hydrogen oksideres. CO₂-produksjonen per tonn metall kan dermed halveres hvis du går over fra kull til naturgass som reduksjonsmiddel, sier hun.

Reaktorer og prosesser må designes på nytt når industrien tar i bruk naturgass som reduksjonsmiddel. Teknologien bygger på kjente prinsipper, men må optimaliseres for hvert enkelt produkt.

Restrukturering

Akkurat i det GASSMAKS ble startet opp for ti år siden, skjedde det en restrukturering i norsk industri. Det medførte at hovedkontoret for flere av de industrielle spillerne ble flyttet ut av landet.

– Hvis vi vil beholde gode, industrirettede fagmiljøer i Norge, må vi sørge for at det blir attraktivt for de internasjonale bedriftene å ha forskningsaktiviteter her. Du må argumentere på en helt annet måte om hvorfor du skal ha forsknings-samarbeid i Norge hvis hovedkontoret ligger i et annet land, sier hun.

«Det er slående hvor tett sammenhengen er mellom hva vi lykkes med i forskningsverdenen og kompetansen som springer ut av eksisterende tradisjonell industri.»

100 millioner ble til 40 millioner

I utgangspunktet skulle GASSMAKS disponere 100 millioner kroner i året, men budsjettet ble liggende på 40 millioner kroner. Det skyldes svakere interesse fra industrien for å delta i prosjekter i programmet enn det som var forutsatt.

Likevel er det gjennomført en rekke prosjekter der naturgass er omdannet alene eller kombinert med metallurgiske prosesser.

– Det er vanskelig å vite hva som blir en industriell suksess etter et slikt program. Det tar mange år før vi vil se økt industriell aktivitet, og industrialiseringen kommer ikke nødvendigvis i Norge. Det kan ikke programmet gjøre noe med, men vi kan bidra til at gode norske forskningsmiljøer og gode industrimiljøer skaper noe nytt sammen, sier hun.

GASSMAKS har bidratt til knoppskyting, nye selskaper og nye prosesser. Seks av dem er omtalt i egne artikler i denne brosjyren.

Fremtid

Olsbye ser at resultatene fra GASSMAKS vil leve lenger enn programperioden.

– Flere prosjekter vil bli videreført i to sentre for forskningsdrevet innovasjon. Det ene er et nytt SFI rettet mot petrokjemisk industri. Det andre er et nytt SFI rettet mot metallurgisk industri, sier hun. Hun er opptatt av hvordan internasjonal industri skal motiveres til å bruke norske forskningsmiljøer.

– Det er slående hvor tett sammenhengen er mellom hva vi lykkes med i forskningsverdenen og kompetansen som springer ut av eksisterende tradisjonell industri. Derfor er det helt vesentlig med gode rammebetingelser for prosessindustrien i Norge, slik at det gode samspillet kan fortsette, til beste for miljøet og for norsk konkurransekraft, sier Olsbye.



Om programmet

» Programmet «Økt verdiskaping i naturgasskjeden (GASSMAKS)» ble etablert som program i Forskningsrådet fra 2007 med avslutning i 2016.

Bakgrunnen for programmet var konklusjonene i en utredning av behovet for en nasjonal satsing på forskning for økt verdiskaping fra naturgass gjennom industriell foredling. Utredningen ble initiert av Norsk gassforum, LO og NHO og baserte seg på omfattende dialoger med sentrale norske industriaktører og forskningsmiljø.

Programmet har rettet seg mot prosessindustrien, FoU-miljøene og myndighetene.

Hovedmål for programmet

GASSMAKS skal gjennom styrket kunnskapsutvikling, næringsutvikling og internasjonal konkurransekraft bidra til økt verdiskaping for samfunnet gjennom industriell foredling av naturgass innenfor følgende områder:

- > Gass til plastråstoff og plast
- > Prosesser og produkter langs plastverdikjeden
- > Utnyttelse av våtgass
- > Gass til syntetiske drivstoff og energiprosesser
- > Kjemisk konvertering av naturgass 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

Programmet har arbeidet langs to akser

1. Å bidra til tekniske løsninger som gjør det mulig for prosessindustrien å produsere mer økonomisk, med mindre utslipp av miljøgifter og klimagasser.
2. Å bidra til å gjøre naturgass mer tilgjengelig og til en konkurransedyktig pris for industrien.

