



Prosjektnotat nr. 7- 2007

Harald Throne-Holst & Eivind Stø

**Føre var-prinsippet innen nanoteknologien:  
Hvem skal være føre var?**  
sluttrappert fra Nano-governanceprosjektet

**SIFO**

© SIFO 2007  
Prosjektnotat nr.7 – 2007

STATENS INSTITUTT FOR FORBRUKSFORSKNING  
Sandakerveien 24 C, Bygg B  
Postboks 4682 Nydalen  
0405 Oslo  
[www.sifo.no](http://www.sifo.no)

Det må ikke kopieres fra denne rapporten i strid med åndsverksloven. Rapporten er lagt ut på internett for lesing på skjerm og utskrift til eget bruk. Enhver eksemplarframstilling og tilgjengeliggjøring utover dette må avtales med SIFO. Utnyttelse i strid med lov eller avtale, medfører erstatningsansvar.

<b>Tittel</b> Føre-var-prinsippet innen nanoteknologien: Hvem skal være føre-var?	<b>Antall sider</b> 68	<b>Dato</b> 25.09.2007
<b>Title</b> The precautionary principle in nanotechnology: Who should be precautionary?	<b>ISBN</b>	<b>ISSN</b>
<b>Forfatter(e)</b> Harald Throne-Holst og Eivind Stø	<b>Prosjektnummer</b> 11-2006-13	<b>Faglig ansvarlig sign.</b> 
<b>Oppdragsgiver</b> Norges Forskningsråd		
<b>Sammendrag</b> <p>Dette er en kort sammenfatning og dokumentasjon av prosjektet "The precautionary principle in nanotechnology: - Who should be precautionary? The role of stakeholders in the governance of nanotechnology". Det har vært et samarbeid mellom SIFO og DNV Research, og ble finansiert av NFR, over NANOMAT-programmet. Vi har gjort 21 intervjuer av stakeholdere, og gjennomført 4 fokusgruppeintervjuer. Det var bred enighet i fokusgruppene om at nanoteknologi bør være et "føre-vår"område, men tolkning av dette må kunne sies å være myk eller svak. De opplever det som et økt fokus på mulige skadevirkninger. At noen tar på seg rollen som en som stiller kritiske spørsmål, og kan pålegge forskningen og industrien et rammeverk. Det å stoppe produkter finner alle urealistisk. Politikerene tillegges helt klart det overordnede ansvaret for å være "føre-vår".</p> <p>Både gjennom selve gjennomføringen av prosjektet og den parallelle og etterfølgende dissemineringen, har vi et klart inntrykk av at vi har bidratt til å høyne oppmerksomheten om na-noteknologi i sentrale miljøer her i Norge. Det opplever vi som et sentralt punkt både for forskningsfeltet, men også for samfunnet for øvrig.</p>		
<b>Summary</b> <p>This is a short presentation and documentation of the project "The precautionary principle in nanotechnology: - Who should be precautionary? The role of stakeholders in the governance of nanotechnology". It has been a collaborative project between SIFO and DNV Research, and was financed by The Norwegian Research Council, in their NANOMAT-programme. We have performed 21 interviews with stakeholders, and carried through 4 focus group interviews. There was a clear consensus in the focus groups that society should be precautionary when it comes to nanotechnology, but their interpretation of this can be seen as weak or soft. They see it as an increased focus on potential damages. And that someone takes on the role of asking critical questions, and that they can direct the research and industry a framework. To stop product was something all participants found unrealistic. The politicians are given the overarching responsibility to be precautionary.</p> <p>Both in the carrying through of the project and in the parallel and subsequent dissemination do we feel we have contributed to heighten the attention and interest on nanotechnology in central and important groups in Norway. We see this as an imperative point both for the field of nanoresearch in particular, but also for the society in general.</p>		
<b>Stikkord</b> Nanoteknologi, føre-var-prinsippet, governance, stakeholder, plattform for dialog		
<b>Keywords</b> Nanotechnology, precautionary principle, governance, stakeholder, platform for dialogue		



Føre var-prinsippet innen nanoteknologien: Hvem skal være  
føre var?

sluttrapport fra Nano-governanceprosjektet

av

Harald Throne-Holst og Eivind Stø

2007

STATENS INSTITUTT FOR FORBRUKSFORSKNING  
postboks 4682, N-0405 Oslo



## Forord

Dette er sluttrapporten for prosjektet ”The precautionary principle in nanotechnology: Who should be precautionary. The role of stakeholders in the governance of nanotechnology. Prosjektet ble finansiert av Norges forskningsråd over deres NANOMAT-program (Nanoteknologi og nye materialer), med prosjektnummer 171842/S10.

Prosjektet har vært et samarbeid mellom SIFO og DNV Research. Deltagere i prosjektet var Harald Throne-Holst og Eivind Stø (begge SIFO) og Fabrice Lapique (DNV Research).

Prosjektet har bestått av to deler: en del med intervjuer av de vi definerte som sentrale stakeholdere i utviklingen av nanoteknologien. Rekrutteringen av stakeholderne tok lenger tid enn planlagt, men vi stort sett åpne dører på vår vei. Vi ønsker å takke stakeholderne som stilte opp for positiv og velvillig innstilling.

Den andre delen av prosjektet var fokusgrupper av vanlige forbrukere. Disse ble moderert av TNS Gallup ved Håkon Korsgaard. Han gjorde en utmerket jobb.

Vi takker Fabrice Lapique for et interessant og lærerikt samarbeid, og ønsker han lykke til i ny jobb i SINTEF – Avdeling for materialer og kjemi.





# Innhold

Forord.....	5
Innhold .....	7
Sammendrag.....	9
Summary .....	11
1 Innledning .....	13
1.1 Hva er nanoteknologi?.....	15
1.2 Hva er føre-var-prinsippet?.....	15
1.3 Hva er en stakeholder?.....	16
1.4 Hva er en plattform? .....	16
2 Teori.....	17
3 Metode .....	19
3.1 Stakeholderintervjuene .....	19
3.2 Fokusgruppene.....	19
3.3 Avsluttende workshop .....	20
4 Resultater .....	21
4.1 Resultater fra stakeholderintervjuene .....	21
4.2 Resultater fra fokusgruppene .....	21
4.3 Resultater av den avsluttende workshopen.....	22
5 Foredrag og publikasjoner fra prosjektet per september 2007.....	23
5.1 Foredrag og presentasjoner.....	23
5.2 Publikasjoner .....	23
6 Konklusjon.....	25
Litteratur.....	27
Vedlegg .....	29
Vedlegg 1. MEMO fra Fabrice Lapique, DNV Research .....	30
Vedlegg 2. Invitasjonen vi sendte ut til de stakeholdere vi ønsket å intervjue.....	54
Vedlegg 3. Utdelt materiale på den avsluttende workshopen 9.november 2006.....	55
Vedlegg 4. Agenda avsluttende workshop for stakeholdere .....	56
Vedlegg 5. Presentasjon av hva er nå nanoteknologi igjen .....	57
Vedlegg 6. Presentasjon av funn på avsluttende workshop 9.november 2006.....	58



## Sammendrag

Dette er en kort sammenfatning og dokumentasjon av prosjektet "The precautionary principle in nanotechnology: - Who should be precautionary? The role of stakeholders in the governance of nanotechnology". Det har vært et samarbeid mellom SIFO og DNV Research, og ble finansiert av NFR, over NANOMAT-programmet.

Vi har gjort 21 intervjuer av stakeholdere, og gjennomført 4 fokusgruppeintervjuer. Det var bred enighet i fokusgruppene om at nanoteknologi bør være et "føre-vår" område, men tolkning av dette må kunne sies å være myk eller svak. De opplever det som et økt fokus på mulige skadevirkninger. At noen tar på seg rollen som en som stiller kritiske spørsmål, og kan pålegge forskningen og industrien et rammeverk. Det å stoppe produkter finner alle urealistisk. Politikerene tillegges helt klart det overordnede ansvaret for å være "føre-vår".

Både gjennom selve gjennomføringen av prosjektet og den parallelle og etterfølgende dissemineringen, har vi et klart inntrykk av at vi har bidratt til å høyne oppmerksomheten om nanoteknologi i sentrale miljøer her i Norge. Det opplever vi som et sentralt punkt både for forskningsfeltet, men også for samfunnet for øvrig.



## Summary

This is a short presentation and documentation of the project “The precautionary principle in nanotechnology: - Who should be precautionary? The role of stakeholders in the governance of nanotechnology”. It has been a collaborative project between SIFO and DNV Research, and was financed by The Norwegian Research Council, in their NANOMAT-programme.

We have performed 21 interviews with stakeholders, and carried through 4 focus group interviews. There was a clear consensus in the focus groups that society should be precautionary when it comes to nanotechnology, but their interpretation of this can be seen as weak or soft. They see it as an increased focus on potential damages. And that someone takes on the role of asking critical questions, and that they can direct the research and industry a framework. To stop product was something all participants found unrealistic. The politicians are given the overarching responsibility to be precautionary.

Both in the carrying through of the project and in the parallel and subsequent dissemination do we feel we have contributed to heighten the attention and interest on nanotechnology in central and important groups in Norway. We see this as an imperative point both for the field of nanoresearch in particular, but also for the society in general.



# 1 Innledning

Det amerikanske Woodrow Wilson-senteret finner mer enn 500 nanoprodukter tilgjengelig på internett. Dette var tekstiler, sportsutstyr, elektronikk og kosmetikk. Det er derfor ingen grunn til å vente på et gjennombrudd for nanoteknologien, verken for politiske myndigheter, forbrukerorganisasjoner eller vanlige forbrukere. Framtiden er her allerede. Dette vil kunne endre folks hverdag dramatisk. Men er vi som individer og forbrukere forberedt på slike endringer, og er regelverket som industri og varehandel forholder seg til tilpasset denne nye virkeligheten?

Nanoteknologiens muligheter er tilsynelatende uten grenser. Størst er visjonene innen medisin, energi, IKT og militær teknologi. Forsvarsindustrien i USA er blant de aller største investorene i den nye teknologien.

Et hårstrå har en diameter på om lag 80 000 nanometer. Nanoteknologi betyr evnen til å utføre ting – måle, se, forutse og lage – i området mellom 100 nanometer og helt ned til atomnivå rundt 0,2 nanometer. På nanonivå endrer mange materialer sine fysiske egenskaper: smeltepunktet til gull synker for eksempel med flere hundre grader når gullpartiklene er på nanometer nivå, og det skifter farge til blått!

Vårt ærend her er imidlertid det hverdagslige forbrukermarkedet. I det norske butikker kan vi i dag kjøpe nanoprodukter som tennisracketter, skismøring, ski og sportsklær. Også norsk industri er representert. Vi finner dessuten kjøleskap hvor innsiden er belagt med nanopartikler av sølv og en rekke elektroniske produkter, for eksempel Apple Ipod Nano. L'Oreal markedsfører sin Revitalift Double Lifting Face Cream krem med at den inneholder nanosomer.

Men hvordan forholder vi oss til denne nye hverdagen? Hvordan reagerer de ansvarlige myndigheter, organisasjoner og vanlige forbrukere på ukjente produkter som tilsynelatende bare har positive egenskaper? Er det grunn til å være føre-var? Dette var noen av de spørsmålene SIFO prøvde å besvare i et prosjekt finansiert av NANOMAT programmet til Norges Forskningsråd.

Vi kan oppsummere funnene i to stikkord: teknologioptimisme og informasjonsbehov. Teknologioptimismen var stor blant de fleste aktørene og finnes ikke bare innen det vitenskapelige miljø og næringslivet, men også blant politikere, forbruker- og miljøorganisasjoner og blant vanlige forbrukere. Dette innebærer et positivt og kvalitativt annet utgangspunkt for nanoteknologien på forbrukermarkedet enn tilfellet var for genmodifiserte matvarer.

Men teknologioptimismen kan imidlertid føre til at vi ikke er årvåkne nok for mulige negative konsekvenser for helse og miljø. En av tesene i Ulrik Becks berømte bok om "Risikosamfunnet" fra 1992 var at i det moderne samfunnet springer risikoene først og fremst ut av løsningene på andre eksisterende problemer. Asbest var det perfekte svar på ønsket om brannfrie isolasjonsmaterialer i byggebransjen. Men asbest hadde også negative egenskaper

som under bestemte forutsetninger ødela helsa til arbeidsfolk. Det tok imidlertid hundre år før stoffet ble forbudt, på tross av utallige advarsler og føre-var krav fra ulike aktører. Vi fant få spor av slik refleksivitet i våre intervjuer. Snarere tvert i mot, de fleste understreket av vi mennesker har lært av tidligere erfaringer og vil være i stand til å takle potensielle problemer. Det er tross alt 2006, og snart hundre år siden Titanic sank! Kanskje er dette den største faren ved nanoteknologi: vår naive tiltro til teknologien?

Samtidig er det et stort behov for informasjon om ulike sider ved nanoteknologien og om veien fra grunnforskning til kommersielle produkter. Dette behovet ble i prosjektet understreket både av politikere, organisasjoner og vanlige forbrukere. Hovedansvaret for å dekke dette informasjonsbehovet blir per i dag plassert på det vitenskapelige miljøet. Det er bare de som kan formulere hvilke dilemma vi står ovenfor, og som kan danne grunnlag for en kunnskapsbasert føre-var diskusjon. Men med en eksplosjon av nano-produkter på forbrukermarkedet, skifter informasjonsansvaret fort over til myndigheter og næringsliv. Vi kan ikke vente på den vitenskapelige formidlingen, men må parallelt stille krav til myndigheter og næringsliv.

Disse kravene bør etter vår mening bygges opp om de fire tradisjonelle forbrukerrettighetene; første formulert av President Kennedy i hans Consumer Message til Kongressen i 1962: rett til informasjon, retten til sikkerhet, retten til å bli hørt og retten til å velge.

Når produktene i økende grad kommer på markedet bør det være et sentralt krav at de er merket. Dette er den enkleste måten å sikre retten til informasjon. Spesielt gjelder dette for produkter som på en aller annen måte kommer i kontakt med huden. Forskningen viser at folk er mer skeptiske til kosmetikk basert på nanoteknologi enn de er for sportsutstyr. I dag finnes det ikke noe nasjonalt eller internasjonalt regime for merking av nano produkter. Et slikt regime vil tvinge seg fram og de politiske myndighetene eller forbrukerorganisasjonene bør fortest mulig ta et slikt initiativ på nasjonalt og europeisk nivå.

Merking vil også bidra til å styrke retten til å velge. Forutsetningen for dette er at vi stoler på merkeordningene. Disse må kunne sertifiseres av en tredje part, og ikke overlates til markedsavdelingene i selskapene. Ellers kan en risikere at de produktgruppene som forbrukerne oppfatter som mest problematiske ikke blir merket.

Diskusjonen om nasjonale og internasjonale merkeordninger er også en måte å styrke forbrukerinnflytelsen i markedet på. Retten til å bli hørt står sentralt i den moderne forbrukerbevegelsen. Forutsetningen for dette er at forbrukerorganisasjonene og miljøorganisasjonene styrker sin faglige kompetanse på området. Nanoteknologi er et komplisert felt hvor det er vanskelig å ha innflytelse uten kunnskap.

