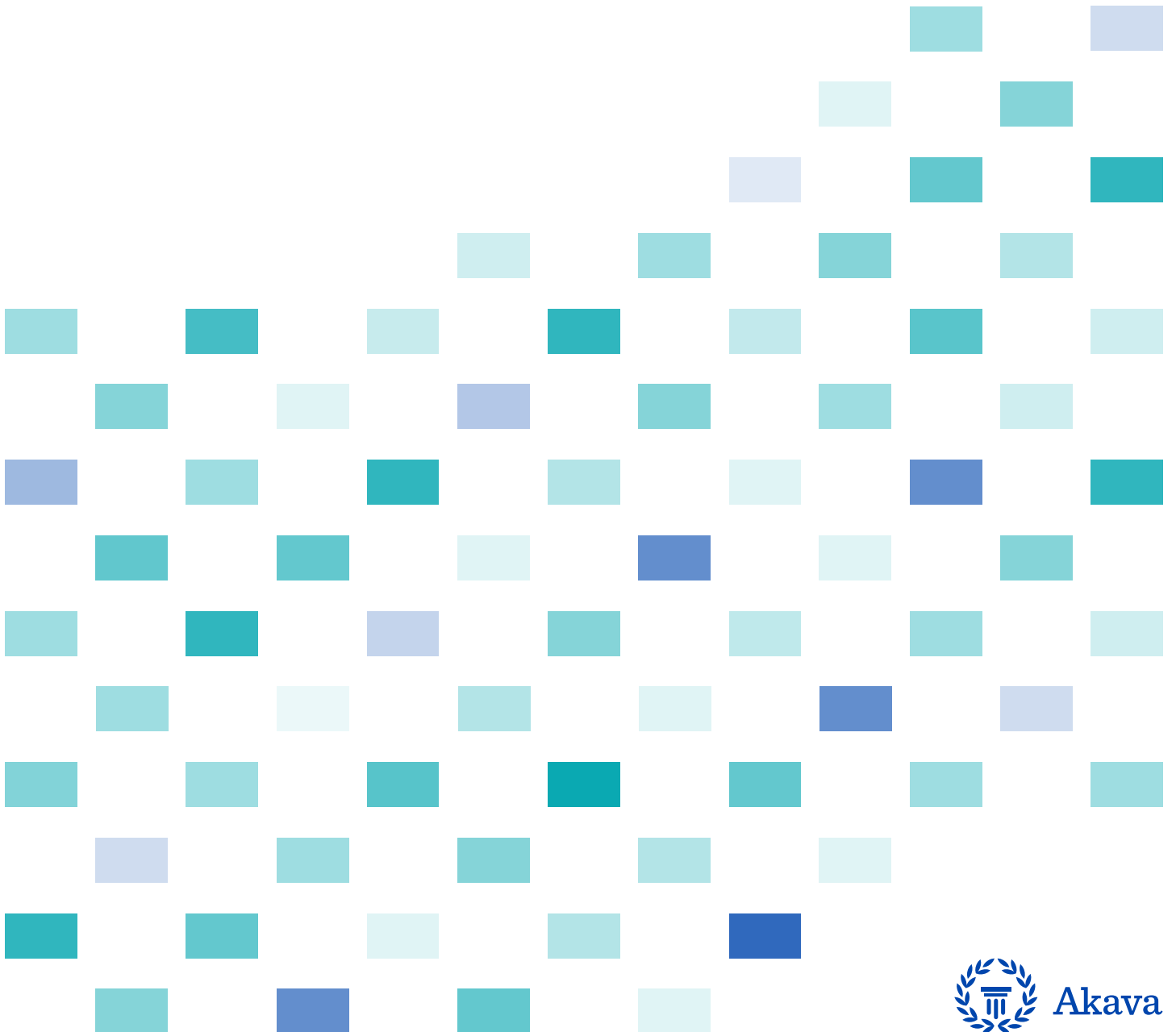


Perustutkimus tieteen ja innovaatioiden perustana

Artikkeli 8/2021



Artikkeli 8/2021

Kirjoittaja: Erika Lilja ja Jussi Kivistö

Avainsanat: tutkimus, tiede, TKI, innovaatiot

Päivämäärä: 10.6.2021

Yhteenveto

Artikkeli tarkastelee perustutkimuksen määritelmää ja sisältöä sekä miten perustutkimus on tiedepolitiikassa ymmärretty innovaatioprosessin osana. Tiedepolitiikka on useiden vuosikymmenien ajan uudistanut käsitystä perustutkimuksesta sekä käsitystä suoraviivaisesti etenevästä, lineaarisesta innovaatioprosessista. Tiedepolitiikassa käytettyä perustutkimuksen käsitettä ei voida pitää perustutkimuksen ideaalin synonyyminä tai tutkimuksen käytännön tason kuvaajana, mutta käsite on vaikuttanut pitkään länsimaiseen käsitykseen tieteestä ja tiedepolitiikasta.

Artikkelissa pohditaan, miksi perustutkimukseen panostaminen on välttämätöntä uusien innovaatioiden syntymiselle. Artikkelin laajentaa ja syventää keskustelua perustutkimuksen merkityksestä uusien innovaatioiden synnylle ja käytännön sovelluksille.

Kirjoittajien esittely

Erika Lilja on Eriarvoisuuden, interventioiden ja uuden hyvinvointiyhteiskunnan ([INVEST](#)) lippulaivan projektipäällikkö ja kehittää uudenlaista tutkimuskokonaisuutta ja osaamiskeskittymää, jonka tavoitteena on luoda tulevaisuuden osaamista ja kestäviä ratkaisuja yhteiskunnan haasteisiin sekä edistää taloudellista kasvua kehittämällä muun muassa uusia sosiaalisia innovaatiota. Lilja tekee akateemista tutkimusta tiedepolitiikasta, tieteen ja tutkimuksen avoimuudesta sekä strategisen tutkimuksen yhteiskunnallisesta vaikuttavuudesta.

Jussi Kivistö toimii Tampereen yliopistossa hallintotieteen, erityisesti korkeakouluhallinnon professorina ja Higher Education Group -tutkimusryhmän esimiehenä. Kivistön tutkimusintressit liittyvät korkeakoulujen rahoitukseen, korkeakoulujen hallintoon ja johtamiseen sekä korkeakoulu- ja tiedepolitiikan ajankohtaisiin kysymyksiin.

Akava Works

Akavan tiedontuotanto toimii nimellä Akava Works.

Akava Works tarjoaa monipuolisesti tietosisältöjä raporteina, selvityksinä ja tutkimuksina. Tavoitteenamme on lisäksi herättää yhteiskunnallista keskustelua erityisesti akavalaisille tärkeistä ja ajankohtaisista aiheista. Akava Works -sisällöt eivät ole Akavan virallisia kannanottoja.

Sisällysluettelo

Johdanto.....	3
Perustutkimus ja lineaarinen innovaatiokäsitys	4
Lineaarisen innovaatiokäsityksen kritiikkiä.....	6
Epälineaarinen innovaatiokäsitys ja osaamistalous	7
Perustutkimus ja uudet innovaatiot	9
Yhteenveto ja johtopäätökset	12
Lähteet	12

Perustutkimus tieteen ja innovaatioiden perustana

Artikkeli 8/2021

Johdanto

Kun Isaac Newton keksi painovoimateorian, James C. Maxwell sähkömagnetismin ja Max Planck, Albert Einstein, Niels Bohr, Erwin Schrödinger, Werner Heisenberg ja Max Born edistivät tieteellisillä löydöksillään asteittain tapahtunutta kvanttimekaniikan syntyä, kukaan heistä ei osannut ennustaa, mihin heidän tieteelliset löydöksensä myöhemmin johtaisivat. Nykypäivänä nämä transistorin, television, tietokoneen, internetin ja matkapuhelimen kehittämiseen johtaneet tieteeseen perustuvat innovaatiot vaikuttavat olennaisesti siihen, miten elämme, työskentelemme ja viestimme.

