

Jenni Rantala, Kai Savolainen,
Virpi Väänänen & Marita Luotamo
Uutta teknologiaa ihmisten
ja ympäristön ehdoilla?
Asiantuntijoiden näkemyksiä
teknologisesta kehityksestä ja
tulevaisuuden riskeistä

Teknologisen kehityksen vuoksi työympäristö on jatkuvassa muutostilassa. Työympäristön muutostilan kartoittamiseksi selvitettiin asiantuntijoiden näkemyksiä uusien teknologioiden kehityksestä ja niiden vaikutuksesta työterveyteen ja -turvallisuuteen. Tutkimuksessa kartoitettiin 12 toimialan tulevaisuusnäkymiä erityisesti uusien teknologioiden ja mahdollisten terveysriskien näkökulmasta. Hankkeessa sovellettiin argumentoivaa Delfoi-menetelmää. Tulevaisuuden teknologista kehitystä sekä mahdollisia terveysriskejä luodattiin asiantuntijapaneelin arvioiden perusteella. Tulosten mukaan nanoteknologian, bioteknologian sekä tieto- ja viestintäteknologian arvioitiin olevan tulevaisuuden avainteknologioita. Asiantuntijoiden näkemykset uusien teknologioiden terveysriskeistä jakautuivat: toisten mukaan terveysriskit ovat todellinen uhka, kun taas toisten mukaan terveysriskit eivät tule toteutumaan. Terveydelle haitallisimpina uusina teknologioina pidettiin nanoteknologiaa ja bioteknologiaa.

Johdanto

Teknologinen kehitys ja tieteelliset läpimurrot ovat muuttamassa lähes kaikkia teollisuudenaloja. Uudet teknologiat, kuten nanoteknologia ja bioteknologia, luovat ennennäkemättömiä sovellus- ja liiketoimintamahdollisuuksia. Tämä kehitys on jo ollut nähtävissä kaikilla Suomen avainsektoreilla metsäteollisuudesta elektroniikkateollisuuteen. Vuonna 2008 Suomessa toimi aktiivisesti 202 nanoteknologiayritystä, kun vuonna 2004 yritysten määrä oli 61 (Tekes 2009). Nanoteknologian tutkimus- ja konsulttiyritys Lux Researchin mukaan nanoteknologiasovellusten arvo saavuttaa maailmanlaajuisesti 2 500 miljardin dollarin rajan vuoteen 2014 mennessä (Lämsä 2009, 16).

Yritykset joutuvat lisäämään merkittävästi tuottavuuttaan pystyäkseen kilpailemaan muun muassa halvemman työvoiman maissa toimivien yritysten kanssa. Teknologian odotetaan avaavan uusia mahdollisuuksia tuottavuuden parantamiseksi. Tämän kehityksen vuoksi myös työympäristö on jatkuvassa muutostilassa. Tulevaisuudessa jatkuva voimakas teknologian kehitys onkin yksi keskeisimmistä työn muutostekijöistä (Räikkönen 2008, 46).

Yhä useammat työntekijät joutuvat uusien teknologioiden kanssa tekemisiin työpäikällään. Uusien teknologioiden yleistymisestä huolimatta tietämyksemme niiden terveysvaikutuksista on puutteellinen. Erityisesti teolli-

sesti tuotettujen nanopartikkeleiden ominaisuudet – kuten solukalvon läpäisy tai pääsy hermosoluihin – ovat herättäneet kysymyksiä maailmanlaajuisesti (mm. NIOSH 2007; European Commission 2007; Schulte ym. 2008). Esimerkiksi tuotantotyöntekijöiden altistuminen teollisesti tuotetuille nanopartikkeleille saattaa olla hyvinkin mittavaa. Tämän vuoksi on tärkeää seurata jatkuvasti kehitystä ja luoda uusiin teknologioihin liittyviä terveys- ja ympäristöriskejä (Savolainen ym. 2006, 40). Samalla voimme vaikuttaa osaltamme siihen, miten ja mihin suuntaan tekniikkaa kehitetään.

Teknologian kehityksen ennakoinnista on tullut yhä tärkeämpi tulevaisuudentutkimuksen osa-alue. Ennakointia tehdään Suomessa muun muassa yrityksissä, tutkimuslaitoksissa ja teollisuuden keskusjärjestöissä. Suomen teknologista kehitystä on viime aikoina ennakoitu muun muassa Tekesin (2005), Elinkeinoelämän keskusliiton (2006) ja Suomen Akatemian (2006) toimesta. Yksi keskeisistä toimijoista on Euroopan komission Yhteisen tutkimuskeskuksen (Joint Research Centre – JRC) alaisuudessa toimiva tekniikan tulevaisuudentutkimuksen laitos (The Institute for Prospective Technological Studies).

Eerola ja Väyrynen (2002) ovat vertailleet suomalaista teknologian ennakoitintoimintaa muiden Euroopan maiden vastaavaan toimintaan. He arvostelevat suomalaisten toteuttamia teknologioiden ennakoitinhankkeita liiallisesta teknologiaoptimismista. Uusiin teknologioihin liittyvien uhkien ja riskien kartoitusta ei yleensä sisällytetä tulevaisuustarkasteluihin. Ennakoitinhankkeilla ei ole myöskään tavoiteltu kriittisen teknologiakeskustelun aloittamista. Lisäksi suomalaisille teknologian ennakointihankkeille on ominaista epäjatkuvuus. (Eerola & Väyrynen 2002, 16–17.)

Euroopan työterveys- ja työturvallisuusviraston Riskienseurantakeskus on toteuttanut Riskiluotain-hankkeen. Hankkeen tarkoituksena oli selvittää Delfoi-menetelmää hyödyntäen aiheuttavatko tekniset innovaatiot tai sosiaaliset muutokset uusia tai hälyttäviä riskejä työelämässä. Tarkastelussa oli mukana niin fyysiset, kemialliset, biologiset, organisatoriset kuin sosiaalisetkin riskit. Vaikka tähän eurooppalaiseen kyselyyn osallistui myös muutamia suomalaisia asiantuntijatahoja, ei vastaavaa

kattavaa selvitystä uusista ja laajenevista työympäristön riskeistä ole tehty suomalaisessa työympäristössä (European Agency for Safety and Health at Work 2005; 2007; 2009).

On tärkeää ennakoida liittykö uusiin teknologioihin, prosesseihin tai tuotteisiin terveydellisiä riskejä työympäristössä tai lopputuotteissa. Siten teollisuus ja yritykset voivat taata sekä työntekijöidensä turvallisuuden että kuluttajien kannalta turvalliset tuotteet. Teknologian ennakointiprosessin avulla voidaan myös herättää laajempaa keskustelua teknologiseen kehitykseen liittyvistä uhkista sekä muistuttaa uusien teknologioiden asettamista haasteista yhteiskunnan eri osapuolille. Eduskunnan tulevaisuusvaliokunnan selvityksen (Matikainen-Kallström 2008) mukaan avoimuudella ja läpinäkyvyydellä saavutetaan parhaiten ihmisten luottamus nanoteknologiaan ja muihin uusiin teknologioihin.

Työterveyslaitoksen toteuttaman Delfoi-Riskiluotain -hankkeen tarkoituksena oli kartoittaa suomalaisilla työpaikoilla uusien teknologioiden ja tuotantoprosessien mahdollisesti aiheuttamia terveysriskejä. Tutkimuksessa saatua tietoa voidaan hyödyntää eri organisaatioissa toiminnan suunnitteluun. Tietoa tarvitaan lisääntyvässä määrin, sillä uudet teknologiat tulevat yleistymään useilla toimialoilla. Eri osapuolten tulisivin varautua hyvissä ajoin niiden käyttöönottoon, jotta se tapahtuisi kestäväällä tavalla. Tekesin nanoturvallisuus-raportin (Raivio ym. 2008, 9) mukaan yrityksissä ja työpaikoilla tarvitaan kasvavassa määrin nanoteknologian työturvallisuuteen liittyvää tietoutta. Tämä tutkimus pyrki osaltaan edistämään uusiin teknologioihin liittyvää keskustelua ja sitä kautta parantamaan yritysten, viranomaisten, työmarkkinaosapuolten sekä tutkimuslaitosten edellytyksiä uusien riskien vähentämiseen sekä työterveyden ja työturvallisuuden kehittämiseen.

