

**Teollisen muotoilun laitos 2005**

**Nanoteknologian maailma ja sen mahdollisuudet  
huomispäivän ajoneuvoissa.**

**Tommi Laiho**

|   |    |
|---|----|
| 1. JOHDANTO .....   | 4  |
| 2. MITÄ NANOTEKNOLOGIA ON? .....  | 7  |
| 2.1 RUUAN VALMISTAMINEN JÄTEMATERIAALEISTA .....                                    | 9  |
| 3. NANOTEKNOLOGIAN VALLANKUMOUS? .....  | 10 |
| 3.1 MAHDOLLISUUDET .....  | 10 |
| 3.1 FYSIIKAN LAIT JA SEN ASETTAMAT RAJAT. ....                                      | 13 |
| 3.2 NANOTEKNOLOGIAN RISKIT .....  | 15 |
| 3.2.1 TURVALLISUUS ARKIPÄIVÄN TOIMINNOISSA .....                                    | 16 |
| 3.2.2 KOTIEN TURVALLISUUS .....   | 19 |
| 3.2.3. TEOLLISUUDEN TURVALLISUUS. ....  | 20 |
| 3.2.4. LÄÄKETIETEEN RISKIT. ....  | 21 |
| 3.3. JOHTOPÄÄTÖKSIÄ .....   | 22 |
| 4. HUOMISPÄIVÄN SKENAARIOITA, MILTÄ TULEVAISUUS VOISI NÄYTTÄÄ. ....                 | 23 |
| 4.1 SKENAARIO YKSI. ....  | 24 |
| 4.2 SKENAARIO KAKSI. ....   | 26 |
| 4.3 SKENAARIO KOLME.....  | 27 |
| 4.4 SKENAARIO NELJÄ. ....   | 30 |
| 4.5 SKENAARIO VIISI.....  | 33 |
| 4.6 SKENAARIO KUUSI.....  | 35 |
| 4.7 GREY GOO SKENAARIO – UHKAKUVIA SKENAARIOIDEN POHJALTA .....                     | 37 |
| 4.8.1 TÄMÄN HETKEN TILANNE NANOTEKNOLOGIAN TUTKIMUKSESSA JA RAHOITUKSESSA. ....     | 41 |
| 4.8.2 NANOTEKNOLOGIA EUROOPAN ULKOPUOLISISSA MAISSA .....                           | 42 |
| 4.9. TÄMÄN HETKEN TRENDIÄ NANOTEKNOLOGIASSA.....                                    | 44 |
| 5. VISIOITA NANOTEKNOLOGIA TUOTTEISTA .....   | 46 |
| 5.1. TIETOTEKNIikka.....  | 46 |
| 5.2. LÄÄKETIEDE JA IKUINEN ELÄMÄ.....   | 48 |
| 5.3. IHOA MYÖTÄILEVÄ JOUSTAVA AVARUUSPUKU .....                                     | 52 |
| 5.4. AVARUUSHISSI.....  | 53 |
| 5.6. Täysin ekologinen teollinen tuotanto .....                                     | 54 |
| 6. EHDOTUKSIA HUOMISPÄIVÄN AJONEUVOIKSI.....  | 57 |
| 6.1 SPACEBOY JA PEUGEOT PHILADELFIA .....   | 57 |
| 7.2 SPACEBOYN TEKNIikkaA. ....  | 64 |
| 7. JOHTOPÄÄTÖKSIÄ NANOTEKNOLOGIASTA. ....   | 74 |
| 7.1. JOHTOPÄÄTÖKSIÄ NANOTEKNOLOGIAN MAHDOLLISUUKSISTA TEOLLISESSA TUOTANNOSSA ..... | 74 |
| 7.2 JOHTOPÄÄTÖKSIÄ NANOTEKNOLOGIASTA ASEENA .....                                   | 76 |
| 7.3 SPEKULAATIOITA AURINKOKUNNAN ASUTTAMISESTA.....                                 | 77 |
| 7.4 JOHTOPÄÄTÖKSIÄ NANOTEKNOLOGIAN HYÖDYNTÄMISESTÄ TEOLLISESSA MUOTOILUSSA .....    | 80 |
| 8. LÄHTEET JA KIRJALLISUUS.....   | 83 |

*Omistettu Herralle Jeesukselle Kristukselle; hänen armoonsa  
saamme luottaa.*

## 1. JOHDANTO

Tämä työ esittelee nanoteknologian mahdollisuuksia huomispäivän ajoneuvojen suunnittelussa, sekä nanoteknologiaa yleisesti. Nanoteknologia on tekniikkaa, jonka mittakaava on metrin miljardisosa. Nanoteknologian käsittelemät mittakaavat ovat siis todella pieniä ja vasta nyt on päästy niin lähelle tätä pienen mittakaavaa, että käytännön sovellukset alkavat olla mahdollisia. Nanoteknologia muuttaa lääketiedettä, elektroniikkaa, avaruustutkimusta, tietotekniikkaa ja ympäristönsuojelua. Lisäksi on mahdollista, että syntyy aivan uusia tekniikan aloja. Tämän hetken sovelluksia ovat esim. autojen katalysaattorit ja naarmuuntumattomat pinnoitteet. Tämä tutkimus käsittelee nanoteknologiaa tieteisutopioiden valossa. Tavoitteena on pyrkiä ennustamaan tulevaisuudessa syntyviä innovaatioita tämän päivän profetioiden valossa. Kirkkaana esikuvana on Leonardo da Vinci, joka ennusti useita tämän päivän innovaatioita varsin vaatimattomista lähtökohdista noin viisisataa vuotta sitten. Tarkoituksena on ollut tehdä tämän esikuvan mukaisesti luova opinnäyte, koska tekijällä on tähän sisäinen pakko. Tavoite löytää uusia näkökulmia on tekijälle väistämätön tarve.

Tavoitteena on myös tutustua nanoteknologian tutkimukseen ja huomispäivän lupauksiin internetistä löydettyjen artikkelien pohjalta. Tämä on myös eräs tutkimuksen alatavoite; otetaan selvää, onko mahdollista tehdä tällainen muotoiluntutkimus perustaen se kokonaan internetistä haettujen artikkeleiden varaan. Tämä on varmasti mahdollista siksi, että tutkimus ei luotaa nanoteknologiaa todella syvältä. Tarkoituksena on vain etsiä reunaehjoja muotoilulle, mutta ei uudistaa nanoteknologiaa, koska tämä on liian suuri vaatimus muotoilun opiskelijalta. Nanoteknologia on varsin lupaava uusi mahdollisuus ihmiskunnalle löytää aivan uusi teknologinen taso, joka on radikaalisti erilainen kuin nykyinen tuntemamme jälkiteollinen kulttuuriympäristö. Varsin monet tunnetut teknologian rajoitukset poistuvat ja huomispäivän ihmiset elävät luultavasti varsin erilaista elämää nanoteknologian mahdollistamassa maailmassa, jos edes osa fysiikan nobelistien ja muiden huippututkijoiden lupauksista toteutuu nanoteknologian avulla. Tässä tutkielmassa ei lähdetä ottamaan liiaksi kantaa siihen, mitä nanoteknologialla on realistista saavuttaa ja mitä mahdollisesti ei ole. Tämä siitähän syystä, että tutkielman tekijä ei ole nanoteknologiaan syvällisesti perehtynyt ammattimainen fyysikko, vaan teollisen muotoilun opiskelija. On kuitenkin selvää, että nanoteknologiaan liittyy

paljon liioittelua. Silti nanoteknologian teoreettinen perusta on loogisesti johdonmukainen ja monet Nobel-palkitut kemian ja fysiikan tutkijat suhtautuvat nanoteknologiaan varsin tosissaan. Uskon siis heitä, jotta tämä tutkimus voidaan tehdä.

Tulevaisuuden ennustaminen on varsin vaikeaa ja se onnistuu mahdollisesti vain noin puolen vuosisadan päähän. Silti, vaikka ennustettava aikakausi olisi vain viisikymmentä vuotta, on tekniikan kehityksen ennustaminen hankalaa arpapeliä. On mielenkiintoista, että monet ennustuksissaan onnistuneet henkilöt ovat olleet tieteiskirjailijoita. Tällaisia kirjailijoita ovat olleet Arthur C. Clarke, Isaac Asimov, Robert Heinlein ja Jules Verne. Tämä tutkimus on tehty näiden kirjailijoiden mielikuvituksellisessa hengessä. Miksi tulevaisuuden ennustaminen on sitten niin vaikeaa? Ehkä siksi, että jos olisi mahdollista nähdä tulevaisuuteen niin selkeästi, niin keksintöjen tekemiseen kuluva aika olisi sekin sitten jo paljon pienempi. Jos tulevaisuutta voisi ennustaa paremmin, niin moni tekisi monta asiaa elämässään täysin eri tavalla. On vanha haave ajatella elämäänsä siten, että jättäisi vain pois elämästään tekemänsä virheet. Sitten kun taaksepäin katsotaan, on itse kunkin helppo nähdä omat virheensä ja siten kuvitella eläneensä toisin ja välttämään nuo virheet. Mutta tähän ei ole valitettavasti mahdollista. Lisäksi on vaikeaa nähdä niitä sosiaalisia muutoksia, jotka voivat yhtäkkiä muuttaa yhteiskuntaa. Kun pitää mielessään nämä epävarmuudet onkin jo paljon vaikeampaa tehdä pitkän tähtäimen suunnitelmia ja ennustuksia. (Drexler, 1986)

Mihin nanoteknologia voi sitten meidät viedä? Mitä me voisimme tehdä, jos voisimme koota atomeista uusia koneita ja laitteita ja rakennelmia? Voisimme esimerkiksi tehdä koneita, jotka olisivat pienempiä kuin elävät solut. Lisäksi voisimme tehdä erittäin lujia ja kestäviä materiaaleja ja siten parempaa lentokoneteknologiaa. Lisäksi pienet koneet ja laitteet voisivat korjata rikkimenneitä soluja ja pienentää iän aiheuttamia vaikutuksia tai tehdä kehostamme nopeampi ja tehokkaampi. Lisäksi voisimme tehdä viruksen kokoisia koneita ja laitteita, jotka voisivat toimia tehokkaammin ja nopeammin kuin kukaan uskaltaa vielä ennustaakaan. (Drexler, 1986)

Tähän työhön liittyy kaksi tutkielmaa huomispäivän ajoneuvoista, joissa on pyritty kuvittelemaan aivan erilaisen kulttuuriympäristön tuottama design nanoteknologian maailmassa. Nanoteknologian tutkimus on jo pystynyt toteuttamaan pieniä määriä materiaaleja, jotka samoilla ainevahvuuksilla ovat 100 kertaa lujempia ja kymmenen kertaa

kevyempiä kuin teräs. Tämä tulee muuttamaan maailmaa. Nyt edellytetään esimerkiksi huonekaluilta tiettyä materiaalivahvuutta, ennen kuin ne mielletään riittävän lujiksi. Tämä ajattelumalli saattaa muuttua nanoteknologian myötä. Nanoteknologia voi näin muuttaa myös muotoilun kulttuuria. Nykyajan ihminen ajattelee, että läpikuultavat materiaalit, kuten lasi, ei kestä aivan mahdottomia rasituksia. Tämä ajattelumalli voi täysin muuttua nanoteknologian myötä. Nanoteknologian maailmassa transparentti materiaali autossa voi olla lähellä timantin lujuutta ja täten olennaisesti kestävämpää kuin mitä vuoden 2004 kulttuuriympäristössä elävä ihminen ikinä uskaltaisi olettaa. Siksi tekemäni ajoneuvot ovat varsin läpikuultavia, koska pidän tätä viihtyisänä, että turvallisena ratkaisuna näkyvyyden ollessa jotain aivan muuta kuin vuoden 2004 autoissa. On selvää, että tämän vuosikymmenen aikana tehdään ja on jo tehty nanoteknologian alalla enemmän mielenkiintoista perustutkimusta, joka on mielenkiintoisempaa, kuin koko 1900-luvun aikana tehty perustutkimus. Vuonna 2100 elämä on todella aika erilaista, jos nanoteknologit onnistuvat pyrkimyksissään muuttaa maailmaa.

Lopuksi haluan kiittää Lapin yliopiston teollisen muotoilun alan professoreita myötämielisestä suhtautumisesta tähän aihevalintaan ja tutkimukseen. Aihepiiri menee perinteisen teolliselle muotoilun opetuksen ulkopuolelle, mutta tulevaisuudessa muotoilija tuskin pystyy välttämään kohtaamista nanoteknologian kanssa. Muotoilijan osaamisalueeseen kuuluu luontevasti myös teknisten asioiden hallinta ja tämä tutkimus tuo esille tekijän halua paneutua myös teknillisiin kysymyksiin. Siksi on mielestäni hyvä, että tulevaisuutta tutkitaan jo nyt. Lisäksi haluan kiittää nanotutkija DI Johanna Niskasta, joka antoi arvokkaita kommentteja gradun sisältämien tietojen oikeellisuudesta ja kielellisestä ilmaisusta.

## 2. Mitä nanoteknologia on?

Atomi on jotain hyvin pientä. On vaikea löytää vertauskuvia elävästä elämästä atomin koolle, koska kyseessä on kohde, joka on mielikuvituksellisen pieni. Eräs löytämäni vertauskuva kertoo, että yhdessä hiekanjyvässä on atomeja yhtä paljon kuin koko hiekkarannalla on hiekanjyviä yhteensä. Nanoteknologia tarkoittaa näiden atomien uudelleen järjestelyä tavalla, joka esimerkiksi mahdollistaa uusien materiaalien luomisen tai mielivaltaisen pienten robottien eli nanobottien valmistamisen. Nimi nanoteknologia tulee siitä, että mittayksikköinä käytetään tämänkaltaisessa tutkimuksessa metrin miljardiosia eli nanometrejä. Vertailun vuoksi mainittakoon, että 10 nanometriä on 1000 kertaa pienempi kuin hiuksen paksuus. (de Keczer, 2003)

Tällaisissa nanorakenteissa esimerkiksi hiiliatomeja järjestellään tavalla, joka mahdollistaa samoilla ainevahvuuksilla vetolujuudeltaan 100 kertaa lujempia ja kymmenen kertaa kevyempiä materiaaleja kuin teräs. Tämä on hyvin paljon sanottu ja ensikertaa asiaan perehtyvän lukijan voi kokea tällaiset väitteet epäuskottavina. Laboratoriossa kuitenkin on onnistuttu saamaan aikaiseksi tällaista ainetta, tosin hyvin pieniä määriä kerrallaan. (Carbon Nanotechnologies, 2002)

Toinen ensireaktio on ajatella tämän olevan ehkä mahdollista, mutta valitettavasti hyvin kallis tapa tehdä rakennusmateriaaleja. Näin ei kuitenkaan ole. Nanomateriaalien valmistaminen massatuotantoon on ajateltu käyttämällä hyväksi nanobotteja, tarkemmin sanoen assemblerien avulla. Nanobotti on eräänlainen robotti, joka toimii metrin miljardiosan mittakaavassa. Nanobotti on valmistettu atomeista kokoamalla, mikä tekee siitä hyvin pienen. Nanobotti on robotti, joka voi käsitellä atomeja ja asettaa niitä uuteen toivottuun järjestykseen. Assembler on nanotermi, joka kuvaa atomitasolla toimivaa kokoonpanoyksikköä. Tämä kokoonpanoyksikkö pystyy kopioimaan itseään. Muina tehtävinä sillä on hiiliatominen järjestely niin, että saadaan aikaiseksi edellä mainittuja erittäin mullistavia, lujia ja samalla keveitä yleismateriaaleja. Näin nanobotteja voidaan valmistaa erittäin nopeasti ja taloudellisesti, koska valmistamisen matematiikka muistuttaa bakteerien lisääntymisen ripeää tahtia. Tällaista konetta sanotaan von Neumannin koneeksi. (Wikipedia, 2004) Tämän teorian haaveena on tuottaa kone, joka pystyy lisääntymään. Nanobottien määrä on aluksi hyvin pieni, mutta koska niiden

lukumäärä kasvaa geometrisessä sarjassa, on muutaman päivän lisääntymisen jälkeen saatu valmistettua miljardeja nanobotteja. Nanomateriaalit ovat siis ajateltu kaikkien koneiden ja laitteiden yleismateriaaliksi. Tämä avaa huimia näköaloja. (Knowledge Context, 2001)



## 2.1 Ruuan valmistaminen jätemateriaaleista

Eräs merkittävä piirre nanoteknologiassa on uusi lähestymistapa aiheeseen, mikä on niin sanottua jätettä ja mikä hyötymateriaalia. On selvää, että periaatteessa ei ole estettä sille miksei atomi kerrallaan voitaisi valmistaa toisesta materiaalista jotain muuta materiaalia. Tietenkään aivan kaikki mahdollisuudet yhdistää atomeja keskenään ei ole mahdollista, mutta esimerkiksi jätteet voitaisiin hajottaa atomi atomilta ja uudelleen muodostaa näistä ruoka-aineita tai käyttää hyväksi jätteissä olevat hiiliatomit ja valmistaa niistä erikoisluja materiaaleja. Monet aineet voitaisiin muuttaa toisiksi aineiksi, kuten ihmisruumiin erittämistä kuona-aineista voitaisiin uudelleen valmistaa herkullisia ruoka-aineita. (Glencoe, 2003)

Myös ilman hiilidioksidista voidaan valmistaa materiaaleja. Teoriassa voidaan kuvitella tilanne, jossa ilmassa liikkuvat nanobotit erittelisivät 1900 luvulla ilmakehään päästetyn hiilidioksidin ilmakehästä, josta luotaisiin niin ikään uusia valmistusmateriaaleja. On selvää, että tuotantolaitosten jätteiden käsittely mullistuisi totaalisesti, jos jätteet voitaisiin eritellä tehokkaasti ja näin saavuttaa täysin saasteeton tuotantokoneisto. Saasteet, jotka syntyvät nanobottien valmistuksesta voitaisiin eritellä hyötykäyttöön nanobottien avulla. (Foresight Institute, 2004)

### 3. Nanoteknologian vallankumous?

#### 3.1 Mahdollisuudet

On ollut paljon visioita siitä, että nanoteknologia vie meidät ihmeelliseen utopiaan, jossa kaikki ihmisen ongelmat on ratkaistu loppuiäksi. Realistisesti ottaen näin ei voi olla. Uudet keksinnöt usein tuottavat ongelmia enemmän, kuin ne ratkaisevat. Monet ongelmat, jotka meillä on, johtuvat yleensä ihmisen luonteesta. Ongelmiimme vaikuttaa myös asumamme maailman luonne. Voisimme jo nyt voida paremmin, jos ihmiskunta pystyisi elämään kunnolla tässä maailmassa, jossa elämme.

Molekyyli-tason teollinen tuotanto ei lopeta meidän taloudellisia ongelmiamme yhtään sen paremmin kuin aiemmatkaan innovaatiot. Finanssimaailma voi olla epävakaa ja kurssiromahdukset pörssissä voivat yhä olla mahdollisia, inflaatio voi nousta, kauppasodat voivat aiheuttaa kaaosta, yksityishenkilöt ja yritykset voivat velkaantua, byrokratia voi jarruttaa innovaatioiden syntyä, verotus voi muuttua kestäättömäksi tai voi syttyä sotia. Niin ikään on mahdollista, että uuden teknologian mahdollisuuksista ei päästä hyötymään. Ei ole ehkä halua tai mahdollisuutta tai varoja päästä hyödyntämään uuden teknologian mahdollisuuksia. Kehitysmailla ei ole varaa siihen ylellisyyteen, jota teollisuusmailla on. Nanoteknologiallakin on rajoituksensa. Teknologia yleensä voi auttaa meitä pääsemään yli joidenkin kynnysten, mutta aina on jotain esteitä, joidenka yli ei pääse.

Monet ongelmat eroavat perusteiltaan materiaalin ja energian rajoitteellisuuteen: ne sisältävät informaatiota. Yksi kaikkein arvokkaimpia informaation varastoja on tällä hetkellä biosfäärin geneettiset koodit. Tämä geneettinen koodisto on miljoonien erilaisten tapahtumien tuote, jota me emme pysty mallintamaan tai uudelleen luomaan. Kun tämä informaatio on kadonnut, me emme pysty sitä mitenkään palauttamaan sitä. Uhanalaiset eläinlajit, kuten Kalifornian kondorikotka tai pohjoinen valkosarvikuono ovat esimerkkejä uhanalaisista eläinlajeista, joita on jäljellä vain muutamia kappaleita. Tiedemiehet ovat yrittäneet säilyttää näitä geneettisiä koodeja säilömällä niitä eläintarhoihin, mutta tulokset ovat vaihtelevia. Kun jokin eliölaji katoaa maapallolta, on yleensä tapahtunut peruuttamaton vahinko, jota ei voi enää korjata. On kuitenkin niin, että nanoteknologian ja genetiikan kehittymisen myötä on

ollut mahdollista päätellä eläimen koko geenikartta tutkimalla vain yhtä osaa eläimen luustoa tai nahkaa. Siitä huolimatta tilanne on vaikea. (Foresight Institute, 2004)

Ronald Baileyn artikkelin mukaan on vaikea ennustaa mitä nanoteknologia voisi tuoda tullessaan. Nanoteknologia voisi mahdollistaa uuden elintason, erittäin pitkiä elämänsaaria ja sotia, joita käydään nanoteknologian aseina. Sosiologi Bryan Brunsin mukaan nanoteknologian avulla voitaisiin ratkaista maapallon köyhyysongelmia. Eräs näistä ongelmista on puhdas vesi. Nanoteknologian avulla voitaisiin kehittää vain vähän energiaa kuluttava vedensuodatin, joka voisi tehdä hyvinkin likaisesta vedestä täysin juomakelpoista. Lisäksi on kehitteillä halpoja aurinkokennoja. Nämä kennot ovat sellaisia, että mikäli kennoon tulee naarmu tai viilto, niin sähkövirta kulkee silloin reittiä, joka kulkee tämän vaurion ohitse. Lisäksi tulevaisuuden mahdollisuuksiin kuuluu erittäin pienet tietokoneet. Vuoteen 2025 mennessä voisi olla mahdollista kehittää tietokone, joka mahtuu aurinkolaseihin tai korun sisään. Tällainen tietokone voisi mahdollistaa 120 kurssia erilaisten taitojen oppimiseen. Nanoklinikka voi olla suosittu vuonna 2025 niille, jotka asuvat kaukana sairaaloista tai lääkäreistä. Tällainen klinikka voisi toimia edellä mainituilla aurinkokennoilla ja voisi tarjota täyden palvelun diagnostiikan, joka sekä ennaltaehkäisee, että hoitaa sairauksia. Chris Phoenix on puhunut puhtaasta molekyylinen valmistuksesta, jonka slogan voisi olla ”No atom left behind”. Nanoteknologia mahdollistaa mekaanisen kemianteollisuuden, jossa tuotteita valmistetaan jokainen atomi tarkalleen paikoilleen asennettuna. Nämä sidokset ovat riittävän lujia pysyäkseen kasassa huoneenlämpötilassa. Phoenix uskoo myös, että valmistuksessa käytettävät materiaalit tulevat olemaan kevyempiä ja vähemmän myrkyllisiä. Voitit esimerkiksi polttaa kannettavan tietokoneesi hävittääksesi sen täysin ekologisesti. Lisäksi molekyyli-tason tietokone tulisi olemaan miljoona kertaa pienempi kuin nykyiset tietokoneet. Tämän päivän supertietokoneeksi luokiteltava laite tulisi mahtumaan yhteen kuutiomillimetriin, joka toimisi kahden watin teholla. Myös Phoenix tuo esille nanomateriaalien mahdollisuudet: nanomateriaalit ovat 100 kertaa lujempia kuin teräs ja mahdollistaa auto, lentokone tai vene, joka painaa vain viisi kilogrammaa. (Bailey, 2004)

Pagewisen artikkelin mukaan nanoteknologia on uutta tiedettä, jossa rakennetaan kohteita atomi ja molekyyli-tasolla. Nanoteknologia on tärkeää, koska se on luovan tieteen seuraava taso. On yleisesti tiedossa, että moderni tiede on kohdannut monia esteitä ja rajoituksia, joita nykytekniikalla ei voi välttää. Esimerkiksi tietokoneiden laskentatehon hitaus on

tämän päivän hankala ongelma. Nanoteknologiaa hyväksi käyttämällä voidaan luoda ennennäkemättömiä materiaaleja ja objekteja. On olemassa jopa visioita itseään monistavista koneista. Toisin sanoen nanotuotteita voidaan ohjelmoida manipuloimaan molekyyliä ja atomeja. Muita tuotteita, joita voidaan kuvitella toteutettavaksi nanoteknologialla, ovat erittäin nopeat tietokonesirut, koska osat voidaan tehdä paljon pienemmiksi. Edelleen on mahdollisuuksia lääketieteen rintamalla, jolla nanoteknologia voi tuottaa todella ihmeitä. Voidaan kuvitella nanobotteja, jotka uivat verisuonistossa ja puhdistavat epäpuhtauksia, jotka voivat aiheuttaa sydänkohtauksia. Tässä suhteessa voidaan todella odottaa ihmeitä nanoteknologiasta. Niin ikään nanoboteilla voitaisiin puolustautua viruksia vastaan. Myös aidsin kaltaista virusta vastaan voitaisiin taistella nanoboteilla. (Smith, 2002)

Davidsonin artikkelin mukaan nanoteknologia voisi mullistaa tieteen, teknologian, lääketieteen ja avaruustutkimuksen. Tai sitten nanoteknologia voi tuhota ympäristön, hävittää työpaikat ja johdattaa aivan uudelleen sotaan, jossa käytetään pelottavia aseita. Nämä ovat mahdollisuuksien kaksi ääripäätä. Vuosien ajan tieteiskirjailijat ja visionäärit ovat haaveilleet nanoteknologiasta. Tämä teknologia pystyisi puhdistamaan kolesterolin verestäsi tai mahdollistaa supervahvat uudet materiaalit. Fyysikko Richard Feynman on sanonut: ”There is plenty of room at the bottom.”, millä hän tarkoitti, että ihmiset voisivat uudelleen järjestää atomeita ihmiskunnan hyväksi. On myös kuulunut varoituksia, että nanobotit voisivat lisääntyä räjähdysmäisesti ja muuttaa maanpintaa muotoon jota sanotaan ns. ”gray gooksi”. Tähän skenaarioon harvat tutkijat kuitenkin suhtautuvat vakavasti. Sen sijaan nanoteknologian jo aiheuttamat ympäristöhaitat ovat herättäneet huomiota. On olemassa mahdollisuus, että eräs nanoteknologian tuote - joka on iso hiilimolekyyli nimeltään fullreni - vaurioittaa kalojen aivoja, jos sitä päästetään vahingossa ympäristöön. Eva Oberdorsterin mukaan tämä muutos kaloissa voi olla hälyttävä merkki siitä, että nanomateriaalit voivat olla myrkyllisiä myös ihmisille. Nämä tulokset perustuvat koetuloksiin kaloilla tehdyillä kokeilla. Nanoteknologiaa tulisi tutkia enemmän myös haittavaikutusten näkökulmasta. Liian usein kemianteknikat eivät tutki riittävästi kehittämiään uusia tuotteita. Ei ole lainkaan tutkimusta siitä, että mitä tapahtuu, jos ultraluja nanomateriaali hieman haurastuu ja sirpaleita alkaa leviämään ympäristöön ja nämä sirpaleet joutuvat ihmiselimistöön. (Davidson, 2004)

### 3.1 Fysiikan lait ja sen asettamat rajat.

Ihmiset ovat usein olleet väärässä arvioidessaan fysiikan mahdollisuuksien rajoja sekoittaessaan käytettävissä olevan teknologian rajat todellisten fysiikan lakien asettamiin rajoihin. Nämä ovat todella kaksi eri asiaa. Ihan oikeasti koulutetut ja viisaat miehet aliarvioivat lentämisen mahdollisuudet ja olettivat, että ilmaa raskaampi kone ei voi lentää. Silti luonnossa oli paljon ilmaa raskaampia lintuja, joille lentäminen ei ollut lainkaan ongelma. Niin ikään kuuhun lentäminen oli luonnollisesti mahdottomuus pitkän aikaa. Silti fysiikan asettamat rajat ovat todelliset ja kaikki teknologia menneisyydessä, nykyhetkessä ja tulevaisuudessa pitäytyy noissa rajoissa. Lisäksi on syytä olettaa, että fysiikan asettamat rajat ovat ne, jotka jo nyt tunnetaan. On toki mahdollista, että keksitään uusia fysiikan lakeja, jotka mahdollistavat sellaisiakin asioita, joita aiemmin on pidetty mahdottomina.

