

# Nanoteknologia ja julkisvalta

**Katsaus yhteiskunnalliseen keskusteluun ja  
yhteiskuntatieteelliseen kirjallisuuteen**

**Riina Heinonen  
Taru Peltola  
Helena Valve**



SUOMEN YMPÄRISTÖKESKUKSEN  
RAPORTTEJA 31 | 2008

# Nanoteknologia ja julkisvalta

Katsaus yhteiskunnalliseen keskusteluun ja  
yhteiskuntatieteelliseen kirjallisuuteen

Riina Heinonen  
Taru Peltola  
Helena Valve

Helsinki 2008  
SUOMEN YMPÄRISTÖKESKUS



S Y K E

SUOMEN YMPÄRISTÖKESKUKSEN RAPORTTEJA 31 | 2008  
Suomen ympäristökeskus SYKE  
Tutkimusosasto

Taitto: Ritva Koskinen

Julkaisu on saatavana ainoastaan internetistä:  
[www.ymparisto.fi/julkaisut](http://www.ymparisto.fi/julkaisut)

ISBN 978-952-11-3287-2 (PDF)

ISSN 1796-1637 (verkkokj.)

## SISÄLLYS

|  |    |
|--|----|
| <b>1 Johdanto</b> .....  | 5  |
| <b>2 Tiede- ja teknologiapolitiikan yhteiskunnallisuus</b> .....                             | 7  |
| 2.1 Avauksia nanotieteeseen, -teknologiaan ja -talouteen .....                               | 7  |
| 2.2 Nanostrategiat ja yhteiskunta .....  | 8  |
| 2.3 Keskustelu vastuullisen nanoteknologian ehdoista .....                                   | 12 |
| <b>3 Nanoteknologia ja julkinen valta</b> .....  | 15 |
| 3.1 Hallintatehtävän kehystys .....  | 15 |
| 3.2 Nanoteknologian sääntely käytännössä .....   | 17 |
| <b>4 Nanoteknotieteen odotusten ja lupauksen politiikka</b> .....                            | 20 |
| 4.1 Nanoteknologian menneisyys, nykyisyys ja tulevaisuus .....                               | 22 |
| 4.2 Teknologian hallittavuus .....   | 22 |
| <b>5 Yhteiskuntatieteellisen nanotutkimuksen rooli</b> .....                                 | 24 |
| <b>6 Johtopäätökset: yhteiskuntatieteellinen nanoteknologi tutkimus ja julkisvalta</b> ..... | 27 |
| <b>Lähteet</b> .....   | 29 |
| <b>Kuvailulehdet</b> .....   | 32 |



# 1 Johdanto

Nanotieteen ja -teknologioiden luvataan muuttavan perusteellisesti tuotantomenetelmiä ja edelleen koko yhteiskuntaa (Mattila ja Pylvänäinen 2005). EU-komission nanostrategiassa mainitaan, että ”nanotieteen odotetaan johtavan innovaatioihin, joista voi olla apua monien nyky-yhteiskunnan ongelmien ratkaisemisessa” (Euroopan komissio 2004, 5-6). Uusia ratkaisuja odotetaan lääketieteessä, tietotekniikassa, energian tuotannossa ja varastoinnissa, materiaalitieteissä, valmistustekniikassa, instrumentaatioissa, elintarvike-, vesi- ja ympäristötutkimuksessa sekä turvallisuudessa. Suomessa *nanotieteen* keihäänkärkialoja ovat nanomateriaalit, nanoelektroniikka, nanofotoniikka sekä nanobioteknologia<sup>1</sup> kun taas *nanoteknologiassa* uusia sovelluksia odotetaan etenkin elektroniikka-, metsä- ja kemianteollisuudessa sekä bioteknologiassa (Mattila ja Pylvänäinen 2005; Tekes 2007).

Nanoteknologioita sanotaan mahdollistaviksi teknologioiksi: ne eivät sinällään muodosta omia teollisuudenalojaan vaan nanoteknologisten sovellusten uskotaan muuttavan toisia tieteen- ja teknologianaloja (Mattila ja Pylvänäinen 2005). Usein puhutaan myös yhdyntävistä (*converging*) teknologioista viitaten nano-, bio-, informaatio- sekä kognitiotieteiden yhdyntymiseen. Juuri vakiintuneiden tieteenrajojen häviämisen ja aidon monitieteisyyden oletetaan määrittävän nanoteknologiaa etenkin tulevaisuudessa (Wood ym. 2008). Vakiintuneen määritelmän mukaan nanoteknologia ja -tiedettä kuvaa kolme kriteeriä (Suomalainen ja Hakkarainen 2008):

- 1) Toiminta on atomi-, molekyyli- tai makromolekyyllitasolla tapahtuvaa tutkimusta tai teknologiakehitystä, jossa tutkittavien kohteiden koko on suuruusluokaltaan 1 - 100 nanometriä.
- 2) Tutkimuksen tai kehityksen kautta luodaan, ja niiden yhteydessä käytetään, laitteita, rakenteita ja systeemejä, joilla on pienen tai pienehkön kokonsa ansiosta uudentyypisiä ominaisuuksia ja toimintoja.
- 3) Rakenteita voidaan hallita tai käsitellä atomitasolla.

EU-komission nanotiede ja -teknologiatoimintasuunnitelman mukaan nanoteknologia voi tukea EU:n kestäväen kehityksen tavoitteiden saavuttamista (Euroopan komissio 2005). Nanoteknologiasovellukset voivat esimerkiksi edistää tuotannon materiaali- ja energiatehokkuutta, helpottaa saastuneen maan, veden ja ilman puhdistamisessa ja tehostaa päästöjen ja ympäristön tilan seurainta<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> **Nanomateriaalit** yhdistävät useita tieteenaloja, joissa käytetään nanokokoluokan erityisiä ominaisuuksia periaatteellisesti uudenlaisten toimintojen ja ominaisuuksien aikaansaamiseksi.

**Nanoelektroniikka** yhdistää elektronisten rakenteiden erityiset nanokokoluokan ominaisuudet komponentteihin periaatteellisesti uudenlaisten toimintojen aikaansaamiseksi.

**Nanofotoniikka** on se osa fotonikasta, jossa käytetään hyväksi nanokokoluokan erityisiä ominaisuuksia periaatteellisesti uudenlaisten toimintojen aikaansaamiseksi.

**Nanobioteknologia** yhdistää biotieteet muihin tieteenaloihin hyödyntäen nanokokoluokan biomolekyylien ja virusten erityisiä ominaisuuksia uudenlaisten toimintojen ja rakenteiden aikaansaamiseksi. (Mattila ja Pylvänäinen 2005.)

<sup>2</sup> Ks. esimerkiksi *Journal of Cleaner Production* erikoisnumero 16(8-9) pp. 885-1020 (May-June 2008).

Toisaalta nanopartikkelien erityisistä fysikaalisista ja kemiallisista ominaisuuksista johtuen niiden hyödyntämiseen liittyy runsaasti mahdollisia ongelmia (Suomalainen ja Hakkarainen 2008). Näistä ominaisuuksista – ja edelleen myös partikkelien vaikutuksista – tiedetään kuitenkin vähän. Tilanne on poikkeava jopa verrattuna esimerkiksi geeniteknikan tai ydinvoiman kaltaisiin tiedollisiin ja hallinnallisiin haasteisiin. Nanopartikkelien käyttäytymisestä ja ominaisuuksista harva edes väittää olevansa selvillä.

Kaikkiaan ”nanoteknologia” on hyvin laaja käsite ja juuri siksi esimerkiksi brittiläiset tiedejärjestöt *Royal Society* ja *Royal Academy of Engineering* painottavat vaikutusvaltaisessa raportissa (2004) nanoteknologiat -monikon käyttöä. Tästä huolimatta vaikuttaisi siltä, että strategiapapereissa nanoteknologiat ja niiden yhteiskunnalliset vaikutukset nähdään hyvin yhtenäisenä pakettina, lähes vääjäämättömästi etenevänä ”nanoteknologiaprojektina”, jota kommentaattorit usein kutsuvatkin ”valtavirtanantoteknologiaksi” (Woodhouse 2004; Wood ym. 2008). Yksi empiirisen yhteiskuntatieteellisen tutkimuksen haasteista on päästä tuon valtavirran taakse; käsiksi sen moninlaisiin käytäntöihin.

Nanotiedettä ja teknologiaa määrittelevät mittakaavan ohella lupaukset ja odotukset vallankumouksellisista sovelluksista, vahva tulevaisuusorientaatio sekä tutkimuksen kohteen epämääräisyys ja monimuotoisuus. Nanoteknologian avaamien mahdollisuuksien hyödyntäminen ja siihen liittyvien ongelmien ratkaiseminen edellyttävät yhteiskunnallisia valintoja ja sääntelyä. Tehtävä ei kuitenkaan ole yksinkertainen, sillä kohteena oleva teknologia itsessään voi tarkoittaa monenlaisia asioita ja sovelluksia ja on avoin eri näkökulmista tapahtuville määrittelyille.

Tässä kirjallisuuskatsauksessa jäsennetään nanoteknologian yhteiskuntatieteellistä tutkimusta erityisesti tieteen- ja teknologiantutkimuksen näkökulmasta. Painotus on valittu ennen kaikkea siksi, että juuri tämän alan tutkimus herättää keskustelua nanoteknologiaturkimuksen peruslähtökohdista ja yhteiskuntatieteellisen tutkimuksen roolista. Katsauksen punaisena lankana on kysymys siitä, miten nanoteknologian sekä toisaalta ympäristö- ja yhteiskuntapolitiikan yhteenkietoutuneisuus olisi jäsennettävissä mielekkäiksi ja käytännön ohjausta tukeviksi tutkimuskysymyksiksi. Keskiössä ovat vaihtoehtoiset tavat ymmärtää ja kehystää julkisvallan sääntelytehtävä sekä itse hallinnan kohde. Katsaus sisältää lyhyen yhteenvedon nanoteknologian sääntelyn nykytilasta, mutta esimerkiksi lainopilliset tarkastelut jäävät sen ulkopuolelle.

Yhteiskuntatieteellisen tutkimuksen ohella kirjallisuuskatsaus esittelee nanoteknologiaan liittyviä yhteiskuntapoliittisia linjauksia ja keskustelunavauksia. Raportissa ”strategiapaperi” on kattotermi julkishallinnon, tutkimuslaitosten tai kansalaisjärjestöjen julkaisuille, joissa otetaan kantaa nanoteknologian tulevaisuuteen ja pyritään luomaan teknologian kehityksen suuntaviivoja.

Raportti etenee seuraavasti: luvussa 2 esitellään nanoteknologiasta käytyä julkista keskustelua etenkin USA:ssa, EU:ssa ja Suomessa. Luvussa esitellään julkisen vallan sekä eräiden muiden keskeisten toimijoiden esittämiä nanoteknologiaa koskevia näkökulmia. Luvussa 3 siirrytään tarkastelemaan yhteiskuntatieteellisiä tutkimuksia, joissa nanoteknologiaa koskevaa julkista keskustelua sekä tieteen- ja teknologian kehittämisen käytäntöjä on analysoitu. Luvussa keskitytään käsitteisiin ja näkökulmiin, jotka liittyvät julkisen vallan rooliin ja sääntelyyn. Lisäksi alaluvussa 3.2 luodaan katsaus sääntelyn käytännön ongelmiin. Luvussa 4 esitellään tutkimuksia, jotka analysoivat ja käsitteellistävät yhtä nanoteknologiakeskustelun keskeisimmistä ominaispiirteistä: lupauksen ja odotusten politiikkaa, jolla rakennetaan nanoteknologialle yhteiskunnallista tilaa. Luvussa 5 nostetaan esiin tutkimuksia, joissa pureudutaan yhteiskuntatieteen rooliin nanoteknologiaturkimuksessa. Johtopäätösluvussa nostetaan esiin tutkimustarpeita, jotka liittyvät nanoteknologiaan yhteiskunnallisena ilmiönä.



## 2 Tiede- ja teknologiapolitiikan yhteiskunnallisuus

### 2.1

#### **Avauksia nanotieteeseen, -teknologiaan ja -talouteen**

Japanilaisen professori Norio Taniguchin sanotaan keksineen nanoteknologia -käsitteen jo 70-luvulla, mutta vasta yhdysvaltalainen insinööri-nanoteknologi Eric K. Drexler popularisoi sen teoksissaan 80-luvulla (Hunt ja Mehta 2006). Vaikka nanoteknologiaa luonnehditaan uudeksi teknologiaksi on nanoteknologista tutkimusta tehty esimerkiksi Suomessa jo yli 30 vuotta<sup>3</sup>. Tästä huolimatta nanoteknologian tutkimus- ja kehittämisrahoitus on kasvanut räjähdysmäisesti vasta 90-luvun lopulta lähtien. Nanorahoituksen kasvua on kuvattu fysikaalisten tieteiden vastaiskuna biotieteiden vuosituhannen lopulla nauttimalle runsaalle rahoitukselle (Barben ym. 2007; Granqvist 2008; Williams 2006).

Yhdysvaltain kongressi hyväksyi vuonna 2000 Bill Clintonin hallinnon (1993-1997, 1997-2001) esittelemän, nanoteknologian kehitystä ja tutkimusta koordinoivan ohjelman "National Nanotechnology Initiative" (NNI), jota voidaan pitää nanoteknologiapolitiikan maailmanlaajuisena lähtölaukauksena. Tätä ennen alan tutkimus- ja kehittämistoiminta oli koordinoimatonta. NNI -ohjelman suuntaviivoja alettiin piirtää 90-luvun lopulla yhdysvaltalaisten nanotieteilijöiden ydinjoukon järjestämässä työpajoissa (Lane ja Kahil 2007). Sitten Bushin hallinnon vuonna 2003 säätämä "21st Century Research Act" vakiinnutti ohjelman aseman (Mills 2006).

NNI:n viitoittamana nanoteknologian rahoitus on kasvanut paitsi Yhdysvalloissa myös maailmanlaajuisesti: esimerkiksi EU:n seitsemännessä puiteohjelmassa nanoteknologian osuus oli 5 miljardia euroa, kun se viidennessä puiteohjelmassa oli vielä ainoastaan 45 miljoonaa euroa (Granqvist 2008). Rahoituksen kasvusta huolimatta lisäpanostuksia vaaditaan kaikkialla. Rahoituksen lisäämistä perustellaan muiden maiden kaiken aikaa kasvavilla panostuksilla; kilpailusta ulosjäämisen pelätään johtavan kilpailukyvyn heikkenemiseen ja teknologian potentiaalien menettämiseen. Näin asiaa perustellaan niin EU-komission tiedonannoissa (Euroopan komissio 2004, 10) kuin NNI:n strategioissakin (NSTC 2007; myös Lane ja Kahil 2007). NNI:n aloittamaa kansainvälistä nanorahoituskilpaa onkin verrattu kylmän sodan avaruusohjelmaan (Schummer 2004).

Historiantutkija Ann Johnson (2004) asettaa nanoteknologian kehityksen ja NNI:n laajemmin yhdysvaltalaisen tiedepolitiikan jatkumoon. Hänen mukaansa 70-luvun hidas talouskasvu herätti keskustelua julkisesti rahoitetun tieteen tuottavuudesta. 80-luvulla siirryttiin liittovaltio- ja osavaltio- ja tiukasti sotateollisuuden tarpeiden ohjaamasta perustutkimuksesta kohti talouselämän tarpeiden ohjaamaa kohdennettua ja soveltavaa tutkimusta. Yritys- ja yliopistomaailman raja-aitoja madallettiin erilaisin public-private -kumppanuuksin, jotka tähtäsivät tutkimustulosten nopeampaan kaupallistamiseen. Samalla yliopistojen mahdollisuuksia patentoida keksintöjään helpotettiin. Clintonin toiseen kauteen (1997-2001) mennessä tiede- ja teknologia-

<sup>3</sup> FinNano esittelee suomalaisen nanoteknologian menestystarinoita, saatavilla: <http://akseli.tekes.fi/opencms/opencms/OhjelmaPortaali/ohjelmat/NANO/fi/system/uutinen.html?id=3721&nav=Uutisia>

politiikassa oli lopullisesti siirrytty talousvetoiseen tiede- ja teknologiapolitiikkaan. Johnson näkee NNI:n tämän kehityksen kulminaationa (Johnson 2004).

