

Osaako Suomi hyötyä nanoteknologiasta?

■ Markku Lämsä

Vasta julkistetun kansallisen innovaatiostrategian¹ perusvalinnat tulevat jatkossa ohjaamaan innovaatioympäristön toimintaa ja kehittämistä Suomessa. Teknologian kehitys tulee jatkumaan kiihtyvällä nopeudella ja uudet teknologiat toimivat muutosajureina. Nanoteknologia on merkittävimmistä muutoksen aikaansaajasta. Uutta tietoa ja tuloksia syntyy jatkuvasti. Tämä luo valtavan potentiaalin uusille sovelluksille ja vanhojen toimintojen uudistamiselle. Nanoteknologian mahdollistaa uusia ja parempia tuotteita ja prosesseja maamme tärkeimmille teollisuudenaloille. Se kattaa horisontaalisesti energia- ja ympäristö-, metalli-, metsä-, hyvinvointi ja ICT-sektorin sekä rakentamisen.²

Nanoteknologian vaikutus ei tule näkymään ainoastaan suomalaisen elinkeinoelämän uudistumisessa vaan koko yhteiskunnassa. Ympäristö-, terveys-, turvallisuusnäkökohtiin sekä regulaatioon on alettu kiinnittää lisääntyvää huomiota. Edelläkävijäyritykset ovat jo tunnistaneeet nanoteknologian mahdollisuudet. Toimialojen rajojen hämärtyessä ja toimialaluokitusten uusiutuessa nanoteknologia vaikuttaa merkittävästi uusien, maallemme tärkeiden kasvuyritysten syntyyn.

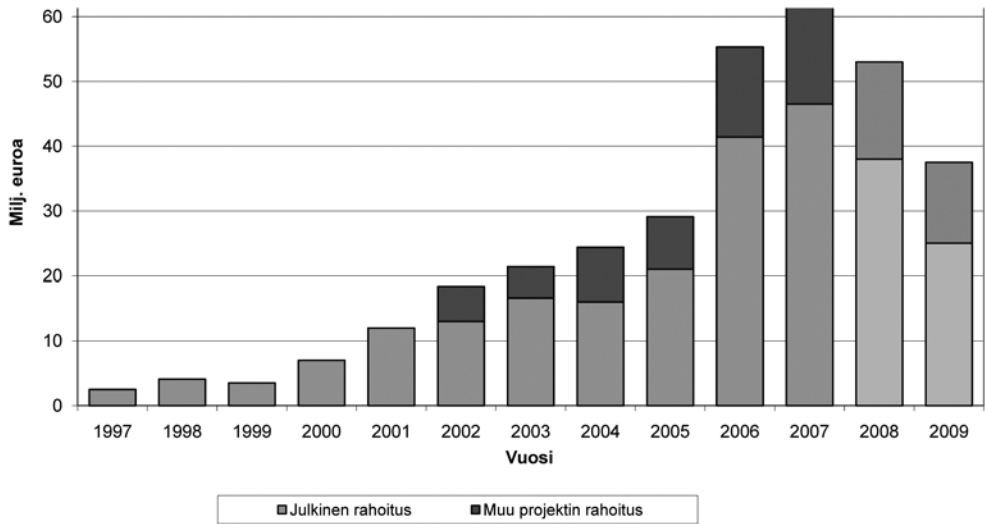
Nanoteknologiassa ollaan siirtymässä tutkimuksen hallitsemasta vaiheesta kaupallistamisvaiheeseen ja uusia tuotteita virtaa markkinoille. Maailmanlaajuiset nanoteknologiasovellusten ja -tuotteiden arvon ennakoidaan saavuttavan 2 500 miljardin dollarin rajan vuoteen 2014 mennessä.³ Miten Suomi osaa ottaa osansa näistä kasvavista markkinoista, ja tuleeko nanoteknologiasta yleiskäyttöinen geneerinen teknologia informaatioteknologian tapaan, jolla on

potentiaalia uudistaa teollisuuttamme ja kilpailukykyämme?