Nanoteknologia mahdollistaa mahdollisuuksien rajojen työntämisen lähemmäksi tuota mahdollisuuksien rajaa, jonka luonto asettaa. Missään tapauksessa nanoteknologia ei voi siirtää noita mahdollisuuksien rajoja. Valoa nopeampi matkaaminen ei ole mahdollinen nanoteknologian avulla, eikä se voi vaikuttaa gravitaation lakeihin, eikä epätarkkuusperiaatteeseen, veden kiehumispisteeseen, vetyatomin halkaisijaan eikä mihinkään muuhunkaan tunnettuun fysiikan asettamaan rajoitukseen. Nanoteknologia ei voi tehdä energiaa tyhjästä tai materiaa ei mistään. Tuntuu oikealta ajatukselta, että kukaan ei pysty rakentamaan valoa nopeammin matkaavaa avaruusrakettia tai kaapelia, joka on kaksi kertaa timanttia vahvempaa. On olemassa rajoja, joita ei voi rikkoa. Tiedemiehet voivat olla väärässä näiden rajojen suhteen, mutta käytännössä on huono ajatus lähteä rikkomaan näitä rajoja, ellei ole tiedossa jotakin uutta havaintoa tai teoriaa, johon tämä rajojen rikkominen voisi perustua. (Foresight Institute, 2004)

Gordon Moore teki jo vuonna 1965 kuuluisan havainnon, että transistorien määrä mikrosirulla kasvoi eksponentiaalista vauhtia ja ennusti tämän trendin jatkuvan tulevaisuudessa. Johtuen Intelin panostuksista teknologian kehittämiseen on tämä laki toteutunut toistaiseksi joka toinen vuosi. Tämän lain uskotaan pysyvän voimassa vuoden 2010 loppuun. Intel tekee parhaansa, jotta laki toteutuisi käytännössä. Tämä laki asettaa rajat kasvuille. Viimeistään siinä vaiheessa, kun tavoitetaan atomin koko, ei voida enää pienentää elektroniikkaa, koska ei ole mahdollista tehdä asioita pienemmistä osasista kuin atomi.

Jo paljon ennen tätäkin tullaan todennäköisesti törmäämään esteisiin, jotka ovat hankalia ylitettäviksi. Nämä fysiikan rajoitteet estävät nanoelektroniikkaa kasvamasta mielivaltaisen suureksi. Nanoteknologialla on omat kasvun rajansa. (Intel, 2004)

### 3.2 Nanoteknologian riskit.

Melkein mikä tahansa teknologiaa on mahdollista käyttää myös väärin ja väärin tarkoitukseen ja aiheuttaa näin vahinkoja. Mitä tehokkaampaa jokin uusi teknologia on oikein käytettynä, sitä todennäköisempää on, että sitä hyväksikäytetään myös väärin tarkoitukseen. Mikä tahansa tehokas teknologia mahdollistaa myös superluokan onnettomuudet. Nanoteknologia ei ole poikkeus. Itse asiassa jos läpimurto saavutetaan ja teollinen tuotanto muuttuu nanoteknologiaa hyväksikäyttäväksi uudeksi yhteiskunnaksi, niin tämän yhteiskunnan onnettomuudet myös liittyvät läheisesti nanoteknologiaan. Teknologia, joka on edullista ja jolla on valtava taloudellinen, lääketieteellinen ja sotilaallinen käyttöarvo tullaan suurella todennäköisyydellä kehittämään ja käyttämään jos se on mahdollista. On vaikea kuvitella skenaariota, jossa nanoteknologiaa ei tulisi kehittämään, koska sillä on niin valtava potentiaali. Kun niin käy, on näiden ongelmien kanssa oltava valmiita painimaan, niin hankalaa kuin se onkin. (Foresight Institute, 2004)

Nanoteknologialla on potentiaali niin rauhanomaiseen kuin sotilaalliseenkin käyttöön. Melkein mitä tahansa välinettä voidaan käyttää niin rauhanomaisesti, kuin sotilaallisiin tarkoituksiin. Jonkin vahingon aiheuttaminen rauhanomaisessa käytössä toiselle tapahtuu vahingossa tai tahattomassa tarkoituksessa. Silloin kun käyttö on sotilaallista, vahingon aiheuttaminen toiselle on perimmäinen tarkoitus. Kun kyseessä on rauhanomainen konteksti, voidaan kysyä, voisiko nanoteknologian käyttö olla sellaista, että se mahdollisimman vähän aiheuttaisi harmia ja riskejä ympäristölleen. Sotilaallisessa käytössä voisimme kysyä, että olisiko mahdollista säilyttää rauha jollakin tavalla. (Foresight Institute, 2004)

### 3.2.1 Turvallisuus arkipäivän toiminnoissa.

Kun maat ja kansat ovat tulleet rikkaammiksi, niiden ihmiset ovat eläneet pidempään huolimatta saastumisesta ja auto-onnettomuuksista. Suurempi rikkaus merkitsee turvallisempia teitä, turvallisempia autoja, turvallisempia koteja ja työpaikkoja. Kautta historian uusi teknologia on tuottanut uusia riskejä, kuten kuoleman riskin, loukkaantumisen riskin ja ympäristön vahingoittumisen riskin. Mutta ihmiset ovat kuitenkin hyväksyneet nämä riskit, jos ne ovat samanaikaisesti tuottaneet sekä etuja, että haittoja. Huolimatta tilapäisistä dramaattisista vahingoista historian tiedot kertovat, että ihmiset ovat menestyneet valitessaan teknologiaa, joka pienentää heidän henkilökohtaisia riskejään. Näin täytyy olla, koska muuten emme voisi elää pidempään, kuten nyt teemme. Nanoteknologian ja sen tuotteiden pitäisi jatkaa tätä trendiä. Tämä ei kuitenkaan välttämättä tapahdu itsestään. Nanoteknologia antaa paremman kontrollin miten valmistaa uusia tuotteita ja parantunut kontrolli kehittää yleensä myös turvallisuutta. Nanoteknologia tulee kasvattamaan varallisuutta ja turvallisuutta muodossa, jota ihmiset arvostavat. Julkinen keskustelu, tuotetestaaminen ja turvallisuussäädökset ovat tämän kehityksen perusosia. (Foresight Institute, 2004)

Toisen artikkelin mukaan tuotteet, jotka on tehty nanoteknologiaa käyttämällä, pitäisi rinnastaa uusiksi kemikaaleiksi. Nämä kemikaalit pitäisi tutkia ylimääräisillä turvallisuustesteillä, ennen kuin ne päästetään markkinoille. Ennen kuin tuotteita päästetään markkinoille pitää olla varmuus siitä, etteivät ne muodosta uhkaa ihmisen terveydelle. Raportissa, jonka on tuottanut Royal Society of Engineers ja Royal Society on ensimmäinen laatuaan. Tämän mukaan useimmat nanoteknologian alueet eivät aiheuta uusia uhkia terveydelle tai turvallisuudelle. Mutta koko todella ratkaisee ja nanoteknologian tuottamat osat ovat todella pieniä. Nanopartikkelit voivat käyttäytyä aika eri tavalla, kun kyseessä on suuremmat osat tätä samaa materiaalia. Tämä käyttäytyminen voi johtaa useisiin mielenkiintoisiin tilanteisiin. Mutta on tärkeää, että molempia käyttämismalleja tutkitaan niin positiivisesta kuin negatiivisestakin näkökulmasta. Suurin huoli tässä tutkimuksessa oli, että ultrapienet palaset nanopartikkeleita tai nanomateriaalia voivat joutua keuhkoihin tai kulkeutua ihon läpi kudoksiin. Ihmiset hengittävät miljoonia nanopartikkeleita päivässä, mutta kysymys onkin: ”Ovatko nämä kappaleet vahingollisia terveydelle?” Nämä riskit ovat suurimmillaan niillä ihmisillä, jotka valmistavat näitä nanotuotteita. On olemassa näyttöä siitä, miten jotkut



valmistettavat nanopartikkelit ovat vaarallisempia pieninä mikroskooppisina siruina, kuin nämä sama materiaalit suuremmissa erissä. Tutkimuksen mukaan nanoteknologian terveysriskejä tulisi miettiä jo nyt, kun tämä tekniikka on vielä lapsenkengissään. (Ross, 2004)

Oppen mukaan nanoteknologia lupaa suuria, mutta sen terveysriskeihin ei ole kiinnitetty riittävästi huomiota. On hyvin epätodennäköistä, että kaikki nanoteknologiassa käytetyt materiaalit olisivat biologisesti harmittomia. Lisäksi on olemassa ratkaisemattomia kysymyksiä siitä, mitä kappaleen koko aiheuttaa aineen myrkyllisyydelle. On olemassa tutkimuksia, jonka mukaan ultrapienet kappaleet voivat aiheuttaa vaurioita keuhkoille, vaikka nämä materiaalit sinänsä olisivat harmittomia suuremmissa erissä. Tämä antaa ymmärtää, että ei ole olemassa yksinkertaista ratkaisua eikä takuuta sille, että nanoteknologia olisi harmitonta. Yleisesti ottaen nanopartikkeleiden myrkyllisyys on huonosti ymmärretty eikä ole mitään direktiivejä, jotka edellyttäisivät testaamaan terveydellisiä, turvallisuutta koskevia tai ympäristöllisiä vaikutuksia. Enemmän tutkimusta tarvitaan ja on paljon syitä olettaa, että ultrapienet nanopartikkelit voivat aiheuttaa terveydellisiä riskejä ihmisille. Tutkimukset ovat osoittaneet, että kun harmittomat bulk materiaalit muuttuvat mikroskooppisiksi nanopartikkeleiksi, ne muuttuvat myrkyllisiksi. Yleisesti ottaen, mitä pienempiä hiukkaset ovat, sitä myrkyllisemmiksi ne todennäköisesti muuttuvat. (Oppe, 2003)

The Ecologist lehdessä olleen artikkeliin viitaten Yhdysvallat ja muut säännöksiä laativat tahot ovat myöntämässä, että on tehty virhe kysymyksessä nanoteknologian turvallisuudesta. Nanoteknologian tuotteita on päästetty markkinoille ilman tutkimuksia niiden mahdollisesta myrkyllisyydestä. Nyt ollaankin tutkimassa mahdollisuuksia kiristää vallitsevia säädöksiä tässä suhteessa. Heinäkuun 2004 ETC raportin mukaan hallitukset molemmilla puolilla Atlanttia ovat tulleet johtopäätökseen, että olemassa olevat direktiivit ovat riittämättömiä vallitsevassa tilanteessa. Thomas kuitenkin kritisoi, että nämä tahot ovat jo nyt vuosikymmenen myöhässä. Nämä nanoteknologian tuotteet, joita säädösten pitäisi koskea, ovat jo kaupallisia tuotteita. Sekä laboratorioden työntekijät ja kuluttajat ovat altistuneet näiden tuotteiden nanopartikkeleille, jotka voivat olla vakava uhka ympäristölle. Nasan tekemän tutkimuksen mukaan rottakokeissa on havaittu, että nanopartikkelit voivat aiheuttaa myrkyllisemmän vaikutuksen rotissa kuin vastaavat kvartsikiteet. Tutkija Vyvyan Howardin mukaan nanopartikkeleiden myrkyllisyys vaikuttaa enemmän

sihen, mikä on hiukkasten koko, kuin mistä materiaalista hiukkaset ovat. Lisäksi nämä nanohiukkaset kulkeutuvat helposti kehoon hengitysteitse tai ihon läpi. Esimerkkejä tällaisista materiaaleista on kulta, joka on huomattavan reaktiivista nanohiukkasena. Toinen materiaali, joka reagoi voimakkaasti, on titaanioksidi, joka on hyvin yleinen nanoteknologian tuote. Vaikka tällainen hiukkanen voi olla varsin harmiton normaalissa teollisuudessa, se voi muuttua haitalliseksi nanoteknologian sovelluksissa. EC raportti kertoo samaa, että nanopartikkeleiden käyttäytyminen voi olla yllättävää. Tämän raportin mukaan nanoteknologian sivuvaikutukset voivat olla samoja, kuin mitä asbestilla on. Pitkään vakuutettiin, että asbesti on turvallista, mutta se on aiheuttanut monia kuolemia. Tietämyksemme nanoteknologian haitoista on toistaiseksi riittämätöntä. (Hazards magazine, 2004)

### 3.2.2 Kotien turvallisuus

Tyypillisissä kotien onnettomuuksissa on vaarallinen tuote yleensä väärin käytetty, läikytetty tai kulutettu. Tämän päivän kodit ovat täynnä syövyttäviä ja myrkyllisiä materiaaleja kuten puhdistusaineita ja hyönteismyrkkyjä. Liian usein lapset nauttivat niitä ja kuolevat. Kehittyneemmällä teknologialla mikään kodin puhdistustehtävä ei vaadi vastaavia rajuja kemikaaleja. Puhdistaminen tapahtuisi nanoboteilla syövyttävien kemikaalien sijaan; hyönteiset voitaisiin pitää kurissa sellaisilla koneilla, jotka tietävät eron ihmisen ja torakan välillä. Epäilemättä on kuitenkin mahdollista, että onnettomuuksia tapahtuu, mutta kovalla työllä ja varovaisuudella pitäisi olla mahdollista varmistaa, että nanoteknologian tuotteet kotia varten ovat turvallisempia kuin nykyiset tuotteet täten pelastaen monta ihmishenkeä. (Foresight Institute 2004, luku 12)

On tietenkin mahdollista kuvitella turvallisuuden painajaisia, jotka nanoteknologia voisi aiheuttaa. Nanoteknologiaa voidaan käyttää väärin tarkoitukseen tavalla, joka tuottaa paljon tuhoisampia tuotteita, kuin aiemmin on ollut. Esimerkiksi hermokaasu on jotakin, jota ei myydä kotikäyttöön, mutta nanoteknologia voisi tuottaa paljon tuhoisampia aseita kuin hermokaasu. Nyt kun ajatellaan näitä uhkia, on syytä käyttää tervettä järkeä.

### 3.2.3. Teollisuuden turvallisuus.

Olemme nähneet uuden teknologian läpimurtoa miten öljykatastrofeja voidaan vähentää vähentämällä öljyn kulutusta. Samanlainen tarina voidaan kertoa melkein miltä tahansa teollisuuden alalta tänä päivänä. Mutta millaisia olisivat onnettomuudet, kuten öljykatastrofit kun meillä olisi käytössä uuden ajan nanoteknologia? Mitä tehtäisiin öljykatastrofeille jos öljyä yhä käytettäisiin? (Foresight Institute, 2004)

Jos olisi tapahtunut öljyvuoto ja öljyä olisi rannikolla, niin nanoteknologia voisi irrottaa öljyn hiekasta, puhdistaa öljyä kivistä ja irrottaen öljyä meren eläimistä ja linnuista. Molekyylili molekyyliltä tapahtuva puhdistaminen olisi kertakaikkisen tehokasta. Mutta miksi öljyn edes pitää valua ulos tankkerista? Taloudellinen erittäin vahvojen materiaalien tuotanto mahdollistaisi saumattomien pohjarakenteiden valmistamisen, jotka voisivat muodostaa useita eri kerroksia. Älykkäät materiaalit voisivat joustaa ja olla itse korjautuvia kriisitilanteissa. Silloin kun kyseessä on nanoteknologian mahdollistama uuden ajan laivanrakennus, niin ovat saavutettavissa olevat lujudetkin aivan uutta luokkaa. Karille ajon ei tarvitse lainkaan merkitä katastrofia, kuten se nyt merkitsee valtavien öljyvahinkojen muodossa. (Foresight Institute 2004)

#### 3.2.4. Lääketieteen riskit.

Lääkkeet voisivat olla turvallisempia. Lääkkeillä on usein sivuvaikutuksia, jotka voivat olla pysyviä tai jopa tappaa. Nanoteknologia tarjoaa mahdollisuuden vaihtoehdolle, joka merkitsee kehon kyllästämistä mahdollisesti myrkyllisellä kemikaalilla. Usein on tavoitteena vaikuttaa vain yhteen ainoaan elimeen, kuten vatsaan. Antibioottisella tai antiviruksen hoidolla pitäisi taistella vain jotakin tiettyä virusta tai bakteeria vastaan, eikä vahingoittaa mitään muuta. Kun meillä on lääke, joka on niin kehittynyt, että se voi tuhota virukset yksitellen tai kone, joka pystyy muokkaamaan soluja ja korjaamaan niitä, tulee tämä mahdolliseksi. (Foresight Institute, 2004)

Miten arvioidaan nanoteknologian aiheuttamat hoitovahingot ja sivuvaikutukset? Nanoteknologia mahdollistaa ylivertaisten tunnistimien valmistamisen kertomaan lääkäreille uuden hoidon vaikutuksista kehittäen siten testausmahdollisuuksia. Paremmat tunnistimet auttavat myös tarkkailemaan kaikki negatiiviset vaikutukset potilaan kohdalla. Kun ollaan huolellisia, vain muutamat solut vahingoittuisivat ja vain pieniä määriä myrkyllisiä sivutuotteita tuotettaisiin, ennen kuin tämä huomattaisiin ja hoitoa korjattaisiin. (Foresight Institute, 2004)

### 3.3. Johtopäätöksiä

Johtopäätös joka seuraa näitä esimerkkejä öljykatastrofeista, kemian tehtaista ja lääketieteellisen hoidon seurauksista on suoraviivaista. Tämän päivän mahdollisuudet ja meidän tekniikkamme puutteellisuus ja vajavaisuus pakottaa meidät sellaiseen suuntaan, että käytämme suhteellisen vaarallisia ja tuhoavia laitteita, systeemejä ja tekniikoita apunamme arkipäivän elämässä. Kehittyneempi tekniikka ja varallisuus mahdollistaisivat sen, että meillä olisi paremmat mahdollisuudet toteuttaa se, mitä teemme ja enemmänkin pienemmällä riskellä ja vähäisemmällä ympäristön vahingoilla. Me voisimme tehdä enemmän ja tehdä se paremmin. (Foresight Institute, 2004)

#### 4. Huomispäivän skenaarioita, miltä tulevaisuus voisi näyttää.

Seuraavassa esitellään skenaarioita, jotka antavat suuntaviivoja siitä, miltä tulevaisuus voisi näyttää. Skenaariot eivät esitä täsmälleen sitä, mitä huomisen voisi tuoda tullessaan. Kun tutkimme seuraavia visioita ja näemme miten ne voisivat sopia toisiinsa niin voimme saada ajatuksia siitä, mikä voisi olla mahdollista huomispäivänä ja mikä taas ei voi olla. Niin ikään voimme saada ideoita siitä miten jotkin päätökset joita tänään teemme vaikuttavat huomispäivään. Olen tutustunut tutkimuksessani erilaisiin skenaarioihin, joissa pohditaan sitä, voisiko nanoteknologia tuoda mukanaan jonkin vakavan sotilaallisen uhan tai jonkin muunkaltaisen katastrofin.

#### 4.1 Skenaario yksi.

Ensimmäisen skenaarion mukaan nanoteknologialla on hyvin vähän vaikutusta maailmaan, kunnes se on hyvin kehittynyt, mikä kestää vielä monta vuotta tästä eteenpäin. Mutta odotukset nanoteknologian suhteen vaikuttavat jo tämän päivän ihmisiin ja siihen miten he toimivat ja ajattelevat nanoteknologiasta. Silti nämä odotukset liittyvät varhaisiin nanoteknologian kehitystasoihin ja niillä on vielä pitkään todennäköisesti vain vähän vaikutusta tämän päivän kaupankäyntiin. Näissä skenaarioissa tuntuu järkevältä aloittaa maailmantilasta, joka on jo olemassa, ainakin seuraaviin vuosiin saakka ja sitten tutkia, miten odotukset nanoteknologiasta voisivat myöhemmin kehittyä laajemmalla mittakaavassa. (Foresight Institute, 2004)

Odotuksiin kuuluu nyt, että teknologia ei paljoa muutu seuraavan viiden vuoden kuluessa tai edes seuraavan viidenkymmenen vuoden kuluessa. Tietokoneiden laskentateho jatkaa nopeaa kasvuaan, mutta se tuo mukana tullessaan vain vähän tärkeitä muutoksia. Suurimmat ympäristön haasteet ovat teknologisia ja ympäristöllisiä. Tämä tarkoittaa toimimista kasvihuonekaasujen, happosateiden ja ongelmajätteiden parissa. Samanaikaisesti yhä enemmän ja enemmän valtioita nousee teknologisten mahdollisuuksien portaita. Tämä merkitsee, että yhä useammilla valtioilla on mahdollisuuksia laukaista omia satelliitteja, rakentaa ydinaseita ja valmistaa tietokoneen mikrosiruja. Entistä enemmän alikehittyneitä kakkosluokan maita alkaa seurata kehityksessä teknologiaa johtavia ykkösluokan maita. (Foresight Institute, 2004)

Kuluttajien elektroniikka jatkaa kehittymistään, mutta tämä johtaa ennemminkin paremmin viihdytettyyn kuluttajajoukkoon, kuin paremmin informoituihin kuluttajiin. Jännittäviä uusia uutisia korkean lämpötilan suprajohteista ja kylmä fuusiosta ilmaantuu, mutta nämä yleensä osoittautuvat uutisankoiksi. Tällaiset uutiset jättävät yleisön kylmäksi pitkällä aikavälillä. Jopa 30 – 50 vuoden aikavälillä useimmat uutistarinat ja arvostetut tutkijat olettavat, että tullaan näkemään varsin vähän teknologisia läpimurtoja. Viidenkymmenen vuoden aikavälilläkin oletetaan, että suurin osa energiasta tulee fossiilisista polttoaineista. Kolmenkymmenen vuoden tähtäimellä tulee taloudellinen kriisi johtuen väestön ikääntymisestä ja supistuvasta työvoimasta olettaen, että taloudellinen tuotanto ei muutu paljoa. (Foresight Institute, 2004)



Tuotannossa ja vaurauden määrässä Yhdysvallat alkaa hävitä kilpailussa kasvaville Itä-Aasian talouksille kuten Japanille, Etelä-Korealle, Taiwanille ja Singaporelle. Poliittisin termein ilmaistuna tavanomaisten odotusten skenaario on vähemmän selvä, mutta odotusten voisi olettaa kulkevan esimerkiksi näin: Itäblokin murtuminen kommunismin seurauksena johtaa entistä vapaampaan ja demokraattisempaan maailmaan. Itäisessä Euroopassa ja kenties Keski-Aasiassa riippumattomat maat nousevat ja joissa jokaisella maalla on perusta teollisuudelle ja väestö, jolla on koulutusta luonnontieteissä ja teknologian alalla. (Foresight Institute, 2004)

Yhdysvaltojen suhteellinen lasku taloudellisessa kehityksessä jatkuu ja Venäjän armeija löysää joitakin sidoksiaan, jotka tänä päivänä sitovat maailman demokratioita toisiinsa. Venäjän armeijan heikentyminen heikentää joitakin liittoja. Kun NATO menettää otettaan ja Euroopan yhteisö integroi taloudellista ja poliittista elämänsä, kuilu Yhdysvaltojen ja Euroopan välillä kasvaa suuremmaksi. Samalla kun Venäjän paine Japania kohtaan vähenee, Yhdysvaltojen ja Japanin välinen sotilaallinen yhteistyö heikkenee ja kitka kaupankäynnin välillä kasvaa. Tällaisessa ympäristössä protektionistiset paineet kasvavat. Talouden romahtaminen voi tulla todennäköiseksi. Muutos ystävällisistä suhteista rauhanomaisen vihamielisyyden aikaan tulee mahdolliseksi vaihtoehdoksi. Lähes samanveroisten taloudellisten ja teknologisten keskusten nousu johtaa entistä suurempaan integraatioon ja yhteistyöhön, mutta motivoi myös suurempaan kilpailuun ja salailuun. Pitkällä aikavälillä kuitenkin rajalliset resurssit ja saastumisen kustannukset ja ympäristön suojelun kontrolli pysäyttää taloudellisen kasvun. Väestön kasvu tänä aikana on hidastunut, mutta tuottaa suuria taloudellisia ja ympäristön suojeluun liittyviä paineita. Resursseista kilpaileminen voi johtaa sotiin. Ilmasto on merkittävästi muuttunut ja vanhat metsät ovat melkein kadonneet ja monta lajia on kadonnut sukupuuttoon. (Foresight Institute, 2004)