Euroopassakin on madallettu tieteen ja teollisuuden, tutkimuksen ja sovellusten välisiä raja-aitoja. Julkishallinto perustelee nanoteknologian tukemista kansalaisten elintason, hyvinvoinnin ja elämänlaadun parantamisella (esim. Euroopan komissio 2004). EU:ssa nanoteknologia on Lissabonin strategian mukaisesti osa ”osaamiseen perustuvaa taloutta” (Euroopan komissio 2004). Suomessa opetusministeriön asettaman nanotiedetyöryhmän mukaan nanoteknologia merkitsee kansalaisille parempaa elintasoja ja elinkeinoelämälle ”atomi- ja molekyyli-tason osaamista ja teknologian soveltamista innovatiivisten kaupallisten tuotteiden ja prosessien kehittämiseksi.” (Mattila ja Pylvänäinen 2005, 11). Nanoteknologia-strategiapapereissa talouskasvu, teknologinen edistyminen ja hyvä elämä liitetään siten itsestäänselvästi yhteen.

Teknologiatutkija Robert Doubleday pitää nanoteknologiaa esimerkkinä uudesta tiedekulttuurista, jossa tutkimuksella on uudenlaisia vastuuvollisuuksia. Perustutkimuksen tekeminen ei riitä, vaan tutkimustarpeita ohjaa vahva innovaatioiden tuottamisen vaatimus. Toisaalta tutkimuksen pitää myös ennakoita tuottamiensa innovaatioiden yhteiskunnallisia vaikutuksia. Käytännössä jälkimmäisellä tarkoitetaan usein kykyä ennakoita yleisön reaktioita (Doubleday 2007a). Ilmiötä voidaan kuvata tutkimuksen muuttuneeksi poliittiseksi taloustieteeksi: jo perustutkimuksen on kuviteltava mahdollisia markkinoille päätyviä tuotteita ja ennakoitava sitä yhteiskuntaa, jossa nuo tuotteet toimivat (Kearnes ym. 2006, 17). Yhteiskuntatieteellinen panos nanoteknologian kehittämiseen on liittynyt juuri tähän alueeseen: useat projektit<sup>4</sup> ovat pyrkineet refleksiivisyyden lisäämiseen tieteellis-teknologisessa kehitystyössä.

Nanoteknologiat ovat herättäneet mielenkiintoa myös muualla kuin pelkästään tieteen- ja teknologiantutkijoiden parissa. Esimerkiksi Granqvist (2007) on tarkastellut institutionaalisen yrittäjyyden (*institutional entrepreneurship*) näkökulmasta miten yksilö- ja instituutiotason toiminta edesauttaa uuden teknologiakentän muotoutumista. Nanoteknologian muotoutumista uutena tiedepohjaisena teollisuudenalana on puolestaan käsitelty esimerkiksi *Research Policy* -lehden erikoisnumerossa (Bozeman ym. 2007).

## 2.2

### Nanostrategiat ja yhteiskunta

EU ja Yhdysvallat ovat muotoilleet erityiset nanoteknologiastrategiat linjaamaan nanotiede- ja teknologiapolitiikkaa. Keskustelua nanoteknologiasta ja sen monista vaikutuksista käydään toki laajemminkin kuin vain valtiollisten toimijoiden kesken. Monet tutkimusinstituutit, tiedejärjestöt, vakuutusyhtiöt, kansainväliset järjestöt ja kansalaisjärjestöt ovat myös ottaneet osaa keskusteluun siitä, miten nanoteknologiaa tulisi kehittää ja hallita. Strategiapapereita voidaan siten lukea moniäänisenä keskusteluna, jossa neuvotellaan nanoteknologian tulevaisuudesta.

Useissa julkishallinnon strategiapapereissa juuri nanoteknologian uutuus ja muotoutumattomuus nähdään mahdollisuutena kehittää teknologiaa sen yhteiskunnalliset vaikutukset huomioonottaen (Macnaghten ym. 2005; myös Mattila ja Pylvänäinen 2005). Erityisesti eurooppalaista keskustelua värittävät aiemmat teknologiaperustaiset kriisit, kuten dioksiinikriisi Belgiassa ja BSE-kriisi Iso-Britanniassa. Muistissa ovat myös esimerkit teknologioista, joita teollisuus on pitänyt lupaavina (esim. ydinvoima ja geenitekologia) mutta joiden on ollut vaikeaa saavuttaa laajaa yhteiskunnallista hyväksyntää (esim. Mattila ja Pylvänäinen 2005). Nämä tapaukset ovat kivuliaalla tavalla tuoneet esiin tieteen, teknologian ja yhteiskunnan monimutkaisen suhteen ja

<sup>4</sup> Esimerkkejä tällaisista projekteista ovat Cambridgen nanolaboratorion aloittama yhteistyö yhteiskuntatieteilijä Doubledayn kanssa; Hollannin kansallisen nanoteknologiaohjelman NanoNedin konstruktivinen teknologia-arviointi; sekä Arizona State Universityn Real-time Technology Assessment -hanke.

sen, miten tärkeää suhteen monimutkaisuuden ymmärtäminen on. Kriisien on katsottu heikentäneen yleisön luottamusta julkishallinnon ja tieteen asiantuntijoihin (esim. Euroopan komissio 2004), ja juuri tästä syystä strategiapapereissa yhteiskunnalliset vaikutukset nähdään keskeisinä teknologian kehittämislle.

Seuraavassa esitellään tarkemmin, miten eri tahot ovat määritelleet nanoteknologian yhteiskunnallisia vaikutuksia ja minkälaista tutkimustoimintaa niiden vaikutusten ympärille on syntynyt.

#### *Yhdysvallat*

Yhteiskunnalliset vaikutukset ovat olleet yksi NNI-ohjelman tutkimusosa-alueista jo sen laatimisen alkuvaiheista asti. Vastuullisen nanoteknologian kehittäminen on yksi NNI-ohjelman neljästä tavoitteesta:

*“The NNI aims to maximize the benefits of nanotechnology and at the same time to develop an understanding of potential risks and to develop the means to manage them. Specifically, the NNI pursues a program of research and communication focused on environmental, health, safety and broader societal dimensions of nanotechnology development.”* (NSTC 2007, 3).

Ympäristö-, terveys- ja turvallisuus ovat ohjelman mukaan vastuullisuuden kulkakiviä. Viimeisimmässä strategiassa (2007) myös yhteiskunnalliset vaikutukset ja koulutuskysymykset määriteltiin oleelliseksi aihealueiksi.

Yhteiskunnalliset vaikutukset -osa-alueen tavoitteeksi mainitaan nanoteknologian yhteiskunnallisten vaikutusten tunnistaminen ja kvantifioiminen. NNI:n alaisuudessa onkin järjestetty vuosina 2000 ja 2003 “Societal Implications”-työpajoja, joihin eri alojen asiantuntijat ovat kerääntyneet pohtimaan nanoteknologian yhteiskunnallisia vaikutuksia. Työpajojen tuloksia on koottu julkaisuihin, jotka ovat myös luettavissa nano.gov -sivustolla<sup>5</sup>. Jotkut työpajoihin osallistuneet tutkijat ovat kuitenkin arvostelleet tapaa, jolla yhteiskunnalliset vaikutukset oli jo ennalta kehystetty. Tarjotut lähtökohdat vaikeuttivat yhteiskuntatieteellisen näkökulman nivomista keskusteluihin (Bennett ja Sarewitz 2006; Glimell 2004). Yhdysvaltain National Science Foundation rahoittaa myös yhteiskuntatieteellistä tutkimusta kahdessa kansallisessa “Centre for Nanotechnology and Society”-tutkimuskeskuksessa, joista toista hallinnoi Arizona State University ja toista University of California, Santa Barbara.

Arizona State University:n johtaman verkoston<sup>6</sup> tutkimusalueita ovat “Environment and Health”, “Freedom, Privacy, and Security”, “Human Identity, Enhancement, and Biology” sekä “Equity and Political Economy”. Hankkeen laajempaan tavoitteena on hahmottaa vaihtoehtoisia tapoja järjestää tiedontuotantoa ja kehittää ennakoivan hallinnan (*anticipatory governance*, ks. Barben ym. 2007) muotoja. Arizonan ja sen yhteistyökumppanien menetelmällisen erikoisosaamisen ytimessä on yhteiskuntatieteellisten menetelmien kokoelma “Real-time Technology Assessment” (Bennett ja Sarewitz 2006; Guston ja Sarewitz 2002), jonka avulla pyritään analysoimaan nanoteknotieteen ja yhteiskunnan keskinäistä dynamiikkaa ja tukemaan päätöksentekoa (CNS-ASU).

Kalifornian yliopiston tutkimusohjelma<sup>7</sup> pyrkii vuorostaan tuottamaan systematisoitua analyysijä nanotutkimuksesta ja -kehityksestä, nanoteknologioiden maailmanlaajuisesta leviämisestä ja nanoteknologian kohtaamista yhteiskunnallisista reaktioista. Tutkimusta tehdään kolmessa monitieteisessä tutkimusryhmässä, joita ovat “Historical Context of Nanotechnologies”, “Innovation, Diffusion, and Globalization of Nanotechnology” ja “Risk Perception and the Public Sphere”.

<sup>5</sup> [www.nano.gov](http://www.nano.gov)

<sup>6</sup> <http://cns.asu.edu/>, verkoston muut jäsenyliopistot ovat University of Wisconsin – Madison, the Georgia Institute of Technology, North Carolina State University, Rutgers, The State University of New Jersey, the University of Colorado – Boulder

<sup>7</sup> <http://www.cns.ucsb.edu/>

## EU

EU:n nanopolitiikkalinjaukset on koottu dokumenttiin "EU Policy for Nanosciences and Nanotechnologies"<sup>8</sup>. Se sisältää komission ehdotuksen EU:n nanostrategiaksi (Kohti eurooppalaista nanoteknologiasta 2004), jonka pohjalta on muotoiltu toimintaohjelma "Nanotiede ja nanoteknologia: Toimintasuunnitelma Euroopalle 2005-2009" (2005), sekä sen ensimmäisen täytäntöönpanokertomuksen vuosille 2005-2007 (2007). EU:n toimintasuunnitelmassa todetaan, että nanoteknologian yhteiskunnalliset vaikutukset on selvitettävä ja huomioitava, sillä "eettisten kysymysten, innovaatiotutkimuksen ja yhteiskuntatieteiden niveltäminen nanotieteen ja -tekniologian tutkimus- ja kehittämistoimintaan lisää osaltaan luottamusta nanotieteen ja -tekniologian alan hallinnointia koskevaan päätöksentekoon" (Euroopan komissio 2005, 9). Toiveena on, että kehitystä voidaan ohjata tavalla, jolla vältetään kielteiset yhteiskunnalliset reaktiot. Komissio kannustaa tiedeyhteisöä avoimuuteen ja vuoropuheluun yleisön kanssa. Komission rahoittama "Nano Outreach" -työryhmä on koonnut ohjeiston vastuullisen nanoteknologian edistämiseksi. Ohjeisto painottaa eri kansalaisryhmät saavuttavan tiedeviestinnän ja keskustelun tärkeyttä (Bonazzi ym. 2007). Keskustelun lopputulos näyttäisi kuitenkin olevan jo ennalta päätetty: nanoteknologiaan mahdollisesti liittyvät ennakkoluulot on saatava hälvennettyä.

Yhteiskuntatieteellistä nanoteknologian tutkimusta on rahoitettu jonkin verran EU:n puiteohjelmissa. Kuudennessa puiteohjelmassa (2002-2006) rahoitetussa "Nanologue"-tutkimusprojektissa oli kolme laajaa teema. Ensinnäkin sen tarkoitus oli kartoittaa eettisiä, lainopillisia ja yhteiskunnallisia seikkoja. Toinen tehtävä oli jäsentää yleisön näkemyksiä. Kolmanneksi Nanologue tuotti kolme nanoskenaariota tukemaan hallintapyrkimyksiä. Hanke tuotti myös "NanoMeter"-nettityökalun, jonka avulla nanosovellusten valmistajat voivat arvioida tuotettaan ennen sen päättämistä markkinoille<sup>9</sup>.

Kuudennen puiteohjelman rahoittamassa DEEPEN -projektissa tutkimuksen kohteena olivat nanoteknologioiden mahdolliset eettiset haasteet ja näiden merkitys kansalaisyhteiskunnalle, hallinnolle ja tieteellisille käytännöille. Hanke keskittyi erityisesti nanosensoreihin ja niiden mahdolliseen leviämiseen kuluttajatuotteissa, sekä nanobioteknologiaan<sup>10</sup>.

## Suomi

Opetusministeriön keväällä 2005 asettaman nanotiedetyöryhmän tehtävänä oli "edistää nanotieteen ja -tekniologian tutkimusta ja opetusta yliopistoissa sekä laatia ehdotus nanotieteen ja -tekniologian kehittämisohjelmasta yliopistoissa vuosina 2007-2009". Osana tätä työryhmän tuli tarkastella myös nanoteknologian yhteiskunnallisia vaikutuksia. Muistiossa "Nanotieteen keihäänkärjet Suomessa" (Mattila ja Pylvänäinen 2005) työryhmä tunnistaa seuraavanlaisia nanoteknologiaan liittyviä sosiaalisia ja yhteiskunnallisia kysymyksiä:

- 1) Nanoteknologian mahdolliset ympäristö-, terveys- ja turvallisuusriskit sekä niiden aiheuttamat pelot;
- 2) Nanoteknologian valvonta;
- 3) Perinteisten tuotantoteknologioiden korvaaminen uusilla teknologioilla ja niiden sosiaaliset ja yhteiskunnalliset vaikutukset;
- 4) Uusien teknologioiden organisatoriset vaikutukset;
- 5) Uusien teknologioiden globaalit ja alueelliset vaikutukset;
- 6) Nanoteknologian vaikutukset koulutustarpeisiin; sekä
- 7) Nanoteknologian mielikuva ja hyväksyttävyys.

<sup>8</sup> [ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/nanotechnology/docs/eu\\_nano\\_policy\\_2004-07.pdf](ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/nanotechnology/docs/eu_nano_policy_2004-07.pdf)

<sup>9</sup> <http://nanometer.nanologue.net/>

<sup>10</sup> <http://www.geography.dur.ac.uk/projects/deepen/Home/tabid/1871/Default.aspx>

Vaikka nanotiedetyöryhmä tunnustaa yhteiskuntatieteiden tärkeyden nanoteknologian kehittämisessä, se ei niinkään anna konkreettisia esimerkkejä siitä, mitä kyseinen tutkimus Suomessa voisi olla. Sen sijaan työryhmä painottaa vuorovaikutuksen ja tiedeviestinnän tärkeyttä.

Tällä hetkellä suomalaista nanotutkimusta ja nanoteknologian kehittämistä rahoitetaan ennen kaikkea FinNano -tutkimusohjelmasta (2005-2010). Ohjelman puitteissa Suomen Akatemia rahoittaa nanotieteellistä perustutkimusta ja Tekes puolestaan nanoteknologian tutkimusta ja kehittämistä.

#### *Esimerkkejä muista EU-maista*

Myös monissa muissa EU-maissa pyritään huomioimaan ja selvittämään nanoteknologian yhteiskunnallisia vaikutuksia. Esimerkiksi Iso-Britanniassa on järjestetty yleisön ja tiedeyhteisön välille vuoropuhelutilaisuuksia, joiden tarkoituksena on integroida yhteiskunnallisten vaikutusten tarkastelu tutkimus- ja kehitystyöhön jo sen varhaisessa vaiheessa (ks. esim. Kearnes ym. 2006).

Hollannin kansallisessa nanotekologiaohjelmassa, "NanoNedissä"<sup>11</sup>, yhteiskunnallisia vaikutuksia tutkitaan omassa osiossaan. NanoNedissä yhteiskunnallisen tutkimuksen ytimessä on ollut konstrukttiivinen teknologian arviointi (*constructive technology assessment* CTA), joka on vaikutusten varhaista ennakoimista, laajaa eri toimijaryhmien näkökulmien integroimista ja sosiaalista oppimista korostava paradigma (Rip ym. 1995).

