



Vaasan yliopisto
UNIVERSITY OF VAASA

Hanne Vainionpää

Aineeton pääoma ja työn tuottavuus Suomessa

Toimialakohtainen paneeliaineisto vuosilta 2000–2018

Laskentatoimen ja rahoituksen yksikkö
Pro gradu -tutkielma
Taloustieteen maisteriohjelma

Vaasa 2024

VAASAN YLIOPISTO**Laskentatoimen ja rahoituksen yksikkö**

Tekijä:	Hanne Vainionpää		
Tutkielman nimi:	Aineeton pääoma ja työn tuottavuus Suomessa: Toimialakohtainen paneeliaineisto vuosilta 2000–2018		
Tutkinto:	Kauppätieteiden maisteri		
Oppiaine:	Taloustieteen maisteriohjelma		
Työn ohjaaja:	Hannu Piekkola		
Valmistumisvuosi:	2024	Sivumäärä:	78

TIIVISTELMÄ:

Tutkielmassa tarkastellaan aineettoman pääoman vaikutuksia työn tuottavuuden kasvuun Suomessa vuosina 2000–2018. Tutkielman empiirisen osuuden aineisto on laadittu yhdistämällä Nace Rev 2. -toimialaluokituksen mukaisesti aggregoitu Horisontti 2020 GLOBALINTO -projektin ja 7. puiteohjelman Innodrive-projektin mikroaineisto sekä Tilastokeskuksen StatFin-tietokannasta otettu työn tuottavuuskasvu eli arvonlisäys per työtunti vuosina 2000–2018. Aineetonta pääomaa mallinnetaan toimialojen tieto- ja viestintäteknikka- (ICT), organisaatio- (OC) ja tutkimus- ja kehityspääoman (T&K) avulla. Työntekijäkohtaista arvonlisää mallinnetaan logaritmitransformaatiolla kiinteiden vaikutusten regressiomallin avulla. Selittävinä tekijöinä toimivat aineeton pääoma, työntekijöiden määrä, maahanmuuttajatyöntekijöiden määrä sekä työntekijöiden keskimääräiset koulutusvuodet inhimillisen pääoman kuvaajana.

Työkäisen väestön vähenemisen havaitaan heikentävän talouskasvua Suomessa. Näin ollen työn tuottavuuden parantaminen aineettomilla investoinneilla nähdään yhä merkittävämmässä roolissa yhteiskunnan kestävyyttä tarkasteltaessa. Suomen rakenteellisten haasteiden, kuten talouden rakennemuutoksen, työkäisen väestön vähenemisen, kohtaanto-ongelman ja työvoiman osaamistarpeiden muutosten on havaittu vaikeuttavan työn tuottavuuskasvua. Työn tuottavuutta ja aineettomia pääomia pitkän aikavälin kasvun lähteinä voidaan tarkastella endogeenisen kasvuteorian mallissa. Uusklassiseen kasvuteoriaan perustuva työn tuottavuuskasvun empiirinen tarkastelu toteutetaan usein kasvulaskennan avulla. Myöhemmin kehitetyissä talousteoreettisissa malleissa teknologinen kehitys mallinnetaan endogeenisena tekijänä. Tässä tutkielmassa aineetonta pääomaa ja työn tuottavuutta tarkastellaan endogeenisen kasvuteorian mallilla. Teknologista kehitystä voidaan edistää T&K-toiminnalla, muilla aineettomilla pääomilla sekä investoinneilla uuteen teknologiaan ja sitä täydentäviin tuotantopanoksiin. Aineettoman pääoman investointien nähdään kasvattavan myös muiden toimialojen tuottavuutta sen luomien heijastusvaikutusten ansiosta. Erityisesti ICT:n tuottamia heijastusvaikutuksia pidetään yhtenä merkittävimmistä tekijöistä sen skaalautuvuuden ansiosta.

Regressioiden estimaattien havaitaan viittaavaan siihen, että erityisesti tieto- ja viestintäteknikalla on merkittävä ja välitön vaikutus toimialojen keskimääräiseen työntekijäkohtaiseen arvonlisään vuosina 2000–2018. Lisäksi organisaatiopääoman nähdään vaikuttavan positiivisesti työntekijäkohtaiseen arvonlisään pidemmällä aikavälillä, mutta vaihtelu on hyvin suurta toimialojen välillä. Tutkimus- ja kehityspääoman ei havaita viittaavan tuottavuuden kasvuun lyhyellä aikavälillä. Maahanmuuttajien osuus työntekijöistä nähdään tuottavuutta alentavana tekijänä, kun sitä tarkastellaan kokonaisuutena. Havaintoa voidaan selittää heikon talouskasvun ja samaan aikaan lisääntyneen maahanmuuton käänteisellä syy-seuraus-suhteella.

AVAINSANAT: Aineeton pääoma, tuottavuus, työn tuottavuus, inhimillinen pääoma, tieto- ja viestintäteknikka

Sisällys

1	Johdanto	7
1.1	Tutkielman tausta	7
1.2	Tutkielman tarkoitus ja tutkimuskysymykset	8
1.3	Tutkielman rakenne	10
2	Pitkän aikavälin talouskasvun teoreettinen viitekehys	11
2.1	Uusklassinen kasvuteoria ja työn tuottavuus makrotasolla	11
2.2	Endogeeninen teknologinen kehitys	13
2.2.1	Tuotannollisten ulkoisvaikutusten tuotantofunktio	13
2.2.2	Tutkimus- ja kehityspohjainen tuotantofunktio	16
2.3	ICT:n ja tuottavuuskasvun teoreettinen viitekehys	19
2.3.1	ICT yleiskäyttöisenä teknologiana	20
2.3.2	Tuottavuuskasvu yrityskoon mukaan	22
3	Suomen tuottavuuskasvu	25
3.1	Suomi OECD-maiden tuottavuusvertailuissa	26
3.2	Tekijät työn tuottavuuskehityksessä	29
3.2.1	Kiinnikuroutuminen kohti vakaata tilaa	30
3.2.2	Toimialakohtainen arvonlisä	31
3.2.3	ICT ja tuottavuuskasvu	32
3.3	Työvoima	36
3.3.1	Työikäisen väestön väheneminen	36
3.3.2	Työntekijöiden inhimillinen pääoma	38
3.3.3	Maahanmuutto	38
3.4	Työmarkkinoiden muutos	41
3.4.1	Digitaalinen talous	41
3.4.2	Kohtaanto-ongelma ja osaamisvaatimusten muutokset	43
3.4.3	Suomen suhteellinen etu ja korkeasti koulutettujen työntekijöiden kysyntä	45
3.5	Tuottavuuskasvun edistäminen ja kansallinen politiikka	47

4	Empiirinen analyysi työn tuottavuudesta	49
4.1	Tutkimusasetelma ja aineiston esittely	49
4.2	Tutkimusmenetelmä	53
4.3	Tutkimustulokset ja analyysi	54
4.3.1	Muuttujien tilastollinen kuvaus	54
4.3.2	Regressiotulokset	61
4.3.3	Toimialakohtaisten selittävien muuttujien interaktiot regressiomallissa	65
4.4	Empirian ja kirjallisuuskatsauksen vertailu	67
5	Johtopäätökset	70
	Lähteet	73

Kuviot

Kuvio 1. Työn tuottavuus (BKT/tehty työtunti) vuonna 2021 (OECD, 2023).	26
Kuvio 2. Työn tuottavuuskasvun jakautuminen vuosina 2010–2019 sis. koko kansantalous ilman kiinteistö-, julkishallinto-, puolustus-, koulutus- ja terveydenhuoltosektoria (OECD, 2023).	29
Kuvio 3. Nettomaahanmuutto Suomessa vuosina 1990–2022 (Tilastokeskus).	40
Kuvio 4. Maailmanlaajuiset tietotekniikkamenot (IT) vuosina 2005–2024 (Statista Research Department, 2023b).	42
Kuvio 5. Suomen tavara- ja palveluvienti vuosineljänneksittäin vuosina 2013–2023 (Tilastokeskus, 2024b).	46
Kuvio 6. Keskimääräinen tuottavuuskasvun muutos vuosina 2000–2018 (arvonlisäys/työtunti).	55
Kuvio 7. Keskimääräinen arvonlisä per työntekijä (val_emp-muuttuja) toimialakohtaisella arvonlisäyksellä painotettuna.	56
Kuvio 8. Toimialojen keskimääräinen työntekijäkohtainen ICT-, OC, ja T&K-pääoma vuositasolla.	57
Kuvio 9. Toimialojen työntekijäkohtaisen ICT-, T&K ja OC-pääomien logaritmiset kasvuprosenttien vaihtelu yli ajan.	58
Kuvio 10. Työntekijöiden yhteenlasketun kokonaismäärän, korkeakoulutettujen ja ei-korkeakoulutettujen määrien kehitys vuosina 2000–2018.	59
Kuvio 11. Keskimääräinen maahanmuuttajien osuus kaikista työntekijöistä (migrsh collapsed).	60
Kuvio 12. Toimialojen yhteenlaskettu MFP vuosina 2000–2018.	61

Taulukot

Taulukko 1. Tutkimuksen mallintamisen pääkohdat.	49
Taulukko 2. Nace Rev. 2 luokituksen mukaiset toimialat ja yritysten lukumäärä.	50
Taulukko 3. Muuttujien tilastolliset tunnusluvut.	52

Taulukko 4. Selittävien muuttujien kertoimet ja regressiomallien selitysasteet kiinteiden vaikutusten regressiomallissa, jossa selitettävä muuttuja on tuottavuus per työntekijä.

62

Taulukko 5. Interaktiotermit sisältävät kiinteiden vaikutusten regressiomallit, jotka mallintavat selittävien muuttujien vaikutuksia arvonlisään per työntekijä.

66

1 Johdanto

Talusteoria (Solow, 1957; Romer, 1990) viittaa teknologiseen kehitykseen tärkeimpänä lähteenä pitkän aikavälin tuottavuuskasvua tarkasteltaessa. Taloudellisen yhteistyön ja kehityksen järjestön OECD:n (2023, s. 5) mukaan tuottavuus tarkoittaa tuotoksen ja tuotantopanoksen määrän välistä suhdetta. Se mittaa sitä, kuinka tehokkaasti talouden tuotantopanokset, kuten työvoima tai pääoma tuottavat tuotosta (output). Tuottavuuden mittaamiseen on kehitetty erilaisia mittareita, ja tämä tutkielma keskittyy työn tuottavuuteen, jota voidaan mitata bruttokansantuotteen (BKT) tai arvonlisä per tehty työtunti tai työntekijä avulla (OECD, 2023, s. 16). BKT tarkoittaa talouden tuottamia hyödykkeitä ja palveluita, joista on vähennetty välituotekäyttö (OECD, 2023, s. 16). Tämän tutkielman empiirinen osuus tarkastelee työntekijäkohtaista arvonlisää ja siihen vaikuttavia tekijöitä Suomessa vuosina 2000–2018. Tutkielman empiirinen osuus keskittyy erityisesti aineettoman pääoman vaikutusten mittaamiseen. Aineeton pääoma määritetään tutkielmassa laajasti siten, että se koostuu tutkimus- ja kehitys- (T&K), tieto- ja viestintätekniiikka- (ICT) sekä organisaatiopääomasta (OC). Työn tuottavuus riippuu tuotantopanoksista, kuten aineellisesta ja aineettomasta pääomasta, teknologisesta tehokkuudesta ja organisatorisista muutoksista (OECD, 2023, s. 22). Näistä aineeton pääoma on noussut yhä merkittävämmäksi tekijäksi talouskasvua mitattaessa. Tuottavuuskasvu on hidastunut lähes kaikissa teollisuusmaissa, mutta sen perimmäiset syyt ovat epäselviä (Pohjola, 2021, s. 7). Työn tuottavuus onkin merkittävä talouskasvun lähde ja parantaa maiden kilpailukykyä (OECD, 2023, s. 16). Työn tuottavuus on yleisesti kansainvälisissä vertailuissa käytetty mittari.

1.1 Tutkielman tausta

Teknologiset innovaatiot ja teknologian käyttöönotto ovat tärkeitä tuotantopanoksia tuottavuuskasvua tarkasteltaessa. Digitaaliset teknologiat ovat nousseet määritteleviksi tekijöiksi niin talouskasvua kuin kilpailukykyä mitattaessa (Henry-Nickie ja muut, 2019). Bureau of Economic Analysis (BEA) (Barefoot ja muut, 2018) tutkimus havainnoi

digitaalitalouden määritelmän haasteellisuutta. Digitaalitaloudelle ei ole olemassa täsmällistä ja yleispätevää määritelmää, joka selventäisi, mitkä toiminnot olisi sisällytettävä sen mittaamiseen. Lisäksi määrittelyä vaikeuttaa teknologian nopea muuttuminen. Ihannetapauksessa digitaalitalouden määritelmä ottaisi huomioon sen ajan myötä muuttuvan luonteen. Käsitteenä digitaalitalous tarkoittaa digitaalitekniikkaa sisältäviä tai digitaalitekniikkaa käyttäen tuotettuja tavaroita ja palveluita (Henry-Nickie ja muut, 2019).

Tieto- ja viestintäteknikka-ala (ICT) on suurilta osin digitaalitalouden keskiössä, sillä se tukee digitaalitaloutta ja toimii sen suorituskyvyn luotettavana mittarina (Henry-Nickie ja muut, 2019). OECD:n (2024) määritelmän mukaan tieto- ja viestintäteknikka (ICT) tarkoittaa sekä erityyppisiä viestintäverkkoja että niissä käytettävää teknologiaa. Tieto- ja viestintäteknikka-alalla yhdistyvät teollisuus- ja palvelualat, joiden tuotteet ensisijaisesti mahdollistavat tiedonkäsittelyn ja viestinnän sähköisin keinoin. ICT-ala edistää niin teknologista kehitystä kuin tuotannon ja tuottavuuden kasvua (OECD, 2024). Sen vaikutusta voidaan tarkastella usealla eri tavalla: joko suoraan tuotannon, työllisyyden tai tuottavuuden kasvun kautta tai epäsuorasti esimerkiksi muihin talouden osiin vaikuttavan teknologisen muutoksen lähteenä (OECD, 2024). OECD:n (2023, s. 39) mukaan ICT on mahdollistanut 2000-luvun alusta lähtien tapahtuneen tuottavuuskasvun. Sen ovat mahdollistaneet sekä ICT-tuotannon toimialat että ICT:tä hyödyntävät toimialat, kuten kaupankäynti-, rahoitus ja liiketoimintapalveluita tuottavat toimialat.

1.2 Tutkielman tarkoitus ja tutkimuskysymykset

Tämä tutkielma tarkastelee tieto- ja viestintäteknikan sekä teknologisen kehityksen vaikutuksia työn tuottavuuteen. Tutkielman empiirinen osuus tarkastelee aineettoman pääoman vaikutusta työn tuottavuuteen toimialatasolla Suomessa vuosina 2000–2018. Tutkielma tarjoaa empiirisiä havaintoja kansalliselle tasolle. Tarkastelen kirjallisuuskatsauksen muodossa aineettoman pääoman, erityisesti ICT:n ja työn tuottavuuden välistä suhdetta. Toisin sanoen tutkin, miten talousteoria käsittelee

aineettoman pääoman ja erityisesti ICT:n vaikutusta työn tuottavuuskasvuun. Tarkastelen myös maahanmuuton ja muun aineettoman pääoman vaikutusta työntekijäkohtaiseen tuottavuuteen, sillä erityisesti maahanmuutto voi tarjota mahdollisuuksia Suomen työikäisen väestön kasvattamiseksi ja sitä kautta sekä talouskasvun että hyvinvointivaltion turvaamiseksi (Kokkinen ja muut, 2018, s. 14). Empiirinen osuus perustuu Nace Rev. 2-toimialaluokituksen mukaisesti aggregoituun Horisontti 2020 GLOBALINTO -projektin ja 7. puiteohjelman Innodrive-projektin mikroaineistoon, johon olen yhdistänyt Tilastokeskuksen StatFin-tietokantaan tilastoidun työn tuottavuuskasvun eli arvonlisäyksen vuosina 2000–2018. Toimialakuvaukset löytyvät taulukosta 2. Aineisto ei sisällä yksityisen sektorin Nace Rev. 2-luokituksen mukaisia toimialoja F (rakentaminen), K (rahoitus- ja vakuutus toiminta), L (kiinteistöalan toiminta), N (hallinto- ja tukipalvelutoiminta), P (koulutus), Q (terveys- ja sosiaalipalvelut), S (muu palvelutoiminta) ja T (muu kotitalouksien palvelutoiminta). Huomionarvoista on myös se, että aineisto ei huomioi yrityskohtaisia tekijöitä, kuten yrityskokoa eli mikrotason mallintaminen ei ole mahdollista tässä tutkielmassa. Lisäksi tarkastelen työn tuottavuuskehitystä vuosina 2000–2018. Analysoin erityisesti ICT-pääoman vaikutusta työntekijäkohtaiseen tuottavuuteen, mutta tarkastelen myös muiden muuttujien, kuten T&K- ja OC-pääoman vaikutusta työn tuottavuuteen. Lisäksi mallinnan aineistosta muodostettujen muuttujien muutoksia vuosina 2000–2018.

Tämä tutkielma on jatkoa kandidaatintutkielmalleni, joka käsitteli työ- ja osaamisperusteisen maahanmuuton taloudellisia vaikutuksia. Tutkielma keskittyi Suomen työmarkkinoihin ja taloudellisiin haasteisiin sekä työperäisen maahanmuuton tarjoamiin mahdollisuuksiin. Työikäisen väestön ja osaavan työvoiman vähentyessä työperäinen maahanmuutto tarjoaa mahdollisuuksia Suomen talouskasvulle. Työvoimapulasta kärsivät erityisesti osaamisintensiiviset toimialat, joten tarkastelen työperäistä maahanmuuttoa selittäväenä tekijänä tässä tutkielmassa. Pro gradu -tutkielma ei kuitenkaan keskity vain maahanmuuttajatyövoiman tarkasteluun, vaan olen laajentanut tutkimuskysymykseni laajemmin kasvuteorian elementteihin ja näistä erityisesti toimialojen aineettomaan pääomaan. Tarkastelen tuotantofunktion

muodostavista tuotantopanoksista niin kiinteään pääoman, työvoiman kuin inhimillisen pääoman vaikutuksia työn tuottavuuteen. Viitaten kandidaatintutkielmani aiheeseen tarkastelen tässä tutkielmassa maahanmuuttajatyövoiman vaikutusta työn tuottavuuteen eri toimialoilla. Erityisesti osaamisintensiiviset toimialat (KIS = knowledge intensive services) edellyttävät osaavaa työvoimaa, ja työperäinen maahanmuutto voi tarjota mahdollisuuksia tähän rakenteelliseen haasteeseen.

