

Perustutkimuksen vaikuttavuus ja aikaikkunan haaste

■ Markku Löytönen

Toisen maailmansodan jälkeisinä vuosikymmeninä olemme tottuneet vakaaseen kehitykseen, vaurauden karttumiseen ja sen kohtuullisen tasaiseen jakautumiseen suomalaisessa yhteiskunnassa. Niinpä pitkään jatkuneesta suotuisasta suhdannekehityksestä huolimatta ennätysellisen suuret irtisanomiset ovat hämmästyttäneet pitkin 1990- ja 2000-lukua. Teollisten työpaikkojen huomiota herättävä siirtyminen pois vanhoista teollisuusmaista nopeasti kehittyviin Aasian maihin ja niin kutsuttuihin siirtymätalouksien maihin onkin ollut toistuva aihe uutisissa ja artikkeleissa sekä radio- ja televisio-ohjelmissa jo monen vuoden ajan.

Työn tekemisen sisältö ja työskentelyn tavat ovat muuttuneet nopeasti viimeisten kahdenkymmenen vuoden aikana kaikissa teollisuusmaissa. Ennen niin yleisiä työnimikkeitä, kuten esimerkiksi konekirjoittaja tai lävistäjä, ei oikeastaan ole jäljellä. Vaikka kyselytutkimusten mukaan suomalaisten luottamus oman perheen talouteen on vakaa, yhä useammin arkipuheissa pohditaan Suomen tulevaisuutta; millä keinoilla aiomme turvata hyvinvointivaltion tulevaisuuden väestön ikääntyessä ja huoltosuhteen heikentyessä Japanin jälkeen toiseksi nopeimmin koko maailmassa. Utisointiin lähes poikkeuksetta kytkeyty sana, globalisaatio, on osin epätasällinen, melko abstrakti ja usein niin monimerkityksellinen, että kuulija ei aina voi varmuudella sanoa, mitä tarkkaan ottaen puhuja sanalla tarkoittaa puheena olevassa kontekstissa. Yhtäkaikki, kyse on väljästi ottaen muun muassa siitä, että halvempien tuotantokustannusten maat houkuttelevat teollisia työpaikkoja pois kalliiden tuotantokustannusten maista, kuten Suomesta.

Tutkimuksella ja koulutuksella menestykseen

Mitä meidän nyt sitten pitäisi tehdä, jotta selviäisimme kansakuntien välisessä kilpailussa hyvinvoinnista ja vauraudesta? Nähdäkseni meillä on vain yksi tie, jota voimme seurata. Ja tämä on se tie, jolla me olemme olleet käytännöllisesti katsoen koko toisen maailmansodan jälkeisen ajan. Vain panostamalla tieteelliseen tutkimukseen ja siihen perustuvaan koulutukseen sekä kehittämällä koulutus- ja innovaatiojärjestelmäämme voimme synnyttää uutta taloudellista toimintaa ja tarjota työtä kansalaisille.

Tämä yksinkertainen keino on toki oivallettu kaikissa teollisuusmaissa, jotka painivat suurten ikäluokkien eläköitymisen ja yhä ankarammassi käyvän taloudellisen kilpailun luonnehtimassa tilanteessa. Kaikki teollisuusmaat myöskin mieltivät hyvin samankaltaisia strategioita selviytyäkseen tilanteesta mahdollisimman hyvin. Yksi kilpailun strategioista on pyrkiä lyhentämään aikaa, joka kuluu perustutkimuksen piirissä tehtävistä oivalluksista siihen hetkeen, kun nämä sellaisenaan tai yhdessä monien muiden oivallusten kanssa voidaan myydä eteenpäin valmiina tuotteena tai palveluna, osaamisena tai jossain muussa muodossa, joka synnyttää meille vientituloja.

Aikaikkunan haaste

Perustutkimuksen näkökulmasta tässä ei ole mitään ongelmaa. Olemme mielellämme näissä talkoissa mukana, aivan kuten yliopistolaki meidät siihen velvoittaa. Mutta asiaan liittyy seikka, joka on osoittautunut päätöksenteon tasolla vaikeaksi ymmärtää; kyse on aikaikkunasta. Perustutkimuksessa me emme koskaan tiedä, milloin ja mihin tutkimuksen oivalluksia voi-

daan tai tullaan käyttämään. Ja vaikka me osaisimme kertoa, että tämä tai tuo oivallus juuri nyt ratkaisee tietyn ongelman vaikkapa jonkin ympäristötekniikan kehittämisessä, meillä ei ole mitään keinoa tietää, mihin näitä samoja oivaluksia käytetään kahdensadan vuoden kuluttua. Tätä asiaa – perustutkimuksen tavattoman pitkää aikaikkunaa – on monien vaikea ymmärtää.