Tieteen historiassa on lukemattomia tarinoita siitä, että erittäin abstraktien teorioiden ja käsitteiden tutkimus on myöhemmin johtanut odottamattomiin ja merkityksellisiin teknologisiin edistysaskeliin. Tutkijoiden halu tietää ja lisätä syvällistä tieteellistä ymmärrystä on kautta tieteen historian synnyttänyt käytännöllisiä sovelluksia ilman, että tutkimusta on tietoisesti ohjattu kohti soveltavaa tutkimusta ja innovaatioiden syntyä. Viime vuosina on käyty vilkasta keskustelua tieteen ja tutkimuksen vaikuttavuudesta ja pohdittu, palveleeko yliopistoissa tehtävä tieteellinen tutkimus riittävällä tavalla yhteiskunnan tarpeita.

Tutkimuksen vaikuttavuuden korostuminen on herättänyt myös huolta ja kritiikkiä perustutkimuksen arvostuksen näkökulmasta. Kritiikki on kohdistunut muun muassa siihen, että perustutkimukselle ei keskusteluissa anneta itseisarvoa, vaan se ymmärretään ensisijaisesti osana yhteiskunnallisen vaikuttavuuden ja tutkimukseen perustuvien innovaatioiden ketjua. Yksi perustutkimuksesta käytävän keskustelun pulmista liittyy käytettävien termien moninaisuuteen (basic science, basic research, fundamental research, curiosity-driven research jne.) ja perustutkimuksen määrittelyyn. Yleisesti ottaen perustutkimus nähdään tärkeänä uusien innovaatioiden synnylle ja taloudelliselle kasvulle sekä yhteiskunnan hyvinvoinnille. Keskustelua käydään kuitenkin jatkuvasti siitä, miksi perustutkimus on tärkeää ja mitä seurauksia perustutkimuksen tärkeydestä voidaan johtaa.

Tässä artikkelissa tarkastelemme, mitä perustutkimus on ja miten se on ymmärretty tiedepolitiikassa osana innovaatioprosessia. Tiedepolitiikka on useiden vuosikymmenien ajan uusintanut paitsi ideaalikäsitystä perustutkimuksesta myös käsitystä suoraviivaisesti etenevästä, lineaarisesta innovaatioprosessista. Vaikka tiedepolitiikassa käytettyä perustutkimuksen käsitettä ei voida pitää perustutkimuksen ideaalin synonyyminä tai tutkimuksen käytännön tason kuvaajana, käsitteellä on kuitenkin ollut hyvin pitkäkestoinen vaikutus länsimaiseen käsitykseen tieteestä ja tiedepolitiikasta. Lopuksi pohdimme, miksi perustutkimukseen panostaminen on välttämätöntä uusien innovaatioiden syntymiselle. Artikkelin laajentaa ja syventää näin keskustelua perustutkimuksen merkityksestä uusien innovaatioiden synnylle ja käytännön sovelluksille.

Perustutkimus ja lineaarinen innovaatiokäsitys

Perustutkimuksella on monia määritelmiä ja osa niistä on varsin tieteenalasadonnaisia. Yleisesti ottaen käsitteellä ”perustutkimus” (basic research, fundamental research) viitataan nykyisin sellaisen kokeelliseen tai teoreettiseen tieteelliseen tutkimukseen, jonka välittömänä tarkoituksena ei ole tuottaa uutta tietoa, joista seuraisi suoraan jotain käytännöllistä hyötyä tai uusia sovelluksia (OECD 2015, ks. myös esim. Gulbrandsen & Kyvik 2010). Toisin kuin soveltavassa tutkimuksessa, jossa pääpaino on käytännön ongelmien ratkaisemisessa ja ratkaisujen löytämisessä tutkimus- ja kehittämistoimintaa yhdistämällä, perustutkimusta tehdään ilman suoria käytännöllisiä päämääriä. Perustutkimuksen motiivina on usein tieteellinen uteliaisuus ja oman tieteenalan teorioiden tai mallien kehittäminen. Perustutkimuksen tulokset ovat merkityksellisiä omalla tieteenalallaan siinä määrin kuin ne ovat tiedeyhteisön hyväksymiä (julkaisujen vertaisarviointi). Tietenkään perustutkimuksen ei lähtökohtaisesti tarvitse olla tieteenalasadonnaista, vaan sitä voidaan tehdä myös monitieteisessä tai tieteidenvälisessä ympäristössä. Myöskään monitieteiset asetelmat eivät siis aina ole automaattisesti ongelmalähtöisiä tai soveltavia.

Perustutkimusta ei kuitenkaan tulisi ajatella ajattomana ja tarkkarajaisena, soveltavan tutkimuksen vastakkaisena ideaalina tai teknisenä käsitteenä, jonka merkitys on itsestään selvä (esim. Schauz 2014; Gulbrandsen & Kyvik 2010; Godin 2006a). Tutkimustoiminta voidaan ymmärtää kokonaisuutena, jonka eri vaiheissa voi olla enemmän perustutkimuksen tai soveltavan tutkimuksen piirteitä. Perustutkimuksen keskeinen anti on kuitenkin tieteellisten menetelmien ja käytänteiden merkitys tutkimustulosten muodostamisessa. Nimensä mukaisesti perustutkimuksen seurauksena on rakentaa tieteellisen tiedon ”perustaa” myöhemmälle aihepiiriin liittyvälle tutkimukselle.

Huolimatta perustutkimuksen käsitteen osittain ideologisesta ja normatiivisesta luonteesta käsitettä käytetään usein annettuna ilman että huomioidaan käsitteen historiallinen yhteys tiedepolitiikkaan. Kun käsitteen käyttöä tarkastellaan osana tiedepolitiikkaa aikana, jolloin tieteelle asetetut yhteiskunnalliset odotukset ovat jatkuvasti kasvaneet, perustutkimus tulee ymmärrettäväksi yhtenä modernin tiedepolitiikan avainkäsitteistä.

Schauzin (2014) mukaan tiedepolitiikan ymmärtämässä tarkoituksessa perustutkimuksen käsite ei syntynyt perustutkimuksen piirissä, vaan vasta 1800- ja 1900-lukujen taitteessa käytännön sovelluksiin suuntautuneiden luonnontieteellisten tutkimusalojen ja teknologisiin innovaatioihin suuntautuneiden insinööritieteiden piirissä, kun tutkimukselta alettiin odottaa yhteiskunnallista hyötyä. Käsitteen käyttö yleistyi 1930-luvun lopulla ja toisen maailmansodan jälkeen perustutkimuksesta tuli tiedepolitiikan ydinkäsite Yhdysvalloissa. Käsite toimi tiedepolitiikan kollektiivisena symbolina, jonka tavoitteena oli saada taloudellista tukea tutkimukselle siitä huolimatta, että tieteen tuotokset nähtiin ennustamattomina ja epävarmoina. (Schauz 2014.)

Vuoteen 1945 asti perustutkimuksella viitattiin tiedepolitiikassa pääasiassa luonnontieteelliseen tutkimukseen, jonka keskeisimpänä tavoitteena oli kuitenkin ratkaista myös käytännön haasteita. Tavoitteena oli edistää yliopistoissa ja voittoa

tavoittelemattomissa tutkimusinstituuteissa tehtävää tutkimusta. Tutkijat hyödynsivät perustutkimuksen käsitettä vakuuttaessaan suurelle yleisölle, että tutkimus oli perusta edistykselle ja innovaatioille sekä pyrkiessään oikeuttamaan tutkimukseen suunnattavan liittovaltion rahoituksen. Samalla he kuitenkin pyrkivät säilyttämään tieteen institutionaalisen autonomian. (Schauz 2014.)

Pohdittaessa perustutkimuksen käsitteen poliittista ulottuvuutta viitataan usein Robert Mertoniin ja Michael Polanyiin. He ovat todenneet, että vain demokratia voi taata täyden tieteellisen autonomian ja että tieteellinen riippumattomuus edustaa totuuden riippumatonta auktoriteettia. (Merton 1942; Polanyi 1962).