Kansainvälinen kilpajuoksu kiihtyy

OECD:n nanoteknologian työryhmän antaman määritelmän mukaan nanoteknologia hyödyn-tää hallituissa olosuhteissa tuotettuja alle 100 nm (1 nm on metrin miljardiosa eli 10^{-9} m) materiaalien rakenneosia, jotka antavat kullekin materiaalille tyypillisen tuon kokoiselle ja geometriselle rakenteelle ominaisen fysikaalisen, kemiallisen tai biologisen ominaisuuden.⁴ Viimeisen kymmenen vuoden aikana julkiset investoinnit nanoteknologiaan kasvoivat vuoden 1997 noin 400 miljoonasta dollarista nykyiseen yli 6,4 miljardiin dollariin (2006). Tämä merkitsee 1500 %:n kasvua. Yhdysvaltalainen Lux Research arvioi yksityisen sektorin nanoteknologiainvestointien olleen 5,3 miljardia dollaria vuonna 2006. Suurimpia nanoalan rahoittajia ovat Yhdysvallat, Japani ja Saksa. Euroopan Komission 7. puiteohjelmassa (2007–13) nanoteknologian rahoitus on 1,3 miljardia euroa. Aivan viime vuosina myös Kiina ja Venäjä ovat lisänneet runsaasti nanoteknologian rahoitusta. Venäjä ilmoitti keväällä 2007 kansallisesta aloitteesta koskien nanoteknologian ja nanomateriaalinen kehittämistä Venäjän Federaatiossa. Venäjä suunnittelee allokoivansa nanoteknologian kehittämiseen vuoteen 2015 mennessä yhteensä yli 5 miljardia euroa.

Suomessa nanoteknoloigan julkinen rahoitus kanavoituu pääosin Tekesin ja Suomen Akatemian FinNano-ohjelmien^{5,6} kautta. Vuonna 2007 nanotutkimus ja tuotekehitys saivat 46,5 miljoonaa euroa. Rahoitettujen nanoprojektien kokonaiskustannukset ylsivät 64 miljoonaa euroon. Opetusministeriön Nanotieteen kei-



Kuva 1. Suomen julkinen nanotieteen ja nanoteknologian rahoituksen ja projektien kokonaiskustannusten kehitys vuosina 1997–2007 ja arvio vuosille 2008–09. OPM:n Nanotieteen kehäänkärjet -rahoitus on jaettu vuosille 2007 ja 2008. Suomen Akatemia & Tekes (2008).

häänkärjet -ohjelmalla on vahvistettu yliopistojen nanokoulutusta ja hankittu alan vaatimia laitteita yhteensä 24 miljoonalla eurolla. Nanoteknologian osaamisryhmittymä on mukana uudessa osaamisklusteriohjelmassa (2007–13)⁷ vahvistaen alueellista ja kansallista yhteistyötä. Yhteenlaskettuna vuosikymmen loppuun mennessä Suomi panostukset erityisohjelmien kautta nanotieteisiin ja nanoteknologiaan ovat 120 miljoonaa euroa.

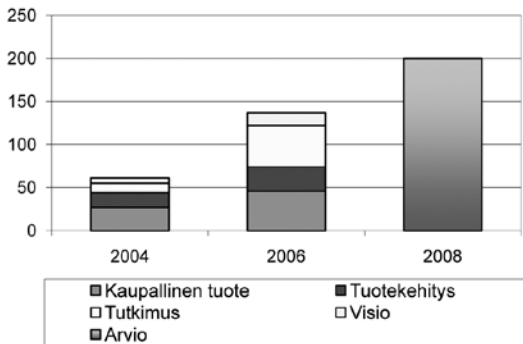
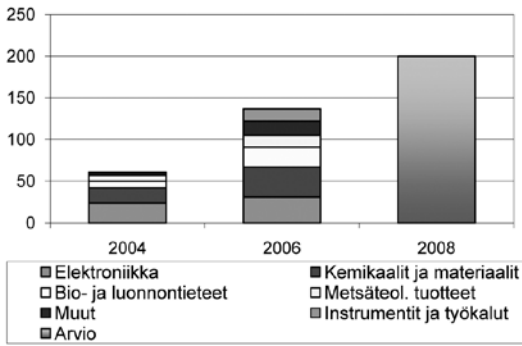
Nanotutkimus Suomessa

