



Vaasan yliopisto  
UNIVERSITY OF VAASA

Mari Koistinen

## **ICT:n läikkymisvaikutukset tuottavuuteen**

Kuvaileva kirjallisuuskatsaus maiden välisistä vaikutuksista

Laskentatoimen ja rahoituksen yksikkö  
Taloustieteen pro gradu -tutkielma  
Taloustieteen maisteriohjelma

Vaasa 2023

---

**VAASAN YLIOPISTO****Laskentatoimen ja rahoituksen yksikkö**

<b>Tekijä:</b>	Mari Koistinen		
<b>Tutkielman nimi:</b>	ICT:n läikkymisvaikutukset tuottavuuteen : Kuvaileva kirjallisuuskatsaus maiden välisistä vaikutuksista		
<b>Tutkinto:</b>	Kauppätieteiden maisteri		
<b>Oppiaine:</b>	Taloustiede		
<b>Työn ohjaaja:</b>	Jaana Rahko		
<b>Valmistumisvuosi:</b>	2023	<b>Sivumäärä:</b>	57

---

**TIIVISTELMÄ :**

Talouden ja tuottavuuden kasvu ovat olennaisia elintason nostamisessa. Tuottavuuskasvua on odotettu saatavan tieto- ja viestintäteknologian lisääntyessä, mutta se on taittunut monissa maissa viime vuosikymmeninä. Kasvuteorioiden mukaan kasvu perustuu teknologiseen kehitykseen ja uusimpien kasvuteorioiden mukaan teknologinen kehitys on luonteeltaan tiedollista, jolloin myös tiedon epäsuorat ulkoisvaikutukset eli läikkymisvaikutukset ovat mahdollisia. Tällöin investoinnista hyötyvät muutkin kuin itse investoinnin tekijä. Tieto- ja viestintäteknologia on luonteeltaan tiedollista, joten läikkymisvaikutusten pitäisi olla mahdollisia. Empiirisessä tutkimuksessa ICT:lle ei ole kuitenkaan saatu aiemmin mitattavissa olevia läikkymisvaikutuksia. ICT on kehittynyt viime vuosikymmeninä ja internetin myötä siitä on tullut rajoja ylittävää ja luonteeltaan verkottoitunutta, mikä on mahdollisesti tuonut mitattavissa olevaa evidenssiä tutkimuskirjallisuudessa. Epäsuorien läikkymisvaikutusten mittaamista ovat mahdollisesti myös edistäneet kehittyneet tutkimusmenetelmät ja aineistot.

Tieto- ja viestintäteknologian läikkymisvaikutuksia tarkastellaan tässä tutkielmassa maiden välisessä kontekstissa ICT:n verkottoituneen ja rajoja ylittävän luonteensa vuoksi. Tutkimus tehtiin kuvailevana kirjallisuuskatsauksena. Otokokoa rajoitti aiheen vähäinen määrä tutkimuskirjallisuudessa ja aineistoksi valittiin neljä tutkimusta. Asetettuja tutkimuskysymyksiä olivat: millä muuttujilla ICT:n läikkymisvaikutuksia on estimoitu, millaisilla aineistoilla ICT:n läikkymisvaikutuksia on tutkittu tutkimuskirjallisuudessa ja onko tieto- ja viestintäteknologialla maiden välisiä läikkymisvaikutuksia tuottavuuteen ja minkä suuntaisesti.

Kirjallisuuskatsauksen tulosten mukaan aineistoihin liittyvät haasteet rajaavat tutkittavia ajanjaksoja ja vaikuttavat regressiomallien rakentamiseen. Tutkimusmenetelmät pohjautuvat regressioanalyysiin, mutta tuoreimmassa tutkimuksessa on hyödynnetty myös spatiaalista analyysiä, joka antaa aluemalleissa paremmat estimaatit. Kirjallisuuskatsauksen perusteella ICT:n tuottavuuden läikkymisvaikutuksiin ei ole muodostunut yhtenäistä mittaamisen mallia. Tutkimuskirjallisuudessa ei ole myöskään aukotonta todistusta maiden välisistä ICT:n positiivisista läikkymisvaikutuksista tuottavuuteen. Osa tutkimuksista oli saanut näyttöä positiivisista läikkymisvaikutuksista, mitkä selitetään vastaanottavan maan ominaisuuksilla tai investoivan maan ICT:hen liittyvien toimintojen käyttöönotolla. Yhdessä tutkimuksessa ICT:n käytöllä taas ei ollut positiivista vaikutusta, vaan tuottavuuden kasvu johtui aineettomista pääomista. Maiden välisistä ICT:n läikkymisvaikutuksista tuottavuuteen tarvitaan jatkossa lisää tietoa tieto- ja viestintäteknologian kehittyessä ja laajentuessa, jotta kansantaloudet voivat huomioida investoinnissaan ja tukipolitiikassaan muiden maiden ICT-investoinnit ja hyötyä niistä omassa tuottavuuskehityksissään.

---

**AVAINSANAT:** ICT, tieto- ja viestintäteknologia, kasvuteoria, tuottavuus, työn tuottavuus, kirjallisuuskatsaus

## Sisällys

1	Johdanto	6
2	Kasvuteoriat ja tuottavuus	9
2.1	Kansantalouden tilinpito ja talouskasvu	9
2.2	Uusklassinen kasvumalli	12
2.3	Endogeeniset kasvumallit	15
2.4	Tuottavuus	20
3	Tieto- ja viestintäteknologia	25
3.1	Yleiskäyttöinen teknologia	25
3.2	Tieto- ja viestintäteknologia	28
3.3	ICT ja tuottavuus	31
3.4	ICT ja läikkymisvaikutukset	33
4	Kirjallisuuskatsaus	38
4.1	Tutkimusasetelma	38
4.2	Kirjallisuuskatsauksen tulokset	39
4.2.1	ICT:n läikkymisvaikutusten estimoinnit tutkimuskirjallisuudessa	40
4.2.2	Aineistot tutkimuskirjallisuudessa	42
4.2.3	Löydökset tutkimuskirjallisuudessa	45
5	Johtopäätökset	48
	Lähteet	51

## Kuviot

**Kuvio 1.** Maailman väestön ja elintason kehitys 1820–2018.

**Kuvio 2.** Bruttokansantuotteen kehitys asukasta kohden ajalla 1860–2018 neljässä maassa.

**Kuvio 3.** Teknologinen kehitys ja pääomaintensiteetin kasvu työn tuottavuuden kasvutekijöinä.

**Kuvio 4.** Internetin käytön osuus väestöstä eri alueilla vuonna 2021.

**Kuvio 5.** ICT-investointien kehitys vuosina 1989–2010 Etelä-Koreassa, Kanadassa, Suomessa ja Yhdysvalloissa (prosenttia kiinteän pääoman bruttomuodostuksesta)

**Kuvio 6.** ICT:n suorat vaikutukset tuottavuuteen

**Kuvio 7.** ICT:n spillover-vaikutukset työn tuottavuuteen.

## Taulukot

**Taulukko 1.** Iso-Britannian kasvulaskenta 1760–1913

**Taulukko 2.** Yhteenvedo kirjallisuuskatsauksen tutkimuksista

## Lyhenteet

BKT Bruttokansantuote (engl. GDP, Gross Domestic Product)

EU Euroopan unioni

GPT Yleiskäyttöinen teknologia (engl. General Purpose Technology)

ICT Tieto- ja viestintäteknologia (engl. Information and communications technology)

IT Tietotekniikka (engl. Information technology)

ITU Kansainvälinen televiestintäliitto (engl. International Telecommunication Union)

OECD Taloudellisen yhteistyön ja kehityksen järjestö (engl. Organization for Economic Co-operation and Development)

TFP Kokonaistuottavuus (engl. Total Factor Productivity)

T&K Tutkimus- ja kehitystoiminta

WDI Maailmanpankin maailman kehitysindikaattorit (engl. World Development Indicators)

# 1 Johdanto

Taloukasvu luo hyvinvointia ja nostaa elintaso. Yksi taloukasvun tärkeimmistä lähteistä on tuottavuuden parantaminen ja kasvu. Tuottavuus mittaa suorituskyykyä eli kuinka hyvin tuotantopanoksista saadaan aikaan tuotoksia. Tuottavuuden osatekijöistä työn tuottavuus voi kasvaa rajatta, koska sen ajureina olevilla ideoilla ja teknologian kehittämisellä eli kokonaistuottavuudella ei käytännössä ole rajoitteita. Tuottavuuden kasvun edellytysten tutkiminen onkin tärkeää, kun tavoitellaan elintason ja hyvinvoinnin kasvua. Elintaso on noussut monissa maissa viimeisinä vuosisatoina. Esimerkiksi Suomessa bruttokansantuote ja siten myös elintaso nousi 25-kertaiseksi vuosien 1860–2015 aikana ja samanaikaisesti työn tuottavuus kasvoi 26-kertaiseksi. (Pohjola, 2017, s. 268–269). Kasvua vauhdittivat aiemmin teollistuminen ja yleiskäyttöisten teknologioiden, kuten höyryn ja sähkön, hyödyntäminen ja käytön lisääntyminen (Pohjola ja muut, 2019, s. 172). 1900-luvun loppupuoliskolla on kehitetty ja investoitu enenevässä määrin uuteen yleiskäyttöiseen teknologiaan, eli tietotekniikkaan (IT) ja myöhemmin tieto- ja viestintäteknologiaan (ICT).

Tietotekniikkaan investoimisen oletettiin näkyvän myös tuottavuuden kasvuna, mutta Solowin (1987) mukaan paradoksaalisesti IT näkyi kaikkialla muualla paitsi tuottavuustilastoissa. IT:n positiivisia, suoria vaikutuksia tuottavuuteen alkoi kuitenkin näkymään tutkimuksissa, kun metodologiaa kehitettiin ja käyttöön otettiin luotettavampia ja suurempia aineistoja (Brynjolfsson & Yang, 1997). Jalavan ja Pohjolan (2008, s. 271) mukaan uutena teknologiana ICT vaikuttaa tuottavuuteen kolmen mekanismin kautta. Yksi kanava on uutta teknologiaa tuottavien alojen nopea teknologisen osaamisen kasvu, jonka hyöty näkyy kokonaistuottavuuden kasvuna. Toinen mekanismi on uutta teknologiaa käyttävien alojen työn tuottavuuden kasvu pääomaintensiteetin kasvaessa. Kolmantena mekanismina pidetään läikkymis- eli spillover-vaikutusta, kun uutta teknologiaa käyttävät alat hyödyntävät sitä tuote- ja prosessi-innovaatioissaan uuden teknologian levitessä heidän käyttöönsä. (Jalava & Pohjola, 2008, s. 271.) Kaksi ensimmäistä kanavaa ovat suoria vaikutuksia, kun taas kolmas mekanismi on epäsuoraa läikkymisvaikutusta. Englanninkieliselle spillover effect- termille ei löydy toistaiseksi suomenkielisestä kirjallisuudesta

tarkkaa suomenkielistä vastinetta. Tässä tutkielmassa termistä käytetään suomennosta läikkymisvaikutus.

2000-luvun ensimmäisellä vuosikymmenellä ICT ei ollut vielä tuonut mitattavissa olevaa läikkymisvaikutusta sitä käyttäville aloille, vaan kasvu oli tullut ainoastaan pääomaintensiteetin kautta (Jalava & Pohjola, 2008, s. 271–272). Tutkimusmenetelmät ja tilastot ovat kuitenkin kehittyneet, joten mitattavissa olevia epäsuoria eli läikkymisvaikutuksia on mahdollisesti tullut ilmi kirjallisuudessa. Tässä tutkielmassa tarkastelun lähtökohtana on mahdolliset maiden väliset läikkymisvaikutukset, koska ICT ei verkottoituneen luonteensa myötä tunne enää maantieteellisiä rajoja. Vastauksia etsitään kysymykseen, onko tieto- ja viestintäteknologialla läikkymisvaikutuksia tuottavuuteen maiden välillä ja minkä suuntaisesti. Toiset tutkimuskysymykset liittyvät läikkymisvaikutuksia selvittävien tutkimusten aineistoihin ja muuttujiin, eli millä aineistoilla ja miten spillover-efektiä eli epäsuoria vaikutuksia on estimoitu kirjallisuudessa.

Kirjallisuuskatsauksen ja tutkielman aineistoksi on valittu tutkimuksia, joissa ICT:n läikkymisvaikutuksia tarkastellaan maiden välillä. Vastauksia tutkimuskysymyksiin haetaan tutkimusartikkelien ja niiden empiiristen havaintojen avulla. Tutkimusmenetelmäksi on valittu laadullinen kirjallisuuskatsaus. Menetelmävalintaa puoltaa spillover-ilmiön monimutkaisuus, mistä kertoo myös aiempien vuosikymmenten tutkimusten tulokset, joissa ilmiölle ei ole saatu mitattavissa olevaa vaikutusta (Jalava & Pohjola, 2008, s. 271). On myös esitetty, ettei ICT:llä olisi kansantalouden tasoista vaikutusta tuottavuuteen perinteisen panosten korvautuvuuden ulkopuolella (Moshiri, 2016, s. 802). Kirjallisuuskatsaus on hyödyllinen menetelmä, kun tavoitteena on antaa yleiskuva tietystä tutkimusongelmasta, ja sen avulla voidaan esimerkiksi tunnistaa aukkoja tutkimuksessa. Sen avulla voidaan myös arvioida tietyn aiheen tiedon tasoa tieteen kontekstissa. (Snyder, 2019, s. 334.)

Tämän tutkielman ensimmäisessä osiossa kuvataan kansantalouden tilinpitoa ja kasvu-teorioita sekä tuottavuuden käsitettä. Toisessa osassa esitellään yleiskäyttöisiä

teknologioita ja teknologisen kehityksen vaikutuksia tuottavuuslaskentoihin. Tämän jälkeen perehdytään tieto- ja viestintäteknologian määrittelyyn ja kehityskaareen sekä esitellään sen vaikutuksia tuottavuuteen. Kolmannen osuuden viimeisessä luvussa perehdytään ICT:n läikkymisvaikutusten käsitteeseen ja sen mekanismeihin tuottavuuteen. Neljäs luku käsittelee kirjallisuuskatsauksen tulokset ja viimeisessä osiossa esitetään tehdyt johtopäätökset.

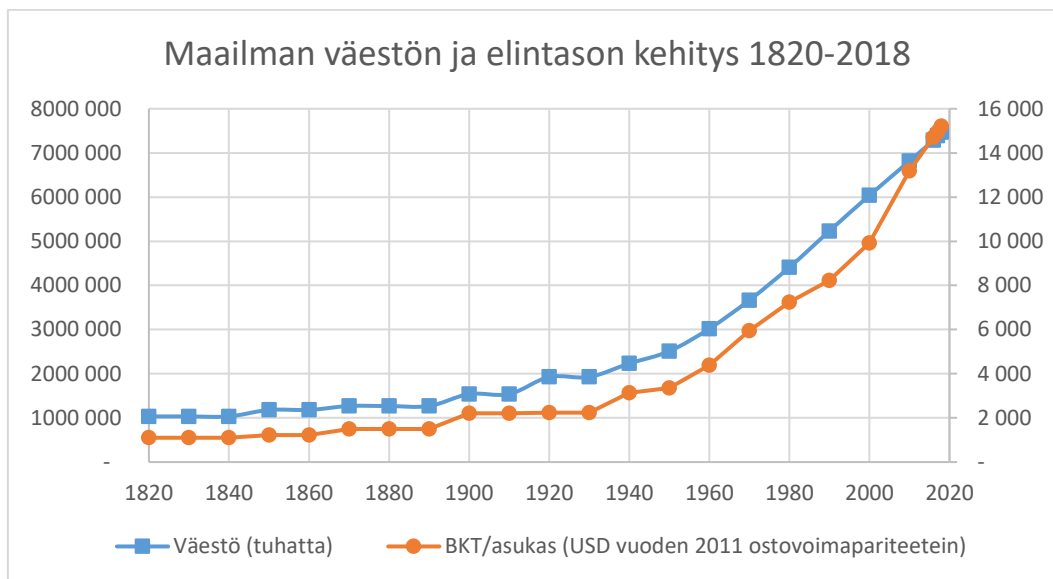
## 2 Kasvuteoriat ja tuottavuus

Taloukasvua voidaan mitata kansantalouden tilinpidon menetelmien kautta, mutta taloukasvua ja tuottavuutta pyritään taloustieteessä selittämään taloudellisten mallien kautta. Erilaiset kasvuteorian mallit ovat yksinkertaistettuja ja pelkistettyjä, jotta niillä pystyttäisiin selittämään monimutkaista todellisuutta ja tekemään ennustuksia taloudesta. Taloudellisen kasvun tekijöiden eli pääoman, työvoiman ja teknisen kehityksen vaikutuksia tarkastellaan niissä pitkällä aikavälillä. Taloustieteen historiassa eri koulukunnat ovat nähneet teknisen kehityksen joko eksogeenisena muuttujana eli ulkopuolelta annettuna tai endogeenisena muuttujana, jota malli on pyrkinyt selittämään.

### 2.1 Kansantalouden tilinpito ja taloukasvu

Taloukasvua tarkastellaan kansantalouden tilinpidossa bruttokansantuotteella (BKT), joka mittaa reaalista eli hintojen muutoksista eliminoitua kansantuotteen arvon muutosta tietyllä alueella, esimerkiksi valtion tai talousalueen tasolla. Kansantuotteen arvo muodostuu alueella tuotetuista tavaroista ja palveluista. Kansantalouden tilinpito on kansainvälisiin suosituksiin ja tilastoihin perustuva kokonaisjärjestelmä kansantalouksien rakenteen ja sen muutoksien kuvaamiseen (Tilastokeskus, 2021a). BKT voidaan määrittellä eri tavoin, mutta sillä mitataan arvoja yleensä vuoden tarkastelujaksolta. Arvonlisäysmenetelmässä mitataan toimialakohtaiset arvonlisäykset, joka saadaan vähentämällä lopputuotoksista väliuotekäytöt. Bruttokansantuote taas saadaan summaamalla nämä yksittäisten toimialojen arvonlisäykset. Toisessa laskentatavassa eli tulomenetelmässä BKT saadaan laskemalla tuotannon tuloerät, joiksi lasketaan palkkojen ja sosiaaliturvamaksujen lisäksi voitot ja pääomista saadut korvaukset. Kolmas bruttokansantuotteen laskentatapa on lopputuotemenetelmä, jossa tarkastellaan BKT:n muodostumista kysynnän kautta. Laskennan kysyntäeriä, joihin lopputuotteet menevät, ovat yksityinen kulutus, julkiset menot, investoinnit ja vienti. Kun viennistä vähennetään tuonnin arvo ulkomailta, saadaan bruttokansantuote kysyntäerien summana. (Tilastokeskus, n.d. -c.) Tällainen kokonaiskysyntään perustuva BKT:n laskennan yhtälö voidaan nähdä myös lopputuotteisiin ja palveluihin käytettyinä kokonaismenoina.