Vannevar Bushin vuonna 1945 julkaisema tiedepolitiikan toimintasuunnitelma ”Science: The Endless Frontier” liitti perustutkimuksen käsitteen lineaariseen innovaatiokäsitykseen (Godin 2006a). Lineaarinen innovaatiomalli on yksi ensimmäisistä käsitteellisistä kehyksistä, jonka avulla pyrittiin ymmärtämään tieteen, teknologian ja talouden suhdetta. Mallin mukaan innovaatio alkaa perustutkimuksesta, jota seuraa soveltavan tutkimuksen ja kehittämisen vaihe ja joka päättyy tuotantoon ja innovaation leviämiseen. (Godin 2006a.) Bushin raportti teki näin erottelun perustutkimuksen ja soveltavan tutkimuksen välille ja keskittyi tieteen sosioekonomisiin hyötyihin. Raportissa perustutkimuksesta tuli varanto, johon soveltava tutkimus ja käytännölliset sovellukset perustuivat ja keino, jonka avulla voitiin vastata merkittäviin käytännöllisiin haasteisiin ja edistää teknologista innovaatiota. (Bush [1945] 1995.)

Bushin raportti teki perustutkimuksesta teknologisen edistyksen vauhdittajan tiedepoliittisissa keskusteluissa (Godin 2006b). Tiedepolitiikassa elvytettiin samalla Schauzin (2014) mukaan ikivanha semanttinen tieteellisten ideaalien varanto. Tieteellinen tieto eriytettiin sen mahdollisista sovelluksista ja akateeminen tutkimus pystyttiin määrittelemään yhteiseksi hyväksi, jota valtion tuli suojella – aivan kuten aiempi perustutkimuksen käsitekin oli tehnyt. Jako perustutkimukseen ja soveltavaan tutkimukseen palveli siten Yhdysvalloissa ennen kaikkea liittovaltion rahoituksen jaon linjauksena, jonka toteuttamiseksi perustettiin kansallinen tutkimussäätiö (National Science Foundation). (Schauz 2014.)

Schauz (2014) on todennut, että tieteen ihanteiden henkiin herättäminen oli reaktio sota-ajan tutkimuksen poikkeuksellisiin oloihin. Monilla tutkimusaloilla nämä ideat olivat kuitenkin ristiriidassa muuttuneiden käytäntöjen ja 1900-luvulla asetettujen vaatimusten kanssa. Erityisesti käsitys, että teknologia voitaisiin erottaa luonnontieteellisestä tutkimuksesta, vaikutti aikaansa sopimattomalta. Perustutkimuksen käsite levisi tästä huolimatta kuitenkin laajaan käyttöön, sillä se toimi diskursiivisena strategiana, joka auttoi pärjäämään vaikeissa kylmän sodan aikaisissa olosuhteissa Yhdysvalloissa. Se auttoi myös kertomaan suurelle yleisölle sekä tieteen hyödyistä yhteiskunnalle että sen riippumattomuudesta ja itsenäisyydestä liittovaltiosta ja asevoimista. Käsitteessä sana ”perus” viittaakin siihen, että tutkimus on edellytys tieteen edistymiselle, mutta samalla se pyrkii kuvailemaan tutkimuksen keskeisen merkityksen yhteiskunnalliselle ja taloudelliselle sekä teknologiselle edistykselle. (Schauz 2014.)

Ajatus perustutkimuksesta lineaarisen innovaatioprosessin alkupäänä säilyi tiedepolitiikassa hyvin pitkään elinvoimaisena, vaikka mallia kritisoitiin ja vaikka sille esitettiin vaihtoehtoja (esim. Stokes 1997; Godin 2006a; Schauz 2014). Yhdysvalloissa suuri osa tutkijoista oli kiitollisia liittovaltion tuesta, mutta siitä huolimatta perustutkimuksesta tuli 1940-luvun lopulla kiistanalainen, koska käsite elvytti vanhan, eurooppalaisen puhutavan ja keskustelun sen ideaaleista ja normeista. Samalla se

herätti eloon myös vanhat episteemiset ja sosiaaliset hierarkiat: tutkimus ymmärrettiin enemmän teoria- kuin ongelmakeskeisenä, luonnontieteet olettivat moraalista ylemmyyttä suhteessa teknisiin tieteisiin ja akateemiset tutkijat nähtiin teollisia tutkijoita moraalisesti ylempinä. (Schauz 2014.) Käsitys perustutkimuksesta johti tilastollisiin tarkasteluihin, joilla oli keskeinen merkitys valtion rahoituksen jaossa (Godin 2003; 2005). Vettel on osoittanut, että perustutkimuksen käsitystä kantavalla tiedepolitiikalla oli vaikutuksensa tutkimukseen ja se muutti esimerkiksi mikrobiologian tutkimusaiheita 1950-luvulla ja johti 1960-luvun soveltavan tutkimuksen tiedepoliittisen käänteen takia bioteknologian syntyyn (Vettel 2006). Eurooppa, joka oli perinteisesti ollut perustutkimuksen kehto 1930-luvulle asti, toimi sodan jälkeen Yhdysvalloille tieteellisenä työvoimana ja vahvuutena sekä merkittävänä kulttuurisena ja akateemisena perintönä (Gates 1958).

Schauzin (2014) mukaan perustutkimuksen käsite ei lopulta kyennyt ratkaisemaan tieteen pulmia, vaan tuotti omat sekaannuksensa ja harhaanjohtavat odotuksensa. Talouskriisi 1970-luvulla häivytti yhteiskunnan luottamusta tieteeseen edistyksen perustana ja tieteellisen objektiivisuuden yksinkertaistettu lupaus hämärsi käytännön tutkimuksen monimutkaisuutta ja sitä, että tieteellinen totuus on aina kritiikin kohteena ja kiistanalaista. Käsitteen merkityso pillinen tarkastelu osoittaa sen, että käsitteenä perustutkimus ei tavoita tutkimuksen arkea ja institutionaalista ympäristöä käytännön tasolla. (Schauz 2014.) Myös esimerkiksi Bruno Latour (1987) on esittänyt, että jako perustutkimukseen ja soveltavaan tutkimukseen on keinotekoinen eikä kykene saamaan otetta tutkijoiden ja muiden toimijoiden monimutkaisista suhteista. Peter Dear (2005) on puolestaan todennut, että modernin tieteen ideologia tulkitsee väärin luonnontieteellisen tutkimuksen todellisuutta. Hänen mukaansa luonnontieteiden välineellisen luonteen rinnalla on ensisijaisena tavoitteena kuitenkin säilynyt syvällisen tieteellisen ymmärryksen tavoite. (Dear 2005).

Lineaarisen innovaatiokäsityksen kritiikkiä

Bushin raportin käsitystä tieteestä ja teknologiasta sekä innovaatioprosessin lineaarisuudesta on kritisoinut myös Donald Stokes. Hän esitti vuonna 1997, että tieteellä ja teknologisilla innovaatioilla on osittain itsenäiset, mutta toisensa leikkaavat ulottuvuudet. Hän painotti, että tiedepolitiikassa tulisi perustutkimuksen ja soveltavan tutkimuksen erottelun sijaan tunnistaa käytöstä inspiroituvan (use-inspired) perustutkimuksen merkitys. Stokes katsoi, että tieteellisiä ja teknologisia näkökulmia voidaan ymmärtää kahtena ulottuvuutena ja että tutkimus voi samalla olla sekä perustutkimusta että soveltaa tutkimusta. Tällainen Pasteurin neliöksi nimetylle alueelle sijoittuva tutkimus pyrkii sekä tuottamaan käytännön hyötyjä että lisäämään syvällistä tieteellistä ymmärrystä. Louis Pasteur oli Stokesin mukaan paraatiesimerkki tutkijasta, joka haluaa intohimoisesti ymmärtää ja samalla edistää konkreettisten ratkaisujen löytymistä käytännön tason ongelmiin. (Stokes 1997.)