1.3 Tutkielman rakenne

Tutkielma jakaantuu viiteen päälukuun, joista ensimmäinen on johdanto. Toinen luku käsittelee ICT:n ja yleisemmin teknologisen kehityksen vaikutusta tuottavuuskasvuun talousteorian näkökulmasta. Kolmas luku tarkastelee Suomen tuottavuuskasvua ja vertaa Suomen tuottavuuskehitystä suhteessa OECD-maihin. Lisäksi luku esittää Suomen rakenteellisten haasteiden, kuten työikäisen väestön vähenemisen vaikutuksia tuottavuuskasvuun. Toisin sanoen luku tarkastelee Suomen tuottavuuskasvua kirjallisuuskatsauksen muodossa ja paneutuu tuottavuuskasvun syy-seuraussuhteisiin. Neljäs luku on tutkielman empiirinen osuus, joka koostuu Nace rev. 2-toimialaluokituksen mukaisen paneeliaineiston analysoinnista vuosina 2000–2018. Empiirinen osuus tutkii, miten aineeton pääoma, inhimillinen pääoma ja maahanmuuttajatyövoiman lisääntyminen vaikuttavat työntekijäkohtaiseen arvonlisään ja kuvaa lisäksi muiden aineistosta mallinnettujen muuttujien kehitystä. Viides luku sisältää tutkielman johtopäätökset.

2 Pitkän aikavälin talouskasvun teoreettinen viitekehys

Talouskasvu voi vauhdittua joko tuotantopanoksia, kuten työvoimaa tai pääomaa lisäämällä tai tuotantopanosten yhteisvaikutuksesta syntyvää kokonaistuottavuutta (MFP) kasvattamalla (OECD, 2023, s. 30). Talousteoreettisissa kasvumalleissa teknologinen kehitys on pitkän aikavälin henkeä kohden lasketun tulon kasvun lähde (Solow, 1996; Romer, 1990; Sørensen & Whitta-Jacobsen, 2022, Oxford University Press). Toisin sanoen teknologinen kehitys parantaa kaikkien tuotannontekijöiden tuottavuutta. ICT taas nostaa tuotantofunktion tuotantopanosten skaalautuvuutta, mikä tarkoittaa kasvumahdollisuuksia myös muiden yritysten tai toimialojen tuotannossa (Biagi, 2013, s. 5). Varhaisemmat kasvumallit esittävät teknologisen kehityksen eksogeenisena (ulkoinen syy). Endogeenisissä kasvumalleissa teknologinen kehitys on endogeenista (sisäinen syy). Endogeenisiä kasvumalleja käsittelevässä tutkimuskirjallisuudessa inhimillinen pääoma on välttämätön tuotantopanos innovaatioiden ja teknologisen kehityksen myötä syntyneen uuden teknologian käyttöönotossa (Kokkinen ja muut, 2021, s. 9). Luku 2 käsittelee tuottavuuskasvun talousteoriaa.

2.1 Uusklassinen kasvuteoria ja työn tuottavuus makrotasolla

Uusklassinen kasvuteoria perustuu Nobel-palkitun Robert Solow'n vuonna 1956 julkaistuun teokseen "A Contribution to the Theory of Economic Growth". Solow'n (1956; 1957) mallissa pitkän aikavälin talouskasvu perustuu Solow'n residuaalina esittävään eksogeenisesti selitettyyn teknologiseen kehitykseen. Uusklassinen lähestymistapa painottaa hintojen roolia tasapainoalokaation ja kuluttajien hyvinvoinnin määrittelyssä, ja korostaa siksi pääoman kasautumista kasvun vauhdittajana: fyysinen pääoma (ICT ja muu kuin ICT), inhimillinen pääoma, aineeton pääoma - mukaan luettuna tutkimus- ja kehitystoiminta - ovat kaikki omaisuuseriä, jotka lisäävät kykyä tuottaa enemmän ja tehokkaammin (Biagi, 2013, s. 18–19). Uusklassisen kasvuteorian mukaan työn tuottavuuden kasvu syntyy kolmesta päätekijästä, jotka ovat pääomaintensiteetin kasvu (pääoma/työtunnit), työpanoksen laadun muutos ja tuotannontekijöiden

kokonaistuottavuuden eli MFP:n kasvu (tuotos/työn ja pääoman kokonaispanos) (Stenborg ja muut, 2021, s. 44). Pääomaintensiteetin kasvun vaikutus työn tuottavuuteen perustuu ajatukseen, jonka mukaan työntekijän tuotos työtuntia kohden on sitä korkeampi mitä enemmän hänellä on käytettävissään pääomaa, kuten koneita ja laitteita. Työpanoksen laadun muutos tarkoittaa sitä, että mitä ammattitaitoisempaa työvoima on, sitä enemmän tuotosta syntyy työtunnissa. MFP:n kasvu tarkoittaa sitä osaa työn tuottavuuden kasvusta, joka ei selity pääomaintensiteetin ja työpanoksen laadun muutoksilla (Stenborg ja muut, 2021, s. 44). Kun tuotannontekijöiden kokonaistuottavuus kasvaa, samalla työ- ja pääomapanoksen määrällä ja laadulla voidaan saada aikaan enemmän tuotosta.

Kokonaistuottavuuden eli MFP:n kasvu sisältyy kasvulaskennassa Solow'n residuaaliin, joka tarkoittaa sitä BKT:n osaa, jota yhdistetyt tuotantopanokset, kuten työ- tai pääomapanos eivät voi selittää (OECD, 2023, s. 30). OECD:n mukaan MFP rinnastetaankin usein teknologisen kehityksen mittariksi, mutta todellisuudessa MFP mittaa myös aineettoman teknologisen kehityksen, kuten verkostovaikutukset (network effects) tai tuotannontekijöiden heijastusvaikutukset (spillovers), organisatoriset muutokset tai tietotaidon lisääntymisen. Lisäksi MFP sisältää sopeutumiskustannukset (adjustment costs), skaalaedut, epätäydellisen kilpailun vaikutukset, tuotantokapasiteetin muutokset, virheet tuotoksen mittaamisessa, tuotantopanokset sekä niiden osuudet. Lisäksi siihen sisältyvät koulutus sekä siirtyminen osaamisintensiivisempään tuotantoon, mikäli ne eivät sisälly työpanokseen. Sen vuoksi tarkat tuotantopanosten ja tuotoksen estimaatit ovat edellytys luotettavan MFP:n laskemiseksi (OECD, 2023, s. 31). Näin ollen tuotannontekijöiden kokonaistuottavuutena mitattava teknologia täytyisi käsittää hyvin laajasti eksogeenisen kasvuteorian kautta mallinnettavissa tuottavuuskasvulaskelmissa. Uusklassisen mallin mukaan tuotantofunktion tekijöillä on alenevat rajatuotot ja tuotantofunktiossa on vakioiset skaalatuotot (Solow, 1956, s. 66–72). Stenborg ja muut (2021, s. 45) täydentävät eksogeenisen mallin sisältävän myös seuraavat oletukset: teknologinen kehitys

määräytyy ulkoisten tekijöiden mukaan, kilpailu on täydellistä, kaikki yritykset ovat samanlaisia, yritykset eivät koskaan saa ylimääräisiä voittoja, eivätkä yritykset innovoi.

2.2 Endogeeninen teknologinen kehitys

Uusklassinen kasvuteoria pitää teknologista kehitystä eksogeenisena. Myöhemmissä kasvumalleissa teknologinen kehitys rakentuu mallin sisällä endogeenisena tekijänä eli malliin sisältyvänä tuotannontekijänä, jolla on vakioiset tai kasvavat skaalatuetot (Romer, 1990, s. 96). Endogeenisessä kasvumallissa teknologinen kehitys lisää pitkän aikavälin asukasta kohden laskettua tuloa. Endogeeninen kasvumalli selittää pitkän aikavälin teknologisen kasvunopeuden ja siten myös työntekijäkohtaisen tuotoksen pitkän aikavälin kasvunopeuden. Toisin sanoen malli osoittaa, miten nämä kasvuvauhdit riippuvat mallin parametreista, kuten kiinteän pääoman ja aineettoman pääoman investoinneista sekä väestönkasvusta (Sørensen & Whitta-Jacobsen, 2022, s. 251, Oxford University Press). Näin ollen mallin tuotannontekijät täydentävät toisiaan. Endogeeninen kasvumalli voikin tarjota rakennepoliittisia keinoja pitkän aikavälin kasvun tukemiseksi. Lisäksi se voi mahdollistaa näihin parametreihin kohdistuvien talouspoliittisten vaikutusten analysoinnin pitkän aikavälin asukaskohtaisen BKT:n kasvuun. Tuottavuuden kasvun empiirisessä analyysissä on kiinnitettävä huomiota siihen, missä määrin kansantalouden tai toimialan tasolla havaittu tuottavuuden kasvu johtuu markkinoilla toimivien yritysten tuottavuuden kasvusta.

2.2.1 Tuotannollisten ulkoisvaikutusten tuotantofunktio

Sørensenin ja Whitta-Jacobsenin (2022, s. 251, Oxford University Press) endogeeninen kasvuteoria jakaantuu kahteen malliin. Ensimmäinen on tuotannollisten ulkoisvaikutusten tuotantofunktio (productive externalities). Toinen on tutkimus- ja kehityspohjainen (R&D based) tuotantofunktio, jossa teknologinen kehitys on seurausta tutkimus- ja kehityksen (T&K) tuotantopanoksista. Monet taloustieteilijät ovat mallintaneet

Cobb-Douglas-muotoisia tuotantofunktioita (Solow, 1957; Romer, 1990), ja alla oleva endogeeninen tuotantofunktio on Sørensenin ja Whitta-Jacobsenin (2022, Oxford University Press) mallintama. Tuotannollisten ulkoisvaikutusten tuotantofunktio on muotoa

$$Y_t = K_t^\alpha (A_t L_t)^{1-\alpha}, \text{ missä} \quad (1)$$

$$A_t = K_t^\varphi \quad (2)$$

$$K_{t+1} = sY_t + (1 - \delta)K_t, K_0 \text{ annettuna} \quad (3)$$

$$L_{t+1} = (1 + n)L_t, L_0 \text{ annettuna} \quad (4)$$

Muuttujat ovat K_t = pääoma, L_t =työvoima, A_t = työvoimaa lisäävä tuottavuusmuuttuja (labor-augmenting productivity variable), s = säästämistä, α sekä $\alpha-1$ = pääomaa ja työvoimaa painottavia tuotantotekijäjoustoja ja t = aika. Teknologinen kehitys tarkoittaa mallissa yksinkertaistettuna sitä, kun A_t kasvaa. Malli perustuu oletuksiin, joiden mukaan yritystason tuotot ovat vakioiset, mutta aggregaattitason tuotot ovat kasvavat. Lisäksi mallissa on vain yksi voittoa maksimoiva yritys, mutta malli olettaa tämän yrityksen edustavan monien yritysten kokonaiskäyttämistä. Jokainen yritys on pieni suhteessa talouteen eikä näin ollen pysty vaikuttamaan talouden aggregaatteihin. Siksi yritys pitää näitä aggregaatteja, kuten BKT:tä tai pääoman kokonaiskäyttöä, annettuina. Pääoman kokonaiskäytön tulee olla yhtä suurta kuin mallin yksittäisen edustavan yrityksen pääoman käytön, mutta yksittäisiä päätöksiään tehdessään edustava yritys pitää aggregaattit annettuina.

Endogeenisen mallin kasvavien skaalatuottojen teoria perustuu tekemällä oppimiseen (learning by doing) (Arrow, 1962). Toisin sanoen työntekijät kerryttävät osaamistaan työskennellessään pääoman (yleisesti ottaen tuotannon) kanssa. Kasvat skaalatuotot tarkoittavat Cobb-Douglas-tuotantofunktiossa eksponenttien yhteenlasketun summan

olevan suurempi kuin yksi (Sørensen & Whitta-Jacobsen, 2022, s. 268, Oxford University Press). Arrow (1962) mallintaa A_t siten, että pääoman lisääntyminen johtaa tietämyksen lisääntymiseen sekä suoraan tuotantofunktion pääomaa K lisäämällä että välillisesti tietämyksen lisääntymisenä "tekemällä oppimisen" (learning by doing) kautta. Tekemällä oppiminen viittaa työntekijän kyvykkyyden kasvuun pääoman lisääntymisen seurauksena, kun työntekijä kasvattaa osaamistaan pääomainvestointien avulla. Joskus samankaltaiset mallit olettavat, että työn tuottavuuteen vaikuttava tekemällä oppimisen vaikutus syntyy kokonaistuotannosta eikä pääoman käytöstä eli $A_t = Y_t^\phi$ (vrt. kaava 2) (Sørensen & Whitta-Jacobsen, 2022, s. 255, Oxford University Press). Arrow (1962, s. 155) määrittelee oppimisen olevan kokemuksen tuote, joka voi tapahtua ongelmanratkaisutilanteessa. Siksi oppiminen tapahtuu vain toiminnan aikana. Hän käsittelee tietämystä julkishyödykkeellisenä tekijänä, joka voi siirtyä vapaasti työntekijöiden mukana ja kasvattaa näin ollen muidenkin yritysten tuotantoa. Usein vaikutukset tulevat esiin kuitenkin viiveellä, sillä teknologisen osaamisen kasvattaminen alkuperäisessä yrityksessä vie aikaa ja näin ollen uuden teknologian siirtäminen muihin yrityksiin ei tapahdu nopeasti, eikä ammattitaitoisten työntekijöiden liikkuvuus näy heti kasvattavana tuottavuusvaikutuksena (Stenborg ja muut, 2021, s. 51). ICT onkin rinnastettavissa tekemällä oppimisen teoriaan. Se tarjoaa työntekijöille mahdollisuuksia kasvattaa kyvykkyyttään ja näin ollen lisää sekä alkuperäisen ICT-investoinnin (pääoman) K että työvoiman L tuotosta.

Positiiviset tuotannolliset ulkoisvaikutukset ($0 < \phi < 1$) johtavat puoliendogeeniseen kasvumalliin (semi endogenous growth), jossa kasvu konvergoituu pitkällä aikavälillä asteittain kohti vakaata tilaa. Kasvu on sitä nopeampaa, mitä kauempana vakaasta tilasta talous on. Vakaan tilan talouskasvu selittyy työvoiman kasvulla, ja työntekijää kohti lasketun BKT:n pitkän aikavälin kasvuvauhti on sitä korkeampaa, mitä nopeampaa väestönkasvu on. Toisin sanoen kokonaistuotantofunktion kasvavien tuottojen hyödyntäminen edellyttää kasvavaa työvoimaa. Kirjoittajat kuitenkin toteavat, että puoliendogeenisen mallin mukainen empiria ei ole tuottanut täysin teorianmukaisia tuloksia ja toteavatkin siksi, että mallin

mukainen konvergenssi eli kiinnikurominen voi tapahtua hitaasti, ja siirtymäkausi vakaaseen tilaan saattaa tapahtua yli 100 vuoden ajanjaksoilla (Sørensen & Whitta-Jacobsen, 2022, s. 258, Oxford University Press). Mikäli tuotannolliset ulkoisvaikutukset ovat yksikköjoustavia eli $\phi = 1$, kyseessä on endogeeninen kasvumalli, jossa kasvu ei ole asteittaista vaan pikemminkin välitöntä kiinnikuroutumista vakaaseen tilaan. Asukaskohtainen BKT saattaa kasvaa ilman väestönkasvua, mutta malli sisältää mittakaavaefektin (scale effect), jonka perusteella suurempi työvoima lisää talouskasvua enemmän, ja kiinteä väestönkasvu merkitsisi jopa räjähdysmäistä talouskasvua. Tämä tulema voidaan sulkea pois vain olettamalla, jonka mukaan työpanos olisi aggregaattitasolla tuottamatonta (Sørensen & Whitta-Jacobsen, 2022, s. 266, Oxford University Press). Endogeeninen kasvumalli, jossa pääoman ja työn tuottavuutta lisäävän tuottavuuden välinen jousto on yksikköjoustavaa, johtaa kohti pysyvää asukaskohtaista tulojen kasvua ilman väestönkasvua (Sørensen & Whitta-Jacobsen, 2022, s. 266, Oxford University Press). Korkeampi säästämisaste johtaa BKT:n ja työntekijäkohtaisen kulutuksen pysyvästi korkeampaan kasvuvauhtiin. Siten säästämistä ja/tai investointeja edistävällä talouspolitiikalla ei ole ainoastaan pysyvä positiivinen vaikutus asukaskohtaisen BKT:n tasoon, vaan sillä on myös pysyvä positiivinen vaikutus asukaskohtaisen BKT:n kasvuvauhtiin.

2.2.2 Tutkimus- ja kehityspohjainen tuotantofunktio

T&K-pohjainen kasvumalli tunnetaan nimellä Romerin endogeenisen kasvun malli, ja Nobel-palkittu Paul M. Romer kehitti sitä useissa julkaisuissa, erityisesti vuonna 1990 julkaistussa "Endogenous Technological Change" -tutkimuksessaan. Tutkimus- ja kehityspohjaista mallia ovat mallintaneet monet taloustieteilijät, kuten Charles I. Jones vuonna 1995. Tässä tutkielmassa syvennyn Sørensenin ja Whitta-Jacobsenin malliin, joka on sovellus edellä mainitsemieni tutkijoiden malleista. Sørensenin ja Whitta-Jacobsenin (2022, s. 280, Oxford University Press) mukaan T&K-toimintaan (yleisemmin innovaatiotoimintaan) käytetyt taloudelliset resurssit tuottavat ideoita, jotka tuottavat parempaa teknologiaa eli lisäävät A_t :n määrää. Uudet ideat luovat kehittyneempää

teknologiaa, jonka avulla jalostetaan parempia lopputuotteita. Näin ollen T&K-toiminta on työvoimaintensiivistä. Kirjoittajat toteavat pääoman vaikuttavan oleellisesti T&K-toimintaan. Toisin sanoen innovaatiopohjaisessa kasvuteoriassa työn tuottavuuden kehitys kansantaloudessa perustuu suurelta osin yritysten harjoittamaan tutkimus- ja kehitystoimintaan, jonka avulla yritykset pyrkivät tehostamaan prosessejaan ja parantamaan tuotteidensa laatua ja siten lisäämään tuottavuuttaan (Stenborg ja muut, 2023, s. 45). Romer (1990, s. 73) toteaa, että kasvuasteen g kasvu ei riipu työvoiman kokonaismäärästä vaan inhimillisen pääoman määrästä työvoimassa, mikä ilmenee esimerkiksi kehittyvien maiden historiallisessa kasvutarkastelussa. Maiden talouskasvu on ollut heikkoa väestönkasvusta huolimatta (Romer, 1990, s. 73).