Erityisohjelmat, joita julkiset t&k&i-rahoittajat ja ministeriöt ovat käynnistäneet, ovat keskeisessä roolissa suomalaisen nanotieteiden ja nanoteknologian kehittämiseksi. Lisäksi yliopistojen, tutkimuslaitosten ja alueellisten toimijoiden keskuksat ovat omalta osaltaan vauhdittaneet alan kehitystä. Toimijoiden yhteistyö on tiivistä, mikä on mahdollistanut suomalainen nanoteknologiastategian syntymisen. Rajalliset resurssit on voitu kohdistaa kehäänkärjille, yhteistyö on lisääntynyt ja päällekkäisyys vähentänyt. Erityisohjelmien suunnittelussa ja niiden johtoryhmissä ovat toimineet ohjelmista vastuulliset henkilöt, millä on varmistettu hyvä tiedonvaihto. Opetusministeri Tuula Haataisen nimittämä asiantuntijaryhmä on vahvistanut suomalaisten

viranomaistahojen yhteistyötä vuodesta 2005 lähtien. Jyväskylän yliopisto valmistelee parhailaan esitystä opetusministeriölle NanoCentre Finland (NCF) perustamisesta koordinoimaan nanotieteen tutkimusta Suomessa. Vastaava bioteknologian verkosto BioCenter Finland on jo toiminnassa.

Suomessa nanotieteen ja -teknologian tutkimusta tehdään tällä hetkellä yliopistoissa, VTT:llä sekä Tekesin ja Akatemian rahoittamissa projekteissa. Yritysten tuotekehitys tapahtuu pääsääntöisesti vielä yhteistyössä tutkimuslaitosten ja yliopistojen kanssa, monesti Tekesin osittain rahoittamissa hankkeissa. Nanoteknologian tutkimustoiminta keskittyy yliopistokäytäntöihin; pääkaupunkiseudulle, Tampereelle, Jyväskylään, Ouluun, Turkuun ja Joensuuhun. Oulun mikro- ja nanoteknologiakeskus, Jyväskylän NanoScience Center, Tampereen Optoelektroniikan tutkimuskeskus ja Otaniemen kampuksen Micronova ovat tärkeimmät osaamiskeskittymät Suomessa. Tekesin ja Suomen Akatemian FinNano-ohjelmien kautta on rahoitettu jo sata tutkimus- ja tuotekehityshanketta vuosina 2004–08.

Tekesin rahoitusta ovat saaneet 44 yritys-hanketta (kustannukset 31,2 milj. euroa, Tekes-rahoitus 15,1 milj.) ja 27 tutkimushanketta (kus-



Kuva 2. Nanoteknologiaa hyödyntävien suomalaisten yritysten lukumäärä ja toimialat vuosina 2004, 2006 ja 2008. Tekes & Spinverse Consulting Oy (2006).

tannukset 16,7 milj. euroa; Tekes-rahoitus 14,0 milj.). Näissä hankkeissa on mukana yli sata yritystä. Suomen Akatemian nanotieteen tutkimusohjelmassa on käynnissä 13 hanketta. Ohjelman volyymi on 9,4 milj. euroa. Vuoteen 2010 mennessä erityisohjelmien kautta kanavoitava rahoitus nousee Suomessa yli 120 milj. euroon. Suomen koko julkinen nanorahoitus on esitetty kuvassa 1.

Maassamme on tieteellisen ja teknisen tutkimus- ja tuotekehitystoiminnan lisäksi hankkeita, joiden tavoitteena on selvittää nanoteknologiaan liittyviä ympäristö-, terveys- ja turvallisuus aiheita (EHS),⁸ standardoimiseen liittyviä kysymyksiä sekä taloudellisia ja yhteiskunnallisia vaikutuksia.⁹ Työterveyslaitos ja VTT ovat olleet aktiivisimmat toimijat nanoteknologian EHS-alueella. Eduskunnan tulevaisuusvaliokunta teetti esiselvityksen nanomateriaalien mahdollisuuksista ja riskeistä.¹⁰ Selvitys julkis-

tettiin elokuussa 2008. Teknologiateollisuus on ollut aloitteellinen standardisointiin liittyvissä kysymyksissä.