Innovaatioiden tutkimuksessa on jo pitkään esitetty empiirisiä todisteita siitä, että suurin osa innovaatioista ei itse asiassa synny lineaarisen, tutkimustyöntöisen mallin mukaisesti. Esimerkiksi Klinen ja Rosenbergin (1986) mukaan mallissa on kolme keskeistä ongelmaa. Ensinnäkin se esittää tutkimuksen innovaation veturina, vaikka suurimmassa osassa tapauksista avaintekijä löytyy käyttäjien tarpeista. Toiseksi malli aliarvioi monet käänteiset prosessit ja palautejärjestelmät teknologisessa muutoksessa. Transistoria käytetään usein esimerkkinä innovaatiosta, joka keksittiin vuosia ennen kuin sen taustalla vaikuttavat tieteelliset periaatteet kyettiin muodostamaan. Tästä

näkökulmasta on tärkeää huomata, että innovaatiot ja soveltava tutkimus voivat toimia tärkeänä syötteenä perustutkimukselle. Kolmanneksi lineaarinen malli aliarvioi tiedon kasaantumisen merkityksen innovaatioprosessissa. (Kline ja Rosenberg 1986.)

Kaiken kaikkiaan lineaarinen malli asettaa liian suuria tavoitteita perustutkimukselle ja sen suoralle sovellettavuudelle ja vaikuttavuudelle. Muun muassa Freeman (1987) on todennut, että suora linkki innovaatioiden ja perustutkimuksen välillä on pikemminkin poikkeus kuin sääntö ja että innovaatioita syntyy myös ilman tieteellisen tutkimuksen vaikutusta. Schienstock ja Hämäläinen (2001) ovat puolestaan jaotelleet mallin kritiikin seuraavasti: 1) innovaatiot nähdään poikkeuksellisina, 2) tiedon luomisen katsotaan olevan muusta inhimillisestä toiminnasta erillinen päättelyprosessi, 3) epävarmuuden haastetta ei käsitellä lainkaan, 4) tutkimus keskittyy tuotekehitykseen ja 5) yhteistyön elementtejä ei nähdä keskeisenä (Schienstock ja Hämäläinen 2001).

Vaikka tiedepolitiikassa käytettyä perustutkimuksen käsitettä ei voida pitää perustutkimuksen ideaalin synonyyminä tai tutkimuksen käytännön tason kuvaajana, sillä oli kuitenkin hyvin pitkäkestoinen vaikutus länsimaiseen käsitykseen tieteestä ja tutkimuspolitiikasta (esim. Schauz 2014; Godin 2006a). Seurauksena tiedepolitiikka kantoi mukanaan myös lineaarista innovaatiokäsitystä useiden vuosikymmenien ajan. Samoin tekivät erityisesti luonnontieteiden ja teknologian tutkijat (Godin 2006a).

Epälineaarinen innovaatiokäsitys ja osaamistalous

Taloudellinen murros 1990-luvulla teollisista rakenteista tietointensiiviseen suuntaan ja kansallisten innovaatiojärjestelmien käsitteen (national systems of innovation, NSI) (Freeman, 1987; Dosi 1988; Lundvall, 1992; Nelson, 1993; Edquist, 1997) ottaminen käyttöön teki yliopistoista ja tutkimuksesta keskeisen elinkeino- ja innovaatiopolitiikan osan (OECD 1992; 1994; 1996). Kansalliset innovaatiojärjestelmät korostivat kansallisten yritysten innovaatiokykyä ja yritysten, julkisten laboratorioden, yliopistojen, rahoittajien, koulutusjärjestelmän sekä valtion hallinnon välistä vuorovaikutusta, jossa uutta, taloudellisesti hyödyllistä tietoa tuotetaan, levitetään ja hyödynnetään (Nelson, 1993; Lundvall, 1992). Myös Suomessa yliopistot nähtiin aiempaa laajemmin innovaatioiden synnyttäjinä ja suomalaisten elinkeinojen uudistumisen vauhdittajana. Suomalaista innovaatiojärjestelmää ovat hahmotelleet esimerkiksi Autio (1998), Nieminen ja Kaukonen (2001), Schienstock ja Hämäläinen (2001) sekä Miettinen ym. (2002).

Tiedepolitiikassa alettiin puhua osaamistaloudesta (knowledge economy), joka korosti tietoa ja käytännössä tapahtuvaa oppimisprosessia (learning-by-doing, learning-by-using) sekä innovaatiojärjestelmän kykyä oppia ja laajentaa tietopohjaa.

Osaamistaloudessa tieto nähdään modernin talouden kaikkein keskeisimpänä resurssina ja oppiminen tärkeimpänä prosessina (Lundvall 1992). Vuorovaikutteinen oppiminen nähtiin myös osana kansallisten innovaatiostysteemien toimijoiden välistä vuorovaikutusta (Lundvall, 1992; Lundvall ja Johnson, 1994). Nykyisin käytössä olevan osaamistalouden käsitteen taustalla vaikuttaa D. Foray, joka yhdessä P. Davidin kanssa korosti, että tiedon leviäminen ja saavutettavuus ovat innovaatioiden syntymisen kannalta olennaisimmat tekijät (David ja Foray 1995). Innovaatiokyky ei tällöin johdu niinkään tietyn kansallisen systeemin tai instituution, kuten yliopistojen, tutkimuslaitosten tai yritysten, suorituskyvystä, vaan siitä, miten nämä ovat toistensa

kanssa vuorovaikutuksessa (Smith 1995) ja millainen niiden kyky hyödyntää saatavilla olevaa tietoa on (Lundvall ja Johnson 1994).

Kuten perustutkimuksen käsitteelle myös innovaatiolle on kuitenkin olemassa lukuisia määritelmiä. Nykykirjallisuus korostaa, että innovaatiot eivät ole ainoastaan uusia tuotteita ja teknologisia tuotantoprosesseja, vaan niillä viitataan paljon laajempaan ilmiöön, joka kattaa uudet organisaatioiden muodot ja uusien markkinoiden luomisen (Fagerberg ym. 2005). Innovaatiot on ymmärretty myös tuloksina, jotka syntyvät tietojenvaihdosta ja kertyneen tiedon yhdistämisestä uudelleen (Schumpeter 1911; Dosi ja Nelson 2010). Innovaatioiden taustalla katsotaan vaikuttavan innovaatioprosessin, joka sisältää sisäisen ja ulkoisen vuorovaikutuksen keinoin tapahtuvaa tietojen kasautumista (Kline ja Rosenberg 1986). Nykykäsityksen mukaan innovaatioprosessiin liittyy monimutkaisia ja vuorovaikutteisia suhteita tieteellisen tutkimuksen ja innovaatioiden syntymisen välillä.

Epäsuorassa innovaatioprosessissa innovaatioiden lähde voi olla missä tahansa (Edquist 1997). Esimerkiksi jo Kline ja Rosenberg (1986) korostivat palautejärjestelmiä innovaatioprosessissa ja sitä, että innovaatiot syntyvät osana vuorovaikutteisia prosesseja, jossa myöhemmät vaiheet antavat jatkuvasti palautetta prosessin aikaisemmille vaiheille. Uuden tiedon luomiseen ja innovaatioiden syntymiseen sekä taloudelliseen menestykseen liittyy olennaisesti myös oppiminen (Lundvall 1992) ja jatkuvan oppimisen nähdään tukevan innovaatiokyvyn kehittymistä (Pisano 1990; Hamel ja Prahalad 1994). Oppiminen tapahtuu vuorovaikutuksessa ja parhaimmillaan innovaatioprosessi on kollektiivinen useiden toimijoiden hanke, jossa eri toimijoilla on erilaisia taitoja ja osaamista. Uusi tieto sitoutuu oppimisen kautta osaamisena hankkeessa mukana oleviin henkilöihin ja organisaatioiden käytänteisiin. (Lundvall 1998.)