Fra grunnforskning til anvendt forskning

GASSMAKS har støttet både innovasjonsprosjekter, forskerprosjekter og kompetanseprosjekter innenfor sentrale kompetanseområdene som katalyse, nanoteknologi, materialteknologi, kybernetikk og kjemiteknikk. I tillegg støttet programmet prosjekter innenfor innovative områder som biokjemisk konvertering og reaktorteknologi slik at den kompetansemessige basis for å utvikle nye prosesser er godt ivaretatt.

Resultatene har gitt flere patenter og industrielle implementeringer. De økonomiske implikasjonene av denne forskningen vil imidlertid ligge mange år fram i tid.

Katalyse er en viktig teknologi for Norge

Programmet har hatt et nært samarbeid med forskningssenteret inGAP innenfor katalyse i hele programperioden. InGap er et senter for forskningsdrevet innovasjon (SFI) ved Universitetet i Oslo. Samarbeidet har vært svært viktig siden inGAP har en betydelig portefølje av katalyseprosjekter knyttet til gasskonvertering.

Katalyse er et sentralt område sammen med kjemiteknikk for å løfte effektiviteten i de prosessene som er viktige for norsk

prosessindustri og for å utvikle nye prosesser. Forskningen som ligger til grunn for utviklingen av nye prosesser er imidlertid svært langsiktig og krever høy kompetanse innenfor flere fagområder.

Svak industriutvikling

Det har vært liten vekst de siste årene i de industrielle aktivitetene knyttet til de prioriterte temaene i GASSMAKS. Det er likevel verdt å merke seg at norsk industri og norske akademiske miljøer fortsatt har en internasjonalt ledende teknologiposisjon innenfor strategiske deler av de prosess tekniske fagfeltene. Dette gir fortrinn på den globale industrielle konkurransearena, men kan ikke fullt ut kompensere for de mangler som eksisterer med hensyn til rammebetingelser for denne industrien i Norge. Spesielt gjelder dette prisene på råstoff.

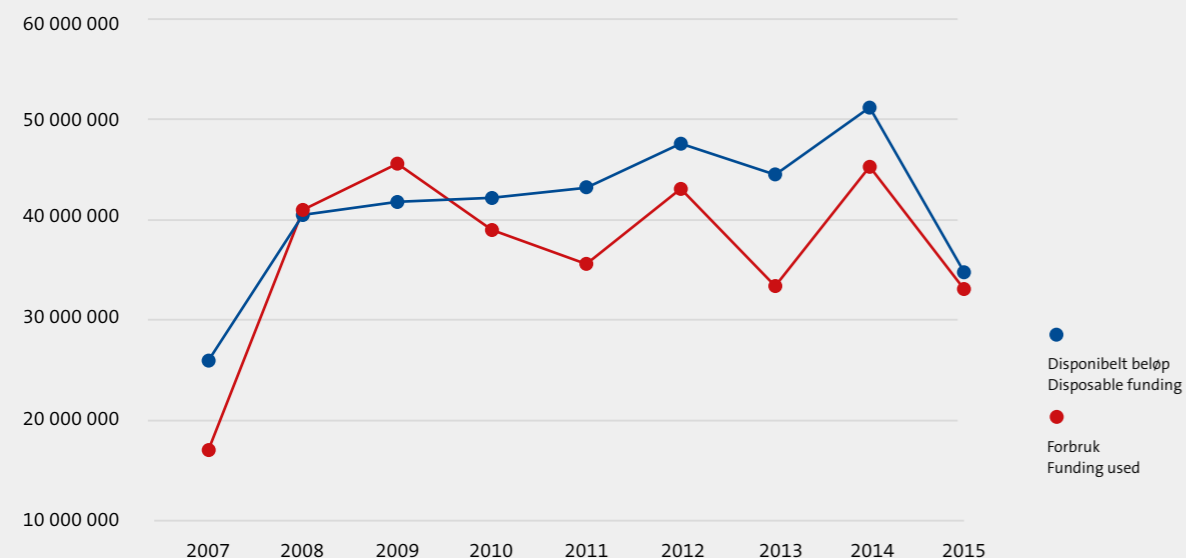
For å kompensere for den mangelfulle industrielle infrastruktur innenfor petrokjemi i Norge, og den manglende interesse for å ekspandere denne næringen, har programmet i stadig større grad rettet seg mot kjemitekniske enhetsoperasjoner for mer effektiv og miljøvennlig drift av eksisterende prosesser og mineralforedling. Anvendelsen av gass til utvinning og foredling av mineraler og metaller har dessuten gjort GASSMAKS til et viktig virkemiddel for Forskningsrådets nordområdesatsing.