Men det er ikke først og fremst forbrukerne som skal være føre-var. Retten til sikkerhet er et krav som først og fremst må stilles til de som produserer og selger varene, - og til myndighetene som skaper rammeverket for denne virksomheten. Det er derfor ikke nok å merke varene, de må også testes. Norske forbrukere har i dag en naiv holdning til produktsikkerhet. Den rådende oppfatning er at det finnes myndigheter, på et eller annet nivå, som tester sikkerheten til de varene som produseres og selges. Slik er det ikke, dette er et ansvar som ligger hos produsentene. Produktutviklingen følger selvfølgelig nasjonale og internasjonale retningslinjer og lovverk. Men det er først og fremst langtidsvirkningen for helse og miljø som representerer utfordringene for nanoteknologien, og her er det usikkert om det er gjort grundig nok arbeid før varene kommer på markedet.

Hovedmålet for prosjektet har vært å danne en plattform for dialogen om nanoteknologien mellom stakeholdere. Nanoteknologien er en ny teknologi som har potensiale i seg til å endre vårt hverdagsliv radikalt. Slike omveltninger gjør at noen aktører blir skeptiske, noe en kan ha stor forståelse for. Poenget bør være å sikre at dialogen mellom de som er positive og de



som er skeptiske blir mest mulig konstruktiv, også for de som ikke har tatt stilling. Genmodifisering er en annen teknologi som hadde et stort potensiale, og som møtte sterk motstand. Mange vil mene at dialogen der i liten grad var preget av konsensus, og den var (og er?) ikke særlig konstruktiv. Vårt hovedmål var å bidra til at dette ikke også skjer med nanoteknologien.

## 1.1 Hva er nanoteknologi?

*“In fact, one would be quite hard pressed to find a field which nanotechnology will not influence”* (Ozin and Arsenault, 2005: viii).

Hva nanoteknologi er selvfølgelig også et sentralt spørsmål, som de fleste som kommer borti dette vil spørre seg ganske tidlig. Som man da raskt finner ut, finnes det ikke akkurat noen standard definisjon på hva nanoteknologi er. I litteraturen vil man snarere finne en stor variasjon i forsøkene på definisjoner (Kjølberg & Wickson, 2007).

Mange definisjoner begynner ofte med å påpeke behovet for en flertallsendelse, altså nanoteknologier og ikke bare nanoteknologi. Dette for å understreke at det her er snakk om en rekke metoder hvor til dels konvergerende vitenskaper og teknologier bidrar. Vi er forsåvidt enige i dette, men finner flertallbenevnelsen noe tungvint i bruk, og vil her derfor benytte entall, nanoteknologi.

Vi kommer ikke utenom å prøve og forklare hvor lang en nanometer er: om du tar en millimeter og deler i én million like store deler, da har du en nanometer. Et menneskehår er etter dette da omkring 80 000 nanometer bredt.

Som utgangspunkt for vår definisjonen, bruker vi *egenskaper*. For videre utvikling innen delområder av IKT, medisin og energi er det behov for materialer med nye egenskaper. Når partikler/molekyler av stoffer vi kommer ned i nanoskala, endrer de sine fysiske og kjemiske egenskaper. Det er disse nye egenskapene nanoteknologien er ute etter å bruke.

Ett mye brukt eksempel på dette er karbon: enkel- eller flerveggede karbonnanorør har enestående styrke, kombinert med god elektrisk og termisk ledningsevne, som gjør dem til nær ideelle komponenter i en rekke applikasjoner (Ozin & Arsenault, 2005: 229).

Visjonene for nanoteknologien er nær sagt grenseløse for energi, miljø, medisin og IKT. Men det finnes allerede en rekke produkter på forbrukermarkedet som hevder de er fremstilt ved eller inneholder nanoteknologiske komponenter. Ved Woodrow Wilson Center for Scholars har de opprettet en database med oversikt over hvor mange produkter som finnes, den teller nå mer enn 500. Den desidert største produktgruppen i databasen, er det de kaller Health and Fitness – med over halvparten av produktene.

## 1.2 Hva er føre-var-prinsippet?

Et nøkkelbegrep her er føre-var-prinsippet. Det er et omstridt begrep, noe som blant annet har sin bakgrunn i at det kan tolkes og anvendes på flere måter. Til tross for dette har prinsippet blitt akseptert som basis for politikktutforming i en rekke land, i EU og i internasjonale avtaler.

Blant de første internasjonale avtalene hvor det ble anvendt, hvor også Norge var involvert, var i Nordsjøkonferansene på 1990-tallet. Her formuleres det som “*will continue to apply the precautionary principle, that is to take action to avoid potentially damaging impacts of substances that are persistent, toxic and liable to bioaccumulate even where there is no scientific evidence to prove a causal link between emissions and effects*”. Føre-vårprinsippet kan tolkes svakt eller mykt, eller strengt eller sterkt. En streng tolkning av føre-vårprinsippet kan sies å være da Stortinget med et klart flertall i 1997 vedtok et moratorium mot kloning av mennesker og dyr (Stortinget, 1997). En slik streng tolkning er også foreslått i den sammenhengen vi ser på her; miljøorganisasjonen the etc-group har tatt til orde for et moratorium på all forskning på nanopartikler (etc-group, 2003).

### 1.3 Hva er en stakeholder?

Et annet sentralt begrep i dette prosjektet er ”stakeholder”. I boken ”Strategic Mangement: A Stakeholder approach” definerer forfatteren stakeholder som “*any group or individual who can affect or is affected by the achievements of the firm’s objectives*” (Freeman, 1984). Dette har blitt utviklet videre tre retninger som alle virker relevante for dette prosjektet:

- CSR – Corporate Social Responsibility (Bedrifiers samfunnsansvar)
- Fra business management teori over til samfunnet
- Kategorisering av ulike stakeholdere. Det viktigste i denne sammenhengen er mellom primære og sekundære: Primære stakeholder-grupper er de som bedriften ikke kan overleve uten aktiv deltagelse fra. Sekundære stakeholder-grupper er definert som de som påvirker eller blir påvirket av bedriften.

For vårt formål identifiserte 4 grupper av stakeholdere som vi så som sentrale for nanoteknologien: politikere/byråkrater, forskningsmiljøene, organisasjoner og næringsliv. Vi intervjuet til sammen 21 representanter for disse gruppene.

### 1.4 Hva er en plattform?

En plattform for dialog kan sies å bestå av to elementer:

- Innholdet i dialogen
- Arealene for dialogen

Med ”innhold” menere vi å idenfisere hovedområdene for dialogen mellom stakeholderne. Er det viktige forskjeller mellom innholdet i dialogen mellom primære stakeholdere, sammenliknet med en åpen offentlig dialog.

Når det gjelder arenaer ønsket vi å diskutere rollen til en mulig web-basert dialog, bruken av konsensus konferanser, rollen til massemedia og potensialet og begrensningene ved informasjonskampanjer.

## 2 Teori

Det er to teoretiske diskusjoner vi har brukt som utgangspunkt for dette prosjektet. For det første ønsker vi å delta i den teoretiske og empiriske diskusjonen om Risk Society, lansert av den tyske sosiologen Ulrich Beck i 1986. For det andre ønsker vi å bidra i diskusjonen om den nye regulatoriske staten og ny "governance" (Majone, 1996; Olsen, 2002). (Governance er på norske forsøkt oversatt til "regjering"). Kombinasjonen av disse to perspektivene bør øke vår forståelse for samfunnets pågående politiske prosesser.

På minst to måter virker Beck's Risk Society veldig relevant for føre-var-prinsippet innen nanoteknologi. Føre-var representerer en modell for hvordan samfunnet kan håndtere moderne risikoer. Og, Beck redefinerte forholdet mellom vitenskap og samfunn.

Overgangen fra Government til Governance og den nye regulatoriske staten, representerer en betydelig utvikling av lovgiving, regulering og politikken i Europa (Lindblom, 1977; Majone, 1996; 1999). Til en viss grad er dette en deregulering av den offentlige politikken, på andre områder ser vi en re-regulering. Dette kan variere fra land til land med bakgrunn i tradisjoner og det faktum at velferdsstane ble utviklet under andre paradigmer på 1960- og 70-tallet.

Hovedideen bak begrepet governance er å involvere stakeholdere til å ta ansvar for den politiske, økonomiske og juridiske utviklingen i samfunnet, i dialog med lokale, nasjonale og europeiske myndigheter. I EUs hvitbok på europeiske governance blir hovedprinsippene i governance definert som: åpenhet, deltagelse, etterrettelighet, effektivitet og sammenheng (COM (2001) 428 final). I en rapport fra Kommisjonen (Commission 2003), inkluderer også demokratisk legitimitet and subsidiaritet som andre viktige prinsipper.

I nyere litteratur kan vi se at governance og den nye regulatoriske staten er begreper som brukes på nesten samme måte for å beskrive det samme fenomenet. Denne teoretiske forståelsen av den regulatoriske staten/ ny governance gir en mer realistisk beskrivelse av hva regulering er og hvordan den virker, en påpekning av de regulatoriske grensen for stasmyndighetene, og den tilsvarende potentialet for private aktører til å blokkere eller motstå offentlig politikk. Det inkluderer også en oppmerksomhet omkring de mulige positive bidragene fra private bedrifter, organisasjoner og assosiasjoner for å forsterke offentlige politikk og dens mål, og mer kontroversielt, en ny normativ modell for hvordan regulering er forventet å virke som understreker den interaktive og uavhengige ved reguleringenes vesen. Men, Olsen (2002), argumenterer for at formelle prosesser for reform av governance ikke alltid vil gi presise og stabile politiske resultater. En av grunnene for en slik ustabilitet er at ikke alle stakeholder nødvendigvis har de ressursene som skal til for å delta i den politiske prosessen.



## 3 Metode

Som sagt bestod prosjektet av to empiriske deler: intervjuer med stakeholdere og fokusgrupper. Vi avsluttet prosjektet med en workshop hvor stakeholderne vi hadde intervjuet tidligere i prosjektet ble invitert.

### 3.1 Stakeholderintervjuene

I stakeholderintervjuene fulgte vi en semi-strukturert intervjuguide, som kunne tilpasses intervjuobjektets arbedisfelt, kunnskapsnivå og interesser. Intervjuguiden finner du i vedleggene til dette notatet.

Intervjuene tok omkring 45 minutter. De ble tatt opp på bånd, og senere transkribert.

Å finne frem til og få avtale med intervjuobjektene var mer tidkrevende enn planlagt. Men, når det er sagt, føler vi at vi fikk snakket med noen av de mest sentrale og relevante på området. Vamligvis foregikk rekrutteringen slik at vi først ringte og spurte om de var interessert, før vi sendte en epost med mer informasjon om prosjektet og forslag til en møtedato. Et eksempel på en slik epost vil du også finne i vedleggene til dette notatet.

Hovedtemaer i intervjuene var teknologiutviklingen generelt, kunnskap om nanoteknologien, positive og negative vyer eller visjoner, synspunkter på og erfaringer med føre-vårprinsippet, relevante aktører for et offentlig ordskifte og hvilke aktører som kan være føre-vår. Gjennom dette fikk vi også belyst et annet mål med prosjektet som gjaldt hvilke relasjoner det var mellom de fire gruppene når det gjelder føre-vårprinsippet.

### 3.2 Fokusgruppene

Opprinnelig hadde vi planlagt en spørreundersøkelse her i Norge om nanoteknologi. Tilsvarende undersøkelser er gjort i Danmark og Storbritannia, og her har de fått relativt lite ut av slike undersøkelser. En hovedgrunn til det er at få respondenter har hørt om denne teknologien, så langt.

Vi bestemte oss derfor for å gjøre en fokusgruppeundersøkelse i stedetfor. Fokusgrupper gir ingen representativitet, til det er utvalget for lite. Men, det gir en innsikt i bredden av synspunkter på de ting som taes opp, og kan også si noe om hvordan slike ting blir diskutert. Hvor utbredt de forskjellige oppfatningene er, måler metoden derimot ikke.

På anbefaling fra analysebyrået, valgte vi såkalte minigrupper med 5-6 deltagere. De ble gjennomført i Oslo i oktober 2006. Som kriterier for deltagerne satte vi tre års videre studier. Dette er i utgangspunktet et komplisert tema, som ikke mange har hørt om. Så dette kriteriet var for å sikre et visst intellektuelt nivå og refleksjonsevne i diskusjonen. Vi valgte også å ha

kvinner og menn hver for seg. Dette fordi menn erfaringsmessig ofte vil dominere debatter om teknologi. Vi hadde også en idé om at det kunne være visse aldersmessige forskjeller så vi valgte å dele gruppene ytterligere inn i "unge" (25-45 år) og "gamle" (46- 65 år). Til sammen ble det da 4 minigrupper.

I likhet med intervjuene, ble også diskusjonen i gruppene åpnet med mer generelle betraktninger rundt teknologiutvikling og moderne teknologi, før moderatoren kom inn på nanoteknologi. Som ventet var det lite deltagerne kunne om dette, så på dette tidspunktet kom vår kollega og samarbeidspartner fra DNV Research inn i gruppekonteksten. Han holdt et 10-minutters foredrag om muligheter og farer ved nanoteknologi og svarte på oppklarende spørsmål. Etter dette gikk han ut, og moderator lot gruppen diskutere det som var kommet opp i foredraget.

Vi har et bestemt inntrykk av at denne måten å gjennomføre fokusgruppene på var svært vellykket.

### 3.3 Avsluttende workshop

I november arrangerte vi den avsluttende seminaret hvor vi inviterte alle stakeholderne vi hadde intervjuet. Vi sendte ut en invitasjon/påminnelse god tid i forveien. To stakeholdere sendte stedfortredere, og Norges forskningsråd sendte to ekstra medarbeidere med kompetanse på feltet. Utover disse, og to fra SIFO, møtte 9 stakeholdere.

Vi begynte møtet med en presentasjonsrunde, før vi tok en lengre presentasjon av prosjektopplegg og resultater. Vi åpnet deretter for kommentarer og diskusjon. Vi avsluttet workshopen med lunsj på en restaurant i nærheten. Materialet som ble delt ut på møtet er blant vedleggene til denne rapporten.

## 4 Resultater

### 4.1 Resultater fra stakeholderintervjuene

Gjennom analyse av stakeholderintervjuene fant vi det vi har kalt 7 relevante aspekter ved nanoteknologidebatten:

- Teknologioptimisme versus teknologipessimisme;
- Hva er egentlig nytt med nanoteknologi?;
- Hvor kommer innovasjonene? ;
- Ethiske refleksjoner på ulike bruksområder;
- Bare fordeler - ingen ulemper?;
- Nasjonale, regionale eller globale reguleringer
- Hvem har ansvaret og legitimiteten til å være føre-vår?