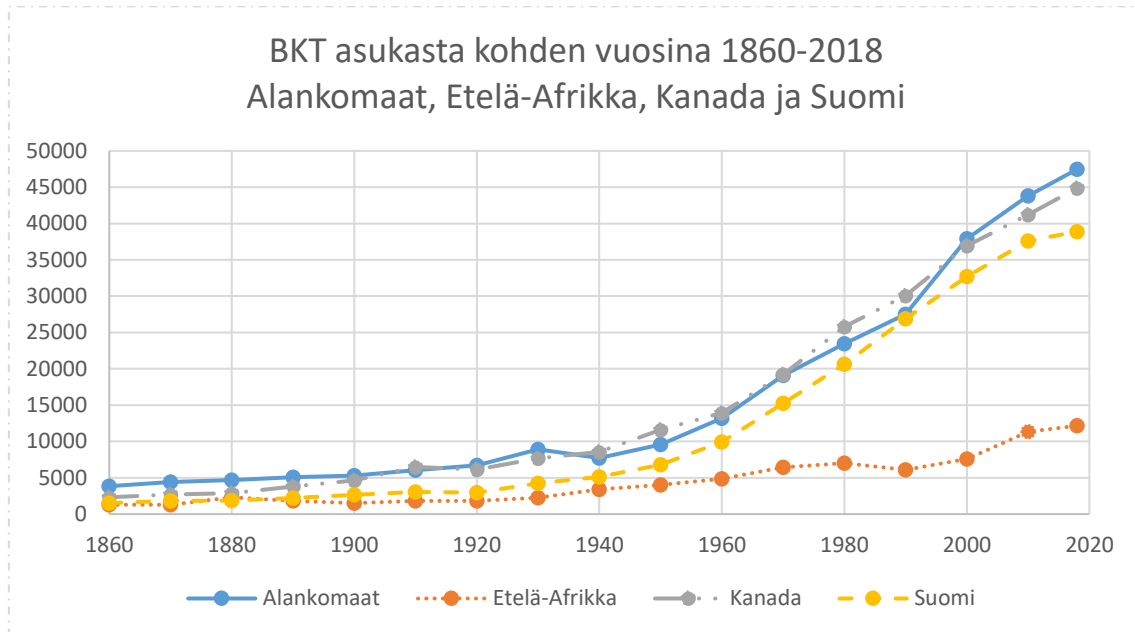
Kokonaistuotannon kasvun määrän lisäksi talouskasvulla voidaan tarkoittaa myös asukaskohtaista bruttokansantuotteen kasvua, jolloin puhutaan elintason kasvusta. Maatalousvaltaisessa maailmassa elettiin vuosisatoja tasaisen talouskasvun aikaa, mutta 1800-luvulla tuotanto ja väestön määrä lähtivät kasvuun. Tämän jälkeen tuotanto on kasvanut väestöstä nopeammin, elintason noustessa yksitoistakertaiseksi ja väestön kymmenkertaiseksi. (Pohjola ja muut, 2019, s. 161.) Elintason kasvu on siis ollut nopeampaa kuin väestön kasvu (Kuvio 1.).



**Kuvio 1.** Maailman väestön ja elintason kehitys 1820–2018. (Maddison Project Database, 2020)

Vaikka elintaso on noussut, se ei ole jakautunut tasaisesti maiden kesken. Kansantaloudet olivat tasavertaisempia vielä 1800-luvulla, jolloin rikkaimpien maiden elintaso oli kaksinkertainen köyhimpiin verrattuna. Tällä hetkellä erot voivat kuitenkin olla 30-kertaiset. Kullakin maalla on historiansa kasvun suhteen, esimerkiksi sodat ja lamat vaikuttavat negatiivisesti elintason kasvuun. (Pohjola ja muut, 2019, s. 162.) Konvergenssihypoteesin mukaan elintasoerot kuitenkin tasoittuisivat ajan kuluessa. Absoluuttisen konvergenssihypoteesin mukaan elintasot konvergoituivat eli yhdentyivät kohti samaa kasvun uraa. Suhteellisesti alhaisemman elintason, eli pienemmän BKT:n asukasta kohden olevien maiden, kasvu on sitä nopeampaa, mitä alhaisempi on elintason lähtötilanne. Hypoteesin mukaan bruttokansantuote asukasta tai työntekijää kohden korreloi siis negatiivisesti bruttokansantuotteen kasvuun. (Sorensen, 2010, s. 39–40.) Empiirisen tutkimuksen

perusteella absoluuttisen konvergenssin toteutuminen ole toteutunut ainakaan kaikkien maiden kesken, kuten esimerkiksi tarkasteluun otettujen Alankomaiden ja Etelä-Afrikan välillä (Kuvio 2.).



**Kuvio 2.** Bruttokansantuotteen kehitys asukasta kohden ajalla 1860–2018 neljässä maassa. (Maddison Project Database, 2020)

Suhteellisen konvergenssihypothesin mukaan elintason yhdentyminen tapahtuisikin rakenteiltaan samankaltaisten maiden kesken. Esimerkiksi säästämis- ja investointiasteet ovat toisissa maissa korkeammat, ja pääoman ollessa tuottavaa, eivät bruttokansantuotteet voi lähentyä samalle tasolle kaikissa maissa. Myös jotkut maat investoivat inhimilliseen pääomaan eli koulutukseen suhteellisesti enemmän bruttokansantuotteestaan, mikä tekee niiden työvoimasta tuottavaa. Näissä maissa voidaan odottaa bruttokansantuotteen asukasta kohden olevan suurempaa kuin alhaisen koulutuksen maissa. Erottava tekijä talouksien kesken on myös väestön kasvu. Nopeampi väestön ja työvoiman kasvu laskee asukaskohtaista BKT:tä estäen elintason absoluuttisen konvergoitumisen. (Sorensen, 2010, s. 41-42.)

Arvonlisäysten ja elintason mittaamiseen tarvitaan monenlaisia tilastotietoja. Tilastojen tulisi heijastaa ja edustaa yhteiskunnan rakenteita, myös niiden muuttuessa. Viime

vuosikymmenten tietotekniikan ja -liikenteen kehittyminen ja jalkautuminen monille eri yhteiskunnan tasoille on muuttanut kansakuntia monella tapaa. Sähköisiin tuotteisiin ja palveluihin siirtymisen myötä on alettu puhumaan digitalisaatiosta ja internet-taloudesta. Tämä näkyy myös tilastojen keräämisessä. Esimerkiksi Tilastokeskus kerää suomalaisten yritysten tietoja sosiaalisen median, pilvipalveluiden ja laajakaistan käytöstä sekä kotisivujen ylläpidosta, joista kahden viimeisimmän tietoja on kerätty vuodesta 2002 alkaen (Tilastokeskus, 2021b). Tietoja kerätään myös väestön tieto- ja viestintätieteiden käytöstä, kuten internetin ja älypuhelimien käytöstä tai verkko-ostoksista. Myös kotitalouksien erilaisten laitteiden, kuten älytelevision, puettavien älylaitteiden, GPS-navigaattoreiden, ja yhteyksien yleisyydestä ylläpidetään tilastoja. (Tilastokeskus, n.d. -a.) Digitalisuus-ilmiön monimuotoisuus tuo kuitenkin haasteita talouden mittaamiseen. BKT-laskenta ei esimerkiksi huomioi maksuttomia digitaalisia palveluja eikä nykyinen toimialojen ja hyödykkeiden luokittelu edesauta digitalisaation aiheuttaman rakennemuutoksen analysointia. Tarkempi ICT-investointien erittely voisi myös auttaa tuottavuustutkimusta erittelemään tieto- ja viestintäteknologian merkityksen talouskasvuun. Lisäksi mittauksen kannalta oleellisiin hintaindekseihin sisältyy harhaa uusien hyödykkeiden markkinoille tulon tai esimerkiksi ICT-hyödykkeiden nopeiden laadunmuutosten myötä. (Itkonen, 2017.)

## 2.2 Uusklassinen kasvumalli

Kansantalouden tilinpito antaa välineet kansantaloudessa tuotetun arvonlisäyksen mittaamiseen ja seuraamiseen, mutta kasvulaskenta ja kasvuteoriat pyrkivät selittämään taloudellisen kasvun lähteet. Ne antavat taloudelliset mallit ja viitekehysten talouskasvun muodostumisesta pitkällä aikavälillä. Näissä malleissa talouskasvu merkitsee potentiaalisen kansantuotteen suhteellista muutosta ja kasvuvauhdilla mitataan kuinka paljon tuotantomahdollisuudet kasvavat (Palokangas, 2013).

Kasvulaskennassa arvonlisäysten muutoksia tarkastellaan kasvun osatekijöiden kautta. Esimerkiksi vuodesta  $t$  vuoteen  $t-1$  kasvanut arvonlisä, logaritmisena prosenttimuutoksena laskettuna, voidaan pilkkoa kasvukomponentteihin. Kasvulle saadaan laskennassa

kolme komponenttia. Näistä yksi on pääoman määrän kasvusta johtuva kasvun osuus ja toinen on työpanoksen kasvusta saatu osuus. Pääoma ja työvoima ovat laskennassa kasvun primääripanoksia. Kolmas osuus kasvusta johtuu kokonaistuottavuuden paranemisesta. Kasvun komponentit summautuvat ja kokonaistuottavuuden osuudeksi jää primääripanosten vaikutusten jälkeen jäävä arvonlisän muutoksen osuus. Primääripanokset voidaan jakaa alaluokkiin ja tuottavuustutkimuksessa niille voidaan eritellä omat kontribuutiot. Pääomapanos muodostuu esimerkiksi koneista ja laitteista, T&K- eli tutkimus ja kehitystoiminnasta sekä ICT-pääomasta. Toisen primääripanoksen eli työn vaikutukset jaetaan panoksen sisäiseen rakennemuutokseen ja tehtyihin työtunteihin. Tuottavuustutkimuksessa eri toimialoille lasketaan arvonlisäykset ja kasvukomponenttien kontribuutiot sekä kokonaistuottavuus. Arvonlisäyspainoin luvut aggregoidaan vielä kansantalouden tasolle. (Tilastokeskus, n.d. -b.)

Mikrotaloustieteen tasolla tarkasteltuna yritys valmistaa hyödykkeitä resursseistaan.  
Tuotantofunktio

$$Q = F(K, L, M) \quad (1)$$

kuvaa resurssien eli panosten määrän välisen yhteyden, eli kuinka paljon ja missä suhteessa pääomaa (K), työtä (L) ja välituotteita (M) tuotteen Q valmistamiseen käytetään. Arvonlisälaskennasta välituotteet kuitenkin eliminoidaan. Pitkän aikavälin kokonaistuotannon kasvua taas kuvaa aggregaatti- eli kansantalouden tuotantofunktio

$$Y = F(K, L), \quad (2)$$

jossa bruttokansantuote eli kokonaistuotanto (Y) muodostuu tuotantopanoksien eli pääomakannan (K) ja työvoiman (L) funktiona. Kokonaistuotanto riippuu positiivisesti tuotantopanoksista ja niihin liittyy aleneva rajatuotos. Eli yhtä panosta lisättäessä toisen pyydessä muuttumattomana, tuotanto kasvaa, mutta vähenevästi. Oletuksena on myös

vakioiset skaalatuotot eli tuotantopanosten kasvattaminen samassa suhteessa myös tuotanto muuttuu samassa suhteessa.

Yllä olevan aggregaattifunktion (2) mukaisesti taloudellinen kasvu perustuu pääoman kasvuun ja työvoiman kasvuun. Ne eivät kuitenkaan riitä selittämään jatkuvaa talouskasvua. Vaikka väestön kasvu kiihdyttäisi taloudellista kasvua, se ei selittäisi elintason eli tuotannon lisäystä henkilöä kohden. Myöskään talouskasvun perustuminen pääoman jatkuvaan kasvattamiseen ei ole mahdollista, koska taloudellisessa mallissa investoiminen nähdään säästämisenä eli kuluttamisesta luopumisena. Jatkuva pääomakannan kasvattaminen lopettaisi siis kuluttamisen. Pääomalla ja työvoimalla on laskevat rajatuotot, joten jatkuvan talouskasvun lähde täytyisi siis löytyä muista tekijöistä. 1950-luvulla Nobelpalkittu Robert Solow lisäsi yhtälöön teknisen kehittymisen, joka on mallissa eksogeeninen muuttuja. Elintason nousu johtuu siis teknisestä kehityksestä ja kokonaistuotavuuden kasvusta. Solowin mallia voidaan tarkastella Cobb-Douglas-tuotantofunktiolla ajassa  $t$

$$Y(t) = K(t)^\alpha (A(t)L(t))^{1-\alpha}. \quad (3)$$

Tuotantofunktiossa  $Y$  kuvaa tuotantoa,  $K$  pääomapanosta,  $A$  teknologiaa,  $L$  työvoimaa, parametri  $\alpha$  mittaa pääomatulojen osuutta ja  $(1 - \alpha)$  työtulojen osuutta taloudellisen kasvun tulonjaosta tai panosjoustoja. Pääomalla vähenevät rajatuotot ( $\alpha + (1 - \alpha) = 1, 0 < \alpha < 1$ ).  $A$  kuvaa työn tuottavuutta lisäävää teknologiaa (labour-augmenting technical progress), joten  $AL$  kuvaa efektiivistä työpanosta.

Solowin mallissa tarkastellaan taloutta, kun sen pääomakanta on vakaassa tilassa. Tällöin pääoman ja työvoiman suhde on vakaa eikä se muutu. Vaikka talous kasvaisi, näiden kahden suhde ei muutu. Pääomakanta kuitenkin kuluu käytössä arvон vähenemisen ja poistumisen myötä.

AL siis kuvaa efektiivistä työpanosta. Sen kasvu jaetaan työvoiman vakioiseen kasvuun ( $n$ ) ja teknisen edistymisen kasvuun ( $a$ ). Näiden määrä ajassa  $t$  alkuarvojen ollessa nolla ( $0$ ) saadaan yhtälöillä

$$L(t) = L(0)e^{nt} \quad (4)$$

$$A(t) = A(0)e^{gt} \quad (5)$$

parametrin  $n$  ollessa väestönkasvun aste ja parametrin  $g$  ollessa teknisen edistymisen aste. Efektiivinen työpanos  $AL$  kasvaa siten nopeudella  $n + g$ . Teknologisen kehittymisen, työvoiman kasvun ja pääoman kulumisen vuoksi pääoman määrää on myös kasvatettava.

Solowin mallin keskiössä on elintason ja taloudellisen kasvun kuvaaminen teknologisen kehittymisen, säästämis- ja investointiasteiden ja kokonaistaloudellisen tuotantofunktion kautta. Se on myös mallintanut elintason ja pääomaintensiteetin välisen yhteyden. Teknologinen kehitys määräytyy mallissa jäännöseränä, eli on se osa kasvusta, jota ei voida selittää pääomaintensiteetin avulla. Tätä jäännöserää kutsutaan kokonaistuottavuudeksi tai Solowin residuaaliksi. Tuotantoteknologian edistyksen lisäksi residuaali sisältää kuitenkin myös mahdollisia mittausvirheitä tai puuttuvia muuttujia. Solowin mallissa on myös piirteenä talouden tasapainotilan saavuttaminen, kun säästäminen ja pääoman kulumisen vuoksi tehdyt korvausinvestoinnit ovat yhtä suuret. Investoinneilla on kuitenkin laskeva rajatuotto, eli pääoman lisäyksestä saatava lisätuotto laskee. Mallin mukaisessa tasapainotilassa elintason muutokset johtavat muihin syihin kuin pääomaintensiteetin kasvuun. Selittäväksi tekijäksi jää siis teknologinen kehitys, jonka malli jättää selittämättä. (Hyytinen & Rouvinen, 2005, s. 19–20.)

### 2.3 Endogeeniset kasvumallit

Uusklassisen kasvuteorian mukaan tekninen edistyminen on eksogeenista eli ulkoa annettu tekijä, eikä malli pyri selittämään sitä. Talouskasvu kuitenkin perustuu teknologiseen kehitykselle, joten sitä olisi tärkeää pystyä selittämään. Empiirisessä tutkimuksessa talouskasvusta 50-90 prosenttia selittyy Solowin residuaalilla eli muulla kuin

pääomaintensiteetin kasvulla, joten Solowin perusmalli on tarvinnut uusia tuotannontekijöitä (Hyytinen & Rouvinen, 2005, s. 21). Tähän tarpeeseen ovat vastanneet endogeeniset kasvuteoriat, jotka kehittyivät 1980-luvun puolivälin jälkeen (Palokangas, 2013). Niissä teknologian kehittyminen selitetään tietoisien tutkimus- ja kehitystoiminnan tuloksena, eikä siis vain ulkoa annettuna, ja malliin on otettu mukaan myös henkinen pääoma eli koulutettu työvoima ja ne molemmat kiihdyttävät talouskasvua (Pohjola ja muut, 2019, s. 176, 178). Henkistä pääomaa kutsutaan kirjallisuudessa myös inhimilliseksi tai humaniksi pääomaksi. OECD:n (n.d. -b) mukaan henkinen pääoma voidaan määritellä tietojen ja taitojen henkilökohtaiseksi varastoksi, jonka myötävaikutuksella ihmiset voivat olla tuottavia. Virallisten koulutusjärjestelmien lisäksi arjessa ja työssä oppimiset sekä työkokemus ovat investointeja inhimilliseen pääomaan (OECD, n.d. -b).