#### *Muiden toimijoiden osallistuminen nanokeskusteluun*

Vaikka jo Yhdysvaltain NNI-strategiassa mainittiin yhteiskunnallisten vaikutusten huomioiminen osana teknologian kehittämistä, vasta brittiläisten tiedejärjestöjen Royal Societyn ja Royal Academy of Engineeringin julkaiseman raportin "Nanoscience and Nanotechnologies: Opportunities and Uncertainties" (2004) katsotaan avanneen laajemman keskustelun nanoteknologian hallinnasta ja sen yhteiskunnallisista vaikutuksista (Rip 2006; Doubleday 2007a). Raportti antaa toimintasuosituksia nanoteknologian mahdollisten uhkien välttämiseksi ja kannattaa esimerkiksi varovaisuusperiaatteen noudattamista. Se myös kehottaa tiedeyhteisöä avoimeen vuoropuheluun yleisön kanssa. Tiedeyhteisöjen raportin ja sen kanssa samoihin aikoihin julkaistun vakuutusyhtiö Swiss Re:n nanoteknologian riskejä ja vastuukysymyksiä tarkastelleen analyysin katsotaan nostaneen nanoteknologian mahdolliset riskit selkeämmin yhteiskunnalliselle asialistalle (Rip 2006). Yhdysvalloissa nanosäätelyn kiristämistä on näkyvästi vaatinut erityisesti Woodrow Wilson Institutin "Emerging Nanotechnologies"-tutkimusohjelma raportteineen<sup>12</sup> (ks. esim. Davis 2008).

Myös monet kansalaisjärjestöt ovat ottaneet osaa nanokeskusteluun. Järjestöt eivät kuitenkaan ole yhtenäinen joukko. Esimerkiksi Kanadassa päämajaansa pitävä "ETC Group" on yksi äänekkäimmistä teollisuusvetoisen nanoteknologian kehityksen kriitikoista, kun taas "Environmental Defense"-niminen ryhmittymä on yhteistyössä DuPont-kemikaaliyhtiön kanssa kehittänyt vapaaehtoissääntelyohjelman (*stewardship*)<sup>13</sup>.

ETC on vaatinut teollisesti valmistettujen nanopartikkelien käyttökieltoa siksi kunnes tarvittavat laboratorioprotokollat työntekijöiden suojelemiseksi on säädetty, lainsäädäntö huomioi nanomateriaalien uudenlaiset ominaisuudet ja partikkelien ympäristö- ja terveysvaikutukset tunnetaan (ETC 2005). Julkaisuissaan ETC esittää huolensa paitsi teollisten nanopartikkelien ympäristövaikutuksista, myös siitä yhteiskunnasta, jota nanoteknologiahankkeet heijastavat. Kokonaisuudessaan ETC näkee nanoteknologian kehittämisen epädemokraattisena, taloudellisia intressejä

<sup>11</sup> <http://www.nanoned.nl/default.htm>

<sup>12</sup> [www.nanotechproject.org](http://www.nanotechproject.org)

<sup>13</sup> [www.nanoriskframework.com](http://www.nanoriskframework.com)

painottavana ja suuryrityksiä suosivana projektina (ETC 2005). Järjestön mukaan nanoteknologia ei siis ole ”pelkästään” terveys- ja ympäristöriskikysymys.

Friends of the Earth on puolestaan vaatinut nanopartikkeleita hyödyntävien ruoka-tuotteiden, ruuan kanssa kontaktissa olevien materiaalien, pakkausmateriaalien sekä maataloudessa käytettävien kemikaalien vetämistä pois markkinoilta (Miller ja Senjen 2008). Greenpeace Environmental Trustin julkaisu ”Future Technologies, Today’s Choices” (Arnall 2003) käsittelee hieman maltillisemmin samoja huolenaiheita. Greenpeace pitää valmistettujen nanopartikkelien käyttökieltoa epärealistisena vaihtoehtona.

### 2.3

## Keskustelu vastuullisen nanoteknologian ehdoista

Käsite ”yhteiskunnalliset vaikutukset” toistuu useasti eri maiden julkishallinnon strategiapapereissa (ks. NSTC 2007; Euroopan komissio 2004, 2005; Mattila ja Pylvänäinen 2005) ja se liittyy keskeisesti ”vastuullisen nanoteknologian” kehittämissyrkimyksiin. Vastuullisuuteen liittyy kuitenkin erityisiä tavoitteita: sen ajatellaan tekevän pidemmällä tähtäimellä teknologiasta helpommin hyväksyttävää.

Tyypillisesti nanoteknologian yhteiskunnalliset vaikutukset ymmärretään kysymyksenä nanomateriaalien mahdollisista ympäristö-, terveys- ja turvallisuusriskeistä ja näiden selvittämisestä. Pääpainotuksen ohella raporteissa mainitaan myös muunlaisia vaikutuksia, jotka eivät liity suoraan teknis-tieteellisten riskien kartoittamiseen ja niitä koskevan tiedon lisäämiseen. Tällaisia mahdollisia vaikutuksia ovat esimerkiksi muutokset koulutustarpeissa ja työvoiman kysynnässä (esim. Euroopan komissio 2004, Mattila & Pylvänäinen 2005). EU:n nanostrategia nostaa myös esille eri EU-alueiden välisen epätasapainon sekä sosiaalisen tasa-arvoisuuden, kuten ”hyötyjen kohtuuhintaiset käyttömahdollisuudet” nanolääketieteessä (Euroopan komissio 2004, 9). Strategiapapereissa kysymykset, jotka liittyvät laajemmin yhteiskunnalliseen oikeudenmukaisuuteen tahtovat kuitenkin jäädä erillisiksi. Riskientutkimusta ja riskienhallintaa pidetään avaimena teknologian yhteiskunnalliselle hyväksyttävyydelle:

*”Nanoteknologian ympäristö-, terveys- ja turvallisuusriskien hallinta ja kansalaisten luottamuksen voittaminen sitä kautta on saavutettavissa panostamalla ympäristö-, terveys- ja turvallisuusriskien perustutkimukseen ja testien kehittämiseen, kansainvälisten standardien ja normien säätämiseen sekä avoimeen vuoropuheluun kansalaisten kanssa.”* (Mattila ja Pylvänäinen 2005, 22)

Yhteiskunnallinen hyväksyntä ajatellaan siten saavutettavan kommunikoimalla riskientutkimuksen tuloksia laajemmalle yleisölle. Vuoropuhelun yleisön kanssa tulee perustua oikeaan tietoon, jotta tiedonpuutteesta johtuvat epäluulot voidaan hävittää:

*”Olennainen osa tätä vastuullista nanotieteen ja -teknologian strategiaa on terveys-, turvallisuus- ja ympäristökysymysten huomioonotto teknologian kehittämisessä. Olennaista on myös toimivan vuoropuhelun luominen kaikkien sidosryhmien kanssa. Sidosryhmiä on informoitava nanotieteen ja -teknologian edistymisestä ja odotettavissa olevista hyödyistä, ja sidosryhmien odotukset ja (sekä todelliset että mielikuvien tasolla ilmenevät) huolenaiheet on otettava huomioon. Näin kehitystä voidaan ohjata tavalla, jolla vältetään kielteiset yhteiskunnalliset vaikutukset.”* (Euroopan komissio 2005, 9).

Toisin sanoen nanoteknologiaraporteissa uskotaan, että selvittämällä ja hallitsemalla riskejä julkishallinto saavuttaa yleisön luottamuksen. Samalla teknologiasta tulee hyväksyttävää. Yhteiskunnallisten vaikutusten arviointi ja siten yhteiskuntatieteellisen tutkimuksen kohde näyttäisi raporteissa määrittävän pääasiassa nanoteknologiaan liittyvien pelkojen ja huolenaiheiden tunnistamiseksi sekä niistä tiedottamiseksi ja keskustelemiseksi.

On selvää, että nanomateriaaleihin liittyviä ympäristö-, terveys- ja turvallisuusriskejä on tutkittava, sillä nanomateriaalien tuottamisen, käytön ja hävittämisen vaikutuksista ympäristöön ja ihmisten terveyteen tiedetään vielä hyvin vähän (esim. Suomalainen ja Hakkarainen 2008). Ongelmalliseksi riskikeskustelu muodostuu siksi, että se määrittelee teknologian yhteiskunnalliset vaikutukset kapeasti. Sekä Yhdysvaltain NNI-ohjelman että EU:n komission strategioiden käsitys yhteiskunnallisista vaikutuksista pohjaa ajatukseen teknologian ja yhteiskunnan erillisyydestä. Doubleday (2007b) huomauttaakin, että vaikka tieteenalana ja tieteellisenä objektina käsite nanoteknologia on vielä hyvin avoin, julkishallinnon käsitys nanoteknologiasta on vakiintunut tietynlaiseksi näkökulmaksi tieteen, innovaatioiden ja yleisön keskinäisistä suhteista.

Käsityksen muotoutumisesta kantavat vastuun strategioiden laatimiseen osallistuneet toimijat. Kun esimerkiksi ensimmäistä ”nanoteknologia ja sen yhteiskunnalliset vaikutukset” -asiakokonaisuutta luonnosteltiin NNI-ohjelmaan, ei vaikutusten jäsentämiseen osallistunut yhteiskuntatieteilijöitä, vaan asialistaa laatimassa oli pääasiassa joukko nanotieteilijöitä. Tämä näkyy yhä edelleen strategiapapereiden tavassa jäsentää nanoteknologian yhteiskunnallisia vaikutuksia. (Bennett ja Sarewitz 2006; Schummer 2004.)

Näkökulman vakiintumisen taustalla on nähty myös muun muassa se, että nanoteknologia lupauksineen ja riskeineen on samaistettu raporteissa myös aiempiin vastaavanlaisiin tilanteisiin, joissa teollisuuden markkinoimat lupaavat uudet teknologiat, kuten ydinvoima tai biotekniikka, eivät ole saavuttaneet yleistä hyväksyntää (vrt. Mattila ja Pylvänäinen 2005). Kielteisten reaktioiden syynä on pidetty yleisön tiedon puutetta tai väärinymmärrystä. Tästä näkökulmasta koulutus ja viestintä vaikuttavat järkevältä ratkaisulta ja niinpä esimerkiksi komissio ”kannattaa vuoropuhelua EU:n kansalaisten / kuluttajien kanssa, jotta nanoteknologian t&k:sta voitaisiin tehdä puolueettomaan tietoon ja ajatustenvaihtoon pohjautuvia tietoisia arvioita” (Euroopan komissio 2005). ”Näkymättömyytensä” ja monimuotoisuutensa vuoksi nanoteknologia pidetään kuitenkin haasteena tiedeviestinnälle (Euroopan komissio 2004; Mattila ja Pylvänäinen 2005, 21). Monet kirjoittajat uskovat, että yleisö hyväksyy helpommin teknologian, jonka hyödyt sen on helpompi havaita: tästä syystä bioteknologia ei lyönyt läpi, kun taas kännykät saavuttivat suuren suosion riskeistään huolimatta (Mills 2006, Kulinowski 2006). Optimismin keskellä nanoteknologioiden erikoispiirteet saavat niukasti huomiota. Kirjoittajia ei huoleta esimerkiksi se, että tutkijat ovat varsin yksimielisiä siitä, että nanopartikkelien käyttäytymisestä ja vaikutuksista tiedetään poikkeuksellisen vähän.

Yleisön, tieteen ja teknologian suhdetta tutkineet yhteiskuntatieteilijät kutsuvat tieteellisen ymmärryksen puutemalliksi (*deficit-model of public understanding of science*) ajattelutapaa, jossa yhteiskunnallisesti hyväksyttävän teknologian kehittäminen nähdään puhtaasti tiedollisena ongelmana. (Irwin ja Wynne 1996). Malli olettaa, että yleisön huolenaiheena ovat pääasiassa riskit sellaisina kuin tieteellinen riskinarviointi ne ymmärtää. Mikäli yleisö ei hyväksy teknologiaa, ongelmana on lähinnä se, että se on ymmärtänyt väärin riskien suuruuden. (Kearnes ym. 2006, 21). Ongelma voidaan ratkaista tietoa tai tietoisuutta lisäämällä, selvittämällä riskejä, tiedottamalla kuluttajia ja sitoutumalla vuoropuheluun yleisön kanssa. Tällä tavoin asian näyttäisi ymmärtävän myös komission ”Nano Outreach” -työryhmä (Bonazzi ja Palumbo 2007).<sup>14</sup>

<sup>14</sup> Ohjeiston rooli voi olla merkittävä:

”It shapes the conceptual framework, methodological development and operative actions for future European funding on appropriate communication engaging the European civil society into a dialogue on nanotechnology” (Bonazzi ja Palumbo 2007, 34)

Julkista keskustelua siis hallitsevat pohdinnat keksintöjen ja innovaatioiden riskeistä. Kehystys antaa vähän mahdollisuuksia keskustella esimerkiksi julkisen rahoituksen suuntaamisesta. Toisaalta ajatustenvaihtoa käydään turhan yleisellä tasolla. Nanoteknologiasovelluksia kehitetään niin monilla toisistaan tyystin poikkeavilla aloilla lääketieteestä paperiteollisuuteen, että yleinen nanoteknologiakeskustelu jää väkisinkin epäanalyttiseksi. (Doubleday 2007b.)

Paitsi tietynlaisen teknologisen vision ja hallinnan kohteen, raporttien ongelmakehys määrittelee myös toimijoiden roolit tietyllä tavalla. Yleisön tehtäväksi jää joko hyväksyä tai hylätä teknologia. Nanovisioissa ja -strategioissa kuviteltua yhteiskuntaa ja teknologiankehityksen suuntaa ei juuri kyseenalaisteta saati avata laajemmalle keskustelulle. (Doubleday 2007b.)

Erlaisissa vuoropuheluprojekteissa, joiden tarkoituksena on ollut saada yleisön ääntä kuuluville on käynyt ilmi, että yleisön suhtautuminen nanoteknologiaan sen paremmin kuin mihinkään muuhunkaan teknologiaan ei ole lähtökohtaisesti kielteinen. Suhtautuminen on usein ambivalenttia: ihmiset ovat paitsi innoissaan uuden teknologian lupauksista myös huolissaan sen mukanaan tuomasta tuntemattomasta. (Kearnes ja Wynne 2007.)<sup>15</sup> Tästä huolimatta teknologian yhteiskunnalliset vaikutukset kuitenkin samaistetaan yleisön kielteisiin reaktioihin; ne ovat jouhevan kehityksen esteitä, jotka on kyettävä ennakoimaan ja sisäistämään.

---

<sup>15</sup> Nanotechnology Engagement Group on tuottanut kattavan esityksen erilaisista osallistumiseen perustuvista tutkimuksista <http://www.involve.org.uk/aboutneg>



## 3 Nanoteknologia ja julkinen valta

Nanoteknologian yhteiskunnallinen merkitys näkyy muun muassa siinä, miten julkisen vallan rooli määrittyy sille lankeavan hallintatehtävän kautta. Erilaiset tavat nähdä ja ymmärtää nanoteknologia osana yhteiskuntaa muodostuvat aina osana tiettyä aikaa, paikkaa ja tekemistä – viitekehystä. Tämä koskee niin tutkimusta, strategista suunnittelua kuin tämän katsauksen kirjoittamistakin. Kokoamalla ja tarkastelemalla eri positioista käsin tuotettuja kuvauksia rinnakkain voidaan avata näkökulmia, joita minkään yhden näkökulman lähtöoletuksista käsin ei voida johtaa. Lukuun 3.1 on koottu yhteiskuntatieteellisiä analyysejä, joissa on jäsennetty nanoteknologian hallinnan viitekehyksiä eli erilaisia tapoja ymmärtää nanoteknologian ja julkisen vallan suhde. Luvussa 3.2. tarkastellaan nanoteknologian sääntelyn käytännön haasteita.

### 3.1

#### Hallintatehtävän kehystys

Julkishallinnon strategiapapereissa nanoteknologia on kehystetty tietyllä tavalla – tiettyjä seikkoja korostetaan enemmän kuin toisia ja jotkut ulottuvuudet jätetään tyystin huomiotta. Se, miten nanoteknologia paikannetaan osaksi yhteiskuntakehitystä – ja yhteiskuntapolitiikka osaksi nanokehitystä – vaikuttaa ratkaisevasti siihen, millaisina (ympäristö)poliittisen ohjauksen haasteet ja mahdollisuudet näyttäytyvät. Pohdittaessa nanoteknologian sääntelyä on siten tarpeen tarkastella myös sitä, mikä on tarkoituksenmukainen tapa rajata ja kehystää hallinnan kohde.