Tutkimuksen tavoite

Tutkimuksen tavoite jakautui kahdeksi tutkimuskysymykseksi:

1. Millaisia uusia teknologioita, tekniikoita ja tuotantoprosesseja hyödynnetään tulevaisuudessa valituilla toimialoilla?
2. Liittykö uusiin teknologioihin, tekniikoihin tai tuotantoprosesseihin terveys- tai turvallisuusriskejä?

Ensimmäisen tutkimuskysymyksen tarkoituksena oli kartoittaa tulevaisuuden teknologista kehitystä hankkeeseen valittujen 12 toimialan osalta (toimialat esitetään taulukossa 1). Tavoitteena oli pyrkiä ennakoimaan

tulevaisuuden tuotantoa sekä tunnistamaan merkittävät kehityslinjat. Tarkasteluun sisällytettiin tulevaisuudessa mahdollisesti sovellettavat uudet teknologiat, tekniikat ja tuotantoprosessit.

Taulukko 1. Valitut toimialat.

Elektroniikkateollisuus	Metalliteollisuus
Elintarviketeollisuus	Paperiteollisuus
Energiateollisuus	Tekstiiliteollisuus
Ionisoimatonta säteilyä hyödyntävät tekniikat	Teollinen kierrätys
Kemianteollisuus	Terveydenhuollon teknologia
Kosmetiikkateollisuus	Tietoliikenneteollisuus

Toinen tutkimuskysymys pyrki hahmottamaan liittykö tulevaisuudessa hyödynnettäviin uusiin teknologioihin, tekniikoihin tai tuotantoprosesseihin terveys- tai turvallisuusriskejä. Tarkoituksena oli selvittää uusien teknologioiden mahdollisesti aiheuttamia uusia mekaanisia, fysikaalisia, kemiallisia tai biologisia riskejä. Tarkastelun ulkopuolelle jätettiin psykososiaaliset riskit sekä työhyvinvointiin ja työn mielekkyyteen liittyvät riskit. Voidaan olettaa, että uusilla teknologioilla on merkittäviä vaikutuksia myös viimeksi mainittuihin asioihin. Laajoina teemoina ne vaativat kuitenkin oman tutkimuksensa.

Hankkeessa käytettiin Euroopan työterveys- ja työturvallisuusviraston Riskiluotain-hankkeen (European Agency for Safety and Health at Work 2005; 2007; 2009) määritelmää uudelle riskille. Uusi riski tarkoittaa, että riskiä ei ole tunnettu aikaisemmin. Uuden riskin luonteeseen kuuluu myös, että se on seurausta uusista prosesseista tai teknologioista, uudentyypisistä työpaikoista taikka sosiaalisista tai organisatorisista muutoksista. Se voi merkitä myös, että pitkään olemassa ollut riski on havaittu hiljattain tai että pitkään tiedossa ollut asia on paljastunut riskiksi.

Argumentoiva Delfoi-menetelmä

Hanke toteutettiin kvalitatiivista argumentoivaa Delfoi-menetelmää soveltaen vuosina 2007–2008. Menetelmä perustuu asiantuntijapaneeleihin, jonka ilmiötä koskevat kannanotot kerätään delfoi-prosessiin kuuluvien tutkimuskierrosten avulla. Toisin kuin perinteinen Delfoi-menetelmä, menetelmää käyttäen ei pyritä yhteisymmärryksen, vaan sen avulla pyritään löytämään vaihto-

ehtoisia tulevaisuuden kehityspolkuja sekä koostamaan niitä tukevia ja vastustavia näkemyksiä (Kuusi 1999; Kuusi ym. 2001; Kuusi 2002).

Asiantuntijapaneeleita koottiin harkinnanvaraisesti. Paneeli muodostui pääasiassa sekä työympäristöasiantuntijoista että teknologia-asiantuntijoista. Asiantuntijoiden nimikkeitä olivat muun muassa työterveyshoitaja, työsuojeluvalltuutettu, professori, teknologia-asiantuntija, development manager sekä turvallisuuspäällikkö. Paneeliin kuului eniten yritysten edustajia, joita oli yhteensä 17. Työmarkkinajärjestöissä työskenteleviä asiantuntijoita oli kuusi, joista neljä työntekijäpuolelta ja kaksi työnantajapuolelta. Tutkimuslaitoksissa ja asiantuntijaorganisaatioissa työskenteleviä henkilöitä oli neljä sekä viranomaisten edustajia kaksi. Yhteensä paneeliin kuului 29 asiantuntijaa, joista 21 oli miehiä ja kahdeksan naisia. Paneeliin osallistuvien asiantuntijoiden nimiä ei julkaistu missään vaiheessa. Kuusen (1999, 128) mukaan viestinnän avoimuuteen ja ryhmädynamiikkaan liittyvät ongelmat ratkaistaan parhaiten anonyymiuden avulla. Anonyymeinä asiantuntijoiden ei myöskään tarvitse varoa kannanottoja, joita työnantaja ei mahdollisesti hyväksyisi.

Moni haastateltavista seurasi usean teollisuudenalan kehitystä. Elintarviketeollisuuden kehitykseen liittyviä näkemyksiä esitti yhteensä kahdeksan vastaajaa. Elektroniikka- ja paperiteollisuuden kehitystä kommentoi seitsemän vastaajaa; energiateollisuuden kehitystä kuusi vastaajaa; kemian teollisuuden, terveydenhuollon teknologian ja tietoliikenneteollisuuden kehitystä viisi vastaajaa; teollisen kierrätyksen, ionisoimatonta säteilyä hyödyntävien tekniikoiden ja metallite-

ollisuuden kehitystä neljä vastaajaa; tekstiiliteollisuuden kehitystä kolme vastaajaa sekä kosmeetikateollisuuden kehitystä kaksi vastaajaa.

Ensimmäisen kierroksen tarkoituksena oli asiantuntijoiden teemahaastatteluiden perusteella hahmottaa tutkimuskenttää ja löytää oikeat aiheet toisen kierroksen kyselytutkimusta varten. Yksilöhaastatteluita tehtiin yhteensä 29. Haastattelurungon teemat käsittelivät tulevaisuudessa eri teollisuudenaloilla käytettäviä teknologioita, tekniikoita ja prosesseja. Lisäksi tiedusteltiin asiantuntijoiden arvioita uusien teknologioiden riskeistä ja keskusteltiin muun muassa riskikommunikaatiosta. Nauhoitettua haastatteluaineistoa muodostui yhteensä noin 38 tuntia, ja nauhalta purettua tekstiaineistoa yhteensä 286 sivua.

Haastatteluaineisto käsiteltiin Atlas.ti -ohjelmaa hyödyntäen. Ohjelmiston avulla aineisto koodattiin käyttäen avainsanoja koodeina. Ennen koodaamista aineistoa luettiin läpi ja muodostettiin samalla alustava koodilista, joka perustui aineistosta esiin nousseisiin teemoihin. Varsinaisen koodaustyön edetessä lista muuttui jonkin verran. Koodeja oli yhteensä 31 kpl jokaista 12 teollisuudenalaa kohti. Koodeilla merkittiin aineistossa esiintyvät teemat tai tekstiosiot. Kaiken kaikkiaan aineistosta koodattiin 2306 tekstiosiota. Aineiston koodaamisen jälkeen aineistosta tehtiin erilaisia hakuja, esimerkiksi hakemalla aineistosta kaikki tietyllä koodilla merkityt tekstiosiot. Hakujen avulla tarkennettiin ja ryhmiteltiin aineistoa, mikä edisti varsinaisen tekstianalyysin tekemistä. Analyysimenetelmänä käytettiin sisällönanalyysiä. Vähittäisen aineiston pelkistämisen, ryhmittelyn ja abstrahoinnin avulla rakennettiin synteesi ottaen huomioon tutkimuksen tarkoitus. Analyysi perustui induktioon, jossa edettiin aina yhden haastattelun antamasta kuvasta yleiskuvaukseen.