## 4.2 Skenaario kaksi.

Skenaariossa kaksi elämme maailmassa, jossa primitiiviset, mutta kohtuullisen toiminnalliset assemblerit ovat kehitettyjä. Ensimmäistä kertaa media, suuri yleisö ja poliitikot ottavat nanoteknologian mahdollisuudet vakavasti. Näille tahoille tilanne näyttää erittäin hyvältä. Tekninen työ on näyttänyt, että nanoteknologiaa voidaan hyödyntää puhtaalla ja kontrolloidulla tavalla. Sillä voidaan korvata saastuttavaa teollisuutta, samalla kun voidaan suuresti lisätä varallisuuden määrää asukasta kohden. Saavutetut lääketieteelliset hyödyt ovat suunnattomia ja Aidsiin on löydetty parannuskeino, sekä moniin muihinkin eksoottisiin virustauteihin, joita Afrikasta löytyy. Kasvava huoli Maan ilmaston tasapainosta ja ekosysteemeistä on kasvanut samalla, kun metsät ovat kutistuneet ja sää on muuttunut. (Foresight Institute, 2004)

Mahdollisuudet päästä ulos tästä onnettomuuksien kehästä on houkuttelevaa. On selvää, että nanoteknologia ei ole vaara hyväntahtoisten ihmisten käsissä ja suhteellisen rauhanomainen vuosikymmen on saanut ihmiset unohtamaan muut vihamieliset motiivit käyttää nanoteknologiaa. Näin monet eri yhteiskunnan tahot löytävät nanoteknologian ja löytävät ratkaisun siitä moniin ongelmiinsa. Nanoteknologian kehitys lähtee huimaan nousuun ja kaikki jotka haluavat ottaa osaa tähän riskirahoitusmahdollisuuteen ovat tervetulleita. Yksinkertaisia assemblereita käytetään rakentamaan uusia monimutkaisempia assemblereita, jotka edelleen auttavat rakentamaan vielä parempia assemblereita laboratorioissa ja harrasteliikkeissä kautta maailman. Tuotteet alkavat tuottaa voittoa. Talouselämä lähtee hurjaan kasvuun. Myös sotateollisuus alkaa tuottaa voittoa ja alkaa muodostua erilaisia jännitteitä. Sotilaallinen tutkimusryhmä, jolla on enemmän älyä kuin viisautta, rakentaa replikaattorin, koneen joka pystyy kopioimaan itsensä niin kauan kuin energiaa ja raaka-aineita riittää, joka syö kaiken ja me kaikki kuolemme. Tämä skenaario on absurdi, ainakin osittain, koska julkaistuja varoituksia esiintyy jo julkisuudessa. Voidaan olettaa, että ennen kuin kukaan tekee mitään liian vaarallista, on asiaan jo osattu varautua. (Foresight Institute, 2004)

### 4.3 Skenaario kolme.

Tässä skenaariossa olemme edelleen tavanomaisten odotusten skenaariossa ja yksinkertaisia assemblereita on kehitetty. Jälleen nanoteknologia ollaan ottamassa vakavasti ensimmäistä kertaa. Tällä kertaa nanoteknologiaan ei kuitenkaan suhtauduta suopeasti. Ympäristönsuojelijat eivät näe sitä mahdollisuutena hallita saastumista, vaan ihmisen voiman jatkeena ja täten uutena mahdollisuutena aiheuttaa harmia ympäristölle. Syntyy kauhutarinoita, joissa teknologia on kokonaan karannut ihmisen hallinnasta. (Foresight Institute, 2004)

Aseistariisujat ovat huolissaan nanoteknologiasta ja painottavat näissä kauhunäkymissä sen mahdollisuuksia asetuotannossa. Nämä ryhmät etsivät aseistariisuntaa riisumalla aseista. He pyrkivät aseistariisuntaan vastustamalla nanoteknologian kehittämistä. Maksimoidakseen poliittisen vaikutusvaltansa he esittävät nanoteknologian lähes yksinomaan sotateollisuuden alana. Jotkin tahot näkevät nanoteknologian uhkana heidän liiketoiminnalleen ja käyttävät lobbausta hyväkseen saadakseen nanoteknologian kehittämisen pysähtymään. Ammattiyhdistysliikkeet näkevät nanoteknologian myös uhkana työpaikoille. He kysyvät mitä tehdä heille, jotka menettävät työpaikkansa nanoteknologian takia. Hekin alkavat vastustaa uutta teknologiaa. Tämän seurauksena emme kuule, miten nanoteknologiaa voisi käyttää lääketieteen apuna, ympäristön puhdistamisessa tai erittäin kehittyneiden tuotteiden valmistuksessa. Sen sijaan kuulemme ainoastaan siitä, miten hallitsemattomat pienet sotilaalliset hirviökoneet tuhoavat meidät ja teollisuutemme. (Foresight Institute, 2004)

Kun tätä valitusääntä on kuunneltu muutamia vuosia, yleinen mielipide on lujasti nanoteknologian kehittämistä vastaan, mutta tämä on ennemminkin vain iskulause, kuin vaikutusvaltaista politiikkaa. Lait säädetään kuitenkin nanoteknologiaa vastaan ja julkisen keskustelun painopiste säätyy esimerkiksi ilmaston tuhoutumiseen ja ympäristön peruuttamattomaan likaantumiseen. Mahdollisuus vaikuttaa asioihin vaikuttaa yhtä kaukaisilta, kuin aina ennenkin. Kukaan oikein ajatteleva persoona ei mitenkään olisi tekemisissä nanoteknologian kanssa, ainoastaan väärässä olevat ihmiset mieltisivät nanoteknologiaa ja sen mahdollisuuksia. Mutta mikään keskustelu ei muodostu vakavasti otettavaksi, ennen kuin ensimmäiset assemblerit keksitään. Sitten nanoteknologia on vain pienen mitan päässä todellista syntymistään. (Foresight Institute, 2004)

Nanoteknologian kehittäminen on kiinni vain työkaluista, kuten asia oli ennen ydinaseiden kehittämistä. Vuosikymmeniä aiemmin ydinaseiden rakentamisen mahdollisuus oli levinnyt yhdestä kahteen maahan neljässä kymmenessä yhdeksässä kuukaudessa ja kolmeen muuhun maahan seuraavassa viidessätoista vuodessa, huolimatta tarpeesta saada käyttöön suuria määriä eksoottisia materiaaleja jokaiseen laitteeseen. Vuonna 1980 oli olemassa paljon kemiallisten yhdisteiden kauppaa ja monet tuhannet kemistit, jotka tiesivät miten yhdistää niitä uusia aineita työskentelivät sekä laillisissa laboratorioissa, että laittomissa mustan pörssin laboratorioissa. Tämän osoittavat monet huumeet, joita näissä laittomissa laboratorioissa valmistetaan. Jo vuonna 1980 rakennettiin Yhdysvalloissa STM mikroskooppi korkeakouluprojektina. Molekyylien asettelussa ei ole mitään tarvetta suuren mittakaavan laitteistolle tai muutakaan eksoottisten laitteistojen tarvetta. Ja tässä skenaariossa yksinkertaisia assemblereita on jo kehitetty ja tekniikoita niiden kehittämiselle on jo esitetty avoimissa tieteellisissä julkaisuissa. Siksi nanoteknologian vastustajat onnistuvat vain avoimen nanoteknologian kehityksen jarruttamisessa. Mutta hallitukset eivät voi olla varmoja siitä, mitä muut hallitukset tekevät salassa ja koska nanoteknologian sotilaallinen potentiaali on niin suuri, ei tätä mahdollisuutta voi jättää huomiotta. Ja niin ympäri maailman hallitukset kehittävät salassa nanoteknologiaa, niin demokraattisissa valtioissa, kuin muissakin poliittisissa järjestelmissä. (Foresight Institute, 2004)

Myös maanalaista kehitystyötä aletaan kehittää. Sitten kun yksinkertainen assembler on kehitetty, niin kehitystyön ongelmakohdat tulevat olemaan pääasiassa suunnittelussa. Vuonna 1980 henkilökohtaiset tietokoneet tulivat riittävän nopeiksi, jotta niillä voitiin suunnitella molekyyliä. Sitten kun useita vuosia on kulunut tästä, niin tietokoneiden laskentateho on jatkanut eksponentiaalista kasvuaan ja näin on mahdollista pienien ääriliikkeidenkin kehittää nanoteknologiaa. Mitä ihmeellisimmät ääriliikkeet voivat ajaa hankkeitaan nanoteknologian avulla, kuten radikaalit anarkistit, radikaalit punaiset järjestöt, radikaalit vihreät tai radikaalit rasistit. Heidän tavoitteenaan on romahduttaa vallalla oleva ns. ”korruptoitunut maailmanjärjestys”. Koska nanoteknologian sotilaallinen potentiaali on niin suuri, voi tämä ehkä olla mahdollista. (Foresight Institute, 2004)

Toivottavasti tämäkin skenaario on absurdi. Julkinen keskustelu tulevina vuosina tulee ehkä edustamaan enemmän tasapainossa olevaa kuvaa nanoteknologian vaaroista ja mahdollisuuksista. Ajatus kehityksen jarruttamisesta on

epäkäytännöllinen ja siksi on pidettävä kehitys suhteellisen luotettavissa, mutta avoimissa käsissä. (Foresight Institute, 2004)

#### 4.4 Skenaario neljä.

Tässä skenaariossa lähdetään liikkeelle siitä ajatuksesta, että Japanista tulee maailman talousmahti. Niin ikään muut Aasian maat alkavat ottaa kiinni tätä taloudellista kuilua. Tämä mahdollistuisi sillä, että japanilaisten investoinnit nanoteknologiaan 1980 loppupuolella alkavat tuottaa tulosta ja niin he alkavat johtaa kehitystä nanoteknologian kehittämässä.

Euroopan talouden yhdentymisen ja Saksan yhdistymisen yhdistettynä niihin paineisiin, joita Yhdysvaltojen talouden kehittyminen edelleen lisää, on kehittänyt Eurooppaa kohtuullisella tavalla. Vaikka tietyt kulttuurilliset siteet ovat pitäneet Yhdysvaltojen ja Euroopan suhteita yllä suhteellisen lämpimällä tasolla, niin vastapainona voidaan havaita Euroopan ja Japanin suhteiden viileneminen, joka huomattiin jo 1980-luvulla. Eurooppa on pitkään hallinnut suurella voimalla kemian teollisuuden kehittämässä ja tieteen teossa ja on johtanut Yhdysvaltoja 1980-luvulla nanoteknologian kehittämässä. Tämä on sijoittanut Euroopan nanoteknologian kehittämässä Yhdysvaltojen edelle, mutta jälkeen Japanin. Yhdysvallat säilyy edelleen valtavan tuottoisana kansantaloutena. Yhdysvaltojen ongelmat tutkimustyössä kuitenkin alkavat näkyä: osavuosisikastausten painottaminen yritysten taloudellisen kehityksen ainoana mittarina ja yliopistojen syvällistä oppimista väheksyvä järjestelmä on vaatinut veronsa ja tämä kansantalous alkaa jäädä terävimmästä kehityksestä jälkeen. Kun on painotettu ainoastaan lyhyen aikavälin kehitystä suhteessa pitkän aikavälin kehitykseen, niin lopulta huomataan, että pitkän tähtäimen suunnitelmat alkavat ontua. Koska on eletty liikaa nykyhetkessä, tulevaisuuden haasteet ovat jääneet huomiotta. (Foresight Institute, 2004)

Näin ollen se onkin eristynyt ja defensiivinen Japani, joka rakentaa ensimmäisen assemblerin ja huomaa sen valtavan potentiaalisen tulevaisuudessa. Teknologia on kehitetty hallituksen antamalla rahoilla yhdessä suurimpien japanilaisyritysten kanssa. Kun jännitteet lisääntyvät ulkomaiset tutkijat, nekin jotka ovat tervetulleita Japaniin, eivät enää saa ottaa osaa kehitystyöhön. Tästä seuraa, että japanilaiset alkavat omia itselleen tätä kehitystyötä, jota eivät anna mielellään muiden haltuun missään olosuhteissa. Kun saadaan aikaiseksi vaikuttavia tuloksia, nämä tulokset pidetään omana tietona ja hiljaisuudessa muilta. (Foresight Institute, 2004)

Tämä hidastuttaa perusteknologian leviämistä ympäri maailman. Kun ensimmäinen demonstraatio on tehty, niin kaikkein varovaisimmatkin rahoitusyhtiöt lähtevät mukaan kilpailuun kehittämään nanoteknologiaa. Eurooppalainen projekti on aloitettu ranskalaisessa laboratoriossa, joka pian menestyy tavoitteessaan kehittää ensimmäinen assembleri, joka kuitenkin perustuu hieman toisenlaisiin periaatteisiin kuin japanilainen assembleri. Eurooppalaiset seuraavat japanilaista tapaa salata tutkimustuloksensa yksityiskohdat vedoten kilpailullisiin seikkoihin. Julkinen elämä on niin kuin ennenkin ja sitä viihdyttävät tarinat huomispäivän nanoteknologiasta, joka mullistaa maailman. Poliitikot ja viihdealan ihmiset kertovat tarinoita, joissa huomispäivän satumainen teknologia mullistaa maailman. Mutta yhä enemmän keskusteluun tulee myös vakavia sävyjä siitä, mitä nanoteknologia todella merkitsee yhteiskunnalle ja mitä niiden kanssa pitäisi todella tehdä. (Foresight Institute, 2004)

Japanissa toisen sukupolven assemblerit ovat alkaneet tuottaa pieniä määriä jatkuvasti hienostuneempia nanoteknologian tuotteita. Nämä ovat prototyyppejä kaupallisesti merkittävistä tuotteista, kuten sensoreita, elektroniikkaa ja tieteellisiä instrumentteja. Jotkin tuotteista ovat sellaisenaan hyödyllisiä, jopa sadan dollarin kappalehintaan per molekyylille. Mutta tulevaisuudessa on hinnoittelun periaatteena jotakin aivan muuta. Tavoitteena olisi hinnoitella tuotteet triljoonasosa dollarin hinnalla per molekyylille. Tätä kehitys varmasti edellyttäisikin, sillä muuten hinnat olisivat käytännössä liian suuria kuluttajille. Lisäksi tulee olemaan pitkän tähtäimen suunnitelmia tehdä melkein mitä tahansa hyvin halvalla hinnalla tavanomaisista materiaaleista. (Foresight Institute, 2004)

Tällainen tilanne on jännittävä. Asetelma voisi vapauttaa Japanin sen vuosikymmeniä vanhasta riippuvuudesta ulkomaisesta kaupasta kuten ruuasta, ulkomaisista raaka-aineista ja politiikasta. Avaruuden valloituskin voisi tulla Japanille mahdolliseksi, koska se tekisi ne rutiininomaiseksi ja halvoiksi. Tämän seurauksena voidaan olettaa investointien lähtevän kasvuun Japanissa. Eurooppa johtaa Amerikkaa, mutta jää jälkeen Japanista. Eurooppakin haluaa saada osansa uudesta teknologiasta ja alkaa tosissaan kilpailla johtavasta asemasta nanokilpailussa. Yhdysvallat seuraa perässä, mutta sen huimat voimavarat ja tietotekniikan tuntemus helpottaa sitä saavuttamaan asemia kilpailussa. Muutkin maat alkavat kiinnostua kilpailusta, mutta ne eivät voi saavuttaa suuria valtablokkeja. Kaikilla osapuolilla nanoteknologian kehitys aiheuttaa myös sotilaallisten mahdollisuuksien tutkimista ja

kehittämistä. Tämä tapahtuu niin julkisissa tutkimuksissa, kuin myös salaisissa tutkimuksissa. Strategit pelaavat sotapelejä mielessään ja tietokoneillaan. Mitä enemmän he tutkivat, sitä enemmän he löytävät uusia mahdollisuuksia keksiä lyömättömiä strategioita muita vastaan. (Foresight Institute, 2004)

Mikään suuri valtiovalta ei ole välttämättä vihamielinen. Kaikilla valtioilla on ollut virallisesti tai epävirallisesti rauhanomaisia liittoja monien vuosien ajan. Silti on olemassa muistoja sodista ja siteet, jotka ovat syntyneet sotilasliitoista ja liittoutumisesta ovat heikentyneet yhteisen vihollisen puutteessa ja taloudellisen varallisuuden kasvaessa. Näin siteet heikkenevät ja myrkyttyvät ajan myötä ja nanoteknologian kehitystyö voi lisätä eripuraisuutta. On tuhansia syitä kehittää sotilaallista kehitystyötä ja tutkimustyötä nanoteknologian saralla ja kansainvälinen kilpailu auttaa pitämään tämän kehitystyön salaisena. Näin saadaan aikaiseksi onneton tapahtumien kehä, jossa nanoteknologia karkaa käsistä ja sen kehittäminen onkin sotilaallista kehitystyötä. (Foresight Institute 2004)



#### 4.5 Skenaario viisi

Jälleen on skenaariomme tavanomaisten odotusten skenaariosta, mutta kansainvälinen ympäristö on paremmassa kunnossa. Huolimatta kitkasta kansainvälisessä kaupassa globaali taloudellinen integraatio on jatkunut maailmalla. Euroopalla, Yhdysvalloilla ja Japanilla on kaikilla laaja osuus toistensa hyvinvoinnista ja ne tietävät tämän. Kansainvälinen sotilasyhteistyö on jatkunut vastapainona sille, että kaupankäynnissä on ollut kitkaa. Kansainvälinen yhteistyö on jatkunut osin siitä syystä, että Japani on ollut halukas kehittämään kansainvälisiä suhteita. Kylmän sodan päättyminen on tehnyt salaisista sotilastutkimusprojekteista harvinaisempia.

Tässä ympäristössä kehitetään ensimmäiset assemblerit, eikä sillä ole suurta merkitystä, kuka kehittää sen ensimmäisenä. Kuten normaalissa tutkimuksessa on tapana, niin tutkijat kiirehtivät julkaisemaan tutkimustuloksiaan tehdäkseen suuren vaikutuksen kollegoihinsa mahdollisimman nopeasti. Ensimmäisten nanobottien ilmaantuminen aiheuttaa suuren keskustelun siitä, mihin nanoteknologialla voidaan ylittää. Keskustelu on avointa ja hillittyä ja se kattaa sotilaallisen, lääketieteellisen ja ympäristöllisistä seurauksista kertovan aihepiirin. Keskeistä tulee olemaan keskustelu täysin puhtaasta teollisesta tuotannosta ja siitä miten nanoteknologia voisi nostaa vaurautemme tasoa ja levittää sitä maailmanlaajuisesti. (Foresight Institute, 2004)

Sotilaalliset tutkijat pohtivat nanoteknologian vaikutuksia ja sen mahdollisuuksia sotateollisuudessa. Johtopäätökset vievät kohti salaista tutkimusta, mutta kuten usein tapahtuu, tutkimusten salailu johtaa niiden hidastumiseen. On selvää, että salatut tutkimukset ovat hitaampia, kuin avoimet tutkimukset. Alan lehdistössä on olemassa kiihkeä kilpailu siitä, kuka keksii ensimmäisenä jotain merkittävää. Jotkut tahot pyrkivät kilpailemaan ja toiset pyrkivät yhteistyöhön. Syntyy terve kuvio, jossa ne tahot, jotka ottavat nanoteknologian kaikkein vakavimmin, ovat myös kaikkein vastuullisin osapuoli; he haluavat viimeisenä nähdä nanoteknologian aiheuttavan kansainvälisen kriisin tutkimusosapuolten välillä. He näkevät, että nanoteknologia voi ratkaista vakavia ongelmia, kuten köyhyyden ja globaalin ilmamehän saastumisen. (Foresight Institute, 2004)

Kun julkinen keskustelu nanoteknologiasta kasvaa, se tulee avoimeksi ja suureksi. Asiasta eniten innostuneet ehdottavat

monia ihmeellisiä sovellutuksia nanoteknologialle. Monet näistä katoavat nopeasti, joko mahdottomina tai yksinkertaisesti ei-toivottuina ehdotuksina. Jotkin näistä ehdotuksista ovat jo tunnetun teknologian parannuksia. Näitä ehdotuksia kehitetään ja parannetaan juuri niin nopeasti kuin ne ovat teknisesti mahdollisia toteuttaa. Loppuosa ideoista on hankalampi kehittää ja arvioida, mutta vuosien työn ja tutkimuksen johdosta joitakin näistä kehitetään valmiiksi tuotteiksi ja loput ideat hylätään.

Aluksi jotkut ihmiset ehdottavat, että nanoteknologia pitäisi pysäyttää ja lopettaa, mutta he eivät esitä toimivaa tapaa tehdä tätä. Realistit, jotka tutkivat maailman teknologian kehitystä etsivät muita toimivampia tapoja tulla toimeen nanoteknologian vaarojen kanssa. Maailman teollistuneet demokratiat pitävät kärkipaikkaa nanoteknologian kehittämisessä. Ne ovat kehittäneet mekanismeja sotilaallisten projektien koordinoinnin hallitsemiseksi. Näitä keinoja ovat säädösten luominen teknologian välittämiseen ja kaupankäyntiin. Näitä mekanismeja kehitettiin, harjoitettiin ja kunnioitettiin kylmän sodan vuosikymmenien ajan. Ydinaseteknologiaa ja korkean teknologian tuotteita onnistuttiin säännöstelemään kohtuullisella menestyksellä näinä pimeinä vuosina. Nämä mekanismit eivät ole täydellisiä, mutta ne toimivat ja ovat käyttökelpoisia. Kun huoli maailmanrauhan epävakaudesta kasvaa, teollistuneet demokratiat toimivat kehittääkseen tiimityöskentelyään. Näiden maiden tarkoituksena on kehittää vapaan kaupan periaatteita omassa lähipiirissään ja voimistaa kauppasulkuja, jotka estävät nanoteknologian päätyksen maailman diktatuuriin. (Foresight Institute, 2004)

Tämän kehittämisen tuloksena nanoteknologia kehittyi ilmapiirissä, jota dominoi enemmän taloudellinen yhteistyö kuin sotilaallinen kilpailu. Poliitiikan painopiste on pääasiallisesti kohdistunut rauhanomaiseen kehitystyöhön, pitäen kuitenkin mielessä, että on mahdollista joidenkin sovellutusten olevan vaarallisia sotilaskäytössä. Vuosia kuluu ja nanoteknologia kehittyi. Lääketiede kehittyi ja varallisuus kasvaa ja biosfääri alkaa tervehtyä. Huolimatta muutosten aiheuttamasta turbulenssista ja muutoksen aiheuttamista tuulista on kokonaisuus alkanut kehittyä parempaan suuntaan nanoteknologian myötä. (Foresight Institute, 2004)

#### 4.6 Skenaario kuusi

Chris Phonixin haastattelun mukaan tulevaisuuden uhkakuvia voisivat olla seuraavat tapahtumat: massiivinen sota, talouden romahdus, nanobottien karkaaminen laboratorion ja niiden räjähdysmäinen lisääntyminen, vaarallinen ohjelmistotuotanto, moraalinen tai sosiaalinen romahdus ja ympäristön tuhoutuminen liikatuotannon seurauksena. Massiivisen sodan mahdollisuus on hyvin suuri. Asevarustelun kiihtyminen on mahdollista ja jopa hyvin todennäköistä. nanoteknologian kehittymisen myötä.

Nanoteknologiaan perustuva sota olisi tappava hyvinkin monille siviileille. Tom McCarthyn mukaan sotilaat etsivät kohteita, jotka ovat riittävän suuria löytää ja iskeä. Nämä kohteet ovat näiden olosuhteiden vallitessa siviilikohdeita. Sekä suuren mittakaavan sota, että terroristien sodankäynti kohdistuu siviileihin, joita on lähes mahdotonta puolustaa ilman suuria muutoksia elämäntyyliin.

Myös talouden romahdus on mahdollinen. On helppo kuvitella nanoteknologiaan perustuva tehdas, joka mahdollistaa ihmisille täysin itseriittoisen elämän ilman rahaa, samalla kun nautitaan ensiluokkaisesta mukavuudesta. Voimme olettaa suuren osan työpaikoista valmistuksessa, pakkauksessa ja tavaran tarjontaan liittyvillä aloilla katoavan. Tämä ongelma on jo olemassa lisääntyneen automaation myötä, mutta tilanne voi mennä vielä pahemmaksi. Nanobotit voivat myös karata ympäristöönsä ja lisääntyä räjähdysmäisesti. Tätä kutsutaan gray goo skenaarioksi, jossa nanobotit karkaavat luontoon ja alkavat lisääntyä hillittömästi geometrisessa sarjassa. Tätä ei kuitenkaan Phonixin artikkelin mukaan voi tapahtua vahingossa. Tämä ei kuitenkaan sulje pois sitä mahdollisuutta, että häiriintynyt ihmistyyppi voisi tarkoituksella tuottaa gray goon. Lisäksi on mahdollista, että nanoteknologia tuo tullessaan myös vaarallista ohjelmistoa. Tällä tarkoitetaan sitä mahdollisuutta, että nanoteknologia mahdollistaa sellaisen tietokoneen, joka antaa mahdollisuuden kehittää toimivan tekoälyn. Jotkut teoretikot uskovat, että oppiva tekoäly johtaisi vaarallisen tietokoneen kehittämiseen. Mikä tahansa käsky voisi aiheuttaa ennalta arvaamattomia sivuvaikutuksia. Ei ole todella varmaa, voiko näin tapahtua, mutta nanoteknologia voisi epäilemättä edesauttaa sellaisen tietotekniikan luomista, joka mahdollistaa toimivan tekoälyn.