Kirjallisuudessa voidaan Alhusen ym. (2021) mukaan erottaa kaksi linjaa, joista toisessa innovatiivinen toiminta liitetään tieteen, teknologian ja innovaation väliseen logiikkaan (science-technology-innovation, STI) ja toisessa keskitytään tekemällä, käyttämällä ja vuorovaikutuksen kautta oppimiseen (doing-using-interacting, DUI) (Jensen ym. 2007; Apanasovich 2016, Alhusen ym. 2021). Tietojen virrat ja tiedonvaihto nähdään kummassakin tavassa innovatiiviselle toiminnalle luontaisena, mutta ne eroavat toisistaan siinä, millaista tietoa ajatellaan syntyvän ja vaihdettavan: STI:n mukaan prosessissa syntyy ja vaihdetaan ensisijaisesti tieteellistä, dokumentoitavaa ja siksi välitettävissä olevaa tietoa, kun taas DUI:n mukaan prosessia luonnehtii parhaiten hiljainen tieto (Cowan ym. 2000; Jensen ym. 2007; Alhusen ym. 2021). Siinä, missä eksplisiittistä tietoa voidaan välittää eteenpäin, hiljainen tieto on kokemuspohjaista ja ihmisten osaamiseen liittyvää ja siksi sitä on hankalampaa välittää eteenpäin (Polanyi 1966). Nämä kaksi innovaatiotoiminnan tapaa ovat kuitenkin käytössä rinnakkain (Jensen ym. 2007; Thomä 2017; Alhusen ja Bennat 2020). Organisaatiot, jotka yhdistelevät kumpaakin tapaa, osoittavat usein parempia kykyjä uusien innovaatioiden luomisessa (Parrilli ja Heras 2016; Thomä 2017) ja onnistuvat luomaan organisaation sisälle rutiineja, joiden kautta näitä kahdenlaista tietoa vaihdetaan ja jalostetaan (Nonaka 1994; Nonaka ja Takeuchi 1995).

STI korostaa tavoitteellista uusien ratkaisujen, kuten uusien tuotteiden ja prosessien, etsimistä (Brooks 1994) ja se sisältää käsityksen intentionaalisesta oppimisesta, joka tapahtuu esimerkiksi koulutuksen ja tutkimuksen kautta (Lundvall ja Johnson 1994). Vuorovaikutus voi olla sisäistä tai ulkoista (Malerba 1992) ja uusi tieto toimii innovaatioiden syötteenä (Alhusen ym. 2021). Oppimisen ja tiedonhankinnan kannalta edellytyksenä on riittävä vastaanottamisen kyky (Cohen ja Levinthal 1990). DUI

puolestaan lähtee siitä, että innovaatiot eivät synny yhtä tavoitteellisten, tieteellisten prosessien kautta, vaan pikemminkin tavallisen ja säännöllisen toiminnan sekä käyttäjien ja muiden toimijoiden kanssa tapahtuvan vuorovaikutuksen kautta (Jensen ym. 2007). Tuotettu tai saatu tieto osallistuu tiedon kasautumiseen ja toimii näin syötteenä innovaatioprosessissa. DUI:n oppimisprosessissa keskeistä on, että oppiminen liittyy tietoon, joka vastaa kysymyksiin ”know-how” ja ”know-who” ja prosessi keskittyy ongelmakeskeiseen oppimiseen, jossa tuotettu ja opittu tieto on usein hiljaista luonteeltaan. Tämä käsitys voidaan asettaa vastakkain STI:n oppimisprosessin kanssa, joka perustuu eksplisiittiseen ja dokumentoitavaan tietoon, joka liittyy kysymyksiin ”know-what” ja ”know-why”. (Alhusen ym. 2021.)

Tekemällä oppiminen kuvastaa prosessia, jossa tiettyä toimintaa toistetaan, mikä lisää tehtävän tuottavuutta (Arrow 1962; Thompson 2010) ja jossa epäonnistumiset ja niistä oppiminen on prosessin kannalta yhtä lailla keskeistä (Frese ja Keith 2015). Tekemällä oppiminen nostaa esiin myös yhteisoppimisen (Parrilli ja Elola 2012; Thoma ja Zimmermann 2020; Sanvik ym. 2020), jossa eri toimijat jakavat tietoja ja kokemuksia, mikä johtaa viime kädessä uuteen tietoon ja tuotteiden sekä prosessien kehittymiseen (Thompson 2010). Eri toimijat myös tunnistavat yhdessä ratkaisuja vaativia haasteita (von Hippel ja Tyre 1995). Käyttämällä oppiminen kuvastaa puolestaan prosessia, jossa vuorovaikutus tuotteiden tai palvelujen käyttäjien kanssa on keskiössä ja käyttäjien kokemukset ja tarpeet vaikuttavat tuotteiden ja palvelujen suunnitteluun ja ominaisuuksiin sekä osallistuvat tiedon kasautumiseen ja uusien innovaatioiden syntymiseen (Rosenberg 1982; Habermeier 1990; Mukoyama 2006; van der Heijden ym. 2013; Alhusen ym. 2021). Tällainen vuorovaikutuksen kautta tapahtuva oppiminen piirtää esiin innovaatioprosessin, jossa toimijoiden välinen vuorovaikutus tarjoaa mahdollisuuksia oppimiseen ja innovaatioihin myös tiedon ylläikäkkymisen, spill over - tyyppisen tiedon siirtymisen kautta (Lundvall ja Johnson 1994; Dahl ja Pedersen 2004).

Perustutkimus ja uudet innovaatiot

Monet aiemmat perustutkimusta ja innovaatioita koskevat haasteet ovat kuitenkin läsnä myös nykypäivän keskusteluissa. Uudet käsitteet, kuten Euroopan tutkimusneuvoston (ERC) ”frontier research” (Euroopan komissio 2005) ja Suomen Akatemian (SA) ”excellent science” ja ”world class research with scientific and societal impact” (Suomen Akatemia 2020) ja Strategisen tutkimuksen neuvoston (STN) ”strategic research” (Suomen Akatemia 2021), kertovat niistä odotuksista, joita tieteelle ja tutkimukselle nykypäivänä asetetaan sekä määrittävät päätöksentekoa siitä, millaista tutkimusta julkisin varoin rahoitetaan. Samalla käsitys perustutkimuksesta osana innovaatioprosessia näyttäisi kuitenkin korostavan lineaaristen prosessien ja toimijoiden välisten ketjujen rinnalla vuorovaikutusta ja sen kautta tapahtuvaa vaikuttavuutta, jota lähestytään moniulotteisten, toisiinsa kytkeytyneiden toimijoiden muodostamien ekosysteemien, osaamiskeskittymien ja tutkimus- ja innovaatioalustojen näkökulmista. Vuorovaikutusta eri toimijoiden välillä ei enää nähdä ainoastaan yksisuuntaisena, perustutkimuksesta käytäntöä kohti suuntautuvana, vaan jatkuvana ja arkiseen toimintaan kytkeytyvänä dynaamisena prosessina.

Suomessa yliopistojen kolmas tehtävä, yhteiskunnallinen vuorovaikutus, kirjattiin yliopistolakiin vuonna 2009 ja vuorovaikutus yhteiskunnan kanssa otettiin osaksi suomalaisten yliopistojen tulosohtausta 2000-luvulla. Tänä päivänä tutkimusta ja tiedettä ohjataan keskittymään maailmanlaajuisten ja suurten yhteiskunnallisten haasteiden ratkaisemiseen missiopohjaisesti. Tämä tavoite on esillä esimerkiksi

Euroopan komission Pascal Lamyn johtaman tutkimus- ja innovaatiopoliittisen työryhmän raportissa (2017), Carlos Moedasin johdolla linjatuissa Euroopan unionin tutkimus- ja innovaatiopolitiikan tavoitteissa (2016) ja uudessa Horizon Europe - tutkimus- ja innovaatio-ohjelmassa. Suomessa nämä tavoitteet näkyvät esimerkiksi tuoreessa opetus- ja kulttuuriministeriön (OKM) Korkeakoulutus ja tutkimus 2030 -visiotyössä ja suomalaisten yliopistojen strategioissa. Myös esimerkiksi Suomen Akatemian Tieteen tila 2016 -raportti nostaa tutkimuksen vaikuttavuuden erityisteemaksi ja kuvaa vaikuttavuuden eri reittejä ja tieteen erilaisia rooleja yhteiskunnassa maailmankuvan ja sivistyksen rakentajana, vaurauden ja hyvinvoinnin lähteenä, päätöksenteon perustana ja käytäntöjen kehittäjänä. Yliopistot ovatkin yhä enenevässä määrin pyrkineet määrittelemään ja kuvaamaan vaikuttavuuttaan ja rooliaan yhteiskunnassa kyetäkseen viestimään tutkimuksen yhteiskunnallista merkitystä ja todentaakseen yhteiskunnallisia hyötyjä yliopistojen julkisen rahoituksen oikeuttamiseksi.