Flere av de stakeholderne vi intervjuet, hadde liten eller ingen forkunnskaper på området. Vi mener derfor at prosjektet har bidratt til å øke kunnskapsnivået hos sentrale og relevante aktører. Helt konkret nevnte to av organisasjonene at de skulle sette noen i gang på dette området, for å finne ut av hva nanoteknologien kunne ha å si for deres virkefelt.

### 4.2 Resultater fra fokusgruppene

Deltagerne i fokusgruppene opplever nanoteknologi som noe spennende og reaksjonene har en hovedsakelig positiv undertone, selv om deltagerne også ser negative problemer og trusler. På den annen side møtes eventuelle skadevirkninger av nanoteknologien med en generell grunnholdning og oppgitthet over at ”det er så mye annet som også blir regnet som farlig i våre dager”. Deltagerne er overrasket over at det allerede finnes produkter på markedet med nanoteknologikomponenter, uten at disse er merket eller at man er informert om dette. Det er en forventning om at slike produkter bør være (bedre) merket. Det er den direkte helsemessige konsekvensen av nanoteknologi man er opptatt av. Eventuelle miljøkonsekvenser virker mer sekundære. Mer etiske betenkeligheter er mer fraværende, men her så vi forskjell på kvinner og menn: Noen av kvinnene klarer å løfte denne problemstillingen opp på et høyere nivå, og spør om det er denne typen samfunn og menneskesyn vi vil ha. I den eldste gruppen av kvinner er det også et sterkere innslag av skepsis og frykt for negative konsekvenser.

Det var bred enighet i gruppene om at nanoteknologi bør være et ”føre-vår”område, men tolkningen av dette må kunne sies å være myk eller svak (se over). De opplever det som et økt fokus på mulige skadevirkninger. At noen tar på seg rollen som en som stiller kritiske spørsmål, og kan pålegge forskningen og industrien et rammeverk. Det å stoppe produkter finner alle urealistisk. Politikerene tillegges helt klart det overordnede ansvaret for å være

”føre-vår”. Selv innrømmer deltagerne at de nok vil velge gode produkter fremfor å gardere seg mot mer diffuse og mulige skadevirkninger.

### 4.3 Resultater av den avsluttende workshopen

Når det gjelder den avsluttende workshopen var det generelle inntrykket blant deltagerne og oss arrangører at det ble et konstruktivt møte med en god og balansert debatt. Den gruppen med mennsker som møttes på dette seminaret, og den gode debatten som faktisk fant sted, kan nettopp sies å være den plattformen som dette prosjektet har ønsket å være med å lage grunnlaget for. Alle deltagerne ble i etterhånd invitert av Norges forskningsråd til å være med på overleveringen av den nye nasjonale strategien for nanovitenskap og nanoteknologi.



## 5 Foredrag og publikasjoner fra prosjektet per september 2007

Her følger en oversikt over foredrag, presentasjoner og publikasjoner basert på prosjektet. I tillegg til dette hadde vi gleden av å stå på NFR/NANOMAT sin stand på Forskningstorget i Oslo 21.- 22.september 2007. Her presenterte vi et utvalg av de produktene som finnes på det norske markedet.

### 5.1 Foredrag og presentasjoner

Eivind Stø og Harald Throne-Holst: *The precautionary principle in nanotechnology: Who should be precautionary? The role of stakeholders in the governance of nanotechnology*. Presentasjon av foreløpige funn på Brennpunkt møte arrangert av NHO, 19.april 2006.

Harald Throne-Holst and Eivind Stø (2006). *The precautionary principle in nanotechnology - Who should be precautionary?* Presentation at ESA-workshop, Durham, UK, August/September 2006.

Harald Throne-Holst og Fabrice Lapique: *Emerging Technologies - Nanotechnologies and Nanoparticles*. Presentasjon på ledersamling for Forbukkerrådet, 7.desember 2006.

Harald Throne-Holst and Eivind Stø (2007). *Consumers and nanotechnology – Who should be precautionary?* Presentation at “Nanotechnology, Ethics and Sustainability”, NANOMAT conference Satellite meeting, Friday 8 June Bergen, Norway.

Harald Throne-Holst og Pål Strandbakken. *Små partikler – store spørsmål: En orientering om nanoteknologienes muligheter og utfordringer*. Foredrag på Forbrukerpolitisk avdeling, Forbrukerrådet, 19.september 2007.

Harald Throne-Holst, Eivind Stø & Unni Kjærnes (2007). *Governance issues for emerging technologies – The GM food and nano discourses*. Paper and presentation at the Nordic Consumer Policy Research Conference, Helsinki, 3. – 5. October 2007.

### 5.2 Publikasjoner

Eivind Stø og Harald Throne-Holst: *Nanoprodukter i din nærbutikk*. Kronikk på *Aftenpostens økonomisider*, tirsdag 30.januar 2007.

Throne-Holst, H. & Stø, E. (2008). *Who should be precautionary? Governance of nanotechnology in the Risk Society*. *Technological Analysis & Strategic Management*, Special issue:

Converging technologies at the nano-scale: some prosepcts for industry and governance, 20  
(1). *Accepted for publication.*

## 6 Konklusjon

Flere av de stakeholderne vi intervjuet, hadde liten eller ingen forkunnskaper på området. Vi mener derfor at prosjektet har bidratt til å øke kunnskapsnivået hos sentrale og relevante aktører. Helt konkret nevnte to av organisasjonene at de skulle sette noen i gang på dette området, for å finne ut av hva nanoteknologien kunne ha å si for deres virkefelt. Deltagerne i fokusgruppene ga også uttrykk for at det hadde vært interessante diskusjoner, og en nyttig innledning til nanoteknologien.

Både gjennom selve gjennomføringen av prosjektet og den parallelle og etterfølgende dissemineringen, har vi et klart inntrykk av at vi har bidratt til å høyne oppmerksomheten om nanoteknologi i sentrale miljøer her i Norge. Det opplever vi som et sentralt punkt både for forskningsfeltet, men også for samfunnet for øvrig.

I tillegg har vårt eget forskningsmiljø fått kunnskaper om en teknologi og dens muligheter og utfordringer, som kommer til å spille en sentral rolle i forbrukernes hverdag i fremtiden. Dette vil kunne hjelpe oss til å bistå forbrukere, organisasjoner og myndigheter med nyttige og relevante innspill.

Dette prosjektet la grunnlaget for at vi har fått videre finansiering fra NANOMAT-programmet på et prosjekt hvor vi skal bevege oss tettere inn på forbrukermarkedet, i et komparativt prosjekt i samarbeid med CRIC i Manchester.

Videre er vi per i dag i forhandlinger med Kommisjonen på et europeisk prosjekt hvor vi skal se nærmere på nye måter å gjennomføre og tenke deltagingsprosjekter ("deliberative processes") for nanoteknologi (akronym "NANOPLAT").



## Litteratur

Beck, U. (1992). *Risk Society - Towards a New Modernity*. London/Newbury Park/New Delhi: SAGE Publications.

etc group (2003). *The Big Down. Atomtech: Technologies Converging at the Nano-scale*, etc report, 2003. Available: [http://www.etcgroup.org/upload/publication/pdf\\_file/171](http://www.etcgroup.org/upload/publication/pdf_file/171)  
Webmaster: [etc@etcgroup.org](mailto:etc@etcgroup.org)

Freeman, R.E. (1984). *Strategic Management: A Stakeholder Approach*. Boston: Pitman.

Kjølborg, K. & Wickson, F. (2007). Social and Ethical Interactions with Nano: Mapping the Early Literature, *NanoEthics*, 1 (2 ), pp 89-104.

Lindblom, C.E. (1977). *Politics and markets. The world's political-economic systems*. New York: Basic Books, Inc. Publishers.

Majone, G. (1996) *Regulating Europe*. London and New York: Routledge.

Majone, G. (1999) The Regulatory State and Its Legitimacy Problems. *Journal of West European Politics*, 22, pp. 1 - 24.

Olsen, J.P (2002). Reforming European institutions of governance. *Journal of Common Market studies* , 40, pp. 581-602.

Ozin, G.A., Arsenault, A.C. (2005). *Nanochemistry. A Chemical Approach to Nanomaterials*. Cambridge: RSC Publishing.

Stortinget (1997). Møte 7. mars 1997. Referat fra møtet:  
<http://www.stortinget.no/stid/1996/sv970307.html#sak1>



## Vedlegg

- Vedlegg 1. MEMO fra Fabrice Lapique, DNV Research
- Vedlegg 2. Invitasjonen vi sendte ut til de stakeholdere vi ønsket å intervju
- Vedlegg 3. Utdelt materiale på den avsluttende workshopen 9.november 2006
- Vedlegg 4. Agenda avsluttende workshop for stakeholdere
- Vedlegg 5. Presentasjon av hva er nå nanoteknologi igjen
- Vedlegg 6. Presentasjon av funn på avsluttende workshop 9.november 2006

## Vedlegg 1. MEMO fra Fabrice Lapique, DNV Research

<b>MEMO TO:</b> Harald Throne-Holst (SIFO)	<b>MEMO No.:</b>	UCTNO915FALA061 120-1
<b>Copied to:</b> Eivind Stø (SIFO)	<b>FROM:</b>	DNV Research and Innovation
	<b>DATE:</b>	20.11.2006
	<b>PREP. BY:</b>	FABRICE LAPIQUE

### Opportunities and uncertainties related to the development and use of nanotechnologies

1	General definitions	31
2	Opportunities offered by the nanotechnologies	32
2.1	Consumer goods	32
2.1.1	Household	32
2.1.2	Optics	33
2.1.3	Textiles	33
2.1.4	Sports	35
2.2	Life science and health care	35
2.2.1	Hygienic coatings	36
2.2.2	Diagnostics	37
2.2.3	Drug delivery	37
2.2.4	Tissue engineering	38
2.2.5	Medical imaging	38
2.2.6	Nanotechnologies and cancer treatment	39
2.2.7	Implants and prosthetics	40
2.2.8	Cosmetics	40
2.2.9	Silver nanoparticles	41
2.3	Energy	41
2.3.1	Solar Photo-voltaic	42
2.3.2	Hydrogen	43
2.3.3	Batteries	44
2.3.4	Light Sources	45
3	Uncertainties related to nanotechnologies	46
3.1	Health, environmental and safety impacts	46
3.1.1	What are the risks?	47
3.2	Societal and ethical issues	49
3.2.1	The nano-divide	49
3.2.2	Information access and management	49
3.2.3	Human enhancement	49
3.2.4	Convergence	50
4	References	51



## General definitions

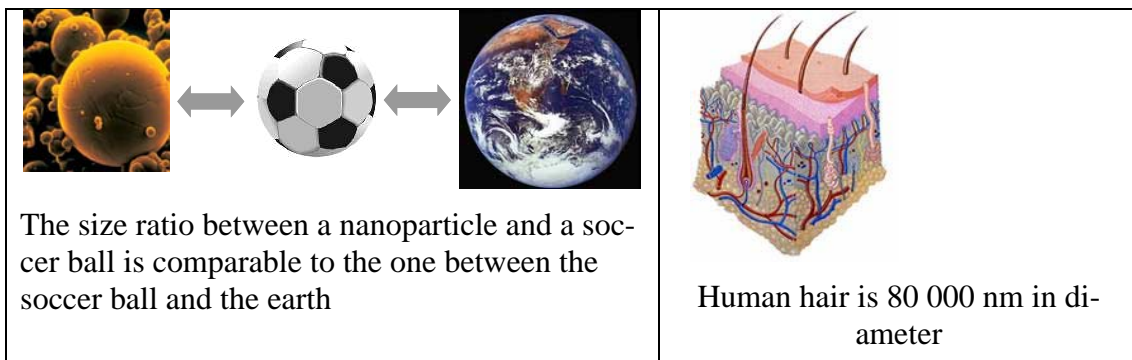
Nanotechnology has become an increasingly popular buzzword over the last past ten years or so, a trend that has been fuelled by a global set of publicly funded nanotechnology initiatives. The concept of nanotechnology was first laid out in 1959 by the physicist and Nobel Laureate Richard P. Feynman in his lecture on the annual meeting of the American Physical Society “There is plenty of room at the bottom” [1]. Feynman presented a technological vision of extreme miniaturization several years before the word “chip” became a part of our daily life. He talked about the problem of manipulating and controlling things on a small scale. Extrapolating from known physical laws, Feynman envisioned a technology using the ultimate toolbox of nature, building nano-objects atom by atom or molecule by molecule.

Although there is no sharp distinction between them, in this report we differentiate between nanoscience and nanotechnologies based on definitions given in a report published by “The Royal Society & The Royal Academy of Engineering” in the UK [2]:

**Nanoscience** is the study of phenomena and manipulation of materials at atomic, molecular and macromolecular scales, where properties differ significantly from those at a larger scale.

**Nanotechnologies** are the design, characterization, production and application of structures, devices and systems by controlling shape and size at nanometre scale.

The size range that holds so much interest is typically from 100 nm down to the atomic level (approximately 0.2 nm), because it is in this range, particularly at the lower end, that materials can have different or enhanced properties compared with the same material at a larger size. The two main reasons for this change in behaviour are an increased relative surface area, and the dominance of quantum effects. An increase in surface area (per unit mass) will result in a corresponding increase in chemical reactivity, making some nanomaterials useful as catalysts to improve the efficiency of fuel cells and batteries. As the size of matter is reduced to tens of nanometres or less, quantum effects can begin to play a role, and these can significantly change a material’s optical, magnetic or electrical properties.



**Figure 1. Two examples illustrating the nanoscale**

In some senses, nanoscience and nanotechnologies are not new. For example, gold and silver nanoparticles with diameter less than 100 nm have been used as coloured pigments in stained glass and ceramics since the 10th century.

Depending on their size, gold particles can appear red, blue or gold in colour. The challenge for the ancient (al)chemists was to make all nanoparticles at the same size and hence the same colour. Many “traditional” chemicals and chemical processes have nanoscale features – for example, chemists have been making polymers, large molecules made up of tiny nanoscalar subunits, for many decades. Nanotechnologies have been used to create the tiny features on computer chips for the past 20 years. The natural world also contains examples of nanoscale structures, from milk (a nanoscale colloid), magnetotactic bacteria [3] (they are able to grow single domain nanoscaled magnets which they use to follow the magnetic field lines of the earth) to sophisticated nanosized proteins that control a range of biological activities, such as flexing muscles, releasing energy and repairing cells. Nanoparticles occur naturally, and have been created for thousands of years as the products of combustion and food cooking.

However, it is only in the last years that tools have been developed to investigate and manipulate matter in the nanoscale, which have greatly affected our understanding of the nanoscale world.

## Opportunities offered by the nanotechnologies

The different nanotechnologies are growing strongly around the world and the amount of money spent for research on nanotechnology is increasing. The first applications are already available on the market and there are even more applications announced to come on the market in the next years. Nanotechnology will gain a presence in every area of industry before too long, and it will only be the tiny dimensions involved that are common across the board. Some examples of nanotechnology that already is on the market will be given in the following sections.