Myös ympäristövaikutukset voivat olla haitallisia nanoteknologian kehittymisen myötä. Artikkelin mukaan olisi

todella helppoa luoda niin paljon nanobotteja, että ne alkaisivat olla ympäristö ongelma. Nanobottien pieni koko voi aiheuttaa ympäristö ongelman, koska niitä on hankala kerätä pois luonnosta niiden pienen koon johdosta. (Phoenix, 2004)

#### 4.7 Grey goo skenaario – uhkakuvia skenaarioiden pohjalta.

Mikä tarkoittaa termi ”grey goo”? Grey goo on yleensä tieteiskirjallisuuden yhteydessä esiintyvä termi, joka viittaa ihmisen sukupuuttoon kuolemisen nanoteknologian seurauksena. Tämä tapahtuu siten, että itseään kopioivat robotit eli assemblerit, muuttavat maapallon raaka-aineet nanoboteiksi. Näitä assemblereita voidaan kutsua myös Von Neumannin koneiksi. Von Neumannin kone on kone, joka pystyy rakentamaan kopion itsestään niin kauan kuin siihen syötetään energiaa ja raaka-aineita. Näin on mahdollista, että nämä koneet kopioituvat samassa tahdissa kuin esimerkiksi bakteerit pystyvät lisääntymään. (Wikipedia, 2004)

Termi ”goo” merkitsee tilannetta, jossa kaikki materiaali maapallolla on lopulta muuttunut nanoboteiksi. Pahimmissa skenaarioissa kaikki materiaali koko galaksissa muuttuu nanoboteiksi tappaen näin kaiken elämän universumissa.. Miten tällainen katastrofi voitaisiin sitten välttää? Jos oletetaan, että assembler voi aiheuttaa grey goon, voidaan varoimenpiteenä ohjelmoida nanobotti lopettamaan toimintansa sen jälkeen, kun tietty määrä jälkeläisiä on saatu aikaiseksi. Toinen tapa voisi olla ohjelmoida nanobotti käyttämään jotakin tiettyä harvinaista materiaalia jota esiintyy rakennuspaikan yhteydessä. (Wikipedia, 2004)

Wikipedian mukaan grey goo on kuitenkin vain teoreettinen malli, eikä ole varmaa onko sellainen käytännössä lainkaan mahdollista. Niin ikään perus este sattumanvaraisesti syntyneelle gray goolle on energian puute. Assemblerin ei pitäisi pystyä saamaan energiaa epäorgaanisista aineista, kuten esimerkiksi kivistä. Tämä johtuu siitä, että kivi materiaalina on varsin vähä energista. Sen sijaan hiili on näistä materiaaleista poikkeus. (Wikipedia, 2004)

On olemassa muitakin gray goon malleja. Näissä malleissa esiintyy useita gray goon johdannaisia, joissa tuomiopäivä on lähtenyt liikkeelle erilaisista motiiveista riippuen. Näistä ensimmäinen on red goo. Tämä katastrofiteoria perustuu ajatukseen, että terroristit ovat laskeneet tarkoituksella liikkeelle vahingollisia nanobotteja. Tämä onkin varsin mahdollista sillä näissä skenaarioissa, joita olen tutkinut, on esiintynyt tämä vaihtoehto varsin mahdollisena tulevaisuuden uhkana. Kuten edellä olevassa skenaariossa mainittiin, ei nanobottien valmistus välttämättä vaadi aivan mahdottoman erikoisia työkaluja. Esimerkiksi tulevaisuuden kehittynyt PC voi varsin hyvin riittää apuvälineeksi luotaessa vihamielisiä nanobotteja. Tarvittavat työkalut voi olla mahdollista saada

tällaiseen maanalaiseenkin tutkimuskäyttöön. Toinen mahdollisuus red goolle on itsetuhoinen käyttäytyminen, jossa itsemurhakandidaatti haluaa itselleen näyttävän lopun, jossa monta muutakin ihmistä kuolee. (Wikipedia, 2004)

Kolmas malli katastrofille on khaki goo. Tässä mallissa nanoteknologiaa käytetään sotilaallisiin tarkoituksiin tarkoituksena tuhota vihollisvaltio tai jopa kokonainen planeetta maan tasalle koko biomassa mukaanlukien. Tämäkään ei ole mitenkään poissuljettu tulevaisuuden katastrofin muoto. Edellisissä skenaarioissa oltiin varsin huolestuneita nanoteknologian sotilaallisesta käytöstä. (Wikipedia, 2004)

Neljäs katastrofin muoto on golden goo. Tässä skenaariossa halutaan rikastua keräämällä kultaa nanoteknologian avulla. Kullan liikatarjonta voisi romahduttaa hinnat ja laskea kunnan hintaa romahdusmaisesti. Tämä voisi johtaa taloudelliseen katastrofiin. Blue goo on vastaisku gray goolle. Jos on mahdollista tuhota vihollinen gray goolla, niin toki voi olla mahdollista kehittää vastalääke tällaiselle iskulle. Blue goo voisi olla paljon paremmin hallittavissa kuin gray goo. Pink goo on termi, joka kuvaa ihmisen levittäytymistä maapallolla. Ihmiskunta lisääntyy suhteellisen hitaasti, mutta kuitenkin täyttäen maapallon varsin tehokkaasti. Jotkut ihmiset ajattelevat, että ihmisen levittäytyminen ympäri galaksia on äärimmäisen vakava rikos, joka pitäisi estää millä tahansa keinolla. (Wikipedia, 2004)

Green goo tarkoittaa ekoterroristien halua pysäyttää ihmiskunnan leviäminen käyttämällä hyväksi nanoteknologiaa. Käytännössä tämä voisi tapahtua joko sterilisaation kautta tai yksinkertaisesti tappamalla ihmisiä nanoboteilla siinä tarkoituksessa, että väestö pysyy hallitussa lukumäärässä. Green goo on mainittu muissakin katastrofimalleissa ja se voisi olla jonkin ääriryhmän tavoite tulevaisuudessa. Tämä on varsin pelottava skenaario, sillä nanoteknologia saattaisi tulevaisuudessa olla pienten ääriryhmienkin ulottuvilla oleva teknologia. (Wikipedia, 2004)

Chris Phonix kuitenkin sanoo, että mahdollisuus gray goolle on varsin pieni. Sitä ei voi sattua vahingossa. Näin siksi, että gray goo edellyttäisi varsin hyvin suunniteltua nanabottia. Paljon suurempi riski on tarkoituksella aseiksi suunnitellut nanobotit, joidenka ei tarvitse olla itseään kopioivia malleja. Tämä voisi johtaa varsin kiihkeään ja epävakaiseen kilpavarusteluun aserintamalla. Kysymys siitä, miten tuhoisia aseita nanoteknologialla voidaan suunnitella, on paljon olennaisempi,

kuin mitä tapahtuu nanobottien karatessa luontoon. Täysin päinvastaisena näkemyksenä Phoenix esittää, että itse itseään kopioivat nanobotit eivät välttämättä ole edes kovin tehokkaita aseita. Tehokkaita nanoaseita saadaan tehtyä riittävästi muillakin tavoin. Drexlerin mukaan kysymys nanobottien riistäytymisestä hallitsemattomasti luontoon on saanut liikaa huomiota. Meidän tulisi keskittyä olennaisempiin kysymyksiin tässä asiassa., sanoo Drexler. (Treder, 2004)

Robert A. Freitasin artikkelin mukaan mukaan gray goo voisi hyvinkin tuhota elämän maapallolla. Tämä voisi periaatteessa tapahtua laboratoriossa sattuneen vahingon johdosta. On kuitenkin niin, että gray goo todennäköisesti edellyttäisi huolellista suunnittelua. Gray goon mahdollistava nanobotti ei ole helppo suunnitella. Tämä pienentää huomattavasti sitä todennäköisyyttä, että gray goo sattuisi vahingossa. Tällaisten nanobottien suunnittelu edellyttää huolellista hyvin monimutkaisten muuttujien huomioonottamista ja pitkän ajan suunnittelua. Kyseessä on keinotekoisien elämän luomista muistuttava prosessi ja edellyttää geneettisten algoritmien hyväksikäyttöä, joten on hyvin epätodennäköistä, että gray goo syntyisi vahingossa. (Freitas Jr, 2001)

Prinssi Charles on huolissaan, että tieteen kehitys voi tappaa elämän maapallolla. Prinssi on kiinnittänyt huomiotaan nanoteknologian mahdollisuuksiin tuhota elämä maapallolla. Charles on kutsunut kotiinsa alan johtavia tutkijoita ja keskustellut heidän kanssaan nanoteknologian varjopuolista. Prinssin sanotaan olevan huolissaan pahimmasta mahdollisesta skenaariosta, jonka mukaan nanobotit voivat aiheuttaa gray goon. Väitetään, että Charles tietää nanoteknologian tarjoamista huimista mahdollisuuksista kehittää yhteiskuntaa, mutta hän on myös samanaikaisesti huolissaan sen mahdollisista haittavaikutuksista. Tässä syntyy konflikti pääministeri Tony Blairin kanssa, joka kannattaa nanoteknologian rahoittamista ja kehittämistä. (Scott, 2003)

Chris Phoenix ja Eric Drexler ovat kirjoittaneet artikkelin ”Safe exponential manufacturing”. Tästä voidaan päätellä, että Drexler - joka 80-luvulla keksi ajatuksen gray goosta - hieman katu ideaansa ja haluaa viilentää syntynyttä kuumaa keskustelua. Tässä artikkelissa vähätellään mahdollisuutta, jonka mukaan gray goo olisi mahdollinen. Sen sijaan siinä ei suljeta pois sitä mahdollisuutta, että joku tarkoituksella kehittää nanobotin, joka mahdollistaa gray goon. Artikkelissa kuitenkin todetaan, että on tehokkaampiakin mahdollisuuksia kehittää ase nanoteknologian avulla. Tällainen ase voisi olla paljon tehokkaampikin kuin gray goon mahdollistava nanobotti, eikä

sen tarvitse olla itseään kopioiva. Tällainen nanoteknologia voisi aiheuttaa kilpavarustelun ja johtaa terrorismiin. On kuitenkin niin, että oikeissa käsissä nanoteknologia voi johtaa uudenlaiseen talouteen, jossa BKT luvut kasvavat tuhansia prosentteja vuodessa ja tällainen nanoajan kansantalous voisi olla huomattavan riippumaton muiden maiden tuotannosta ja tuonnista. Lisääntynyt tuotanto voi johtaa myös negatiivisiin haittavaikutuksiin. Ei ole lainkaan mahdotonta, että nanoteknologia tuottaa tuotteita, jotka ovat ympäristölle haitallisia. Vaikka kyseessä onkin tuotanto, joka tapahtuu molekyylien tarkkuudella, voi se silti johtaa lopputulokseen, joka saastuttaa ympäristöä. Oikeissa käsissä nanoteknologia voi kuitenkin mahdollistaa paljon entistä ekologisemman tuotannon. (Phoenix & Drexler, 2004)



#### 4.8.1 Tämän hetken tilanne nanoteknologian tutkimuksessa ja rahoituksessa.

Elettäessä vuotta 2004 voidaan nanoteknologian todeta kiinnostavan julkista sektoria ja investointeja tehdään kasvavassa määrin nanoteknologian tutkimukseen ja kehittämiseen. Nanoteknologian alan investointien panostus on ollut räjähtävä Euroopassa. Verrattuna vuoteen 1997 on rahoitus kasvanut Euroopan julkisella sektorilla 400 miljoonasta nykyiseen yli 3 miljardiin euroon. Myös yksityinen sektori on panostanut arviolta lähes 2 miljardia euroa – tätä lukua on vaikea arvioida tarkkaan. Näin ollen vuoden 2004 eurooppalaisten investointien määräksi arvioidaan 5 miljardia euroa. On kuitenkin todettava, että EU:ssa jäädytään investointien osuudessa jälkeen Yhdysvalloista ja Japanista EU:ssa yksityisten investointien osuus on 56 % kun se Yhdysvalloissa on 66 % ja Japanissa 74 %. Tällöin voidaan todeta, että tämän hetken tilanne viittaa siihen, että skenaariossa neljä arveltu Japanin voittoisa asema nanoteknologian kehittämisessä tulisi toteutumaan. (Euroopan yhteisöjen komissio, 2004)

#### 4.8.2 Nanoteknologia Euroopan ulkopuolisissa maissa

Yhdysvalloissa kiinnostus nanoteknologiaan on merkittävää. Tässä maassa on käynnistetty National Nanotechnology Initiative-aloitteella kunnianhimoinen t & k- ohjelma ja tähän suunnatut varat ovat lisääntyneet vuoden 2000 noin 220 miljoonasta dollarista noin 750 miljoonaan dollariin vuonna 2003. Tämä luku on kasvamassa, sillä budjettiehdotus vuodelle 2005 on 982 miljoonaa dollaria. Lisäksi osavaltiot ovat suuntaamassa rahoitusta alalle noin 300 miljoonaa dollaria. Liittovaltiotason pitkän aikavälin sitoutuminen nanoteknologiaan on vahvistettu nanoteknologia lailla, joka kattaa vuodet 2005–2008 ja jossa viidelle virastolle kohdennetaan varoja lähes 3,7 miljardia dollaria, mikä yli kaksinkertaistaa niiden rahoituksen nykyisestä vuoteen 2008 mennessä. Tämä luku ei sisällä puolustusalan menoja ja muita aloja, jotka tällä hetkellä muodostavat noin kolmanneksen liittovaltiotason nanoteknologia budjetista. Amerikkalaiset ovat siis kiinnostuneita nanoteknologiasta ja siihen panostetaan kasvavassa määrin julkisia varoja. (Euroopan yhteisöjen komissio, 2004)

Myös Japani on nimennyt yhdeksi tutkimuksen painopisteeksi nanoteknologian vuonna 2001. Rahamäärät nanoteknologiaan kasvoivat jyrkästi 400 miljoonasta dollarista noin 800 miljoonaan dollariin vuonna 2003, millä ohitettiin Yhdysvaltain liittovaltiotason rahoitusmäärät. Rahoitus tulee vielä kasvamaan 20 prosenttia vuonna 2004. Myös Etelä-Korealla on kunnianhimoinen kymmenvuotinen suunnitelma, jossa julkisen rahoituksen määrä on noin 2 miljardia dollaria ja Taiwan suuntaa alalle noin 600 miljoonaa dollaria julkisia varoja kuuden vuoden aikana. Kiina lisää myös varoja nanoteknologiaan, joka on tässä maassa erittäin merkittävässä asemassa, kun asia suhteutetaan maan ostovoimaan. Kiinalainen tutkimus on nopeassa kasvussa ja Kiina on saavuttamassa EU:ta ja Yhdysvaltoja. Myös Venäjän federaatiolla on vankka asema nanoteknologiassa, kuten myös monilla muilla uusilla itsenäisillä valtioilla. Monet muut alueet ja maat kiinnittävät yhä suurempaa huomiota nanoteknologiaan. Näitä ovat esimerkiksi Australia, Kanada, Intia, Israel, latinalainen Amerikka, Malesia, Uusi-Seelanti, Filippiinit, Singapore, Etelä-Afrikka ja Thaimaa. (Euroopan yhteisöjen komissio, 2004)

European Nanobusiness Associationin mukaan Eurooppalainen rahoitus on itse asiassa suurempaa kuin Yhdysvalloissa. Tämän lähteen mukaan edellä mainitut luvut ovat harhaanjohtavia eivätkä kerro tosiasioita. Ero Euroopassa ja Yhdysvalloissa on

näiden lähteiden pohjalta hyvinkin suuri ja Euroopan panostus nanoteknologiaan on paljon suurempi kuin Yhdysvaltojen panostus. European Nanobusiness Associationin mukaan tällaisia budjetteja on hyvin vaikea arvioida objektiivisesti. Erot eri rahoitusmekanismien välillä on suuret erilaisissa talouksissa, eikä Eurooppalaisia lukuja voida näin vertailla suoraan kuten edellä on tehty. Tulkinnan varaa on liiankin paljon ja erehtymisen vaara suuri yritettäessä vertailla tällaisia budjetteja. Mutta toki nämä vertailut voivat antaa suunta antavia arvioita siitä, mikä on totuudenmukainen kehitys, mutta niihin ei pitäisi tuijottaa sokeasti. Siksi edelliseen Euroopan yhteisöjen komission raporttiin pitäisi suhtautua hyvin kriittisesti. (Roman, 2002)

Myös Kiina on herännyt nanoaikakauteen. Tänäpä on Kiinassa tusinoittain merkittäviä tutkimuskeskuksia ja satoja yrityksiä, jotka ovat keskittyneet nanoteknologian kehittämiseen. Tästä tutkimustyöstä on kehittynyt nopeasti miljardien yuanien liiketoimintaa. Tämä tutkimustyö on keskittynyt merkittäviin Kiinalaisiin taloudellisiin keskuksiin, kuten Pekingiin, Shenyangiin, Shanghaihin, Hangzhouhin ja Hong Kongiin. Nämä keskuksot käsittävät noin 90 prosenttia kaikesta nanotutkimuksesta Kiinassa. Kiinan nanoteknologian nopea kehitys on osaksi keskushallinnon väliintulon ansiota. Nanoteknologia on lisätty tärkeimpien teknologisten uudistusten listaan 1990 luvun loppupuolella ja se on nauttinut valtion tuesta National 863 Hi-Tech R&D Plan ohjelman myötä. Tämä suunnitelma takasi suuret investoinnit nanoteknologisille projekteille sekä keskus- ja paikallishallinnoilta. Näyttää siltä, että Kiinan keskushallinnolla on tavoitteena muuttaa heidän tuotantoaan mikroelektroniikasta nanoelektroniikkaan vuoteen 2010 mennessä. Kiina on myös kehittänyt niin siviili- kuin sotilasteknologiaakin, vaikka jälkimmäinen onkin ollut enemmän salassa pidettyä tutkimustoimintaa asian luonteesta johtuen. Nanoteknologia ja sen sotilaalliset mahdollisuudet on Kiinassa hyvin ymmärretty. (Nemets, 2002-2003)

#### 4.9. Tämän hetken trendejä nanoteknologiassa

Erään European Nanobusiness Associationin 2004 tekemän tutkimuksen: ”The 2004 European NanoBusiness Survey: ”Use it or Lose it” mukaan, on olemassa neljä tämän hetken trendiä, jotka kuvaavat mihin nanoteknologian maailma on menossa. Ensimmäinen näistä on havainto, että on olemassa konsensus sille, miten nanoteknologialla on merkittävä vaikutus Euroopan taloudessa. Tämä vaikutus tulee olemaan varsin välitön ja tulee toteutumaan jo kolmen vuoden kuluessa. Niin ikään ollaan huolissaan siitä seikasta, että vaikka Euroopan panostus nanoteknologiaan on varsin korkeaa luokkaa suhteessa muuhun maailmaan, kiinnostus nanoteknologiaan ei ole riittävää. Sekä liikemaailma, että suuri yleisö on huonosti perehdytetty nanoteknologian maailmaan ja tämä huono vastaanotto johtuu heikosta kommunikaatiosta, jota sekä tiedemiehet, että hallitukset harjoittavat. Kolmanneksi liikemaailma on erityisen huolissaan alan säännöksistä. Valtaosa vastaajista koki, että direktiiveistä tulee merkittävä vaikutin liiketoiminnan harjoittamiselle. Näillä säännöksillä voi olla positiivinen vaikutus silloin kun niitä käsitellään asianmukaisesti, mutta myös päinvastaiset vaikutukset ovat mahdollisia. Viimeisenä trendinä on tunne, että Euroopan Komissio voisi tehdä paljon enemmänkin rahoituksen ja direktiivien suhteen. Suurin osa tutkimukseen osallistuneista seuraavat Brysseliä päästäkseen selville vallitsevista direktiiveistä ja niiden kehittymisestä tulevaisuudessa. Monet tutkimukseen osallistuneista kokivat, että nämä säännökset ovat liiaksi suunnattuja akateemiseen maailmaan, eikä käytännön liikemaailmaa ajatellen. (European Nanobusiness Association, 2004)

Tämän ”The 2004 European NanoBusiness Survey: ”Use it or Lose it” mukaan on tehtävissä seuraavanlaisia johtopäätöksiä. Ensimmäiseksi on todettava, että Euroopan hallituksilla ja liikemaailmalla ei ole varaa menettää tätä taloudellista mahdollisuutta, jota Euroopan tutkimusyhteisö tarjoaa sille hopeavadilla. Nanoteknologia vaikuttaa jo olemassa oleviin yrityksiin ja niiden tuotteisiin. Eurooppa tarvitsee voimakkaan ja tehokkaan panostuksen varmistaakseen, että merkittävä eurooppalainen tutkimustyö todella vaikuttaa Euroopan teollisuuteen. Vaihtoehtona on kitulias talouskasvu, jonka seurauksena Eurooppa jää liikaa jälkeen kilpailijoistaan. Toisena on huomattava, että viestintä on heikkoa ja liian vähän on tehty, jotta nanoteknologian saavutukset saataisiin näkyville käytännön liikemaailmassa. Kolmanneksi on todettava, että direktiivien laadinnassa tulisi ottaa huomioon vaikeudet kehittää sopivia direktiivejä näille tuotteille. Kyseessä on

varsin laaja alue ja tulee olemaan hankalaa kehittää kullekin osa-alueelle omat direktiivinsä. Neljänneksi tulisi kiinnittää huomiota siihen, että nanoteknologian tutkimus tuottaa tuloksia, jotka todella vaikuttavat käytännön liikemaailmassa. Akateemisen tutkimuksen tulisi tuottaa tulosta, josta on käytännön hyötyä. (European Nanobusiness Association 2004)

## 5. Visioita nanoteknologia tuotteista

Seuraavassa luetellaan innovaatioita, joita nanomateriaalit voisivat mahdollistaa. Kyseessä on myös luova opinnäyte ja niin olen itse ideoinut uusia käyttökohteita lisää.

### 5.1. Tietotekniikka.

Luonnollisesti nanoteknologia parantaa mahdollisuuksia tehdä tehokkaampia tietokoneita. Kaikki tietokoneen komponentit, kuten mikropiirit ja transistorit voidaan valmistaa pienemmiksi. Tästä seuraa lisääntynyt laskentateho, mutta ongelmina on lisääntyvä lämpö ja tästä seuraava epävarma toiminta. Nanoteknologia voi kuitenkin pienentää näitä ongelmia ja parantaa mahdollisuuksia tehdä tasalaatuisia tuotteita. Paremmat valmistusmenetelmät ja puhtaammat valmistusmateriaalit voivat parantaa mahdollisuuksia tehdä lopultakin täysin toimivia tietokoneita. Nanoteknologian mahdollisuudet tehdä assemblereilla atomitasolla koottavia tietokoneita on jotakin aivan muuta. Tämän päivän elektroniikka on epävarmaa, koska rakennettavat piirit ovat kaksiulotteisia ja molekyylitasolla tapahtuvat virheet kokoonpanossa ovat väistämättömiä. Assemblereilla tehtävä kokoonpano olisi tarkkaa atomitasolla, eikä näitä ongelmia olisi. Komponentit voisivat todella olla juuri sellaisia kuin halutaan myös molekyylitasolla. Mutta nanoteknologialla toteutettava tietokone on periaatteiltaan toisenlainen kuin elektroninen tietokone. Nyt tietokone voisi olla yllättäen mekaaninen. Tietokoneen toiminnassahan ei ole kysymys muusta kuin yksinkertaisten porttien toiminnasta, jotka ovat joko auki tai kiinni. Tähän nykyinen elektroninen tietokonekin pyrkii. Mekaaninen tietokone ei ole uusi ajatus. Sellaista yritettiin rakentaa jo 1800-luvun puoli välissä. Tuolloin Charles Babbage keksi tietokoneen joka oli tehty messinkisistä hammasrattaista. Hänen avustajansa Augusta Ada keksi tietokone ohjelmoinnin. Tämä mekaaninen tietokone ei kuitenkaan ollut toimiva, sillä oli aivan liian hankalaa tehdä näitä messinkisiä hammasrattaita. Ongelmat saivat jotkut aikalaiset epäilemään tietokoneen käyttökelpoisuutta. On selvää, että tällainen vanhanaikainen tietokone on kooltaan varsin iso, mutta kun aletaan tehdä komponentteja atomeista, tulee tietokoneesta varsin pieni. Tällainen tietokone voisi olla satumaisen pieni. Yksinkertainen mekaaninen tietokone voisi mahtua yhteen kuutio mikroniin, joka olisi monta miljardia kertaa pienempi kuin tämän päivän niin kutsuttu mikroelektroniikka voisi olla. Vaikka tällaisessa tietokoneessa

olisi miljardin bitin tietomäärä, mahtuisi se tilaan, joka vastaisi bakteeria. Vaikka mekaaniset signaalit liikkuvat 100000 kertaa hitaammin kuin elektroniset signaalit tämän päivän tietokoneissa niiden pitää kuitenkin matkustaa vain 1/1000000 niin kauas, joten informaation viive ei jää kovin suureksi. On vanha tosiasia, että matkojen kutistuminen lisää elektroniikan nopeutta. Elektroniset nanotietokoneet tulevat olemaan tuhansia kertoja nopeampia kuin elektroniset mikrotietokoneet – ehkä jopa satoja tuhansia kertoja nopeampia. (Drexler, 1986)

## 5.2. Lääketiede ja ikuinen elämä

Ihmisruumis voidaan nähdä molekyylitasolla toimivien koneiden rakennustyömaana ja taistelukenttänä. Tämä ihmisruumis toimii merkittävän hienosti ja monet elimet ovat niin monimutkaisia, että lääketiede ei pysty ymmärtämään niiden toimintaa. Silti erilaiset toimintahäiriöt ovat hyvin yleisiä. Kun keho kasvaa, korjaa itseään tai kasvattaa uutta kudosta, niin voidaan sanoa, että ruumiimme on rakennustyömaa. Solut ottavat rakennusmateriaalia verivirrasta. Nämä hienostuneet molekyylitasolla toimivat koneet, jotka ovat ohjelmoituja solujen geenien toimesta käyttävät näitä veren mukanaan tuomia rakennusmateriaaleja kehon uudistamiseen. Näin syntyy uutta luuta, uusia soluja, ihomme uudistuu ja haavat paranevat. Virheet näissä korjaavissa toiminnoissa lisääntyvät iän myötä. Hampaat kuluvat ja rikkoutuvat, eikä uusia hampaita kasva tilalle. Uutta hiusta lakkaa kasvamasta ja ihoomme alkaa muodostua rypyjä. Vanhemmalla iällä osteoporoosi voi tehdä luistamme todella hauraita. Myös kykymme nähdä lähelle rappeutuu silmän muutosten myötä.

