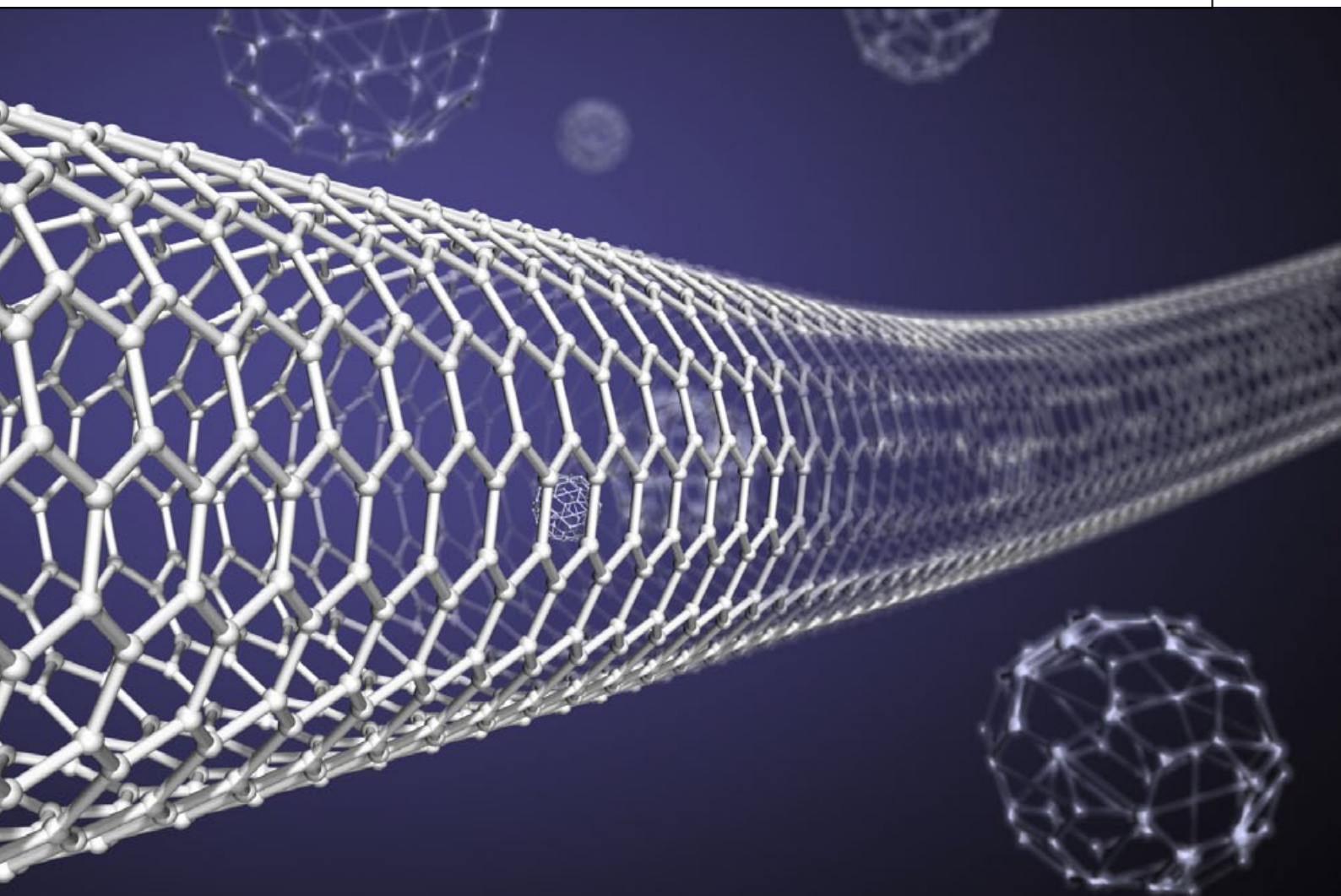


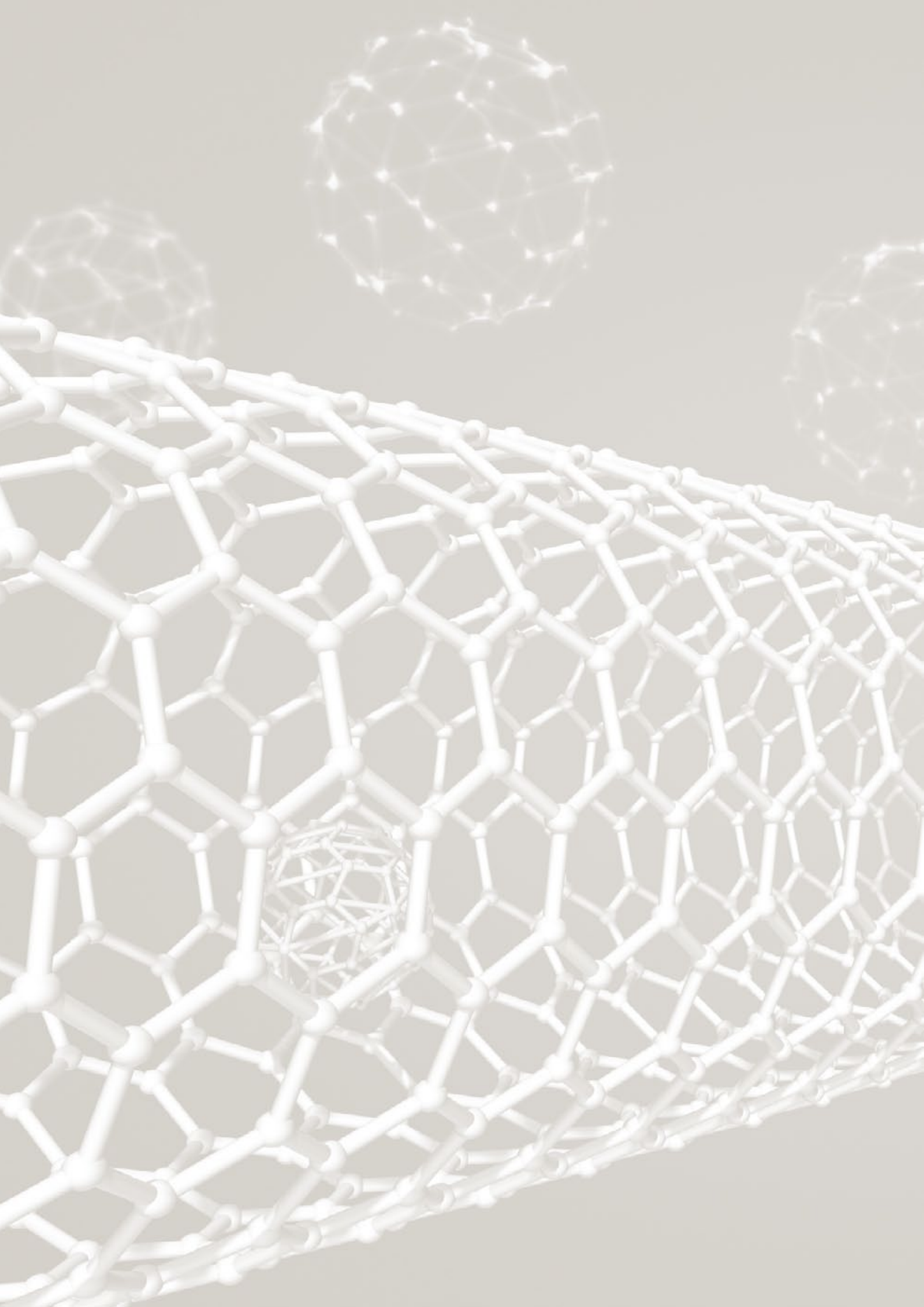


DEPARTEMENTENE

Strategi

Regjeringens FoU-strategi for nanoteknologi 2012–2021







DEPARTEMENTENE

Strategi

Regjeringens FoU-strategi for nanoteknologi 2012–2021



Hanne Bjørstrøm
Arbeidsminister



Lisbeth Berg-Hansen
Fiskeri- og kystminister



Trygve Slagsvold Vedum
Landbruks- og matminister



Rigmor Aasrud
Fornyings-, administrasjons-
og kirkeminister



Anne-Grete Strøm-Erichsen
Helse- og omsorgsminister



Bård Vegar Solhjell
Miljøvernminister



Espen Barth Eide
Forsvarsminister



Kristin Halvorsen
Kunnskapsminister



Ola Borten Moe
Olje- og energiminister



Forord



Nanoteknologi gjør at vi kan utnytte naturens atomer og molekyler for utvikling av materialer, komponenter eller systemer med forbedrede eller nye egenskaper. Nanoteknologi kan dermed bidra til nyvinninger innenfor de fleste samfunnsområder. Det at nanomaterialer kan ha andre egenskaper enn det samme stoffet i vanlig form, krever imidlertid økt kunnskap om hvilken effekt nanoteknologi kan ha på oss mennesker og på naturen.

Nanoteknologiområdet er i rask utvikling. Gjennom de siste 10 årene har vi i Norge hatt en målrettet offentlig forskningsinnsats innenfor dette feltet. Flere av våre universiteter, høyskoler og øvrige forskningsmiljøer har i dag god kompetanse innenfor feltet, og betydelig infrastruktur er bygget opp. Det er også igangsatt egne utdanningsløp innenfor høyere utdanning. Ulike instanser er involvert i arbeidet med å ivareta helse, miljø, regulatoriske og etiske spørsmål knyttet til utvikling og bruk av nanoteknologi.

Nanoteknologi er relevant for en rekke næringer, og vil kunne bidra til fornyelse av både etablert næringsliv og offentlig sektor, i tillegg til utvikling av nytt kunnskapsbasert næringsliv. Flere norske bedrifter er allerede i dag involvert i utvikling av nanoteknologi, og vi kan se konturer av hvordan denne utviklingen vil kunne påvirke norsk næringsliv i årene som kommer.

Det er et stort behov for økt kunnskap om mulige helse- og miljøeffekter knyttet til bruk av nanomaterialer. Nanoteknologi er fortsatt et ungt teknologiområde. Det er viktig at utviklingen på området skjer innenfor etisk, rettslig og samfunnsmessig forsvarlige rammer.

For å få til en ønsket utvikling er det behov for nasjonal mobilisering og koordinering mellom ulike parter, herunder utdannings- og forskningsinstitusjoner, helsevesen, næringsliv, arbeidsliv, myndigheter og allmennheten. Regjeringen lanserer nå den første nasjonale FoU-strategien for nanoteknologi. Strategien ble varslet i St.meld. nr. 30 (2008-2009) *Klima for forskning*, og gir overordnede prioriteringer for nasjonal forskningsinnsats i perioden frem til og med 2021, med en revisjon etter fem år.

Strategien er utarbeidet i et samarbeid mellom Nærings- og handelsdepartementet, Kunnskapsdepartementet, Olje- og energidepartementet, Miljøverndepartementet, Arbeidsdepartementet, Helse- og omsorgsdepartementet, Fornyings-, administrasjons- og kirkedepartementet, Fiskeri- og kystdepartementet, Landbruks- og matdepartementet og Forsvarsdepartementet. En rådgivende gruppe med representanter fra akademien, næringsliv, virkemiddelapparat og fagetater har bistått departementene i arbeidet med strategien.

I arbeidet har det vært dialog med representanter for universiteter, høyskoler, forskningsinstitutter, helseforetak, næringsliv, interesseorganisasjoner, det offentlige virkemiddelapparatet og fagetater. Vi ønsker å rette en stor takk til alle involverte for innsatsen.

Trond Giske

Nærings- og handelsminister



Nanostrukturer
er usynlig for det
vanlige øyet.

Nano betyr
milliarddel og
stammer fra det
greske ordet
«nanos», som
betyr dverg.

Innhold

	Sammendrag	8
1	Om nanoteknologi	11
	1.1 Hva er nanoteknologi?	11
	1.2 Hva kan nanoteknologi brukes til?	12
	1.3 Hvorfor satse på nanoteknologi?	18
2	Regjeringens mål og prioriteringer	22
3	Grunnleggende kunnskapsutvikling	25
	3.1 Forskning	25
	3.2 Utdanning	28
	3.3 Infrastruktur	30
	3.4 Regjeringens tiltak for fremme av grunnleggende kunnskapsutvikling	33
4	Innovasjon og kommersialisering	35
	4.1 Innovasjon i næringslivet	35
	4.2 Innovasjon i offentlig sektor	40
	4.3 Regjeringens tiltak for fremme av innovasjon og kommersialisering	41
5	Ansvarlig teknologiutvikling	45
	5.1 Helse- og miljøeffekter	49
	5.2 Etske, rettslige og samfunnsmessige aspekter	49
	5.3 Regjeringens tiltak for fremme av ansvarlig teknologiutvikling	50
6	Implementering og oppfølging	52
	English summary	54
	Appendiks: Innspill til strategien	56



Sammendrag

Nanoteknologi dreier seg om å utforske og utnytte atomer og molekyler for design av materialer, komponenter eller systemer med forbedrede eller nye egenskaper. Nanoteknologi har, alene og i samspill med andre teknologiområder, et potensial til å påvirke mange sider ved vårt samfunn. Regjeringen ser på nanoteknologi som et viktig verktøy for å styrke fremtidig konkurransekraft i norsk næringsliv og bedre samfunnets evne til å håndtere globale samfunnsutfordringer relatert til energi, miljø, helse og mat på en bærekraftig måte. Regjeringen vil legge til rette for at teknologiutviklingen på dette feltet skjer innenfor samfunnsmessig ansvarlige rammer.

Regjeringens målsetting er at:

«Ansvarlig nanoteknologi skal gi et vesentlig bidrag til norsk næringsutvikling og samfunnsnytte»

Regjeringen vil at nanoteknologi skal bidra til økt konkurransekraft i norsk næringsliv og bedre håndtering av de globale samfunnsutfordringene uten å skape uønskede effekter på helse, miljø og samfunn.

Regjeringen har pekt ut følgende tre satsingsområder som den offentlige innsatsen skal konsentreres om:

- i) **Grunnleggende kunnskapsutvikling**
- ii) **Innovasjon og kommersialisering**
- iii) **Ansvarlig teknologiutvikling**

Offentlig FoU-innsats skal rettes inn mot realisering av muligheter innenfor de nasjonalt prioriterte områdene energi og miljø, helse, mat, hav, IKT, bioteknologi og avanserte materialer. Innsatsen skal også rettes inn mot å møte utfordringer knyttet til mulige uønskede effekter på helse, miljø og sikkerhet (HMS) og etiske, rettslige og samfunnsmessige aspekter (ELSA).

Regjeringen vil videreføre en målrettet FoU-satsing på nanoteknologi gjennom et eget program i Norges forskningsråd, NANO2021. Programaktiviteten skal konsentreres om strategiens tre satsingsområder og følge opp strategiens føringer. Strategien skal også følges opp innenfor øvrige etablerte virkemidler rettet mot forskning, utvikling og innovasjon.

For å fremme **grunnleggende kunnskapsutvikling** vil regjeringen legge til rette for:

- Videreutvikling av grunnleggende kompetanse om nanovitenskap og nanoteknologi, samt stimulere til økt tverrfaglig samarbeid på området
- Oppbygging av grunnleggende kompetanse relatert til de nasjonalt prioriterte områdene energi, miljø, helse, hav, mat, IKT, bioteknologi og avanserte materialer
- Forskningsmiljøers deltakelse i internasjonalt forskningssamarbeid, bl.a. i EUs rammeprogram for forskning og innovasjon
- Videreutvikling av en felles nasjonal infrastruktur innenfor nanoteknologi for å sikre en bred og tverrsektoriell koordinering og bruk, som kan kompletteres gjennom internasjonalt infrastruktur-samarbeid

For å fremme **innovasjon og kommersialisering** basert på utvikling og bruk av nanoteknologi vil regjeringen:

- Prioritere næringsrettet FoU-aktivitet innenfor relevante virkemidler
- Utvikle Forskningsrådets møteplassfunksjon og stimulere til økt samarbeid i, og mellom, næringslivet og forskningsmiljøene
- Styrke det næringsrettede virkemiddelapparatets og relevante fagmyndigheters informasjonsarbeid om hvilke muligheter og begrensninger som ligger i utvikling og bruk av nanoteknologi

- Legge til rette for kommersialisering av FoU-resultater innenfor nanoteknologi, bl.a. gjennom et utvidet samarbeid mellom det næringsrettede virkemiddelapparatet og andre relevante kommersialiseringsaktører, samt et aktivt arbeid for utvikling av gode internasjonale standarder
- Legge til rette for næringslivets deltakelse i internasjonalt FoU-samarbeid, herunder EUs rammeprogram for forskning og innovasjon og bilateralt samarbeid med relevante enkeltland

For å fremme **ansvarlig teknologiutvikling** vil regjeringen:

- Legge til rette for at HMS- og ELSA-forskningens andel av den offentlig finansierte FoU-innsatsen på dette feltet heves til et nivå som er blant de ledende internasjonalt
- Legge til rette for integrering av HMS og ELSA i teknologiutviklingsprosjekter som omfatter nanoteknologi
- Gjøre EUs «Code of conduct for Responsible Nanosciences and Nanotechnologies Research» retningsgivende for nasjonal FoU-innsats
- Samarbeide med Teknologirådet for fremme av økt samfunnsdialog og -involvering i teknologiutviklingen på området

Tidsrammen for strategien er ti år, med en revisjon etter fem år. Strategien må derfor ses på som dynamisk, og ikke som en ferdig handlingsplan for de neste ti årene. Prioriteringer mellom ulike tiltak, rekkefølgen på iverksetting og tempo i framdrift vil løpende bli vurdert, og vil fremgå av regjeringens årlige budsjettfremlegg for Stortinget. Regjeringens satsing på dette området vil tilpasses det økonomiske handlingsrommet i det enkelte budsjettår.



En nanopartikkel har omtrent samme størrelsesforhold til en fotball, som fotballen har til vår planet.

Om nanoteknologi

1.1 HVA ER NANOTEKNOLOGI?

Den avdøde amerikanske fysikeren Richard Feynmans tale «*There's plenty of room at the bottom*» fra 1959 blir gjerne beskrevet som startskuddet for nanoteknologien. Feynman lanserte langt på vei nanoteknologien gjennom sine visjoner om muligheten til å kontrollere materie i svært liten skala. Dette ble illustrert ved ideen om at innholdet i Encyclopaedia Britannicas 24 bind kunne få plass på et knappenålshode.

Nanoteknologi ble introdusert som begrep på 1970-tallet. Hovedgrunnlaget for utviklingen av nanoteknologi kom gjennom mikroskoper som kan avbilde overflater på atomnivå.

Nanoteknologi er nå blitt et etablert begrep, men det finnes per i dag ingen internasjonalt anerkjent definisjon. Generelt kan vi si at nanoteknologi dreier seg om analyse, bearbeiding og utnyttelse av naturens byggesteiner (atomer, molekyler og makromolekyler) for design av avanserte materialer, komponenter eller systemer med forbedrede eller nye egenskaper og/eller anvendelsesområder. Det at materialer i nanoskala kan få helt nye egenskaper sammenliknet med tilsvarende materialer i større skala, er det sentrale kjennetegnet ved denne teknologien.

Når molekyler, av for eksempel et grunnstoff, settes sammen til strukturer på nanoskala, kan det begynne å oppføre seg svært annerledes enn hva det normalt gjør i naturen. For eksempel har ikke gull den fargen vi alle kjenner når det er satt sammen i nanostrukturer. I stedet kan det glitre i blått, grønt eller rødt, avhengig av partiklenes størrelse og form. Et annet eksempel er at et stoff som karbon både kan lede strøm og være en isolator alt ettersom hvilken størrelse og form karbonpartiklene har.

DEFINISJONER OG BEGREPER

Nano betegner en størrelsesorden. En nanometer er en milliarddels meter. Som illustrasjon vokser en negl ca. en nanometer i sekundet, og diameteren på et hårstrå er ca. 50.000 nanometer.

Nanopartikler kan defineres som partikler i størrelsesorden 1-100 nanometer. Slike partikler, som er usynlige for det blotte øye, eksisterer i naturen. Forsknings- og utviklingsfokus innenfor nanoteknologi ligger likevel primært på tilvirkede nanopartikler med nye strukturer og nye og til dels ukjente egenskaper.

Nanomaterialer kan, i tråd med EU-kommisjonenes anbefaling «Recommendation on the definition of a nanomaterial» av 18. oktober 2011, defineres som følger: Nanomateriale «er et naturlig, tilfeldig oppstått eller framstilt materiale som inneholder partikler i ubundet form eller som et aggregat eller som et agglomerat, og hvor minst 50 % av partiklene i den antallsmessige størrelsesfordelingen har en eller flere ytre dimensjonene i størrelsesorden 1-100 nm. I særlige tilfeller, og hvor hensyn til miljø, helse, sikkerhet eller konkurranseevne berettiger det, kan grensen for den antallsmessige størrelsesfordeling på 50 % erstattes med en grense på mellom 1 og 50 %. Som unntak fra ovennevnte skal fullerener, grafittflak og enkeltveggede karbonnanorør med en eller flere dimensjoner mindre enn 1 nm anses som nanomateriale». (Uoffisiell oversettelse av engelsk, svensk og dansk versjon).

Nanoteknologi som begrep kan forstås på ulike måter og innenfor rammene av denne strategien vil begrepet omfatte nanovitenskap (måle, beskrive, modellere og systematisk manipulere og kontrollere nanostrukturer og dynamiske prosesser som foregår på nanoskala), nanoteknologier (design, produksjon og anvendelse av nanostrukturer og systemer basert på kunnskap innenfor nanovitenskapen) og nanomaterialer (materialer som helt eller delvis er utformet ved hjelp av nanostrukturer) hvor dimensjoner og toleranser i området 1-100 nanometer spiller en avgjørende rolle.

Ved å bygge atom for atom, kan det utvikles materialer mer effektivt og presist enn noensinne. Nanoteknologi gjør det således mulig å «skreddersy» egenskaper hos materialer. Det er her det store nyttepotensialet forventes å ligge, så vel som kilden til risiko og usikkerhet.

Nanoteknologi er et tverrfaglig område som drar veksler på disipliner og fagområder som fysikk, kjemi, biologi, molekylærbiologi, medisin, elektronikk, IKT og materialvitenskap, men som også er i ferd med å etablere et eget vitenskapsområde med egne teorier og metoder (nanovitenskap). Vurdering av samfunns-

messige konsekvenser og etiske problemstillinger knyttet til nanoteknologi forutsetter dessuten ny kunnskap innen humaniora, samfunnsvitenskap, og helse-, miljø- og sikkerhetsfag.

