

## Teknologian diffuusiolle näkyvämpi rooli taloutemme selviytymistrategiassa

*Mastering Technology Diffusion - The Finnish Experience*, ETLA, 1992. Ed. by Synnöve Vuori and Pekka Ylä-Anttila, ETLA

Viimeaikaiset Suomen talouden ja tuotantorakenteen pitkän ajan strategiaa koskevat linjaukset perustuvat teollisen perustan laajentamiseen ja vahvistamiseen osaamisen ja uuden teknologian avulla. Teknologian levittämällä ja soveltamisella on olennainen asema tällaisen strategian toteuttamisessa. Tästä syystä *Synnöve Vuoren ja Pekka Ylä-Anttilan* toimittama teknologian diffuusiota käsittelevä monitieteinen artikkelikoelma on ajankohtainen myös talousongelmiamme kannalta. Kirjan toimittajat argumentoivat ongelmien ratkaisemiseksi teknologian tehokkaaseen levittämiseen perustuvan kansallisen strategian puolesta. Kirja toimii siten osaltaan yhtenä tausta-aineistoa taloutemme selviytymisstrategian hahmottelulle. Artikkelit on ryhmitelty kolmeen lukuun, joista ensimmäinen käsittelee teknologiapolitiikkaa ja talouskasvun dynamiikkaa, toinen teknologian mekanismeja, kanavia ja yhteiskunnallisia instituutioita sekä kolmas luku diffuusion tapaustutkimuksia.

Luku teknologiapolitiikasta ja talouskasvusta alkaa *Vesa Kannin* analyyseillä teknologiastrategioista yritys- ja kansallisella tasolla. Tutkimus ja kehitys on riski-investointi, jonka tuottoja on vaikea ennakoita. Tutkimuksen ja kehityksen rahoitukseen vaikuttaa se, miten

hyvin informaatio välittyy pääomamarkkinoiden, yrittäjän ja viranomaisten kesken. Kirjoittaja argumentoi viranomaiskontrollin puolesta mm. päällekkäisten tutkimus- ja kehitys-hankkeiden välttämiseksi. Pankit tarvitsevat viranomaisten asiantuntemusta yritysten tutkimus- ja kehitys-lainahankkeiden arvioimisessa. Pohtiesaan julkisen tutkimus- ja kehitys-tuen kannustavuuden ongelmaa kirjoittaja arvostelee Suomessa aiemmin sovellettua yritysten tutkimustoiminnan verovähennysoikeutta. Tuki olisi pitänyt kytkeä projektien yhteiskunnalliseen arvoon. Ajatus on perusteltu, mutta yhteiskunnallisen hyödyn määrittäminen vaikeaa. Kansallisina tutkimus- ja kehitysstrategiavaihtoehtoina ovat uuden teknologian tuonti tai oma tutkimus ja kehitystoiminta. Kirjoittaja preferoi yhteiskunnan riskien kannalta edellistä, mutta jälkimmäinenkin on välttämätöntä tuodun tekniikan räätälöimiseksi kotimaisiin tarpeisiin.

Kansalliset tutkimusohjelmat ovat tärkeitä teknologiapolitiikan välineitä. Itävaltalainen *Worfgang Polt* vertailee tietotekniikan ohjelmista tehtyjä arviointoja Itävallassa, Suomessa ja Tanskassa. Hänen mukaansa tietotekniikka on levinnyt hitaasti mikä on aiheutunut mm. verrattain alhaisista alan tutkimus- ja kehitysinvestoinneista (Tanska, Itävalta) sekä kotimaisten ylikansallisesti toimivien yhtiöiden puutteesta. Ohjelmien makrotaloudellisten vaikutusten *Polt* arvelee jääneen vaatimattomiksi. Hän kertaa

päätelmät Suomen eräiden tietotekniikan ohjelmien pirstaloituneisuudesta ja 'akatemiavetoisuudesta' peräen voimavarojen keskittämistä. Polt pitää uuden tekniikan soveltamisen merkittävänä esteenä sosiaalisen ja organisatorisen ulottuvuuden laiminlyöntiä. Päätelmä ei tosin saa tukea aineistosta, koska näitä ulottuvuuksia oli tarkasteltu vain Itävallan tietotekniikan ohjelmien yhteydessä. Poltin toivomukseen näiden seikkojen kytkemisestä tutkimus- ja kehitysohjelmiin laajemmin on helppo yhtyä.