Whitta-Jacobsen ja Birch Sørensen (2022, s. 252) avaavat endogeenisten kasvumallien perusajatusta ja kertaavat, kuinka Solowin perusmallissa tuotanto työntekijää kohden voi kasvaa vain, jos pääoma kasvaa työvoimaa enemmän. Pääoman oletettu kasvuvauhti työntekijää kohden on tällöin suurempi kuin tulojen kasvuvauhti työntekijää kohden, mikä johtaa väheneviin säästöihin per työntekijä. Pitkällä aikavälillä tämä lopettaa pääoman ja BKT:n kasvun työntekijää kohden. Vakioisten skaalatuottojen sijaan kasvavat skaalatuotot pääomalle ja työvoimalle mahdollistavat kasvun pitkällä aikavälillä ilman, että pääomaa tarvitsee kasvattaa kumulatiivisesti työntekijää kohden. Yksittäisellä yrityksellä ei ole käytännössä mahdollisuutta kasvaviin skaalatuottoihin, koska marginaalikustannusten laskemisen takia tuotanto kasvaisi äärettömyyteen. Aggregaattitasolla kasvavat skaalatuotot taas ovat mahdollisia, ja ne ovatkin endogeenisen kasvun lähde. (Whitta-Jacobsen & Birch Sørensen, 2022, s. 252.)

Endogeeniset kasvuteoriat voidaan jakaa kirjallisuudessa kahteen suuntaukseen – toisessa keskitytään mallintamaan humaania pääomaa kasvun lähteenä ja toisessa taas innovaatioita ja teknologian muuttumista (Honkapohja, 1996, s. 394). 1980-luvulla kehitynyt AK-malli korostaa tiedon leviämistä talouskasvussa (Hyytinen & Maliranta, 2015, s. 121). AK-mallin tuotantofunktio on muotoa

$$Y = AK^\alpha(HL)^{1-\alpha}, \quad (6)$$

jossa tuotanto  $Y$  muodostuu teknologisesta tasosta  $A$ , pääomasta  $K$ , henkisestä pääomasta  $H$  ja työvoimasta tai tehdyistä tunneista  $L$ . Parametrit  $\alpha$  ja  $(1-\alpha)$  kuvaavat pääomien tulonjakoa. Sekä henkinen pääoma että tekninen kehitys ovat tietoa, mutta vain jälkimmäinen on kaikkien käytössä olevaa tietovarantoa (Pohjola ja muut., 2019, s. 164).

Henkisen tai humanin pääoman oletetaan olevan positiivisesti riippuvainen pääomakannasta työntekijää kohden, jolloin humanin pääoman sisältävä kansantalouden tuotantofunktio muodostuu yhtälöksi

$$Y = AK, \quad (7)$$

jossa kokonaistuotanto ( $Y$ ) on vakioisessa suhteessa  $A$  pääomaan  $K$ . Kasvuteorian  $AK$ -mallit pystyvät selittämään teknologian endogeenisen vaikutuksen. Pääoman akkumulaatio tapahtuu mallin mukaan säästämisasteen ja kulumisasteen erotuksena

$$\Delta K = sY - \delta K, \quad (8)$$

joka on sitä suurempaa, mitä suurempi on säästämisaste. Uuden kasvuteorian mukaan pääoman rajatuotto ei ole enää vähenevä.

1990-luvun kasvuteoriat keskittyivät innovaatioiden määrään, kun 2000-luvulla teorioissa korostui innovaatioiden määrään sijaan niiden laatu (Hyytinen & Maliranta, 2015, s. 121). Teknologinen kehitys  $A$  voidaan silloin nähdä teknologian indeksinä, jota uudet ideat kasvattavat (Mikkola, 2006, s. 34). Seuraavaksi käydään läpi tutkimus- ja kehitystoiminnan kautta saatujen innovaatioiden eli ideoiden vaikutusta kasvuun.

Romerin (1990, s. 71–73) mukaan teknologinen muutos syntyy voittoa tavoittelevien toimijoiden tietoisista sijoituspäätöksistä. Käytännössä teknologinen muutos tarkoittaa edistyneempiä tapoja tuottaa aiemminkin käytetyistä tuotantopanoksista ja -

materiaaleista uusia ja parempia tuotteita. Teknologinen kehitys antaa siten kannustimen pääoman akkumulaatioon, joka yhdessä teknologisen kehityksen kanssa johtavat työn tuottavuuden kasvuun. Teknologista muutosta edesauttavat kaupalliset toimijat ja akateemiset instituutiot, mutta kaupallisilla markkinoilla on keskeinen rooli uuden tiedon hyödyntämisessä hyödykkeiksi. Tuotantopanoksena teknologia tai ideat eivät ole Romerin mukaan luettavissa perinteiseksi hyödykkeeksi – ne ovat luonteeltaan ei-kilpailullisia, vaikka ne eivät ole julkisia hyödykkeitä ja niiden käyttö on osittain rajoitettavissa. Kertaalleen keksitty sofistikoitumpi tapa käyttää tuotantopanoksia skaalautuu rajattomasti ilman lisäkustannuksia. Täysin uusien menetelmien kehittäminen taas tapahtuu kiinteiden kustannusten hinnalla. (Romer, 1990, s. 71–73.)

Whitta-Jacobsen ja Birch Sørensen (2022, s. 288) kuvaavat T&K-pohjaista kasvumallia, jossa lopputuotteita tuottavan sektorin tuotannon  $Y$  määrää ajassa  $t$  on Cobb-Douglas-tuotantofunktiolla

$$Y_t = K_t^\alpha (A_t L_{Yt})^{1-\alpha}, 0 < \alpha < 1. \quad (9)$$

Tuotannossa käytetään pääomapalveluja  $K_t$ , joiden oletetaan olevan verrannollisia pääomakantaan.  $L_{Yt}$  kuvaa tuotantosektorin työpanosta.  $A_t$  kuvaa yleensä työn tuottavuutta lisäävää teknologian tasoa, mutta tässä se nähdään tuotantopanoksena kuten pääoma tai työpanos. Se kuvaa kokonaistuotantovaikutuksia kaikista toteutuneista innovatiivisista ideoista kauteen  $t$  saakka ja tämä koko talouden teknologian tai ideoiden varasto on mallissa annettuna kaikille yksittäiselle yritykselle ja se on myös kaikkien yritysten käytettävissä. Tuotantopanoksilla  $K_t$  ja  $L_{Yt}$  vakioiset tuotot, mutta teknologian käytön vuoksi tuotantofunktiossa panoksille saadaan kasvavat skaalatuotot. (Whitta-Jacobsen & Birch Sørensen, 2022, s. 288.)

Whitta-Jacobsen ja Birch Sørensen (2022, s. 288–290) mukaan mallin taloudessa on tuotannon lisäksi myös uutta teknologiaa tuottava T&K-sektori. Uuden teknologian aggregaattituotantofunktio on kuvattu yhtälönä

$$A_{t+1} - A_t = \rho A_t^\phi L_{At}^\lambda. \quad (10)$$

Yhtälön vasen puoli kuvaa sektorin tuotosta eli uutta teknologiaa periodilla  $t$ . Sen tuottamiseen vaaditaan T&K-sektorilla työvoimapanos  $L_{At}^\lambda$  sekä olemassa oleva tiedon varasto  $A_t$ , joka on yhtälössä annettuna. Kiinteä pääoma ei ole vaadittava panos tutkimus- ja kehitystoiminnassa. Kilpailullisella panoksella eli työvoimalla on vakioiset tuotot. Parametrit  $\rho$ ,  $\phi$  ja  $\lambda$  ovat teknisiä parametrejä. Olemassa olevan teknologian  $A_t$  panosjoustoja kuvaava parametri  $\phi$  voi saada arvoja  $0 < \phi < 1$ . Jos olemassa oleva tietovarasto edistää uuden teknologian tuottamista on parametrin arvo positiivinen, mahdollisesti jopa 1. Toisaalta, mitä enemmän potentiaalisten ideoiden varastosta on akkumuloitunut ideoita olemassa olevaan tietovarastoon, sitä vaikeampaa uusien ideoiden tuottaminen on ja parametri voisi saada negatiivisia arvoja. Tällaisen tilanteen uskotaan olevan lyhytaikaista, joten positiivisia arvoja pidetään uskottavimpina. Aggregaattitasolla T&K-sektorin työvoiman kokonaiskäyttö  $L_{At}$  voi johtaa negatiivisiin ulkoisvaikutuksiin, jolloin arvot parametrille  $\lambda$  ovat alle 1. Tällaisesta tilannetta kuvataan ”varpaille astumiseksi”, jolloin useat yksittäiset yritykset työskentelevät samojen ideoiden parissa, vaikka yksi idea lasketaan tietovarastoon  $A_t$  vain kerran. Yksittäisen T&K-yrityksen kohdalla tästä seuraa negatiivinen läikkymisvaikutus tuottavuuteen. Jos negatiivista vaikutusta eli varpaille astumista ei ole, saa parametri  $\lambda$  arvon 1 ja ideoiden määrä on verrannollinen T&K-sektorin työvoimapanokseen. Mallin mukainen teknologian kasvuaste on

$$\frac{(A_{t+1} - A_t)}{A_t} = \rho L_{At}^\lambda, \quad (11)$$

kun parametri  $\phi$  saa arvon 1. (Whitta-Jacobsen & Birch Sørensen, 2022, s. 288–290.)

Jones (1999, s. 11) on kuitenkin kritisoinut ideapohjaisten mallien kasvavia skaalatuototja, jotka perustuvat ideoiden ei-kilpailulliseen luonteeseen. Hänen mukaansa kasvumalleilla on mittakaavavaikutuksia, mutta ne vaikuttavat kasvuvauhdin sijasta asukas-kohtaiseen tulotasoon (Jones, 1999, s. 11). Näin ollen väestön koon muutokset

vaikuttaisivatkin pitkän aikavälin kasvuun ja kasvumallista puhutaan tällöin semi-endogeenisena. Whitta-Jacobsenin ja Birch Sørensenin (2022, s. 299) mukaan kasvuvauhti T&K-pohjaisessa semi-endogeenisessä kasvumallissa voi olla positiivinen vain väestön eli työvoiman kasvun ollessa positiivinen. Pitkän aikavälin tasapainoinen kasvu on riippuvainen tukipolitiikasta, jolla pyritään luomaan korkea investointiaste, väestön alhainen kasvu sekä korkea tutkimuksen osuus taloudessa. Tosin väestön kasvulla ja talouskasvulla ei ole empiirisesti positiivista korrelaatiota, joten vaihtoehtoisesti tuettaisiin vain talouden tutkimuksen osuuden lisäämistä tiettyyn rajalliseen arvoon asti. (Whitta-Jacobsen & Birch Sørensen, 2022, s. 299.)

Tieto- ja viestintäteknologia on osa uutta teknologiaa, joka voi tuottaa talouskasvua ja parantaa tuottavuutta. Seuraavassa kappaleessa perehdytään tuottavuuden käsitteeseen. ICT:n vaikutuksia tuottavuuteen käsitellään luvussa 3.3. Uutena teknologiana ICT:llä voi olla myös läikkymisvaikutuksia tuottavuuteen ja tätä aihetta käsitellään kappaleessa 3.4.

## 2.4 Tuottavuus

Tuottavuus mittaa yrityksen tai kansantalouden kykyä muuttaa tuotantopanokset hyödykkeiksi. Se voidaan laskea erikseen tuotannossa tarvittaville panoksille, eli pääomalle tai työlle. Myös teknologinen kehitys vaikuttaa tuottavuuteen, mutta hyvän mittarin puutteessa sitä joudutaan mittaamaan epäsuorasti eli muiden selittävien tekijöiden jäännöksenä. Tätä residuaalia kutsutaan kokonaistuottavuudeksi, mutta se sisältää muidenkin tekijöiden vaikutuksia. (Pohjola ja muut, 2019, s. 71.) Residuaalin muutos voi aiheutua monesta syystä, esimerkiksi teknisestä innovaatiosta, mittausvirheistä, puuttuvista muuttujista, kysynnän vaihteluista, organisaatiomuutoksista tai yhteiskunnallisten asenteiden muutoksista. Tästä syystä residuaalia ei tulisi rinnastaa teknisen edistyksen muutokseen. (Hulten, 2000, s. 61.) Teknologista kehitystä on siis vaikea mitata suoraan talouden matemaattisten mallien kautta ja tästä syystä sitä joudutaan arvioimaan residuaalina, vaikka se sisältäisikin muita kuin teknisen kehityksen.

Teknologinen kehitys vaikuttaa tuottavuuteen kolmella tavalla. Uuden teknologian valmistus nostaa teknologista kehitystä, eli kansantalouden tuotantofunktion teknologian (A) taso nousee. Valmistettuja, uuden teknologian tuotteita otetaan käyttöön muilla toimialoilla, mikä lisää pääomavaltaistumista (K/L) ja sen seurauksena työn tuottavuutta. Kolmannessa vaiheessa uusi teknologia saa yritykset muuttamaan toimintatapojaan, esimerkiksi siirtymään sähköiseen liiketoimintaan verkossa, jolloin teknologian taso A nousee edelleen. Sähkön, eli yhden yleiskäyttöisen teknologian osalta, kolmanteen vaiheeseen eteneminen vei 50 vuotta sen teolliseen hyötykäyttöön ottamisen jälkeen. (Pohjola ja muut, 2019, s. 173.)

Kansantalouden kasvulaskennassa tuottavuuden mittaaminen jaetaan yleensä kahteen osatuottavuuteen: kokonaistuottavuuteen ja työn tuottavuuteen. Työn tuottavuus määritellään jakamalla bruttokansantuote työpanoksella, joka on tyypillisesti arvonlisäyksen aikaansaamiseksi tehdyt työtunnit. Työpanoksena laskennassa voidaan käyttää myös työntekijöiden määrää. (Gomez-Salvador ja muut, 2006, s. 7.)

Pohjola ja muut (2019, s. 165) kuvaavat elintason muodostuvan talouskasvun kontekstissa kahdesta komponentista, työn tuottavuudesta ja työn määrästä, joiden tulona elintaso eli asukaskohtainen BKT muodostuu yhtälönä

$$\frac{BKT}{väkiluku} = \frac{BKT}{työpanos} \times \frac{työpanos}{väkiluku}. \quad (12)$$

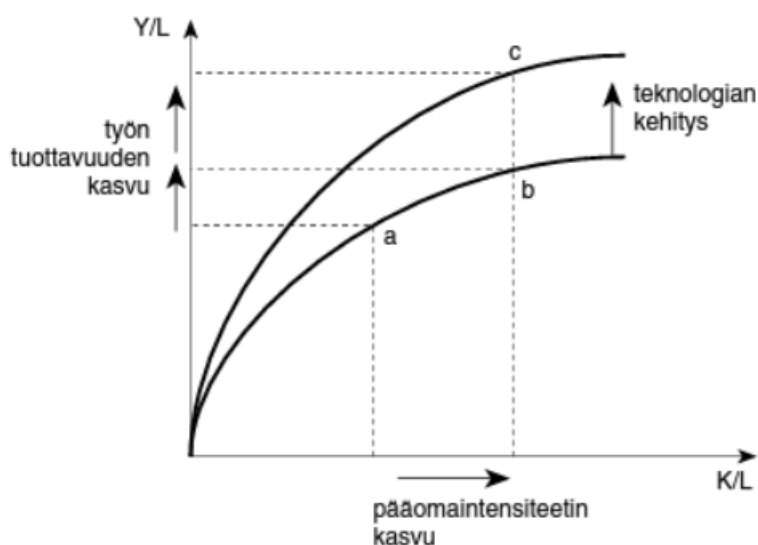
Kuten yhtälöstä voidaan nähdä, on työn tuottavuus eli BKT per työpanos tärkeämpi, koska se voi kasvaa rajatta, toisin kuin yhden henkilön tekemien työtuntien määrällä, jolla on luonnollisesti jokin yläraja. (Pohjola ja muut, 2019, s. 165.) Pitkällä aikavälillä vain työn tuottavuuden kehittyminen voi siten ylläpitää talouskasvua. Yhtälössä 13 ovat elintason asukaskohtaiset osatekijät

$$\log\left(\frac{BKT}{asukas}\right) = \log\left(\frac{BKT}{tehdyt\ työtunnit}\right) + \log\left(\frac{tehdyt\ työtunnit}{asukas}\right), \quad (13)$$

luonnollisin logaritmein esitettynä. BKT asukasta kohden on sitä suurempi, mitä korkeampi on työn tuottavuus ja mitä enemmän kansallisella tasolla on tehty työtunteja. Työtuntien määrää kasvattavat suurempi työntekijöiden osuus väestöstä sekä työtuntien lisääntyminen työntekijää kohden. Vaikka tehdyt työtunnit asukasta kohden kasvattavat elintasoja, vain työn tuottavuuden kasvu nostaa tuottavuutta. Pienikin tuottavuuden kasvu muuttuu pitkällä aikavälillä merkittäväksi. (Kokkinen ja muut, 2007, s. 159–160.)

Työn tuottavuutta mitataan siis tehtyjen työtuntien ja tuotoksen suhteella. Sen kasvun osatekijöitä ovat pääomaintensiteetin kasvu, laadun parannus tehdyissä työtunneissa sekä teknologian kehitys. Viimeksi mainitun avulla samalla panosmäärällä saadaan tehtyä suurempi tuotosmäärä tai laadultaan parempia tuotoksia. Koulutuksella ja kertyneellä kokemuksella työntekijä voi saada työtuntia kohden enemmän aikaan, mikä merkitsee työtuntien laadun parannusta. Pääomavaltuutuksen kautta pystytään myös tuottamaan sitä enemmän, mitä enemmän työtuntia kohden on käytössä pääomaa. Kasvulaskennan tutkimuksissa on saatu työn tuottavuuden kasvun osatekijöille samansuuntaisia tuloksia. Työpanoksen laadulle on saatu yleensä alle 10 % vaikutus kasvuun, kun pääomaintensiteetillä selittyy noin kolmasosa kasvusta. Kokonaistuottavuuden eli teknologian kehityksen osuus työn tuottavuuden kasvusta on ollut tutkimuksissa vaihdellen 1/2 ja 2/3 välillä. (Hyytinen & Maliranta, 2015, s. 141.)

Tuottavuuden osatekijöiden vaikutusta voidaan tarkastella myös tuotantofunktion avulla (kuvio 3). Pääomaintensiteetin syvenemisen myötä työn tuottavuus kasvaa, kuitenkin hidastuen (siirtymä pisteestä a pisteeseen b). Pelkkä pääomaintensiteetin kasvattaminen kuitenkin tyrehdyttää kasvun ilman teknologista kehitystä. Teknologinen kehitys siirtää tuotantofunktion ylöspäin (siirtymä pisteestä b pisteeseen c), jolloin alenevan rajatuottavuuden vaikutus ei enää päde. (Pohjola ja muut, 2019, s. 169.)