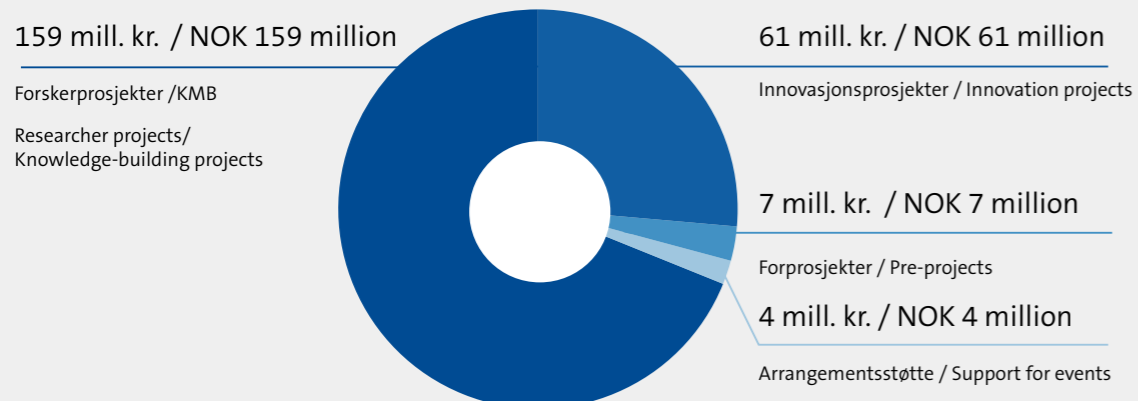
GASSMAKS I TALL / KEY FIGURES FOR THE GASSMAKS PROGRAMME

>> Grafene på denne og neste side viser en oversikt over de viktigste tallene for satsingen på GASSMAKS og illustrerer hvor mye midler som er bevilget til ulike prosjekttypene, til nye og løpende prosjekter og antall Ph.d.-stipendiater som er finansiert gjennom programmet. / The graphs presented here and on the following page provide an overview of the key figures for the GASSMAKS programme, showing the amount of funding allocated to the various project types, total funding awards to new and ongoing projects, and the number of doctoral research fellowships under the programme.

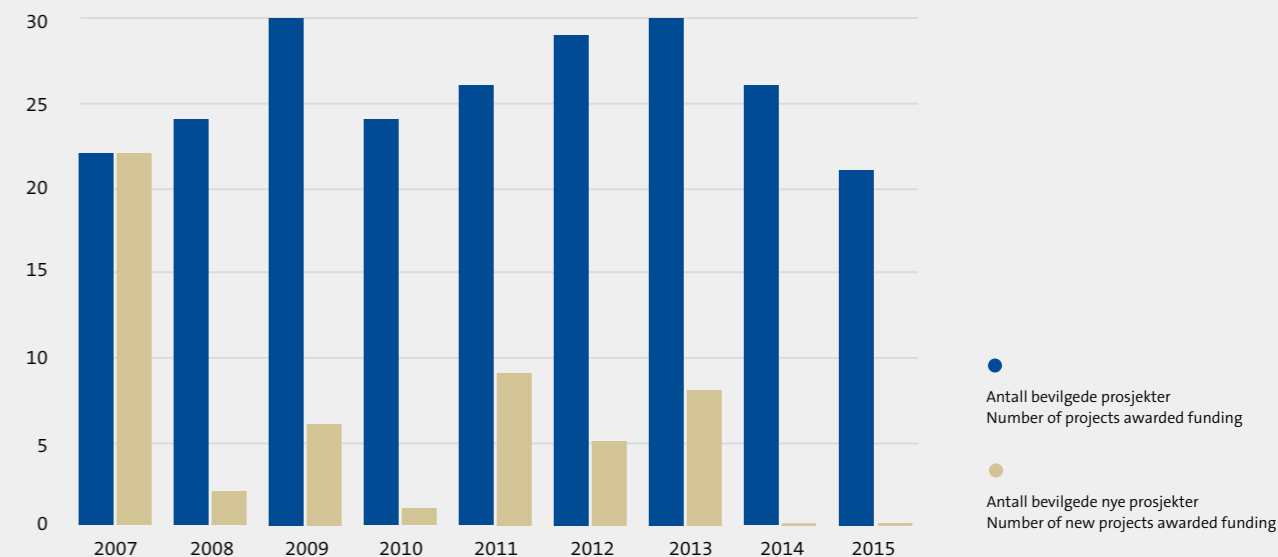
Disponibelt beløp i mill. kr. og forbruk i mill. kr. for hvert år i programperioden /
Disposable funding available (NOK million) and funding used (NOK million) for each year of the programme period.