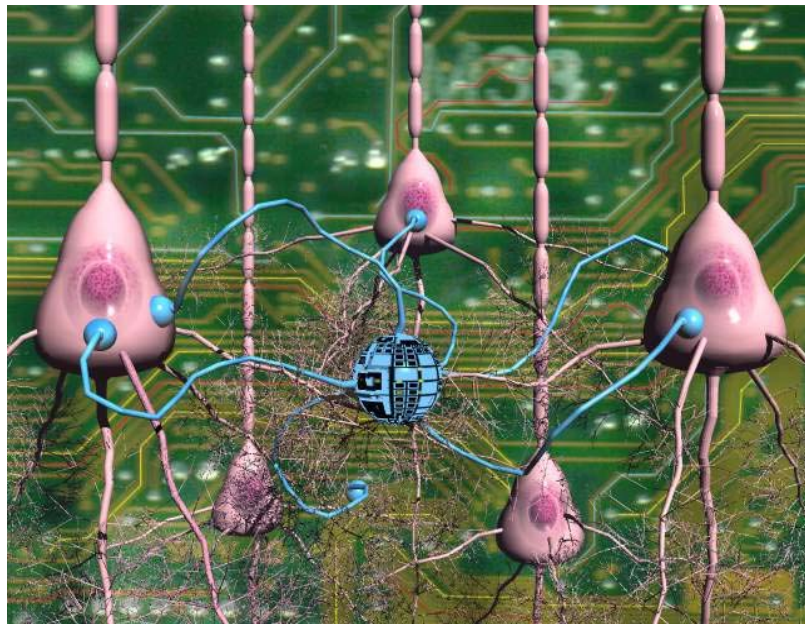
Kehomme on myös taistelukenttä. Erilaiset bakteerit ja virukset hyökkäävät ruumiiseemme. Nämä virukset runtelevat kehoamme ja niitä vastaan on puolustauduttava. Valkosolut kehossamme etsivät ja tuhoavat hyökkääviä bakteereja. Keskeistä tässä kehon immunitettiin suojauksessa on, että miten erottaa ystävälliset solut ja vihamieliset solut toisistaan. Vastaus tähän kysymykseen on vain osittain ymmärretty. Tämä systeemi tekee elämän mahdolliseksi päinvastoin kuin lihalle käy, joka on jätetty huonelämpötilaan oman onnensa nojaan. On kuitenkin niin, että tämä puolustusjärjestelmä ei pysty vastaamaan kaikkiin uhkiin, joita se voi kohdata. Malaria, AIDS, tuberkuloosi ja herpes ovat vastustajia, joilla kaikilla on oma strategiansa kohdata kehomme puolustusjärjestelmä. Syöpä on oma erikoistapauksensa. Kun kehon omat solut alkavat muuttua ja hyökätä itseään vastaan, ei immunointi järjestelmä osaa erottaa enää vihollissoluja terveistä soluista. Toiseksi puolustusjärjestelmämme voi myös ylireagoida hyökäten sellaisiin soluihin, jotka pitäisi jättää rauhaan. Esimerkiksi reuma on esimerkki tällaisesta tapauksesta. Puolustusjärjestelmämme voi siis epäonnistua aiheuttaen kärsimystä ja kuolemaa. (Foresight Institute, 2004)

Lääketieteen mahdollisuudet parantaa ihmisiä kasvaisivat huomasti nanoteknologian myötä. Mikroskooppiset nanobotit voisivat uida verisuonistossa ja yllä pitää tervettä tasapainoa

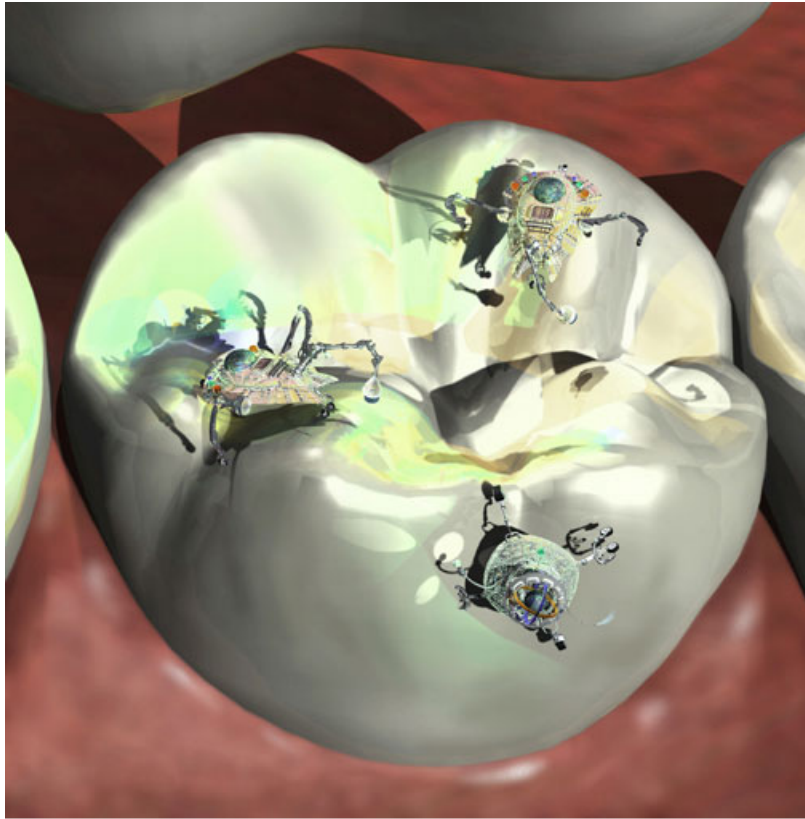


paremmin kuin ihmisruumis normaalisti pystyisi. Periaatteessa nanobotit voitaisiin ohjelmoida suojaamaan kehoa mitä tahansa tautia vastaan. Ne voisivat tuhota syöpäsoluja solu kerrallaan ja korjata esimerkiksi tuhoutuneita aivosoluja. Niin ikään kehon rappeutuminen iän myötä voisi ehkä olla hallittavissa nanobottien avulla, jotka aktiivisesti korjaisivat piloilta menneitä soluja. Näin voitaisiin periaatteessa saavuttaa mielivaltaisen pitkä elinkaari. (Knowledge Context, 2003)

Kuvassa yksi on mustekalan kaltaisia nanobotteja, jotka toimivat ihmisen aivosolujen jatkeena. Kuvassa oleva pallo on keskustietokone, johon on ladattuna useiden kirjastojen verran tietoa. Miljardit nanobotit ovat yhteydessä sekä keskenään, että ihmisen aivosolujen kanssa. Kuvassa kaksi ovat nanobotit tutkimassa ihmisen hammasta. Kuvan nanobotit ovat tuhat kertaa suurempia kuin niiden oikea koko on, jotta kuva olisi selkeämpi ymmärtää. Kuvan kolme nanobotit puhdistavat rasvaa verisuonistosta.

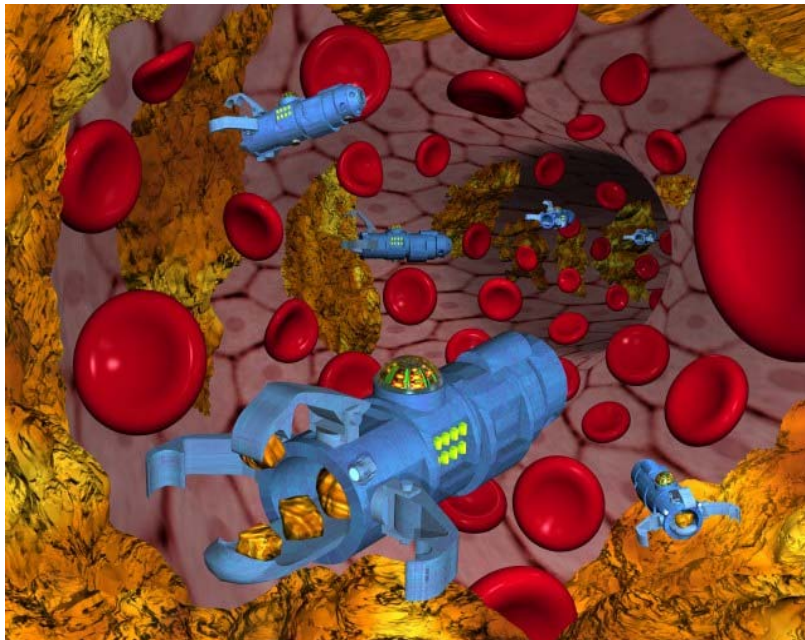


Kuva 1. (Fonseca, 2000)

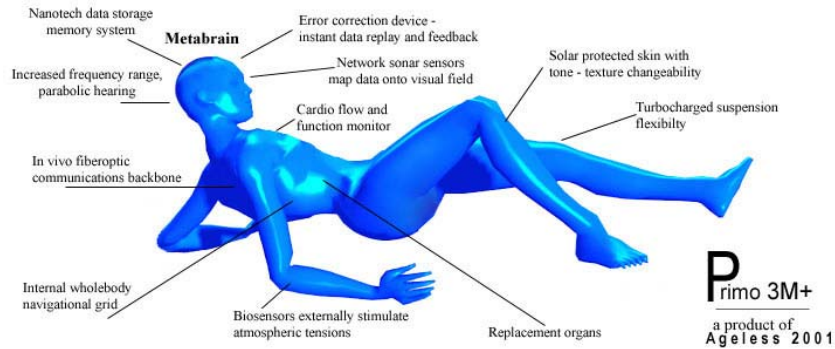


Copyright 2001 American Dental Association

Kuva 2. (Solarz,2000)



Kuva 3. (Fonseca, 2001)



Kuva 4. (Vita-More, 2001)

Kuvassa neljä on ihmisruumis, jonka aisteja on jatkettu nanoteknologian avulla. Nämä ihmisruumiin jatkeet käyttävät hyväkseen tekoälyä.

Alcor foundation on yritys joka toimii yhteistyössä mm. Zyvex-nimisen yrityksen kanssa, jossa työskentelee mm. Nobel palkittuja fyysikkoja. Zyvexiä pidetään eräänä mielenkiintoisimmista Texasin yrityksistä. Alcor pakastaa nestemäiseen tyypeen ihmisiä, joiden sanotaan olevan kuolleita. Ajatellaan, että tulevaisuudessa äärimmäisen pienet nanobotit korjaavat soluja pakastamisen jäljiltä. Periaatteessahan voidaan ajatella, että ei ole olemassa mitään estettä sille, miksi ihmistä ei voisi koota uudelleen atomeista entisenlaiseksi nuoreksi ihmiseksi, jollainen hän oli 20-vuotiaana. On todettava, että on olemassa ihmisiä, jotka on pakastettu nestemäiseen tyypeen ja sittemmin henkiin herätetty on jo keskuudessamme. Heidät on keinohedelmöitetty spermalla, joka on ollut säilöttyinä nestemäiseen tyypeen. Ainakin näin pienessä mittakaavassa ja käyttäen yksinkertaista esimerkkiä voidaan todeta, että periaate todella on toimiva.

### 5.3. Ihoa myötäilevä joustava avaruuspuku

Nanoteknologiaa voidaan käyttää myös vaatteissa. Tulevaisuuden untuvatakki lienee jokamiehen avaruuspuku, joka on lujaa kuin teräs, mutta silti täydellisen joustava. Vaate voisi venyä pienten mikroskooppisten moottoreiden avulla sieltä, mistä sen pitää venyä ja kutistua sieltä missä on suurin tarve. Niin ikään itse korjautuvana tämä kangasmateriaali kestää pitkään ja voi pelastaa katastrofilta avaruuden kylmässä tyhjiössä repeämän sattuessa kankaaseen. Edelleen tämä kangas voisi voimistaa käyttäjän liikkeitä ja mahdollistaa menestyksekkään sylipainin vaikkapa gorillan kanssa. Näillä vaatteilla voit nostaa suuria painoja ja lyödä kaikki pituushypyn nykyiset maailmanennätykset. Tätä materiaalia käytetään myös tässä tutkimuksessa toisessa esimerkissä. (Drexler, 1986)

#### 5.4. Avaruushissi

Avaruushissi mahdollistaisi satelliittien lähettämisen taivaalle edullisin kustannuksin. Avaruushissi voidaan ajatella vaijeriksi, joka ulottuu maasta maata kiertävälle radalle. Satelliitti hinattaisiin taivaalle tämän vaijerin varassa, mikä olisi hyvin edullista. Teräksestä tehtynä tällainen vaijeri olisi selkeä mahdottomuus; se ei kestäisi edes omaa painoaan ja hajoaisi jo paljon ennen tavoitetta. Mutta itse korjautuvista nanomateriaaleista toteutettuna se ei ehkä olisikaan mikään sula mahdottomuus. Jos lujuudet ovat todella sitä luokkaa, että teräs voitetaan satakertaisesti, painon ollessa myös merkittävästi kevyempi ei avaruushissikään tunnu aivan mahdottomalta ajatukselta. (NASA, Al Globus & al, 1999)

## 5.6. Täysin ekologinen teollinen tuotanto

Väitetään, että teollisuus aina saastuttaa. Nanoteknologia voi muuttaa tämän valitettavan kuvion. Nanoteknologian luomissa puitteissa voidaan ajatella puhdistusteknologian olevan kertainvestointi, joka maksaa itsensä takaisin. Lopputuloksena voi olla jopa puhtaampi ympäristö, joka meillä oli ennen industrialismia. Nanoteknologian voimaa piilee ajatuksessa, että voidaan luoda assemblereita, jotka kopioivat itseään edullisesti ja tehokkaasti. Täten voidaan saada aikaiseksi mikroskooppisten puhdistajien suunnaton armeija, joka voi molekyyli molekyyiltä puhdistaa saasteet tehtaiden tuotannosta. Jätteet voidaan eritellä lähes 100 % tehokkuudella, jonka jälkeen ne voidaan eritellä ja lajitella uusiksi raaka-aineiksi. Mitään ei tarvitse päästää luontoon, vaan kaikki jättemateriaali voidaan lajitella hyötyaineiksi. Niin ikään jo luontoon päässet jätteet, kuten 1900-luvulla tuotettu hiilidioksidi, voidaan eritellä ja lajitella vaikkapa pilvenpiirtäjien rakennusmateriaaliksi nanomateriaalin muodossa. Nanobottien valmistuksen aiheuttamat jätteet saadaan täysin hallintaan nanoboteilla, jotka puhdistavat nämä jätteet. On ideoitu suuria ilmakehän puhdistamiseen ja ylläpitämiseen tarkoitettuja jättiläismäisiä puhdistuslaitoksia, jotka puhdistavat ilmakehän tasapainoisemmaksi ja puhtaammaksi kuin mitä se on koskaan ollut. Nanoaikakaudella voisimme aloittaa biosfäärin huoltamisen ja ylläpidon sen sijaan, että jatkuvasti kyseenalaistamme koko olemassa olomme tuhoamalla biosfääriä. (Foresight Institute, 2004)

Voimmeko edes ylpeillä uudella hienolla teknologialla, jos se saastuttaa? Saastuminen on merkki alhaisesta teknologian tasosta ja merkki riittämättömästä kyvystä hallita materiaalivirtoja. Mutta nanoteknologian avulla teollisuus voisi tuottaa tuotteita ennennäkemättömällä laadulla, mutta ilman saasteita. Koko vanhanaikainen tuotantoprosessi voisi korvaantua aivan uudella tavalla. Nanoteknologia merkitsee atomien järjestelyä kontrolloidulla tavalla. Tämä merkitsee sitä, että kaikkia atomeja voidaan käsitellä yksi kerrallaan ja ne atomit, joita ei haluta päästää ympäristöön voidaan kierrättää tai palauttaa materiaalivarastoon. Tämä olisi todella tehokas tapa käsitellä teollisuuden materiaalivirtoja ja mitään ei tarvitsisi päästää jätteinä ympäristöön. Kyseessä on radikaalein vihreä näkymä koko teollistuneella vuosisadallamme.

Tämä visio ei kuitenkaan toteudu automaattisesti, vaan

ainoastaan utteran työskentelyn tuloksena. Mikä tahansa tehokas teknologia voidaan hyväksikäyttää joko terveellä tai sairaalla tavalla ja nanoteknologia ei ole poikkeus. Tänään näemme vain vaivalloisen yrityksen harjoittaa ympäristön puhdistusta ja ennalleen palauttamista. Osa tästä hidastaa ympäristön tuhoutumista, mutta julkinen paine harjoittaa ympäristön suojelua on olemassa. Silti tämä halu harjoittaa ympäristönsuojelua on varsin pientä ja sitä vastustaa varsin suuret taloudelliset paineet, jotka määräävät nämä toimenpiteet varsin alhaiselle tasolle.

Mutta jos nämä taloudelliset paineet katoisivat, ei se silti välttämättä merkitsisi vihreiden voittoa asiassa. Tehokas tapa voittaa taistelu on antaa vastapuolelle jokin houkutteleva vaihtoehto taistelulle. Tähän asti taloudellisin tapa toimia on ollut saastuttaa ympäristöä. Nanoteknologia voisi tarjota vaihtoehdon tälle tavalle toimia. Jos voitaisiin tuottaa asioita atomi kerrallaan, voisi esimerkiksi jätteiden hyötykäyttö nousta uudelle tasolle. Enää ei olisikaan taloudellinen tapa toimia hukkaamalla käyttökelpoista raaka-ainetta luontoon, vaan nämä aineet voitaisiin ottaa hyötykäyttöön. (Foresight Institute, 2004)

On tietenkin selvää, että vastaan saattaa tulla ennalta arvaamattomia ongelmia nanoteknologiaa kehiteltäessä. Aivan kuten fuusioydinvoima on edelleen rakentamatta mahdollisilta tuntuvien ongelmien edessä, voi nanoteknologiakin näyttää paperilla paremmalta kuin onkaan. Toisaalta on huomattava, että nanoteknologian eteen tulevat ongelmat eivät välttämättä ole lainkaan sitä samaa mahdollottoman vaikealta tuntuvaa kokoluokkaa, kuin mitä fuusioydinvoiman kehittäjät ovat kohdanneet. Onhan kuitenkin niin, että plasma joka on fuusion edellytyksenä pitää kuumentaa 100 miljoonaan asteeseen, joka on kuusi kertaa suurempi lämpötila, kuin auringon ytimessä on laskettu olevan. Mielestäni on suuri ihme, että tällainen laite on saatu toimimaan vakaana edes yhden sekunnin ajan. Kyseessä on todella järkyttävän iso lämpötila. Itse asiassa pelkästään se seikka, että laite on toiminut yhden sekunnin ajan antaa minulle uskoa fuusioydinvoiman toteutumisen huomiseen. Koe selvästi osoittaa, että laite on periaatteessa mahdollinen myös empiirisellä tasolla. Fuusioydinvoiman kehittäjät jaksavat vielä uskoa huomiseen, vaikka aikatauluista on myöhästetty pahemman kerran. Tämä johtuu myös siitä, että fuusioreaktorin plasman käyttäytymistä on aivan viime vuosina onnistuttu mallintamaan myös tietokoneella. Ongelmanahan on ollut kokeiden tekemiseen kuluva aika ja niiden kalleus. Vielä 80-luvulla naurettiin fuusioydinvoiman kehittäjille, jotka uskoivat

tietokonesimulaation voimaan reaktorin kehittämisessä. Tänä päivänä asia on toisin. Kehittynyt 3d mallinnus on parantanut merkittävästi tietokonesimulaation ennustevoimaa. Silti yhden sekunnin ajan mittainen mallintaminen kestää tietokoneelta runsaan kuukauden. Mutta tietokoneethan kehittyvät huimaa vauhtia ja 1000 kertaa nopeampi pöytätietokone on jo mahdollisuuksien rajoissa kohtuullisen lyhyen ajan kuluttua. Sellaisista koneista kootulla supertietokoneella laskee jo aivan eri tavalla erilaisia arvioita plasman käyttäytymisestä 100 miljoonan asteen lämpötiloissa. Joten toivoa sopii, että taloudellinen fuusioydinreaktori on mahdollinen 30 vuoden kuluessa, kuten akateemikko Miklos Porkolab arvioi. Mikäli onnistutaan todella ymmärtämään plasman käyttäytyminen matemaattisesti, on fuusioon liittyvät ongelmat periaatteessa ratkaistu. Tämä ongelma on pääasiassa matemaattinen ja sen ratkaiseminen tietokoneella ja terävillä tutkijan aivoilla tunnu mahdottomalta. (Thomson, 2002)

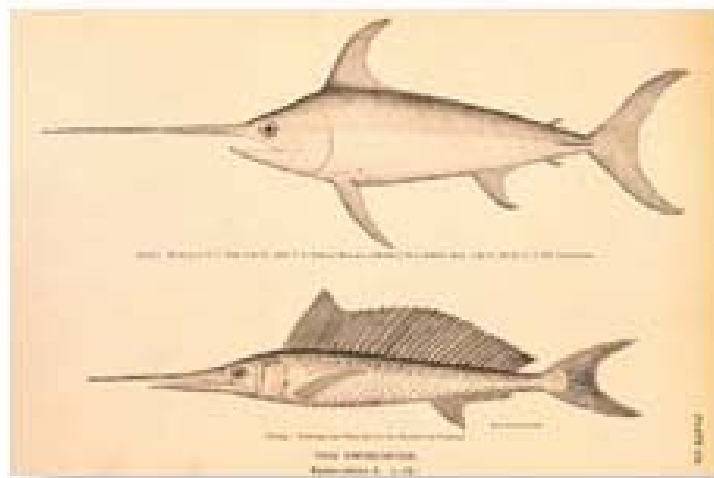


## 6. EHDOTUKSIA HUOMISPÄIVÄN AJONEUVOIKSI

### 6.1 SpaceBoy ja Peugeot Philadelfia

Konseptini huomispäivän autoksi on kahdenlainen. SpaceBoy on auto, joka lentää, sukeltaa, toimii veneenä ja lisäksi sillä voi ajaa pienillä nopeuksilla teitä pitkin. Siksi tein myös toisen konseptin, Peugeot Philadelfian, joka on perinteisempi auto. Sen sijaan uskon, että tulevaisuus vuonna 2100 on jo selvästi lentävien autojen aikaa. Mollerin skycar on jo lentänyt onnistuneesti nousu- ja laskulentoja. Koska skycar on toiminut testilennoissa, on mielestäni varsin mahdollista, että jo varsin pian pystytään kehittämään lentävä auto käytännön tasolla. (Moller, 2003)

Tavoitteeni, joka on myös lentävä, että sukeltava auto, onkin kauempana tulevaisuudessa ja edellyttäne nanoteknologian läpimurtoa.

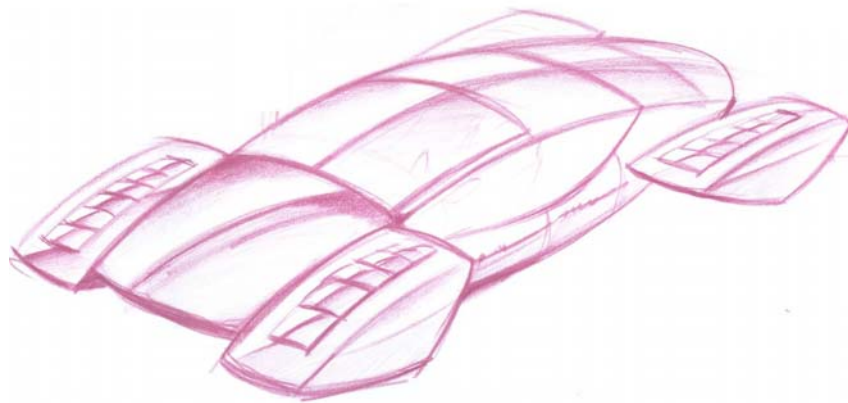


Kuva 5. (American Fisheries Society, 2000)

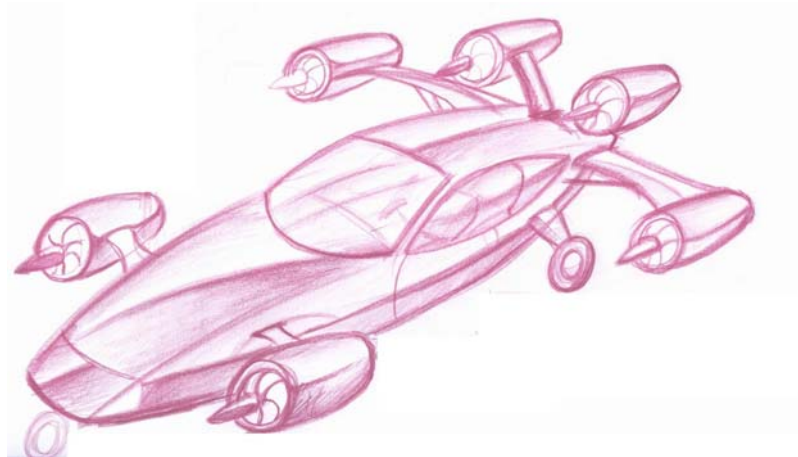
Spaceboy ottaa muotoilussaan vaikutteita eläinmaailmasta. SpaceBoy muistuttaa miekkakalaa, kuva 5. Tämä kala on mielestäni kaikessa virtaviivaisuudessaan varsin menevän näköinen luomakuntamme kala. Jos otamme vaikutteita tästä hydrodynaamisesta designista, saamme luultavasti konseptin, joka on sekä näyttävä, että aerodynaaminen ja lisäksi vielä

hydrodynaaminen. Muotoilussa pyritään välttämään kulmikkautta, koska tällaiset muodot eivät yleensä ole aerodynaamisia. Taustalla saattaa vaikuttaa myös Stefan Lindforsin eläinkunnasta ottamat vaikutteet muotoilussa. On kuitenkin huomattava, että Lindfors on viehätynyt enimmäkseen hyönteisistä, kun taas tässä projektissa vaikuttavat valtamerten eläinten muodot. Lindfors on toki hyödyntänyt myös valtamerten kalojen runsaita muotoja eräissä töissään. Mutta Lindfors ei varmasti ole ensimmäinen eikä viimeinen muotoilija, joka ottaa virikkeitä luomistyölleen luonnosta. (Cameron, 2003)

Seuraavissa kuvissa esitellään kolme konseptia, jotka ovat vaihtoehtoja valitulle designille. Lopullinen valinta osoittautui helpoksi, sillä onnistuin kehittämään varsin persoonallisen vaihtoehdon näille malleille. Peugeot Spaceboy on jossain määrin myös retrofuturistinen konsepti ja ilmentää hieman 40-luvun ihmisten näkemyksiä tulevaisuuden raketimuotoilusta. Tässä mielessä laitteessa on elementtejä vanhasta streamline muotoilusta, jota edustaa eräät 50- ja 60-luvun amerikkalaiset autot. Nämä autot ovat romantisoituja näkemyksiä Flash Gordon- henkisestä raketimuotoilusta. Kaikesta huolimatta ihmisillä on vaikeuksia usein hyväksyä uusia asioita, joita tekniikka tarjoaa. Siksi auton ulkonäköön on haluttu saada vaikutteita tulevaisuuden esihistoriasta.



