

Marko Ahvenainen

# TIEDE, TUTKIMUS JA TULEVAISUUDET

---

TULEVAISUUDEN TUTKIMUSKESKUS

Tutu e-julkaisuja 13/2014

---



Turun yliopisto  
University of Turku

**Marko Ahvenainen**

Projektipäällikkö, FM

Tulevaisuuden tutkimuskeskus

marko.ahvenainen(a)utu.fi

Copyright © 2014 Ahvenainen & Tulevaisuuden tutkimuskeskus & Turun yliopisto

ISBN 978-952-249-292-0

ISSN 1797-1322

**Tulevaisuuden tutkimuskeskus**

**Turun kauppakorkeakoulu**

**20014 TURUN YLIOPISTO**

Turku: Rehtorinpellonkatu 3, 20500 TURKU

Helsinki: Korkeavuorenkatu 25 A 2, 00130 HELSINKI

Tampere: Yliopistonkatu 58 D, 33100 TAMPERE

Puh. (02) 333 9530

utu.fi/ffrc

tutu-info@utu.fi

# SISÄLTÖ

Tiivistelmä.....	4
Selvityksen kysymysten ja vastausten asettelusta.....	6
1. Asiantiloja ja asianomaisten näkemyksiä.....	8
2. Tulevaisuuksien taustoja.....	15
Tiede 2055.....	15
Tiede 2100.....	16
Yliopiston tulevaisuuksista.....	17
Uuden ajan synteessinä uushumboldttilaisuus?.....	18
3. Pyrkimys arvioida ja ennakoida tieteen kehitystä.....	20
4. Ennakointikyky kykynä havainnoida ympäristöä sekä kykynä vaikuttaa siihen.....	23
5. Tieteen kehityksen ennakoimisen mahdollisuus.....	25
Tieteen kehityksen ennakoiminen.....	27
Esimerkkitapaus ilmastonmuutoksen kehityksestä tutkimuskohteena.....	28
6. Isoja teemoja ja kuumia aihepiirejä.....	31
Tutkimuksen teemoittaminen.....	31
Kuumat aihepiirit.....	31
7. Käytännön kysymysten nousu perimmäisiksi.....	34
Paperitiikeri kohtaa ilkeät ongelmat.....	38
8. Yhteenvetoa ja avauksia.....	40
Lähteet.....	42

# TIIVISTELMÄ

## **Avoin tiede, avoin tulevaisuus vuodesta 2024 tähän päivään – eli yksi mahdollinen kertomus tulevaisuudesta**

Globaalin tieteen määrä on kasvanut ennennäkemättömällä vauhdilla samoin kuin tieteen ihmiselle tarjoamat kyvyt ymmärtää ja vaikuttaa maailmaan, materiaan ja elämään. Vuoteen 2024 mennessä on julkaistu 80 miljoonaa tieteellistä artikkelia, joista lähes puolet viimeisten 20 vuoden aikana. Tutkimuksen määrällisessä kasvussa ja tiedekilpailun kiristymisessä näkyy erityisesti uusien vaurastuvien talouksien vahva panostus koulutusjärjestelmiin sekä omaan tutkimus- ja kehitystoimintaan. Euroopassa yksi keskeinen tutkimustoimintaa uudelleen järjestävä muutosvoima on viimeisten 10 vuoden aikana liittynyt tutkimuksen heikentyneeseen kykyyn luoda työtä ja innovaatioita eli uusia kaupaksisaatavia ratkaisuja ongelmiin, joihin vanhat keinot eivät pysty tai kelpaa. Euroopan ongelman on ajateltu johtuvan niin sanotun **”demostraatiotutkimuksen”** puutteesta eli siitä, että tieteellisiä tutkimusta ei viedä riittävästi käytännön kontekstiin. Edellä esitetyistä syistä Suomessa tutkimusta yliopistoissa linkitettiin 2010-luvulla vahvemmin strategisen huippuosaamisen keskittymien eli SHOKien toimintaan. Vallitseva kehityskulku on ollut yksi sivujuonne laajempaa toimintakulttuurin uudelleenjäsentämistä, missä julkisella sektorilla tuntien mittaamisesta pyrittiin määrätietoisesti siirtymään tulosten mittaamiseen. Niukentuvien resurssien mahdollisimman tuloksekas sijoittaminen toi mukanaan tarpeen tutkimuksen strategisten painopistealueiden määrittelylle. Tutkijapiireissä hilpeää keskustelua herätti kysymys siitä, onko lopulta kyseessä tietyn määritellyn alueen painopiste vai valitun pistealueen paino.

Tieteen määrän kasvaessa on lisääntynyt myös **”tieteellinen tyhjiys”**. On entistä todennäköisempää kirjoittaa artikkeli, jota kukaan ei lue ja johon kukaan ei viittaa. Koska tiedettä, sen tuloksia ja vaikuttavuutta, arvioidaan ja mitataan jatkuvasti, tutkijoiden on puhuteltava entistä isompia yleisöjä ja erotuttava massasta. Oman seuraavan tutkimuksen merkittävyys on todistettava, ei vain tieteellisessä eli kosmologisessa mielessä tutkijayhteisölle, vaan myös **”tiedon käytön ja käyttäjien”** näkökulmasta eli erilaisten yhteiskunnallisten, teknologisten ja kaupallisten **”mitä halutaan”** -kysymysten suhteen. Läpidigitalisointuneen maailman nyrkkisääntö on, että jos tutkimus herättää tiedeyhteisöä laajempaa kiinnostusta, se herättää sitä heti. Ilmiö, jossa **”tieteelliset hyödyt”** näyttävät kasaantuvan ja henkilöityvän, on voimistunut. Tämä on johtanut **”guru-ajattelun”** yleistymiseen. Kysymys siitä mitä tutkitaan, on vaihtunut kysymykseksi kuka tai ketkä tutkivat, koska sen ennakointi ja hallinta on helpompaa. Tuloksia saattaa kuitenkin vääristää se, että yksittäisen tutkijan menestys ei korreloi tutkimusjärjestelmän tilan kanssa.

Suomessa vuonna 2024 puhuttaa **”yliopistojen kastiutuminen, yliopistojen ulkopuolella tapahtuvan tieteellisen tutkimustoiminnan ja sen vastaparina yliopistoissa yliopistobrändiä vastaan tehtävän tutkimusbisneksen lisääntyminen”**.

Väkilukuun suhteutettuna Euroopan laajinta yliopistoverkostoa ei ole koulutus-, elinkeino- ja aluepoliittisista syistä juurikaan supistettu, vaikkakin toimintoja on jatkuvasti yritetty korjausrakentaa muun muassa yliopistojen ja ammattikorkeakoulujen työnjako ja toimintaa uudelleenjärjestelemällä. Yliopistojen toiminta- ja ansaintamalli perustuu edelleen enimmäkseen **”koulutuksen ja tutkintojen akkreditoinnin loogiikalle”**. Valtaosin yhteiskunnan kansallisesti kustantama tieteellinen tutkimustyö yliopistoissa on ollut viimeiset vuosikymmenet alati laaja-alaistuvaa, mutta resurssien rajallisuus ja hajanaisuus asettivat kasvulle kaventavat ja kohdentavat puitteet. Tutkimusresurssikilpailun kiristyessä ja tieteellisen tyhjiyden

lisääntyessä on korkeakoulusektorin toimijoiden vastauksena ”**kamppailussa ajattelun oikeudesta**” ollut erilaistuminen ja erikoistuminen.

Yliopistojen nimien eteen on alkanut ilmestyä viimeisten 10 vuoden aikana, kaupunkien ja läänien nimien lisäksi, valittua toimintaa kuvaavia määritteitä. Aalto innovaatioyliopistoa seurasivat luonnonvara-, arktinen -, metsä- ja bioyliopistot. On joukossa myös yksi tulevaisuusyliopisto. Syyskuussa 2024 julkaistavan tiedepolitiikan lähihistoriaa käsittelevän ”**joukkoväitöskirjan**” mukaan uudet nimet ilmentävät imagollisesti pysyviä ihanteita, ajan henkeä sekä tulevaisuuden haasteita ja mahdollisuuksia. Nimeämisissä näkyy väitöstutkimuksen mukaan myös 2010-luvulla yleistynyt ajattelu, jossa ”**globaalit haasteet ja ilkeät ongelmat**” nähtiin olevan väistämättömiä laaja-alaisia kehityskaaria, jotka teemoittavat tutkimuksen sisältöjä ja määrittelevät tutkimuksen tekemistä kuten tieteidenvälisyyttä uudella tavalla tulevaisuudessa.

Tiede-, opetus- ja elinkeinoministeriössä pestään puolestaan 10-vuotista jälkipyykkiä tutkimustoiminnan vaikuttavuuden ja tieteellisen laadun arvioinnin välineiksi valituista mittareista. Tuore strategisen tutkimuksen neuvoston mietintö kantaa nimeä ”**Suomalainen mittariautismi**”. Mietinnön mukaan edelleen on melko epävarmaa, että meillä olisi varmaa tietoa siitä missä olemme nyt, minne olemme menossa ja miten sinne pääsee.

# SELVITYKSEN KYSYMYSTEN JA VASTAUSTEN ASETTELUSTA

Jos tarkoitus olisi tehdä ennuste tieteen ja tutkimuksen tulevaisuudesta, herättäisi asetettu tavoite välittömästi kysymyksen siitä, voidaanko tämäntapaisia tehtäviä ottaa käsiteltäväksi millään mielekkäällä tavalla. Vähintäänkin intuitiivinen ensireaktio ehdottaa, että aihe on yksinkertaisesti liian laaja ja moninainen jäsennettäväksi järkevänä kokonaisuutena ilman sortumista ajan, resurssien ja lopulta käsityskyvyn ehdoilla tapahtuviin rankkoihin yksinkertaistuksiin ja yleistyksiin – tarve tuottaa järkeenkäypä selitys, tai vain halu sanoa jotain, asettuu nöyrän järjen tilalle ja tielle. Puhtaita ennusteita eli tulevaisuutta koskevia väittämiä ja näkemyksiä voidaan kyllä esittää ja arvioida, mutta jos mukaan otetaan ennusteiden ympäristöehtoisuus ja erityisesti inhimilliselle toiminnalle ominainen päätösehtoisuus niin muuttujia, muuttajia ja vaihtoehtoja tulee yksinkertaisesti vain liikaa järjellisesti rehellisen saati luotettavan pitkän aikavälin tulevaisuuseennusteen laatimiselle. Tulevaisuus on mahdollista selittää ja kuvailla loogisen uskottavasti, mutta ennuste itsessään ei juuri poikkea pelkästä arvauksesta ja sitä tukevista valituista perusteluista.

Tapahtumattomaan voi suhtautua myös niin, että jossittelu on keino testata ymmärrystämme mahdollisuuksien rajoista ja tieto on puolestaan mahdollisuus syventää ei-tietämistä. Tulevaisuudentutkimuksen näkökulmasta kysymys ei ole ennusteiden tekemisestä eli siitä mitä tieteessä ja tutkimuksessa tulee tapahtumaan vaan siitä mikä on näkemyksemme ja ymmärryksemme mahdollisista, todennäköisistä, haluttavista ja toteuttavista tieteen ja tutkimuksen tulevaisuuksista. Tieteen kohdalla kysymys haluttavasta tulevaisuudesta on erityisen mielenkiintoinen, koska se sisältää oletuksen tulevaisuuden omistajasta eli rajauksen, joka erottaa tulevaisuuden kaikesta yleisestä mahdollisesta ja vielä tapahtumattomasta. Ihmisen maailma ei tapahdu passiivissa, ei myöskään tiede.

Pystyykö tiede, tiedeyhteisö, yksittäinen tutkija tai yliopisto määrittelemään mitä pitäisi tutkia ja onko olemassa yleisesti hyväksytyjä tavoitteita, joita tiede voisi edistää? Tiedettä puhtaimmillaan, ilmiöihin suuntautuvaa perustutkimusta, vie eteenpäin tutkijan tai tutkimusryhmän uteliaisuus, ja tutkimuskysymykset tulevat tieteen sisältä. Perustutkimuksella tarkoitetaan siis sellaista toimintaa uuden tiedon saavuttamiseksi, joka ei ensisijaisesti tähtää käytännön sovellukseen. Tutkimusta kantaa ajatus, jonka mukaan, Max Planckin sanoin: ”Tieto tuo hyödyn”.

Käytännössä uteliaisuutta voi olla kuitenkin vaikea erottaa yksilön tai yhteisön pyrkimyksestä selvitä roolissaan. Perustutkimus voi olla strategista (tai strateginen perustutkimusta), jos strateginen tarkoittaa tärkeää jostakin määritellystä syystä. Lisäksi voidaan kysyä onko omaehtoisesti uteliaisuuden siivin olevaisen syvimmän olemuksen äärellä etenevä tiede kovin onnistunut inhimillinen kokeilu, jos *”fyysikot onnistuvat ratkaisemaan maailmankaikkeuden alun arvoituksen ennen kuin maailma loppuu nälän ja yltäkylläisyyden seurauksiin”*, kuten professori Antti Tanskanen *Tiede muutosten maailmassa kirjassa* vuonna 1990 arvuutteli (Tanskanen 1990).

Tieteen ja sen tekijöiden ei ole perinteisesti ajateltu olevan vastuussa tieteen tuloksista ja niiden hyödyntämisestä, mutta yksi nouseva ilmiö tieteen tulevaisuudessa on vastuullinen tiede, mitä ikinä se sitten pitääkään sisällään. Tämän teeman yksi ulottuvuus on vastuu velvollisuus, ymmärrettynä, ei vain rahasummina, valmistuneiden määränä, artikkeleina tai niiden viittauksina, vaan kokonaisvaltaisena toiminnallisena vastuuna. Vastuullinen tiede muuttuu oleellisemmaksi samaan aikaan, kun tiede tarjoaa ihmiselle yhä perustavanlaatuisempia kykyjä, ei vain ymmärtää olevaisen syvintä olemusta, mutta myös

vaikuttaa asioiden kulkuun. Voidaan olettaa, että vastuukysymykset nousevat ja arvot tulevat esimerkiksi ”intentionaalisen biologian” myötä yhä voimakkaammin osaksi tutkimusta ja tutkijan arkea.

Tämän ennakointiselvityksen tavoitteena on luoda katsaus tieteen tulevaisuuksiin ja niiden ennakkoinnin lähtökohtiin. Tavoite ei ole yrittää ennustaa tai määritellä mitä voidaan, saa tai pitäisi tutkia, vaan tarkoitus on yrittää kokonaisvaltaisesti tarkastella tieteen ennakkoinnin mahdollisuutta. Keskeistä on näkökulman laajentaminen kategorisista ennusteista ja top-listoista, strategisista linjauksista tai visioivista näkökulmista koskemaan sellaisen muutoksen mahdollisuutta, josta ei näy vielä merkkiäkään tai mistä on havaittavissa vasta heikkoja signaaleja, tai heikkoja tulkintoja. Kysymys on oikeastaan siitä, mihin kaikkeen pitää kiinnittää huomiota, kun tarkastellaan tieteen tulevaisuutta sekä mitä ja miten voimme näistä asioista tietää. Tässä kohtaa ei voi liioin korostaa tämän pienen selvityksen rajallisuutta ja lopputuloksettomuutta ison avoimen kysymyksen äärellä. Ei ole mitään varmuutta siitä, onko tartuttu oikeisiin oksiin tai ollaanko edes oikeassa puussa tai metsässä. Katsaus tulevaisuuteen on pääosin kirjoituspöytämatka, jota on rikastettu muutamilla tutkijahaastatteluilla ja pienimuotoisella kyselyllä.

# 1. ASIANTILOJA JA ASIANOMAISTEN NÄKEMYKSIÄ

Hyvä lähtökohta tulevaisuusmatkalle on kysyä siitä niiltä, joiden olettaa tietävän ja jotka tarkastelun kohteena olevaa tulevaisuutta tekevät. Tässä selvityksessä haastateltiin seitsemän tieteen tekemiseen osallistuvaa henkilöä. Haastatellut olivat

- professori Jani Erola, Turun yliopisto
- professori Matti Kampainen, Turun yliopisto
- professori Petri Tapio, Turun yliopisto
- tutkija Janne Puputti, Åbo Akademi
- tutkija Kim Holmberg, Åbo Akademi
- tiedeasiamies Kalle Korhonen, Koneen säätiö
- yliopistonlehtori Kirsi-Mari Kallio, Turun yliopisto

Edellä mainittujen haastateltujen lisäksi on syytä vielä mainita Elise Johansson ja Leena Järvinen Turun yliopiston kirjastopalveluista sekä Anne Bäcklund Turun yliopiston innovaatiopalveluista. Heidän kanssaan käytiin keskusteluja ja kirjeenvaihtoa erilaisten olemassa olevien tiedonkeruujärjestelmien, kuten patenttien, hankedatan ja julkaisutietojen hyödyntämisen mahdollisuudesta ennakoinnin apuna. Haastateltujen kanssa sovittiin haastattelijan aloitteesta, että lausuntoja ja niiden lausujia ei raportointivaiheessa yhdistetä toisiinsa, vaan tarkoitus on esittää tulkinnallinen kokonaiskuva kaikkien haastattelujen pohjalta. Haastattelusitaatit esitetään tästä syystä nimettöminä.

Haastatteluja laajennettiin pienimuotoisen anonyymin kyselyn muodossa, joka lähetettiin noin 25 henkilölle, jotka edustivat Turun yliopiston tutkimusneuvostoa sekä Tekesiä ja Suomen Akatemiaa. Muutamia yksittäisiä henkilöitä valittiin myös Tulevaisuuden tutkimuskeskuksen omista ennakointiverkostoista. Kyselyn tarkoitus oli kerätä avoimien kyselyjen kautta näkemyksiä samoihin teemoihin, joita käsiteltiin haastatteluissa. Kyselyyn vastasi 13 henkilöä.

Seuraavassa avataan Tulevaisuuden tutkimuskeskuksen kehitysjohtaja Olli Hietasen kanssa työstetyn teemoituksen pohjalta tiivistetty tulkinta haastattelujen ja kyselyn tuloksista. Tiivistyksenä tulkinnan pohjalta tieteen ja tutkimuksen tulevaisuudesta voidaan väittää seuraavaa:

1. tieteen tulevia sisältöjä ei voi eikä pidä ennakoida – kysymys siitä mitä ajattelemme huomenna ei ole ennakoinnin näkökulmasta mielekäs, vaan kysymys on ajattelemisen oikeudesta ja hengenviljelyn vapaudesta sekä niihin vaikuttavista tekijöistä
2. tulevaisuudessa globaalin tieteen määrä ylittää tajunnan
3. tiede uudelleenjärjestyy jatkuvasti ulkoisten ja sisäisten tekijöiden seurauksena – ennakoinnin näkökulmasta keskeistä on ymmärrys tästä
4. uusi tutkimus nousee ”ei-kenenkään-maalta”, jostain tieteenalojen välistä uudeltaisista kombinaatioista
5. ulkoisen tutkimusrahan merkityksen kasvu ja tiedon käyttörelevanssi ohjaa vapaata tiedettä ”KISSAN korkuisin” kirjaimin – vai ohjaako?
6. tieteellisen hyödyn sosiaalinen kasaantuminen voi johtaa guru-profiloitumiseen
7. yliopisto rakentuu ennemmin opetuksen kuin tutkimuksen logiikalle



8. tieteen tekemisen hinta vaihtelee merkittävästi tieteenaloittain (tutkimus, jossa tarvitaan esimerkiksi kalliita laitteita ohjaa kansainväliseen yhteistyöhön sekä infran tehokkaampaan hyödyntämiseen ja yhteiskäyttöön)
9. mittariautismi viitoittaa viitattua tietä

Edellä esitetyt yhdeksän väitettä on muodostettu haastattelu- ja kyselyaineiston pohjalta, mutta ne edustavat esitetyssä muodossaan ainoastaan tulkitsijoiden (Ahvenainen & Hietanen) näkemyksiä.

Tieteen sisältöjen ennakoiminen kysymyksen ”mitä tutkitaan” alla ei ole oikea tai välttämättä edes erityisen hedelmällinen kysymyksenasettelu ja siihen vastaaminen koettiin, erityisesti perustutkimuksen osalta lähes mahdottomana tehtävänä. Taustalla vaikuttanee käsitys siitä mitä tiede ja akateeminen tutkimus ovat.

*”Tiesin tekeväni (yrityshankkeessa) kovaa alan perustutkimusta, mutta jotenkin akateemisesti ajatellen ei tuntunut siltä kun oleellinen tieto piti pantata ennen tieteellistä julkaisua.” (haastattelusitaatti)*

Idealisesti ajatellen tiede on – tai sen tulisi olla – itseohjautuvaa, tutkijalähtöistä, avointa ja sen sisällöt eivät tule olla etukäteen kenenkään määriteltävissä. Tutkimuksen tarkoituksena on tuottaa uutta tietoa ja ymmärrystä ja koulutuksen tarkoitus on jakaa tämä ymmärrys osaamisena ja sivistyksenä eteenpäin – käytännössä sukupolvi kerrallaan.