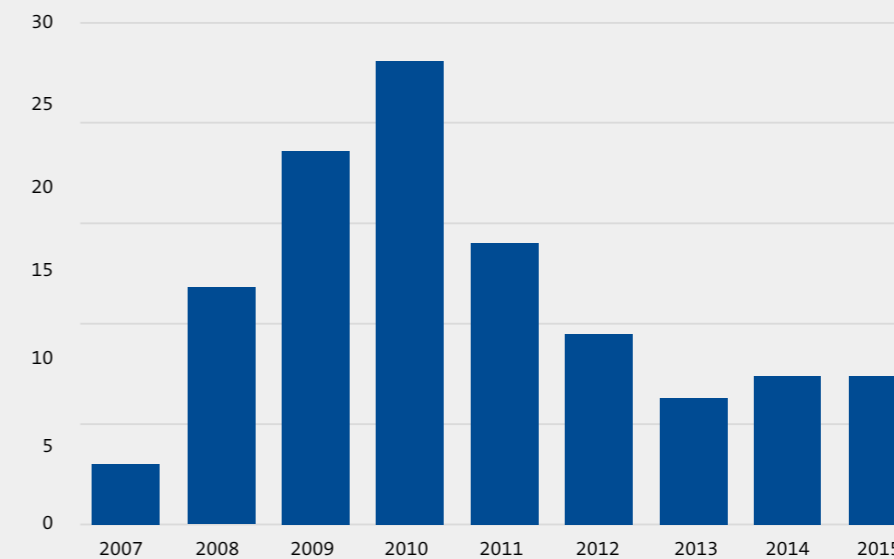
Totalt bevilgede beløp i mill. kr. til prosjekttypene Forskerprosjekter/KMB, innovasjonsprosjekter, forprosjekter og arrangementsstøtte i programperioden. /
Total allocations (NOK million) to the project types researcher projects/knowledge-building projects, innovation projects, pre-projects, and support for events during the programme period.



Midler bevilget til nye prosjekter i mill. kr. og til løpende prosjekter i mill. kr. for hvert år i programperioden. /
Funding awarded to new projects (NOK million) and ongoing projects (in NOK million) for each year of the programme period.



Antall Ph.d.-studenter (årsverk) finansiert av programmet for hvert år i programperioden. /
Number of doctoral research fellows (work-years) funded by the programme for each year of the programme period.



About the Research Programme on Maximising Value Creation in the Natural Gas Chain (GASSMAKS)



Foto: Sverre Jarlid

>> The GASSMAKS programme was launched by the Research Council of Norway in 2007 and concluded in 2016.

The programme was established in response to the conclusions of a report on the need for a national research initiative to boost value creation from natural gas through industrial processing. The report was prepared at the initiative of the Norwegian Gas Forum, the Norwegian Confederation of Trade Unions (LO) and the Confederation of Norwegian Enterprise (NHO) and was based on the extensive existing dialogue between key industrial actors in Norway and the research community.

The programme has been targeted towards the processing industry, R&D groups and the public authorities.

