

Näkökulmia standardisoinnin taloustieteeseen

Timo Ali-Vehmas, Jussi Heikkilä ja Julius Rissanen

Tämä artikkeli tarjoaa tiiviin katsauksen standardisointiin ja muutamia valikoituja näkökulmia standardisoinnin taloustieteelliseen tutkimukseen. Teemme muutaman huomion. Ensimmäkin käsitteiden epäjohdonmukainen käyttö aikaisemmissa tutkimuksissa voi aiheuttaa sekaannuksia aihepiirin uusille tutkijoille. Toiseksi standardisointiin liittyvää strategista käyttäytymistä on tutkittu paljon peliteoreettisilla malleilla ja tapaustutkimuksilla, mutta standardisoinnin empiirinen ”makrotutkimus”, ml. sen vaikutukset teknologiseen kehitykseen ja talouskasvuun, on jäänyt vähemmälle huomiolle. Kolmanneksi uudet standardeihin liittyvät tutkimusaineistot mahdollistavat standardisoinnin rakenteiden ja dynamiikan analyysin, teoreettisten mallien ennusteiden testaamisen sekä aikaisempien empiiristen analyysien replikoinnin. Standardisoinnin merkitys lisääntyy digitalisaation ja datatalouden kasvun myötä, minkä vuoksi tutkittua tietoa vaikutuksista tarvitaan näyttöön perustuvan päätöksenteon tueksi. Aihepiiri tarjoaa runsain mitoin jatkotutkimusaiheita, joista muutamia hahmotellaan artikkelin lopussa.

Standardit ovat näkymätön osa jokapäiväistä elämäämme. Standardien merkityksen havaitsee usein vasta, kun ne puuttuvat. Ehkä osin tästä syystä myös taloustieteilijät ovat kiinnittäneet suhteellisen vähän huomiota standardien ja standardisoinnin keskeiseen merkitykseen osana teknologista kehitystä ja talouskasvua (Heikkilä ym. 2020). Esimerkiksi aika, raidele-

veys, tavarankuljetuskontit, pistorasiat ja pistokkeet, matkaviestiverkko (2G, 3G, 4G ja 5G), Internet, Wi-Fi ja Bluetooth ovat standardeilla määriteltyjä. Standardit ovat myös aikamme megatrendien, digitalisaation ja globalisaation ytimessä. Tämä artikkeli tarjoaa tiiviin katsauksen standardisointiin ja muutamia valikoituja näkökulmia standardisoinnin taloustie-

TkT Timo Ali-Vehmas (timo.ali-vehmas@nokia.com) on Nokia Fellow, KTT Jussi Heikkilä (jussi.1.heikkila@nokia.com) on Nokian ekonomisti ja Jyväskylän yliopiston kauppakorkeakoulun Research Fellow ja VTK Julius Rissanen (julius.1.rissanen@nokia.com) on Nokian ekonomisti. Kiitämme KTK Joakim Wikströmiä erinomaisesta tutkimusavusta. Kiitämme Antti Suvantoa ja kahta anonyymiä lausunnonantajaa hyödyllisistä kommentista. Artikkelissa esitetyt näkemykset ovat yksin kirjoittajien eivätkä edusta heidän työnantajansa kantoja. Artikkelin liittyvät lähiesittelyt ja kirjoittajien tutkimukseen Heikkilä ym. (2020).

teelliseen tutkimukseen. Katsaus on väistämättä kapea, mutta toivottavasti se kannustaa suomalaisia taloustieteilijöitä standardisoinnin tutkimuksen pariin datatalouden aikana.¹

On olemassa laaja toimialan taloustieteen kirjallisuus standardisoinnista². Viime vuosituhannen lopulla tutkittiin teoreettisesti paljon muun muassa yritysten valintoja tuotteiden ja palveluiden yhteensopivuudesta, standardikilpailua ja standardisoinnin sääntelyä (David ja Greenstein 1990; Matutes ja Regibeau 1996; Shapiro ja Varian 1999; Gandal 2002).

Tässä kirjoituksessa ei tähän toimialan taloustieteen kirjallisuuteen kovin syvällisesti paneuduta, vaan painotus on enemmän käytännön näkökulmissa ja empiriassa. Wiegmann ym. (2017) tekevät katsauksen standardeihin ja niiden toimintamalleihin. Hyviä yleiskatsauksia standardisoinnin taloudellisista vaikutuksista ovat muun muassa Swann (2000) ja Swann (2010). Näiden mukaan esimerkiksi standardisointi yhteensopivuus vauhdittaa innovaatioiden diffuusiota (Rogers 1995; Liikanen ym. 2004; Koski ja Kretschmer 2005). Markkina innovaatiolle kasvaa nopeasti, kun se voi nojata olemassa olevaan sääntelyyn ja standardeihin (Ortt ja Egyedi 2014).

Standardien taloudellista merkitystä voi pohtia talouskasvuteorian kehikossa (Heikkilä ym. 2020). Tuottavuutta kohottavat innovaatiot ja teknologinen kehitys ovat talouskasvun tärkein osatekijä pitkällä aikavälillä (Hyytinen ja Rouvinen 2005; Aghion ja Howitt 2009). Varsinkin yleiskäyttöisillä teknologioilla (*general purpose technologies*, GPT) on keskeinen merkitys tuottavuuskasvussa (Helpman 1998; Trajtenberg 2018; Hyytinen 2018; Kiema 2019). Usein näihin yleiskäyttöisiin teknologioihin liittyy verkostojen synnyttämiä ulkoisvaikutuksia, jotka edellyttävät teknisiä yhteentoimivuus-standardeja. Esimerkiksi sähköverkko, Internet ja matkaviestiverkko vaativat toimiakseen rajapintojen standardisointia. Esineiden Internet (*Internet of Things*, IoT) kasvaa nopeasti ja se nojaa vahvasti standardisointeihin rajapintateknologioihin, jotka kytkevät esineet toisiinsa ja mahdollistavat reaaliaikaisen dataliikenteen (Euroopan komissio 2016). Heuristisen Metcalfen lain mukaan verkoston arvo on verrannollinen verkon käyttäjien lukumäärän neliöön (Shapiro ja Varian 1999). Jos Metcalfen laki edes osittain pätee myös esineiden internetin osalta, toistensa kanssa kommunikoivien esineiden määrän kasvaessa meidän tulisi nähdä IoT-tuotteiden luoman arvon eksponentiaalinen kasvu.

Tällä hetkellä tekoälystä keskustellaan uutena yleiskäyttöisenä teknologiana (Trajtenberg 2018; Brynjolfsson ym. 2018; Hyytinen 2018; Teece 2018). Tekoäly vaatii toimiakseen laadukasta dataa ja datan hallittua virtausta yli rajapintojen, mikä vuorostaan vaatii ainakin rajapintojen, datan muodon ja yksityisyydensuojan standardeja. Näin ollen myös tämän uuden yleiskäyttöisen teknologian tulevaisuus on vahvasti standardeista riippuvainen. Digitaalisen informaation laajamittainen prosessointi on jo

¹ Kiitämme anonyymia lausunnonantajaa muistutuksesta, että 2000-luvun alkupuolella myös Suomessa järjestettiin standardisointia sivuavia kursseja ja esimerkiksi European Academy for Standardisation (EURAS) järjesti vuosittain konferenssin Suomessa.

² Käytämme tässä artikkelissa johdonmukaisuuden vuoksi vain termiä ”standardisointi” vaihtoehtoisen termin ”standardointi” sijaan (Ilomäki 2005). Suomen standardisointiliitto preferoi myös edellistä termiä, kun taas kansallinen sähkötekniikan alan standardisointiorganisaatio SESKO jälkimmäistä.

nyt synnyttänyt valtavan taloudellisen murroksen ja mahdollistanut siirtymisen tuotteisiin perustuvasta liiketoiminnasta palveluliiketoimintaan ja erityisesti erilaisten alustojen avulla syntyvään arvonluontiin (Rochet ja Tirole 2003; Jia ym. 2018; Koski 2018; Koski ja Rouvinen 2019).

Kun tieto tulee osaksi kaikkien perinteisten aineellisten asioiden toimintoja, murrokselta ei vältty mikään yhteiskunnan sektori. Yhteensopivan tiedon avulla perinteisten sektoreiden rajat poistuvat ja tieto- ja tietoliikenneteknologioiden yleiskäyttöisyys laajenee koko yhteiskuntaan. Kutsumme tätä murroksen jälkeistä aikaa tässä yhteydessä ”datataloudeksi” seuraten muita aihepiirin suomalaisia tutkijoita (Koski 2018; Honkapohja ja Vihriälä 2019). Standardisoinnin merkitys todennäköisesti vain kasvaa globaalissa data- ja alustataloudessa, minkä vuoksi kaikilla taloustieteilijöillä olisi syytä olla perusymmärrys standardeista ja standardisoinnista.

1. Standardit ja standardisointi

Standardisointi on työkalu. Standardien perimmäinen pyrkimys on tuottaa hallittua yhteensopivuutta (*compatibility*), joilla erilaiset laitteet ja palvelut toimivat keskenään yhteen (*interoperability*) ja toisaalta ovat yhteensopivia ihmisten ja ympäristön kanssa ymmärrettävällä ja kestäväällä tavalla.

Suomen standardisoimisliiton mukaan: ”*Standardisointi on yhteisten toimintatapojen laatimista. Standardit on tarkoitettu helpottamaan viranomaisten, elinkeinoelämän ja kuluttajien elämää. Standardisoinnilla lisätään tuotteiden yhteensopivuutta ja turvallisuutta, suojel-*

laan kuluttajaa ja ympäristöä sekä helpotetaan kotimaista ja kansainvälistä kauppaa.”³

Standardisointi tarkoittaa eri asioita eri konteksteissa ja standardit voidaan jakaa usealla tavalla eri kategorioihin (de Vries 1998; Tassej 2000; Swann 2000; Wiegmann ym. 2017; Egyedi ja Ortt 2017). Tarkoituksensa mukaan jaoteltuina standardeja ovat muun muassa yhteentoimivuus- ja rajapintastandardit, vähimmäislaatu- ja turvallisuusstandardit sekä mittausstandardit (Swann 2000, ks. alajakso 2.1). Kattava katsaus standardisoinnin käsitteistöön – ja sen paikoittain epäjohdonmukaiseen käyttöön – vaatisi oman erillisen artikkelinsa.

Yksi tapa luokitella standardisoinnin määritelmiä taloustieteellisessä kirjallisuudessa on seuraava:

- 1) standardisointi yritysten valintoina tuotteiden ja palveluiden yhteentoimivuudesta ja laadusta (Katz ja Shapiro 1985; Farrell ja Saloner 1985; Matutes ja Regibeau 1996),
- 2) standardisointi standardisointiorganisaatioissa tapahtuvana kehitysprosessina (Blind ja Jungmittag 2008; Leiponen 2008; Rysman ja Simcoe 2008; Blind ja Mangelsdorf 2016) ja
- 3) työtehtävien standardisointi ja siihen liittyvä automatisointi (Acemoglu ym. 2012; Acemoglu ja Restrepo 2018).

Näistä kahta ensimmäistä määritelmää käsitellään monissa tutkimuksissa rinnakkain ja vertaillen (Farrell ja Saloner 1988; David ja

³ https://www.sfs.fi/standardien_laadinta/mita_standardisointi_on (viitattu 30.10.2019).

Greenstein 1990; Tassej 2000), kun taas kolmas kategoria on muusta standardisointikirjallisuudesta erillinen ”työntaloustieteellinen näkökulma”. Jätämme kolmannen kategorian huomiotta tässä artikkelissa.

Standardisoinnin taloustieteellinen tutkimus nojaa vahvasti verkosto(ulkois)vaikutusten analyysikehikkoon (*network externalities*) (Stenbacka 2001). Verkostovaikutusten tutkimuksen pioneirit Paul David, Michael Katz, Joseph Farrell ja Carl Shapiro ovat yhdessä vaikuttaneet erittäin merkittävästi standardisoinnin taloustieteelliseen teoreettiseen tutkimukseen ja mallintamiseen. David ja Greenstein (1990) ja Matutes ja Regibeau (1996) tarjoavat katsaukset näihin teoreettisiin malleihin. Verkostovaikutuksia arvioitaessa huomio kiinnittyy standardisoitujen rajapintaspesifikaatioiden aiheuttamaan ”positiiviseen takaisinkytkentään” (*positive feedback loop*) ja liiketaloudelliseen verkostoon kytkeytyvien toimijoiden (yritysten ja asiakkaiden) yhdessä muodostamaan arvonlisäykseen, joka kasvaa sitä nopeammin, mitä enemmän verkostossa on aktiivisia toimijoita.