Strategiapapereissa korostetaan nanoteknologian kiinteää suhdetta yhteiskuntaan: nanoteknologiaturkimuksen on oltava yhteiskuntaa välittömästi hyödyttävää ja sen hyväksymää. Nanoteknologiastratgioita tutkinut Robert Doubleday (2007a) kuitenkin arvioi, että samalla itse perustutkimustoiminta nähdään niissä tyypillisesti yhteiskunnasta irrallisena: ”sosiaalinen” alkaa vasta laboratorion ovien ulkopuolelta. Tätä rajaa teknologisen ytimen ja siihen vaikuttavan ulkopuolisen sosiaalisen todellisuuden välillä ylläpidetään puhetoimilla ja käytännöillä.

Teknologiaturkija Arie Rip (2006) on puolestaan tunnistanut vakiintuneita tapoja, joilla nanoteknologiatoimijat jäsentävät toimintakenttäänsä ja perustelevat omaa toimintaansa. Ripin mukaan nanoteknologian puolestapuhujat näkevät toimintakenttäänsä kehänä: heidän oma toimintansa sisäpiirissä muodostaa nanoteknologian ytimen, jota ympäröivät erilaiset toissijaiset kerrokset. Nanosisäpiiriläiset näkevät maailman muodostuvan mahdollisuuksista ja ulkopuolisista esteistä. Teknologiaan kohdistuvalla vastustuksella ei välttämättä ajatella olevan juuri mitään tekemistä teknologian itsensä kanssa. Sen sijaan hidasteet nähdään usein riippuvaisena ulkopuolisista seikoista. Kun teknologian vastustuksen syy paikannetaan ”teknologia-projektin” ulkopuolelle, ei itse projektia ja omaa toimintaa ole tarpeen muuttaa. (Rip 2006.)

Rip kutsuu tällaisia jäsennyksiä nanotoimijoiden omiksi ”kansanteorioiksi” (folk theories), jotka sisältävät normatiivisia oletuksia esimerkiksi yleisön roolista ja ase-

masta. Nämä ”teoriat” tai kehystykset toistuvat sitkeästi artikkelista ja raportista toiseen ja vaikuttavat siihen, miten käytännössä ongelmia määritellään ja ratkaistaan. Esimerkiksi käsitys siitä, että yleisö suhtautuu luonnostaan epäilevästi teknologiaan tekee yleisön asenteiden muuttamisesta keskeisen tiedepoliittisen tavoitteen. ”Oikean” tiedon puutteen ja teknologian hyväksymisen riippuvuussuhde nostaa tiedeviestinnän esiin tärkeänä keinona nanoteknologian kehityksessä. Rip huomauttaa, että vaikka kansanteoriat eivät välttämättä ole empiirisesti todenperäisiä – esimerkiksi teknologian vastustuksen ja tietämättömyyden välinen linkki on kyseenalainen – ne siitä huolimatta ohjaavat toimintaa. Lisäksi kansanteoriat ylläpitävät tiettyä käsitystä nanoteknologian ulkopuolisesta yhteiskunnasta.

Kearnes ja Wynne (2007) pitävät tällaista determinismistä, teknologian omalakisista kehityksistä lähtökohtanaan pitävää ajattelutapaa yhtenä syynä sille, että yleisö vieraantuu uusia teknologioita koskevista keskusteluista. Esimerkiksi suomalaisen nanotiedetyöryhmän mukaan yhteiskunnan on oltava valmis muutokseen teknologian ehdoilla, sillä ”uudet tuotantoteknologiat ja tuotannon keskittyminen muuttavat sosiaalisia suhteita ja arvoja väijäämättömästi ja peruuttamattomasti. Kansalaisissa nämä voivat aiheuttaa mm. voimattomuuden tunnetta ja poliittista epävarmuutta” (Mattila ja Pylvänäinen 2005, 24). Näin ymmärrettyinä sääntelyn ja hallinnan ulkopuoliset voimat, kuten innovaatioiden tuottamisen ja talouden vaatimukset, ohjaavat teknologian vakiintumista osaksi yhteiskuntaa. Samalla puhetapa piilottaa niiden vaatimusten poliittisuuden eli sen, että teknologian kehittäminen edellyttää yhteiskunnallisia valintoja (esim. Sarewitz ja Woodhouse 2006).

Useissa strategiapapereissa pelätään, että kielteinen yleisöreaktio hidastaa tai jopa pysäyttää nanoteknologian kehityksen. Pahimmillaan näköpiirissä olevat potentiaalit jäävät saavuttamatta (Euroopan komissio 2004). Tai kuten nanotiedetyöryhmä asian ilmaisee ”ihmisten toiminta voi jäädyttää markkinat” (Mattila ja Pylvänäinen 2005, 23). Vaikka nanoteknologiapanostuksia perustellaan elämänlaadun tai elintason parantamisella, kysymystä siitä mikä on parempaa elämänlaatua tai elintasoa ei avata laajemmalle keskustelulle.

Teknologisen omalakisyyden kritiikki liittyy myös kysymykseen siitä, mihin julkisen sääntelyn pitäisi perimmältään vaikuttaa. Oleellista on, missä määrin perinteistä riskienhallintaa painottavaa sääntelyä tulisi täydentää tiede- ja teknologiapolitiikalla. Laajennus voisi näkyä esimerkiksi siinä, miten – millaisten pelisääntöjen puitteissa – julkisista tutkimus- ja kehittämisresursseista päätetään.

Yksinomaan teknologian riskejä painottavan näkökulman ongelma on siinä, että se rajaa ulkopuolelle muun muassa kysymykset riskien ennustettavuudesta sekä hyödyistä ja niiden jakautumisesta. Wynne (2002) väittääkin, että hallitseva tieteellisinstituutionaalinen ymmärrys riskeistä ohittaa teknologian kulttuuriset ja yhteiskunnalliset ulottuvuudet. Huomiotta jäävät myös teknologian toimivuuden ja turvallisuuden edellyttämät toimintamallit ja -järjestykset. Todellisuudessa teknologia kuitenkin aina pitää sisällään ”käsikirjoituksia”, joiden puitteissa sen käyttö on mielekästä ja kannattavaa (Akrich 1992). Tämä tarkoittaa sitä, että teknologia valjastaa toimijoita tiettyihin käytäntöihin ja aseisiin. Toisaalta käyttäjät myös mobilisoivat teknologioita omiin tarkoituksiinsa. Keksinnöt harvoin vakiintuvat toimivaksi osaksi yhteiskuntaa ilman, että ne tai niiden käyttötavat muuttuisivat matkalla. Tämä tosiseikka mutkistaa teknologian vaikutusten ennustamista. Tyypillisesti ongelma ohitetaan tekemällä (usein julkilausumattomia) oletuksia siitä, miten ja missä ihmiset teknologiaa hyödyntävät. Näiden oletusten osuvuus vaikuttaa kuitenkin ratkaisevasti riski- ja elinkaariarviointien luotettavuuteen (Wynne 1989).

On myös huomattava, että nanoteknologian *sääntelyllä* on aina välittömiä ja välillisiä ympäristö- ja yhteiskuntapoliittisia seurauksia. Interventiot asemoivat toimijoita suhteessa toisiinsa, ympäristöön ja muuhun yhteiskuntaan.

## Nanoteknologian sääntely käytännössä

Tyypillisesti nanoteknologiaan liittyvää sääntelykeskustelua halkoo jako varovaisuusperiaatteen puolustajiin ja vastustajiin. Nanoteknologian ympäristösääntelyä perustellaan vetoamalla niin sanottuun varovaisuusperiaatteeseen (esim. ”Principles for the Oversight of Nanotechnologies and Nanomaterials” 2007). Varovaisuusperiaatteen mukaan julkisvallan ohjaus on perusteltua tilanteissa, joissa ympäristölle tai terveydelle koituvat haitalliset vaikutukset ovat epävarmoja tai rajallisesti ennakoitavissa. Hyväksymismenettely on tyypillinen varovaisuusperiaatteen sovellus: lupa teknologian käyttöönottoon tai hyödyntämiseen myönnetään vasta, kun hakija voi osoittaa toiminnan turvalliseksi. Esimerkiksi tiedejärjestöt Royal Society ja Royal Academy of Engineeringin kannattavat raportissaan (2004) varovaisuusperiaatteeseen perustuvaa lähestymistapaa. Myös useiden muiden järjestöjen – ammattiyhdistysten, kansalais- ja ympäristöjärjestöjen – yhdessä laatimassa tiedotteessa peräänkuulutaan nanomateriaalien ja –teknologian tiukempaa sääntelyä<sup>16</sup>. Siinä vaaditaan muun muassa varovaisuusperiaatteeseen pohjaavaa lähestymistapaa, nanospesifiä lainsäädäntöä, läpinäkyvää päätöksentekoa sekä selkeää tuottajavastuun määrittelyä.

Erityisesti yritystoimijat ja heidän tukijansa suhtautuvat kuitenkin varovaisuusperiaatteeseen kriittisesti. Selvää onkin, että nanoteknologiaan liittyy paljon epävarmuuksia, joita perinteiseen riskinarviointiin perustuva varovaisuusperiaate ei pysty käsittelemään (esim. Marchant ym. 2008). Lisäksi varovaisuusperiaate saattaa olla paikoin liian voimakas sääntelytoimi, joka rikkoo kustannustehokkuus-standardia ja hidastaa näin innovaatiotoimintaa (Lee ja Jose 2008). Toinen argumentti varovaisuusperiaatetta vastaan on se, että hyväksymismenettelyn katsotaan olevan tarpeettoman raskas etenkin monille uusille ja pienille nanoteknologiayrityksille, jotka eivät siten pystyisi panostamaan tuotekehitykseen (Lin 2007, van Calster 2007).

Varovaisuusperiaatteen kaltaisten lähestymistapojen ei tarvitse kuitenkaan välttämättä hidastaa innovaatiotoimintaa. Tiettyjä kehityskulkuja pois sulkemalla ne voivat ohjata innovaatiotoimintaa uuteen suuntaan. Näin on käynyt esimerkiksi asbestin tai CFC-yhdisteiden kieltojen seurauksena (Macnaghten ym. 2005; European Environment Agency 2001). Toisekseen on olemassa hyvin tiukasti säänneltyjä teollisuudenaloja, kuten lääketeollisuus, jotka sääntelystä huolimatta ovat erittäin tuottoisia (Sarewitz ja Woodhouse 2003). Van Calsterin (2007) mukaan yritysten näkökulmasta tiukkaa sääntelyä tuhoisampaa on sääntelyyn liittyvä epä tietoisuus esimerkiksi siitä, miten julkisvalta tulee nanoteknologiasääntelyssä toimimaan.

Nanomateriaalien ympäristö- ja terveysvaikutusten kannalta oleellisia lainsäädännöllisiä välineitä ovat kemikaaliasetus REACH EU:ssa ja Toxic Substances Control Act (TSCA) Yhdysvalloissa. Molemmista sääntely perustuu kuitenkin massamääräisiin kriteereihin. Nanopartikkelit saattavat olla suuren pinta-alansa vuoksi hyvin reaktiivisia pienissäkin määrissä. Erityisesti TSCA:n ongelma on myös se, että se koskee vain uusia materiaaleja. Nanopartikkelit voidaan määritellä vanhoiksi materiaaleiksi, vaikka materiaalin ominaisuus nanomittakaavassa on tyystin erilainen. (Erdyn Consultants 2008; van Calster 2006; Bowman ja Hodges 2007).

Aineiden käyttäytymistä ja vaikutuksia testaavien menetelmien ja riskinarviointistrategioiden soveltuvuutta nanomittaluokkaan arvioidaan parhaillaan OECD:ssä. Samalla tarkastellaan myös testi- ja arviointimenetelmien mahdollisia muutostarpeita. OECD kerää myös jäsenmaidensa kokemuksia ja käytäntöjä teollisuuden ja hallinnon yhteistyöohjelmista. Kokemusten pohjalta on tarkoitus luoda hyvän toimintatavan ohjeisto (Suomalainen ja Hakkarainen 2008, 45). Bowmanin ja Hodgesin

<sup>16</sup> lehdistötiedote saatavilla osoitteesta <http://www.etcgroup.org/en/issues/nanotechnology.html>

(2007) mukaan OECD:n luomasta ohjeistosta tulee todennäköisesti kansainvälisen hallintakehyksen perusta.

EU:ssa on perustettu toimivaltaisten viranomaisten alainen ryhmä pohtimaan sitä, miten nanomateriaaleja hallinnoidaan REACH:n alla. Todennäköisesti jo rekisteröidyiltä kemikaaleilta ryhdytään vaatimaan uudelleenrekisteröintiä, jos suunniteltu käyttö perustuu nanomittakaavan hyödyntämiseen. EU:n nanosäätely on siis luonteeltaan inkrementaalista: se nojaa olemassa olevaan lainsäädäntöön siltä osin kuin se on toimivaa ja puutteiden ilmetessä pyrkii muokkaamaan lainsäädäntöä sopivaksi (Euroopan komissio 2004) tai laatimaan ohjeistoja lainsäädännön soveltamiseen nanomateriaaleihin. Standardien, normien ja yhtenäisten käytäntöjen puuttuessa teknologian valvominen on hankalaa. Ensisijainen tehtävä tällä hetkellä on yhdenmukaistaa nuo menetelmät ja normit (Euroopan komissio 2004).

Koska nanoteknologiaa koskeva lainsäädäntö tulee parhaassakin tapauksessa voimaan vasta viiveellä, tutkimus- ja kehittämistoimintaan pyritään vaikuttamaan vapaaehtoisuuteen perustuvilla ohjaukeinoilla. Suosituksessaan EU:n komissio kehottaa jäsenmaita, työnantajia, tutkimuksen rahoittajia, tutkijoita ja muita asianosaisia noudattamaan vastuullisen nanotieteen ja nanoteknologian tutkimuksen-toiminta-ohjeistoa (Commission of the European Communities 2008).

Vaikka useat kansalaisjärjestöt ovat vaatineet nanomateriaalien käyttökieltoa, ainakin EU:n komission toimintasuunnitelmassa (Euroopan komissio 2005) se torjutaan suoralta kädeltä. Käyttökieltoa pidetään tarpeettoman vahvana toimenpiteenä, jonka seuraukset saattaisivat olla tuhoisat. Pahimmillaan nanoteknologian kehitystyön pelätään siirtyvän niin kutsuttuihin teknologiaparatiiseihin eli maihin, joissa ei ole lainkaan säätelyä ja joissa väärinkäytösten mahdollisuus olisi suurempi (Euroopan komissio 2004). Säätely tasapainottelee riskinhallinnan ja teollisuuden intressien välillä: liian sääntelyn pelätään pysäyttävän teknologian kehityksen, mutta toisaalta sääntelyn riittämättömyys voi yhtä hyvin johtaa – myös teollisuuden kannalta – ei-toivottuun lopputulokseen.

Myös varovaisuusperiaatteeseen kriittisesti suhtautuvat tahot kokevat, että säätely on tarpeen. Nanoteknologiaan liittyvien epävarmuuksien ja uutuuden takia tarvitaan kuitenkin säätelyinnovaatioita. Kansallisen, spesifin nanolainsäädännön asemesta nanoteknologian hallintaan on ehdotettu kansainvälistä sopimusyhteistyötä nanoteknologian ja yleisemminkin uuden teknologian hallintaa varten. Kansainvälistä yhteistyötä ajavat myös Yhdysvaltain National Science Foundationin johtaja ja NNI-ohjelman pääarkkitehti Mihail Roco ja NNI:tä lähellä oleva International Risk Governance Council<sup>17</sup> (Roco 2008). Arizonan yliopiston tutkijat ehdottavat kansainvälistä puitesopimusta, joka loisi institutionaalisen ja menetelmällisen kehyksen mahdollisten riskien ja kriisien käsittelylle, mutta ei etenkään aluksi sitoisi sopimusmaita mihinkään (Abbott ym. 2006). Tieteellisen tiedon lisääntyessä myös puitesopimus tulisi muodollisemmaksi ja sitovammaksi. Olennaista on, että puitesopimus olisi joustava ja pystyisi siten reagoimaan nopeasti nanoteknologian kehittyessä ja tiedon lisääntyessä ilman, että tuo kehitys hidastuisi liikaa säätelystä. Säätely lähtisi siis ennen kaikkea teollisuuden tarpeista.