**Kuvio 3.** Teknologinen kehitys ja pääomaintensiteetin kasvu työn tuottavuuden kasvutekijöinä. Lähde (Pohjola ja muut, 2019, s. 169)

Työn tuottavuus kasvoi aiemmin useissa maissa, esimerkiksi euroalueen maissa ja Yhdysvalloissa useita vuosikymmeniä, mutta kasvu hidastui 2010-luvulla. Esimerkiksi Suomessa tuottavuuden kasvu jopa pysähtyi vuonna 2007, ja kesti lähes kymmenen vuotta, kun työn tuottavuus Suomessa ylitti vuoden 2007 tason. Myös Ruotsissa tuottavuuden kasvu hidastui samaan aikaan, mutta siellä elintason ei tullut samanlaista vaikutusta työtuntien määrän kasvun tasoittaessa tilannetta. Suomen heikon työn tuottavuuden kehityksen syitä on etsitty eroista Ruotsiin. Työn tuottavuuden eroja ei selitä tehtyjen tuntien määrä, vaan Ruotsin palvelualojen tuottavuuden kehitys. Tuottavuus on Ruotsissa kehittynyt erityisesti tietoon ja osaamiseen nojaavissa palveluissa. Ruotsissa myös investoitu palveluiloille. Suomen tuottavuutta kehittäisivät muun muassa yksityisen sektorin verotuksellisesti tuetut investoinnit T&K- ja innovaatiotoimintaan sekä julkisen sektorin investoinnit koulutukseen. (Pohjola, 2020, s. 22–23, 56; Työ- ja elinkeinoministeriö, 2020.)

Inklaar ja Timmer (2013, s. 24–25) ovat tutkineet työn tuottavuutta ja sen lähteitä maailman laajuisesti. Yli sadan maan tarkastelussa ajalla 1980–2011 työn tuottavuuden tärkein lähde on ollut pääoman akkumulaatio. 1990-luvulla toiseksi tärkein lähde on ollut humaani pääoma, kun taas 1980- ja 2000-luvuilla kokonaistuottavuudella on ollut suurempi kontribuutio. Inklaar ja Timmer jakoivat maat myös kahteen ryhmään, köyhiin ja

rikkaisiin. Jaottelu tehtiin vuoden 1990 BKT:n per asukas lukujen mediaanin perusteella. Tarkastelujaksolla työn tuottavuus erosi ryhmien välillä: työn tuottavuuden vuosittainen kasvu nousi köyhissä maissa 2,5 %:sta 5,5 %:iin, kun rikkaissa maissa työn tuottavuuden kasvuvauhti laski 1,7 %:sta 1,2 %:iin. (Inklaar & Timmer, 2013, s. 24–25.)

Seuraavassa luvussa kappaleessa käsitellään miten uudet teknologiat, ja erityisesti yleiskäyttöiset teknologiat, vaikuttavat talouskasvuun ja tuottavuuteen. Tieto- ja viestintäteknologia nähdään uusimpana yleiskäyttöisenä teknologiana. ICT:n vaikutuksia tuottavuuteen käsitellään luvussa 3.3 ja sen läikkymisvaikutusten teoriaa luvussa 3.4.

### 3 Tieto- ja viestintäteknologia

Höyryn ja sähkön hyödyntäminen ja teknologian kehittyminen veivät maailman teollistumisen aikakauteen. Teollistuneissa maissa elintaso nousi muutoksen myötä moninkertaiseksi uusien teknologioiden laajan käyttöönoton ja käyttömahdollisuuksien vuoksi. Teknologian edistyminen ja elinkeinojen rakennemuutos vei monia yhteiskuntia jälkiteollisuuden aikaan, jolloin palvelut nousivat kansantulon suurimmaksi lähteeksi. Perinteisten koneiden ja laitteiden investointeja alettiin korvaamaan tietotekniikan ja myöhemmin tieto- ja viestintätekniiikan (ICT) investoinneilla. ICT-välineiden hintojen lasku yhdistettynä niiden tehokkuuden samanaikaiseen lisääntymiseen on kiihdyttänyt investointien määrää entisestään viime vuosikymmeninä. ICT on levinnyt laajasti myös kuluttajien käyttöön, ja niihin liittyvä osaaminen on lisääntynyt niin työntekijöiden kuin laajemmin kuluttajienkin keskuudessa.

#### 3.1 Yleiskäyttöinen teknologia

Taloudellista kasvua nostaneiden teknologisten edistysten ajureina voidaan nähdä muutamit avainteknologiat, joita voidaan kutsua yleiskäyttöisiksi teknologioiksi (General Purpose Technology, GPT). Tällaisia ovat olleet viime vuosisatojen aikana höyrykoneet ja sähkö sekä meidän aikamme tieto- ja viestintäteknologia. (Bresnahan & Trajtenberg, 1992.)

Höyrykoneiden historia ylittää ajanlaskumme alkuhetkiin, mutta vasta James Wattin vuoden 1765 keksintö lauhduttimesta ja muut hänen kehittämät parannukset mahdollistivat höyrykoneiden hyödyntämisen käytännöllisiin tarkoituksiin (Britannica, 2022). Vei kuitenkin yli 60 vuotta ennen kuin keksijän kotimaassa Britanniassa höyrykoneet saavuttivat hevosvoimissa laskettuna vesivoiman tuotantomäärän. Yhdysvalloissa pariteetti saavutettiin vasta 1860-luvulla. Muutoksen hitaus selittyy vesivoiman kustannustehokkuudella, koska vasta 1850-luvulla höyryvoima alkoi olla vesivoiman tuottamista edullisempää. Vuonna 1830 Britannian pääomakannasta 1,5 % oli höyryvoimaan liittyvää pääomaa. Höyryvoimaan kytkeytyvä pääomavaltaistuminen liittyi höyrykoneisiin ja -laivoihin sekä

rautateihin. Höyryn käyttö keskittyi tietyille toimialoille; 1870 lähes puolet höyryvoimasta hyödynnettiin tekstiiliteollisuudessa tai kaivostoiminnassa, kun taas taloudelle tärkeät maatalous- ja palvelualat eivät käytännössä hyödyntäneet lainkaan höyryvoimaa. Höyryvoima oli merkittävässä roolissa kuljetuksissa, mikä näkyi Britanniassa suurina investoineina. Vuoteen 1855 mennessä rautateihin liittyvä pääomakanta vastasi noin kolmasosaa BKT:stä. (Crafts, 2004, s. 341–343.)

Taulukossa 1 on esitetty Iso-Britannian BKT:n vuosittaiset kasvuprosentit ja kasvun osatekijät. TFP:n kasvua on ollut mitattavissa vuosilta 1780–1831 alkaen, jolloin sen vuosittaiseksi kasvuksi on laskettu 0,3 %. Vuosina 1831–1899 kokonaistuottavuuden vuosittainen kasvu oli keskimäärin 0,75 %, mutta laski 0,05 %:iin ajalla 1899–1913. Craftin mukaan rautatieinvestointien maksimaalinen vaikutus TFP:n kasvuun saavutettiin nopeasti, vaikkakaan ei välittömästi. Investointien vähentyessä myös niiden vaikutus TFP:n kasvuun oli saavutettu. (Crafts, 2004, s. 339, 346; Crafts, 1995, s. 752.)

**Taulukko 1.** Iso-Britannian kasvulaskenta 1760–1913. Mukailten (Crafts, 2004, s. 339; Crafts, 1995, s. 752)

Iso-Britannian kasvun lähteet 1760-1913 ( % vuodessa)				
	Pääoman osuus	Työn osuus	TFP:n kasvu	BKT:n kasvu
1760–1780	0.25	0.35	0.00	0.6
1780–1831	0.60	0.80	0.30	1.7
1831–1873	0.90	0.75	0.75	2.4
1873–1899	0.80	0.55	0.75	2.1
1899–1913	0.80	0.55	0.05	1.4

Uusi teknologia nosti myös Iso-Britannian työn tuottavuutta. Craft (2004, s. 348) laski höyryteknologian vaikutuksen summaamalla pääomaintensiteetin vaikutuksen ja erillisen höyrykoneisiin, rautateihin ja höyrylaivoihin liittyvän kokonaistuottavuuden kasvun kontribuution. Vuosina 1830–1950 höyryteknologian vaikutus nosti työn tuottavuutta 0,2 % vuodessa. Vuosina 1850–1870 saavutettiin huippu eli höyryvoimien käyttö nosti työn tuottavuutta vuosittain 0,41 %. Keskimääräinen vuosittainen kasvu laski 0,31 %:iin vuosina 1870–1910.

Höyry- ja vesivoimasta siirryttiin sähkөөn suhteellisen nopeasti. Siirtymä tapahtui Yhdysvalloissa vuosien 1880 ja 1930 välillä. Sähkөөn siirtyminen merkitsi laitteiden tarvitseman energian vähenemistä ja tehokkuuden kasvu johti suurempaan tuotosmäärään suhteessa pääomaan ja työvoimaan. (Devine, 1983, s. 347.) Sähkөөn siirtymisen ensimmäisinä vuosikymmeninä, ajalla 1899–1919, Yhdysvaltojen valmistavan teollisuuden työn tuottavuuden sekä TFP:n kasvut hidastuivat verrattuna edellisiin vuosikymmeniin eli tuottavuuden kasvuun oli tullut tauko kolmeksi vuosikymmeneksi. Ensimmäisen maailman sodan jälkeen vuosina 1919–1929 USA:n teollisuuden kokonaistuottavuus ja työn tuottavuus kasvoivat kuitenkin keskimäärin yli 5 % vuodessa. Kasvun taustalla oli siirtyminen paremman panos-tuotossuhteen pääomiin useilla teollisuuden aloilla. 1920-luvulla tehtiin edistyskiä teollisuuden sähköistämässä ja yleiskäyttöisen teknologian leviäminen toi säästöjä pääomakuluihin. Tuottavuuden kasvun taustalla oli myös reaali-palkkojen nousu Euroopasta tulleen maahanmuuton vähentymisen seurauksena, mikä oli johtanut jo ennen ensimmäistä maailman sotaa muutokseen johtamis- ja rekrytointikäytäntöihin. 1920-luvun tuottavuuskasvun kautta seurasi kasvun hidastuminen, ja tuottavuuden vuosittainen kasvu laski kahdeksi vuosikymmeneksi alle 2 %:n. (David & Wright, 2005, s. 3, 5.)

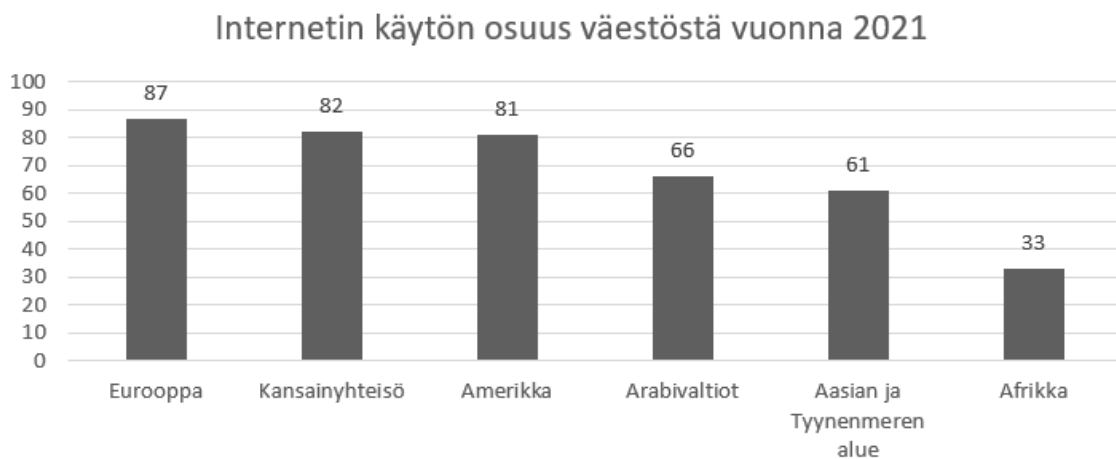
Uuden teknologian käyttöönottoon liittyy muutakin kuin vain pelkkää teknologiaa. Esimerkiksi sähköteknologian kehitykseen ja leviämiseen kytkeytyi myös institutionaalisia ja poliittisia muutoksia, jotka saivat aikaan yksityisten investointien myötä keskitetysti johdettuja alueellisia sähköverkostoja mahdollistaen sähkөөn laajan käyttöönoton (Wright & David, 2005, s. 6). Makrotaloudellisesta näkökulmasta uusien teknologioiden vaikutuksessa voi olla jyrkkiä kasvun ja hiipumisen vaiheita. Tyypillisesti GPT:t ovat vaikuttaneet yleiseen tuottavuuden kasvuun vähäisesti. Täyden vaikutuksen saavuttamiseen voi mennä useita vuosikymmeniä, joten kasvuvaikutuksissa on pitkiä viivästymiä. (Crafts, 2004, s. 338.)

### 3.2 Tieto- ja viestintäteknologia

Tietotekniikan historian voidaan katsoa alkaneen vuonna 1822 Charles Babbagen differentiaalikonesta, joka oli mekaaninen automaattisesti toimiva kone. Sen käyttöä laskutehtäviin rajoitti hammasrattaiden tekeminen silloisella tekniikalla. Kehitys kuitenkin eteni ja vuonna 1890 Yhdysvaltojen väestönlaskenta voitiin tehdä Herman Hollerithin reikäkorttikoneella. Suuren harppauksen kehitykseen toi erityisesti toinen maailmasota. Saksalaisten käyttivät kirjoitusten salaustaitetta Enigmaa, jonka murtamiseen kehitettiin laskentakoneita. Murtamistehtävään suunniteltu Alan Turingin automaattinen laskentakone ja siihen liittyvä laskentamalli on sittemmin tietokoneeksi kutsumamme laitteen ja sen ohjelmiston perusta. Sodan jälkeen rakennettiin ensimmäinen elektroninen tietokone Pennsylvanian yliopistossa, mutta sitä voitiin käyttää vain yhteen toimintoon kerrallaan, jonka jälkeen sille täytyi antaa uudet toimintaohjeet. 1950-luvun alussa rakennettiin Edvac-tietokone, joka käytti John von Neumannin esittämiä ajatuksia tietojen ja ohjelmien varastoisesta muistiin ja binääriohjelmista. Kaupallishallinnollisten tietokoneiden käyttö lisääntyi ja 1950-luvun lopulla alkoi kehittyä myös ohjelmistoteollisuus. Samalla syntyi tarve ohjelmoijille, sekä käyttöjärjestelmät kuin ohjelmointikieletkin kehittyivät. 1960-luvulla tietokoneiden määrä ja nopeus kasvoivat, mikä johti sovellusohjelmistojen tarpeen kasvuun. Ohjelmistoteollisuus (software) ja laitteistoteollisuus (hardware) eriytyivät viimeistään kilpailuviranomaisten myötävaikutuksella, kun IBM-yhtiö eriytti ohjelmistojen ja laitteistojen hinnat. (Warsta, 2015.)

Mikropiirien ja mikroprosessorien myötä tietotekniikka otti uusia kehitysaskelaita 1970-luvulla, jolloin alkoi tulla myös tuotteisiin, kuten autoihin, sulautettuja tietokoneita. Niitä voitiin valmistaa edullisesti suuria sarjoja ja toisaalta ne mahdollistivat uusien tuotteiden kuten matkapuhelimien valmistamisen. 1970-luvun lopulta käyttöjärjestelmät kehittyivät ja tietokoneiden koot pienenevät – ensin kämmentietokoneisiin ja lopulta tietokoneen ja matkapuhelimen yhdistelmään, älypuhelimiin. (Warsta, 2015.) Nykyiseen tietotekniikkaan yhdistetään lähes saumattomasti tietojen sähköinen siirto, joka vaatii tietoverkkoja eli internetin. Myös sen keksiminen on suhteellisen tuore asia. Sen juuret ovat 1950-luvun Yhdysvalloissa ja sen luomiseen osallistui lukuisa määrä tiedemiehiä ja

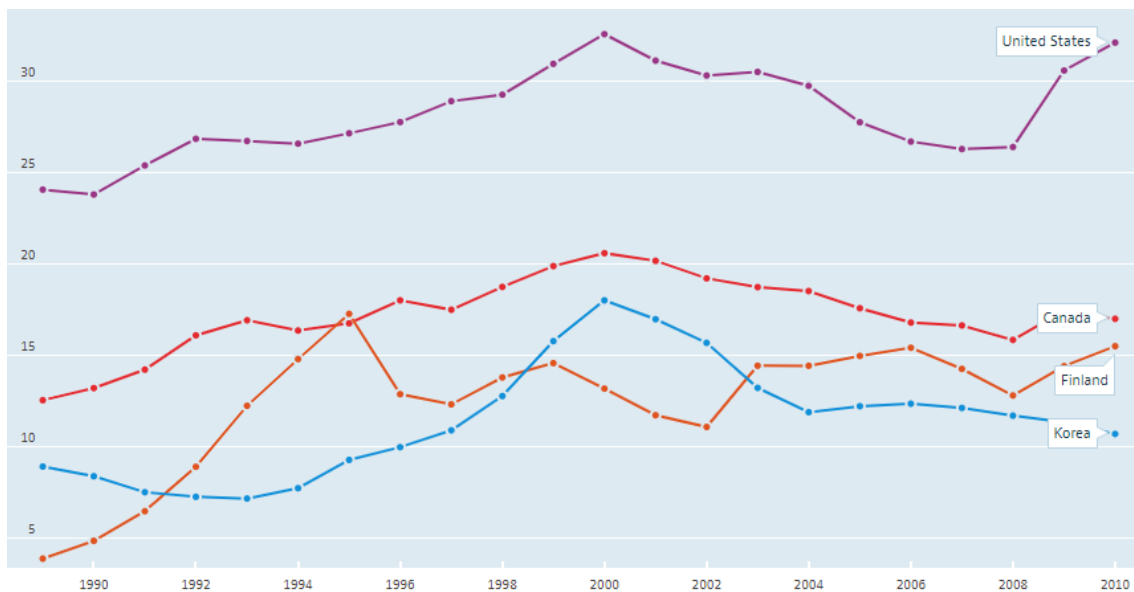
insinöörejä. Ensimmäinen kahden erillisen tietokoneen välinen tiedonvaihto, joka sisälsi kaksi kirjainta ennen systeemin kaatumisesta, käytiin vuonna 1965. Tietokoneiden ja niiden välisten yhteyksien edistystä tapahtui seuraavina vuosikymmeninä paljon. Käyttäjälle näkyvimpiä virstanpylväitä olivat lähiverkot, sähköposti ja 1990-luvun keksintö verkkoselaimet, joista viimeisimmän myötä käyttäjiä oli 1990-luvun puolessa välissä jo miljoonia. (National Science and Media Museum, 2020.) Vaikka internet on ollut käytössä jo vuosikymmeniä, ei mahdollisuus sen käyttöön ole jakautunut tasaisesti eri maiden ja alueiden välillä (Kuvio 4.). Euroopan väestöstä 87 prosentilla oli pääsy internetiin vuonna 2021, kun samaan oli mahdollisuus kolmanneksella Afrikan väestöstä.