On täysin ymmärrettävää, että päätöksentekijät haluavat parantaa asioita mahdollisimman nopeasti – sehän on heidän tehtävänsä ja velvollisuutensa. Esimerkiksi nyt päätymässä olevan talouden laskusuhdanteen vaikutuksia lievennettiin laajan kansainvälisen yhteistyön kautta ja niin nopeasti ja tehokkaasti kuin se oli mahdollista globalisoitumisen haasteet muistaten. Ja juuri tätä me poliitikoiltamme odotamme: nopeaa päätöksentekoa, kun on sellaisen aika.

Suomalaisessa politiikassa on siirrytty malliin, jossa hallitukset työskentelevät pääsääntöisesti koko eduskuntakauden. Hallitusohjelman kirjataan ne tavoitteet, joista päästään yhteisymmärrykseen, ja nuo tavoitteet sitten toteutetaan annetussa aikaikkunassa eli tulevan neljän vuoden aikana. Poliitiikka on näin muuttunut jäsenyntyneemmäksi ja suunnitelmallisemmaksi menneisiin vuosikymmeniin verrattuna, mikä on hyvä asia. Toisaalta suomalaisessa poliittisessä keskustelussa näkyy myös selvästi, kuinka poliitikkojen on hyvin vaikea hyväksyä meille tutkijoille itsestään selvää asiaa; perustutkimus on aina enemmän tai vähemmän riskirahoitusta, joka saattaa muuntua kaupallisesti hyödylliseksi viiden vuoden kuluttua, sadan vuoden kuluttua – tai ei milloinkaan. Tarkastelen asiaa kahden esimerkin valossa.

Kyykkäärmeitä, pupujusseja ja verenpainetta¹

Suomalainen Robert Tigerstedt (1853–1923) ja ruotsalainen Per Bergman (1877–1957) tutkivat munuaisten merkitystä verenpaineen säätelyssä Karoliinisessa instituutissa, Tukholmassa. Ruis-kutettuaan munuaisuutetta kaneihin, he havaitsivat eläinten verenpaineen nousevan huomattavasti. Havaintonsa perusteella he päättelivät, että munuaiset erittävät hormonia, joka nostaa

verenpainetta. Tulokset julkaistiin vuonna 1898 ja aine nimettiin reniiniksi.

Seuraavan kerran asiaan palattiin vasta 1950-luvulla. Tuolloin todettiin, että reniini on itse asiassa valkuaisaineita hajottava entsyymi. Yhdysvalloissa Irvine Page (1901–91) tutkimusryhmineen selvitti reniini-angiotensiini-järjestelmän toiminnan. Kun veren tilavuus keuhossa laskee, munuaiset erittävät reniiniä. Reniini hajottaa tietyn veriproteiinin, jolloin syntyy angiotensiini I -niminen yhdiste. Tätä pientä, kymmenen aminohappoa sisältämää peptidiä hajottaa toinen entsyymi nimeltään angiotensiini konvertaasi entsyymi eli ACE. Tämän seurauksena syntyy kahdeksan aminohappoa sisältävä peptidi nimeltään angiotensiini II, joka on tehokkain tunnettu verenpainetta nostava hormoni. Oivallus sai maailmanlaajuista huomiota ja reniinijärjestelmän vaikutuksia erinäisissä sairauksissa ryhdyttiin tutkimaan laajasti.

Lääke korkean verenpaineen hoitamiseksi syntyi kuitenkin sattumalta ja monen mutkan kautta. 1960-luvulla Brasilian aarniometsissä raivattiin maata banaaniviljelmiä varten. Moni raivaaja sai pureman eräästä kyykkäärmeestä (*Bothrops jararaca*). Työmaalla toimiva lääkäri havaitsi verenpaineen laskevan voimakkaasti pureman seurauksena. Brittiläinen fysiologi John Vane (1927–2004, vuoden 1982 nobelisti) sai havainnoista vihiä ja löysikin verenpaineen laskulle selityksen. Käärmeen myrkyssä oli peptidi, joka esti ACE-entsyymien toiminnan.

Squibbin lääketutkimusinstituutissa (nyk. Bristol-Mayers Squibb) Yhdysvalloissa taas kiinnostuttiin Vanen havainnosta. Kahdelle nuorelle biokemistille, David Cushmanille (1939–2000) ja Miguel Ondettille (1930–2004), annettiin tehtäväksi selvittää peptidin luonnetta. He eristivät käärmeen myrkyssä esiintyvät peptidit ja havaitsivat, että toimivin yhdiste oli yhdeksän aminohappoa sisältävä peptidi. Ainetta ruiskutettiin Columbian yliopiston Medical Centerissä korkeaa verenpainetta sairastaviin potilaisiin. Seurauksena oli voimakas verenpaineen lasku. Lääkkeeksi peptidi ei kuitenkaan soveltunut, koska se ei imeytynyt suun kautta annettuna. Peptidiä yritettiin muokata ja suuri määrä lääk-

keitä testattiin onnistumatta löytämään sopivaa yhdistettä.