EU:n puiteohjelmien nanotieteen rahoitus muodostaa tärkeän osan suomalaisen nanotutkimuksen kokonaisrahoituksesta. EU:n 6. puiteohjelman NMP -ohjelmassa (nano, materiaalit, prosessit) oli sata suomalaisosallistumista ja EU-rahoituksen määrä oli 27,7 milj. euroa (kokonaiskustannukset Suomessa 43,5 milj. euroa; EU Komissio 1/2006).

Yritystoiminta kasvaa – rahoitustilanne vaikea

Spinverse Consulting Oy:n ja Tekesin kahden vuoden välein tekemän selvityksen¹¹ mukaan Suomessa on nyt 180 nanoteknologiaa hyödyntävää yritystä. 50 yrityksellä on nanoteknologiatuote tai sovellus markkinoilla. Selvityksessä yritykset on jaettu neljään ryhmään tuotekehityksen edistymisen perusteella: visio, tutkimus, tuotekehitys ja kaupallinen tuote. Vuoteen 2006 verrattuna yritysten määrä on kasvanut yli 200 % lähes kaikissa ryhmissä (kuva 2). Urheiluvälineiden valmistajat ovat olleet ensimmäisten joukossa ottamassa nanoteknologian käyttöönsä. Nanopartikkelit ja hiilinanoputket ovat ensimmäisinä hyödynnettyjä nanomateriaaleja. Nanoteknologisten pinnoitteiden valmistajia on useita, ja tuotteet vaihtelevat pelkästään teollisuuden käyttöön tarkoitetuista tuotteista myös kuluttajille suunnattuihin. ALD-pinnoitusteknologian (*Atomic Layer Deposition*) ympärille on kehittynyt suomalainen osaamisklusteri tutkimusryhmineen ja yrityksineen.

Yhtenä tärkeänä saavutuksena voidaan pitää akateemisista innovaatioista versonutta optisten teknologioiden teollisuutta, joka hyödyntää myös nanoteknologiaa. Suomesta on tullut nanofotoniikan materiaalien ja komponenttien valmistajia. Kaupallinen menestys on ollut nopeinta diodi- ja kuitulasereissa pääsovelluksina laajakaistainen tietoliikenne ja materiaalien työstö. Ulkomaisien yritysten sijoitusten arvo optoelektronikkaan nousee tällä hetkellä kymmeneen miljooniin euroihin. Tuotantolaitokset on rakennettu lähinnä Tampereen seudulle, mutta myös muu-

alle Suomeen. Yritykset ovat toistaiseksi pysyneet Suomessa ja luoneet yli 200 uutta työpaikkaa.

Veturiyrityksistä Nokia ja UPM Kymmene ovat käynnistäneet merkittävimmät nanoteknologiaan liittyvät t&k-projektit. Nokia aloitti nanoteknologiayhteistyön TKK:n ja VTT:n mikro- ja nanoteknologian keskuksen Micronovan kanssa vuonna 2007. Vastaavanlaista yhteistyötä Nokia tekee mm. Cambridgen yliopiston (Britannia) kanssa. Keväällä 2008 metsäjähti UPM ilmoitti perustavansa yhdessä VTT:n ja Teknillinen korkeakoulun kanssa Suomen Nanoselluloosakeskuksen. Nanoselluloosaa ja sen sovelluksia tullaan tutkimaan ja kehittämään noin 40 tutkijan voimin Espoon Otaniemessä.