**Kuvio 4.** Internetin käytön osuus väestöstä eri alueilla vuonna 2021. Mukailten ITU. (ITU, 2022)

Tieto- ja viestintäteknikalla täsmällisessä määrittelyssä sillä tarkoitetaan viestintäverkkoja ja niiden piirissä käytettäviä erilaisia teknologioita. ICT-sektori kattaa sekä valmistuksen että palvelut, joiden tarjoamat hyödykkeet joko tekevät tai mahdollistavat sähköisen tietojenkäsittelyn ja viestinnän. (OECD, n.d. -a.) Tieto- ja viestintäteknologiahyödykkeiden voidaan nähdä kattavan sekä tuotteet että palvelut. ICT-tuotteiksi luokitellaan OECD:n viiden kategorian mukaan televiestintävälineet, tietokoneet ja niihin liittyvät välineet, elektroniset komponentit, audio- ja videovälineet sekä viimeisimpänä kategoriana muut ICT-tuotteet tai tavarat. (OECD, 2003, s. 8–13.) OECD:n määrittelyn mukaan yli vuoden tuotantokäyttöön tarkoitetut laitteet, eli tietokoneet ja niihin liittyvät laitteistot sekä viestintävälineet, ja ohjelmistot lasketaan ICT-investoinneiksi.

Ohjelmistojen käsite sisältää valmiiden ja räätälöityjen ohjelmistojen hankinnan lisäksi omaan käyttöön kehitetyt ohjelmistot. ICT-investointien indikaattori lasketaan prosentteina kiinteän pääoman bruttomuodostuksesta. (OECD, 2022.) ICT-investointien suhteellisissa määrissä on vaihtelua maiden välillä, kuten kuvion 5 tiedoista nähdään. Vuonna 1989 Suomen ICT-investointien suhteellinen osuus oli 3,9 % ja Yhdysvalloissa osuus oli 24,1 %. Vastaavat luvut olivat vuonna 2010 15,5 % ja 32,1 %.



**Kuvio 5.** ICT-investointien kehitys vuosina 1989–2010 Etelä-Koreassa, Kanadassa, Suomessa ja Yhdysvalloissa (prosenttia kiinteän pääoman bruttomuodostuksesta) (OECD, 2022)

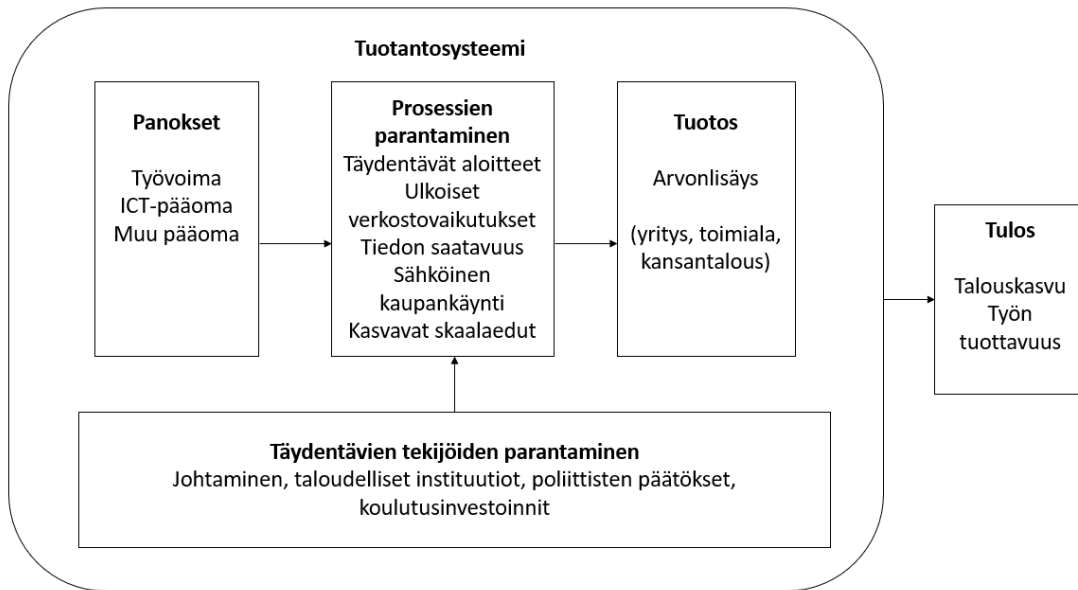
Tieto- ja viestintäteknikan vallatessa niin yritysten kuin kuluttajien toimintoja, puhutaan digitalisaatiosta. Kuluttajille digitalisaatio tuo uudenlaisia tuotteita ja palveluja, jotka yritysten on mahdollista tarjota kehittyvän ICT:n myötä. Yrityksille digitalisaatio tuo uusia teknologioita ja mahdollisuuksia uudelleenliiketoimintamalleihin. Robotisaatio, tekoäly, lohkoketjuteknologiat ja suurten tietoaaineistojen analysointi ovat jo tällä hetkellä mahdollista hyödyntää yritysten liiketoiminnoissa. (Työ- ja elinkeinoministeriö, n.d.) Digitalisaatio vaikuttaa talouteen usealla tavalla. Esimerkiksi se nostaa perinteisen tuotannon tehokkuutta tai digitalisaation myötä fyysisiä tuotteita aletaan tuottamaan digitaalisina palveluina, jolloin tuotannon rajakustannukset laskevat. Digitaaliset alustat nostavat myös tehokkuutta ja toimivat globaalisti. (Koistinen-Jokiniemi ja muut, 2017, s. 7.)

Digitalisaatio tuo samalla haasteita taloustilastoihin. Keskeisin mittaushaaste liittyy digitaalisten tuotteiden hintoihin ja niiden laadun paranemiseen ja deflaattoreiden määrittelyyn. Mittaamisen vaikeuksia tuovat myös erilaisten ilmais- ja itsepalvelujen, automaation ja välityspalvelujen lisääntyminen digitalisaation myötä. Uudenlaiset tavat vaihtaa omistajaa eli alusta- ja jakamistalous tuovat myös haasteensa, koska käytetyn tavaran osuus ei tule huomioiduksi BKT:ssä. Digitaalisten palvelujen jakaminen tapahtuu internetin kautta, jolloin arvonnäköyksen jakautumista maantieteellisesti on haastavaa määrittää. (Kotiranta ja muut, 2017, s. 8–9.)

### 3.3 ICT ja tuottavuus

ICT-sektori edistää osaltaan taloudellista kasvua teknologisen kehityksen sekä tuotannon ja tuottavuuden kasvun kautta. ICT-alan vaikutusta voidaan tarkastella suoraan tai välillisesti. Suorina vaikutuksina ovat tuotannon, tuottavuuden tai työllisyyden kasvu. Välillinen vaikutus tulee teknologisesta muutoksesta. (OECD, n.d. -a.) Tuottavuuteen ICT voi vaikuttaa kolmella tavalla, joista kahdella ensimmäisellä on suoria vaikutuksia tuottavuuteen. Ensimmäinen väylä tuottavuuden kasvuun löytyy pääomaintensiteetin kasvusta, jota nähdään kun suhteellisten hintojen laskiessa muita panoksia korvataan ICT-pääomalla. Toinen ICT:n ja tuottavuuden yhteys löytyy sisäisistä läikkymisvaikutuksista. Muiden tuotantopanosten tuottavuus kasvaa, kun yrityksessä otetaan käyttöön tieto- ja viestintäteknologiaa. Kolmas, epäsuora vaikutus tulee ICT:n ulkoisista läikkymisvaikutuksista, joita käsitellään seuraavassa luvussa. (Moshiri, 2016, s. 801.)

Kuviossa 6 nähdään ICT:n suorien tuottavuusvaikutusten syntyminen. ICT-pääoman ja muiden panosten avulla ja prosessien kautta saadaan tuotoksia ja arvonnäköä. ICT-pääomien kasvaessa ja käytön lisääntyessä, voidaan niitä hyödyntää myös tuotantoprosesseissa. Prosessien muutosta tukevat myös esimerkiksi johtamiskäytännöt sekä humaania pääomaa lisäävät koulutusinvestoinnit. Näiden tekijöiden seurauksena muodostunut arvonnäkö kasvaa, joka johtaa taloudellisen suorituskyvyn ja työn tuottavuuden kasvuun.



**Kuvio 6.** ICT:n suorat vaikutukset tuottavuuteen. Mukailten (Dedrick ja muut, 2003, s. 3; Shahnazi, 2021, s. 345)

Uuden teknologian, kuten ICT:n, vaikutuksia tuottavuuteen voidaan havainnoida Cobb-Douglas-tuotantofunktion kautta. Tuotantofunktiossa ICT on tällöin yksi pääomakannan tyypeistä yhtälön  $x$  mukaisesti. Tuotannon kasvu osoitetaan tuotannontekijöiden kasvuna toimialatasolla yhtälönä

$$Y_i(t) = A_i(t)F_i(K_{i,NT}(t), K_{i,O}(t), L_i(t)), \quad (14)$$

jossa bruttoarvonlisäys  $Y$  ajassa  $t$  toimialalla  $i$  tuotetaan panoksista  $K_{NT}$  eli uuden teknologian panoksesta, muun pääoman panoksesta  $K_O$  ja työvoimasta  $L$ . Parametri  $A$  kuvaa kokonaistuottavuutta tai teknologian tasoa ja sen muutos siirtää tuotantofunktiota. (Jalava & Pohjola, 2008, s. 274.)

ICT-investoinnit eivät kuitenkaan välttämättä näy kansantalouden tuottavuuden kasvuna. Tällöin syynä on, kuten edellisestä voidaan päätellä, ettei tieto- ja viestintäteknologiaan ole investoitu vielä riittävästi. Vaikka investointeja olisikin tehty riittävästi, ei ole kuitenkaan panostettu tarpeeksi täydentäviin tekijöihin. (Pohjola, 2002, s. 392.) Pelkkä ICT:n käyttöönotto ei siis lisää tuottavuutta, vaan sen lisäksi tarvitaan täydentäviä aineettomia

investointeja, kuten lisäkoulutusta, prosessimuutoksia ja uusia tapoja organisoida työtä (Castrén ja muut, 2013, s. 11).

Jalava ja Pohjola (2007, s. 463, 470) ovat tutkineet ICT:n vaikutuksia tuotantoon ja tuottavuuteen Suomessa. Vuosina 1995–2005 työn tuottavuuden kasvu oli Suomessa keskimäärin 2,87 %. Tästä tieto- ja viestintäteknologian osuus oli 1,87 prosenttiyksikköä, joka muodostuu ICT:n pääomanintensiteetin kontribuutiosta (0,46 prosenttiyksikköä) ja tieto- ja viestintäteknologiaan liittyvän kokonaistuottavuuden 1,41 prosenttiyksikön vaikutuksesta. Tutkimusajalla BKT:n kasvuvauhti oli 4,06 prosenttia. Kasvusta viidenneksestä vastasi IC-tuotanto, vaikka osuus sen osuus bruttokansantuotteesta oli vain viisi prosenttia. (Jalava & Pohjola, 2007, s. 463, 470.) Suoria tuottavuusvaikutuksia voidaan siis saada aikaan, vaikka sektorin osuus ei olisi taloudessa suhteellisesti suuri. ICT:n tuottavuusvaikutukset eivät myöskään ole välttämättä tasaisia yli ajan. Jos ICT:n vaikutukset ovat tuottavuuteen kuten aikaisemmilla yleiskäyttöisillä teknologioilla, voi merkitys olla ensin olematon tai negatiivinen, jota seuraa kiihtymisen kausi ja lopulta hiipumisen vaihe (Moshiri, 2016, s. 801).

### 3.4 ICT ja läikkymisvaikutukset

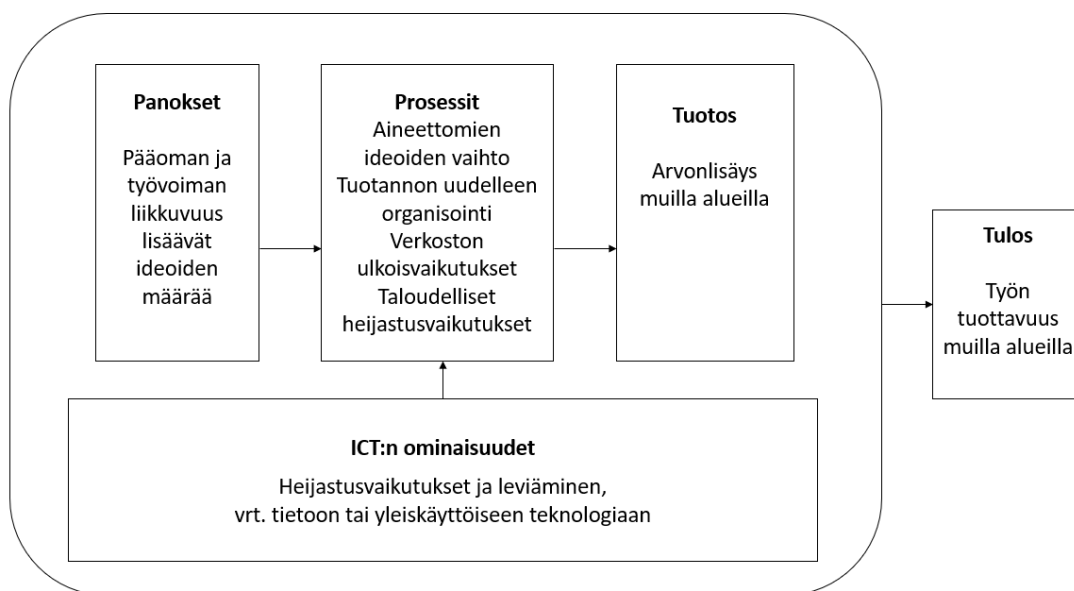
Tuottavuusparadoksin mukaan ICT ei välttämättä nosta kokonaistuottavuutta eikä näin ollen johda taloudelliseen kasvuun. Yhtenä selityksenä tälle nähdään, ettei muun pääoman syrjäyttävä ICT-pääoma tuota suurta tuottavuuden lisäystä. Toinen selitys voi kuitenkin liittyä ICT:n läikkymisvaikutuksiin. (Ahmed, 2017, s. 1091.) Englanninkielisessä kirjallisuudessa ilmiöstä käytetään nimitystä spillover-efekti (spillover effect). Suomenkielisessä kirjallisuudessa kyseiselle termille ei löydy vakiintunutta suomennosta, mutta usein siitä käytetään nimitystä läikkymisvaikutukset. Eric Bartelsman (2005, s. 299) kuvaa vaikutusta suomalaisittain ilmaistuna ulkoisvaikutuksena, joka tapahtuu tahattomana tietovuotona tai niin sanottuna tiedon läikkymisenä. Hyytinen ja Rouvinen (2005, s. 339) kuvailevat teknologioiden, tiedon ja ideoiden läikkymistä myös valumiseksi. Englanninkielisen sanan ”spillover” suora suomenkielinen käännös on yleisesti ”läikkyminen”, joten tässä tutkielmassa ilmiöstä käytetään nimitystä läikkymisvaikutuksiksi.

Termin suomennoksen haasteista huolimatta, ilmiössä on kyse jonkun aineettoman pääoman leviämisestä laajemman joukon käyttöön niin, että siitä saa hyötyä taho, joka ei alun perin ole tehnyt investointia. ICT-investointien hyödyt siis heijastuvat tai läikkyvät muillekin kuin investoijille. Leeuwen ja Wiel (2011, s. 24) kuvailevat teknologisia läikkymisvaikutuksia verkostovaikutuksiksi. Mitä useampi käyttää ICT:tä, sitä suuremmiksi siitä saatavat hyödyt kasvavat. ICT:n käyttö johtaa korkeampaan kokonaistuottavuuden kasvuun ja läikkymisvaikutuksia ilmenee, kun investoinnin sosiaalinen tuotto ylittää sen yksityisen tuoton. (Leeuwen & Wiel, 2011, s. 24.) Läikkymisvaikutusten alkulähteenä on myös Zhangin ja Tom Leen (2007, s. 65) näkemyksessä perinteinen pääomaan investointi, tässä tapauksessa ICT-investointi. Oikein käytettynä tämä investointi luo myös tietoa eli lisää tietopääomaa, jota tarvitaan yksittäisen yrityksen tai koko kansantalouden kasvatamiseen. ICT nostaa näin ollen työntekijöiden tuottavuutta ja lisää tietopääomaa. Zhang ja Tom Lee näkevät tietopääomassa julkishyödykkeen ominaisuuksia, jonka vuoksi se voi johtaa läikkymisvaikutuksiin. (Zhang & Tom Lee, 2007, s. 65.)

Aiemmin tutkimuksissa käytettiin aineellisia tuotoksia, kuten liikevaihtoa tai BKT:tä, tuottavuuden analyysissä. Nämä mittarit eivät ehkä ole saaneet tuotua esiin ICT:n kokonaisvaikutusta talouden tuottavuuteen. ICT:n tuottaessa kuitenkin aineettomia vaikutuksia, mittaa Solowin residuaali paremmin ICT:n tehokkuutta kuin esimerkiksi aineelliset tuotokset. (Zhang & Tom Lee, 2007, s. 66.) Quah (1999, s. 1) kuvaa tieto- ja viestintätekniikkaan liittyviä tuotteita tietotuotteiksi (knowledge-products). Tiedon alleviivaaminen liittyy hänen mukaansa tuotteiden fyysiseen olemukseen, ei niinkään niiden tietointensiiteettiä vaativaan tuotantoon.