### Consumer goods

Nanotechnology is already affecting our daily life in different ways. Typically, these changes are marginal and the customer may not be aware of buying a nanotechnology improved product although sometimes the word ‘nano’ is used in advertising in order to show that the product is following the latest trends. Recently, Forbes published a list of the top ten nanotechnology products of the year 2003 [6]. This non exhaustive list shows that nanotechnology is already included in various products, where the customer would not expect it.

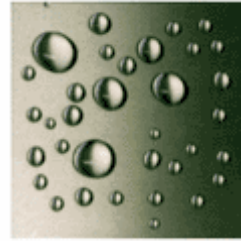
#### Household

The most prominent applications of nanotechnology in the household are self-cleaning or ‘easy-to-clean’ surfaces on ceramics or glasses.

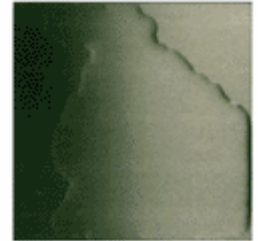
Such a transparent, anti-stick coating for sanitary ceramics is offered by the company Duravit (WonderGliss) in cooperation with Nanogate GmbH [7].



A Japanese company TOTO Ltd has developed a super-hydrophilic photocatalyst based on titanium dioxide. Typical applications are self-cleaning (traffic signs, lightning, exterior and interior tiles, windows and others) and anti-fogging (mirror, glasses, lenses and many more) surfaces [8].



Before UV irradiation  
(waterdrops)



After UV irradiation  
(flatly spreading)

Photocatalytic layers use the sun's radiation to decompose organic materials. At the moment, light from the ultraviolet spectrum is necessary to obtain the effect. A direct application of the photocatalytic effect is an anti-bacterial surface used for tiles in hospitals or bathrooms. TOTO Ltd has been working on that technology for many years. In 2000 the major European tile manufacturer Deutsche Steinzeug Cremer & Breuer AG (DSCB) licensed technology from TOTO and commenced the manufacture and sale of photocatalytic tile [9].

Common household equipments like flat irons have also been improved by nano-ceramic particles [10]. The surface of these irons is smoother and more scratch resistant.

### Optics

The first sunglasses using protective and antireflective ultrathin polymer coatings are on the market. Maui Jim sunglasses with nanocoatings from Nanofilm Ltd use the ultimate



in vacuum-applied hydrophobic protection for anti-reflective (AR) coatings. PermaSEAL repels dirt and contaminants, too [11, 12]. For optics, nanotechnology also offers scratch resistant coatings based on nano-composites. These coatings are transparent (hence optical performance is not affected) ultra-thin, simple care, well-suited for daily use and the price is reasonable for the durability. These layers are often used to protect eyeglasses made of polymer-materials.

Digital cameras just got better, thanks to nanotech. Organic light-emitting diodes are much brighter than the liquid crystals (LCDs) used in many of today's flat-screen TVs and computer monitors. They boast a wider viewing angle than LCDs, which must be viewed head-on. OLEDs don't require backlighting as LCDs do, reducing power consumption. The





world's first digital camera with an OLED display, the 3.1-megapixel EasyShare LS633 zoom digital camera by Kodak has a 2.2-inch screen that is up to 107% larger than the industry average of 1.5 inches [6].

### Textiles

One trend in the textile industry is that more and more clothes are manufactured in low-cost countries. High-cost countries like Western Europe can only compete in this

industry if they produce high-tech clothes with additional benefits for users. This includes windproof and waterproof jackets, where nanotechnology already plays a role. For the future, clothes with additional electronic functionalities are discussed by the buzzwords ‘smart clothes’, ‘wearable electronics’ and others. Modern technology, including nanotechnology, could provide features like sensors (which could monitor body functions or release drugs in the required amounts), self-repairing mechanisms or access to the internet.

Simpler realisations are readily available, which make clothes water-repellent or wrinkle-free.

<p>A ski jacket based on nanotechnology is produced by Franz Ziener GmbH&amp;Co The windproof and waterproof properties are not obtained by a surface coating of the jacket but by the use of nanofibres. [13]</p>	
<p>The company Nano-Tex produce wrinkle-resistant and stain-repellent fabrics by attaching molecular structures to cotton fibers [14]. Eddie Bauer proposes the type of fabric based on his proprietary technology Nano-Care™ [15]</p>	

Textiles with a nanotechnological finish can be washed less frequently and at lower temperatures. High-performance functional clothing is an increasingly important feature of the workplace. Other examples of nanotechnology include [16]:

- Protective work wear
 

Gore-Tex has developed an antistatic, weather-protective, outerwear fabric. Nanotechnology has been used to integrate tiny carbon particles membrane and guarantee full-surface protection from electrostatic charges for the wearer [17].
- Freshness:
 

Nanoparticles have been used to provide the controlled release of fragrances, biocides and antifungals on textiles, leading to the expression ‘Freshness you can wear’. Ciba Specialty Chemicals (CSC) is modifying fibres on the basis of nano-container microcapsules that prevent bacterial growth by releasing antimicrobials. The same technology is used to absorb odours [18].
- Improved moisture absorption
 



Kanebo Spinning Corp of Japan has produced a polyester yarn with thirty times the ability of normal polyester to absorb moisture. The yarn, suitable for use in undergarments, has twenty layers for containing moisture and oil content. The layers have a total thickness of fifty nanometers [19].

Toray Industries of Japan has developed a fabric containing bundles of ultra fine nanometer nylon threads that allow superior moisture absorption properties [20].
- Increased aesthetic options

Tejin Fibres of Japan has held trials in the production of luminescent polyester called 'Morphotex'. A polyester substrate is covered with approximately sixty layers of polyester and nylon that have different refractive indices for light. The layers, which are only approximately sixty-nine nanometers thick, refract the light to create a 'mystical' hue that changes according to the viewpoint of the observer and the angle the light hits the fabric [21].

### Sports

A high-performance ski wax, which produces a hard and fast-gliding surface, is already in use

<p>'Cerax Nanowax' is one of the world's first products made using chemical nanotechnology, which creates "intelligent" surface coatings with multifunctional properties. The ultrathin coating lasts much longer than conventional waxing systems, while leaving the base free of buildup. And here's the "intelligent" part: 'Cerax Nanowax' hardens as temperatures drop, adapting to the ski bases and snow crystals, so you can reach top speed from the first few feet on. Developed by German-based company Nanogate and sold through Holmenkol, Cerax Nanowax comes in different formulations for different snow sports, such as downhill or cross-country skiing, as well as experience levels and conditions [22].</p>	
<p>The 127-year-old French manufacturer Babolat introduced the VS Nanotube Power tennis racket in 2002. The Nanotube Power and VS Nanotube Drive lightweight, oversized-head models are made out of high modulus graphite with carbon nanotubes supplied by France's Nanoledge. Torsion and flex-resistance are improved by 50 and 20%. VS Nanotube rackets are five times more rigid than current carbon rackets and pack significantly more power [23].</p>	

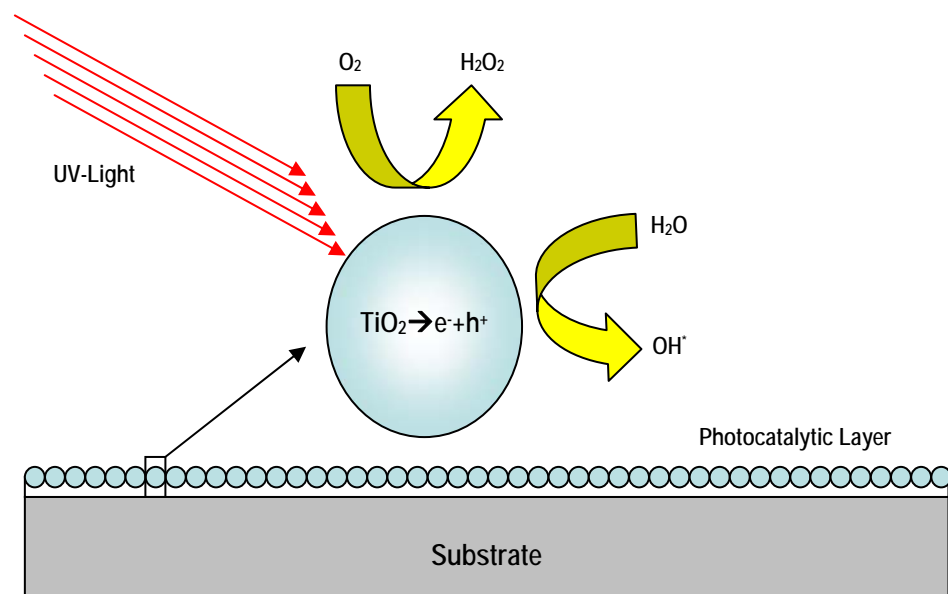
### Life science and health care

The most complex and highly functional nanoscale machines we know are natural occurring molecular assemblies that regulate and control all biological systems. Proteins, for example, are molecular structures that possess highly specific functions and participate in virtually all biological sensory, metabolic, information and molecular transport process. The size of a single molecule bio-nano device such a protein is in the nanometer range. In this respect, the biological world contains many of the nanoscale devices and machines that nanotechnologists might wish to emulate. A fundamental understanding of biochemical and biophysical mechanisms may allow the construction of molecular machines and the use of proteins, DNA and other biopolymers directly in nanoelectronics and biosensor applications.

### Hygienic coatings

Hygienic coatings can be formulated both to provide ease of cleaning and to incorporate active ingredients which assist in the removal or deactivation of biocontamination. Such coatings systems can play an important role in restricting the spread of microbial contamination. Hygienic coatings must withstand severe conditions, and their development and market growth are likely to depend on the range of emerging technologies such as photo-catalysts, dendrimers and fluorinated and fluorsilicone compounds [44].

TiO<sub>2</sub> is a common photocatalyst for the air oxidation of organic compounds producing carbon dioxide and water. TiO<sub>2</sub> is very stable and has high photocatalytic activity. The anatase form of titanium dioxide can be activated by light to generate highly oxidising free radical species. These can both breakdown organic species and kill microorganisms [45]. Currently research is going on to develop photocatalytic coatings that do not depend on ultraviolet light but use light from the visible spectrum.



**Figure 2: Photo catalysis with nano-particles of titanium dioxide**

The antibacterial properties of silver have been known for almost 3000 years. For instance, the Romans used silver nitrate therapeutically, and the hermetic and alchemical writings of Paracelsus speak of the virtues of silver as a healing substance.

In the 1800s, several physicians discovered the antibacterial (anti-germ) qualities of silver and applied them to their practice of medicine. They used silver nitrate successfully in the treatment of skin ulcers, compound fractures and suppurating (draining puss) wounds. At the end of the 19<sup>th</sup> century it was realized that the antibacterial effects of silver were primarily due to the silver ion. The effect is called oligodynamic to mean that a small amount of silver is released from the metallic surface when placed in contact with liquids. The silver ions are able to block enzymes in the bacterial cell that are necessary for the oxygen metabolism. Additionally, the silver ions destabilize the membrane of the bacteria and they interfere with the cell division. It is assumed that bacteria are not able to become resistant against silver [46].

At the turn of the century, Dr. William Halstead, one of the founding fathers of modern surgery, advocated the use of silver foil dressings for wounds. These dressings

were used extensively until just after World War II, and were listed in the Physician's Desk Reference until 1955, when the use of antibiotics became widespread [47].

As more and more bacteria become resistant against antibiotics, silver came back into focus of medicine. Using nanocrystalline silver a new range of products is under development or already available, as the small silver particles can be incorporated rather easily into existing designs. The nanoparticles serve as a silver depot from which silver ions are released continuously. Since the nanoparticles have a high surface area, the amount of silver needed to obtain an antibacterial effect is smaller compared to traditional techniques. Products in which nano silver is used are for example cloths (underwear, socks, shirts: anti-microbial effect reducing odour) [48], deodorants and other cosmetics [48], vacuum cleaners, refrigerators [49] and washing machines [50] and many more.

Researchers at the University of Pittsburgh, US, have created biocidal nanotubes that also self-assembled into a "nanocarpet" structure. As well as killing bacteria, the tubes changed colour in their presence [53].

### Diagnostics

A future disease diagnosis will be fast and comprehensive, making use of miniaturised analysis systems ("Lab-on-a-Chip") which will cut costs and time consuming lab cycles [51]. Lab-on-a-chip technology exploits the microfabrication and electronic techniques used in semiconductor and sensor devices, to develop new techniques for the manipulation and characterisation of both chemicals and biochemical material. Experimental and analytical protocols, developed in software, are translated into chip architectures consisting of interconnected fluid reservoirs and pathways. This enables total automation and integration of materials handling: eliminating the need for human intervention and drastically reducing sample size requirements. In addition, many chemical processes such as chromatography and mixing are limited by diffusion, so significantly reducing the dimensions of the diffusion on a chip can speed the chemical process and improve its efficiency. Examples are biosensors based on carbon nanotubes [52].

### Drug delivery

Drug delivery is another major field of science where nanotechnology is expected to be of future importance. The overall drug consumption and side-effects can be lowered significantly by depositing the active agent in the morbid region only and in no higher dose than needed. This highly selective approach reduces costs and human suffering. Examples can be found in dendrimers and nanoporous materials, polymer nanoparticles with a drug incorporated into a matrix or nanocapsules with a liquid core containing the drug and a thin outer shell [46]. They could hold small drug molecules transporting them to the desired location.

Another vision is based on small electromechanical systems: NEMS (nano electro-mechanical systems) are being investigated for the active release of drugs. These microchips (or nanochips) enable an active control on the dose of the drug that is released and the place in the body, where the drug is released. Again negative side effects may be minimized by this approach. Some potentially important applications include cancer treatment with iron nanoparticles or gold shells [54]. The world market for drug delivery is about 40 million dollars [43].

Transport of drugs to the brain is another possible application of nanoparticles in medicine. The brain is the best-protected organ in the human body. An extremely strict entry control as much as prevents any foreign substances from passing into the brain. Whereas in most types of tissue in the body, the transported substances can leave the blood vessels, the vessels in the brain are well sealed. The only way of entering is by what is known as active absorption. The blood vessels are lined with special cells that recognise nutrients and other substances and actively absorb them to pass them on to the brain tissues.

This transport route is extremely selective: more than 98 % of the drugs that are supposed to have an effect on the brain fail to clear the blood-brain barrier. In order to produce even the slightest effect, the drug dose may have to be so high that considerable side effects can occur. There are few exceptions to this: alcohol or caffeine for example are able to pass through readily. It is not surprising, therefore, that the pharmaceutical industry places great hope in nanotechnology. A nanoparticle used as a carrier with a drug attached has shown in experiments to have markedly increased concentration in the brain. This positive effect of nanoparticles in the human body has however some serious side effects: nanoparticles might not only transport drugs that show a positive effect into the brain. Other contaminating chemical substances that were not supposed cross the blood-brain barrier may be transported as well and do harm to the brain.

#### Tissue engineering

Tissue engineering is defined as replacing diseased or damaged living tissue with living tissue designed and constructed for the needs of each individual. Nanotechnology can help to reproduce or to repair damaged tissue. This so called “tissue engineering” makes use of artificially stimulated cell proliferation by using suitable scaffolds and growth factors. Tissue engineering might replace today’s conventional treatments, e.g. transplantation of organs or artificial implants.