Toinen kierros toteutettiin elektronisella kyselyllä, jossa keskityttiin valittujen toimialojen tulevaisuuden tuotannon kartoitukseen. Kysely perustui haastatteluaineistosta saatuihin tuloksiin, ja se koostui pääasiassa väittämistä. Kyselyyn sisällytettiin haastatteluissa esiin tulleita keskeisimpiä, mielenkiintoisimpia ja mielipiteitä jakavia väittämiä ja näkökulmia tulevaisuuden tuotannosta ja riskeistä. Kysely lähetettiin ensimmäisellä kierroksella haastatetuille asiantuntijaneelin jäsenille. Vastaajia pyydettiin arvioi-

maan esitettyjä väittämiä ja joko hyväksymään tai kumoamaan ne. Vastaajien toivottiin myös perustelevan kannanottojaan.

Väittämien lisäksi ensimmäiseen osioon sisällytettiin avokysymyksiä. Kysymysten avulla pyrittiin saamaan tarkentavaa tietoa muun muassa käyttöön otettavista aineista ja materiaaleista. Vastaajia pyydettiin vastaamaan kaikkien tunte miensa teollisuudenalojen väittämiin ja kysymyksiin. Kyselyyn sisällytettiin lisäksi osio, jossa vastaajia pyydettiin muotoilemaan sekä toivottava että uhkaava tulevaisuuskuva vuodesta 2015. Vastaajien tuli visioida uusien teknologioiden, teknologioiden ja tuotantoprosessien kehitystä etenkin terveyden ja turvallisuuden näkökulmasta.

Vastaamattomia muistutettiin yhteensä neljä kertaa. Kyselyyn vastasi 20 panelistia ja vastausprosentiksi muodostui 69. Myös hankkeen ohjausryhmän jäseniä pyydettiin vastaamaan kyselyyn ennen sen lähettämistä varsinaisille panelisteille. Kaksi henkilöä vastasi kyselyyn, ja myös heidän vastauksensa sisällytettiin tulosten analyysiin. Näin ollen kyselyyn vastasi yhteensä 22 henkilöä.

Tulokset

Teknologisen kehityksen osalta saadut tulokset tukevat aiempaa tutkimustietoa. Uutta tietoa saatiin pääasiassa siitä, miten asiantuntijat käsittävät uusiin teknologioihin liittyvät riskikysymykset, muun muassa kenelle vastuu uusien riskien selvittämisestä kuuluu, millaisia riskien hallintakeinot ovat sekä miten vakavia riskit ovat.

Suomen teknologinen kehitys

Hankkeen asiantuntijaneelin mukaan nanoteknologia, bioteknologia sekä tieto- ja viestintäteknologia vahvistavat asemiaan ja ovat keskeisiä tulevaisuudessa hyödynnettäviä teknologioita. Taulukossa 2 esitetään nämä avainteknologiat painotuksineen.

Asiantuntijoiden näkemysten mukaan bioteknologia tulee vahvistamaan asemaansa. Sen arveltiin tarjoavan paljon vielä hyödyntämättömiä mahdollisuuksia. Jo nyt eri toimialoilla ovat yleistyneet erilaiset biologiset prosessit, kuten prosessivesien puhdistus mikrobien avulla. Elin- tarviketeollisuuden uskottiin kokevan mullistuksia geeniteknologian myötä. Lisäksi bioraaka-aineista valmistettujen materiaalien ja komponent-

tien arveltiin yleistyvän. Toisaalta suhtautuminen bioteknologiaan ei ollut varauksetonta. Osa näki siihen liittyvien haasteiden olevan niin suuria, että teknologiaa ei pystytä hyödyntämään laajasti.

Myös nanoteknologiaa voidaan vastaajien mukaan hyödyntää hyvin laajasti ja monenlaisissa sovelluksissa. Painopistealueita ovat muun muassa uudet nanorakenteiset materiaalit, joilla voidaan parantaa esimerkiksi materiaalien

kestävyyttä. Elektroniikan pienentymiskehitys ja prosessointinopeuksien kasvu sekä nanosensorit elintarviketeollisuudessa edellyttävät nanoteknologian hyödyntämistä. Asiantuntijapaneeli oli lähes yksimielinen siitä, että nanoteknologialla on merkittävä rooli teollisuuden kilpailukyvyyn ylläpitämisessä. Nanoteknologian arveltiin tuovan paljon mahdollisuuksia, mutta samalla myös uhkia.

Taulukko 2. Tulevaisuuden avainteknologiat.

Nanoteknologia, painoituksina mm.
- uudet nanorakenteiset materiaalit (toiminnalliset, ml. älykkäät materiaalit)
- nanoelektroniikka
- nanosensorit
Bioteknologia, painoituksina mm.
- biologiset prosessit
- geenitekнологia
- bioraaka-aineista valmistetut materiaalit ja komponentit
Tieto- ja viestintäteknologia, painoituksina mm.
- älykkäät tuotteet ja palvelut
- langattomuus
- rfid-tekniikka

Hanke tuotti paljon tietoa myös tieto- ja viestintäteknologian uusista sovellutuksista. Erilaiset älykkäät tuotteet toistuivat useampien asiantuntijoiden puheissa. Älyllä tarkoitetaan sitä, että esimerkiksi elintarvikepakkaukseen voidaan sisällyttää tuotteen tuoreuden osoittavia mittareita. Pakkaus ilmaisee mahdolliset lämpötilavaihtelut sekä tuotteen tilassa tapahtuneet muutokset. Älytekstiilit taas voivat tulevaisuudessa valvoa käyttäjänsä terveyttä erilaisen sensoreiden avulla. Panelistit uskoivat myös langattomien teknologioiden sekä laitteiden kannettavuuden kasvuun niin teollisuudessa kuin kuluttajatuotteissakin. Yleisesti tietotekniikan uskottiin sulautuvan mitä erilaisimpiin tuotteisiin ja palveluihin.

Suomi vuonna 2015 – toivottava ja uhkaava tulevaisuuskuva

Hankkeen aikana panelisteja pyydettiin muotoilemaan sekä toivottava että uhkaava tulevaisuuskuva vuodesta 2015. Vastaajien tuli visioida uusien teknologioiden kehitystä etenkin terveyden ja turvallisuuden näkökulmasta. Tehtävänannossa

toivottava tulevaisuuskuva määriteltiin tarkoittamaan myönteistä kehitystä, jossa terveys- tai turvallisuusriskejä ei ole ilmennyt. Uhkaava tulevaisuuskuva taas on arvio tulevaisuudesta, jossa kehitys on ollut epäsuotuisaa ja terveys- ja turvallisuusriskejä on ilmennyt. Vastaajia pyydettiin myös arvioimaan muotoilemiensa tulevaisuuskuvien toteutumisen todennäköisyyttä sekä tiedusteltiin heidän näkemystään siitä, miten toivottava tulevaisuuskuva voitaisiin saavuttaa.

Tarkoituksena oli kannustaa panelisteja visioimaan mahdollisimman vapaasti, eikä rajoittaa visiointia ainoastaan siihen, millainen tulevaisuus todennäköisesti on heidän mielestään. Tällä haluttiin ehkäistä ajattelutapaa, jossa tulevaisuus nähdään pelkästään nykyisyyden jatkumona. Toivottavan ja uhkaavan tulevaisuuskuvan avulla pyrittiin saamaan tietoon eri ääripäissä olevat ulottuvuudet, joiden välinen alue muodostaa niin sanotun tulevaisuuskartan. Tulevaisuuskartan avulla voidaan tuoda esiin teknologian sekä terveyden ja turvallisuuden välinen, osin jännitteinen suhde. Sen avulla on myös mahdollista pohtia tulevaisuuden kehityksen eri suuntia.