Tieteen tutkimuksellisista sisällöistä voidaan esittää kyllä perusteltuja näkemyksiä, kuten

*”Kulttuuritutkimuksen merkitys kasvaa globalisaation myötä... poliittinen taloustiede palaa, koska economics on osoittautunut kyvyttömäksi analysoimaan talouden nykyilmiöitä... big data ja läpidualisoituva maailma... hallinnon tutkimus, jota ajaa tarve uudistaa hallinnon vanhoja rakenteita ja johtamisjärjestelmää ja demokraattisia vaikuttamiskeinoja... social physics nousee big datan myötä jne..” (lainauksia kyselyn vastauksista)*

*”On erilaisia tutkimuslinjoja ja ainakin etukäteen on suhteellisen sattumanvaraista, mikä tutkimus nousee merkittäväksi.” (haastattelusitaatti)*

Ennakoinnin näkökulmasta olennaisempaa on kuitenkin pohtia sitä mikä lopulta vaikuttaa tieteen tekemiseen. Tämän selvityksen pohjalta keskeinen huomio kohdistui ilmiöön, jota voidaan kuvata tutkimuksen jatkuvan uudelleenjärjestymisen (”freimaantumisen”) prosessina. Tämä tarkoittaa tilannekuvan jatkuvaa uudelleenmuokkaantumista niin, että tutkimusasetelmat muuttuvat tavalla, joka suuntaa uudelleen sitä mitä voi tai kannattaa tutkia. Tieteen ”uudet ovenkarmit” voivat tulla tieteen sisältä esimerkiksi seuraavasti:

*”Kognitiivisen paradigman leviäminen yhteiskuntatieteisiin oli vain ajan kysymys... tieteellisen selityksen mallit muuttuivat ainakin osassa humanistisia tieteitä” (haastattelusitaatti)*

*”Uudet aineistot ja uudet menetelmät... aineistot vaihtelevat videomateriaaleista neuromittauksiin.” (haastattelusitaatti)*

*”Ympäristötieteet kasvoivat ulos ekologian tutkimuksesta... siihen liittyi taloutta, politiikka, insinööritieteitä jne, jonka jälkeen lähes kaikki voidaan freimata ympäristötutkimuksena” (haastattelusitaatti)*

Toisaalta tieteen ja tutkimuksen uudelleenjärjestymiseen vaikuttaa yhä enenevässä määrin myös tieteen ulkopuolinen maailma, joka joko tapahtumien kautta tai pyrkimyksellisesti ohjaten vaikuttaa tutkijoiden kiinnostuksen kohteisiin ja tieteen sisältöihin. Esimerkkejä ulkopuolisista tekijöistä ovat mm.

- tieteellinen vaikuttavuus ja sen arviointi tieteellisinä julkaisuina tai tiedon käyttörelevanssina eli ulkoa määrittyvinä päämäärinä, joita tieteen tulisi edistää, esim.:
  - tieteellistä tietoa tai teknologiaa hyödynnetään tiettyä tarkoitusta palvelevien uusien laitteiden tai suorituskyvyn parantamiseen
  - (poliittiset) julkisen vallan ohjelmat
  - erilaiset sosiaaliset tai kaupalliset intressit
- ilkeät ongelmat (muutos: keskeistä ei ole enää totuus vaan hyvät tai paremmat ratkaisut)
- tieteidenvälisyyden vaatimus joka korostaa mahdollisesti syntetisoivaa näkökulmaa ja niin että, *"rohkeammin haetaan ongelmia ja vastauksia tieteiden, lue: koulutuksellisten paradigmojen rajapinnoilta"* (kyselyn vastaussitaatti)
- onnettomuudet, ympäristökatastrofit, erilaiset konfliktit ja luonnonmullistukset
- erilaista tietoa kerätään yhä enemmän: kaupat, Google, Facebook, Twitter, NSA, tulevaisuudessa älykoti, koska se on mahdollista ja tallennustila on halpaa, *"Google tietää tällä hetkellä parhaiten ihmisten pelot"* (haastattelusitaatti)... Onko yliopistojen tutkijoilla pääsy tulevaisuuden dataan?
- median esiin nostamat "KISSANKORKUISET teemat"
- strategisesti valitut tai muuten tärkeäksi nousevat tutkimusteemat (ilmastonmuutos, turvallisuus, oma terveys, arjen hyvinvointi, työllistävä kasvu, big data, kestävä energia, intentionaalinen/ syntetttinen biologia... uusi koulu, uusi työ, uusi demokratia, uusi talous jne.)
- tieteellinen kansainvälinen kilpailu jne.

Yksinkertaistettuna ulkopuolisen maailman kaksi perusajuria yliopiston ja tutkimuksen näkökulmasta ovat i) tutkimus ei muutu rahaksi ii) koulutus ei muutu työksi. Jos edellä mainitut eivät tapahdu, niin joku jossain huolestuu ja yhteiskunnassa syntyy tarve muuttaa ja ohjata järjestelmää haluttuun suuntaan.

*"Tieteen ulkopuolelta sisältöihin vaikuttaa erityisesti taloudelliset mahdollisuudet ja yhteiskunnalliset uhat... viikonvaara tiede ...toivottavampaa olisi ehkä taloudelliset uhat ja yhteiskunnalliset mahdollisuudet..."* (haastattelusitaatteja)

*"Perustutkimuksessa lähtökohta ei ole, se että sen seurauksena tilanne lähiössä paranee tai kilpailukyky nousee... mutta toisaalta ei se varmasti haitaksi ole, jos tällaisia yhteyksiä nähdään."* (haastattelusitaatti)

Kyselyssä ja haastatteluissa yksi vahva perususkomus, eriäviäkin näkemyksiä oli, on että yliopistoissa tehtävä tutkimus kehittyä entistä lähemmässä kosketuksessa yhteiskunnallisiin tarpeisiin. Tiede kohdistuu entistä enemmän polttavien yhteiskunnallisten haasteiden ns. "ilkeiden ongelmien" (kuten ilmastonmuutos, ekologinen kestävyys, niukkaressurssisuus, kestävä uusi energia jne.) ratkaisemisen ympärille. Kohdentumisen ilkeiden ongelmien ympärille merkittävä seuraus on, että koska ongelmien ilmiöt eivät rajaudu tieteenalakohtaisesti, on yhdessä luomisen periaatteella ja uutta yhteistä ymmärrystä luovalla tieteidenvälisyydellä entistä tärkeämpi rooli tieteellisessä tutkimuksessa tulevaisuudessa.

*"Paine kysymyksenasettelujen "kansantajuistamiselle" sekä tutkimuksen temaattiselle profiloimisella ei ole vain tutkijoiden kiusaamista, vaan sillä legitimoidaan myös perustutkimuksen rahoitusta, tieteidenvälisyyttä ja avantgarde -tutkimusta. Keskeistä on säilyttää avoin ja kunnii-*

*oittava dialogi tiedon tarpeiden määrittelijöiden ja tiedon tuottajien välillä.” (kyselyn vastaussitaatti)*

Varsinainen ensimmäinen iso ennennäkemätön muutos liittyy tieteeseen itseensä ja siihen, että **globaali tiede ylittää, ei vain yksilön, vaan myös tiedeyhteisön tajunnan**. Tieteellisen tiedon, artikkeleina mitattuna, valtavan kasvun seurauksena tieteellinen tyhjäkäynti lisääntyy. On entistä todennäköisempää kirjoittaa artikkeli, jota kukaan ei lue tai johon kukaan ei viittaa. Tämä eräänlainen tieteellisestä tyhyydestä erottautuminen luo tarpeen erikoistua ja erilaistua (profiloitua) sekä panostaa aktiivisesti vaikuttavuuteen. Tieteen tekemiseen osallistujille tämä luo tarpeen osallistua sisältöjen suunnittelu- ja päätöksentekoprosesseihin sekä -verkostoihin.

*”Tietoa tulee sellaista vauhtia, että et ehdi tutustua edes oman tutkimusalueesi kaikkeen uusimpaan tutkimukseen... ja oman alasi ulkopuolisen maailman osalta olet käytännössä täysin populaarijulkaisujen varassa.” (haastattelusitaatti)*

*”Sillä ketä istuu rahoituksesta päättävissä elimissä, on valtaisa vaikutus siihen millaista tutkimusta rahoitetaan.” (haastattelusitaatti)*

Kun puhtaan tieteellisen kompetenssin rinnalla näkyvyys ja huomioarvo nousevat, lisää tämä tutkijoiden sosiaalisen osaamisen merkitystä. Eräs mielenkiintoinen havaittu ilmiö oli **tieteellisten hyötyjen kasaantuminen** tietyille henkilöille. Kysymys siitä, mitä tutkitaan, muuttuu näin kysymykseksi siitä, kuka tutkii. Ilmiö saattaa suosia tulevaisuudessa eräänlaista **”gurustrategia-ajattelun”** yleistymistä, oli kysymys sitten yliopistojen vanhaan tieteelliseen näyttöön, nousevaan uuteen näyttöön tai differoivaan näyttöön pohjaavasta profiloitumisstrategiasta.

*”Tutkimuksen merkitystä isommalle yleisölle mitataan tulevaisuudessa yhä enemmän mm. altmetriikan keinoin.” (haastattelusitaatti)*

*”Tutkijan kyky kommunikoida erilaisille yleisöille on tärkeää.” (haastattelusitaatti)*

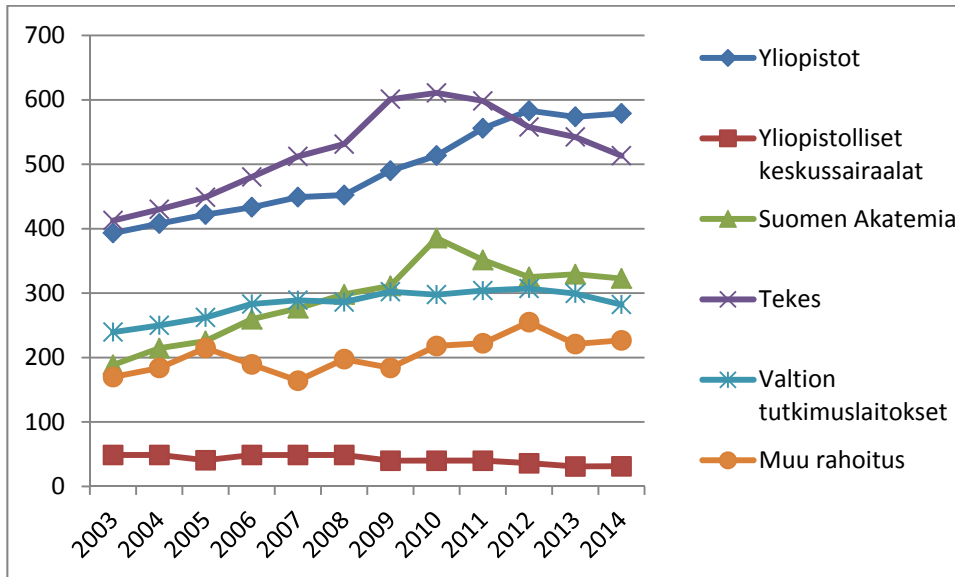
*”Tieteen kansantajuistamiseen ei tulevaisuudessa välttämättä liity halventavaa sävyä kuten nykyään usein tapahtuu... syntyy myös uusia tieteellisen tutkimuksen julkaisukanavia esimerkkinä Lontoon mellakoita käsittelyt Reading the Riots -tutkimusprojekti, joka julkaistiin kokonaisuudessaan The Guardianissa. Tämä saattaa muuttaa myös tutkijoiden roolia?” (haastattelusitaatti)*

*”Kansainvälisellä kentällä tieteen sosiaalisen ulottuvuuden hallinta on vaikeaa.” (haastattelusitaatti)*

*”Olisin eniten huolestunut siitä, että tutkijoiden sosiaalinen osaaminen nousee kognitiivista kyvykkyyttä tärkeämmäksi.” (haastattelusitaatti)*

Toinen iso muutos liittyy **ulkoisen tutkimusrahoituksen merkityksen kasvuun**, jonka ajatellaan painottavan mahdollisesti **tiedon käytön ohjaamaa tutkimusta**. Tämä edelleen lisää painetta kykyä perustella tutkimuksen tuottaman uuden tiedon käyttörelevanssi määrätystä näkökulmasta. Taustalla on se tosiasia, että vaikka tiede on globaalia, ovat tutkimuksen tekemisen taloudelliset voimavarat pääosin kansallisia. Yli 90 % tutkimus- ja kehittämistoiminnan kokonaisvoimavaroista on kansallista. Jos tiede on aito kilpailutekijä, niin toisen maan intresseissä on tuskin rahoittaa toisen maan tutkimusta. Suomessa tutkimuksen rahallinen kokonaisvolyymi oli vuonna 2010 noin 7 mrd. euroa. Esimerkiksi EU:n 7. puiteohjelman kokonaisrahoituskertymä Suomeen oli lokakuun 2013 loppuun mennessä noin 760 miljoonaa euroa. Tämä

kohdistui 1555 hankkeeseen, joissa oli 2255 osallistumista ja 452 organisaatiota. Julkisen tutkimus- ja kehitysrahoituksen kokonaismäärä vuonna 2014 on Suomessa noin 1,9 mrd euroa. Julkisesta t&k -rahoituksesta valtaosa kohdistuu korkeakoulusektorille. Viimeaikainen kehitys on lisännyt maltillisesti suoraan yliopistoille kohdennetun tutkimusrahoituksen määrää. Suomen Akatemian ja Tekesin kautta jaossa oleva rahoitus on samaan aikaan hieman laskenut. Perususkomus on, että julkinen tutkimuskakku ei kasva ainakaan merkittävästi.



Kuva 1. Julkisen tutkimusrahoituksen kehitys 2003–2014 (milj. euroa) [Tilastokeskus].

Yksi ulkoisen rahoituksen roolin korostumisen seuraus nähtiin tulevan siitä kautta, että yliopisto rakentuu organisaationa **enemmän koulutuksen kuin tutkimuksen logiikalle**, jonka seurauksena oikeus ja vapaus tutkimukseen on ostettava.

*”Rahoitus ei kasva, mutta opetusvelvollisuus ehkä kasvaa ja ainakin yksittäisten opettajien oppilasmäärät todennäköisesti kasvavat. Tästä seuraa se, että peruskurssit viedään yhteen. Opettamiseen menee enemmän aikaa ja virassa olevan on ostettava halutessaan tutkimusvapaata eli käytännössä hankittava ulkopuolista rahoitusta. Ulkopuolinen rahoitus tuo puolestaan paineen tuloksellisuuteen. Ja kaikki mitataan, 1 vessapaperiarkki vastaa 1/x osaa julkaisua.” (haastattelusitaatti)*

*”Julkaiseminen on helpompaa kuin rahan hakeminen. Keskimäärin mulla menee 4/5 julkaisusta menee läpi, mutta rahoitushakemuksista vain 1/5” (haastattelusitaatti)*

Opetukseen liittyvä toimintalogiikka kytkee yliopistojen tulevaisuuden työelämässä ja osaamistarpeissa tapahtuviin muutoksiin.

*”Kansalaisen peruskoulutus ei voi olla tohtori.” (haastattelusitaatti)*

Toinen ulkopuolisen rahoitukseen liittyvä ominaisuus on projektiluonteisuus, jonka seurauksena merkittävän osan tutkimuksesta tekevät käytännössä projektitutkijat ja väitöskirjantekijät, jotka eivät ole – kärkeä – töissä yliopistossa vaan projektissa. Rahoituksen määräävyyteen liittyy mielenkiintoinen tutkimusjärjestelmän historiallinen asetelma. Nimittäin se, että Suomi oli 90-luvulle asti eurooppalaisessa

vertailussa eräänlainen tutkimuksen halpatyömaa. Voidaankin kysyä kumpi järjestelmä tuottaa parempaa tiedettä; se jonka tutkimus perustuu esimerkiksi apurahalla työskentelevien ja oman kiinnostuksen motiivisiin tutkijoihin vai se jossa tutkimus tehdään harvempien, mutta kalliimpien tutkimusammattilaisten toimesta?

*”Yliopisto on vielä melko kustannustehokas tapa tuottaa uutta tietoa.” (haastattelusitaatti)*

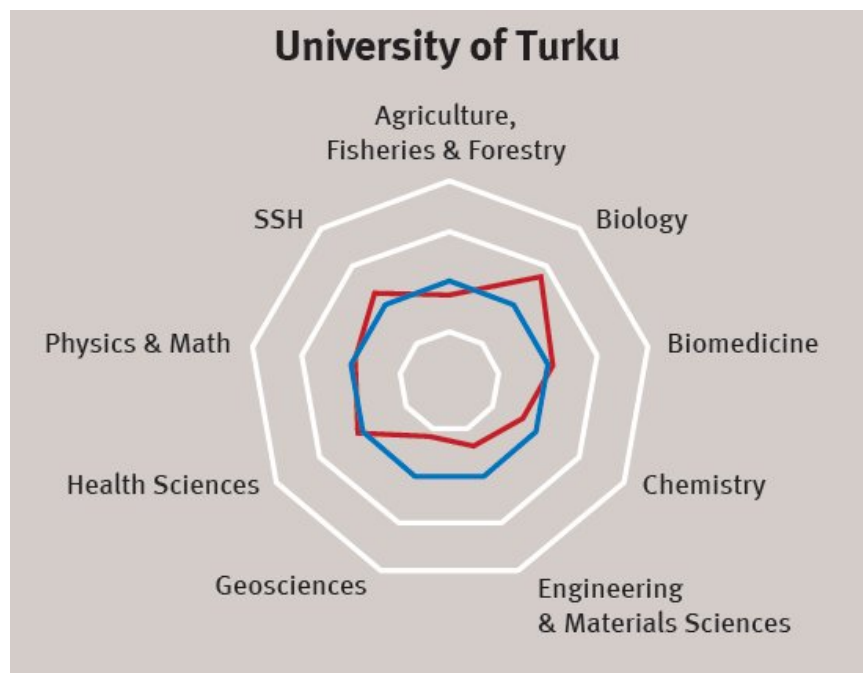
*”Strategisen rahoituksen varaan rakentaminen voi olla hyvä eloonjäämiskeino, mutta ei välttämättä tieteellisesti ajatellen järkevää” (Haastattelusitaatti)*

Ulkoisen rahoituksen myötä oleelliseksi nousee kysymys siitä, että ”mitäs me tutkitaan että saadaan rahaa”, jolloin omaa tutkimusta käännetään ja tulkitaan kulloistenkin hankehakujen kieleen sopivaksi ja hakuvaiheessa tieteellistä relevanssia tärkeämmäksi saattaa nousta läpimenon optimointi.

*”Työajalla tutkitaan sitä mihin saadaan rahaa... ja rahaa saa helpommin ohjelmista... omasta kiinnostuksesta lähtevä tutkimus saattaa mennä pyöräille eli siihen ei saa suoraan rahaa ellei sitä tehdä pääväylien yhteydessä.”*

*”Tutkijat ovat aika päteviä kirjoittamaan oman tutkimuksensa (password) kulloiseenkin rahoitushakuun sopivaksi.” (haastattelusitaatti)*

Viimeinen tässä esiin nostettavista rahoitukseen liittyväistä teemoista liittyy siihen, että tieteen tekemisen hinta vaihtelee merkittävästi. Kärjistäen voisi sanoa, että **kvanttiaskel maailmankaikkeuden rakenteen tutkimusta maksaa parhaimmillaan saman verran kuin 1000 vuotta perusteellista historiantutkimusta**. Tutkimus, jossa tarvitaan esimerkiksi kallista laiteinfraa ohjaa kansainväliseen yhteistyöhön sekä infran tehokkaampaan hyödyntämiseen ja yhteiskäyttöön.



Kuva 2. Turun yliopiston tutkimusprofiili (punaisella) verrattuna kansainväliseen keskitasoon bibliometrisin mittarein ilmaistuna (kuvalähde: <http://www.nordforsk.org/en/news/new-bibliometric-report-from-nordforsk>). Internetistä löytyy myös erilaisia yliopistojen vertailutyökaluja mm. opiskelijoille suunnattu yliopistojen rankkausohjelma U-Multirank, <http://www.umultirank.org>.