Utviklingen går i retning av en større faglig overlapp mellom IKT, bioteknologi og nanoteknologi. Dette er brede og gjennomgripende teknologier som har nådd ulik grad av modenhet. Især IKT, men også bioteknologi, er godt etablert i markedet, mens nanoteknologi er en yngre teknologi i så måte.

Det kan være vanskelig å skille mellom hva som omfattes av begrepet nanoteknologi og de tilgrensende teknologiområdene mikroteknologi og avanserte materialer. Mikroteknologi refererer i utgangspunktet til størrelsesnivået over nanoteknologi, der en mikrometer tilsvarer en milliondels meter. Avanserte materialer refererer seg til materialer med bestemte kjemiske og fysiske egenskaper, ledningsevne, lagringsevne, lystetthet med mer. Innenfor mikroteknologien har utviklingen allerede gått i retning av størrelser ned på nanoskalaen, mens nanoteknologi kan benyttes som et verktøy i utforming av avanserte materialer.

1.2 HVA KAN NANOTEKNOLOGI BRUKES TIL?

På kort sikt vil nanoteknologi først og fremst oppleves i form av forbedrede eksisterende egenskaper. På lengre sikt forventes det at nanoteknologi kan bidra til utvikling av helt nye egenskaper. Under gir vi noen eksempler på konkrete anvendelser innenfor energi og miljø, helse og medisin, materialer og forbrukerprodukter, IKT og elektronikk og mat, som er basert på informasjon innhentet av Teknologirådet¹. I dag er det imidlertid begrenset informasjon om helse- og miljørisiko knyttet til bruken av nanomaterialer. Det er derfor viktig å påse at bruken av nanomaterialer ikke medfører risiko for helse, miljø og samfunn, noe som kan legge begrensninger på bruksområdene under.

¹ Teknologirådet har en egen hjemmeside på internett om nanoteknologi: nano.teknologiradet.no.

Anvendelser innen energi og miljø

Nanoteknologi er svært relevant for flere områder innenfor energiforsyning. Innenfor solenergi benyttes nanoteknologi for å utvikle solceller som er effektive nok til å forsyne kraftmarkedet, og lette og fleksible paneler som kan integreres i blant annet mobiltelefoner og tekstiler. Nanomaterialer kan også gi styrke og korrosjonsmotstand som trengs i blant annet vindmøller og bølgekraftverk. Videre kan nanoteknologi gjøre det mulig å forbedre ytelsen til batterier gjennom å modifisere elektrodene på nanoskalaen, noe som blant annet er relevant for bil- og elektronikkindustrien. Innenfor hydrogenteknologi utforskes nanomaterialer til bruk i membraner, metallstrukturer og brenselceller som henholdsvis kan skille hydrogen fra gass, lagre hydrogenet og hente ut energien i en motor.

Nanoteknologi vil også kunne benyttes for å spare energi og utnytte tilgjengelig energi så effektivt som mulig. Det arbeides blant annet med superisolerende materialer og stoffer som tar vare på overskuddsvarmen om dagen og avgir den om natten. Nye typer vindusbelegg slipper gjennom lys men holder varmen

tilbake, noe som kan begrense behovet for klimaanlegg og samtidig gi naturlig belysning.

Filtre og membraner basert på nanoteknologi kan brukes til rensing av vann og luft. Det knytter seg særlig interesse til om man ved hjelp av nanoteknologi vil kunne utvikle effektive membraner for å filtrere bort salt fra havvann. Mer aktuelt på kort sikt er å lage renseløsninger for avløpsvann og forurenset drikkevann. Videre kan sensorer og elektronisk utstyr gi bedre overvåking av tilstanden i natur, vann og luft, og legge til rette for mer optimal gjødsling og vanning i landbruket. Det kan dessuten ligge en stor gevinst i å benytte nanomaterialer til å erstatte helse- og miljøfarlige kjemiske stoffer i blant annet plantevernmidler og produkter for overflatebehandling og brannbeskyttelse med alternativer hvor bieffektene er mindre alvorlige.

Nanoteknologi er også relevant på en rekke andre områder av betydning for Norge, blant annet i forbindelse med gasskonvertering, CO₂-fangst, og ulike teknologier for petroleumsutvinning.



Gründerbedriften Aventa AS i Oslo har samarbeidet med slovensk industri og forskning om å utvikle en spesialmaling med nanopartikler. Den gjør at solfangere avgir mindre varmestråling i det infrarøde området, og mer av energien i sollyset kan omsettes til nyttig varme. Disse solfangerne kan så integreres i bygninger som på dette pilotanlegget i Oslo. Foto: Aventa.

Anvendelser innen helse og medisin

Nanoteknologi kan ha en betydelig rolle å spille når det gjelder forskning, utvikling og produksjon av produkter og utstyr innen forskjellige disipliner som vil bedre helse-tilbudet innen forebygging av sykdom, diagnostisering og behandling. Nanoteknologi kan for eksempel bidra til å fremskaffe datasensorer uten behov for ekstern energitilførsel. Slike sensorer kan sendes inn i kroppen for å oppdage sykdom og skade, og overvåke om en behandling fungerer som den skal. Et annet bruksområde er nanomaterialer med spesielle optiske egenskaper som kan gi mer presise metoder for skanning og fotografering.

I fremtiden er det aktuelt at syntetiske stoffer kombineres med proteiner og DNA for å gi nye typer legemidler. Dette omtales som bionanoteknologi. Den mest umiddelbare bruken av nanoteknologi innen medisiner, er imidlertid ikke å lage nye medisiner,

men snarere å målrette medisineren bedre. Ved å hekte virksomme stoffer på andre molekyler, eller kapsle dem inn, kan medisinerne bli fraktet dit de skal virke og man unngår at de gir bivirkninger i andre deler av kroppen.

Videre kan nanoteknologi på sikt gjøre det mulig å skreddersy materialer som kan erstatte skadde hornhinner og blodkar, og lage kunstige ledd og knokler. Nanoelektroder kan erstatte skadde nervebaner, og dermed styrke førlighet og sanser. Nanoteknologi kan også brukes til å modifisere overflatene på implantater slik at kroppen ikke avviser dem. Implantater og instrumenter basert på nanomaterialer kan også gjøre mye nytte innen tannpleie. Nanoteknologi gir dessuten mange muligheter innen beskyttelse. Det er blant annet aktuelt at elektroder kan integreres i bandasjer og gi bedre sårbehandling.



Prosjekt ved NTNU: Stamceller fra benmargen innkapslet i alginatkuler. I fremtiden vil denne teknologien kunne lege beinbrudd hos eldre pasienter med beinskjørhet gjennom injisering av bioaktive kompositter. Foto: Magnus Ø. Olderøy, Institutt for fysikk, NTNU, i samarbeid med Eberhard-Karls University Tübingen, Tyskland.

Anvendelser innen materialer og forbrukerprodukter

Laboratorier fremstiller i dag karbonnanorør som er sterkere enn noe annet materiale og samtidig lettere enn aluminium. Slike rør kan brukes til armering og gi kompositter som tåler ekstreme belastninger, til bruk i blant annet romfart, støtdempere til biler, og sportsutstyr. Ved å lage nanosmå porer kan det dessuten skapes materialer som isolerer godt. Samtidig har det vært knyttet usikkerhet til om nanokarbonrør kan ha særlige helsefarlige egenskaper, noe som illustrerer det store behovet for økt kunnskap om risikoaspektene knyttet til nanoteknologi, og gode reguleringer på området.

Nanoteknologi kan også gi nye anvendelser for trevirke. Trefiber er bygget opp av bunter av cellulosemolekyler, fibriller, som er lange, men har diameter i nanoskala. Ny teknologi gjør det mulig å bruke disse tynne trådene til å lage oksygentett papir, noe som kan erstatte oljebaserte produkter til blant annet emballasje.

Industrien forsøker også å modifisere fibre slik at de får økt styrke, og å tilføre evne til å isolere eller til å fange solenergi. Gjennombrudd på slike områder kan medføre redusert ressursbruk ved blant annet husbygging.

Små sensorer og datamaskiner brukes allerede i biler, blant annet brukes det til å fortelle hvor glatt veibanen er. På samme måte kan det bli aktuelt at ditt eget hus kan advare deg om dårlig inneklimate, fukt, eller feil på det elektriske anlegget. Små lesere og sendere kan brukes i kjøleskap til å lese av datomerking og annen informasjon om produktene. Sensorer kan brukes til å fortelle om råttent mat eller om feil temperatur.

Både innen båtbruk og skisport etterstrebes glattest mulige overflater. I den sammenheng benyttes nanoteknologi til å lage ulike vannavstøtende materialer, mens den motsatte effekten utnyttes i superlim.



Madshus bruker skisåler med tilsetningsstoffer som er på nanonivå. Ved å bruke nanopartikler klarer såleprodusenten å finfordele sammensetningen av ulike materialer i sålen på en bedre måte enn ellers. Samtidig er partiklene med på å gjøre sålen mer vannavstøtende, noe som er viktig for å få god glid på skiene. Foto: Madshus.

Nanomaterialer brukes også til overflatebehandling for å tilføre nye egenskaper. Grafittiavvisende maling er basert på samme prinsipper som vannavstøtende materialer. Det er også aktuelt med maling som isolerer, fanger solenergi, eller filtrerer støv og beskytter innemiljøet mot partikler.

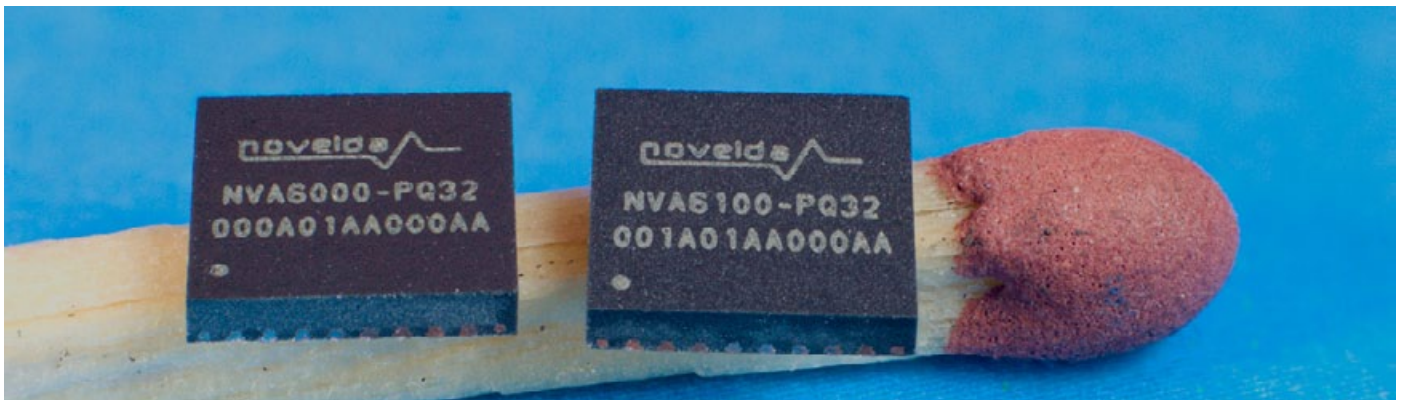
Med nanoteknologi kan klær få nye egenskaper. Allerede finnes klær som er vann- og flekkavvisende og som har bakteriedrepende nanopartikler av sølv. Imidlertid er nanosølv et av nanomaterialene som kan ha uønskede miljøeffekter, og et spørsmål er om bruken av antibakterielle stoffer i slike produkter er nødvendig og hensiktsmessig. Militæret utvikler skuddsikre stoffer og annet beskyttelsesutstyr. Klær med innebygde sensorer for å måle blodtrykk og kroppstemperatur, og tekstiler med fibere som skaper elektrisitet fra bevegelse eller fra sollys, er to aktuelle eksempler.

Titandioksid er en vanlig ingrediens i solkrem, men tradisjonelt har dette vært i form av større partikler som reflekterer lys og derfor gir en hvit farge. Ved hjelp av nanoteknologi kan det lages partiklene så små at synlig lys slipper gjennom og huden ikke blir hvit. Et annet produkt som har fått mye omtale er antirynekrem med vitaminer innkapslet i nanokapsler av lipider (fettstoffer). Kapselen løses opp og slipper ut vitaminene når den har trengt inn i huden. Mer sofistikert er kanskje dagkrem med fullerener. Dette er baller bestående av 60 karbonatomer, og leverandøren hevder disse virker som antioksidanter. Det er imidlertid mange som reiser spørsmål om det er trygt å bruke slike stoffer på huden.

Anvendelser innen IKT og elektronikk

Elektronikkindustrien etterspør stadig mindre enheter fordi disse jobber raskere med lavere energiforbruk. Intel har utviklet transistorer som måler 32 nm, under 1/5 av standarden ved årtusenskiftet. Fremskrittene bygger foreløpig på at transistorene krympes, men krympingen nærmer seg nå en kritisk grense der egenskapene forandres. Det foregår derfor mye forskning for å lage nye typer transistorer.

Parallelt med utviklingen av prosessorer og lagringsenheter kan nanoteknologi bidra til utvikling av nye typer display, energiforsyning og andre komponenter. EUs rådgivende organ for nanoelektronikk vurderer at vi står overfor en rivende utvikling, særlig innenfor sensorer og kommunikasjon. Utviklingen innen sensorteknologi vil være spesielt relevant i forbindelse med ulike overvåkingssystemer (helse, transport, energi, miljø, sikkerhet) og mer effektive datasystemer kan gi mobile kontorer og økt tilgjengelighet.



Kviteseid-bedriften Novelda AS er alene i verden om å pakke en ultra bredbånd radar inn på en mikro chip. Radarens mulighet til å lese signaler i et hundretalls dybder om gangen gjør det mulig å tenke nye anvendelser innenfor helse, sikkerhet, tjenester og forbruker-applikasjoner vi før ikke har sett. Foto: Novelda AS.

Anvendelser innen mat

På matområdet brukes nanoteknologi allerede i innpakning og emballasje, blant annet for å redusere sig av gasser gjennom plastemballasje slik at produktet får lengre holdbarhet med langt færre tilsetningsstoffer. Bruk av nanokompositter kan dessuten gi emballasjen forbedret styrke, strekkfasthet, varmestabilitet, transparenthet og UV-motstand.

Mer utfordrende er nanoteknologi i selve matvarene, et felt som fortsatt er på et forsknings- og utviklingsstadium. En aktuell mulighet er å modifisere næringsstoffer slik at de lettere blander seg i vann eller fett i maten. Slike teknikker kan anvendes både på organiske

næringsstoffer som vitaminer og proteiner, og uorganiske mineraler. Det kan også bli aktuelt med nye tilsetningsstoffer som skal bidra til blant annet farge og konsistens.

Den europeiske matvareindustrien opplyste høsten 2010 at det foreløpig ikke finnes produserte nanopartikler tilsatt i mat til salgs på det europeiske markedet. Hittil er kun ett stoff på nanoform vurdert som egnet til bruk i matkontaktmaterialer. Det forventes imidlertid en økning i antall søknader til ansvarlige myndigheter om bruk av nanomaterialer i mat og fôr, både i og utenfor EU.



Elopak har gjennomført testprosjekter for bruk av nanoteknologi i emballasje. Foto: Elopak.

1.3 HVORFOR SATSE PÅ NANOTEKNOLOGI?

Som vist gir de unike egenskapene som opptrer på nanoskalaen mulighet til teknologisk utvikling innen nær sagt alle samfunnsområder. Dette skaper et stort nyttepotensial knyttet til verdiskaping i næringslivet og til en styrket håndtering av globale samfunnsutfordringer. Teknologitvillingen medfører også behov for mer kunnskap om mulige uønskede effekter på helse, miljø og samfunn for å sikre at bruken er samfunnsmessig ansvarlig. Mesteparten av teknologitvillingen på området vil skje i utlandet, og aktivitetene som skjer i Norge må derfor sees i en internasjonal sammenheng.

Norge må utnytte potensialet for verdiskaping og nye arbeidsplasser

Som det fremgår av kapittel 1.2 har nanoteknologi en rekke anvendelsesområder av relevans for mange sektorer og bransjer. Dette kan skape mange nye næringsmuligheter. Én forretningsidé kan være å utvinne råstoff til nanomaterialer, en annen å produsere selve materialene, en tredje kan dreie seg om å tilvirke materialer til ferdige produkter. Etter hvert som nanoteknologien blir en integrert del av industri og vareproduksjon vil også andre sektorer følge etter. Leverandørindustrien vil levere teknologi og løsninger, mens varehandelen vil føre produktene ut på markedet.

Nanoteknologi har et potensial til å være en katalysator for bærekraftig omstilling og fornying og styrket konkurransekraft i norsk næringsliv. Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) viser til at estimater på verdensmarkedet for nanoteknologi i årene fremover varierer mellom 150 til 3100 milliarder dollar, mens to millioner arbeidsplasser vil kunne skapes². Det internasjonale markedsanalyse-selskapet Global Industry Analysts Inc. har på sin side estimert at verdensmarkedet for nanoteknologi vil nå 30,4 milliarder dollar innen 2015³.

Norsk næringsliv bør aktivt utnytte dette mulighetsrommet gjennom investeringer i nanoteknologi. Industriens engasjement innen nanoteknologi kan begrunnes både offensivt og defensivt. Enkelte opplever store gevinster ved å være pionerer og skaffe markedsmessige posisjoner tidlig. I andre tilfeller er det et spørsmål om ikke å stå igjen på perrongen med foreldet teknologi når toget går.

Tall viser at globale investeringer i nanoteknologi til tross for finanskrisen har hatt en svak stigning i perioden fra 2008 (17,6 mrd. dollar) til 2010 (17,8 mrd. dollar). Denne trenden skyldes realvekst i næringslivets investeringer (7 % opp til 9 mrd. dollar), da offentlige investeringer har hatt en liten nedgang (2,6 % ned til 8,2 mrd. dollar i 2010) som følge av avslutning av statlige stimuleringspakker, mens vi har sett en kraftig nedgang i risikovillig kapital (21,4 %). Internasjonalt står USA, Japan og Tyskland for nærmere 80 % av globale næringslivsinvesteringer på området, og USA topper statistikken for antallet utgitte patenter⁴.

I USA og Japan utgjør næringslivets finansiering av nanoteknologi godt over halvparten av samlet finansiering, noe som er betydelig høyere enn for EU samlet⁵. I Norge ble det i 2009 investert totalt 461 millioner kroner i FoU innenfor nanoteknologi, hvorav næringslivets andel var 198,5 millioner kroner, instituttsektorens andel 96 millioner kroner, mens universitets- og høyskolesektoren stod for 166,6 millioner kroner⁶. For 2010 er det registrert en nedgang i næringslivets investeringer til 138,7 mill. kroner. Det er usikkert i hvilken grad denne nedgangen er reell eller skyldes eksterne forhold. Tilsvarende så vi i 2010 en økning i instituttens finansiering til 138,4 mill. kroner⁷.

For at norsk forskning og industri skal lykkes i den internasjonale konkurransen, er det viktig å satse på de områdene hvor vi har spesielle forutsetninger for å lykkes. En nasjonal satsing på nanoteknologi må derfor støtte opp under områder der vi har nasjonale fortrinn i form av kompetanse, infrastruktur og naturressurser, herunder områder der nanoteknologi ventes å bli en vesentlig driver for de teknologiske utfordringene norsk næringsliv står overfor.

Norsk teknologi er en del av løsningen på de globale samfunnsutfordringene

St.meld. nr. 30 (2008-2009) *Klima for forskning* slår fast et mål om at norsk forskningspolitikk skal bidra til

4 Mens USA topper statistikken for antallet utgitte patenter, topper Kina lista over antall publiseringer på nanoteknologiområdet. (Lux Research: «Commercialisation of Nanotechnology: Global Overview and European Position» (2011), http://www.euronanoforum2011.eu/wp-content/uploads/2011/09/enf2011_support-commercialisation_raje_fin.pdf).

5 OECD: «Nanotechnology: An Overview Based on Indicators and Statistics» (STI Working Paper 2009/7).

6 FoU i helsesektoren er integrert i tallene for UoH- og instituttsektorene. Tallene er hentet fra Statistisk sentralbyrå (SSB) og Nordisk institutt for studier av innovasjon, forskning og utdanning (NIFU) sine faste FoU-undersøkelser.