*Synnove Vuori* vertailee yritysten oman tutkimus- ja kehitystoiminnan ja teknologian diffuusion suhteellista merkitystä teollisuusyritysten tutkimus- ja kehitystuotoin Suomessa, Ruotsissa ja Norjassa. Tutkimuksen tuottavuutta indikoii kokonaistuottavuuden kasvu. Maiden teknologiaperusta oletetaan samantyyppiseksi, jolloin huomio keskittyy toimialojen välisiin tutkimuksen ja kehityksen tuottoeroihin. Tarkastelu rajataan välittömiin tutkimus- ja kehityspanoksiin. Kirjoittaja olettaa, että keskimääräistä korkeamman tutkimusintensiiteetin (tutkimus- ja kehitysmenojen osuus bruttotuotoksesta) toimialoilla (kemian, perusmetalli, metallituotteet) yrityksen tutkimuspanos on ulkopuolista teknologiaa tärkeämpi tuottavuuden kohottamisen lähde kun taas alemman tutkimusintensiiteetin (mm. elintarvikkeet, tekstiili) aloilla tilanne on päinvastainen. Tutkimuksen ja kehityksen tuotot osoittautuvat Suomen teollisuuden toimialoittaisessa aikasarjatarjastelussa vuosina 1964 - 83 aikaisempia poikkileikkaustarkasteluja alemmiksi, mutta diffuusio merkittävämmäksi. Hypoteesi yritysten tutkimuksen ja kehityksen merkityksestä tuottavuuden kohottamisen lähteenä korkean tutkimusintensiiteetin aloilla ei saa tukea. Niin korkean tutkimusintensiiteetin kuin muillakin aloilla yritysten oma ja sovellettu teknologia ovat toisistaan riippuvia. Tutkimus- ja kehitysmenoja on siten käytetty laajasti ulkopuolella kehitetyn teknologian soveltamiseen ja lisäksi huomattava osa oman tutkimuksen ja kehityksen tuottovaikutuksista lienee valunut ulkoisvaikutuksena muille toimialoille. Tuntuu selvältä, että

tutkimusta ja kehitystä tarvitaan ulkoa hankitun teknologian soveltamiseenkin, mutta miten suuri osa tutkimus- ja kehitysmenoista on käytetty tähän eikä uuden tiedon tuottamiseen? Tutkimus- ja kehitysmenot pitäisi ilmeisesti jakaa kyselyissä ja tilastoinnissa selvemmin tuottamisen ja soveltamisen komponentteihin ymmärryksen lisäämiseksi. Kuten kirjoittaja toteaa, monet seikat mallissa ovat vielä spesifioimatta, erityisesti diffuusioprosessin monisyinen viive tutkimus- ja kehitysvaiheesta tuottavuusvaikutukseen.

Diffuusiotutkimuksen pioneeri *Georg F. Ray* antaa esimerkkejä merkittävien innovaatioiden leviämisestä kansainvälisesti 1800- ja 1900-luvuilla sekä kuvaa sitä, millaisia poikkeamia niiden diffuusiosta on ilmennyt. Yleistysten tekemistä vaikeuttaa kunkin innovaation omaleimainen leviämisen prosessi. Rayn esimerkit kattavat eri teknologia-alueita infrastruktuurista (energia ja voima, kuljetus) teollisuuteen (teolliset materiaalit, tuotantoprosessit ja -laitteet) ja mm. kiinnostavan kuvauksen jokapäiväiseen elämään liittyvien tekniikoiden (mikrouuni, pölynimuri, luottokortti, taskulaskin, keskeiset lääkkeet jne.) leviämisestä. Diffuusionopeuteen on myötävaikuttanut kirjoittajan mukaan erityisesti tiedon vaihdon riipeä kehitys. Artikkelin antaa hyvät lähtökohdat teknologioiden jatkokutkimukselle, johon Ray tutkijoita kannustaa.