Viimeinen esiin nostettava asia tieteen tulevaisuuteen vaikuttavista ilmiöistä on tieteellinen laatu ja siihen liittyvä **mittariautismi**. Mittariautismi palauttaa tieteen, tutkimuksen ja yliopiston tulevaisuuden numeerisesti mitattavan vaikuttavuuden piiriin. Tällä hetkellä tieteen laatua mitataan pääosin määrällisten menetelmien avulla ja vallalla on, yhden haastattelun sanoin, *”numero-orientoitumisen eetos”*. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että ei tehdä tai ei kannata tehdä mitään mihin valitut mittarit eivät kannusta. Tästä seuraa esimerkiksi *”tutkimuksen tähtäimen lyhenemistä ja pilkkomista sekä haluttomuus kehittää esimerkiksi opetusta.”* (haastattelusitaatti)

*”Yliopistosta, sisäänpäin lämpiävänä ja hierarkisena tiedon tempelinä, on siirrytty kohti ulospäin ja sisäisesti avoimeen basaarimalliin. Mutta kun tähän yhdistetään byrokratia ja liiketoiminnasta otetut johtamiskäytännöt tuloksena on tehdas”* (haastattelusitaatti)

*”Jos seurataan impact factoreita julkaisut roikkuvat pöydällä... jos juostaan viittausten perässä, se suosii laaja-alaisia katsauksia tai metodologisia julkaisuja... halutaanko sitten näitä?”* (haastattelusitaatti)

Alussa todettiin, että käynnissä on tutkimusta ja tiedettä laajempi kamppailu ajattelemisen oikeudesta ja hengenviljelyn vapaudesta. Tässä kamppailussa

*”myös yliopistolla on korporatiivisia pyrkimyksiä eli pyrkimyksiä pitää kiinni omasta akkreditointisysteemistään mitä tulee tieteelliseen tutkimukseen, tietoon ja opetukseen... ja vain siitä”* (haastattelusitaatti)

## 2. TULEVAISUUKSIEN TAUSTOJA

Tulevaisuudessa kaikki on taas ihan toisin kuin nyt, ja vaikka koskaan ei ole käynyt ihan niin kuin on ennalta arveltu, niin taas ihan niin tulee käymään. Miksi? Ehkä siksi, että kuviteltu mahdollisuus tai laskettu todennäköisyys ei ole sama asia kuin tapahtuminen. Tarkastellaan aluksi kahta visiota eli arvosidonnaista tahtotilaa tieteen mahdollisesta tulevaisuudesta ja niiden teemastoa. Tämän jälkeen luodaan lyhyt katsaus yliopiston tulevaisuuksiin. Koska tähän hetkeen tullaan kaukaa, tarkastellaan hieman myös niitä tapahtumallisia ja viitekehyksellisiä taustoja, joista nyt ajateltava tulevaisuus ammentaa aineistoaan.

### Tiede 2055

Vuonna 2005 Institute for the Future julkaisi raportin *Science and Technology Outlook 2005–2055*, jossa tarkasteltiin tieteen ja teknologian tulevaisuusnäkyviä 50 vuoden aikajänteellä. Raportin esittämät ajatukset ovat edelleen ajankohtaisia ja siksi ne käydään lyhyesti läpi seuraavassa.

Ennakointiselvityksessä muutosta kuvattiin kuudella teemalla ja kolmella metateemalla. Metateemoja olivat i) demokratisoituva tutkimus ja innovaatiot, ii) tieteidenvälisyys ja iii) emergenssi. Ensimmäinen metateema käsitteli tieteen ja tutkimuksen ”**uudelleen kansalaistumista**, jokamiestiedettä” (nykytermi kansalaistiede) eli kehitystä jossa 1900-luvulla ammattimaistunut tutkimus, jos nyt ei palaa sellaisenaan, niin kuitenkin laajenee myös enenevässä määrin ”vakavasti otettavien amatöörien” ja perinteisten tiedeinstituutioiden ulkopuolella toimivien tahojen toiminnaksi. Jälkimmäisestä esimerkkinä erilaiset ajatushautomo-organisaatiot tai Google X, jonka palveluksessa on arvioitu olevan merkittävä osa maailman johtavista keinoälytutkijoista. Näitä toimijoita ei perinteisesti ole mielletty tieteen kentällä tai varsinkaan perustutkimuksen piirissä vaikuttaviksi toimijoiksi. Toisaalta voidaan ajatella, että tulevaisuudessa motiivi julkaista tuloksia myös tieteellisesti ja käsiteltävät tutkimuskysymykset voivat työntää näitä toimijoita vahvemmin perustutkimuksen piiriin. Lääkeyritysten tutkimuksessa osallistuminen perustutkimukseen ja tieteellinen julkaiseminen on toiminnan elinehto myös liiketoiminnan näkökulmasta kun muualla yksityisellä sektorilla tutkimus on ollut pääsääntöisesti enemmän tai vähemmän salaista. Tutkijoiden kyvyt eivät varmaan ole este tähän. On myös syytä muistaa, että ennen 1900-lukua merkittävä osa tieteestä tapahtui amatööritiedemiehien ja keksijöiden toimesta ja nyt ”tutkijan ammattikoulutuksen” saaneiden määrä on korkeakoulusektorin työllistämismahdollisuuksien näkökulmasta suorastaan ylitsevuotava.

Toinen metateema, **tieteidenvälisyys**, nähtiin olevan välttämätön vaatimus yhä kapeammaksi käyneen tieteellisen asiantuntijuuden vastapainona. Tulevaisuudessa tarvitaan monitieteisiä tutkimusryhmiä ja niiden toiminta vaatii yhteisymmärrystä. Tarvitaan esim. biologeja, jotka ymmärtävät matematiikkaa ja matemaatikkoja jotka ymmärtävät biologiaa. Yhdessä nämä tarvitsevat kykyä luoda yhteisiä lähentymistapoja, jossa ei riitä että osaa soveltaa analogisesti alakohtaisia tutkimusmetodeja.

Metateema **emergenssi** oli vertauskuva ymmärrykselle siitä miten luonnonmaailma toimii ja miten keino-tekkoiset maailmat voidaan suunnitella ja toteuttaa, esimerkiksi ymmärrys siitä miten yksinkertaiset säännöt luovat monimutkaista käyttäytymistä.

Raportin varsinaiset teemat olivat i) pieni maailma (nanotutkimuksen vaikutukset) ii) intentionaalinen biologia (esim. tavoitteellinen ja ihmislähtöinen evoluutio, synteettisen biologian voidaan tulkita olevan tämän tekninen termi) iii) ”laajentuva minuuus” (transhumanismi, tieteen ja teknologian mahdollisuudet ja

vaikutukset ”luonnonihmiseen”, teknologia kehon ja mielen jatkeena iv) matemaattinen maailma (datan ja laskentatehon kasvu, kyky biologisten ja sosiaalisten järjestelmien mallintamiseen ja kuvaaminen matemaattisesti), v) sensoritransformaatio (aistivien, ymmärtävien, kommunikoimaan ja toimimaan kykenevien laitteiden lisääntyminen ja niiden vaikutukset), vi) kevyt infrastruktuuri (nykyesimerkki voisi olla 3D-tulostuksen vaikutukset tuotanto- ja kulutustapoihin tai läpідigitalisoituva maailma).

## Tiede 2100

Fyysikko Michio Kaku maalaa kirjassaan *Physics of the Future* kuvan tieteestä 2100-luvun maailmasta tai oikeastaan maailmasta 2100-luvun tieteessä. Kuvan takana on keskusteluja yli 300 tieteen eturintaman edustajan kanssa. Kakun mukaan tiede on 2100-luvulle tultaessa antanut ihmiselle ennennäkemättömän kyvyn manipuloida maailmaa mielensä mukaan. Ihminen siis tavallaan jatkaa, tai uskoo jatkavansa, valistuksen teeman mukaista vapautumistaan vallitsevien olosuhteiden pakosta. Kakun näkemys perustuu siihen, että valtaosa tieteellisestä tieteestä on kirjoitettu viimeisten vuosikymmenien aikana. Artikkeleilla mitattuna tieteellisen tiedon määrä lähes kaksinkertaistuu vuosikymmenessä. Kakun mukaan valtaosa tulevaisuutta koskevista ennusteista menee pieleen, mutta jos ennusteet perustellaan universumia pyörittävien perustavanlaatuisen voimien tuntemuksen pohjalta, niistä tulee tieteellisesti uskottavia.

Tähän mennessä aina kun tällainen fundamentaalinen voima on onnistuttu kuvamaan ja ymmärretty, se on muuttanut ihmisen historiaa. Ymmärrys gravitaatiosta auttoi ihmistä teollisessa vallankumouksessa, ymmärrys elektromagneettisesta voimasta valaisi kaupungit ja voimautti koneet, ymmärrys ydinvoimista avasi tähtien salaisuudet ja antoi ihmiselle valtavat energiavoimavarat tuhoon ja elämään, ymmärrys kvanttimaailmasta avaa salaisuuksia kaiken takana olevan todellisuuden pienimmistä rakennuspalasista ja niiden ominaisuuksista takaa ja mahdollistaa esimerkiksi digitaalisen maailman tai vaikkapa ymmärryksemme DNA:sta kehittymisen tavalla, jota ei osata oikein vielä kuvitellakaan. Kaiken tämän takana on tiede ja räjähtävästi kasvava, kumuloituva, ymmärryksemme maailmankaikkeudesta, sen rakenteesta ja toiminnasta. Avainaloiksi tälle edistyksen ja voittokulun polulle Kaku nostaa tietojenkäsittelytieteen, nanoteknologian, keinoälyn, bioteknologian ja ennen kaikkea kvanttiteorian.

Mutta jos kaikki mikä on mahdollista, toteutuu välttämättä, niin silloin sen olisi myös tapahduttava kuin itsestään ilman ihmisen väliintuloa. Jos edellä esitetyt visiot eivät toteudu, niin aina voidaan Kakun mukaan syyttää luolamiestä. Siis sitä iänikaista meissä vaikuttavaa ihmistä, joka voidaan hakea kivikautisesta luolasta, kylvyn ja pienen siistimisen jälkeen istuttaa minne tahansa yliopiston tuoliin ilman että kukaan huomaa päällisin puolin mitään eroa siihen ihmiseen, joka siellä nyt istuu. Gunnar Adler-Karlssonin ajatus kirjasta *Koulu pysäköimispaikka tarpeettomille vai tie sisäiseen avartumiseen* lainaten tämä ihminen ei istu välttämättä kotona laskemassa, että ”ylityö maaliskuun viimeisenä perjantaina tuntuu täsmällisen yhtä kurjalta kuin viimeinen viinilasillinen pääsiäisillan porsasjuhlassa Rhodoksella tuntuu hyvältä”. Jos primitiivisten halujen ja modernin teknologian välillä on konflikti, primitiiviset halut voittavat joka kerta (Kaku 2011).

Kakun ajatuksissa tiivistyy kaksi tieteen kehityksen ennakkoinnin perustavanlaatuisia lähtökohtaa. Ensinnäkin se, että sisällöllisesti tiede ei ole, eikä sen tule olla kenenkään hallinnassa. Toinen keskeinen lähtökohta on se, että jos ennusteiden laatimisesta olisi nyrkkisääntö, siinä lukisi todennäköisesti: ”Jos haluat ennakoida menettämättä mainettasi, vältä ihmistä ja keskity teknologiaan sillä siinä erehtymisen riski on parhaimmillaan vain 90 %.” Teknologian kehityksen aikajännettä on pidetty perinteisesti pitkänä, vuosikymmenien pituisena ja kehitystyöhön suunnatut panokset ja tieteellinen aktiivisuus ennakoivat todennäköiset tulokset. Ainakin jälkikäteen tarkasteltuna teknologisen muutoksen tapahtumaintervallit näyt-



täytyvät selkeinä kasvavan adoptioasteen luomina diffuusioaaltoina keksinnöstä innovaatioon, sen leviämiseen ja markkinoiden kyllästymisestä kuolemaan ja uuden aallon nousuun. Tässä kuvassa isot muutokset usein hautaavat pienet mutta tärkeät yksityiskohdat alleen. Pienistä yksityiskohdista mainittakoon esimerkiksi herätyskello, jolla oli merkittävä rooli uuden keskeytymättömän työn rytmin mahdollistajana kun teollistumisen myötä siirryttiin pelloilta tehtaisiin.

## Yliopiston tulevaisuuksista

Iso-Britanniassa toteutettiin vuonna 2013 melko mittava tulevaisuusprosessi, jossa visioitiin yliopiston tulevaisuutta vuoteen 2025. Hankeen tulokset on raportoitu otsikolla *Visions of the Engaged University 2025*. Tulevaisuusprosessissa yliopistossa tapahtuvia mahdollisia muutoksia tarkasteltiin kolmessa teemallisessa ulottuvuudessa, jotka olivat paikka kuten fyysiset ja virtuaaliset tilat; prosessit kuten lähestymistavat tutkimukseen; opetukseen, tietoon ja ymmärrykseen sekä niiden jakamiseen; toimintaperiaatteet, kuten arvot ja tarkoitukset.

Tämän visioprosessin tulokset on tiivistetty seuraavaan taulukkoon.

*Taulukko 1. Iso-Britanniassa tehdyn yliopiston tulevaisuutta käsittelevän visioprosessin tulokset.*

Teemat	Visiot
Paikat	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Avoin ja luoksepäästävä – monia yhteyksiä ja yhteisöllisiä jaettuina fasiliteetteja</li> <li>2. Kokonaisvaltainen läsnäolo ja yhteissijoittuminen alueella tai kaupungissa</li> <li>3. Globalisoitu yliopisto – yhteistyö, vaihto ja vastuu</li> </ol>
Prosessit	<ol style="list-style-type: none"> <li>4. Yhdessä tuotettu ymmärrys ja kumppanuus</li> <li>5. Avoin tutkimus – avoimuus molempiin suuntiin; yhteiskunnasta tutkimukseen ja tutkimuksesta yhteiskuntaan</li> <li>6. Lumoava ja mukaansatempaava oppiminen</li> </ol>
Periaatteet	<ol style="list-style-type: none"> <li>7. Mahdollistava kulttuuri ja ympäristö</li> <li>8. Tasavertainen arvostus ja rahoitus yhteisölliselle tiedolle ja ymmärrykselle</li> <li>9. Sosiaalinen ”jokamies” missio – selkeä sitoutuminen ja osallistuminen kansalaisten elämään</li> </ol>

Edellä esitetyt visioprosessin tulokset voisivat olla yhtä hyvin Suomesta tai yksittäisestä yliopistosta, joka pohtii omaa strategiaansa ja profiiliaan<sup>1</sup>. Turun yliopistossa oli taannoin (2010) rintamerkkikampanja, jossa ”Me olemme yliopisto” teksteillä haluttiin muistuttaa, ettei meitä, jotka satuimme tuolloin olemaan seinien sisäpuolella, unohdettaisi yliopistouudistuksen äärellä; jossa napanuora valtion ja yliopiston välillä, jos nyt ei katkaistu, niin määriteltiin uudestaan. Napanuorassa oli tuolloin virrannut 40 vuotta rahaa ja ohjausta. Mitä oli tapahtunut ennen uudistusta?

<sup>1</sup> Yliopistojen ennakoiva strategiatyö, tähtää se sitten profiloitumiseen huippututkimuksessa tai kiipeämiseen Shanghain -listalla tai johonkin omaperäisempään, on itsessään yksi muutostekijä. Igor Ansoff esitti jo 60-luvulla väitteen, jonka mukaan ennakointi lisää tarvetta ennakoita ja tekee ennakoinnista vaikeampaa, koska se lisää toimintaympäristön turbulenssia – ainakin seurailijoiden silmissä.

Valtion ja opetusministeriön intresseissä oli 1970-luvulla ollut ottaa korkeakoulut vahvemmin hallintaansa uuden korkeakoulupolitiikan toteuttamiseksi. Taustalla oli huoli suomalaisen korkeimman koulutuksen ja tutkimuksen tasosta ja korkeakoulujen massoittuminen. Suomessa vuonna 1963 asetettu Korkeakoululaitoksen suunniteltukomitea päättyi esittämään, että massoittumisen hoitamiseksi pyrkimyksenä tulisi olla mahdollisimman laaja-alaisen yliopiston perustaminen. Samaan aikaan tiedepolitiikan voidaan katsoa saapuneen Suomeen. Tieteellisen tutkimuksen organisaatiokomitean mietinnössä vuodelta 1964 tiedepolitiikan välttämättömyyden todetaan johtuvan siitä,

*”että valtakunnan puitteissa käytettävät voimavarat ovat rajoitetut ja järjelliseltä näyttävät tieteen hyväksikäyttömahdollisuudet taas miltei rajattomat (Seppälä 1999).”*

Euroopassa ajateltiin yleisesti, että korkeakoulujen massoittuminen purkaantuu ammatillisen korkeakoulutuksen kautta. Suomessa tämä mahdollisuus tiedostettiin, mutta toimenpiteiden osalta valittiin toisin. Valtioistuneet, kansoittuneet ja hyvinvointivaltion tarpeisiin asiantuntijoita kouluttavat yliopistot eivät voineet toimia eliittiyliopistojen tavoin vaikka samaan aikaan humboldtilaisen sivistysyliopiston autonominen ihanne haluttiin periaatteessa säilyttää (Ahola 1999).

Kymmenen vuotta myöhemmin, 1980-luvulle tultaessa, korkeakoulupolitiikassa alkoivat vaikuttaa muutoksen markkinahenkiset höyryt. Avainsanoiksi nousivat arviointi, tulosvastuu ja tulosohejaus, toimintamenobudjetointi ja rakenteellinen kehittäminen (Ahola 1999). Yhdeksänkymmentäluvulla aletaan puhua puolestaan markkinavetoisen yliopiston aikakaudesta.

Keskeisemmät muutokset 1960-luvulta alkaneella ajanjaksolla ovat liittyneet tutkimuspanosten kokonaisvolyymiin voimakkaaseen kasvuun, tutkimustiedon hyödyntäjän näkökulman merkityksen lisääntymiseen sekä korkeakoulutettujen määrän kasvuun ikäluokassa. Huomattavaa on erityisesti yksityisen sektorin tutkimuspanosten ja aktiviteetin lisääntyminen. Tiedepolitiikka on saanut sivistysnäkökulman rinnalle hyötynäkökulmia, kaupallisia ja yhteiskunnallisia, korostavan ajattelutavan ja käsitteistön. Tähän muutokseen kiteytyy alla oleva lainaus eräästä tälle päivälle laaditusta 18 vuotta vanhasta ennusteesta:

*”Tiedeyhteisö ... enemmän kuin tieteellisen kelpoisuuden perustein, heitä arvioidaan tulevaisuudessa kustannusten, kuinka paljon työtä he voivat luoda sekä heidän suoran kontribuutionsa taloudelliseen kilpailukykyyn ja yhteiskunnallisiin tarpeisiin perusteella” (Unesco, World Science Report, Megascience, 1996)*

## Uuden ajan synteessinä uushumboldtilaisuus?

Antti Hautamäen ja Pirjo Ståhlen mukaan suomalaiset yliopistot ovat valintatilanteessa. Valintaongelmana yliopistojen pitää asemoitua, ja siten epäasemoitua, osana innovaatiojärjestelmää ja/tai sivistystehtävää. Kirjassaan *Ristiriitainen tiedepolitiikkamme. Suuntana innovaatiot vai sivistys?* he esittävät eräänlaisen sekä-että -synteessin, joka yhdistää hyödyn ja sivistyksen mahdollisuudeksi samaan kuvaan. Avain löytyy ihmiskuntaa kohtaavista suurista tulevaisuushaasteista eli käytännön kysymyksistä, joista tulee perimmäisiä ja joiden ratkaisemiseen tarvitaan yhteiskunnallisesti aktiivista tutkimusyliopistoa.

*”Uushumboldtilaisen yliopiston peruseriaatteena on tutkimuksen, opetuksen ja ilkeiden ongelmien ratkaisemisen ykseys. Tämä on yliopiston kolmoistehtävä.” (Hautamäki ym. 2012)*

Kolmoistehtävän, ongelmalähtöisen ja ratkaisukeskeisen tutkimuksen, avainosaamista on yhteisen tutkimusongelman äärellä yhteistä ymmärrystä kykenemään luova tieteidenvälisyys. Samoilla linjoilla tie-

teidenvälisyyden keskeisyydestä on Benjamin K. Sovacool tuoreessa artikkelissaan, joka kantaa mahtipontista nimeä "What are we doing here? ". Artikkelissa analysoidaan 15 vuotta energiatutkimusta ja arvostellaan rankasti sen kapea-alaisuutta, keskittymistä taloudelliseen tai teknologiseen katsontakantaan ja aineistoon, "teknologia hoitaa kaiken -asennetta" ja ihmisten näkemistä vain häiriötekijöinä.

### 3. PYRKIMYS ARVIODA JA ENNAKOIDA TIETEEN KEHITYSTÄ

Tutkimus ja kehittämistoiminnan systemaattisen ennakkoinnin perinteet maailmalla ulottuvat historiallisesti 1960–1970 -luvulle eli samaan ajankohtaan kun vaihtoehtoisia tulevaisuuksia kartoittava skenaariotyöskentely alkoi yleistyä. Tieteessä elettiin tuolloin nopean kehityksen ja kasvun ns. ”big science” -aikakautta. Yhteiskunnan ja tiedemaailman vuorovaikutus kasvoi ja tutkimukseen ohjattiin koko ajan enemmän resursseja. Tieteen tekemiseen tarvittiin yhä kalliimpia laitteita ja tutkimusprojektien koot kasvoivat. Korkeakoulureformin myötä yliopistoja tuli Suomeen lisää, valtio otti massoittuvat yliopistot ohjaukseensa yhtenäisen tiede- ja korkeakoulupolitiikan harjoittamiseksi. Myös elinkeinoelämä tarvitsi korkeampaa koulutusta vaativaa osaamista – tiede tarvitsi yhteiskuntaa ja yhteiskunta tiedettä, tutkimusta ja koulutusta. Samaan aikaan ympäröivässä maailmassa alkoi näkyä merkkejä (esim. öljykriisi) toisesta maailmansodasta alkaneen teollistumisen ja voimakkaan talouskasvun saattelaman suhteellisen lineaarisen kehityksen mahdollisesta epäjatkuvuudesta. Tapahtumat herättivät tarpeen pohtia vaihtoehtoisia tulevaisuuksia ja tiedeyhteisö luonnosteli kasvaneeseen sosiaaliseen, myös kaupalliseen, tilaukseen kehityksen dynamiikkaa kuvaavia maailmanmalleja.