Toivottava tulevaisuuskuva

Panelistit näkivät tulevaisuuden teknologioiden sävyttämänä. Panelistien toivottavien tulevaisuuskuviin mukaan uudet materiaalit, tekniikat ja valmistus- sekä jätteenkäsittelyteknologiat mahdollistavat tulevaisuudessa entistä paremman elämänlaadun vaarantamatta terveyttä tai ympäristöä. Teknologia palvelee osaltaan terveyden edistämistä ja sairauksien ennaltaehkäisyä sekä hoitoa.

Skenaarioiden mukaan vuonna 2015 nanoteknologiaa hyödynnetään kuluttajatuotteissa, jotka ovat entistä kevyempiä, kestävämpiä, ympäristöystävällisempiä ja mukavampia käyttää. Nanoteknologiaa käyttäen on onnistuttu kehittämään myös terveysvaikutteinen elintarvike, jonka parantavat ja suojaavat hiukkaset korjaavat esimerkiksi vatsasyövän esiasteen. Myös geenitekniologiaa käytetään enenevässä määrin, ja ihmisten pelko sitä kohtaan on voitettu. Geenimuunnellut kasvit vähentävät torjunta-aineiden sekä lannoitteiden käyttöä, ja esimerkiksi sairauksien hoito geenitekniologian avulla on yleistä. Lisäksi teknologiaa käytetään jätteiden hävittämisessä. Vuonna 2015 työntekijän ja työn välinen kitka on vähentynyt uusien teknologioiden käyttöönoton myötä ja työntekijän tekemä työ on voitu suunnata mielekkäisiin kohteisiin ja työvaiheisiin. Tietoliikenneverkkojen kehityksen myötä yhä useampi pystyy myös työskentelemään paikasta riippumatta.

Vastaajien arviot toivottavan tulevaisuuskuva toteutumisesta vaihtelivat. Osa vastaajista piti tulevaisuuskuva mahdollisena, jotkut jopa joiltain osin todennäköisenä. Esimerkiksi tietoliikenneverkkojen kehityksen ja etätöiden laajenemisen osalta tulevaisuuskuva toteutumista pidettiin todennäköisenä. Toisaalta taas geenitekniologian vastustusta tuskin pystytään voittamaan vuoteen 2015 mennessä. Toivottava tulevaisuuskuva onkin suurelta osin panelistien idealistinen visio tulevaisuudesta. Tämä visio sisältää kuitenkin elementtejä, joilla on mahdollisuus toteutua vuonna 2015 tai myöhemmin.

Yhteiskunnallista ja kansainvälistä yhteistyötä pidettiin avaintekijänä toivottavaan tulevaisuuskuvaan. Tutkimukseen ja tuotekehitykseen on panostettava myös tulevaisuudessa, ja eri alojen välinen keskustelu on suotavaa. Uutta teknologiaa käyttävien yritysten työterveyshuoltojen

roolia pidettiin myös keskeisenä terveys- ja turvallisuusriskien havaitsemis- ja hallintatyössä. Teknologioiden hyödyistä ja haitoista on panelistien mukaan keskusteltava ja tiedotettava nykyistä avoimemmin ja aktiivisemmin.

Kaikki eivät kuitenkaan uskoneet toivottavan tulevaisuuskuva toteutumiseen, vaan sitä pidettiin idealistisena. Myös aikajänteen arvioitiin olevan liian lyhyt kuvatuskaltaiselle muutokselle. Teknologisen kehityksen arveltiin tuovan uusia terveys- ja turvallisuusriskejä, sillä yhä tiukentuvassa kilpailutilanteessa teollisuuden on pakotettu karsimaan kustannuksia. Tällöin yhteistyö asiantuntijoiden, henkilöstön ja muiden tahojen kanssa jää riittämättömäksi ja työympäristön vaaroja ei pystytä ennakoimaan. Panelistien mukaan maailmanlaajuisen poliittisen tahdon ja normien puuttuessa on vaikeaa saavuttaa merkittäviä tuloksia terveyteen ja ympäristöön liittyvissä kysymyksissä. Kuluttajien ei myöskään arveltu olevan valmiita maksamaan turvallisuus- ja ympäristönäkökulmien huomioimisesta.

Uhkaava tulevaisuuskuva

Vastaajat kokivat uhkana sen, että teknologiasta tulee itsetarkoitus. Panelistien muotoilemien uhkaavien tulevaisuuskuviin mukaan vuonna 2015 uskotaan yleisesti, että lähes kaikki inhimilliset tarpeet voidaan ratkaista tekniikan avulla. Tällöin uusia teknologioita kehitetään poliittikalähtöisesti, ja investoinnit perustuvat poliittisiin intresseihin. Pahimmillaan geeni- ja nanoteknologiat ovat tulevaisuudessa vakuuttaneet ihmiset kaikkivoipaisuudestaan. Uudet teknologiat saattavat osoittautua kuitenkin kalliiksi ja voivat tuottaa pettymyksiä. Uhkakuvien mukaan teknologisoitumisen myötä myös elämänlaatu ja yhteisöllisyys vähenevät sekä ympäristökuormitus kasvaa.

Uhkana pidettiin myös sitä, että uusien teknologioiden myötä ihmisen ja työn välille saattaa syntyä uudenlaisia ongelmia. Työstä saattaa tulla muun muassa henkisesti entistä kuormittavampaa. Uhkakuvien mukaan uusien teknologioiden käyttöönotto tapahtuu hallitsemattomasti, eikä terveys- ja turvallisuusriskejä malteta arvioida. Altistumistutkimus ei myöskään etene teknologioiden kehityksen tahdissa. Uusien teknologioiden lisääntymisen seurauksena saattaa ilmetä pitkäkestoisia muutoksia työntekijöiden sekä kuluttajien terveydessä ja jopa perimässä. Teollisuus

saattaa myös supistaa työsuojelua liiketaloudellisiin perusteisiin, ja työterveyshuolto keskittyy työntekijöiden psykososiaalisiin tekijöihin ja sairauksien hoitoon. Näin ollen kemikaalialtistumiset tuotannossa, käytössä ja kierrätyksessä lisääntyvät. Haitat tulevat esiin vasta vuosikymmenien päästä, jolloin sairastuneita on jo niin paljon, että epidemiologitkin pystyvät havaitsemaan riskit.

Panelistien enemmistö piti uhkaavan tulevaisuuskuvan osittaista toteutumista mahdollisena, osa jopa todennäköisenä. Tätä argumentoitiin muun muassa sillä, että riskien arviointi ja hallinta tulee jatkossakin seurailemaan teknologian kehitystä, jolloin on todennäköistä, että jotkut riskit pääsevät toteutumaan. Uudet tekniikat viedään liian aikaisessa vaiheessa markkinoille, jolloin niiden testaus on puutteellista. Kehitystyössä ei myöskään käytetä riittävästi eri alojen asiantuntijoita riskien tunnistamiseen. Kaikki vastaajat eivät kuitenkaan pitäneet edellä kuvattua uhkaavaa tulevaisuutta lainkaan realistisena. Heidän mukaansa altistumiset pysyivät hallinnassa Suomessa, tosin kehitysmaissa tilanne voi olla toinen.

Entä riskit?

Hankkeen toisena tavoitteena oli selvittää, liittyykö vastaajien mielestä uusiin teknologioihin terveys- tai turvallisuusriskejä. Asiantuntijapaneeli jakautui tässä kahteen joukkoon. Tämä kuvastaa varsin hyvin uusiin teknologioihin liittyvää epävarmuutta. Osa oli vahvasti sitä mieltä, että uusilla teknologioilla on terveysvaikutuksia, kun taas osa ei juuri uskonut riskien todentumiseen. Haitallisimpina pidettiin nanoteknologiaa ja bioteknologiaa.

Nanoteknologian terveysvaikutuksia käsiteltäessä monet ottivat esille asbestin, joka on varoittava esimerkki työlääkietieteen historiassa. Vastaajat pitivät mahdollisena, että kuten asbestin kohdalla, myös nanoteknologiassa arviot saattavat olla vääriä ja torjuntatoimet riittämättömiä. Pitkäaikaisen nanopartikkeleille altistumisen vaikutuksia ei tunneta eikä käytössä ole seurantatietoja. Lisäksi asiantuntijoita huolestuttivat nanoteknologian ympäristövaikutukset. Nanoteknologian tuotannon laajentuessa ja muun muassa aineiden kuljetuksen ja varastoinnin lisääntyessä voi haastateltavien mukaan ilmiöön liittyä hyvin vakaviakin terveysriskejä. Haastateltavat toivat

esille myös tutkimuksissa saadut viitteet nanoteknologian terveysriskeistä.