Kansallisvaltioiden ja kansainvälisten järjestöjen ohella myös monet yritykset ovat luoneet omia ohjeistojaan. Saksalainen kemianalan yhtiö BASF mainitaan usein vastuullisen nano-ohjeistonsa vuoksi. Britanniassa Royal Society on tehnyt yhteistyötä nanoalan yritysten kanssa järjestämällä työpajoja, joissa on käsitelty nanoteknologian liiketaloudellisia mahdollisuuksia suhteessa teknologian riskeihin ja epävarmuuksiin<sup>18</sup>. Yhdysvaltalainen kemikaaliyhtiö DuPont ja ”Environmental Defense” -ryhmä ovat puolestaan luoneet toimintakehyksen tukemaan nanoteknologiayritysten

<sup>17</sup> <http://www.irgc.org/>

<sup>18</sup> [www.responsiblefutures.com](http://www.responsiblefutures.com)

terveys- ja ympäristöriskien hallintaa<sup>19</sup>. Ohjelmaa on pidetty uudenaikaisena avauksena – teollisuuden ja kansalaisjärjestön yhteistyönä – mutta sitä on myös kritisoitu. Useat kansalaisjärjestöt arvostelevat ehdotusta, koska näkevät sen yrityksenä kiertää varsinaista lainsäädäntöä ja vakiinnuttaa epädemokraattisia päätöksenteon muotoja. Erityisesti kanadalainen ympäristöjärjestö ETC Group on vastustanut äänekkäästi tällaista lainsäädännön ulkoistamista suuryrityksille (ETC 2005).

Ympäristö-, terveys- ja turvallisuusriskien ohella nanoteknologian sääntelyyn liittyy myös immateriaalioikeuskysymyksiä (esim. Vaidhyanathan 2006; Bowman 2007), vastuuseen liittyviä ongelmia (esim. Hannah ja Hunt 2006; Wells ja Elias 2006), yksityisyyteen ja kansalaisoikeuksiin koskevia kysymyksiä (esim. van den Hoeven 2007) ja nanolääketieteeseen liittyviä erityisongelmia.

---

<sup>19</sup> [www.nanoriskframework.com](http://www.nanoriskframework.com)

## 4 Nanoteknotieteen odotusten ja lupauksen politiikka

Nanoteknologian lupaukset liittyvät odotettavissa olevaan yhteiskunnalliseen kehitykseen: nanoteknologian uskotaan luovan talouskasvua, muuttavan tuotantomenetelmiä ja parantavan elämänlaatua. ”Seuraava teollinen vallankumous” tai ”maailman muotoileminen atomi atomilta” (Amato 1999) ovat esimerkkejä lupauksen retoriikasta. Osa lupauksista liittyy lähemmäs ihmisten arkipäivää asettuviin nanoteknologiasovelluksiin: pienoiskokoiset diagnosointijärjestelmät sairauksien havaitsemiseen, tehokkaammat ja pienemmät tietokoneet, kestävämmät ja kevyemmät materiaalit ja pilaantumisen havaitsevat elintarvikepakkaukset (Euroopan komissio 2004) ovat esimerkkejä arkisemmasta päästä. Osa esimerkiksi Yhdysvaltain NNI-ohjelman arkkitehtien odottamista sovelluksista kurkottaa kauemmas. Näitä eri tahojen odotuksia on koottu taulukkoon 1.

Nanoteknologioihin liittyvät odotukset ja lupaukset heijastelevat nanotoimijoiden käsityksiä yhteiskunnallisesta järjestyksestä. Nämä usein julkilausumattomat käsitykset ohjaavat tutkimus- ja kehittämistoimintaa ja juuri siksi yhteiskunnallisia kuvitelmia sisältävät nanoteknologiastastrategiat ovatkin tärkeää materiaalia yhteiskuntatieteelliselle tutkimukselle.<sup>20</sup>

Merkittävä osa yhteiskuntatieteellisestä tutkimuksesta on pyrkinyt avaamaan kuvitelmia julkiselle keskustelulle. On huomattava, etteivät kuvitelmat ole vain fiktiota, vaan että ne ohjaavat toimintaa ja toimivat resursseina nanoteknologiaa koskevissa keskusteluissa: *”These imaginaries ... are not simply imaginary in a fictional sense but rather define the discursive resources through which the field comes to be defined”* (Kearnes ja Macnaghten 2006). Visioilla on taipumus sementoitua käytäntöihin. Tämän jälkeen kehityspolkuja voi olla vaikea enää muuttaa. (Macnaghten ym. 2005).

Yhteiskuntaa koskevilla teknologisilla kuvitelmilla on myös tutkija- ja teknologiayhteisöä luova tehtävä. Niiden avulla voidaan värvätä (tutkija)jäseniä yhteisen vision taakse (Hessenbruch 2004). Myös tällöin kuvitelmien fiktiivisyys on epäoleellista. Toden ja epätoden raja on jatkuvaa neuvottelua, ja liittolaisten värvääminen tai menettäminen määrittelee menestyksekkään teknologisen vision.

Odotukset, toiveet ja lupaukset ovat siten performatiivisia; yhteiskunnallista todellisuutta tuottavia (Anderson ym. 2007). Tämä tarkoittaa sitä, että odotuksia ja toiveita tulviva puhe suuntaa toimintaa kohti niiden sisältämiä lupauksia ja rajaa pois näkyvistä toisia mahdollisuuksia. Laajat lupauslistat ratkaisisivat toteutuessaan kaikki ihmiskunnan ongelmat. Tämä onkin keskeistä: odotukset ja lupaukset ovat

<sup>20</sup> Kearnes ym. (2000, 17) vertaavat ”uutta”, kuvitelmia analysoivaa, ja ”perinteistä”, lopputuotteita arvioivaa, tutkimusotetta seuraavasti: *”Despite their scientific significance and persuasive power for governments and investors, such imaginaries tend to be insulated from wider recognition, accountability and negotiation. They are shielded by myths about the purity of science and assumptions of a linear relationship between scientific research and the public domain. According to this model, it is only when scientific knowledge is thought to have potential ‘applications’ that social and ethical dimensions enter in. This means that social issues are acknowledged to arise only in connection with possible impacts, not with the aims and purposes underlying scientific knowledge production.”* (Kearnes ym. 2006, 17)

Taulukko I: Nanoteknologian tarjoamat yhteiskunnalliset mahdollisuudet (Roco ja Bainbridge 2005, 5)

| <b>Social problem</b>  | <b>Nanotechnology contribution to solution</b>   |
|--|--|
| Healthcare and working capacity of aging population  | Convergence of nanotechnology with biotechnology, information technology and neurotechnology would address chronic illnesses, losing sensorial capacity, and maintaining work capacity   |
| Collapse of birth rate in most advanced nations, below level required for population stability                                 | Convergence of nanotechnology with biotechnology to overcome infertility   |
| Poverty and inequality, most urgently in under developed nations   | Economic progress, fueled by technological developments requiring systematic control of nanoscale processes and materials  |
| Loss of jobs in advanced nations, as work goes to nations with lower wages, weaker worker benefits, and worse workplace safety | Progress in nanoscience will allow industrial nations to maintain quality of life, generating new domestic industries with high-quality jobs, even as poor nations benefit from globalization  |
| Threatened exhaustion of natural resources   | Nano-enabled technologies for improved efficiency in use of non-renewable resources, including energy production, water filtration, and invention of many high-quality nano-fabricated substitute materials  |
| Environmental degradation, including global warming  | Reduced pollution from more efficient use of materials; specific new pollution remediation nanotechnologies; improved environmental monitoring by means of nano-enabled sensor nets  |
| World political instability threatens the gains achieved by newly democratic nations   | Stability will require technology that can offer abundance to a majority of people in all societies with existing natural resources  |
| Security issues within industrial nations  | Numerous specific nanotechnology-based solutions, such as: sensors to detect bioterrorism substances; inexpensive "smart labels" to deter theft of valuable goods; armor and vehicle components from nano-structured materials                                 |
| Cultural chaos in post-industrial, post-modern, pluralist society  | Nanotechnology will permit rapid progress in technologies of computation, communication, and creativity to sustain a culture of connectivity, equal access to information and a myriad subcultures simultaneously  |
| Medical: diminishing returns from research; rising cost of health care   | Fresh approaches to disease diagnosis and treatment from nanotechnology; prevention of disease from better nutrition and from quick detection and treatment of conditions predisposing to disease  |
| Medical: currently incurable illnesses, including cancer and AIDS  | Molecular and nanobiosystems solutions for detection and treatment at the subcellular level  |
| Possible slowing of progress in many fields of science and engineering (e.g., aviation and space, nuclear power; computers)    | Fresh ideas, research methods, and design approaches generated by convergence and combination of many fields, made possible by the nanoscale science and technology platforms. It will support rapid advancements in biotechnology and information technology. |

vahvasti yhteiskunnallisia ja normatiivisia ja ne maalaavat kuvaa tietynlaisesta yhteiskuntaihanteesta. Ne perustuvat käsityksiin siitä, miltä sosiaalinen kanssakäyminen tulevaisuuden yhteiskunnassa näyttää, miten ihmisruumis tulisi ymmärtää, miten infrastruktuuria tulisi kehittää, ja miten teknologiset innovaatiot tuottavat tiettyjä yhteiskunnallisia tuloksia (Kearnes ym. 2006). Lupaukset toimivat siten käsikirjoituksen tavoin: ne piirtävät kuvan paitsi yhteiskuntaihanteesta myös tietynlaisesta kansalaisyhteiskunnasta ja sitä, miltä nanoteknologian "tulevaisuuden historia" (Akrich 1992) näyttää.

Koska lupaukset ovat keskeinen osa tapaa esittää nanoteknologia esimerkiksi julkisissa strategioissa, tarkastellaan tässä luvussa nanoteknologian yhteiskunnallisuutta niiden kautta. Alaluvuissa esitellään lupauksen politiikkaan pureutuvia analyysejä lupauksen tuottamien aikahorisonttien (4.1) ja teknologian hallittavuuden (4.2) näkökulmasta.

## Nanoteknologian menneisyys, nykyisyys ja tulevaisuus

Kuten kaikki innovaatiotoiminta, nanoteknologian kehittäminen suuntaa vahvasti tulevaan. Selin (2006) näkee nanoteknologiaa koskevissa strategiapapereissa vaivatoman lineaarisen aikakäsityksen. Teknologinen kehitys nähdään suoraviivaisesti etenevänä polkuna, jossa yksi edistysaskel johtaa toiseen. Päämäärän saavuttaminen tai lupauksen toteutuminen on siis lähinnä ajan kysymys.

Strategiapaperit ja visiot ovat tällaisia polkuja pullollaan: ne sisältävät kaavioita, jotka ennustavat nanoteknologian kehitystä jopa vuosien tarkkuudella (esim. Royal Society ja Royal Academy of Engineering 2003). Milburn (2002) puhuu ”nanokirjoituksesta”, tavasta, jolla yksittäiset tutkimukset tai saavutukset asetellaan päämäärää kohti eteneväksi ja ennustettavaksi juonelliseksi kertomukseksi niin akateemisessa, virallisissa kuin yleistajuisissakin teksteissä. Polkuajattelu on strategiapapereissa yleisin aikakäsitys, joka jäsentää menneisyyden, nykyisyyden ja tulevaisuuden erillisiksi, mutta toisiaan seuraaviksi hetkiksi. Selinin (2006) mukaan mennyt aika – se mitä on tehty ja saavutettu – määrittelee näin tulevaisuutta – sitä mihin arvioidaan päädyttävän. Selkeimmin tämä ilmenee juuri teollisuuden suosimissa tiekartoissa ja ennusteissa. Strategiapapereiden vallitseva näkemys on, että erilaisin tulevaisuutta ennakoivin menetelmin tuo tulevaisuus saadaan hallittavaksi. Tiekarttojen performatiivisuus jää huomiotta (Williams 2006).

Tulevaisuuden lisäksi menneisyys on myös tärkeä resurssi, jota strategiapapereissa käytetään selittämään tulevaa. Esimerkiksi vanhoja käytäntöjä, joissa on hyödynnetty nanotason ilmiöitä jo ennen varsinaista nanoteknologiaa käytetään todisteina kehityksen luonnollisesta suunnasta. Tällaisia analogioita ovat muun muassa lasinvalmistuksessa käytetyt kultananopartikkelit tai ylipäättään luonnossa esiintyvät nanoilmiöt. Nanotieteellinen tutkimus näyttäytyy tällöin toimintana, jolla selitetään jo jotain olemassaolevaa (Mody 2004).

Kearnes ja Macnaghten (2006) ovat ehdottaneet, että yksi yhteiskuntatieteellisen tutkimuksen tehtävistä on tarkastella sitä, miten tulevaisuutta ja menneisyyttä käytetään voimavaroina. Tällaisen analyysin tarkoituksena ei ole ennustaa tulevaisuutta vaan arvioida, miten eri toimijat käyttävät resursseja luodakseen tulevaisuutta ja suunnatakseen toimintaa tuota päämäärää kohti. Nanoteknologiaa ei näin nähdä pelkästään yhtenäisenä teknologian osa-alueena, vaan muotoutumassa olevana käytäntönä, jota puhuvat tuottavat. Tavoitteena on arvioida miten kilpailevat puhuvat ja näkemykset teknologian kehittämisestä ovat vakiintuneet ja raivanneet tieltään toisia näkemisen tapoja (Kearnes ja Macnaghten 2006).

## Teknologian hallittavuus

Tyypillinen nanoteknologian määritelmä liittyy materiaalin hallintaan: nanotieteessä ja -teknologiassa ”pyritään hallitsemaan aineen syvintä rakennetta ja käyttäytymistä atomien ja molekyylien tasolla” (Euroopan komissio 2004). Hallinta on Sarewitzin ja Woodhousen (2003) mukaan keskeinen teema myös nanoteknologiaalupauksissa: nanotasolla tapahtuvan materiaalin hallinnan ajatellaan automaattisesti kääntyvän myös makrotason hallinnaksi, vaikka käytännössä hallinta yhdellä tasolla saattaa synnyttää arvaamattomia seurauksia jollakin toisella tasolla. Esimerkkeiksi hallinnan mittakaavojen yhteismitattomuudesta Sarewitz ja Woodhouse (emt.) nostavat auton tai kivihiilivoiman, jotka mahdollistavat energian hyödyntämisen ja hallitsemisen yhdellä tasolla. Samalla ne kuitenkin tuottavat hallitsemattomuutta toisaalla, vaikkapa ilmastonmuutoksena tai fossiilisten polttoaineiden geopolitiikkana.



Nanostrategioissa tutkimustyön kautta saavutetun materiaalin hallinnan odotetaan suoraviivaisesti johtavan haluttuihin tuloksiin – materiaalin hallinnan ajatellaan automaattisesti johtavan nanoteknologian lupauksen toteutumiseen (Kearnes ym. 2006, 52). Esimerkiksi suomalaisen nanotiedetyöryhmän näkemys on melko suoraviivainen: ”Teknologiaintensiivisissä sovelluksissa, kuten nanoteknologiassa, menestykseen tarvitaan tuoteidea, oivallus teknisestä toteutuksesta ja prosessista, oivallus taloudellisesta toteutuksesta, kaupallinen osaaminen ja riskirahoitus” (Mattila ja Pylvänäinen 2005, 20). Kuitenkin usein juuri lupauksen ja toteutuneen toiminnan välillä oleva kuilu, tutkimuksen yllätyksellisyys, tekee tutkimus- ja kehitystyön tuottavaksi. Tämä on ristiriidassa kontrollin vaatimusten kanssa, mutta samalla myös hyvä esimerkki kahden erilaisen tiedekäsityksen – perustutkimuksen tieteen ja tiedepolitiikan tieteen – kohtaamisesta (Rip 2006; ks. myös Kearnes ym. 2006).

## 5 Yhteiskuntatieteellisen nanotutkimuksen rooli

Lähes kaikki nanokeskustelun osapuolet näyttäisivät olevan samaa mieltä siitä, että käsillä on oivallinen tilaisuus kehittää yhteiskunnallisesti kestävää teknologiaa. Se, miten tuohon kestäväan teknologian tavoitteeseen päästään, sen sijaan jakaa mielipiteitä. Erityisesti yhteiskuntatieteellisen tieteen- ja teknologiantutkimuksen parissa työskentelevät tutkijat ovat kritisoineet strategiapapereiden tapaa rajata teknologioiden yhteiskunnallinen merkitys ja kehystää yhteiskuntatieteiden rooli (Macnaghten ym. 2005). Puhtaammin yhteiskuntatieteellisestä nanoteknologiaa koskevaa kirjallisuutta on alkanut ilmaantua vasta 2000-luvun alkuvuosina. Tällöin ”yhteiskuntatieteellinen” tutkimusagenda oli jo pitkälle muotoiltu.