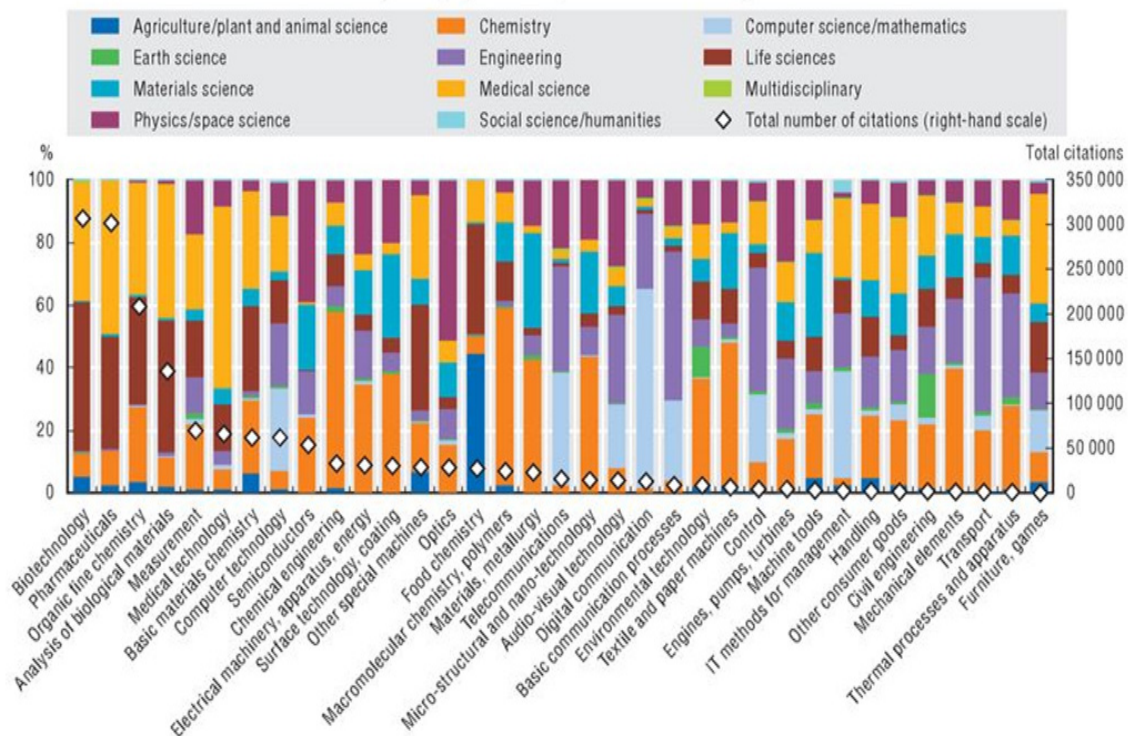
Yhdysvalloissa perustettiin 1960-luvulla NSF TRACES -ohjelma, jonka tarkoitus oli jäljittää t&k-toiminnassa tapahtuvia tärkeitä ilmiötä. National Science Board puolestaan aloitti laajojen tiede ja teknologiaindikaattoriraporttien julkaisemisen vuonna 1972 eli vuotta aiemmin kun Suomessa alettiin vasta kerätä tutkimustoimintaa kuvaavia tilastosarjoja. Ensimmäinen suomalainen tutkimuksen indikaattorijulkaisu *Tiede ja teknologia* ilmestyi 1987. Uudemmasta systemaattisesta Suomessa tieteen ja tutkimuksen tilaa ja kehitystä arvioivasta toiminnasta mainittakoon Suomen Akatemian *Tieteen tila* -selvitys kahden vuoden välein sekä teknologiapainotteinen VTT:n ja Tekniikan akateemisten liiton julkaisema *Teknologiabarometri*. Painopiste näissä selvityksissä ei tosin ole tulevaisuuden ennakkoinnissa vaan viimeaikaisessa kehityksessä ja nykytilan hahmottamisessa, ja tämä tehdään pääosin tieteen sisältä katsottuna itsearviointina tieteen tekijöiden toimesta. Tulevaisuusorientoituna näkökulmana *Tieteen tila* -selvityksessä voidaan pitää eräänlaista SWOT-arviointia, jossa tarkastellaan tieteenalakohtaisesti heikkouksia, vahvuuksia, uhkia ja mahdollisuuksista.

Tutkimus ja kehittämistoiminnan ennakkoinnin toisessa pioneerimaassa, Japanissa, kansallinen tiede ja teknologiapolitiikan instituutti (NISTEP) on toteuttanut laajamittaisia asiantuntijamenetelmiin perustuvia ennakointiselvityksiä vuodesta 1971 lähtien. Painopiste on ollut teknologian ennakkoinnissa, mutta näkökulma on viimeisen vuosikymmenen aikana laajentunut käsittämään koko tieteen kenttää. NISTEP:n Science Map -projekti on vuodesta 2002 lähtien, pääasiassa bibliometrisin menetelmin, pyrkinyt hahmotamaan tieteessä tapahtuvia muutoksia.

Viime vuosikymmenen lopussa yhdysvaltojen armeijan tutkimusorganisaatio (DARPA) aloitti tutkimusaihepiirien havainnointi- ja jäljittämishjelman ja 2011 IARPA (Intelligence Advanced Research Projects Activity) käynnisti FUSE (Foresight and Understanding From Scientific Exposition) -hankkeen, jonka tarkoituksena on kehittää automatisoitu, jatkuva ja kokonaisvaltainen nousevien alojen arviointijärjestelmä työkaluineen. FUSEn toiminta-ajatus perustuu tieteellisten julkaisujen sekä teknisen ja patenttiedon analysointiin ja yhdistämiseen. OECD:ssä on pyritty kehittämään vastaavanlaisia indikaattoreita tieteen ja teknologian ennakoimiseen (ks. kuva 3 alla).

### 58. The innovation-science link by technology area, 2001-11

Share of scientific fields in non-patent literature cited in patents



Source: OECD and Japan Science and Technology Agency (JST), based on Thomson Reuters Web of Science, Derwent World Patents Index and Derwent Patents Citation Index data, June 2013. See chapter notes.

Kuva 3. Jos se on oleellista, patentoi se – jos se on patentoitu, se on oleellista. Tieteen kehitystä kuvaavia indikaattoreita, jotka linkittävät yhteen erilaisia muuttujia, kehitellään jatkuvasti. Kuvassa eri tieteenalojen julkaisut ja viittaukset patenttikategorioittain (OECD, Science and Technology Outlook 2013).

Pyrkimys ennakoida tieteen kehitystä on itsessään kasvava ilmiö. Kysymystä voidaan tarkastella myös toiminnan arviointia ja toimenpiteiden muotoilua ja suunnittelua palvelevana tiedonhankintana. Viimeaikaisinta on se, että teknologian ja metodologian (esim. webo- ja almetriikka<sup>2</sup>) nopea kehitys ja digitaalisiksi muuttuvat aineistot, myös jatkuvasti lisääntyvä järjestelemätön datamassa (big data) asti, mahdollistavat automatisoidun, kattavamman ja nopeamman tiedon seurannan ja käsittelyn.

Erityisen suotuisa asema tällä hetkellä tiedemaailman ja tutkimusyhteisöjen liikkeiden seuraamiselle on julkaisutietokantoja ylläpitävillä tahoilla. Esimerkiksi Thomson Reuters (Web of Science) kehittää ja tuottaa erilaisia tietopalveluja liittyen tieteen ja tutkimuksen kehityksen ennakoimiseen. Aineistojen portinvartioiden etuna on se, että heidän ei tarvitse kysyä tai odottaa taaksepäin katsovia indikaattoreita vaan heillä on myös pääsy tiedeyhteisön aitoihin aikomuksiin. Halutessaan aineistoja ylläpitävät tahot pystyvät seuraamaan reaaliajassa ja suoraan esimerkiksi mitä tietoa haetaan, ketkä tietoa hakevat, millaista kiinnostusta tutkimus herättää ja millaisen vastaanoton se saa. Asian toinen puoli on se, että tällä hetkellä tiedejulkaisijat tekevät valtavia voittoja. Esimerkiksi Elsevier teki lähes miljardin voittoa vuonna 2010.

<sup>2</sup> Almetriikan avulla yritetään löytää vastauksia siihen, mitä tieteessä tapahtuu juuri nyt. Mistä keskustellaan? Mikä kiinnostaa toisia tutkijoita, mikä kansalaisia? Almetriikassa keskeistä on verkossa käytävä keskustelu, sosiaalinen media, linkit tutkimustietoon, tutkimusverkostojen yhteydet ja niiden aktiviteetti. Suomessa almetriikkaa käytetään rajatusti esimerkiksi Helsingin yliopiston kirjaston Terkko-tietojärjestelmässä, jossa sitä hyödynnetään erityisesti suomalaisen lääketieteen tutkimuksen ja tutkimusyhteisön jäsentämiseen.

Raha ei ole kaikki kaikessa, mutta kun toiset haluavat ansaita ja toiset säästää niin yksi muutoksen motiivi tiedejulkaisemisen tapoihin on selkeästi olemassa.

Tulevaisuuden ennakointiin edellä mainitut tiedonhallinta, -mittaus ja analyysimenetelmät tuovan uuden ulottuvuuden – ei vain siksi ne tuottavat uutta tietoa vaan myös siksi että tätä tietoa todennäköisesti käytetään tulevaisuuden tekemiseen ja tekemisen ohjaamiseen. Samalla kasvaa tiedeyhteisön toimijoiden tarve viestittää ja tiedottaa tekemisistään enemmän ja uusilla tavoilla. Tästä esimerkkinä ovat vaikkapa lyhyet videot, joissa artikkelin kirjoittajat kertovat artikkelistaan ja joita on alkanut ilmestyä tiedejulkaisukanaville. On hyvin todennäköistä, että tutkimustyön saamaa sosiaalista vaikuttavuutta eli vastaanottoa<sup>3</sup> seurataan tulevaisuudessa laajemmin ja nopeammin, jolloin siihen pyritään myös mahdollisesti aktiivisesti vaikuttamaan nopeammin ja laajemmin. Rahoituksen saaminen edellyttää tuloksien lisäksi näkyvyyttä. Tällä hetkellä tutkitaan esimerkiksi millaiset artikkelit saavat viittauksia ja mihin osiin viittaukset kohdistuvat. Onko tekijöillä kuten rakenne, kappaleiden lukumäärä, otsikko, abstrakti, avainsanat, kirjoittajien nimet jne. merkitystä? Tutkimusten tuloksia varmasti tulevaisuudessa myös opetetaan tutkijoille, ainakin jos viittaukset ovat tieteellisen merkittävyyden arvioinnin mitta ja edelleen tutkimusrahoituksen saamisen peruste. Nyt tiedetään se, että kaikilla edellä mainituilla tekijöillä on merkitystä. Artikkeleissa viittaus kohdistuu todennäköisemmin sen alkuosaan ja joihinkin artikkeleihin viitataan vain retorisesti eli koska niihin kuuluu viitata tietyn tieteellisen diskurssin sisällä (Hu 2013).

---

<sup>3</sup> Artikkelien saamat viittaukset kuvaavat enemmän niiden saamaa vastaanottoa kuin vaikuttavuutta. Esimerkiksi Jufo-järjestelmän tasoluokittelulla ja viittauksilla ei yksittäisten artikkelien kohdalla ole havaittu olevan korrelaatiota ts. korkeampi tasoluokitus ei ennusta korkeampaa viittausmäärää (Auranen 2013).

## 4. ENNAKOINTIKYKY KYKYNÄ HAVAINNOIDA YMPÄRISTÖÄ SEKÄ KYKYNÄ VAIKUTTA SIIHEN

Tulevaisuuden arvuuttelijan rooli ei ole tieteentekijälle välttämättä se luontaisin tai edes mieluisin tehtävä, asiantuntijuuden ydin kun voidaan mieltää olevan vallitsevien tosiasioiden kuvaamisessa ja todennäköisyyksien arvioinnissa, ei ennustamisessa. Tämä siitä huolimatta, että tieteellisen instrumentalismin äärimuoto eli (looginen) positivismi ehdottaa, että muut kuin havaintoja ennustavat ja kuvaavat väitteet ovat turhia ja merkityksettömiä. Vaikka kyseinen oppi on tietysti merkityksetön omien kriteeriensä perusteella (Deutsch 1997), niin eikö juuri tieteeltä voisi odottaa kykyä ennustaa tulevaisuutta, edes omaansa eli tiedettä ilmiönä?

Jos oletetaan, että tieteen kehityksen ennakoinnissa voitaisiin keskittyä ainoastaan sen omaehtoiseen kehitykseen, nousisi keskeiseksi kysymykseksi kyky nähdä etukäteen seuraava tieteellinen löydös. Mutta jos voisimme nähdä tieteellisen löydöksen etukäteen, se voitaisiin myös löytää tänään eikä huomenna. Sen sijaan voimme ajatella, että tiedettä voidaan yrittää ennakoida esimerkiksi määräsuuntaisten yritysten pohjalta: Kun Paul Diracin teorian pohjalta syntyi 1920-luvulla oletus antiaineen mahdollisesta olemassaolosta siksi siitä tutkimus, joka todisti positronin olemassaolon vuonna 1932 (Räsänen 2014). Positronin löytymistä ei voitu ennustaa, teorian ehdottama todellisuushan olisi voinut olla väärä, mutta sen etsiminen oli ennakoitavissa. Askel kerrallaan etenevä tutkimus ei tiedä mihin se on menossa ja mitä se tulee matkalla löytämään. Yksi löydös herättää seuraavan kysymyksen, mutta perimmäisenä tavoitteena on kuitenkin parempi ymmärrys, ja jopa viisaus.

*”Tieteellinen tekniikka... Se on, toisin kuin uskonto, etiikan kannalta neutraalinen: se vakuuttaa ihmisille, että he voivat tehdä ihmeitä, mutta ei sano mitä ihmeitä heidän on tehtävä.” (Russell 1946)*

Räsänen ja Enqvist kirjoittavat *Tieteessä tapahtuu* numerossa 3/2014, että hiukkaskiihdyttimien tehtävä ei ole testata suhteellisuusteoriaa, vaan oikeampaa on todeta, että niiden toimivuus perustuu siihen, että suhteellisuusteoria pitää paikkansa. Minkä teorian paikkansapitävyyden todiste on se, mitä me ihmiset päätämme yksilöinä tai yhteisöinä tehdä huomenna?

Entä sitten, jos koko tutkimuksen kohteena oleva todellisuus on luonteeltaan toisenlainen kuin luonnon-todellisuus, siis olemiseltaan ja ominaisuuksiltaan sellainen joka ei ole olemassa välttämättä, riippumatta siitä mitä siitä ajattelemme ja jonka säännöt ovat ihmisen luomia, mutta joka kuitenkin ”potkii takaisin” ohjaten esimerkiksi käyttäytymistämme. Ovatko tällaiseen todellisuuteen liittyvät kysymykset, vaikkapa kysymys siitä ”joutuvatko kaikki helvettiin vai vaan osa”, tieteellisesti ajatellen mielekkäitä? Merkittäviä ovat ainakin sellaiset kysymykset, jotka vaikuttavat miljoonien ihmisten ajatteluun ja käyttäytymiseen ja siten myös tulevaisuuteen. Samoin vaikuttaa mahdollisesti tutkijoiden käyttäytymiseen se, että tieteen ajatellaan kulkeneen lahjataloudesta markkinatalouteen, kuten professori Erkki Karvonen kirjassa *Julkaise tai tuhoutu* kirjoitti. Lahjataloudessa ja markkinataloudessa selviäminen ja eläminen ylipäättensä ei välttämättä ole samanlaista – vertaisarvioijien lisäksi on vakuutettava yksityinen tai julkinen asiakas ja saattava kaupaksi kilpailijaa paremmin.

*”Kyllä oma arvio tutkimushankeen läpimenosta eli käsitys esim. rahoittajan odotuksista vaikuttaa siihen, millaisen muodon tutkimussuunnitelma ainakin hakuvaiheessa saa. Käsitys läpimenosta vaikuttaa ehkä jopa enemmän kuin tieteellinen relevanssi. Jos tutkimusrahoitusilmoituksessa on tiettyjä avainsanoja niin on varmaa, että ne samat avainsanat on myös hakemuksessa, on ne sitten olleet tai eivät omassa tutkimuksessa läsnä ennen ilmoitusta.” (Haastattelusitaatti)*

Faktojen tunteminen (myös tulkinnallisten faktojen) on tärkeä ennakkoinnin lähtökohta, mutta toisaalta voidaan kysyä mikä on todennäköisyys että meillä olisi käytössä kaikki merkittävät faktat tai edes hypoteesit tai teoriat (Patokorpi 2008). Lisäksi faktat eivät itsessään selitä mitään, vaan ne voidaan ymmärtää vain, jos ne selitetään. Tulevaisuus ei siis ole menneen maailman todisteissa vaan päättelyssämme ja kuten Bertrand Russell kuuluisassa antropomorfisessa kanakertomuksessaan<sup>4</sup> osoitti, samoista havainnoista voidaan johtaa erilaisia johtopäätöksiä ilman ristiriitaa. Havainnot eivät siis suoraan oikeuta ennusteisiin, vaan oikeutuksen prosessi nojaa selitykseen, jonka olemme omaksuneet ennusteidemme pohjaksi. Tiede etenee havaintoihin liitettyjen selitysten pohjalta ja usein teoriat hylätään ilman testausta juuri selitysten perusteella (Deutsch 1997).

Ennakkoinnissa keskeinen näkökulma tulevaisuuteen on siihen vaikuttaminen eli tulevaisuuden tekeminen. Tämä avaa ennakoijan tarkastelukulman toimijakeskeiseen perspektiiviin, jossa tulevaisuus ei ole ennalta annettu, vaan riippuu siitä mitä valitsemme ja päätämme tehdä. Tulevaisuuteen liitettyjen uskomusten kuten erilaisten poliittisten, taloudellisten, teknologisten, ekologisten, sosiaalisten tekijöiden ja vaihtoehtoisten mahdollisuuksien ja niiden ominaisuuksien kuten todennäköisyyksien tunteminen ei siis riitä, vaan tulevaisuuden ennakoimiseksi olisi tunnettava toimijoiden itsensä ominaisuudet.

Tulevaisuuden tekemisen näkökulmasta tiede ei ole omistajan roolissa ts. tiedosta ei välttämättä seuraa mitään ja todellisuus, jos sillä on todellista vaikutusta, on otettava huomioon joka tapauksessa. Tämän tulevaisuuden osattomuuden kiteytti omalla tavallaan professori Päiviö Tommila kirjoituksessaan *350 vuotta tieteen ja yhteiskunnan vuorovaikutusta*. Tommilan mukaan tiede ei voi ratkaista ongelmia. Se voi löytää kyllä keinoja ja tarjota aineksia ajattelulle, jopa suoranaisia teknisiä ratkaisuja, mutta asioihin vaikuttaminen vaatii vaikuttamista päätöksiin ja elintapoihin, poliitikkoihin ja muihin ihmisiin. Tommila lainaa kirjoituksessaan professori Raimo Lehteä, jonka mukaan tieteellistä tulosta arvioidaan ainakin kahdesta merkittävyysnäkökulmasta – kosmologisesta ja utilitarisesta. Ensimmäinen, kosmologinen merkittävyys, muodostuu tavoitteesta saada muut uskomaan selitykset maailmasta ja ihmisestä sen osana oikealla tavalla kun jälkimmäistä merkittävyyttä arvioidaan esimerkiksi poliittisista tai taloudellisista lähtökohdista (Tommila 1990). Kosmologisen näkökulman voidaan ajatella edustavan parhaimmillaan vilpittömää pyrkimystä totuuteen kun utilitarinen näkökulma on suhteessa siihen mikä nähdään arvokkaaksi ja valitaan tavoiteltavan arvoiseksi. Toivottavaa olisi, että nämä kaksi näkökulmaa keskustelisivat keskenään.

---

<sup>4</sup> Russellin kana havaitsi, että isäntä tuli ruokkimaan sitä joka päivä. Se ennusti, että isäntä jatkaa ruuan tuontia ja jokainen havainto vahvisti kanan olettamusta. Eräänä päivänä isäntä kuitenkin katkaisi kanalta kaulan. Russellin Kanalla oli teoria hyväntahtoisesta isännästä ja muutos, esimerkiksi ruoka-annoksen lisäys tämän teorian puitteissa, kertoi mahdollisesti isännän hyväntahtoisuuden lisääntyneen. Jos kana olisi vaihtanut selitystään ja oletanut, että isäntä haluaa lihottaa kanaa teuraskuntoon, olisi ennuste samoista havainnoista ollut täysin erilainen ts. kuvittelu ei ole sama asia kuin tapahtuminen.