Jotkut haastateltavista arvioivat nanoteknologian riskien olevan pieniä, tosin samalla todeten yllätysten olevan mahdollisia. Osa taas ei halunnut tai osannut arvioida seurausten vakavuutta, sillä nanomateriaalien ja -kemikaalien käyttäytymistä ei tunneta riittävästi. Suurin osa panelisteista arvioi myös oman tietämyksensä uusista teknologioista, etenkin nanoteknologioista riittämättömäksi. Myös työpaikoilla ja työntekijöillä on hyvin vähän tietoa siitä, onko nanoteknologiaa käytössä tai tullaanko sitä ottamaan käyttöön. Panelistit näkivät terveysvaarojen kohdistuvan etupäässä nanomateriaalien valmistukseen ja näin ollen työntekijöihin. Kuluttajien ei niinkään arveltu olevan erityisessä vaarassa.

Samoin bioteknologian ja geeniteknologian riskien arveltiin olevan vielä pitkälti tunnistamatta. Näiden teknologioiden hallitsemattomasta leviämisestä saattaisi vastaajien mielestä aiheutua hyvin peruuttamatonta haittaa, kuten terveyden menetyksiä. Varsinkin suuressa mittakaavassa toteutetut bioteknologiset ratkaisut olivat heidän mielestään arveluttavia. Lisäksi geenimanipulaatio ja sen vaikutukset luonnon kiertokykyyn huolestuttivat. Uusien teknologioiden ollessa kyseessä myös aivan uudenlaisten terveys- ja ympäristöhaittojen arveltiin olevan mahdollisia. Tilanne ei kuitenkaan ollut vastaajien mielestä täysin lohduton. Positiivisena pidettiin sitä, että riskien mahdollisuus on ymmärretty ja haitat ovat paraikaa selvityksen alaisina.

Osa vastaajista taas oli maltillisempi mahdollisten uhkakuvien maalailussa. Uusiin teknologioihin kohdistuvien pelkojen nähtiin tässä vaiheessa olevan suurelta osin vailla totuus pohjaa. Joidenkin panelistien mielestä esimerkiksi nanoteknologiaan liittyvillä riskeillä on peloteltu osittain turhaan. Mikäli terveysvaikutuksia ilmenisikin, on vaarojen hallitseminen mahdollista nykyisen tekniikan ja esimerkiksi suljettujen prosessien avulla.

Nanoteknologian kohdalla tilanne arveltiin verrattain hyväksi, sillä terveysriskien ilmenemisen mahdollisuus on ymmärretty ja niitä selvitetään parhaillaan. Riskien hallinnan koettiin olevan mahdollista, mutta tietyn varovaisuuden arveltiin olevan tässä vaiheessa tarpeellista. Toisaalta hankkeessa tuotiin esille myös se näkökulma, että uhkia ei ole tiedostettu riittävästi.

Useat panelistit korostivat nanoteknologi-an terveysvaikutusten kiireellistä selvittämistä. Tutkimukseen tulisi saada lisää resursseja, sillä riskit ovat vielä selvittämättä. Ensinnäkin olisi tärkeää tutkia pitkäaikaisen nanopartikkeleille altistumisen seuraukset. Myös nanopartikkelien tunnistaminen on oleellista oikean suojautumisen varmistamiseksi. Nanoteknologian lisäksi myös kemikaaleista tarvitaan lisää tietoa, muun muassa siitä, minkälainen riski niissä on suhteutettuna elinikäiseen altistumiseen. Joissain haastatteluissa epäiltiin riskinarviointien hyödyllisyyttä, sillä niiden tuloksena on useimmiten lisäselvitysten tarve. Lisäksi erään haastateltavan mukaan nanomateriaalien terveysvaikutuk-

sia liioitellaan jonkin verran tutkimusrahoituksen varmistamiseksi.

Fuusioyhteiskunta 2050?

Teknologisoituminen nivoutuu läheisesti yhteiskunnan muutoskehitykseen. Tieteen ja teknologian kehityksen lisäksi kasvava ympäristökriisi, globalisaatio, kansainvälisen työpaikkakilpailun kiihtyminen, väestön ikääntyminen ja arvojen ja asenteiden muutokset ovat viemässä meitä kohti taloudellista ja yhteiskunnallista murrosta (Räikkönen 2008, 46). Taulukossa 3 esitellään hankkeessa korostuneet muutosvoimat, jotka vaikuttavat merkittävästi tulevaisuuden muotoutumiseen.

Taulukko 3. Tulevaisuuden muutosvoimat.

Megatrendit

- globalisaatio
- teknologisen kehityksen nopeutuminen
- teknologioiden fuusioituminen
- uusien tuotteiden syntyminen eri toimialojen rajapinnoilla
- ubiikki eli kaikkialle ulottuva tietotekniikka
- kestävä kehitys
- energian tuotantoon ja käyttöön liittyvät kysymykset
- korostuva terveyden merkitys
- toiminnan vastuullisuus

Hankkeen asiantuntijanelistit arvioivat, että nanoteknologia, bioteknologia sekä tieto- ja viestintäteknologia vahvistavat asemaa ja ovat keskeisiä tulevaisuudessa hyödynnettäviä teknologioita. Myös Tekesin (2005) ja Elinkeinoelämän keskusliiton (2006) teknologian ennakoitihankkeissa linjataan tieto- ja viestintäteknologia, bioteknologia, materiaalitekniikka ja nanoteknologia tulevaisuuden kehitystä johtavien teknologioiden painopistealueiksi.

Tämän hankkeen aikana kävi kuitenkin ilmi, että uusia teknologioita on usein vaikea erottaa toisistaan. Niiden rajapinnat ovat hämärtyneet, ja esimerkiksi bioteknologisissa sovelluksissa liikutaan usein nanomittakaavassa. Mannermaa (2007) katsoo voimakkaan teknologioiden sulautumisen johtavan pidemmällä aikavälillä fuusioyhteiskunnan syntyyn. Teknologiat fuusioituvat esimerkiksi siten, että koneissa on eläviä elementtejä tai toisaalta elävät oliot sisältävät erilaisia koneimplantteja. Fuusioyhteiskunnassa ei ole

olemassa erityistä maatalousteknologiaa, teollista, nano-, bio- tai muuta teknologiaa. On vain teknologiaa, jota sovelletaan edellä mainittujen yhdistelminä. Mukana saattaa olla myös sellaista, mitä nyt ei osata edes hahmottaa. (Mannermaa 2007, 24.) Hankkeen aikana ei päästy aivan näin pitkälle kehityksen ennakoinnissa. Tosin jotkut asiantuntijat viittasivat tällaiseen tulevaisuuteen puhumalla esimerkiksi ”pään asennettavista antureista” ja ”silmään upotettavista siruista, jotka mahdollistavat pimeässä näkemisen”. Vastaajat kuitenkin useimmiten kuittasivat puheensa tieteisfantasiaksi tai mielikuvituksen tuotteeksi. Tällaisissa hiljaisissa signaaleissa saattaa kuitenkin piillä tulevaisuuden siemen.