Lopulta Cushmanin ja Ondettin esimiehet kyllästyiivät ja siirsivät heidät muihin tehtäviin. Tutkijat eivät kuitenkaan lannistuneet, vaan jatkoivat työtään salaa tutkimalla ACE-entsyymien rakennetta. He havaitsivat, että se muistuttaa ruoansulatuksessa toimivaa karboksipeptidaasia. Yhdysvalloissa William Lipscombe (s. 1919, vuoden 1976 nobelisti) oli muutamaa vuotta aiemmin selvittänyt karboksipeptidaasin rakenteen kristallografian avulla. Näiden tietojen avulla Cushman ja Ondetti jatkoivat ACE-mallinnusta ja yhdisteiden kokeiluja.

Eräänä iltana tutkijat palasivat vanhaan julkaisuun tehokkaista karboksipeptidaasin estäjistä. He alkoivat tehdä kemiallisia muutoksia estäjiin käyttäen sekä kristallirakennetietoja että alkuperäisen käämepeptidin rakennetietoja hyväkseen. Käytyään läpi 60 yhdistettä, he läysivät kaptopriilin, jonka avulla lääke voidaan annostella suun kautta. Tällä hetkellä kaptopriili on kenties tärkein lääke korkean verenpaineen hoidossa kautta maailman.

Herrat Fourier, Maxwell ja Neuvo² sekä kysymys

Aivan samanlaisen tarinan haluan kertoa siitä, mitkä ovat vanhimmat perustutkimuksen oivallukset, joihin parhaillaan yhä laajempaan käyttöön tuleva 3G-puhelintekniikka perustuu. Professori Yrjö Neuvo pyydettiin joitakin vuosia sitten pitämään esitelmä Suomalaisen Tiedeakatemian yhteisistunnossa edellä mainitusta aiheesta. Esitelmä oli kerrassaan mainio, mutta tämän kirjoituksen kannalta oleellinen asia oli esityksen alkuosa. Neuvo nimittäin kertoi ensimmäiseksi, mihin Fourier-laskentaa tarvitaan 3G-kännyköissä. Seuraavaksi hän kertoi, millainen merkitys Maxwellin yhtälöillä on 3G-kännyköissä. Jean Baptiste Joseph Fourier (1768–1830) julkaisi laskentamallinsa vuonna 1822. Fourierin muunnosta käytetään tänään muun muassa signaalinkäsittelyssä erilaisiin tajuusanalyysiä vaativiin sovelluksiin. James Clerk Maxwell (1831–79) puolestaan julkaisi sähköisten ja magneettisten kenttien käyttäytymistä

ja niiden vuorovaikutusta kuvaavat yhtälönsä vuonna 1861.

Edellä kerrottuihin verenpainetarinaan ja kännykkätarinaan liittyvä kysymys kuuluu seuraavasti: voiko kukaan perustellusti väittää, että Robert Tigerstedt saattoi tietää myötäväikuttaneensa satojen miljoonien ihmisten terveyteen merkittävästi vaikuttavan lääkkeen syntyyn 80 vuotta ensimmäisen julkaisun jälkeen? Tai voiko kukaan esittää väitteen, että herrat Fourier ja Maxwell osasivat arvata, että heidän työnsä tulokset ovat hyvin tärkeitä satojen miljoonien kännyköiden valmistuksessa vajaan kaksisataa vuotta tehtyjen oivallusten jälkeen? Tällaisia väitteitä ei luonnollisesti voi esittää.

Voidaanko perustutkimuksen vaikuttavuutta ylipäätään mitata?

Vastauksia kysymykseen on kaksi ja ne on helppo perustella. Ensimmäinen vastaus on selkeä ei. Perustutkimus rakentaa polkuja kohti tuntematonta tulevaisuutta, josta voimme vain esittää enemmän tai vähemmän valistuneita arvuksia. On helppo nähdä lähitulevaisuuteen ja ymmärtää, kuinka jotain yksittäistä perustutkimustulosta voidaan käyttää hyväksi ratkaisussa vaikkapa jotain ympäristöteknologiaan liittyvää ongelmaa. Mutta jo kymmenen tai kahdenkymmenen vuoden päähän näkeminen on käytännössä täysin mahdotonta. Ihmisyhteisön tulevaisuuden ennustaminen vaikkapa kaksisataa vuotta eteenpäin ei kuulu tieteeseen, vaan pikemminkin tietesseikkailujen maailmaan.