Primary objective of the programme

The primary objective of the GASSMAKS programme has been to maximise value creation for society through the industrial processing of natural gas by enhancing knowledge development, promoting commercial development and strengthening international competitiveness in the following thematic areas:

- > Gas for plastic raw materials and plastics;
- > Processes and products along the plastics value chain;
- > Utilisation of wet gas;
- > Gas for synthetic fuel and energy processes;
- > Chemical conversion of natural gas and synthesis gas to synthetic fuel;
- > Gas for materials;

- > Conversion and use of natural gas in the metallurgy industry;
- > Natural gas as an input factor for the production of valuable materials;
- > Gas for proteins and other nutrients.

Activities under the programme have been targeted towards:

1. Promoting the development of technical solutions that facilitate more economically efficient production in the processing industry, with lower emissions of environmentally hazardous substances and greenhouse gases;
2. Helping to make natural gas more accessible to the industry at more competitive prices.

From basic research to applied research

The GASSMAKS programme has awarded funding to innovation projects, researcher projects and knowledge-building projects in key areas of expertise such as catalysis, nanotechnology, materials technology, cybernetics and chemical techniques. Importance has also been attached to funding projects in areas of innovation such as biochemical conversion and reactor technology in order to build a competence base for developing new processes.

Projects have resulted in a number of patents and industrial implementations. However, the financial implications of the research conducted will not be evident until well into the future.

Catalysis an important technology for Norway

Catalysis and chemical techniques are vital to enhancing the efficiency of key processes in the Norwegian processing industry as well as to developing new ones. However, research that forms the basis for the development of new processes is very long-term in nature and requires a high level of expertise in multiple subject areas.

In the thematic area of catalysis, the programme has collaborated closely with the centre for Innovative Natural Gas Processes and Products (inGAP) throughout the programme period.

InGAP is a Centre for Research-based Innovation (SFI) hosted by the University of Oslo.

Weak industrial development

In recent years there has been little growth in Norwegian industrial activity related to the thematic priority areas of the GASSMAKS programme. Nevertheless, Norwegian industry and Norwegian academic institutions remain technological leaders in strategic segments of processing technique fields. While this provides a global competitive advantage, it cannot fully compensate for the weak framework conditions for the processing industry in Norway. The price of raw materials is particularly important in this context.

To compensate for deficiencies in industrial infrastructure in the petrochemical industry in Norway and the lack of interest in expanding this industry, the programme has increasingly directed its focus towards chemical engineering unit operations to promote more effective, environmentally sound operations in connection with existing processes and mineral processing. Furthermore, the use of gas in the extraction and processing of minerals and metals gave the GASSMAKS programme an important role as a funding instrument under the Research Council's Arctic and Northern Areas Initiative.

Foto: Mongstad





Programdrift GASSMAKS

Programkoordinator		Programstyre	År
Tronn Øistein Hansen		Unni Olsbye (leder 2013-2016)	2011-2016
Programstyre	År	Johan Arnold Johansen	2007-2016
Klaus Jens	2007-2010	Steinar Kvisle	2007-2016
Marit Larsen	2007-2010	Siv Åsland	2007-2016
Wenche Olsen	2007-2010	Astrid Tugwell	2010-2016
Hilde Johnsen Venvik	2007-2012	Terje Halmø	2012-2016
Helge Siljan	2009-2012	Elisabeth Tangstad	2012-2016
Hogne Hongset (leder 2007-2013)	2007-2013	Tine Rørvik	2013-2016

