

Veien videre 2020

**Videre satsing på nanoteknologi og nye materialer
– kunnskapsgrunnlag**

© **Norges forskningsråd 2010**

Norges forskningsråd
Postboks 2700 St. Hanshaugen
0131 OSLO
Telefon: 22 03 70 00
Telefaks: 22 03 70 01
bibliotek@forskningsradet.no
www.forskningsradet.no/

Publikasjonen kan bestilles via internett:
www.forskningsradet.no/publikasjoner

eller grønt nummer telefaks: 800 83 001

Oslo, oktober 2010
ISBN 978-82-12-02841-8 (pdf)

Innholdsfortegnelse

Forord	4
1. Sammen drag	5
2. Bakgrunn	7
3. Målsettinger for ”Veien videre 2020”	8
4. Internasjonale trender og utviklingstrekk	8
5. Status for nanoteknologi og nye materialer i Norge	11
5.1. Nanoteknologi og nye materialer som nasjonalt satsingsområde	11
5.2. Eksisterende kompetanse og infrastruktur	15
5.3. Verdiskaping i næringslivet	16
6. Innspill om nanoteknologi og nye materialer for de store samfunnsutfordringene	18
6.1. Samfunnsrelevante forskningstemaer	18
6.2. Hvordan best møte samfunnsutfordringene, i dag og i morgen?	18
6.3. Hva er nytt i forhold til NanoVT-strategien?	20
7. Veien videre – utfordringer og muligheter for fremtidig satsing på nanoteknologi og nye materialer	21
7.1. Samfunnet som medspiller	22
7.2. Verdiskaping og næringsutvikling	22
7.3. Teknologiens "push" / markedets "pull"	24
7.4. Klynger	25
7.5. Infrastruktur, koordinering og rekruttering	25
7.6. Robust teknologiutvikling – HMS/ELSA	26
7.7. Veien videre	27
Vedlegg: Noen definisjoner og begreper	28

Forord

Nanovitenskap, nanoteknologi (nanoVT) og nye materialer forventes å være en av bærebjelkene i fremtidens kunnskapsbaserte økonomi, bl.a. knyttet til samfunnsutfordringer som energi, klima og helse. Utviklingen av nanoVT og nye materialer vil også gi gevinster inn mot elektronisk utstyr og sensorer, hvor det settes stadig større krav til mindre størrelse og økt hurtighet. Grensen mellom mikro- og nanoteknologi blir mer og mer visket ut. Derfor inngår også mikroteknologi i det aktuelle teknologiområdet.

I forbindelse med at Forskningsrådets hovedsatsing på området, det Store programmet NANOMAT, avsluttes i 2011, er det utarbeidet et kunnskapsgrunnlag som et innspill til diskusjonen om hvordan den videre satsingen på dette området bør innrettes. Spørsmålet *"Hvordan kan nanovitenskap, nanoteknologi, nye materialer og mikroteknologi gjøre en forskjell i samfunnsutviklingen og bidra til økt verdiskaping i 2020"* har stått sentralt i arbeidet.

Arbeidet (kjent som Veien videre 2020) er utført i dialog med universiteter, høyskoler, forskningsinstitutter, næringslivet og andre relevante aktører.

Kunnskapsgrunnlaget viser at det fortsatt er et stort og langsiktig behov for å

- bygge grunnleggende kompetanse
- satse mer på teknologiutvikling for verdiskaping i bred forstand
- støtte opp om sentrale samfunnsutfordringer

Forskningsrådet takker alle deltagere i prosessen og ser frem til fortsatt god dialog om den fremtidige satsingen på teknologiområdet.

Oslo, oktober 2010

Anne Kjersti Fahlvik
divisjonsdirektør

1 Sammendrag

Denne rapporten er et kunnskapsgrunnlag for norsk satsing innenfor forskningsfeltet *nanoteknologi og nye materialer*. Norge har potensial til å bli en ledende forskningsnasjon på utvalgte områder av feltet, som bl. a. fornybar energi, nanostrukturerte materialer og sensorteknologi. En satsing på disse områdene vil kunne bidra til bærekraftig fornyelse av etablert norsk industri og en videre utvikling av et nytt kunnskapsbasert næringsliv. Fagområdet er fremdeles nytt, og de helse- og miljømessige konsekvensene av nanomaterialer er lite kjent. Den videre teknologiutviklingen må være samfunnsmessig robust, og ny kunnskap og teknologi bør utvikles og anvendes i dialog mellom næringsliv, forskere og samfunnet.

Nanoteknologi og nye materialer forventes å være en bærebjelke i fremtidens kunnskapsbaserte økonomi, bl.a. knyttet til samfunnsutfordringer som energi, klima og helse. Et av verdens fremste rådgivnings-selskaper, amerikanske Merill Lynch, mener nanoteknologi kan bli den neste industrielle revolusjonen, på linje med hva som skjedde da tekstilindustrien, bilindustrien og dataindustrien ble startet. Merill Lynch hevder at nanoteknologi vil bli en viktig del av verdensøkonomien i dette århundret, men understreker samtidig at det fortsatt kreves grunnleggende FoU-gjennombrudd før potensialet kan realiseres. Allerede nå har enkelte europeiske land kommet langt med å ta nanoteknologi i bruk industrielt. I Sveits er vel 20 prosent av alle dagens patenter basert på nanomaterialer, mens nær 400 bedrifter i Tyskland har nanoteknologi som kjerneteknologi.

Samlebegrep for teknologiområdet

Nanoteknologi og nye materialer
slik det er brukt i kunnskapsgrunnlaget

- omfatter nanovitenskap, nanoteknologi, nye materialer og mikroteknologi.
- inkluderer aktiviteter knyttet til etiske, juridiske, samfunnsmessige, og helse/miljø/sikkerhetsmessige aspekter ved teknologiområdet.

I Forskningsmeldingen *Klima for forskning* fra 2009, vil Regjeringen "arbeide systematisk med å utvikle kunnskapsgrunnlaget på de brede teknologiområdene (IKT, bioteknologi, materialteknologi/nanoteknologi) med tanke på å utvikle balanserte strategier for grunnforskning, næringsrettet forskning, utvikling og kommersialisering innenfor områdene." Forskningsmeldingen beskriver et nytt målbilde, der samfunnsutfordringene er i fokus. Svarene på utfordringene krever ny kunnskap og teknologi utviklet i et samspill mellom forskning og samfunn og mellom næringsliv og academia. Dette stiller nye krav til samarbeid mellom fag og disipliner, mellom ulike teknologiområder, og mellom privat og offentlig sektor.

Forskningsrådet har de siste årene bygget opp en målrettet satsing innenfor *nanoteknologi og nye materialer*. Den største aktiviteten er det strategiske programmet NANOMAT, ett av syv Store programmer med ti års varighet. Programmet har hatt som oppgave å bygge opp kompetanse og infrastruktur for norsk forskning, og har bidratt til nasjonalt samarbeid og arbeidsdeling innenfor UoH- og instituttsektoren. NANOMAT avsluttes i 2011, og Forskningsrådet har gjennomført en prosess for å legge et kunnskapsgrunnlag samt gi retning til videre satsing på *nanoteknologi og nye materialer*. I denne prosessen, Veien videre 2020, har Forskningsrådet hatt en åpen dialog med forskningsinstitusjoner, næringsliv og forvaltning. Denne rapporten, kalt kunnskapsgrunnlaget, gir en status på området og sammenstiller og analyserer innspillene. Forskningsrådet har satt i gang en ekstern evaluering av NANOMAT som vil foreligge sent i 2010. Kunnskapsgrunnlaget og evalueringen av NANOMAT skal til sammen brukes i utformingen av ny satsing.

Innspillene fra forsknings- og næringslivsmiljøer samt resultater fra nyere fagevalueringer, viser et behov for å styrke innsatsen av både langsiktig, grunnleggende forskning og næringsrettet forskning innenfor *nanoteknologi og nye materialer*. Innsatsen bør primært rettes mot de prioriterte områdene energi og miljø, helse, hav, mat, IKT og mikroteknologi. Innspillene er også veldig tydelige på at innsatsen bør ha i seg en samfunnsmessig robust teknologiutvikling. Grensen mellom mikroteknologi og nanoteknologi er i mange tilfeller i ferd med å bli visket ut, ofte fordi markedet krever større ytelse per arealenheter, og de behandles derfor samlet i denne rapporten.

Norge har de senere årene bygget opp viktig kompetanse og infrastruktur for avansert forskning på *nanoteknologi og nye materialer*. Den totale finansieringen av FoU innenfor dette feltet i næringslivet og UoH- og instituttsektoren var ifølge NIFU STEP i 2007 på 2,1 mrd. kroner, opp 27 prosent fra 2005¹. Forskningsrådets totalinnsats på området økte fra 215 mill. kroner i 2006 med ca. syv prosent per år frem til 256 mill. kroner i 2009. NANOMAT var størst², fulgt av programmene PETROMAKS, BIA, RENERGI, investeringer i forskningsinfrastruktur og andre programmer/aktiviteter. Finansieringen av NANOMAT i perioden 2002–2009 skjedde fra Kunnskapsdepartementet (46 %), Fondet for forskning og nyskaping (33 %), Nærings- og handelsdepartementet (16 %), Olje- og energidepartementet (3 %) og Orkla-gaven (2 %).

De første produktene basert på nanoteknologi er produsert i industriell skala og tilgjengelige på markedet. For eksempel har Jotun tatt i bruk nanoteknologi og utviklet nye malinger med mindre innhold av løsningsmidler, samtidig som produktegenskapene er bedre. Conpart bruker nanoteknologi til å gjøre gullbelagte polymerpartikler hardere. Disse partiklene kan brukes både som lim og for å gi avstand mellom komponenter i elektronikkindustrien.

Fagutdanning innenfor *nanoteknologi og nye materialer* er etablert ved store studiesteder og har meget god rekruttering og høye opptakskrav. Nasjonal infrastruktur er bygd opp ved f.eks. MiNaLab ved SINTEF/UiO i Oslo og NTNU NanoLab i Trondheim. Satsingen på infrastruktur er forsterket gjennom deltagelse i store europeiske forskningsanlegg. Disse anleggene er en god plattform for grunnleggende forskning, rekruttering og næringsrettet forskning.

Det er stimulert til økt forskningsinnsats med sterk involvering av næringslivet, gjerne ved tett kopling til de fremste kunnskapsmiljøene. Norsk næringsliv konkurrerer på en internasjonal arena og er avhengig av forskningsmiljøer som kan oppnå resultater internasjonalt. Strategisk bruk av nasjonale midler har vært viktig for å bygge opp konkurransedyktige miljøer.

Denne rapporten beskriver noen internasjonale trender og utviklingstrekk, status og noen resultater for *nanoteknologi og nye materialer* i Norge, og områdets muligheter til å møte samfunnsutfordringene. Aktuelle tiltak er beskrevet.

Kunnskapsgrunnlaget presentert her viser at Norge har fundament og potensial for en videre satsing og verdiskaping innenfor *nanoteknologi og nye materialer*. Innspill og vurderinger viser et behov for forskningsinnsats innenfor tre områder:

- **Nanovitenskap** for oppbygging av kunnskap – gjennom satsing på grunnforskning. Området skaper kompetansegrunnlaget og beredskapen for å møte fremtidens samfunnsutfordringer som vi ikke ser konturen eller rekkevidden av i dag. Det skal legge grunnlaget for fremtidens næringsvirksomhet.
- **Nanoteknologi** for videre utvikling av næringslivet – gjennom forskning for konkurransekraft innenfor definerte områder som energi og miljø, helse og helseutfordringer, hav, mat, IKT og mikroteknologi. Området vil gi svar på dagens samfunnsutfordringer, skape ny næringsvirksomhet og styrke eksisterende.
- **Samfunnsmessig robust teknologiutvikling** – med fokus på risikohåndtering knyttet til utvikling, produksjon og anvendelse av *nanoteknologi og nye materialer*. Dette vil gi en nødvendig kunnskapsplattform for en robust og bærekraftig teknologiutvikling, og gi innspill til lover og reguleringer av teknologiområdet.