Kuva 6. (Laiho, 2005)



Kuva 7. (Laiho, 2005)



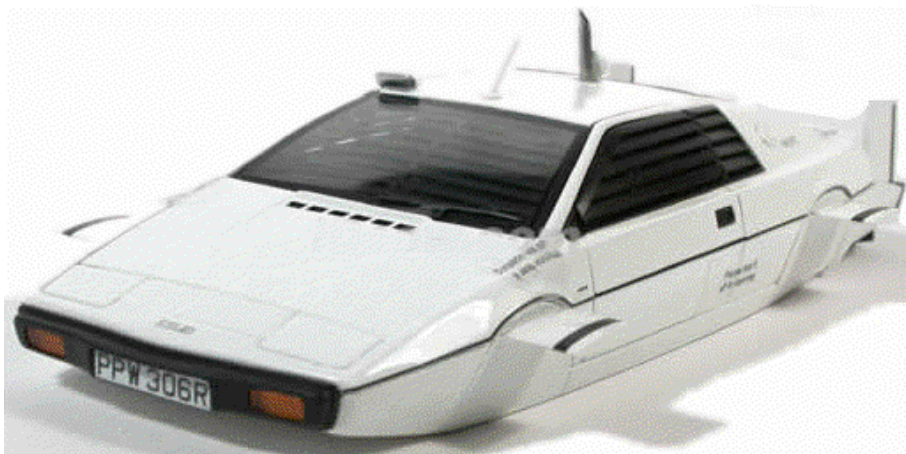
Kuva 8. (Laiho, 2005)

Myös Star Wars the Fantom Menace elokuvassa nähdyt avaruusaluukset ovat olleet mielessä läsnä kun tätä autoa on suunniteltu. Tämä siksi, että nykyiset 10-vuotiaat ovat noin yhdeksänkymmentä vuotta vanhoja, kun tämä auto lanseerataan valmiina markkinoille. Jos nanoteknologia on vuonna 2080 voimissaan myös lääketieteellisyydessä, niin nämä ihmiset ovat tuolloin vielä parhaassa ajokunnossa. Lapsuuden muistojen heijastaminen heidän tulevassa kulkuneuvossaan voi olla hyvä myyntikeino. Myös James Bondin käyttämät nykyiset ihmeautot saattavat tulla mieleen tätä konseptia tarkasteltaessa. James Bondin käyttämä futuristinen teknologia on ollut myös tässä työssä inspiraation lähteenä. Elokuvassa ”The spy who loved me” esitellään sukeltava Lotus Esprit, kuva 7. Tämä

italialaista muotoilua oleva urheiluauto jäi lähtemättömästi tekijän mieleen. Kuvassa 6 esitellään Giugiaron klassinen muotoilu. Nämäkin muistot saattavat herätä vuonna 2080. Kuvan Mollerin Skycarista löytää sivuilta [www.moller.fi](http://www.moller.fi). Tämä on esikuva lento-ominaisuudelle. Kun risteytämme nanoteknologian, Bondin sukeltavan auton ja Mollerin Skycarin niin saamme lopputulokseksi tämän gradun johtopäätökset tulevaisuuden ajoneuvoista.



Kuva 6. (1\_18scalecars.com)

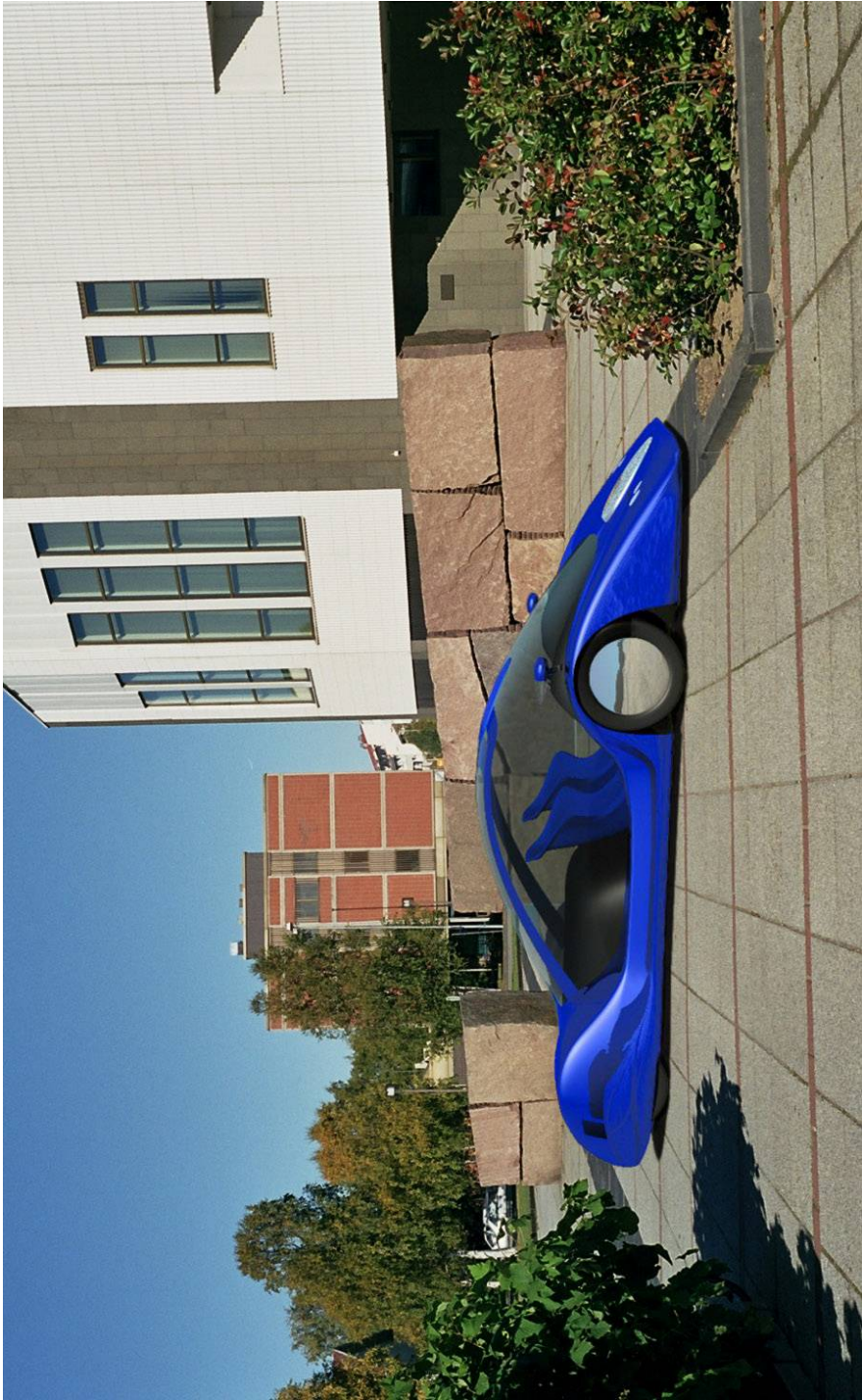


Kuva 7. (Bond submarine)

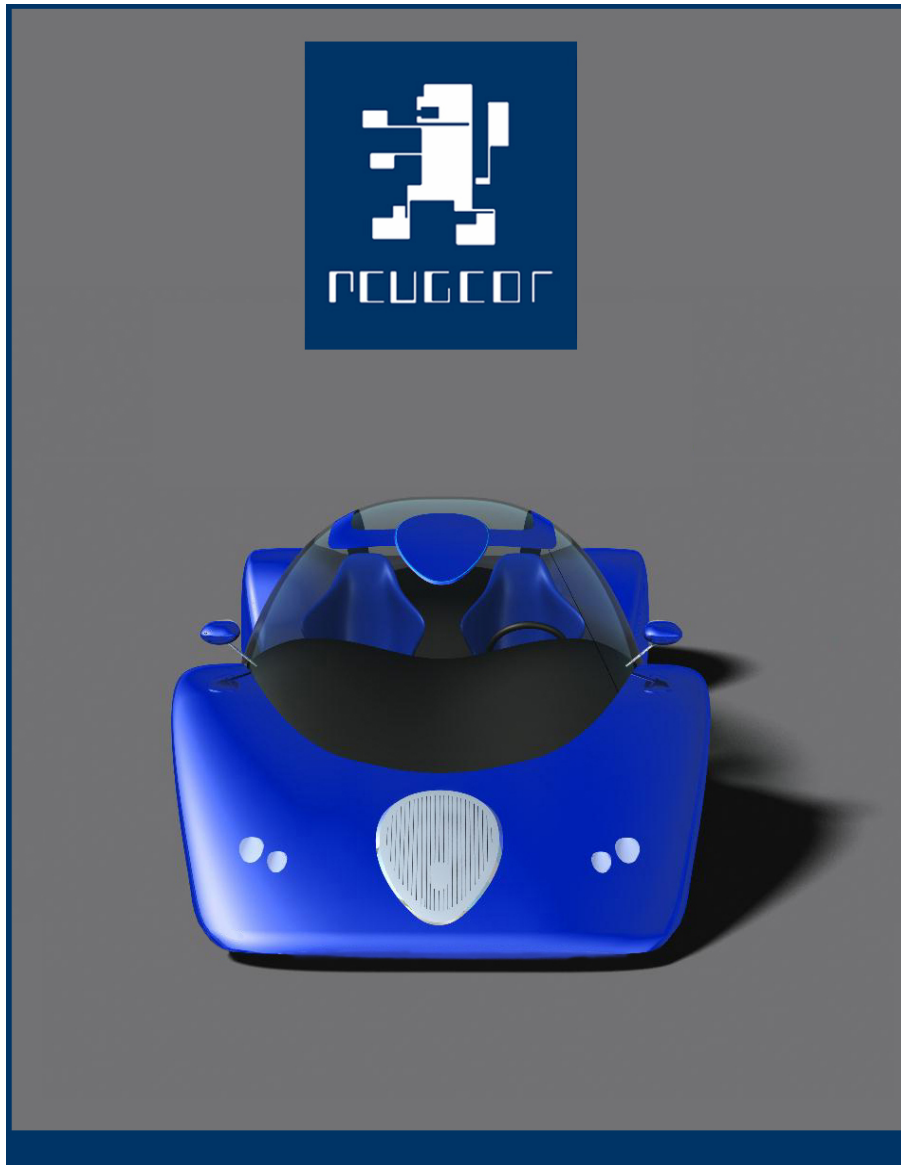


Kuva 8.(Laiho, 2005)

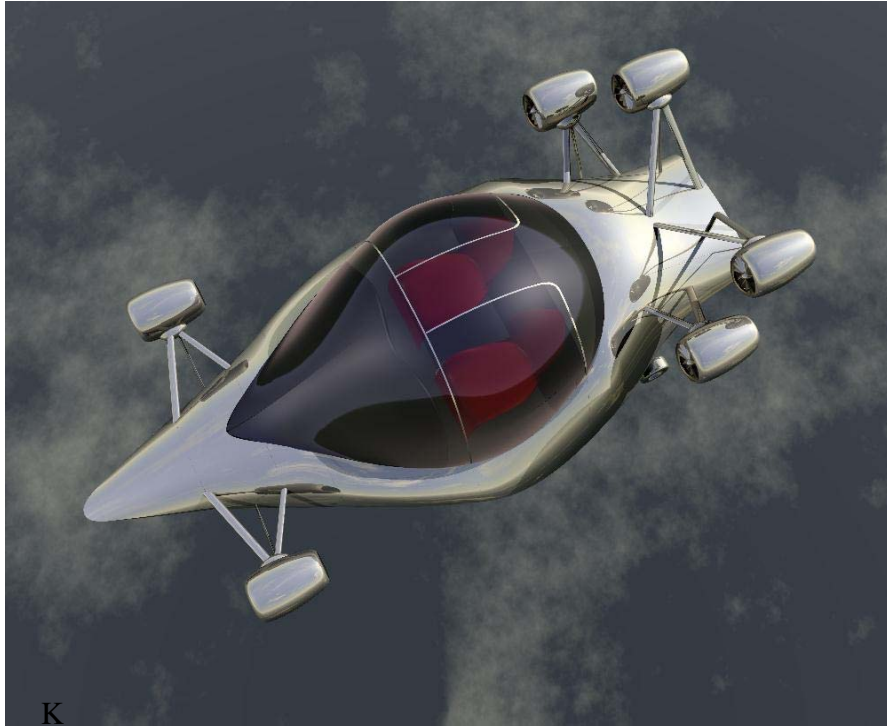




Kuva 9. (Laiho, 2005)



Kuva 10. (Laiho, 2005)



Kuva 11. (Laiho, 2005)



## 7.2 SpaceBoyn tekniikkaa.

SpaceBoy on vetyauto. Vetyauton tulevaisuus alkaa jo hahmottua ja ensimmäisiä kohtuullisen toimivia malleja on jo olemassa. Vety on yksi varteenotettavimmista vaihtoehdoista bensiinikäyttöisen auton polttoaineen korvikkeena. Vety muutetaan sähköksi polttoainekennostoissa ja johdetaan sitten totuttuun tapaan sähkömoottoriin. Tämä on erittäin tehokasta palamista – itse asiassa kaikkein tehokkaimpia palamisen muotoja mitä tunnetaan. Periaatteessa on mahdollista, että tekniikan ollessa kypsää on vetyauto hyötysuhteeltaan 2-3 kertaa tehokkaampi, kuin nykyinen bensiiniauto. Vetyauto on siinä mielessä ekologinen, että tässä palamisessa jossa sähkö muodostetaan, syntyy jätteenä vain vettä. (Sperling, 1995) Ongelmana onkin vedyn ekologinen tuottaminen. Jos vedyn tuottamisessa tarvittavan sähkön tuottamiseen käytetään perinteistä hiilivoimaa, niin lopputulos saastumisen suhteen on aivan sama kuin perinteisillä bensiiniautoilla. (Riley, 2003) Edelleen, jos tuottamisessa käytetään ydinvoimaa, on lopputuloksena paljon ydinjätettä. On olemassa kuitenkin visioita, joissa vedyn tuottamiseen käytetään tuulivoimaa tai aurinkovoimaa. Saharassa olevat suuret aurinkopaneelit voisivat mahdollistaa ekologisen vedyn massatuotannon.

SpaceBoylla on kuusi sähkömoottoria, joiden teho on noin 100 hevosvoimasta 120 hevosvoimaan. Nämä sähkömoottorit ovat jäädytettyjä noin – 250 Celsius asteeseen eli noin 25 ja 50 Kelvin asteen välille. Tällaisia moottoreja on jo tutkittu ja näissä lämpötiloissa on jo mahdollista saada kohtuullisen korkeatehoinen sähkömoottori aikaiseksi. Eräs esimerkki on moottoriprojekti, jota rahoittaa U.S. A hallitus. ( U.S. Department of Energy, 2003) Kyseessä on 1000 hevosvoiman sähkömoottori, jonka tehokkuus perustuu suprajohtavien käämitysten ja magneettien hyväksikäyttöön. Koska käämeillä ei ole lainkaan vastusta, olisi vastaavankokoinen esimerkki ilman suprajohtavuutta jokseenkin mahdotonta toteuttaa. Nyt tehdään rohkea arvaus, että kutistamalla tämä 1000 hevosvoiman moottori kooltaan kymmenesosaansa on mahdollista aikaansaada tehokas ja hyvin pieni 100 – 120 hevosvoiman sähkömoottori tähän tutkielmaan moottoriksi. On selvää, että tämä saattaa edellyttää myös huomattavasti tehokkaampaa jäädytystä kuin 1000 hevosvoiman toimiva malli, mutta nanomateriaaleista tehdyt jäädytysputket voisivat sietää nestemäisen heliumin huomattavan suuria paineita, paljon suurempia, kuin mitä nykyiset teräspohjaiset materiaalit. Nestemäinen heliumi kiertää siis suurella paineella varsinaisesta painesäiliöstä moottoreihin ja takaisin kuin veri

ihmisruumiissa. Kerrattakoon vielä, että nanomateriaalit kestävät 100 kertaa lujempia rasituksia kuin paras teräs.

Niin ikään on jo mahdollista tehdä hyvinkin pieniä matalan lämpötilan pakastimia, joka mahdollistaa lämpötiloja lähelle absoluuttista nolllapistettä. (NASA Ames Research Center, 2003). Nanoteknologia mullistavilla materiaaleillaan voisi mahdollistaa vaaditut suuret paineet jäähdytysmateriaalille ja nostaa jäähdytyksen aivan uudelle tasolle.

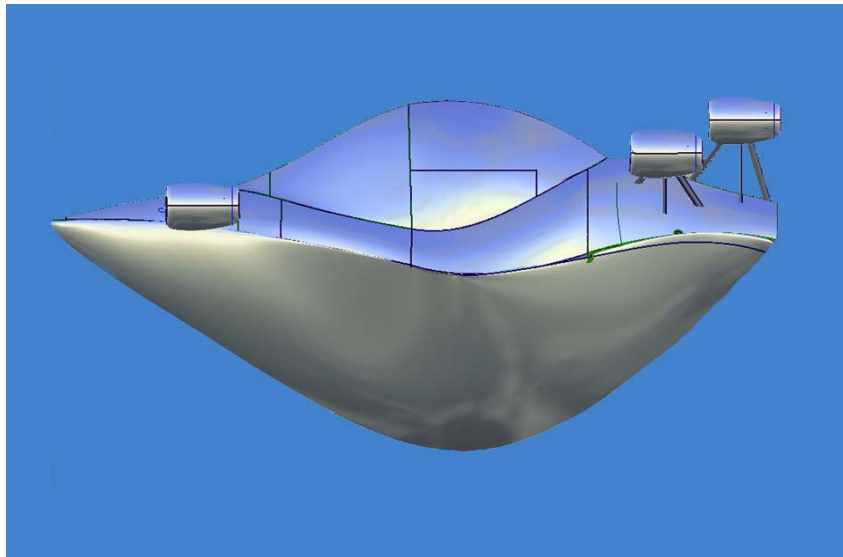
Tästä ei ole pitkä matka vastaavaan kryogeeniseen pakastimeen, joka pystyisi vaadittuun 25 ja 50 Kelvin asteen lämpötilaan, etenkin jos voidaan apuna käyttää tätä kaiken mullistavaa nanoteknologiaa. Kyseessä on pakastin, joka pystyy tuottamaan hyvin matalia lämpötiloja lähelle absoluuttista nolllapistettä. Kryotekniikka saattaa sekin ottaa jättiharppauksia seuraavien vuosikymmenien aikana. Silti tämä tutkimus on varovaisesti ajateltu siltä pohjalta, että näin ei tule tapahtumaan. Voi kuitenkin käydä niin, että nanoteknologian myötä opitaan käsittelemään myös keraamisia materiaaleja aiempaa joustavammalla tavalla. Tällä hetkellä ongelma on parhaan löydetyn suprajohteen, kuparioksidin, hauraus sitä käsiteltäessä ja muokattaessa. Siitä on hyvin vaikeaa valmistaa nykytekniikalla mitään johtimia ja näin käämityksiä esimerkiksi juuri sähkömoottoreihin.

Kuparioksidi muuttuu suprajohtavaksi jo  $-135$  Celsius asteessa, joten jäähdytys voitaisiin helposti järjestää nestemäisellä tyypellä, joka on halpaa ja huomattavasti helpompi käsitellä kuin nestemäinen helium. Tämä jo varsin mahdollinen ja korkea lämpötila perustuu uusimpiin tutkimustuloksiin. On mahdollista, että suprajohtavuuden salaisuus on jopa pian ratkeamassa. Siksi on tehty oletuksia, joiden pohjalta SpaceBoy tuntuu realistisemmalta. (Pennicott, 2002).

SpaceBoy myös sukeltaa vedessä ja toimii tehokkaana moottoriveneenä. Tämän mahdollistaa pohjan materiaali, joka on sovellus Drexlerin ajatuksista täysin joustavasta ja teräksenlujuisesta nanokankaasta. (Drexler 1986). Tämä kangas voi venyä, koska se on täynnä pieniä sähkömoottoreita ja pystyy säilyttämään muotonsa. Periaatteessa sama kangasmateriaali voisi voimistaa astronautin liikkeitä tehtäessä voimaa vaativaa työtä. SpaceBoyn koko pohja on tällaista materiaalia. Se pystyy venymään nopeasti ja täyttymään hetkessä vedellä. Sen täytyy olla kohtalaisen suuri, koska aluksen keskimääräisen tiheyden täytyy olla yli luvun yksi, joka on sovittu veden tiheydeksi. Jos tiheys on alle yhden, ei

sukellusvene voi upota, jos se on yli yhden, sukellusvene uppoaa. (Blanchard, 1999)

Silloin kun SpaceBoy toimii kuten moottorivene, täyttyy pohjan osa kuten köli ja on täytetty vedellä. Näin runko on myös jäykkä kuin teräs ja näin syntyy kätevästi köli lentoautoon. Painona on jokseenkin pakko käyttää vettä. Myös lentoauton pyörät tulevat kätevästi pohjan läpi, johon aukeavat aukot silloin kun tähän on tarve.



Kuva 12. (Laiho, 2004)

Seuraavassa vertaillaan kahta visiota, Mollerin Skycaria ja tulevaisuuden Spaceboy konseptia. Mollerin Skycar on toistaiseksi ainoa vähänkin vakavasti otettava yritys toteuttaa lentävä auto massatuotantoon. Jotta laite voisi lentää, täytyy päteä seuraava yhtälö:

[asennettava hevosvoima/Bruttopaino]  $\sim$  0.5

Juuri tässä tuleekin nanomateriaalien mahdollisuudet hyvin esille. Jos materiaali on 100 kertaa lujempaa ja kymmenen kertaa kevyempää kuin paras teräs, voidaan erittäin pienillä ainevahvuuksilla saavuttaa kyllin luja kori lentolaitteelle, joka on kuin höyhänen kevyt. Lisäksi on hyvä pitää mielessä, että periaatteessa 1000 kertaa suurempiin lujuuksiinkin voidaan ehkä päästä. Olen siis seuraavassa laskenut, että SpaceBoyn rungon paino ilman polttoainetta, ihmisiä ja hyötykuormaa on 4.75 kilogrammaa. Ja koska painoa on ennemminkin liian vähän, kuin liikaa on mahdollista panssaroida Spaceboy siten,

että se sukeltaa 100 metrin syvyydessä. Lisäksi tämä ylimääräinen paino sukellusta varten antaa huomattavan kolariturvallisuuden. Näin saamme kaksi mielenkiintoista ominaisuutta hyödynnettyä yhdellä kertaa. (Moller, 2001)

Siksi oikea tapa lähestyä lentoauton painoa on johtaa se sukellusveneestä. Seuraavassa taulukossa on esitettyä pienen sukellusveneen tiedot:

|                          |                  |
|--------------------------|------------------|
| <b>Pituus</b>            | 3.65 m           |
| <b>Korkeus</b>           | 2.1 m            |
| <b>Kokonaiskorkeus</b>   | 2.5 m            |
| <b>Kokonaiskorkeus</b>   | 2.5 m            |
| <b>Draft</b>             | 1.9 m            |
| <b>Hull diameter</b>     | 1.9 m            |
| <b>Paino</b>             | 4.75 metric tons |
| <b>Operational depth</b> | 300 m            |
| <b>Hyötykuorma</b>       | 290 kg           |
| <b>Drop weight</b>       | 100 kg           |
| <b>Miehistö</b>          | 1 + 2            |

Tämä sukellusvene, joka pääsee siis 300 metrin syvyyteen painaa 4.75 tonnia ja on tehty teräksestä. (Global Submarines, 1999)

Vastaavan suuruinen lujuus saavutettaisiin mielestäni 100 kertaa lujemmilla ja kymmenen kertaa kevyemmillä materiaaleilla vain 4.75 kilogramman painolla. Tämä on todella vähän. Tällaisen laitteen keveys ja lujuus on jotain aivan uskomatonta. On selvää, että SpaceBoyn lento-ominaisuudet, kolariturvallisuus ja kyky sukeltaa jopa 300 metriin kertovat omaa kieltään tästä materiaalista, jota on jo tehty pieniä määriä laboratorioissa. Jos nanoteknologia onnistuu, niin tulevaisuus on uskoakseni lentävien autojen valtaama. Kaikki laitteet ja kojeet voidaan valmistaa nanomateriaalista. Tämä johtuu siitä, että nanomateriaalit voivat johtaa myös sähköä. Lentolaitteen nettopainoksi tulee tällöin hyvin pieni luku. Tämä on laskettu

seuraavasti: Ongelmana on ennemminkin liiallinen keveys; pyörremyrsky veisi laitteen helposti mukanaan ja vahva myrskytuuli voi olla ongelma näillä tehoilla. Suurempitehoisilla moottoreilla voitaisiin tietenkin kompensoida käyttäytymistä voimakkaassa tuulesakin. Tilanvaraus Spaceboyn moottoreille ei ole suuri, mutta on huomattava, että nanoteknologia voi ehkä mahdollistaa myös voimakkaampien moottorien valmistamisen.