Suomalaisista alkavista ja pienistä yrityksistä ovat parhaiten saaneet pääomasijoituksia ne, jotka kehittävät ja kaupallistavat nanoelektroniikkaa, työkaluja ja instrumentteja. Nanoteknologiaan tehdyt pääomasijoitukset ovat kuitenkin Suomessa yleisesti vaatimattomalla tasolla. Kaikki nanoteknologiaan tehdyt pääomasijoitukset Suomessa olivat yhteensä vain 13,4 miljoonaa euroa vuonna 2006 (yllämainitut sijoitukset fotonikkaan eivät ole tässä mukana). Tämä ei ole sinänsä yllättävää, sillä suomalainen pääomasijoitussektori on hyvin pieni. Kokonaisinvestoinnit ovat suuruusluokkaa 0,1 % bruttokansantuotteesta, mikä on kansainvälisesti alhainen luku (esimerkkeinä Israel 2,7 %, Yhdysvallat 0,3 % huomattavasti suuremmasta kansantuotteesta).¹² Erityisesti varhaisen vaiheen rahoituksesta on pulaa.

Nanoteknologia muutoksen ajurina

Ilmastonmuutos, kilpailu raaka-aineista, hintojen nousu ja resurssien niukentuminen ovat lisänneet kiinnostusta puhtaisiin teknologioihin (*cleantech*). Yleiset megatrendit: globalisaation jatkuminen; idän ja etelän teollistuminen; lännen ja pohjoisen teollisuustuotannon väheneminen; uusien teknologioiden käyttöönoton kiihtyminen; ympäristötietoisuuden nousu ja ikääntyvän väestön kasvu kehittyneissä maissa asettavat Suomelle uusia haasteita. Innovatiivisten mikro-, nano-, bio-, info- ja kognitioteknologioiden integraatio ja konvergenssi lisäävät

poikkitieteellisyys ja verkottumisen tarvetta. Erityisesti uusissa energia- ja ympäristöratkaisuissa on nanotekniikan merkitys huomattava, koska nanoteknologian avulla voidaan vaikuttaa sekä tuotteisiin että prosesseihin. Nanoteknologian sovelluksia ympäristösektorilla ovat esimerkiksi nanokalvot vedenpuhdistukseen, nanosuodattimet ilmanpuhdistukseen, katalysaattorit, nanopartikkelit öljynpuhdistukseen ja myrkyjä havainnoivat nanosensorit. Energiatekniikan sovelluksiin nanoteknologia tarjoaa uusia ratkaisuja mm. tehokkaampien katalyyttien, aurinko- ja bioenergian sekä vety- ja polttokennojen kehityksen kautta. Nanomateriaalit mahdollistavat myös uusia energiaa säästäviä vaihtoehtoja, kuten vähän energiaa kuluttava valaistus ja näyttölaitteet. Mobiililaitteissa nanoteknologia mahdollistaa uusia energiaratkaisuja (aurinkoenergia, polttokennot) tai nopeammin latautuvia, kestävämpiä ja turvallisempia akkuja.

Haasteiden edessä painivalle metsäklusterille nanoteknologia tarjoaa erittäin tärkeän mahdollisuuden uudistaa koko sektoria tuottavuuden kasvun, uusien tuotteiden ja uusien markkinoiden kautta. Nanoteknologiaa hyödyntävät uudet lisäaineet ja kemikaalit voivat parantaa paperin laatua ja nanosensorit prosessien hallittavuutta. Uusia markkinoita voi avautua itsestään puhdistuvien, antibakteeristen ja vettähylykivien pinnoitteiden kautta. Uudeksi kasvualueeksi on ennustettu paperisektorin ja elektroniikkasektorin yhtymäkohtaa, esimerkkinä painettava elektroniikka ja sulautettu radioaalto-tunnistus, joiden sovelluksia voivat olla älykkäät pakkaukset, sähköinen paperi ja taitettavat/pehmeät näytöt.

Kansainvälinen yhteistyö yhä tärkeämpää

Kansallinen innovaatiostrategia korostaa Suomen aktiivista osallistumista ja vaikuttamista EU:n tutkimus- ja innovaatiopolitiikan kehittämisessä ja suuntaamisessa. Tärkeää on kytkeä suomalaiset mukaan erilaisiin osaamis- ja tietämysverkostoihin. Pääosa nanotutkimuksesta tapahtuu Suomen ulkopuolella Yhdysvalloissa, Japanissa ja Euroopan suurissa maissa. Kansainvälisessä toiminnassa on tärkeää kohdistaa

rajalliset resurssit mahdollisimman tehokkaasti ja panostettava yhteistyöhön.