On kuitenkin syytä huomata, että niin David (1985) kuin suuri osa muusta standardisointia käsittelevästä kirjallisuudesta ja tapaus-tutkimuksista keskittyvät joko standardien väliseen kamppailuun markkinoilla tai tämän kamppailun ”voittajiin” eli muodostuviin ”de facto” -standardeihin standardisointiorganisaatioissa tapahtuvan standardien kehittämisen sijaan (Farrell ja Saloner 1985; Chiao ym. 2007; Leiponen 2008).

Davidin (1985) tutkimus QWERTY-näppäimistöistä on yksi eniten viitatuista aihealueen tutkimuksista. QWERTY-näppäimistö on usein esitetty esimerkki polkuriippuvaisesta (*path dependent*) prosessista, jossa on lukit-

tauduttu (*lock-in*) ei-optimaaliseen standardiin ja vaihtokustannukset (*switching costs*) ovat korkeat (Shapiro ja Varian 1999; Swann 2000). Useat tutkijat ovat kritisoineet tätä tulkintaa ja muun muassa Hossain ja Morgan (2009) sekä Liebowitz ja Margolis (1994) raportoivat, että on vain vähän empiiristä tukea sille ilmiölle, että markkinoilla tapahtuu systemaattista lukittautumista heikkoihin standardeihin. Saa-mastaan kritiikistä huolimatta QWERTY-nar-ratiivi (vrt. Shiller 2017) näyttää lukkiutuneen erottamattomaksi osaksi standardisointikirjallisuutta (SFS 2019, 19).

2. Tutkimusteemoja

Tässä jaksossa teemme tiiviit katsaukset standardisoinnin taloustieteen kirjallisuuden eräisiin keskeisiin tutkimusteemoihin, kuten standardisoinnin vaikutuksiin, standardisoinnin erilaisiin muotoihin ja työn organisointivaihtoehtoihin, standardisointiorganisaatioihin sekä niissä vaikuttaviin kannustimiin. Lopuksi esittelemme standardisoinnin tutkimusaineistoja.

2.1 Standardisoinnin vaikutukset

Standardisoinnilla voidaan vaikuttaa useisiin tärkeisiin arvoa synnyttäviin tekijöihin, kuten liiketoiminnan mittakaavaetuihin, kilpailua lisäävään avoimeen yhteensopivuuteen ja verkostovaikutuksiin. Liiketoiminnan kannalta standardisointi on työkalu, jolla voi olla paljon hyviä vaikutuksia, mutta toisaalta väärin toteutettuna standardisointi voi tahattomasti synnyttää myös merkittävää haittaa. Standardisoinnin työtavat ja vaikutukset riippuvat vahvasti siitä, millaisista standardeista on kysymys.

Taulukko 1. Standardityyppiä ja mahdollisia standardisoinnin vaikutuksia

Standardityypit tarkoituksen mukaan	Mahdollisia positiivisia vaikutuksia (+)	• Mahdollisia negatiivisia vaikutuksia (-)
Yhteensopivuus/ rajapinta	<ul style="list-style-type: none"> • Verkostovaikutukset • Lukittautumisen välttäminen • Laajempi valikoima systeemituotteita • Tehokkuus tuotantoketjuissa 	<ul style="list-style-type: none"> • Monopolisoituminen, jos ei julkinen • Lukittautuminen, jos vahvat verkostovaikutukset
Vähimmäislaatu/ turvallisuus	<ul style="list-style-type: none"> • Välttyminen haitalliselta valikoitumiselta • Luo luottamusta • Matalammat transaktio-kustannukset 	<ul style="list-style-type: none"> • Sääntelijän kaappaus • Kilpailijoiden kustannusten nostaminen • Markkinaesteet
Moninaisuuden vähentäminen	<ul style="list-style-type: none"> • Skaalaedut • Kriittinen massa uusissa teknologioissa ja toimialoilla • Alennetut transaktiokustannukset 	<ul style="list-style-type: none"> • Suppeampi valikoima • Monopolisoituminen
Tieto/mittaus	<ul style="list-style-type: none"> • Informaatioepäsymmetrian vähentäminen • Matalammat transaktio-kustannukset 	

Koottu lähteistä: Swann (2000; 2010) ja Blind (2016).

Taulukossa 1 on tiivistetysti luokiteltu standardit neljään ryhmään riippuen standardisoinnin tarkoituksesta. Toisinaan yhdellä standardilla voi olla useampikin tarkoitus. Taulukon erottelu on kuitenkin hyödyllinen standardien mikroprosessien ymmärtämiseksi (Swann 2000; 2010). Tässä artikkelissa keskitymme aikaisemman kirjallisuuden tavoin erityisesti yhteensopivuus- ja rajapintastandardeihin sekä niitä kehittäviin standardisointiorganisaatioi-

hin ja jätämme muut standardit vähemmälle huomiolle.

Yhteensopivuus- ja rajapintastandardit mahdollistavat laitteiden ja komponenttien välisen yhteentoimivuuden. Tällaisiin standardeihin perustuvat tuotteet ovat yleensä komplementteja, mikä mahdollistaa esimerkiksi jatkuvan kilpailun eri valmistajien välillä, jossa monta toimittajaa voi tarjota ratkaisuitaan markkinoille ilman epäyhteensopivuuden tuomaa suo-

jamuuria. Yhteensopivuuksstandardien merkitys on erityisen suuri verkostoihin perustuvasa liiketoiminnassa, kuten matkaviestinnässä ja internetpalveluissa (Gandal 2002; Blind 2016). Avoimiin standardeihin perustuvissa verkostoissa syntyy usein vahvoja verkostovaikutuksia (Swann 2000) ellei näitä ole rajoitettu sääntelyllä, kuten matkapuhelinverkkojen osalta on tehty. Parhaimmillaan tällaiset standardit edistävät teknologioiden nopeaa leviämistä sekä mahdollistavat yritysten yhteistyön ja tehokkaan työnjaon yritysten sisällä ja niiden välillä.

Myös pienten ja keskisuurten yritysten osallistuminen standardien avulla määriteltyyn arvontuontiverkostoon on mahdollista. Taakse ja eteenpäin yhteensopivat standardit mahdollistavat teknologian jatkuvan kehittymisen ilman, että koko järjestelmä pitää uusia alusta alkaen. Tällainen yhteensopivuus on erittäin tärkeää globaaleissa verkostoissa, missä eri maiden mahdollisuus edetä samanaikaisesti on usein mahdotonta. Standardisointi ja erityisesti yhteensopivuuks- ja rajapintojen standardisointi on strategisesti tärkeää tieto- ja tietoliikennetekniikkaan (ICT) nojaavassa liiketoiminnassa.

Internetin vahvat, hyvin kevyesti säännellyt verkostovaikutukset ovat synnyttäneet monopolinomaiset alustayritykset. Keskeisten yhteensopivuuksrajapintojen kohdalla on hyvin tärkeää pitää huolta, että standardisointiprosessi toimii avoimesti ja yhteistyössä valtiollisen sääntelyn kanssa. Muutoin puhdas markkinaehtoisuus voi johtaa suljettujen monopolististen toimintamallien syntymiseen ilman kunnollista yhteensopivuutta.

Vähimmäislaatu- ja turvallisuusstandardeja voidaan käyttää suorituskykyä, ympäristöä, terveyttä ja turvallisuutta koskevien vähimmäisvaatimusten asettamiseen. Lisäksi ne vähentä-

vät tiedon epäsymmetriaa ja siten markkinoiden epäonnistumista (*lemons problem*). Ne voivat lisätä luottamusta ja mahdollistavat tuotteiden laadun osoittamisen kuluttajille. Toisaalta jos laatustandardit asetetaan tarpeetoman korkealle tasolle, ne voivat toimia markkinaesteinä (Swann 2000).

Moninaisuutta vähentävät standardit estävät liiallisten, minimaalisesti differentioitujen hyödykkeiden leviämistä. Tämä edistää kriittisen massan ja legitimitetin luomista, jotka ovat keskeisiä muodostumisvaiheessa oleville toimialoille. Vakiintuneille teknologioille moninaisuuden vähentäminen edistää skaalaetujen hyödyntämistä. Tällaiset standardit vaikuttavat keskittymiseen liittyvien tehokkuusetujen ja kuluttajien vähentyneen valinnan kielteisten vaikutusten väliseen tasapainoon (Blind 2016).

Tieto- ja mittausstandardit sisältävät koodifioitua tietoa ja tuotekuvauksia ja niillä on tärkeä rooli tiedon leviämistä edistävänä välineenä. Mittausstandardit mahdollistavat prosessinhallinnan kehityksen ja tukevat skaalaetujen ja vähimmäisvaatimusten saavuttamisessa (Swann 2010). Avoimet mittaus- ja tietostandardit vähentävät tiedon epäsymmetriaa ja transaktiokustannuksia ja edistävät tasavertaisia toimintaedellytyksiä vakiintuneiden toimijoiden sekä tulokkaiden välillä. Tätä standardikategoriaa käsitellään usein hybridinä kolmesta yllä mainitusta, sillä kaikki standardit sisältävät jossain määrin koodifioitua tietoa (Swann 2000).

Taulukon 1 lisäksi standardisoinnilla on erilaisia vaikutuksia riippuen liiketoiminnan rakenteesta ja dynamiikasta. Datataloudessa tiedon yhteensopivuus, järjestelmien laatu ja turvallisuus korostuvat samalla, kun perinteinen standardisoinnin tavoite vähentää tuotevariaatioiden lukumäärää ei sinällään ole keskiössä.

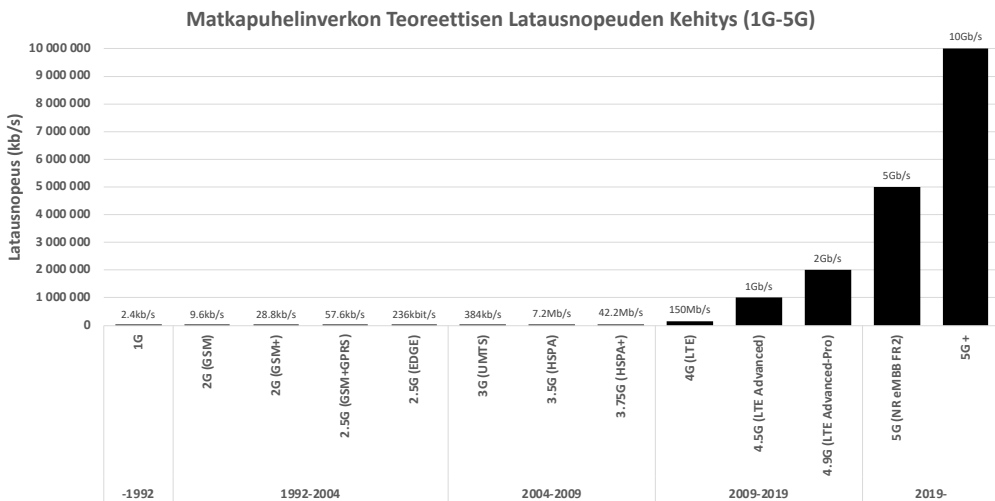
Kuluttajatuotteissa ja -palveluissa differointi luo arvoa. Yleiskäyttöisten teknologioiden standardisoinnissa on kuitenkin oleellista epäyhteensopivien teknologioiden vähentäminen.

Standardisoinnilla on myös paljon epäsuoria vaikutuksia yritysten ajatteluun ja toimintaan. Standardisointi tuo yhteen alan tekniset ja usein kaupallisestikin menestyneimmät yritykset, tutkimuslaitokset ja yliopistot. Näin saadaan maailman paras tieto käyttöön yhteiseksi hyväksi. Standardisointi on myös hyvä yhteinen työalusta, jonka avulla usein abstrakti sääntely voidaan toteuttaa hyvin konkreettisesti ja pikkutarkastikin. Tällaisessa yhteistyössä syntyy myös kustannuksia, mutta vastaavasti standardisointiin osallistuvat toimijat oppivat nopeasti edelläkävijöiden parhaat käytännöt, mikä myös lisää kilpailua teknologian

kehittämisessä. Standardisointi edistää myös markkinoiden konsolidoitumista, mikä ainakin johonkin rajaan asti lisää tehokkuutta.