Ubiikki eli kaikkialle ulottuva tietotekniikka (ubicom, ubiquitous computing) on myös valloittamassa yhteiskuntaamme. Ubiikilla tietotekniikalla tarkoitetaan jokapaikan tekniikkaa, eli tietotekniikan avustavaa läsnäoloa kaikessa toiminnassa, joko näkyvänä tai eri laitteisiin ja

palveluihin sulautettuna (Saastamoinen 2008, 145). Myös hankkeen tulokset viittaavat ubiikkiyhteiskunnan suuntaan. Vastaajien puheessa korostuivat erilaiset älykkäät sovellukset, joiden kehittäminen ja yleistyminen oli heidän mielestään keskeinen tulevaisuuden suuntaus. Mannermaan (2007, 39) mukaan juuri ajatus kaikkialla läsnä olevasta älystä on keskeistä ubiikissa. Esimerkiksi älypakkauksista puhuttiin runsaasti. Sensorien, anturien ja rfid-tunnistuksen avulla älykkäästi toimivat ja havainnoivat pakkaukset ovat tulosten mukaan arkipäivää tulevaisuudessa. Kuten eräs vastaajista totesi, vain mielikuvituksemme saattaa olla rajana uusien sovellusten kehittämiseksi.

Lisäksi laitteiden miniatyrisointi mainittiin usein teknologian kehityksestä puhuttaessa. Ubiikkilaitteet ovat miniskaalan teknologiaa, sillä niiden muistit, prosessorit ja sensorit pyritään saamaan mahdollisimman pieniksi. Pienentyminen liittyy läheisesti langattomuuteen ja kannettavuuteen, jotka ovat hankkeen tulosten mukaan vahvoja trendejä. Nämä trendit taas ovat keskeisiä elementtejä Mannermaan (2007) hahmottelemissa lähitulevaisuuden muutosvoimissa, jotka ovat yksilön liikkuvuuden maksimointi, aina yhteydessä kaikkeen sekä hieman paradoksaalisestikin yksilön liikkumattomuuden mahdollistaminen, esimerkiksi etätöiden ja virtuaalimatkaamisen muodossa. Ihminen kantaa mukanaan lukuisan määrän toimintoja, jolloin hänen on mahdollista työskennellä, hoitaa arkiaskeitaan ja viettää vapaa-aikaansa mahdollisimman joustavasti ja helposti. Langattomat teknologiat mahdollistavat kaiken tämän missä vain, milloin vain. Saman teknologian avulla ihminen on vapaa myös liikkumattomuuteen; kotoa ei tarvitse poistua, ellei halua. (Mannermaa 2007, 43.)

Asiantuntijoiden arvioiden mukaan terveyden merkitys korostuu tulevaisuudessa. Sairauksien ennaltaehkäisy ja varhainen diagnosointi tulee entistä tärkeämmäksi. Teknologiaa kehittämällä pyritään osaltaan edistämään terveyttä ja hyvinvointia. Muun muassa uusien, kehitteillä olevien terveysvaikutteisten elintarvikkeiden ja kehon toimintoja mittaavien hyvinvointitekstiilien avulla pyritään vastaamaan tähän haasteeseen.

Toisaalta uusien teknologioiden suhde terveellisyteen ja turvallisuuteen on kaksitahoinen. Yhtäältä uusien teknologioiden avulla voidaan edistää työntekijöiden työskentelyolosuhteita,

muun muassa koneiden hoitaessa raskaat työvaiheet. Toisaalta taas puntarissa ovat teknologioiden mahdolliset terveysvaikutukset, jotka voivat aiheuttaa uusia riskejä. Tässä kahtalaisuudessa korostuu teknologioiden luonteen epävarmuus. Emme tiedä vielä tarkkaan kehityksen suuntaa, sillä mahdollisuuksien ikkunat ovat vielä hyvin pitkälti auki. Niinpä uusien teknologioiden mahdollisuudet onnistua ja menestyä voivat tarkoittaa samalla myös mahdollisuuksia epäonnistua tai tuoda kielteisiä vaikutuksia mukanaan.

Asiantuntijat näkivät paljon hyvää teknologian kehityksessä. Heidän muotoilemissaan toivottavissa tulevaisuuskuviissa vuodesta 2015 sulautuvilla teknologioilla on ratkaiseva rooli paremman tulevaisuuden rakentamisessa. Parhaimmillaan teknologian avulla ympäristön tila kohenee sekä elämänlaatu ja työterveys- ja turvallisuus paranevat entisestään. Kestävän kehityksen edellytyksiä pyritään luomaan etenkin energiateknologiaa kehittämällä.

Teknologian tuomien etujen lisäksi asiantuntijat olivat huolestuneita uusien teknologioiden terveysvaikutuksista. Nämä vaikutukset saattavat olla vastaajien mukaan hyvinkin vakavia. Esimerkiksi ubiikkiin kehitykseen saattaa liittyä aivan uudenlaisia terveysriskejä, sillä ubiikkiympäristössä ihminen altistuu lisääntyvässä määrin sähkömagneettiselle säteilylle. Moni asiantuntijavastaaja ilmaisee huolensa tästä asiasta. Osa vastaajista taas ei halunnut arvioida uusien teknologioiden seurausten vakavuutta, sillä ubiikkiin lisäksi esimerkiksi nanomateriaalien ja -kemikaalien vaikutuksia ei tunneta vielä riittävästi. Tästä huolimatta uhkien nähtiin olevan mahdollisia tai jopa todennäköisiä.

Hankkeeseen osallistuneet asiantuntijat toivat esiin, että tutkimus- ja kehitysprosessit ovat hyvin salaisia ja terveysnäkökulman edustajat on yleensä jätetty niiden ulkopuolelle. Vastaajien mukaan teknologisen kehityksen nopeutuessa kehitystyössä ja testauksessa jää usein entistä vähemmän aikaa turvallisuuden huomioimiselle. Lisäksi ongelmana koettiin se, että lainsäädäntö ja valmiussuunnittelu eivät ehdi reagoida riittävästi nopeasti markkinoiden muutoksiin. Myös Räikkösen ja Rouhaisen (2003, 33) mukaan nämä ovat keskeisiä haasteita nykyisessä teknologisessa kehityksessä, jossa globalisaatiolla on merkittävä rooli.

Uusien teknologioiden hyödyntäminen ilman niiden riskien tunnistamista sai osalta vastaajista hyvin jyrkän kannanoton: mikäli riskit eivät ole selvillä, ei teknologiaa tule ottaa käyttöön. Osa vastaajista tuomitsi tällaisen puheen kuitenkin idealistiseksi ja mahdottomaksi toteuttaa. Alati kiihtyvässä kehityksessä ei ole mahdollista olla selvillä kaikista vaikutuksista ennen teknologian käyttöönottoa. Tuottavuuden nimissä suomalaisten ja muiden länsimaisten yritysten ja teollisuuden on oltava ensimmäisten joukossa hyödyntämässä tehokkuutta parantavia tekniikoita.

Edellä on esitetty, että paraikaa olemme siirtymässä kohti ubiikkiyhteiskuntaa, tai että eläisimme jo nyt osana sitä. On kuitenkin olemassa myös näkemys, jonka mukaan yhteiskunnallisessa kehityksessä on jo nyt alkanut seuraava vaihe, joka on siirtyminen vastuuyhteiskuntaan. Vastuuyhteiskunnan ja sen organisaatioiden odotetaan tuntevan entistä paremmin niin ekologiset, sosiaaliset kuin taloudellisetkin vaikutuksensa ja kantavan vastuunsa niistä (Vauhkonen 2008, 129–131). Uusien teknologioiden kohdalla vastuukysymys ei ole yksiselitteinen. Hankkeen asiantuntijoiden näkemykset jakoutuivat siitä, kenelle vastuu uusien teknologioiden riskien arvioinnista ja mahdollisesta toteutumisesta kuuluu. Enemmistö nimesi vastuulliseksi teollisuuden ja yritykset, mutta osa taas katsoi vastuun kuuluvan niin viranomaisille, tutkimuslaitoksille ja tekniikkoiden kehittäjille kuin yhteiskunnallekin.

Vastuuyhteiskuntaan siirtyminen ja sen vahvistuminen saattaa olla edellytys sille, että teknologian kehitys etenee kestävästi. Teknologioptimismin sijaan meidän tulee tarkastella pelkkien teknologijasta saatavien hyötyjen lisäksi myös muita vaikutuksia, jotka voivat pahimmillaan olla hyvinkin vakavia ja aina seuraaviin sukupolviin ulottuvia. Myös tämän hankkeen asiantuntijat peräänkuuluttivat edellä kuvatun kaltaista herkkyyttä ja aktiivista otetta ennakointiin. Tulosten mukaan teknologian kehitystä ei tule myöskään jättää pelkästään markkinoiden varaan.