¹ Tallene fra næringslivet er høye og kan tilskrives en overrapportering på nye materialer, med fornyelse av tradisjonelle produkter inn i statistikkgrunnlaget. I UoH- og instituttsektoren er nye materialer nær synonymt med funksjonelle materialer. Nye definisjoner i forhold til rapporteringen vil bidra til mer korrekte tall.

² Årsrapport 2009. Forskningsrådet, april 2010

2 Bakgrunn

Nanovitenskap og nanoteknologi (nanoVT) handler om tilsiktet design og kontroll av materialer og prosesser med unike egenskaper, hvor en eller flere av dimensjonene er på nanoskala.

Nye materialer knyttes til deres kjemiske, fysikalske eller biologiske egenskaper.

Mikroteknologi er kunnskap om hvordan produkter lages og anvendes i mikrometerskala og hvor grensene mellom mikroteknologi og nanoteknologi viskes ut¹.

Teknologiområdet omhandlet i Kunnskapsgrunnlaget

- omfatter nanovitenskap, nanoteknologi, nye materialer og mikroteknologi;
- inkluderer også aktiviteter knyttet til etiske, juridiske, samfunnsmessige og helse-/ miljø-/ sikkerhetsmessige aspekter knyttet til teknologi-området (ELSA).

En bærekraftig samfunnsutvikling er avhengig av ny kunnskap og teknologi som utvikles og anvendes i dialog med samfunnet. *Nanoteknologi og nye materialer* har de senere år fått en stadig sterkere generisk karakter og kan i dag bidra til å løse viktige globale samfunnsutfordringer.

Ifølge OECD har nanoteknologi³ potensial til å påvirke så godt som alle områder av økonomisk aktivitet og alle sider av dagliglivet. For å kunne ta i bruk den nye kunnskapen på en forsvarlig måte, må det sikres en robust teknologiutvikling.

Nanoteknologi og nye materialer gir store muligheter, men innebærer også et ansvar for å forvalte ny kunnskap og ny teknologi til samfunnets og fellesskapets beste.

Forskningsrådets rapport om nanoteknologi og

helse, miljø, etikk og samfunn peker på flere viktige problemstillinger knyttet til etiske, juridiske og samfunnsmessige aspekter⁴. Forskning og kompetansebygging på dette feltet er nødvendig for å forstå hvorvidt og hvordan teknologiene er et felles gode, og hvordan de kan tas i bruk sikkert og uten skadeeffekter på helse og miljø.

Som oppfølging av FUNMAT-initiativet⁵ fra forskningsmiljøene i 2000 ble det nasjonale programmet for nanoteknologi og nye materialer, NANOMAT, etablert i 2002. Programmet har hatt som oppgave å bygge opp kompetanse og infrastruktur for norsk forskning og har bidratt til å innføre nasjonalt samarbeid og arbeidsdeling som arbeidsform, særskilt innenfor UoH- og instituttsektoren. NANOMAT, som er et av Forskningsrådets Store programmer, avsluttes ved utgangen av 2011.

Forskningsmeldingen 2009, *Klima for forskning*, beskriver et nytt målbilde der samfunnsutfordringene er i fokus. Svarene på utfordringene krever ny kunnskap og teknologi utviklet i et samspill mellom forskning og samfunn og mellom næringsliv og academia. Dette stiller nye krav til samarbeid mellom fag og disipliner, mellom ulike teknologiområder, og mellom privat og offentlig sektor.

For å etablere et kunnskapsgrunnlag for innretning på den videre nasjonale satsing på *nanoteknologi og nye materialer* for perioden 2012-2020, har Forskningsrådet hatt dialog⁶ med fagmiljøene i UoH- og instituttsektoren, næringslivet og andre aktører. Prosjektets navn har vært Veien videre 2020. Tre stikkord oppsummerer dialogen: *Samfunnsansvar, verdiskaping og grunnleggende forskning*. Parallelt har det vært arbeidet med å se på utviklingen de siste årene og studere nasjonale og internasjonale trender og strategier. Det er også satt i gang evaluering av NANOMAT.

³ <http://www.oecd.org/sti/nano>

⁴ Nanoteknologier og nye materialer: Helse, miljø, etikk og samfunn – Nasjonale forsknings- og kompetansebehov. Rapport utarbeidet av Forskningsrådet, Den nasjonale forskningsetiske komité for naturvitenskap og teknologi (NENT) og Teknologirådet. Forskningsrådet, februar 2005.

⁵ http://www.funmat.no/omfunmat/dokumenter/FUNMAT_langversjon.rtf

⁶ www.veienvidere2020.no

3 Målsettinger for "Veien videre 2020"

Nanoteknologi og nye materialer var prioritert som ett av tre teknologiområder i forskningsmeldingen 2005, *Vilje til forskning*. I nåværende forskningsmelding, *Klima for forskning*, fra 2009, videreføres teknologiområdene som "*næringsrelevant forskning på strategiske områder*". Ifølge meldingen skal det arbeides systematisk med å utvikle kunnskapsgrunnlaget for å utvikle balanserte strategier for grunnforskning, næringsrettet FoU og kommersialisering. I samsvar med Soria Moria-erklæringen prioriteres fem næringsområder der Norge har kompetanse eller særlige fortrinn: Marin sektor, reiseliv, maritim sektor, energi og miljø.

NANOMAT avsluttes i 2011, og det er behov for en gjennomgang av status i eksisterende virkemidler og aktiviteter innenfor nanovitenskap, nanoteknologi, nye materialer og mikroteknologi for å legge planer for en videre satsing. Forskningsrådet har gjennomført Veien videre 2020-prosjektet. Den første delen i prosessen frem mot en ny satsing var å etablere et kunnskapsgrunnlag som viser hvor *nanoteknologi og nye materialer* står i dag, og å gi noen analyser og vurderinger rundt innretningen videre. Kunnskapsgrunnlaget og evalueringen av NANOMAT vil gå inn i Forskningsrådets arbeid med budsjettinnspill for 2012.

Nanoteknologi og nye materialer er både et verktøy for forskningen og et eget kunnskapsområde for næringslivet. En god innretning av forsknings- og utviklingsarbeidet bør hvile på tre grunnpilarer:

1. Grensesprengende grunnforskning
2. Forskning for samfunnsutfordringene
3. Forskning for konkurransekraft

Disse tre perspektivene har vært sentrale i Veien videre 2020, og ligger til grunn for de analyser og vurderinger som gis i de etterfølgende kapitlene.

Kunnskapsgrunnlaget bør også kunne inngå som et underlag for nasjonal strategi for nanoteknologi som nå settes i gang i regi av Nærings- og handelsdepartementet.

4 Internasjonale trender og utviklingstrekk

EUs rammeprogram (RP) er det mest omfattende internasjonale samarbeidet norske forskningsmiljøer deltar i. Både i 6. RP og 7. RP er nanoteknologi og materialteknologi prioriterte satsinger, i hovedsak innenfor området NMP (Nanovitenskap, nanoteknologi, Materialer og nye Produksjonsteknologier). I tillegg inngår de i andre tematiske områder som Energi, Helse og IKT. Budsjettene for NMP tredobles, fra drøyt 200 mill. euro per år i 2003, til over 600 mill. euro per år i 2013, hvorav *nanoteknologi og nye materialer* utgjør omtrent halvparten. Kommisjonen har to fokusområder: "politikkutforming for en ansvarlig utvikling av teknologien" og "finansiering av forskning". En ny strategisk plan for nanoteknologi er under arbeid, hvor fokus blir samfunnets behov, verdiskaping og en samfunnsmessig robust teknologiutvikling. Kommisjonen påpeker samtidig at grunnleggende kompetanse må utvikles nasjonalt⁷.

Sikker bruk av nanomaterialer/nanopartikler i forbrukerprodukter og innovative produkter fordrer ny kunnskap og eventuell ny lovgivning. Mange aspekter rundt bruk av nanomaterialer/nanopartikler og deres mulige negative virkning på human helse og miljøet, er ennå ikke klarlagt. Kommisjonens rapport "Considerations on a definition of nanomaterials for regulatory purposes"⁸ er her relevant, og en oppfølging kan ventes innenfor lovgivningen.

⁷ Møte med Programme Officer Jyrki Suominen, EU Directorate-General for Research, mars 2010

⁸ JRC Reference Report, juli 2010 <http://ihcp.jrc.ec.europa.eu/docs/def-nanomaterial.pdf>

Kommisjonen har finansiert oppbygging av ny kunnskap innenfor nanoteknologiene rettet mot forskjellige tematiske anvendelser i NMP. Ansvaret er etter hvert blitt overført til de tematiske satsingene når fagfeltene er blitt mer modne. Eksempelvis ligger nå nanoteknologi for energianvendelser under tematisk prioritet Energi og nanoteknologi innenfor medisin under tematisk prioritet Helse. For 2008–2009 økte budsjettene for helse- og miljøaspekter knyttet til nanoteknologi i betydelig grad, og veksten er dobbelt så høy som økningen til nanoteknologi generelt.

I Europa er Sveits nå et av de ledende landene til å ta i bruk nanoteknologi industrielt⁹. Vel 20 prosent av sveitsiske patenter er i dag basert på nanomaterialer. Swiss Nanotech Report 2010¹⁰ beskriver den stadig økende betydning den nanoteknologiske industrien har for Sveits. Dette er interessant, siden Sveits nettopp kommer ut på topp i European Innovation Scoreboard når det gjelder innovasjonskraft (jf. siste analyse, hvor Norge kom svært lavt)¹¹. Nanoteknologi er også viktig i Tyskland. Fra en spørreundersøkelse i 2008 i regi av Federal Ministry of Education and Research, ble det estimert at 370 bedrifter i Tyskland hadde nanoteknologi som kjerneteknologi. En antok at ca. 63 000 arbeidstagere arbeidet med nanoteknologi.

Europeisk forskningsinfrastruktur. Forskning innenfor *nanoteknologi og nye materialer* krever avansert forskningsinfrastruktur for å lykkes. En del typer laboratorier og instrumentering er så ressurskrevende at de ikke kan etableres og drives av enkeltland, men må baseres på internasjonalt samarbeid. Norge deltar i det europeiske strategiforumet for forskningsinfrastruktur (ESFRI), som er opprettet for å fremme etableringen av fremtidig felleseuropeisk forskningsinfrastruktur. Gjennom det norske medlemskapet i European Synchrotron Radiation Facility (ESRF), har norske forskere tilgang til et av verdens beste synkrotronanlegg. Oppgraderingen av ESRF inngår som et ESFRI-prosjekt. I 2009 besluttet Regjeringen at Norge skal delta i byggingen av verdens største ”nøytron-mikroskop”, European Spallation Source (ESS), i Lund i Sverige. I tillegg til investerings- og driftskostnader, må norske forskningsmiljøer styrke kompetansen innen nøytronspredning og planlegge hvordan ESS-medlemskapet best kan utnyttes. I tillegg til European Spallation Source (ESS), skal også synkrotronanlegget MAX-IV bygges i Sverige. På norsk side er medlemskapet i MAX IV under vurdering.

USA var tidlig ute med sin målrettede satsing på nanoteknologi gjennom National Nanotechnology Initiative (NNI), lansert i 2001. I perioden 2001–2010 har NNI brukt 12 mrd. USD på feltet. Budsjettet for 2010 er på 1,6 mrd. USD. Satsingen er koordinert med bidrag fra ulike departementer og forskningsfinansierende institusjoner. NNI utarbeidet i 2007 en revidert utgave av sin strategi, og kom frem til fire overordnede målsettinger: 1) Utvikle verdensledende forsknings- og utviklingsprogrammer innenfor nanoteknologi; 2) Fremme overføring av ny teknologi til produkter til nytte for næringslivet og allmennheten; 3) Utvikle og finansiere utdanning og opplæring av dyktig arbeidskraft samt investeringer i forskningsinfrastruktur for å videreutvikle nanoteknologiene; 4) Støtte ansvarlig utvikling av nanoteknologi med fokus på ELSA/HMS, risiko og samfunnets forståelse av muligheter og usikkerheter. Siden USA er landet med absolutt størst satsing på nanoteknologi, samtidig som amerikanerne startet meget tidlig, har deres strategiske valg stor betydning for satsingen ellers i verden, også i Europa, inklusive Norge.