Lisäksi on hyvä huomata, että samalla kun standardit vaikuttavat merkittävästi kansalliseen ja kansainväliseen liiketoimintaan, myös liiketoiminnan kehittyminen ohjaa standardisoinnin kehittymistä (Fomin ja Keil 2000). Prosessi on siis endogeeninen. Yrityksillä, joiden kaupallinen menestys riippuu tietystä standardista, on usein myös suuri mielenkiinto standardisointiin. Tästä esimerkkinä on *Internet Engineering Task Force* (Jakobs ym. 2001). Uuden järjestelmän odotettavissa olevat verkostovaikutukset ohjaavat yritysten toimintastrategioita (Economides 1996; Shapiro ja Varian 1999; Koski 2000) ja siksi näillä odotuksilla on vaikutuksensa myös yritysten toi-

Kuvio 1. Latausnopeuden kehitys



Kirjoittajien visualisointi, ”downlink peak data rate”.

mintaan standardisoinnissa. Verkostovaikutukset liittyvät keskeisesti standardisointiin ja erityisesti rajapintojen avoimeen standardisointiin. Verkostovaikutuksia ei synny, jos yhteentoimivuus puuttuu.

Kuvio 1 havainnollistaa erästä teknologisen kehityksen ja standardisoinnin mahdollistamaa eksponentiaalista kehityskulkua globaalissa mittakaavassa. Matkaviestiverkon standardisointi edistää YK:n kestävän kehityksen tavoitteista erityisesti tavoitetta numero yhdeksän (*”Rakentaa kestäväää infrastruktuuria sekä edistää kestäväää teollisuutta ja innovaatioita”*): Lähes kaikki ihmiset elävät matkaviestiverkon kantaman piirissä (n. 90 % 3G tai uudempi) ja yli puolella ihmisistä on pääsy Internetiin (YK 2019). Standardisoidun matkaviestiverkon nopeuden kehitys on vaikuttanut kuluttajien käyttäytymiseen ja johtanut matkaviestiverkossa siirretyn datan määrän kaksinkertaistumiseen vuosittain (Itkonen 2017).

Standardisointi muodostaa esikaupallisen, jatkuvaa markkinoilla tapahtuvaa kilpailua edistävän vaiheen, jossa paras saatavilla oleva tieteellinen ja tekninen tieto saadaan muokattua konkreettisesti hyödynnettävään muotoon (Ali-Vehmas 2019). Standardisoinnin vaikutusten empiiriset tutkimukset voidaan jakaa mikro- ja makrotason analyysiin. Mikrotason tutkimukset keskittyvät erityisesti strategisen vuorovaikutuksen kuvaamiseen ja analyysiin yritys- ja toimialatasolla (Shapiro ja Varian 1999; Leiponen 2008; Rysman ja Simcoe 2008), kun taas makrotason tutkimus pyrkii analysoimaan standardisoinnin vaikutuksia kansantalouden tasolla muun muassa teknologiseen kehitykseen ja talouskasvuun (Blind ja Jungmittag 2008; Baron ja Schmidt 2019). Kumuloitunut standardisoinnin tutkimus on tähän mennessä selkeästi painottunut mikrotasolle ja

jättänyt standardisoinnin makrovaikutusten analyysin vähemmälle (Heikkilä ym. 2020).

2.2 Standardisoinnin toiminnalliset vaihtoehdot

Yksi standardisoinnin taloustieteellisen tutkimuksen kehitystä haittaava tekijä on se, että standardisointiin liittyvää käsitteistöä käytetään kirjallisuudessa epä johdonmukaisesti (de Vries 1998; Egyedi ja Ortt 2017). Esimerkiksi *Avoim standardisointi*, jossa tavallisesti määritellään rajapintoja toiminnallisten osien välillä, sekoitetaan toisinaan *Open Source*-ohjelmistoihin, joilla implementoidaan itse toiminnallisuuksia. Avoimien standardien avulla voidaan erityisesti saada avoimeen ja suljettuun ohjelmistoon perustuvat osat toimimaan yhdessä. Sen sijaan kahden avoimen ohjelmiston kehityksessä ilman selkeää ohjausta voidaan de facto sulkea tärkeä avoin rajapinta ja tehdä sen määrittämä avoin standardi epärelevantiksi. Avoimuuden käsitteen tulkinta vaihtelee laajasti (Chesbrough ym. 2006).

Wiegmann (2019) jaottelee standardisoinnin kirjallisuuden kolmeen osaan, julkiseen valtaan perustuvaan (*government-based*), komiteoihin perustuvaan (*committee-based*) ja markkinaehtoiseen (*market-based*) osaan. Tämän voi tarkentaa ja laajentaa neljäksi pyrkimykseksi seuraavalla tavalla.

- 1) Julkisen vallan asettamat standardit tehtiin aiemmin virkamiestyönä. Tästä toimintamallista on jo pääosin luovuttu.
- 2) Nykyisin suuri osa standardeista synnytetään erilaisissa julkisen vallan ohjauksessa olevien standardisointijärjestöjen komi-

teoissa, joista useimpiin on avoin pääsy kaikilla asiasta kiinnostuneilla. Tällaiset viralliset kansalliset ja alueelliset standardisointiorganisaatiot käyttävät valtioiden hallituksen laillista delegoitua valtaa (Fomin 2012). Virallisten standardisointijärjestöjen luomilla standardeilla on usein lainvoimainen velvoittava käyttötarkoitus, kuten teleliikenne ja sähkönjakelu (ks. alajakso 2.3).

3) Virallisen standardisointityön lisäksi yritykset ja muut toimijat voivat perustaa vapaaehtoiseen yhteistyöhön nojaavia standardisointihankkeita, konsortioita (Delcamp ja Leiponen 2014). Tällaiseen yhteistyöhön vaaditaan selkeä peruskirja ja säännöt, joilla varmistetaan, että toiminta on lakien, säädösten ja kansainvälisten sopimusten mukaista. Tällaisia hankkeita on valtavan paljon, mutta useimmiten ne noudattavat hyvin tunnettuja vakiintuneita prosesseja (Grøtnes 2008; Ali-Vehmas 2016). Tällaisilla konsortiorakenteilla on ollut hyvin tärkeä osuus etenkin tietoteknisen yhteensopivuuden luomisessa.

4) Lisäksi erityisen vahvat yritykset voivat pyrkiä määräämään yhteensopivuutta markkinnalla oman yksityisomistuksellisen teknisen spesifikaationsa avulla neuvottelematta siitä vakavasti kenenkään muun toimijan kanssa. Olisi ehkä selkeämpää kutsua tällaisen standardikilpailun voittajia standardien sijaan käsitteellä *dominant design* (Anderson ja Tushman 1990; David ja Greenstein 1990; Shapiro ja Varian 1999; Gandalf ym. 2003). Tästä esimerkkinä voi mainita Microsoft Windowsin, Intel x86-prosessoriarkkitehtuurin tai Googlen pyrkimykset kontrolloida Android-pohjaisten laitteiden toiminnallisuutta.

Taulukossa 2 on esitetty yhteenveto erilaisista standardisoinnin tavoista. Keskeistä on nähdä selvästi, milloin pyrkimystä ohjaa avoin yhteistyö – vain silloin on nykypäivänä perusteltua puhua standardista avoimen innovaation edistäjänä. Standardisoinnissa toimija, toiminnot ja tulokset yhdistyvät samaan rakenteeseen (Fomin 2003).

Taulukko 2. Standardisoinnin vaihtoehtoiset toimintamallit

	Määrätty / Ei-yhteistyöhakuinen	Avoim, yhteistyöhön perustuva
Julkinen valta liikkeelle-panevana voimana	1. Määrätty tekninen viranomaisvaatimus (<i>de jure</i>)	2. Määritelty avoin komiteapohjainen standardi (<i>delegated de jure</i>)
Yksityiset toimijat keskeisiä	4. Suljettu järjestelmä (<i>proprietary dominant design</i>)	3. Vapaaehtoinen konsortio-standardi (<i>voluntary de facto</i>)

Lähde: Ali-Vehmas (2019).

Näiden standardisoinnin vaihtoehtojen välillä voi olla paremmin tai huonommin toimivia yhteistyöjärjestelyitä. Ajankohtainen esimerkki on pienlaitteiden virransyöttöstandardina yleistynyt, alun perin vapaaehtoisen yhteistyön kautta kannettavien tietokoneiden lisälaiterajapinnaksi määritelty USB, jonka C-versio on hyväksytty myös viralliseksi IEC-standardiksi 62680-1-3. USB-C-liittimen yhteensopimattomana kilpailijana on pitkään ollut Applen niin sanottu Lightning-liityntä, joka nyt lopulta korvautunee IEC-standardilla.

Teece (2018) korostaa käsitteellistä eroa standardien asettamisen (*standard setting organizations*, SSO) ja standardien kehittämisen (*standard development organizations*, SDO) välillä. Erottelu ei ole pelkkää semantiikkaa, vaan sillä voi olla merkitystä mielikuvissa, joita standardisoinnista luodaan joko tietoisesti tai tahattomasti. Vapaaehtoisissa standardisointiyhteisöissä on usein vaikeaa tunnistaa selkeästi, milloin kyse on aidosta avoimesta yhteistyöstä ja milloin standardisointiyhteisö on pikemminkin kumileimasin (Ali-Vehmas 2016). Erityisesti ICT-alueella, missä datatalouden suurin potentiaali on, standardien kehittäminen on pääsääntöisesti avointa ja yhteistyöpohjaista, standardisointi perustuu vahvojen kansallisten instituutioiden ja toisaalta yritysten ja yksittäisten ihmistenkin aktiiviseen kilpailuun ja yhteistyöhön (*co-opetition*) parhaiden mahdollisten ratkaisujen löytämisessä erilaisten suljettujen ja epäyhteensopimattomien hankkeiden puristuksessa (Majchrzak ym. 2015; Blind ja Mangelsdorf 2016).

Standardiin lukkiutumisen kritiikki (David 1985; Farrell ja Saloner 1985; Shapiro ja Varian 1999; Tassej 2000) on erityisen perusteltua standardien asettamisessa, joka tapahtuu yhden kerran yhdellä ajanhetkellä eikä ole stan-

dardien avoimen ja yhteistoiminnallisen kehittämisen tavoin jatkuvaa, dynaamista ja endogeenista. Omistuoikeudellisiin standardeihin sekä monopolisaatioon liittyviä negatiivisia vaikutuksia voidaan laajasti ottaen lievittää avoimella standardisointiprosessilla (Swann 2000; Blind 2016).

2.3 Standardisointiorganisaatiot käytännössä

Standardien kehittämiseen on useita vaihtoehtoisia toimintamalleja kuten taulukko 2 havainnollisti. Aluksi keskitymme niihin organisaatioihin, joilla on hallituksen mandaatti. Tällaiset standardisointiorganisaatiot voidaan jakaa maantieteellisesti eri tasoihin. Taulukko 3 havainnollistaa tätä jakoa eurooppalaisesta ja suomalaisesta näkökulmasta. Sähköala ja teleala ovat osa globaalia infrastruktuuria, jota käytännössä kaikki yritykset jossain määrin hyödyntävät. Ne ovat toisin sanoen ”standardisoituja yleiskäyttöisiä teknologioita”. Jokaisella maanosalla on oma näkökulmansa ja ”standardisointihierarkiansa”, jotka tyypillisesti poikkeavat jonkin verran toisistaan. Esimerkiksi *American National Standardization Institute* (ANSI) on laajasti yleistäen yhdysvaltalainen vastine CEN:lle ja CENELEC:lle edustaen USA:n hallinnon näkemyksiä ISO:ssa ja IEC:ssä.

ITU on YK:n alainen globaali telealan standardisointiorganisaatio, joka vastaa useista perinteisistä kiinteän televerkon standardeista (esim. DSL-teknologia). Sen sijaan matkaviestipalveluiden standardisoinnin valtiovalta delegoi alun perin sekä kansallisille että alueellisille organisaatioille, kuten Euroopan alueella ETSI:lle. Alan kansainvälistymisen myötä alueelliset organisaatiot eri suunnilta loivat yhtei-

Taulukko 3. Standardisointiorganisaatiot eri maantieteellisillä tasoilla

	Sähköala	Teleala	Kaikki muut alat
Maailmanlaajuinen taso	International Electrotechnical Commission (IEC)	International Telecommunication Union (ITU)	International Organization for Standardization (ISO)
Eurooppalainen taso	European Committee for Electrotechnical Standardization (CENELEC)	European Telecommunications Standards Institute (ETSI)	European Committee for Standardization (CEN)
Kansallinen taso	Sähkötekniinen ala (SESKO)	Liikenne- ja viestintävirasto Traficom	Suomen Standardisoimisliitto toimialayhteisöineen (SFS)

Lähde: SFS (2019, 23).

sen *3G Partnership Projectin* (3GPP), joka nykyisin vastaa teknisen työn sisällöstä (2G, 3G, 4G, 5G) ja vain virallinen hyväksyntä on edelleen kansallisissa käsissä (Leiponen 2008; Rysman ja Simcoe 2008; Baron ja Gupta 2018). Hieman samanlaisesti digitaalisen TV-tekniologian (DVB) standardisointi syntyi eurooppalaisesta aloitteesta, mutta on kasvanut kansainväliseksi hankkeeksi. TV-toiminnan luvanvaraisuuden vuoksi standardit virallisesti hyväksytään EBU/CENELEC/ETSI yhteisessä komiteassa (JTC).