Jatketaan vertailua seuraavassa:

|  |                                  |
|--|----------------------------------|
| <i>Moller M 400</i>                                      | <i>Peugeot Spaceboy</i>          |
| 4 matkustajaa (200kg/henkilö)<br>kg/person)              | 2 matkustajaa (200<br>kg/person) |
| Huippunopeus 390 MPH<br>MPH                              | Huippunopeus yli 390<br>MPH      |
| Toimintasäde 1400 Km                                     | Toimintasäde 5000 Km             |
| Hyötykuorma täysillä tankeilla<br>336 Kg                 |                                  |
| Bruttopaino 1090 Kg/2400lbs<br>Kg                        | Gross weight: payload 150<br>Kg  |
| + rungon paino 4,75 kg                                   |                                  |
| + vety, ilma ja helium 140 kg                            |                                  |
|  | Yhteensä: kg 294                 |
| Moottorien teho 960 HP<br>720HP                          | Moottorien teho 600-<br>720HP    |
| Asennettu hevosvoima/ajokki<br>hevosvoima/ajokki<br>1.03 | ~ 0.5 Asennettu<br>~ 0,86 -      |

Koska SpaceBoyn rakennusmateriaali on varsin kevyttä ja varsinainen paino muodostuu polttoaineesta, kuljetettävien ihmisten määrästä ja matkatavaroista voidaan näistä painoista säästämällä radikaalisti vaikuttaa suorituskykyyn. Tehon Minimivaatimus VTOL tekniikalla toimivalle lentolaitteelle ylittyy reilusti ja voidaan puhua todella tehokkaasta laitteesta, joka kiertää rinkiä skycarin ympäri. (Moller, 2001)

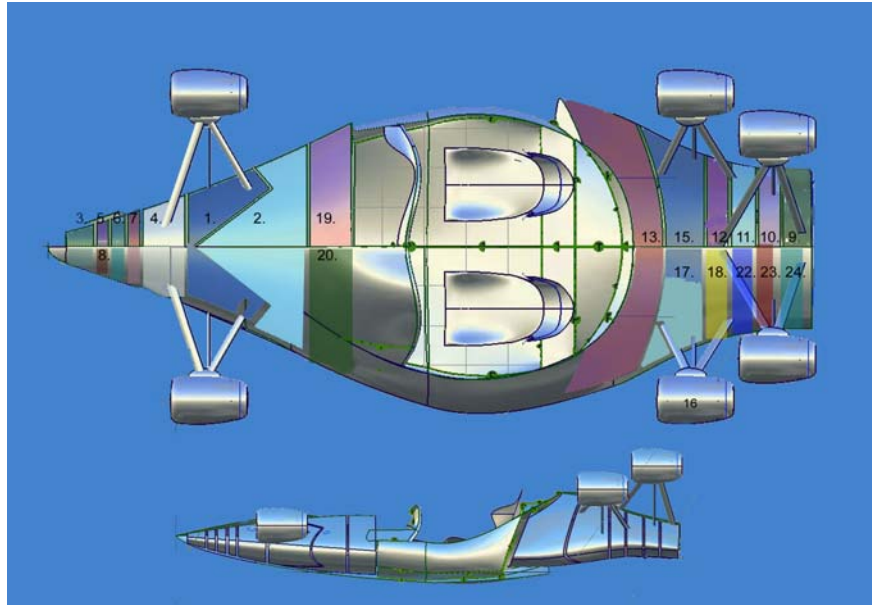
Loppuosa SpaceBoyn painosta muodostuu siis polttoaineesta. Tässäkin suhteessa nanomateriaalit esittävät merkittävää osaa. Vetyautojen polttoainetta voidaan säilöä usealla eri tavalla ja erilaisia ratkaisuvaihtoja on olemassa. Eräs tapa on muuttaa metanolia vedyksi, joka sitten muutettaisiin sähköksi normaaliin tapaan. Tämä on hyvin helppo ratkaisu ja saattaa olla lähitulevaisuuden ratkaisu säilöntäongelmiin. Yhdessä litrassa metanolia on varsin paljon vetyä tiivistyneenä. Perusongelma vedyn säilömisessä on, että sitä on vaikea saada kovin tiiviiseen tilaan helposti. (Karim, 2003). Jos haluamme

puhtaan vetytankin ilman metanolia, on edessämme suurempia ongelmia. Eräs tapa on pakastaa vety erittäin alhaiseen lämpötilaan. Spaceboyn tapauksessa, jossa joka tapauksessa joudutaan toimimaan erittäin alhaisissa lämpötiloissa kuten 25 – 50 Kelviniä, saadaan kaksi ongelmaa ratkaistua samalla kertaa kun suunnitellaan jäähdytys sekä suprajohtaville moottoreille, että itse polttoaineelle. Vetyä on siis vaikea pakata ja tiivis pakkaus edellyttää erittäin kestäviä polttoainesäiliöitä. Mutta jälleen kerran toteamme nanomateriaalien ratkaisevan näitä ongelmia aivan uudella tavalla. Näillä uusilla materiaaleilla voimme pakata useita kymmeniä kertoja suurempiin paineisiin näitä polttoaineita täysin turvallisesti – jopa turvallisemmin kuin nykyisissä konsepteissa, koska näissä suunnitelmissa materiaalin mahdollisuudet venytetään äärimmilleen.

Nanomateriaalien tapauksessa olisi pelivaraa paljon enemmän, jonka lisäksi ne voivat olla myös itsekorjautuvia. Erittäin tehokkaiden paineastioiden suunnittelu on siis varsin helppoa. Olen laskenut Spaceboyn toimintasäteeksi 5000 km, koska painetta voi lisätä useita kymmeniä kertoja enemmän kuin nykyisissä konsepteissa.

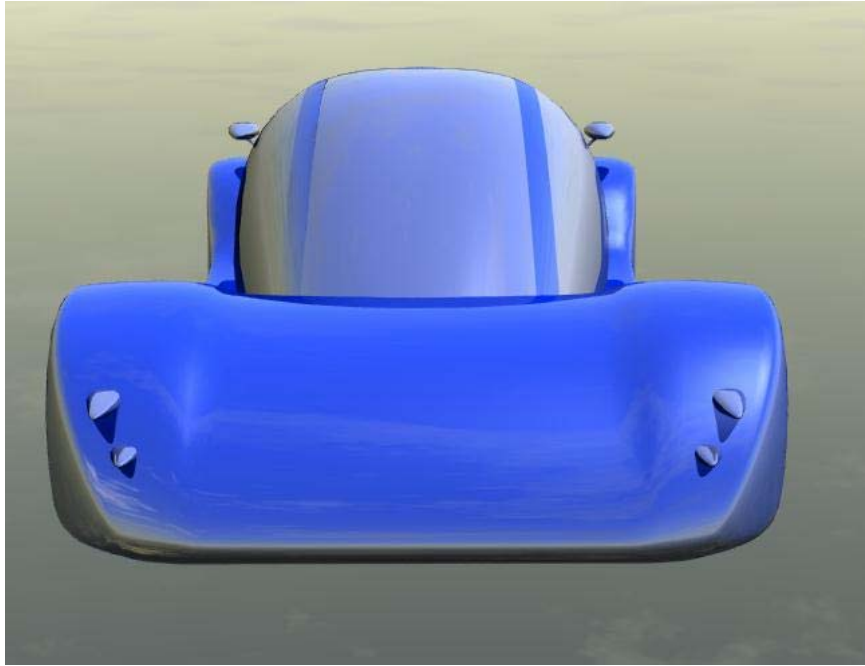
SpaceBoyn lentotoiminnot ovat pitkälti samanlaiset kuin VTOL periaatteilla toimivissa lentokoneissa yleensä. Moottorit ovat kääntyviä ja niillä kontrolloidaan tasopainotila, joka mahdollistaa lentämisen. SpaceBoyn pohja on varsin leveä, mikä antaa jonkinlaiset liito-ominaisuudetkin. Moottorit kääntyvät pystysuoraan, kun laite nousee ja kun riittävä nopeus on saavutettu, moottorit ovat suorassa asennossa. Monet suihkukoneet ovat yhtä paljon liidokkeja, kuin mitä on silitysrauta, joten uskon laitteen pysyvän ilmassa semminkin kun se on erittäin kevyt. Uskon, että kehitys tulee jatkumaan ja jopa Skycarin pitäisi olla valmis projekti vielä muutaman vuoden sisällä.

Kuvassa 22 on tähän lentoautoon suunniteltu alustava tilanvaraus komponenteille, jotka kuuluvat tämän päivään vetyautoon, sekä muille komponenteille, joita laite tarvitsee. (Ogburn, 2000)

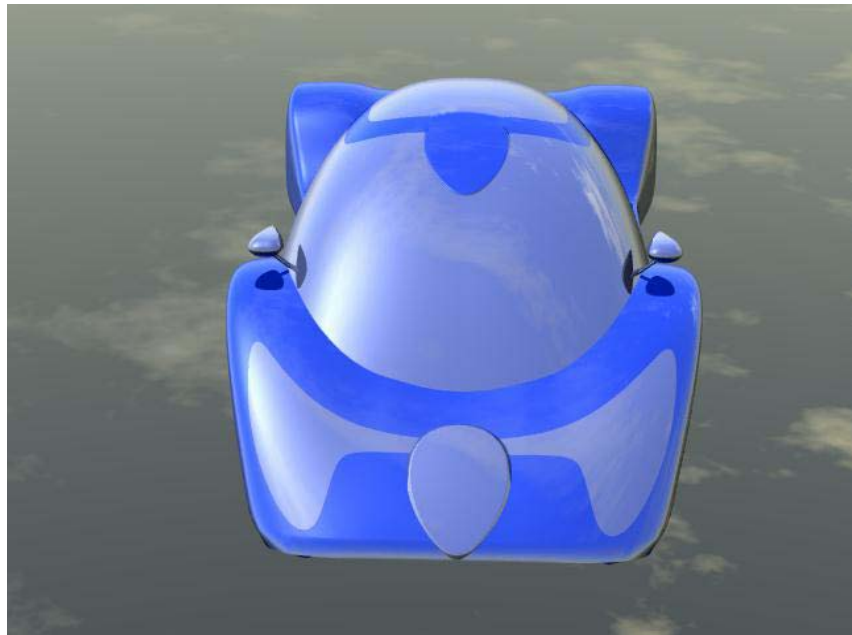


Kuva 13. (Laiho, 2005)

1. Inverter
2. Fuel Cell Unit
3. A/C Compressor
4. Fuel Cell Heat Exchanger
5. Inverter Heat Exchanger
6. Boost Converter
7. Fuel Cell Cooling Pump
9. DC/DC Converter
10. Air Compressor Controller
11. Charge Controller
12. Charger Filter Box
13. Hydrogen Fuel Pumps
14. Buck Converter
15. Battery Pack
16. HTS Electric Motor
17. Air Compressor
18. Deionised water reservoir
19. Air Tanks
20. Liquid Oxygen – for fuel cell
21. Liquid Helium Tank
22. Cryogenic Refridgerators
23. Emergency Parachute
24. Emergency helium bubble – this rescues SpaceBoy in case something goes wrong while diving. The water tank is also detachable
25. Super conductive electric motor
26. Liquid Helium tube for HST cooling. The nanomaterials enable that helium can be pressured to high pressure in order to create maximum cooling and also high flow for the coolant.

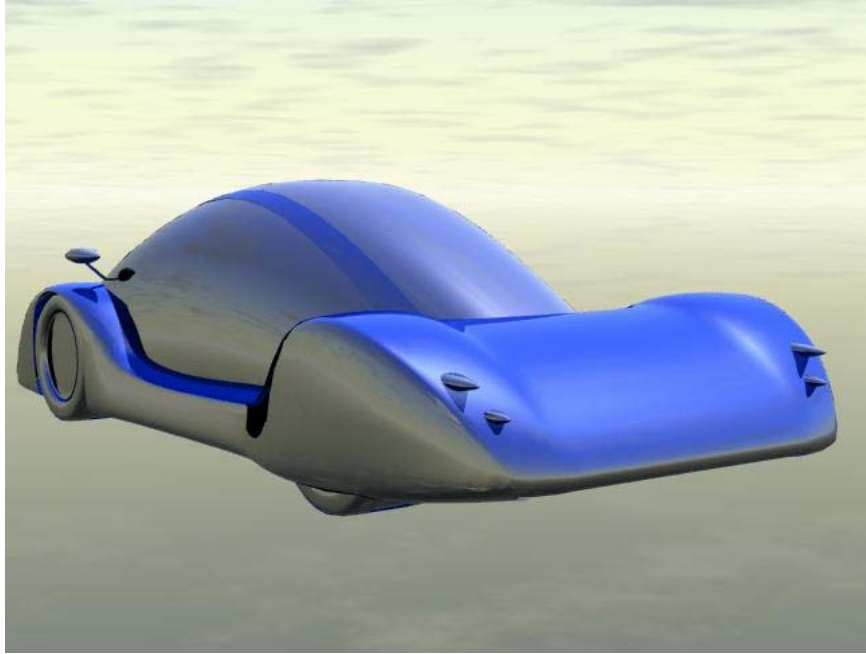


Kuva 14.(Laiho, 2004)



Kuva 15. (Laiho 2004)





Kuva 16. (Laiho, 2004)

## 7. Johtopäätöksiä nanoteknologiasta.

### 7.1. Johtopäätöksiä nanoteknologian mahdollisuuksista teollisessa tuotannossa

Johtopäätös on, että nanoteknologia ei merkitse erittäin pienien korjauksien tekemistä, vaan myös todella suuren luokan teollista tuotantoa atomitasolla. Jos nanobotit todella voivat kopioida itseään matemaattisessa geometrisessa sarjassa, voivat ne lopulta saavuttaa joukkona huomattavan suuret mittasuhteet. Tuotantolinja, joka voi pystyttää hetkessä pilvenpiirtäjän, on luotu päivissä aina niin kauan kuin nanoboteille syötetään uusia materiaaleja ja energiaa. Periaatteessa voidaan nopeasti saavuttaa tuotantolinja, joka saavuttaa planetaariset mittasuhteet. Kymmenen kilometriä korkean pilvenpiirtäjän voi ehkä pystyttää muutamassa päivässä. Voidaan kuvitella tilanne, jossa nanobotit muodostavat asteroidipilvestä suurten kaupunkien kokoisia avaruusasemia nopeammin kuin kukaan uskaltaa edes aavistaa. Niin ikään muodot, joita voidaan valmistaa, ovat periaatteessa rajattomat. Muotoilijan näkökulmasta on kiehtovaa ajatella, että valmistustekniikka ei välttämättä aseta lainkaan rajoituksia sille, minkä muotoinen tehtävä tuote on. Jos tuote rakennetaan atomi kerrallaan, ovat kaikki muodot mahdollisia ja vain mielikuvitus on muotoilijan rajoitteena. Esineet voivat myös muuttaa muotoaan tarpeiden ja mielihaluun mukaisesti.

Nanomateriaalit voivat olla itse korjautuvia. Tämä tarkoittaa sitä, että materiaalin joukossa on nanobotteja, jotka harsivat kasaan irtautuneita atomeita ja näin ehkäisevät kulumista. Tämä antaisi materiaalille kovuuden lisäksi myös joustavuutta kriittisissä tilanteissa, joissa materiaali voisi murtua suuresta kovuudesta huolimatta. Tämä mullistaisi rakennusteknologian. Jos rakennusmateriaali on 100 kertaa lujempaa kuin nykyiset teräkset ja lisäksi huomattavan edullista niin nykyiset Manhattanin pilvenpiirtäjät olisivat kuin afrikkalaisia savimajoja verrattuna nanoajan pilvenpiirtäjiin. Herää kysymys, miten korkea nanoajan pilvenpiirtäjä voi olla? Jos WTC torni oli 400 metriä korkea, niin voidaanko spekuloida vastaavan nanopilvenpiirtäjän olevan 3-4 kilometriä korkea, kun otetaan huomioon, että nanomateriaalit ovat itse korjautuvia ja joustavia maankuoren liikkeiden asettamien paineiden alla. Hämmästyttävät rakennukset saattavat tulla mahdollisiksi. On huomattava, että teoriassa 1000-kertainen lujuus on mahdollista saavuttaa näillä materiaaleilla pitäen

vielä mielessä, että teräkseen nähden nanomateriaali on huomattavan kevyttä. Jos näin olisi, niin spekulatiiona esitän, että torni voisi periaatteessa olla useita kilometrejä korkea. Tämä on kuitenkin puhdasta arvausta. On todennäköistä, että kukaan ei osaa vielä laskea, miten korkeaksi nanoajan rakennukset voisivat tulla.

## 7.2 Johtopäätöksiä nanoteknologiasta aseena

Nanoteknologia todella kiinnostaa tutkimusrintamaa ja eri maiden hallituksia ja siihen ollaan valmiita sijoittamaan paljonkin rahaa. Nanoteknologia kiinnostaa epäilemättä siksikin, että se luo ilmeisesti varsin tehokkaan tavan luoda aseita. Todennäköisesti juuri siksi siitä ollaan kiinnostuneita ympäri maapallon. Jokainen kynnelle kykenevä maa on kehittämässä nanoteknologiaa, myös Kiina mukaanlukien. Ja onhan niin, että Drexlerin kehittämä visio gray goosta varmasti kiinnostaa asekehittelijöitä. Onhan kyseessä idea, joka olisi aseena varsin kauhistuttava. Maalailtaan jopa visioita siitä, että tämä gray goo voisi olla tuomiopäivän ase, joka tappaa kaiken elämän maapallolla. Drexler onkin joutunut jäähdyttelemään keskustelua toteamalla, että gray goo on varsin teoreettinen uhka ja nanoteknologiaa voidaan käyttää muulla tavalla tehokkaana aseena. Tehokkaan aseena ei tarvitse tässä tapauksessa olla itseään kopioiva, kuten virukset ja bakteerit ovat. Ilman tätä itsekopioivaa ominaisuuttakin voidaan kehittää tehokas ase. Drexler on todennäköisesti oikeassa väittäessään, että gray goo on erittäin teoreettinen uhka. Tässä ei mielestäni ole lainkaan otettu huomioon sitä mahdollisuutta, että tapahtuukin mutaatio, kuten edellä mainittiin. Jos tällainen mutaatio tapahtuu ja syntyykin haitallinen nanobotti joka todella synnyttää gray goon. Tällöin on katastrofi valmis. Kun verrataan tällaista skenaariota edellä mainittuihin skenaarioihin, voidaan ajatusta silti pitää mielestäni varsin teoreettisena. Se voi olla suuntaa antava malli siitä, mitä tapahtuu, jos nanobotit pääsevät luonnossa irti hallitsemattomalla tavalla. Mielestäni onkin näiden tutkimusten pohjalta varsin mahdollista, että jos nanoteknologia osoittautuu tehokkaaksi aseeksi, sitä myös tullaan käyttämään aseena. Tämä on tutkimuksissa otettu usein esille. Nanoteknologia tuntuu pelottavalta väärissä käsissä. Jos sitä verrataan ydinaseisiin, niin nanoteknologia voisi olla paljon täsmällisempi ase. Johtopäätökseni on, että ydinase tuhoaa kaiken, mutta nanoteknologian avulla voitaisiin jauhaa tomuksi esimerkiksi vain jokin tietty kylä. Siksi pidän mahdollisena, että käytön kynnyks on näin paljon pienempi, koska tuho voidaan rajata jollekin tietylle alueelle. Vaikka gray goo ei todennäköisesti vahingossa tapahdu, on aina mahdollista, että joku tarkoituksella suunnittelee tuomiopäivän aseena. Tällaisella aseella voisi kiristää hallituksilta paljonkin rahaa, jos uhka on vakuuttava. Siksi gray goo on uhka, johon ei välttämättä kannata suhtautua olankohautuksella.

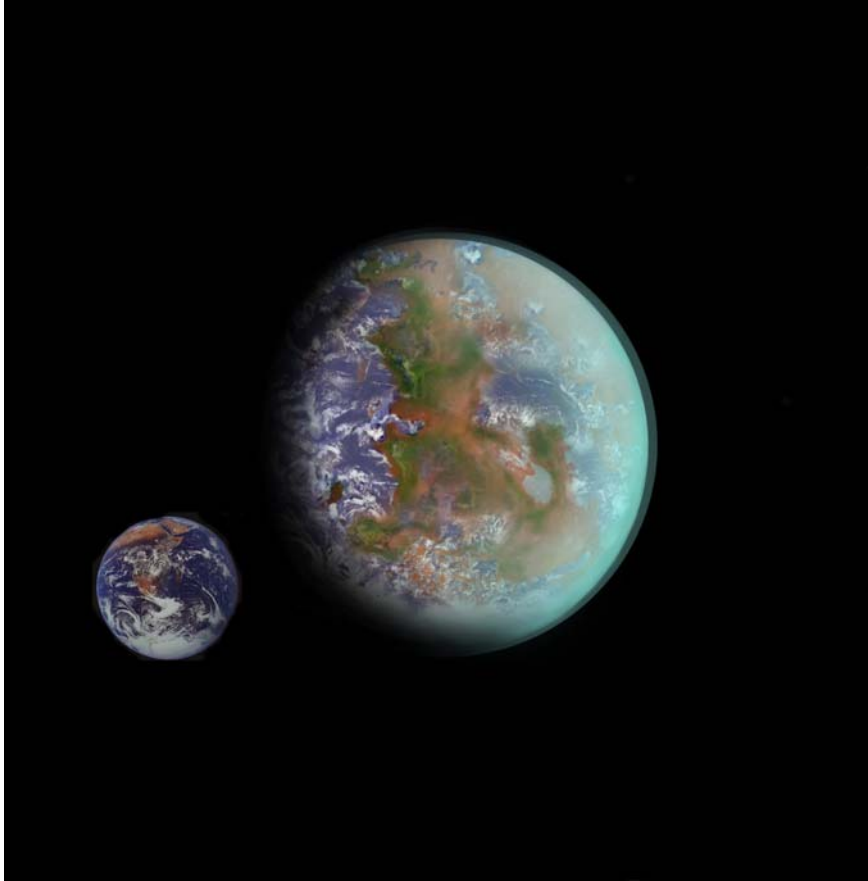
### 7.3 Spekulaatioita aurinkokunnan asuttamisesta

Seuraavassa esitän spekulaationa aurinkokunnan asuttamisen nanoteknologian avulla. Tämä on todellakin vain spekulaatio, mutta on mahdollista, että tulevaisuus todella yllättää tulevaisuudentutkijan. Kun ajatellaan 1900 - luvulla tapahtunutta muutosta, tuskin kukaan todella olisi arvannut millaisia tämän ajan tuotteet todella ovat. Kuulla on 70 % prosenttia siitä massasta joka tarvittaisiin, että sillä voisi olla ilmakehä. Kuun painovoima ei ole riittävä pitämään ympärillään ilmamolekyylejä. Niin ikään on ongelmana liiallinen auringonpaiste kuun valoisalla puolella ja liiallinen varjoisuus kuun pimeällä puolella. Uskon, että nanoteknologialla voidaan ratkaista kaikki nämä ongelmat. Olen ideoinut Kuulle keinotekoisen ilmakehän, jota pitää vakaana kuun ympärille luotava nanoboteista koottu verho, joka ei päästä lävitseen karkaavia ilmamolekyylejä, kuva 17. Tämä verho korjaa itse itseään jatkuvasti ollen luonteeltaan hyvin kestävä ja luotettava. Niin ikään verho voisi heijastaa takaisin häiritsevän kovan auringonpaisteen kuun valoisalla puolella. Vastaavasti pimeää puolta voitaisiin valaista avaruuteen sijoitettavalla valtavilla peileillä. Edelleen kuun pinta voitaisiin motorisoida ja kaupungit voisivat liikkua raiteita pitkin varjoisalta puolelta valoisalle puolelle. Idea toimisi ehkä parhaiten niillä alueilla jotka ovat valoisan ja varjoisan alueiden rajoilla. Lisäksi on huomattava, että kuussa todella on vettä napa-alueilla. Tämä on mahdollista siksi, että napa-alueilla varjoisilla alueilla ei jäätynyt vesi pääse haihtumaan korventavan auringonpaisteen johdosta, kuten muualla Kuussa on tapahtunut. Vesi Kuussa on havaittu vasta aivan viimeaikoina uusilla kuuluotaimilla, kuten Lunar Prospectorilla. Tämä on ollut yllätys useimmille. On huomattava, että vettä saattaa olla napa-alueilla 10 – 300 miljoonaa tonnia jäätyneenä. (Wikholm & Swanström, 1998).

Tämä avaa mahdollisuuksia perustaa Kuuhun aluksi avaruusasemia, jotka voivat tuottaa happea ja juomavettä koko taivaankappaleen myöhempää ilmakehäistämistä varten. Materiaaleja ilmakehän rakentamiseksi voitaisiin ehkä tuoda aurinkokunnan muilta planeetoilta suurilla nanoteknologialla toteutetuilla jättiläismäisillä avaruusaluksilla. Esimerkiksi Jupiterin kuissa, kuten Galilein neljässä kuussa on huomattavia määriä vettä jäätyneenä. Pidetään jopa mahdollisena, että eräässä Jupiterin kuussa Europassa, joka on kauttaaltaan valkoinen ja jäätyneen veden peittämä, on alkeellista elämää. Vesi on sulaa jääpeitteen alla. (Korteniemi, 2001)

Lisäksi on huomattava, että onhan vesi maapallollekin tullut jostain. Tällä hetkellä pidetään mahdollisena, että Maan vesi on peräisin aurinkokunnassa kiertävistä komeetoista. Näitä komeettoja voitaisiin ohjata törmäyskurssille Kuuhun, jotta saataisiin aikaiseksi meriä. Happea voitaisiin valmistaa nanoteknologialla kehittämällä erityisiä joustavia kasvihuonekuppia, joiden sisälle olisi kehitelty geeniteknologialla kasvustoa, jonka kyky lisääntyä ja tuottaa happea yhteyttämällä olisi erityisen tehokas. Kun hapen määrä kasvaa, myös solun koko kasvaa, kunnes hapen tiheys on riittävä ilmakehän muodostamiseksi koko planeetalle. Happea on myös sitoutuneena silikaatteihin, joita on paljon Kuun maaperässä. Ehkä näitä hapen oksideja voitaisiin hyödyntää myös ilmakehän rakentamisessa Kuuhun. (Science @ Nasa, 2005)

Edelleen Mars on planeettana hieman liian kylmä ihmiskunnan kaltaiselle sivilisaatiolle. Asiaa voitaisiin jälleen korjata avaruusverholla joka aiheuttaisi keinotekoisien kasvihuoneilmion Marsin sisällä; verho päästää sisään auringon säteilyä, mutta ei päästä auringon säteitä ulos Marsin tulevasta ilmakehästä aivan kuten Maan ilmakehässä oleva ylimääräinen hiilidioksidi tekee juuri tälläkin hetkellä. Voitaisiin myös rakentaa Marsin eteen jättiläismäinen linssi, joka kokoaisi auringonsäteitä suurennuslasin tavoin. Tämä nostaisi huomattavasti Marsiin suuntautuvien auringon säteiden tehokkuutta. Suurennuslinssillä on mahdollista helposti sytyttää paperi tuleen aurinkoisella säällä, joten tekniikka olisi todennäköisesti hyvin tehokasta. Samalla tavalla myös Venusta voitaisiin jäähdyttää asentamalla Venuksen eteen hajottava linssi tai peili, joka päästää vain osan auringon paisteesta lävitseen. Niin ikään ylikuuma Venus voitaisiin jäähdyttää vastaavan tapaisella avaruusverholla. Liiallinen auringonpaiste ja kasvihuoneilmiö, joka tekee Venuksesta 500 asteisen, voitaisiin ohjata planeetasta pois päin tällä avaruusverholla. Näin planeetasta saataisiin ehkä asuttava käyttämällä edellä mainittuja menetelmiä Kuun muuttamiseksi ihmisille kelpaavaksi asuinalueeksi.