7 Tallene for universitets- og høyskolesektoren oppdateres kun annethvert år og foreligger derfor ikke for 2010.

2 OECD: «Nanotechnology: An Overview Based on Indicators and Statistics» (STI Working Paper 2009/7).

3 Global Industry Analysts, Inc: «Nanotechnology: A Global Outlook» (2012).

TABELL 1: EKSEMPLER PÅ NANOTEKNOLOGISKE LØSNINGER RETTET MOT SENTRALE SAMFUNNSUTFORDRINGER

Samfunnsutfordringer	BEHOV	EKSEMPLER PÅ LØSNINGER MED BRUK AV NANOTEKNOLOGI
Energi og miljø	<ul style="list-style-type: none"> · Redusere energiforbruk · Forbedret innemiljø · Forbedret energisystem · Økt bruk av fornybare energikilder · Effektivisere utvinning av olje og gass · Renseteknologi · Fremme overgang til fornybare energikilder · Mer bærekraftig bruk av råstoffer 	<ul style="list-style-type: none"> · Mer effektive produksjonsprosesser – fra råstoff til høyere utbytte av sluttprodukt med bedre katalysatorer · Bygningsmaterialer med forbedret isolasjonsevne · CO2 sensorer koblet med energieffektiv ventilasjon · Nanoelektronikk – kompakte sensorer/regulatorer · Energilagring og distribusjon – batterier og superkondensatorer · Hente ut mer solenergi, elektrisitet og varme · Sensorer for optimal energiproduksjon i vindmøller · Lettere og sterkere materialer for offshore vind-anlegg · Lettere og sterkere konstruksjoner, overflater som hindrer begroing, isbelegg o.l. · Sensorer og instrumentering av oljebrønner · Vannrensing · Økt bruk av biomasse som alternativ energikilde, gjennom forbedret katalyse · Mer effektive prosesser, i utvinning av råstoffer og bruk i sluttprodukter · Økt gjenbruk – fra vugge til vugge gjennom bedre merking av avfallsprodukter, styrt resirkulering og bruk av komponentene som råstoffer i nye produkter
Mat (fra land og hav)	<ul style="list-style-type: none"> · Forbedre utbyttet · Forhindre feilernæring · Tilsette helsefremmende komponenter · Redusere matmengde som kastes · Kontrollere vannkvalitet · Forbedre förutnyttelse 	<ul style="list-style-type: none"> · Sensorer for måling av fuktighet og gjødsel på jordene – gjødsling med styrt utlekking · Begrense innhold av sukker og fett i maten – opprettholde smaksfølelsen gjennom prosesser på nanoskala · Opptak av helsegunstige komponenter i mat · Mer effektiv emballasje – som gir økt holdbarhet og redusert behov for konserveringsmidler · Forbedret kontroll av hygiene i matvarekjeden frem til forbruker – nye materialer og nye sensorer · Sensorer for kontinuerlig overvåkning av tungmetaller og farlige bakterier · Døgngradmåler som følger degradering av bioaktive stoffer · Forbedrede materialer i mærer og annet utstyr – som materialer/overflater som reduserer begroing · Nye og mer effektive vaksiner · Nye förmidler
Helse	<ul style="list-style-type: none"> · Bedre medisinsk diagnostikk, bildediagnostikk og behandling/ medisiner 	<ul style="list-style-type: none"> · Avanserte blodanalyser ved hjelp av biosensorer som måler lave konsentrasjoner av sykdomsmarkører · Laboratorieanalyser som blir utført automatisk, billig og raskt i små plastbrikker · Målrettet medisiner gjennom bruk av nanopartikler · Vevsbygging fra nanoskala

å løse globale utfordringer med særlig vekt på klima, energi, miljø, hav og matsikkerhet. Et annet mål er at norsk forskningspolitikk skal bidra til god helse, utjevne sosiale helseforskjeller og utvikle helse-tjenester av god kvalitet.

Forventningene er spesielt store til hvordan nanoteknologi kan bidra til å løse globale samfunnsutfordringer knyttet til begrenset tilgang på miljø-

vennlig energi, klimaendringer og miljøvern, global tilgang til mat og rent vann, og et bærekraftig helsevesen. Norske aktører innenfor akademia, næringsliv og offentlig sektor har kompetanse i verdensklasse innenfor alle disse områdene. I Tabell 1 er det listet opp eksempler på nanoteknologiske løsninger relatert til ulike samfunnsutfordringer, der Norge kan bidra til videre teknologiutvikling.

Norge må ligge i front for å sikre en ansvarlig teknologiutvikling på området

Mangel på kunnskap om nye stoffers helse og miljøeffekter er en generell utfordring. Det at vi ikke kan forutse egenskapene til stoffer på nanonivå med utgangspunkt i egenskapene til stoffene i vanlig form, er en spesiell utfordring. Blant nanopartikler som er nærmere undersøkt har enkelte vist seg å kunne gi skade, men forskningsresultatene varierer. Kunnskapen er imidlertid utilstrekkelig, særlig når det gjelder miljøeffekter og langtidsvirkninger på helse. Forskning er avgjørende for å få frem nødvendig kunnskap om eksponeringsnivåer, mulige skadevirkninger og skademekanismer av nanomaterialer.

Kunnskap er også nødvendig for å kunne foreta gode risikovurderinger og sikre en tilfredsstillende beskyttelse for helse og miljø gjennom reguleringer. Mer kunnskap er dessuten nødvendig for å utvikle gode testmetoder, som er avgjørende for at næringslivet skal kunne gi tilfredsstillende dokumentasjon i forbindelse med egen bruk av nanomaterialer.

Manglende avklaring når det gjelder mulige negative helse- og miljøeffekter av nanomaterialer/nanopartikler, oppleves av enkelte næringsaktører som en betydelig barriere for utvikling og bruk av nanoteknologi. Også forsikringsbransjen som har næringslivet som sine kunder har pekt på kunnskapsmangel, uavklart risiko og usikkerhet og til dels uavklart eller utilstrekkelig regulering av dette området.

Utviklingen av nanoteknologi reiser også problemstillinger knyttet til etikk i forskningen og til en hensiktsmessig samfunnsdialog. Det er viktig at både forskning, næringsliv, organisasjoner og folk flest deltar i diskusjoner om teknologiutviklingen. Vanlige borgere kan bidra med andre erfaringer og verdivurderinger, og ved å inkludere disse kan utviklingen av nanoteknologi bli mer robust. Fravær av åpen diskusjon om usikkerhet og verdivalg kan føre til en polarisert opinion preget av manglende tillit til politikere, eksperter og næringsliv.

Det er en generell trend at risikosidene ved teknologiutviklingen på dette teknologiområdet vies større oppmerksomhet og plass i internasjonale strategiske dokumenter og satsinger. Hensynet til mulige uønskede effekter på helse, miljø og samfunn står blant annet sentralt både i tenkningen innenfor EU-systemet og i OECD. Norge kan være godt egnet til å være et foregangsland for fremme av en ansvarlig teknologiutvikling på området.

Norge må posisjonere seg internasjonalt

Gitt stor usikkerhet og kunnskapsmangel rundt dette teknologiområdet, står investeringer i forskning med andre ord sentralt, både sett i forhold til realisering av nyttepotensial og for å redusere risiko knyttet til nanoteknologi.

Nanoteknologi er i dag blant de raskest voksende forskningsområder i det 21. århundret, ved siden av bioteknologi. Globalt er USA ledende når det gjelder offentlige investeringer i nanoteknologi (2,1 mrd. dollar i 2010), etterfulgt av Russland (1,05 mrd. dollar), Japan (918 mill. dollar), Tyskland (740 mill. dollar), Frankrike (580 mill. dollar) og Kina (500 mill. dollar)⁸. Dersom vi ser på investeringer per capita endrer dette bildet seg noe, ved at noen av de mindre landene, som Irland og Israel, kommer betydelig sterkere ut. Dersom vi også ser på hvor stor prosentandel av samlede FoU-investeringer som bevilges til nanoteknologi, skiller også andre mindre land som Nederland og Belgia seg ut⁹.

Den offentlige bevilgningen i Norge gjennom Norges forskningsråd til områdene nanoteknologi og nye materialer var i 2010 147 mill. kroner (tilsvarende ca. 24 mill. dollar¹⁰)¹¹. Sammenligninger av nasjonale FoU-investeringer på tvers av land er imidlertid mangelfulle på grunn av fravær av felles internasjonale definisjoner og statistisk rammeverk samt forskjeller i innretningen på nasjonale satsinger på området.

Periodiske studier utført av det internasjonale teknologirådgivningsselskapet Lux Research¹² antyder at nasjoner må prestere langs to parallelle akser for å innta en ledende posisjon innenfor nanoteknologi. For det første må en nasjon score høyt når det gjelder omfanget av nanoteknologiaktiviteter og vektleggingen av nanoteknologi sammenlignet med andre satsingsområder, på bakgrunn av parametre som: nanoteknologi-initiativer, nanoteknologisentre, offentlig finansiering,

8 Lux Research: «Commercialisation of Nanotechnology: Global Overview and European Position» (2011), http://www.euronanoforum2011.eu/wp-content/uploads/2011/09/enf2011_support-commercialisation_raje_fin.pdf.

9 OECD: «Nanotechnology: An Overview Based on Indicators and Statistics» (STI Working Paper 2009/7).

10 Etter en kurs av 01.06.12 der én US dollar tilsvarende 6,12 norske kroner.

11 I 2011 gikk bevilgningen til disse områdene ned til 118 mill. kroner. Dette skyldes i hovedsak nedtrapping av aktivitet i forbindelse med avslutning av NANOMAT-programmet (Norges forskningsråd: «Årsrapport 2011» (2012)).

12 Lux Research er en USA-basert kunnskapsorganisasjon som tilbyr rådgivningstjenester blant annet på nanoteknologiområdet. Lux Research har bistått en rekke regjeringer i utviklingen av nasjonale strategier for nanoteknologi, inkludert USA og flere land i Europa og Asia.

risikokapital, FoU i næringslivet, nanoteknologi-publikasjoner, utgitte patenter, og aktive bedrifter.

Det å ha en kraftfull satsing på nanoteknologi vurderes imidlertid ikke som tilstrekkelig for at innsatsen skal gi seg utslag i kommersialisering og verdiskaping. En nasjon må også score høyt sett i forhold til generell teknologiutviklingsstyrke, på bakgrunn av parametre som: FoU-investeringer som andel av brutto nasjonalprodukt (BNP), høy- eller middels teknologiintensiv produksjon som andel av BNP, høyere vitenskaps- og ingeniøruddanning per capita, teknologisk og vitenskapelig personell i forhold til i BNP, eksport av utdannede personer, og infrastruktur.

Gjennom å måle et lands prestasjoner langs de to ovennevnte aksene, får en frem en vurdering av landets relative prestasjon og muligheter på nanoteknologi-området¹³. Langs disse to aksene, viser resultatene at USA i perioden 2007-2009 har hatt en negativ utvikling når det gjelder teknologiutviklingsstyrke. Tyskland og Japan taper mot USA når det gjelder aktivitetsnivå, men vurderes som bedre rustet til å dra nytte av egne satsinger. Kina scorer under gjennomsnittet når det gjelder teknologiutviklingsstyrke, mens Russland har hatt en kraftig utvikling av eget aktivitetsnivå.

Siden USA er landet med den absolutt største satsingen på nanoteknologi, samtidig som amerikanerne startet meget tidlig med sin teknologisatsing, har deres strategiske valg betydning for investeringer ellers i verden, også i Europa. Innenfor rammene av NNI (National Nanotechnology Initiative) har USA utarbeidet en strategi med fire overordnede målsettinger:

- Fremme verdensledende forskning og utvikling innenfor nanoteknologi
- Fremme overføring av ny teknologi til produkter til nytte for næringslivet og allmennheten
- Utvikle og opprettholde utdanningsressurser, en kompetent arbeidskraft og støttende infrastruktur og utstyr for fremme av nanoteknologi
- Fremme en ansvarlig utvikling av nanoteknologi

EUs rammeprogram for forskning og innovasjon er det mest omfattende internasjonale samarbeidet norske forskningsmiljøer deltar i. Både i 6. og 7. ramme-program er nanoteknologi en prioritert satsing, i hovedsak innenfor området «Nanovitenskap, nanoteknologi, materialer og nye produksjonsteknologier» (NMP). I tillegg inngår nanoteknologi i program som «Energi», «Helse» og «IKT».

Budsjettene for NMP skal etter planen tredobles, fra drøyt 200 mill. euro i 2003, til over 600 mill. euro i 2013, hvorav nanoteknologi utgjør en betydelig andel. Europakommisjonen er i gang med utarbeidelse av en ny handlingsplan for nanoteknologi (A European Roadmap for Innovating with nanotechnologies 2011-2015), hvor det legges opp til fokus på samfunnets behov, verdiskaping og en samfunnsmessig ansvarlig teknologiutvikling.

Både i Europa generelt og i Norden er det til dels store variasjoner i hvordan forskningen på dette området er innrettet og finansiert. En del land har offentlig finansierte nanospesifikke satsinger, mens andre utelukkende fremmer teknologiområdet gjennom mer generelle virkemidler. Tyskland, Storbritannia, Irland og Nederland er eksempler på land i Europa som nylig har utarbeidet nasjonale strategier for nanoteknologi.

13 Norge har til nå ikke vært blant landene som er inkludert i disse vurderingene.



2

Regjeringens mål og prioriteringer

Regjeringen vil legge til rette for forskning og utvikling på strategiske områder med stort potensial for innovasjon og verdiskaping, der Norge har gode muligheter for å hevde seg i en internasjonal konkurranse. Regjeringen ser på nanoteknologi som et viktig verktøy for å styrke fremtidig konkurransekraft i norsk næringsliv og bedre samfunnets evne til å håndtere globale samfunnsutfordringer relatert til energi, miljø, helse og mat på en bærekraftig måte. Regjeringen vil legge til rette for at teknologiutviklingen på dette feltet skjer innenfor samfunnsmessig ansvarlige rammer.

Regjeringens målsetting er at: «Ansvarlig nanoteknologi skal gi et vesentlig bidrag til norsk næringsutvikling og samfunnsnytte»

Regjeringen vil at nanoteknologi skal bidra til økt konkurransekraft i norsk næringsliv og til en bedre håndtering av de globale samfunnsutfordringene, uten å skape uønskede effekter på helse, miljø og samfunn.

Nanoteknologi er et teknologiområde som baserer seg på kunnskap generert gjennom forskning innenfor en rekke ulike disipliner og fagområder. En satsing på nanoteknologi avhenger derfor i stor grad av den grunnleggende kunnskapsutviklingen som skjer gjennom forskning og kompetansebygging innenfor akademien. Mye av kunnskapen som utvikles skjer i utlandet, og de norske akademiske miljøene er derfor sentrale når det gjelder å absorbere kunnskap utviklet ute.

Samtidig er ikke utviklingen av den grunnleggende kunnskapsbasen tilstrekkelig for at vi skal nå våre sluttmaal om at nanoteknologi skal bidra til verdiskaping og bedre håndtering av globale samfunnsutfordringer. Kunnskapen må omsettes i konkret nytteverdi gjennom innovasjon og kommersialisering. Det er derfor viktig at den grunnleggende kunnskapen som utvikles er

«Ansvarlig nanoteknologi skal gi et vesentlig bidrag til norsk næringsutvikling og samfunnsnytte»

mest mulig relevant for behovene i næringsliv og offentlig sektor. For å få til dette må næringsliv og relevante deler av offentlig sektor involveres tettere i de forskningsaktiviteter som skjer på dette feltet. Videre må det sikres at teknologien som utvikles og tas i bruk ikke har uønskede effekter på helse, miljø og samfunn.

På den bakgrunn har regjeringen pekt ut følgende tre satsingsområder som den offentlige innsatsen skal konsentreres om:

- i) **Grunnleggende kunnskapsutvikling:** Styrke den grunnleggende kunnskapen om nanoteknologi og denne kunnskapens relevans for nærings- og samfunnsutvikling
- ii) **Innovasjon og kommersialisering:** Økt involvering av næringsliv og offentlig sektor i utvikling og bruk av nanoteknologi for fremme av verdiskaping i næringslivet og for en styrket håndtering av globale samfunnsutfordringer
- iii) **Ansvarlig teknologiutvikling:** Utvikling av et solid kunnskaps- og metodegrunnlag og egnede rammer som legger til rette for en samfunnsmessig ansvarlig teknologiutvikling

I oppfølgingen av regjeringens målsetting skal innsatsen innenfor de tre satsingsområdene i størst mulig grad understøtte hverandre og trekke i samme retning.

Den nasjonale FoU-innsatsen innenfor nanoteknologi skal bygge opp under de gjeldende forskningspolitiske prioriteringene. På den bakgrunn skal FoU-innsatsen rettes inn mot å realisere muligheter knyttet til næringsutvikling og til håndtering av globale samfunnsutfordringer innenfor energi og miljø, mat, hav og helse. Innsatsen skal også rettes inn mot å realisere muligheter i samspill med relaterte teknologiområder som IKT, bioteknologi og avanserte materialer¹⁴. Disse områdene samsvarer med nasjonalt prioriterte tema- og teknologiområder, jf. St.meld. nr. 30 (2008-2009) *Klima for forskning*. Innsatsen skal også rettes inn mot å møte utfordringer knyttet til mulige uønskede effekter på helse, miljø og sikkerhet (HMS) og etiske, rettslige og samfunnsmessige aspekter (ELSA).

For at norske forskningsmiljøer og bedrifter skal lykkes i den internasjonale konkurransen, vil innsatsen spisses mot områder hvor vi har spesielle forutsetninger i form av kompetanse, infrastruktur, naturressurser etc. Samtidig skal det legges til rette for utvikling av en tilstrekkelig bred kunnskapsbase som gjør oss i stand til å ta i bruk ledende kunnskap på dette feltet utviklet i utlandet.

De neste kapitlene tar for seg strategiens tre satsingsområder og gir en beskrivelse av status, behov og regjeringens tiltak innenfor hver av disse.

Figur 1:



Strategiens tre satsingsområder vil bli lagt til grunn for innretning på offentlig FoU-innsats relatert til nanoteknologi. I oppfølgingen av regjeringens målsetting skal innsatsen innenfor de tre satsingsområdene i størst mulig grad understøtte hverandre og trekke i samme retning.

¹⁴ Sistnevnte område er også omtalt som «nye materialer».

«Nanovitenskap gir nye muligheter for forskning og utvikling. Men det kreves omfattende kunnskap på en rekke felter og kloke refleksjoner for at nanovitenskapens potensial skal kunne utnyttet på en forsvarlig måte».

Ole Petter Ottersen,
Rektor ved Universitetet i Oslo

Fra MiNaLab, Senter for materialvitenskap og nanoteknologi ved Universitetet i Oslo. Foto: Marius Hauge.



3

Grunnleggende kunnskapsutvikling

Utvikling og anvendelse av nanoteknologi fordrer en bred vitenskapelig kompetanse av høy kvalitet. Regjeringen ønsker å styrke den grunnleggende nasjonale kunnskapsbasen innenfor nanoteknologi og dennes relevans for nærings- og samfunnsutvikling. I dette kapitlet ser vi nærmere på status og behov knyttet til forskning, utdanning og infrastruktur. Deretter vil regjeringens tiltak på dette satsingsområdet presenteres.

3.1 FORSKNING

Forskning er nødvendig for å få mer kunnskap om nanoteknologi – både for erkjennelse av ny vitenskap i seg selv, for å avdekke helse- og miljøeffekter og for innovasjon og næringsutvikling.

De sentrale kunnskapsaktørene innenfor nanoteknologiområdet er NTNU, Universitetet i Oslo, SINTEF, Institutt for energiteknikk, Universitetet i Bergen og Høgskolen i Vestfold, jf. Tabell 2. På enkelte felter har Norge utviklet kunnskap på høyt internasjonalt nivå, for eksempel innenfor fornybar energi. På andre felter, som mat, hav og helse, er nanoteknologi mindre utviklet og her kreves fortsatt oppbygging av grunnleggende kompetanse før sektorene effektivt kan forholde seg til internasjonal utvikling og vi kan se direkte nærings- og samfunnsresultater. Forskning om helse- og miljørisiko i tilknytning til nanoteknologi foregår nå ved flere institusjoner i Norge. De norske fagmiljøene innen helse og miljø, så vel som ELSA relatert til nanoteknologi er små og spredte, men i stor grad internasjonalt anerkjente.

Grunnleggende forsknings- og utviklingsarbeid bør også fremover først og fremst skje ved et fåtall spesialiserte forskningsmiljøer. Dette er miljøer med

TABELL 2: EKSEMPLER PÅ FORSKNINGSGJØRENDE INSTITUSJONER INNEN UTVIKLING AV NANOTEKNOLOGI**NTNU**

- Sterke fagmiljøer innenfor f. eks. nanostrukturerte/funksjonelle materialer, nanoteknologi for energi og miljø, nanoelektronikk, nanomagnetisme og nanofotonikk, bionanoteknologi/ helsereelatert forskning/kreftterapi, komplekse materialers fysikk.
- NTNU NanoLab er etablert, med ca. 200 mill. kroner investert fra NTNU, SINTEF, Norges forskningsråd og andre.
- Deltar i flere EU-prosjekter innenfor nanoteknologi og nye materialer.
- To nye firmaer, Cerpotech og Memfoact, etablert fra forskningsmiljøene.
- Deltar i SFI¹⁵ene COIN sammen med SINTEF og InGap sammen med bl a. UiO (mer info nedenfor).

SINTEF

- Sterke fagmiljøer innenfor f. eks. nanostrukturerte materialer, funksjonelle materialer, bionanoteknologi/helsereelatert forskning/kreftterapi, mikroteknologi, mikro- og nanomekaniske systemer, sensorer.
- Har etablert og drifter MiNaLab, der UiO også har en stor aktivitet. Ca. 250 mill. kroner investert i MiNaLab, både fra Norges forskningsråd, SINTEF og UiO.
- Høy deltagelse EU-prosjekter innenfor *nanoteknologi og nye materialer*.
- Flere firmaer etablert fra SINTEF: KeraNor, Abalonyx, GasSecure og andre.
- COIN (SFI) sammen med NTNU: Silikapartikler i nanoskala gir sterkere betong.

UIO/OSLO UNIVERSITETSSYKEHUS HF

- Senter for materialvitenskap og nanoteknologi (SMN) med meget sterke fagmiljøer fra både kjemi og fysikk innen funksjonelle materialer, med hovedfokus fornybar energi, men også katalyse og biomaterialer.
- inGAP (SFI) sammen med NTNU, SINTEF, Borealis, Haldor Topsøe, INEOS and Statoil: Katalyse styrt fra nanoskala.
- Partner i Norwegian Research Centre for Solar Cell Technology (FME) sammen med NTNU, IFE, SINTEF og 7 industripartnere: Nanoteknologi for neste generasjon solceller.
- Koordinerer og deltar i en rekke EU-prosjekter, spesielt innen funksjonelle energimaterialer.
- Sterke fagmiljøer innenfor komplekse materialers fysikk, mikro- og nanoelektronikk, samt bionanoteknologi innen helsereelatert forskning, kreftterapi og odontologi.
- CCB (SFF): Nanopartikler i styrt medisinerings/kreftbehandling.
- Flere firmaer etablert, bl.a. NorECs, Protia, Baldur Coatings, SolSystem og Nano Rocks.

IFE

- Sterke fagmiljøer innenfor nanostrukturerte materialer og funksjonelle materialer rettet mot energi og miljø, komplekse materialers fysikk.
- Leder The Norwegian Research Centre for Solar Cell Technology (FME) i samarbeid med UiO, NTNU, SINTEF og ni industripartnere.
- Mange EU-prosjekter innenfor *nanoteknologi og nye materialer*, rettet mot fornybar energi.
- JEEP II – Nordens eneste nøytronkilde, sentralt for bl.a. grunnleggende materialvitenskap.
- Nytt firma Condalign etablert. Ny patentert teknologi for bruk av elektriske felt til manipulering av nanopartikler i ulike materialer.