Prosjektoversikt GASSMAKS

Prosjekt	Prosjektittel	Prosjektansvarlig	SUM Revidert buds.	Fra dato	Til dato
182473	Advanced Reactor Modeling and Simulation	NTNU FAKULTET FOR NATUR-VITENSKAP OG TEKNOLOGI	10 258 000,00	01.08.2007	31.12.2013
182485	Ny industriell prosess for konvertering av naturgass til høykvalitets karbon og hydrogen	CARBONTECH HOLDING AS	8 200 000,00	15.06.2007	30.04.2009
182486	New concepts for conversion of natural gas to aromatics	Prosesskjemi	100 000,00	01.08.2007	31.12.2007
182493	Recovery of CO ₂ from high pressure gas with membranes	Institutt for kjemisk prosess-teknologi	5 429 000,00	01.10.2007	31.12.2011
182505	Improved Process Design And Operation Of Natural Gas Conversion Technologies	Institutt for kjemisk prosess-teknologi	4 699 000,00	01.08.2007	31.12.2013
182521	Optimal operation and control of chemical plants with natural gas feedstock	NTNU FAKULTET FOR NATUR-VITENSKAP OG TEKNOLOGI	4 014 000,00	01.07.2007	01.10.2011
182524	Utilization of CO ₂ via Catalysis in Ionic Liquid Phases	SINTEF MATERIALER OG KJEMI AVD TRONDHEIM	3 838 505,00	31.12.2007	01.09.2011
182526	Production of Synthetic Illmenite using Hydrogen Produced from Natural Gas	TITANIA AS		01.07.2007	31.07.2007
182530	A new mineral-processing concept for production of silica and magnesium carbonate	INSTITUTT FOR ENERGITEKNIKK	700 000,00	01.08.2007	01.03.2008
182531	Converting natural gas components to fuels and petrochemicals	NTNU FAKULTET FOR NATUR-VITENSKAP OG TEKNOLOGI	13 146 000,00	01.07.2007	30.06.2012
182532	Zeolite membranes for CO ₂ separation	DET MATEMATISK-NATUR-VITENSKAPELIGE FAKULTET	2 548 000,00	01.10.2007	30.04.2013
182535	Storskalaprosess for konvertering av naturgass til hydrogen og høyverdig karbon.	STATOIL ASA		15.06.2007	31.12.2007
182536	Theory-assisted design of catalysts for random copolymerization of functionalized olefins	DET MATEMATISK-NATUR-VITENSKAPELIGE FAKULTET	4 429 000,00	01.07.2007	30.06.2011
182537	Nonoxidative methane activation by co-conversion of methane over metal containing zeolite catalysts	DET MATEMATISK-NATUR-VITENSKAPELIGE FAKULTET	2 525 000,00	01.08.2007	30.04.2013
182542	Revidert - Basic energy efficient distillation technology	Anvendt kybernetikk - Trondheim	300 000,00	01.07.2007	31.12.2007
182543	Microbial conversion of natural gas: New processes and products from Methylococcus Capsulatus	BIOPROTEIN AS	14 500 000,00	01.08.2007	31.10.2011

Prosjekt	Prosjekttittel	Prosjektansvarlig	SUM Revidert buds.	Fra dato	Til dato
182544	A new generation of catalysts for activation and functionalization of light alkanes: Probing of catalyst / reactant interactions	DET MATEMATISK-NATUR-VITENSKAPELIGE FAKULTET	2 397 000,00	01.09.2007	16.06.2010
182545	Understanding and improving microbial production of L-glutamate from methanol by Bacillus methanolicus	BIOTEKNOLOGI OG NANO-MEDISIN	12 934 000,00	01.07.2007	31.12.2011
182546	Gas Anode for Metal Electrowinning	SINTEF MATERIALER OG KJEMI AVD TRONDHEIM	7 150 000,00	01.09.2007	30.06.2012
182547	Non-Metallocene Organolanthanide Polymerization Catalysis	DET MATEMATISK-NATUR-VITENSKAPELIGE FAKULTET	7 588 000,00	01.07.2007	30.11.2013
185513	New Gold Catalysts for the Activation and Functionalization of Alkanes	Kjemisk institutt	8 609 367,00	01.01.2008	13.01.2013
185516	Green Industrial Process & Products: CO ₂ -Enhanced Engineering Thermoplastics	Norner AS	1 000 000,00	15.09.2007	31.12.2008
187230	New concepts for conversion of natural gas to liquid products	SINTEF - Oslo	2 150 000,00	01.01.2008	01.11.2009
187458	Basic energy efficient distillation technology	ANVENDT KYBERNETIKK	10 100 000,00	01.01.2008	30.06.2012
187465	Gass til Materaier (GassMat) - Integrasjonsmodeller for material- og kraft-produiserende industriklynger	Statoil ASA - Trondheim	15 000 000,00	01.01.2008	01.06.2012
187468	Katalysatorsystemer for storskala konvertering av naturgass til hydrogen og høyverdig karbon.	STATOIL ASA		01.01.2008	31.12.2008
189769	Bruk av metanol, DME og GTL-diesel, basert på naturgass, som drivstoff for transportsektoren - Forprosjekt	Avdeling Energiressesser	150 000,00	01.05.2008	31.10.2008
189912	Konferansestøtte til internasjonalt symposium "Reliable flow of particulate solids IV" - RELPOWFLO i Tromsø 10. - 12. juni	STIFTELSEN TEL-TEK	50 000,00	01.05.2008	30.06.2008
190530	Pilot-Scale Polymerisation of VCM in non-aqueous media	INEOS NORGE AS	3 200 001,00	01.10.2008	31.12.2012
192841	Ny industriell prosess for konvertering av naturgass til høykvalitets karbon og hydrogen - optimering	CARBONTECH HOLDING AS	4 462 163,00	01.06.2009	01.12.2012
192846	Plastics from CO ₂	NORNER AS	10 700 000,00	01.01.2009	31.12.2012
193441	Potensial for økt verdiskaping gjennom industriell bruk og foredling av naturgass i Norge, målt mot verdiskaping gjennom eksport til energ	PÖYRY MANAGEMENT CONSULTING (NORWAY) AS	2 230 000,00	01.11.2008	30.04.2010
193895	Analyseverktøy for teknisk/kommersiell vurdering av alternative avtak av naturgass	SINTEF MATERIALER OG KJEMI AVD TRONDHEIM	370 000,00	12.01.2009	30.06.2009