Yksittäisen tutkimusjulkaisun merkittävyyden arviointi tämän päivän näkökulmasta on siten enimmäkseen arvailua, ellei kyseessä ole merkittävä läpimurto. Ja silloinkin kysymyksessä on tutkimusjulkaisujen pitkä ketju, joka suurella varmuudella alkaa jostain menneisyydestä, kuten esimerkkinä kertovat. Toisaalta historiaan katsomalla pystymme helposti tunnistamaan innovaatioketjuja, jotka osoittavat, miten perustutkimus on askel kerrallaan auttanut meitä ratkaisemaan monenlaisia kysymyksiä ja siten osoittanut hyödyllisyytensä.

Toinen vastaus esittämäni kysymykseen on yhtä selkeästi kyllä. Kyllä-vastauksen perustelu

on helppoa, kun ymmärrämme mitata oikeita asioita. Käytän yksinkertaista esimerkkiä eli katsonne, miten suomalaisten odotettavissa oleva elinikä on kasvanut. 1880-luvulla syntyneiden kohorttien odotettavissa oleva keskimääräinen elinikä oli noin 40 vuotta. Nyt kolmannen vuosituhannen alussa syntyvät voivat odottaa elävänsä keskimäärin noin 80-vuotiaiksi. Eräiden ennusteiden mukaan tänä vuonna syntyvistä suomalaisista naisista 20 % voi odottaa elävänsä satavuotiaaksi.

On helppo osoittaa suuri joukko välittömiä syitä tähän kehitykseen. Olemme kehittäneet lääketieteellistä osaamistamme ja hoitojärjestelmäämme vuosi vuodelta paremmaksi. Olemme kehittäneet maataloutemme palvelemaan verraten ankarissa luonnonoloissa eläviä suomalaisia. Ja olemme lisänneet koulutustasoamme niin, että kansalaisten on yhä helpompi tehdä omaa hyvinvointiaan koskevia päätöksiä luotettavan tiedon varassa. Tätä listaa olisi helppo jatkaa vaikka kuinka pitkään.

Mutta oleellista on, että käytännössä suomalaisten yhä pitemmän ja parempilaatuisen elämän perimmäinen syy on tieteellinen tutkimus ja siihen perustuva osaaminen. Lääketiede etenee tutkimuksen kautta. Maatalous kehittyy, kun esimerkiksi jalostamme luonnonoloihimme paremmin sopivia ja entistä satoisampia lajeja. Koulutuksemme kehittyy, kun teemme käyttäytymistieteellistä ja pedagogista perustutkimusta, joka sitten siirretään paremmiksi käytännöiksi vaikkapa luokkaopetuksessa. Tätäkin luettelo olisi helppo jatkaa pitkään.

Perustutkimus on aina vaikuttavaa

Edellä kuvatut esimerkit kertovat siitä, millaista perustutkimus lopultakin on. Ja tällaisia merkittäviä polkuja, jotka alkavat menneiltä vuosisadoilta ja päättyvät johonkin korvaamattoman tärkeään tänä päivänä, löytyy tieteen parista lukematon määrä. Nämä oivalluksesta toiseen kulkevat polut, jossa ajatukset jalostuvat matkattaan yhdeltä tutkijasukupolvelta seuraavalle ja vaeltaessaan tieteenalalta toiselle päätyäkseen viimein hyödylliseen käyttöön jossain, johonkin aikaan meille tuntemattomassa tulevaisuudessa – näitä polkuja meidän on tutkittava innokkaasti, sitkeästi ja uupumatta. Se on meidän velvollisuutemme tulevia sukupolvia kohtaan. Poliitiikan tasolla olisi puolestaan ymmärrettävä ja hyväksyttävä, että perustutkimusta on aina viisasta rahoittaa sekä odottaa tuloksia ja niiden muuntumista yhteiskunnan hyväksi ihmisikää pitemmässä aikaikkunassa.

Perustutkimus on yhteiskunnallisesti vaikuttavaa aina, kunhan katsomme riittävän kauas tulevaisuuteen ja vaikuttavuutta mitataan relevanteilla mittareilla.

Viitteet

- 1 Olen kuullut tämän tarinan aikanaan professori Karl Åkermanin kertomana.
- 2 Tämä jaksokausi perustuu Yrjö Neuvon Suomalaisen Tiedeakatemia-yhteisistunnossa pitämään esitelmään.

Kirjoittaja on Helsingin yliopiston kulttuurimaantieteen professori.