Teknologian mekanismeja, kanavia ja yhteiskunnallisia instituutioita koskeva luku alkaa *Timo Myllyntauksen* analyysillä teknologian siirrosta Suomeen 1809-1917, 1918-1944 ja 1945-1992. Siirron kanavia ovat mm. yhteisöjen välinen kommunikaatio (mm. kielen merkitys, jne.), ulkomaisten asiantuntijoiden rekrytointi, opintomatkat ulkomaille, laitetoonti sekä patentit ja lisenssit. Siirron onnistuminen riippuu siitä, miten kulttuuri, politiikka, talous ym. yhteiskunnan erityispiirteet kykenevät teknologioita suodattamaan. Suomen tapauksessa tärkeimpiä siirtokanavia ovat olleet koneiden tuonti, opintomatkat ulkomaille sekä yhteisöjen kommunikaatio. Kanava-arsenaali monipuolistui sodan

jälkeen maan muuttuessa teknologian tuojasta sen viejäksi. Myllyntauksen tutkimusote tuo mieleen teknologian yhteiskunnallinen muotoilun ja konstruktivismiin sosiologis-historiallisen analyysin (mm. *Bijker, Hughes*), jonka aparaatteina ovat tieteen ja teknologian yhteiskunnallinen filtri ja kulttuurimatriisi sekä teknologiaa valikoivan ympäristön ja yhteiskunnallisten seikkojen välinen yhdysside.

*Marjatta Hietala* kuvaa infrastruktuuri-innovaatioiden leviämistä Suomen kaupunkeihin tällä ja viime vuosisadalla. Hän ottaa tutkimuksensa avulla tehtäväkseen kumota myyttiä Suomen perifeerisyydestä. Hietala jakaa periferian maantieteelliseen ja intellektuaaliseen; jälkimmäisellä tavalla mitaten Suomi on edennyt muiden maiden muassa. Mm. sähkövalot tulivat Helsinkiin ja Berliiniin samana vuonna eli 1884. tuonti perustui pääasiassa tutustumiskäynteihin Euroopan suurissa kaupungeissa. Kysymys ei tutkijan mukaan ollut vain imitoinnista, vaan oppimisprosessista, jossa ratkaisujen löytyminen vei joskus hyvinkin kauan. Suomi ja Pohjoismaat eivät olleet vain infrastruktuuri-innovaatioita Keski-Euroopasta saavana osapuolena, vaan mm. koulutuksessa myös antavana. Suomen tutkimuskin oli kansainvälistä jo varhain (mm. jo vuonna 1890 15 % polyteknisen instituutin kemisteistä työskenteli ulkomailla). Suomen ei-perifeeristä asemaa tukevat seikat mm. energian tai liikenteen infrastruktuuri-innovaatioiden kohdalla kaipaavat jatkossa tilastollista tukea.

Kirjan loppuosa koostuu teknologiadiffuusion tapaustutkimuksista. *Ray* pyrkii syventämään makroanalyyseihin antamaa käsitystä teknologisen kehityksen vaikutuksesta talouskasvuun. Ongelmana niissä on innovaatiotoiminnan osuuden määrittäminen tuotantofunktion residuaalissa. *Ray* hakee vastausta analysoimalla yksittäisten innovaatioiden leviämisenopeutta. Hän käyttää aineistona kansainvälistä diffuusiohanketta, jossa tutkittiin sodan jälkeen kehitettyjen prosessi-innovaatioiden leviämisenopeutta ja niiden kansallisia eroja. Vertaamalla Ruotsin ja Euroopan neljän suuren maan tuloksia Suomeen, hän