EU:ssa jäsenvaltiot ovat erikseen päättäneet hyväksyä käyttöön erilaisten vapaaehtoispoijaisten organisaatioiden kehittämiä standardeja. Euroopan komission *Multi-Stakeholder Platform* on ohjelma, jonka puitteista pyritään koordinoimaan standardisointia myös eräiden keskeisten

vapaaehtoisorganisaatioiden osalta, kuten IEEE, IETF/IAB, OASIS ja W3C/ERCIM.⁴

Kuten standardit myös standardisointiorganisaatiot ovat hyvin moninainen ja heterogeeninen joukko (Baron ja Spulber 2018).⁵ Standardisointiorganisaatioiden sääntöjä ja IPR-menettelytapoja on analysoitu useissa raporteissa ja tutkimuksissa (Lemley 2002; Chiao ym. 2007;

⁴ *Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) järjestön Standards Association (SA) kehittää useita keskeisiä standardeja ICT-alueelle, kuten IEEE802.11 ryhmä, joka julkaisee Wi-Fi standardeja. Internet Engineering Task Force (IETF) kehittää Internet-arkkitehtuuria ja protokollia (Euroopan komissio 2016).*

⁵ *Esimerkiksi Updegrave listaa verkkosivullaan yli 1000 standardisointiorganisaatiota <https://www.consortiuminfo.org/>. (viitattu 30.10.2019).*

Bekkers ym. 2017; Baron ym. 2019). On syytä huomata, että tiettyä standardiorganisaatiota koskevien tutkimustulosten yleistäminen muihin standardiorganisaatioihin voi olla mahdollista. Esimerkiksi Ali-Vehmas (2016; 2019) sovelsi ensimmäisten joukossa sosiaalisten verkostojen analyysiä 3GPP:ssä ja IEEE:ssä tapahtuvaan yritysten välisen yhteistyön analyysiin. Hänen keskeinen havaintonsa on, että yhteistyödynamiikat eroavat eri standardisointiorganisaatioiden välillä, vaikka ne nimellisesti toimivat samalla teknologian alueella.

Lisäksi on huomionarvoista, että standardisointia harjoittavat yritykset ovat pääosin suur-yrityksiä, jotka kohtaavat standardien kehittämisessä toistuvasti eri standardisointiforumeilla (Bekkers ym. 2017; Larouche ja Schuett 2019; Ali-Vehmas 2016, 2019). Toisin sanoen monille alan toimijoille standardisointi on toistuvaa vuorovaikuttamista eri forumeilla (*repeated interaction*, Larouche ja Schuett 2019).

2.4 Standardisoinnin kannustimet

Standardit, kuten muutkaan innovaatiot ja teknologiset kehitysasteet, eivät ole eksogeenistä ”manna taivaalta”, vaan niiden kehittämiseen täytyy olla riittävästi kannustimia. Innovaatioiden nopea leviäminen on teknologisen kehityksen edellytys ja standardisointi edistää nimenomaan tätä päämäärää. Standardien kehittämisen hyötyjen tulee ylittää kustannukset, jotta standardisoituja tuotteita, palveluja ja rajapintoja syntyy. Silloin kun standardisoinnista syntyy positiivisia ulkoisvaikutuksia ja markkinoilla toimivat yritykset panostavat standardisointiin vähemmän kuin olisi yhteiskuntien kannalta optimaalista, on perusteltua kehittää

instituutioita, jotka lisäävät kannustimia standardisointiin.⁶

Yllä käsiteltyjen standardisoinnin tarkoitusten lisäksi yritysten motiivit osallistua standardisointiorganisaatioihin ovat moninaiset. Yrityksille on tärkeää synnyttää isompia yhteensopivia ekosysteemeitä, minkä rinnalla on lukuisia joukko muita pienempiä syitä, kuten omien teknisten ratkaisujen tuominen osaksi standardia ja omien intressien kanssa ristiriidassa olevien standardien estäminen, kaupan esteiden purku ja uusien markkinoiden avaaminen, sääntelyyn vaikuttaminen, yhteentoimivuuden mahdollistaminen komplementaaristen tuotteiden kanssa, tietotaidon omaksuminen muilta toimijoilta, kilpailijaseuranta sekä toimialan teknisten ongelmien ratkaisu (Blind ja Mangelsdorf 2016).

Standardisoinnista on tullut yksi osa liiketoimintamallin suunnittelua ja sillä on merkitystä kilpailuun sekä yhden ekosysteemin sisällä että niiden välillä (Shapiro ja Varian 1999; Hawkins ja Ballon 2007). Standardeja kehittävät alan keskeiset tutkimuslaitokset ja yritykset (*contributors*), joiden liiketoiminta perustuu avoimiin standardisointeihin rajapintoihin. On myös suuri joukko yrityksiä (*implementers*), jotka pääsääntöisesti vain hyödyntävät muiden tekemiä standardeja ilman vahvaa omaa konttribuutiota standardin kehittämiseen (Baron ym. 2019). Tällaiset yritykset eivät tarjoa sen enempää resursseja standardisointityöhön kuin teknistä sisältöä itse standardeihin. Kuitenkin

⁶ Pohjola (2005, 291) toteaa: ”Standardien luomiseen ja hallintaan kohdistuva tuki on paikallaan, jos ulkoisvaikutusten vuoksi yritykset sijoittavat niihin liian vähän. Tämä pätee erityisesti pieniin ja keskisuurisiin yrityksiin. NMT- ja GSM-standardit ovat onnistuneita esimerkkejä”.

toisinaan standardien hyödyntäjät pyrkivät vaikuttamaan standardisointiin sen reunaehtojen kautta, esimerkiksi vaatimalla muutoksia standardisointiorganisaatioiden jäsenyys-, päätöksenteko- tai IPR-sääntöihin (Bekkers ym. 2012). Usein vain pieni osa yrityksistä vastaa suurimmasta osasta standardin kehittämistä ja suuri osa tahoja keskittyy enemmän seuraamaan standardin kehitystyötä omaa implementointia silmällä pitäen.

Standardisoinnissa tietoa teknisistä ratkaisuista väistämättä läikkyä (*knowledge spillovers*) yritysten välillä. Osallistujat oppivat toisiltaan jatkuvasti uusia teknisiä ratkaisuja ja voivat kehittää uusia niiden pohjalta (Bar ja Leiponen 2014; Delcamp ja Leiponen 2014; Blind ja Mangelsdorf 2016). Standardisoinnista voivat hyötyä myös muutkin osapuolet kuin vain standardisointiin osallistuneet toimijat itse (David ja Greenstein 1990).

Valtiovalta on perinteisesti käyttänyt standardisointia työkaluna, jolla yrityksille luodaan kannustimet toimia halutulla tavalla. Tietoliikenteen sääntely on tästä hyvä esimerkki. Globaali matkaviestitoiminta on vahvasti, mutta kekseliäästi säänneltyä. Ehdot, joilla teleoperaattorit saavat luvan tarjota palveluitaan on toteutettu käytännössä standardisoinnin avulla (Hillebrand 2013). Kansalliset viranomaiset voivat yhteistoiminnan avulla synnyttää globaaleja markkinoita haluamallaan tavalla (Steinbock 2003). Etenkin ehdot, joilla ohjataan niukimpien resurssien, kuten radiospekttrin käyttöä, ovat hyvin tehokkaita (Lemstra ym. 2011; Basaure ym. 2012). Usein säännöksiin liittyy myös kannustimia, joilla investointeja saadaan houkuteltua alalle (Cambini ja Jiang 2009) tai joilla saadaan niukat resurssit parempaan hyötykäyttöön (Webb 2009). Datataloudessa katse kääntyy tässä kohtaa

raaka-aineen, datan, sääntelyyn ja sen implementointiin.

Standardisoinnin tutkimuksessa essentiaalipatentit (*standard essential patents*, SEP) ovat saaneet paljon huomiota (Lemley 2002; Chiao ym. 2007; Bekkers ym. 2012; 2017; Lerner ja Tirole 2015; Baron ja Pohlmann 2018; Baron ja Spulber 2018; Baron ja Gupta 2018; Baron ym. 2019). Patenttijärjestelmät ovat innovaatiopolitiikan instrumentteja, jotka luovat kannustimia T&K-investointeihin ja innovaatiotoimintaan (Takalo 2014). Essentiaalipatentit ovat patenteja, joita standardin implementoija välttämättä rikkoo, ja niiden lisensointia sääntelevät standardiorganisaatioiden IPR-politiikat (Lerner ja Tirole 2015; Bekkers ym. 2017, Baron ym. 2019). Monissa standardisointiorganisaatioissa standardin kehittäjät sitoutuvat lisensoimaan essentiaalipatentit niin sanotuilla FRAND-ehdoilla (*fair, reasonable and non-discriminatory*; Euroopan komissio 2017; Petheroudakis ym. 2017; Vuorinen 2018; Baron ym. 2019). FRAND-ehdot velvoittavat sekä patenttien haltijoita että lisenssinottajia. FRAND-ehtoja on kritisoitu niiden epätarkkuudesta ja epätäydellisyydestä, mikä voi teoriassa johtaa *hold-up*-ongelmaan, jossa patenttien haltijat pyytävät ylisuuria lisensointimaksuja lisenssinottajilta sen jälkeen, kun nämä ovat tehneet merkittäviä investointeja standardin implementointiin (Lemley ja Shapiro 2007).

Empiiristen tutkimusten tulokset eivät ole antaneet tukea monille *hold-up*-teorian ennustuksille ainakaan matkapuhelintoimialalla, koska todellisuudessa markkinoilla havaitaan nopea standardisoidun teknologian diffuusio, uusien tuotteiden ja toimijoiden jatkuva virta markkinoille, standardin jatkuva kehittäminen sekä tuotteiden jatkuva hintojen aleneminen

(Galetovic ym. 2015; Padilla ym. 2017). Sitä vastoin viime aikoina kasvavassa määrin huomiota on saanut niin sanottu *hold-out* tai *reverse hold up* -ilmiö, jossa essentiaalipatentteja rikkova standardin implementoija pyrkii erilaisin keinoin välttämään lisenssimaksujen maksun (Euroopan komissio 2017; Pentheroudakis ym. 2017; Heiden ja Petit 2018). Aihepiiriin liittyvä tutkimuskirjallisuus on hyvin laaja ja sen kattava läpikäyminen vaatisi oman erillisen artikkelin.

Koska standardisointiorganisaatioiden säännöt määrittelevät vaihtelevalla tavalla kannustimet standardisointiin osallistumiselle, on niin sanottu *forum shopping* -ilmiö mahdollinen standardisointikontekstissa (Lerner ja Tirole 2006; Wiegmann 2019). Se voi vaikuttaa standardisoinnin dynamiikkaan, mikäli useat jäsenet liittyvät tai jättäytyvät pois standardisointiprojekteista samanaikaisesti. Esimerkiksi kun Internet-standardisoinnin hallintatapaa muutettiin, sen seurauksena useita yksityisen sektorin yrityksiä liittyi IETF:n toimintaan vuosina 1993–2001. Tämän seurauksena standardisoinnin dynamiikka muuttui (Ali-Vehmas 2016), mikä synnytti Internetin nopeaan kaupallistamiseen liittyneitä konflikteja (Simcoe 2012). Tällaiset radikaalit muutokset standardisoinnissa ovat harvinaisia.