Prosjekt	Prosjekttittel	Prosjektansvarlig	SUM Revidert buds.	Fra dato	Til dato
195081	Katalysatorutvikling for formaldehydproduksjon - Forprosjekt	BÆREKRAFTIG ENERGI-TEKNOLOGI	114 845,00	20.04.2009	30.11.2009
196007	Gasplas cold plasma cracking of natural gas to carbon polymers	GASPLAS AS	250 000,00	30.05.2009	15.09.2009
198054	Proton conducting membrane reactor for natural gas dehydrogenation	COORSTEK MEMBRANE SCIENCES AS	250 000,00	16.08.2009	31.12.2009
200415	Forprosjekt - Process technology development and pilot plant construction for the manufacturing of Plastics from CO ₂	Norner AS	250 000,00	15.10.2009	31.12.2010
200527	Microwave coldplasma cracking of natural gas to valuable carbon products	GASPLAS AS	9 800 000,00	01.01.2010	31.07.2013
208301	Improved yield in the production of formaldehyde by silver catalyst development	DYNEA AS	9 900 000,00	01.04.2011	31.12.2014
208325	Intergrowth Materials for Improved Methanol-To-Olefin Catalysts	Senter for materialvitenskap og nanoteknologi	5 111 000,00	01.07.2011	31.08.2014
208335	Catalyst and process optimization for petrochemical applications of stereoselective olefin metathesis	DET MATEMATISK-NATUR-VITENSKAPELIGE FAKULTET	10 075 000,00	01.04.2011	30.11.2016
208351	Microstructured Reactors for Compact Conversion of Natural Gas to Liquid Fuels	NTNU FAKULTET FOR NATUR-VITENSKAP OG TEKNOLOGI	7 133 000,00	01.04.2011	01.04.2015
208363	Pure Silicon production using Natural gas	Institutt for materialteknologi	12 500 000,00	01.04.2011	31.12.2015
208374	KMB - GASFERROSIL - Use of Natural Gas in Ferroalloy and Si production and Ilmenite processing	BÆREKRAFTIG ENERGI-TEKNOLOGI	4 191 000,00	01.06.2011	31.12.2012
210416	From natural gas to sustainable food; improved process technology for optimal value creation of natural gas.	BIOPROTEIN AS	4 000 000,00	01.08.2011	31.07.2015
210418	Intensified conversion of alkanes to aromatics and olefins using integrated catalyst/membrane reactor	COORSTEK MEMBRANE SCIENCES AS	6 617 000,00	01.08.2011	31.07.2014
210421	Natural Gas processing by the use of New Membrane Materials	STATOIL ASA AVD FORSKNINGS-SENTER RANHEIM	4 401 000,00	01.08.2011	31.07.2014
210424	Utvikling av Rana Grubers malm for videreforedling med Naturgass	RANA GRUBER AS	3 000 000,00	01.04.2011	31.12.2015
215519	Co-based supports and catalysts for conversion of natural gas into synthetic diesel.	OLJE OG GASS PROSESS-TEKNOLOGI	2 896 992,00	02.01.2012	31.12.2014
215522	Gas to carbon nanomaterials for energy storage	NORGES TEKNISK-NATURVITENSKAPELIGE UNIVERSITET NTNU	5 730 000,00	01.06.2012	01.06.2016