Perustutkimuksen merkityksen esille nostaminen uusien innovaatioiden syntymiselle ja tutkimuksen yhteiskunnalliselle vaikuttavuudelle on tiedeyhteisölle nykyisin haasteellisempaa. Tutkimukseen on aiemmin ohjattu rahoitusta ja sen autonomiaa on perusteltu yksinkertaisemman lineaarisen innovaatiomallin ja perustutkimuksen sekä soveltavan tutkimuksen vastakkainasettelun keinoin. Kun käytettävissä oleva julkinen rahoitus on vähentynyt, tutkijoilla ja yliopistoilla on luonnollisesti tarve osoittaa tutkimuksen ja päätöksentekijöiden innovaatioita ja taloudellista kasvua koskevien tavoitteiden välinen suora yhteys. Kuten tässä artikkelissa on aiemmin kuvattu, perustutkimuksen ja innovaatioiden syntymisen väliset yhteydet ovat kuitenkin useimmiten epäsuoria. Tämä ei kuitenkaan tarkoita, että perustutkimuksen merkitys uusien innovaatioiden syntymisessä olisi vähäisempi, vaan pikemminkin vahvistaa niitä perusteluja, joita perustutkimuksen tukemiselle julkisin varoin voidaan innovaatioita koskevan tutkimuksen perusteella esittää.

Lineaarisisessa, tutkimustyöntöisessä mallissa yliopistot ja perustutkimus nähtiin innovaatioketjun alkupäänä ja soveltavan tutkimuksen perustana. Tämän yhteyden katsottiin mahdollistavan suoran yhteyden teknologian siirron, käytännön sovellusten ja innovaatioiden välillä ja edelleen myös vaikutukset poliittiseen päätöksentekoon ja eri sidosryhmiin sekä laajempaan yhteiskunnalliseen vaikuttavuuteen. Nykyisissä tutkimus- ja innovaatioekosysteemeissä, tutkimus- ja innovaatioalustoissa ja osaamiskeskittymissä korostetaan puolestaan rutiinien, oppimisen ja vuorovaikutuksen merkitystä uuden luomisessa ja innovaatioiden syntymisessä ja vuorovaikutusrakenteet tukevat myös yhteiskehittämistä.

Epälineaarisen innovaatiokäsityksen näkökulmasta perustutkimuksella on hyvin merkittävä asema näissä laajemmissa kollektiivisissa hankkeissa, jotka tavoittelevat uusia innovaatioita ja taloudellista kasvua. Tavat hahmottaa tutkimuksen ja innovaatioiden monimutkaista ja dynaamista yhteyttä mutta myös laajemmin tutkimuksen vaikuttavuutta nostavat esiin perustutkimuksen merkityksen jo lähtökohta-asettelussa, jossa korostetaan yhteiskunnallista relevanssia ja yhteiskunnan tarpeita: tieteellisellä tutkimuksella on merkityksensä myös niiden yhteiskunnallisten haasteiden tunnistamisessa, joihin haetaan ratkaisuja uusilla tutkimuksen rahoitusohjelmilla, kuten STN:n strategisen tutkimuksen ohjelmat ja nuorempi Suomen Akatemian SA:n lippulaivaohjelma. Kun perustutkimusta ajatellaan osana laajempia ekosysteemejä, innovaatioalustoja ja osaamiskeskittymiä, voidaan näiden kollektiivien ytimen nähdä muodostuvan perustutkimuksen tuottamasta tieteellisestä tiedosta ja tieteellisen koulutuksen kautta syntyvästä osaamisesta.

Uusia innovaatioita ja ratkaisuja yhteiskunnallisiin haasteisiin lähdetään etsimään tieteellisen tiedon ytimeä käsin ja uutta tieteellistä tutkimusta tarvitaan erityisesti tilanteissa, joissa olemassa oleva tieteellinen tieto ei kykene vastaamaan näihin tarpeisiin. Perustutkimus muodostaa toisin sanoen olemassa olevan tieteellisen tiedon varannon ja sillä on siten epäsuoria vaikutuksia innovaatioiden syntymiselle. On kuitenkin erittäin tärkeää tiedostaa, että nämä vaikutukset eivät välttämättä ole välittömiä lyhyellä aikavälillä realisoituvia hyötyjä. Perustutkimuksen vaikutukset uusiin innovaatioihin ja yhteiskunnan hyvinvointiin paljon laajemminkin voivat syntyä myös hyvin pitkällä aikavälillä. Näissä kollektiivisissa hankkeissa perustutkimus voi tietenkin myös suoraan johtaa innovaatioiden syntymiseen ja innovaatiot voivat vaikuttaa perustutkimukseen.

Samalla perustutkimuksen ja uusien innovaatioiden dynaaminen ja monimutkainen yhteys korostaa kuitenkin myös eri toimijoiden ja yksilöiden osaamista ja taitoja, jotka ovat ratkaisevassa asemassa tieteellisen tiedon hyödyntämisessä ja eri toimijoiden tieteellisen tiedon vastaanottamisen kyvyn lisäämisessä. Innovaatioprosessissa perustutkimuksen hyödyntäminen vaatii tietynlaista osaamista ja kokemusta. Perustutkimuksella onkin erittäin suuri vaikutus innovaatioiden syntyyn myös tieteellisen koulutuksen kautta, jonka keinoin mahdollistetaan riittävä oppimisen ja tiedon hyödyntämisen ja vastaanottamisen kyky. Perustutkimukseen panostamista voidaan toisin sanoen perustella myös tieteellisen koulutuksen kautta syntyvällä erityisosaamisella. Tällä saattaa myös olla suurempi merkitys uusien innovaatioiden syntymisessä kuin nykykeskustelut antaisivat olettaa.

Myös perustutkimusta tekevien organisaatioiden ja niiden sidosryhmien välistä vuorovaikutusta, tekemällä ja käyttämällä sekä yhdessä oppimista tukevat ja lisäävät rakenteet ja käytännöt edistävät uusien innovaatioiden syntyä ja ratkaisuja vaativien haasteiden tunnistamista. Samalla näiden perustoimintojen ja rakenteiden pysyvyys synnyttää ymmärrystä tieteellisestä tiedosta ja luottamusta tieteeseen, jota suurilla riskeillä sisältävä perustutkimus ja uudet innovaatiot tarvitsevat edellytyksikseen. Näin sallitaan kokeilun ja erehdyksen sekä epäonnistumisten kautta tapahtuva tiedon luominen ja innovaatioiden syntyminen. Uuden luomisessa ja oppimisessa myös epäonnistuminen on innovaatioprosessin näkökulmasta keskeistä.

Perustutkimuksen asemaa innovaatioiden syntymiselle tulee perustella myös kulttuuristen argumenttien kautta. Perustutkimus on paljon enemmän kuin yhteiskunnan lyhyen aikavälin tarpeiden tyydyttäjä ja sillä on tutkimuksen hyötyä korostavien näkökulmien rinnalla erittäin suuri merkitys sivistyksen mahdollistajana ja ylläpitäjänä. Meretojan (2019) mukaan sivistys on kykyä tarkastella maailmaa eri näkökulmista ja se kutsuu tutkijoita ja sidosryhmiä aitoon dialogiin, jossa ei pyritä voittamaan väittelyä omilla argumenteilla, vaan pureutumaan keskusteltavaan asiaan yhdessä niin, että ymmärrys siitä lisääntyy, eri näkökulmat täydentävät ja vahvistavat toisiaan ja eri osapuolten ymmärrys asiasta kasvaa. Välineellisen järjenkäytön hallitsemassa yhteiskunnassa, jossa asioita perustellaan niiden lyhyen aikavälin välittömällä taloudellisella hyödyllä, tulisi muistaa, että talouden pitäisi olla vain väline hyvään elämään, ei itseisarvo. (Meretoja 2019.)