Yhdysvaltain NNI-ohjelmassa yhteiskunnallisten vaikutusten ja niiden tutkimisen varhaisempaan esikuvana oli ”Human Genome”-projektin niin sanottu ELSI-ohjelma (”Ethical, legal and social implications”). Tätä ohjelmaa on tieteen- ja teknologiantutkimuksen piirissä pidetty epäonnistuneena, sillä siinä yhteiskunnallisuus eli eettiset, lainsäädännölliset ja sosiaaliset kysymykset jäivät erillisiksi ja teknologian ulkopuoliseksi osiksi. Samalla yhteiskuntatieteilijöiden tehtäväksi määrittyi yksinomaan teknologian vaikutusten arvioiminen, analysointi ja hallinta (Macnaghten ym. 2005). Human Genome -projektissa yhteiskuntatieteellisen tutkimuksen tuloksilla ei ollut vaikutusväylää itse hankkeeseen ja siten laajempaan päätöksentekoon (Bennett ja Sarewitz 2006).

Myös EU:n komission toimintasuunnitelma kehottaa niveltämään yhteiskuntatieteellisen tutkimuksen nanotutkimuksen ja –kehitysohjon. Kaavailtu rooli on kuitenkin lähinnä välineellinen ja ulkoinen teknologian kehitykselle. Jos nanoteknologinen teknis-luonnontieteellisen tutkimuksen paino on siirtynyt perustutkimuksesta sovelluksia tuottavaan tutkimukseen, niin samoin näyttää käyneen yhteiskuntatieteilijöille, joista on tullut ”yhteiskuntainsinööriä” (Schummer 2004). Yhteiskuntatieteitä pidetään jonkinlaisena liimana, joka korjaa monenlaisia aukkoja ja liittää eri osat yhteen halutulla tavalla (Macnaghten ym. 2005).

Yhteiskuntatieteilijöiden esittämä kritiikki perustuu ennen kaikkea siihen, että tutkimuksen tehtävät on määritelty tavalla, joka poikkeaa tutkijoiden omista näkemyksistä. Usein kuvitellaan, että:

- yhteiskuntatieteilijät ovat asiantuntijoita yleisen mielipiteen ja poliittisen liikehännän ymmärtämisessä ja että tätä voidaan käyttää hyväksi ristiriitojen ennakoimiseksi ja välttämiseksi;
  - yhteiskuntatieteilijät voivat ohjata innovaatioprosesseja kuluttajayleisön asenteiden mukaisesti ja näin auttaa erottamaan innovaatiojyvät akanoista;
  - yhteiskuntatieteilijät voivat perehtyä nanoteknologian sisältöön ja voivat siten toimia viestinvälittäjinä nanotiedeyhteisön ja yleisön välillä, jotta vuoropuhelu perustuisi enemmän tosiasioihin kuin tunteisiin;
  - yhteiskuntatieteellisten menetelmien avulla voidaan purkaa tieteen ja innovoinnin sisäänrakennettuja oletuksia niin että innovaatioista tulee helpommin hyväksyttäviä;
  - yhteiskuntatieteilijät voivat edustaa yleisöä ja sen mielipiteitä
- (Kearnes ym. 2006; Macnaghten ym. 2005; Barben ym. 2007).

Osin luotellut käsitykset ovat yhteiskuntatieteilijöiden itsensä tuottamia ja jakamia. Tämä ei kuitenkaan tarkoita sitä, että ne olisivat riittäviä tai edes keskeisiä nanoteknologian kehittämisen tutkimisessa. Yhteiskuntatieteilijöiden tehtävä ei voi olla varmistaa teknologian taloudellinen menestys tasoittamalla sille tietä, vaan ”menestystä” itsessään tulee voida problematisoida ja avata keskustelulle (Macnaghten ym. 2005). Yhteiskuntatieteellisen teknologiatutkimuksen piirissä onkin esitetty ponnekkaasti, että siirryttäessä strategiapapereista tutkimukseen ja toimintaan, yhteiskuntatieteellisen tutkimuksen roolia pitää voida määritellä uudelleen ja ennen kaikkea yhteiskunnallisten ja eettisten ulottuvuuksien määrittelyn on lähdeittävä paremminkin alhaalta ylöspäin (Lewenstein 2004).

Seuraava Macnaghtenin ym. (2005) laatima yhteiskunnallisen tutkimuksen asiasta kiteyttää hyvin tutkijoiden piirissä käydyt keskustelun ja nostaa esiin kuusi temaattista aluetta joita yhteiskuntatieteellisen nanoteknologian tulisi käsitellä:

- *Yhteiskuntaa koskevat teknologiset kuvitelmat*

Kuten todettua, se miten nanoteknologia ja sen tuoma yhteiskunnallinen tulevaisuus kuvitellaan, ei ole yhdentekevää. Kuvitelmat ohjaavat niin tieteellistä tutkimusta ja innovaatiotoimintaa, eivätkä ole siten viattomia. Kuvitelmista voi tulla niin itsestään selviä, ettei niiden implisiittisiä oletuksia huomioida saati kyseenalaisteta, ja juuri siksi kuvitelmat vaativat avaamista, reflektointia ja keskustelua. Metodologisena haasteena on saada nanotieteilijät ja muut tärkeät toimijat mukaan refleksiiviseen keskusteluun. Yhteiskuntatieteilijöiden kannalta tämä voi tarkoittaa esimerkiksi osallistuvaa havainnointia ja aktiivista osallistumista tiedontuotannon käytäntöihin.

- *Yleisön osallistuminen*

Yleisön ääni pitäisi saada mukaan jo teknologian kehityksen varhaisimmissa vaiheissa eikä vasta innovaatioprosessin loppupäässä. Pelkästään riskeihin rajautuva keskustelu ei anna mahdollisuutta keskustella vaihtoehtoisista tavoitteista ja kehityskulusta, eikä esimerkiksi omistajuuteen, vastuuseen ja hallintaan liittyvistä kysymyksistä. Nämä teemat ovat kuitenkin tärkeitä demokraattiselle teknologiakehitykselle. Tarpeellista on pohtia myös mitä yleisön osallistumisella tarkoitetaan: pyritäänkö sillä lähinnä välttämään konflikteja ja antamaan nimellinen legitimitetti teknologialle vai halutaanko kehittää oikeasti kestävämpiä tiede- ja innovaatiokäytäntöjä? Tärkeä kysymys on myös vuoropuhelumekanismien, kuten kansalaispaneelien ja fokusryhmäkeskustelujen, vaikuttavuus innovaatioprosesseissa.

- *Hallinta*

Kun yhteiskuntatieteellisestä tutkimuksesta tulee osa nanoteknologiantutkimusta ja -kehitystyötä jo varhain, voidaan paremmin rakentaa mukautuvampia, ennakoivampaa ja yhteiskunnallisesti herkempiä hallinnan ja sääntelyn kehyksiä teknologian ei-toivottujen seurausten hallitsemiseksi. Vaikka perinteisemmät hallinta- ja sääntelymekanismit kuten tieteelliset riskinarvioinnit ovat ehdottoman tarpeellisia, ne eivät yksinään riitä, kun kyseessä on nanoteknologian kaltainen uusi ja vasta muotoutumassa oleva teknologia. Nanoteknologian hallinta ei siten ole pelkästään rationaalista riskinarviointia nanopartikkelien toksisuudesta. Uuteen teknologiaan liittyy paljon seikkoja, joita ei etukäteen pystytä määrittelemään. Avoinna on myös se, miten teknologian vakiintumiseen liittyvää perustavanlaatuista epävarmuutta tulisi jäsentää ja miten siihen voidaan varautua sekä se, miten hallinta ja säätely voidaan kyetään ulottamaan yhteiskunnallisiin näkökohtiin. Nanoteknologiaa kehitettäessä on voitava keskustella siitä, miksi juuri tiettyjä teknologioita kehitetään; kuka niitä tarvitsee; minkälaiset inhimilliset pyrkimykset ajavat niiden kehitystä; millä ehdoin teknologian lupaukset toteutuvat; kuka nuo ehdot määrittelee; kuka teknologiaa sääntelee – ja voidaanko näihin tahoihin luottaa.

- *Globalisaatio*

Nanoteknologiainnovaatiot luovat hallinnan haasteita paitsi kansallisvaltioiden tasolla myös maailmanlaajuisesti. On tarkasteltava miten nanoteknologisten innovaatioiden maantiede kehittyy ja muuttuu: mikä on nanoteknologian rooli globaalissa taloudessa, miten se vaikuttaa maailmanlaajuisesti tiedon, resurssien ja vallan jakautumiseen, syventääkö vai poistaako se olemassa olevia jakoja taloudessa ja kansainvälisessä työnjaossa. Nämä kysymykset liittyvät tietenkin siihen miten teknologiaa hallitaan ja kuinka demokraattisesti sitä halutaan kehittää.

- *Emergenssi /Vakiintumisen dynamiikka*

Muiden edellä mainittujen tehtävien ohella on tärkeää jäsentää sosioteknologisen muutoksen dynamiikkaa. Haasteena on tuottaa analyysivälineitä, jotka huomioivat teknologian vakiintumisen ja kehittymisen epälineaarisuuden ja yllätyksellisyyden. Samalla on kuitenkin pidettävä mielessä, että keksinnöt ja innovaatiot eivät mukaudu mihin vain. Sen sijaan ne edellyttävät inhimillisiltä ja epäinhimillisiltä toimijoilta momentasoista mukautumista. Tämän dynamiikan ymmärtämisessä keskeistä on tutkia sitä, miten odotusten, lupauksen ja käytäntöjen kietoutuessa muodostuu toimijoita yhdistäviä ja erottavia verkostoja.

Yhteiskuntatieteellisen nanotutkimuksen tavoitteeksi voidaan asettaa teknologiaa koskevien jäsenysten ja niiden yhteiskuntaa rakentavan luonteen näkyväksi tekeminen. Tämän lisäksi tehtävänä on lisätä nanotieteen ymmärrystä sen yhteiskunnallisesta roolista. Tällöin tärkeitä tutkimuskohteita ovat tieteelliset käytännöt. Käytäntöihin pureutuvan uuden laboriotutkimuksen piirissä on kehittynyt suuntauksia, joita voidaan kuvata myös etnografisiksi interventioiksi (Fisher 2007). Niiden tarkoituksena on ennen kaikkea luoda tilaa reflektoinnille tieteellisessä tutkimustyössä. Esimerkiksi Cambridgen yliopiston nanotiedekeskukseen palkattiin oma "laboratoriososiologi" tekemään tutkimusta (Doubleday 2007a, 2007b, 2007c). Arizona State University:n "Nanotechnology in Society" -keskuksen tutkija Erik Fisher (2007) puolestaan osallistui "Thermal and Nanotechnology Laboratory":n arkipäivään Coloradon yliopistossa. Yhteistyön tuloksena syntyi päätöksenteonmalli, jonka tarkoituksena oli auttaa nanotutkijoita refleктоimaan omaa työskentelyään. Malli muotoutui tutkimustavoitteiden ja käytännöllisten mahdollisuuksien vuorovaikutuksessa. Arizonassa toteutettiin myös yhteistyökokeilu, jossa nanotieteestä lopputyötä tekevää opiskelijaa ohjasi tavanomaisen ohjaajan lisäksi myös tieteen ja teknologiantutkimukseen erikoistunut yhteiskuntatieteilijä (Gorman ym. 2004). Lopputuloksena oli molemminpuolinen oppimisprosessi: sekä ohjaajat että ohjattava hyötyivät kokeilusta ja sekä tutkijoiden, että tutkimusprojektin näkemys laajentui hyödyntäessään sekä teknistieteellistä että yhteiskuntatieteellistä osaamista.

## 6 Johtopäätökset: yhteiskuntatieteellinen nano- teknologiatutkimus ja julkisvalta

Yhteiskuntatieteelliset analyysit nanoteknologiasta osoittavat uutta teknologiaa koskevan riskikeskustelun ohueksi. Teknologian toimivuuden ja turvallisuuden ehtoja lähestytään olettaen, että uudet keksinnöt ja sovellukset vakiintuvat käyttöön suoraviivaisesti. Todellisuudessa uutta teknologiaa tuskin käytetään vain niin kuin sitä kehittävät tahot ovat tarkoittaneet. Käyttötavat voivat myös muuttua ajasta ja paikasta riippuen.

Teknologian käyttöönotto voi myös tavalla tai toisella epäonnistua. Nanoteknologian lupaukset toteutuvat vain toimijoiden ja käytäntöjen suosiollisella myötävaikutuksella. Kyse ei ole vain rahoituksesta ja muusta panostuksesta vaan siitä, että erilaisten sosiaalisten yhteisöjen, kuten yritysten, kotitalouksien ja julkisten organisaatioiden on uudelleenorganisoiduttava tukemaan teknologian toimivuutta, kannattavuutta ja turvallisuutta. Tarvittavan uudelleenorganisoinnin edellytyksiä tulee aina tarkastella kriittisesti. Brian Wynne (1989) kutsuu epärealistisia oletuksia inhimillisestä käyttäytymisestä ja yhteiskunnan ja teknologian suhteesta riskitutkimuksen ”naiviksi sosiologiaksi”. Hänen mukaansa nämä naiivit oletukset ovat yleisin syy sille, että riskinarvioinnit pettävät.

Yhteiskunnallisen uudelleenorganisoinnin tarve tarkoittaa myös sitä, että nanoteknologioiden ympäristöpoliittiset merkitykset eivät palaudu vain sovellusten välittömiin hyötyihin ja haittoihin. Teknologioilla voi olla epäsuoria yhteiskunnallisia vaikutuksia. Yhteiskunnallisten toimijoiden suhteet voivat esimerkiksi muuttua siten, että tehokkaan ja legitiimin ympäristöohjauksen edellytykset myös muuttuvat.

Tähän raporttiin kootut nanoteknologian yhteiskuntatieteelliset analyysit osoittavat, ettei ole yhdentekevää, miten nanoteknologiasta puhutaan. Yksi keskeinen nanoteknologiaan liittyvä puhetapa ovat lupaukset teknologian kyvystä ratkaista ympäristöön, terveyteen ja hyvinvointiin liittyviä ongelmia. Nämä lupaukset muovaavat yhteiskuntaa ja kestäväen kehityksen edellytyksiä ohjaamalla kehittämistoimintaa tiettyyn suuntaan.

Lupauksilla myös rakennetaan toimijoiden välisiä suhteita ja rooleja. Näistä rooleista voi tulla pysyväluonteisia, kun tietyt käsitykset ja puhumistavat vakiintuvat tiettytyyppisiksi sovelluksiksi. Odotusten ja lupausten yhteiskuntaa muovaava merkitys tarkoittaa väistämättä myös sitä, että niillä tehdään myös ympäristöpolitiikkaa. Tyypillisesti visioilla rajataan julkisen vallan rooli yhtäältä innovaatioiden edistämiseen ja toisaalta tekniseen riskinhallintaan.

Toistaiseksi yhteiskuntatieteellisen analyysin keskiössä ovat olleet ne yhteiskunnalliset käsitykset ja väitteet, joihin nanoteknologian kehittämistyö perustuu ja jotka ohjaavat kehittämistyötä. Yhteiskuntatieteilijät mieltävät yhteiskuntatieteellisen nanoteknologian tutkimuksen keskeiseksi tehtäväksi näiden käsitysten näkyväksi tekemisen ja keskustelun avaamisen siitä, millaiset kehityspolut ovat yhteiskuntakehityksen kannalta toivottavia. Yhteiskuntatieteiden roolina uusien teknologioiden tutkimuksessa voisi tämän kirjallisuuskatsauksen perusteella olla teknologioita koskevan yhteiskunnallisen keskustelun avaaminen laajemmaksi kuin mitä se on tähän

saakka ollut sen sijaan, että yhteiskuntatieteille jää rooli ”aputieteinä”, jotka auttavat saavuttamaan nanotieteissä ja teknologian kehityksessä ennalta asetetut tavoitteet. Keskustelun laajentamisen tulisi auttaa irtaantumaan epärealistisista yhteiskuntaa ja uusien teknologioiden vakiintumista koskevista olettamuksista. Olennaista on myös tehdä näkyväksi yhteiskunnan vaihtoehtoisia teknologisia tulevaisuuksia.