## 5. TIETEEN KEHITYKSEN ENNAKOIMISEN MAHDOLLISUUS

Vuonna 1938 julkaistiin Robert Mertonin tutkielma *Science, Technology and Society in Seventeenth-Century England*. Tutkielmassa kiinnitettiin huomio tieteen kiinnostuksen kohteiden (foci of attention) yhteiskunnalliseen alkuperään. Yhteiskunnan kehitys ja siellä kulloinkin vallitsevat intressit – Mertonin tutkielmassa Englannin imperiumin laajeneminen merien taakse ja ulkomaankaupan merkityksen kasvu - näkyvät tieteellisissä sisällöissä. Tieteen kehityksen näkökulmasta kysymys ei ole pelkästään inhimillisten ja taloudellisten resurssien määrällisestä kohdentamisesta yhteiskunnallisesti määräytyviin oleellisiin kysymyksiin, mikä oli tietysti tieteen kehityksen kannalta myös tärkeää, vaan laajemmin siitä, että koko tieteen kognitiivinen sisältö ja intellektuaalinen substanssi määrittyivät lopulta sosiaalisesti (Cole 1995).

Tutkimuksen, ja erityisesti teknologian, kehityksen ennakkoinnille ja muutosten arvioinnille on tyypillistä huomion kiinnittäminen jo tapahtuneisiin asioihin ja ennalta määrättyihin alakohtaisuuksiin (Cozzens 2010). Alakohtaisuudella tarkoitetaan, että muutoksella on tietty ”lajisuus” ja ennalta asetettu vaikutuspiiri (muutoksen domain). Muutoksen laji voi olla esimerkiksi nanoteknologia ja siihen liittyvä tarkasteltu muutoskaraktääri esimerkiksi nanobioteknologia (Takeda 2009).

Nousevien tutkimusalueiden havainnoimiseen ja identifioimiseen tarvitaan periaatteessa tietoa kahdesta ominaisuudesta: uutuudesta ja kasvusta (Small 2014). Metodologisesti tarkastellen kaksi päälähestymistapaa muutosten ennakoimiseen ovat erilaiset asiantuntijamenetelmät, joissa käsitys tulevaisuudesta muodostetaan kysymällä oletetuilta asiantuntijoilta heidän näkemyksiään. Toinen vaihtoehto on tehdä havaintoja esimerkiksi tieteellisistä julkaisuaineistoista tai tutkimusohjelmien tematiikasta ja verrata eroja havaintojen välillä sekä johtaa näistä havainnoista esimerkiksi vallitsevia trendejä. Ensimmäisen metodologian heikkous on työläys ja jälkimmäisen retrospektiivi (Small 2014). Lisäksi William E. Halalin mukaan suurten asiantutkijajaneelien ja survey-tutkimukseen mieltyneiden yhteiskuntatieteilijöiden ongelmana on fysiikan täsmällisiin menetelmiin kohdistuvan kateuden ohella mieltymys suurten aineistojen tilastolliseen analyysiin (Kuusi 2013). Asiantuntijoiden yhteisymmärryksen sijaan olisi löydettävä radikaalimpaa ajattelua ja edelläkävijöitä, joiden ajatuksia ei ”tavallisten” asiantuntijoiden enemmistö välttämättä jaa (Kuusi 2013).

Kuten edellä todettiin, jälkimmäinen metodologia kehittyy tällä hetkellä nopeaa vauhtia tietotekniikan kehityksen ja aineistojen digitalisoitumisen myötä. Julkaisuaineistojen analyysiin perustuvan tutkimusten mukaan nouseville tutkimusaloille on tyypillistä kronologisesti etenevä ilmiö, jossa

1. tietyn aihepiirin artikkelien kirjoittajien määrä kasvaa ensin nopeasti
2. tämän jälkeen lisääntyvät viittaukset eri tieteenalojen artikkeleissa
3. viimeisessä vaiheessa avainsanojen määrä runsastuu merkittävästi (Gun 2011).

Julkaisujen klusterianalyyysien mukaan tyypillistä nouseville tutkimusaloille on, että tapahtuu jokin avainlöydös<sup>5</sup> joka yhdistää toisiinsa kaksi olemassa olevaa aihepiiriä toisiinsa (esim. geenit ja sairaudet) (Chen

---

<sup>5</sup> Pieni osuus tieteellisistä julkaisuista saa ison osan viittauksista. Paras 10 % suomalaisista artikkeleista saa 40 % suomalaisille julkaisuille annetuista viittauksista (Toivanen 2013). Science Map -raportin mukaan 22 analysoidun tieteenalan 1 % eniten siteeratun julkaisun perusteella on löydetty 647 erillistä tutkimusalaa, jolla kullakin on keskimäärin ollut 8 kärkiartikkeliä ja yhteensä noin 800 julkaistua artikkeliä (Kuusi 2013)

2006, 2009). Ratkaisevaa avainlöydöksen tapahtumisessa saattaa olla esimerkiksi toisen tieteenalan teorioiden ja tekniikkojen hyödyntäminen toisen tieteenalan ratkaisemattomien kysymysten selvittämiseen (Prabhakaran 2014). Erityisen merkittäviä ovat löydökset, jotka haastavat olemassa olevan teorian tai kokonaisen tieteellisen paradigman kyseenalaistamalla sen perusaksioomat.

*Science*-lehden toimitus valitsi vuoden 2013 merkittävämmäksi tieteelliseksi läpimurroksi ihmisen oman immunitettijärjestelmän hyödyntämisen syövä hoidossa. Syynä valintaan oli, että löydös muutti koko tutkimusparadigman ja määritteli tutkimuksen kohteen ja koko kysymystenasettelun uudella tavalla. Mielienkiintoista on myös se miten toisen tieteenalan edistys vaikuttaa ja parhaimmillaan haastaa toisen tieteenalan vallitsevat näkemykset ja teoriat. Esimerkkinä mainittakoon kvanttifysiikan löydösten vaikutukset vaikkapa filosofian pohdintoihin.

Tieteen kehityksen selittämisessä paradigma-ajattelulla on itsellään ollut merkittävä rooli. Ajatteluun liittyy lähtöoletus, jonka mukaan tutkija perustaa tutkimuksensa tietyille taustaolettamuksille, jotka ovat perustavanlaatuisella tavalla sidoksissa tutkimuksen tavoitteisiin, sen toteuttamiseen ja saataviin tuloksiin. Päät kääntyvät harvoin hitaasti ja tieteen edistyminen (mm. Kuhnin kumouksellisuus-ajattelussa<sup>6</sup>) tapahtuu juuri tietyn uskomusjärjestelmän kriisiytymisen ja kumoutumisen kautta. Tieteen ihanne ja tiedollinen hyve on avoimuus, mutta tiede ei sitä käytännössä ja tietynä hetkenä ole, vaan se on peruskäsitteiden, metodien ja ilmeisten totuuksien osalta suljettu järjestelmä (esim. rationaalinen päätöksentekijä, pääomalla voidaan korvata niukkenevaa tuotannontekijää rajatta, äärettömyys matemaattisena vs. todellisuuden ominaisuutena, valon nopeus universaalina nopeusrajoituksena, voiko ajassa matkustaa teoriasa jne.) Paradigman muuttumiseen eivät riitä havainnot, jotka tekevät paradigmaan uskomisen mahdolliseksi, vaan muutos on myös tapahtuma, jossa samoille perustavanlaatuisille taustaolettamuksille rakentuneen tutkijayhteisön sosiaalisten sidosten on purkaannuttava. On oltava riittävästi todisteita, sen herättämää tuoretta epäilyä, rohkeutta ajatella tosin ja luopua vanhasta oikeaoppisuudesta uuden, aiemmin mahdollisesti liian perinpohjaisia muutoksia vaativan, teorian eduksi. M.J. Mulkey kirjoitti, Kuhnin ajatusten innoittamana, vuonna 1975 artikkelin *Three Models of Scientific Development*, jossa hän esitti ajatuksen, jonka mukaan tiede ei edisty siksi, että tieteen tekijät olisivat mainioita ongelmanratkaisijoita tai avaramielisiä ajattelijoita vaan oikeastaan päinvastoin. Tieteentekijöiden kapeakatseisuus, avosylittömyys uusien kumouksellisten ajatusten edessä, ehkä jopa esikuvallisiksi juurtuneiden perusaksioomien ylläpitämä ”ideologinen immunitettijärjestelmä”, luo vallitsevia tiloja ja asenteellista hitautta ja auttaa näin testaamaan vaihtelevien väitteiden laatua riittävästi. Tieteen ydinpätevyys edistyksen suhteen on, että se ei ole pysyvästi suljettu järjestelmä.

*”On eri asia tutkia ja löytää kuin löytää ja tutkia. Suurin osa meistä tutkijoista vain tutkii (kuten minä), tutkivat jotain mitä keksivät tutkia ja löytävät mahdollisesti jotain. Ajattelen, että ero tutkijan ja ”tiedemiehen” välillä on siinä, että tiedemies kykenee luomaan mielessään mahdollisen löydöksen ennen tutkimusta ja tutkimus on keino todistaa tai testata luotu hypoteesi. Tällaista tieteellistä kyvykkyyttä – tai rohkeutta – on kyllä suhteellisen harvassa.” (Haastattelusitaatti)*

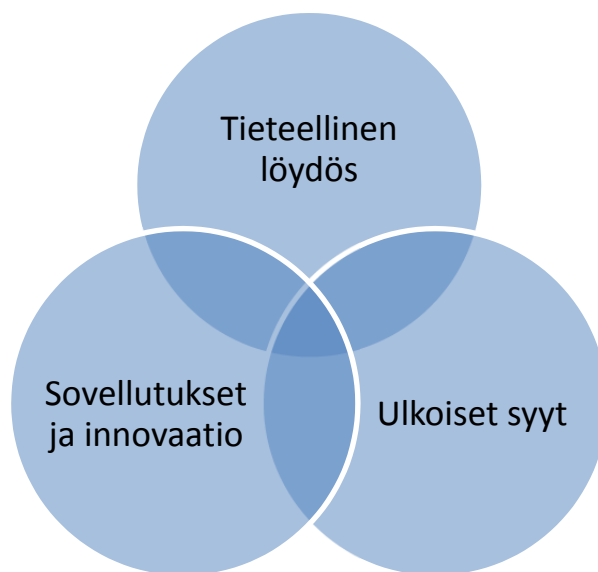
---

<sup>6</sup> Kuhn edusti itse sosiaalitieteitä.

## Tieteen kehityksen ennakoiminen

Tulevaisuudentutkimuksen tai ennakkoinnin yksi lähtökohta on löytää viitekehys, jossa voidaan muodostaa mielekkäitä kysymyksiä. Tulevaisuuden mahdollisuuksia ja mahdollisia muutoksia voidaan tarkastella esimerkiksi hyväksynnän viitekehyksessä, jossa yhdistetään tiede ja teknologia-, markkina- ja yhteiskuntanäkökulmat seuraavilla kysymyksillä: i) mikä on mahdollista tai mikä on kuviteltavissa olevaa, ii) mikä on kannattavaa tai haluttavaa tai mikä on toteutettavissa olevaa, iii) mikä on hyväksyttävää tai laillistaja ja mitkä ovat todelliset vaihtoehdot (Ahvenainen 2014). Jos tulevaisuutta yritetään ennakoida esimerkiksi edellä kuvatulla on hyväksyntämallilla, on syytä muistaa, että näkökulmien aikajänteet ovat erilaiset: kärkeästä markkinoiden kvartaali on lyhyempi kuin yhteiskunnan vaalikausi, joka on puolestaan lyhyempi kuin teknologian matka keksinnöstä tai tieteellisestä löydöksestä innovaatioksi ja vaikkapa sitä seuraavaksi sosio-tekniiseksi muutokseksi.

Tieteelle voidaan myös löytää sen kehitystä kuvaavia malleja, jotka muodostavat viitekehysten ennakkoinnin näkökulmasta mielekkäiden kysymysten esittämiselle. Henry Small kollegoineen analysoivat 17 miljoonaa *Scopus*-tietokannan tieteellistä artikkelia kehittäessään metodologiaa nousevien tutkimusalojen identifiomiselle. He havaitsivat, että tutkimusaiheiden nousuun liittyy jokin käynnistävä avaintapahtuma sekä sitä eteenpäin vievä motiivi tai ajuri. Nämä voidaan jakaa kolmeen pääkategoriaan, jotka ovat tieteellinen löydös, innovaatio teknologiassa tai ulkoiset syyt (Small 2014).



Kuva 4. Malli tieteen kehityksen kategorisista ajureista.

Tieteellinen löydös on uusi tai odottamaton tiedollinen edistysaskel tai perustavanlaatuinen tietämyksen vahvistuminen. Tällainen oli esimerkiksi superjohtavuuden löytyminen sellaisissa materiaaliluokissa (rautapohjaiset), joiden ei ollut ennen ajateltu olevan sopivia superjohtavuudelle. Grafeenin löytyminen itsenäisenä rakenteena vuonna 2004 on esimerkki vastaavanlaisesta mielenkiintoa suuntaavasta ja tutkimusta generoivasta avainlöydöksestä.

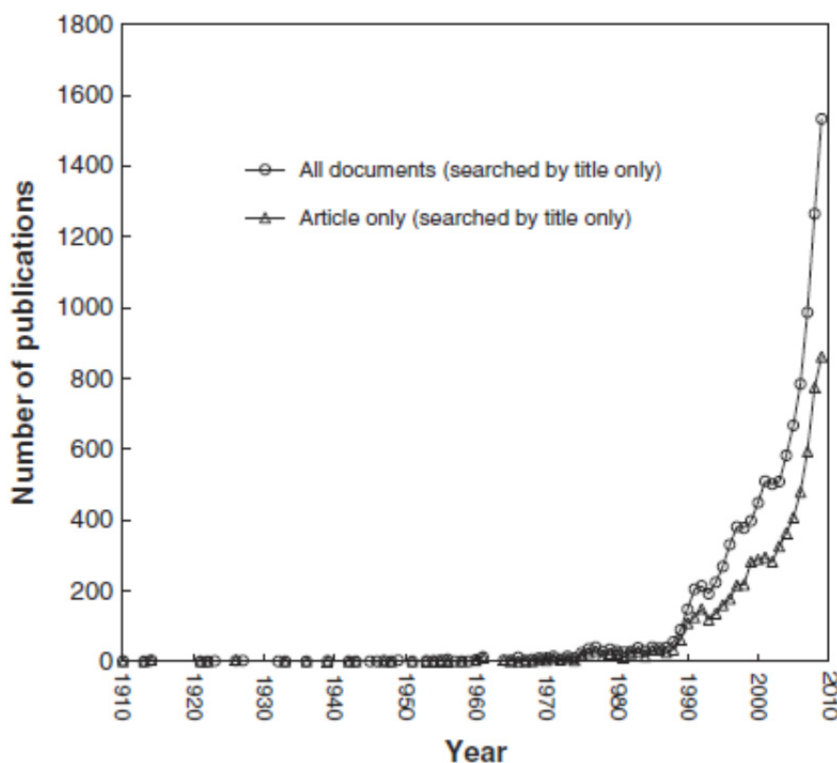
Innovaatiokategoria viittaa tutkimukseen, jossa olemassa olevaa tieteellistä tietoa tai teknologiaa hyödynnetään tiettyä tarkoitusta palvelevien uusien laitteiden tai suorituskyvyn parantamiseen. Esimerkki tästä on langattomien sensoriverkostojen kehitykseen tähtäävä tutkimus, joka palvelee edelleen esimerkiksi tarpeita kuten ympäristön monitorointia, objektien jäljittämistä, etsintää ja pelastustoimintaa, jne.

Ulkopuoliset syyt liittyvät tieteen ulkopuolisiin tapahtumiin kuten onnettomuudet, ympäristökatastrofit ja luonnonmullistukset, julkisen vallan ohjelmat sekä erilaiset sosiaaliset tai kaupalliset intressit ja vaikutukset. Viimeaikaisia esimerkkejä tästä kategoriasta ovat lintuinfluenssa ja maanjäristyksen aiheuttama Japanin ydinvoimalaonnettomuus.

Tutkimuksen taustalla vaikuttavat syyt ja motiivit liittyvät usein toisiinsa niin että ulkopuoliset syyt ja tieteelliset löydökset kytkeytyvät toisiinsa samoin kun tieteelliset löydökset ja innovaatiot. Smallin ja kumppaneiden analyysissä 71 nousevan tutkimusaihepiirin joukosta 62 % liittyi tieteellisiin löydöksiin, 38 % innovaatioihin ja 56 % ulkoisiin syihin (Small 2014).

## Esimerkitapaus ilmastonmuutoksen kehityksestä tutkimuskohteena

Ilmastonmuutos on ollut viimeisten vuosikymmenien aikana yksi isoimmista teemoista ja tutkimuskohteista, joka ilmiönä ja pulmana on innoittanut niin tutkimusyhteisöjä kuin tutkimusta rahoittavia tahoja. Ilmastonmuutos on esimerkillinen tapaus myös ennakkoinnin näkökulmasta, koska se kuvaa hyvin tieteellisen tutkimuksen etenemisestä yksittäisistä tieteenalakohtaisista löydöksistä monitieteiseksi ja tieteidenväliseksi tutkimuskohteeksi. Ilmastonmuutos on iso ja ilkeä ongelma, jonka ratkaisemisessa ei ole kysymys todesta tai epätodesta vaan hyvästä tai huonosta. Ilmastonmuutostutkimus on myös malliesimerkki tieteen ulkopuolisten tekijöiden kuten uhkien tai mahdollisuuksien suuntaaman poliittisen ja taloudellisen huomion vaikutuksista tieteeseen. Seuraavaksi tarkastellaan lyhyesti ja yksinkertaistaen ilmastonmuutoksen nousemista oleelliseksi tutkimukseksi.



Kuva 5. Historiallinen kehitys julkaisumääristä aikavälillä 1900–2009, joiden englanninkielisessä otsikossa esiintyy (englanninkielinen) sana ilmastonmuutos, ilmastonmuutokset, ilmastollinen muutos tai ilmastolliset muutokset (SCI-Expanded, Li ym. 2011).

## **Taustalla löydöksiä ja hypoteeseja ilmastonmuutoksen mahdollisuudesta**

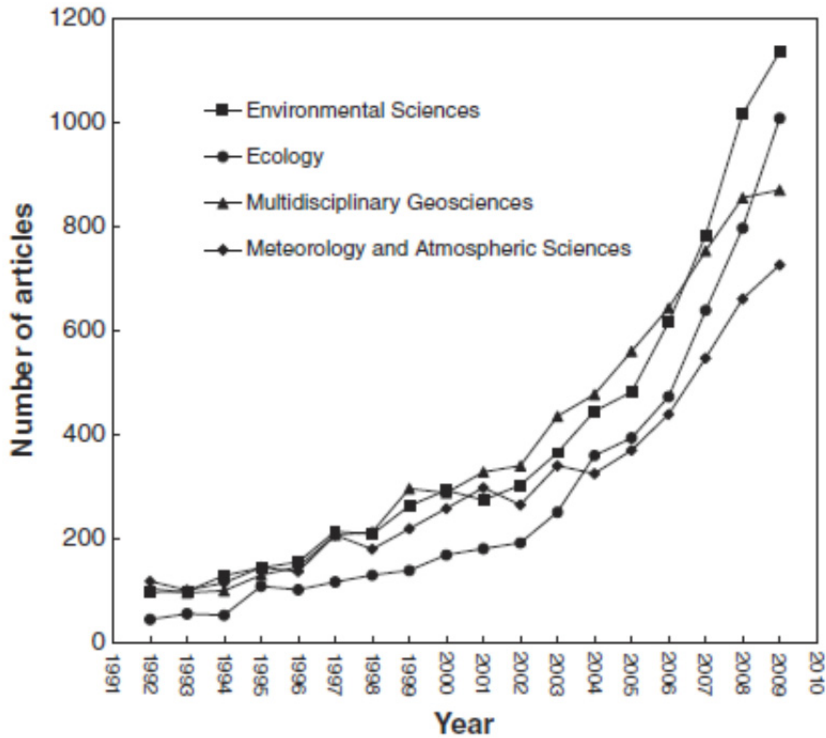
Ensimmäinen ilmastonmuutostutkimuksen taustalla vaikuttava tieteellinen hypoteesi on Svante Arrheniuksen ja Arvid Högbomin 1800-luvun loppupuolella esittämä ajatus, jonka mukaan ilmakehän kaasujen pitoisuudet vaikuttavat ilmakehän lämpötilaan luoden ns. kasvihuonevaikutuksen. Tietävästi yksi ilmastonmuutoksen mahdollisuutta käsittelevistä ensimmäisistä tieteellisistä artikkeleista julkaistiin vuonna 1907. Vuonna 1910 *Nature* -lehdessä ilmestyi Lockyerin artikkeli otsikolla *Does the Indian climate change?*. Tiedeyhteisön piirissä alkaa 1900-luvun edetessä heräillä kasvava kiinnostus ilmastoon liittyviin ilmiöihin ja näiden ilmiöiden mahdollista haittavaikutuksista yhteiskuntaan.