Rajapintojen avoimuus vaikuttaa investointeihin (Bauer 2010) ja innovaatio toimintaan (Weber 2014; Vogelsang 2017). Datatalouden nopea muutos vaatii sääntelyä, joka olisi sekä ennustettavaa että estäisi markkinan ylilyönnit (Wu 2003). Kansallinen sääntely voidaan käytännössä rakentaa kansainvälisten standardien ja standardisointiorganisaatioiden yhteistoiminnan avulla. Näin voidaan synnyttää uusia markkinoita ja uusia tuotteita, joissa yhteensopivuus on hallitusti otettu huomioon ja joissa

syntyviä verkostovaikutuksia voidaan dynaamisesti hallita, sekä yhteiskuntien isoja haasteita esimerkiksi ympäristön kestävyuden tai palveluiden eettisyyden suhteen voidaan saada ratkaistua. Avoin standardisointityö on parhaimmillaan myös kustannustehokasta, koska teknologiakilpailu maksaa usein huomattavan paljon. Kun lainsäädäntötyö ja siitä jatkumona sääntely yhdistetään tutkimuksen ja innovaatiotyön johtamiseen ja rahoitukseen, voidaan synnyttää isojakin muutoksia jopa globaaleilla markkinoilla, joissa yhteiskunnan, yritysten, yhteisöjen ja jopa yksilöiden panostukset voidaan ohjata tasapainoiseen kilpailuun ja yhteistyöhön. Esimerkkinä tästä on maailmanlaajuisen yhteentoimiva matkaviestiverkko.

Toisaalta ilman selkeää koordinoitua yhteistyöpyrkimyksistä voi myös syntyä standardien taisteluita eli hyvin kärjistävää kilpailua eri standardisointihankkeiden välillä (Shapiro ja Varian 1999; Heinrich 2014; van de Kaa ja de Vries 2015). Standardien oletetaan poistavan epävarmuutta markkinoilta (Gaynor ja Bradner 2001), mutta näin ei kuitenkaan välttämättä tapahdu, jos useat standardit kilpailevat voimakkaasti keskenään (Gandal 2002). Verkostovaikutukset tulevat näkyviin myös standardisointityössä ja usein läheisesti toistensa kanssa tekemisissä olevat liiketoiminnan sektorit muuttavat käyttäytymistään asteittain yhdenmukaiseksi ja niitä tukevat standardisointihankkeet ”itseorganisoi-tuvat” (Heinrich 2014).

2.5 Standardisoinnin tutkimusaineistoja

Standardisoinnin empiiristä taloustieteellistä tutkimusta hidasti pitkään datan hankala saatavuus, mutta viimeisen vuosikymmenen aikana standardisointiin liittyviä tutkimusaineistoja on tullut kasvavassa määrin saataville. Näyttää

siltä, että muun taloustieteellisen tutkimuksen tavoin myös standardisoinnin taloustieteellisessä tutkimuksessa näkyy painopisteen siirtymä teoreettisten mallien kehittämisestä empiiriseen tutkimukseen (Hamermesh 2013).

Suuri osa empiirisistä tutkimuksista on keskittynyt tutkimaan yritysten toimintaa 3GPP:ssä. Leiponen (2008) ja Rysman ja Simcoe (2008) olivat ensimmäisiä standardisointitoimintaa ja 3GPP:tä empiirisesti käsitteleviä artikkeleita. Tutkimuskohteena 3GPP on ollut keskipisteessä sen kansantalouden merkittävyyden kannalta sekä kaupallisten intressien johdosta kansainväliseksi menestystarinaksi nousseella älypuhelinmarkkinalla.

Kysyntään kattavasta datasta ovat vastanneet muun muassa Northwestern-yliopiston tutkijat, jotka ovat yhteistyössä alan toimijoiden kanssa tuoneet linkitetyn kolmiosaisen tietokannan tutkijoiden käyttöön ja laatineet näiden tueksi artikkelit auttamaan tietokannan käytössä sekä standardisointiorganisaatioiden toiminnan ymmärtämisessä.

Ensimmäinen osa (Baron ja Spulber 2018) kattaa laajasti olemassa olevia standardisointiorganisaatiota (615 kpl), näiden julkaisemat standardidokumentit (79 7711 kpl), mitkä on kvantifioitu niiden sisältämien ominaisuuksien mukaan valmiiksi empiiristä analyysiä varten, identifioitujen yritysten (69 572 kpl) jäsenyydet standardisointiorganisaatioissa, sekä kvantifioituna säännöt organisaatioiden tavasta toimia, kuten standardien käyttöönoton menettelytavat, patenttien huomioiminen ja materiaalin avoimuus.

Toinen osa (Baron ja Gupta 2018) ottaa tarkempaan tarkasteluun yllä olevista 615 standardisointiorganisaatiosta 3GPP:n, mistä on kerätty tiedot jäsenyrityksistä (1 429 kpl), näiden osallistuminen kokouksiin (93 327 rekis-

teröintiä), jäsenten tuottamat tekniset kontribuutiot ja keskustelupaperit (45 4170 kpl), 3GPP:n päättämät tekniset spesifikaatiot (9 547 kpl) sekä projektiosat (*work items*, 3 060 kpl).

Kolmas ja tietokannan viimeinen osa (Baron ja Pohlmann 2018) linkittää puhdistetun ja linkitetyn datan 140 000 patentista, jotka yritykset ovat ilmoittaneet keskeiseksi teknisten standardien implementointiin. Essentiaalipatentit ovat myös aiemmin herättäneet kiinnostusta, ja esim. Bekkersin ym. (2017) Northwesternistä riippumaton aineisto *Disclosed Standard Essential Patents* (dSEP) on saatavissa käyttöön tutkijoille.⁷ Näiden lisäksi muun muassa Simcoen (2012) IETF-aineisto on avoimesti saatavilla.

3. Jatkotutkimusaiheita

Taloustieteellisessä kirjallisuudessa vähälle huomiolle on jäänyt esimerkiksi tärkeiden yhteyksien tekeminen standardisoinnin ja datatalouden välillä sekä teoreettisten mallien empiirinen analyysi. Tästä syystä aihepiiri tarjoaa monia hedelmällisiä jatkotutkimusaiheita. Yhä laadukkaammat aineistot standardisointiorganisaatioiden toiminnasta tarjoavat mahdollisuuksia empiiriselle tutkimukselle.

Standardien merkitys havaitaankin usein vasta silloin kun niitä ei ole. Näin ei päässyt käymään 40 vuotta sitten, kun Euroopassa luotiin pohja globaalille matkapuhelinviestinnälle, ensin hyvin proaktiivisen sääntelyn ja sitä tiiviisti tukevan standardisoinnin avulla (Steinbock 2002; Koski 2000). Standardisoinnin taloustieteellinen tutkimuskin oli ajan hermolla

⁷ <http://ssopatents.org/> (viitattu 30.10.2019).

ja tuotti laajasti (mikro)taloustieteellistä tutkimusta keskusteluun esim. GSM-järjestelmän ympärillä.

Mahdollisuudet laajemman datatalouden osalta ovat tänään hyvin samanlaisia, mutta vastaavaa poliittista tukea ja ymmärrystä standardisoinnin avulla saavutettavista tavoitteista ei näytä samassa määrin olevan (Euroopan komissio 2016). Tilanne ICT-alan sääntelyä tukevassa standardisoinnissa on tänään myös paljon haastavampi, sillä kaikki ICT:tä hyödyntävä liiketoiminta tarvitsee suuren joukon standardeja, vieläpä niin, että kokoelmassa on standardeja jopa kaikista neljästä perusvaihtoehdosta (taulukko 2). Tällaisten tuote- ja palveluinnovaatioiden kaupallistaminen ja opeointi on usein haastavaa johtuen erilaisesta juridisen ja toiminnallisen taustan omaavien standardien mukanaan tuomista erilaisista pelisääntöjen hybridikokoelmista. Siksi standardisoinnin tutkimus on siirtynyt pohtimaan yhä enemmän yhteistyötä ja toimintaa tällaisissa monen toimijan verkostoissa (Wiegmann ym. 2017).

3.1 Keskeiset rajapinnat ja niiden standardisointi datataloudessa

Yksi keskeinen tutkimusaihe liittyy kysymykseen, miten olemassa oleva ICT-alueen sääntely ja siihen liittyvät standardit tulisi harmonisoida datatalouden vastaavien käytäntöjen kanssa. Tätä voi hahmottaa esimerkiksi Martin Fransmanin (2010) havainnoiman arkkitehtuurin pohjalta. Kuviossa 2 on identifioitu keskeisimmät sääntelyn rajaamat datatalouden klusterit, kuten sisältö (Pilvi, Big Data), verkko (Televerkko, Internet), kuluttajien laitteet (puhelimet, autot, kodit ja niiden applikaatiot) ja

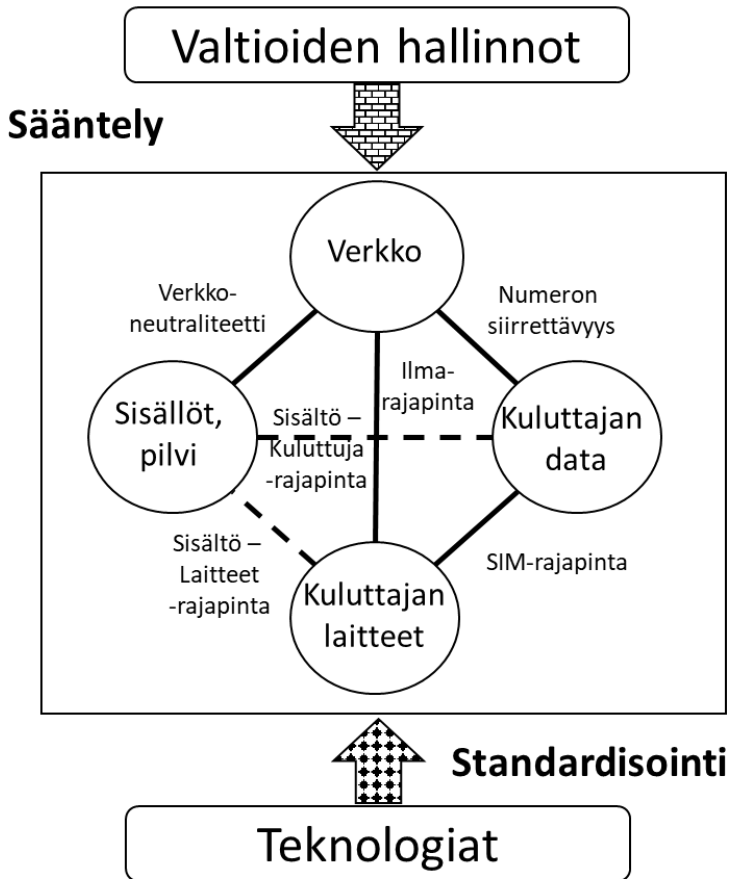
kuluttajat (etenkin heidän synnyttämä data ja siihen liittyvät identiteetit).

Nämä neljä klusteria ovat kiinni toisissaan, osin hyvin määriteltyjen avoimien rajapintojen avulla (kiinteä viiva) ja osin heikosti tai ei ollenkaan määriteltyjen (tai täysin suljettujen) rajapintojen avulla (katkoviiva). Kuhunkin kuuteen keskeiseen rajapintaan pitäisi liittyä systeeminen harmoninen sääntely taulukossa 2 esitettyjen eri vaihtoehtojen mukaisesti.

Data- ja alustatalouden tuotteiden ja palveluiden ytimessä on monenpuoleisten alustojen kyky yhdistellä tietoja talouden eri sektoreilta. Tekoälyä hyödyntävät suosittelualgoritmit vaativat laadukasta informaatiota käyttäjistä ja palveluiden tarjoajista, jotta ne voivat kohdentaa mainontaa tehokkaasti. Standardien rooli korostuu aineistojen rajapinnoissa ja datan siirrettävyydessä. Standardeilla voi olla merkitystä sekä pääsyssä dataan ja markkinoille, dataan ja tekoälyyn perustuvassa kilpailussa, eri alustojen yhteentoimivuudessa sekä datan yksityisyyden varjelemisessa.

Toistaiseksi esimerkiksi sisältöjen ja kuluttajien laitteiden välillä eikä myöskään sisältöjen ja kuluttajien datan välillä ole olemassa kaikille avoimia rajapintoja. Puuttuvat avoimet standardit ja pelisäännöt ovat mahdollistaneet skaalaetuihin ja verkostovaikutuksiin perustuen *winner-takes-all*-pelin, joka antaa dominanteille yrityksille suljetun rajapinnan avulla mahdollisuuden pysyä dominanteina. Näiden kahden rajapinnan sääntelemättömyyden turvin ovat esimerkiksi Google Play/Android ja Apple Appstore/iOS onnistuneet sulkemaan sisältö/laitte rajapinnan itselleen. Facebook ja Google, kuten myös kaikki maksupalveluyritykset, toimittavat kuluttajille takaisin heidän sisältö/data rajapintaan liittyviä tietojaan epästandardissa formaatissa.

Kuvio 2. Keskeiset rajapinnat ja klusterit



Lähde: Fransman (2010) ja Ali-Vehmas (2019).