HØGSKOLEN I VESTFOLD

- Sterke fagmiljøer innen mikroteknologi- og nanoteknologi.
- Sentral i Norwegian Centre of Excellence innen mikro- og nanoteknologi, med 20 industripartnere, SINTEF og myndigheter.
- Viktig medspiller i produktutvikling for lokal industri, som poLight og Sensoror Technologies.

UIB/HELSE BERGEN HF

- Sterke fagmiljøer innenfor bionanoteknologi/helsereelatert forskning/kreftterapi, nanoprosess/fornybar energi, fundamental fysikk/måleprinsipper/modellering og ELSA-forskning relatert til nanoteknologi.
- Nytt firma Carbontech Holding fra CMR-miljøet.

NOFIMA (TIDLIGERE MATFORSK)

- Sterkt fagmiljø på nanostrukturerte materialer for emballasje for matvarer.

15 SFI: Senter for forskningsdrevet innovasjon, SFF: Sentre for fremragende forskning, FME: Forskningscentre for miljøvennlig energi.

en bred tverrfaglig kompetanse og kapasitet til å drifte nødvendig infrastruktur. Vi ser allerede en positiv utvikling der spesialisering, arbeidsdeling og samarbeid mellom forskningsinstituttene og de høyere utdanningsinstitusjonene vokser frem. Dette er en utvikling regjeringen ønsker skal fortsette.

Norge har hatt en målrettet offentlig finansiert FoU-satsing på nanoteknologi innenfor Norges forskningsråds program NANOMAT (Nanoteknologi og nye materialer) siden 2002. NANOMAT har hatt som målsetning å utvikle norsk nano- og materialteknologisk forskning til et internasjonalt nivå på utvalgte områder. I forbindelse med at programmet utløp i 2011, ble det evaluert for perioden 2002-2009, jf. boks under. Finansiering av FoU-aktivitet relatert til nanoteknologi skjer også gjennom andre av Norges forskningsråds programsatsinger og senterordninger.

I den gjennomførte evalueringen av NANOMAT understrekes det at norsk forskning innen grunnleggende nanoteknologi fortsatt ikke er kommet like langt som i land som Sverige, Nederland, Danmark og Sveits. Dette bildet underbygges av fagevalueringene innenfor kjemi (2009)¹⁶ og fysikk (2010)¹⁷, som begge anbefaler en forsterket satsing på nanovitenskap. Bildet støttes også av erfaringene fra norsk deltakelse i EUs 7. rammeprogram for forskning og innovasjon, som viser at norske forskere, med noen få unntak har lav uttelling innenfor nanovitenskap og nanoteknologi.

Evalueringen av norsk deltakelse i EUs 7. ramme-program¹⁸ viser videre at forskere med bakgrunn innenfor nanoteknologi lykkes best i anvendte prosjekter om spesielle tema, som fornybar energi og energilagring. Det er også slik at norsk kompetanse er mer utviklet innenfor mikroteknologi og avanserte materialer, og i mindre grad innenfor nanovitenskap og nanoteknologi. Regjeringen mener det fortsatt er behov for å bygge nasjonal grunnleggende kompetanse om nanovitenskap og nanoteknologi, samt å utvikle tverrfaglig samarbeid ytterligere.

Samtidig mener regjeringen det er behov for å utnytte og videreutvikle allerede opparbeidet kunnskapsgrunnlag for næringsutvikling og verdiskaping, blant annet gjennom fokus på kommersialisering av forskningsresultater fra academia. Regjeringen ser

på konsolideringen av teknologioverføringskontorene¹⁹ som et riktig steg i så måte. Større næringsmessig utnyttelse av ervervet kunnskapsgrunnlag bør videre stimuleres gjennom økt involvering av næringslivet i nye forskningsaktiviteter. Et mål om økt næringslivs-involvering må imidlertid modereres på fremvoksende kunnskapsområder der det per i dag finnes få bedrifter.

NANOMAT har lagt størst vekt på områdene energi og miljø, IKT/mikroteknologi og nanostrukturerte materialer. De nasjonalt prioriterte områdene helse, hav og mat er i tillegg områder der Norge har gode forutsetninger og hvor nanoteknologi kan bidra til å løse samfunnsutfordringer og fremme nyskaping og innovasjon. Regjeringen mener det fremover er behov

EVALUERING AV NANOMAT-PROGRAMMET (NANOTEKNOLOGI OG NYE MATERIALER)

I første fase av NANOMAT var det fokus på oppbygging av grunnleggende kompetanse. Dette ble gjenspeilet i en sterkt økende publiseringsfrekvens, også i høyt rangerte tidsskrifter. I tillegg har programmet bidratt til nasjonalt samarbeid og arbeidsdeling innenfor universitets- og høyskolesektoren (UoH) og instituttsektoren. I evalueringen ble det konkludert med at programmet har bidratt til styrket forskningskompetanse i norske forskningsmiljøer, i tillegg til økt forskningsaktivitet og produktivitet. Programmet har også bidratt til økt nasjonalt samarbeid og arbeidsdeling innenfor universitets- og høyskolesektoren og instituttsektoren på dette feltet.

Gjennom programperioden har NANOMAT økt næringslivets involvering fra et lavt nivå i perioden 2002-2006 til at halvparten av programmidlene i siste fase av programmet (2010/2011) har gått til næringsrettede prosjekter. Vurderingen er likevel at det ennå ikke har kommet tilstrekkelig næringsmessig verdi ut av de offentlige investeringene på omlag 700 mill. kroner i programmet (hvorav kun 200 mill. kroner til næringsrettede prosjekter), i form av patenter, nyetablerte bedrifter og innovasjoner. Dette må sees i sammenheng med fokuset på grunnleggende kompetanseoppbygging i programperioden, samt at det tar lang tid å se de næringsmessige effektene av investeringer som gjøres på området. Næringslivet har investert omlag 200 mill. kroner i NANOMAT-finansierte prosjekter.

Evalueringen ble utført av DAMVAD/Econ Pöry i 2010.

16 Norges forskningsråd (2009): *Basic Chemistry Research in Norway*.

17 Norges forskningsråd (2010): *Basic Physics Research in Norway – An evaluation*.

18 NIFU/STEP: «In Need of a Better Framework for Success - An evaluation of the Norwegian participation in the EU 6th Framework Programme (2003-2006) and the first part of the EU 7th Framework Programme (2007-2008)» (2009).

19 Teknologioverføringskontorene (TTO) er universitetsmiljøenes og helseforetakenes kommersialiseringsaktører som arbeider med kommersialisering av forskningsresultater fra egen aktivitet.

NORGE OG EU'S 7. RAMMEPROGRAM FOR FORSKNING OG INNOVASJON/ HORIZON 2020

Norge har deltatt i EUs rammeprogrammer for forskning og teknologisk utvikling/innovasjon (RP) siden slutten av 1980-tallet, og på lik linje som EUs medlemsland siden EØS-avtalen ble inngått i 1994. Det 7. rammeprogram har en varighet på sju år, fra 2007 til 2013, mens tidligere rammeprogrammer har vart i fire. Det totale budsjettet for 7. rammeprogram er på 50,5 milliarder euro. EØS-landenes kontingent til rammeprogrammet regnes ut etter en andel av BNP.

Horizon 2020 er navnet på det nye rammeprogrammet for forskning og innovasjon som vil gjelde fra 2014 og ut 2020. Programmet er tenkt å omfatte dagens rammeprogrammer for forskning og innovasjon, de innovasjonsrelaterte aktivitetene i CIP-programmet (Competitiveness and Innovation Framework Programme) og EIT (European Institute of Innovation and Technology). Europakommisjonen har foreslått at programmets budsjett skal være på 87 mrd. euro. Programmet er forankret i EUs strategi Europe 2020. Viktige målsetninger for programmet er å bidra til Europas globale konkurransekraft og bærekraftig utvikling. Kommisjonen har foreslått tre prioriterte hovedområder for Horizon 2020: :

- Fremragende forskning: Her vil det fokuseres på:
 - Mer støtte til banebrytende forskning gjennom Det europeiske forskningsrådet ERC
 - Utvikling av og tilgang til forskningsinfrastrukturer
 - Mobilitet og karriereutvikling gjennom Marie Curie-ordningen
 - Fremtidige og fremvoksende teknologier
- Store samfunnsutfordringer: Her vil det fokuseres på:
 - Helse, demografiske endringer og velferd
 - Matsikkerhet, bærekraftig landsbruk, marin og maritim forskning og bioøkonomi
 - Ren, sikker og effektiv energi
 - Smart, grønn og integrert transport
 - Klima, ressurseffektivisering og råmaterialer
 - Inkluderende, innovative og sikre samfunn
- Industrielt lederskap: Her vil det fokuseres på:
 1. Økte strategiske investeringer i nåværende og fremtidige muliggjørende og industrielle teknologier og tjenester, med dedikert støtte til
 - Informasjons- og kommunikasjonsteknologi
 - Nanoteknologi
 - Avanserte materialer
 - Bioteknologi
 - Avanserte produksjonsprosesser
 - Romfart
 2. Å lette tilgang til risikokapital (gjennom virkemidler i RP og CIP)
 3. Å tilby støtte til små og mellomstore bedrifter med stort vekstpotensial i hele EU

NANOBARRIERE – NORSK INITIERT FORSKNINGS-PROSJEKT INNENFOR EU'S 7. RAMMEPROGRAM

Plastmaterialer utgjør hoveddelen av matvareemballasjen og øker mest. Plast har store fordeler. Den er lett og billig å produsere, formen kan skreddersys etter produktet som skal pakkes, og plasten kan gjenvinnes. I motsetning til glass er plast derimot ikke helt tett for gass og damp, og plastindustrien har jobbet kontinuerlig med forbedringer. Forskere fra SINTEF, sammen med 14 partnere fra hele Europa, jobber nå frem med plastløsninger basert på fornybare ressurser. Formålet er finne biobaserte løsninger som har minst like gode egenskaper som tradisjonell plast basert på petroleum. Ved hjelp av nanoteknologi skal forskerne modifisere og forbedre bioplast fra fornybare ressurser. Nanofibre fra cellulosemasse er sterke og anvendelige. Borregaard, som er med i prosjektet, leverer slike fibre som kommer fra trær. Dette er et 4-årig prosjekt under EUs 7. RP som startet opp i mars 2012.

for større vektlegging av disse områdene. I tillegg ser regjeringen behov for økt fokus på å møte utfordringer knyttet til mulige uønskede effekter på helse, miljø og sikkerhet (HMS) og etiske, rettslige og samfunnsmessige aspekter (ELSA). Regjeringen er opptatt av at forskningsmiljøene bidrar til en ansvarlig teknologiutvikling gjennom å integrere HMS og ELSA i egen forskning.

Regjeringen ser på samarbeid med ledende internasjonale miljøer som avgjørende for å sikre tilgang til ny kunnskap, og økt kvalitet på norsk nanoteknologisk forskning og innovasjon. Kvaliteten på norske forskningsaktiviteter bør være så høy at norske forskere er attraktive internasjonalt.

3.2 UTDANNING

Nanoteknologi er et kunnskapsintensivt teknologiområde som trekker vekslers på flere fagområder, spesielt innenfor naturvitenskap og teknologi. Sterke og robuste kunnskapsmiljøer krever god rekruttering av kompetent FoU-personell.

Siden 2002 er det skjedd en gradvis oppbygging av studiene innenfor nanovitenskap og nanoteknologi på bachelor- og mastergradsnivå i Norge. Studiene er konsentrert rundt de høyere utdanningsinstitusjonene NTNU, Universitetet i Oslo, Universitetet i Bergen og Høgskolen i Vestfold, jf. Tabell 3. Studiene har hatt

TABELL 3: HØYERE UTDANNINGSINSTITUSJONER INNENFOR NANOTEKNOLOGI**UNIVERSITETET I OSLO (UIO)**

UiO : Universitetet i Oslo

Det 3-årige bachelorprogrammet med det påfølgende 2-årige masterprogrammet i Materialer, energi og nanoteknologi utgjør det viktigste tilbudet innen nanoteknologi ved UiO. Programmet er kjemi og fysikk tungt, men gir muligheter for mange spesialiseringer. Nanoteknologi knyttet til nye funksjonelle materialer og til fornybar energi dominerer i programmet i dag. Programmet, som ble opprettet i forbindelse med Kvalitetsreformen, tiltrekker seg gode og motiverte studenter, og utgjør en meget viktig base for forskningen innen nanoteknologi ved UiO. I tillegg er nanoteknologiske emner integrert i flere andre studieprogram ved UiO. Siden 2008 er nær 200 studenter tatt opp på bachelorprogrammet, mens omlag 80 studenter har fått opptak på masterprogrammet. Over 30 studenter har siden oppstart avlagt mastereksamen.

UNIVERSITETET I BERGEN (UIB)

UNIVERSITETET I BERGEN

UiB har etablert et 3-årig bachelorstudium i nanoteknologi og et 2-årig masterstudium i nanovitenskap. Bachelorstudiet har en bred, tverrfaglig profil bygget på de klassiske naturvitenskapene med nanoteknologiske emner som en del av den faglige spesialiseringen. Studiet tiltrekker seg dyktige og engasjerte studenter, og i alt er 18 bachelor studenter i nanoteknologi uteksaminert til nå. Masterstudiet i nanovitenskap tilbyr masteroppgaver innen områdene nanofysikk, -kjemi og -biologi/-medisin. Nanoetikk inngår i begge studieprogrammene, blant annet i form av et eget emne i masterstudiet. De første masterkandidatene i nanovitenskap ble uteksaminert våren 2012.

HØGSKOLEN I VESTFOLD (HIVE)

HiVe tilbyr studieløp innen mikro- og nanosystem teknologi på bachelor-, master- og PhD nivå. Master og ph.d. studiene rekrutter studenter fra hele verden, og har gode søkertall. Studiene er brede og tverrfaglige, med elementer innenfor BioMems (MEMS = mikroelektromekaniske systemer), mikro- og nanofabrikasjons metoder, elektronikk- og sensorteknologi, energi og optiske mikro-systemer samt pakketeknologi. De fleste master- og PhD studentene jobber i et nært samarbeid med lokal industri og i forskningsprosjekter. Studiene er fokusert på anvendelse av mikro- og nanoteknologi. Per utgangen av 2011 er det uteksaminert 44 masterkandidater, og 27 ph.d. stipendiater er tilknyttet instituttet.

NORGES TEKNISK-NATURVITENSKAPELIGE UNIVERSITET (NTNU)

NTNU har etablert et eget 5-årig studieprogram Master/sivilingeniør i Nanoteknologi med en tverrfaglig tilnærming og spesialisering innenfor bionanoteknologi, nanoteknologi for materialer, energi og miljø samt nanoelektronikk. I tillegg er nanoteknologiske emner integrert i flere andre studieprogrammer ved NTNU. Studiet har mange søkere. De første 30 kandidatene ble uteksaminert våren 2011. Noen av disse er blitt tatt opp til ph.d.-program i fysikk, biofysikk og materialteknologi. Det er også mulighet for å bli tatt opp på kjemisk prosess, kjemi og muligens bioteknologi. Det samme gjelder det tverrfakultære ph.d.-programmet i medisinsk teknologi.

høye opptakskrav og økende søkertall. De første kandidatene fra disse målrettede studiene ble uteksaminert våren 2011.

NTNU, SINTEF, Universitetet i Oslo og Høgskolen i Vestfold deltar i den nasjonale forskerskolen «Nanoteknologi for mikrosystem». Forskerskolen ble etablert med støtte fra Norges forskningsråd i 2009 for å skape sterkere forskningsmiljø, etablere forskningsnettverk og å kunne tilby en enda bedre forskerutdannelse innenfor nanoteknologi. Forskerskolen har et tett samarbeid med næringslivet.

Etableringen av egne nasjonale utdanningsløp innenfor nanoteknologi vurderes som et viktig grunnlag for en videre satsing på området. Institusjonene bør samarbeide nært både med hverandre og med nærings- og arbeidslivet, og løpende vurdere organisering og innhold i utdanningen for å styrke kvaliteten på studietilbudene. Forskningsbasert utdanning legger grunnlaget for en bred spredning av kompetanse ut i arbeidsmarkedet. Regjeringen mener det er avgjørende at kompetansen som utvikles er relevant for næringslivets og offentlig sektors behov for innovasjon og verdiskaping, og for å sikre en ansvarlig teknologiutvikling på området.



Studentene som er avbildet på fjelltur studerer alle nanoteknologi ved NTNU, og er medlemmer av linjeforeningen på nanoteknologi, TIMINI. Foto: Jørn Skogsrud.

3.3 INFRASTRUKTUR

Forskning innenfor nanoteknologi forutsetter meget avansert og kostnadskrevende utstyr, og mulighet til å arbeide under kontrollerte forhold i såkalte «renrom». God infrastruktur er avgjørende for at norske forskningsmiljøer kan være i forskningsfronten på enkelte områder, samt å kunne tilby egnede laboratorie-fasiliteter for norsk næringsliv.

Både ressurs hensyn og effektiv utnyttelse tilsier et begrenset antall store og avanserte nanolaboratorier i Norge. Nasjonalt og internasjonalt samarbeid er derfor helt avgjørende for etablering og drift av avansert forskningsinfrastruktur på dette området.

Nasjonalt infrastruktur er bygget opp ved SINTEF Oslo/Universitetet i Oslo, NTNU i Trondheim, Institutt for energiteknikk på Kjeller, Universitetet i Bergen og Høgskolen i Vestfold, jf. Tabell 4.

NorFab er et av de viktigste tiltakene for nasjonal koordinering av infrastruktur. Her er eierne av de største renrommene i Norge innenfor nano- og mikro- teknologi organisert for å kunne tilby en profesjonell og effektiv service til hele verdikjeden. Senteret knytter sammen laboratoriene NTNU NanoLab, SINTEF/UiO MiNa Lab og HiVe MST-Lab, og er bygget opp med en særskilt spesialisering av utstyr på en rekke bruksområder. Flere av laboratoriene er komplementære og gir nasjonal tilgang for ulike brukere innenfor akademia og næringsliv. NorFab er oppført på Nasjonalt veikart for infrastruktur, og finansiert gjennom den nasjonale satsingen på infrastruktur. Samarbeidet er ledet av NTNU NanoLab.

Norsk senter for transmisjonselektronmikroskopi²⁰ (NORTEM) er et annet eksempel på et nasjonalt

²⁰ Transmisjonselektronmikroskopi (TEM) brukes for å studere materialer ned mot atomær oppløsning.

RENROM

Renrommet er et viktig hjelpemiddel for nanovitenskapen. Når man arbeider med størrelser i nanoskala (1-100 nanometer) er partikler i luften en alvorlig forurensing. Renrommet er en måte å forhindre slik forurensing ved å bygge en barriere mellom det ytre miljøet og et indre, hvor antall partikler per kubikkmeter luft holdes på et akseptabelt nivå.



Foto: Geir Mogen/NTNU NanoLab.

infrastruktursamarbeid med støtte fra Norges forskningsråd. NORTEM er et nasjonalt samarbeidsprosjekt mellom SINTEF, NTNU og UiO knyttet til investering i storskala infrastruktur innen avansert materialkarakterisering i Norge.

En del typer laboratorier og instrumentering er så ressurskrevende at de ikke kan etableres og drives av enkeltland, men må baseres på internasjonalt samarbeid. Den norske satsingen på infrastruktur er forsterket gjennom deltakelse i flere store europeiske forskningsanlegg. Slik deltakelse er en god plattform for grunnleggende forskning, rekruttering og næringsrelevant forskning. Norge deltar også i det europeiske strategiforumet for forskningsinfrastruktur (ESFRI), som er opprettet for å fremme etableringen av felles-europeiske forskningsinfrastrukturer. Gjennom dette samarbeidet sikres norske forskere tilgang til infrastruktur i verdensklasse.

På infrastrukturensiden er oppstarten av et nasjonalt samarbeid gjennom NorFab og NORTEM et steg i riktig retning. For at disse tiltakene skal bidra til et nasjonalt løft innen forskningen er det en forutsetning at andre nasjonale institusjoner og forskningsgrupper får tilgang og kan medvirke i den strategiske videreutviklingen av utstyr. Et nasjonalt infrastrukturensamarbeid må kompletteres gjennom tilgang til storskala forskningsinfrastrukturer i Europa og internasjonalt. Det er samtidig behov for en kontinuerlig oppgradering og fornyelse av eksisterende infrastruktur i Norge. Regjeringen mener det derfor er behov for å videreføre en konsentrert satsing på nasjonal infrastruktur og legge til rette for deltakelse i felles europeisk og annen internasjonal infrastruktur.

TABELL 4: NASJONAL INFRASTRUKTUR INNENFOR NANOTEKNOLOGI**NTNU NanoLab**

NTNU NanoLabs renrom er spesielt designet for tverrfaglig forskning innenfor nanoteknologi. Renrommet er delt inn i fem områder for følgende virksomhet: kjemiske metoder med fokus på fremstilling av nanopartikler og filmer; fysikalske metoder som tyntfilm vekst og teknikker for høyoppløst litografi og bionanoteknologiske metoder, herunder myk litografi. I tillegg kommer egne områder for karakteriseringsteknikker og undervisning.

UiO MiNaLab

UiO MiNaLab har en renromsetasje og seks laboratorier med avansert instrumentering spesielt egnet for forskning og utvikling innenfor materialteknologi og nanovitenskap. Fasilitetene drives av Senter for materialvitenskap og nanoteknologi (SMN), Kjemisk og Fysisk institutt, og sentrale forskningsområder er solcelleteknologi, halvlederfysikk og transparente ledende oksider.

SINTEF MiNaLab

SINTEF MiNaLab tilbyr tjenester innen silisium-basert mikrosystem utvikling, med fokus på kontraktbasert silisium sensor-forskning, prototyping og småskala produksjon. SINTEF MiNaLabs mål er å øke konkurransevnen til komponent- og system-produsenter ved å introdusere mikrosystemer som nøkkelkomponenter i deres produkter. Både norsk og internasjonal industri er brukere av SINTEF MiNaLabs tjenester. Renrommet er utstyrt med en komplett Si prosesseringslinje for 100 og 150 mm skivestørrelse, bestående av topp moderne produksjonsutstyr som opereres av spesialutdannete prosessører.