The essence of tissue engineering is that those cells capable of initiating and sustaining the regeneration process are ‘switched on’, perhaps through growth factors or genes, so that they generate new functional tissue of the required variety. This may be achieved with the help of a scaffold or matrix to guide the geometrical or architectural shape of the new tissue and may take place on a customized basis at the site of the injury in an individual patient or on a more industrial scale in an *ex vivo* bioreactor, where the resulting tissue construct is re-implanted into the patient [55]. The two types of tissue most commonly considered in tissue engineering products are skin and cartilage, but many other types of tissue are under discussion.

On the other hand, tissue engineering is closely related to the ethical debate on human stem cells. Thus, their tremendous capabilities bear a great health and economic potential as well as being ethical dynamite. Nevertheless, many research programmes in the US as well as in Europe are working on this issue, the EU alone has around 148 projects involving tissue engineering in their “CORDIS” research-database [56].

#### Medical imaging

Non-invasive imaging techniques have had a major impact in medicine over the last 25 years. The current drive in developing techniques such functional Magnetic Resonance Imaging (MRI) is to enhance spatial resolution and contrast agents. Nanotechnologies already afford the possibility of intracellular imaging through attachment of



quantum dots or synthetic chromophores or selected molecules, for example proteins, or by the incorporation of naturally occurring fluorescent proteins which, with optical techniques, allow intracellular biochemical processes to be investigated directly [2].

### Nanotechnologies and cancer treatment

In the USA the National Nanotechnology Initiative has claimed that nanotechnology has a high potential in the treatment of cancer [57]. The National Cancer Institute in the US for example has started an “Alliance for Nanotechnology in Cancer”. This alliance is a result of the “Cancer Nanotechnology Plan” [58], which was developed by the Cancer Nanotechnology Working Group over the past 18 months with the input of a broad cross-section of the cancer research and clinical oncology communities. The Cancer Nanotechnology Plan describes how to accelerate the application of nanotechnology to cancer research and clinical care, emphasizing the need for cross-disciplinary and cross-sector collaboration.

Key technologies mentioned in this report are methods, molecules or devices engineered by nanotechnology that may help to detect and treat cancer already in an early stage of occurrence. In this way, it might be possible to reduce the suffering or the chances for death from cancer.

Because of their multifunctional capabilities, nanoscale devices can contain both targeting agents and therapeutic payloads at levels that can produce high local levels of a given anticancer drug, particularly in areas of the body that are difficult to access because of a variety of biological barriers, including those developed by tumours. Multifunctional nanoscale devices also offer the opportunity to utilize new approaches to therapy, such as localized heating or reactive oxygen generation, and to combine a diagnostic or imaging agent with a therapeutic and even a reporter of therapeutic efficacy in the same package.

“Smart” nanotherapeutics may provide clinicians with the ability to time the release of an anticancer drug or deliver multiple drugs sequentially in a timed manner or at several locations in the body. Smart nanotherapeutics may also usher in an era of sustained therapy for those cancers that must be treated chronically or to control the quality-of-life symptoms resulting from cancers that cannot be treated successfully. Smart nanotherapeutics could also be used to house engineered cellular “factories” that would make and secrete multiple proteins and other antigrowth factors that would impact both a tumor and its immediate environment.

Many nanoparticles will respond to an externally applied field, be it magnetic, focused heat, or light, in ways that might make them ideal therapeutics or therapeutic delivery vehicles. For example, nanoparticulate hydrogels can be targeted to sites of angiogenesis, and, once they have bound to vessels undergoing angiogenesis, it should be possible to apply localized heat to “melt” the hydrogel and release a drug. Similarly, iron oxide nanoparticles, which can serve as the foundation for targeted MRI contrast agents, can be heated to temperatures lethal to a cancer cell merely by increasing the magnetic field at the very location where these nanoparticles are bound to tumor cells.

In some instances, nanoscale particles will target certain tissue strictly because of their size. Nanoscale dendrimers and iron oxide particles of a specific size will target lymph nodes without any molecular targeting. Nanoscale devices should also find use

in creating immunoprotected cellular factories capable of synthesizing and secreting multiple therapeutic compounds.

### Implants and prosthetics

Some nanocrystalline ceramics have certain properties – such as hardness, wear resistance and biocompatibility – that may make them of use as implants or as surface coating on conventional implants [2]. Ideally, a coating based on nanotechnology would give both a longer lifetime to prosthetics or orthopaedic implants like artificial knee-joints as well as a better biocompatibility. It is believed that the lifetime can be extended from 10 to 15 years to 40 years. Examples for activities on this field are the development of nanostructured coatings based on diamond, hydroxylapatite (Calcium-phosphate) and metal-ceramic composite materials [46].

The advances in nanoelectronic systems with high detector densities, data processing capability and interfaces between the electronics and the neural system of the body might allow the development of an artificial eye that helps some visually impaired people to regain their sight. Other possible applications of these nanoelectronic systems are the use in curing diseases of the nervous system caused by genetic malformations, poisonings, metabolic defects, vascular disorders, inflammations, degeneration, tumors or accidents.

### Cosmetics

One field of application is in sunscreens. The traditional chemical UV protection approach suffers from its poor long-term stability. A sunscreen based on mineral nanoparticles such as titanium dioxide or zinc oxide offer several advantages. Nanoparticles have a comparable UV protection property as the bulk material, but lose the cosmetically undesirable whitening as the particle size is decreased.

NuCelle SunSense SPF 30 sunscreen is a nanotechnologically engineered sunscreen. Its main ingredient is Z-COTE, a substance made with nanotechnology by BASF. The common SPF (sun protection factor) rating system only rates protection against UVB rays. Zinc oxide provides broad-spectrum protection against UVA and UVB rays, The nanotechnology in Z-Cote produces a high-purity nanocrystalline zinc oxide, which allows the sunscreen to go on clear [24].



L'Oréal offers an antiwrinkle cream, where a polymer capsule (Nanosomes™) is used to transport active agents like vitamins and a hair conditioner "Aqua-Oleum" where nanotechnology leads to improved care power. Compared to conventional skin creams that sit on top of your skin, nanotechnology-enhanced cosmetic treatments penetrate deep beneath the surface and affect the base molecular layer. Take Plenitude Revitalift antiwrinkle cream by L'Oréal Paris, which introduced its first nanotechnology product in 1998. Plenitude uses a patented 200-nanometer nanotechnology process to incorporate vitamin A inside a polymer "capsule." The capsule acts like a sponge, soaking up and holding the cream inside until the outer shell dissolves under your skin [25].



## Silver nanoparticles

The two last examples show how the peculiar properties of nanoparticles can be used in consumer products. Silver oxide is known to be germicide. This effect combined with high surface area and therefore high reactivity of nanoparticles has been exploited in the following commercially available products.

### Wound dressings based on nanocrystalline silver

In Nucryst's [26] produces nanocrystalline silver particles for medical applications. The nanoparticles have a greater surface area that helps to improve its antibacterial effectiveness against 150 types of microbes, including increasingly drug-resistant bacteria. Nucryst reports that its nanosilver kills bacteria in as little as 30 min and acts continuously over several days. Silver particles between 10 and 30nm are applied onto long rolls of dressing materials through a PVD process. The layers of silver particles gradually enter a burn or wound by mixing with body fluids. Depending on the thickness of the nanoparticles layer a dressing can last form 3 to 7 days.

### “Silver Nano Health System™”

Samsung is introducing a new washing machine concept, following the process of the “Silver Nano Health System™” purifying wash. SILVER WASH uses nanotechnology to electrolyze pure silver during wash and rinse cycles. Over 400 billion silver ions are released and penetrate deep into fabric for effective sanitization in the washing and rinsing cycles. The silver particles can sanitize and disinfect fabrics throughout the life of the washing machine. In addition to protect the fabrics, it also disinfects the drum and all the internal parts of the washing machine. Samsung also offers vacuum cleaners and refrigerators that are coated with nano silver.



## Energy

In 2000, all renewable energy sources contributed only 13.8% of the world's energy supply [2,4, 5, 27]. This includes 2.3 % hydrogen-energy, 11 % combustible renewables and waste, and 0.5 % other, including geothermal, solar, wind, heat etc. The outlook for 2010 is a reduction in all renewables to 12.9% and for 2020 to 12.3% of total energy supply, in the reference scenario, assuming no new measures are taken [28]. Total energy consumption is forecast to grow by 20% by 2020. CO<sub>2</sub> production will grow by 14% unless new policy measures are implemented.

Due to the Kyoto agreement the EU needs to reduce CO<sub>2</sub> production by 8% compared to 1990. Countries are committed to increasing the share of renewables in total energy supply from 6-12% and to improve energy efficiency. Energy security is also a reason for some governments to invest in alternative energy sources. Energy security means that governments want to reduce the dependence on one energy source, such as oil, the supply of which can be threatened by conflicts in strategic regions such as the Middle East.

If all measures governments consider at the moment are implemented, IEA (International Energy Agency) expects renewables to take a larger share of energy supply. IEA does not appear to directly consider technological innovation as a driver of the

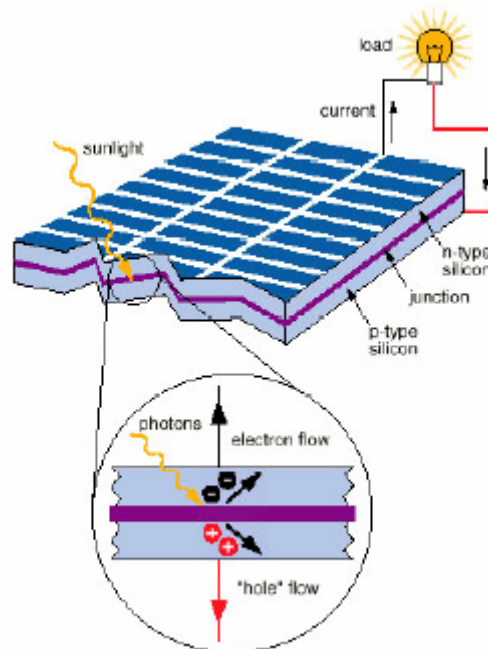
uptake of renewable energy sources, even though they do include forecasts of cost reductions in some renewable energy technologies.

The company Shell does reflect on new technologies, in a scenario "Energy Needs, Choices and Possibilities; Scenarios to 2050" [29]. They consider the potential breakthroughs in Solar PV or Hydrogen the coming decades. They explicitly mention nanotechnologies including nanotubes. The first scenario, '*Dynamics as Usual*', foresees that the share of renewable energy will rise fast until 2020, followed by stagnation and a next generation of renewables after 2030. The share of renewables other than bio-fuels could be 22 % of primary energy production in 2050. The other scenario, '*The Spirit of the Coming Age*', outlines the emergence of a Hydrogen economy, based on technological breakthroughs including carbon nanotubes and nanofibers. The share of renewables other than bio-fuels could be 15 % of primary energy production in 2050.

The global energy sector is likely to be particularly affected by coming advances in nanotechnology. Projections [4] indicate that such nanotechnology-based advances have the potential to reduce the world-wide consumption of energy by more than 10%.

### Solar Photo-voltaic

Solar photo-voltaic (PV) electricity production is the most obvious technology where nanostructured materials and nanotechnology are contributing to technology development. Currently, the world market for solar PV panels is about 400 MW per year in 2001 [30]. Solar PV is already competitive in electricity production for homes or villages in remote areas without a connection to the electricity network. Governments in the US, Europe and Japan are subsidising both technology development and installation of PV modules on roofs and integrated in new buildings for private homes and companies.



**Figure 3: Working principle of a solar cell**

The main challenge related to solar cells is to balance performance and prize. Very high performance metallic III-V solar cells have efficiency up to 40 % and are essentially used in space application due to elevated cost.

Mass produced solar cells are based on silicon technology which represented about 80 % of market share in 2000. By 2010 this expected to diminish to about 70 % [31]. These solar cells have efficiency close to 15 % and suffer a relative high prize due to massive use of high purity bulk silicon.

Thin film nanostructured alternatives which are currently on the market use an active layer of microns thickness, deposited on a cheap substrate such as glass. These alternatives include the deposition of amorphous silicon, copper indium-diselenide or cadmium-telluride which are cheaper than crystalline silicon, because less active material is used. The efficiency of these thin film PVs is much lower, less than 10 % compared to 15 %. In addition to lower efficiency the main bottleneck in thin film PV manufacturing is that nobody can produce large enough areas of the thin films on an industrial scale.

In order to reduce material cost, organic solar cells using conductive polymers are under development. The field is still immature but prototypes are available based on deposition of thin films of purely organic materials [32, 33] or hybrid materials. Hybrid materials try to combine the flexibility of an organic matrix but the conductivity of inorganic nanofillers [33] (called nanorods, that can be tuned to respond to different wavelengths of light). The efficiency at the moment is too low (less than 5 %) for commercial applications but organic solar cell will offer new opportunities in terms of manufacturing and new applications compared to traditional silicon technology. Researchers at the University of Arizona in Tucson have been experimenting with printing cells on paper or plastic via inkjet [34]. Organic solar cells could be manufactured in a process something like printing or spraying the materials onto a roll of plastic. Cells also could be made in different colours, making them attractive architectural elements or they could be transparent so they could be applied to windows. The cells would serve as tinting, letting half the light through and using the other half to generate power.

## Hydrogen

There is a lot of discussion at the moment about the 'hydrogen economy', where hydrogen will be the dominant fuel, converted into electricity using fuel cells, leaving only water and heat as waste product. The hydrogen is not freely available in nature in large quantities and, so it must be produced by conversion of other energy sources, including fossil fuels and renewables. Only renewables based hydrogen production can contribute to CO<sub>2</sub> emission reduction. Current renewable production methods of hydrogen include H<sub>2</sub> production from biomass, from water by electrolysis (where the electricity has been produced by wind, solar or hydrogen-energy), and the Millennium Cell alternative, Hydrogen on Demand™ [35]. This company is based in Eatontown, New Jersey, USA since 1998, and has a patented process in which a catalysed reaction between water and sodium borohydrate produce hydrogen for applications in cars. The advantage is that the storage of the sodium borohydrate is inherently safe. It is a derivative of borax, which is a natural raw material with substantial natural reserves.

## Hydrogen storage

Hydrogen can be stored in different kinds of materials, in gaseous, liquid or more recently in solid form. Gaseous hydrogen can be transported through pipelines for natural gas, mixed into the natural gas, or stored in gas tanks. Liquid hydrogen is stored in metal vessels at high pressures and low temperature. In solid form, hydrogen is stored in metal hydrides.