päättelee, ettei Suomen teollisuus kyennyt omaksuma uutta teknologiaa erityisen nopeasti muutamia poikkeuksia (paperi-, laivanrakenus, tiilien valmistus) lukuunottamatta. Kun uusi teknologia oli Suomessa omaksuttu, se levisi nopeasti. Tosin pienessä maassa uuden tekniikan laajaan soveltamiseen saatetaan päästä jo muutama vuosi avulla. *Ray* katsoo Suomen esimerkiksi antavan tukea hypoteesille teknologian leviämisestä nopeammin 'seuraajien' kuin 'pioneerien' keskuuteen. Eräillä aloilla Suomen teollisuus on kehittänyt maailman standardeiksi tulleita teknologioita (metsäteollisuus, paperikoneet, jäänmurtajat, eräät high-tech-alat). *Rayn* tutkimus täydentää makrotutkimuksen antamaa käsitystä uuden teknologian vaikutuksesta talouskasvuun, muttei ole niille varsinainen vaihtoehto.

*Jussi Raumolin* kuvaa kotimaisen metsäteollisuuden ja kaivosteollisuuden kehitystä sekä niiden teknologiaosaamisen kasvua, asteittaista kehittymistä vientiteollisuudeksi ja kansainvälistymistä. Artikkelin on konkreettinen toimiala- ja yrityskehitys kuvaus puu- ja paperiteollisuuden sekä laitteellisuuden välisen integraation kehityksestä ja siihen vaikuttaneista yhteiskunnallisista, poliittisista ja institutionaalisista seikoista. Kirjan muissa artikkeleissa korostuva tutkimus ja kehitys-toiminta saa Raumolinin artikkelissa vähemmän huomiota.

*Hannu Jaakkola* tutkii tietotekniikan leviämistä yrityshallintoon, tuotantoon ja tuotteisiin Suomessa. Aineistona on vuonna 1989 tehty kysely yli 500 yritykselle. Kirjoittaja analysoi mm. tietotekniikan leviämisen teknillisiä, taloudellisia ja organisatorisia seikkoja. Tietotekniikka levisi yrityshallintoon pääasiassa 1960- ja 1970-luvuilla. Vuonna 1989 soveltaminen oli saavuttanut saturaatiopisteensä ja siirryttiin määrällisestä laadulliseen kehitykseen. Yrityshallinnon sovellutusten tärkeimpänä etuna nähtiin ammattitaitoisen työvoiman korvattavuus. Tietotekniikan tuotantosovelluksiin yrityksiä kannustivat pääasiassa tuotantokustannusten alentaminen sekä laadun parantaminen. Tuotan-

tosovellukset laajenivat 1970- ja 1980-luvuilla ja olivat 1989 vielä kasvussa, joskin lähestymässä kylläntymistä. Tietotekniikan tuotesovellukset levisivät 1980- ja 1990-luvuilla ja niihin yrityksiä kannustivat tuotteiden laadun ja ominaisuuksien parantaminen. Tuotesovellutusten määrä oli tutkimuksen valmistumisajankohtana vielä melko alhainen ja ne keskittyvät sähköteknilliseen teollisuuteen. Suomessa tietotekniikan soveltaminen on tutkijan mukaan edennyt samaa tahtia Ruotsin, Tanskan ja Iso-Britannian kanssa.

*Harri Luukkasen* aiheena on numeerisesti ohjattujen työstökoneiden (NCMT) diffuusio Suomen koneenrakennusteollisuuteen. Mikrotietokoneet 1970-luvulla toivat merkittäviä etuja NCMT-tekniikkaan: ohjelmointi helpottui, hinta halpeni ja tuottavuus kasvoi. Laajin automaatioaste saavutetaan joustavalla tuotantojärjestelmällä (FMS). OECD-maissa tietokoneohjatut työstökoneyksiköt syrjäyttävät mekaaniseen ohjaukseen perustuvat yksiköt lähivuosina. Suomessa NCMT-tekniikkaa sovelsi vuonna 1990 Luukkasen mukaan 65 prosenttia alan markkinoista. Hän ennakoii *Peterkan* menetelmää soveltaen, että tietokoneohjatut yksiköt syrjäyttävät mekaaniseen ohjaukseen perustuvat yksiköt Suomessa vuoden 2000 tienoilla. Uusinta NCMT-tekniikkaa käytetään laajasti jo nyt erityisesti metallien työstön alueella. NCMT-tekniikkaa valmistavaa teollisuutta Suomessa alueella on vähän ja se on keskittynyt metallien työstökoneisiin.