ICT-kontekstissa tämä voidaan mallintaa siten, että tämänhetkinen työvoima ja teknologia toimivat panoksina, jotka tuottavat uusia ideoita. Uudet ideat tarkoittavat suoria tuotantopanoksista saatavia tuotoksia (direct output) (Sørensen & Whitta-Jacobsen, 2022, s. 280, Oxford University Press). Suorat tuotokset johtavat uuteen, kehittyneempään teknologiaan (ultimate output). Ideoiden tarkastelu suorina tuotoksina monimutkaistaa mikrotason tarkastelua, sillä ideat ovat taloudellisena hyödykkeenä katsottuna julkishyödykkeitä. Seuraava kappale käsittelee pintapuolisesti mikrotaloudellista tuotannon talousteoriaa, sillä Sørensenin ja Whitta-Jacobsen mallin makrotason teoreettinen tarkastelu vaatii mikrotason teoriaan perustuvia yksinkertaistuksia.

Ideat ovat ei-kilpailullisia (non-rival), mikä tarkoittaa sitä, että toisen toimijan kehittyneemmän teknologian käyttö ei poissulje jonkun muun toimijan teknologian käyttömahdollisuutta (Sørensen & Whitta-Jacobsen, 2022). Toinen ideoihin sisältyvä piirre on ideoiden epätäydellinen poissuljettavuus (imperfectly excludable), mikä tarkoittaa sitä, että ketään ei voida poissulkea käyttämästä kehittyneempää teknologiaa (täysin poissuljettava), mutta käyttö voidaan poissulkea osittain, mikäli käyttäjä ei ole maksanut esimerkiksi käyttöönoton edellyttämää lisenssimaksua. Hyödyke on poissuljettava, jos hyödykkeen omistaja voi estää muita henkilöitä tai yrityksiä

käyttämästä sitä (jos nämä eivät maksa siitä). Hyödyke on ei-kilpailullinen, jos sen käyttö yhden toimijan toimesta ei rajoita muiden toimijoiden mahdollisuuksia käyttää samaa hyödykettä (Sørensen & Whitta-Jacobsen, 2022, s. 283, Oxford University Press). Sørensen & Whitta-Jacobsen (2022, s. 285, Oxford University Press) toteavat yksityisen T&K-toiminnan olevan tehokkaampaa kuin julkisen sektorin tuottaman, sillä yksityisten toimijoiden toimintaa ohjaavat markkinasignaalit sekä voitonmaksimointi. Koska poissuljettavan hyödykkeen saatavuutta ei voida asettaa maksun ehdoksi, yksityiset, voittoa tavoittelevat yritykset eivät voi tuottaa ja markkinoida poissuljettavia hyödykkeitä. Ainoastaan julkinen sektori, jonka motiivina ei ole voitto, voi tuottaa täysin poissuljettavia hyödykkeitä. Näin ollen yksityinen tuotanto edellyttää ainakin jonkinasteista poissuljettavuutta (Sørensen & Whitta-Jacobsen, 2022, s. 286). Poissuljettavuuden astetta voidaan lisätä oikeudellisten järjestelyjen, kuten patenttien tai teknisten järjestelyjen avulla. Patenteilla onkin kaksitahoinen tarkoitus: se takaa jonkinasteisen poissuljettavuuden ja T&K-toimintaa harjoittavien toimijoiden monopoliaseman uusien ideoiden käytössä, mikä on välttämätöntä ideoiden kilpailemattomuuteen liittyvän ongelman ratkaisemiseksi. Alla oleva tuotantofunktio on luonteeltaan makrotaloudellinen ja siinä on vain joitain elementtejä yllä kuvaillusta mikrotaloudellisesta tuotannon talousteoriasta (Sørensen & Whitta-Jacobsen, 2022):

$$Y_t = K_t^\alpha (A_t L_{Yt})^{1-\alpha}, 0 < \alpha < 1, \text{ missä} \quad (5)$$

L_Y kuvaa T&K-sektorilla työskentelevää työvoimaa, jonka takia se on erotettava kokonaistyövoimasta. Muuttuja A_t on kaikkien ajanjaksoon t mennessä syntyneiden innovatiivisten ideoiden tuottava kokonaisvaikutus. Tuotantofunktiossa on kasvavat tuotot jokaiselle panokselle A_t , K_t ja L_{Yt} . Malli perustuu oletukseen, jonka mukaan kunkin yksittäisen yrityksen näkökulmasta makrotason idea- tai teknologiavaranto A_t on annettu eli yritys ei voi muuttaa teknologiapanosta haluamallaan tavalla. Lisäksi kiinteä teknologiapanos A_t on käytettävissä jokaisessa yrityksessä, koska teknologian yleinen taso ei ole kilpailullinen (non-rival). Kuten tuotannollisten ulkoisvaikutusten

tuotantofunktiossa, T&K-sektorilla on vain yksi edustava yritys, joka ottaa teknologiavarannon annettuna (Sørensen & Whitta-Jacobsen, 2022).

2.3 ICT:n ja tuottavuuskasvun teorettinen viitekehys

ICT:n vaikutus tuottavuuskasvuun on esiintynyt taloustieteen kirjallisuudessa voimakkaasti 1980-luvun puolivälistä ja 90-luvun alusta lähtien. ICT:n suoria ja epäsuoria vaikutuksia työn tuottavuuteen voi tarkastella sekä uusklassisen että uuden kasvuteorian välisen akateemisen tutkimuksen avulla (Biagi, 2013, s. 18). Makrotasolla ICT:n ja talouskasvun välinen tarkastelu on perustunut kasvulaskentaan ja ekonometriisiin tutkimuksiin (Biagi, 2013, s. 19; Niebel, 2018, s. 198). Kasvulaskenta ei huomioi ICT:n mahdollistamia skaalavaikutuksia/mittakaavaetuja (economies of scale) eikä ulkoisvaikutuksia eli kaikki vaikutukset pysyvät ICT:tä hankkivan yrityksen sisällä eikä heijastu muihin yrityksiin tai muille aloille (Biagi, 2013, s. 5). Koska tieto- ja viestintäteknikka on tunnettu korkeista kiinteistä kustannuksistaan ja alhaisista rajakustannusvaikutuksistaan, kasvulaskentaan perustuva mallinnus ei vaikuta perustellulta, sillä tieto- ja viestintäteknikan mittakaavaedut voisivat selittää huomattavan osan tuottavuusvaikutuksesta. Mikäli ulkoisvaikutukset ovat voimakkaita, kasvulaskenta aliarvioi ICT:n tuottavuusvaikutuksen.

Myöhäinen ICT:n merkitys (työn) tuottavuuskasvun selittäjänä tekijänä voi johtua useista tekijöistä. Biagin (2013, s. 12) mukaan ICT:n tuottaman arvonlisäyksen ja tuotoksen mittarit eivät tuota tarpeeksi tarkkoja tuloksia. Ensinnäkin tieto- ja viestintäteknisen pääoman arvon mittaaminen riippuu merkittävästi niiden arvottamisessa käytetyistä poistoasteista. Lisäksi tuottavuuden mittaaminen palvelusektorilla, tieto- ja viestintäteknikkaintensiivisellä sektorilla, on hyvin vaikeaa. Kolmas vaikeuttava tekijä on yritysten tai organisaatioiden investointitarkoitukset, sillä he investoivat usein tieto- ja viestintäteknikkaan tarkoituksenaan prosessien tai tuotteiden laadunparantaminen, mikä on vaikea sisällyttää olemassa oleviin tilastoihin. ICT:n laajentuminen ja sen käytön kokonaisvaikutus bruttokansantuotteen (BKT) kasvuun

on todennäköisesti verrannollinen taloudessa olevaan tieto- ja viestintätekniiikan pääomakantaan (Biagi, 2013, s. 12). Näin ollen edes nopealla teknologisella kehityksellä tieto- ja viestintätekniiikka tuottavalla alalla ei voi olla suurta vaikutusta kokonaistaloudelliseen suorituskyykyyn, jos ICT-pääoman arvo ICT:tä käyttävillä aloilla on alhainen verrattuna muuhun pääomaan. Brynjolfsson (1993, s. 76) mukaan on erittäin todennäköistä, että tietotekniikka on merkittävä tekijä yritysten välisessä uudelleenjaossa (redistribution), jolloin hyöty kohdistuu yksityisiin toimijoihin kokonaistuotantoa lisäämättä. Lisäksi hän korostaa tietotekniikan tuottavuusvaikutusten ilmentyvän viiveellä, mikä tekee sen hetkisten kustannusten ja hyötyjen laskemisesta harhaanjohtavaa. Mikäli ICT:n ja sen täydentävien tuotantopanosten tuottama arvonlisäys ei ole helposti mitattavissa, vaikutukset kokonaistuottavuuteen saattavat kohdistua virheellisesti erityisesti makrotason aineistolla mitattaessa (Biagi, 2013, s. 12). Näin ollen ICT:n ja sen täydentävien tuotantopanosten todellinen arvonlisäys saattaa jäädä todellista pienemmäksi.

2.3.1 ICT yleiskäyttöisenä teknologiana

Kauhanen (2014, s. 3) kuvaa ICT:n omaavan kaksi keskeistä piirrettä, jotka tulevat todennäköisesti korostamaan ICT:n roolia yhteiskunnallisessa kehityksessä. Ensimmäinen on ICT:n ominaisuus yleiskäyttöisenä teknologiana (general purpose technology). Toisena hän mainitsee ICT:n teknologista kehitystä luonnehtivan eksponentiaalisen kasvun. Kauhanen (2014, s. 4) määrittää teknologian eksponentiaalisen kasvun tarkoittavan ICT:n yhteydessä sellaista kehitystä, jota on vaikea käsittää sen suuruusluokassa. Lisäksi ICT lisää kasvua useiden tekijöiden muodostaman kokonaistuottavuuden (MFP) kasvun kautta ICT:tä tuottavien toimialojen nopean teknologisen kehityksen ansiosta. Carlawn ja Lipseyn (2002, s. 1306) mukaan yleiskäyttöinen teknologia voi laajentaa mahdollisten keksintöjen ja innovaatioiden joukkoa ja mahdollistaa kannattavia pääomainvestointeja, jotka puolestaan luovat muita uusia mahdollisuuksia vuosikymmeniä, jopa vuosisatoja kestävässä ketjureaktiossa. He korostavat yleiskäyttöisen teknologian merkitystä, sillä laajalle ulottuvat teknologiset

vuorovaikutussuhteet ovat ominaisia kehittyneiden maiden talouksille. Nämä heijastusvaikutukset (spillovers) levittävät teknologisen muutoksen vaikutukset laajalle alkuperäisestä teknologisesta muutoksentekijästä. Kirjoittajat määrittelevät ulkoisvaikutukset (externalities) siten, että alkuperäisen toimijan tuottamat vaikutukset tuottavat vaikutuksia muille toimijoille, jotka olisivat mahdollisesti valmiita myös maksamaan niistä. Yksinkertaisimmillaan heijastusvaikutukset voivat olla suoria verkostoulokoisvaikutuksia (direct network externalities), kun uusien käyttäjien yksinkertainen omaksuminen kasvattaa teknologian käyttöönotosta saavutettua hyötyä (Cardona ja muut, 2013, s. 112).

Bresnahan ja Trajtenbergin (1995, s. 83) mukaan yleiskäyttöinen teknologia rakentuu seuraavista ominaisuuksista: teknologian yleisyys ja hyödynnettävyys useilla toimialoilla, luontaiset ja jatkuvat teknologiset kehittymismahdollisuudet sekä riippuvuus teknologiaa täydentävistä innovaatioista (innovational complementarities), jotka johtavat kasvaviin skaalatuottoihin. Tällaiset positiiviset takaisinkytkennät voivat vahvistaa nopeaa teknologista kehitystä ja edistää siten talouskasvua (Bresnahan & Trajtenberg, 1995, s. 84). Kauhanen (2014, s. 3) toteaa ICT:n täyttävän yllä olevat yleiskäyttöisen teknologian piirteet. Carlaw ja Lipsey (2002, s. 1307) määrittävät yleiskäyttöisen teknologian sellaiseksi teknologiaksi, joka on aluksi melko yksinkertainen ja rajallisiin käyttötarkoituksiin soveltuva, mutta kehittyy laajentuessaan koko talouteen. Tämän kehityksen ilmentymän kirjoittajat jaottelevat neljään osaan: teknologian monimutkaistuminen ja sitä kautta lisääntynyt tehokkuus, laajentuneet käyttötarkoitukset, monipuolistunut käyttö eri tuotosten tuotannossa ja kasvanut uusien tuote- ja prosessiteknologioiden määrä. Uusi yleiskäyttöinen teknologia synnyttää tutkimusta, joka luo muille toimijoille mahdollisuuksia soveltaa teknologian periaatteita uusien tuotteiden, prosessien ja organisaatiomuotojen luomiseen sekä vanhojen parantamiseen. Vaikka tietokoneet alun perin mahdollistivat ICT:n, sitä voidaan pitää omana yleiskäyttöisenä teknologiana (Carlaw & Lipsey, 2002, s. 1307).

Heijastus-/ulkoisvaikutuksia (spillovers/externalities) kuvaavissa malleissa kasvu perustuu oletukselle, jonka mukaan (työvoimaa lisäävä) yrityksen lisäämä teknologia riippuu positiivisesti kokonaispääomasta (tai tuotoksesta) "tuottavien ulkoisvaikutusten" vuoksi. Fyysisen ja/tai inhimillisen pääoman kerryttäminen tuottaa heijastusvaikutuksia (eli positiivisia ei-rahallisia vaikutuksia) myös muille toimijoille kuin niille, jotka tekevät investointivalintoja (Biagi, 2013, s. 19). Tämä merkitsee kasvavaa tuottoa kokonaistuotantofunktiossa, mikä mahdollistaa BKT:n kasvun työntekijää kohti pitkällä aikavälillä ilman eksogeenista teknologista kasvua (Sørensen & Whitta-Jacobsen, 2022, s. 251)

Bresnahan ja Trajtenberg (1995, s. 84) huomauttavat toisiaan täydentävien innovaatiotoimintojen hajaantuneen eri puolille taloutta, minkä vuoksi innovaatiokannustimien tarjoaminen ja koordinointi yleiskäyttöisten teknologioiden aloille on vaikeaa. Lisäksi yleiskäyttöisen teknologian täysimääräistä hyödyntämistä voi vaikeuttaa teknologiaa käyttävien toimijoiden markkinaehtoisten liiketoimien seurauksena tapahtuva "liian vähäinen ja liian myöhäinen" innovointi. Toiseksi osapuolten voi olla vaikea ennakoida toistensa teknologista kehitystä, mikä voi hidastaa kaikkien alojen teknologista kehitystä. Bresnahan ja Trajtenberg (1995, s. 84) toteavatkin useimpien yleishyödyllisten teknologioiden olevan enemmänkin mahdollistavia teknologioita, jotka avaavat uusia mahdollisuuksia kuin tarjoavat valmiita, lopullisia ratkaisuja. ICT onkin merkittävä yleiskäyttöinen teknologia, sillä se voi vaikuttaa talouteen useiden heijastusvaikutusten ja teknologisten täydentävyyksien kautta. Yhteiskunnan näkökulmasta tarkasteltuna yritykset tekevät liian vähän T&K- ja muita innovaatiotoimintainvestointeja niiden tuottamien potentiaalisten heijastusvaikutusten kannalta (Pohjola, 2021, s. 21).

2.3.2 Tuottavuuskasvu yrityskoon mukaan

Dynaaminen ICT-teollisuus luo merkittävää kasvua pienyritysten ekosysteemissä, sillä se tuottaa arvoa tuotantoketjun loppupäässä ja lisää tuottavuutta (Henry-Nickie ja muut,

2019). Monipuolisten alustojen ja huipputeknologian kustannustehokkaan saatavuuden ansiosta pienyritykset saavat tukea innovoinnin, kaupallisen yhteistyön ja tiedonsiirron edistämiseen pienyrityssektorilla. Nämä hyödyt tulevat esiin entistä selkeämmin, kun uudet digitaalitekniikat (esim. pilvipalvelut) kehittyvät ja leviävät teknologiasektorin lisäksi muillekin toimialoille (Henry-Nickie ja muut, 2019). Tieto- ja viestintätekniiikan ohjelmistot ja alustatalous tarjoavat pienyrityksille mahdollisuuden skaalautua ilman aiemmin esteeksi muodostunutta teknologian käyttöönoton korkeampaa hintaa. Viime aikoina pienyrityssektoritoimijat ovat ottaneet käyttöön pilvipohjaisia kirjanpito-ohjelmistosovelluksia, mikä on luonut pohjaa muiden pilvipohjaisten sovellusten käyttöönotolle (Henry-Nickie ja muut, 2019). Koska suuret yritykset pystyvät hyödyntämään kasvavia skaalatuottoja, tuottavuus usein kasvaa yrityskoon kasvaessa (OECD, 2023, s. 44). Tämä tulee esiin erityisesti pääomaintensiivisessä teollisuudessa. Uudet pienyritykset voivat kuitenkin vauhdittaa kokonaistuottavuuden kasvua, kun ne hyödyntävät uutta teknologiaa ja stimuloivat vakiintuneiden yritysten (incumbents) tuottavuutta parantavia muutoksia (OECD, 2023, s. 44). Vaikka suuremmat yritykset ovat yleensä tuottavampia kuin pienemmät, pienempien yritysten tuottavuus voi hyötyä ICT:n, digitaalisten välineiden ja innovaatioiden intensiivisestä käytöstä, mikä pätee erityisesti uusiin tai nuoriin yrityksiin. Myös muut tekijät, kuten inhimillinen pääoma (esim. työvoiman taidot, johtamistaidot), selittävät tuottavuuseroja yritysten välillä (OECD, 2023, s. 44).