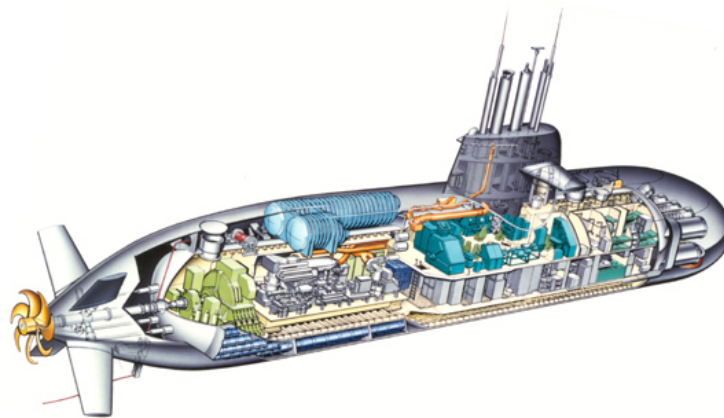
In the 1960s and 70s the leading technology for solid hydrogen storage was conventional hydride materials. In the 1980s, the focus shifted to amorphous hydrides such as NiZr, and from 1990 the focus is on nanostructured hydrides including carbon nanotubes, nano-magnesium based hydrides, metal hydride-carbon nanocomposites, nanochemical hydrides and alanates.

The main challenge resides in the fact that actual materials investigated for hydrogen storage face the following dilemma. It is usually difficult (or with very low efficiency) to recover hydrogen in materials where it is easy to be stored and vice versa.

## Fuel Cells

In addition to hydrogen storage which can be used in fuel cells, nanotechnologies can contribute to increase fuel cells efficiency. Nanostructured catalysts look likely to be a critical component in finally making fuel cells a reality [36]. Nanoparticles (metal oxides or metals) will find increasing applications as catalysts in PEM fuel cells and hydrogen reformer.

Although research on fuel cells for cars is done intensively, those systems are still some time from commercialisation in individual transport vehicles. PEM fuel cells are already used in a new generation of submarines developed in Germany [37].



**Figure 4: Fuel cell driven submarine [37]**

Fuel cell based power generators for commercial premises already exist and it is probably more likely that these will be move into the domestic market before any take-up in car is seen. A consideration here is efficiency. Apart the fact that fuel cells generators are already very efficient, electricity delivered to your door suffers losses during delivery averaging 5 to 15 percent [36].

## Batteries

With the grown in portable electronic equipment (mobile phones, navigation devices, laptop computers and remote sensors) there is a great demand for lightweight high-

energy density batteries. Batteries are also needed to supply electrical energy in homes, power supplies in remote areas and in back up systems in case the grid goes down. In the future, rechargeable batteries will be even more needed in combination with renewable electricity production such as solar photovoltaics or wind energy. Nanotechnologies can contribute in the development of the new batteries generation in two ways: increasing the rate of charge and discharge and raising the energy density.

There are basically two types of rechargeable batteries [38] where nanostructured materials are applied and the focus of research. The first and most advanced is lithium based, for example Li-ion batteries. These are dry batteries. The other type, wet batteries, uses basically the same materials as for hydrogen storage, and is based on metal hydrides, where hydrogen is the chemical energy carrier, or carbon nanotubes. The above mentioned 'Millenium cell' system is also applied in batteries.

Nanocrystalline materials synthesized by sol-gel techniques are candidates for separator plates in batteries because of their foam-like structure, which can hold considerably more energy than conventional ones [5]. Nickel-metal hydride batteries made of nanocrystalline nickel and metal hybrids are envisioned to require less frequent recharging and to last longer because of their large grain boundary surface area [2].

### Light Sources

In the world of lighting and light transmission, nanotechnologies will lead to dramatic energy saving. Currently light bulbs only convert 5 % of the electrical energy into light. Nanotechnological approaches like Light Emitting Diodes (LED) or Quantum Caged Atoms (QCA) could lead to a significant reduction of energy consumption for illumination [39].

Significant changes in lighting technologies are expected in the next ten years. Semiconductors used in the preparation of light emitting diodes (LED) for lighting can increasingly be sculpted on nanoscale dimensions. In the United States, roughly 20 % of all electricity is consumed for lighting, including both incandescent and fluorescent lights.

Organic Light Emitting Diodes (OLED) are looking like a promising way of making cheaper and longer-lasting light sources, reducing power consumption in the process. At present the most common flat panel displays are based on the liquid crystal technology (LCD). Such displays suffer from a pronounced viewing angle dependency. OLEDs are promising candidate to meet this challenge because of their brilliant colours, large viewing angle and low persistence.

Because OLEDs are self-luminescent—they glow when an electrical field is applied to them -- they don't require a backlight or reflective light source. This allows them to be thinner, lighter, and more efficient than LCDs. The newest OLEDs benefit from a host of improvements in technology and manufacturing processes. The various formats include Flexible OLEDs (FOLED), Stacked, High-Resolution OLEDs (SOLED), and even Transparent OLEDs (TOLED).

The newest OLEDs are skinnier than ever and are extremely flexible. In March 2003, Universal Display Corporation (UDC) unveiled a display less than .7-mm thick, nimble enough to wrap around a golf ball, with 4,096 pixels and a resolution of 80 dpi. Ideas for the use of these FOLEDs include automobile dashboards, rollable displays,

and incorporation into military uniforms. TOLEDs can be built right into window panels, such as automobile windshields, eyeglasses, and store windows [40].

While the use of OLEDs in full-sized computer monitors may be a year or more away, several cell phones and digital cameras featuring full-color, active-matrix OLEDs debuted spring 2003. LG's 6000 camera phone and Kodak's EasyShare LS633 digital camera are just two examples. Screen sizes are increasing quickly, too. Recently Samsung and Sony demonstrated AMOLED (Active Matrix OLED) display prototypes that measured 15- and 24-inches respectively. You just might find an OLED screen on your laptop soon.

The production of displays with low energy consumption could also be accomplished using carbon nanotubes. Researchers have created a bulb driven by nanotubes. CNTs can be electrically conductive and due to their small diameter, they can be used as field emitters with high efficiency. Efficiencies promise to match or exceed those of fluorescent lighting [41].

In 10 to 15 years, projections indicate that such nanotechnology based lighting advances have the potential to reduce worldwide consumption of energy by more than 10 %, reflecting a savings of \$100bn dollars per year and a corresponding reduction of 200 million tons of carbon emissions

## Uncertainties related to nanotechnologies

### Health, environmental and safety impacts

Whereas the potential benefits of nanotechnologies have been welcome, concerns have been expressed that the properties that are exploited might have negative health effects and/or environmental impacts. The possible impacts of nanotechnologies have been the topic of only few publications. According to the report recently published by the Royal Society and Royal Academy of Engineering [2] most of the nanotechnologies pose no new risks to health and environment and almost all the concerns relate to the potential impacts of manufactured nanoparticulate materials that are free rather than fixed to or within a material. But how harmful are nanoparticulate materials is still a matter of debate. As Annabelle Hett wrote in the Swiss Re report on nanotechnologies [42] "While some scientist are confident that the benefits outweigh the risks, others believe that nanoparticles can harm living creatures through their reduced size, regardless of what they consist of or how they are manufactured."

Nanoparticulate materials have structure sizes smaller than 100 nm in at least one dimension. They can have various shapes, chemical composition and structures such as platelets, tubes, spherical or needle-like. Nanoparticles, fullerenes (bucky-balls, carbon nanotubes) and quantum dots are typical nanoparticulate materials.

Particles in the nanometre range have three particular properties, opening for new opportunities but also new and mostly unknown hazards.

The first and most obvious one is the size. Small compared to the wave length of light, nanoparticles can be added into transparent materials without affecting light transmission. They are virtually invisible. Furthermore, their tiny size makes them ideal carriers able to reach remote areas (such as in your body) to deliver active substances. That means that free nanoparticles have almost free access to any places, including cell membranes.



Second, classical physics are not more applicable at the nanoscale and quantum effects become predominant. That's the reason why nanoparticles have optical, magnetic or electrical properties which differ from micro or macro particles made of the same material. Even though their composition is known, nanoparticulate materials have unique properties and should therefore be considered as new materials and chemicals. As pointed out in [59], "the adverse effects of nanoparticles cannot be predicted (or derived) from the known toxicity of bulk materials".

Third, there are proportionally more atoms on the surface of nanoparticulate materials and fewer in the interior as the particle size decreases. The smaller the particles, the greater is the relative surface area. Since surface atoms are less strongly bonded than those in the interior of the particle and nanoparticulate materials have enhanced reactivity. Nanoparticles are therefore extremely reactive. High reactivity is desirable for catalyst purpose but if such particles are inhaled, there could be harmful consequences. The fact that nanoparticles are on the same scale as cellular components and larger proteins has led to the suggestions that they might evade the natural defence of humans and other species and damage cells. Another issue connected to the high surface energy is the possibility of building up agglomerates of nanoparticles. This might happen during the production of nanoparticles (usually unwanted here) but also after nanoparticles were released into the environment which means it might also happen in biological systems.

As mentioned previously the effect of nanoparticulate materials on the body and the environment is still unclear. Even though manufactured nanoparticulate materials are important because they are among the first nanoscale technologies used in consumer products, the production rates of these materials is only a small fraction of the predicted potential for nanotechnologies [2]. That means that the probability to exposure is on average low. Bearing in mind that mainly free nanoparticulate materials represent a concern, only staff working in production sites and university labs can be considered as potentially exposed [27]. This represents at the moment a relatively small number of persons but the expected dramatic increase in industrial production and use of nanoparticulate materials motivates a careful risk assessment as part as companies/universities/research institutes SHE activities. But the danger or uncertainties linked to ultrafine particles is not unique to nanotechnologies. Unintentionally release of ultrafine particles generated by combustion process from energy production, mechanical abrasion processes, exhaust gasses from engines or conventional industrial process (e.g. welding, laser ablation, plasma cutting, grinding and milling) contributes more to nanoparticle emissions than industrial nanoparticulate materials production.

#### What are the risks?

As introduced previously, engineered free nanoparticulate materials constitute the main risk compared to fixed or embedded particles. In addition distinction should be made between coated and uncoated engineered particles. From a toxicological viewpoint, coating is important because it would render an engineered particle inert as long as the coating last.

To understand the potential risk to human from nanoparticulate materials it is necessary to consider the body's defences and the properties particles require to overcome these defences. Access to the human body can occur through the respiratory system, the skin or the intestinal tract. Each organ represents a barrier to penetration. Nevertheless, despite the defence mechanisms certain particles have proved to have toxic

effects. Quartz, asbestos and air pollution are known examples. The threat associated with unintentionally produced and released nanosized particles resulting from fossil fuel combustion is well known.

Concern over penetration of engineered nanoparticles into the body was early voiced at the Center for Biological Environmental Nanotechnology at Rice University at a fact-finding meeting at the US Environmental Protection Agency. Nanoparticles have been reported to be found in lungs, liver, bloodstream and brain [27, 60-67] after inhalation or injection in animals (mice, rats or fish). The long-term and accumulation effects are still unknown but the first study (Eva Oberdörster - Southern Methodist University in Dallas) to look at the health effects of microscopic, manufactured "nanoparticles" on aquatic animals has found troubling evidence that the molecules can trigger organ damage [68]. Further studies are therefore needed to investigate body reactions, accumulation, evacuation as well as side effects.

Another thought-provoking observation was recently made by immunologist Silvana Fiorito [69]. She has discovered in preliminary research that when a 1  $\mu\text{m}$ -wide particle of pure carbon is introduced in a cell, the cell responds by producing nitric oxide, which indicates that the immune system is working and the body is fighting back against the invading foreign substance. When a nanosized particle of the same substance is added to cells (in the form of either buckyballs or nanotubes), the cell fails to produce an immune response. The ability to slip past the immune system may be desirable for drug delivery but the consequence of free reactive nanoparticles penetrating living cell are unknown.

So far mice, rats or fish have been used and no direct data on human response to nanoparticulate are available. But the group of Antonietta Morena Gatti (Laboratory of Biomaterials of the University of Modena and Reggio Emilia) did extremely interesting finding on people accidentally exposed to nanoparticles [70]. Her work was triggered by the non negligible number of Gulf War I veterans showing what according to medicine are unrelated symptoms like headache, forgetfulness, impaired concentration, cancers, unusual diseases of the genitourinary system, increased incidence of birth defects among veterans' children and disorders of the blood and the haemopoietic organs. Very similar symptoms are being displayed by soldiers who served in the former Yugoslavian territory during the so-called Balkan War. Staffers of humanitarian missions and Yugoslavian residents as well are suffering from the same diseases. Professor Edo Hasanbegovic, head of the Paediatric Clinic of Sarajevo, announced that leukaemia is on the increase in children throughout the Yugoslavian Federation.

All the samples contained non biodegradable inorganic nano-particles of different alloys. It was found that during these two wars special projectiles (DU projectiles) were used mainly to hit buildings and armaments like tanks. The very temperature at the impact was able to sublime solid matter and in some cases form new alloys. The sublimed matter rapidly solidifies again taking the shape of very small spheres (nanoparticles, staying suspended in the air and carried away over distances depending on atmospheric conditions like wind, rain, snow and pressure. It is possible that the so-called Balkan syndrome has a multi-factorial origin but the main cause was, according Antonietta Morena Gatti, without any doubt a nanopathological one.

These results show how seriously exposure to nanoparticulate materials should be addressed especially in production and R&D sites where the risk to exposure is at the moment the highest.

## Societal and ethical issues<sup>1</sup>

### The nano-divide

The application of science, technology and engineering has undoubtedly improved life expectancy and quality of life for many in the long term. In the short-term, however, technological developments have not necessarily benefited all of humankind, and some have generated very definite ‘winners’ and ‘losers’.

Concerns have been raised over the potential for nanotechnologies to intensify the gap between rich and poor countries because of their different capacities to develop and exploit nanotechnologies, leading to a so-called ‘nanodivide’. Those who participate in the “nano revolution” stand to become very wealthy. Those who do not may find increasingly difficult to afford the technological wonders that it engenders. One near-term example will be in medical care: nanotech-based treatments may be initially expensive, hence accessible only to the very rich[71]. There are therefore significant risks that some short-term developments in nanotechnologies will be exclusive to those who already own wealth and power, to the detriment of wider society.

### Information access and management

The convergence of nanotechnologies with IT could provide the basis for linking complex networks of remote sensing devices to significant computational power. Some nanodevices may be widely incorporated in other products. Such developments could be used to achieve greater safety, security and individualised healthcare, and could offer advantages to business (for example in tracking and other monitoring of materials and products). However, the same devices might be used in ways that limit individual or group privacy by covert surveillance, by collecting and distributing personal information (such as health or genetic profiles) without adequate consent, and by concentrating information in the hands of those with the resources to develop and control such networks.

### Human enhancement

Nanotechnologies are contributing to the development of some ‘enhancement’ applications; the closest to development being improved cochlear and retinal implants, to improve or restore hearing and eyesight.

A few disability rights groups have objected to proposed interventions that enhance human capacities, on the grounds that this might lead to stigmatisation of those without enhanced capacities. The general concern is difficult to grasp without a clear account of the difference between enhancements and other interventions. The issue of specific human enhancements is also likely to fall, initially at least, squarely within the medical domain, where there is an established history of considering emergent ethical issues and the societal acceptability of particular procedures.