## **Tieteellisistä tuloksista ja hypoteeseista tulee yhteiskunnallisia uhkia**

Yhtenä ilmastonmuutoksen merkkipaaluna voitaneen pitää C. D. Keelingin ilmakehän hiilidioksidipitoisuudessa tapahtuneita muutoksia käsittelevää tutkimusta (Heimann, 2005). Aluksi Yhdysvaltojen kansallinen tiedesäätiö ei pidä Keelingin löydöksiä merkittävänä, mutta käyttää tutkimusta kuitenkin varoittaessaan kasvihuoneilmiön mahdollisuudesta vuonna 1963. Vuonna 1965 presidentti Johnsonin tieteellinen neuvontakomitea päätyy myös varoittamaan kasvihuoneilmiön mahdollisista vaaroista. Hallitustenvälinen ilmastonmuutospaneeli (IPCC) perustetaan vuonna 1988 ja vuonna 1992 YK:n ilmastonmuutoskonventiossa kansainvälinen yhteisö päättää vastata ilmastonmuutoshasteeseen (Kelly 1997). Ilmastonmuutoksesta on tullut viime vuosikymmenen tärkein poliittinen, tieteellinen, taloudellinen ja ympäristöllinen pulmakysymys (Walther 2002, Watson 2003). Huomioitavaa on, että tutkimusaktiiviteetissa ei julkaisuintensiteetillä mitattuna tapahdu merkittävä kasvua ennen 90-lukua (ks. kuva 6.)

## **Mahdollisuudet ja erityisesti uhat lisäävät tutkimusta**

Maapallon lämpeneminen, kasvihuonekaasupäästöt ja hiilidioksidipäästöjen hillitseminen nousee merkittävyysasteikolla kärkisijoille poliittisella agendalla. Aihepiiriä käsittelevien tieteellisten artikkeleiden määrä alkaa 1990-luvulla kasvaa voimakkaasti ja ilmiö leviää monitieteiseksi tutkimuskohteeksi. Enää tutkimuksen kohteena ei ole pelkkä ilmastonmuutosilmiö vaan sen mahdolliset vaikutukset laajalti yhteiskuntaan ja talouteen. Vuoden 2002 ekologinen ilmastonmuutostutkimus kasvaa huomattavasti, jota voidaan pitää merkinä ekologisten vaikutusten tutkimuksen lisääntymisestä (Walther ym. 2002). Aikavälillä 1992–2009 ilmastonmuutosjulkaisuja ilmestyy ainakin 154 aihekategoriassa 2023 jornaalissa (Li ym. 2010).



Kuva 6. Neljän tärkeimmän ilmastonmuutostutkimuksen tieteenalan julkaisuintensiteetin kehitys 1992–2009 (Li ym. 2010).

Julkaisuilla mitattuna Yhdysvalloissa tutkimus lisääntyi vuoden 2001 jälkeen kun Bushin hallinto vetäytyi Kioton pöytäkirjan voimaansaattamisesta samaan aikaan kun IPCC:n kolmas arviointiraportti ilmestyi. Kiinassa ilmastonmuutostutkimus kasvaa huomattavasti kun valtio investoi 2,5 mrd renminbiä ilmastonmuutostutkimukseen 2001–2005 ja 7 mrd. lisää 2006–2010. Kiinan ilmastonmuutostutkimus tapahtuu paljolti päästöjen vähennykseen ja energiansäästöön tähtäävien teknologiaohjelmien osana. Vuonna 2009 Tanskan ilmastokokouksessa Kiina asettaa hiilidioksidipäästöjen vähennystavoitteeksi 40–45 % BKT-yksikköä kohden.

Entä sitten ilmastonmuutoksen tutkimuksen kaupallinen motivaatio? Ilmastonmuutoksen hoitamisen hintalapuksi eli kehityksen vieminen vallitsevasta kehityksestä kestäväälle polulle, on arvioitu seuraavan 40 vuoden aikana 1000–2000 biljoonaa dollaria (Valencia 2013).

## 6. ISOJA TEEMOJA JA KUUMIA AIHEPIIREJÄ

### Tutkimuksen teemoittaminen

*”Tutkimus- ja kehityspanosten kohdennus ratkaisevan tärkeää, määrä myös turvattava (Teknologiabarometri 2014).”*

Tutkimuksen teemoittaminen eli sen aihepiirien määrittely ja yhdistäminen on lisääntynyt viimeisten vuosikymmenten aikana. Seuraavassa on esimerkinomaisesti nostettu kaksi suomalaista teemastoa, joista ensimmäinen käsittelee ennakoivaa tärkeiden tutkimusalojen hahmottamista ja toinen tutkimusrahoituksen ohjausta. Tutkimusteemat ovat mielenkiintoisia kahdesta syystä. Teemojen voidaan mieltää olevan julkilausumia siitä mikä on vallitseva lausunnon esittäjän ymmärrys oleellisesta tutkimuksesta ja toisaalta mikä on valittu aihepiiriltään tärkeäksi tutkimukseksi. Suomen Akatemia painottaa, että tutkimuksen teemoittamisesta huolimatta toimintaperiaatteena on, että tutkijat määrittävät itse tutkimusongelmansa ja käytettävät metodit.

Suomessa samaan aikaan asiantuntijapaneelina toteutetussa laajassa Finnsight 2015 -ennakointihankkeessa tulevaisuuden keskeisiksi tutkimusalueiksi valittiin i) oppiminen ja oppimalla uudistuva yhteiskunta, ii) palvelut ja palveluinnovaatiot, iii) hyvinvointi ja terveys, iv) ympäristö ja energia, v) infrastruktuuri ja turvallisuus, vi) bio-osaaminen ja yhteiskunta, vii) tieto ja viestintä, viii) ymmärtäminen ja inhimillinen vuorovaikutus, ix) materiaalit, x) globaali talous.

Viimeisin päivitys tutkimuksen teemoittamiseen on Euroopan tiededirektoraaatin laatiman ”Grand Challenge” -ajattelun ja ”Euroopan uuden renessanssin” viitoittama Suomen Akatemian suurien haasteiden ympärille koottu linjaus, jossa keskeisiksi tutkimuskohteiksi on nostettu i) pohjoinen ilmasto ja ympäristö, ii) kestävä energia, iii) kulttuurien vuoropuhelu, iv) terve arki kaikille, v) oppiminen ja osaaminen mediayhteiskunnassa ja vi) väestön ja yksilön ikääntyminen.

### Kuumat aihepiirit

Yksittäisistä kuumana käyvistä tutkimusaihepiireistä on myös paljon selvityksiä. Julkaisutietoihin perustuvan analyysin pohjalta muun muassa Thomson Reuters on listannut 100 nousevaa tutkimusaihepiiriä raportissa Research Fronts 2013. Seuraavassa taulukossa on näyte 30 nousevasta tutkimusaihepiiristä kyseisestä raportista.

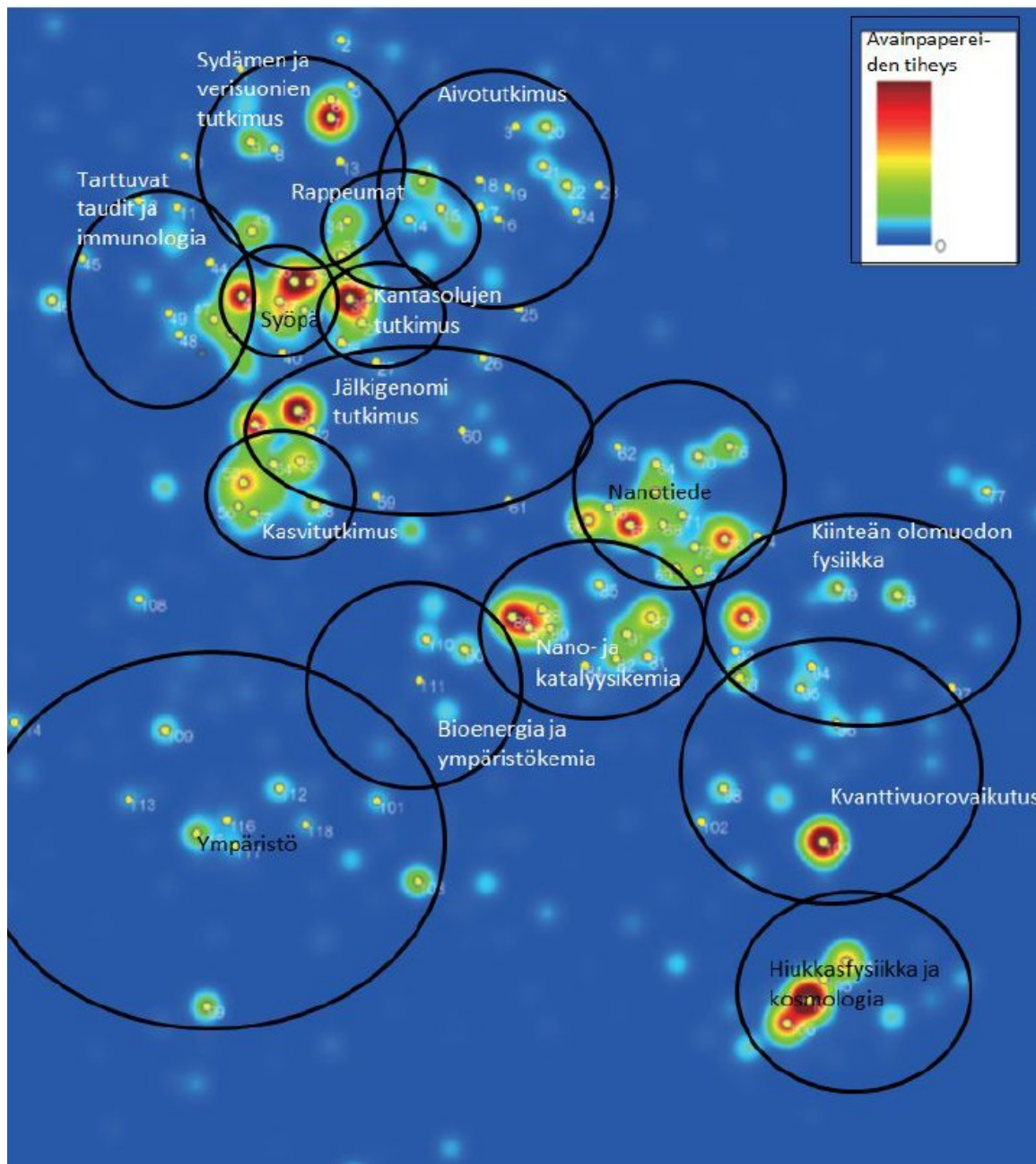
Taulukko 2. 30 nousevaa tutkimusaihepiiriä (King ym. 2013).

Agricultural, Plant and Animal Sciences	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Impact of climate change on food crops</li> <li>2. Honey bee colony collapse disorder and <i>Nasema ceronae</i></li> <li>3. Jasmonate biosynthesis and signaling</li> </ol>
Ecology and Environmental Sciences	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ocean acidification and marine ecosystems</li> <li>2. Biodiversity and functional ecosystems</li> <li>3. Pharmaceutical residues in environmental water and wastewater</li> </ol>
Geosciences	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Analysis of the formation of tectonic plates in the southern central Asian orogenic belt</li> <li>2. Global terrestrial isoprene emissions and climate</li> <li>3. U-Pb zircon ages and geochronology of southern Tibet</li> </ol>
Clinical Medicine	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Transcatheter aortic valve implantation</li> <li>2. Atypical hemolytic uremic syndrome and complement</li> <li>3. Acquired BRAF inhibitor resistance in metastatic melanoma</li> </ol>
Biological Sciences	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Genetic analysis of DNA methylation and missing heritability</li> <li>2. Toxicity of amyloid beta (A<math>\beta</math>) oligomers in Alzheimer's disease</li> <li>3. Differentiation and function of follicular helper CD4 T cells (TFH)</li> </ol>
Chemistry and Materials Science	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Enhanced visible-light photocatalytic hydrogen production</li> <li>2. Ruthenium- or rhodium-catalyzed oxidative C-H bond activation</li> <li>3. Aggregation-induced emission characteristics and compounds</li> </ol>
Physics	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Alkali-doped iron selenide superconductors</li> <li>2. Spin-orbit coupled Bose-Einstein condensates</li> <li>3. Dark matter direct detection experiments</li> </ol>
Astronomy and Astrophysics	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Galileon cosmology addressing the continuous expansion of the universe</li> <li>2. Probing extreme redshift galaxies in the Hubble Ultra Deep Field</li> <li>3. Sterile neutrinos at the eV scale</li> </ol>
Mathematics, Computer Science, and Engineering	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. High-energy rechargeable lithium-air batteries</li> <li>2. Boundary value problems of nonlinear fractional differential equations</li> <li>3. Chemical kinetic reaction mechanism for combustion of biodiesel fuels</li> </ol>
Economics, Psychology and other Social Sciences	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Urban policy mobilities and global governance issues</li> <li>2. Entrepreneurism and performance of family firms</li> <li>3. Training and plasticity of working memory</li> </ol>

Vastaavanlaiseen julkaisuaineistoon perustuvan klusterianalyysin perusteella Small on kollegoineen identifioinut 71 nousevaa tutkimusaihepiiriä (Small 2014). Smallin tutkimuksen mukaan nousevat tutkimuskohteet voidaan jakaa kolmeen tieteenalaluokkaan, jotka ovat lääke- ja biotieteet (29 aihepiiriä), tietojenkäsittely- ja insinöörیتieteet (24 aihepiiriä) sekä fysiikka ja kemia (18 aihepiiriä).

Toinen esimerkki kuumien tutkimusaihepiirien identifioimisesta on esitetty seuraavassa kuvassa, jossa on esitetty tulkinta tieteellisen tutkimuksen kartasta.





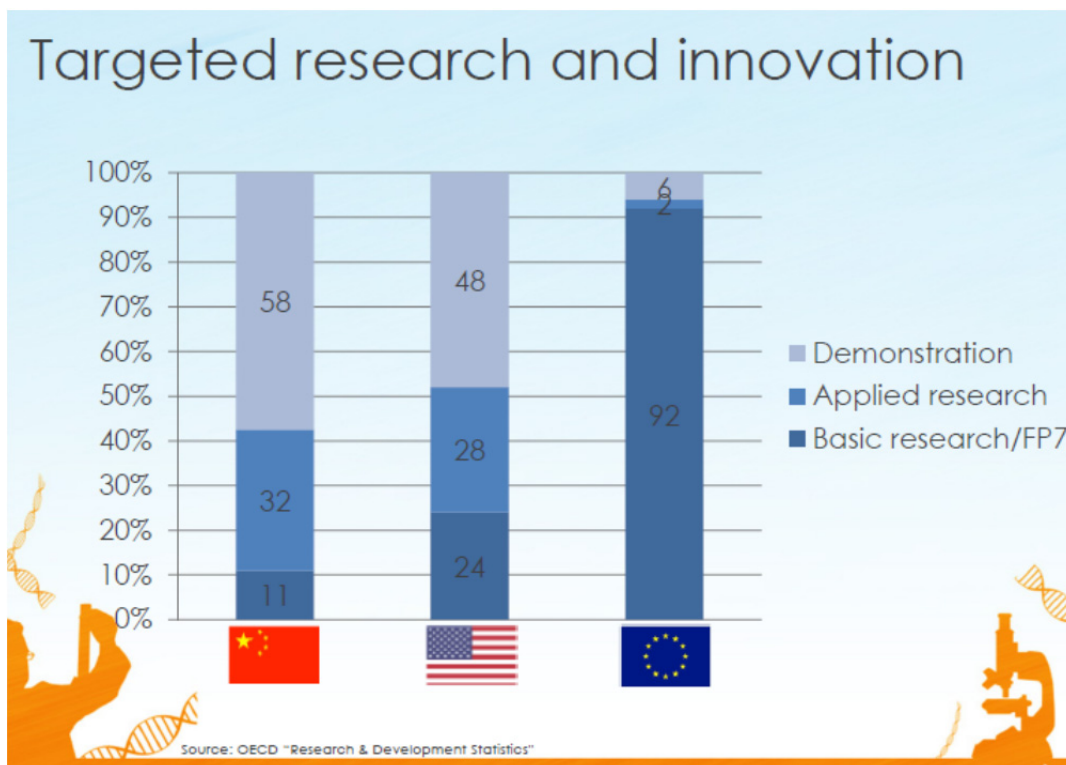
Kuva 7. Tieteellisen tutkimuksen kartta (Kuusi ym. 2013).

Huomionarvoista on, että yhteiskuntatieteiden ja humanististen tieteiden edustus on usein vähäinen. Tämä ei ole varmasti tietoista kyseisten alojen väheksymistä. Syynä on ennemminkin se, että kyseiset tieteenalat ovat puutteellisesti edustettuina analyyseissä käytettävissä aineistoissa. On myös mahdollista, että usein aihepiirien klusteroimiseen perustuva metodologia suosii tietynlaista tutkimusaihepiirin valintaa. Toinen huomioitava seikka on se, että bibliometriset menetelmät seuraavat "eilisen säätä" ja että mitattu kuumuus voi havaintohetkellä olla jo viilennyt. Tulevaisuuden näkökulmasta kyseisiä analyysejä voi pitää kuitenkin eräänlaisena heikkona signaalina siitä mikä on metodologisesti ja teknologisesti jo mahdollista, jos aineistot vain ovat käytettävissä muodossa. Kun erilaiset aineistot ovat laskennallisesti hyödynnettävissä muodossa, avoimia ja tieteellisen ulkopuolisen yleisön reaktioita voidaan seurata esim. altmetriikan keinoin, on mahdollista, että tieteen ja tutkimuksen tilannekuvaa voidaan päivittää, kehitystä seurata ja ennustaa entistä laajemmin ja yksityiskohtaisemmin sekä automaattisesti. Jos niin halutaan.

## 7. KÄYTÄNNÖN KYSYMYSTEN NOUSU PERIMMÄISIKSI

Tieteen sisältöjen sosiaaliseen määräytyvyyteen liittyen eräs hallitseva teema on viime aikoina kohdistunut tieteen rooliin isojen yhteiskunnallisten haasteiden ratkaisuisissa. Tällaisiksi inhimillistä toimintaa tulevaisuudessa suuntaaviksi isoiksi kysymyksiksi on nimetty esimerkiksi kestävä kehitys, luonnonvarojen käyttö, puhdas vesi, ilmastonmuutos, kaupungistuminen, väestönkasvu ja vanheneminen, turvallisuus ja ravinnon tuotantoon liittyvät haasteet (Hautamäki 2012, Wilenius 2013).

Miksi ilkeät ongelmat puhuttavat juuri nyt? Kysymykseen ei varmasti ole yksiselitteistä vastausta, mutta EU:n viimeaikaiset *Grand Challenges* -tutkimuspoliittiset linjaukset, tosin 30 vuotta USA:n jäljessä, ovat varmasti vaikuttaneet asiaan. Tämän maailmanlaajuisten haasteiden viitekehyksen ajatellaan ohjaavan EU:n tutkimustoiminnan organisoitumista ja resursseja lähitulevaisuudessa (Tirronen 2014). Taustalla on huoli EU:n kilpailukyvyn heikentymisestä, koska innovaatioita ja työtä ei synny riittävästi eikä riittävän nopeasti. Tiede ja yliopistot nähdään keskeisenä keinona edellä mainittujen perusongelmien ratkaisemisessa. EU:n perusongelma on tutkimuksen ja soveltamisen välinen aukko eli yksinkertaistettuna euroopalainen rahoitetaan Euroopassa ja rahastetaan muualla.



Kuva 8. Perustutkimuksen, soveltavan tutkimuksen ja demonstraatioiden suhteelliset osuudet bioalan tutkimuksessa (Dupont-Inglis, 2014).

Esimerkiksi biotieteissä ilmiön on ajateltu johtuvan näytön ja käytön (demonstration & deployment) puutteesta tutkimusjärjestelmässä ts. tutkimus- ja kehitystyötä ei viedä käytännön ja käytön kontekstiin. Tosiasia on, että tutkimus ei muutu rahaksi on tietysti itsessään ilkeä ongelma, ei vain yhteiskunnan nä-

kökulmasta, mutta myös siksi että akateeminen tutkimus ei ole ilmaista vapaaehtoistyötä vaan sen resurssit tulevat pääosin yhteiskunnalta.