*Kai Husso* tarkastelee tekoölyn diffuusiota Suomeen ja erityisesti alueellisten näkökohtien ja instituutioiden roolin merkitystä leviämässä. Hän vaihtelee diffuusion tekoölyn tulon Suomeen (1980-1984) ja sen nopean leviämisen kauteen (1985-1988). Läpimurto tapahtui 1984 ja sitä edesauttoivat mm. tietotekniikan merkityksen voimakas kasvu, eräiden yritysten kiinnostus sekä korkeakoulujen ja VTT:n tutkimushankkeet. Vuoden 1989 lopulla tekoölyä oli soveltanut 86 yritystä, 36 korkeakoulujen yksikköä ja 21 muuta tutkimusyksikköä. Keskeiset leviämiseen vaikuttaneet seikat olivat innovaati-

on ominaisuuksien ohella potentiaalisen soveltajan ominaispiirteet sekä mm. informaation saanti sekä tutkimus- ja kehitysrahoituksen ja -palvelujen etäisyys. Kirjoittaja esittää alustavan analyysin tekoöly-tapaustutkimuksesta hahmottelemassaan diffuusio-prosessin ja alueellisen kehityksen muodostamassa kehikossa.

*Raimo Lovio* tarkastelee ulkomaisten yhtiöiden vaikutusta Suomen elektroniikkateollisuuden syntyyn ja kehitykseen. Ulkomaisten yhtiöiden osuus elektroniikkateollisuudessa oli huomattava 1960-luvun alkuun asti (työvoimaosuus n. 40 % kaikista). Siitä lähtien, kotimaisen teollisuuden kasvun myötä, niiden osuus aleni 1980-luvun puoliväliin asti, alkaakseen taas nousta. Vuonna 1991 ulkomaisomistuksessa olevien alan yritysten työvoimaosuus oli noin 6500 eli vajaa neljännes alan kotimaisesta työvoimasta. Samaan aikaan suomalaiset elektroniikkateollisuuden yritykset työllistivät ulkomailla yli 14 000 työntekijää. Ulkomaisessa omistuksessa olevat elektroniikkateollisuusyritykset Suomessa ovat kasvavassa määrin siirtyneet elektroniikan tuojista sen viejiksi. Kirjoittaja pohtii, miten perinteisiä teknologian diffuusiomalleja voidaan laajentaa siten, että ulkomaisten yhtiöiden rooli tulisi paremmin ymmärretyksi.

*Vuoren ja Ylä-Anttilan* toimittama teos antaa monipuolisen ja monitieteisen kuvan teknologioiden tuonnista, levinneisyydestä ja soveltamisesta Suomeen. Taloustieteen kannalta teos sisältää kiintoisia pohdintoja mm. innovaatiotoiminnan ja tuottavuuden yhteydestä, ali- ja yli-investoinnista tutkimus- ja kehitystoiminnasta, uusien- ja parannusinnovaatioiden leviämisestä Suomen teollisuudessa sekä kuvauksia maan kehityksestä teknologian tuojasta sen viejäksi. Diffuusiotutkimuksen karikoistakin pari artikkelia antaa vihiä. Tutkimus- ja kehityspanosten ja sen tuotosten yhteydestä saattaa saada lähes 'lineaarisen' vaikutelman kun todellisuudessa tie tutkimus- ja kehitysinvestoinnista innovaatioiden sovelluksiin on verkkainen, kompleksi ja 'evolutionaarinen'. Yhtä kaikki,

ansiokas kokoelma korostaa ja tukee käsityksiä teknologian ja sen diffuusion huomattavasta merkityksestä talouskasvulle. Harmittavin puute on, ettei kirja sisällä yhteenvetolukua, jossa olisi syntetisoitu diffuusiokokemuksia vastaisten politiikkatoimien näkökulmasta, koottu argu-

menteja teknologian roolista maamme talouden pitkän ajanjakson selviämistrategiassa sekä kenties myös hahmoteltu 'suomalaista diffuusiomallia'.

*Torsti Loikkanen*