Yhteiskuntatieteellisen nanoteknologiaturkimuksen tehtäviin kuuluu myös sääntelyn mahdollistavien selvällölkäytäntöjen ja normatiivisten perusteiden analysointi. Tehtävä edellyttää empiirisiä tapaustutkimuksia mm. ekotoksikologian käytännöistä ja niiden harmonisoinnin politiikasta.

Tärkeää on avata pohdinta sääntelyn vaikutuksesta teknologiakehitykseen. Se, miten julkisen vallan rooli, sääntelyn kohde ja sen osapuolet määritellään vaikuttaa politiikan tehokkuuteen ja refleksiivisen hallinnan mahdollisuuksiin. Nanoteknologian kehittämisen suhde sääntelyyn on kaksijakoinen: yhtäältä koetaan, että varovaisuusperiaatteen noudattaminen hidastaa innovaatiotoimintaa. Toisaalta nähdään, että sääntely on tarpeen vähintäänkin teknologian hyväksyttävyyden näkökulmasta. Sääntelyyn liittyvä keskustelua ja tulee tarkastella suhteessa spesifeihin kehittämiskäytäntöihin ja teknologioihin. Tutkimuksen kohteena voi tällöin olla se, millaisissa tilanteissa ja millä ehdoin sääntely tukee vastuullista innovaatiotoimintaa (Kivimaa 2008).

Sääntelyn ja innovaatiotoiminnan nivominen edellyttää myös uusien suunnitelu- ja arviointikäytäntöjen kehittämistä ja testausta. Julkisrahoitteisten kehittämishankkeiden kohdalla olisi tarpeen ensin tehdä näkyväksi se, mitä ko. teknologia edellyttäisi eri toimijoilta toimiakseen luotettavasti ja turvallisesti. Toiseksi on tarpeen pohtia näiden vaatimusten merkitystä ja realistisuutta. Kolmanneksi huomio tulisi kiinnittää tapoihin, joilla kehittämistyössä voidaan huomioida eri ryhmien ja toimintojen tarpeet sekä tunnistaa mahdollisesti ristiriitaiset odotukset.

Käytäntöjen uudistaminen on tarpeen myös siksi, että nanoteknologiaihin ja niiden hyödyntämiseen liittyy perustavanlaatuisia epävarmuutta, jota ei lisätiedolla pystytä koskaan täysin poistamaan.

## LÄHTEET

- Abbott, K.W., Marchant, G.E. & Sylvester, D.J. 2006. A Framework Convention for Nanotechnology? *Environmental Law Reporter* 36: 10931-10942.
- Akrich, M. 1992. The De-scription of Technical Objects. In: Biker, W. & Law, J. (eds.) *Shaping Technology/Building Society. Studies in Sociotechnical Change*. MIT Press, Cambridge Mass. P. 205-224. ISBN-10: 0262521946
- Amato, I. 1999. *Nanotechnology: Shaping the World Atom by Atom*. National Science and Technology Council, Interagency Working Group on Nanoscience, Engineering, and Technology, Washington D.C. Saatavilla: <http://www.wtec.org/loyola/nano/IWGN.Public.Brochure/IWGN.Nanotechnology.Brochure.pdf> [Viitattu 10.4.2008]
- Anderson, B., Kearnes, M & Doubleday, R. 2007. Geographies of Nano-Technoscience. *Area* 39(2): 139-142.
- Arnall, A. H. 2003. *Future Technologies, Today's Choices - Nanotechnology, Artificial Intelligence and Robotics; a Technical, Political and Institutional Map of Emerging Technologies*. Greenpeace Environmental Trust, London. 69 s. ISBN 1-903907-05-5. Saatavilla: <http://www.greenpeace.org.uk/files/pdfs/migrated/MultimediaFiles/Live/FullReport/5886.pdf> [Viitattu 1.4.2008]
- Barben, D., Fisher, E., Selin, C. & Guston, D. 2007. Anticipatory Governance of Nanotechnology: Foresight, Engagement, and Integration. In: Hackett, E.J., Amsterdamska, O., Lynch, M. & Wajcman, J. (eds.) *The Handbook of Science and Technology Studies*. MIT Press, Cambridge, Mass. P. 979-1000. ISBN-10: 0-262-08364-7
- Bennett, I. & Sarewitz, D. 2006. Too Little, Too Late? Research Policies on the Societal Implications of Nanotechnology in the United States. *Science as Culture* 15(4): 309-325.
- Bonazzi, M. & Palumbo, J. 2007. Report from the Workshop: Communication Outreach in Nanotechnology: from Recommendations to Action. European Commission, Brussels. Saatavilla: <http://cordis.europa.eu/nanotechnology/src/consultation.htm> [Viitattu 10.4.2008]
- Bowman, D. 2007. Patently Obvious: Intellectual Property Rights and Nanotechnology. *Technology in Society* 29(3): 307-315.
- Bowman, D. & Hodges, G. 2007. A Small Matter of Regulation: An International Review of Nanotechnology Regulation. *The Columbia Science and Technology Law Review* 3: 1-36.
- Bozeman, B., Laredo, P. & Mangematin, V. 2007. Understanding the Emergence and Deployment of "Nano" S&T. *Research Policy* 36(6): 807-812.
- Calster, G. van 2007. Risk Regulation, EU Law and Emerging Technologies: Smother or Smooth? *NanoEthics* 2(1): 61-71.
- Civil Society-Labor Coalition Rejects Fundamentally Flawed DuPont-ED Proposed Framework - Urges All Parties To Reject The Public Relations Campaign. An Open Letter to the International Nanotechnology Community at Large. Saatavilla: [http://www.etcgroup.org/en/materials/publications.html?pub\\_id=610](http://www.etcgroup.org/en/materials/publications.html?pub_id=610) [Viitattu 17.4.2008]
- CNS-AZU. Center for Nanotechnology in Society at Arizona State University, Executive Summary. Saatavilla: <http://cns.asu.edu/cns-library/documents/ExecSum.pdf> [Viitattu 11.4.2008.]
- Commission of the European Communities 2008. Commission Recommendation on a Code of Conduct for Responsible Nanosciences and Nanotechnologies Research. Saatavilla: <ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/fp7/docs/nanocode-recommendation.pdf> [Viitattu 10.4.2008]
- Davies, J. C. 2008. *Nanotechnology Oversight An Agenda for the Next Administration*. PEN 13, Woodrow Wilson Institute. Saatavilla <http://207.58.186.238/process/assets/files/6709/pen13.pdf> [Viitattu 1.8.2008]
- Doubleday, R. 2007a. Organizing Accountability: Co-Production of Technoscientific and Social Worlds in a Nanoscience Laboratory. *Area* 39(2): 166-175.
- Doubleday, R. 2007b. Risk, Public Engagement and Reflexivity: Alternative Framings of the Public Dimensions of Nanotechnology. *Health Risk & Society* 9(2): 211-227.
- Doubleday, R. 2007c. The Laboratory Revisited - Academic Science and the Responsible Development of Nanotechnology. *NanoEthics* 1: 167-176.
- ETC Group Report 2005. *NanoGeoPolitics - ETC Group Surveys the Political Landscape*. ETC Group Special Report – Communiqué No. 89. Saatavilla: [http://www.etcgroup.org/en/materials/publications.html?pub\\_id=51](http://www.etcgroup.org/en/materials/publications.html?pub_id=51) [Viitattu 4.3.2008]
- Euroopan komissio. 2007. Ensimmäinen täytäntöönpanokertomus 2005–2007. Komission tiedonanto neuvostolle, Euroopan parlamentille ja Euroopan talous- ja sosiaalikomitealle, Bryssel. Saatavilla: [ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/nanotechnology/docs/com\\_2007\\_0505\\_f-fi.pdf](ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/nanotechnology/docs/com_2007_0505_f-fi.pdf) [Viitattu 22.9.2008]
- Euroopan komissio. 2005. *Nanotiede ja nanoteknologia: Toimintasuunnitelma Euroopalle 2005-2009*. Komission tiedonanto neuvostolle, Euroopan parlamentille ja Euroopan talous- ja sosiaalikomitealle, Bryssel. Saatavilla: [ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/nanotechnology/docs/nano\\_action\\_plan2005-fi.pdf](ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/nanotechnology/docs/nano_action_plan2005-fi.pdf) [Viitattu 10.4.2008]
- Euroopan komissio. 2004. *Tavoitteena eurooppalainen nanoteknologiastrategia*. Komission tiedonanto neuvostolle, Euroopan parlamentille ja Euroopan talous- ja sosiaalikomitealle, Bryssel. Saatavilla: [ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/nanotechnology/docs/com\\_2007\\_0505\\_f-fi.pdf](ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/nanotechnology/docs/com_2007_0505_f-fi.pdf) [Viitattu 10.4.2008]
- European Environment Agency. 2001. *Late Lessons from Early Warnings: The Precautionary Principle 1896-2000*. European Environment Agency, Copenhagen. Saatavilla: [http://reports.eea.europa.eu/environmental\\_issue\\_report\\_2001\\_22/en](http://reports.eea.europa.eu/environmental_issue_report_2001_22/en) [Viitattu 1.8.2008]

- Erdyn Consultants. 2008. Converging Technologies and environmental regulations d6.2: Literature Review. SLEP ERA-net: Scientific Knowledge for Environmental Protection. Work Package 6 – Investigate Emerging Issues for Future Research Planning. Saatavilla: [http://www.skep-era.net/site/files/WP6.2\\_final%20report.pdf](http://www.skep-era.net/site/files/WP6.2_final%20report.pdf) [Viitattu 29.3.2008]
- Fisher, E. 2007. Ethnographic Invention: Probing the Capacity of Laboratory Decisions. *NanoEthics* 1(2): 155–165.
- Glimell, H. 2004. Grand visions and lilliput politics: Staging the exploration of the endless frontier. In: Baird, D., Nordmann A. & Schummer, J. (eds.). *Discovering the Nanoscale*. IOS Press, Amsterdam. P. 231-246. ISBN 1-58603-467-7. Saatavilla: <http://www.ifs.tu-darmstadt.de/fileadmin/phil/nano/toc.html> [Viitattu 21.2.2008]
- Gorman, M. E., Groves, J.F., Schrage, J. 2004. Societal dimensions of nanotechnology as a trading zone: results from a pilot project. In: Baird, D., Nordmann A. & Schummer, J. (eds.). *Discovering the Nanoscale*. IOS Press, Amsterdam. P. 63-73. ISBN 1-58603-467-7. Saatavilla: <http://www.ifs.tu-darmstadt.de/fileadmin/phil/nano/toc.html> [Viitattu 1.4.2008]
- Granqvist, N. 2008. Nanotechnology and Nanolabeling - Essays on the Emergence of New Technological Fields. *Acta Universitatis Oeconomicae Helsingiensis A 317*, Helsingin kauppakorkeakoulu, Helsinki. 256 s. ISBN 978-952-488-188-3
- Guston, D. H. & Sarewitz, D. 2002. Real-Time Technology Assessment. *Technology in Society* 24(1-2): 93-109.
- Hannah, A. & G. Hunt 2006. Nanotechnology and civil liability. In Hunt, G. & Mehta, M.D. (eds.) *Nanotechnology - Risk, Ethics and Law*. Earthscan, London. P. 237-246. ISBN 978-0-470-08417-5
- Hessenbruch, A. 2004. Nanotechnology and the negotiation of novelty. In Baird, D., Nordmann, A. & Schummer, J. (eds.) *Discovering the Nanoscale*. IOS Press, Amsterdam. P. 135-144. ISBN 1-58603-467-7. Saatavilla: <http://www.ifs.tu-darmstadt.de/fileadmin/phil/nano/toc.html> [Viitattu 30.3.2008]
- van den Hoven, J. 2007. Nanotechnology and privacy: the instructive case of RFID. In *Nanoethics: The Ethical and Social Implications of Nanotechnology*. F. Allhoff, F. Lin, P., Moor, J. & Weckert, J. (eds.). New Jersey, John Wiley & Sons. P. 253-266. ISBN 978-0-470-08417-5
- Hunt, G. & Mehta, M.D. 2006. Introduction: the challenge of nanotechnologies. In: Hunt, G. & Mehta, M.D. (eds.). *Nanotechnology - Risk, Ethics and Law*. Earthscan, London. P. 1-10. ISBN 978-0-470-08417-5
- Irwin, A. & Wynne, B. 1996. *Misunderstanding Science? The Public Reconstruction of Science and Technology*. Cambridge, Cambridge University Press. ISBN 0521432685
- Johnson, A. 2004. The End of Pure Science: Science Policy from Bayh-Dole to the NNI. In: Baird, D., Nordmann, A. & Schummer, J. (eds.) *Discovering the Nanoscale*. IOS Press, Amsterdam. P. 217-230. ISBN 1-58603-467-7. Saatavilla: <http://www.ifs.tudarmstadt.de/fileadmin/phil/nano/toc.html> [Viitattu 21.2.2008]
- Kearnes, M. & Macnaghten, P. 2006. Introduction: (Re)Imagining Nanotechnology. *Science as Culture* 15(4): 279-290.
- Kearnes, M., Macnaghten, P. & Wilsdon, T. 2006. *Governing at the Nanoscale – People, Policies and Emerging Technologies*. Demos, London. Saatavilla: <http://www.demos.co.uk/files/governingatthenanoscale.pdf>
- Kearnes, M. & Wynne, B. 2007. On Nanotechnology and Ambivalence: the Politics of Enthusiasm. *Nanoethics* 1: 131-142.
- Kivimaa, P. 2008. The Innovation Effects of Environmental Policies. Linking Policies, Companies and Innovations in the Nordic Pulp and Paper Industry. *Acta Universitatis Oeconomicae Helsingiensis A 329*, Helsingin kauppakorkeakoulu, Helsinki. ISBN 978-952-488-244-6
- Kulinowski, K. 2006. Nanotechnology: From "wow" to "yuck"? In: Hunt, G. & Mehta, M.D. (eds.) *Nanotechnology - Risk, Ethics and Law*. Earthscan, London. P. 13-24. ISBN 978-1-84407-358-0
- Lane, N. & Kahil, T. 2007. In the beginning: The U.S. National nanotechnology initiative. In Allhoff, F., Lin, P., Moor, J. & Weckert, J. (eds.) *Nanoethics - The Ethical and Social Implications of Nanotechnology*. Wiley, New Jersey. P. 80-88. ISBN 978-0-470-08417-5
- Lee, R. & Jose, P.D. 2008. Self-Interest, Self-Restraint and Corporate Responsibility for Nanotechnologies: Emerging Dilemmas for Modern Managers. *Technology Analysis & Strategic Management* 20(1): 113-125.
- Lewenstein, B. V. 2004. What Counts as a 'Social and Ethical Issue' in Nanotechnology? *HYLE International Journal for Philosophy of Chemistry*. 11(1-2): 5-18. Saatavilla: <http://www.hyle.org/journal/issues/11-1/lewinstein.htm> [Viitattu 30.3.2008]
- Lin, P. 2007. Nanotechnology Bound: Evaluating the Case for More Regulation. *NanoEthics* 1: 105-122.
- Macnaghten, P., Kearnes, M. & Wynne, B. 2005. Nanotechnology, Governance, and Public Deliberation: What Role for the Social Sciences? *Science Communication* 27(2): 268-291.
- Marchant, G.E., Sylvester, D.J. & Abbott, K.W. 2008. *Risk Management Principles for Nanotechnology*. *NanoEthics* 2(1): 43-60.
- Mattila, M. & Pylvänäinen, M. 2005. Nanotieteen keihäänkärjet Suomessa. Opetusministeriön työryhmämuistioita ja selvityksiä 2005:39. Helsinki. ISBN 952-485-049-4
- Milburn, C. 2002. Nanotechnology in the Age of Posthuman Engineering: Science Fiction as Science. *Configurations* 10(2): 262-295.