MST Lab HiVe

MST-Lab ved Høgskolen i Vestfold er en brukerdrevet laboratoriefasilitet som både tilbyr laboratorietjenester og direkte adgang til utstyr. Renrommet er en fleksibel «open access» infrastruktur for MEMS prosessering på 100mm silisium wafere og andre typer substrater. MST-Lab benyttes av forskere og stipendiater i tillegg til studenter på bachelor og master nivå. Utstyret er tilrettelagt for forskning og utvikling med fokus på «bonding» av både brikker og skiver, generell pakke- og integrasjonsteknologi og karakterisering av mikro- og nanosystemer.

Institutt for energiteknikk (IFE)

Forskningsreaktoren JEEP II på IFE er et unikt verktøy for nanoteknologisk materialforskning, det eneste av sitt slag i Norden. JEEP II er en stor nøytronkilde, som brukes som et stort «mikroskop». Med nøytronene kan man «se» små strukturer på et nivå som ingen andre forskningsinstrumenter gir mulighet for. Annen viktig forskning innen nanoteknologi foregår i solcelle renromlaboratoriet ved IFE.

UiB Nanoplattform

UiB Nanoplattform er en tverrfaglig sammenslutning av instrumentenheter ved flere institutter. Plattformen har et avansert laboratorium for elektronstrålelitografi, og råder dessuten over fotolitografi og avanserte teknikker for fremstilling av nanostrukturerte overflater, mikrovæsker samt en rekke instrumenter for nanopartikkel karakterisering og TEM og SEM elektronmikroskopi. Avansert optisk mikroskopi står til rådighet gjennom samarbeid med MIC (Molecular Imaging Center). Eksterne brukere har tilgang.

EUROPEISK INFRASTRUKTURSAMARBEID KNYTTET TIL NANOTEKNOLOGI

Det finnes allerede et utstrakt europeisk infrastruktursamarbeid på dette området, og Norge deltar aktivt i dette. Gjennom det norske medlemskapet i European Synchrotron Radiation Facility (ESRF) har norske forskere tilgang til et av verdens beste synkrotronanlegg.

Det skal også bygges et synkrotronanlegg i Sverige (kalt MAX-IV). Det er ikke tatt noen beslutning på norsk side hvorvidt man skal knytte seg til MAX-IV men det er betydelig faglig interesse for prosjektet i noen forskningsmiljøer.

European Spallation Source (ESS), som kalles verdens største «nøytronmikroskop», er planlagt bygd i Lund i Sverige. Sverige og Danmark er vertsland, mens rundt 15 andre land har undertegnet en samarbeidsavtale med målsetting å realisere prosjektet. Norge har forpliktet seg til å bidra til konstruksjonen. En vesentlig del av Norges bidrag vil være å stille en strålelinje samt to instrumenter ved Jeep II-reaktoren ved Institutt for energiteknikk (IFE), til rådighet for ESS. Disse vil bli brukt til opplæring og utvikling av nye instrumenter.

3.4 REGJERINGENS TILTAK FOR FREMME AV GRUNNLEGGENDE KUNNSKAPSUTVIKLING

Regjeringen vil legge til rette for videre oppbygging av grunnleggende kompetanse innenfor nanovitenskap og nanoteknologi. Dette skal gjøres gjennom å videreutvikle etablerte kunnskapsplattformer og infrastruktur, samt stimulere til økt tverrfaglig samarbeid. På et tverrfaglig og ressurskrevende område som nanoteknologi er det spesielt avgjørende med samarbeid, arbeidsdeling og faglig konsentrasjon.

Regjeringen er opptatt av at den grunnleggende kunnskapsbasen skal være en kilde til innovasjon i både næringslivet og i offentlig sektor. Regjeringen vil derfor stimulere til videreutvikling av grunnleggende kompetanse innenfor nanoteknologi rettet mot de nasjonalt prioriterte områdene energi og miljø, helse, mat, hav, IKT, bioteknologi og avanserte materialer. Innsatsen skal også frembringe grunnleggende kunnskap om risiko og usikkerhet knyttet til nanoteknologi.

Regjeringen er opptatt av at norske forskere innen nanoteknologi etablerer kontakt og samarbeid med de internasjonalt ledende miljøene. Regjeringen vil stimulere forskningsmiljøene til å delta i internasjonalt samarbeid gjennom EUs rammeprogram for forskning og innovasjon, EUs randsonaktiviteter og bilateralt samarbeid. Dette skal følges opp gjennom relevante programsatsinger i Forskningsrådet, i tråd med Forskningsrådets strategi for internasjonalt samarbeid.

Et viktig grunnlag for forskning, innovasjon og næringsutvikling basert på nanoteknologi legges innenfor utdanningen. Utdannings- og forskningssektoren og næringslivet har i samarbeid utarbeidet strategien «Realfag for framtida – Strategi for styrking av realfag og teknologi 2010-2014». Strategiens hovedmål er å øke interessen for realfag og teknologi og styrke rekruttering og gjennomføring på alle nivåer, styrke norske elevers kompetanse i realfag og øke rekrutteringen av kvinner til matematikk, fysikk, kjemi og teknologifagene. Gjennomføring av strategien er viktig for framtidig rekruttering til nanoteknologiske kompetansemiljøer.

Utdanningssystemet er dessuten et viktig element i utviklingen av en kultur for innovasjon og entreprenørskap, og skal bidra til at dagens barn og unge blir nyskapende medarbeidere, både i privat og offentlig sektor. Regjeringens handlingsplan «Entreprenørskap i utdanningen – fra grunnskole til høyere utdanning 2009–2014» viderefører og styrker satsingen på entreprenørskap i utdanningen.

Regjeringen vil videreutvikle etablert infrastruktur knyttet til nanoteknologi, gjennom den nasjonale satsingen på forskningsinfrastruktur. Særlig er det viktig at den nasjonale infrastrukturen legger til rette for samarbeid og arbeidsdeling på tvers av disipliner og fagområder. Infrastrukturen skal gjøres mest mulig tilgjengelig for forskningsaktivitet innenfor ulike anvendelsesområder. Denne satsingen skal styrkes gjennom deltakelse i internasjonalt infrastruktur-samarbeid. Utover deltakelse i eksisterende felles-europeisk infrastruktur, har regjeringen forpliktet Norge til deltakelse i ESS i Sverige. Regjeringen vil også vurdere deltakelse i andre internasjonale samarbeid.





Innovasjon og kommersialisering

Regjeringen ønsker økt involvering av næringsliv og relevante deler av offentlig sektor i utvikling og bruk av nanoteknologi, for fremme av innovasjon i næringslivet og for styrket håndtering av globale samfunnsutfordringer. I dette kapittelet vil vi se nærmere på status og behov relatert til innovasjon og kommersialisering basert på nanoteknologi i næringslivet og i offentlig sektor. Deretter vil regjeringens tiltak på dette satsingsområdet presenteres.

4.1 INNOVASJON I NÆRINGSLIVET

Næringslivets aktivitet på dette feltet er spredt på en rekke industrielle sektorer, og orientert mot utforskning av hvordan nanoteknologi kan imøtekomme teknologiske behov i disse sektorene. Teknologiens anvendelse innen fornybar energi er eksempelvis forskjellig fra anvendelsen innen helse, på tross av at den i begge tilfeller bygger på en felles faglig plattform.

Spesielt innenfor energi og miljø har Norge i dag stor aktivitet relatert til nanoteknologi. Innenfor helse er det færre, men like fullt sterke miljøer, for eksempel knyttet til medisinsk utstyr, sensorer og diagnostikk. IKT-industrien i Norge har en sterk posisjon og har hatt hovedfokus på komponenter, sensorer, systemer og prosesser basert på mikroteknologi. Denne industrien tar nå i bruk nanoteknologi og nanoelektronikk. Videre har nanoteknologi betydning for næringsrettet virksomhet innenfor blant annet skogbruk, marin og maritim sektor, og for mat- og emballasjeprodusenter, jf. Tabell 5.

Advanced Marine Coatings (AMC) har nylig lansert en rekke skipsmalinger (coatings) som er forsterket gjennom bruk av nanoteknologi. Disse har blitt utprøvd på en rekke skip i samarbeid med det maritime transportselskapet BW Gas, herunder avbildet skip.
Foto: AMC.

TABELL 5: EKSEMPLER PÅ NORSKE BEDRIFTER MED FOU INNENFOR NANOTEKNOLOGI

OMRÅDER	EKSEMPLER PÅ BEDRIFTER
Energi og miljø	
- Fornybar energi	Statoil (s), Elkem Solar (s), FMC Biopolymer (s), REC (s), Statkraft Development (s), Scatec/NorSun (m), EFD AS (m), Umoe Bioenergy (m), KeraNor (l), CerPoTech (l), Aventa (l), Protia (l), Miljøbil Grenland (l), Prototech (l), EnSol (l), VoNano (l)
- Katalyse/mer effektiv energibruk	Statoil (s), Yara (s), K. A. Rasmussen (m), KeraNor (l)
- Miljøteknologi/gassrensing/ vannrensing/ resirkulering av avfall	Statoil (s), Yara (s), Aqualyng (m), EFD AS (m), K. A. Rasmussen (m), Carbontech Holding (l), MemfoACT (l), KeraNor (l)
Mat	Elopak (s), Keep-it Technologies (l), Tommen Gram AS (m)
Helse/bioteknologi	Invitrogen Dynal Biotech (m), PCI Biotech (l), Epitarget (l), Biomolex (l), NorChip (l), Snøgg (l)
Avanserte materialer (nanomaterialer, nanostrukturerte materialer, nanorør, nanokjeller, nanopartikler og funksjonelle materialer)	Borregaard (s), Jotun (s), Elkem Silicon Materials (s), Hydro (s), Reichhold (s), Ineos Norge (s), Sødre Cell Tofte (s), Yara (s), Nammo Raufoss (s), Dynea (m), Swix (m), Madshus (m), Prototech (l), Nor-X Industries (l), Abalonyx (l), n-TEC (l), Carbontech Holding (l), EFD AS (m), Re-Turn (l), Advanced Marine Coatings (l), CerPoTech (l), KeraNor (l), MicroBeads (l), Joma International (l)
IKT (mikrosystemer, nano-elektronikk, nanomagnetisme, nanofotonikk og sensorer)	Kongsberg Norspace (m), Sensoror (m), Novelda (l), NorChip (l), poLight (l), Conpart (l), Biomolex (l)
<i>(s = stor bedrift, m = mellomstor bedrift, l = liten bedrift)</i>	

Tall fra OECD²¹ om patentering indikerer at nanoteknologi i dag først og fremst tas i bruk gjennom forbedringer av produkter i etablert næringsliv, mens aktivitet knyttet til mer radikale anvendelser av nanoteknologi primært skjer med utspring fra akademia.

Også i Norge ser vi at nanoteknologi først og fremst benyttes i forbindelse med trinnvise teknologi-forbedringer. Norsk industri har så langt i liten grad frembrakt radikalt nye produkter basert på denne teknologien, med unntak av enkelte områder innenfor spesielt fornybar energi. I årene som kommer vil nanoteknologi trolig fortsatt benyttes først og fremst i næringer hvor denne teknologien allerede har nådd en viss utbredelse. Bedrifter innenfor materialområdet og IKT/mikroteknologi vil trolig utgjøre den største gruppen. Her er veien relativt kort fra ny teknologi i laboratorieskala til industriell bruk. Den andre gruppen som er aktive innenfor nanoteknologi består av oppstartsbedrifter som ofte har sprunget rett ut fra forskningsmiljøene med relativt liten industrierfaring. Regjeringen ønsker at en videre satsing på nano-

teknologi både skal omfatte dagens næringsaktører, og utvikling av helt nye kunnskapsbaserte bedrifter.

For at bedrifter skal se mulighetene denne teknologien gir og samarbeide med forskningsmiljøene for å realisere disse, er det nødvendig med kompetanseoppbygging i bedriftene. Dette er krevende, ikke minst innenfor et tverrfaglig og hurtig utviklende område som nanoteknologi. I evalueringen av NANOMAT fremgår det at mange av industriaktørene i dag har begrenset kunnskap om mulighetene som ligger innenfor dette teknologiområdet, og om forskningens betydning for videre utvikling på området. Samtidig oppleves mulige negative helse- og miljøeffekter av nanomaterialer som en barriere for næringsutvikling. Regjeringen ser behov for økt kunnskap i næringslivet om muligheter og risiko som ligger i denne teknologien, samt økt forståelse for betydningen av forskning for å frembringe denne kunnskapen. Her kreves mer informasjon og økt samarbeid mellom næringslivet og forskningsmiljøene i Norge og internasjonalt.

21 OECD: «Nanotechnology: An Overview Based on Indicators and Statistics» (STI Working Paper 2009/7).

EKSEMPEL PÅ ETABLERT INDUSTRI SOM BENYTTET NANOTEKNOLOGI – NORSK HYDRO ASA

Hydro er en global leverandør av aluminium med virksomhet i hele verdikjeden fra utvinning av råstoffet bauksitt til framstilling av aluminiumprodukter og byggsystemer samt gjenvinning for å lage nye produkter. Aluminiumets egenskaper gjør det anvendelig som metall og materiale til en rekke formål som lettere biler for å redusere forbruk av drivstoff, mer energieffektive bygninger, mer effektive solenergiløsninger og emballaseløsninger som gir mat og drikke lengre holdbarhet. Ved å tilføre ørlite grunn av et annet metall til flytende aluminium og kontrollere hvordan atomene binder og fordeler seg gjennom diverse prosesser kan metallens egenskaper tilpasses den konkrete bruk i det aktuelle sluttproduktet. Avhengig om legeringsmetallet er for eksempel silisium, jern, kobber, mangan, magnesium, krom, sink, titan, sølv eller germanium, og ulike kombinasjoner av disse, kan et aluminiumprodukt gis en bred variasjon av egenskaper. Ved å anvende avansert kunnskap om hvordan materialer oppfører seg på nanoskala og teknikker som ser aluminiumstrukturen, kan strukturen og sammensetningen manipuleres for å gi aluminium unike egenskaper. NTNU og SINTEF er sentrale samarbeidspartnere for Hydros virksomhet på dette feltet.

Illustrasjonen nedenfor viser et av de viktigste produktene som Hydro leverer (bildet til venstre); profiler for bygningsindustrien tilsvarende profiler benyttes også til bilindustrien. Egenskapene til disse produktene er i hovedsak gitt av små mengder av magnesium- og silisiumatomer som gjennom ulike deformasjons- og temperatursykluser grupperer seg til herdende partikler (såkalte presipitater). Prikkene i bildet lengst til høyre er de enkelte atomene i metallet.

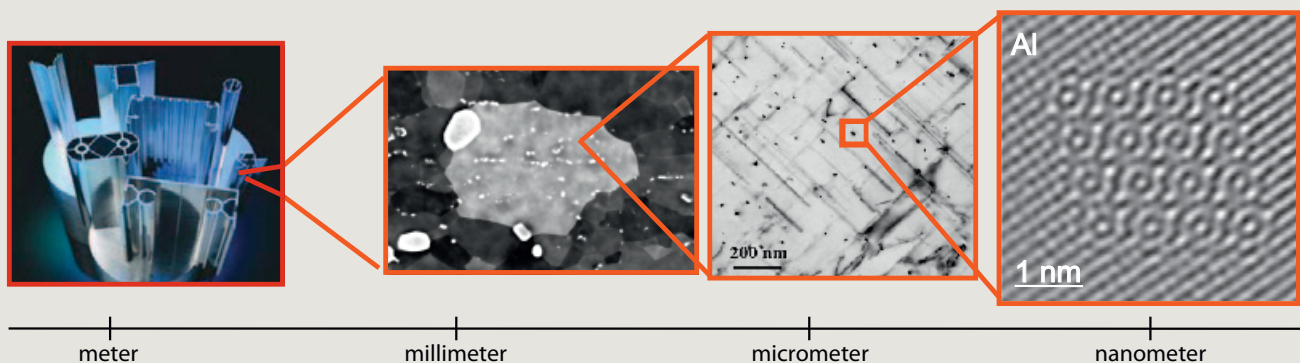


Foto: Hydro

Også forskningsmiljøenes forståelse av næringslivets teknologiske behov forutsetter gode samarbeidsrelasjoner. Dersom ny teknologi skal kunne spres og videreutvikles for ulike anvendelsesområder, er det nødvendig med en god kontakt mot næringslivet som besitter markedsforståelse og industrielle ressurser. Etablering av gode samarbeidsrelasjoner kan imidlertid vanskeligjøres gjennom forskjellig insentivsystemer innenfor akademia og næringsliv. Det at forskerne ønsker å publisere egen forskning kan komme i konflikt med næringslivets behov for å beskytte forretningshemmeligheter. Det bør derfor arbeides målrettet for et godt samarbeid mellom forskningsmiljøer og næringsliv.

Et typisk trekk i bedriftene som har fått støtte fra NANOMAT, er en lav spredning av FoU-resultater og lite FoU-samarbeid mellom bedriftene.²² En mulig forklaring er at mange av bedriftene er engasjert i prosjekter rettet mot helt ulike anvendelsesområder, slik at bedriftene i utgangspunktet har lite til felles utover bruk av nanoteknologi som en muliggjørende teknologi. Likevel er det slik at mange av bedriftene er forskningsbaserte oppstartsbedrifter, som i stor grad vil dra nytte av mer samarbeid og læring på tvers når det gjelder valg av anvendelsesområder og forståelse for kommersialisering og markedsintroduksjon. En sentral tilbakemelding fra næringslivet er at programmet i for liten grad har omfattet virkemidler som stimulerer til samspill mellom aktørene. Regjeringen ser behov for et økt samarbeid mellom næringslivsaktørene.

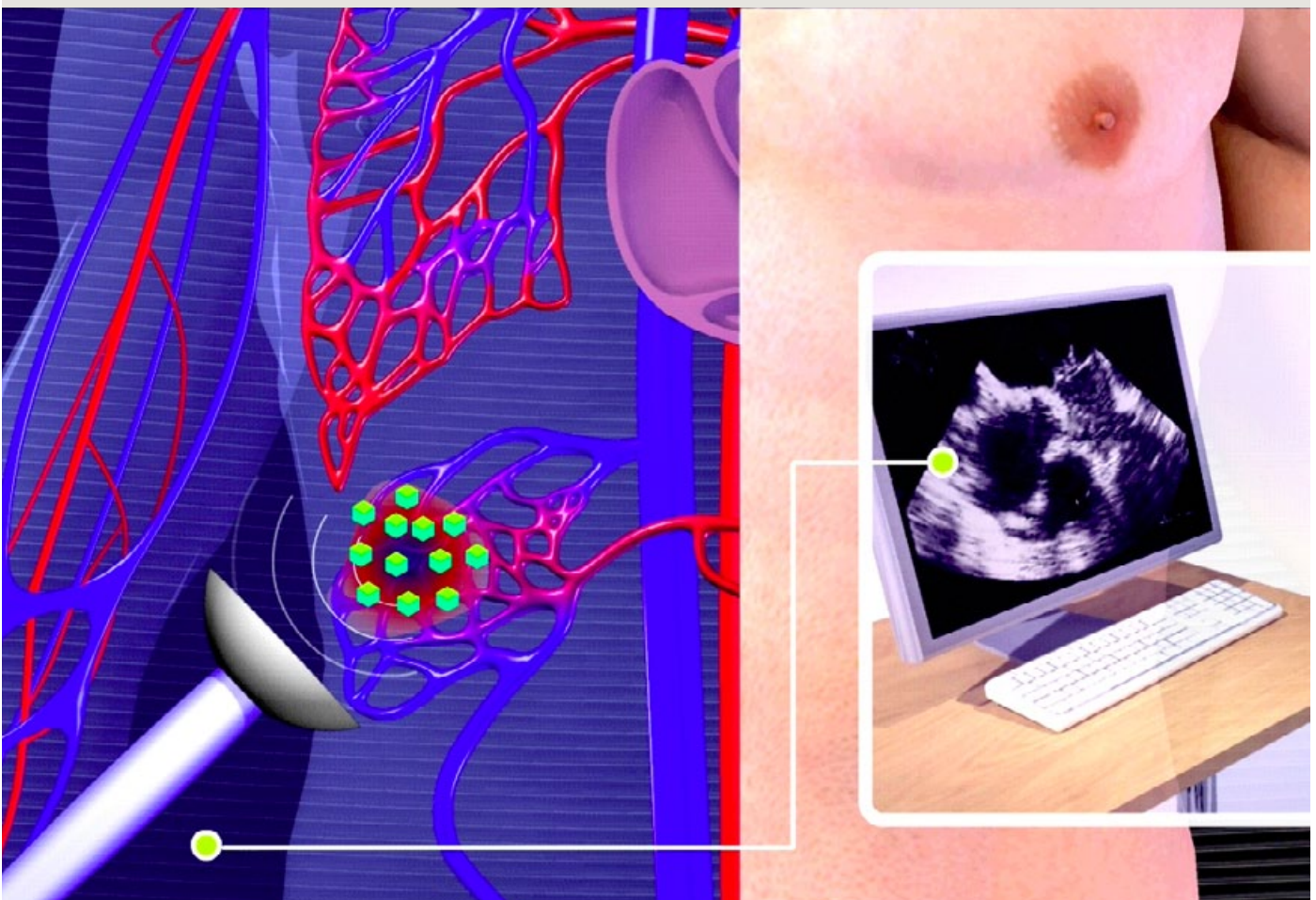
22 Møreforskning Molde AS: «Resultatmåling av brukerstyrt forskning 2010» (2012).

EKSEMPEL PÅ OPPSTARTSBEDRIFT MED UTSPRING FRA FORSKNINGSMILJØENE – EPITARGET AS

Epitarget er et relativt nystartet selskap (2007) som driver med forskning og preklinisk utvikling innen kreftmedisin. Epitarget har som mål å forbedre levering av eksisterende kreftlegemidler slik at de ender der de skal, i kreftsvulsten. Dagens legemidler fordeler seg vanligvis likt i både frisk og sykt vev. For legemidler med få bivirkninger er dette et mindre problem, mens det kan stå om livet der effektiv dose ligger nær dosen for alvorlige bivirkninger. Sistnevnte er tilfelle for kreftmedisiner og er en av hovedgrunnene til at man ikke lykkes så godt med medisinsk terapi.