Prosjekt	Prosjekttittel	Prosjektansvarlig	SUM Revidert buds.	Fra dato	Til dato
215546	"Taming reconstruction and loss of Platinum metals in high temperature industrial CAtalytic processes"	SINTEF MATERIALER OG KJEMI AVD OSLO	5390000	01.03.2012	01.03.2015
217129	Prosessforbedring i verdikjeden fra NGL til vinylklorid	INEOS NORGE AS	5 700 000,00	01.04.2012	01.07.2015
217142	Cold plasma conversion of natural gas to petrochemical products	GASPLAS AS	2 000 000,00	01.01.2012	31.12.2012
224942	Kinetics and Selectivity of Reactions during Oxide reduction using natural gas	SINTEF MATERIALER OG KJEMI AVD TRONDHEIM	9 000 000,00	01.01.2013	31.12.2015
224950	KMB - GASFERROSIL PhII - Use of Natural Gas in Ferroalloy and Si production and Ilmenite processing	SINTEF MATERIALER OG KJEMI AVD TRONDHEIM	6 190 000,00	01.01.2013	31.12.2016
224965	Improved process concepts for more efficient gas-to-liquid production	NTNU FAKULTET FOR NATUR- VITENSKAP OG TEKNOLOGI	6 000 000,00	01.04.2013	31.12.2016
224968	Fundamental understanding of Fe and Co based catalysts for light olefin (C2-C4) production via the direct Fisher-Tropsch to olefins process	NTNU FAKULTET FOR NATUR- VITENSKAP OG TEKNOLOGI	5 902 000,00	01.06.2013	01.12.2016
224973	Biotechnological Production of L-lysine and Cadaverine from Methanol	SINTEF MATERIALER OG KJEMI AVD TRONDHEIM	6 000 000,00	01.01.2013	31.12.2015
224980	Ethene oligomerisation and metathesis (OLIGOM)	DET MATEMATISK-NATUR- VITENSKAPELIGE FAKULTET	7 330 000,00	01.01.2013	31.03.2017
224985	Novel Aluminium Production using Natural Gas	NTNU FAKULTET FOR NATUR- VITENSKAP OG TEKNOLOGI	6 645 000,00	01.01.2013	31.12.2016
225815	New, effective polyethylene production process	NORNER AS	650 000,00	01.01.2013	31.12.2014
233825	Chrome Oxide Reduction - an Atomic Level modelling and Spectrographic Experimental Approach.	SINTEF MATERIALER OG KJEMI AVD TRONDHEIM	9 972 000,00	01.01.2014	31.12.2016
233848	"CATalyst transformations and LIFetime by in-situ techniques and modelling (CATLIFE)"	STIFTELSEN SINTEF	4 618 000,00	01.03.2014	31.07.2016
233869	Developments of Catalysts and Materials for Compact Steam Reformer	NORGES TEKNISK-NATURVITEN- SKAPELIGE UNIVERSITET NTNU	9 736 000,00	01.04.2014	30.09.2017
235123	Silicon Production with use of Natural Gas	ELKEM AS	6 000 000,00	01.01.2014	20.12.2017
235127	Novel Bimodal Metallocene Polyethylene Production Technology	NORNER VERDANDI AS	1 300 000,00	01.01.2014	01.09.2015
			341 429 873,00		



Norges forskningsråd

Drammensveien 288

Postboks 564

N0-1327 Lysaker

Telefon: +47 22 03 70 00

Telefaks: +47 22 03 70 01

post@forskningsradet.no

www.forskningsradet.no

April 2016

978-82-12-03501-0 (trykk)

978-82-12-03502-7 (pdf)

Trykk: 07 gruppen

Design: Burson-Marsteller

Publikasjonen kan bestilles fra

www.forskningsradet.no/publikasjoner