Kuva 17. (Laiho, 2003)

#### 7.4 Johtopäätöksiä nanoteknologian hyödyntämisestä teollisessa muotoilussa

Nanoteknologia tulisi todennäköisesti muuttamaan radikaalisti teollisen muotoilun mahdollisuuksia ja olemusta. Äärimmäisten hienojen rakenteiden johdosta voitaisiin valmistaa hienoja niveliä ja kone-elimä erittäin suurilla lujuuksilla. Nykyaikainen auton tavaratilaan taittuva metallikatto saisi uusia mahdollisuuksia. Monissa Mercedes Benz malleissa on tällainen katto, joka kätevästi taittuu istuimien taakse. Nämä urheilu Mercedeset kuitenkin kärsivät todennäköisesti mekaanisista lujuusongelmista ja ylimääräisestä painosta, joka on jakautunut epäedullisesti. Lisäksi taittuva katto vie tavaratilasta merkittävän osan itselleen. (Porsche, 2005) Tällaisia ongelmia on aivan erilaista ratkaista, jos käytössä on 100 kertaa lujemmat materiaalit ja atomien tarkkuudella tehtävä valmistus. Tällöin voidaan saavuttaa huomattavan suuri kestävyys kaikille nivelille ja rakenteesta tulee niin kevyt, että epäedullista painonjakamaa ei pääse syntymään. Kun mennään vielä pidempään tulevaisuuteen, voidaan valmistaa nanokangas, jolla on teräksen lujuus ja suunnattomat elastiset mukautumismahdollisuudet. (Drexler, 1986) Tällainen nanokangas voisi olla sähköisesti mukautettavissa mihin tahansa muotoon, kuten täysin aerodynaamiseksi katoksi autoon. Kun ajokeli sallii katon alas laskemisen, voisi tämä nanokatto mennä äärimmäiseen pieneen tilaan penkkien taakse. Tämä tekniikka mahdollistaisi autoilun täydellisen muuttumisen. Periaatteessa kaikki autot voisivat olla avoautoja, koska ihanteellisen alaslaskettavan katon toteutus olisi helppoa. On selvää, että autoista tulisi virtaviivaisempia ja kevyemmän näköisiä.

Huonekaluteollisuudessa voitaisiin tällaisella nanokankaalla toteuttaa mitä ihmeellisimpiä unelmia. Erilaiset sohvut voitaisiin toteuttaa ilman täytteitä ja pehmusteita pelkällä elastisella muotoon sopeutuvalla nanokankaalla. Tämä toisi huonekaluihin aivan uutta keveyttä ja ilmavuutta. Lisäksi muotoon sopeutuva nanokangas voisi muuttua istujan painon mukaan, hänen vartalonsa muotoihin täydellisesti mukautuen. Sohvaan voitaisiin ohjelmoida erilaisia veistoksellisia muotoja kuuluisien muotoilijoiden oikkujen mukaan. Tällainen sohva voisi myös taittua kätevästi piiloon esimerkiksi seinän taakse ja säästää tilaa. Lisäksi sellaiset rakenteelliset ratkaisut, jotka aiemmin ovat olleet mahdottomia ratkaista, tulisivat mahdollisiksi. Erittäin sirot jalat ja ohuet kädensijat olisivat mahdollisia suurempien lujuuksien ansiosta. Tämän päivän



käsitykset kestävydestä ja lujuudesta saisivat uuden näkökulman; tuoli, jota aiemmin olisi pidetty ohuiden materiaalivahvuuksien johdosta liian heikkona, voisi tulevaisuudessa tuntua ihmisten mielestä jopa liian kömpelöltä rakenneratkaisulta.

Myös silmälasien suunnittelussa päästäisiin uusia askeleita eteenpäin. Entistä sirommat ja huomaamattomammat silmälasit olisivat mahdollisia suurempien lujuuksien ansiosta. Myös silmälasien ikä kasvaisi olennaisesti suuremmaksi. Erilaiset naarmut loistaisivat pitkään poissaolollaan, kun linssi olisi 100 kertaa lujempi, kuin nykyiset materiaalit. Tämä lisäisi myös silmälasien turvallisuutta huomattavissa määrin. Lisäksi erilaiset heijaste-ehkäisyypinnat ja monet muut pintakäsittelymateriaalit antaisivat uusia mahdollisuuksia suunnitella valon mukaan tummuvia silmälasia aiempaa menestyksekkäämmin. Myös piilolasien mahdollisuudet kasvaisivat uudella tavalla. Ne voisivat olla itse puhdistuvat ja mukautua silmään aiempaa paremmin. Niiden kosteustasapainon tarkkailu ja desinfiointi voisi tapahtua mikrotietokoneen säätäminä mikroskooppisia puhdistuskanavia pitkin. Piilolinssi olisi kuin elävää kudosta ja pysyisi likaa hylkivänä ja silmälle turvallisena useiden viikkojen ajan ilman puhdistustarvetta. Lisäksi piilolasien kyky taittaa valoa voisi muuttua mikrotietokoneen ohjaamana. Kun näkö heikkenisi, niin uudet arvot syötettäisiin piilolinssiin ja linssin kyky taittaa valoa muuttuisi. Näin piilolasi voisi mukautua reaaliaikaisesti näön heikennyttyä. Uusia lasia tarvittaisiin ehkä hyvin harvoin.

Myös laskuvarjoharrastus saisi uusia ulottuvuuksia nanoteknologian johdosta. Itse varjo voitaisiin pakata pienempään tilaan ja laskuvarjorepusta saataisiin pienempi. Myös turvallisuus saisi uusia ulottuvuuksia nanoteknologian johdosta. Laskuvarjon avautuminen voisi tulla aiempaa tehokkaammaksi tapahtumaksi ja varjo voisi olla suurempi. Suurempi varjo voisi mahdollistaa pidemmän liitoajan ja narujen sotkeutuminen voisi olla historiaa. Itse naruja ei välttämättä edes tarvittaisi vaan varjo voisi olla kiinteän kokoon taittuvan varren varassa. Varavarjoa ei ehkä enää lainkaan tarvittaisi järjestelmän turvallisuuden johdosta. Koko harrastus voisi saada uusia mahdollisuuksia, jos tämä kiinteän varren varassa toimiva varjo mahdollistaisi linnunkaltaiset siivet. Haluttaessa lisää liitoaikaa voisi varjo toimia linnunsiipien tavoin ja mahdollistaa lentämisen siipiä heiluttamalla. Koko urheilu saisi uusia tuulia, kun vihdoinkin voitaisiin saada ihmiselle kokoon taittavat siivet, jotka toimisivat linnunsiipien tavoin. Tämä malli on ollut Leonardo

da Vincin keksimä ja yleisesti tunnettu vuosisatojen ajan, mutta ehkä vasta nanoteknologia mahdollistaa tämän da Vincin unelman toteutumisen. Tällaisen laitteen moderni muotoilu olisi haasteellinen tehtävä teolliselle muotoilijalle.

Tulevaisuuden nanoteknologia tulee todennäköisesti muuttamaan käytettävää muotokieltä. Tarvitaan aivan uusia semanttisia viestejä ja piilotajuisia viestejä, joita tuotteisiin upotetaan. Tämän työn tavoite on ollut tuoda uutta näkemystä siihen, millaista nanoajan muotokieli voisi olla. Yhteisiä nimittäjiä ovat sirous ja keveys käytettävässä massoitelussa. Nanoajan tuote on muotokieleltään ratkaisevasti erilainen kuin tämän päivän muotokieli. Tulevaisuudessa tullaan todennäköisesti näkemään aivan toisenlaista muotoilua, kuin mitä nyt on totuttu näkemään.

## 8. Lähteet ja Kirjallisuus.

Anttila, Matti (2002) Email: matti@antti.la  
<http://www.sukellus.info/trimix.shtml>  
Päivitetty: 14.2.2002  
Viite: Anttila 2002

Bailey, Ronald (2004) Nanotechnology: Hell or Heaven?  
Perhaps a little both. Reasononline – Free Minds and Free  
Markets. <http://www.reason.com/>  
<http://www.reason.com/rb/rb102704.shtml>  
Viimeisin päiväys: 27.10.2004  
Viite: Bailey 2004

Blanchard, Donald L. (1999). The ABC's of Plate Tectonics  
Buoyancy and Floating Continents, Introduction: Buoyancy  
<http://webspinners.com/dlblanc/tectonic/floating.html>  
Viimeisin päiväys: 1.12.2003  
Viite: Blanchard 1999

Cameron, Kristi (2003) Metropolis Magazine 61 W. 23rd St.  
4th Floor, New York, NY 10010  
[http://www.metropolismag.com/html/content\\_1200/lin.htm](http://www.metropolismag.com/html/content_1200/lin.htm)  
Viimeisin päiväys: 2003  
Viite: Cameron 2003

Coleman, Kevin. (2003) Future Advances 1998-2003  
Directions Magazine.1206, Carol Lane, Glencoe, IL 60022  
[http://www.directionsmag.com/article.php?article\\_id=375](http://www.directionsmag.com/article.php?article_id=375)  
“Future Advances”  
Viimeisin päiväys: 11.8. 2003  
Viite: Coleman 2003

Carbon Nanotechnologies, Inc. (2002) 16200 Park Row  
Houston Texas  
[http://www.cnanotech.com/pages/resources\\_and\\_news/press\\_r  
elease\\_arc\\_hive/press\\_story\\_TSA.html](http://www.cnanotech.com/pages/resources_and_news/press_release_arc_hive/press_story_TSA.html)  
Viimeisin päiväys: 24.1.2002  
Viite: Carbon Nanotechnologies 2002

Davidson, Keay (2004) Sfgate.com San Francisco Chronicle.  
<http://www.sfgate.com/>  
<http://www.sfgate.com/cgi-in/article.cgi?f=/c/a/2004/07/26/MNG767SUKB1.DTL>  
Viimeisin päiväys: 8.26.2004  
Viite: Davidson 2004

Drexler, Eric K. (1986) Engines of Creation. The Coming Era of Nanotechnology. Ladattavissa ilmaiseksi:  
<http://www.foresight.org/EOC/index.html> s. 115  
<http://www.foresight.org/EOC/index.html>  
Viite: Drexler 1986

de Keczer, Amara (2003) NASA Ames Research, Center Mailstop 229-3Moffett Field, CA 94035, U.S.A Email: meyya@orbit.arc.nasa.gov , Phone: (650) 604-2616 FAX: (650) 604-5244  
Nanotechnology.  
<http://www.ipt.arc.nasa.gov/nanotechnology.html>  
Viimeisin päivitys: 08/19/03  
Viite: de Keczer 2003

Euroopan yhteisöjen komissio (2004) Bryssel, KOM (2004) 338 lopullinen, Komission tiedonanto, Tavoitteena eurooppalainen nanoteknologiasta strategia  
[ftp://ftp.cordis.lu/pub/nanotechnology/docs/nano\\_com\\_fi.pdf](ftp://ftp.cordis.lu/pub/nanotechnology/docs/nano_com_fi.pdf)  
Viimeisin päiväys: 12.5.2004  
Viite: Euroopan yhteisöjen komissio 2004

European Nanobusiness Association 2002. P.O.Box 65, Avenue Louise 250, 1050 Brussels, Belgium,  
<http://www.nanoeurope.org>  
<http://www.nanoeurope.org/files/The%202004%20European%20NanoBusiness%20Survey.pdf>  
Viimeisin päiväys: 2004  
European Nanobusiness Association 2002

Foresight Institute (2004) PO Box 61058 Palo Alto, CA 94306 USA  
Luku 9  
[http://www.foresight.org/UTF/Unbound\\_LBW/chapt\\_9.html](http://www.foresight.org/UTF/Unbound_LBW/chapt_9.html)  
Luku 10  
[http://www.foresight.org/UTF/Unbound\\_LBW/chapt\\_10.html](http://www.foresight.org/UTF/Unbound_LBW/chapt_10.html)  
Luku 11  
[http://www.foresight.org/UTF/Unbound\\_LBW/chapt\\_11.html](http://www.foresight.org/UTF/Unbound_LBW/chapt_11.html)

Luku12

[http://www.foresight.org/UTF/Unbound\\_LBW/chapt\\_12.html?PHPSESSID=8771998ce6454f93cdf2a15381d1cfa9](http://www.foresight.org/UTF/Unbound_LBW/chapt_12.html?PHPSESSID=8771998ce6454f93cdf2a15381d1cfa9)

Luku 13

[http://www.foresight.org/UTF/Unbound\\_LBW/chapt\\_13.html](http://www.foresight.org/UTF/Unbound_LBW/chapt_13.html)

Viimeisin päiväys:2004

Viite: Foresight Institute 2004

Freitas Jr, Robert A. (2001) KurzweilAI.net "The Gray Goo Problem

<http://www.kurzweilai.net/meme/frame.html?main=/articles/art0142.html>

Viimeisin päiväys: 20.3.2001

Viite: Freitas Jr. 2001

Glencoe Online Science/McGraw-Hill, (2003) a division of the Educational and Professional Publishing Group of The McGraw-Hill Companies, Inc. ,1221 Avenue of the Americas, New York, New York 10020.

<http://www.glencoe.com/sec/science/webquest/content/nanotech.html>

<http://www.glencoe.com/sec/science/index.html>

Viimeisin Päivitys: 30.9.2003

Viite: Glencoe 2003

Global Submarines Oy Ltd, (1999), Turku, FINLAND

<http://www.globalsubmarines.com/sm03spex.htm>

Viimeisin päiväys: 2002

Viite: Global Submarines 1999

Hazards magazine (2004) Workers health international News.

<http://www.hazards.org/nanotech/safety.htm>

Viimeisin päiväys: 2004

Viite: Hazards magazine 2004

Intel (2004) [www.intel.com](http://www.intel.com)

<http://www.intel.com/research/silicon/mooreslaw.htm>

Viimeisin päiväys: 2004

Viite: Intel 2004

Jeananda, Col (1996-2001) Enchanted Learning Software,  
Enchanted Learning, PO Box 321, Mercer Island, WA 98040-  
0321,  
USA <http://www.enchantedlearning.com/subjects/sharks/anatomy/>

Viimeisin päiväys: 2003

Viite: Jeananda 2001

Korteniemi, Jarmo (2001) Oulun yliopisto  
<http://www.oulu.fi/nrpif/planets/galileinkuut.html>  
Viimeisin päiväys: 2001  
Viite: Korteniemi 2001

Karim, Nice (2003) HowStuffWorks.com, c/o Convex Group,  
Inc., One Capital City Plaza, 3350 Peachtree Road, Suite 1500,  
Atlanta, GA 30326  
<http://www.howstuffworks.com/fuel-cell3.htm>  
Viimeisin päiväys: 2003  
Viite: Karim 2003

KnowledgeContext (2003), A 501(c)(3) Educational Non-  
Profit Corporation, 800 Brommer Street, Suite 28, Santa Cruz,  
CA 95062, USA  
<http://www.knowledgecontext.org/curriculum/handouts/nanotechnology.htm>  
Viimeisin päiväys: 2001  
Viite: KnowledgeContext 2001

Linkous, Clovis A., Slattery, Darlene K, (2003) SOLAR  
PHOTOCATALYTIC HYDROGEN PRODUCTION FROM  
WATER USING A DUAL BED PHOTOSYSTEM, Florida  
Solar Energy Center University of Central Florida  
<http://www.eere.energy.gov/hydrogenandfuelcells/pdfs/28890v.pdf>  
Viimeisin päivitys: 31.7.2003  
Viite: Linkous & Slattery 2003

Jim Lewis, (1996) NanoCon Proceedings © Copyright 1989,  
by NANOCON.  
This page is part of Jim's Molecular Nanotechnology Web,  
copyright ©1996 James B. Lewis Enterprises. All rights  
reserved. Email: nanojbl@halcyon.com  
[http://www.halcyon.com/nanojbl/NanoConProc/nanocon1.html  
#anchor428788](http://www.halcyon.com/nanojbl/NanoConProc/nanocon1.html#anchor428788)  
Viimeisin päivitys: 24.8.1996  
Viite: Lewis 1996

Moller International (2001) 1222 Research Park Drive, Davis,  
CA 95616, USA  
<http://www.moller.com/skycar/technology/>  
Viimeisin päiväys: 4.8.2003

<http://www.moller.com/skycar/m400/>  
Viimeisin päiväys: 4.8.2003

<http://www.moller.com/news/media/>  
"Hover Demonstration (Mar 23, 2003)"  
Viimeisin päiväys: 23.3.2003  
Viite: Moller 2003

NASA, Al Globus, David Bailey, Jie Han, Richard Jaffe,  
Creon Levit, Ralph Merkle, ja Deepak Srivastava (1999)  
NASA Advanced Supercomputing Division Published in  
*The Journal of the British Interplanetary Society*, volume 51,  
pp. 145-152, 1998.  
[http://www.nas.nasa.gov/Groups/Nanotechnology/publicatio  
ns/1997/applications/](http://www.nas.nasa.gov/Groups/Nanotechnology/publications/1997/applications/)  
Viimeisin päiväys: 03.08.1999  
Viite: NASA, Al Globus & al, 1999

NASA, Ames Research Center, (2003) Moffet Field, CA  
94035  
[http://irtek.arc.nasa.gov/DR\\_page/DR.html](http://irtek.arc.nasa.gov/DR_page/DR.html)  
Viimeisin päivitys: 17.9.2003  
Viite: NASA Ames Research Center, 2003

NASDA (2003) National Space Development Agency of Japan, 28F World Trade Center Bldg., 2-4-1, Hamamatsu-cho, Minato-ku, Tokyo, 105-8060, Japan, Email: proffice@nasda.go.jp  
[http://spaceboy.nasda.go.jp/note/tansa/e/tan106\\_moonrelation\\_e.html](http://spaceboy.nasda.go.jp/note/tansa/e/tan106_moonrelation_e.html)  
Viimeisin päiväys: 2003  
Viite: NASDA 2003

Nemets, Alexander (2002-2003) AFAR Association for Asian research. <http://www.asianresearch.org>  
<http://www.asianresearch.org/articles/2260.html>  
Viimeisin päiväys: 11.5.2004  
Viite: Nemets 2003-2003

Ogburn, Michael James (2000) System Integration, Modeling, and Validation of a Fuel Cell Hybrid Electric Vehicle  
<http://scholar.lib.vt.edu/theses/available/etd-05032000-15510004/unrestricted/mjo-final-thesis.pdf>  
Viimeisin päiväys: 4.3.2000  
Viite: Ogburn 2000

Oppe, Niehs (2003) Factsheets #03. Factsheets and Pamphlets. NIH -National institute of health  
<http://www.niehs.nih.gov/oc/factsheets/nano.htm>  
Viimeisin päiväys: Heinäkuu 2003  
Viite: Oppe 2003

Pennicott, Katie (2002). PhysicsWeb, Dirac House, Temple Back, Bristol, BS1 6BE, United Kingdom  
<http://physicsweb.org/article/news/6/1/16/1#author>  
Viimeisin päiväys: 24.1.2002  
Viite: Pennicott 2002

Phoenix, Chris & Drexler, Eric (2004) Institute of Physics Publishing  
<http://stacks.iop.org/Nano/25/869>  
Viimeisin päiväys: 9.6.2004  
Viite: Phoenix & Drexler 2004

Phonix, Chris (2004) CRN. Responsible Nanotechnology. News and notes about the ongoing work of the Center for Responsible Nanotechnology  
[http://crnano.typepad.com/crnblog/2004/07/disaster\\_scenar.html](http://crnano.typepad.com/crnblog/2004/07/disaster_scenar.html)  
Viimeisin päiväys: 19.8.2004  
Viite: Phoenix 2004



Porsche (2005)

[http://www.autocarrera.com/fi/faq/faq\\_05.html](http://www.autocarrera.com/fi/faq/faq_05.html)

Viimeisin päiväys: 2005

Viite: Porsche 2005

Riley, Tim (2003), Montana Associated Technology Roundtables, e-mail: [info@matr.net](mailto:info@matr.net)

<http://www.matr.net/article-7356.html>

Viimeisin päivitys: 11.8.2003

Viite: Riley 2003

Roman Cristina (2002) European Nonobusiness Association 2002. P.O.Box 65, Avenue Louise 250, 1050 Brussels, Belgium, <http://www.nanoeurope.org>

<http://www.nanoeurope.org/files/European%20Nanotech%20Funding.pdf>

Viimeisin päiväys: 3.10.2002

Viite: Roman 2002

Ross, Emma (2004) CANOE, a division of Netgrape Inc.

<http://cnews.canoe.ca/CNEWS/Science/2004/07/30/563491-ap.html>

Viimeisin päiväys: 30.8.2004

Viite: Ross 2004

Science @ Nasa (2005)

[http://science.nasa.gov/headlines/y2005/14apr\\_moonwater.htm](http://science.nasa.gov/headlines/y2005/14apr_moonwater.htm)

Viimeisin päiväys: 14.4.2005

Viite: Science @ Nasa , 2005

Scott Rhodie (2003) Scotland on Sunday

<http://scotlandonsunday.scotsman.com/uk.cfm?id=481682003>

Viimeisin päiväys: 27.4.2003

Viite: Scott 2003

Sperling, Daniel (1994) Future Drive: Electric Vehicles and Sustainable Transportation, Washington, D.C.: Island Press, 1995. D.H. Swan, B.E. Dickson, and M.P. Arikara. 1994. "Proton Exchange Membrane Fuel Cell Characterization for Electric Vehicle Applications," Proceedings of the Advancements in Electric and Hybrid Vehicle Technology Conference, Detroit. February 28-March 3. SAE Technical Paper Series no. 940296.

[http://www.ece.umn.edu/links/power/Energy\\_Course/energy/ev/fuelcell.html](http://www.ece.umn.edu/links/power/Energy_Course/energy/ev/fuelcell.html)

Viimeisin päiväys: 1994

Viite: Sperling 1994

Smith, Gary (2002) Pagewise Inc. PageWise, Inc.815-A Brazos St. #PMB 534  
Austin, TX 78701, <http://www.essortment.com/>  
[http://sd.essortment.com/nanotechnology\\_rmtr.htm](http://sd.essortment.com/nanotechnology_rmtr.htm)  
Viimeisin päiväys: 2002  
Viite: Smith 2002

Thomson, Elizabeth. (2002) Plasma Page Vol5, No. 1, Coalition for Plasma Science, email: thomson@mit.edu  
[http://www.plasmacoalition.org/plasma\\_pages/pp\\_feb2002.htm](http://www.plasmacoalition.org/plasma_pages/pp_feb2002.htm)  
Viimeisin päiväys: 2002  
Viite: Thompson 2002

Treder, Mike (2004) CRN. Responsible Nanotechnology. News and notes about the ongoing work of the Center for Responsible Nanotechnology  
[http://crnano.typepad.com/crnblog/2004/06/goo\\_in\\_perspect.html](http://crnano.typepad.com/crnblog/2004/06/goo_in_perspect.html)  
Viimeisin päiväys: 9.8.2004  
Viite: Treder 2004

Wikholm Leo, Swanström Christoffer (1998) Tähtitieteellinen yhdistys Ursa ry, <http://www.ursa.fi>  
<http://www.ursa.fi/ursa/ta/1998/982kuu.html>  
Viimeisin päiväys: 09.04.1998  
Viite: Wikholm & Swanström 1998

Wikipedia – The Free Encyclopedia (2004) Wikimedia Foundation Inc.  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Grey\\_goo](http://en.wikipedia.org/wiki/Grey_goo)  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Von\\_Neumann\\_machine](http://en.wikipedia.org/wiki/Von_Neumann_machine)  
Viimeisin päiväys: 12.6.2004  
Viite: Wikipedia 2004

*Kuvamateriaali:*

Kuva 1.  
Fonseca (2000)  
<http://www.foresight.org/Nanomedicine/Gallery/Captions/Image153.html>  
Viimeisin päiväys: 2000  
Viite: Fonseca 2000

Kuva 2.  
Solarz (2000)  
<http://www.foresight.org/Nanomedicine/Gallery/Captions/Image158.html>  
Viimeisin päiväys: 2000  
Viite: Solarz 2000

Kuva 3.  
Fonseca (2001)  
<http://www.foresight.org/Nanomedicine/Gallery/Captions/Image162.html>  
Viimeisin päiväys: 2001  
Viite: Fonseca 2001

Kuva 4.  
Vita-More (2001)  
<http://www.foresight.org/Nanomedicine/Gallery/Captions/Image171.html>  
Viimeisin päiväys: 2001  
Viite: Vita-More 2001

Kuva 5  
American Fisheries Society (2000)  
<http://www.fisheries.org/html/images/swordfish.jpg>  
Viimeisin päiväys: 21.12. 2000  
Viite: American Fisheries Society 2000

Kuva 6.  
www.1-18scalecars.com (2004)  
[http://www.iol.ie/~donohoer/0Lotus\\_Esprit\\_S1\\_007.htm](http://www.iol.ie/~donohoer/0Lotus_Esprit_S1_007.htm)  
Viimeisin päiväys: 28.12.2004  
Viite: 1\_18scalecars.com

Kuva 7.  
Bond submarine  
<http://www.speednation.com/store/product196.html>  
Viite: Bond submarine