Epitarget benytter seg av nanoteknologi ved å laste medisiner opp i nanopartikler kalt liposomer. Etter injeksjon frakter liposomene medisiner til svulsten samtidig som de beskytter kroppen mot de skadelige virkningene av legemidlet. Når liposomene når svulsten kan høyenergetisk ultralyd anvendes for å friggi medisiner slik at kreftcellene drepes og forbedret terapeutisk effekt oppnås, jf. illustrasjon under. Epitarget er medlem av Oslo Cancer Cluster og har mottatt støtte fra NANOMAT-programmet og Nærings-ph.d.-ordningen i Norges forskningsråd, samt Fransk-norsk stiftelse og Eurostars (europeisk ordning rettet mot forskningsintensive små- og mellomstore bedrifter).

Epitarget
THERAPEUTICS



Illustrasjon: Epitarget.

TABELL 6: OFFENTLIG NÆRINGSRETTET VIRKEMIDDELAPPARAT AV RELEVANS FOR NANOTEKNOLOGI**NORGES FORSKNINGSRÅD**

Norges forskningsråd finansierer forskning og utvikling i næringslivet, instituttsektoren og universitets- og høyskolesektoren. Programmer med relevans for nanoteknologi er:

- NANO2021 (nytt strategisk program innenfor nanoteknologi fra 2012, som oppfølging av Nanoteknologi og nye materialer (NANO-MAT)), BIOTEK2021 (nytt strategisk program innenfor bioteknologi fra 2012, som oppfølging av Funksjonell genomforskning (FUGE)).
- Fri prosjektstøtte (FRIPRO), Senter for fremragende forskning (SFF), Infrastrukturprogrammet.
- Senter for forskningsdrevet innovasjon (SFI), Forskningscentre for miljøvennlig energi (FME), Matprogrammet/BIONÆR, Havbruksprogrammet, Fremtidens rene energisystem (RENERGI), Natur og Næring.
- Brukerstyrt innovasjonsarena (BIA), FORNY, Skattefunn, nærings-ph.d.-ordningen.
- NMP, Eurostars, ENIAC.

INNOVASJON NORGE

Innovasjon Norge bidrar med tjenester til næringslivet som omfatter:

- Tilskudd i form av blant annet etablererfinansiering, forsknings- og utviklingskontrakter og distriktsutviklingstilskudd, samt innovasjonslån, lavrisikolån, garantier og såkornfond.
- Rådgivningstjenester knyttet til internasjonale markedsmuligheter og omdømmebygging, som Internasjonal Vekst og Navigator.
- Et bredt spekter av rådgivnings- og kompetansevirkemidler for kunnskapsoverføring knyttet til immaterielle rettigheter, design, regulatorisk arbeid og markedsorientering.
- Klynger og nettverk, i samarbeid med Norges forskningsråd og SIVA: Arena, NCE og Bedriftsnettverk.

INVESTINOR

Investinor er et statlig eid investeringselskap og investerer i nye, internasjonalt konkurransedyktige vekstbedrifter. Selskapet skal prioritere lønnsomme investeringer samtlige sektorer. Eksempler på bedrifter som benytter nanoteknologi i Investinors portefølje er poLigth AS (kamerallinser til mobiltelefoner) og Keep-It Technologies AS (matemballasje).

SIVA

- Investerer i eiendom og infrastruktur som legger til rette for blant annet nanoteknologi, for eksempel industri- og innovasjonsparker, produksjonsfasiliteter, laboratorier, test- og pilotanlegg og oppskalering. Tilbyr fysisk og organisatorisk infrastruktur for forskning, utvikling og kommersialisering gjennom støtte til ulike typer innovasjonsselskaper og inkubatorvirksomhet som videreutvikler ideer fra FoU-miljøer.
- Inkubator, NCE og Arena klyngeprogram.
- Mobiliserer private aktører, investorer og kunnskapsmiljøer.

ENOVA

Enova skal blant annet være en drivkraft for fremtidsrettede energiløsninger ved å gi investeringsstøtte til implementering av ny energiteknologi og utvikling av nye energimarkeder. Støtten gis til demonstrasjon av nye energiteknologier i Norge under reelle driftsbetingelser. Gjennom markedsintroduksjon og støtte til teknologikvalifisering (demonstrasjon) skal det fremmes ny og mer kosteffektiv teknologi og energiløsninger.

PATENTSTYRET

Patentstyret hjelper norsk næringsliv å styrke egen virksomhet gjennom kunnskap om industrielle rettigheter, slik at bedriftene sikrer sine investeringer og konkurranseposisjoner. Patentstyrets hovedoppgave er å behandle søknader om patenter, varemerke- og designregistreringer. Patentstyret arrangerer kurs og holder foredrag om betydningen av industrielle rettigheter. I tillegg utføres ulike typer forundersøkelser.

TOPPFORSKNINGSINITIATIVET I REGI AV NORDISK MINISTERRÅD

Toppforskningsinitiativet (TFI) er en nordisk storsatsing på klima, miljø og energi. TFI er et bidrag fra de nordiske landene til å løse den globale klimakrisen, og samtidig styrke Norden som region innenfor forskning og innovasjon. Satsingen vil fokusere på områder innenfor klimaforskning og energiforskning hvor de nordiske landene har felles interesser, og hvor Norden kan bidra med løsninger internasjonalt.

Delprogrammet «Energieffektivitet med nanoteknologi» har et budsjett på 50 MNOK over tre år. Fra norsk side er deltakelsen finansiert gjennom Norges forskningsråds programmer Nanoteknologi og nye materialer (NANOMAT)/ NANO2021 og Fremtidens rene energisystem (RENERGI). Det er norsk deltakelse i alle fire prosjektene finansiert av dette delprogrammet inkludert ett med norsk prosjektleder og totalt er tre norske bedrifter med i prosjektene: FMC Biopolymers, Re-Turn, n-TEC.

Produksjon med bruk nanoteknologi er fortsatt i en startfase, med få aktører, fragmenterte markeder, mangel på nanoskala produksjonsutstyr, og få effektive produksjonsmetoder. I tillegg representerer nanoteknologi komplekse produkter og verdikjeder, der nanomaterialer først må utvikles for deretter å tilpasses og integreres som en del av et system som omfatter langt flere elementer og moduler. Dette kan gjøre produktutvikling og produksjon innenfor nanoteknologi spesielt tids- og kostnadskrevende. Samtidig kan det være mangel på tilstrekkelig langsiktig investeringskapital til oppbygging og vedlikehold av produksjonsfasiliteter. Usikkerhet knyttet til mulige helse- og miljøeffekter kan også representere barrierer for kommersialisering. Erfaringer viser dessuten særskilte utfordringer på nanoteknologiområdet knyttet til oppskalering fra FoU til pilot- og fullskalaproduksjon og til serieproduksjon.²³ Utfordringene knyttet til kommersialisering er kanskje spesielt store knyttet til utvikling av nye nanoteknologibedrifter. Nystartede bedrifter har gjerne lange utviklingsløp, dyr utrustning og kan ha særskilte vanskeligheter med å få innpass i et marked.

Regjeringen er generelt opptatt av at nasjonalt kunnskapsgrunnlag på området skal benyttes til innovasjon og kommersialisering, og ser derfor behov for økt fokus på muligheter og utfordringer knyttet til kommersialisering av nanoteknologi.

4.2 INNOVASJON I OFFENTLIG SEKTOR

I St. meld. nr. 7 (2008-2009) *Et nyskapende og bærekraftig Norge* er innovasjon i offentlig sektor fremhevet som et prioritert satsingsområde. Målet er en offentlig sektor preget av kvalitet, tilgjengelighet og økonomisk effektivitet samtidig som den er fleksibel nok til å kunne endre seg i takt med nye utfordringer og endrede behov.

Offentlig sektor står overfor store oppgaver som skaper behov for fornyelse og innovasjon. Befolkningens alderssammensetning vil sette offentlig sektor under betydelig press for å levere flere og bedre offentlige ytelser innenfor gitte økonomiske rammer. Samtidig har innbyggerne forventninger om stadig nye og mer sammensatte og skreddersyde tilbud.

Innovasjon sees blant annet på som en av nøklene til å løse utfordringer innenfor helse- og velferdstjenestene. Ulike former for teknologi kan fungere som støtte både til brukere, pårørende og ansatte i blant annet helse- og sosialtjenesten. Innovasjon kan medføre betydelig tjenesteforbedring og store innsparinger i møte med det økte behovet for helse- og omsorgstjenester. Som det fremgår av St. meld. nr. 30 (2008-2009) *Klima for forskning* vil derfor regjeringen arbeide for å styrke innovasjonsevnen innenfor helse og omsorg.

Nanoteknologi kan ha en betydelig rolle å spille når det gjelder forskning, utvikling og produksjon av produkter og utstyr som vil bedre helsetilbudet innen forebygging og overvåking av sykdom, medisinsk diagnostisering og behandling. Offentlig sektor vil således kunne spille en sentral rolle når det gjelder utvikling og bruk av nanoteknologiske produkter. Den nasjonale forskningsaktiviteten knyttet til bruk av nanoteknologi innenfor helse skjer per i dag først og fremst innenfor helseforetakene og i tilknytning til store universitetsmiljøer som Universitetet i Oslo, Universitet i Bergen og NTNU.

Regjeringen er opptatt av at FoU-innsats innenfor nanoteknologi også skal rettes inn mot fremtidige behov i offentlig sektor, herunder spesielt innen helse- og omsorgssektoren.

23 OECD: «The Impacts of Nanotechnology on Companies – Policy Insights from case studies» (2010).

EKSEMPLER PÅ BRUK AV NANOTEKNOLOGI I HELSESEKTOREN – OSLO UNIVERSITETSSYKEHUS HF

- *Coating av overflater - Biokompatible overflater for medisinsk utstyr:* Dette har vært et viktig tema i mange år. Thoraxkirurgisk avdeling ved Oslo universitetssykehus HF har vært aktivt med i flere prosjekter. Intervensjonssenteret ved Oslo universitetssykehus HF har et forskningsprosjekt der belegging av en bioaktiv film av nanopartikler for å skape biokompatibilitet (når materiale/kunstig organ er forenlig med vev og ben i kroppen uten å bli avstøtt) benyttes i forbindelse med nytt medisinsk utstyr for forenklet utlegging av tarm. OstomiCure AS er et selskap som er spunnet ut fra Intervensjonssenteret og som produserer dette utstyret.
- *Lyssensitive nanopartikelbelegg for selvrensende overflater ved hjelp av fotokatalyse:* Forskningsgruppen Fermio ved Universitetet i Oslo beleger overflater med katalytisk aktive nanopartikler av titanoksid som skal gi en steril overflate ved belysning av smalspektret UV-lys eller sollys. Selskapet Nano Rocks er involvert sammen med Intervensjonssenteret og nanoteknologimiljøet ved universitetet for å lære bedre og kjenne den fotokatalytiske effekt samt optimalisere denne. Smittevern avdelingen og Intervensjonssenteret ved Oslo universitetssykehus HF er viktige aktører på applikasjonsiden i denne forskningen.
- *Målrettet behandling av kreft:* Epitarget AS har utspring fra Oslo Cancer Cluster og Oslo universitetssykehus HF og utvikler nanopartikler for bærere av medikamentell behandling og målrettet behandling (jf. boks i kap. 4.1). Ved Oslo universitetssykehus HF har man sett på de uheldige konsekvensene nanopartikler kan ha på transportveiene i cellene.
- *Nanopartikler for å gjøre medisinsk utstyr mer synlige på ulike former for bildefremvisningsutstyr*
- *Kontrastmidler ved hjelp av nanopartikler for kontrastøkning ved bildefremvisningsutstyr som for eksempel magnetresonanstomografi (MR), computertomografi (CT) eller ultralyd*
- *Nanostruktur på overflater av implantater, for eksempel tannimplantater, for at celler lettere skal gro på implantatet*

Når det er utviklet et nytt funksjonelt materiale, en coating, et kontrastmiddel etc. blir Oslo universitetssykehus HF en viktig aktør på brukersiden med kliniske forskningsmiljøer som kan samarbeide tett med universitetsmiljøet (både det Matematiske-naturfaglige og det Medisinske fakultet) ved Universitetet i Oslo. Intervensjonssenteret er en felles forskningsinfrastruktur og en forskningsressurs for hele sykehuset og universitetet. De kan følge utprøving gjennom translasjon fra konsept til klinisk utprøving. Senteret har egne operasjonsstuer og personell for drifting av disse samt dedikerte forskere.

4.3 REGJERINGENS TILTAK FOR FREMME AV INNOVASJON OG KOMMERSIALISERING

Regjeringen vil legge til rette for innovasjon i næringslivet og for en styrket håndtering av globale samfunnsutfordringer. Dette skal gjøres gjennom økt involvering av næringslivet og offentlig sektor i utvikling og bruk av nanoteknologi. Forskningsrådet skal derfor gi prioritet til næringslivets deltakelse i FoU-aktiviteter på feltet, samt til de tematiske områdene energi og miljø, helse, hav og mat, og de teknologiske områdene IKT, bioteknologi og avanserte materialer.

Videre vil regjeringen legge til rette for økt samarbeid mellom offentlige forskningsmiljøer og næringslivet når det gjelder rekruttering, forskning og utvikling. Forskningsrådet skal stimulere til økt samarbeid i næringslivet og mellom næringslivet og forskningsmiljøene samt styrke Norges forskningsråds møteplassfunksjon. Nærings- og kompetanseklunger innenfor Norwegian Centres of Expertise (NCE), Sentre for forskningsdrevet innovasjon (SFI) og Forskningscentre for miljøvennlig energi (FME) danner et godt grunnlag for FoU-samarbeid på et høyt internasjonalt nivå. Norges forskningsråds næringsph.d.-ordning gir også på dette området gode muligheter til å styrke rekrutteringen av forskere til norsk næringsliv.

Regjeringen vil stimulere til økt kunnskap i næringslivet og offentlig sektor om hvilke muligheter og begrensninger som ligger i nanoteknologi. Dette skal gjøres gjennom å utvikle myndighetenes informasjonsarbeid både når det gjelder teknologiske muligheter og risikoaspekter. Dette informasjonsarbeidet vil omfatte aktører som Norges forskningsråd, Innovasjon Norge, Patentstyret, Klima- og forurensningsdirektoratet, Arbeidstilsynet, Folkehelseinstituttet og Statens arbeidsmiljøinstitutt.

Regjeringen vil legge til rette for økt kommersialisering av FoU-resultater innenfor nanoteknologi, blant annet gjennom å stimulere til utvidet samarbeid mellom Norges forskningsråd, Innovasjon Norge, SIVA og andre relevante kommersialiseringsaktører som universitetsmiljøenes og helseforetakenes teknologi-overføringskontorer. Innenfor rammene av dette samarbeidet skal støtte til teknologiverifisering, pilot- og demonstrasjonsaktiviteter, og bedriftenes testing og risikovurdering relatert til HMS vurderes. Dette samarbeidet må sees i sammenheng med St.meld. nr. 22 (2011-2012) *Verktøy for vekst – om Innovasjon Norge og SIVA SF*. Regjeringen vil også legge til rette for økt

kommersialisering ved å arbeide aktivt for utvikling av internasjonale standarder på dette området innenfor relevante internasjonale fora.

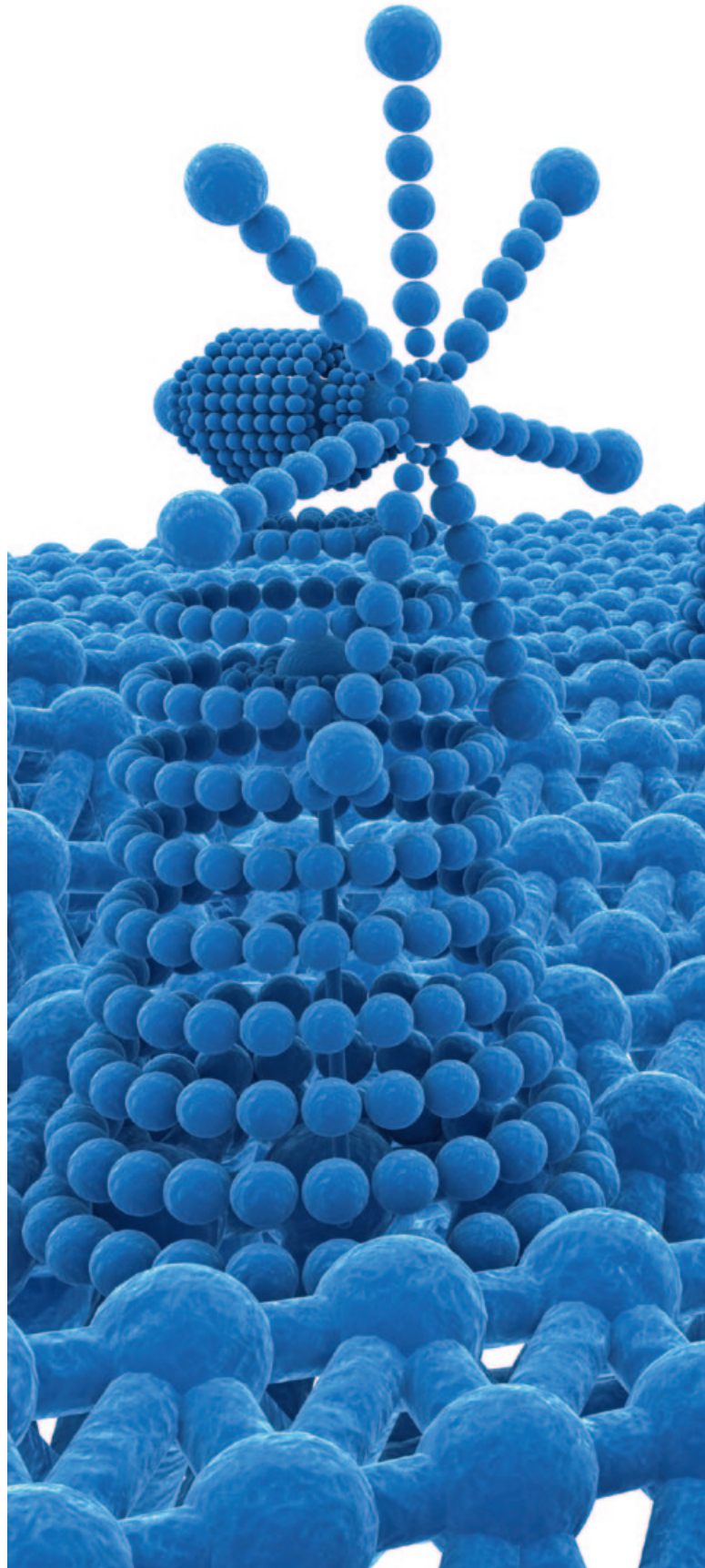
For å stimulere til økte investeringer i såkornfasen, og dermed framvekst av nye bedrifter, vil regjeringen fremme forslag om etablering av inntil seks nye landsdekkende såkornfond. I forbindelse med revidert nasjonalbudsjett for 2012 har regjeringen foreslått bevilget til sammen 500 mill. kroner i to fond, hvorav 15 prosent utgjør risikoavlastning til private investorer.

Investinor AS er i 2012 tilført 1,5 mrd. kroner i investeringskapital for å sikre at selskapet også framover kan bidra til framvekst av nye internasjonalt konkurransedyktige vekstbedrifter. I tillegg er det åpnet opp for at Investinor kan investere i bedrifter innenfor alle sektorer og næringer.

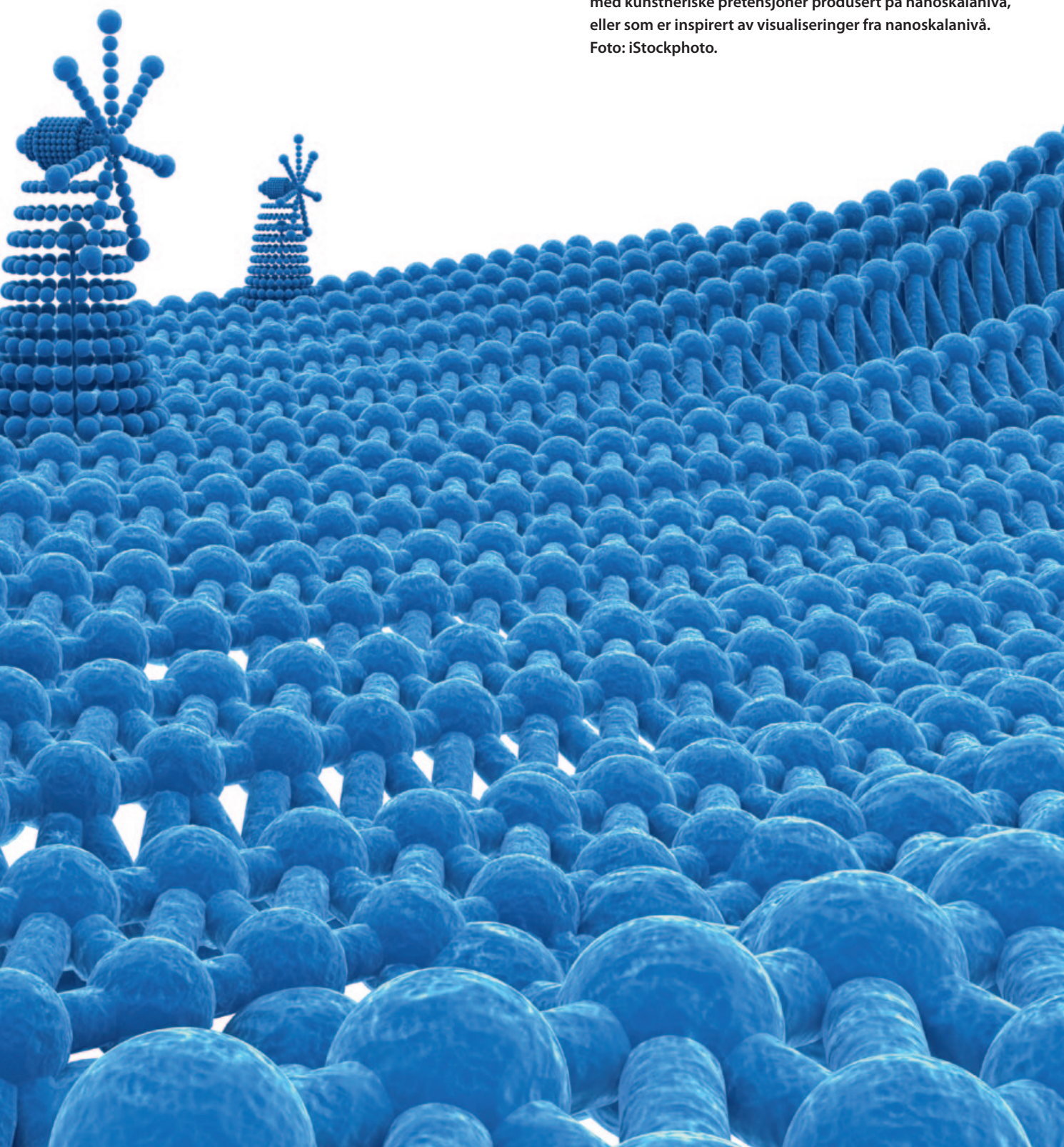
Håndtering av immaterielle rettigheter står sentralt med tanke på kommersialisering, næringsutvikling, og samarbeid mellom ulike aktører. Dette gjelder spesielt på områder med lange og kapitalkrevende produktutviklingsløp, slik tilfellet ofte er innenfor nanoteknologi. Regjeringen har igangsatt arbeidet med en stortingsmelding om immaterielle rettigheter som vil legges frem for Stortinget i løpet av høsten 2012.