Uuden teknologian luomista ja käyttöönottoa voidaan tarkastella erikseen edelläkävijäyritysten ja muiden yritysten välillä (Andrews ja muut, 2015). Edelläkävijäyritykset ovat kapeasti määritellyn sektorin tuottavimpia yrityksiä (5 prosenttia tuottavimmista yrityksistä), jotka innovoivat ja tuovat uutta teknologiaa markkinoille (Lopez-Garcia ja Szörfi, 2021). Tästä syystä edelläkävijäyritysten kokonaistuottavuuden kasvu korreloi vahvasti euroalueen innovaatioiden ja teknologian luomisen kanssa. Myöhemmin teknologiaa käyttöönottavien yritysten tuottavuuskasvu on riippuvaista edelläkävijäyritysten käyttöönottamien teknologian käyttöönotosta kullakin toimialalla. Teknologian omaksumista (tai teknologian leviämisenopeutta)

voidaan näin ollen kuvata edelläkävijäyritysten ja myöhemmin teknologiaa käyttönottavien yritysten välisellä kokonaistuottavuuden (MFP:n) kasvuerolla (Lopez-Garcia ja Szörfi, 2021). Kirjoittajat huomauttavat, että mikäli uusi teknologia leviää nopeasti edelläkävijäyrityksistä muihin yrityksiin, edelläkävijäyritysten ja muiden yritysten MFP:n kasvun kehityksen pitäisi olla samankaltaista, vaikka ne aloittaisivatkin hyvin erilaiselta tasolta.

3 Suomen tuottavuuskasvu

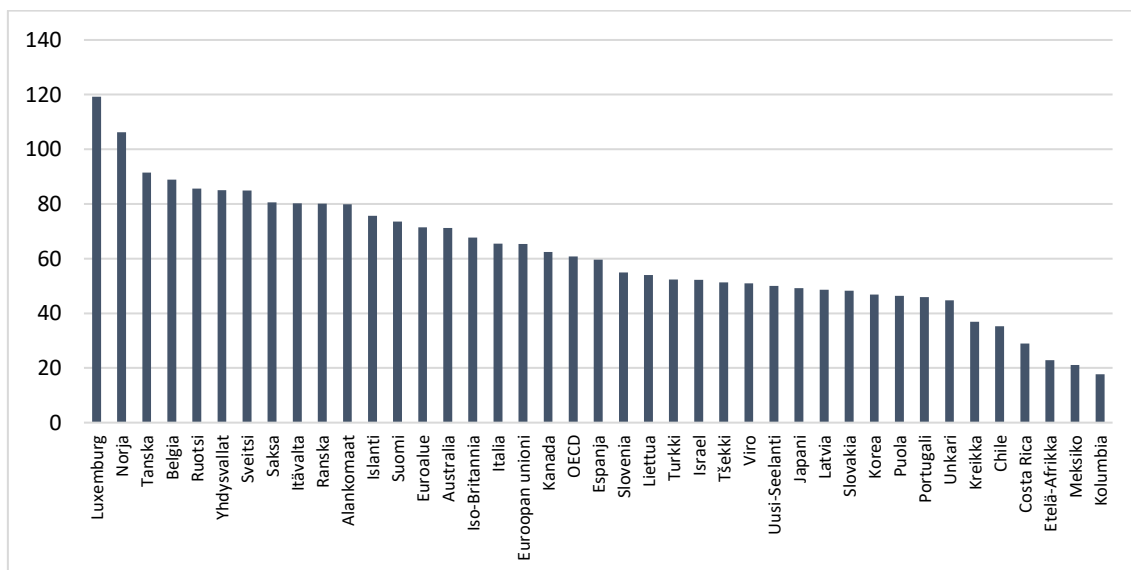
Taloukasvu on hidastunut maailmassa yleisesti vuodesta 2008 eteenpäin (Pohjola, 2021, s. 4). Kasvun hidastuminen on osittain seurausta makrotason kielteisistä häiriöistä, kuten vuoden 2008 finanssikriisistä, euroalueen velkakriisistä sekä yleisestä tuottavuuskasvun hidastumisesta teollistuneissa maissa. Suomessa Nokian matkapuhelinliiketoiminnan lakkauttaminen vuonna 2012 sekä Suomen Venäjälle kohdistuneen viennin vähentyminen vuodesta 2014 eteenpäin EU:n asettamien Venäjä-pakotteiden seurauksena ovat omalta osaltaan vaikuttaneet Suomen heikkoon taloukasvuun. Nämä ulkoiset häiriöt eivät kuitenkaan selitä pitkän aikavälin taloukasvua luovien tekijöiden – työn tuottavuuden ja määrän – heikentymistä. Pohjola (2021, s. 5) toteaaakin Suomen tuottavuuskasvun lähes pysähtyneen vuoden 2007 jälkeen. Luku 3 tarkastelee Suomen tuottavuuskasvua ja tutkimustulosten mukaisia tuottavuuskasvuun vaikuttaneita tekijöitä. Euroopan komission Suomea käsittelevän maaraportin (2023, s. 4) mukaan työn tuottavuuden kasvu on ollut selkeästi alle EU:n painotetun keskiarvon vuodesta 2008 lähtien. Tämä liittyy kiinteästi Suomen talouden rakennemuutokseen eli siihen, että yhä useampi työskentelee aloilla, jotka tuottavat vähemmän lisäarvoa. Lisäksi työvoimapula tuottavammilla aloilla, kuten ICT-toimialalla, sekä korkea-asteen tutkinnon suorittaneiden puute ja pula ammattitaitoisesta työvoimasta vaikeuttavat tuottavuuskasvua.

Valtiovarainministeriön (2023, s. 13) mukaan Suomen BKT kasvaa arviolta 0,7 prosenttia vuonna 2024, vahvistuu 2,0 prosenttiin vuonna 2025, mutta hidastuu hieman (1,6 prosenttiin) vuonna 2026. Suomen kustannuskilpailukyky pysyy otollisena ja kotitalouksien säästämisaste positiivisena vuosina 2023–2026 (VM, 2023, s. 30). Säästämisasteen kasvuun vaikuttavat muun muassa käytettävissä olevien tulojen nopeampi kasvu kulutukseen verrattuna, kuluttajien varovaisuus kulutuspäätöksissä sekä luottamuksen puute vallitsevaan työllisyystilanteeseen. Endogeenisen kasvuteorian mukaan säästämisaste kasvattaa BKT:tä (ks. luku 2.1.2). Suomen vienti ja tuonti kasvavat tarkastelujaksolla elpyneen maailmankaupan seurauksena (VM, 2023, s. 30). Vienti

kasvaa 2 prosenttia vuonna 2024, 3,8 prosenttia vuonna 2025 ja 3 prosenttia vuonna 2026.

3.1 Suomi OECD-maiden tuottavuusvertailuissa

Vertailtaessa työn tuottavuutta OECD-maissa vuonna 2021 (ks. kuvio 1) Suomi sijoittuu sijalle 13, lähelle EU:n keskiarvotuottavuutta (OECD, 2023, s. 23). Korkeimman tuottavuuden maita ovat Luxembourg, Norja ja Tanska. Myös Ruotsi sijoittuu sijalle 5, mikä heijastaa muiden Pohjoismaiden korkeaa tuottavuutta ja Suomen verrattain heikompaa tuottavuutta. Irlanti ei sisälly tähän tarkasteluun, sillä BKT saattaa ilmentää harhaanjohtavasti Irlannin tuottavuuskehitystä. Irlannin korkeaa tuottavuutta saattaa selittää monikansallisten yritysten vaikutus maan tuottavuustietojen mittaamiseen (Martin & Riley, 2023, s. 13). Irlannin finanssipolitiikan neuvonantava toimikunta (the Irish Fiscal Advisory Council) ehdottaakin kansantulon käyttämistä tuottavuuden mittarina (Timoney, 2023). Tämä mittaustapa vastaisikin paremmin tapaa, jolla monikansalliset yritykset ohjaavat tulovirtoja liiketoimintansa kautta.



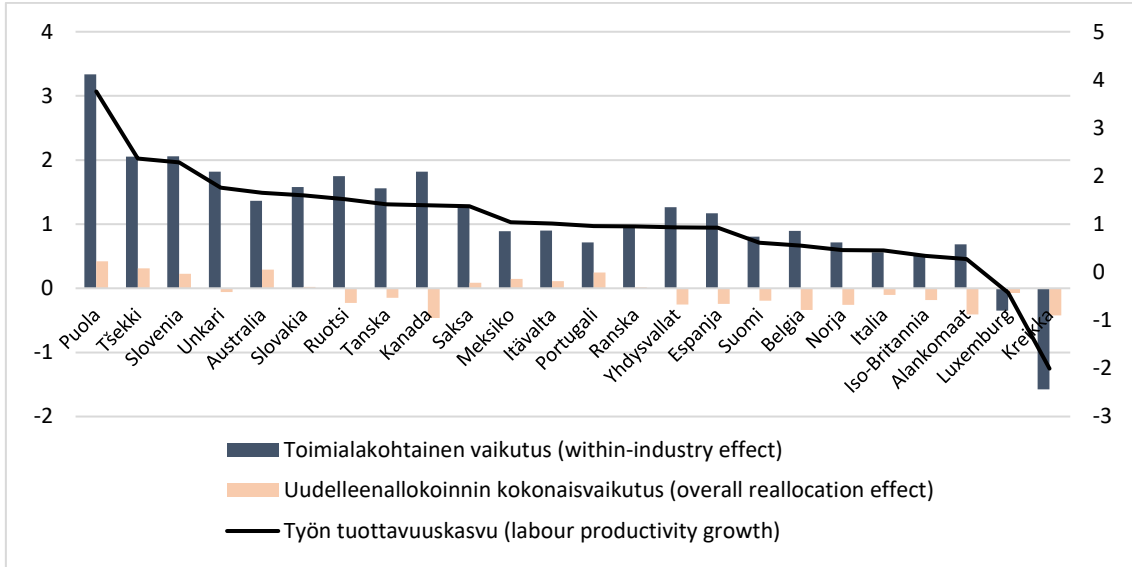
Kuvio 1. Työn tuottavuus (BKT/tehty työtunti) vuonna 2021 (OECD, 2023).

Vertailtaessa OECD-maiden BKT per työtunti kehitystä vuosina 2000–2021, Suomessa ei ole tapahtunut lähes minkäänlaista kehitystä näiden kahdenkymmenen vuoden aikana (OECD, 2023, s. 24). Suomen kokonaistuottavuuden heikkoa kasvua selittää talouden rakennemuutos, jonka seurauksena korkean tuottavuuden toimialojen tuotanto on vähentynyt, ja talouden rakenne on palveluvaltaistunut (OECD, 2023, s. 24). Kokonaistuottavuus (MFP) kasvaa arviolta 0,5 prosenttia vuodessa vuosina 2023–2028 (VM, 2023, s. 70–71). Kokonaistuottavuus (MFP) on heikentynyt voimakkaasti sekä finanssikriisin (vuosina 2007–2010) että COVID-19 pandemian (2020) aikana (OECD, 2023, s. 30). Vuonna 2021 MFP on kääntynyt kasvuun lähes kaikissa OECD-maissa. Kasvulaskennallisesti tarkasteltuna vuonna 2020 supistunut BKT on aiheutunut työpanoksen eli tehtyjen työtuntien supistumisesta, ja tehtyjen työtuntien kasvu on ollut merkittävin syy talouden kasvun vauhdittumiseen vuonna 2021. OECD:n (2023, s. 37–38) tuottavuutta käsittelevä raportti kuvaa COVID-19 pandemian vaikutuksia tuottavuuskasvuun. Korkean tuottavuuden aloilla, kuten tieto- ja viestintätekniikka-alalla sekä rahoitus- ja vakuutusalailla etätyöhön siirtyminen kasvatti aggregaattitason työn tuottavuutta, mikä liittyi todennäköisesti etätyön nopeaan kehittymiseen näillä aloilla. Matalan tuottavuuden aloilla, kuten maatalous- ja rakennusalailla, vaikutus tuottavuuskasvuun oli päinvastainen. Pandemia-aikana ne vaikuttivat heikentävästi työn tuottavuuskasvuun. OECD:n (2023, s. 39) raportin mukaan MFP on laskenut viimeisten kahden vuosikymmen aikana erityisesti Suomessa, Kreikassa, Koreassa, Ruotsissa, Iso-Britanniassa ja Yhdysvalloissa. On tärkeää huomata, että työn tuottavuus heijastaa myös pääoman kertymisen (OECD, 2023, s. 39).

Vertailtaessa 16 OECD-maan työn tuottavuuskehitystä vuosina 2001–2008 ja 2011–2019 työn tuottavuus on supistunut Suomessa vuosina 2011–2019 erityisesti pääomaintensiteetin ja kokonaistuottavuuden heikentymisen seurauksena (Pohjola, 2021, s. 9–10). Toisaalta työn tuottavuuden kasvu on hidastunut 13 maassa 16 tarkastelussa olleesta OECD-maasta. Vuosina 2001–2008 kasvuvauhti on ollut 1,3 prosenttia, mutta supistunut 0,5 prosenttiin jälkimmäisellä ajanjaksolla, mikä heijastaa yleisesti tunnistettua teollistuneiden maiden hidastunutta tuottavuuskehitystä. Vuosina

2001–2008 Suomi oli vertailumaiden joukossa neljäs, mutta putosi sijalle 11 jälkimmäisellä tarkastelujaksolla. Ruotsi oli parhaimpien maiden joukossa molemmilla ajanjaksoilla, ja heillä kokonaistuottavuuden, ICT-pääoman ja muun pääoman kontribuutio olivat vahvoja. Suomessa sekä ICT- että muun pääoman kontribuutio ovat olleet vertailumaita heikompia molemmilla tarkastelujaksoilla. Pääomaintensiteetti tarkoittaa pääomapanoksen määrää tehtyä työtuntia kohden. Pohjolan (2002, s. 10) mukaan Ruotsin ja Suomen ero pääomaintensiteetissä selittyy Ruotsin suuremmilla ICT-, ohjelmisto-, tietokanta- ja T&K-investoinneilla. Ruotsissa tietointensiiviset markkinapalvelualat ovat edistäneet talouskasvua, ja tuottavuuden kasvua edistäneiden investointien painopiste on siirtynyt teollisuudesta markkinapalvelualoille (sis. informaatio ja viestintä, ammatillinen, tieteellinen ja tekninen toiminta, hallinto ja tukipalvelut sekä rahoitus ja vakuutus), jotka hyödyntävät runsaasti informaatio- ja viestintäteknologiaa.

Pohjola (2021, s. 17–19) mallintaa Suomen kumulatiivisen työn tuottavuuskasvun vuosina 2001–2020. Työn tuottavuuden kumulatiivinen kasvu oli 19 prosenttia, josta 13 prosenttiyksikköä muodostui kokonaistuottavuuden kasvusta, 7 prosenttiyksikköä pääomaintensiteetin kasvusta ja 3 prosenttiyksikköä työpanoksen laadun vaikutuksesta. Työpanoksen laadun vaikutus koostuu suurilta osin työvoiman koulutusrakenteesta, ja koulutusrakenne on pysynyt melko muuttumattomana tarkastelujaksolla. Työtuntien uudelleenallokoituminen on supistanut työn tuottavuuskasvua neljä prosenttiyksikköä, mikä selittyy siirtymisellä teollisuuden korkean tuottavuuden aloilta matalan tuottavuuden palvelualoille (Pohjola, 2021, s. 17–19). Kuvio 2 kuvaa työn tuottavuuskasvun jakautumista 24 OECD-maassa viime vuosikymmenenä. Suomi sijoittuu vertailussa sijalle 17, ja kuten Pohjolakin (2021) toteaa, uudelleenallokoituminen on supistunut työn tuottavuuskasvua Suomessa.



Kuvio 2. Työn tuottavuuskasvun jakautuminen vuosina 2010–2019 sis. koko kansantalous ilman kiinteistö-, julkishallinto-, puolustus-, koulutus- ja terveydenhuoltosektoria (OECD, 2023).

3.2 Tekijät työn tuottavuuskehityksessä

Vaikka teoreettiset kasvumallit olettavat usein talouden kiinteän pääoman K ja inhimillisen pääoman $A_t L_t$ kasvavan samalla kasvunopeudella, tämä tulema ei pidä täysin paikkaansa Suomen talouden kasvuhistorian tarkastelussa (Kokkinen ja muut, 2021, s. 9). Kiinteä ja inhimillinen pääomakanta ovat kasvaneet samantasoisesti 1930-luvulta 1990-luvun alkuun saakka, mutta 1990-laman jälkeen kiinteät investoinnit ovat hidastuneet tiukasti, ja talouden koko pääomakanta on kasvanut inhimillisen pääomakannan lisääntymisen seurauksena. Calligaris ja muut (2023, s. 35) tutkivat Nokian romahtamisen seurauksena tapahtunutta tuottavuuden laskua Suomessa. Tutkijoiden mukaan Nokian kriisi on saattanut vaikuttaa pitkän aikavälin tuottavuuteen Suomessa eri toimialoja yhdistävien arvoketjujen kautta. Kotimaiselle tietokonealalle toimittavat alat eivät ole onnistuneet eriyttämään kysyntäänsä, jonka vuoksi Nokian kriisi vaikutti niihin suuresti. Lisäksi shokki on iskenyt voimakkaasti tuotantoketjun alkupään tuottavimpiin yrityksiin, mikä on todennäköisesti vaikuttanut kaventavasti tuottavuuden hajontaan Suomessa. Koska työpanos ei ole sopeutunut eri yritysten välillä, sen

allokatiivinen tehokkuus on heikentynyt ja omalta osaltaan heikentänyt kokonaistuottavuutta.

Valtiovarainministeriön (2023, s. 70) mukaan Suomen potentiaalinen tuotanto kehittyy vuosina 2023–2028 noin yhden prosentin vuosivauhtia. Potentiaalinen tuotanto tarkoittaa talouden pitkän aikavälin kasvua tai vaihtoehtoisesti määrittäen kestävä, saavutettavissa olevaa, vakaan inflaatiotason kasvua talouden kapasiteetin ollessa normaalikäytössä (VM, 2023, s. 70). Potentiaalisen tuotannon kehitykseen vaikuttavat työpanoksen, pääomakannan ja kokonaistuottavuuden kehitys. Työpanoksen kasvu pysähtyy vuodesta 2026 eteenpäin, minkä seurauksena potentiaalinen tuotanto supistuu. Tehtyjen työtuntien lasku on merkittävin syy työpanoksen heikkoon kasvuun. Rakenteellisesti työikäisen väestön väheneminen supistaa työpanoksen kasvua. Pääomakannan kasvu vaikuttaa positiivisesti potentiaalisen tuotannon kasvuun, toki vain puolen prosentin vuosikasvuvauhdilla vuosina 2023–2028. Kokkinen ja muut (2021, s. 15) korostavatkin ulkomailta tuotuun kiinteään pääomaan tehtävien investointien merkitystä Suomelle. Suurin osa uudesta teknologiasta tuodaan ulkomailta ja pienen avotalouden on välttämätöntä hyödyntää sitä unohtamatta T&K-investointien tuloksia. Vaikka kokonaistuottavuus on kasvanut hiukan 2010-luvun alkuun verrattuna, se on kuitenkin ollut heikkoa 2000-luvun alun kahden prosentin vuosittaiseen kasvuvauhtiin verrattuna.