Yhteenveto ja johtopäätökset

Tämän artikkelin tavoitteena on ollut laajentaa ja syventää keskustelua perustutkimuksen merkityksestä yhteiskunnan hyvinvoinnille. Aluksi tarkastelimme sitä, mitä perustutkimus on ja miten perustutkimus tulee ymmärrettäväksi osana

lineaarista ja epälineaarista innovaatiokäsitystä. Totesimme, että tiedepolitiikan perustutkimuksen käsitteellä on ollut hyvin pitkäkestoinen vaikutus länsimaiseen käsitykseen tieteestä, vaikka tiedepolitiikassa käytettyä perustutkimuksen käsitettä ei voida pitää perustutkimuksen ideaalin synonyyminä tai tutkimuksen käytännön tason kuvaajana. Lopussa pohdimme tieteen ja teknologian sekä innovaatiotutkimuksen näkökulmista sitä, miksi perustutkimukseen panostaminen on välttämätöntä uusien innovaatioiden syntyminen kannalta.

Kuten kaikki käsitteet ja mallit myös perustutkimuksen käsite ja erilaiset mallit innovaatioprosesseista ovat aina yksinkertaistuksia todellisuudesta. Perustutkimuksen ja innovaatioiden välinen suhde on todellisuudessa paljon monimutkaisempi kuin keskustelut ajoittain antaisivat olettaa. Suurin haaste keskusteluissa perustutkimuksen merkityksestä on ymmärtää perustutkimuksen todellinen arvo käytännön sovellusten ja uusien innovaatioiden näkökulmasta. Tie tutkimuksesta innovaatioksi on valtavan pitkä ja yhteiskunnallista vaikuttavuutta tapahtuu vasta useiden vuosikymmenien päästä. Yhtä suuri haaste on onnistua viestimään tämä ilmiö paitsi tutkimuksen rahoittajille ja muille yhteiskunnan eri toimijoille, mutta myös yliopistoille ja tutkijoille itselleen. Omana pulmana asiassa on perustutkimuksen ja innovaatioiden välisen dynamiikan heikko mallinnettavuus ja mitattavuus. Tästä syystä vaarana on ajautua ”mitä ei mitata, sitä ei ole olemassa” -ajattelutavan mukaisiin toimintamalleihin.

Nykypäivän tavoissa hahmottaa tiedettä on edelleen nähtävissä ikivanha vastakkainasettelu älyllisen ja käytännöllisen työn välillä, jotka on jo muinaisten kreikkalaisten ajoista asti ymmärretty vastakkaisessa suhteessa toisiinsa. Tällainen hierarkkinen vastakkainasetteluihin pohjaava ymmärrys maailmasta, jossa teoriaa arvostetaan yli käytännön, on juurtunut vahvasti sosiaaliin käytäntöihin ja älylliseen ajatteluun (esim. Arendt 1958; Lloyd 1966; Lobkowitz 1967). Sen sijaan, että keskusteluissa perustutkimus asetetaan vastakkain soveltavan tutkimuksen ja käytännön sovellusten kanssa, tieteen ja tutkimuksen näkökulmasta olisi hedelmällisempää lähestyä perustutkimuksen merkitystä paitsi syvällisen tieteellisen ymmärryksen lisäämisen tavoitteesta käsin myös käytännön sovellusten ja uusien innovaatioiden epäsuorien ja dynaamisten yhteyksien kautta. Näin voitaisiin parhaimmillaan synnyttää aitoa vuorovaikutusta ja sitoutumista yhteisiin tavoitteisiin tutkijoiden, opiskelijoiden, yliopistojen ja eri toimijoiden välillä.

Lähteet

Alhusen, H. ja Bennat, T. (2020). Combinatorial innovation modes in SMEs: mechanisms integrating STI processes into DUI mode learning and the role of regional innovation policy. *European Planning Studies* 3 (1), 1–27.

Alhusen, H., Bennat, T., Bizer, K., Cantner, U., Horstmann, E., Kalthaus, M., Proeger, T., Sternberg, R. ja S. Töpfer (2021). A New Measurement Conception for the ‘Doing-Using-Interacting’ Mode of Innovation, *Research Policy*, Volume 50, Issue 4, <https://doi.org/10.1016/j.respol.2021.104214>

Apanasovich, N. (2016). Modes of Innovation. A Grounded Meta-Analysis. *Journal of the Knowledge Economy* 7 (3), 720–737.

Arendt, H. 1958. *The human condition*. Chicago, IL: Chicago University Press.

- Arrow, K.J. (1962). The Economic Implications of Learning by Doing. *The Review of Economic Studies* 29 (3), 155.
- Autio, E. (1998). Evaluation of RTD in Regional Systems of Innovation. *European Planning Studies* 6:2, 131–140.
- Brooks, H. (1994). The relationship between science and technology. *Research Policy* 23 (5), 477–486.
- Bush, V. (1945). Science. The endless frontier. A report to the president. Washington, DC: United States Government Printing Office.
- Cohen, W.M. ja Levinthal, D.A. (1990). Absorptive Capacity: A New Perspective on Learning and Innovation. *Administrative Science Quarterly* 35 (1), 128.
- Cowan, R., David, P.A. ja Foray, D (2000). The explicit economics of knowledge codification and tacitness. *Industrial and Corporate Change* 9 (2), 211–253.
- Dahl, M.S. ja Pedersen, C.Ø.R. (2004). Knowledge flows through informal contacts in industrial clusters: myth or reality? *Research Policy* 33 (10), 1673–1686.
- David, P. ja D. Foray (1995). Assessing and Expanding the Science and Technology Knowledge Base, *STI Review* 16.
- Dear, P. (2005). What is the history of science the history of? *ISIS* 96, 390–406.
- Dosi, G. (1988). *Technical Change and Economic Theory*, London: Pinter.
- Dosi, G. ja R.R., Nelson (2010). Technical Change and Industrial Dynamics as Evolutionary Processes. Teoksessa: Hall, B.H., Rosenberg, N. (Toim.), *Handbook of the economics of innovation*, Vol. 1. North Holland, Amsterdam, pp. 51–127.
- Edquist, C. (Toim.) (1997). *Systems of Innovation: Technologies, Institutions and Organizations*, London: Pinter.
- Euroopan komissio (2005). High-Level Expert Group. 2005. Frontier research: The European Challenge. High-Level Expert Group report. Brussels: European Commission.
- Euroopan komissio (2016). Open innovation, open science, open to the world. A vision for Europe. Directorate-General for Research and Innovation, European Commission.
- Euroopan komissio (2017). LAB–FAB–APP – Investing in the European future we want. Report of the independent High Level Group on maximising the impact of EU Research ja Innovation Programmes. European Commission, Directorate-General for Research and Innovation.
- Fagerberg, J., D.C. Mowery ja R.R. Nelson (Toim.) (2005). *The Oxford Handbook of Innovation*. Oxford: Oxford University Press.
- Freeman, C. (1987). *Technology Policy and Economic Performance: Lessons from Japan*. London: Pinter.
- Frese, M. ja Keith, N. (2015). Action errors, error management, and learning in organizations. *Annual review of psychology* 66, 661–687.
- Gates, D. M. (1958). Basic research in Europe. Different countries favor different systems for the support and organization of scientific work. *Science* 128, 227–235. <https://doi.org/10.1126/science.128.3318.227>
- Godin, B. (2003). The Emergence of Science and Technology Indicators: Why Did Governments Supplement Statistics with Indicators? *Research Policy* 32 (4), 679–691