I Norden er det til dels store variasjoner i hvordan forskningen på området er innrettet og finansiert. **Finland** har flere programsatsinger gjennom Tekes og Finlands Akademi. Den største av disse, FinNano, har som mål både å bygge opp ny kunnskap og å stimulere innovasjon og fornyelse i finske industrisektorer, spesielt IKT, skog, metall, helse, energi/miljø og bygning/konstruksjon. I perioden 2005–2009 var den statlige finansieringen av nanoforskning i underkant av 140 mill. euro.

⁹ Fellesprosjekt mellom Arbeidstilsynet, LO, Norsk industri, Statens arbeidsmiljøinstitutt og Klima- og forurensningsdirektoratet <http://www.arbeidstilsynet.no/nyhet.html?tid=221215>

¹⁰ http://www.sbf.admin.ch/htm/dokumentation/publikationen/forschung/Swiss_Nanotech_Report_2010.pdf

¹¹ <http://www.tu.no/industri/article253494.ece>

I **Danmark** har det danske Strategiske forskningsråd prioritert områder av strategisk betydning for Danmark. Blant de viktigste områdene er: 1) mat og helse; 2) energi og miljø; 3) helse og forebygging; 4) nano-, bio- og informasjons- og kommunikasjonsteknologi. Et annet karakteristisk trekk er at de store industribedriftene tidlig har vært aktive til å ta *nanoteknologi og nye materialer* i bruk. I **Sverige** publiserte VINNOVA i februar 2010 en strategi for nanoteknologi, hvor behovet for "Ökad innovationskraft för hållbar samhällsnytta" ble understreket. Den svenske forskningsmeldingen fra 2008 lanserte strategiske forskningsområder, og ifølge denne planen skulle regjeringens målrettede satsing på nanoteknologi øke fra 260 mill. SEK i 2007 til 340 mill. SEK i 2012. To sentre finansieres innen nanovitenskap og nanoteknologi, ved henholdsvis Universitetet i Lund og Chalmers tekniska högskola i Gøteborg.

Toppforskningsinitiativet (TFI) er Nordens bidrag til å finne løsninger på de globale klima-utfordringene. TFI springer ut av et felles initiativ fra de nordiske statsministrene og er den største fellesnordiske satsingen på forskning og innovasjon noensinne. Ett av TFIs seks delprogrammer har nanoteknologi for energieffektivisering som tema. Hittil er det finansiert fire prosjekter, alle med norsk deltagelse. I tillegg samarbeider nordiske forskere innenfor *nanoteknologi og nye materialer* gjennom prosjekter finansiert av Nordisk InnovationsCenter (NICE) og NordForsk.

I **Asia** står forskningen på *nanoteknologi og nye materialer* sterkt i mange land. Gjennom Asia Nano Forum samarbeider 15 land i Asia Pacific-regionen og Midt-Østen om strategi, forskning og utvikling, utdanning og standardisering/risikovurdering. Tradisjonelt har Japan stått sterkest innenfor nanoteknologi, med mange forskningssentra med aktivitet av høy kvalitet, men Kina er nå i ferd med å ta en mer ledende rolle. Kineserne har bygget flere nye avanserte forskningssentre med god infrastruktur, og legger forholdene til rette for å hente hjem kinesiske forskere som har en internasjonal posisjon. Korea, Taiwan og Singapore er sterke innenfor nanoteknologi rettet mot elektronikk-industrien. India posisjonerer seg innenfor elektronikk, biofarmasi og engineering, mens Qatar satser på nanostrukturerte materialer, bl.a. innenfor elektronikk og fornybar energi.

Det pågår i tillegg en rekke nasjonale og internasjonale aktiviteter for å følge opp risiko for helse og miljø samt etiske og samfunnsmessige spørsmål (HMS/ELSA) knyttet til utviklingen av nanoteknologi. Aktivitetene er ofte utløst av behovet for å utvikle nasjonale og internasjonale retningslinjer og regulering gjennom lovgiving. Internasjonal forskning på området har karakter av "dugnadsforskning" hvor alle deltar, noen mer enn andre. I USA utgjør HMS-delen seks prosent av samlede bevilgninger til nanoteknologi. Tilsvarende tall for Norge er tre prosent til ELSA/HMS. England er en pioner på området og har gjennomført flere store utredninger som har vært toneangivende for tilsvarende utredninger i andre land.

Internasjonale trender innenfor *nanoteknologi og nye materialer*:

- EU har siden 2002 satset på *nanoteknologi og nye materialer* og utarbeider nå en ny strategisk plan hvor fokus blir samfunnets behov, verdiskaping og en samfunnsmessig robust teknologisk utvikling. Tilsvarende gjelder for USA.
- Stor europeisk satsing på avansert forskningsinfrastruktur for å lykkes, men grunnleggende kompetanse må også utvikles nasjonalt.
- I Europa ligger Tyskland og Sveits langt fremme med satsing på nanoteknologisk industri. Høy andel patenter innenfor nanoteknologi i Sveits, samtidig som de kommer ut på topp i European Innovation Scoreboard.
- Globalt ligger USA på topp, fulgt av Japan, Tyskland og bl.a. Korea, som et resultat av langsiktige satsinger.

5 Status for nanoteknologi og nye materialer i Norge

Gjennom forskningsinnsats og kunnskapsutvikling har etablerte næringer endret seg og nye næringer kommet til. Innovasjonsevne og entreprenørskap har skapt nye produkter, prosesser og tjenester, og helt nye næringer har vokst ut av gamle. ”Solcelleeventyret”¹² med REC, Elkem og Norsun er et slikt eksempel. Andre deler av næringslivet har nytt godt av høyt utviklet kunnskap om hvordan materialegenskaper påvirkes av størrelse – fra nano- til makronivå – og evnen til å omsette slik tverrfaglig kunnskap til industrielle anvendelser. Ett eksempel er utvikling av mer energieffektive solceller til lavere kostnad. Et annet er bruk av nanostrukturer i materialer for å gi bedre mekaniske- og barriereegenskaper i emballasje.

”Nasjonal strategi for nanovitenskap og nanoteknologi (nanoVT)”¹³ anbefalte tematiske satsingsområder, påkrevde kompetanseområder, verktøyplattformer og behovet for avansert infrastruktur. De fire tematiske satsingsområdene representerer nasjonale fortrinn og kompetanse i tråd med prioriteringene i forskningsmeldingen fra 2005: Energi og miljø, IKT og mikrosystemer, helse og biologi samt hav og mat. Det ble påpekt at ELSA-perspektiver burde integreres i relevante prosjekter og sentre og samordnes med tilsvarende forskning på andre teknologiområder. Kapittel 6.3 beskriver status i forhold til strategien.

NanoVT-strategien, sammen med bl.a. foresightstudien ”Avanserte materialer Norge 2020”¹² og etikk/HMS-rapporten,⁴ var utgangspunktet for revisjonen av NANOMATs programplan i 2006. Den påpeker et ”..behov for en langsiktig forsknings- og næringsmessig satsing, ikke bare på de felt som kjennetegner dagens næringsliv, men også på områder av en potensiell, men mer usikker, fremtidig næringsmessig betydning. Dette forutsetter grunnleggende kunnskap innen nanovitenskap, nanoteknologi, nye materialer og integrasjon av ny kunnskap for å komme fra laboratorium til marked”. Siden nanovitenskap og nanoteknologi får en stadig større betydning også for en videre utvikling av nye materialer, er det lite hensiktsmessig å skille en satsing på nanovitenskap og nanoteknologi fra en satsing på nye materialer. Den samme koplingen har EU gjort i 6. og 7. rammeprogram, der man har koblet satsingen på nanovitenskap/nanoteknologi med satsingen på materialer og produksjonsteknologi.

Klimaforliket i Stortinget i 2008 medførte en betydelig økt satsing på forskning innen fornybar energi, hvor deler av budsjettøkningene tilfalt satsingen på *nanoteknologi og nye materialer*. Dette har bidratt til en god bredde og relativt stort volum av både grunnleggende og mer næringsrettet forskning på temaer som solenergi, batteriteknologi, hydrogenproduksjon og -lagring og membraner for diverse anvendelser som f.eks. CO₂-rensing.

Forskningsrådets foresightstudie så for seg en rask teknologiutvikling, ikke minst gjennom mulighetene som kan ligge i skjæringspunktet mellom IKT, bio- og nanoteknologi. Her er det fremdeles mye upløyd mark og store muligheter for innovasjoner. Et eksempel er muligheten for mer desentraliserte helsetjenester hvor *nanoteknologi og nye materialer* i samspill med IKT utvikler nye måter å overvåke og følge opp pasienter utenfor sykehusene. Slike muligheter er også godt synliggjort i strategiene hos sentrale norske FoU-institusjoner.

5.1 Nanoteknologi og nye materialer som nasjonalt satsingsområde

Regjeringen påpekte i forskningsmeldingen fra 2005 at *nanoteknologi og nye materialer*, bioteknologi og IKT er teknologiområder i sterk utvikling med brede anvendelsesområder og som kan bidra til å løse viktige samfunnsutfordringer. *Nanoteknologi og nye materialer* har store potensialer innenfor energi og miljø, hav, mat og helse. Det politiske fokuset og Forskningsrådets satsing fra 2002 ga en stimulerende og strukturerende effekt på forskningen innenfor *nanoteknologi*

¹² Avanserte materialer 2020- foresight. Forskningsrådet 2005.

¹³ Nasjonal strategi for nanovitenskap og nanoteknologi, utarbeidet for Forskningsrådet november 2006

og nye materialer. Universitetene har utarbeidet egne strategier, investert i renromslaboratorier med avansert infrastruktur og etablert egne utdanningsløp. Næringslivets deltagelse er også økt etter 2005, med økt prosjektdeltagelse i NANOMAT.

Den totale finansieringen av FoU innenfor *nanoteknologi og nye materialer* i næringslivet, UoH- og instituttsektor var ifølge NIFU STEP i 2007 på 2,1 mrd. kroner, opp 27 prosent fra 2005¹⁴.

Forskningsrådets totalinnsats på området økte fra 215 mill. kroner i 2006 med ca. syv prosent per år frem til 256 mill. kroner i 2009. NANOMAT var største bidragsyter¹⁵, fulgt av programmene PETROMAKS, BIA, RENERGI, Nasjonal satsing på forskningsinfrastruktur og andre programmer/aktiviteter. Fem av tolv Sentre for forskningsdrevet innovasjon (SFI) og to av åtte Forskningsentre for miljøvennlig energi (FME) er relatert til *nanoteknologi og nye materialer*.

Finansieringen av NANOMAT har skjedd fra Kunnskapsdepartementet, Nærings- og handelsdepartementet, Fondet for forskning og nyskaping, Olje- og energidepartementet og den såkalte Orkla-gaven til grunnleggende forskning. Årlig budsjettvolum for NANOMAT har vært i underkant av 100 mill. kroner.