3.2.1 Kiinnikuroutuminen kohti vakaata tilaa

Suomi on mielenkiintoinen tutkimuskohde tarkasteltaessa maiden kiinnikuroutumista kohti vakaata tilaa, sillä se on yksi harvoista 1900-luvun henkeä kohti lasketun BKT:n kiinnikuroutujamaista (Kokkinen, 2012, s. 5). Maantieteellisesti suuri, luonnonvaroiltaan niukka sekä harvaanasuttu maa on teollistunut ja erikoistunut palvelukeskeiseksi maaksi lähentyen Ruotsin ja muiden EU-maiden asukaskohtaisen BKT:n tasoa. Suomi on kiinnikuronut asukaskohtaisen BKT:n osalta Länsi-Euroopan maat erityisesti 2000-luvun alussa (Kokkinen, 2012, s. 18). Näin ollen Suomella ei ole enää niin paljon

kiinnikurottavaa verrattuna köyhempien maiden kasvumahdollisuuksiin kohti vakaata tilaa.

Kokkinen (2012) on tutkinut Suomen 1900-luvun ja 2000-luvun alun kiinnikuroutumiseen vaikuttavia tekijöitä. Tutkimustulosten mukaan Suomen kiinnikuroutuminen on seurausta myöhemmän teollistumisen ja sitä kautta tapahtuneen työn tuottavuuden kasvun, inhimilliseen pääomaan tehtyjen koulutusinvestointien, suorien investointien sekä Euroopan taloudellisen yhdentymisen ansiota. Erityisesti teknologinen kehitys ja uuden teknologian käyttöönotto ovat olleet mahdollistavia tekijöitä Suomen talouskasvulle. Pitkäaikainen vuorovaikutus Ruotsin ja Länsi-Euroopan kanssa onkin todennäköisesti ollut ratkaisevaa. Myös ulkomaiset suorat sijoitukset Suomeen ja Suomesta ulospäin ovat muodostaneet toisen tärkeän taloudellisen vuorovaikutuksen kanavan. Lisäksi samankaltainen kulttuuritausta, institutionaaliset puitteet, ulkomaankaupan ja suorien ulkomaisten sijoitusten suuri vuorovaikutus ja lopulta Euroopan taloudellinen ja rahoituksellinen yhentyminen ovat edesauttaneet teknologista kehitystä ja sitä kautta tapahtunutta taloudellista kiinnikuroutumista (s. 227–233). Kokkisen (2012, s. 5) mukaan rakennemuutos on seurausta teknologisesta kehityksestä, joka mahdollistaa niin uusien kuin vanhojen tuotteiden tuottamisen. Toiseksi uuden teknologian avulla tapahtuva tuotanto nostaa työn tuottavuutta ja asukaskohtaista BKT:tä kansallisella tasolla. Kolmanneksi uuden tuotantoteknologian käyttö edellyttää inhimillistä pääomaa. Lisäksi työn tuottavuuden pysyvään kasvuun tarvitaan uusien tuotantotekniikoiden jatkuvaa käyttöönottoa maailman johtavilta teknologia-alueilta, mikä edellyttää avoimuutta ja tiivistä vuorovaikutusta johtavien maiden kanssa ulkomaankaupan välityksellä.

3.2.2 Toimialakohtainen arvonlisä

Finnveran raportti (2023) käsittelee toimialakohtaista tuottavuutta Suomessa tarkastelemalla bruttoarvonlisän ja työntekijöiden määrän välistä suhdetta vuosina 2015–2020. Arvonlisä tarkoittaa tietyn arvoketjun vaiheen tuottamaa arvonlisäystä

bruttokansantuotteessa (Finnvera, 2023, s. 7). Näin ollen lopputuotteen valmistukseen käytettyjen välituotteiden arvot eivät sisälly enää lopputuotteen arvoon. Poikkeavan tuottavuuden toimialoja eli erityisen korkean työntekijäkohtaisen arvonlisän toimialoja ovat tarkastelujaksolla energiateollisuus, lääketeollisuus ja kiinteistöala (Finnvera, 2023, s. 8). Ilmaliikenne sekä koksen ja jalostettujen öljytuotteiden valmistus ovat koronapandemian ja öljyn hinnan vaihteluiden seurauksena toimialoja, joiden tuottavuus on huomattavan vaihtelevaa muihin toimialoihin verrattuna. Loput toimialat raportti luokittelee arvonlisä per työntekijä -mittarin mukaisesti kolmeen lähes samankokoiseen luokkaan: korkean, keskisuuren ja matalan tuottavuuden toimialoihin. Korkean tuottavuuden toimialoihin kuuluvat esimerkiksi teollisuuden alat, kaivostoiminta, televiestintä, rahoituspalvelut sekä tieteellinen tutkimus ja kehitys. Matalan tuottavuuden toimialat kattavat yksityisiä ja julkisia palveluita sekä suorittavan työn toimialoja, kuten kasvinviljely ja kotieläintalous sekä terveyspalvelut. Korkean tuottavuuden toimialat muodostavat Suomen viennistä suurimman osan ja muodostavat Suomen viennistä 57–63 prosenttia vuosina 2015–2020 (Finnvera, 2023, s. 10). Korkean tuottavuuden toimialojen osuus on supistunut trendinomaisesti melkein kuusi prosenttiyksikköä tarkastelujakson aikana. Keskisuuren tuottavuuden toimialojen osuus on kasvanut 25 prosentista 32 prosenttiin, mikä osoittaa raportin mukaan lievää viennin ”bulkkiintumista” (Finnvera, 2023, s. 10). Poikkeavan tuottavuuden toimialat ovat muodostaneet vuosittain vain alle kaksi prosenttia viennistä.

3.2.3 ICT ja tuottavuuskasvu

Taloustieteellisen tutkimuksen mukaan ICT-teknologia on vauhdittanut talouden rakennemuutosta (Pohjola, 2021, s. 14). Vaikka ICT-ala on suhteellisen pieni BKT-tuotantotilastoilla mitattuna, sillä on ollut merkittävä rooli talouskasvun ja työllisyyden vauhdittajana Yhdysvalloissa (Henry-Nickie ja muut, 2019). Jalava ja Pohjola (2007) tutkivat ICT:n vaikutusta työn tuottavuuskasvuun Suomessa vuosina 1995–2005. Tieto- ja viestintätekniikan (ICT) osuus havaitusta työn tuottavuuden kasvusta on ollut 1,87 prosenttiyksikköä, keskimäärin 2,87 prosenttia. ICT-pääomaintensiteetin nousun

vaikutus on ollut 0,46 prosenttiyksikköä. Loput kasvusta on seurausta ICT-tuotannon MFP:n kasvusta erityisesti tietoliikennetuotannossa.

Corrado ja muut (2017) tutkivat aineettoman pääoman vaikutuksia tuottavuuden kasvuun kymmenen suurimman Euroopan maan markkinasektorilla vuosina 1998–2007. He havaitsivat aineettoman pääoman tuotosjouston riippuvan ICT-intensiteetistä. Tutkijoiden mukaan havaintoa selittänee aineettoman pääoman ja ICT-pääoman täydentävyys. Corrado ja muut (2014) vertailevat 14 EU-maan tuottavuuskehitystä vuosina 1995–2010 Nace Rev. 2 [tutkimuksessa mukana toimialat A-K (sis. Kiinteistösektori) + O] toimialaluokituksen mukaisesti. Tutkimuksen mukaan ICT:n ja aineettoman pääoman tuotantopanosten lisäämisellä on positiivinen yhteys. Nopeasti kasvavissa talouksissa, joita ovat Yhdistynyt kuningaskunta, Ranska, Saksa, Alankomaat, Itävalta ja Suomi, ICT:n sekä T&K:n ja muun aineettoman pääoman kokonaispanos on suurempi kuin aineellinen pääoma. Tarkastelussa olevista maista Suomi on ainoa maa, jossa aineettoman pääoman kasvu on dynamisempaa teollisuussektorilla kuin palvelusektorilla. Toisaalta OECD (2023, s. 40) toteaa teollisuussektorin työn tuottavuuden vaikuttaneen heikentävästi aggregaattitason työn tuottavuuteen 2000-luvun alusta eteenpäin. Bessen (2019, s. 592) toteaa automaation vähentäneen työllisyyttä teollisuudessa, mutta ei niinkään muilla toimialoilla. Syy työllisyyden laskuun voi johtua teollisuuden nopeammasta tuottavuuskasvusta muihin toimialoihin verrattuna. OECD:n (2023, s. 37) mukaan työn uudelleenallokoituminen toimialojen välillä vaikuttaa työn tuottavuuteen positiivisesti usein hetkellisesti, sillä eri toimialojen tuottavuudet kompensoivat toisiaan. Esimerkiksi maatalouden tuottavuus on keskivertoa alhaisempi eli väliaikainen tehtyjen työtuntien lasku kompensoituu korkeamman tuottavuuden, kuten teollisuuden toimialalla, mikäli teollisuudessa tehdyt työtunnit kasvavat.

Tarkasteltaessa ICT-intensiteetin kontribuutiota työn tuottavuuteen vuosina 2000–2023, ICT:n vaikutus on keskimäärin 1,7 prosenttia vuodessa kaikki toimialat huomioiden (Tilastokeskus, n.d.). ICT-intensiteetti tarkoittaa ICT-laitteiden määrää/työtunti. T&K-

intensiteetin kontribuutio työn tuottavuuteen on keskimäärin 6,3 prosenttia. OECD:n tuottavuusindikaattoreita käsittelevä raportti (2023, s. 27) nostaa esiin työn tuottavuuden pitkän aikavälin heikentyneen tuottavuuskasvun OECD-maissa. 2000-luvulla digitaalisten teknologioiden odotettiin tuovan samanlaisen tuottavuuskehitysloikan kuin sähköistyminen 1880-luvun puolivälistä eteenpäin ja ICT-investoinnit 1990-luvulla. Uusien teknologioiden mahdollistama tuottavuuskasvu ei ole kuitenkaan vielä toteutunut, ja syitä on etsitty esimerkiksi viiveestä teknologisen kehityksen ja sitä mittaavien mittareiden välillä sekä tilastollisista mittaushaasteista (OECD, 2023, s. 27). Raportin mukaan ensimmäinen syy pitkäaikaisessa tuottavuuden heikentymisessä voi olla nykyaikaisten teknologioiden huomattavasti nopeampi muuntautuminen, jonka seurauksena tuottavuusvaikutukset ovat lyhyempiaikaisia verrattuna esimerkiksi sähköistymiseen. Toiseksi teknologinen kehitys vaatii myös rinnakkaisia organisaatio- ja liiketoimintamalliuudistuksia (ks. luku 2.2), jotka vaativat pidemmän aikaa onnistuneeseen jalkautumiseen ja aiheuttavat siten viiveitä teknologiseen kehitykseen. Kolmanneksi raportti korostaa osaavan työvoiman, erityisesti ICT-taitojen puutteen ja laadukkaan johdon merkitystä teknologian adaptoitumisessa. Raportti nostaa esiin rakenteellisia tekijöitä, kuten siirtymisen teollisuudesta palveluihin, erityisesti alhaisen tuottavuuden palveluihin, väestön ikääntymisen sekä kulutuskäyttäytymisen siirtymisen palvelulähtöisempiin malleihin.

Lopez-Garcia ja Szörfi, (2021) havaitsevat edelläkävijäyritysten uuden teknologian luomisen hidastuneen teollisuudessa, mutta kiihtyneen palvelualoilla. Uusien teknologioiden ja aineettoman pääoman käytölle on usein ominaista korkeat kiinteät kustannukset ja verkostovaikutukset (network effects/network externalities), joiden takia kasvavat skaalatuotot eivät ole hyödynnettävissä myöhemmin teknologiaa käyttöönottavissa yrityksissä (Lopez-Garcia & Szörfi, 2021). Kolmas ilmiötä selittävä tekijä voi olla myöhemmin teknologiaa käyttöönottaneiden yritysten mahdollinen puute täydentävistä tuotantopanoksista, kuten inhimillisestä pääomasta niin työntekijä- kuin johtajatasolla. Työntekijät tarvitsevat täydentäviä tietoteknisiä taitoja voidakseen hyödyntää uuden teknologian täysimääräisesti. Yritykset saattavat myös joutua

organisoimaan toimintaansa uudelleen ottaakseen käyttöön uusia teknologioita ja hyötyäkseen niistä. Lisäksi yritysten täytyy investoida teknologian kannalta välttämättömään infrastruktuuriin, kuten mobiiliverkkoihin tai muuhun täydentävään aineettomaan pääomaan, kuten organisaatiopääomaan (Calvino ja muut, 2020, s. 21; Kauhanen, 2014, s. 12).

Niebel (2018) tutkii ICT:n vaikutuksia tuottavuuden lisäämiseksi 59 maan otoksella vuosina 1995–2010. Tutkimustulosten mukaan ICT-pääoman jousto on suurempi kuin ICT-pääoman korvausosuus koko aineistolla mitattaessa, mikä saattaa viitata ICT:n mittaamattomaan täydentävyyteen sekä ICT:n mahdollistamiin heijastusvaikutuksiin, sillä ICT voi alentaa transaktiokustannuksia ja nopeuttaa tietämyksen luomista (knowledge creation) (Niebel, 2018, s. 205). ICT-pääoman korvausosuus tarkoittaa ICT-alalla työskentelevien työntekijöiden osuutta tai prosenttiosuutta kokonaiskorvauksesta. Lisäksi hän mallintaa ICT-pääomapalveluiden viivästyneitä kasvuvauhteja ja pitääkin niitä olennaisena tekijänä tuottavuusvaikutuksia mitattaessa. Kiinteiden vaikutusten regressiomallin mukaan kehittyneiden, nousevien ja kehittyvien maiden ICT-tuottavuusvaikutuksissa ei ole tilastollisesti merkitsevää eroa. Ei siis ole selvää tilastollista näyttöä siitä, että kehittyvät ja nousevien talouksien maat hyötyvät tieto- ja viestintäteknikkaan tehdyistä investoinneista enemmän kuin kehittyneet taloudet. Kaiken kaikkiaan ICT edistää edelleen merkittävästi talouskasvua sekä kehittyneissä että kehittyvissä ja nousevan talouden maissa.

Tarkasteltaessa tietotekniikkateollisuuden ja siihen liittyvän teollisuuden tuottavuutta on tärkeää huomioida sen digitaalinen lisäarvo muille kuin ICT-toimialoille. Vaikka tutkimukset osoittavat selkeitä tuloksia ICT:n suorista ja epäsuorista kasvuvaikutuksista niin Yhdysvalloissa kuin Euroopassa, vaikutusten mittaamisesta ja tulkinnasta ei ole yksiselitteistä kehikkoa. Tämä kysymys on erittäin tärkeä myös poliittisesta näkökulmasta, sillä ICT:n tuottamat heijastus- ja/tai ulkoisvaikutukset antavat näyttöä siitä, että ICT-investointien julkinen tukeminen olisi perusteltua.

3.3 Työvoima

Väestön ikääntyminen tulee muuttamaan yhteiskuntamme rakenteita tulevien vuosien aikana, sillä väestön ikääntyminen kasvattaa ikääntyneiden työntekijöiden osuutta työvoimasta. Tilastokeskuksen väestöennusteen (2021) mukaan Suomen matala syntyvyys heijastuu työikäisen väestön määrään jo 2040-luvulla. Kokkisen ja muiden (2021, s. 14) mukaan työikäisen väestön nuoret ikäluokat supistuvat jatkuvasti, ja koulutetuin ikäluokka on edelleen 1980-luvun alussa syntyneiden ikäluokka. Sen vuoksi investoinnit inhimillisen pääoman karttumiseen ovat välttämättömiä. Kirjoittajat toteavat kuitenkin, että koulutetun työperäisen maahanmuuton lisääminen olisi kotimaisia politiikkatoimia tehokkaampi keino lisätä talouden inhimillisen pääoman määrää. Suomi tarvitseekin työ- ja opiskeluperäistä maahanmuuttoa kestäväen hyvinvointivaltion turvaamiseksi (Valtioneuvosto, 2021, s. 7).

3.3.1 Työikäisen väestön väheneminen

Työikäisen väestön määrä Suomessa tulee supistumaan ikääntymisen myötä. Valtiovarainministeriön (VM) tuoreimman taloudellisen katsauksen (2023, s. 11) mukaan väestön ikääntyminen heikentää talouskasvua, kasvattaa palvelutarpeita ja vaikeuttaa verokertymän ylläpitoa. Väestön ikääntymisen vaikutukset ovat kuitenkin sidoksissa yhteiskunnan kykyyn reagoida tähän kansainvälisestäikin tunnistettuun yhteiskunnalliseen muutokseen (Finnvera, 2023, s. 6). Työvoiman niukkuus ohjaa yrityksiä parantamaan tuottavuuttaan esimerkiksi kone- ja laiteinvestointien avulla. Tilastokeskuksen väestöennusteen (2021) mukaan työikäinen väestö vähenee vuosina 2041–2050 103 000 henkilöllä ja 2050-luvulla 133 000 henkilöllä. Ennuste arvioi työikäisen väestön määrän olevan 3,1 miljoonaa henkilöä vuoden 2060 päättyessä. Työikäisen väestön osuus laskee 60 prosenttiin vuonna 2024 ja edelleen 57 prosenttiin vuoteen 2060 mennessä. Valtiovarainministeriön mukaan (2023, s. 20) 15–64-vuotiaiden työllisyysaste on vuonna 2023 73,6 prosenttia (arvio) ja laskee 73,5 prosenttiin vuonna 2024. Tilastokeskuksen (n.d.) määritelmän mukaan työllisyysaste tarkoittaa työllisten

prosenttiosuutta samanikäisestä väestöstä. Supistunut rakentaminen vaikuttaa olennaisesti lisääntyneeseen työttömyyteen vuosina 2023 ja 2024 (VM, 2023, s. 20). Vuonna 2025 työllisyysaste kasvaa 74,1 prosenttiin ja vuonna 2026 74,8 prosenttiin. Työttömyysaste kasvaa hiukan vuoden 2023 lukuun verrattuna (7,2 prosenttia) ja on vuonna 2024 7,5 prosenttia. Vuonna 2026 työttömyysaste laskee 6,6 prosenttiin. Valtiovarainministeriö arvioi työttömyysasteen laskevan 6,1 prosenttiin vuonna 2028. Tilastokeskuksen (n.d.) määritelmän mukaan työttömyysaste tarkoittaa työttömien osuutta samanikäisestä työvoimasta eli työllisten ja työttömien yhteenlasketusta osuudesta. Myös keskipitkän aikavälin tarkastelu osoittaa positiivista työllisyysasteen kehitystä. Työllisyysaste nousee 75,5 prosenttiin vuonna 2027 ja 75,9 prosenttiin vuonna 2028 (VM, 2023, s. 20). Työllisyysasteen kasvuun vaikuttavat sekä positiivinen suhdannekehitys että Petteri Orpon hallituksen työllisyystoimet (VM, 2023, s. 68).