Kuinka sitten tulisi mitata tällaisten tietotuotteiden läikkymisvaikutuksia? Shahnazi (2021, s. 344) on tutkimuksessaan kuvannut kuvion (kuvio 7) muodossa ICT:n epäsuoria eli läikkymisvaikutuksia työn tuottavuuteen. vaikutuksia. Sen mukaan kansainvälisen kauppaa lisää ihmisten välistä vuorovaikutusta sekä tiedon ja teknologian vaihtoa. Tämä tuottaa uusia ideoita, joita myös vaihdetaan. ICT yleisluontoisena teknologiana sisältää ominaisuuksia ja ulottuvuuksia, jotka yhdistettynä uusiin ideoihin tuottaa kehitystä

tuotantoprosesseihin. Tästä syntyy arvonlisäystä ja työn tuottavuuden kasvua alueilla, joilla ei ole tehty alkuperäistä ICT-investointia. (Shahnazi, 2021, s. 344.)



**Kuvio 7.** ICT:n spillover-vaikutukset työn tuottavuuteen. Mukailten (Shahnazi, 2021, s. 345)

ICT:n läikkymisvaikutus olisi Shahnazin mallinnuksen mukaan teoreettinen käsite eikä suoraan mitattavissa oleva suure. Tai ainakaan läikkymismekanismien vaikutuksen mittaaminen ei ole yksioikoista, vaikka lopullinen tulos eli työn tuottavuus olisikin helposti mitattavissa. Ketokiven (2015, s. 80,82) mukaan empiirinen tutkimus ja tieteellinen argumentointi vaativat käsitteiden määrittelyn lisäksi niiden operationalisoinnin. Käsitteen operationalisoinnilla teoreettinen ilmiö muutetaan havainnoitavaksi ja mitattavaksi käsitteeksi. Ilman operationalisointia ei saada aikaan mittaustulosta tai tilastollista päätelyä. Esimerkiksi innovatiivisuus on teoreettinen käsite, joka taloustieteessä muutetaan mitattavaksi T&K-budjetin suuruudella. (Ketokivi, 2015, s. 80, 82.)

ICT:n läikkymisvaikutusten vähäisiksi mitattuihin vaikutuksiin voi liittyä virheellinen määrittely tai erittely, jos kasvulaskennassa sille oletetaan yhtä suuret tulo-osuudet ja panosjoustot tai jos sitä ei ole määriteltä erikseen regressiomenetelmässä. Myös saatavilla olevien aineistojen rajoitukset voivat aiheuttaa ristiriitaisia mittaustuloksia

kirjallisuudessa. Lisäksi monet tutkimukset ovat keskittyneet esimerkiksi yhden toimialan tarkasteluun, joten tuloksia ei tulisi yleistää koskemaan koko taloutta. (Moshiri, 2016, s. 813–814.)

Marsh (2017, s. 1071) on mallintanut uuden teknologian eli ICT:n läikkymisvaikutusten linkittymistä tuottavuuteen yksittäisen yrityksen tasolla. Malli perustuu oletukseen, että läikkymisvaikutukset ovat kytköksissä alan tieto- ja viestintäteknologian laajuuteen eivätkä siten yksittäisen yrityksen päätöksiin. Mallinnuksen lähtökohtana on Cobb-Douglas-tuotantofunktio

$$Y_{ijt} = A(ICT_{jt}) L_{ijt}^{\alpha} K_{ijt}^{\beta} R_{ijt}^{\gamma}, \quad (15)$$

jossa  $i$  kuvaa yritystä,  $j$  toimialaa ja  $t$  aikaa. Yrityksen tuotanto  $Y_{ijt}$  saadaan työvoiman  $L_{ijt}$ , fyysisen pääoman  $K_{ijt}$  ja T&K-pääoman  $R_{ijt}$  funktiona.  $A$  kuvaa kyseisen yrityksen kokonaistuottavuutta, joka määräytyy toimialan ICT-pääomalla. Tuotannon joustoja suhteessa panokseen kuvataan kertoimilla  $\alpha$ ,  $\beta$  ja  $\gamma$ . Kyseessä on vakioiset skaalatuotot, kun  $\alpha + \beta = 1$ . Yhtälöstä 13 saadaan logaritmisena muunnoksena tuottavuus työntekijää kohden yhtälöllä 14

$$\left(\frac{y}{l}\right)_{ijt} = \alpha_i + \chi(ICTL)_{jt} + \beta \left(\frac{k}{l}\right)_{ijt} + \gamma \left(\frac{r}{l}\right)_{ijt} + \epsilon_{ijt}, \quad (16)$$

jossa  $ICTL_{jt}$  kuvaa koko toimialan ICT pääomaa. ICT:n mahdollistama tiedonsiirto yritysten välillä voi johtaa huomattaviin tuottavuuden läikkymisvaikutuksiin, kun yritys saa helposti tietoa kilpailijoistaan ja hyödyntää saatuja tietoja omassa tuotannossaan tai markkinoinnissaan. Toimialan sisäinen oppiminen muita toimijoilta, esimerkiksi niiden tuotevalikoimista, lisäpalveluista tai hinnoista, voi siis johtaa tuottavuushyötyihin. (Marsh, 2017, s. 1071.)

Läikkymisvaikutukset voivat olla lähtöisin myös muilta kuin yrityksen omalta toimialalta. ICT helpottaa myös silloin saamaan tietoa toimijoiden tuotteista ja palveluista ja niiden hinnoista sekä innovatiivisista käytännöistä. Tieto- ja viestintäteknikka mahdollistaa tiedonsaannin yrityksiä lisäksi myös niiden asiakkaista. Näiden tietojen saaminen voi parantaa ja kehittää tuotantoa ja johtaa siten tuottavuuden kasvuun. Oli läikkymisvaikutusten lähde peräisen samalta alalta tai muulta liiketoiminnan alalta, ovat läikkymisvaikutukset kuitenkin todennäköisesti sitä vahvempia, mitä suuremmassa osassa yrityksistä on otettu käyttöön uutta teknologiaa. Tällöin toimialojen välinen muuttuja kuvaa myös yhteyksien tai verkottumisen läikkymisvaikutuksia. (Marsh, 2017, s. 1071.)

## 4 Kirjallisuuskatsaus

Tässä luvussa esitellään tutkielman kirjallisuuskatsauksena tehtävän tutkimuksen tavoitteet ja menetelmät sekä esitetään ja analysoidaan tutkimuksen tulokset. Ensimmäisessä kappaleessa käydään läpi tutkimuskysymykset, tutkimusasetelma ja kirjallisuuskatsauksen valittujen tutkimusten otantavalinnat. Tämän jälkeen käydään läpi katsauksen tuloksia yhteenvetona sekä tarkemmin tarkasteltuna tutkimuskysymys kerrallaan vertaillen valittujen tutkimusten sisältöä ja analysoiden saatuja tuloksia.

### 4.1 Tutkimusasetelma

Tässä tutkielmassa pyritään tutkimuskysymysten kautta ymmärtämään informaatio- ja teknologian läikkymisvaikutuksia (spillover effect) tuottavuuteen maiden välillä sekä perehtymään läikkymisvaikutusten tutkimiseen kirjallisuuden kautta. Asetetut tutkimuskysymykset ovat:

- Millä muuttujilla kirjallisuudessa on estimoitu maiden välisiä ICT:n epäsuoria vaikutuksia eli läikkymisvaikutuksia tuottavuuteen?
- Minkälaisilla aineistoilla kirjallisuudessa on tutkittu maiden välisiä ICT:n läikkymisvaikutuksia tuottavuuteen?
- Onko tieto- ja viestintäteknologialla maiden välisiä läikkymisvaikutuksia tuottavuuteen ja minkä suuntaisesti?

Tutkimus tehdään kuvailevana kirjallisuuskatsauksena ja vastauksia haetaan valittujen tutkimusten tutkimusasetelmien, aineistotietojen ja empiiristen havaintojen avulla. Kirjallisuuskatsaus on menetelmä osoittaa ymmärrystä jonkin tietyn aiheen akateemisesta kirjallisuudesta ja se sisältää tutkimuskohteiden keskeisen sisällön esittämisen lisäksi omaa, kriittistäkin arviointia niistä. Kirjallisuuskatsaus on sopiva menetelmä, jos halutaan analysoida aiempia tutkimuksia tai löytää aukkoja aiemmista tutkimuksista. (The University of Edinburgh, 2022.) Kuvaileva kirjallisuuskatsaus on yksi kirjallisuuskatsauksen muodoista. Siinä kirjallisuuden otantamenetelmä ei ole määritelty tiukasti etukäteen.

Kuvailevassa kirjallisuuskatsauksessa luodaan yleiskatsaus rajatusta aihepiiristä, jonka perusteella tehdään yhteenvetoa ja analyysiä. (Helsingin yliopisto, n.d.)

Tämän tutkielman kirjallisuuskatsaukseen on valittu neljä tutkimusta, joissa tarkastellaan ICT:n läikkymisvaikutuksia tuottavuuteen maiden välillä. Aineistot on valittu Finna-hakupalvelun e-artikkeleista hakusanoilla ”ICT”, ”spillover” ja ”productivity”. Hakutuloksista on valittu neljä vertaisarvioitua tutkimusta, joissa tarkastellaan ICT:n maiden välisiä läikkymisvaikutuksia tuottavuuteen.

## 4.2 Kirjallisuuskatsauksen tulokset

Tässä tutkielmassa etsitään vastauksia kysymyksiin millä muuttujilla ja aineistoilla ICT:n läikkymisvaikutuksia tuottavuuteen on tutkittu kirjallisuudessa. Vastausta haetaan myös erityisesti kysymykseen, onko tieto- ja viestintäteknologialla maiden välisiä läikkymisvaikutuksia tuottavuuteen ja minkä suuntaisesti. Aineiston keruussa merkille pantavaa oli ICT:n maiden välisten tuottavuuden läikkymisvaikutuksia tutkivien artikkelien vähäinen määrä kirjallisuudessa valituilla hakuehdoilla, erityisesti arvostetuissa taloustieteellisissä julkaisuissa. Maiden sisäisiä ja toimialojen välisiä läikkymisvaikutuksia on tutkittu kirjallisuudessa huomattavasti enemmän. Aineistona käytettävien tutkimusten määrä heijastuu otoskokoon ja tämän tutkielman aineistona on käytetty neljää tutkimusta. Asetettujen tutkimuskysymysten mukaisesti kirjallisuuskatsauksessa keskitytään valittujen tutkimusten käytettyihin aineistoihin ja muuttujien valintaan estimoinnissa sekä tutkimuslöydöksiin. Katsauksen löydökset on koottu taulukkoon 2.

Taulukosta 2 voidaan nähdä, että tutkimuksissa on vaihtelua niiden tekohetkien suhteen: yksi on valmistunut vuonna 2007, kaksi tutkimusta vuonna 2016 ja tuorein vuonna 2021. Tutkimusten lähtökohdat ovat muutoinkin poikenneet toisistaan – esimerkiksi tarkasteltavissa maissa ja tutkimusperiodeissa on nähtävissä eroavaisuuksia. Löydöksiä käydään läpi tarkemmin seuraavissa kappaleissa.

**Taulukko 2.** Yhteenvedo kirjallisuuskatsauksen tutkimuksista.

Tekijä(t)	Periodi	Maat tai alueet	Aineistot	Metodologia	ICT:n heijastusvaikutus-indikaattorit	Löydökset
Zhang & Tom Lee (2007)	1982-1999	10 maata (3 kehittyvää, 4 kehittyntä, 3 äskettäin teollistunutta)	WDI-indeksit ja ITU-tilastot	Regressio-analyysi	Kotimaan ja ulkomaiden ICT-investoinnit	Ulkomaiden ICT-investoinnit voivat nostaa kokonaistuottavuutta
Acharya (2016)	1973-2004	16 OECD-maata	EUKLEMS, OECD:n ANBERD ja BTDTietokannat sekä kansalliset tilastot	Regressio-analyysi	ICT-investoinnit ja ICT:tä täydentävät T&K -investoinnit sekä muut aineettomat investoinnit	ICT:n käytöllä ei ole positiivisia heijastusvaikutuksia maiden välillä
Moshiri (2016)	1990-2008	Kanadan 10 provinssia ja USA	CANSIM ja BEA	Regressio-analyysi	ICT-tuonti USA:sta painotettuna provinssin tuonnin osuudella USA:n kokonaistuonnista	Tärkeimmän kauppakumppanimaan USA:n ICT-investoinneilla on heijastusvaikutusta joidenkin provinssien tuottavuuteen
Shahnazi (2021)	2007-2017	28 EU-maata	UNCTAD ja Penn World Table	Regressio-analyysi, paikkatieto-analyysi	ICT-indeksi ja ICT-ulottuvuudet	ICT:n heijastusvaikutuksilla tärkeä rooli EU-maiden työn tuottavuuteen

#### 4.2.1 ICT:n läikkymisvaikutusten estimoinnit tutkimuskirjallisuudessa

ICT:n läikkymisvaikutuksia tuottavuuteen estimoidaan tutkimuksissa erilaisten muuttujien ja mallinnusten kautta. Vanhimmassa eli Juan Juan Zhangin ja Sang-Yong Tom Leen (2007) tutkimuksessa tarkastellaan ICT:n kansainvälisiä läikkymisvaikutuksia talouskasvuun eli onko ulkomaisilla ja kotimaisilla tieto- ja viestintäinvestoinneilla kontribuutiota kokonaistuottavuuteen (TFP). Tutkimuksessa ICT-investointien korvikemuuttujana ovat televiestintäinvestoinnit. Ulkolaisten investointien muuttuja on laskettu tutkimuksessa summaamalla muut kuin kotimaiset investoinnit. Regressioanalyysillä estimoidaan kotimaisten ja ulkomaisten ICT-investointien vaikutukset kokonaistuottavuuteen. (Zhang & Tom Lee, 2007, s. 64–65, 69, 71.) Ram C. Acharya taas on vuonna 2016 valmistuneessa tutkimuksessaan pyrkinyt selittämään 1990-luvun kokonaistuottavuuden kasvua joissakin tieto- ja viestintäteknologiaa käyttävissä OECD-maissa – onko kasvun taustalla ICT-investointien ulkoisvaikutukset vai aineeton pääoma. Acharyan käyttämän teoreettisen viitekehyksen oletuksena on, että havaitut ICT-investoinnit indikoivat myös havaitsemattomista aineettomien pääomien investoinneista tietopääomaan, koulutukseen,

organisointiin ja johtamiseen. Aineeton pääoma myös akkumuloituu suhteessa ICT-investointeihin. Lisäämällä regressioanalyysiin muut aineettomat pääomat, voidaan estimoida, onko ICT:llä läikkymisvaikutuksia vai onko kyse vain täydentävien aineettomien pääomien vaikutuksista. (Acharya, 2016, s. 16, 18.)

Acharyan tutkimuksen julkaisuvuonna on valmistunut myös Saaed Moshirin (2016) tutkimus. Moshiri on ottanut ICT:n läikkymisvaikutusten analysoinnissa näkökulmaksi USA:n ICT-investointien mahdolliset vaikutukset Kanadan provinssien tuottavuuskehityksiin. Provinssien työn tuottavuuden estimoinnin regressiomalliin on sisällytetty läikkymisvaikutusten muuttuja. Sitä ei saada kuitenkaan suoraan havainnoista, joten se määritellään USA:n ICT-investoinnilla painotettuna provinssin osuudella USA:n kokonaistuonnista Kanadaan. (Moshiri, 2016, s. 801, 806–807.) Tuoreimman eli Rouhallah Shahnazin tutkimuksen lähtökohtana on ollut tutkia ICT:n spatiaalisia läikkymisvaikutuksia työn tuottavuuteen (Shahnazi, 2021, s. 342). Paikkatietoanalyysissä, eli spatiaalisessa tilastollisessa analyysissä, tutkitaan esimerkiksi kappaleiden sijaintien spatiaalisia riippuvuuksia. Menetelmällä voidaan tutkia myös tietyn mitattavan ilmiön spatiaalista autokorrelaatiota, eli toisiaan lähempänä olevat alueet ovat samankaltaisempia ilmiön suhteen kuin kauempana olevat alueet. (Horttanainen, 2003, s. 2). Spatiaalisen korrelaation huomioon ottaminen aluemalleissa johtaa parempiin estimaatteihin ja regressiokertoimiin. (Kempainen, 2014, s. 254, 267.) Shahnazin mukaan ICT:n pääomakannan käyttäminen korvikemuuttujana ei huomioi ICT:n käyttöä tai digitaalisia taitoja tutkittaessa tieto- ja viestintätekniikan ja tuottavuuden välistä yhteyttä. Omassa tutkimuksessaan Shahnazi käyttääkin ICT-indeksiä, joka sisältää siirtoyhteyksien, Internetin käytön, sähköisen kaupan käynnin, digitaalitojen sekä sähköisen hallinnon ulottuvuudet. (Shahnazi, 2021, s. 344, 346.)

Kirjallisuuskatsauksen perusteella ICT:n läikkymisvaikutuksia tutkitaan regressioanalyysillä, mutta epäsuorien läikkymisvaikutusten mallintamiseen on käytetty jokaisessa tutkimuksessa erilaisia muuttujia. Zhangin ja Tom Leen (2007) tutkimus nojaa ICT-investointeihin ja Moshiri (2016) suhteelliseen tuontiin ICT-investointeja tehneestä maasta.

Acharya (2016) sen sijaan huomioi uudempien kasvumallien mukaisesti aineettomien pääomien mahdolliset vaikutukset, jotta voidaan näyttää, juontaako tuottavuuskasvu niistä vai onko kyse todellisista ICT:n läikkymisvaikutuksista. Shahnazin (2021) ICT-indeksi taas huomioi tutkimuksista monipuolisemmin ICT:n läikkymisvaikutusten tiedollista näkökulmaa ja sen tarvitseman infrastruktuurin ulottuvuuksia.