Eri klusterit erottava sääntely ja sen pohjalta tehty avoin standardisointi voisi edistää kilpailua. Avoin standardisointi avaisi keskeiset rajapinnat yleiselle ja avoimelle implementoinnille esimerkiksi FRAND-korvausta vastaan. Aikaisemmin suljetun telealan liberalisoinnis-

sa avattiin julkiset monopolit neljän keskeisen rajapinnan osalta kilpailulle (kiinteät viivat kuviossa 2). Silloin standardisointi oli keskeinen tekninen työkalu sääntelyn vaatiman kilpailun edistämisessä. Nyt samankaltainen pelikentän tasoittaminen voisi olla tarpeen mark-

kinalla, jota hallitsevat lähes monopoliasemassa olevat alustayritykset. Monopolioiden verottamisen sijaan kilpailun edistäminen loisi myös arvoa innovaatioiden lisääntymisen kautta.

3.2 Standardisoinnin maantieteelliset erot

Euroopan Unionilla, Yhdysvalloilla ja Kiinalla on kullakin omat standardisointistrategiansa (Pelkmans 1987; Breznitz ja Murphree 2013; Euroopan komissio 2016; 2018b). Yhteistä kaikille kansallisille standardisointistrategioille näyttää olevan standardisoinnin linkitys kansallisen kilpailukyvyyn edistämiseen. Seuraavat lainaukset paikallisista standardisointilaeista ja -strategiadokumenteista havainnollistavat, kuinka standardisointia pidetään tärkeänä teknologista kehitystä määrittävänä tekijänä.

Kiinan uudistetun standardisointilain ensimmäisen artiklan mukaan lain tarkoitus on *”edistää tieteen ja teknologian kehitystä, parantaa talous- ja sosiaalista kehitystä, parantaa tuotteiden ja palveluiden laatua, varmistaa turvallisuus ihmisten terveydelle ja omaisuudelle sekä vahvistaa standardisointia”*.⁸ Yhdysvaltojen standardisointistrategiaa käsittelevän verkkosivun mukaan *”vapaaehtoiset konsensuskeeseen perustuvat standardit ovat Yhdysvaltojen talouden perusta”* ja *”yhdysvaltalaiset standardisointijärjestelmät edistävät yhteistä hyvää, vahvistavat yhdysvaltalaisen teollisuuden kilpailukykyä ja tukevat liberalisoitua globaalia kauppajärjestelmää”*. Yhdysvaltojen standardisointistrategia kehitettiin toimimaan kehikkona, joka varmistaa kansallisen hyvinvoinnin, parantaa

globaalia kilpailukykyä ja vastaa kriittisiin kansallisiin ja kansainvälisiin prioriteetteihin.⁹ Euroopan komission (2018b) mukaan *”standardit ovat välttämättömiä sisämarkkinan toiminnalle”* ja ne tukevat talouskasvua poistamalla markkinoille tulon esteitä innovatiivisilta tuotteilta ja palveluilta sekä laajentavat kauppaa uusille markkinoille.

On kiistatonta, että yhdysvaltalaiset yritykset ovat menestyneet parhaiten alustatalouden globaalissa kilpailussa. Niin sanotut GAFAYritykset (Google, Amazon, Facebook ja Apple) dominoivat tätä hyvin kevyesti säänneltyä toimialaa, joka nojaa alan toimijoiden ei-avoimiin ratkaisuihin (Koski ja Rouvinen 2019). Vastavanlaisen aseman Kiinassa ovat saavuttaneet Baidu, Alibaba ja Tencent (Jia ym. 2019).

Sitä vastoin Euroopasta ei ole tähän mennessä tullut samassa mittakaavassa menestyneitä alustoja. Oletettavasti yksi syy siihen on hajanainen eurooppalainen sisämarkkina kansallisine lainsäädäntöineen ja kielimuureineen. Eurooppa tarvitsee suhteellisesti enemmän harmonisointia ja standardisointia eurooppalaisten maiden kesken, jotta eurooppalaiset potentiaaliset alustayritykset hyötyisivät samassa suhteessa suuren kotimarkkinan skaalaeuista ja verkostovaikutuksista kuin niiden yhdysvaltalaiset ja kiinalaiset kilpailijat. Etenkin EU:n kansallisesti motivoituneet jäsenvaltiot kenties tarvitsisivat pikemminkin avoimien standardien avulla luodun yhteensopivan datamarkkinan puhtaan federalistisen harmonisoinnin sijaan. Näin tehtiin GSM-järjestelmän (”-alustan”) kohdalla, missä yhteentoimivuus ja roaming oli tärkeämpää kuin täydellisesti harmonisoitu yhteismarkkina.

⁸ Vapaa suomennos lähteestä <https://www.sesec.eu/app/uploads/2018/01/Annex-I-China-Standardization-Law-20171104.pdf> (viitattu 30.10.2019).

⁹ Vapaa suomennos lähteestä: https://www.ansi.org/standards_activities/nss/uss (viitattu 30.10.2019).

Kaikesta huolimatta standardisoinnin keskeinen rooli on jäänyt vähälle huomiolle myös eurooppalaisten taloustieteilijöiden keskuudessa datatalouden aikana. Esimerkiksi tiede- ja innovaatiokomissaari Carlos Moedaksen neuvonantajanakin toiminut prof. Mazzucato on vahvasti korostanut julkisen sektorin keskeistä roolia innovaatiotoiminnassa (Mazzucato 2013), mutta jättänyt huomioimatta standardisoinnin merkityksen (Heikkilä ym. 2020).

Suomi on pieni avoin talous ja osa Euroopan sisämarkkinaa. Suurta osaa kansallisesta lainsäädännöstämme määrittää EU:n sääntely ja direktiivit. Suomalaisessa talouskasvua käsittelevässä taloustieteellisessä kirjallisuudessa standardit ovat kuitenkin jääneet viime aikoina vähälle huomiolle. Esimerkiksi johtavien suomalaisten taloustieteilijöiden kirjoittama tuore teos *Suomen kasvu – Mikä määrää tabdin muuttuvassa maailmassa* ei käsittele standardisoinnin merkitystä (Honkapohja ja Vihriälä 2019). Standardisointia käsittelevien tutkimusten tuloksia ja johtopäätöksiä arvioitaessa – erityisesti Suomen näkökulmasta – on syytä huomioida institutionaalinen konteksti. EU:n sisämarkkinalla jäsenmaiden harmonisointiprojektien ja standardisoinnin koordinaatioon liittyy oleellisesti enemmän haasteita ja mahdollisuuksia kuin esimerkiksi Yhdysvaltojen, Kiinan tai vaikkapa Intian sisämarkkinalla tapahtuvaan standardisointiin.

3.3 Standardisointitutkimusten replikointi

Maailman, institutionaalisen kontekstin ja pelisääntöjen muuttuessa vanhat tutkimustulokset eivät välttämättä pidä enää paikkaansa.

Muun muassa tästä syystä taloustieteellisten tutkimusten toistettavuus on tärkeää (Hamer-mesh 2007; Hyytinen 2013).

Alajaksossa 2.5 esitellyt tutkimusaineistot mahdollistavat standardisointiin liittyvien hypoteesien uudenlaisen testaamisen sekä aiempien tutkimusten toistamisen. Standardisointiin liittyvistä tutkimuksista yksi keskeisimmistä ja eniten viitatuista on Lemleyn ja Shapiroin (2007) *hold-up*-teoria, johon viitattiin edellä alajaksossa 2.4. Viime vuosina useat tutkimukset ovat osoittaneet, että ilmiölle on vähän empiiristä evidenssiä (Galetovic ym. 2015). Tämän seurauksena aihepiirin kirjallisuudessa on siirrytty puhumaan *hold up* -riskistä tai mahdollisesta *hold up* -ongelmasta”. Taloustieteessä, kuten muissakin yhteiskuntatieteissä, narratiiveilla ja tarinoilla on suuri merkitys (Shiller 2017). Narratiiveja parempi tuki näyttöön perustuvalla päätöksenteolla ja politiikalle on kuitenkin empiirinen analyysi, mieluiten vielä useilla eri aineistoilla ja menetelmillä sekä useamman tutkijan tai tutkimusryhmän toimesta toistettu analyysi.

Standardisoinnin makrovaikutuksista, kuten sen vaikutuksista talouskasvulle, on hyvin vähän empiiristä tutkimusta (Blind ja Jungmittag 2008; Baron ja Schmidt 2019; Heikkilä ym. 2020). Olemassa olevien tutkimusten replikointi paremmilla ja tuoreemmilla aineistoilla edistäisi tutkimukseen perustuvaa päätöksentekoa (Hyytinen ja Toivanen 2010). Analyysissä on keskeistä huomioida, että alueellisista ja institutionaalisista konteksteista riippuen standardisoinnin vaikutukset saattavat poiketa toisistaan. Standardien vaikutusten arviointiin liittyy samanlaisia mittausongelmia kuin digitalisaatioon (Itkonen 2017), onhan rajapintojen standardisointi digitalisaation yksi edellytys.

Standardisoinnin erinäisten vaikutusten mittausten kehittämisen on mielenkiintoinen haaste taloustieteilijöille.

3.4 Eräitä muita standardeja

Tässä artikkelissa on keskitytty pääasiassa yhteensopivuus- ja rajapintastandardeihin, mutta standardeja löytyy monenlaisia, kuten taulukko 1 havainnollisti. Seuraavien standardien taloustieteellinen analyysi saattaa tarjota mielenkiintoisia uusia tutkimustuloksia.

Tekoälyyn liittyvää standardisointityötä voi tarkastella taulukon 3 esittämässä maantieteellisten tahojen kehikossa. Tekoälyyn liittyvää kansainvälistä standardisointia tehdään ISO:n alakomiteassa ISO/IEC JTC 1/SC 42 Artificial Intelligence. Euroopan tasolla CEN ja CENELEC ovat perustaneet työryhmän *Focus Group on Artificial Intelligence* ja Suomessa kansainvälistä standardisointia seuraa SFS:n kesäkuussa 2018 perustama kansallinen ryhmä SR315, jonka asiantuntijat edustavat Suomea ISO:n kokouksissa. SR315 on avoin kaikille. Suomen standardisointiliiton mukaan ”tekoälyn kansainvälisen standardisointityön tavoitteena on luoda yhteiset pelisäännöt tekoälyn hyödyntämiselle”. Tekoälyn standardisointiin osallistui tammikuussa 2020 aktiivisesti yli 40 maata. On siis ilmeistä, että myös tämä uusi mahdollinen yleiskäyttöinen teknologia (Trajtenberg 2018; Hyytinen 2018; Kiema 2019) on tällä hetkellä vasta pelisääntöjen määrittelyn kohteena (Euroopan komissio 2016; 2018a). Keskeisten rajapintojen yhteentoimintastandardisointi ei ole alkua pidemmällä.

Suomalaisessa kontekstissa saunaan liittyvät standardit ovat luonnollisesti erityisen mie-

lenkiinnon kohteena. Jo 115 vuotta sitten, vuonna 1904, Kansantaloudellinen yhdistys etsi ”keinoja yksityisten metsänomistajien metsäntublauksen ehkäisemiseksi”, koska huonot uunit tuhlasivat polttopuita. Asetettiin komitea, joka ”bankkisi piirustukset uusille puuta säästäville uunimalleille” ja myöhemmin komitean työ laajennettiin myös saunanuuneihin (KAK 1999, 444). Standardeilla voidaan luonnollisesti luoda kannustimia innovaatio toimintaan. Nykyinen puulämmitteisten kiukaiden tuotestandardi EN 15821 on ollut voimassa vuodesta 2013 alkaen. Se määrittää jatkuvalämmitteiselle kiukaalle ominaisuudet, mukaan lukien raja-arvot hiilimonoksidipitoisuudella ja hyötysuhteelle, jotka tuotteen on saatuttava CE-merkintää varten (Tissari ym. 2019). Standardilla, vieläpä ilman digitalisatiota ja puulämmitteisten kiukaiden IoT-kyvykkyksiä, on mahdollista vaikuttaa saunomisen päästöihin ja ympäristövaikutuksiin.

Johtamiskäytäntöjen taloustieteellinen tutkimus on viime aikoina yleistynyt ja siinä on kiinnitetty huomiota muun muassa johtamisen laadun ja tuottavuuden väliseen yhteyteen (Bloom ja Van Reenen 2007; Bloom ym. 2013; Goedhuys ja Mohnen 2016; Hyytinen 2017). Myös laadunhallintajärjestelmille on omat standardinsa (mm. ISO 9000, ISO 9001 ja ISO 14000) ja eräiden tutkimustulosten mukaan niiden käyttöönoton ja yritysten menestyksen mittarien välillä on havaittu positiivisia yhteyksiä (Levine ja Toffell 2010; Manders ym. 2016; Goedhuys ja Mohnen 2016; Hawkins ym. 2017; Javorcik ja Sawada 2018). Standardisointinäkökulma voisi rikastaa myös suomalaista johtamisjärjestelmien laadun taloustieteellistä tutkimusta.