Empiiriset tutkimukset osoittavat työvoiman ikääntymisen laskeneen kokonaistuottavuutta. Työvoiman ikääntyminen hidastaa tuottavuutta Euroopassa vuoteen 2035 mennessä (Aiyar ja muut, 2016). Tutkimuksessa työvoiman ikääntyminen on vähentänyt kokonaistuottavuutta keskimäärin noin 0,1 prosenttiyksikköä vuodessa vuosina 1984–2007. Latviassa, Liettuassa, Suomessa, Alankomaissa ja Saksassa 55–64-vuotiaiden työntekijöiden osuuden kasvusta johtuva kokonaistuottavuuden vuotuinen kasvu väheni noin 0,2 prosenttiyksikköä. Lisäksi yhden prosenttiyksikön lisäys 55–64-vuotiaiden ikäluokasta työvoimassa vähentää kokonaistuottavuutta noin 0,8 prosenttiyksikköä. Tähän tulokseen verraten ennustettu ikääntyminen voi vähentää kokonaistuottavuuden kasvua keskimäärin 0,2 prosenttiyksikköä vuodessa vuoteen 2035 mennessä. Toisaalta Lopez-Garcia ja Szörfi (2021) nostavat esiin tasapainottavia tekijöitä, kuten eliniän kasvun ja korkeamman koulutustason ikääntyneen väestön keskuudessa. Työvoiman supistumisen myötä talouskasvu on yhä enemmän tuottavuuskasvun varassa (Kokkinen ja muut, s. 11).

3.3.2 Työntekijöiden inhimillinen pääoma

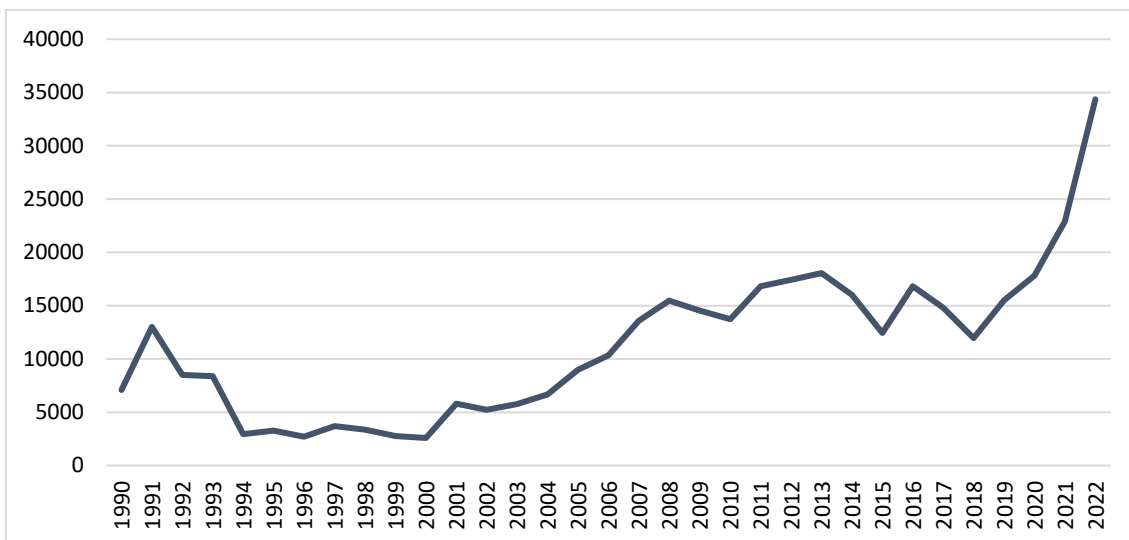
Suomen Pankin pitkän aikavälin ennusteen mukaan suomalaisten työikäisten korkeampi koulutustaso eli inhimillisen pääoman kasvu on pitänyt yllä Suomen talouskasvua erityisesti 1990-luvun laman jälkeen (Kokkinen ja muut, 2021, s. 14). Inhimillinen pääoma tulee ennusteen mukaan pienentymään 2040-luvulta alkaen, mikäli väestönkehityksen ja koulutuksen laskevat suuntaukset eivät käänny nousuun. Kokkinen ja muut (2021, s. 6) toteavat opiskelun kerryttävän osaamista vähitellen. Mallintaessaan Suomen pitkän aikavälin talouskasvuennustetta (2021–2040) tutkijat määrittävät inhimillisen pääoman olevan talouden käytettävissä sitten, kun opiskelija on suorittanut korkeimman tutkintonsa ja kun opiskelija on siirtynyt kokonaan työmarkkinoiden käytettäväksi. Tutkijat (2021, s. 9) korostavat oppimisvalmiuden merkitystä Suomen talouden rakennemuutosten seurauksena, sillä yhä suurempi osa investoinneista kohdistuu T&K-investointeihin kone- ja laiteinvestointien sijasta. Työvoiman innovointi- ja uuden teknologian omaksumiskyky rakentuvat yhä tutkintoon johtavan koulutuksen kautta. Piekkola ja muut (2022) tutkivat aineetonta pääomaa yritysaineistolla. Tutkimustuloksista havaitaan, että yritysaineistolla mitattuna yksi vuosi lisää koulutusta lisää tuottavuutta Suomessa 6–7 prosenttia. Tutkimuksessa myös T&K-pääomalla on positiivinen vaikutus kaikissa Pohjoismaissa. Kuten Calligaris ja muut (2023, s. 35) toteavat Nokian kriisin vaikutuksia Suomen taloudessa käsittelevässä tutkimuksessaan, työntekijöiden uudelleenallokoitumisen mahdollistaminen niin yritysten kuin toimialojen välillä on erityisen tärkeää suotuisten kasvuedellytysten luomiseksi.

3.3.3 Maahanmuutto

Nettomaahanmuutto on kasvanut Suomessa viimeisten kolmenkymmenen vuoden aikana ja vuonna 2022 nettomaahanmuutto oli ennätysellisen korkealla (34 363 henkilöä) (ks. kuvio 3). Vuonna 2023 nettomaahanmuutto kasvoi mittaushistorian korkeimmaksi, ollen 58 496 henkilöä (Tilastokeskus, 2024a). Tilastokeskuksen ennakkotietojen mukaan 2023 vuoden maahanmuuttoa selittää ukrainalaisten tilapäistä

suojelua hakevien maahanmuuttajien suuri määrä. Ennakkotietojen mukaan ukrainalaisia saapui vuonna 2023 19 834 henkilöä, mikä oli 26 prosenttia kaikista maahanmuuttajista. Valtioneuvoston (2021) mukaan vain nettomaahanmuutto on kasvattanut Suomen väestöä vuodesta 2015 lähtien. Myönnetyt oleskeluluvat ovat kasvaneet voimakkaasti vuosina 2015–2023 (Maahanmuuttovirasto, 2024). Viimeisten viiden vuoden (2019–2023) aikana myönnetyt työ- ja koulutusperusteiset ensimmäiset oleskeluluvat ovat kasvaneet, mikä tarkoittaa työ- ja koulutusperusteisen maahanmuuton kasvua Suomessa. Myönnetyt työperusteiset ensimmäiset oleskeluluvat vuosina 2019–2023 olivat 60 559 ja koulutusperusteiset 35 486. Työperusteisten myönteisten päätösten osuus oli 79,9 prosenttia kaikista päätöksistä ja myönteisten koulutusperusteisten päätösten osuus 91,4 prosenttia. Suurin ikäryhmä sekä työ- että koulutusperäisissä päätöksissä on 18–34-vuotiaiden ikäryhmä. Tämä ikäryhmä vaikuttaa positiivisesti Suomen väestölliseen huoltosuhteeseen. Erityisesti kansainvälisissä opiskelijoissa olisi työvoimapotentiaalia paikkaamaan Suomen vähenevää työikäistä väestöä. Valtioneuvosto (2021, s. 12) toteaa kuitenkin, että Suomessa työllistyy vain puolet Suomessa korkeakoulun suorittaneista kansainvälisistä opiskelijoista.

Lähtömaita tarkasteltaessa Ukraina, Venäjä ja Filippiinit ovat kärkimaita ensimmäistä oleskelulupaa hakevien työperusteisten lupien joukossa. Koulutusperusteisten joukossa kärkimaat ovat Venäjä, Kiina ja Bangladesh (Maahanmuuttovirasto, 2024). Työperusteisten hakijaryhmien joukossa osaratkaisua edellyttävä työnteko eli suorittavan tason työhön hakevien henkilöiden osuus on selvästi suurin hakijaryhmä. Erityisasiantuntijat, tieteellinen tutkimus ja kausityö ovat seuraavat kärkiryhmit. Samana ajanjaksona EU-kansalaisten työperusteisia myönteisiä rekisteröintejä on tehty 20 197 ja opiskeluperusteisia 6 745. Mikäli EU-valtion, Sveitsin tai Liechtensteinin kansalaisen oleskelu Suomessa kestää yli kolme kuukautta, oleskelulupa täytyy rekisteröidä (Maahanmuuttovirasto, 2024). Myös EU-kansalaisten rekisteröinneissä suurin ikäryhmä on 18–34-vuotiaat. Suurin osa eli noin viidesosa EU-kansalaisten rekisteröinneistä on Viron kansalaisille myönnettyjä lupia.



Kuvio 3. Nettomaahanmuutto Suomessa vuosina 1990–2022 (Tilastokeskus).

Edon (2019) mukaan maahanmuutto lisää pääoman tuottavuutta kasvattaen pääoman omistajien tuloja. Pääoma on työvoimaa täydentävä tuotannontekijä, joten yritykset reagoivat työvoiman tarjonnan kasvuun ja siitä aiheutuneeseen palkkojen laskuun pääomaa kartuttamalla. Pääomakannan kasvu lisää työn tuottavuutta ja työvoiman kysyntää, mikä lieventää työvoiman tarjontahäiriön aiheuttamia alkuperäisiä haitallisia palkkavaikutuksia. Sopeutuminen työvoiman tarjonnan lisääntymiseen voi tapahtua myös yritystasolla (Peri, 2016, s. 15). Yritykset valitsevat teknologiaa, joka liittyy käytettävissä olevaan pääomaan, kuten työvoiman tarjontaan. Kun työvoima kasvaa maahanmuuton seurauksena, yritykset sopeuttavat tuotantonsa käytettävissä olevaan osaamiseen, minkä seurauksena tulot voivat kasvaa (Aceleanu ja muut, 2019).

Kansallisissa poliittisissa keskusteluissa on korostunut argumentointi, jossa kotimaiset taloudelliset edut syrjäyttävät kansainväliset ja maailmanlaajuiset yhteistyösuhteet (Henry-Nickie ja muut, 2019). Lisäksi kielteiset asenteet työperäisiä maahanmuuttajia kohtaan ovat muovanneet poliittisia keskusteluita niin Euroopassa kuin Yhdysvalloissa, mikä heikentää korkeasti koulutettujen maahanmuuttajien liikkuvuutta. Poliittisella tilanteella onkin merkittävä vaikutus työntekijöiden liikkuvuuteen yli rajojen. Valtioneuvoston (2023) julkaisema Talent Boost -raportti toteaa Suomen houkuttelevuuden kansainvälisille osaajille heikentyneen. OECD:n tuottaman

jäsenmaiden houkuttelevuutta käsittelevän raportin mukaan tutkimuksessa käytettyjä indikaattoreita olivat esimerkiksi uramahdollisuudet, tulot ja verotus, pysyvä oleskelu ja kansalaisuus sekä elämänlaatu ja perheystävällisyys (VM, 2023). Suomi sijoittuu erityisasiantuntijoiden houkuttelevuudessa sijalle 14, yrittäjien houkuttelevuudessa sijalle 11 ja kansainvälisten korkeakouluopiskelijoiden kohdalla sijalle 16. Vuonna 2019 sijoitukset olivat 18., 8. ja 4. Ruotsi ja Sveitsi sijoittuvat houkuttelevuuden kärkeen sekä erityisasiantuntijoiden että yrittäjien kohdalla. Korkeakouluopiskelijoille houkuttelevimmat kohdemaat ovat Yhdysvallat, Saksa ja Iso-Britannia.

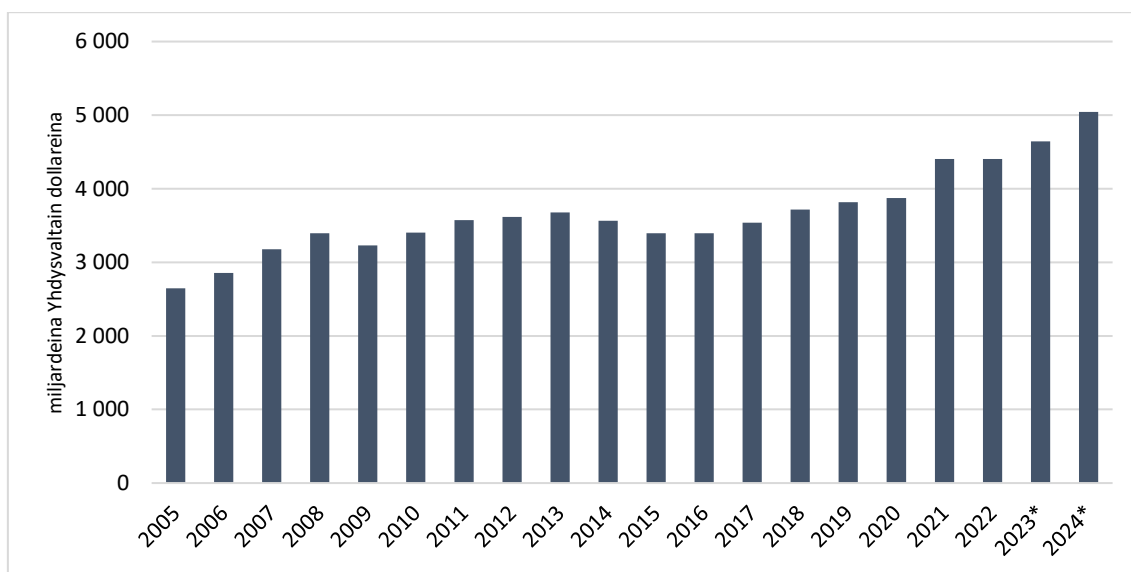
3.4 Työmarkkinoiden muutos

Maailman talousfoorumin tuottaman raportin (2023, s. 6) mukaan työnantajat arvioivat 44 prosenttia työntekijöiden taidoista muuttuvan vuosina 2023–2027. Tutkimuksen mukaan kognitiiviset taidot ovat nopeimmin kysyntää kasvattava työntekijöiltä vaadittava taito, mikä heijastaa kasvavaa ongelmanratkaisukyvyn merkitystä työpaikoilla. Myös digitalisaatio vaikuttaa koko yhteiskuntaan. Digitalisaatio tarkoittaa digitaalitekniikan käyttöönottoa liiketoimintaprosessien ja -palveluiden muuttamisessa digitaalisiksi (Statista Research Department, 2023a). Teknologioiden hyödyntäminen digitalisaatiossa tekee organisaatioista ketterämpiä vastaamaan muuttuviin markkinoihin ja parantaa innovointia tehden organisaatioista joustavampia. Aiyar ja muut (2016) toteavat teknologian vaikuttavan myönteisesti ikääntyvien työntekijöiden työntekoon ja lieventämän samanaikaisesti myös ikääntymisen kielteisiä vaikutuksia kokonaistuottavuuden kasvuun. Toisaalta he havaitsevat myös, että työntekijöiden kyky omaksua uutta teknologiaa hidastuu heidän ikääntyessään.

3.4.1 Digitaalinen talous

Statista Research Departmentin (2023a) mukaan vuonna 2027 maailmanlaajuiset digitalisaatioon kohdistuvat menot kaksinkertaistuvat vuoden 2022 tasoon nähden ja

nousevat arviolta 3,9 biljoonaan Yhdysvaltain dollariin. Myös maailmanlaajuiset tietotekniikkamenot (IT) ovat kasvaneet tasaisesti vuodesta 2005 lähtien pois lukien vuosina 2014–2015 tapahtunut notkahdus (ks. kuvio 4). IT-menot ovat kasvaneet tai pysyneet samalla tasolla myös koronapandemian aikana. BEA arvioi, että Yhdysvaltojen digitaalinen talous kasvoi keskimäärin 5,6 prosentin vuosivauhdilla vuosina 2006–2016 ja että sen osuus oli 6,5 prosenttia nykyisestä BKT:stä (Barefoot ja muut, 2018, s. 2).



Kuvio 4. Maailmanlaajuiset tietotekniikkamenot (IT) vuosina 2005–2024 (Statista Research Department, 2023b).¹

Suomi sijoittuu vuonna 2022 toteutetussa digitaalista kilpailukykyä mittaavassa vertailussa seitsemänneksi (Taylor, 2022). Tässä vertailussa digitaalinen kilpailukyky tarkoittaa maan kykyä ottaa käyttöön digitaaliteknologioita ja sitä, kuinka se toteuttaa näitä teknologioita yrityksissä ja julkishallinnon organisaatioissa. Vertailun kärjessä ovat Tanska ja Yhdysvallat, kuten myös vuonna 2021. Ruotsi sijoittuu vertailussa kolmanneksi. Myös Norja sijoittuu 15 kyvykkäimmän maan joukkoon. Tutkimuksen mukaan Pohjoismaat ovatkin verrattain kilpailukykyisiä hyödyntämään digitalisaatiota sekä yksityisellä että julkisella sektorilla.

¹ Sisältää menot ohjelmistoihin, laitteisiin, palveluihin, datakeskusjärjestelmiin ja viestintäpalveluihin.