Muuttujien väliset erot heijastavat mahdollisesti tutkimusten tekohetken ja saatavissa olevien aineistojen myötä ICT:n kehitystä ja leviämistä yhteiskunnissa. Myös tutkimusmenetelmissä voidaan nähdä kehitystä. Ajan kuluessa ICT:n läikkymisvaikutusten tutkimusmenetelmät ovat kehittyneet ja mahdollisesti sofistikoitunein ekonometrinen menetelmä on ollut Shahnazin (2021) tutkimuksessa, jossa on hyödynnetty spatiaalista analyysiä. Uuden teknologian läikkymisvaikutuksissa tuottavuuteen ei ole kyse pääomaintensiteetin kasvattamisesta, joten läikkymisen estimointia ei voida tehdä suoraan ICT-pääoman kautta. Tämä on myös huomioitu uusimmissa tutkimuksissa, kun ICT:n kontribuution tutkimiseen on käytetty korvikemuuttujina esimerkiksi aineetonta pääomaa tai ICT:n käytön indeksejä. Kirjallisuuskatsauksen perusteella tutkimuskirjallisuudessa ei ole muodostunut yleistä vakiintunutta tapaa mitata ICT:n läikkymisvaikutuksia tuottavuuteen, ainakaan maiden välisessä tarkastelussa.

#### **4.2.2 Aineistot tutkimuskirjallisuudessa**

Taulukosta 2 voidaan nähdä, että tutkimusten periodit kattavat vaihtelevia aikoja. Vaihteluväli on suuri – 11 vuodesta 32 vuoteen. Tarkasteltavat aikavälit osuvat myös ajallisesti ICT:n kehityskulun kannalta erilaisiin ajanjaksoihin. Acharyan (2016) periodi alkaa jo vuodesta 1973 päättyen vuoteen 2004, kun taas esimerkiksi tuorein eli Shannazin (2021) tutkimus kattaa vuodet 2007–2017. Ajallisesti näiden väliin jäävät Zhang ja Tom Leen (2007) tutkimus ajalta 1982–1999 ja Moshirin (2016) tutkimus ajalta 1990–2008. Kaikkien tutkimusten ajanjaksot kattavat ainakin osittain ICT:n suurimman verkottumisen eli internetin hyödyntämisen aikaa, joka on alkanut 1990-luvun puolivälissä.

Tutkimusten lähtökohtia määrittelevät myös tarkasteltavien maiden valinnat. Varhaisimmassa eli Zhang ja Tom Leen (2007) artikkelissa läikkymisvaikutuksia tutkitaan kehittyvien, äskettäin kehittyneiden ja teollistuneiden maiden kesken. Acharyan (2016) tutkimus kattaa valitut 16 OECD-maata ja Shahnazi (2021) taas on ottanut läikkymisvaikutusten tarkasteluun 28 EU-maata. Moshiri (2016) keskittyy vain kahteen maahan eli Kanadaan ja USA:han, mutta tarkastelun lähtökohtana on läikkymisvaikutusten erittelyt provinssikohtaisesti Kanadassa.

Zhangin ja Tom Leen vuoden 2007 aikasarja-analyysissä aineistona on ollut kymmenen maan tiedot. Kyseiset maat on valittu tarkasteluun, koska niiden osalta oli saatavilla dataa. Maat on jaettu kolmeen ryhmään, kehittyviin maihin, äskettäin teollistuneisiin eli NIE-maihin ja kehittyneisiin maihin. Aineisto on kerätty pääosin Maailmanpankin maailman kehitysindikaattoreista (WDI, World Development Indicators), mutta ICT-tietojen keruu oli haasteellista, koska aikasarja-analyysiin tarvitaan havaintoja pitkältä ajalta. ICT-investoinneista ei ollut saatavana suoraa dataa 1980-luvulta, varsinkaan kehittyvistä maista, joten ICT-investointien mittarina käytetään tutkimuksessa ITU-tilastojen (International Telecommunication Union) mukaisia televiestintään tehtyjä investointeja. (Zhang & Tom Lee, 2007, s. 71.) Acharyan (2016) tutkimuksen aineisto on koostettu eri lähteistä, joista EUKLEMS-tietokanta on tutkimuksen päälähde. T&K-investointien tiedot on saatu OECD:n ANBERD-tietokannasta ja vientitilastoja on saatu OECD:n kahdenvälisen kaupan BTD-tietokannasta. Tutkimuksessa käytetään tietoja 16 OECD-maan 24 toimialalta vuosilta 1973–2004. Käytetyissä tietokannoissa ei ole yhdenmukainen toimialojen nimikkeistö, joten luokittelua on yhtenäistetty tutkimuksessa. Myös joidenkin maiden osalta tietoja on täydennetty kansallisten tilastokeskusten tiedoilla. ICT-datan käyttö oli mahdollista ainoastaan vuoden 2004 saakka, koska tämän jälkeen tiedot tilastoissa haavoivat useissa maissa. Tutkimus- ja kehitysinvestoinneista on saatavilla dataa, mutta muista aineettomista pääomista ei ole saatavilla luotettavaa tilastotietoa edes suurimmista OECD-maista. (Acharya, 2016, s. 24, 18.)

Moshirin (2016) tutkimus pohjautuu Kanadan 10 provinssin havaintoihin ajalta 1990–2008. Provinssit jaetaan toimialarakenteen mukaan kahteen ryhmään; valmistavan teollisuuden ja yrityspalvelujen provinssisiin sekä maatalouden ja luonnonvaroihin nojaviin provinssisiin. Tutkimuksen provinssien aineistot on koottu pääosin Kanadan tilastokeskuksen CANSIM-tietokannasta. Tärkeimmän kauppakumppanin eli Yhdysvaltojen ICT-investointien tiedot on saatu USA:n kauppaministeriön BEA:n (U.S. Bureau of Economic Analysis) tilastoista. Kumpaakin edellä mainittua lähdettä on käytetty yleisten tuontilastojen koontiin USA:sta Kanadaan. Tutkimusperiodin ajalta ei ole saatavilla tarkempaa dataa ICT-tuotteiden tuonnista. (Moshiri, 2016, s. 801, 807–808, 818.) Rouhallah Shahnazi (2021) on tutkinut 28 EU-maan vuosien 2007–2017 aineistolla ICT:n spatiaalisia läikky-misvaikutuksia muiden maiden työn tuottavuuteen. Tutkimuksessa on hyödynnetty Euroopan komission DESI- eli digitaalitalouden ja -yhteiskunnan indeksiä (Digital Economy and Society Index) (Shahnazi, 2021, s. 342, 344.) Indeksi on yhteenveto Euroopan digitaalisen suorituskyvyn indikaattoreista ja sen avainalueita ovat inhimillinen pääoma, yhteydet, digitaalisen teknologian integrointi ja digitaaliset julkiset palvelut (European Commission, 2022). DESI-indeksin tiedot ovat kuitenkin saatavissa vain tarkastelujakson viimeisille vuosille, joten Shahnazi on rakentanut DESI-indeksiin pohjautuvan ICT-indeksin, jonka lähteenä on käytetty UNCTAD- ja Penn World Table-tietokantoja. Aikaperiodi on valikoitunut ajalle 2007–2017, koska siltä ajalta oli saatavilla dataa ICT-indeksin rakentamiseen. (Shahnazi, 2021, s. 346.)

Kaikissa tutkimuksissa tuli esiin haasteita aineistojen suhteen. Vanhimmassa eli Juan Juan Zhangin ja Sang-Yong Tom Leen vuoden 2007 tutkimuksen maat valikoituivat sen perusteella, mistä maista oli saatavilla dataa. Moshirin (2016) Kanadan provinssien aineistoissa ei ollut tutkimusperiodilta eli vuosilta 1990–2008 saatavana tuontitilastoa, jossa olisi eritelty ICT-tuotteet erikseen. Shahnazi (2021) taas ei voinut suoraan hyödyntää valmista DESI-indeksiä, koska sen tietoja oli saatavilla vain muutamilta viime vuosilta. Acharyan (20016) tutkimuksen lähtökohtaa eli aineettomia pääomia ei ole tilastoitu edes tärkeimpien OECD-maiden osalta. Kirjallisuuskatsauksen perusteella saatavissa oleva data vaikuttaa niin estimointien rakentamiseen kuin tarkasteltaviin ajanjaksoihin ja

maihin. Tutkimusten aineistot eroavat myös periodeiltaan suhteessa ICT:n kehityskulkuun ja käyttöönoton laajuuteen.

### 4.2.3 Löydökset tutkimuskirjallisuudessa

Kirjallisuuskatsauksen perusteella kirjallisuudessa on saatu erilaista näyttöä, onko tieto- ja viestintäteknologialla läikkymisvaikutuksia tuottavuuteen maiden välillä ja minkä suuntaisesti. Zhangin ja Tom Leen (2007) empiirisen tutkimuksen mukaan ulkomaiden investoinneilla on ollut merkittävä ja positiivinen läikkymisvaikutus maissa, joilla on useita tekijöitä, joiden vuoksi tietoa ja ICT-tietoa on suhteellisen helppoa siirtää näihin maihin. Näissä maissa hallinto merkittävästi pyrkinyt lisäämään ICT-toimialaa, esimerkiksi rahoittamalla koulutusta ja uusia teknologiainnovaatioita tuottavia laitoksia lisäten näin tietopääomaa. Maita yhdistää humanin pääoman lisäksi myös vapaan kaupan ja globalisaation edistäminen sekä vakiintuneet ICT-infrastruktuurit. Vähäisistä spillover-vaikutuksista hyötyneissä maissa tilanne selittyy esimerkiksi Japanin ja Suomen osalta kotimaisten investointien vahvalla kontribuutiolla kokonaistuottavuuteen. (Zhang & Tom Lee, 2007, s. 72–74.) Acharyan (2016) tutkimuksessa valittujen OECD-maiden kokonaistuottavuuden kasvun taustalta taas ei löydetty todistusta ICT:n käytön positiivisista läikkymisvaikutuksista maiden välillä, kun estimoinnissa on huomioitu T&K-pääomat ja muut tieto- ja viestintäteknikkaa täydentävät aineettomat pääomat. Ilman niiden kontrollointia tulokset ICT:n läikkymisvaikutuksista olisivat olleet päinvastaiset, eli ilman kontrollointia ICT:n käytöllä olisi ollut positiivisia läikkymisvaikutuksia. (Acharya, 2016, s. 35, 37.)

Moshirin (2016) tutkimuksessa Kanadan kaikkien provinssien työn tuottavuuden estimoinnissa ICT:n spillover-vaikutukset ovat olleet kaiken kaikkiaan positiivisia, mutta merkitseviä vain lyhyen aikaa 1990-luvun lopulta 2000-luvun alkuun. Vaikutukset vaihtelevat provinssien välillä niiden elinkeinorakenteen mukaan. Ainoastaan provinseissa, joiden elinkeinot painottuivat valmistavaan teollisuuteen ja yrityspalveluihin, läikkymisvaikutus on vahvasti positiivinen ja ne pysyivät tilastollisesti merkitsevinä tarkastelujakson loppuun eli vuoteen 2008 saakka. ICT-tuotteita ei ole kehitetty luonnonvarateollisuudessa

ja maataloudessa kuten esimerkiksi palvelualoilla ja siksi alkutuotantoon nojautuvat provinssit eivät ole kyenneet täysimääräiseen ICT-investointien hyödyntämiseen. Niissä saatetaan kuitenkin Moshirin mukaan nähdä vielä ICT-investoinneille positiivista korrelaatiota tuottavuuden kanssa, jos talouden rakenteet muuttuvat tai uusi teknologia löytää tavan levitä nopeammin näissä alkutuotantoon perustuvissa talouksissa. (Moshiri, 2016, s. 808, 810–811.) Shahnazin (2021) tutkimus taas on tarkastellut tilannetta EU-maiden kontekstissa. Hänen tutkimuksessaan on osoitettu, että ICT:n läikkymisvaikutukset ovat vaikuttaneet työn tuottavuuteen EU-maissa tarkastelujaksolla 2007–2017. ICT-indeksin ja ICT-ulottuvuuksien kasvu ja kehittäminen yhdessä maassa nostavat työn tuottavuutta kaikissa muissa EU-maissa. Yhden maan tieto- ja viestintäteknologialla on myös positiivisia läikkymisvaikutuksia naapurimaiden työn tuottavuuteen. Suurimmat läikkymisvaikutukset kytkeytyivät internetin käyttöön, tietoliikenneyhteyksiin ja digitaalisiin taitoihin. (Shahnazi, 2021, s. 353–354.)

Kirjallisuuskatsaukseen valittujen tutkimusten perusteella tilastollinen näyttö ICT:n läikkymisvaikutuksista vaihtelee siis tutkimusten välillä. Zhangin ja Tom Leen (2007) tutkimuksen mukaan ulkomailla tehdyt ICT-investoinnit voivat nostaa kokonaistuottavuutta, jos maassa on tarvittavaa tietopääomaa ja ICT-infrastruktuuri, eikä kotimaisten investointien kontribuutio syö ulkomaisten investointien vaikutuksia. Acharyan (2016) tutkimuksessa, jonka tarkastelujakso alkaa vuodesta 1973, taas ei saatu näyttöä ICT:n käytön läikkymisvaikutuksista kokonaistuottavuuteen, kun estimoinnissa oli kontrolloitu T&K-pääomat ja muut tieto- ja viestintäteknikkaa täydentävät aineettomat pääomat. Moshirin (2016) tutkimuksen mukaan taas USA:n ICT-investoinnit saivat aikaan positiivisen läikkymisvaikutuksen tuottavuuteen provinssissa, joiden talouden rakenne ja päätoimialat käyttävät tieto- ja viestintäteknologiaa. Moshirin positiiviset tulokset viittaavat, kuten myös Zhangilla ja Tom Leellä, vastaanottavan maan tai alueen ominaisuuksiin, jotka mahdollistavat muiden maiden ICT-investointien positiiviset läikkymisvaikutukset tuottavuuteen. 28 EU-maan osalta saatiin Shahnazin (2021) tutkimuksessa vahvaa todistusta ICT:n läikkymisvaikutuksista työn tuottavuuteen naapurimaihin eli ICT:llä on alueellisia läikkymisvaikutuksia maiden välillä. Epäsuoria eli läikkymisvaikutuksia mahdollistaa erityisesti

internetin käyttö. Tämä korostaa ICT:n verkottuneisuuden mahdollistamaa tiedon leviämistä ja sen vaikutusta työn tuottavuuden kasvuun. Kirjallisuuskatsaukseen perusteella tilastollinen näyttö ICT:n läikkymisvaikutuksista maiden välillä ei ole kuitenkaan aukontonta.

## 5 Johtopäätökset

Tutkielman kirjallisuuskatsauksesta saatujen tulosten mukaan maiden välisten ICT:n läikkymisvaikutusten tutkiminen ja mittaaminen on kehittynyt viimeisten vuosikymmenien aikana. Myös estimointiin tarvittavien tietojen ja tilastojen voidaan nähdä kehittyneen, mutta ICT-tilastointien rajoitteet vaikuttavat yhä tutkimusasetelmiin. ICT:n kehitys kuitenkin jatkuu edelleen. Tämä tuo yhteiskunnille uusia tapoja soveltaa ja hyödyntää ICT:n tarjoamia mahdollisuuksia. Samaa kehitystä voidaan hyödyntää myös tilastoinneissa ja tiedonkeruussa. Tieto- ja viestintäteknologiaan liittyvässä tiedon keräämisessä tulisikin jatkossa huomioida tietty tarkkuustaso, jotta tulevissa ICT:n läikkymisvaikutuksia tutkivissa tutkimuksissa voidaan nojata mahdollisimman edustaviin tilastoihin ja havaintoihin. Mahdollisesti myös maiden välisten läikkymisvaikutusten tutkimusmenetelmät vakiintuvat kirjallisuudessa.

Tämän tutkielman kirjallisuuskatsauksen rajoituksena voidaan nähdä pieni otoskoko, joten systemaattinen kirjallisuuskatsaus laajemmalla aineistolla voi tuoda lisää tietoa ICT:n läikkymisvaikutusten tutkimuksista ja tuloksista maiden välillä. Kirjallisuuskatsauksen mukaan osassa tutkimuksissa tieto- ja viestintäteknologialle on saatu maiden välisiä mittaattavia läikkymisvaikutuksia tuottavuuteen, osassa taas tuottavuuden kasvu selittyi tieto- ja viestintäteknologiaa täydentävillä tutkimus- ja kehitystoiminnalla ja aineettomilla pääomilla. Voidaan pohtia, kuinka pitkälle ICT voidaan erotella kehitystoiminnasta, inhimillisestä pääomasta ja muusta aineettomasta pääomasta. Taloudellista kasvua lisäävä teknologinen kehitys, kuten ICT, ei synny tyhjästä. Se vaatii inhimillistä pääomaa eli osaavaa työväestöä. Sen pohjalta uutta teknologiaa hyväksi käyttäen voidaan tehdä uusia tuote- ja prosessi-innovaatioita. Tulevaisuudessa tieto- ja viestintäteknologian edelleen kehittyessä sekä tilastojen ja tutkimusmenetelmien parantuessa tarkentuu mahdollisesti myös akateeminen tieto ICT:n läikkymisvaikutuksista tuottavuuteen, myös maiden välisessä tarkastelussa.

ICT on luonteeltaan tiedollista ja siinä korostuu verkottuneisuus. Tämä erottaa sen aikaisemmista teknologisista kehityksistä tai yleiskäyttöisistä teknologioista eli höyrystä ja

sähköstä. Myös inhimillistä pääomaa, ICT-tekniologiaa ja innovaatioita yhdistää tiedollinen ulottuvuus. Jotta tämä ulottuvuus voi siirtyä toisille alueille, eli nähdään spillover- eli läikkymisvaikutusta, tarvitaan myös vastaanottavilla alueilla reseptoreita eli vastaanottavia kohtia, joihin nämä tiedolliset ulottuvuudet voivat tarttua. Mitä enemmän vastaanottavalla alueella on panostettu näihin niin sanottuihin reseptoreihin, kuten inhimilliseen pääomaan ja ICT-infrastruktuuriin, sitä todennäköisemmin alue hyötyy myös muiden alueiden ICT-investoinneista. Ominaisuuksiensa vuoksi ICT:hen laitettut investoinnit voivat helpommin heijastua tai valua muidenkin alueiden ja maiden hyödyksi nostamalla niidenkin tuottavuutta.