Videre vil regjeringen legge til rette for økt involvering av næringslivet i internasjonalt samarbeid på området. Regjeringen er opptatt av at norske miljøer, herunder næringslivet, jobber aktivt for å sikre at aktivitetene innenfor EUs rammeprogram for forskning og innovasjon og tilgrensende virkemidler imøtekommer nasjonale behov innenfor forskning og innovasjon. De offentlige virkemiddelaktørene har en sentral oppgave knyttet til tilrettelegging for dette innenfor virkemidlene for forskning og innovasjon. Norge har inngått bilaterale forsknings- og teknologiavtaler med flere land som har sterke miljøer innenfor nanoteknologi. Regjeringen er opptatt av at potensialet som ligger i disse avtalene utnyttes.

Deltakelse i internasjonale markeder gir bedrifter vekstmuligheter og markedsimpulser som igjen gir grunnlag for forsterket konkurransevne. De offentlige virkemiddelaktørene kan, gjennom sin kunnskap og tilstedeværelse i en rekke land, gi informasjon om internasjonale muligheter og utfordringer, i tillegg til rådgivning og bistand tilpasset den enkelte bedrifts behov. Regjeringen vektlegger et godt samarbeid mellom Innovasjon Norge, Norges forskningsråd og SIVA om internasjonalisering av norsk næringsliv.



Mikroskopbilde av vindmøller laget av molekylære partikler. Bildet illustrerer evnen til å utvikle materiale i nanoskalanivå, og er et eksempel på «nanokunst» som er en etablert term for bilder med kunstneriske pretensjoner produsert på nanoskalanivå, eller som er inspirert av visualiseringer fra nanoskalanivå. Foto: iStockphoto.





5

Ansvarlig teknologiutvikling

Regjeringen ønsker å legge til rette for økt kunnskap om mulige uønskede effekter på helse, miljø og samfunn og egnede rammer for en trygg, bærekraftig og meningsfull teknologiutvikling på nanoteknologiområdet.

Et stort mangfold av kunnskap, regulering og institusjoner gir rammer som kan bidra til en ansvarlig utvikling innenfor nanoteknologi i Norge (jf. Tabell 7 og 8). Helse, miljø og sikkerhet (HMS) er et hovedområde som er relatert til mulige helse- og miljøeffekter av nanomaterialer og de medfølgende behov for praktisk håndtering og lovregulering. Etske, rettslige og samfunnsmessige aspekter (ELSA) er et annet hovedområde, som blant annet omfatter etiske problemstillinger ved teknologi og behovet for å forankre teknologiutviklingen gjennom en god samfunnsdialog.

I dette kapittelet ser vi nærmere på status og behov relatert til helse- og miljøeffekter av nanoteknologi, herunder behovet for reguleringer, samt etiske, rettslige og samfunnsmessige aspekter ved utviklingen på området. Deretter vil regjeringens tiltak på dette satsingsområdet presenteres.

5.1 HELSE- OG MILJØEFFEKTER

Behovet for kunnskap

Nanomaterialer kan potensielt ha negativ helsemessig påvirkning på mennesker i ulike sammenhenger. Dette kan være som arbeidstakere i virksomheter som fremstiller, importerer og bearbeider nanomaterialer, som forbrukere av ulike produkter og gjennom spredning av nanopartikler til det ytre miljøet. Mennesker kan bli eksponert for nanopartikler ved innånding, via huden og gjennom mat. Forskjeller i størrelse, form, ladning og overflate kan påvirke

Nanopartikler kan potensielt ha helsemessig påvirkning på mennesker i ulike sammenhenger. Bildet viser en nanopartikkel på spissen av en nål foran et menneskelig hårstrå (i bakgrunn).
Foto: Technische Universität Braunschweig (Tyskland).

TABELL 7: EKSEMPLER PÅ FORSKNINGSAKTIVITET INNENFOR HELSE, MILJØ, SIKKERHET OG RISIKO RELATERT TIL BRUK AV NANOTEKNOLOGI

TEMATISKE OMRÅDER	TYPE NANOMATERIALE	FORSKNINGSINSTITUSJONER (ALENE ELLER I SAMARBEID)
Arbeidsmiljø, inkludert forbruker-toksisitet – risiko, eksponering, skadevirkning og skademekanisme	Amorfe silikapartikler, sølvnano-partikler, titandioksid, jernoksid, karbonnanorør/nanofibre og annet i nanoskala	Statens arbeidsmiljøinstitutt (STAMI), Nasjonalt folkehelseinstitutt (FHI), Universitet for miljø og biovitenskap (UMB), Statens institutt for forbruksforskning (SIFO), Norges tekniske og naturvitenskapelige universitet (NTNU)
Ytre miljø, toksisitet mht risiko, eksponering, skadevirkning og skademekanisme/ekotoksikologi	Amorfe silikapartikler, sølvnano-partikler, titandioksid, jernoksid, karbonnanorør/nanofibre og annet i nanoskala	Universitetet for miljø og biovitenskap (UMB), Bioforsk, Norsk institutt for luftforskning (NILU), Norsk institutt for vannforskning (NIVA), GenØk-senteret/Universitetet i Tromsø (UIT)
Helse – mulige sideeffekter ved bruk av nanopartikler i medisiner	Karbonanorør/nanofibre, liposomer, nanostrukturerte biomaterialer	Oslo universitetssykehus HF / Universitetet i Oslo (UiO), Norges tekniske og naturvitenskapelige universitet (NTNU), Universitetet i Bergen (UiB), SINTEF MiNaLab

i hvilken grad partiklene trenger inn i kroppen og skader ulike organer som lunger og hjerte- og karsystem.

Det publiseres stadig rapporter som belyser mulig helse- og miljøfare ved nanomaterialer (jf. boks om nasjonalt kartleggingsarbeid under). Innenfor EU og OECD arbeides det også aktivt med slike problemstillinger, og Norge deltar i relevante komiteer på feltet. Mer forskning er nødvendig for å utvikle bedre test-systemer, utrede eventuelle skader og skademekanismer for nanopartikler.

Det foreligger få internasjonale undersøkelser som ser nærmere på hvordan nanomaterialer oppfører seg i det ytre miljøet.²⁴ Dette skyldes både at selve fagfeltet nanomaterialer er nytt, og at det er mange vanskeligheter med opparbeiding av prøver og analysemetoder. Det er også behov for realistiske studier av hvordan nanomaterialer oppfører seg i naturen. Av særlig interesse er studier av hvor varige nanomaterialer er i naturen, og om de kan videreføres i næringskjeden. Norge, som en betydelig havnasjon og sjømatprodusent, har et særlig ansvar for å sikre kunnskap for å unngå utilsiktede effekter av nanomaterialer på marine organismer og det marine miljøet.

Flere nasjonale og internasjonale risikovurderingsorganer²⁵ har de siste årene arbeidet med vurderinger

av hvorvidt den metodikken og det datagrunnlaget som i dag finnes og brukes i risikovurderinger for kjemikalier, er egnet for nanomaterialer. En relevant problemstilling er om eksisterende risikovurderinger av ulike stoffer ivaretar helse og miljø også når de vurderte stoffene er på nanoskala.

EUs anbefalte definisjon av nanomaterialer vil være av betydning for slike risikovurderinger, da den gir et felles grunnlag for å kunne identifisere nanomaterialer (jf. boks i kapittel 1.1). Det europeiske kjemikaliebyrået (ECHA) er i ferd med å oppdatere sitt veiledningsmaterieell for å hjelpe til med registreringer av nanomaterialer under det europeiske kjemikalierregelverket REACH,²⁶ både i forhold til iboende egenskaper og eksponering.

I 2004 ble det tatt et initiativ i Den internasjonale standardiseringsorganisasjonen (ISO) for å utvikle frivillige standarder for blant annet terminologi, målingsmetoder, HMS-vurderinger og materialspesifikasjoner på dette feltet. Arbeidet i ISO vil således kunne ha en betydning for den videre utviklingen innenfor nanoteknologi. Standard Norge har opprettet en såkalt speilkomité for ISOs komité for nanoteknologi (TC229) med representasjon fra forskningsmiljøer, industri, myndigheter, forsikringsbransjen, og arbeidslivsorganisasjoner.

24 Med «ytre miljø» menes typisk naturen til forskjell fra innemiljø.

25 EFSA, Scientific Committee on Consumer Safety (SCCS, tidligere SCCP), Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks (SCENIHR),

Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD).

26 REACH (Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals).

NASJONALT KARTLEGGINGSARBEID INNENFOR ARBEIDSLIV, MAT OG KOSMETIKK

Nanogruppen

Faggruppe for overvåking av arbeidshelserelaterte aspekter ved Nanoteknologi (Nanogruppen) ble etablert i 2009 som et samarbeid mellom Statens arbeidsmiljøinstitutt (STAMI), Arbeidstilsynet og daværende Produktregisteret (nå Klima- og forurensningsdirektoratet) og med LO og Norsk Industri i en referansegruppe. I 2011 innhentet Faggruppen oppdatert informasjon på mulige helseeffekter av nanomaterialer på arbeidstakere.¹

Omfang og type virksomheter i Norge involvert i nanoteknologi

I 2010 publiserte Arbeidstilsynet en rapport som kartla omfang av produksjon, import og bruk av nanoteknologiske produkter.² I tillegg ble det innhentet oversikt over hvilke miljøer som arbeider innen feltet nanoteknologi, hvem som arbeider der og hvilke nanomaterialer de kommer i kontakt med, samt mengden av nanomaterialer. Rapporten viste at det var 21 aktive virksomheter innen produksjon, og forskning og utvikling (FoU). I tillegg svarte 6 virksomheter at de brukte ferdige nanoprodukter (bilpleie).

Risikovurdering av mat og kosmetikk

Vitenskapskomiteen for Mattrygghet foretar risikovurderinger av produkter til bruk i mat, matkontaktmaterialer, matproduksjon og kosmetikk. Dette kan også omfatte eventuelle nanoprodukter.

¹ Referer til Nanogruppens rapport: STAMI-rapport nr. 5, 2011, ISSN nr. 1502-0932: <http://www.stami.no/nanomaterialer-i-arbeidsmiljoet>.

² Rapporten er tilgjengelig på Arbeidstilsynets sider: <http://www.arbeidstilsynet.no/binfil/download2.php?tid=221217>

SAFENANO NORWAY – NASJONALT NETTVERK FOR ANSVARLIG TEKNOLOGIUTVIKLING

Dette er et nasjonalt nettverk som er etablert for å fremme informasjon og samarbeid om ansvarlig teknologiutvikling på nanoteknologiområdet. Initiativet er utviklet for å hjelpe industrielle og akademiske miljøer med å kvantifisere og kontrollere risikoen for sine ansatte, så vel som forbrukere, den generelle befolkningen og miljøet, både gjennom opplysningsarbeid og aktiv forskning. SafeNano Norway har egen hjemmeside som gir oppdatert kunnskap om HMS og ELSA.

Nettverket retter seg mot næringsliv, academia, forbrukere og befolkningen generelt. SINTEF, Bioforsk, Universitetet for miljø- og biovitenskap, Universitetet i Bergen, NTNU, Norsk institutt for vannforskning, Norsk institutt for luftforskning, Høgskolen i Oslo og Akershus står bak initiativet.



Regjeringen ser behov for økt kunnskap om nanomaterialers effekter på helse og miljø over tid. Dette fordrer mer forskning på nanomaterialers ulike karakteristika, og hvordan de påvirker levende organismer og oppfører seg i miljøet. For å kunne foreta nødvendige risikovurderinger er det også behov for økt kunnskap om graden av eksponering mennesker og miljø utsettes for. Den store variasjonen av ulike nanomaterialer, det at de fleste produkter basert på nanoteknologi utvikles utenfor Norge og behovet for standardisering, tilsier at dette er et område der internasjonalt samarbeid er avgjørende. Regjeringen ønsker at en videre satsing på dette feltet også skal omfatte deltakelse i internasjonalt arbeid knyttet til vurdering og håndtering av risiko og usikkerhet på dette feltet.

Behovet for reguleringer

Det er et uttrykt behov fra flere produsenter og arbeidstakere at offentlige myndigheter må sørge for klare rammer for helse, miljø og sikkerhet gjennom et godt lov- og regelverk for nanomaterialer.

Gjeldende lovverk handler generelt om arbeidsmiljø, produktkontroll og forurensning, og beskriver ikke noe spesifikt om materialer av type nano. I tillegg omfattes nanomaterialer av sektorspesifikke lovområder innenfor kosmetikk og kroppspleieprodukter, legemidler, matvarer, biocider²⁷ og medisinsk diagnostikk og behandling, jf. Tabell 8.

²⁷ Biocider er en samlebetegnelse for stoffer som brukes for å bekjempe skadelige organismer som for eksempel insekter, rotter, bakterier og sopp.

TABELL 8: GJELDENE NASJONALT LOV- OG REGELVERK AV RELEVANS FOR NANOMATERIALER

Arbeidsmiljøloven: Iht. arbeidsmiljøloven har arbeidsgiver plikt til å kartlegge, risikovurdere, utarbeide planer og iverksette tiltak for å sikre at lovens krav om systematisk helse- miljø- og sikkerhetsarbeid overholdes. Det sies ikke noe om spesielle typer kjemikalier utover at de som er giftige skal behandles særskilt. Produsenter og importører av kjemikalier og biologisk materiale gis et spesielt ansvar om å gi opplysninger om kjemikaliet eller materialets sammensetning og egenskaper.

Internkontrollforskriften: Forskrift om systematisk helse-, miljø- og sikkerhetsarbeid i virksomheter pålegger arbeidsgiver å kunne dokumentere skriftlig at det er foretatt en kartlegging av farer i virksomheten, og gjelder for all risiko i virksomheten.

Kjemikalieforskriften: Kjemikalieforskriften skal sikre at arbeidstakernes sikkerhet og helse beskyttes mot fare som oppstår eller kan oppstå på grunn av eksponering av kjemikalier i virksomheten. Definisjon av kjemikalier i kjemikalieforskriften er vid, og omfatter også nanomaterialer.

Stoffkartotekforskriften: Arbeidsgiver skal opprette stoffkartotek som inneholder sikkerhetsdatablad for alle farlige kjemikalier som håndteres i virksomheten, herunder nanomaterialer som eventuelt kan sortere inn under helsefarlige stoff.

Matloven og kosmetikkloven: Den europeiske matlovforordningen og den norske matloven slår fast generelle prinsipper og krav til trygg mat (ingredienser, tilsetningsstoffer, fargestoffer, matkontaktmaterialer, næringsstoffer, drikkevann, med videre) og trygg matproduksjon (gjødsel, såvarer, plantevernmidler, veterinære legemidler, fôr- og fôrtilsetningsstoffer). Bruk av nanoteknologi på ulike deler av matområdet, vil høre inn under dette regelverket. En rekke EU-rettsakter og norske forskrifter gir også detaljerte krav til godkjenning og risikovurdering av blant annet ny mat og matkontaktmaterialer.

EU vedtok i 2009 en kosmetikkforordning som blant annet inneholder bestemmelser for bruk av nanoteknologi. Forordningen forventes innlemmet i EØS-avtalen. Når forordningen gjennomføres i norsk rett, vil den bli forankret i den norske loven om kosmetikk og kroppspeleprodukter m.m.

Forurensningsloven og produktkontrollloven: Disse lovene er sentrale for regulering av kjemikalier i Norge og omfatter også nanomaterialer. Formålet med forurensningsloven er å verne det ytre miljøet mot forurensning mens produktkontrollloven skal forebygge at produkter gir helseskade eller miljøforstyrrelse.

Bioteknologiloven: Bioteknologilovens virkeområde er humanmedisinsk bruk av bioteknologi. Loven regulerer for eksempel bruk av genetiske undersøkelser og genterapi. Helse- og omsorgsdepartementet evaluerer nå bioteknologiloven, i tråd med Stortingets forutsetninger da loven ble vedtatt i 2003.

Helseforskningsloven: Helseforskningsloven trådte i kraft 1. juli 2009. Lovens formål er å fremme god og etisk forsvarlig medisinsk og helsefaglig forskning. Forskningen skal være basert på respekt for forskningsdeltakernes menneskerettigheter og menneskeverd. Hensynet til deltakernes velferd og integritet skal gå foran vitenskapens og samfunnets interesser. Medisinsk og helsefaglig forskning skal ivareta etiske, medisinske, helsefaglige, vitenskapelige og personvernmessige forhold.

EUS KJEMIKALIEREGELVERK - REACH

Det europeiske kjemikalierregelverket REACH (Registration, authorisation and restriction of chemicals) innebærer felles registrering og regulering av nye og eksisterende kjemiske stoffer. REACH vil føre til at mer informasjon om kjemiske stoffers helse- og miljøskadelige egenskaper blir lettere tilgjengelig for myndigheter og publikum. Bedriftene har fått et selvstendig ansvar for dokumentasjon, vurdering og forsvarlig håndtering av kjemiske stoffer. REACH forordningen er gjennomført i norsk rett i en egen forskrift.

Nanomaterialer er i prinsippet omfattet av REACH. Virksomheter som fremstiller eller importerer kjemiske stoffer, alene eller i stoffblanding, i mengder over 1 tonn per år, skal registrere stoffet til det europeiske kjemikaliebyrået ECHA. I registreringen må det både gis opplysninger om stoffets iboende egenskaper samt utarbeides kjemiske sikkerhetsrapporter for å sikre sikker bruk av stoffet i forhold til helse og miljø.

Kravene til sikkerhetsrapporter i REACH er nært knyttet opp mot reglene for klassifisering og merking av kjemikalier i CLP (Classification, Labelling and Packaging).

Internasjonalt pågår omfattende drøftinger av hvordan nanomaterialer best kan reguleres, hvordan de bør defineres og hvordan føre-var-prinsipper kan innarbeides.²⁸ Slike diskusjoner foregår ikke minst i EU,²⁹ og vurdering av risiko ved nanomaterialer vektlegges i land som Frankrike, Storbritannia, Belgia og Tyskland. Frankrike har vedtatt en nasjonal obligatorisk registreringsordning med virkning fra 2013, og Belgia og Italia vurderer å innføre det samme.³⁰ I Danmark er det startet et prosjekt for å etablere en database over produkter som inneholder nanomaterialer.

EU-parlamentet har avvist Europakommisjonens vurdering av at eksisterende lovgivning er tilstrekkelig på dette feltet, og søker konsekvent å inkludere nanospesifikke bestemmelser i anvendelsesreguleringer. Kommisjonen vurderer derfor nå også lovgivningen for nanomaterialer, og problemstillingen vil trolig bli et tema i evalueringen av EUs kjemikalie-regelverk, REACH, som finner sted i 2012. Det foregår også revisjon av EUs regelverk for ny mat som regulerer nanomaterialer i mat.

Utfallet av disse prosessene vil være avgjørende for hvilken regulering som vil komme i Norge. Regjeringen vil gjennom internasjonale fora arbeide for å sikre at regelverket for beskyttelse av helse og miljø blir like godt for nanomaterialer som for kjemiske stoffer generelt.

Entydige definisjoner er også en forutsetning for godt regelverk. EUs anbefalte definisjon av nanomaterialer av 18. oktober 2011³¹ (jf. boks i kapittel 1.1) har derfor også betydning for norsk regelverk. I påvente av fremtidige tilpasninger av lovverket er en veiledning for norsk arbeidsliv basert på gjeldende regelverk utarbeidet.³²

28 Ett eksempel på føre-var prinsipp er å vente med å introdusere nanoprodukter på markedet inntil vi vet mer om de aktuelle nanomaterialenes helse og miljøeffekt.

29 Se referanse: www.observatorynano.eu og rapport: *Developments in nanotechnologies regulation and standards 2010*, link til rapport på denne siden: <http://www.observatorynano.eu/project/catalogue/5/>.

30 Norge har siden 2009 hatt en frivillig registreringsordning for deklarasjonspliktige produkter som inneholder nanomaterialer: <http://www.klif.no/no/Aktuelt/Nyheter/2009/Juni-2009/Onsker-informasjon-om-innhold-av-nanomaterialer-i-produkter-i-Norge/?cid=41698>.

31 EUs anbefalte definisjon av nanomaterialer: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2011:275:0038:0040:EN:PDF>.

32 Veileder i pdf-format finnes på følgende link: <http://www.arbeidstilsynet.no/veiledning.html?tid=233415>.

5.2 ETISKE, RETTSLIGE OG SAMFUNNSMESSIGE ASPEKTER

Det er en utfordring å finne en god balanse mellom forskningens muligheter for å utvikle ny teknologi og samfunnets behov for å unngå skadelige virkninger. Det er videre krevende å finne fram til hvilke metoder, vurderinger og verdier som skal legge begrensninger for forskningen.

Innen helsesektoren vil nanoteknologi kunne føre til fremskritt gjennom mer individualisert og målrettet medisinsk diagnostisering og behandling. For eksempel forskes det på bruk av nanopartikler til å transportere og frigjøre medikamenter direkte i kreftsvulster, noe som vil skåne kroppen for skadelige effekter av medikamentene. Nanopartiklene som benyttes vil imidlertid bli værende i kroppen. Eventuelle bivirkninger ved slik bruk av nanopartikler må derfor studeres og veies opp mot nytten av denne type behandling.