Forskningsrådets aktiviteter og bevilgninger

Perioden 2006–2009 (mill. kroner)

Nanoteknologi og nye materialer som hovedformål (målrettet satsing):

- NANOMAT: 365
- PETROMAKS: 44
- GASSMAKS: 26
- Strategisk universitetsprogram – materialer: 16
- Strategisk instituttprogram – materialer: 15
- Mikroteknologi: 10
- Strategisk instituttprogram – energi: 7
- FORNY: 4
- Andre: 15

Nanoteknologi og nye materialer inngår som muliggjørende teknologi:

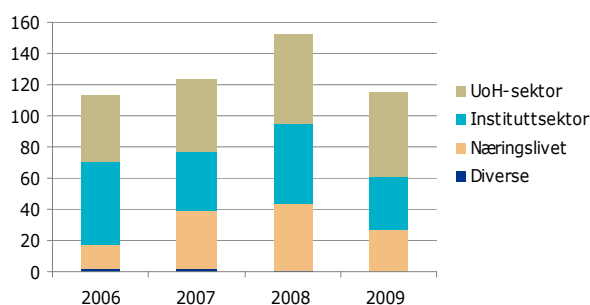
- BIA: 55
- RENERGI: 45
- Tungt utstyr/infrastruktur: 43
- FRINAT/FRITEK: 33
- CLIMIT: 32
- PETROMAKS: 30
- STORFORSK: 27
- Sentre for forskningsdrevet innovasjon (SFI): 24
- Grunnbevilgning teknologi: 18
- GASSMAKS: 14
- Frie prosjekter - fysikk: 12
- Andre: 81

Finansiering av Forskningsrådets aktiviteter og bevilgninger til *nanoteknologi og nye materialer*

Perioden 2006–2009 (mill. kroner)

- Kunnskapsdepartementet: 160
- Nærings- og handelsdepartementet: 145
- Fondet for forskning og nyskaping: 124
- Olje- og energidepartementet: 58
- Orkla-gaven: 10
- Andre: 7

Nanoteknologi og nye materialer - Målrettet innsats fordelt på sektorer (mill.kr)



¹⁴ Næringslivet rapporterer høye tall. Årsaken er trolig at begrepet nye materialer defineres mye bredere i næringslivet enn hva som er tilfellet i UoH- og instituttsektoren, hvor nye materialer i disse to sektorene er nær synonymt med funksjonelle materialer. I næringslivet kan f.eks. fornyelse av tradisjonelle produkter innenfor materialproduserende industri ha blitt rapportert i kategorien nye materialer. Innføring av nye definisjoner i forhold til rapporteringen vil bidra til mer korrekte tall. I 2007 ble det for næringslivet registrert en innsats på FoU innenfor nanoteknologi på 271 mill. kroner, mot 120 mill. kroner i UoH- og 100 mill. kroner i instituttsektor.

¹⁵ Årsrapport 2009. Forskningsrådet, april 2010

Funksjonelle materialer for bruk i fornybar energiteknologi var i fokus de første årene i NANOMAT. Eksempler er produksjon, lagring og bruk av hydrogen i brenselceller, nye membraner og energikonvertering. Funksjonelle materialer for IKT var et annet sentralt tema hvor resultatene ble tatt i bruk i industrien. Det ble også bygget opp ny kunnskap om nanostrukturerte materialer. For å få best mulige resultater ut fra tilgjengelige ressurser, ble det i den første fasen av NANOMAT satset på nasjonal koordinering og arbeidsdeling for å bygge sterke og robuste fagmiljøer, spesielt innenfor UoH- og instituttsektoren.

Beløpet som samlet har gått til UoH- og instituttsektoren har vært tilnærmet konstant gjennom årene 2006–2009. De største aktørene innenfor teknologiområdet er NTNU, UiO, SINTEF og IFE, men med økende aktivitet ved UiB over perioden. Et gjennomgående problem i norsk forskning er de små forskergruppene, deres kritiske avhengighet av nøkkelpersoner og manglende ressurser til å drifte og utnytte avansert vitenskapelig utstyr. Den nasjonale koordineringen som ble etablert i en tidlig fase av NANOMAT, har i den senere tid gitt betydelige incentiver for nasjonal koordinering av forskningsinnsats mellom både UoH- og instituttsektor samt mellom disse FoU-institusjonene og næringslivet.

Forskningsrådet har i 2006–2009 satset på oppbygging av kompetanse gjennom finansiering av 190 årsverk for doktorgradskandidater og 152 årsverk for postdoktorstipendiater i de målrettede satsingene på *nanoteknologi og nye materialer* gjennom forskerprosjekter, kompetanseprosjekter med brukermedvirkning og brukerstyrte innovasjonsprosjekter. 21 kandidater har avlagt sin doktorgrad i løpet av perioden. Flere kandidater i prosjekter finansiert i perioden 2006–2009 vil avlegge doktorgraden i 2010 og fremover. I tillegg har f.eks. NANOMAT hatt såkalte internasjonale postdoktorstipendier, der stipendiantene får finansiert 1-2 år i utlandet og 1 år ved forskningsinstitusjon i Norge. Generelt sett har kvinneandelen i NANOMATs aktiviteter vært høy¹⁶.

NANOMAT satset i den første fasen etter oppstarten i 2002 på oppbygging av grunnleggende kompetanse. Dette gjenspeiles i høy publiseringsfrekvens, også i høyt rangerte tidsskrifter som Nature, Physical Review Letter og Applied Physics Letters. I perioden 2004–2009 ble f.eks. over 900 artikler publisert i tidsskrifter med referee samt nesten 700 foredrag publisert fra internasjonale møter.

Antallet næringsaktører i NANOMAT har økt siden starten i 2002, og næringslivet har bidratt med nesten 180 mill. kroner til NANOMAT-relaterte prosjekter. For 2006–2009 har næringslivet investert 1,14 per krone for hver krone finansiert fra NANOMAT. Næringslivets investeringer er noe lavere enn for andre porteføljer i Forskningsrådet, men må tilskrives at *nanoteknologi og nye materialer* ennå er ungt. Det er søkt om / tatt ut 34 nye patenter fra den målrettede satsingen på *nanoteknologi og nye materialer* i 2006–2009, med flest de to siste årene. 44 nye produkter/prosesser/tjenester er utviklet, og syv nye bedrifter er etablert.

Sterke og robuste miljøer krever god rekruttering. Siden 2002 er det skjedd en gradvis oppbygging av studiene innenfor nanovitenskap og nanoteknologi på bachelor- og mastergradsnivå. Slik utdanning tilbys i dag ved NTNU, UiO, UiB og Høgskolen i Vestfold. Studiene har ofte hatt meget høye opptakskrav, og ser ut til å ha en positiv effekt på rekrutteringen til MNT-fagene generelt. De første kandidatene fra disse målrettede studiene uteksamineres i 2011. PhD-utdannelsen er et annet viktig rekrutteringstiltak. I 2009 ble det f.eks. startet en nasjonal forskerskole, "Nanoteknologi for mikro-teknologi", der det er tett kontakt og samarbeid med næringslivet. Denne er finansiert av Forskningsrådet.

¹⁶ I 2007 viser Forskningsrådets undersøkelse på alle prosjekttypene i NANOMAT at 11 % av antall prosjektledere er kvinner. I 2009 er denne kvinneandelen steget til 18 %. Kvinneandelen er 31 % for antall doktorgradsstipendiater i 2007, men stiger til 68 % i 2009. Tilsvarende tall for postdoktorstipendiater er 26 % i 2007 og 56 % i 2009. Denne stigningen er ikke et resultat av en målbevisst handling ved tildeling av prosjektmidler, men kan være et uttrykk for et større engasjement i teknologiområdet hos kvinner enn hos menn.

Forskningsutførende institusjoner på nanoteknologi og nye materialer

NTNU

- Sterke fagmiljøer innenfor f.eks. nanostrukturerede materialer, nanoteknologi for energi og miljø, funksjonelle materialer, nanoelektronikk, nanomagnetisme og nanofotonikk, bionanoteknologi/helse-relatert forskning / kreftterapi, komplekse materialers fysikk
- NTNU NanoLab etablert, med ca. 200 mill. kroner investert fra NTNU¹⁷, SINTEF, Forskningsrådet og andre
- Deltar i en del EU-prosjekter innenfor *nanoteknologi og nye materialer*
- To nye firmaer, Cerpotech og Memfoact, etablert fra forskningsmiljøene
- Deltar i SFI¹⁸ ene COIN sammen med SINTEF og InGap sammen med bl.a. UiO (mer info nedenfor)

SINTEF

- Sterke fagmiljøer innenfor f.eks. nanostrukturerede materialer, funksjonelle materialer, bionanoteknologi / helse-relatert forskning / kreftterapi, mikroteknologi, mikro- og nanomekaniske systemer, sensorer
- Etablert og drifter MiNaLab, der UiO også har en stor aktivitet. Ca. 250 mill. kroner investert i MiNaLab, både fra Forskningsrådet, SINTEF og UiO¹⁹
- Høy deltagelse i 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

- Sterke fagmiljøer innenfor funksjonelle materialer, spesielt rettet mot fornybar energi, komplekse materialers fysikk, bionanoteknologi / helse-relatert forskning / kreftterapi
- InGAP (SFI) sammen med NTNU, SINTEF, Borealis, Hydro, Statoil: Katalyse styrt fra nanoskala
- Deltar i noen EU-prosjekter, spesielt innenfor funksjonelle materialer mot energi
- Flere firmaer etablert, bl. a. NORECS, PROTIA, Baldur Coatings
- CAST (SFI) sammen med fire bedrifter: Nanopartikler i styrt medisinerings/kreftbehandling
- CCB (SFF): Nanopartikler i styrt medisinerings/kreftbehandling

IFE

- Sterke fagmiljøer innenfor nanostrukturerede materialer og funksjonelle materialer rettet mot energi og miljø, komplekse materialers fysikk
- 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, viktig for bl.a. grunnleggende materialvitenskap

Høgskolen i Vestfold

- Sentral node i Norwegian Centre of Excellence innenfor mikro- og nanoteknologi, med 20 industripartnere, SINTEF og myndigheter
- Viktig i medspiller i produktutvikling for lokal industri, som poLight og Sensoror Technologies

UiB

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

¹⁷ Teknisk Ukeblad, april 2010 <http://www.tu.no/industri/article240881.ece>

¹⁸ SFI: Senter for forskningsdrevet innovasjon, SFF: Senter for fremragende forskning, FME: Forskningscentre for miljøvennlig energi

¹⁹ <http://www.tu.no/nyheter/produksjon/article27691.ece>

Fler- og tverrfaglighet er en nødvendighet i dagens forskning og er vanlig i næringslivet. Et problemkompleks kan med fordel angripes med ulike bakgrunn, kompetanse og metodologi. Økt vekselvirkning trengs derfor mellom kjemikere og fysikere, ikke bare innenfor material- og nanoteknologi, men også på andre områder som vil bli viktige i fremtiden. Forskning i skjæringspunktet mellom nanoteknologi, bioteknologi og informasjonsteknologi vil f.eks. bidra til økt kunnskap for å utvikle nye sensorer til diagnose og medisinsk behandling.

Nasjonal kunnskap og infrastruktur har gjort norske forskere som arbeider med nanoteknologi og nye materialer mer attraktive i europeisk forskningssamarbeid i EUs rammeprogrammer. Forskningsrådet ser en tendens til at norske fagmiljøer lykkes best i anvendte prosjekter om spesielle tema, som fornybar energi og energilagring. Innenfor grunnleggende nanovitenskap og nanoteknologi har den norske suksessraten vært relativt lav, med noen få unntak som scorer høyt. I slike konkurransearenaer er det viktig først å oppnå internasjonal synlighet for deretter å kunne trekke til seg de beste internasjonale partnerne i kampen om prosjektstøtte.

5.2 Eksisterende kompetanse og infrastruktur

Den fokuserte satsingen på forskning innenfor *nanoteknologi og nye materialer* har pågått i mer enn åtte år, men det er fremdeles behov for å bygge opp ny kunnskap som i sin tur vil gi basis for næringsutvikling og for å adressere samfunnsutfordringene.

Nanovitenskap og nanoteknologi handler om å styre egenskaper til materialer og prosesser fra nano- via mikroskala frem til full skala. På områdene fornybare energiformer, energieffektivisering og CO₂-fangst, har Norge forskningskompetanse og næringsaktører som gjør seg internasjonalt gjeldende, og dette nasjonale fortrinnet bør spisses og utvikles videre. En forsterket satsing på nanoteknologi er f.eks. nødvendig for å oppnå økt virkningsgrad av solceller og lavere enhetskostnader, slik at solceller kan bli et reelt alternativ til fossilt brensel. Nanostrukturerte materialer er blant nøkkelkomponentene for realisering av hydrogensamfunnet gjennom produksjon, lagring og bruk av hydrogen i brenselceller, og for membraner i mange konsepter for CO₂-fangst og -lagring samt saltkraftverk. Lettere, sterkere og mer friksjonsfrie materialer innen vindkraft, bil-, båt- og flyindustrien gir betydelige gevinster i form av energieffektivisering. Slike materialer vil også gi fordeler innen olje- og gassindustrien.

Tradisjonelt har bioteknologi vært driveren for utvikling av medisin og helse. Dette er i ferd med å endre seg. *Nanoteknologi og nye materialer* bidrar i dag med helt nødvendig kunnskap for utviklingen av medisinsk utstyr og diagnostikk og grunnleggende kunnskap for forståelsen av sykdomsbilder og behandling. Hav og mat er andre nasjonalt viktige områder der *nanoteknologi og nye materialer* kan spille en stadig viktigere rolle, med utvikling av nye fiskevaksiner og innovativ matemballasje.