3.4.2 Kohtaanto-ongelma ja osaamisvaatimusten muutokset

Työn saatavuus ja kohtaanto -raportin mukaan vuonna 2023 ammateittain tarkasteltuna sairaanhoitajat, lähihoitajat, muut ohjelmisto- ja sovelluskehittäjät sekä lastentarhaopettajat kärsivät voimakkaimmasta työvoimapulasta yli 16 €/h tienaavien palkkaluokassa (Työmarkkinatori, n.d.). Eri lääkäriammatit nousivat syyskuusta eteenpäin tilastoissa työvoimapulasta eniten kärsivien ammattiryhmien joukkoon. Pidemmän aikavälin tarkastelu osoittaa, että ohjelmisto- ja sovelluskehittäjien ammatti on kärsinyt työvoimapulasta tasaisesti jo 2016 loppuvuodesta lähtien. Vuonna 2023 kohtaanto-ongelma on ollut voimakkainta käsityöläisten, muualla luokiteltujen myyntityöntekijöiden, maan- ja vihannestenviljelyn sekä puutarhanharjoittajien keskuudessa. Yleissihteerit, talonrakentajat ja kirvesmiehet ovat kärsineet työvoiman ylitarjonnasta voimakkaimmin vuonna 2023. Kohtaanto-ongelma tarkoittaa tilannetta, jossa esiintyy samanaikaisesti sekä työttömyyttä että avoimia työpaikkoja (Työmarkkinatori, n.d.). Näin ollen tietyn ammatin kysyntä ja tarjonta eivät kohtaa. Ammateittain tarkasteltuna käsitteet työvoimapula ja työvoiman ylitarjonta liittyvät työvoiman kysynnän ja tarjonnan epätasapainoon. Työvoimapula tarkoittaa tilannetta, jossa ammatissa on tarjolla liian vähän työvoimaa (Työmarkkinatori, n.d.). Ylitarjonta tarkoittaa tilannetta, jossa työvoimaa on saatavilla liikaa työvoiman kysyntään verrattuna (Työmarkkinatori, n.d.).

Stenborg ja muut (2021, s. 48–49) korostavat teknologian merkitystä koulutuspolitiikan onnistuneessa toteutuksessa. Yritysten rekrytointi T&K-tehtäviin kasvattaa työn tuottavuutta pitkällä aikavälillä, mutta julkiset T&K-investoinnit eivät välttämättä lisää kansantalouden todellisia T&K-panoksia, mikäli ammattitaitoisesta työvoimasta on pula. Työvoimahaasteet tulevat näkymään erityisesti ICT-alalla, kun huomioidaan sen kasvu-ura ja johtava asema digitaalisten teknologioiden edelläkävijänä. Henry-Nickie ja muut, (2019) ennustavat ICT-alan kohtaavan työvoimaan liittyviä haasteita, kuten työntekijöiden osaamisen ja työpaikoilla edellytettävän osaamisen välisen kohtaanto-ongelman, ammattitaitoisten työntekijöiden puutteen ja korkeasti koulutettujen

työntekijöiden houkuttelemisen ja työmarkkinoilla pysymisen säännellyillä työmarkkinoilla.

Maailman talousfoorumin (2023, s. 11) työpaikkojen tulevaisuutta koskevan raportin mukaan ammateittain tarkasteltava työvoimapula on tieto- ja viestintäteknikka-alalla Euroopassa neljänneksi korkein vuonna 2022. Kolme korkeinta työvoimapulasta kärsivää toimialaa ovat rakentaminen ja siihen liittyvät ammatit (pl. sähköasentajat), metalli-, kone- ja konepajateollisuuden työntekijät sekä terveydenhuollon ammattilaiset. Raportin mukaan uusien ja edelläkävijäteknologioiden lisääntyvä käyttöönotto tulee olemaan merkittävin liiketoiminnan muutosta ajava makrotrendi vuosina 2023–2027, mikä edellyttää väistämättä osaavaa työvoimaa. Teknologioista big data -analytiikka, ilmastonmuutos- ja ympäristönhallintateknologia sekä salaus ja kyberturvallisuus tulevat olemaan raportin mukaan suurimmat työpaikkojen kasvua edistävät tekijät. Raportti ennustaa edelläkävijäteknologiaan liittyvien työtehtävien kysynnän kasvavan 30–35 prosenttia (1,4 miljoonaa) vuosina 2023–2027 (Maailman talousfoorumi, 2023, s. 33). Kasvava kysyntä on seurausta big dataan perustuvien edelläkävijäteknologioiden kehityksestä ja sen käyttöönoton kasvusta. Toimialoista erityisesti rahoituspalvelut (31 prosenttia), vähittäis- ja kulutustavaroiden tukkukauppa (37 prosenttia) sekä toimitusketjut ja kuljetus (42 prosenttia) sisältävät suurimman näihin työtehtäviin liittyvän kasvupotentiaalin. Tietotekniikan ja digitaalisen viestinnän osalta kasvuodotukset ovat maltillisemmat (8 prosenttia). Tekoälyn ja koneoppimisen asiantuntijoiden kysynnän kasvuarvio on 40 prosenttia eli 1 miljoonaa työpaikkaa tekoälyn ja koneoppimisen käytön edistämisen teollisuuden muutoksen seurauksena.

Tieto- ja viestintäteknikka voi sekä tukea että muuttaa työtehtäviä ja toisaalta taas poistaa ja luoda työpaikkoja. Kauhanen (2014, s. 8) havainnoi ICT:n ja erilaisten työtehtävien välistä suhdetta. Kommunikaatiota ja monimutkaista ajattelua edellyttävät asiantuntijatehtävät eivät ole korvattavissa tietotekniikalla ainakaan lyhyellä aikavälillä. Tietotekniikka voikin tarjota tukea näiden työtehtävien suorittamiseksi tarjoamalla tietoa esimerkiksi päätöksentekotilanteissa. Toisaalta kognitiiviset eli loogisilla säännöillä kuvatut työtehtävät sekä manuaaliset rutiinitehtävät ovat suoritettavissa tietotekniikalla.

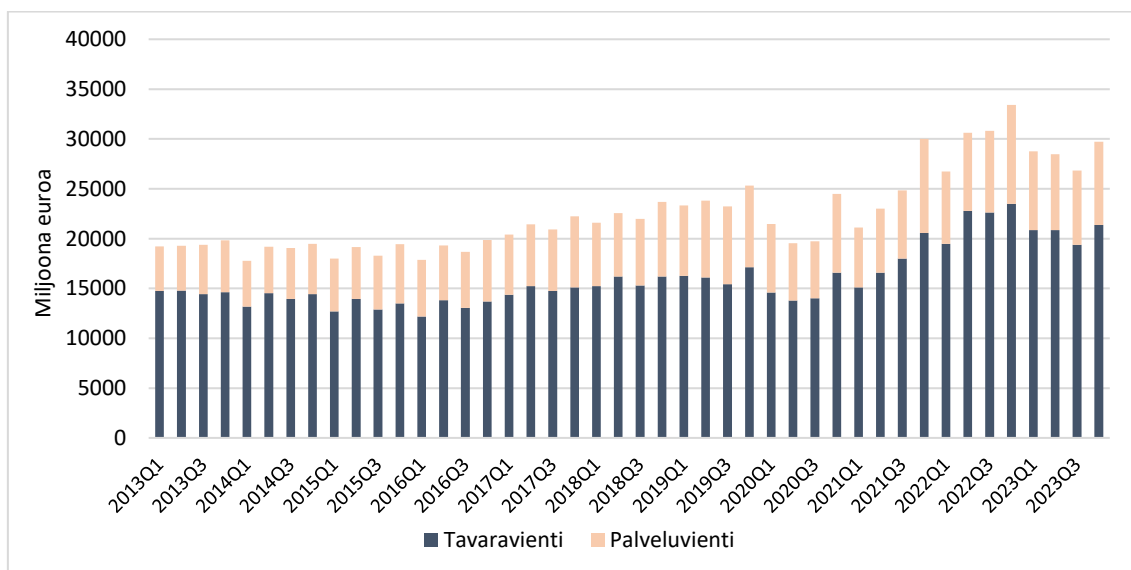
Tämän analyysin mukaan asiantuntijatyön työvoimaosuus tulee kasvamaan, kun taas rutiinitehtävien osuus tulee vähentymään.

3.4.3 Suomen suhteellinen etu ja korkeasti koulutettujen työntekijöiden kysyntä

Kauhanen (2014, s. 6) käsittelee kansainvälisen kaupan ja globaalin toimintaympäristön vaikutuksia Suomessa suoritettaviin työtehtäviin. Hän toteaa Suomessa tuotettavan työn olevan sellaista, joka voidaan tuottaa Suomessa kustannustehokkaimmin kansainvälisesti verrattuna. Tuottavuus, tuotantopanosten hinnat, kaupankäynti- ja kuljetuskustannukset ja toiminnan koordinoitukustannukset ovat kustannustehokkuuteen vaikuttavia tekijöitä. Kauhanen (2014, s. 6) pitääkin tärkeämpänä Suomessa suoritettavien työtehtävien kilpailukykyä kuin yritysten kilpailukyvyn merkitystä. ICT:n seurauksena yhä useammat työtehtävät on mahdollista suorittaa ulkomailla (Kauhanen, 2014, s. 7). Erityisesti korkean arvonlisän työtehtävät, kuten tutkimus- ja kehitys-, suunnittelu-, rahoitus- ja huoltotehtävät olisivat kestävän talouskasvun kannalta toivottuja Suomessa suoritettavia työtehtäviä. Työmarkkinat tarvitsevat tietenkin myös matalan arvonlisän töitä emmekä voi olettaa, että vain korkean arvonlisän työtehtävät tuottaisivat arvonlisää. Dorn ja Zweimüller (2021, s. 59) kirjoittavat korkeasti koulutettujen työntekijöiden kysynnän lisääntyneen maissa, jotka omaavat suhteellisen edun osaamisintensiivisissä tuotteissa. Kansainvälinen muuttoliike korkean tulotason maihin onkin muuttunut yhä osaamiskeskeisemmäksi, sillä korkeasti koulutetuilla työntekijöillä on keskeinen rooli nykypäivän osaamisintensiivisessä taloudessa (Kerr ja muut, 2016, s. 83). Lahjakkaat yksilöt antavat poikkeuksellisen suuren suoran panoksen läpimurtoinnovaatioiden ja tieteellisten keksintöjen seurauksena, sillä ne edistävät muiden toimijoiden toimintaa ja luovat sitä kautta talouskasvua ja parantavat tuottavuutta. Näin ollen ammattitaitoisten työntekijöiden liikkuvuus on erittäin tärkeä tekijä tuottavuuskasvun aikaansaamiseksi.

Tilastokeskuksen (2024) mukaan vuoden 2023 neljännen neljänneksen palvelutaseen 16 prosentin heikkenemistä selittää erityisesti osaamisintensiivisten televiestintä-,

tietotekniikka- ja tietopalveluiden viennin heikko kehitys. EK:n eli Elinkeinoelämän keskusliiton (2023) mukaan korkea teknologiaosaaminen ja insinööritaitoa edellyttävät tekniset palvelut ovat ominaisia Suomen palveluviennille. Vuonna 2022 televiestintä-, tietotekniikka- ja tietopalvelut ovat muodostaneet suurimman osan Suomen palveluviennistä. Tilastokeskuksen ulkomaankauppatilaston (2023) mukaan palveluviennin arvo tavara- ja palveluviennistä on noin 26–32 prosentin välillä per vuosineljännes. EK (n.d.) huomauttaakin tilastoitujen palveluiden määrään liittyvästä epätarkkuudesta. Esimerkiksi tuotekehitys ja markkinointi muodostavat suuren osan tavaroiden tuotannosta, ja näiden palveluiden osuus kirjautuu teollisuustuotannoksi. Mikäli palvelut sisältyvät tavaran hintaan, ne kirjautuvat tavaravienniksi eikä palveluvienniksi. Tilastokeskuksen tavaroiden ja palveluiden ulkomaankauppatilaston (2024b) mukaan palveluvienti muodostaa noin kolmasosan viennistä (ks. kuvio 5). Näin ollen kaksi kolmasosaa Suomen viennistä koostuu tavaraviennistä.



Kuvio 5. Suomen tavara- ja palveluvienti vuosineljänneksittäin vuosina 2013–2023 (Tilastokeskus, 2024b).

Vuosina 2013–2023 suurin osa palveluviennistä muodostuu televiestintä-, tietojenkäsittely- ja tietopalveluiden (TTT) viennistä, jonka osuus on noin kolmannes koko palveluviennistä vuosineljänneksittäin tarkasteltuna (Tilastokeskus, 2024b).

Vuosina 2020–2021 palveluviennin osuus kokonaisviennistä nousi yli 40 prosenttiin, mutta putosi 30 prosenttiin koronakriisin seurauksena vuoden 2022 toisella vuosineljänneksellä. Vuoden 2023 neljännellä vuosineljänneksellä tavaraviennin arvo oli 21 353 miljoonaa euroa ja palveluviennin arvo 8 356 miljoonaa euroa. Palveluviennistä 2 686 miljoonaa euroa muodostui TTT-viennistä. Elinkeinoelämän keskusliiton (EK, n.d.) mukaan metsäteollisuus muodostaa edelleen suuriman osan Suomen tavaraviennistä. Tullin ulkomaankauppatilaston (2023) mukaan vuonna 2023 kymmenen suurinta vientituotetta ovat öljytuotteita, metsäteollisuuden tuotteita, metalleja sekä koneita ja laitteita. Voidaankin olettaa, että Suomi vie tavaroita ja palveluita, joissa sillä on suhteellinen etu. Toisaalta tuotannon siirtyminen korkean tuottavuuden aloilta (teollisuus) matalan tuottavuuden palvelualoille on muuttanut Suomen viennin rakennetta viime vuosina. Erityisesti viennin suurin erä TTT-vienti edellyttää korkean osaamisen työvoimaa, ja myös Suomen tavaraviennin pääluokat edellyttävät korkeaa osaamista. Tämä havainto tukee Dornin ja Zweimüllerin (2021) päätelmiä osaamisintensiivisten tuotteiden työntekijäkysynnästä.

3.5 Tuottavuuskasvun edistäminen ja kansallinen politiikka

Vaikka tuottavuuskasvu syntyy yrityksissä ja yhteisöissä, tuottavuutta parantavaa innovointia ja jo olemassa olevien ideoiden hyödyntämistä tukevalla talouspolitiikalla on suuri merkitystä tuottavuuskasvua tarkasteltaessa (Pohjola, 2021, s. 21). Tuotantopanosten siirtyminen matalan tuottavuuden toimialoilta korkean tuottavuuden aloille on edellytys tuottavuuskasvun aikaansaamiseksi. Lopez-Garcia ja Szörfi (2021) toteavat EU-maiden tuottavuuskasvua käsittelemässään julkaisussa kansallisella politiikalla olevan päävastuu tuottavuuskasvua edistävien olosuhteiden luomisessa. Kansallinen finanssi- ja rakennepolitiikka voivat vahvistaa tuottavuuden kasvua edistämällä työ-, tuote- ja rahoitusmarkkinoiden tehokkuutta. Myös institutionaaliset toiminnot, kuten laadukas koulutus ja julkinen hallinto sekä oikeusvaltio luovat toimintaedellytyksiä kilpailukykyiselle liiketoimintaympäristölle, edistäen tuottavuuskasvulle keskeistä teknologista kehitystä ja innovointia. Kansallisilla

politiikkatoimilla on näin ollen runsaasti mahdollisuuksia luoda kannustimia ja edellytyksiä tuottaville investointi- ja innovaatiopäätöksille, jotka määrittävät tuottavuuden pitkän aikavälin kasvun. Biagi (2013, s. 7) toteaa institutionaalisten tekijöiden vaikutuksia mittaavien tutkimusten osoittaneen sekä työ- että tuotemarkkinasäädösten vähentäneen kannustimia investoida tieto- ja viestintäteknikkaan ja sitä täydentäviin tuotannontekijöihin, kuten organisaatio- ja hallinnolliseen pääomaan. Tämä saattaa selittää EU:n Yhdysvaltoja alhaisempia investointeja sekä ICT- toimialoilla että ICT:tä hyödyntävillä toimialoilla.

Valtiovarainministeriö (2023, s. 45) kuvaa tutkimus- ja tuotekehitysinvestointien sekä ohjelmisto- ja tietokantainvestointien vähenevän vuonna 2023. Vuonna 2021 kyseiset investoinnit kasvoivat huomattavasti. Suomi tavoittelee T&K-rahoituksen osuuden nostoa 4 prosenttiin BKT:stä vuoteen 2023 mennessä, mikä tukee T&K-investointien kasvua tulevana vuosina. Lisäksi kasvua tulevat edesauttamaan vuonna 2023 voimaantullut T&K-investointien verovähennyskelpoisuus sekä investointeja lisäävät EU:n elpymis- ja palautustukivälineestä maksetut lainat ja tuet. Lisäksi tuotantotapoja muuttava teknologinen kehitys tulee edellyttämään panostuksia T&K-investointeihin. Stenborg ja muut (2021, s. 50) nostavat esiin tuottavuusparannusten tarpeettomien viiveiden merkityksen kansantalouden tuottavuuteen. Ali-Hyrkön ja Malirannan suomalaisella yritysaineistolla toteutettu (2006, s. 11) tutkimus osoittaa, että T&K-panosten pitkän aikavälin vaikutukset näkyvät yrityksen tuottavuudessa täysimääräisesti vasta neljän vuoden kuluttua. Mitä lyhyemmät tuottavuusvaikutuksiin vaikuttavat viiveet ovat, sitä enemmän yritykset käyttävät uusinta teknologista osaamista tuottavasti ja sitä korkeampi on kansantalouden tuottavuuden taso (Stenborg ja muut, 2021, s. 16).

4 Empiirinen analyysi työn tuottavuudesta

Tämän tutkielman tavoitteena on tarkastella aineettoman pääoman vaikutusta työntekijäkohtaiseen tuottavuuteen Nace Rev. 2 toimialaluokituksen mukaisen toimiala-aineiston avulla vuosina 2000–2018. Aineeton pääoma muodostuu tutkielmassa työntekijäkohtaisesta ICT-, OC- ja T&K-pääomasta. Lisäksi tutkielma havainnoi työntekijäkohtaisen kiinteän pääoman vaikutusta työntekijäkohtaiseen tuottavuuteen. Tarkastelen myös muuttujien välisiä suhteita sekä maahanmuuttajatyöntekijöiden ja inhimillisen pääoman vaikutuksia työntekijäkohtaiseen arvonlisään. Taulukko 1 kuvaa aineiston kokoamisen ja tutkimuksen mallintamisen vaiheet. Tutkielma pohjautuu luvussa kaksi esitettyyn teoreettiseen viitekehykseen. Empiirinen osuus alkaa tutkimusasetelman ja aineiston esittelyllä, jonka jälkeen kuvaan tutkielmani tutkimusmenetelmän. Luvun lopuksi esitän empiirisen osuuden tuottamat tulokset ja analysoin niitä.