En egen lov om behandling av etikk og redelighet i forskning, forskningsetikkloven, trådte i kraft i 2007. Formålet med loven er å klargjøre hvilke metoder, vurderinger og verdier som skal bestemme hvilke begrensninger som skal pålegges forskningen. Loven lovfester også de nasjonale og regionale forskningsetiske komiteer og nasjonalt utvalg for gransking av uredelig forskning. Forskningsetikkloven og komiteene/utvalget utgjør et nasjonalt rammeverk og apparat for behandling av forskningsetikk på alle fagfelt. Medisinsk og helsefaglig forskning reguleres innenfor Helseforskningsloven som ble vedtatt i 2009.

Nanoteknologi faller inn under den nasjonale forskningsetiske komité for naturvitenskap og teknologi (NENT). Denne komiteen vedtok i 2007 forskningsetiske retningslinjer, og utdypet nærmere retningslinjene for risiko og usikkerhet i 2009. Retningslinjene tar for seg etiske aspekter og etisk ansvar. De forskningsutførende institusjoner er ansvarlige for å påse at disse retningslinjene blir implementert, og at de blir formidlet til ansatte og studenter. Retningslinjene er supplerende til eksisterende internasjonale forskningsetiske retningslinjer, herunder Europakommisjonens anbefaling på feltet, Code of Conduct for Responsible Nanosciences and Nanotechnologies Research fra 2008. Dette er retningsgivende anbefalinger hvor det er lagt opp til revisjon annet hvert år.

EUS CODE OF CONDUCT

Europakommisjonens «Recommendation of 07/02/2008 on a code of conduct for responsible nanosciences and nanotechnologies research», har som målsetting å fremme integreert, sikker og ansvarlig forskning innen nanovitenskap og nanoteknologi (NN) i Europa, til fordel for samfunnet som helhet.

Kommisjonen anbefaler blant annet at medlemslandene lar seg veilede av de generelle prinsippene og retningslinjene i Code of Conduct, i utforming, vedtak og iverksetting av egne strategier for utvikling av bærekraftig forskning innen NN. Kommisjonen anbefaler også at medlemslandene anser disse prinsippene og retningslinjene som en integreert del av institusjonelle kvalitets-sikringsmekanismer, gjennom å innarbeide dem i støttekriterier for nasjonale støtteordninger samt i offentlige instansers kontroll- og evalueringsrutiner.

Code of Conduct fastsetter følgende 7 prinsipper:

Mening: Forskningsaktiviteter innen NN bør være forståelige for allmennheten. De bør være i overensstemmelse med fundamentale rettigheter og utføres i det enkelte individs og samfunnets interesse i forhold til utforming, iverksetting, spredning og bruk.

Bærekraft: Forskningsaktiviteter innen NN bør være trygge, etiske og bidra til bærekraftig utvikling. De bør ikke skade folk, dyr, planter eller miljøet, verken nå eller i fremtiden.

Føre-var: Forskningsaktiviteter innen NN bør utføres i overensstemmelse med føre-var prinsippet, gjennom å forutsette mulige effekter av NN på miljø, helse og sikkerhet og ta nødvendige forhåndsregler tilpasset beskyttelsesnivået, og samtidig fremme [vitenskapelig og teknologisk] fremskritt til fordel for samfunnet og miljøet.

Inkluderende: Styring av forskningsaktiviteter innen NN bør baseres på prinsipper om åpenhet mot alle berørte, gjennom-siktighet og respekt for legitim rett til tilgang på informasjon. Den bør åpne for deltakelse i beslutningsprosesser fra alle som er involvert i eller bekymret for forskningsaktiviteter innen NN.

Fremragenheter: Forskningsaktiviteter innen NN bør møte de høyeste vitenskapelige standarder, inkludert integritet i forskningen og god laboratoriepraksis.

Innovasjon: Styring av forskningsaktiviteter innen NN bør fremme maksimal kreativitet, fleksibilitet og planleggingsevne for innovasjon og vekst.

Ansvarlighet: Forskere og forskerorganisasjoner bør ansvarliggjøres for de sosiale, miljømessige og helserelaterte effektene av deres arbeid.

Code of Conduct gir også retningslinjer for implementering av prinsippene.

Teknologirådet, som ble opprettet i 1999, er et uavhengig, offentlig organ som skal identifisere viktige teknologiutfordringer og fremme en bred offentlig debatt om muligheter og konsekvenser ved ny teknologi. Norges forskningsråd, sammen med NENT og Teknologirådet, utarbeidet i 2005 en egen rapport³³ om det nasjonale forsknings- og kompetansebehovet knyttet til HMS og ELSA relatert til nanoteknologi og nye materialer. Teknologirådet har i 2008 også utarbeidet en rapport med anbefalinger til tiltak, «Nanomaterialer, risiko og regulering»³⁴.

I en situasjon med usikkerhet knyttet til muligheter og utfordringer ved nanoteknologi vil det være ulike oppfatninger om hvordan samfunnet bør gå fram for å ivareta ulike interesser. Dette taler for at forskning, næringsliv, organisasjoner, media og allmennheten bør delta i diskusjoner om teknologiutvikling på dette feltet. Det finnes en rekke mulige kanaler for medvirkning. Flere andre land har også tatt initiativ for å involvere allmennheten i diskusjoner om nanoteknologi.

Regjeringen ønsker å legge til rette for en god håndtering av etiske og andre samfunnsmessige utfordrende aspekter knyttet til nanoteknologi, gjennom stimulering av forskning på ELSA. Samtidig må det legges til rette for en ansvarlig teknologiutvikling gjennom en åpen og inkluderende samfunnsdialog.

5.3 REGJERINGENS TILTAK FOR FREMME AV ANSVARLIG TEKNOLOGIUTVIKLING

Regjeringen vil legge til rette for utvikling av et solid kunnskaps- og metodegrunnlag og egnede rammer for en samfunnsmessig ansvarlig teknologiutvikling på nanoteknologiområdet.

Regjeringens målsetting er at HMS- og ELSA-forskningens andel av den offentlig finansierte FoU-innsatsen på nanoteknologi skal heves til et nivå som er blant de ledende internasjonalt. Denne målsettingen skal følges opp innenfor relevante offentlige virkemidler. Sentrale tema innenfor HMS-forskningen vil være nanomaterialers egenskaper og effekter over tid på helse og miljø, deres interaksjon med omverden og grad av eksponering, og vurdering og håndtering av risiko og usikkerhet i forbindelse med nanomaterialer, herunder utvikling av nye testmetoder.

33 Norges forskningsråd (2005): «Nanoteknologier og nye materialer: helse, miljø, etikk og samfunn».

34 Teknologirådet: «Nanomaterialer, risiko og regulering» (2008).

Utover en økt innsats innenfor forskning på HMS og ELSA bør denne tematikken integreres i teknologiutviklingsaktiviteter som skjer innenfor akademia, næringsliv, helseforetak etc. Regjeringen forutsetter at det legges til rette for at HMS og ELSA inngår som et integrert element i de enkelte teknologiutviklingsprosjektene.

Regjeringen er opptatt av dialog og involvering av allmennheten i teknologiutviklingen på dette området. For å legge til rette for dette vil regjeringen samarbeide med Teknologirådet for å kunne gi styrket informasjon og tilrettelegge for dialog med allmennheten.

Regjeringen er opptatt av at nasjonalt arbeid som gjøres for å fremme ansvarlig teknologiutvikling er harmonisert med retningsgivende arbeid som gjøres internasjonalt. EU har inntatt en ledende rolle i dette arbeidet gjennom etablering av det veiledende rammeverket «Code of conduct for Responsible Nanosciences and Nanotechnologies Research». Dette rammeverket skal være retningsgivende for den nasjonale FoU-aktiviteten på området, med et særlig fokus på dens prinsipper om at utviklingen innen nanoteknologi skal være helse- og miljømessig trygg, bærekraftig og meningsfull i et befolkningsperspektiv. Norske myndigheter deltar aktivt i revisjoner av dette rammeverket. Norske myndigheter deltar også aktivt i arbeid som gjøres innenfor OECD knyttet til samfunnsmessige aspekter ved nanoteknologi³⁵.

35 Norge deltar i en styringsgruppe i OECDs Working Party for Nanotechnology (WPN) for prosjektet «Social Dimension of Nanotechnology» som har oppstart i 2012.

6

Implementering og oppfølging

Regjeringen vil videreføre en målrettet FoU-satsing på nanoteknologi gjennom Norges forskningsråds program NANO2021. Satsingen skal konsentreres rundt strategiens tre satsingsområder: kunnskapsutvikling, innovasjon og kommersialisering, og samfunnsmessig ansvarlig teknologiutvikling. Som i det foregående NANOMAT-programmet skal NANO2021 ha som målsetting å bidra til kompetanseheving og nasjonalt samarbeid innenfor grunnleggende nanovitenskap og nanoteknologi, og innenfor nasjonalt prioriterte anvendelsesområder som energi og miljø, IKT og avanserte materialer. I tillegg vil regjeringen prioritere FoU-aktivitet relatert til de nasjonalt prioriterte områdene helse, hav, mat og bioteknologi samt forskning på HMS og ELSA. Programmet skal særlig legge til rette for at kunnskapsgrunnlaget bidrar til innovasjon, næringsutvikling og verdiskaping.

NANO2021 er det målrettede nasjonale virkemiddelet rettet mot FoU relatert til nanoteknologi. Programmet vil således være et sentralt virkemiddel for oppfølging av føringene som er lagt i denne strategien, herunder de konkrete tiltakene innenfor de tre satsingsområdene som spesifisert i kapitlene 3, 4 og 5. Forskningsrådets program ELSA (Etiske, rettslige og samfunnsmessige aspekter ved bio-, nano-, og nevroteknologi) vil også være et sentralt virkemiddel for oppfølging av tiltak i kapittel 5 relatert til ELSA.

Det er avgjørende med et godt samspill og en hensiktsmessig arbeidsdeling mellom NANO2021 og andre relevante FoU-ordninger innenfor Norges forskningsråd. Dette gjelder spesielt sett i forhold til de tematiske satsingene innenfor områdene energi, hav (marin og maritim) og mat, de teknologiske satsingene på IKT og bioteknologi, de åpne konkurransearenaene for grunn- og anvendt forskning, og de ulike senterordningene.

«Nanoteknologi viser oss at det lille kan ha stor betydning. På samme måte har vårt lille land potensialet til å bidra til noe større i verden. Norge har et godt utgangspunkt – et velfungerende samfunnssystem, fremragende utdannings- og forskningsinstitusjoner og bedrifter med visjoner»

Trond Giske,
Nærings- og handelsminister

Utover en målrettet satsing gjennom Norges forskningsråd, ønsker regjeringen at strategien skal følges opp innenfor øvrige etablerte virkemidler rettet mot forskning, utvikling og innovasjon. En god samhandling mellom Norges forskningsråd, Innovasjon Norge og SIVA er avgjørende for å sikre virkemidler som dekker hele verdikjeden. Innovasjon Norge har en sentral oppgave med å stimulere markedsorientering og internasjonalt fokus hos norske bedrifter. Gjennom sitt langvarige eierskap i næringsparker har SIVA en sentral rolle i å sikre lovende bedrifter i en kritisk fase tilgang på egnede lokaler i stimulerende nettverk.

De høyere utdanningsinstitusjonene skal utdanne kompetent og etterspurt arbeidskraft innenfor nanoteknologi. Samtidig har de, sammen med andre aktører i offentlig sektor og instituttsektoren, ansvar for en langsiktig og grunnleggende kompetanseoppbygging på feltet. Forskningsinstitusjonene må sammen med næringslivet og offentlig forvaltning sørge for et godt samspill om kompetanse- og forskningsbehov.

For helsesektoren vil et godt samarbeid med andre forskningsaktører innenfor akademia og næringsliv være avgjørende for å sikre forskning, utvikling og anvendelse relatert til teknologiutvikling på dette feltet i helsevesenet.

Forskningsinstituttene utfører mye av den anvendte forskningen og er et viktig bindeledd mellom de grunnleggende kunnskapsmiljøene, næringslivet og offentlig sektor.

Næringslivets engasjement er avgjørende for at strategiens målsettinger skal kunne realiseres. De offentlige virkemiddelaktørene skal være viktige støttespillere, men det er bedriftene selv som er ansvarlige for å sikre egen innovasjonsevne og lønnsomhet.

Alle aktørene som er involvert i utvikling av nanoteknologi har et ansvar for å bidra til en ansvarlig teknologiutvikling på området, herunder en god samfunnsdialog.





“Nanotechnology shows us that something little can be of great importance. In a similar way, our little country has the potential to contribute something greater to the World. Norway has a good basis – a well-functioning social system, outstanding educational and research institutions and visionary companies.”

Trond Giske,
Minister of Trade and Industry

English Summary

Nanotechnology is the study and use of atoms and molecules in the design of materials, components and systems with improved or new properties. Nanotechnology can potentially have an impact on many aspects of our society, both on its own and in conjunction with other technologies. The Government considers nanotechnology to be an important tool in strengthening the future competitiveness of the Norwegian industry sector and improving our ability to deal with global societal challenges related to energy, the environment, health and food in a sustainable way. Furthermore, the Government will take steps to ensure that the scope of technological development occurs within responsible boundaries for society.

The Government’s goal is that:

“The responsible development of nanotechnology shall provide a significant contribution to industrial and commercial development as well as usefulness to society.”

The Government wants nanotechnology to contribute to increased competitiveness of the Norwegian industry sector and improved dealing with global societal challenges, without generating undesirable effects on health, the environment and society.

The Government has identified three priorities:

- i) **Basic knowledge development**
- ii) **Innovation and commercialisation**
- iii) **Responsible technological development**

Publicly financed R&D will concentrate on opportunities within national priority areas such as energy and the environment, health, food, the maritime and marine sectors, ICT, biotechnology and advanced materials. There will also be focus on overcoming challenges linked to potentially undesirable effects on health, safety and environment (HSE), and ethical, legal and social aspects (ELSA).

The Government will maintain its targeted R&D focus on nanotechnology, more specifically through a separate programme administered by the Research Council of Norway, NANO2021. The activities of this programme will be concentrated on the strategy's three priorities and implementation of the guidelines set forth in it. The strategy will also be applied to other established policy tools aimed at research, development and innovation.

In order to promote **basic knowledge development** in this field, the Government will facilitate:

- the further development of basic expertise in nanoscience and nanotechnology, and promote increased inter-disciplinary cooperation in this field;
- the development of basic expertise related to national priorities: energy, the environment, health, the maritime and marine sectors, food, ICT, biotechnology and advanced materials;
- the participation of research institutions in international research cooperation, including in the EU's Framework Programme for research and innovation; and
- the further development of a shared national infrastructure in the nanotechnology field to ensure broad, cross-sectoral coordination and use, which may be supplemented by international infrastructure cooperation.

In order to promote **innovation and commercialisation** based on the development and use of nanotechnology the Government will:

- give priority to industrial R&D activities within relevant policy tools;
- develop the Research Council of Norway's function as a meeting place, and promote increased cooperation within and between the business sector and research institutions;

- strengthen the information efforts of industrial support agencies and relevant government bodies relating to the opportunities and limitations inherent in the development and use of nanotechnology;
- facilitate the commercialisation of R&D results in the nanotechnology field through expanded cooperation between industrial support agencies and other relevant commercialisation stakeholders, as well as make an active effort in developing good international standards; and
- facilitate the participation of the industry sector in international R&D cooperation, including the EU's Framework Programme for research and innovation and bilateral cooperation with relevant countries.

To promote **responsible technological development** the Government will:

- facilitate an increase in the proportion of publicly funded R&D efforts in this field accounted for by HSE and ELSA research to a level which is among the leading internationally;
- facilitate the integration of HSE and ELSA into technology development projects involving nanotechnology;
- make the EU "Code of Conduct for Responsible Nanosciences and Nanotechnologies Research" the norm for national R&D efforts; and
- cooperate with the Norwegian Board of Technology to increase the social dialogue and involvement of society in technological development within this field.

The time frame of this strategy is ten years, with a review taking place after five years. It should therefore be regarded as a dynamic document, rather than a complete action plan for the next ten years. Assessments regarding the prioritisation of the various measures, their implementation and rate of progress will occur on an ongoing basis, and will be addressed in the Government's annual budget proposal to Parliament. The Government's efforts in this field will be adjusted in view of the budgetary scope available for each year.



Appendiks: Innspill til strategien

Innspillskonferanse

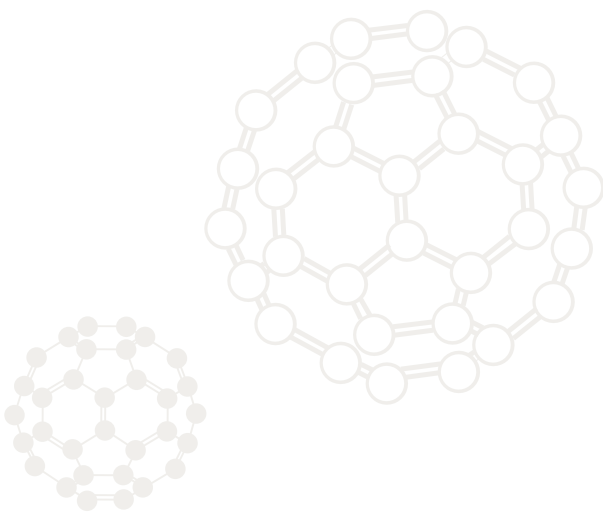
Arbeidet med regjeringens FoU-strategi for nanoteknologi ble innledet gjennom en innspillskonferanse med 150 deltakere fra næringsliv, forskningsinstitusjoner, interesseorganisasjoner og offentlig forvaltning, der Nærings- og handelsministeren inviterte til å komme med skriftlige innspill til strategien. Konferansen la vekt på tre hovedtemaer: kunnskapsutvikling, næringsutvikling og robust teknologiutvikling.

Nærings- og handelsdepartementet mottok i alt 14 skriftlige innspill i etterkant av innspillskonferansen fra henholdsvis SINTEF, NTNU, Standard Norge, Norsk institutt for luftforskning (NILU), Universitetet for miljø og biovitenskap (UMB), Universitetet i Bergen (UiB), Universitetet i Oslo (UiO), Nordic Quantum Computing Group, MicroTech Innovation, Vitenskapskomiteen for mattrygghet, Landsorganisasjonen (LO), og Høgskolen i Vestfold (HiVe).

Dialog med berørte aktører

I forbindelse med strategiarbeidet har det vært dialog med representanter for sentrale kunnskapsmiljøer på nanoteknologiområdet, herunder Det norske vitenskapsakademi, NTNU, SINTEF, Universitetet i Oslo (UiO), Høgskolen i Vestfold (HiVe), Folkehelseinstituttet (FHI), Forsvarets forskningsinstitutt (FFI), Arbeidsdirektoratet, Klima- og forurensingsdirektoratet, og INVEN2 (Teknologioverføringskontoret til Oslo Universitetssykehus HF /Universitetet i Oslo).

Det har også vært kontakt med representanter for næringsliv som er involvert i utvikling og bruk av nanoteknologi, herunder i NCE Micro- and Nanotechnology, Sensor, GE Vingmed Ultrasound, Norspace, Norchip, Microtech Innovation, Hydro,



Scatec, Jotun, Conpart, If Skadeforsikring, samt Næringslivets hovedorganisasjon (NHO).

Det har dessuten vært dialog med sentrale rådgivende fagorganer som Norges forskningsråd og Teknologirådet.

Rådgivende ekspertgruppe

En rådgivende gruppe med representanter fra akademia, næringsliv, virkemiddelapparat og fagetater har bistått departementene i arbeidet med utforming av strategien og bidratt til kvalitetssikring av strategiens faglige innhold.

Den rådgivende gruppen var sammensatt av: Bjørn Torger Stokke (NTNU), Arne Skjeltop (Institutt for energiteknikk), Ellen Dahler Tuset (Norspace), Dag Høvik (Norges forskningsråd), Håvar Risnes (Innovasjon Norge), Arianeh Aamodt (Elkem), Roger Strand (Universitetet i Bergen), Astrid Lund Ramstad (Direktoratet for Arbeidstilsynet) og Sjur Andersen (Klima- og forurensingsdirektoratet).

Kunnskapsgrunnlag fra Norges forskningsråd

I forbindelse med avslutningen av programsatsingen på nanoteknologi og nye materialer (NANOMAT) i 2011, gjennomførte Norges forskningsråd en åpen høringsprosess om erfaringene med programsatsingen og prioriteringer for en videre satsing på området. Det ble samlet inn mange innspill fra universitets- og høyskolemiljøene, instituttsektoren, næringslivet og andre interessenter.

Basert på blant annet denne høringen laget Norges forskningsråd rapporten «Veien videre 2020. Videre satsing på nanoteknologi og nye materialer - kunnskapsgrunnlag». Rapporten presenterer Forskningsrådets vurderinger og anbefalinger for en videre satsing på området. Denne rapporten ble spilt inn som et viktig kunnskapsgrunnlag for regjeringens arbeid med en nasjonal FoU-strategi for nanoteknologi.





Nanobukett. Dette er et bilde av en 3-D nanostruktur som er bygget opp av tråder av silikonkarbid. Forskere undersøker mulige anvendelser for disse strukturene, herunder vannavstøtende belegg og som basis for en ny type solceller. Foto: Dr. Ghim Wei Ho og Prof. Sir Mark E. Welland, Nanoscience Centre, University of Cambridge, England.

Utgitt av: Nærings- og handelsdepartementet,
Arbeidsdepartementet, Fiskeri- og kystdepartementet,
Fornyings-, administrasjons- og kirkedepartementet,
Forsvarsdepartementet, Helse- og omsorgsdepartementet,
Kunnskapsdepartementet, Landbruks- og matdepartementet,
Miljøverndepartementet og Olje- og energidepartementet

Offentlige institusjoner kan bestille flere eksemplarer fra:

Departementenes servicesenter
Internett: www.publikasjoner.dep.no
E-post: publikasjonsbestilling@dss.dep.no
Telefon: 22 24 20 00

Publikasjonskode: K-0723 B
Omslagsfoto: Istockphoto
Design: Itera Gazette
Trykk og ombrekking: Andvord Grafisk
06/2012 – opplag 1000