I 2008 gjennomførte en internasjonal ekspertkomité en evaluering av kjemiforskningen i Norge²⁰. Den viste at det gjøres god forskning med høy internasjonal standard der flere grupper er verdensledende på sine felt. Mange av disse gruppene er aktive innenfor bl.a. NANOMAT. Uorganisk kjemi og materialkjemi er fagområdene som kanskje står sterkest i Norge. Komiteen vurderer nanovitenskap til å være svakere utviklet, men forutsetningene for utvikling av fagfeltet er gode. Konkurransen er hard internasjonalt, og det vil derfor være nødvendig med sterkt lederskap og rekruttering av unge professorer internasjonalt for å kunne delta på denne arenaen. Oppfølgingen av kjemievalueringen anbefaler en forsterket satsing på nanovitenskap.

Den nylig gjennomførte fysikkevalueringen viser at norsk fysikk hevder seg bra²¹. Noen av fysikkmiljøene hadde flere grupper i det internasjonale elitesjiktet og med eksellent score.

²⁰ "Basic Chemistry Research in Norway: Evaluation. Division for Science, The Research Council of Norway, February 2009

²¹ "Basic Physics Research in Norway: Evaluation. Division for Science, The Research Council of Norway, February 2010

Mange av de miljøene som scorer høyest har fått betydelig finansiering gjennom NANOMAT og andre av Forskningsrådets programmer og øvrige aktiviteter.

FoU-aktørene i Norge satser langsiktig på nanoteknologi:

....."Vi vet jo ikke hva vi skal leve av i fremtiden. Det er bare å se 40 år tilbake i tid. Vi hadde ikke oppdrett og petroleum. Det er de to største eksportnæringene Norge har i dag. Jeg tror nano peker seg ut som en muliggjør. Det er derfor vi har brukt 145 millioner kroner av sparepengene våre på en nanolab", sier NTNU-rektor Torbjørn Digernes.¹⁷

Oppfølgingen av infrastruktur i nanoVT-strategien innebar investeringer i instrumenter, metodekompetanse og renromslaboratorier. Dette har skjedd gjennom institusjonenes egne satsinger og Forskningsrådets satsing på infrastruktur, hittil omtrent 500 mill. kroner. Dette viser at forskningsaktørene satser og tror på denne teknologien.

Nylig ble det nasjonale nanolaboratoriet, som er en sammenslutning av NanoLab ved NTNU, MiNaLab ved SINTEF/UiO og MSTLab ved Høgskolen i Vestfold, finansiert med ca. 70 mill. kroner²². Aktørene satser selv flere hundre mill. kroner på prosjektet. Samarbeidsprosjektet er svært godt forankret i de sentrale vitenskapelige miljøene og støttes av både etablerte industribedrifter og små og mellomstore bedrifter med forskningsbehov innenfor nano- og mikroteknologi.

5.3 Verdiskaping i næringslivet

Norske industribedrifter har i dag kompetanse og FoU-virksomhet innenfor flere områder av nanoteknologi og nye materialer. De har tatt kunnskapen i bruk for å forbedre dagens produkter og oppnå prosesser som bruker mindre energi og mindre råstoffer. Oversikten i tabellen under er basert på åpent tilgjengelig informasjon og direkte kontakt med bedriftene og gir et tverrsnitt av aktivitetene i næringslivet.

Eksempler på norske bedrifter med FoU innenfor nanoteknologi og nye materialer

(s = stor aktør, m = mellomstor, l = liten)(tabellen kan bli revidert)

Områder	Eksempler på bedrifter
<i>Tematiske områder</i>	
Energi og miljø	
- Fornybar energi	Elkem Solar (s), REC (s), Statkraft (s), Scatec/NorSun (m), Aqualyng (m), HyCore (l), KeraNor (l), Cerpotech (l), Norsk Solkraft (l), Isosilicon (l), Aventa (l), Protia (l), Miljøbil Grenland (l), Prototech (l)
- Katalyse og energi	Statoil (s), Borealis (s), Yara (s), INEOS Norge (s), K. A. Rasmussen (m)
- Miljø/gassrensing	Statoil (s), Memfoact (l)
IKT, inkl. mikrosystemer, nanoelektronikk og sensorer	Tomra (m), Nordic Semiconductor (m), Chipcon (nå en del av Texas Instruments (s)), Norspace (m), SensoNor (m), Aptina (l), Energy Micro (l), Novelda (l), NorChip (l), poLight (l), Conpart (l), Biomolex (l)
Helse og bioteknologi	GE Healthcare (s), Nycomed (s), FMC Biopolymer (s), Invitrogen Dynal Biotech (m), Snøgg (l), LifeCare (l), PCI Biotech (l), Vaccibody (l), Gentian (l)
Hav og mat	Elopak (s), Tine (s), Nortura (s), Mills (s)
<i>Kompetanseområde</i>	
Nanostrukturerte materialer, nanorør, nanokjegler og nanopartikler / nye materialer	Alcoa (s), Borregaard (s), Dynea (s), Borregaard (s), Borealis (s), Jotun (s), Elkem (s), Hydro (s), Reichhold (s), Ineos (s), Sødra Cell Tofte (s), Swix (m), Madshus (m), Tommen Gram Folie (m), Prototech (l), Nor-X Industries (l), Abalonyx (l), n-TEC (l), Carbon Cones (l), HyBond (l), Carbontech Holding (l)

²² Mikroteknologi var et vanlig begrep da flere av disse laboratoriene ble planlagt. Grensen mellom mikroteknologi er nå i ferd med å bli visket ut, siden alt blir mindre for å oppnå større ytelse per arealenheter.

Eksempler på industriell gevinst

Jotun har tatt i bruk nanoteknologi og utviklet nye malinger med mindre innhold av løsningsmidler, samtidig som produktegenskapene er bedre.

Conpart bruker nanoteknologi til å gjøre gullbelagte polymerpartikler hardere. Disse partiklene kan brukes både som lim og for å gi avstand mellom komponenter i elektronikkindustrien

Bedrifter innenfor nanostrukturerte materialer utgjør den største gruppen. Her er veien relativt kort fra ny teknologi i laboratorieskala til industriell bruk i dagens produkter. De aktive bedriftene spenner fra oppstartsfirmaer som Abalonyx, via mellomstore firmaer som SensoNor, opp til store som Statoil, Hydro og Jotun.

Forskning og utvikling på *nanoteknologi og nye materialer* har allerede gitt viktige bidrag til store eksportrettede næringer i Norge. Eksempler her er metall-, kjemisk og vareproduserende industri samt olje- og gassindustrien som i 2008 eksporterte for nærmere 1 000 milliarder kroner. I et internasjonalt marked er det viktig å opprettholde konkurransekraft. En videre satsing på *nanoteknologi og nye materialer* bør støtte dagens industri, samtidig som nye bedrifter og nye forretningsområder i etablerte bedrifter gis muligheter til å vokse. To av de mest kritiske flaskehalsene i en slik forsterkning og oppbygging av næringslivet, er tilgang på kvalifisert personell og tiltak for å korte tiden fra resultater i laboratoriet til produkter i markedet.

I et prosjekt ved Handelshøyskolen BI i 2008, ble det vurdert hvordan fremtidig verdiskaping fra nye nanoteknologibedrifter kunne sikres. Datagrunnlaget omfattet NANOMAT-prosjekter der industrien deltok med finansiering. BI foreslo at Forskningsrådet og andre deler av virkemiddelapparatet burde starte et Oslo NanoCluster, med Oslo Cancer Cluster (OCC) som modell. OCC er etablert innenfor kreftforskningen for å kunne gi nyetablerte bedrifter støtte i oppbyggingsfasen og har medlemmer fra hele Skandinavia. En ny tilsvarende analyse av nanoteknologibedrifter viser fremdeles et tyngdepunkt rundt Oslo/Akershus/Buskerud.

Nanoteknologiene representerer store muligheter til å fremstille materialer med forbedrede egenskaper, men i dag kjenner vi ikke effekten av alle materialer i nanoskala. Slike effekter må klarlegges bedre for at nanoteknologiene kan få en stor industriell anvendelse og bredere aksept i samfunnet. For noen år siden ble begrepet "nano" benyttet som et konsept i markedsføringen av produkter for å oppnå økt oppmerksomhet og økt salg. Usikkerheten rundt helse- og miljøkonsekvenser for enkelte av nanoproduktene har ført til at bruken av ordet nano i markedsføringen er tonet ned de siste årene.

Denne statusen for *nanoteknologi og nye materialer* viser:

- Flere programmer i aktiviteter i Forskningsrådet har *nanoteknologi og nye materialer* som hovedformål med sin virksomhet, med over 500 mill. kroner i perioden 2006–2009. Allerede er *nanoteknologi og nye materialer* etablert som en muliggjørende teknologi i andre programmer/aktiviteter og utgjør nesten 420 mill. kroner i samme periode.
- Industriens satsing på nanoteknologi og nye materialer er fremdeles i startfasen, selv om mange norske industribedrifter begynner å ta denne teknologien i bruk.
- Større potensialer enn i dag kan hentes ut ved fortsatt å bygge opp ny kunnskap gjennom satsing på grunnleggende forskning, avansert infrastruktur, samordning og strategisk styring.

6 Innspill om nanoteknologi og nye materialer for de store samfunnsutfordringene

Forskning er nødvendig for å møte de store globale utfordringene. Nanovitenskap, nanoteknologi, nye materialer og mikroteknologi er særlig aktuelt for økt tilgang på miljøvennlig energi, energi-effektivisering, klimatiltak og tiltak for økt helse og livskvalitet. Området vil også spille en rolle innenfor matvareproduksjon og matvaresikkerhet.

Forskningsmeldingen påpeker at forskningen skal skape resultater som bidrar til å løse de store samfunnsutfordringene, herunder utvikling av et bærekraftig kunnskapsbasert næringsliv. Dette er også trender som gjør seg gjeldende internasjonalt.

NANOMAT har, i nært samspill med aktørene, bidratt til å bygge nasjonal kompetanse innenfor *nanoteknologi og nye materialer*. På enkelte felter har Norge utviklet kunnskap på høyt internasjonalt nivå (fornybare energiformer og tiltak mot klimagasser). På andre felter er *nanoteknologi og nye materialer* mindre utviklet og krever fortsatt bygging av grunnleggende kompetanse før direkte nærings og samfunnsresultater kan høstes (helse/bionanoteknologi, HMS). Kunnskap om de ulike utviklingsfasene innenfor *nanoteknologi og nye materialer* er nødvendig for å kunne legge planer for veien videre.

Veien videre 2020:

- Åpen dialog for å peke ut prioriterte forskningsområder innenfor nanovitenskap, nanoteknologi, nye materialer og mikroteknologi.
- Sammenstilling av innspill, nasjonal og internasjonal informasjon og trender.
- Innspill til Forskningsrådets budsjettforslag for 2012.
- Målet er en fornyelse av Forskningsrådets aktiviteter innenfor *nanoteknologi og nye materialer* for perioden 2012–2020.

www.veienvidere2020.no

Forskningsrådet inviterte til en åpen dialog med sentrale norske aktører for innspill på hva Norge bør prioritere forskningsmessig innenfor *nanoteknologi og nye materialer* for å møte samfunnsutfordringene. Over seksti ressurspersoner ved universitetene og forskningsinstituttene, utvalgte bedrifter, forvaltningsorganer og interesseorganisasjoner ble invitert. I etterkant arrangerte Forskningsrådet et dialogmøte med over 50 deltakere fra de samme interessegruppene.

Under gis en kort oppsummering av innspillene og dialogen. Vurdering av innspill og dialog og hvordan dette kan implementeres, gis i kapittel 7.

6.1 Samfunnsrelevante forskningstemaer

Fornybar energi, energieffektivisering og helse går igjen i innspillene. Andre globale utfordringer, som rent vann, effektiv bruk av naturressurser, bærekraftig matvareproduksjon samt CO₂-fangst og miljøovervåking, blir også trukket frem. I tillegg påpekes behovet for å utvikle analyseinstrumenter, metoder og modeller for å forutsi konsekvenser av nanopartikler og nanomaterialer på helse og miljø, og å utvikle kunnskap for politikkutforming innenfor lovgivningen.