Tutkimuksen arviointi

Panelistien valinta on ratkaisevan tärkeä vaihe argumentoivassa delfoi-prosessissa. Panelistit tulisi valita siten, että heidän asiantuntemuksensa täydentävät toisiaan tutkimuksen tavoitteeseen nähden. On huomattava, että mikäli asiantuntija-

paneeli olisi koottu toisin, se olisi muodostunut eri henkilöistä tai paneelissa olisi ollut enemmän vastaajia, olisi hankkeesta voitu saada hieman erilaisia tuloksia tai jopa uusia tulevaisuuden jäsenystapoja edellä esiteltyjen tulosten lisäksi.

Argumentoivalla Delfoi-menetelmällä toteutettua tutkimusta arvioitaessa on otettava huomioon yhtäältä haastateltavien kyky ja toisaalta rohkeus visiointiin sekä tulevaisuuden ennakointiin. Tulevaisuuteen on tunnetusti vaikea nähdä, ja ihmisillä on usein taipumus arvioida tulevaisuus tämänhetkisen maailman jatkumoksi. Tuloksia rikastuttaa, mikäli asiantuntijapaneelissa on mukana eri näkökulman omaavia henkilöitä sekä ”soraääniä”; niissä esitetyt heikot signaalit voivat kertoa uusista tulevaisuuden kehityspoluista. Teknologisen kehityksen osalta asiantuntijoiden näkemykset olivat tässä hankkeessa melko samansuuntaisia, eikä ”soraääniä” varsinaisesti kuulu.

Uudet teknologiat ja riskit sekä niiden suhde työterveyteen ja -turvallisuuteen osoittautuivat jo hankkeen alkuvaiheessa aiheiksi, joita ei ole mahdollista tutkia ottamatta huomioon erilaisia yhteiskunnallisia elementtejä ja reunaehtoja, kuten vastuukysymyksiä. Argumentoivan Delfoi-menetelmän yhtenä tarkoituksena on herättää keskustelua tarkasteltavasta aiheesta. Tavoitteena on saada kaikki panelistit esittämään perusteltuja näkemyksiä sekä kommentoimaan muiden ajatuksia. Asiantuntijapaneelin riskikeskustelu oli rikasta, ja kierrosten aikana nousi esille eriäviä mielipiteitä. Lisäksi vastaajien muotoilemien toivottavien ja uhkaavien tulevaisuuskuvien muotoilemisessa oli käytetty mielikuvitusta ja lähestytty asiaa monesta eri näkökulmasta. Argumentoiva Delfoi-menetelmä osoittautui toimivaksi metodiksi tulevaisuuden teknologisen kehityksen sekä uusiin teknologioihin liittyvien terveysriskien kartoittamiseen.

Muutama vastaaja totesi kysymysten olleen vaikeita. Lisäksi jotkut vastaajat kokivat, etteivät kysymykset koskettaneet heidän asiantuntemustaan, vaan ne olisi pitänyt suunnata eri teollisuuden alojen tuotekehitysinsinööreille. Tässä piileekin yksi argumentoivan Delfoi-menetelmän haasteista. Kun ilmiötä halutaan tarkastella mahdollisimman monesta näkökulmasta ja paneeli muodostuu eri alojen asiantuntijoista, on vaarana se, että käsiteltävät teemat koetaan osin liian vaikeiksi eikä varsinaisesti omaan asiantuntemusalueeseen liittyviksi. Toisaalta taas

aiheen käsittely saattaa jäädä ylimalkaiseksi tai pintapuoliseksi pyrittäessä muotoilemaan teemat niin, että kaikki voivat ottaa niihin kantaa. Tutkimusaiheen huolellinen rajaus saattaa helpottaa tähän haasteeseen vastaamista.

Johtopäätökset

Teknologioiden hallinta on entistä monimutkaisempi prosessi, jossa eri näkökulmat kilpailevat keskenään. Yhtäältä on otettava laaja-alaisesti huomioon teknologian eri vaikutukset, kuten mahdolliset terveys- ja ympäristövaikutukset.

Riskit tulisi saada hyväksyttävälle tasolle nopeasti, ennen kuin teknologiat yleistyvät. Muutoin seuraukset saattavat olla kauaskantoisia. Toisaalta tehokkuuden ja hyvinvoinnin nimissä uusia teknologioita on saatava mahdollisimman aikaisessa vaiheessa käyttöön, teknologioiden tuomat hyödyt valjastaen. Haasteena lieneekin se, miten onnistutaan löytämään tasapaino näiden kahden ääripään välissä ja kehittämään teknologiaa kestäväällä tavalla. Taulukossa 4 esitetään yhteenveto niistä edellytyksistä, joita uusien teknologioiden kestävä kehitys vaatii toteutuakseen.

Taulukko 4. Uusien teknologioiden kestävä kehityksen edellytykset.

- avoimuus ja läpinäkyvyys
- terveysvaikutusten tutkimus
- riskiviestintä
- tulevaisuuskeskustelu ja ennakointi
- eri toimijoiden riskikäsitteiden huomiointi
- riskien hallinta yhteiskunnan kaikilla tasoilla
- yhteistyö ja poikkitieteellisyys

Suomalaisilla työpaikoilla ei tiedetä, sovelletaanko yrityksessä nanoteknologiaa. Sen takia riskiviestintää tulisi lisätä kiireellisesti, mikäli nanoteknologiaa hyödyntävien yritysten määrä kasvaa samalla nopeudella kuin tähän mennessä. Työntekijöiden lisäksi myös kuluttajilla on oikeus tietää, mikäli kuluttajatuote sisältää tai sen valmistukseen on käytetty uusia teknologioita.

Uusien teknologioiden riskiviestintä tulee suunnitella entistä tarkemmin. On tärkeää, että työntekijä tietää työskentelevänsä nanoteknologioiden tai muiden uusien teknologioiden parissa. Juuri tietämättömyys saattaa synnyttää osin turhiakin pelkoja. Tutkitun tiedon tarjoaminen on erinomainen keino välttää väärinkäsityksiä ja jopa hysteriaa, joka saattaa pahimmillaan estää teknologian käytön.

Uusiin teknologioihin liittyvien riskien selvittämiseksi tehtävää tutkimustyötä tulisi lisätä sekä kansallisella että kansainvälisellä tasolla. Tutkimus on oikeutettua ja tarpeellista niin kauan kuin on epäilyksiä terveysvaikutuksista. Selvitysvastuu kuuluu kaikille yhteiskunnan osapuolille. Nanoteknologiaa hyödyntävät uudet tuotteet lisääntyvät

huomattavaa vauhtia. Esimerkiksi uudet ja ominaisuuksiltaan entistä paremmat nanomateriaalit ovat kuitenkin luoneet teknologiahukan, jossa mahdollisten terveysvaikutusten tutkimus laahaa pahasti jäljessä. Tärkeä osa uusien teknologioiden ja niiden riskien hallintaa on myös eri toimijoiden teknologioita koskevien riskikäsitteiden eli riskien kokemisen selvittäminen ja huomiointi.

Uusien riskien hallinnan tulee ulottua yhteiskunnan kaikille tasoille. Eri toimijoiden tulisi myös tiivistää yhteistyötään yli instituutioiden rajojen. Organisaation rajojen yli ulottautumisen lisäksi yhteistyön tulee olla tiiviimpää myös yritysten sisällä. Myös työntekijöiden näkemyksiä uusista riskeistä tulisi kuunnella entistä enemmän. Työntekijät ovat oman työnsä asiantuntijoita ja heidän kokemansa heikot signaalit voivat olla merkittäviä muutoksen ensioireita.

Teknologisen kehityksen ja mahdollisten riskien ennakointi on tärkeää, mutta se ei yksin riitä. Yhtä tärkeää lienee myös keskustelu siitä, mihin tavoitteisiin tulevaisuudessa pyritään ja millaisten keinojen avulla voidaan päästä näihin päämääriin.