Ideoiden ja innovoinnin kasvulla ei ole rajoja, joten ICT:llä voi olla vielä paljon annettavaa niin yksilöille, yrityksille kuin yhteiskunnillekin, mikä voi johtaa jatkossa enenevässä määrin mitattavaan tuottavuuden kasvuun ja sen myötä elintason nousuun. Tieto- ja viestintäteknologian ekosysteemin kehittyminen ja kylläntyminen vie kuitenkin aikaa, joten mahdollinen kokonaisvaikutus tuottavuudenkin nousussa vie aikaa. ICT ei näytä vielä saavuttaneen kehityksensä saturaatiopistettä. Jotta ICT:n läikkymisvaikutuksia voi syntyä, tulee jonkun investoida ICT-pääomaan. ICT-tuotteiden tehokkuuden ja tuotannon kehittyessä pääomaintensiteetti kasvaa ja ICT:n käyttö lisääntyy. Maat tai alueet, jotka voivat ja haluavat investoida sekä ICT:hen että sen vaativaan inhimilliseen pääomaan, hyötyvät eniten myös muiden ICT-investoinneista. Jotta hyöty saadaan käyttöön, tulee kuitenkin vastaanottavassakin maassa tai alueella panostaa ICT-investointeihin ja -infrastruktuuriin, innovointiin, humaaniin pääomaan sekä tehdä kansainvälistä kauppaa ICT-hyödykkeistä ja palveluista ideoiden syntymisen ja vaihtamisen vuoksi. Kun maailmassa saavutetaan yhä suuremmissa kaavassa maturiteettia ja kypsymistä niin ICT:n infrastruktuurin kuin ICT-osaamisen suhteen, voidaan tehdä yhä kattavampia tutkimuksia mahdollisista ICT:n läikkymisvaikutuksista. Jatkossa tieto voi tarkentua ja löydetään mahdollisesti lisää seikkoja, joihin panostamalla yhteiskunnat voivat saavuttaa täyden hyödyn tieto- ja viestintäteknologiasta kansantalouksien tasolla, myös muiden tekemistä ICT-panostuksista. Lisääntyvä tieto voi auttaa kansantalouksia kohdistamaan investointejaan ja

tukipolitiikkaansa niin, että maan tuottavuuskehitys voisi mahdollisesti hyötyä myös muiden maiden ICT-investoinneista. Aihetta onkin syytä tutkia jatkossakin.

## Lähteet

- Acharya, R. C. (2016). ICT use and total factor productivity growth: Intangible capital or productive externalities? *Oxford Economic Papers*, 68(1), 16–39. <https://doi.org.proxy.uwasa.fi/10.1093/oep/gpv058>
- Ahmed, E. M. (2017). ICT and Human Capital Spillover Effects in Achieving Sustainable East Asian Knowledge-Based Economies. *Journal of the Knowledge Economy*, 8(3), 1086–1112. <https://doi.org/10.1007/s13132-016-0430-4>
- Bartelsman, E. (2005). Poliittikkatoimenpiteitä teknologisen eturintaman saavuttamiseksi ja siellä pysymiseksi. Teoksessa Hyytinen, A., Rouvinen, P. (toim.), *Mistä talouskasvu syntyy?* (s. 297–318). Elinkeinoelämän tutkimuslaitos ETLA, Teknologian kehittämiskeskus.
- Bresnahan, T. F., & Trajtenberg, M. (1992). General Purpose Technologies "Engines of Growth?" *NBER Working Paper Series*, 4148. <https://doi.org/10.3386/w4148>
- Britannica, T. E. of E. (2022). *Steam engine*. *Encyclopedia Britannica*. Noudettu 27.10.2022 osoitteesta <https://www.britannica.com/technology/steam-engine>
- Brynjolfsson, E., & Yang, S. (1997). *Information Technology and Productivity: A Review of the Literature* [Working Paper Series]. MIT Center for Coordination Science. Noudettu 28.9.2022 osoitteesta <https://econpapers.repec.org/paper/wopmitccs/202.htm>
- Castrén, L., Kauhanen, A., Kulvik, M., Lönnqvist, A., Maijanen, S., Martikainen, O., Palvalin, M., Peltonen, I., Ranta, P., Vuolle, M., & Zhan, Y. (2013). *ICT ja palvelut. Näkökulmia tuottavuuden kehittämiseen*. Elinkeinoelämän tutkimuslaitos (ETLA).
- Crafts, N. (2004). Steam as a General Purpose Technology: A Growth Accounting Perspective. *The Economic Journal*, 114(495), 338–351. <https://doi.org/10.1111/j.1468-0297.2003.00200.x>
- Crafts, N. F. R. (1995). Exogenous or Endogenous Growth? The Industrial Revolution Reconsidered. *The Journal of Economic History*, 55(4), 745–772. Noudettu 29.10.2022 osoitteesta <http://www.jstor.org/stable/2123815>

- David, P., & Wright, G. (2005). Early Twentieth Century Productivity Growth Dynamics: An Inquiry into the Economic History of “Our Ignorance”. *University of Oxford Discussion Papers in Economic History*.
- Dedrick, J., Gurbaxani, V., & Kraemer, K. L. (2003). Information technology and economic performance: A critical review of the empirical evidence. *ACM Computing Surveys*, 35(1), 1–28. <https://doi.org/10.1145/641865.641866>
- Devine, W. D. (1983). From Shafts to Wires: Historical Perspective on Electrification. *The Journal of Economic History*, 43(2), 347–372. Noudettu 28.10.2022 osoitteesta <http://www.jstor.org/stable/2120827>
- European Commission. (2022). *The Digital Economy and Society Index (DESI) | Shaping Europe’s digital future*. Noudettu 17.10.2022 osoitteesta <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/desi>
- Gomez-Salvador, R., Musso, A., Stocker, M., & Turunen, J. (2006). Labour Productivity Developments in the Euro Area. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.923369>
- Helsingin yliopisto. (n.d.). *Katsauksen tyyppejä*. Noudettu 12.11.2022 osoitteesta <https://blogs.helsinki.fi/kielijelppi/kirjallisuuskatsauksen-tyyppeja/>
- Honkapohja, S. (1996). Makroteorian mullistukset viimeisten 60 vuoden kuluessa. *Kansantaloudellinen aikakauskirja*, 92(4), 389–397. Noudettu 17.10.2022 osoitteesta <http://www.taloustieteellinenyhdistys.fi/images/stories/kak/KAK41996/KAK41996Honkapohja.pdf>
- Horttanainen, E.-P. (2003). *Mat-2.108 Sovelletun matematiikan erikoistyö; Spatiaalisen autokorrelaation testaaminen*. Noudettu 31.10.2022 osoitteesta [http://sal-server.org.aalto.fi/vanhat\\_sivut/Opinnot/Mat-2.4108/pdf-files/ehor03.pdf](http://sal-server.org.aalto.fi/vanhat_sivut/Opinnot/Mat-2.4108/pdf-files/ehor03.pdf)
- Hulten, C. R. (2000). Total Factor Productivity: A Short Biography. *NBER Working Paper Series*, 7471.
- Hyytinen, A., & Maliranta, M. (2015). *Yritysjohdon taloustiede: Yritykset taloudessa ja taloustieteessä* (1. painos). Spillover Economics Oy.
- Hyytinen, A. & Rouvinen, P. (toim.). (2005). *Mistä talouskasvu syntyy?*. Elinkeinoelämän tutkimuslaitos ETLA, Teknologian kehittämiskeskus.

- Inklaar, R., & Timmer, M. P. (2013). *Capital, labor and TFP in PWT8.0*. Noudettu 29.10.2022 osoitteesta <https://1library.net/document/gojp4k7z-capital-labor-and-tfp-in-pwt.html>
- Itkonen, J. (2017). *Digitalisaation mittaushaasteiden vaikutus kansantalouden kokonaiskuvaan*. Suomen Pankki. Noudettu 20.10.2022 osoitteesta <https://www.sli-deshare.net/Tilastokeskus/digitalisaation-mittaushaasteiden-vaikutus-kansantalouden-kokonaiskuvaan-juha-itkonen-suomen-pankki>
- ITU. (2022). *Global Connectivity Report 2022—ITU Publication*. ITU Hub. Noudettu 8.10.2022 osoitteesta <https://www.itu.int/hub/publication/d-ind-global-01-2022/>
- Jalava, J., & Pohjola, M. (2007). ICT as a source of output and productivity growth in Finland. *Telecommunications Policy*, 31(8), 463–472. <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2007.05.011>
- Jalava, J., & Pohjola, M. (2008). The roles of electricity and ICT in economic growth: Case Finland. *Explorations in Economic History*, 45(3), 270–287. <https://doi.org/10.1016/j.eeh.2007.11.001>
- Jones, C. I. (1999). Growth: With or Without Scale Effects? *American Economic Review*, 89(2), 139–144. <https://doi.org/10.1257/aer.89.2.139>
- Kempainen, T. (2014). Spatiaalista mallinnusta pistedatalla: Kyselypohjainen analyysi koetusta terveydestä ja turvattomuudesta Helsingin metropolialueella. *SOSIAALILÄÄKETIETEELLINEN AIKAKAUSLEHTI*, 2014(51), 253–271.
- Ketokivi, M. (2015). *Tilastollinen päättely ja tieteellinen argumentointi* (2. laaj. laitos). Gaudeamus.
- Koistinen-Jokiniemi, P., Koskiniemi, T., Lehtinen, I., Lindroos, V., Martikainen, J., Montonen, S., Savela, O., & Tuomaala, E. (2017). *Digitalisaatio ja bkt –miten digitalisaatio näkyy taloustilastoissa*. Tilastokeskus.
- Kokkinen, A., Jalava, J., Hjerpe, R., & Hannikainen, M. (2007). Catching up in Europe: Finland's Convergence with Sweden and the EU15. *Scandinavian Economic History Review*, 55(2), 153–171. <https://doi.org/10.1080/03585520701435996>

- Kotiranta, A., Koski, H., Pajarinen, M., Rouvinen, P., & Ylhäinen, I. (2017). *Digitalisaatio muuttaa maailmaa – tarvitaanko politiikan tueksi uusia mittareita?* [Tutkimus]. Valtioneuvoston kanslia. Noudettu 29.10.2022 osoitteesta <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/79838>
- Leeuwen, G., & Wiel, H. (2011). *Spillover effects of ICT*. CPB Report 2003/3. Noudettu 30.9.2022 osoitteesta [https://www.researchgate.net/publication/265012744\\_Spillover\\_effects\\_of\\_ICT](https://www.researchgate.net/publication/265012744_Spillover_effects_of_ICT)
- Maddison Project Database. Bolt, J. & Zanden, J. L. van (2020). *Maddison Project Database 2020*. Noudettu 6.10.2022 osoitteesta <https://www.rug.nl/ggdc/historical-development/maddison/releases/maddison-project-database-2020>
- Marsh, I. W. (2017). We see ICT spillovers everywhere but in the econometric evidence: A reassessment. *Industrial and Corporate Change*, 26(6), 1067–1088. <https://doi.org/10.1093/icc/dtx008>
- Mikkola, A. (2006). *S1 Makrotaloustieteen syventävä kurssi; Taloudellinen kasvu*. Noudettu 5.3.2023 osoitteesta <https://www.mv.helsinki.fi/home/ammikkol/s1/kasvu.pdf>
- Moshiri, S. (2016). ICT spillovers and productivity in Canada: Provincial and industry analysis. *Economics of Innovation and New Technology*, 25(8), 801–820.
- National Science and Media Museum. (2020). *A short history of the internet*. National Science and Media Museum. Noudettu 18.10.2022 osoitteesta <https://www.scienceandmediamuseum.org.uk/objects-and-stories/short-history-internet>
- OECD. (n.d. -a). *Information and communication technology (ICT)*. Noudettu 8.10.2022 osoitteesta [https://www.oecd-ilibrary.org/science-and-technology/information-and-communication-technology-ict/indicator-group/english\\_04df17c2-en](https://www.oecd-ilibrary.org/science-and-technology/information-and-communication-technology-ict/indicator-group/english_04df17c2-en)
- OECD. (n.d. -b). *Productivity, human capital and educational policies—OECD*. Noudettu 13.10.2022, osoitteesta <https://www.oecd.org/economy/human-capital/>
- OECD. (2003). *A PROPOSED CLASSIFICATION OF ICT GOODS (DSTI/ICCP/IIS(2003)1/REV2)*. COMMITTEE FOR INFORMATION, COMPUTER AND COMMUNICATIONS POLICY.

- Noudettu 8.10.2022 osoitteesta <https://www.oecd.org/digital/ieconomy/22343094.pdf>
- OECD. (2022). *Information and communication technology (ICT)—ICT investment—OECD Data*. OECD. Noudettu 8.10.2022 osoitteesta <http://data.oecd.org/ict/ict-investment.htm>
- Palokangas, T. (2013). *Taloudellisen kasvun syyt*. Noudettu 14.10.2022, osoitteesta <https://blogs.helsinki.fi/hponka/files/2013/09/Taloudellisen-Kasvun-Syyt.pdf>
- Pohjola, M. (2002). The New Economy in Growth and Development. *Oxford Review of Economic Policy*, 18(3), 380–396.
- Pohjola, M. (2017). Suomen talouskasvu ja sen lähteet 1860–2015. *Kansantaloudellinen aikakauskirja*, 133(3), 266–292. Noudettu 28.9.2022 osoitteesta [http://www.taloustieteellinenyhdistys.fi/wp-content/uploads/2017/09/KAK\\_3\\_2017\\_176x245\\_WEB-8-34.pdf](http://www.taloustieteellinenyhdistys.fi/wp-content/uploads/2017/09/KAK_3_2017_176x245_WEB-8-34.pdf)
- Pohjola, M. (2020). Teknologia, investoinnit, rakennemuutos ja tuottavuus – Suomi kansainvälisessä vertailussa. *Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja*, 2020(5), 75. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-327-492-1>
- Pohjola, M., Sinivuori, E., & Pohjola, M. (2019). *Taloustieteen oppikirja* (14., uudistettu painos). Sanoma Pro Oy.
- Quah, D. (1999). *The Weightless Economy in Economic Development*. CEP discussion paper; CEPDP0417 (417). Centre for Economic Performance, London School of Economics and Political Science, London, UK. Noudettu 21.10.2022 osoitteesta [https://eprints.lse.ac.uk/2291/1/The\\_Weightless\\_Economy\\_in\\_Economic\\_Development.pdf](https://eprints.lse.ac.uk/2291/1/The_Weightless_Economy_in_Economic_Development.pdf)
- Romer, P. M. (1990). Endogenous Technological Change. *The Journal of Political Economy*, 98(5), S71–S102. <https://doi.org/10.1086/261725>
- Shahnazi, R. (2021). Do information and communications technology spillovers affect labor productivity? *Structural Change and Economic Dynamics*, 59, 342–359. <https://doi.org/10.1016/j.strueco.2021.09.003>

- Snyder, Hannah. (2019). Literature review as a research methodology: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*, 104, 333–339. <https://doi.org/10.1016/j.ibusres.2019.07.039>
- Solow, Robert M. (1987). “We’d Better Watch Out” review of *Manufacturing Matters: The Myth of the Post-Industrial Economy*, by Stephen S. Cohen and John Zysman. *New York Times*.
- Sorensen. (2010). *Introducing advanced macroeconomics: Growth and business cycles*. McGraw-Hill UK.
- The University of Edinburgh. (2022). *Literature review*. The University of Edinburgh. Noudettu 26.10.2022 osoitteesta <https://www.ed.ac.uk/institute-academic-development/study-hub/learning-resources/literature-review>
- Tilastokeskus. (n.d. -a). *Digitalisaatio*. Noudettu 20.10.2022 osoitteesta [https://www.tilastokeskus.fi/tup/suoluk/suoluk\\_digitalisaatio.html](https://www.tilastokeskus.fi/tup/suoluk/suoluk_digitalisaatio.html)
- Tilastokeskus. (n.d. -b). *Kasvulaskennan menetelmä*. Noudettu 7.10.2022 osoitteesta <https://www.stat.fi/meta/kas/kasvulaskenta.html>
- Tilastokeskus. (n.d. -c). *Tilastokoulu—Kansantalouden tilinpito*. Noudettu 6.10.2022 osoitteesta [https://tilastokoulu.stat.fi/verkko-koulu\\_v2.xql?course\\_id=tkoulu\\_ktal&lesson\\_id=3&page\\_type=sisalto&subject\\_id=6](https://tilastokoulu.stat.fi/verkko-koulu_v2.xql?course_id=tkoulu_ktal&lesson_id=3&page_type=sisalto&subject_id=6)
- Tilastokeskus. (2021a). *Kansantalouden tilinpito*. Noudettu 6.10.2022 osoitteesta <https://www.stat.fi/tup/kantilinpito/index.html>
- Tilastokeskus. (2021b). *Tietotekniikan käyttö yrityksissä*. Noudettu 20.10.2022 osoitteesta [https://pxweb2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin\\_ict/stat-fin\\_ict\\_pxt\\_12bh\\_fi.px](https://pxweb2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin_ict/stat-fin_ict_pxt_12bh_fi.px)
- Työ- ja elinkeinoministeriö. (n.d.). *Yritysten liiketoiminnan digitalisaatio—Työ- ja elinkeinoministeriön verkkopalvelu*. Noudettu 29.10.2022 osoitteesta <https://tem.fi/yritysten-liiketoiminnan-digitalisaatio>
- Työ- ja elinkeinoministeriö. (2020). *Raportti: Suomen kansantalouden suurin ongelma on kilpailijamaita alempi työn tuottavuus - Työ- ja elinkeinoministeriön*

- verkkopalvelu*. Noudettu 29.10.2022 osoitteesta <https://tem.fi/-/raportti-suomen-kansantalouden-suurin-ongelma-on-kilpailijamaita-alempi-tyon-tuottavuus>
- Warsta, Juhani. (2015). *Johdatus tietojenkäsittelytieteisiin; 2. Tietotekniikan historiaa ja nykypäivää* [Rajattu pääsy].
- Whitta-Jacobsen, H. J., & Birch Sørensen, P. (2022). *Introducing advanced macroeconomics: Growth and business cycles. 3rd ed.* Oxford University Press.
- Wright, G., & David, P. A. (2005). *General Purpose Technologies and Productivity Surges: Historical Reflections on the Future of the ICT Revolution*. Noudettu 29.10.2022 osoitteesta <https://EconPapers.repec.org/RePEc:wpa:wuwpeh:0502002>
- Zhang, J. J., & Tom Lee, S.-Y. (2007). A Time Series Analysis of International ICT Spillover. *Journal of Global Information Management*, 15(4), 64–78. <https://doi.org/10.4018/jgim.2007100104>