Toinen näkökulma ilkeiden ongelmien nousemiseen tutkimuksen keskiöön liittyy yleismaailmalliseen kehitykseen ja huoleen sen suunnasta, mutta myös siihen, että tiede ei ole pystynyt ratkaisemaan luontoa ja ihmistä rasittavaa yhteiskuntakehitystä, vaan käynnissä on edelleen kolmenkertainen velkaantuminen – sosiaalinen, taloudellinen ja erityisesti ekologinen. Useat asiat ovat varmasti menneet parempaan suuntaan juuri tieteen ansiosta (esimerkkejä löytyy jokaisen väitteen tueksi), mutta erityisesti pitkän aikavälin kestävyuden näkökulmasta tieteen saavutukset ovat jopa osin mahdollistaneet vallitsevan kestävämmän kehityksen, jolloin voidaan rehellisesti kysyä toimiiko se lopulta yhteis- ja ihmiskunnan parhaaksi parhaalla mahdollisella tavalla, niin kuin oletetaan ja annetaan ymmärtää.

Seuraavassa on esimerkinomaisesti nostettu esiin joitakin isoja kehitystrendejä, joiden voidaan tulevaisuuskuvina katsoa ruokkivan mahdollisesti myös tieteellistä kysymystenasettelua tulevaisuudessa (Ahvenainen 2014, *Osaaminen tuotantotyössä 2020 -hankeen* tulevaisuuskuvien taustamateriaalia).

- 1. Maailmassa on tulevaisuudessa enemmän ihmisiä, he ovat elävät entistä vanhemmiksi, he ovat koulutetumpia ja tietoisempia ympäröivästä maailmasta ja heitä asuu kaupungeissa entistä enemmän:** Vuonna 2050 ihmisiä, joiden eliniänodote on noussut 67 vuodesta 75 vuoteen (kehittyneissä maissa yli 80 vuoteen), on kaikkiaan ehkä noin 9 miljardia (+- 2 mrd.). Heistä noin 69 % asuu kaupungeissa (+20 % vrt. 2010). Yli 65-vuotiaiden osuus väestöstä nousee 8 % < 16 %. Alle 15-vuotiaiden osuus laskee 27 % > 21 %. Megakaupunkeja on yli 30 ja niissä asuu 500 milj. ihmistä. Ihmiset ovat koulutetumpia ja tietoisempia itsestään ja toisistaan sekä tietoisempia maailmasta ja tulevaisuudesta. Tulevaisuudessa ihmisten mahdollisuudet vaikuttamiseen ovat paremmat kuin nykyään. Tämä tarkoittaa, ainakin muodollisesti, läheisempää suhdetta ja kommunikaatiota kansalaisten, julkisen hallinnon ja yritysten kesken ja välillä.
- 2. Julkisen ja yksityisen sektorin roolit ja työnjako:** Julkinen sektori on isoin yksittäinen parametri kaikkialla maailmassa. Bruttokansantuote ei kerro kaikkea, mutta taloudessa julkisen sektorin osuus BKT:stä on kehittyneissä maissa 22 %. ja BRIC-maissa (Brasilia, Venäjä, Intia ja Kiina) 25 %. Kiinassa julkisen vallan talouden stimulointi on ollut merkittävää. Vuonna 2009 se oli 13 % kun USA:ssa vastaava luku oli 6 % ja Euroopan keskimäärin 3 % BKT:stä. Vertailun vuoksi esimerkiksi Saudi-Arabiassa valtio stimuloi taloutta 26 %:lla BKT:stä. Myös valtiovallan keskeinen rooli siirtymätalouksissa ja talouskriisien poliittiset seuraukset luovat kasvaneen odotusarvon julkisen ohjauksen lisääntymiselle. Ympäristöasioissa ja erityisesti ilmastonmuutoksen osalta julkinen ohjaus tuskin vähenee seuraavien vuosikymmenien aikana. Julkisen vallan vastapainona megayritystalo- uksien globaali valta kasvaa niiden kasvun ollessa kansallista talouskasvua suurempaa. 100 isoimmasta taloudesta 47 % oli yrityksiä ja 53 % valtioita vuonna 2007.
- 3. Talouden painopiste siirtyy BRIC-maihin (Brasilia, Venäjä, Intia ja Kiina):** Maailman BKT odotetaan kipuavan seuraavan 40 vuoden aikana 63 biljoonasta 280 biljoonaan dollariin (kasvu yli 300 %, vrt. 1950–2000 yli 600 %). Talouden painopiste siirtyy oletetusti BRIC-maihin, joissa talouskasvun odotetaan olevan yli 900 % kehittyneiden maiden jäädessä 118 prosenttiin ja loppujen 340 prosenttiin. BRIC-maiden osuus taloudesta on vuonna 2050 noin 41 % (2010 18 %) ja kehittyneiden maiden osuus tippuu maailman BKT:stä 60 prosentista 29 prosenttiin. Kotimarkkinoiden yksityisellä kulutuksella on kasvuvaraa eniten BRIC-maissa. Talouskasvusta esimerkiksi USA:ssa kotimarkkinoiden kulutuksesta tulee nykyisellään noin 66 % kun vastaava arvo Kiinassa on 39 %.

- 4. Resurssien niukentuminen kun tavarasta ei tule loppua:** Keskimäärin teollisuustuotannon valmistamien hyödykkeiden hinta on noussut inflaatiokehitystä hitaammin. Ihmiset, jotka uskovat palveluiden immaterialisoivan kulutuksen, joutuvat ehkä pettymään. Palvelut synnyttävät isomman kysynnän tavaroille, kuin tavaroiden niiden valmistus palveluille. USA:ssa palveluyritykset synnyttävät nykyisellään 1,4 biljoonan dollarin kysynnän tavaroille, kun valmistava teollisuus synnyttää 900 mrd. dollarin kysynnän palveluille. Kiinassa vastaavat luvut ovat 600 ja 500 mrd. dollaria.
- 5. Työn ja tulonjaon tulevaisuus ja näiden vaikutus ihmisten hyvinvointiin ja yhteiskuntien toimintaan:** Teollisuus on tärkeä muutosvoima, mutta ei välttämättä luo enää hyväpalkkaista työtä masoille. Valmistavalla teollisuudella on takanaan kehittyneissä maissa vuosikymmenien tuotannon tehostamisen rationalisointiprojekti. Tällä hetkellä teollisuutta ahdetaan kaikkialla maailmassa kun kaikki yrittävät samaan aikaan ylös kysyntätaantumasta viennin vetämänä. Kehittyneistä maista on kadonnut viimeisen 10 vuoden aikana noin 20 miljoonaa valmistavan teollisuuden työpaikkaa. Kehityksen ennustetaan jatkuvan niin, että kehittyneistä maista katoaa vuoteen 2020 mennessä vielä noin 5 miljoonaa työpaikkaa. Samaan aikaan maailmassa arvioidaan olevan noin 40 milj. huippuosaajan, erityisesti korkean teknologiaosaajan, vajuus. Muutoksesta jopa 2/3 osaa voidaan selittää tuottavuuden kasvulla ja erityisesti automaatiolla ja loput työn organisoimisen (ulkoistamisen) ja globaalien työnjaon muutoksilla.

Teollisuuden vahvistamisen perusteet ovat itse ilmiötä mielenkiintoisemmat: teollisuus nähdään tärkeänä, ei niinkään sen tuottamien hyödykkeiden takia (tavarasta ei ole pulaa), vaan teollisuuden keskeisestä roolista kansallisessa kilpailu- ja muutosvalmiudessa ts. teollisuudella on merkittävä kontribuutio t&k- ja innovaatiotoimintaan kun todellinen ongelma on kaupaksi saamisessa. Toinen keskeinen peruste on teollisuuden rooli palkkayhteiskunnan työtä luovana ja säilyttävänä perusorganisaationa ts. eräänlaisena vaurautta tasaavana hyvinvoinnin peruselementtinä. Teknologian kehityksen edetessä yhä suurempi osa tuotannosta järjestyy koneellisesti yhä harvempien huippuosaajien suunnittelemien teknisten tuotantojärjestelmien avulla. Tällaisessa järjestelmässä, jossa ei tarvita yhä vähemmän tuotannon inhimillistä osaamista eli taitoja, vapautuu suuri määrä työvoimaa ja samalla tuotannon kasvun kyky luoda uutta työtä vähenee.

- 6. Materia- ja energialähteet uusiutuvat, tuotantoprosessit bioteknistyvät, mutta fossiilinen napanuora ja historian luomat puitteet sotkevat biokuvioita vielä pitkään:** On arvioitu, että kemianteollisuuden prosesseista yli 30 % olisi bioteknisiä vuoteen 2025 mennessä. Systemisessä muutoksessa käsite jäte saa uuden merkityksen ja häviää lopulta mahdollisesti lähes kokonaan. Tällä hetkellä kierrätyskelpoista raaka-ainetta hävitetään jätteenä Euroopassa 5,3 mrd. euron edestä. EU komissio arvioi, että kierrätysasteen nostaminen 70 prosenttiin toisi 500 000 työpaikkaa eli 10 tuhannen jätetonnin kierrättäminen loisi noin 250 työpaikkaa. Potentiaalia ja pitkässä juoksussa väistämätön tarve erilaisille kestävimille ratkaisuille on, mutta todellisten ratkaisujen kehitys ei välttämättä ole niin suoraviivainen kuin mahdollisuuksista voidaan päätellä. Jos öljy, kaasu ja hiili poistettaisiin yhtälöstä tänä iltana, huomina aamu olisi huomattavan erilainen kaikkialla maailmassa ja muutaman viikon päästä edistyksen ja elintason keihäänkärkeä saisi etsiä eristyneiden alkuperäisheimojen kylistä. Fossiilisessa riippuvuudessa ei kyse ole pelkästään ihmisten ja tavaroiden liikuttamisesta (öljy) ja teknosfäärin sähköistämisestä (hiili) vaan siitä, että esimerkiksi moderneja tuotantojärjestelmiä ylläpitävän ”teollisuuksien teollisuuden” eli kemianteollisuuden käyttämästä raaka-aineesta yli 90 % on peräisin fossiilisesta hiilisyötöstä. Vuon-

na 2006 kemianteollisuuden käyttämästä raaka-aineesta, globaalisti tarkasteltuna, lähes 100 % oli öljyä ja kaasua.

Riippuvuutemme petrokemiasta tulee säilymään pitkälle tulevaisuuteen, mutta erityisen mielenkiintoista on se miten uusiutumattomat energiat ja materiallähteet vaikuttavat vaihtoehtoisten ratkaisujen kehittymisen dynamiikkaan. Esimerkiksi autoissa käytettävät biopolttoaineet vaativat rinnalleen, polttomoottorin säilymisen ja julkisen ohjauksen lisäksi, myös tulevaisuudessa tuotantokustannuksiltaan halpaa öljyä tai vaihtoehtoisesti sähköä ja kaasua. Omalta osaltaan uusiutuviin ja uusiutumattomien tulevaisuutta sekoittaa USA:n liuskekaasu yhdistettynä mahdolliseen EU:n ja USA:n vapaakauppa-alueeseen. Muutoksen dynamiikka kytkeytyy tiiviisti myös valtioiden kansallisiin ja kansainvälisiin turvallisuus- ja luonnonvarastrategioihin. Jos esim. arktista öljyä tarkastellaan pelkästään tuotantokustannuksista käsin, sitä ei pitäisi koskaan käyttää. Asteittainen muutos uusiutuviin ja biopohjaisiin materia- ja energialähteisiin on todennäköinen ja välttämätön, mutta välissä saattaa olla kaasun aika. Tulevaisuudessa ei ole myöskään itsestään selvää, että jalostamattomia luonnonvaroja on globaalisti saatavilla kuten ennen.

- 7. Teknologiaa mahdollistaa entistä enemmän ja aikajänne tieteestä teknologiaan lyhenee:** Teolliset yhteiskunnat tuottavat ja kuluttavat paljon – mieluusti halpaa raaka-ainetta ja energiaa. Niukkuus on tulevaisuuden keskeinen ratkaistava ongelma, ja jos talouskasvun maailma ei salli kulutuksen kohtuutta ratkaisuna, niin vastausta haetaan teknologiasta. Markkinat näkevät niukkuudessa kysynnän eli luonnonvarojen niukkuus, puhtaan veden puutos ja ilmastonmuutoksen uhka ovat "hieno mahdollisuus". Ilmastonmuutoksen, vakavasti otettuna, on arvioitu tarkoittavan CO<sub>2</sub>-päästöinä 20 gigatonnin vuositavoitetta vuoteen 2050 mennessä. Tämä tarkoittaa 9 mrd. populaatiolla noin 4–6 kg:n päivittäistä CO<sub>2</sub>-päästökiintiötä per henkilö, joka tarkoittaa nykyteknologialla 20–40 km autoilua tai vaihtoehtoisesti kahta lämmintä ateriaa nykyisillä länsimaisilla kulutustottumuksilla. Teknologian kehityksen myötä olemme samaan aikaan historiallisesti vapaampia ja tulevaisuudellisesti riippuvaisempia luonnosta ja elinympäristömme säilymisestä kuin koskaan ennen.
- 8. Teknologiavisioiden maailma on "puhdas ja älykäs":** 3D-tulostus, -skannaus ja laserleikkaus siirtää materialisoinnin välttämättömyydestä mahdollisuudeksi sinne missä tuotteita kulutetaan, keinot tuottaa ovat yhä useampien saatavilla, syntyy tulevaisuuden puuhapajoja (Makerplace), joissa DIY-hengessä (Do It Yourself) jaetaan bittejä ja myydään atomeja, koneiden äly kasvaa eksponentiaalisesti kun ne suunnittelevat aina vain itseään älykkäämpiä koneita, kaksisuuntaiset älykkäät energiaverkot tekevät kuluttajista energian tuottajia, netti yhdistyy reaali maailmaan kun tavarat (koneet ja laitteet) ja ihmiset ovat merkityksiä ymmärtävän verkon kautta yhteydessä toisiinsa ja halutessaan kulkija pystyy yhdistämään edessään näkyvän reaali maailman ja pilvisen bittiavaruuden, missä ja milloin tahansa, jäljelle jäävissä tuotantolaitoksissa valvomot korvaantuvat mukana kannettavilla virtuaalivalvomoilla jotka kertovat työntekijöille mitä tapahtuu ja miten olisi nyt hyvä toimia (jos työntekijöitä enää on automatisoiduissa tehtaissa). Nano-, bio-, materia- ja geeniteknologia jne. mahdollistavat parempaa ja enemmän kuin koskaan ennen – teknologian runsaudensarvi tyydyttää tarpeita ja luo uusia.

## Paperitiikeri kohtaa ilkeät ongelmat

Tämä selvitys on hyvä päättää pirulliseen ongelmaan. Pirulliset, viheliäät tai ilkeät ongelmat (wicked problems) on käsitteenä vanha. Horst Rittel määritteli vuonna 1973 ilkeät ongelmat artikkelissaan *Dilemmas in a General Theory of Planning* niille tyypillisen 10 ominaisuuden kautta seuraavasti:

1. Ilkeällä ongelmalla ei ole selkeää muotoa tai kaavaa. Esimerkiksi köyhyys Turussa ja Gaboronessa voi määritelmänä olla sama ilmaistuna yksilön suhteellisena sosiaalisena tai taloudellisena asiantilana, mutta sisällöllisesti köyhyys Turussa ja Gaboronessa voi olla täysin eri asia.
2. Ilkeällä ongelmalla ei ole selkeää ratkaisua tai "lopetussääntöä", koska sitä ei voida rajata koskemaan vain tiettyä asiantilaa. Ratkaisua arvioidaan usein suhteessa parannukseen esim. "riittävän hyvä" tai "pidämme tästä ratkaisusta".
3. Ilkeiden ongelmien ratkaisut eivät ole tosia tai epätosia vaan hyviä tai huonoja. Ratkaisujen onnistumisen objektiivinen arvioiminen on vaikeaa tai mahdotonta, koska kriteerit on sosiaalisesti vaihtuvia ja muuttuvia.
4. Ilkeiden ongelmien ratkaisulle ei ole olemassa välitöntä tai lopullista testiä tai päätepistettä. Ratkaisut eivät ole lopullisia, koska ne saattavat aiheuttaa uuden ongelman tai vain muuttaa ongelmaa laadullisesti.
5. Ilkeissä ongelmissa panokset ovat todellisia: jokainen ilkeän ongelman ratkaisu on tyyppiä kertaluontoinen, ts. ei voida oppia yrityksen ja erehdyksen kautta vaan jokaisella ratkaisuyrityksellä on merkittäviä seurauksia.
6. Ilkeille ongelmille ei ole selkeää ratkaisujoukkoa vaan ainoastaan joukko mahdollisesti sopivia ratkaisuja.
7. Jokainen ilkeä ongelma on ainutlaatuinen.
8. Jokainen ilkeä ongelma voidaan nähdä olevan toisen ongelman oire.
9. Ilkeät ongelmat voidaan määritellä ja selittää usealla eri tavalla. Valittu selitys vaikuttaa siihen miten ongelma nähdään olevan ratkaistavissa.
10. Ratkaisijoilla on vastuu ratkaisusta eli kysymys ei ole olemisesta oikeassa tai väärässä.

Tyypillistä ilkeille ongelmille on, Rittelin määritelmän mukaan, ihmislähtöisyys, ajallinen ja sisällöllinen jatkuvuus sekä rajattomuus, monitulkintaisuus, määrittely ja näkökulmariippuvuus. Ilkeää ongelmaa ei voida määritellä täsmällisesti, ratkaisu kehittyy ja muuttuu jatkuvasti, ratkaisut ovat suhteellisia eli huonompia tai parempia, ratkaisut ovat tapauskohtaisia, ongelmien syyt ovat vaikeasti havaittavissa, ongelmaa ei voi ymmärtää ennen ratkaisuyritystä, ongelman ratkaisu ei pääty täydelliseen ratkaisuun vaan resurssien loppumiseen, ilkeät ongelmat ovat ainutlaatuisia ja muotoutuvat uudelleen sosiaalisessa vuorovaikutuksessa, ratkaisuihin liittyy odottamattomia seurauksia ja ongelmilla ei ole vaihtoehtoisia ratkaisuja (Blackman 2006, Conklin 2006). Määritelmän mukaan ilkeitä ongelmia, toisin kun vaikeasti ratkaistavia ongelmia, ei voida ratkaista vaan aina löydettävissä uusia kriteereitä, joiden perusteella uusi ratkaisuyrityksen jälkeinen asiantila on uusi ongelma.

Ilkeän ongelmien yhteydessä on alettu kiinnittää huomiota eri tieteenalojen ja toimijoiden väliseen yhteistyöhön, tieteidenvälisyyteen, ongelmalähtöiseen ja ratkaisukeskeiseen tutkimustapaan. Ilkeiden ongelmien ratkaisun on nähty olevan sosiaalinen prosessi (Conklin, 2006). Ongelmalähtöisessä tutkimustavassa tieto tuotetaan sovelluskontekstissa, jossa on mukana ongelmien omistajat joille ongelmille suuri ja ehkä erilainen merkitys. Kyse ei ole tieteen tulosten soveltamisesta käytännön tilanteisiin (perinteinen tulkinta) vaan tiedon tuottamisen lähtökohta on ongelma ja niiden ratkaisu tutkimuksen onnistumisen kriteeri.

Tieteidenvälisyyden käsitteellinen ero monitieteisyyteen on siinä, että se pyrkii synnyttämään yhteistä ymmärrystä (Hautamäki ym. 2012). Tieteidenvälisyyden erot soveltavan ja perustutkimuksen välillä eivät ole enää merkityksellisiä, vaan ongelman ratkaisussa on oltava mukana ilmiöiden perusteelliseen analyysiin paneutuvia tutkijoita, tulosten soveltamiseen erikostuneita tutkijoita ja käytännön ehtoja tuntevia kehittäjiä (Estrin 2009). Estrinin luonnehdinta herättää kysymyksen siitä, ovatko ilkeiden ongelmien kohdalla pelkästään tutkijoiden tutkimat ilmiöt lainkaan todellisia vaan ainoastaan ilmiöiden eräänlaisia luonnollistettuja simulaatioita.

Tieteellisen tutkimuksen vallitsevana paradigmana voidaan nähdä olevan i) tieteellinen ongelma ii) jota ratkaistaan tieteenalakohtaisesti iii) tieteenalan metodien ja iv) tieteenalan aineistojen avulla. Tällainen lähestymistapa ei välttämättä toimi, jos tieteellistä toimintaa aletaan arvioida sen ratkaisukyvyyn perusteella ongelmissa, jotka vaativat kokonaisvaltaista ymmärrystä inhimillisen toiminnan ja luonnonilmiöiden sisällöistä ja suhteista.

Jos tieteidenvälisyys, ongelma- ja ratkaisukeskeinen tutkimus vahvistuvat eräänlaisena uutena tutkimuksen paradigmana, vaatii se varmasti muutoksia toimintatavoissa ja asenteissa niin yksilöiden kuin organisaatioidenkin tasolla. Ajatusleikkinä voisi miettiä vaikka sitä, mikä voisi olla tulevaisuudessa isoin mahdollinen tutkimuksellinen haaste, jonka ratkaisuun Turun yliopisto voisi kokonaisuutena osallistua, sisällöllisesti ja organisaationa.