* * *

Kiitämme Työsuojelurahastoa, joka on rahoittanut tutkimuksen hankenumera 106301.

Kirjallisuus

- EEROLA, A. & VÄYRYNEN, E. (2002). *Teknologian ennakointi- ja arviointikäytäntöjen kehittäminen eurooppalaisen kokemuksen pohjalta*. Espoo: VTT tiedotteita 2174.
- ELINKEINOELÄMÄN KESKUSLIITTO (2006). *Tulevaisuusluotain. Verkostoitumisesta voimaa osaamiseen*. Loppuraportti. Helsinki: EK.
http://www.ek.fi/ek_suomeksi/tulevaisuusluotain/dokumentit/tietotori/loppuraportti_verkostoitumisesta_voimaa_osaamiseen.pdf (luettu 01.03.2009)
- EUROPEAN AGENCY FOR SAFETY AND HEALTH AT WORK (2005). *Risk Observatory. Expert forecast on emerging physical risks related to occupational safety and health*.
http://riskobservatory.osha.europa.eu/risks/forecasts/physical_risks/full_publication_en.pdf (luettu 12.01.2009)
- EUROPEAN AGENCY FOR SAFETY AND HEALTH AT WORK (2007). *European Risk Observatory Report. Expert forecast on emerging psychosocial risks related to occupational safety and health*.
<http://osha.europa.eu/en/publications/reports/7807118> (luettu 12.01.2009)
- EUROPEAN AGENCY FOR SAFETY AND HEALTH AT WORK (2009). *European Risk Observatory Report. Expert forecast on emerging chemical risks related to occupational safety and health*.
http://osha.europa.eu/en/publications/reports/TE3008390ENC_chemical_risks (luettu 24.4.2009)
- EUROPEAN COMMISSION (2007). *Opinion on the appropriateness of existing methodologies to assess the potential risks associated with engineered and adventitious products of nanotechnologies*. Brussels: European Commission, Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks.
http://ec.europa.eu/health/ph_risk/committees/04_scenih/docs/scenih_o_004c.pdf (luettu 16.02.2009)
- KUUSI, O. (1999). *Expertise in the Future Use of Generic Technologies – Epistemic and Methodological Considerations Concerning Delphi Studies*. Helsinki: VAT-tutkimuksia 59.
- KUUSI, O., LOIKKANEN, T. & TURKULAINEN, T. (2001). *Energia 2010 – teknologian arviointi. Delfoi-paneelitutkimus tulevaisuuden energiavaihtelusta*. Helsinki: Eduskunnan kanslian julkaisu 8/2001.
- KUUSI, O. (2002). *Delfoi-menetelmä*. Teoksessa M. Kamppinen, O. Kuusi & S. Söderlund (toim.) *Tulevaisuudentutkimus. Perusteet ja sovelluksia*. (s. 204–225). Helsinki: SKS.
- LÄMSÄ, M. (2009). *Osaako Suomi hyötyä nanoteknologiasta? Tieteessä tapahtuu*, 27, 16–21.
- MATIKAINEN-KALLSTRÖM, M. (2008). *Esipuhe*. Teoksessa M. Itävaara, M. Linder & E. Kauppinen. *Nanomateriaalien mahdollisuudet ja riskit*. Esitutkimus. Helsinki: Eduskunnan tulevaisuusvaliokunta.
<http://web.eduskunta.fi/dman/Document.php?documentId=tx22708130724161&cmd=download> (luettu 9.9.2008)
- MANNERMAA, M. (2007). *Demokratia tulevaisuuden myllerryksessä. Yhteiskunnallinen vaikuttaminen uudessa viitekehityksessä*. Helsinki: Eduskunnan tulevaisuusvaliokunta.
[http://www.eduskunta.fi/triphomel/bin/thw.cgi?trip?\\${APPL}=erekj&\\${BASE}=erekj&\\${THWIDS}=0.2811239873628_108244&\\${TRIPPIFE}=PDF.pdf](http://www.eduskunta.fi/triphomel/bin/thw.cgi?trip?${APPL}=erekj&${BASE}=erekj&${THWIDS}=0.2811239873628_108244&${TRIPPIFE}=PDF.pdf) (luettu 4.3.2009)
- NAISBITT, J. & ABURDENE, P. (1990). *Megatrendit 2000. Kohti uutta vuosikymmentä*. Juva: WSOY.
- NIOSH (2007). *Progress toward Safe Nanotechnology in the Workplace*. National Institute for Occupational Safety and Health. Center for Disease Control and Prevention.
<http://www.cdc.gov/niosh/docs/2007-123/pdfs/2007-123.pdf> (luettu 15.02.2009)
- RAIVIO, T., PESSALA, P., HJELT, M., MIKKANEN, P. & KAHELIN, H. (2008). *Nanosafety in Finland – A summary report*. Helsinki: Tekes. *Review 224/2008*.
<http://www.tekes.fi/julkaisut/nanosafety.pdf> (luettu 13.10.2008)
- RÄIKKÖNEN, T. & ROUHIAINEN, V. (2003). *Riskienhallinnan muutosvoimat. Kirjallisuuskatsaus*. Espoo: VTT Tiedotteita 2208.
- RÄIKKÖNEN, T. (2008). *Työelämä murtuvan aallon harjalla – mitä on tapahtumassa työhyvinvoinnin edellytyksille? Työympäristötutkimuksen raporttisarja 30*. Helsinki: Työterveyslaitos.
- SAASTAMOINEN, P. (2008). *Tapausesimerkki – kuka ohjaa autoasi? Teoksessa V. Eloranta (toim.) Silmät auki! Tietoyhteiskunnan uhat ja mahdollisuudet*. (s. 128–144). Helsinki: Eduskunnan tulevaisuusvaliokunta.
<http://web.eduskunta.fi/dman/Document.php?documentId=xel1608093708578&cmd=download> (luettu 4.3.2009)
- SAVOLAINEN, K., PASANEN, A.-L. & LUOTAMO, M. (2006). *Uudet teknologiat nyt ja vuonna 2015*. Teoksessa J. Liesivuori, P. Naumanen, E. Aromaa, R. Pääkkönen, J. Starck, T. Kauppinen & K. Savolainen (toim.) *Muuttuva työympäristö – visio vuoteen 2015*. Työympäristötutkimuksen raporttisarja 24. (s. 35–40). Helsinki: Työterveyslaitos.
- SCHULTE, P., GERACI, C., ZUMWALDE, R., HOOVER, M., CASTRANOVA, V., KUEMPEL, E., MURASHOV, V., VAINIO, H. & SAVOLAINEN, K. (2008). *Sharpening the focus on occupational safety and health in nanotechnology*. *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health*, 34, 471–478.
- SUOMEN AKATEMIA & TEKES (2006). *FinnSight 2015. Tieteen, teknologian ja yhteiskunnan näkymät*. Helsinki: Suomen Akatemia.
http://www.tekes.fi/julkaisut/FinnSight_2015_laaja.pdf (luettu 01.03.2009)
- TEKES (2005). *Innovaatioista hyvinvointia. Painopisteet tulevaisuuden rakentamiseksi*. Helsinki: Tekes.
<http://www.tekes.fi/julkaisut/sisaltolinjaukset2005.pdf> (luettu 01.03.2009)
- TEKES (2009). *FinNano-ohjelman www-sivut*.
<http://akseli.tekes.fi/opencms/opencms/OhjelmaPortaali/ohjelmat/NANO/fil/system/uutinen.html?id=4261&nav=Uutisia> (luettu 23.2.2009)
- VAUHKONEN, P. (2008). *Vastuullisuuden kehittäminen – edellytys tietoyhteiskunnan kehittymiselle*. Teoksessa Eloranta, V. (toim.) *Silmät auki! Tietoyhteiskunnan uhat ja mahdollisuudet*. (s. 128–144). Helsinki: Eduskunnan tulevaisuusvaliokunta.
<http://web.eduskunta.fi/dman/Document.php?documentId=xel1608093708578&cmd=download> (luettu 4.3.2009)