Tekesin FinNano-ohjelman yhtenä tavoitteena on tehdä suomalaisista tutkimusorganisaatioista kansainvälisesti haluttuja yhteistyökumppaneita nanotekniikan alueella. Ohjelman kansainvälistä osuutta on rakennettu edistämään verkottumista, tutkijoiden liikkuvuutta ja suomalaisten osallistumista Euroopan unionin nanoteknologian tutkimus- ja kehitysohjelmiin. Tekesin nanoteknologiaohjelma on partnerina 23 eurooppalaisen tutkimusrahoittajan mikro- ja nanoteknologia MNT ERA-NET -verkostossa sekä pohjoismaisessa Nordic Innovation Centerin NordicMINT-ohjelmassa. Vastaavasti Suomen Akatemian nanotieteentutkimusohjelma osallistuu NanoSci ERA-NET -hankkeeseen. Osallistuminen eurooppalaisten rahoittajien yhteishakuihin, on lisännyt suomalaisten tutkijoiden ja yritysten osallistumista eurooppalaisiin projekteihin. Esimerkkinä mainittakoon, että Tekes on jo rahoittanut 11 suomalaisen tutkimusyksikön tai yrityksen osallistumista eurooppalaisessa MNT-yhteistyöprojekteissa.

Suomi oli ensimmäisenä eurooppalaisena maana käynnistämässä nanoteknologian alueella yhteistyötä Kiinan ja Venäjän kanssa. Suomi ja Kiina ovat yhdessä rahoittaneet kahden vuoden aikana seitsemän nanohanketta NAMI-yhteistyön puitteissa. Vasta avatun Pietarin FinNode-innovaatiokeskuksen aloitustemaksi on rakentamisen lisäksi valittu nanoteknologia. Suomalaisten nanoalueen toimijoiden yhteiseiintymiset maailmalla Yhdysvalloissa ja Japanissa, mm. kolme kertaa maailman suurimmassa nanoalan näyttelyssä Tokiossa, ovat lisänneet yhteyksiä ja tunnettavuutta. Suomi on lisäksi mukana kahdessa OECD:n nanoteknologian taloudellisia ja yhteiskunnallisia vaikutuksia selvittävässä työryhmässä.

Mikä on suomalaisen nanoteknologian tulevaisuus?

Asukaslukuun suhteutettuna Suomi on toistaiseksi pärjännyt hyvin nanoteknologian kansainvälisessä kilpajuoksussa, kun mittarina käytetään julkista rahoitusta, patenteja tai jul-

kaisutoimintaa. Julkinen rahoitus nanotieteisiin ja nanoteknologiaan on merkittävästi vahvistanut alueen tutkimusta. Se on mahdollistanut nanoteknologiaan perustuvien tuotekehityshankkeiden käynnistämisen yrityksissä. Kansainvälinen yhteistoiminta on lisännyt suomalaisen nanotekniikan näkyvyyttä. Kansallisten ohjelmien kohta loppuessa on haasteena tutkimustulosten ja innovaatioiden kaupallistaminen. Nanoteknologiaa hyödyntäviä tuotteita on jo markkinoilla, esimerkkeinä nanoskaalan puolijohteet ja -komponentit, kosmetiikka, itsepuhdistuvat ja toiminnalliset pinnat, uudet kestävät ja kevyet materiaalit urheiluvälineissä sekä uudet näyttölaitteet eri sovelluksiin (TV, tietokoneet, mobiililaitteet). Toisaalta monet nanoteknologiaan liittyvät visiot ovat vielä perustutkimusvaiheessa. Nanotiede ja -teknologia ovat laaja käsite. Siksi kaupallistamisen nopeus on hyvin erilainen nanoteknologian eri osa-alueilla. Innovaation elinkaaren eri vaiheissa on rahoituksen jatkuvuuteen kiinnitettävä suurempaa huomiota.¹³