The general issues about stigmatisation of those who are different in various ways is a serious one, but it has little connection with ways in which differences between people may be brought about. All successful medical treatment of illness, including treatment of illness with a genetic basis, enhances the functioning and capacities of those who are treated. Even where an intervention – a drug, a prosthesis, a medical

---

<sup>1</sup> Text presented in that section is taken from the report published by The Royal Society & The Royal Academy of Engineering, *Nanoscience and nanotechnologies: opportunities and uncertainties* in 2004

device, surgery – is not effective for all sufferers, it can hardly be withheld from those who could benefit on the grounds that some others cannot. There is no general case for resisting technologies or interventions that enhance human capacities. It would be wrong to deny appropriate treatment to patients whose impaired sight can be improved by glasses or surgery simply because others have sight impairments that cannot be improved.

However, certain types of enhancement may be more controversial, whether because those who lack them would be stigmatised or (more probably) for other reasons. For example, some have argued that all enhancement by gene therapy is an unacceptable form of eugenics, while others have argued that genetic enhancement of basic capacities such as intelligence or height would only be acceptable only if fairly distributed. Yet others hold that if enhancement of capacities by education or training is acceptable, then enhancement of capacities by other means, such as cosmetic surgery or taking drugs with cognitive effects, is also acceptable. A parallel debate can be found between those who are concerned about the use of performance-enhancing drugs by athletes or others (usually on grounds of unfairness or risk to health)<sup>1</sup>, and those who think that if it is acceptable to enhance performance by exercise, then it is acceptable to do so by taking drugs.

### Convergence

Convergence refers to the multiple ways in which nanotechnologies will combine in the future with other developments in new technology. Convergence probably presents some of the biggest uncertainties, with respect to what is genuinely plausible and when new technologies might actually come into use. It has been discussed how convergence of nanotechnologies with information technologies could raise concerns about civil liberties. However, convergence is likely to generate a range of other social and ethical challenges, particularly in relation to longerterm applications within bio-nanotechnology that involve significant interface of material systems with, or internal modification of, the body.

Some developments – although essentially physical interventions conducted primarily for medical benefits – might well raise a range of fundamental psychological and sociological questions centred around the issue of identity: that is, what we understand to be ‘human’, what is ‘normal’ and what is not.

As stated in the recent report from the German Parliament Office of Technology Assessment (TAB 2004): 'In visions of nanotechnology, we repeatedly see aspects which dissolve the boundaries between what constitutes a human being, and what they can create with the help of technological achievements and applications. Such aspects relate for example to the penetration and modification of the human body by attempts to supplement or replace its biological components by nanotechnology components, and to network it with external machines or other bodies or body parts'. Developments that in some way invade or intervene with the body in the manner described above are also likely to raise issues of control and choice and to be particularly sensitive in relation to public perceptions and concern.

## References

1. Feynman, R.P., *There is plenty of room at the bottom*. 1959, <http://www.zyvex.com/nanotech/feynman.html>.
2. *Nanoscience and nanotechnologies: opportunities and uncertainties*. 2004, The Royal Society & The Royal Academy of Engineering,
19. Kanebo Textiles, Kanebo Textiles Division, <http://www.kanebotx.com/english/index.html>.
20. Toray Nylon, Toray Industries, <http://www.toray.com/products/seni/index.html>.
21. Textile Fibers Business Group, Teijin Industries, <http://www.teijin.co.jp/english/about/enterprise/index.html>.
22. Nanowax Cerax, <http://www.ceraxusa.com>.
23. Babolat, <http://www.babolat.com>.
24. Nucèlle, <http://www.nucelle.com/>.
25. L'Oréal, <http://www.lorealparis.co.uk/>.
26. Nucryst Pharmaceuticals, <http://www.nucryst.com>.
27. Luther, W., *Industrial application of nanomaterials - Chances and risks*, in *Future Technologies Division*, W. Luther, Editor. 2004, VDI Technologiezentrum GmbH: Düsseldorf,
28. *World energy statistics 2002*. 2002, International Energy Agency, <http://www.iea.org>.
29. *Energy needs, choices and possibilities - Scenarios to 2050*. 2001, Shell International,
30. Schmela, M., *World production for solar cells grew 40% in 2001*. Photon International, 2002.
31. Bank Sarasin & Cie, Photon International, 2002. **9**: p. 30.
32. *Solar cells go organic*. 2002, [http://www.economist.com/science/tq/displayStory.cfm?story\\_id=1176099](http://www.economist.com/science/tq/displayStory.cfm?story_id=1176099).
33. Schultz, S., *New technique could lead to widespread use of solar power*, in *EurekaAlert!* 2003, [www.eurekaalert.org/pub\\_releases/2003-09/pun-091103.php](http://www.eurekaalert.org/pub_releases/2003-09/pun-091103.php).
34. *Inkjet printers used to "spray on" displays*. 2002, <http://www.newscientist.com/news/news.jsp?id=ns99992166>.
35. MillenniumCell, <http://www.millenniumcell.com>.
36. Hollister, P., *Nanotech: the tiny revolution*. 2002, CMP Científica,
37. *Fuel cell submarine "U 33" launched at HDW*. 2004, HDW, <http://www2.hdw.de/en/presse/index.hdw?c1=cpr01a&m1=mpr800&pid=129>.
38. *Nanotechnology helps solve the world's energy problems*. 2004, Nanoforum.org, <http://www.nanoforum.org/index.php?struktur=5&loginmodultemp=showpub&logintemp=showcomplete&sent=&step=&folder=99999&modul=showpub&action=showcomplete&scid=121&code=0fc170ecbb8ff1afb2c6de48ea5343e7&userid=443024&wb=143135&>.
39. *4th Nanoforum Report: Benefits, Risks, Ethical, Legal and Social Aspects of Nanotechnology*, I. Malsch, Editor. 2004, Nanoforum.org. p. 161, <http://www.nanoforum.org/dateien/download.php?userid=470209&dateinr=0>

- [&dateorig=000271.upl&dateiname=ELSIcomplete.pdf&zeitcode=23092004140627.](#)
40. *Lighting - The potential Impact of Nanotechnology in Lighting*. 2004, Institute of Nanotechnology, <http://www.azonano.com/details.asp?ArticleID=658>.
  41. Institute of Nanotechnology, *Lighting - The potential Impact of Nanotechnology in Lighting*, in *Azonano.com*. March 2004, <http://www.azonano.com/details.asp?ArticleID=658>.
  42. Hett, A., *Nanotechnology; Small matter many unknowns*, in *Risk Perception*. 2004, Swiss Re, <http://www.swissre.com/>.
  43. *4th Nanoforum Report: Benefits, Risks, Ethical, Legal and Social Aspects of Nanotechnology*, in *Nanoforum report*, I. Malsch, Editor. 2004, nanoforum.org, <http://www.nanoforum.org/dateien/download.php?userid=470209&dateinr=0&dateorig=000271.upl&dateiname=ELSIcomplete.pdf&zeitcode=23092004140627>.
  44. Johns, K., *Hygienic coatings: the next generation*. Surface Coatings International Part B: Coating Transactions, 2003. **86**(B2): p. 101-110.
  45. Alsbury, H. and A. Robertson, *The production and evaluation of photocatalytic titanium dioxide coatings on glass tubes*. 2003, [http://www.chemsoc.org/exemplarchem/entries/2003/loughborough\\_coating/pdf.html](http://www.chemsoc.org/exemplarchem/entries/2003/loughborough_coating/pdf.html).
  46. Wagner, V. and D. Wechsler, *Nanobiotechnologie II: Anwendungen in der Medizin und Pharmazie*. 2004, Zukünftige Technologien Consulting der VDI Technologiezentrum GmbH,
  47. *History of silver in medicine and wound dressings*. 2002, Argentum Medical LLC., <http://www.silverlon.com/history.html>.
  48. *Nano composite Buisness Cataloge*. 2004, Nanux Co. Ltd., [http://eng.nanocomposite.net/NANUX\\_INC\\_CATALOG\\_ENG.pdf](http://eng.nanocomposite.net/NANUX_INC_CATALOG_ENG.pdf).
  49. *Silver nano health system*. 2004, Samsung, [http://www.samsung.com/in/products/refrigerator/technicalinfo/index\\_silvernano.htm](http://www.samsung.com/in/products/refrigerator/technicalinfo/index_silvernano.htm).
  50. *Silver wash*. 2004, Samsung, <http://www.samsung.com/Products/WashingMachine/technicalinfo/>.
  51. Rabbitts, K., *Lab-on-a-chip: smaller, cleaner, cheaper, faster*. 2002, <http://thomsonscientific.com/ipmatters/nanotech/8179996/>.
  52. Sotiropoulou, S. and N.A. Chaniotakis, *Carbon nanotube array-based biosensor*. Anal Bioanal Chem, 2003. **375**: p. 103-105.
  53. Kalaugher, L., *'Nanocarpet' sweeps up bacteria*. 2004, nanotechweb.org, <http://www.nanotechweb.org/articles/news/3/9/17/1>.
  54. Boyd, J., *Nanoshells cancer treatment proves effective in first animal test*. 2004, [http://www.eurekalert.org/pub\\_releases/2004-06/ru-nct062104.php](http://www.eurekalert.org/pub_releases/2004-06/ru-nct062104.php).
  55. Williams, D., *Benefits and risk in tissure engineering*. Materials Today, 2004. **7**(5): p. 24-29.
  56. *Cordis Search for Projects*. 2004, European Union, <http://ica.cordis.lu/search/index.cfm?fuseaction=search.simple>.
  57. Roco, M., *The US National Nanotechnology Initiative after 3 years (2001-2003)*. Journal of Nanoparticle Research, 2004. **6**: p. 1-10.
  58. *Cancer Nanotechnology Plan*. 2004, National Cancer Institute, [http://nano.cancer.gov/alliance\\_cancer\\_nanotechnology\\_plan.pdf](http://nano.cancer.gov/alliance_cancer_nanotechnology_plan.pdf).

59. European Commission, *Nanotechnologies: A preliminary risk analysis*. 2004, Health and Consumer Protection Directorate General,
60. Kreuter, J., et al., *Direct evidence that polysorbate-80-coated poly(butylcyanoacrylate) nanoparticles deliver drugs to the CNS via specific mechanisms requiring prior binding of drug to the nanoparticles*. *Pharmaceutical Research*, 2003. **20**(3): p. 409-416.
61. Oberdörster, G., *Pulmonary effects of inhaled ultrafine particles*. *Int. Arch. Occup. Environ. Health*, 2001. **74**: p. 1-8.
62. Oberdörster, G., et al., *Translocation of Inhaled Ultrafine Particles to the brain*. *Inhalation Toxicology*, 2004. **16**: p. 437-445.
63. Dürrenberger, F., J. Höck, and K. Höhener, *Overview of completed and ongoing activities in the field: Safety and Risks of Nanotechnology*. 2004, TEMAS AG,
64. Kirby, A., *Tiny particles "threaten brain"*. 2004, BBC News,
65. Wootliff, B., *British Scientist: Nanoparticles might move from mom to fetus*. 2004, <http://www.smalltimes.org>.
66. Bernstein, M., *Type of buckyballs shown to cause brain damage in fish*. 2004, EurekAlert.org, [http://www.eurekalert.org/pub\\_releases/2004-03/acs-ob031904.php](http://www.eurekalert.org/pub_releases/2004-03/acs-ob031904.php).
67. Weiss, R., *Study finds Nanoparticles Toxic in Aquatic Habitat*. 2004, <http://www.washingtonpost.com/ac2/wp-dyn?pagename=article&contentId=A31881-2004Mar28&notFound=true>.
68. Oberdörster, E., *Manufactured nanomaterials (fullerenes, C60) induce oxidative stress in brain of juvenile largemouth bass*. *Environmental Health Perspectives*, 2004: p. 1-24.
69. Gorman, J., *Taming High-Tech Particles*, in *Science News*. 2002. p. 200,
70. Gatti, A.M. and S. Montanari, *The so-called "Balkan-Syndrome": A Bio-engineering Approach*. 2004, health-now.org, <http://www.health-now.org/site/article.php?menuId=17&articleId=154>.
71. *Societal Implications of Nanoscience and Nanotechnology, NSET Workshop Report*, Edited by Mihail C. Roco and William Sims Bainbridge National Science Foundation, 2001

Vedlegg 2. Invitasjonen vi sendte ut til de stakeholdere vi ønsket å intervju



## Ny teknologi - Hvem skal være føre-vår ?

Teknologien omgir oss, og legger rammebetingelser for våre liv. Den teknologiske utviklingen skyter stadig mer fart, og ny teknologi kommer ut på markedet tilsvarende hurtig. Hvem har ansvaret for å se til at den nye teknologien ikke har utilsiktede konsekvenser?

Statens institutt for forbruksforskning (SIFO) har i samarbeid med Det Norske Veritas Research, fått midler fra Norges forskningsråd for å se nærmere på denne problemstillingen innen nanoteknologi.

For å lykkes i dette ambisiøse målet vi avhengig av at sentrale aktører stiller opp til intervju og deltar på det avsluttende seminaret. Ved å delta vil du også møte andre sentralt plasserte aktører: politikere og byråkrater, næringslivet, forskere og fagfolk og interesseorganisasjoner.

Vi ønsker å intervju deg en gang i løpet av ukene XX til XX (fra dato- til dato). Vi håper du har anledning til dette. Du trenger ikke å forberede deg spesielt til samtalen, men det er fint om du har gjort deg klar over hvilket syn din institusjon/organisasjon har på nanoteknologi og/ eller andre nye teknologier.

Et mål for prosjektet er å bygge en plattform for dialog om nanoteknologien. Denne plattformen har to elementer: først og fremst innholdet i dialogen – hvordan kan vi sikre at det blir ført en konstruktiv dialog om dette temaet i Norge? For det andre – hvor bør dialogen videreføres?

Grunnlaget for denne plattformen vil bli lagt på et avsluttende seminar i slutten av oktober i år.

Mer om prosjektet kan du få vite på SIFOs hjemmesider på [www.sifo.no](http://www.sifo.no) eller ved å ta direkte kontakt med oss!

Med vennlig hilsen

**Eivind Stø**, forskningssjef, SIFO, [eivind.sto@sifo.no](mailto:eivind.sto@sifo.no) Tlf (direkte) 22 04 35 40

**Harald Throne-Holst**, forsker, SIFO, [harald.throne-holst@sifo.no](mailto:harald.throne-holst@sifo.no) Tlf (direkte) 22 04 35 73

**Fabrice Lapique**, Senior Research Engineer, Det Norske Veritas Research, [fabrice.lapique@dnv.com](mailto:fabrice.lapique@dnv.com) Tlf (direkte) 67 57 71 94



Vedlegg 3. Utdelt materiale på den avsluttende workshopen 9.november 2006



Velkommen til det avsluttende seminaret for prosjektet  
”Føre-vârprinsippet innen nanoteknologi  
- Hvem skal være føre-vâr?”