6.2 Hvordan best møte samfunnsutfordringene, i dag og i morgen?

Forholdet mellom grunnleggende og næringsrettet forskning

Innspillene er klare på at det bør være en balanse mellom næringsrettet og grunnleggende forskning, mellom korte og lange perspektiver og mellom ulike temaer. Forskningen må settes inn i en ramme rundt globale utfordringer. Det må legges til rette for en grunnleggende kunnskapsutvikling og beredskap, bl.a. via gode utdanningsløp som ivaretar morgendagens samfunnsutfordringer og kunnskapsbaserte næringsliv. Det fremheves at *nanoteknologi og nye materialer* krever tunge investeringer i laboratorier, vitenskapelig utstyr og kompetanseutvikling.

Nasjonal koordinering og arbeidsdeling er helt avgjørende for å lykkes på internasjonalt toppnivå. Ideen om å bygge "landslag", er synlig i svarene. Nettverk trekkes frem som er et godt virkemiddel for å støtte opp om samarbeid, arbeidsdeling og konsentrasjon.

Innovasjon

Næringslivets representanter påpeker at verdiskaping krever mer enn kunnskap. Ideene må forankres i økonomisk virksomhet. Det kreves innovasjon og vilje til å lykkes kommersielt. Det er viktig å videreutvikle og utnytte områdene hvor Norge har naturgitte fordeler eller kan basere forskning og innovasjon på sterke industrimiljøer. Av fortrinn som trekkes frem, er et bredt materialteknologisk miljø, sterk havbruksnæring, naturressurser som olje og gass, jordbruk, skogbruk, kull og mineraler samt økende ekspertise innenfor CO₂-fangst.

Næringslivet etterlyser insentiver og virkemidler som kan ta *nanoteknologi og nye materialer* fra "lab til industri". Innspillene er tydelige på at forskning i nytt næringsliv bør prioriteres på lik linje med forskning innenfor etablert næringsliv. Tett samarbeid mellom de beste forsknings- og innovasjonsintensive industribedriftene og universitetsmiljøene er viktig. Sentre med stabile eksperter (ingeniører og forskere) kan være nødvendig for å oppnå de beste resultatene innenfor både akademisk og industriell forskning. Også viktigheten av å få frem et godt tverrfaglig samarbeid mellom nasjonale miljøer, både innenfor naturvitenskap/teknologi og samfunnsvitenskap/humaniora, påpekes.

Robust teknologiutvikling

Innspillene er tydelige på behovet for en robust teknologiutvikling. Det er behov for et produktivt samvirke mellom forskning og samfunn (ELSA) og betydelig forskning knyttet til helse, miljø og sikkerhet/risiko (HMS), samt at forskningen kan bidra til å gi en basis for politikkutvikling og regulativ lovgivning på området.

En **samfunnsmessig robust teknologiutvikling** skjer i et samvirke mellom forskning og samfunn hvor et mangfold av synspunkter diskuteres i det offentlige rom. Det kan være forsvarlig håndtering av risiko og usikkerhet i teknologiutviklingen eller det å bygge beredskap med reguleringer og lovgivning.

Foreløpig er det stor mangel på kunnskap om mulige effekter av nanomaterialer på helse og miljø, herunder et betydelig gap i analysemetoder for å måle og identifisere nanomaterialer.

Robusthet og samfunnsperspektiver kobles mer og mer inn i forskningsstrategiene for *nanoteknologi og nye materialer*. Det påpekes at behovet for internasjonal dugnad øker. Usikkerhet, spesielt koblet til nanoteknologi, vises når enkelte land i perioden har diskutert moratorium for nanoteknologi.

Det påpekes behov for å integrere forskning på robusthet, risiko og konsekvenser som en del av teknologiutviklingen, f.eks. i store prosjekter og infrastruktursentre. Næringsliv og andre

interessenter bør involveres. Forskning knyttet til mulige negative konsekvenser av nye materialer fordrer en tverrfaglig tilnærming. Forskningsrådet oppfordres til å stimulere til tverrfaglig forskningsaktivitet basert på føre-var-prinsippet, kretsløpstankegang, bærekraftig utvikling, økodesign og livssyklusvurderinger.

Bærekraftig industri

En samfunnsmessig robust teknologiutvikling er også en forutsetning for verdiskaping. På dette området er innspillene helt tydelige. De prioriterte FoU-temaene sammenfaller i vesentlig grad med dem som kom frem under samfunnsutfordringene. Spesielt innenfor energi og miljø, fornybar energi og energieffektivisering, har Norge i dag stor aktivitet, og denne bør utvikles videre. Miljøteknologi er et annet sterkt næringsområde der det bør satses mer.

Innenfor helse er det færre, men like fullt sterke, miljøer, f.eks. innenfor medisinsk utstyr, sensorer og diagnostikk. Dette næringslivet bør utvikles videre.

IKT-industrien i Norge har en sterk posisjon og har hatt hovedfokus på komponenter, sensorer, systemer og prosesser basert på mikroteknologi. Denne industrien er nå på vei inn i nanoteknologien og nanoelektronikken. Innspillene påpeker at det bør satses på nye målemetoder, miniatyrisering og sensorteknologi. Videre påpekes teknologiområdenes betydning for næringsrettet virksomhet innenfor havbruk, skogbruk og for emballasjeprodusenter.

Internasjonalisering

Norge har sterke kunnskapsmiljøer innen materialteknologi som gir tiltrekningskraft på internasjonale fagmiljøer og øker tilfanget av viktig kompetanse og kunnskap både til industrien og forskningen. God teknisk støtte etterspørres for et effektivt arbeidsmiljø for besøksforskere og bedre relasjoner til lokale forskere.

Samarbeidet innenfor EU-rammeprogrammene har ifølge innspillene vært vellykket og nyttig og bidratt til kvalitetsheving av norsk forskning. Internasjonalisering basert på samarbeid mellom UoH-/instituttsektor og næringsliv foreslås utvidet til andre geografiske områder, som f.eks. Japan, USA, Canada, Kina, India og eventuelt Australia.

Rekruttering

Behovet for og viktigheten av rekruttering trekkes også frem i så å si alle innspillene. Rekruttering av studenter til realfagene er en velkjent utfordring, og utfordringene på *nanoteknologi og nye materialer* må sees i lys av dette. Nasjonale tiltak for å møte den generelle realfagsutfordringen vil derfor være viktige også for å sikre riktig forskerkompetanse på vårt teknologiområde. Næringslivet påpeker samtidig viktigheten av å ha god tilgang på kandidater med høyeste kompetanse innenfor *nanoteknologi og nye materialer*. Dette er også nødvendig for at næringslivet i ennå større grad skal kunne samarbeide tett med akademia og ta i bruk ny kunnskap for å styrke verdiskaping og nasjonal konkurransekraft.

6.3 Hva er nytt i forhold til NanoVT-strategien?

Innspillene er i alt vesentlig sammenfallende med foreslåtte forskningstemaer i NanoVT-strategien fra 2006. For funksjonelle materialer finnes ikke en tilsvarende strategi, ei heller for området mikro-teknologi.

I forhold til NanoVT-strategien fra 2006, vektlegger innspillene samfunnsmessig robust teknologi-utvikling langt mer. NANOMAT har bevilget tre prosent i perioden 2002–2010 (til ELSA/HMS). Innspillene foreslår at ca. ti prosent av budsjettet for en eventuell ny satsing går til robust teknologi-utvikling. Også næringslivet er tydelig på dette behovet. Nasjonalt og internasjonalt utvikler nanoteknologien seg langt raskere enn lovgivningen og kunnskapen om mulige uheldige sideeffekter. Dette kan bli et hinder for at næringslivet skal ta i bruk nanoteknologi. Andre områder som fremheves sterkere i innspillene enn i 2006–strategien er energieffektivisering og mer bærekraftig utnyttelse av råstoffer, såkalt ”grønn” økonomi.

Globale utfordringer, som teknologi for tilgang på rent vann, løftes sterkere frem denne gang. Innspillene peker også på større behov for tverrfaglig forskning og tettere kopling mellom næringsrettet og grunnleggende forskning.

Innspillene er videre veldig klare på behovet for moderne infrastruktur. Kostnadene må fordeles ved nasjonalt samarbeid mellom sentrale aktører og internasjonal deltagelse der dette er mulig.

Innspillene på *nanoteknologi og nye materialer* viser fremdeles behov for:

- Satsing både på grunnleggende og næringsrettet FoU
- Nye virkemidler for å kunne ta kunnskap fra lab til industri
- Ny kunnskap for å møte dagens og morgendagens utfordringer gjennom satsing på etiske, juridiske, samfunnsmessige, og helse/miljø/sikkerhetsmessige aspekter (ELSA/HMS) og tverrfaglighet
- Sikre rekruttering av godt utdannede kandidater

7 Veien videre – utfordringer og muligheter for fremtidig satsing på nanoteknologi og nye materialer

Forskningsmeldingen peker på viktige elementer når *nanoteknologi og nye materialer* skal danne grunnlag for en fremtidig bærekraftig næringsutvikling som kan bidra til å løse fremtidens store samfunnsutfordringer.

Fra Forskningsmeldingen, side 61:

Norge er en stor produsent og avansert bruker av materialer. Førstehåndskunnskap om produksjonsteknologi, videreforedling og bruk av ulike materialer er en forutsetning for å kunne opprettholde en konkurransedyktig råvareproduksjon. Innovasjoner knyttet til nanoteknologi og nye materialer er svært ofte en forutsetning for framskritt innenfor områder som transport, mobilitet og kommunikasjon, helse, velferd og livsstil, bygg og anlegg, IKT, bioteknologi, olje- og gassproduksjon, havbruk, miljø, resirkulering og fornybar energi. Eksempelvis er grunnleggende forskning og innovasjon innenfor nanoteknologi en forutsetning for utvikling av materialer med økt effekt

innen solenergi, brenselceller, batterier, vindkraft og annen fornybar energi.

Norge har forskningskompetanse og næringsaktører som gjør seg internasjonalt gjeldende, og dette nasjonale fortrinn bør spisses og utvikles videre. Samtidig som det er viktig å legge forholdene til rette for forskning og utvikling for å kunne utløse dette store teknologiske og økonomiske potensialet, er det også nødvendig å forske nærmere på mulig risiko for helse og miljø. Det er for eksempel knyttet stor usikkerhet til hvilke negative helse- og miljøeffekter nanoteknologi og nanomaterialer kan ha. Når et materiale foreligger på nanonivå kan det ha helt andre fysiske og kjemiske egenskaper enn samme materiale i større form.

7.1 Samfunnet som medspiller

Forskningen innenfor *nanoteknologi og nye materialer* har direkte virkninger på samfunnet. Dette gjør det nødvendig å arbeide med forskningens legitimitet og ansvar i et samspill med ulike samfunnsaktører. En konstruktiv samfunnsdialog, med nye og åpne styringsmodeller, er viktig. Forskningsprosessene må være åpne for innsyn og medvirkning rundt valgene som tas og premissene for forskningen. En hovedutfordring er å få forskersamfunnet til å invitere til dialog på måter som gjør det mulig og interessant for andre sentrale samfunnsaktører å engasjere seg.

Ny kunnskap om nanoteknologi vil gi beslutningstakerne et bedre utgangspunkt for å utforme en politikk som tar hensyn til muligheter og trusler og bidrar til at viktige verdivalg knyttet til teknologiutviklingen er forankret i befolkningen og er etisk, helsemessig og miljømessig velfunderte. Den vil også sikre at teknologiutviklingen og fremtidig bruk av ny teknologi får aksept i samfunnet.

7.2 Verdiskaping og næringsutvikling

Nanoteknologi og nye materialer forventes å være en bærebjelke i fremtidens kunnskapsbaserte økonomi. Et av verdens fremste rådgivningsselskaper innen finans, amerikanske Merrill Lynch, sier at nanoteknologi kan bli den neste industrielle revolusjonen, på lik linje med hva som skjedde da

The Merrill Lynch Nanotech Index 2007

”tracks the young industry's shaky trajectory. The gradient's pretty flat at the moment, but when the R&D breakthroughs start coming; super-strong lightweight materials, solar energy 100 times cheaper than today, methods to split water with sunlight to produce energy, improved drug delivery, super-fast computers, fresh drinking water for all - the world will be a better place and the floodgates of private investment will open.”