Uusin innovaatiotutkimus painottaa erityisesti uuden teknologian käyttöönoton tärkeyttä; viimeaikaiset tutkimukset osoittavat, että usein uuden teknologian kehitykseen panostetaan käyttöönoton kustannuksella. Kansallisen innovaatiostrategian mukaan tarjontalähtöisen innovaatiopolitiikan rinnalla tulee vahvistaa kysyntälähtöistä innovaatiopolitiikkaa. Nanoteknologia on poikkitieteellinen teknologia, ja siksi se on tunnistettu avaintekijäksi kilpailukyvyn kannalta kaikissa strategisen huippuosaimisen keskittymissä (SHOK). Nanotieteeseen ja -teknologiaan liittyvä tutkimusrahoitus on Suomessa aloitettu kansainvälisesti verraten varhaisessa vaiheessa, mikä antaa Suomelle kilpailuedun tämän uuden teknologian kehittämisessä ja soveltamisessa. Nanoteknologian ja nanotieteen tutkimuksen, tuotekehityksen ja koulutuksen rahoitus on myös jatkossa varmistettava, jotta voi syntyä uusia läpimurtoja ja olemassa olevien tulosten täysimittaista hyödyntämistä. On hyödynnettävä olemassa olevia rakenteita, vahvoja klustereita sekä investoitava infrastruktuuriin ja laitteisiin.

Viitteet

- 1 Kansallinen innovaatiostrategia (2008).
- 2 Small is huge, Nanotech Finland, Tekes (2007).
- 3 Nanotechnology Report, Lux Research (2007).
- 4 OECD Working Party on Nanotechnology (ISO TCC 229).
- 5 Tekes, FinNano (2004–2009) (www.tekes.fi/finnano)
- 6 Suomen Akatemia, FinNano (2005–2009) (www.aka.fi/finnano)
- 7 Nanoteknologian klusteriohjelma (2007–2013) (<http://www.oske.net>)
- 8 Nanosafety in Finland – a summary report, 224/2008, Gaia Consulting Oy, Tekes (2008).
- 9 *Industrial renewal and growth through nanotechnology? An Overview with focus on Finland*, Christopher Palmberg, Tuomo Nikulainen, Etlatiето (2007).
- 10 Nanomateriaalien mahdollisuudet ja riskit esiselvitys, Eduskunnan Tulevaisuusvaliokunta, Teknologia arviointeja 26 (2008).
- 11 Nanotechnology in Finnish industry, Spinverse Consulting Oy, Tekes (2004, 2006).
- 12 Thomson Corporation (2007).
- 13 *Cleantech-yritysten rahoitusmallit*, Timo Linnainmaa, Tarja Teppo, Cleantech Invest Oy (2006).

Kirjoittaja on filosofian tohtori, joka työskentelee teknologia-asiantuntijana Tekesissä. Hän on FinNano-ohjelman päällikkö.

Kuopion Luonnon Ystävien Yhdistys ry julistaa haettavaksi

Lehtori Betty Väänäsen rahaston apurahat

Yhteensä 40 000 euroa perinnöllisyystieteen (genetiikka) tutkijoille ja opiskelijoille. Stipendin voi saada esimerkiksi tutkija/työryhmä työskentelyapurahaksi tai opiskelija pro graduun. Savolaisuus katsotaan eduksi. Tänä vuonna jaetaan 20 000 euroa erityisenä post doc -apurahana väitöksen jälkeiseen tutkimukseen. Tämä summa koostuu henkilökohtaisesta apurahasta (18 300 euroa, sisältäen sosiaaliturvamaksun) ja tarvike- ja matkakuluihin yms. varatusta loppusummasta.

Vapaamuotoiset hakemukset (liitteinä lyhyt tutkimussuunnitelma ja ansioluettelo) on toimitettava 31.3.2009 mennessä osoitteeseen:

Atte von Wright, Kuopion yliopisto, Biotieteiden laitos
PL 1627
70211 Kuopio.

Tiedustelut: Atte.vonWright@uku.fi tai 0505376030.
Lisätietoja (mm. viime vuoden stipendit) on myös KLYY:n kotisivulla www.jmp.fi/~luonto/klyy.