Håndverkeren, Oslo 9.november 2006

**Eivind Stø**

Forskningsjef  
SIFO  
*Prosjektleder*

**Harald Throne-Holst**  
pique

Forsker  
SIFO

**Fabrice Lapique**

Senior Engineer  
DNV Research

Prosjektet er finansiert av Norges forskningsråds NANOMAT-program (Nanoteknologi og nye materialer)

[www.sifo.no](http://www.sifo.no)

[www.dnv.com/research/index.asp](http://www.dnv.com/research/index.asp)

[www.forskningsradet.no/nanomat](http://www.forskningsradet.no/nanomat)

## Vedlegg 4. Agenda avsluttende workshop for stakeholdere

**Program Avsluttende seminar 9.november 2006**  
**Føre-vårprinsippet og nanoteknologi- Hvem skal være føre-vår?**

- 9.00 Velkommen v/Eivind Stø
- 9.05 Deltagerne presenterer seg selv (Kort!) Runde rundt bordet
- 9.15 Rekapitulering: Hva var nå nanoteknologi igjen? v/Harald Throne-Holst
- 9.35 Oppklarende spørsmål
- 9.45 Hva har vi funnet –Presentasjon av prosjektets resultater v/Stø og Throne-Holst
- 10.15 Diskusjon av funn og forslag
- 11.15 Hva er konsensus?
- 12.00 Lunsj

## Vedlegg 5. Presentasjon av hva er nå nanoteknologi igjen



### Emerging Technologies



#### Nanotechnologies and Nanoparticles

Fabrice Lapique – DNV Research & Innovation  
Harald Throne-Holst - SIFO

## Vedlegg 6. Presentasjon av funn på avsluttende workshop 9.november 2006

**Eivind Stø og Harald Throne-Holst**

**Stakeholdermøte om føre-var prinsippet innen nanoteknologien, Håndverkeren 9. november 2006**

**Hovedresultater fra intervjuer med stakeholdere og fokusgrupper med forbrukere.  
En plattform for en stakeholder dialog**

**NFR, NANOMAT; 2006.  
SIFO i samarbeid med Det norske Veritas Research**

Eivind Stø og Harald Throne-Holst



### Hva mener vi med føre-var prinsippet?

- **Føre-var prinsippet er basert på at tiltak settes i verk på bakgrunn av erfaringer og tidlige vitenskapelige advarsler, uten klare årsakssammenhenger og uten at de vitenskapelige konklusjonene endelig er trukket**
- **En slik begrunnet usikkerhet kan føre til**
  - **Moratorium, permanent eller midlertidig**
  - **Innføre regler eller overvåkningssystemer innen spesielt usikre sektorer eller sammenhenger**
  - **Prioritere forskning på områder hvor usikkerheten er stor – eventuelt svært liten**
  - **Styrke informasjonen om ulike sider ved utviklingen for å gjøre vanlige folk i stand til å treffe de riktige valgene**

Eivind Stø og Harald Throne-Holst



## Føre-var prinsippet innen nanoteknologi hovedproblemstillinger i prosjektet:

- **Prosjektet setter søkelyset på et sentralt element i utviklingen av nano teknologien: relevansen og viktigheten av føre-var prinsippet:**
  - Har det noen hensikt å snakke om føre-var prinsippet i det hele tatt fordi vi forholder oss til en svært komplisert og sammensatt teknologi?
- **Hvem har eventuelt faglig legitimitet og politisk makt til å beslutte ulike føre-var tiltak?**
- **Hvordan kan en plattform for en samfunnsmessig dialog om nanoteknologi utvikles:**
  - Hva bør være hovedinnholdet i en slik plattform?
  - Hvem bør ha det institusjonelle ansvaret for å drive fram en samfunnsdialog?

Eivind Stø og Harald Throne-Holst



## Føre-var prinsippet innen nanoteknologi en stakeholder tilnærming:

- **Vårt spesielle bidrag til diskusjonen om føre-var prinsippet er en stakeholder tilnærming.**
- **Det vil si at vi har diskutert relevansen av føre-var prinsippet med sentrale stakeholdere, slik som:**
  - **NGOer**
  - **Politikere**
  - **Industrien**
  - **Det vitenskapelige miljø**

**Det er til sammen gjennomført 20 intervjuer**

Eivind Stø og Harald Throne-Holst



### Føre-var prinsippet innen nanoteknologi fokusgrupper blant forbrukere

- I tillegg har vi gjennomført fire fokusgrupper med vanlige forbrukere hvor forholdet til moderne teknologi og føre-var prinsippet har vært diskutert på de generelle plan og også knytter opp til nanoteknologi mer spesielt.
  - Kvinner under 45 år
  - Menn under 45 år
  - Kvinner over 45 år
  - Menn over 45 år
- Gruppe består av 5-6 personer fra Oslo-området med et visst utdanningsnivå.
- Fokusgruppene ble gjennomført i oktober 2006
- Fokusgruppene er ikke representative, men utmerket egnet til å illustrere hvordan folk tenker og hvordan de diskuterer kompliserte spørsmål, som for eksempel ny teknologi.

Eivind Stø og Harald Throne-Holst



### Føre-var prinsippet innen nanoteknologi Teoretisk utgangspunkt

- Et sentralt utgangspunkt for prosjektet er Risikosamfunnet av Ulrik Beck (1986)
- Poenget til Beck er ikke at risikoene er større eller flere i dag enn tidligere, men at de har endret karakter. Tidligere måtte en regne med at det oppsto naturkatastrofer som det var vanskelig å forberede seg på. I dag må vi forholde oss til menneskeskapt risikoer
- Dette er også risikoer som i mange sammenhenger springer ut av løsningen på bestemte problemer. I følge Beck er det nettopp dette som kjennetegner risikosamfunnet. Asbest er her et illustrerende eksempel
- Både i intervjuene og i fokusgruppene var vi ute etter refleksjoner om risikosamfunnet

Eivind Stø og Harald Throne-Holst



## Føre-var prinsippet innen nanoteknologi Noen hovedfunn: Sterk teknologioptimisme

- **Teknologioptimismen er sterk både i stakeholderintervjuene og i fokusgruppene med forbrukere.**
  - Teknologioptimismen var overraskende sterk blant alle stakeholdere. Heller ikke miljø- og forbrukerorganisasjonene artikulerte grunnleggende skepsis til nano-teknologien
  - I fokusgruppene var teknologioptimismen betydelig sterkere blant de yngre enn blant de eldre og det var ingen forskjeller mellom menn og kvinner
  - Skepsisen var langt større til GMO og stamcelleforskning

Eivind Stø og Harald Throne-Holst



## Føre-var prinsippet innen nanoteknologi Noen hovedfunn: Sterk teknologioptimisme

- **Skyldes teknologioptimismen at visjonene er sterke og konkrete mens de negative sidene er for abstrakte?**
- **Var det motsatte tilfelle med GMO - "All risk, no benefit"?**

Det er vanskelig å identifisere refleksjoner omkring risikosamfunnet, både blant stakeholdere og i fokusgruppene.

  - **Er dette virkelig tilfelle?**
- **Er denne sterke teknologioptimismen et tegn på at en ønsker å unngå de skyttergravene som raskt ble bygget i GMO diskusjonen**
- **Eller er denne optimismen mer problematisk?**

Eivind Stø og Harald Throne-Holst



## Føre-var prinsippet innen nanoteknologi

### Noen hovedfunn: Hovedansvaret for føre-var prinsippet ligger i dag på det vitenskapelige miljø

- Det er et gjennomgående trekk ved stakeholderintervjuene at hovedansvaret for føre-var prinsippet i dag blir plassert på det vitenskapelige miljøet
- Det er vitenskapen må formulere hvilke dilemma vi står ovenfor
  - I fokusgruppene var ikke konklusjonene like entydige. Her pekte man like ofte på politikerne ansvar. Det er de som må sette rammebetingelsene for den vitenskapelige virksomheten. Dette ble også til en viss grad hevdet blant stakeholderne
- Det er det vitenskapelige miljøet, og ikke enkeltforskere som må ta dette ansvaret

Eivind Stø og Harald Throne-Holst



## Hovedansvaret for føre-var prinsippet kan/bør skifte fra det vitenskapelige miljø til næringsliv og politikere

- I demokratiske samfunn er det politikerne som har ansvaret for rammebetingelsene til både vitenskapen og industrien. Slik vil det etter hvert også bli når det gjelder utviklingen av nanoteknologien
- Det er derfor politikerne som til slutt har ansvaret for at føre-var prinsippet blir anvendt på en hensiktsmessig måte. Er de i stand til å ta dette ansvaret?
- Søkelyset må settes på regelverket, nasjonalt som internasjonalt. Siden både positive og negative egenskaper endrer karakter på nano-nivå, må en stille spørsmålet om regelverket følger med i utviklingen?

Eivind Stø og Harald Throne-Holst





## Hovedansvaret for føre-var prinsippet kan/bør skifte fra det vitenskapelige miljø til næringsliv og politikere

- Dette skiftet fra vitenskap til politikk og industri henger også sammen med to andre forhold som ble diskutert:
  - Hvor ny er egentlig nanoteknologien, og hva er det prinsipielt nye med nanovitenskapen?
  - Hvor raskt utvikles forskningen fra grunnforskning til industriell implementering innen de ulike områdene?
- På forbrukermarkedet finnes det i dag et raskt økende antall produkter, og her har industrien et objektivt ansvar for produksikkerheten
- Risikoene ble vurdert langt viktigere for teknologier som angår kroppen (nanobio) enn for det tradisjonelle varemarkedet
- Samtidig var det en stor tro i fokusgruppene på produktene var testet også med hensyn til langtidsvirkninger. ”- Vi befinner oss jo i 2006!!”

Eivind Stø og Harald Throne-Holst



## Føre-var prinsippet innen nanoteknologi Noen hovedfunn: Hovedansvaret for popularisering ligger på det vitenskapelige miljø

- For at politikere, miljø- og forbrukerorganisasjoner og vanlige forbrukere skal kunne ta standpunkt til den kompliserte teknologien må forskningen populariseres
  - Noen politikere ønsket å bestemme, men følte seg i dag ikke kompetent til å gjøre dette. Derfor må populariseringen være kunnskapsbasert
- Norges forskningsråd har et spesielt ansvar for at en slik popularisering finner sted
  - Populariseringen må ta utgangspunkt i visjonene, samtidig som den klargjør usikkerheten rundt utvikling av nanoteknologien.
  - En må her skille mellom tilsiktede og utilsiktede resultater og bi-virkninger
  - Informasjonen omkring nanoteknologi må være uavhengig av økonomiske interesser.

Eivind Stø og Harald Throne-Holst



## En samfunnsdialog om føre-var prinsippet innen nanoteknologi

- **Behovet for en samfunnsdialog ble understreket av alle stakeholdergruppene og i samtlige fokusgrupper**
  - På det nåværende stadium hviler det et spesielt ansvar på det vitenskapelige miljøet for deltakelse i denne dialogen
  - Samtidig ble det understreket at "alle" må trekkes med i diskusjonen. Ingen spesielle stakeholdere kan ekskluderes
  - Det er viktig at det finnes en institusjon som har ansvaret for å drive denne samfunnsdialogen.
  - Ansvaret kan enten plasseres hos en institusjon som allerede eksisterer, eller det kan opprettes en egen enhet som har dette ansvaret.
  - Denne institusjonen må være uavhengig, både av næringsliv, myndigheter og forskere, - samtidig som den må samarbeide med alle stakeholdere

Eivind Stø og Harald Throne-Holst



## En plattform for samfunnsdialog - to elementer

### ➤ Innhold

### ➤ Arena

Disse to punktene er nært knyttet sammen

#### Innhold:

- En samfunnsdialog, hva skal denne bestå av?
- Et innspill til NANOMAT-programmet og NFR

#### Arena:

- Hvilke institusjoner skal være ansvarlig for denne dialogen?

Eivind Stø og Harald Throne-Holst



## Innholdet i samfunnsdialogen

Innholdet i samfunnsdialogen må bestå av følgende elementer:

- Holde fast ved visjonene og optimismen
- Understreke forskningens uavhengighet av myndigheter og næringsliv
- Identifisere dilemma som forskersamfunnet står ovenfor
- Formulere dilemma som politikere og den opplyste allmennhet må ta standpunkt til
- Peke på ansvaret til alle stakeholdere for en kunnskapsbasert og verdiorientert dialog
- Diskutere behovet for merking og informasjon til forbrukere når produktene etter hvert når forbrukermarkedet
- Diskutere hvem som har legitimitet og makt til eventuelt å være føre-var

Eivind Stø og Harald Throne-Holst



## Et innspill til forskningsrådet

National Science Foundation-NSF har bedt reviewere for nanoprosjekter til å ta med etiske og samfunnsmessige implikasjoner av nanoteknologi med som ett av review kriteriene:

*The two merit criteria are listed below*

- *What is the intellectual merit of the proposed activity?*
- *What are the broader impacts of the proposed activity?*

I EU er det obligatorisk ved innsendelse av prosjektsøknader å fylle ut en "Ethical issues checklist"

Eivind Stø og Harald Throne-Holst



## ..men der er NFR allerede?

### “Miljø, etikk, likestilling

Følgende kriterier skal integreres i den forskningen Forskningsrådet finansierer:

- miljøperspektiver
- etiske aspekter
- likestilling og kjønnsperspektiv

### Forskningsetisk sjekkliste

Publisert: 20.04.2004

**Forskningsrådet legger vekt på at prosjektene har en høy etisk standard. Som en hovedregel skal det i søknaden redegjøres for relevante etiske spørsmål.**

Her følger en sjekkliste.”

## Så hva blir vårt innspill til NFR?

- Et klart flertall av de intervjuede peker på NFR!
- Holde den etiske fanen høyere
- NFR har gjort mye riktig, men de etiske kravene må løftes frem
- Forhindre at den etiske sjekklisten blir en “rundingsbøye”
- Formidlingskrav?
  - Formidlingskoordinator (KULT-progr)

## Den samfunnsmessige dialogen

Det er et *oversettelsesproblem*- nano er vanskelig å forstå og å gripe fatt i.

Det er behov for et nano-råd, med et overordnet perspektiv og bred kompetanse. Men hvor skal det forankres?

### Minst 3 alternativer:

- Teknologirådet
- Bioteknologinemda
- Norges forskningsråd/NANOMAT-programmet
  
- Eget nano råd?

Eivind Stø og Harald Throne-Holst



## Føre-var prinsippet innen nanoteknologi, noen konklusjoner

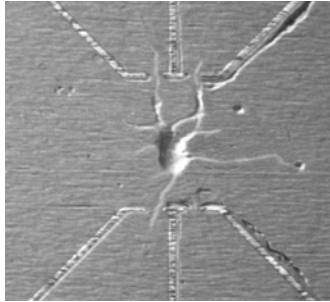
### 7 Dimensjoner i vårt interjumateriale:

- Teknologioptimisme
- Hva er (egentlig) nytt?
- Gjennombrudd på like områder
- Ulike formål – ulike etiske standarder
- “All benefit – no risk?”
- Muligheten for nasjonale reguleringer?
- Hvem kan være føre-vår?  
+”...a modest, but important outcome...”

Eivind Stø og Harald Throne-Holst



## Drøm – eller mareritt?



Patolsky et al (2006), *Science*