Disse mulighetene gjelder fremdeles i 2010.

tekstilindustrien, bilindustrien og dataindustrien ble startet. De mener nanoteknologi vil bli en viktig del av verdensøkonomien i dette århundret.

Merrill Lynch og andre analytikere sier likevel klart at foreløpig er bidraget fra nanoteknologi på global verdiskaping moderat, og en skal være forsiktig med å "hype" teknologiens betydning. Før den tar av, kreves fortsatt grunnleggende FoU-gjennombrudd.

Per juli 2010 er over 1 000 produkter for vanlig forbrukere registrert som nanoteknologiske²³. Antall produkter er økt kraftig fra i overkant av 50 i 2005. Norge har bare et fåtall registrerte i denne statistikken (f.eks. sportsutstyr).

Forskningsmeldingen fra 2005 fremhever ambisjonen om at Norge skal bli en ledende forskningsnasjon innenfor ny teknologi, kompetanse og kunnskap. Meldingen fra 2009 gjentar at *nanoteknologi og nye materialer* er viktig for å utvikle et kunnskapsbasert næringsliv i hele landet. Den påpeker videre at samhandlinger mellom teknologiene bio, nano og IKT har innovasjonspotensialer utover det som hittil er realisert.

Nanoteknologi/mikroteknologi og nye materialer utgjør allerede en gryende næring i en rekke land, slik som omtalt i OECDs Working Party Nanotechnology²⁴. For ikke å tape ytterligere terreng i forhold til mange av de land vi konkurrerer med, bør det fortsatt være en prioritert oppgave å utvikle målrettede virkemidler for finansiering av FoU innenfor *nanoteknologi og nye materialer*. En aktuell løsning for å lykkes bedre i å bringe teknologiene raskt fra lab til marked, er å etablere nasjonale anvendelses- og infrastruktursentre.

Norsk næringsliv kjennetegnes av en næringsstruktur med relativt liten FoU-innsats innenfor råvare-, energi- og vareprodusentsegmentet. I motsetning til våre nordiske naboland, mangler Norge et bredt FoU-basert næringsliv med fokus på forskningstunge, fremtidsrettede produkter innenfor f.eks. medisin og elektronikk. Et annet karakteristisk trekk er at vi i større grad mangler de virkelig store bedriftene innenfor kunnskapsbaserte og fremtidsrettede næringer. Disse virker ofte som "lokomotiver" for næringen og for klynger av små bedrifter rundt dem. De andre nordiske landene har f.eks. Nokia i Finland, Novo Nordisk i Danmark og AstraZeneca i Sverige.

Forskjellen i næringsstruktur gjenspeiler seg i næringslivets andel av FoU, som er lavere i Norge enn i våre naboland. Insentiver som stimulerer næringslivet til å øke sin egen FoU-innsats, som f.eks. i Forskningsrådets brukerstyrte programmer og andre aktiviteter, kan bidra til dette. Også andre insentiver bør vurderes.

Kartlegging av produksjon, import og bruk av nanoteknologiske produkter i Norge

Mange ulike produkter som inneholder nanomaterialer er allerede kommet på markedet. Dette inkluderer produkter som klær og tekstiler (ulltøy, sko og fritidsklær), kosmetikk (maskara, solkremer), hygieneartikler (plaster, tannbørster, smokker), sportsutstyr (ski, støvler, skismøring), vask og overflatemidler (billepleie- og vaskemidler, spray for impregnering av ytterklær, produkter til behandling av glass, fliser, rustfritt stål og andre overflater).

Norsk næringsliv har økt sitt engasjement innenfor *nanoteknologi og nye materialer* de siste ti årene, både i utvikling av nye løsninger og sluttprodukter. Fortsatt er likevel andelen beskjeden og bidrar lite til verdiskaping. Det er grunn til å anta at funksjonelle materialer og mikroteknologi per i dag bidrar mer til norsk verdiskaping enn hva nanoteknologi gjør. En utfordring med å tallfeste verdiskapingen, er at nanoteknologibaserte råvarer og mellomprodukter ofte inngår i selve produksjonsprosessene, uten at dette er synlig for kunden som kjøper sluttproduktet.

For å utvikle en bærekraftig industri bør Norge utnytte nasjonale ressurs- og kompetansefortrinn. Sentrale områder er fornybar energi, klima, energieffektivisering og effektiv utnyttelse av råvarer, i tillegg til komponenter, sensorer, systemer og prosesser basert på mikro- og nanoteknologi. *Nanoteknologi og nye materialer* kan få stor betydning for økt verdiskaping i prosessindustrien, olje- og gassindustrien og for materialprodusentene. Nanostrukturerte materialer er for eksempel aktuelle for disse industriene. *Nanoteknologi og nye materialer* bidrar i dag med nødvendig kunnskap for områdene medisinsk utstyr og diagnostikk, og grunnleggende kunnskap for å forstå sykdomsbilder og behandle sykdommen.

²³ Nanotechnology project - Statistics per July 2010 <http://www.nanotechproject.org/inventories/consumer/>

²⁴ <http://www.oecd.org/dataoecd/59/9/43179651.pdf>

På sikt vil *nanoteknologi og nye materialer* få betydning for havbruk og skogbruk, særlig med hensyn til bedre og mer effektive mærer i oppdrettsanlegg og sykdomskontroll innenfor oppdrettsnæringen samt innenfor forbedret emballasje for matvarer.

Like viktig som å utnytte Norges konkurransefortrinn, er det å stille krav til internasjonalt samarbeid i alle ledd der det er hensiktsmessig. Forholdene må legges bedre til rette for internasjonalt forskningssamarbeid, gjerne ved at internasjonalt næringsliv etablerer forskning i Norge.

En utfordring for *nanoteknologi og nye materialer* er overgangen fra laboratoriefasen gjennom pilotskala frem til industriell produksjon. Her må mange hindre passeres før næringspotensialet kan utnyttes fullt, ikke minst for sikker bruk av nanomaterialer og nanopartikler i storskala produksjon. Det er også viktig å få avklart om nye produkter kan gi negative effekter gjennom hele sitt livsløp, enten det er på produsenter, forbrukere eller miljøet rundt oss. Her ligger reguleringer og lovverk ofte bak kunnskapsfronten og næringsutviklingen. Industrien vil til en viss grad vegre seg for å ta nanobaserte produkter i bruk så lenge disse spørsmålene i så liten grad er klargjort. Både industrien og forskningsmiljøene ønsker mer forskning for å avdekke usikkerhetene, slik at en robust og bærekraftig næringsutvikling kan finne sted. Internasjonalt håndteres disse problemstillingene bl.a. gjennom OECDs Working Party Manufactured Nanomaterials, der Norge er medlem.

Den største økningen av verdiskapingen skjer ved trinnvise forbedringer. Norsk industri har i liten grad evnet å ta frem radikalt nye produkter, med unntak av enkelte områder innenfor fornybar energi. Fremover vil den største verdiskapingen fortsatt skje i næringene hvor *nanoteknologi og nye materialer* allerede har nådd en viss utbredelse. På lengre sikt må forholdene legges til rette for at en større andel av næringslivet tar *nanoteknologi og nye materialer* i bruk, spesielt i skjæringsfeltet mellom bio, nano og IKT (kapittel 6). Veien videre for *nanoteknologi og nye materialer* må derfor gi muligheter til å satse både på det kortsiktige og dagens næringsaktører, og samtidig ha et langsiktig perspektiv mot fremtidens kunnskapsbaserte næringsliv.

I prosessen Veien videre 2020 er næringsaktørene tydelige på at den viktigste faktoren er humankapital. Fremtidens næringsliv skapes av dagens utdanningskandidater. Det illustrerer hvor tett verdiskaping og grunnleggende kunnskapsutvikling er vevd sammen.

7.3 Teknologiens "push" / markedets "pull"

Etableringen av NANOMAT skulle dekke et kunnskaps- og teknologibehov innenfor funksjonelle materialer, koblet til nanovitenskap og nanoteknologi (kapittel 2). Drivkraften var å bygge opp nasjonal kompetanse på internasjonalt toppnivå innenfor utvalgte områder og å bidra til økt verdiskaping. Satsingen var teknologidrevet og teknologioptimistisk. Forskere og teknologer har gitt lovnader om betydelig næringsvirksomhet "bare det satses med offentlige midler på mitt fag-område". Denne tilnærmingen vil bare gi resultater når teknologien utvikles i nært samspill med samfunn og marked, altså har en robust og bærekraftig plattform. Fremtidens industrielle vinnere er de som klarer å kombinere innovativ teknologiutvikling i tett samspill med samfunn og forbrukere. En videre satsing på *nanoteknologi og nye materialer* bør i større grad møte samfunnets behov for bærekraftige innovasjoner. Basert på disse behovene kan fremtidens teknologi- og kunnskapsutvikling i stor grad defineres.

Nanoteknologi og nye funksjonelle materialer gir mulighet for attraktive egenskaper og ny funksjonalitet, noe forbrukerne etter hvert er blitt klar over og er villige til å betale for. Et eksempel er skismøringer basert på nanostrukturer som selger godt til tross for meget høye priser. Det er all grunn til å anta at både næringslivet selv og forbrukerne vil etterspørre slike produkter med store forbedringer i egenskaper, selv når prisene er meget høye. Dagens norske næringsliv er til dels langt fra sluttbruker der potentialet for høy verdiskaping er størst. Satsing innenfor *nanoteknologi og nye materialer* er viktig for at næringslivet kan utnytte de nye mulighetene som ligger i å ta i bruk nanoteknologi og nye materiale for utvikling av nisjeprodukter med høy fortjeneste.

7.4 Klynger

Mange av industriaktørene har for liten kunnskap om hvordan *nanoteknologi og nye materialer* kan hjelpe nettopp deres bedrift. Her kreves mer informasjon og dialog, og ikke minst tiltak hvor næringslivet får mulighet til å jobbe i tett prosjektsamarbeid med de fremste forskningsmiljøene i Norge og internasjonalt. Offentlige virkemidler bør i større grad rettes mot bransjer og klynger av bedrifter. Det bør i større grad utvikles kunnskap som kommer en hel næring til gode.

Møreforsk har på oppdrag fra Forskningsrådet analysert addisjonalitet og hvordan tilslag av forskningsmidler har påvirket bedriftens forskningsaktivitet. Et typisk trekk i bedriftene som NANOMAT har støttet, er en lav spredning av FoU-resultater mellom bedriftene og lite FoU-samarbeid bedriftene i mellom. Her trengs nye grep for å stimulere til økt samarbeid, f.eks. klynge-dannelser. Oslo Cancer Cluster innenfor kreftforskning og bioteknologi er et eksempel på et velfungerende nettverk (se også kapittel 4.2). Et annet er NODE-initiativet på Sørlandet der leverandørindustrien til olje- og gassektoren samarbeider. Bedriftene har inngått et slagkraftig, langsiktig samarbeid på flere områder og kan gi hverandre ”drahjelp”.

Tverrfaglighet og samhandling mellom ulike aktører, være seg offentlige eller private, nasjonale og internasjonale, er regnet som en viktig suksessfaktor innenfor forskning og næringsutvikling og inngår ofte som konkrete kvalifikasjonskriterier i mange virkemiddelprogram. I klyngene kan forskningen og teknologiens muligheter møte markedets behov i fysiske eller virtuelle nettverk. I en fremtidig satsing på nanoteknologi og nye materialer kan det være aktuelt å teste ut ideen med et ”Nanocluster” for aktuelle partnere fra næringslivet.