4. Keskustelu

Tämän artikkelin tarjoama valikoitu katsaus standardisointiin ja sen taloustieteeseen on väistämättä kapea ja hyvin rajallinen aihealueen laajuudesta ja moniulotteisuudesta johtuen. Standardisoinnin taloustiede on tutkimusalue, jonka merkitys todennäköisesti vain kasvaa globaalissa alusta- ja datataloudessa.

Katsauksemme kolme keskeistä havaintoa voi tiivistää seuraavasti. Ensinnäkin aikaisemmissa tutkimuksissa termeillä *standardi* ja *standardisointi* on viitattu moniin eri ilmiöihin, mikä voi aiheuttaa sekaannuksia aihepiirin uusille tutkijoille ja haitata siten tutkimustiedon kumuloitumista. Toiseksi standardien rooli tuottavuuden ja talouskasvun edistäjänä on jäänyt viime aikoina suhteellisen vähälle huomiolle taloustieteellisessä tutkimuksessa. Ilmiön kvantifiointiin ja näyttöön perustuvan politiikan tueksi tarvittaisiin lisää empiiristä analyysiä, etenkin datatalouden kysymyksissä. Standardisoinnin ja yleiskäyttöisten teknologioiden välinen linkki puuttuu taloustieteellisestä kirjallisuudesta. Kolmanneksi uudet standardeihin liittyvät tutkimusaineistot mahdollistavat standardisoinnin dynamiikan analyysin, teoreettisten mallien ennusteiden testaamisen sekä aikaisempien empiiristen analyysien replikoinnin.

Tähän mennessä standardisointia ei ole mielletty tärkeäksi osaksi innovaatiopolitiikan instrumenttivalikoimaa ja standardisointi loistaa poissaolollaan monien innovaatiotaloustieteilijöiden suosituksissa (vrt. Bloom ym. 2019). Vaikka NMT- ja GSM-standardien positiivinen vaikutus Suomen taloudelle tunnustetaan (Pohjola 2005; Veugelers ym. 2009), ei standardisointia ole myöskään Suomessa nostettu

osaksi innovaatiopolitiikkaa datatalouden aikana (vrt. Hyytinen ja Rouvinen 2005; Veugelers ym. 2009; Takalo 2014, Takalo ja Toivanen 2018; Honkapohja ja Vihriälä 2019).

Käsittääksemme standardisoinnilla tulisi olla keskeinen asema Suomen yliopistojen taloustieteen ja muidenkin relevanttien tieteenalojen opintosuunnitelmissa. Taloustieteen osalta standardisoinnin opetuksen vähäisyyttä saattaa osittain selittää tämänhetkinen yhdysvaltalaisen näkökulman dominanssi, joka ei välttämättä huomioi Euroopan sisämarkkinan institutionaalista kontekstia sekä tarvetta yhteensopivuudelle ja harmonisoinnille. Suomalaisella taloustieteen tutkijayhteisöllä olisi mahdollisuus olla suunnannäyttäjä sekä standardisoinnin tutkimuksessa että opetuksessa. □

Kirjallisuus

- Acemoglu, D., Gancia, G. ja Zilibotti, F. (2012), "Innovation and standardization: Competing engines of growth", *Journal of Economic Theory* 147: 570–601.
- Acemoglu, D. ja Restrepo, P. (2018), "The Race between Man and Machine: Implications of Technology for Growth, Factor Shares, and Employment", *American Economic Review* 108: 1488–1542.
- Aghion, P. ja Howitt, P. (2008), *Economics of Growth*, MIT Press.
- Ali-Vehmas, T. (2016), "Complex network perspective on collaboration in the ICT standardization", *International Journal of Standardization Research* 14: 33–64.

- Ali-Vehmas, T. (2019), *On Complex Value Systems in the Connected World – Examining Structures and Dynamics of the ICT Driven Value Systems in Mobile Communication, Internet, and Transportation*, PhD thesis, Aalto University.
- Anderson, P. ja Tushman, M. (1990), “Technological discontinuities and dominant designs: A cyclical model of technological change”, *Administrative Science Quarterly* 35: 604–633.
- Baron, J., Contreras, J., Husovec, M., Larouche, P. ja Thumm, N. (2019), Making the rules. The Governance of Standard Development Organizations and their Policies on Intellectual Property Rights, JRC Science for Policy Report, JRC115004, EUR 29655 EN, Publications Office of the European Union.
- Baron, J. ja Gupta, K. (2018), “Unpacking 3GPP standards”, *Journal of Economics and Management Strategy* 27: 433–461.
- Baron, J. ja Pohlmann, T. (2018), “Mapping Standards to Patents Using Declarations of Standard-Essential Patents”, *Journal of Economics and Management Strategy* 27: 504–534.
- Baron, J. ja Schmidt, J. (2019), “Technological Standardization, Endogenous Productivity and Transitory Dynamics”, Mimeo.
- Baron, J. ja Spulber, D., (2018), “Technology Standards and Standard Setting Organizations: Introduction to the Searle Center Database”, *Journal of Economics and Management Strategy* 27: 462–503.
- Bar, T. ja Leiponen, A. (2014), “Committee composition and networking in standard setting: The case of wireless telecommunications”, *Journal of Economics and Management Strategy* 23: 1–23.
- Basaure, A., Casey, T. ja Hämmäinen, H. (2012), “Different regulation paths towards cognitive radio technologies: Cases of Finland and Chile,” 23rd European Regional Conference of the International Telecommunication Society, International Telecommunications Society, Vienna, Austria.
- Bauer, J.M. (2010), “Regulation, Public Policy, and Investment in Communications Infrastructure,” *Telecommunication Policy* 34: 65–79.
- Bekkers, R., Iversen, E. ja Blind, K. (2012), “Emerging ways to address the reemerging conflict between patenting and technological standardization”, *Industrial and Corporate Change* 21: 901–931.
- Bekkers, R., Catalini, C., Martinelli, A., Righi, C. ja Simcoe, T. (2017), “Disclosure rules and declared essential patents”, NBER Working Paper 23627.
- Blind, K. (2016), “The Impact of Standardisation and Standards on Innovation”, teoksessa Edler, J., Cunningham, P., Gök, A. ja Shapira, P. (toim.), *Handbook of Innovation Policy*, Edward Elgar Publishing: 423–449.
- Blind, K. ja Jungmittag, A. (2008), “The impact of patents and standards on macroeconomic growth: a panel approach covering four countries and 12 sectors”, *Journal of Productivity Analysis* 29: 51–60.
- Blind, K. ja Mangelsdorf, A. (2016), “Motives to standardize: Empirical evidence from Germany”, *Technovation* 48–49: 13–24.
- Bloom, N. ja Van Reenen, J. (2007), “Measuring and Explaining Management Practices Across Firms and Countries”, *The Quarterly Journal of Economics* 122: 1351–1408.
- Bloom, N., Eifert, B., Mahajan, A., McKenzie, D. ja Roberts, J. (2013), “Does management matter? Evidence from India”, *The Quarterly Journal of Economics* 128: 1–51.
- Bloom, N., Van Reenen, J. ja Williams, H. (2019), “A toolkit of policies to promote innovation”, *Journal of Economic Perspectives* 33: 163–184.
- Breznitz, D. ja Murphree, M. (2013), “Technology standards in China”, ETLA Brief 3.
- Brynjolfsson, E., Rock, D. ja Syverson, C. (2018), “The Productivity J-Curve: How Intangibles Complement General Purpose Technologies”, NBER Working Paper No. 25148.

- Cambini, C. ja Jiang, Y. 2009, "Broadband investment and regulation: A literature review", *Telecommunications Policy* 33: 559–74.
- Chesbrough, H., Vanhaverbeke, W. ja West, J. (2006), *Open Innovation: Researching a New Paradigm*, Princeton University Press.
- Chiao, B., Lerner, J. ja Tirole, J. (2007), "The rules of standard-setting organizations: an empirical analysis", *The RAND Journal of Economics* 38: 905–930.
- David, P. (1985), "Clio and the economics of QWERTY", *American Economic Review* 75: 332–337.
- David, P. A. ja Greenstein, S. (1990), "The Economics of Compatibility Standards: An Introduction to recent research", *Economics of Innovation and New Technology* 1: 3–41.
- Delcamp, H. ja Leiponen, A., (2014), "Innovating standards through informal consortia: The case of wireless telecommunications", *International Journal of Industrial Organization* 36: 36–47.
- Economides, N. (1996), "Network externalities, complementarities, and invitations to enter", *European Journal of Political Economy* 12: 211–233.
- Egyedi, T. ja Ortt, R. (2017), "Towards a functional classification of standards for innovation research" luku 6 teoksessa "Handbook of Innovation and Standards", (toim.), Richard Hawkins, Knut Blind and Robert Page.
- Euroopan komissio (2016), "Tieto- ja viestintätekniikan standardointiprioriteetit digitaalisilla sisämarkkinoilla", COM(2016) 176, Komission tiedonanto Euroopan parlamentille, neuvostolle, Euroopan talous- ja sosiaalikomitealle ja alueiden komitealle, Bryssel 19.4.2016.
- Euroopan komissio (2017), "Euroopan unionin lähestymistapa essentiaalipatentteihin", COM(2017) 712, Komission tiedonanto Euroopan parlamentille, neuvostolle ja Euroopan talous- ja sosiaalikomitealle, Bryssel 29.11.2017,
- Euroopan komissio (2018a), "Tekoäly Euroopassa", COM(2018) 237, Komission tiedonanto Euroopan parlamentille, neuvostolle ja Euroopan talous- ja sosiaalikomitealle, Bryssel, 25.4.2018.
- Euroopan komissio (2018b), "Eurooppalaista standardointia koskeva unionin vuotuinen työohjelma 2019, COM(2018) 686, Komission tiedonanto Euroopan parlamentille, neuvostolle, Euroopan talous- ja sosiaalikomitealle ja alueiden komitealle, Bryssel 11.10.2018.
- Farrell, J. ja Saloner, G. (1985), "Standardization, Compatibility, and Innovation", *The RAND Journal of Economics* 16: 70–83.
- Farrell, J. ja Saloner, G. (1988), "Coordination through committees and markets", *The RAND Journal of Economics* 19: 235–252.
- Fomin, V. (2003), "The Role of Standards in the Information Infrastructure, Revisited", teoksessa King, J. ja Lyytinen, K. (toim.), *Proceedings of the Workshop on Standards making: A Critical Research Frontier for Information Systems*, Seattle: 302–313.
- Fomin, V. (2012), "Standards as Hybrids", *International Journal of IT Standards and Standardization Research* 10: 59–68.
- Fomin, V. ja Keil, T. (2000), "Standardization: Bridging the gap between economic and social theory", ICIS 2000 Proceedings: 206–217.
- Fransman, M. (2010), *The New ICT Ecosystem: Implications for Policy and Regulation*, Cambridge University Press.
- Galetovic, A., Haber, S. ja Levine, R. (2015), "An empirical examination of patent holdup", *Journal of Competition Law and Economics* 11: 549–578.
- Gandal, N. (2002), "Compatibility, Standardization and Network Effects: Some Policy Implications", *Oxford Review of Economic Policy* 18: 80–91.
- Gandal, N., Salant, D. ja Waverman, L. (2003), "Standard in wireless telephone networks: Some Policy Implications", *Oxford Review of Economic Policy* 27: 80–91.