- Godin, B. (2005). *Measurement and statistics on science and technology*. London: Routledge.
- Godin, B. (2006a). The Linear Model of Innovation. The Historical Construction of an Analytical Framework. *Science, Technology, & Human Values* 31, 6, 639–667.
- Godin, B. (2006b). The Knowledge-Based Economy: Conceptual Framework or Buzzword? *Journal of Technology Transfer*, 31: 17–30 <https://doi.org/10.1007/s10961-005-5010-x>
- Gulbrandsen, M. ja S. Kyvik (2010). Are the concepts basic research, applied research and experimental development still useful? An empirical investigation among Norwegian academics, *Science and Public Policy*, Volume 37, Issue 5, June 2010, Pages 343–353, <https://doi.org/10.3152/030234210X501171>
- Habermeier, K.F. (1990). Product use and product improvement. *Research Policy* 19 (3), 271–283.
- Hamel, G. ja Prahalad, C. K. (1994). *Competing for the future*. Boston: Harvard Business School Press.
- Jensen, M.B., Johnson, B., Lorenz, E. & Lundvall, B.-Å. (2007). Forms of knowledge and modes of innovation. *Research Policy* 36 (5), 680–693.
- Kline, S. J. ja Rosenberg, N. (1986). An overview of innovation. Teoksessa: Landau, R. ja Rosenberg, N. (Toim.) (1986). *The Positive Sum Strategy. Harnessing Technology for Economic Growth*. Washington, DC: National Academy Press. 275-305.
- Latour, B. (1987). *Science in action*. Cambridge/MA: Cambridge University Press.
- Lloyd, G. E. R. 1966. *Polarity and analogy: Two types of argumentation in early Greek thought*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Lobkowicz, N. 1967. *Theory and practice: History of a concept from Aristotle to Marx*. London: University of Notre Dame.
- Lundvall, B.-Å. (1988). Innovation as an Interactive Process: From User-Producer Interaction to the National Systems of Innovation. Teoksessa: Dosi, G., Freeman, C., Nelson, R. R., Silverberg, G. & Soete, L. (Toim.). *Technical Change and Economic Theory*. London and New York: Pinter.
- Lundvall, B.-Å. (1992). Introduction. Teoksessa: Lundvall, B.-Å. (Toim.) *National systems of innovation: Towards a theory of innovation and interactive learning*. London: Pinter Publishers.
- Lundvall, B.-Å. (Toim.) (1992). *National systems of innovation: Towards a theory of innovation and interactive learning*. London: Pinter Publishers.
- Lundvall, B.-A. ja B. Johnson (1994) 'The Learning Economy,' *Journal of Industry Studies* 1(2), 23–42.
- Lundvall, B.-Å. (1998). Why Study National Systems and National Styles of Innovation? *Technology Analysis & Strategic Management* 10:4, 407–421.
- Malerba, F., 1992. Learning by firms and incremental technical change. *The Economic Journal* 102 (413), 845–859.
- Meretoja, H. (2019). Profiloidutaan sivistysyliopistoksi. Turun yliopiston blogi 17.5.2019. <https://blogit.utu.fi/utu/2019/05/17/profiloidutaan-sivistysyliopistoksi/>

- Merton, R. K. (1942). A note on science and democracy. *Journal of Legal and Political Sociology* 1, 115–126.
- Miettinen, R., Lehenkari, J., Hasu, M. & Hyvönen, J. (2002). *Osaaminen ja uuden luominen innovaatioverkoissa – tutkimus kuudesta suomalaisesta innovaatiosta*. Sitra 226. Vantaa: Taloustieto Oy.
- Mukoyama, T. (2006). Rosenberg’s “learning by using” and technology diffusion. *Journal of Economic Behavior & Organization* 61 (1), 123–144.
- Nelson, R.R. (Toim) (1993). *National Innovation Systems: A Comparative Analysis*, Oxford: Oxford University Press.
- Nieminen, M. ja Kaukonen, E. (2001). Universities and R&D networking in a knowledge-based economy: a glance at Finnish developments. Sitra report series 11.
- Nonaka, I. (1994). A Dynamic Theory of Organizational Knowledge Creation. *Organization Science* 5:1, 14–37.
- Nonaka, I. ja Takeuchi, H. (1995). *The Knowledge Creating Company: How Japanese Companies Create the Dynamics of Innovation*. USA: Oxford University Press.
- OECD (1992). *National Systems of Innovation: Definitions, Conceptual Foundations and Initial Steps in a Comparative Analysis*, DSTI/STP, 15, Paris: OECD.
- OECD (1994). *National Innovation Systems: Work Plan for Pilot Case Studies*, DSTI/STP/TIP, 16, Paris: OECD.
- OECD (1996). *National Innovation Systems: Proposals for Phase II*, DSTI/STP/TIP, 11, Paris: OECD.
- OECD (2015). *Frascati Manual 2015: Guidelines for Collecting and Reporting Data on Research and Experimental Development, The Measurement of Scientific, Technological and Innovation Activities*, OECD Publishing, Paris.
- OKM (2017). *Korkeakoulutus ja tutkimus 2030-luvulle. Taustamuistio korkeakoulutuksen ja tutkimuksen 2030 visiotyölle*. Opetus- ja kulttuuriministeriö 2017. <https://minedu.fi/korkeakoulutuksen-ja-tutkimuksen-visio-2030>
- Parrilli, M.D. ja Heras, H.A. (2016). STI and DUI innovation modes. Scientific-technological and context-specific nuances. *Research Policy* 45 (4), 747–756.
- Parrilli, M.D. ja Elola, A. (2012). The strength of science and technology drivers for SME innovation. *Small Business Economics* 39 (4), 897–907.
- Pisano, G. P. (1990). The R&D Boundaries of the Firm: An Empirical Analysis. *Administrative Science Quarterly* 35, 153–176.
- Polanyi, M. (1962). The republic of science. Its political and economic theory. *Minerva* 1, 54–73.
- Polanyi, M. (1966). *The Tacit Dimension*. Gloucester, MA.
- Rosenberg, N. (1982). Learning by using. *Teoksessa*: Rosenberg, N. (Toim.) *Inside the Black Box: Technology and Economics*. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 120–140.
- Sandvik, J.J., Saouma, R.E., Seegert, N.T. ja Stanton, C.T. (2020). Workplace knowledge flows. *The Quarterly Journal of Economics* 135 (3), 1635–1680.

- Schauz, D. (2014). What is Basic Research? Insights from Historical Semantics. *Minerva* 52, 273–328 <https://doi.org/10.1007/s11024-014-9255-0>
- Schienstock, G. ja Hämäläinen, T. (2001). Transformation of the Finnish Innovation System: A Network Approach. Sitra report series 7. Helsinki: Hakapaino Oy.
- Schumpeter, J.A. (1911). *Theorie der wirtschaftlichen Entwicklung [Theory of economic development]*. *Theorie der wirtschaftlichen Entwicklung*. Duncker & Humbolt, Leipzig.
- Smith, K. (1995). Interactions in Knowledge Systems: Foundations, Policy Implications and Empirical Methods, *STI Review* 16.
- Suomen Akatemia (2020). Academy Programmes 2020. <https://www.aka.fi/globalassets/2-suomen-akatemia-toiminta/4-julkaisut/julkaisut/academy-programmes.pdf>
- Suomen Akatemia (2021). Strategic Research – research-based knowledge for society. Suomen Akatemian verkkosivu: <https://www.aka.fi/en/strategic-research/> (haettu 11.3.2021)
- Stokes, D. E. (1997). Pasteur’s quadrant. Basic science and technological innovation. Washington, DC: Brookings Institution Press.
- Thomä, J. (2017). DUI mode learning and barriers to innovation—A case from Germany. *Research Policy* 46 (7), 1327–1339.
- Thomä, J. ja Zimmermann, V. (2020). Interactive learning – The key to innovation in non- R&D-intensive SMEs? A cluster analysis approach. *Journal of Small Business Management* 58 (4), 747–776.
- Thompson, P. (2010). Learning by Doing. *Teoksessa*: Hall, B.H., Rosenberg, N. (Toim.) *Handbook of the economics of innovation 1*. North Holland, Amsterdam, pp. 429–476.
- Nuutinen, A., Mälkki, A., Huutoniemi, K. ja J. Törnroos (Toim.) (2016) *Tieteen tila 2016*. Suomen Akatemia 2016.
- Van der Heijden, G.A., Schepers, J.J., Nijssen, E.J. ja Ordanini, A. (2013). Don’t just fix it, make it better! Using frontline service employees to improve recovery performance. *Journal of the Academy of Marketing Science* 41 (5), 515–530.
- Vettel, E. J. (2006). Biotech. The countercultural origins of an industry. Philadelphia: University of Pennsylvania Press.
- von Hippel, E. ja Tyre, M.J. (1995). How learning by doing is done: problem identification in novel process equipment. *Research Policy* 24 (1), 1–12.