7.5 Infrastruktur, koordinering og rekruttering

Forskning på *nanoteknologi og nye materialer* er helt avhengig av moderne vitenskapelig utstyr. Mye av utstyret er svært kostbart i anskaffelse og drift, noe som vil begrense antall tunge nanoteknologi-laboratorier i Norge. Tidligere er det investert over 100 mill. kroner på infrastruktur og koordinering innenfor *nanoteknologi og nye materialer* ved norske FoU-institusjoner. De største investeringene er til SINTEFs MiNaLab og til NTNUs NanoLab. De ca. 70 mill. kronene som nylig ble bevilget til NanoLab ved NTNU, MiNaLab ved SINTEF/UiO og MSTLab ved Høgskolen i Vestfold i fellesskap er et vesentlig bidrag til den nasjonale oppbyggingen av utstyr (se kapittel 5.2). For å sikre effektiv bruk og utnyttelse av denne og annen etablert infrastruktur er det viktig at Forskningsrådet viderefører en rettet satsing på *nanoteknologi og nye materialer*. I tillegg vil det være behov for en videre opptrapping av nasjonale og lokale utstyrsinvesteringer, som til dels vil kreve tett koordinering mellom institusjonene. Investeringene vil være avgjørende for at norske forskningsmiljøer kan være med i den internasjonale konkurransen innenfor nanovitenskap, nanoteknologi og mikroteknologi, samt å kunne tilby unike laboratoriefasiliteter for norsk industri.

Forskningsrådet har nylig publisert et nasjonalt veikart for infrastruktur. Veikartet skal synliggjøre store og viktige forskningsinfrastrukturer som er avgjørende for å nå forskningspolitiske mål, løse viktige samfunnsutfordringer og legge grunnlaget for ny viten. Veikartet viser bl.a. til fremtidige investeringsbehov innenfor transmisjonselektronmikroskop (TEM). TEM er et av materialforskerens fremste verktøy for å studere materialers egenskaper på atomnivå²⁵.

En del typer av laboratorier og instrumentering er så ressurskrevende at det er lite hensiktsmessig at de etableres og drives av enkeltland. Avansert forskning på nye materialer og nanoteknologi forutsetter tilgang på synkrotronanlegg, røntgenfrielektronlaser og nøytronkilder. Dette er storskala-fasiliteter av et omfang som krever internasjonalt samarbeid (se kapittel 4).

Oppfølging og finansiering av forskningsaktivitet ved denne type storskala forskningsinfrastrukturer må også være en del av det totale bildet når man ser på nasjonal oppfølging og finansiering av *nanoteknologi og nye materialer*.

En gjennomgående utfordring i norsk forskning er små forskergrupper, kritisk avhengighet av nøkkelpersoner og manglende ressurser til å drifte og utnytte avansert vitenskapelig utstyr. NANOMAT la i sine første utlysninger av forskningsmidler stor vekt på nasjonal koordinering. Dette medførte at fagmiljøene i stor grad ble enige om en viss arbeidsdeling innenfor mange områder. I den senere tid er det gitt betydelige insentiver for nasjonal koordinering av forskningsinnsatsen mellom UoH- og instituttsektor og mellom FoU-institusjonene og næringslivet.

Den pågående evalueringen av Forskningsrådets Store programmer NANOMAT og FUGE vil bidra til å utvide kunnskapsgrunnlaget om hvordan virkemidler som nasjonal koordinering og utstyrsinvesteringer påvirker kvaliteten i norsk forskning, utviklingen i forskningsmiljøene og næringslivets forskningsinnsats.

Nanoteknologi og ungdommen – 2008

42 prosent av norske barn og unge hadde hørt om nanoteknologi²⁶. 32 prosent av disse vil gjerne lære mer. Av de 42 prosent som har hørt om nanoteknologi, har 47 prosent hørt om det på skolen. At så mange som seks av ti ikke vet hva nanoteknologi kan brukes til, tyder på at det er behov for en tydeligere formidling av teknologiens samfunnsnytte. 32 prosent av dem som har hørt om nanoteknologi sier de er interessert i å lære mer om nanoteknologi.

Interessen er høy, tatt i betraktning det store informasjonspresset på barn og ungdom fra stadig flere aktører.

I alt 1 204 barn og unge på landsbasis i alderen 8–24 år ble intervjuet.

Satsingen på nanoteknologi i Norge ser ut til å ha gitt en positiv effekt på rekrutteringen til MNT-fagene ved universitetene, med mange flinke søkere til studieplassene. Nanoteknologistudiet ved NTNU krevde høyes poengsum av alle studiene ved samordnet studentopptak i 2009 blant dem som søkte med førstegangsvitnemål som basis. De første kandidatene på MSc-nivå er snart ferdig utdannet og vil være klare for en videre innsats, enten i næringslivet eller i UoH-/instituttsektor fra 2011. De siste årene har det i perioder vært rekrutteringsproblemer til stillinger som PhD- og postdoktorstipendiater. Nå øker det nasjonale tilfanget av kandidater med relevant bakgrunn som bør tas vare på en best mulig måte. En fortsatt satsing på *nanoteknologi og nye materialer* kan opprettholde den positive effekten.

7.6 Robust teknologiutvikling – HMS/ELSA

Parallelt med utviklingen innenfor nanoteknologi og diskusjonen om de store potensialene teknologien har, er debatten om risiko (HMS/ELSA) knyttet til nanoteknologiene blitt stadig viktigere. Utfordringen ligger i å balansere bestrebelsene på å maksimere teknologiens positive bidrag til å dekke samfunnets behov, og samtidig minimalisere dens negative og utilsiktede effekter. Åpenhet om hvordan teknologien benyttes vil være helt avgjørende for å bygge tillit i markedet.

EUs Code of Conduct for Responsible Nanotechnology²⁷

Guiden har fokus på teknologiens risiko- og usikkerhetsaspekter. Her nevnes reguleringer basert på føre-var-prinsippet som aktuelt styringsregime hvor ulike samfunnsaktører deltar.

Mulig giftighet av nanopartikler har foreløpig ikke resultert i egnede reguleringer. Det finnes ingen gode krav til merking, og analysene av partiklenes mulige giftighet er i mange tilfeller ufullstendig. Derfor er det behov for utvikling av egnede analysemetoder og utstyr. HMS-konsekvenser er vanskelige å forutsi, bl.a. fordi det kan ta lang tid før effektene viser seg.

²⁶ Synovates undersøkelse for Forskningsrådet i 2008

²⁷ http://cordis.europa.eu/search/index.cfm?fuseaction=news.document&N_RCN=29114

Virkningen kan skyldes komplekse koplinger mellom ulike risikofaktorer, som hvordan eksponering skjer, om det er frie nanopartikler eller nanomaterialer, og hvor lang eksponeringstiden er. Utfordringen blir å finne hvordan risiko bør håndteres på en ansvarlig måte, og hvordan man bør forholde seg til ikke-reduserbar usikkerhet. Risikohåndtering vil kreve en systematisk identifisering av kritiske faktorer for alle de ulike nanomaterialene og anvendelsene. Kompleksiteten i dette feltet krever et åpent og tillitsbasert samarbeid mellom forskere, næringsliv, myndigheter og interesseorganisasjoner. Et eksempel på et slikt samarbeid er prosjektet i regi av Arbeidstilsynet med kartlegging av bruk og produksjon av nanoteknologiske produkter⁹. Slike tiltak vil være en sentral forutsetning for å sikre en ansvarlig og samfunnsnyttig utvikling av *nanoteknologi og nye materialer* i fremtiden.

I de senere år er det blitt økt fokus på samfunnsansvar i næringslivet. Bedriftens samfunnsansvar, eller "corporate social responsibility", omhandler alle sider ved bedriftens bidrag til miljø, mennesker og samfunn. I tillegg til økonomiske hensyn må virksomheten ivareta både miljømessige og sosiale hensyn for å kunne opptre bærekraftig og lykkes med sine langsiktige strategier. Det er all grunn til å anta at markedet i større grad vil etterspørre produkter og tjenester som er utviklet i et slikt perspektiv.

7.7 Veien videre

Det synes å være et klart grunnlag for en videre satsing på *nanoteknologi og nye materialer*. Forskningsmeldingen, statusanalysen og dialogprosessen peker alle i den retning. Dette gjelder (a) næringsrelevant forskning på strategiske områder; (b) globale utfordringer, med særlig vekt på miljø-, klima-, hav-, matsikkerhet- og energiforskning; (c) god helse; (d) høy kvalitet i forskningen; (e) et velfungerende forskningssystem; (f) høy grad av internasjonalisering av forskningen og (g) effektiv utnyttelse av forskningsressursene og -resultatene.

Samtidig er oppmerksomheten rundt samfunnsutfordringene ved å ta i bruk nanoteknologi blitt mye sterkere, både i befolkningen og i næringslivet. "Nano" er ikke lenger et pluss i markedsføringen av nye produkter. En samfunnsmessig robust teknologiutvikling blir en svært viktig del av forskning og produktutvikling innenfor *nanoteknologi og nye materialer* når en ny strategi skal legges. Denne typen forskning vil også bistå myndighetene når de skal lage reguleringer og lover for bruk av nanoteknologi.

Innspillene fra forsknings- og næringslivsmiljøer og andre evalueringer viser et behov for å styrke både langsiktig, grunnleggende forskning og næringsrettet forskning innenfor *nanoteknologi og nye materialer*. Prioriterte områder bør være energi og miljø, helse og helseutfordringer, hav og mat samt IKT og mikroteknologi, som ble trukket opp av den nasjonale nanoVT-strategien fra 2006. God forskningsinfrastruktur og forskningsmiljøer som er konkurransedyktige på den internasjonale arenaen er viktig for at norsk næringsliv skal lykkes.

Dessuten påpekes viktigheten av å satse på områder der Norge har gode naturressurser og nasjonale fortrinn. Et nasjonalt fortrinn er en materialindustri med tunge forskningsmiljøer, høyt utviklede driftsmiljøer og selskaper med verdensledende posisjoner innenfor sine markedsområder (lettmetaller, ferrolegeringer, silika, silisium med tilhørende solcelleindustri).

Samtidig er det en stor utfordring for Norge å øke verdiskapingen utover de områdene der vi tradisjonelt er gode. Det er all grunn til å anta at fremtidens kunnskapsbaserte næringsliv vil komme på områder hvor Norge i dag ikke har spesielle naturgitte fortrinn, men hvor vi må konkurrere på kunnskap.

Og de nasjoner som behersker *nanoteknologi og nye materialer* fullt ut ligger an til å bli fremtidens vinnere.

Vedlegg

Noen definisjoner og begreper

Nanoteknologi og nye materialer slik det er brukt i Kunnskapsgrunnlaget

- omfatter nanovitenskap, nanoteknologi, nye materialer og mikroteknologi,
- inkluderer også aktiviteter knyttet til etiske, juridiske, samfunnsmessige og helse/miljø/sikkerhetsmessige aspekter (ELSA/HMS/risiko).

Nanovitenskap

Det å måle, beskrive, modellere og systematisk manipulere og kontrollere nanostrukturer og dynamiske prosesser som foregår på nanometerskala.

Nanoteknologi

En samlebetegnelse for flere nanoteknologier som kan defineres som:

Nye teknikker for syntese og bearbeiding, herunder flytting av og bygging med naturens byggesteiner (atomer, molekyler eller makromolekyler) for intelligent design av funksjonelle og strukturelle materialer, komponenter og systemer med attraktive egenskaper og funksjoner, hvor dimensjoner og toleranser i området 0,1 til 100 nanometer (nm) spiller en avgjørende rolle.

Nanoteknologi vil også omfatte den nanovitenskap som er nødvendig for å oppnå bestemte målsettinger innen nanoteknologi.

Nye materialer

Disse defineres her som *funksjonelle materialer*:

Materialer med bestemte kjemiske eller fysikalske egenskaper. Det kan være halvlederegenskaper, fotovoltaiske, magnetiske eller optiske egenskaper samt evne til energilagring. Funksjonelle materialer kan utnyttes til et mylder av ulike formål, for eksempel innen datateknologi, telekommunikasjon, fornybar energi, intelligente sensorer, miljøteknologi og medisinsk utstyr.

Andre nye materialer der egenskapene målbevisst endres ved bruk av nanoteknologi dekkes av definisjonen av nanoteknologi.

Mikroteknologi

Kunnskap om hvordan produkter lages og anvendes på mikrometerskala. Mikroteknologi er på samme måte som nanoteknologi en "enabling" teknologi²⁸.

²⁸ http://ri.hive.no/jk_design/mikroteknologi/hva_er_mikrotek.htm