- Gaynor, M. ja Bradner, S. (2001), “The real options approach to standardization”, Proceedings of the 34th annual Hawaii International Conference On System Sciences, IEEE.
- Goedhuys, M. ja Mohnen, P. (2016), “Management standard certification and firm productivity: micro-evidence from Africa”, MERIT Working Papers 012, United Nations University – Maastricht Economic and Social Research Institute on Innovation and Technology.
- Grøtnes E. (2008), “Strategies for Influencing the Standardization Process: Examples from Within”, ECIS 2008 Proceedings, Association for Information Systems.
- Hamermesh, D. (2007), “Replication in economics”, *Canadian Journal of Economics* 40: 715–733.
- Hamermesh, D. (2013), “Six Decades of Top Economics Publishing: Who and How?”, *Journal of Economic Literature* 51: 162–172.
- Hawkins, R. ja Ballon, P. (2007), “When standards become business models: reinterpreting ‘failure’ in the standardization paradigm”, *Info* 9: 20–30.
- Hawkins, R., Blind, K. ja Page, R. (2017), *Handbook of Innovation and Standards*, Edward Elgar Publishing.
- Heiden, B. ja Petit, N. (2018), “Patent ‘Trespass’ and the Royalty Gap: Exploring the Nature and Impact of Patent Holdout”, *Santa Clara High Technology Law Journal* 34: 179–249.
- Heikkilä, J., Ali-Vehmas, T. ja Rissanen, J. (2020), “Connecting the dots: A bibliometric analysis of the link between standardization and economic growth”, työpaperi ja konferenssiesitys 42. Kansantaloustieteen päivillä Tampereella 6.2.2020.
- Heinrich, T. (2014), “Standard wars, tied standards, and network externality Induced Path dependence in the ICT sector”, *Technological Forecasting and Social Change* 81: 309–320.
- Helpman, E. (1998), *General Purpose Technologies and Economic Growth*, MIT Press.
- Hillebrand, F. (2013), “The creation of standards for global mobile communication: GSM and UMTS standardization from 1982 to 2000”, *IEEE Wireless Communications* 20: 24–33.
- Honkapohja, S. ja Vihriälä, V. (toim.) (2019), *Suomen kasvu – Mikä määrää tahdin muuttuvassa maailmassa?*, Taloustieto Oy.
- Hossain, T. ja Morgan, J. (2009), “The Quest for QWERTY”, *American Economic Review* 99: 435–440.
- Hyytinen, A. (2013), “Väärä tulos”, *Kansantaloudellinen aikakauskirja* 109: 271–274.
- Hyytinen, A. (2017), “Ovatko hyvät johtamismenetelmät talouskasvun lähde?”, *Kansantaloudellinen aikakauskirja* 113: 459–462.
- Hyytinen, A. (2018), “Tekoöly yleiskäyttöisenä teknologiana”, *Kansantaloudellinen aikakauskirja* 114: 491–494.
- Hyytinen, A. ja Rouvinen, P. (toim.) (2005), *Mistä talouskasvu syntyy?*, ETLA B 214 Taloustieto.
- Hyytinen, A. ja Toivanen, O. (2010), “Tutkimuksen hyödyntäminen poliittisessa päätöksenteossa”, *Kansantaloudellinen aikakauskirja* 106: 426–436.
- Ilomäki, T. (2005), “Standardisoida vai standardoida”, *Kielikello* 2/2005, <https://www.kielikello.fi/-/standardisoida-vai-standardoida-> (viitattu 7.1.2020).
- Itkonen, J. (2017), “Digitalisaation mittaushaasteiden vaikutus kansantalouden kokonaiskuvaan”, *Kansantaloudellinen Aikakauskirja* 113: 489–512.
- Jakobs, K., Procter, R. ja Williams, R. (2001), “The Making of Standards: Looking Inside the Work Groups”, *IEEE Communications Magazine* 39: 102–107.
- Javorcik, B. ja Sawada, N. (2018), “The ISO 9000 certification: Little pain, big gain?”, *European Economic Review* 105: 103–114.
- Jia, K., Kenney, M., Mattila, J. ja Seppälä, T. (2018), “The Application of Artificial Intelligence at Chinese Digital Platform Giants: Baidu, Alibaba and Tencent”, ETLA Reports No 81.

- van de Kaa, G. ja de Vries, H.J. (2015), "Factors for winning format battles: A comparative case study," *Technological Forecasting and Social Change* 91: 222–235.
- KAK (1999), "Ekonomistien järjestötoimintaa Suomessa", *Kansantaloudellinen Aikakauskirja* 95: 444–450.
- Katz, M. ja Shapiro, C. (1985), "Network Externalities, Competition, and Compatibility", *American Economic Review* 75: 424–440.
- Kiema, I. (2019), "Pitkän aikavälin talouskasvu riippuu yleiskäyttöisten teknologioiden kehityksestä", *Kansantaloudellinen aikakauskirja* 115: 416–420.
- Koski, H. (2000), "Telemarkkinat taloustieteen näkökulmasta", *Kansantaloudellinen aikakauskirja* 96: 48–60.
- Koski, H. ja Kretschmer, T. (2005), "Entry, standards and competition: Firm strategies and the diffusion of mobile telephony", *Review of Industrial Organization* 26: 89–113.
- Koski, H. (2018), "Henkilödatasta merkittävä yritysten arvon luonnin lähde", ETLA Muistio No 66.
- Koski, H. ja Rouvinen, P. (2019), "Datamarkkinat ja digitaaliset alustat arvonluonnissa", teoksessa Honkapohja, S. ja Vihriälä, V. (toim.) (2019), *Suomen kasvu – Mikä määrää tabdin muuttuvassa maailmassa?*, Taloustieto Oy.
- Larouche, P. ja Schuett, F. (2019), "Repeated interaction in standard setting", *Journal of Economics and Management Strategy* 28: 488–509.
- Leiponen, A. (2008), "Competing Through Cooperation: Standard-Setting in Wireless Telecommunications", *Management Science* 54: 1904–1919.
- Lemley, M. (2002), "Intellectual Property Rights and Standard-Setting Organizations", *California Law Review* 90: 1889–1980.
- Lemley, M. ja Shapiro, C. (2007), "Patent Holdup and Royalty Stacking", *Texas Law Review* 85: 1991–2050.
- Lemstra, W., Anker, P. ja Hayes, V. 2011, "Cognitive Radio: Enabling Technology in Need of Coordination", *Competition and Regulation in Network Industries* 12: 210–235.
- Lerner, J. ja Tirole, J. (2006), "A Model of Forum Shopping", *American Economic Review* 96: 1091–1113.
- Lerner, J. ja Tirole, J. (2015), "Standard-Essential Patents", *Journal of Political Economy* 123: 547–586.
- Levine, D. ja Toffel, M. (2010), "Quality Management and Job Quality: How the ISO 9001 Standard for Quality Management Systems Affects Employees and Employers", *Management Science* 56: 978–996.
- Liebowitz, S. ja Margolis, S. (1994), "Network Externality: An Uncommon Tragedy", *Journal of Economic Perspectives* 8: 133–150.
- Liikanen, J., Stoneman, P. ja Toivanen, O., (2004), "Intergenerational effects in the diffusion of technology: The case of mobile phones", *International Journal of Industrial Organization* 22: 1137–1154.
- Manders, B., de Vries, H. ja Blind, K. (2016), "ISO 9001 and product innovation: A literature review and research framework", *Technovation* 48: 41–55.
- Majchrzak, A., Järvenpää, S. ja Bagherzadeh, M. (2015), "A Review of Interorganizational Collaboration Dynamics", *Journal of Management* 41: 1338–1360.
- Mazzucato, M. (2013), *Entrepreneurial State, Debunking Public vs Private Sector Myths*, Anthem Press.
- Matutes, C. ja Regibeau, P. (1996), "A selective review of the economics of standardization: Entry deterrence, technological progress and international competition", *European Journal of Political Economy* 12: 183–209.

- Ortt, R. ja Egyedi, T. (2014), “The Effect of Pre-existing Standards and Regulations on the development and diffusion of radically new innovations”, *International Journal of IT Standards and Standardization Research* 12(1): 17-37.
- Padilla, J., Davies, J. ja Boutin, A. (2017), *Economic Impact of Technology Standards: The past and the road ahead*, Compass Lexecon.
- Pelkmans, J. (1987), “The new approach to technical harmonization and standardization”, *Journal of Common Market Studies* XXV: 249–269.
- Pentheroudakis, C. ja Baron, J. (2017), Licensing Terms of Standard Essential Patents. *A Comprehensive Analysis of Cases*, JRC Science for Policy Report, EUR 28302.
- Pohjola, M. (2005), “Talouskasvu talouspolitiikan tavoitteena”, teoksessa Hyytinen A. ja Rouvinen P. (toim.), *Mistä talouskasvu syntyy?*, ETLA B214, Taloustieto Oy.
- Rochet, J. ja Tirole, J. (2003), “Platform Competition in Two-Sided Markets”, *Journal of the European Economic Association* 1: 990–1029.
- Rogers, E. (1995), *Diffusion of innovations*, Free Press.
- Rysman, M. ja Simcoe T. (2008), “Patents and the Performance of Voluntary Standard Setting Organizations”, *Management Science* 54: 1920–1934.
- Shapiro, C. ja Varian, H. (1999), *Information rules*, Harvard Business School Press.
- Shiller, R. (2017), “Narrative Economics”, *American Economic Review* 107: 967–1004.
- Simcoe, T. (2012), “Standard setting committees: consensus governance for shared technology Platforms”, *American Economic Review* 102: 305–336.
- SFS (2019), *Avain standardien maailmaan*, SFS-käsikirja 1, Suomen standardisoimisliitto.
- Steinbock, D. (2003), “Globalization of wireless value system: From geographic to strategic advantages”, *Telecommunications Policy* 27: 207–235.
- Stenbacka, R. (2001), “Kilpailustrategiat ja -politiikka uudessa informaatiotaloudessa”, *Kansantaloudellinen aikakauskirja* 97: 88–96.
- Swann, P. (2000), *The Economics of Standardisation*. Final Report for Standards and Technical Regulations Directorate Department of Trade and Industry, United Kingdom.
- Swann, P. (2010), “The Economics of Standardization: An Update”, Report for the UK Department of Business, Innovation and Skills, Innovative Economic Limited.
- Takalo, T. (2014), “Innovaatiopolitiikan haasteet”, *Kansantaloudellinen aikakauskirja* 110: 381–390.
- Takalo, T. ja Toivanen, O. (2018), “Economics of Finnish Innovation Policy”, Talouspolitiikan arviointineuvoston taustaraportti 16.1.2018.
- Tassey, G. (2000), “Standardization in technology-based markets”, *Research Policy* 29: 587–602.
- Teece, D. (2018), “Profiting from innovation in the digital economy: Enabling technologies, standards, and licensing models in the wireless world”, *Research Policy* 47: 1367–1387.
- Tissari, J., Leskinen, J., Lamberg, H., Nieminen, V., Väätäinen, S., Koponen, H., Myllynen, M., Savolahti, M. ja Karvosenoja, N. (2019), “Kiukkaiden päästöt ja niiden vähentäminen”, Itä-Suomen yliopisto, Ympäristö- ja biotieteiden laitos, Pienhiukkas- ja aerosolitekniiikan laboratorio.
- Trajtenberg, M. (2018), “AI as the next GPT: A political economy perspective”, NBER Working Paper 24245.
- Veugelers, R., Aiginger, K., Breznitz, D., Edquist, C., Murray, G., Ottaviano, G., Hyytinen, A., Kangasharju, A., Ketokivi, M., Luukkonen, T., Maliranta, M., Maula, M., Okko, P., Rouvinen, P., Sotarauta, M., Tanayama, T., Toivanen, O. ja Ylä-Anttila, P. (2009), *Evaluation of the Finnish National Innovation System – Full Report*, Taloustieto Oy.

- Vogelsang, I. (2017), "Regulatory inertia versus ICT dynamics: The case of product innovations," *Telecommunications Policy* 41: 978–990.
- de Vries, H. (1998), "The Classification of standards", *Knowledge Organization* 25: 79–89.
- Vuorinen, J. (2018), "Essentiaalipatentteja koskeva EU:n kilpailuoikeus ja -politiikka: pragmaattista reagointia muuttuneeseen toimintaympäristöön", teoksessa Castrén, M. (toim.), *Kilpailuvirastosta markkinavirastoksi – Jubani Jokisen julkikirja, Kilpailu- ja kuluttajavirasto*.
- Webb, W. (2009), "An optimal way to licence the radio spectrum," *Telecommunications Policy* 33: 230–237.
- Weber, A. (2014), "Disruptive competition vs. single standard: The role of risk-averse investors in the decline of the European computer and handset industries," 20th ITS Biennial Conference. The Net and the Internet – Emerging Markets and Policies, Rio de Janeiro, Brazil.
- Wiegmann, P. (2019), *Setting the Stage for Innovation: Balancing Diverse Interests Through Standardisation*, PhD thesis, Erasmus University Rotterdam.
- Wiegmann, P., de Vries, H. ja Blind, K. (2017), "Multi-mode standardisation: A critical review and a research agenda", *Research Policy* 46: 1370–1386.
- Wu, T. (2003), "Network Neutrality, Broadband Discrimination", *Journal on Telecommunications ja High Technology Law* 2: 141–79.
- YK (2019), "Special edition: Progress towards the Sustainable Development Goals – Report of the Secretary-General", United Nations, Economic and Social Council, 8.5.2019, <https://undocs.org/E/2019/68> (viitattu 7.1.2020).