- Miller, G. & Senjen, R. 2008. Out of Laboratory and on to Our Plates - Nanotechnology in Food & Agriculture. Friends of the Earth Australia Nanotechnology Project report by FoE Australia, FoE Europe and FoE United States. 63s. Saatavilla: [http://www.foeeurope.org/activities/nanotechnology/Documents/Nano\\_food\\_report.pdf](http://www.foeeurope.org/activities/nanotechnology/Documents/Nano_food_report.pdf) [Viitattu 15.6.2008]
- Mills, K. 2006. Nanotechnology and Society in the USA. In: Hunt, G. & Mehta, M.D. (eds.) *Nanotechnology - Risk, Ethics and Law*. Earthscan, London. P. 74-91.
- Mody, C.C.M. 2004. Small, but Determined: Technological Determinism in Nanoscience. *HYLE International Journal for Philosophy of Chemistry*. 10(2): 99-128. Saatavilla: <http://www.hyle.org/journal/issues/10-2/mody.htm> [Viitattu 30.3.2008]
- NSTC (National Science and Technology Council). 2007. National Nanotechnology Initiative - Strategic Plan, December 2007. Saatavilla: [http://www.nano.gov/NNI\\_Strategic\\_Plan\\_2007.pdf](http://www.nano.gov/NNI_Strategic_Plan_2007.pdf) [Viitattu 4.3.2008.]
- Principles for the Oversight of Nanotechnologies and Nanomaterials. 2007. Tiedote. Saatavilla: [http://www.etcgroup.org/en/materials/publications.html?pub\\_id=651](http://www.etcgroup.org/en/materials/publications.html?pub_id=651) [Viitattu 14.6.2008]
- Rip, A., Misa, T. & Schot, T.W. (eds.) 1995. *Managing Technology in Society. The Approach of Constructive Technology Assessment*. Pinter Publishers.
- Rip, A. 2006. Folk Theories of Nanotechnologists. *Science as Culture* 15(4): 349-365.
- Roco, M.C. 2008. Possibilities for Global Governance of Converging Technologies. *Journal of Nanoparticle Research* 10(1): 11-29.
- Roco, M. C. & Bainbridge, W.S. 2005. Societal Implications of Nanoscience and Nanotechnology: Maximizing Human Benefit. *Journal of Nanoparticle Research* 7(1): 1-13.
- Royal Society & Royal Association of Engineering. 2004. *Nanoscience and Nanotechnologies: Opportunities and Uncertainties*. London, Royal Society. Saatavilla: <http://www.nanotec.org.uk/finalReport.htm> [Viitattu 2.1.2008]
- Sarewitz, D.R. & Woodhouse, N. 2003. Small is powerful. In: Lightman, A.P., Sarewitz, D.R. & Desser, C. (eds.). *Living with the Genie: Essays on Technology and the Quest for Human Mastery*. Island Press, Washington D.C. P. 63-84.
- Schummer, J. 2004. Societal and Ethical Implications of Nanotechnology: Meanings, Interest Groups, and Social Dynamics. *Techné: Research in Philosophy and Technology* 8(2). Saatavilla: <http://scholar.lib.vt.edu/ejournals/SPT/v8n2/schummer.html> [Viitattu 13.2.2008]
- Selin, C. 2006. Time Matters. *Time & Society* 15(1): 121-139.
- Suomalainen, S. & Hakkarainen, T. 2008. Nanoteknologia ja ympäristönsuojelu. Ympäristöministeriön raportteja 11/2008. Ympäristöministeriö, Helsinki. ISBN 978-952-11-3060-1 [Viitattu 10.4.2008]
- Tekes. 2007. Small and Huge – Nanotech Finland. Esite. Saatavilla: [http://www.tekes.fi/julkaisut/FinNano\\_report.pdf](http://www.tekes.fi/julkaisut/FinNano_report.pdf) [Viitattu 27.5.2008]
- Vaidhyanathan, S. 2006. Nanotechnologies and the law of patents: A collision course. In: Hunt, G. & M. D. Mehta, M.D.(eds.) *Nanotechnology - Risk, Ethics and Law*. Earthscan, London. P. 225-236. ISBN 978-1-84407-358-0
- Wells, C. & Elias, J. 2006. Nanotechnologies and corporate criminal liability. In: Hunt, G. & Mehta, M.D. (eds.) *Nanotechnology - Risk, Ethics and Law*. Earthscan, London. P. 259-269. ISBN 978-1-84407-358-0
- Williams, R. 2006. Compressed Foresight and Narrative Bias: Pitfalls in Assessing High Technology Futures. *Science as Culture* 15(4): 327-348.
- Wood, S., Geldart, A. & Jones, R. 2008. Crystallizing the Nanotechnology Debate. *Technology Analysis & Strategic Management* 20(1): 13-27.
- Woodhouse, E. J. 2004. Nanotechnology Controversies. *IEEE Technology & Society Magazine* 23(4): 6-8.
- Wynne, B. 1989. Frameworks of rationality in risk management: towards the testing of naïve sociology. In: Brown, J. (ed.) *Environmental Threats*. Belhaven Press, London. P. 33-47.
- Wynne, B. 2002. Risk and Environment as Legitimatory Discourses of Technology: Reflexivity Inside Out? *Current Sociology* 50: 459-477.

## KUVAILULEHTI

|  |  |                                 |                                |                                 |
|--|--|---------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| Julkaisija   | Suomen ympäristökeskus SYKE  |                                 |                                | Julkaisu-aika<br>Marraskuu 2008 |
| Tekijä(t)  | Riina Heinonen, Taru Peltola ja Helena Valve   |                                 |                                |                                 |
| Julkaisun nimi   | <b>Nanoteknologia ja julkisvalta. Katsaus yhteiskunnalliseen keskusteluun ja yhteiskuntatieteelliseen kirjallisuuteen</b>  |                                 |                                |                                 |
| Julkaisusarjan nimi ja numero                            | Suomen ympäristökeskuksen raportteja 31/2008   |                                 |                                |                                 |
| Julkaisun teema  |  |                                 |                                |                                 |
| Julkaisun osat/ muut saman projektin tuottamat julkaisut | Julkaisu on saatavana ainoastaan internetissä: <a href="http://www.ymparisto.fi/julkaisut">www.ymparisto.fi/julkaisut</a> .  |                                 |                                |                                 |
| Tiivistelmä  | <p>Aineiden käsittely jopa atomitasolla tuottaa laitteita ja rakenteita, joilla voi olla ennennäkemättömiä ominaisuuksia. Kestävempien, kevyempien tai paremmin sähköä johtavien materiaalien odotetaan mm. lisäävän tuotannon ekotehokkuutta, parantavan kansalaisten elämänlaatua ja vauhdittavan talouskasvua.</p> <p>Tässä kirjallisuuskatsauksessa jäsennetään nanoteknologian yhteiskuntatieteellistä tutkimusta ja nanoteknologiaan liittyviä yhteiskuntapoliittisia keskustelunavauksia. Keskiössä ovat vaihtoehtoiset tavat ymmärtää ja kehystää julkisvallan sääntelytehtävä sekä itse hallinnan kohde. Katsaus pohtii sitä, miten nanoteknologian sekä toisaalta ympäristö- ja yhteiskuntapolitiikan yhteenkietoutuneisuus olisi jäsennettävissä mielekkäiksi ja käytännön ohjausta tukeviksi tutkimuskysymyksiksi.</p> <p>Toistaiseksi alan yhteiskuntatieteellinen tutkimus on keskittynyt tutkimus- ja kehittämistoimintaa ohjaavien oletusten ja väitteiden analysointiin. Tutkijat painottavat, että nanoteknologioihin yhdistetyillä odotuksilla ja lupauksilla muovataan yhteiskuntaa ja kestävä kehityksen edellytyksiä ohjaamalla kehittämistoimintaa tiettyyn suuntaan. Samalla julkisen vallan rooli rajataan yhtäältä innovaatioiden edistämiseen ja toisaalta tekniseen riskinhallintaan. Kysymykset innovaatiotoiminnan suunnasta ja sisällöstä ovat jääneet vähälle huomiolle.</p> |                                 |                                |                                 |
| Asiasanat  | nanoteknologia, yhteiskuntatieteet, sääntely, lupauksen politiikka, tutkimusagenda   |                                 |                                |                                 |
| Rahoittaja/<br>toimeksiantaja                            |  |                                 |                                |                                 |
|  | ISBN   | ISBN<br>978-952-11-3287-2 (PDF) | ISSN                           | ISSN<br>1796-1637 (verkkokj.)   |
|  | Sivuja<br>34   | Kieli<br>Suomi                  | Luottamuksellisuus<br>julkinen | Hinta (sis.alv 8 %)<br>-        |
| Julkaisun myynti/<br>jakaja                              | Suomen ympäristökeskus SYKE, asiakaspalvelu<br>PL 140, 00251 Helsinki<br>Puh. 020 690 183, faksi (09) 5490 2190<br>Sähköposti: <a href="mailto:neuvonta.syke@ymparisto.fi">neuvonta.syke@ymparisto.fi</a>  |                                 |                                |                                 |
| Julkaisun kustantaja                                     | Suomen ympäristökeskus (SYKE)<br>PL 140, 00251 Helsinki<br>Puh. 020 610 123<br>Sähköposti: <a href="mailto:neuvonta.syke@ymparisto.fi">neuvonta.syke@ymparisto.fi</a> , <a href="http://www.ymparisto.fi/syke">www.ymparisto.fi/syke</a>   |                                 |                                |                                 |
| Painopaikka ja -aika                                     |  |                                 |                                |                                 |

## PRESENTATIONSBLAD

|  |   |                                 |                           |                             |
|--|---|---------------------------------|---------------------------|-----------------------------|
| Utgivare   | Finlands miljöcentral SYKE  |                                 |                           | Datum<br>November 2008      |
| Författare   | Riina Heinonen, Taru Peltola och Helena Valve   |                                 |                           |                             |
| Publikationens titel   | <b>Nanoteknologia ja julkisvalta. Katsaus yhteiskunnalliseen keskusteluun ja yhteiskuntatieteelliseen kirjallisuuteen</b><br>(Nanoteknologin och offentlig makt. Sammandraget av samhälligt diskussion och samhällsvetenskapligt litteratur)  |                                 |                           |                             |
| Publikationsserie och nummer                                 | Finlands miljöcentrals rapporter 31/2008  |                                 |                           |                             |
| Publikationens tema  |   |                                 |                           |                             |
| Publikationens delar/ andra publikationer inom samma projekt | Publikationen finns tillgänglig endast på Internet <a href="http://www.ymparisto.fi/julkaisut">www.ymparisto.fi/julkaisut</a> .   |                                 |                           |                             |
| Sammandrag   | <p>Behandling av material även på atomnivå genererar apparater och strukturer som kan ha oanade egenskaper. Material som är mer hållbara, lättare eller har bättre elektrisk ledningsförmåga förväntats öka produktionens ekoeffektivitet, medborgarnas livskvalitet och bidra till ekonomisk tillväxt.</p> <p>Det här litteratursammandraget analyserar samhällsvetenskaplig forskning av nanoteknologi och tillhörande samhälleliga diskussionsöppningar. Sammandraget fokuserar på alternativa sätt att förstå och rama in den offentliga maktens regleringsfunktion och förvaltningens mål. I rapporten begrundas hur sammanlänkningen mellan nanoteknologi samt samhälls- och miljöpolitik kunde utformas till meningsfulla forskningsfrågor.</p> <p>Hittills har samhällsvetenskaplig forskning fokuserat på analys av sådana antaganden och påståenden som styr forsknings- och utvecklingsaktiviteter. Forskarna understryker att förväntningar och löften i anslutning till nanoteknologier formar samhället, och därmed förutsättningarna för en hållbar utveckling, genom att styra utvecklingsarbetet i en viss riktning. Samtidigt begränsas den offentliga maktens roll till befrämjandet av innovationer och teknisk riskkontroll. Frågor som berör innovationsverksamhetens riktning och innehåll har fått lägre prioritet.</p> |                                 |                           |                             |
| Nyckelord  | nanoteknologi, samhällsvetenskapen, regleringstyrning, löfternas politik, forskningsagenda  |                                 |                           |                             |
| Finansiär/ uppdragsgivare                                    |   |                                 |                           |                             |
|  | ISBN  | ISBN<br>978-952-11-3287-2 (PDF) | ISSN                      | ISSN<br>1796-1637 (online)  |
|  | Sidantal<br>34  | Språk<br>Finska                 | Offentlighet<br>Offentlig | Pris (inneh. moms 8 %)<br>- |
| Beställningar/ distribution                                  | Finlands miljöcentral SYKE, kundservice<br>PB 140, 00251 Helsingfors<br>Tfn. +358 20 690 183, fax +358 9 5490 2190<br>Epost: <a href="mailto:neuvonta.syke@ymparisto.fi">neuvonta.syke@ymparisto.fi</a>   |                                 |                           |                             |
| Förläggare   | Finlands miljöcentral (SYKE)<br>PB 140, 00251 Helsingfors<br>Tfn. +358 20 610 123<br>Epost: <a href="mailto:neuvonta.syke@ymparisto.fi">neuvonta.syke@ymparisto.fi</a> , <a href="http://www.miljo.fi/syke">www.miljo.fi/syke</a>   |                                 |                           |                             |
| Tryckeri/tryckningsort och -år                               |   |                                 |                           |                             |

## DOCUMENTATION PAGE

|   |  |                                 |                               |                                   |
|---|--|---------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|
| <i>Publisher</i>  | Finnish Environment Institute SYKE   |                                 |                               | <i>Date</i><br>November 2008      |
| <i>Author(s)</i>  | Riina Heinonen, Taru Peltola and Helena Valve  |                                 |                               |                                   |
| <i>Title of publication</i>                             | <b>Nanoteknologia ja julkisvalta. Katsaus yhteiskunnalliseen keskusteluun ja yhteiskuntatieteelliseen kirjallisuuteen</b><br>(Nanotechnology and public policy. A review of social scientific literature and societal debates)   |                                 |                               |                                   |
| <i>Publication series and number</i>                    | Reports of the Finnish Environment Institute 31/2008   |                                 |                               |                                   |
| <i>Theme of publication</i>                             |  |                                 |                               |                                   |
| <i>Parts of publication/ other project publications</i> | The publication is available only on the internet: <a href="http://www.ymparisto.fi/julkaisut">www.ymparisto.fi/julkaisut</a> .  |                                 |                               |                                   |
| <i>Abstract</i>   | <p>Control over matter on the atomic scale enables the creation of devices and structures with groundbreaking characteristics. Novel materials are expected to improve ecological efficiency, enhance the quality of life and generate economic growth.</p> <p>The literature review at hand maps social scientific research on nanotechnology and related societal debates. It focuses on alternative ways of understanding and framing nanotechnology as the object of governance and public policy. The review also discusses how the amalgamation of nanotechnology, environmental policy and societal debates could be translated into meaningful and useful research questions.</p> <p>The emphasis in social scientific enquiry has been on examining the assumptions and arguments that guide research and development. The expectations and promises that are an important part of nanotechnology research and development, and they shape the society and the preconditions for sustainable development by directing research into specific trajectories. Public governance bodies are confined to a dual role: on one hand they facilitate innovation and on the other they govern technical risks. Less effort has been made to query where exactly the innovation projects are heading.</p> |                                 |                               |                                   |
| <i>Keywords</i>   | nanotechnology, social sciences, regulation, politics of expectations, research agenda   |                                 |                               |                                   |
| <i>Financier/ commissioner</i>                          |  |                                 |                               |                                   |
|   | ISBN   | ISBN<br>978-952-11-3287-2 (PDF) | ISSN                          | ISSN<br>1796-1637 (online)        |
|   | <i>No. of pages</i><br>34  | <i>Language</i><br>Finnish      | <i>Restrictions</i><br>Public | <i>Price (incl. tax 8 %)</i><br>- |
| <i>For sale at/ distributor</i>                         | Finnish Environment Institute SYKE, Customer service<br>P.O.Box 140, FI-00251 Helsinki, Finland<br>Tel. +358 20 690 183, fax +358 9 5490 2190<br>Email: <a href="mailto:neuvonta.syke@ymparisto.fi">neuvonta.syke@ymparisto.fi</a>   |                                 |                               |                                   |
| <i>Financier of publication</i>                         | Finnish Environment Institute (SYKE)<br>P.O.Box 140, FI-00251 Helsinki, Finland<br>Tel. +358 20 610 123, fax +358 20 490 2190<br>Email: <a href="mailto:neuvonta.syke@ymparisto.fi">neuvonta.syke@ymparisto.fi</a> , <a href="http://www.environment.fi/syke">www.environment.fi/syke</a>  |                                 |                               |                                   |
| <i>Printing place and year</i>                          |  |                                 |                               |                                   |



ISBN 978-952-11-3287-2 (PDF)

ISSN 1796-1726 (verkkoj.)