Ilkeiden ongelmien äärellä on vaikea välttyä siltä kysymykseltä, onko ongelman ilkeys tai visaisuus lopulta seurausta siitä, että ongelma on kyllä ratkaistavissa mutta ei tavalla, jota halutaan tai ollaan valmiita hyväksymään.

## 8. YHTEENVETOA JA AVAUKSIA

Tieteen historiaa ei voi ennustaa. Ja vaikka yksittäinen tutkija on mahdollista tunnistaa hyvällä todennäköisyydellä julkaisujensa viitteistä, ei ole olemassa mitään globaalin ”tutkimusflooran lähdeperimää”, josta voidaan nähdä tarkasti tieteen tulevat luonteenpiirteet. Ymmärrys tieteen tulevaisuudesta on mahdollista valjastaa laaja-alaisiin kaariin, jotka luovat vaikutelman kehityksen väistämättömistä tai välttämättömistä ääriviivoista. Mitään ehdottomuutta ei ehkä kuitenkaan välttämättä ole. Jos lähtökohdaksi otetaan ajatus siitä, että tiedettä tehdään ihmistä varten ja ihmisen käyttöön, on kyse valinnan mahdollisuudesta ja mahdollisuudesta valita.

Ennakoinnin näkökulmasta perusteeksi on, että tieteen **tulevia sisältöjä ei voi eikä pidä ennakoida**. Kysymys siitä, mitä ajattelemme huomenna tai mistä tutkijat päättävät seuraavaksi kiinnostua ei ole ennakoinnin näkökulmasta mielekäs. Tieteen tulevaisuudessa kysymys on **ajattelemisen oikeudesta** ja siihen vaikuttavista tekijöistä. Laajasti tarkastellen tieteessä, kuten missä tahansa inhimillisessä puuhastelussa, on kysymys ihmisen ja ihmiskunnan valittavissa olevista ja haluttavista tulevaisuuksista. Tässä olennaisuuksien jatkumossa tieteellisen tutkimustoiminnan tehtävät ja motiivit vaihtelevat olevaisen syvimmän olemuksen ymmärryksestä haluun selvittää hengissä tai tarpeeseen saada kaupaksi.

Tieteellisestä omavaraisuudesta puhuttaessa – isot ovat vaihteluvälit myös uuden ymmärryksen tuottamisen kustannuksissa – kvanttiaskel olevaisen syvimmän olemuksen ymmärrystä voi maksaa saman verran kuin 1000 vuotta perusteellista historian tutkimusta. Valtaosin yhteiskunnan kustantama tieteellinen tutkimustyö yliopistoissa on laaja-alaista ja laaja-alaisuutta, mutta resurssien rajallisuus ja hajanaisuus, jopa suorainen niukkuus, asettaa kasvulle kaventavat ja kohdentavat puitteet. Tieteen julkisesta resurssoinnista päättävät tahot ovat antaneet ymmärtää, että ne eivät tule ulkopäin määrittelemään tieteen sisältöjä. Heidän ei myöskään tarvitse sitä tehdä sillä todistustaakka tutkimuksen merkittävyydestä osoittamisesta on tutkijoilla. Avainkysymys on siinä, mitä tuo todistustaakka pitää tulevaisuudessa sisällään – **mitä vapaan hengenviljelijän on annettava takaisin vapautensa vastineeksi ja kenelle?**

Yksi keskeinen tieteen tulevaisuutta määrittävä katsontakanta kietoutuu yliopistojen asemoitumiseen tieteen vapauden ja vaikuttavuuden välillä. Tämä kiista kärjistyy symboliseen vastakkainasetteluun, jossa on näennäisesti valittava esimerkiksi sivistyksen tai innovaatioiden väliltä. Kuten professori Raimo Lehti on todennut, tieteellistä tulosta arvioidaan ainakin kahdesta merkittävyyden näkökulmasta – kosmologisesta ja utilitarisesta. Ensimmäinen, kosmologinen merkittävyys, muodostuu tavoitteesta saada muut uskomuksen selitykset maailmasta ja ihmisestä sen osana oikealla tavalla. Utilitarisessa viitekehityksessä merkittävyyttä arvioidaan sen sijaan esimerkiksi poliittisista tai taloudellisista lähtökohdista. Kosmologisen näkökulman voidaan ajatella edustavan parhaimmillaan vilpittömää pyrkimystä totuuteen ja luotettavaan tietoon kun utilitarinen näkökulma on suhteessa siihen mikä nähdään arvokkaaksi ja hyödylliseksi tai hyödynnettäväksi. On perusteita ajatella, että **ulkoisen tutkimusrahan merkityksen kasvu lisää mahdollisesti tiedon käytettävyyden relevanssia**. Onko käyttörelevanssin merkityksen kasvu sitten huono uutinen tieteen näkökulmasta? Ei välttämättä, mutta järjestelmässä, jossa tiedon tieteellisesti määräytyvällä luotettavuudella ei saavuteta hyötyä kuten kilpailuetua, ei tieteellinen luotettavuus ole myöskään tutkimuksen laadun keskeisin kriteeri.

**Sisällöllisesti tiede uudelleenjärjestyy jatkuvasti ulkoisten ja sisäisten tekijöiden seurauksena.** Kategorisesti tarkastellen uudelleenjärjestymistä ohjaavat ja motivoivat tekijät voidaan nimetä kolmeen ryhmään,



jotka ovat: tieteellinen löydös, innovaatio teknologiassa ja ulkoiset syyt. Tieteellinen löydös on uusi tai odottamaton tiedollinen edistysaskel tai perustavanlaatuinen tietämyksen vahvistuminen. Innovaatiokategoria viittaa tutkimukseen, jossa olemassa olevaa tieteellistä tietoa tai teknologiaa hyödynnetään esimerkiksi tiettyä tarkoitusta palvelevien uusien laitteiden kehittämiseen tai olemassa olevien suorituskyvyn parantamiseen. Ulkopuoliset syyt liittyvät tieteen ulkopuolisiin tapahtumiin. Näitä ovat esimerkiksi onnettomuudet, ympäristökatastrofit ja luonnonmullistukset, konfliktit, julkisen vallan ohjelmat ja erilaiset yhteiskunnalliset intressit. Ennakoinnin näkökulmasta tärkeää on kiinnittää huomio tiedettä muokkaavien tekijöiden erilaisiin aikajänteisiin. Kärjistäen; perustutkimukseen perustuvan tieteellisen löydöksen aikajänne kuten myös aika tieteellisestä löydöksestä teknologisen sovellutukseen on pidempi kuin yhteiskunnan vaalikausi, joka on puolestaan pidempi kuin markkinoiden kvartaali. Yliopistojen aikajänteeseen oman ulottuvuutensa tuo koulutustehtävä, joka käytännössä tapahtuu sukupolvi kerrallaan. Onko näin myös tulevaisuudessa?

Joka vuosi maailmaan tulee enemmän tietokoneen laskentatehoa kuin kaikkina edellisinä vuosina yhteensä (Paukku 2013). Korkoa korolle kasvaa myös globaali tiede, jonka tuottaman tiedon määrän on arvioitu kaksinkertaistuvan vuosikymmenessä (Kaku 2011). Siinä sivussa kasvaa todennäköisyys sille, että tutkija kirjoittaa artikkelin jota kukaan ei lue ja johon kukaan ei viittaa. Tästä taustaoletuksesta tarkastellen yliopiston profiloituminen ei ole seurausta ainoastaan tarpeesta virtaviivaistaa omaa tutkimustoimintaa valitun oleellisen ympärille vaan perimmäinen tarve nousee **tieteellisen tyhjyyden lisääntymisestä**. Kilpailussa niukoista resursseista havaituksi tuleminen on välttämätöntä ja tämä luo tarpeen erottautua. Erottutumisen liittyy kaksi mielenkiintoista ilmiötä. Ensinnäkin tieteellisen hyötyjen kasaantumisesta tietyille henkilöille seuraa mahdollisesti **”guru-strategioiden”** yleistymisen osana profiloitumista myös Suomessa. Tieteellisille edistysaskeleille on ottajansa vaikka tieteen oletetaan ottavan ne joka tapauksessa. Kysymys ei ole välttämättä inhimillisestä gloorian halusta vaan yksilön raadollisesta pyrkimyksestä selvitä roolissaan. Toinen mielenkiintoinen erottumiseen liittyvä ilmiö liittyy **”mittariautismiin”**. Valitut vaikuttavuus- ja laatumittarit alkavat ohjata käyttäytymistä vaikka mittauksista ei pystytä tarkkaan sanomaan mitä ne oikeastaan mittaavat. Kyseessä on eräänlainen inversio-ongelma, jossa tunnetaan kyllä mittaustulos mutta ei mitattavaa ilmiötä.

### **”Ilkeät ongelmat” tieteitä yhdistävänä tekijänä**

Maailmanlaajuisten haasteiden viitekehyksen on ennakoitu ohjaavan tutkimustoiminnan organisoitumista ja resursseja lähitulevaisuudessa. Haasteet ovat ongelmia, jotka on ratkaistava joka tapauksessa ja joiden hoitamattomuus on kaikkien haitta (”lose – lose”). Ilmiössä ei ole sinänsä mitään uutta. Jokaisella historiallisella hetkellä on ollut omat tutkimuksellista kiinnostusta suuntaavat haasteensa ydinsodan uhasta ympäristön saastumiseen. Uutta ilkeän ongelmien tematiikan uudelleen nousun myötä on se, että on alettu enemmän kiinnittää huomiota eri tieteenalojen ja toimijoiden väliseen yhteistyöhön, tieteidenvälisyyteen, ongelmälähtöiseen ja ratkaisukeskeiseen tutkimustapaan. Koska ilkeät ongelmat eivät rajaudu tieteenalakohtaisesti, ei niitä voida siksi käsitellä rajaavaan diskurssiin perustuvalla ajattelulla, menetelmillä tai arvioinnilla.

Tiede on aina ollut tiedollisesti tieteidenvälistä. Tieteenalat nojaavat osina toisiinsa, mutta tuovat kokonaisuuteen samalla myös jotain uutta. Tulevaisuudessa on mahdollista, jopa todennäköistä ja toivottavaa, että tieteet ja niiden tekijät törmäävät ilkeiden ongelmien äärellä ennen näkemättömissä kombinaatioissa – sukupuolentutkijoilla saattaa olla oleellista ymmärrystä vaikkapa kestäväen energian ongelman ratkaisemiseksi. Turun yliopistolla on monialaisena yliopistona hyvät lähtökohdat tarttua ilkeiden ongelmien ratkaisuun.

## LÄHTEET

- Ahola, S. (1999) Yliopistot. Kirjassa: Suomen vuosisata. Tilastokeskus.
- Ahvenainen, M. & Mantere, J. (2014) Osaaminen tuotantotyössä 2020. Opetushallitus. Raportit ja selvitykset 2014:4.
- Auranen, O., Leino, Y., Poropudas, P. & Pölönen, J. (2013) Julkaisufoorumi-luokitus ja viittausindeksit teollisten julkaisujen laadun mittareina Web of Science -aineistoon perustuva vertailu. Tiedon, tiedeen, teknologian ja innovaatioiden tutkimuskeskus Tampereen yliopisto. Työraportteja 8/2013
- Blackman, T., et al. (2006) Performance assessment and wicked problems. The case of health inequalities. *Public Policy and Administration* 21.
- Chen, C. (2006) CiteSpace II: detecting and visualizing emerging trends and transient patterns in scientific literature. *Journal of the American Society for Information Science and Technology* 57, 359–377.
- Chen, C., Chen, Y., Horowitz, M., Hou, H., Liu, Z. & Pelligrino, D. (2009) Towards an explanatory and computational theory of scientific discovery. *Journal of Informetrics* 3, 191–209.
- Cole, S. (1995) *Making Science*. Harvard University Press.
- Conklin, J. (2006) *Dialogue mapping. Building shared understanding of wicked problems*. Chichester. John Wiley & Sons.
- Cozzens, S., Gatchair, S., Kang, J., Kim, K., Lee, H.J., Ordonez, G. & Porter, A. (2010) Emerging technologies: quantitative identification and measurement. *Technology Analysis and Strategic Management* 22, 361–376.
- Deutsch, D. (1997) *Todellisuuden rakenne Suom.* Kimmo Pietiläinen. Terra Cognita.
- Estrin, J. (2009) *Closing the innovation gap. Reigniting the Spark of Creativity in a Global Economy*. New York.
- Hautamäki, A. & Ståhle, P. (2012) *Ristiriitainen tiedepoliittikkamme. Suuntana innovaatiot vai sivistys?* Gaudeamus Helsinki University Press.
- Heimann, M. (2005) Charles David Keeling 1928–2005 – pioneer in the modern science of climate change. *Obituary. Nature* 437, 331.
- Hu, Z., Chen, C. & Liu, Z. (2013) Where are citations located in the body of scientific articles? A study of the distributions of citation locations. *Journal of Informetrics*. Volume 7, Issue 4, October 2013, 887–896.
- Kaku, M. (2011) *Physics of the Future. The Inventions That Will Transform Our Lives*. Penguin Books, 2012.
- Kelly, M. (1997) Hubert Horace Lamb (1913–97) – climatologist who pioneered the study of climate change. *Obituary. Nature* 388, 836.

- Kuusi, O. (2013) Teknologista menestystä tukeva ja yhteiskunnallisiin haasteisiin vastaava perustutkimus. Kirjoitus julkaisussa: Suomen sata uutta mahdollisuutta: radikaalit teknologiset ratkaisut. Eduskunnan tulevaisuusvaliokunnan julkaisu 6/2013.
- Li, J., Wang, M-H. & Ho, Y-S. (2011) Trends in research on global climate change: A Science Citation Index Expanded-based analysis *Global and Planetary Change* 77, 13–20.
- Patokorpi, E. & Ahvenainen, M. (2009) Developing an abduction-based method for futures research. *Futures*, Volume 41, Issue 3, April 2009, 126–139.
- Paukku, T. (2013) Kymmenen uutta ihmettä. Teknologiat, jotka muuttavat maailmaa. Tammerprint Oy.
- Prabhakaran, T., et al. (2014) Detection of paradigm shifts and emerging fields using scientific network: A case study. *Technological Forecasting and Social Change* (2014), <http://dx.doi.org/10.1016/j.techfore.2014.02.003>
- Ratchford, T. & Colombo, U. (1996) Megascience. World Science Report. UNESCO Publishing.
- Russell, B. (1946) Länsimaisen filosofian historia poliittisten ja sosiaalisten olosuhteiden yhteydessä varhaisimmista ajoista nykyaikaan asti 2: Uuden ajan filosofia. 10 painos, WSOY 2001.
- Räsänen, S. & Enqvist, K. (2014) Denialismi, luonnontieteiden edistyksen oheisvahinko? *Tieteessä tapahtuu*, 3/2014.
- Seppälä, E-O. (1999) Tiede ja teknologia. Kirjassa: Suomen vuosisata. Tilastokeskus.
- Small, H., Boyack, K.W. & Klavans, R. (2014) Identifying emerging topics in science and technology. *Research Policy* 43 (2014), 1450–1467.
- Sovacool, B.K. (2014) What are we doing here? Analyzing fifteen years of energy scholarship and proposing a social science research agenda. *Energy Research & Social Science* 1, 1–29.
- Takeda, Y., Mae, S., Kajikawa, Y. & Matsushima, K. (2009) Nanobiotechnology as an emerging research domain from nanotechnology: a bibliometric approach. *Scientometrics* 80, 23–38.
- Tanskanen, A. (1990) Mitä pitäisi tutkia? Kirjassa: Tiede muutosten maailmassa? Gummerus Kirjapaino Oy, Jyväskylä.
- Tirronen, J. (2014) Suuret haasteet ja yliopiston strategiset valinnat. *Tieteessä tapahtuu*, 4/2014.
- Toivanen, H. & Suominen, A. (2014) Bibliometrinen tutkimustieto ja tiedepolitiikka. *Tieteessä tapahtuu*, 2/2014.
- Tommila, P. (1990) 350 vuotta tieteen ja yhteiskunnan vuorovaikutusta. Kirjassa: Tiede muutosten maailmassa? Gummerus Kirjapaino Oy, Jyväskylä.
- Valencia, R.C. (2013) *The Future of the Chemical Industry by 2050*. Wiley-VCH.
- Walther, G.R., Post, E., Convey, P., Menzel, A., Parmesan, C., Beebee, T.J.C., Fromentin, J.M., Hoegh-Guldberg, O. & Bairlein, F. (2002) Ecological responses to recent climate change. *Nature* 416, 389–395.

Watson, R.T. (2003) Climate change: the political situation. *Science* 302, 1925–1926.

Wilenius, M. & Kurki, S. (2012) Surfing the sixth wave Exploring the next 40 years of global change. FFRC eBooks 10/2012, Finland Futures Research Centre, University of Turku.

## Verkkolähteet

Comparing Research at Nordic Universities using Bibliometric Indicators Second report, covering the years 2000–2012: [http://www.nordforsk.org/en/publications/publications\\_container/policy-paper-2-2014-comparing-research-at-nordic-universities-using-bibliometric-indicators](http://www.nordforsk.org/en/publications/publications_container/policy-paper-2-2014-comparing-research-at-nordic-universities-using-bibliometric-indicators)

Dupont-Inglis, J. (2014) The role and impact of biotechnology in the next Industrial Revolution (esitys): <http://www.oecd.org/sti/sci-tech/Session%20c%20-%20J.%20Dupont.pdf>

OECD Science and Technology Outlook 2013: [http://www.oecd-ilibrary.org/science-and-technology/oecd-science-technology-and-industry-scoreboard-2013\\_sti\\_scoreboard-2013-en](http://www.oecd-ilibrary.org/science-and-technology/oecd-science-technology-and-industry-scoreboard-2013_sti_scoreboard-2013-en)

King, C. (2013) Research Fronts 2013: <http://sciencewatch.com/sites/sw/files/sw-article/media/research-fronts-2013.pdf>

Science and Technology outlook 2005–2055: <http://www.iftf.org/our-work/people-technology/technology-horizons/science-technology-outlook-2005-2055>

Visions of the Engaged University 2025: <http://www.publicengagement.ac.uk/sites/default/files/Engaged%20University%202025%20Initial%20Findings%20for%20web.pdf>

# AIKAISEMPIA TUTU e-JULKAISUJA

- 12/2014 Hietanen, Olli – Kirveennummi, Anna & Nurmi, Timo: FOOD NON-FOOD. Radikaalit tulevaisuudet -työpajojen tulokset.
- 11/2014 Kaivo-oja, Jari – Jusi, Sari – Luukkanen, Jyrki – Panula-Ontto, Juha & Kouphokham, Khamso: Futures Horizon to Sustainability Challenges of the Lao PDR 2050. Adaptive Foresight Thinking and New Futures Perspectives to Energy and Natural Resource Planning in the Lao People's Democratic Republic
- 10/2014 Hietanen, Olli – Heikkilä, Katariina & Nurmi, Timo: Pälsbranschens Framtid.
- 9/2014 Hietanen, Olli – Heikkilä, Katariina & Nurmi, Timo: Turkisalan tulevaisuus.
- 8/2014 Heinonen, Sirkka & Ruotsalainen, Juho: Sirpaleinen symbioosi. Medeia-hankkeen tulevaisuusklippikissa I "Media ja journalismi 2030. Heikkoja signaaleja ja uusia alkuja" 4.4.2014.
- 7/2014 Varho, Vilja: Pääkaupunkiseudun liikennepoliittinen päätöksenteko. Liikennesuunnittelijoiden ja poliitikkojen näkemyksiä ohjaukseista, niiden valinnasta ja tulevasta käytöstä.
- 6/2014 Kaivo-oja, Jari: Development Aid Beyond 2015? Aid Effectiveness Evaluated by World Bank Indicators and Millennium Development Goals (MDGS) – A Trend Benchmarking Study in Kenya, Tanzania and Sub-Saharan Africa.
- 5/2014 Kuusi, Osmo & Mantere, Johanna: Selvitys opetus- ja kulttuuriministeriön rakennerahasto kaudella 2007–2013 hallinnoimien ESR-osarahoitteisten kehittämissuunnitelmahankkeiden tulosten pysyvyydestä ja vaikuttavuudesta.
- 4/2014 Käkönen, Mira – Kaisti, Hanna & Luukkanen, Jyrki: Energy Revolution in Cuba: Pioneering for the Future?
- 3/2014 Karjalainen, Joni – Käkönen, Mira – Luukkanen Jyrki & Vehmas Jarmo: Energy Models and Scenarios in the Era of Climate Change. Briefing Report.
- 2/2014 Santonen, Teemu: Yksityiseen turvallisuusalaan vaikuttavat muutostekijät. Kansainvälisten tutkijoiden näkemyksiä yksityisen turvallisuusalan tulevaisuudesta.
- 1/2014 Aho, Samuli & Kaivo-oja, Jari: Yrityksen elinkaariteoria ja foresight 2.0. Elinkaariteorian validius suomalaisissa pörssiyrityksissä v. 2004–2012.

---

Tutu e-julkaisu 13/2014

Marko Ahvenainen

TIEDE, TUTKIMUS JA TULEVAISUUDET

ISBN 978-952-249-292-0

ISSN 1797-1322