Taulukko 1. Tutkimuksen mallintamisen pääkohdat.

1	Aineettoman pääoman ja työn tuottavuuden (arvonlisäys/työtunti) aineistojen yhdistäminen Nace Rev. 2-toimialaluokituksen mukaisesti vuosina 2000–2018
2	Kunkin aineettoman pääoman (organisaatio, T&K, tieto- ja viestintätekniikka) työntekijäkohtaisten osuuksien laskeminen
3	Työntekijäkohtaisen arvonlisän laskeminen
4	Kunkin aineettoman pääoman vaikutusten mallintaminen työntekijäkohtaiseen arvonlisään kiinteiden vaikutusten regressiomallilla
5	Maahanmuuton ja inhimillisen pääoman mallintaminen mukaan regressiomalliin
6	Toimialakohtaisten eroavaisuuksien mallintaminen

4.1 Tutkimusasetelma ja aineiston esittely

Nace Rev. 2-toimialaluokituksen mukainen toimialakohtainen tuottavuuskasvutilasto on saatu Tilastokeskuksen tilastokannasta. Aineeton pääoma perustuu ammattipohjaiseen lähestymistapaan aineettomien hyödykkeiden mittaamisessa. Horisontti 2020 GLOBALINTO -projektin ja 7. puiteohjelman Innodrive-projektin työhön perustuva lähestymistapa keskittyy aineettomien hyödykkeiden omaan käyttöön valmistetun

tuotannon arviointiin sisältäen näiden hyödykkeiden tuottamiseen tarvittavat työvoima-, väli- ja pääomakustannukset. Aineisto on ammatti- ja palkkatulotiedot yhdistettynä väli- ja aineelliseen pääomaan, jota käytetään aineettoman hyvän luomisessa (ks. menetelmästä tarkemmin Piekkola, H., Bloch, C., Rybalka, M., & Redek, T. 2024 Intangible Assets and Productivity: An Occupation -perustuva lähestymistapa aineettomiin hyödykkeisiin, tuottavuuteen ja talouskasvuun (s. 103–127) kirjassa Intangible Assets, Productivity and Economic Growth, Routledge). Aineisto on aggregoitu toimialakohtaiseksi Nace 2-numerotasolla. Toimialakohtainen aineisto käsittää toimialat, jotka sisältyvät myös toimialakohtaiseen työn tuottavuusaineistoon (arvonlisäys/työtunti). Tarkastelen aineistoa tutkielmani empiirisessä osuudessa Stata-analyysityökalua hyödyntäen. Olen ryhmitellyt toimialat yhdeksään ryhmään niiden teknologian hyödyntämisen tason perusteella. Aineiston toimialat, niiden ryhmittely sekä yritysten keskiarvoinen vuosittainen lukumäärä toimialoilla on kuvattuna taulukossa 2.

Taulukko 2. Nace Rev. 2 luokituksen mukaiset toimialat ja yritysten lukumäärä.

Käytetty luokittelu	Sisältää Nace Rev. 2 luokituksen mukaiset toimialat	Lukumäärä	Keskiarvo
Erittäin korkean teknologian valmistus	21 Lääkeaineiden ja lääkkeiden valmistus	19	19
	26 Tietokoneiden sekä elektronisten ja optisten tuotteiden valmistus	19	385
Korkean ja keskitason teknologian valmistus	20 Kemikaalien ja kemiallisten tuotteiden valmistus	19	183
	27 Sähkölaitteiden valmistus	19	310
	28 Muiden koneiden ja laitteiden valmistus	19	1 113
	29 Moottoriajoneuvojen, perävaunujen ja puoliperävaunujen valmistus	19	190
	30 Muiden kulkuneuvojen valmistus	19	219
Matalan ja keskitason teknologian valmistus	22 Kumi- ja muovituotteiden valmistus	19	451
	23 Muiden ei-metallisten mineraalituotteiden valmistus	19	517
	24 Metallien jalostus	19	114
	25 Metallisuotteiden valmistus (pl. Koneet ja laitteet)	19	3 199
	33 Koneiden ja laitteiden korjaus, huolto ja asennus	19	1 513

	35 Sähkö-, kaasu- ja lämpöhuolto, jäähdytysliiketoiminta	19	287
	B05TB09 Mineraalien kaivu	19	489
Matalan teknologian valmistus	C10TC12 Elintarviketeollisuus ym.	19	1 198
	16 Sahatavaran sekä puu- ja korkkituotteiden valmistus (pl. huonekalut); olki- ja punontatuotteiden valmistus	19	1 330
	17 Paperin, paperi- ja kartonkituotteiden valmistus	19	147
	18 Painaminen ja tallenteiden jäljentäminen	19	746
	C13TC15 Tekstiiliteollisuus	19	1 272
	C31_C32 Muu valmistus ml. huonekalut	19	1 512
Osaamisintensiiviset alat (KIS)	50 Vesiliikenne	19	176
	51 Ilmaliikenne	19	30
	58 Kustannustoiminta	19	610
	61 Televiestintä	19	198
	J59_J60 Audiovisuaalinen toiminta	19	705
	M74_M75 Muut liike-elämän palvelut ja eläinlääkintä	19	3 280
	91 Kirjastojen, arkistojen, museoiden ja muiden kulttuurilaitosten toiminta	19	27
	93 Urheilutoiminta sekä huvi- ja virkistyspalvelut	19	1 437
	R90TR92 Kulttuuritoiminta ja rahapelit	19	1 026
ICT-palvelut	J62_J63 Tietojenkäsittelypalvelu	19	3 221
T&K-palvelut	71 Arkkitehti- ja insinööripalvelut; tekninen testaus ja analysointi	19	4 678
	72 Tieteellinen tutkimus ja kehittäminen	19	205
OC-palvelut	73 Mainostoiminta ja markkinatutkimus	19	1 883
	M69_M70 Liikkeenjohdon palvelut	19	7 027
Yksityiset peruspalvelut	45 Moottoriajoneuvojen ja moottoripyörien tukku- ja vähittäiskauppa sekä korjaus	19	5 082
	46 Tukkukauppa (pl. moottoriajoneuvojen ja moottoripyörien kauppa)	19	8 144
	47 Vähittäiskauppa (pl. moottoriajoneuvojen ja moottoripyörien kauppa)	19	12 409
	49 Maaliikenne ja putkijohtokuljetus	19	12 569
	52 Varastointi ja liikennettä palveleva toiminta	19	944
	53 Posti- ja kuriiritoiminta	19	199
	I55_I56 Majoitus- ja ravitsemistoiminta	19	6 793

Tutkielman paneeliaineisto koostuu vuosina 2000–2018 kerätyistä toimialakohtaisista havainnoista. Havaintojen lukumäärä on 779. Kaikki vuosittaiset toimialahavainnot perustuvat vähintään 12 yrityksen tietoihin, ja mediaaniyritysten määrä on 2 094 yritystä. Inhimillisen pääoman määrää toimialan yrityksissä kuvaa keskimääräisten koulutusvuosien määrä yritysten työntekijöillä (avg_eduyear). Lisäksi aineistossa on eritelty korkeakoulutettu (empsk) ja ei-korkeakoulutettu (empunsk) työvoima. Toimialakohtainen aineeton pääoma koostuu ansiotuloista lasketusta T&K- eli tutkimus- ja kehittämispääomaosuudesta, ICT-pääomaosuudesta, OC- eli organisaatiopääomaosuudesta ja kiinteästä pääomaosuudesta (koneet ja laitteet). Mallinnan MPF:n logaritmistien muuttujien, arvonlisäys (lnvaladd), kiinteä pääoma (lnk), organisaatiopääoma (lnoc), T&K-pääoma (lnrnd), ICT-pääoma (lnict) ja työntekijöiden kokonaismäärä (lnempall), avulla. Malli tulkitsee MFP:n eli kokonaistuottavuuden kasvuvauhdiksi sen osan, joka ei selity edellä mainittujen tekijöiden avulla. Taulukko 3 kuvaa aineiston muuttujien tilastolliset tunnusluvut (σ on standardipoikkeama).

Taulukko 3. Muuttujien tilastolliset tunnusluvut.

Muuttuja	Lkm.	Keskiarvo	σ	$2*\sigma$	Pienin arvo	Suurin arvo
Arvonlisä/L	779	76,8	47,1	94,2	13,9	336,8
K	779	4 819 860	4 723 260	9 446 520	8 846,6	34 700 000
K/L	779	206,7	78,6	157,2	44,2	573,1
OC/L	779	7,2	15,1	30,2	0,4	94,4
ICT/L	779	10,6	8,2	16,4	1,2	65,5
T&K/L	779	45,1	50,1	100,2	2,7	398
L	779	25 204	25 254,8	50 509,6	200	167 944
L _{maahanmuuttajat} /L	779	0,03	0,02	0,04	0,01	0,13
L _{korkeakoulutetut}	779	6 545,1	7 600,7	15 201,4	27	44 811
L _{ei-korkeakoulutetut}	779	18 659	23 248,6	46 497,2	173	144 404,3
K _m	779	10,7	1,1	2,2	9,3	14,9
koulutusvuodet						
D.log ICT/L	738	-0,01	0,13	0,26	-1,00	1,07
D.log T&K/L	738	0,02	0,12	0,24	-1,04	0,90

4.2 Tutkimusmenetelmä

Tutkielma tarkastelee eri muuttujien vaikutusta työntekijäkohtaiseen tuottavuuteen (Inval_emp), jota mitataan työntekijäkohtaisella arvonlisällä. Kiinteiden vaikutusten regressiomalli (Fixed Effect Regression Model) huomioi kiinteät vaikutukset (fixed effects) jokaiselle paneeliaineiston havaintoyksikölle, jotka voivat vaikuttaa selitettävän muuttujan arvoihin. Toisin sanoen malli olettaa, että havaintoyksiköillä on kiinteät, vakioiset vaikutukset, jotka eivät muutu ajan tai muiden muuttujien suhteen. Malli onkin hyödyllinen, sillä jotkut toimialat ovat tuottavampia havaitsemattoman heterogeenisuuden vuoksi esimerkiksi parempien johtamiskäytäntöjen ja/tai markkinarakenteiden vuoksi (Cardona ja muut, 2023, s. 114). Beta-kertoimet ilmaisevat tuotoksen (y) muutoksen, kun muuttujat muuttuvat yhden yksikön verran ajassa t . Mallissa kaikki aineettoman pääoman muuttujat ovat logaritmitransformaatioita, joten mallin tulkinta on seuraava: kun muuttuja kasvaa 1 prosentin ajanhetkellä t , työntekijäkohtainen arvonlisä (y) muuttuu β prosenttia (jousto). P-arvoilla testataan hypoteesia, jonka mukaan kukin kerroin eroaa 0:sta. Tutkimukseni hypoteesit ovat:

$$H_0: \text{Aineettoman pääoman regressiokerroimet } \beta_i = 0. \quad (6)$$

$$H_1: \text{Ainakin yksi aineettoman pääoman regressiokerroin } \beta_i \neq 0 \quad (7)$$

P-arvo, joka on pienempi kuin 0,001 (***) ; 0,01 (**) tai 0,05 (*) hylkää nollahypoteesin ja todistaa, että muuttujalla on tilastollisesti merkitsevä vaikutus selitettävään muuttujaan 99,9 (***) ; 99 (**) tai 95 (*) prosentin merkitsevyystasolla. Tarkastelen muuttujien välisiä suhteita seuraavan regressiomallin mukaisesti:

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_n x_n + \mu, \quad (8)$$

Jossa y = selitettävä muuttuja, x_1, x_2 ja x_n = selittäviä muuttujia, β_0 = vakiotermi, β_1, β_2 ja β_n = selittävien muuttujien kertoimia ja μ = virhetermi, joka sisältää esimerkiksi mittausvirheistä tai huomiotta jätetyistä selittävästä muuttujista aiheutuneen, havaitsemattoman vaikutuksen selitettävään muuttujaan. Tutkielmassa käytetty

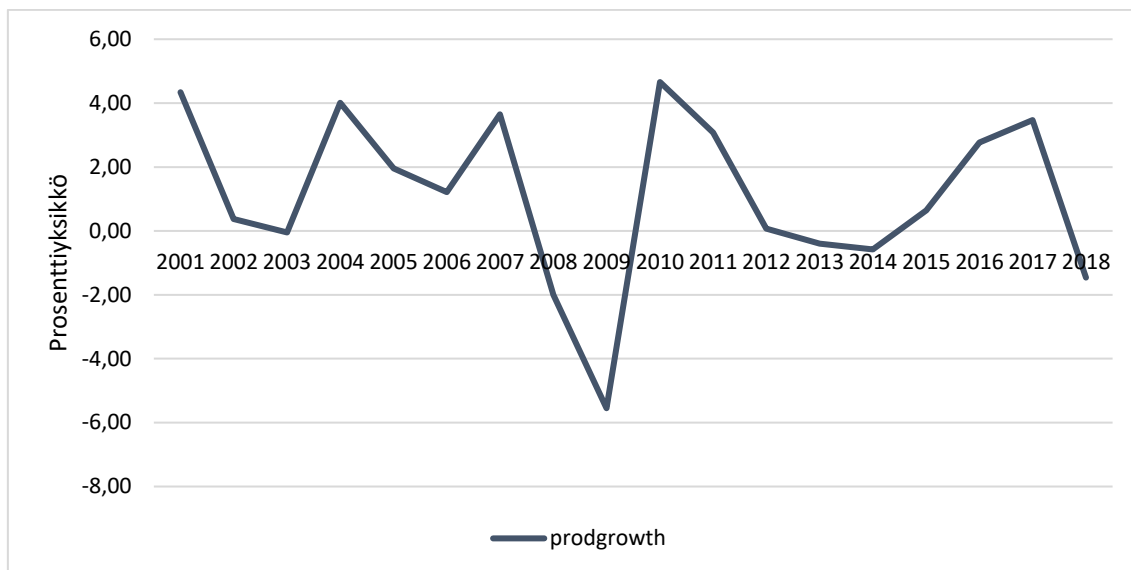
komento muuntaa laadulliset muuttujat tarvittaessa dummy-muuttujiksi. Jotta selittävien muuttujien kertoimien estimointi onnistuu harhattomasti, aineiston tulisi täyttää seuraavat ehdot: selittävien muuttujien tulee olla eksogeenisiä eli muuttujat eivät korreloi virhetermin kanssa, otos on satunnaisotos, aineistossa ei ole ääriarvoja eikä muuttujien välillä ei ole täydellistä multikollinearisuutta.

4.3 Tutkimustulokset ja analyysi

Tämä luku esittää regressiotulokset sekä kuvailevia tilastoja muuttujien kehityksestä vuosina 2000–2018. Esitän regressiotulokset toimialojen kesimääräisinä kertoimina, mutta nostan esiin toimialojen ja muuttujien välisiä interaktioita regressiotuloksissa sekä toimialakohtaisia poikkeavuuksia muuttujien kehityksessä yli ajan.

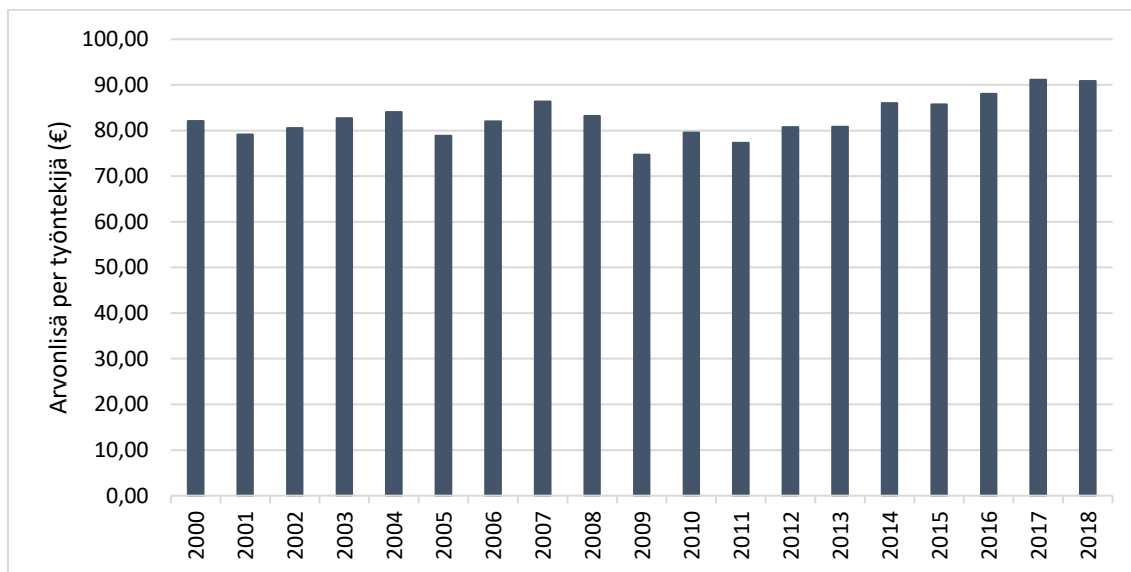
4.3.1 Muuttujien tilastollinen kuvaus

Kuvio 6 kuvaa aineiston 41 toimialan keskimääräistä työn tuottavuuskasvua Suomessa vuosina 2000–2018. Kuvaajan mukaan tuottavuuskasvu on vaihdellut tarkastelujaksolla ja sen keskiarvo on 1,30 prosenttiyksikköä. Työn tuottavuuskasvu oli negatiivista finanssikriisin aikaan vuosina 2008–2009 ja jatkui laskusuuntaisena vuoteen 2014 saakka. Tuottavuuskasvu oli negatiivista myös eurokriisin aikaan vuodesta 2012 eteenpäin. Suomen tuottavuuskasvu kääntyi kasvuun vuoden 2014 jälkeen, mutta kääntyi jälleen laskuun vuonna 2018. Tuottavuuskasvu oli korkeimmalla tasolla vuonna 2010 ollen 4,66 prosenttiyksikköä. Työn tuottavuuskasvu ei ole onnistunut nousemaan Suomessa kestäväälle tasolle finanssikriisin jälkeen. Kuten kuvan luvun 3 alussa, Pohjola (2021, s. 5) toteaa Suomen tuottavuuskasvun lähes pysähtyneen vuodesta 2007 eteenpäin.



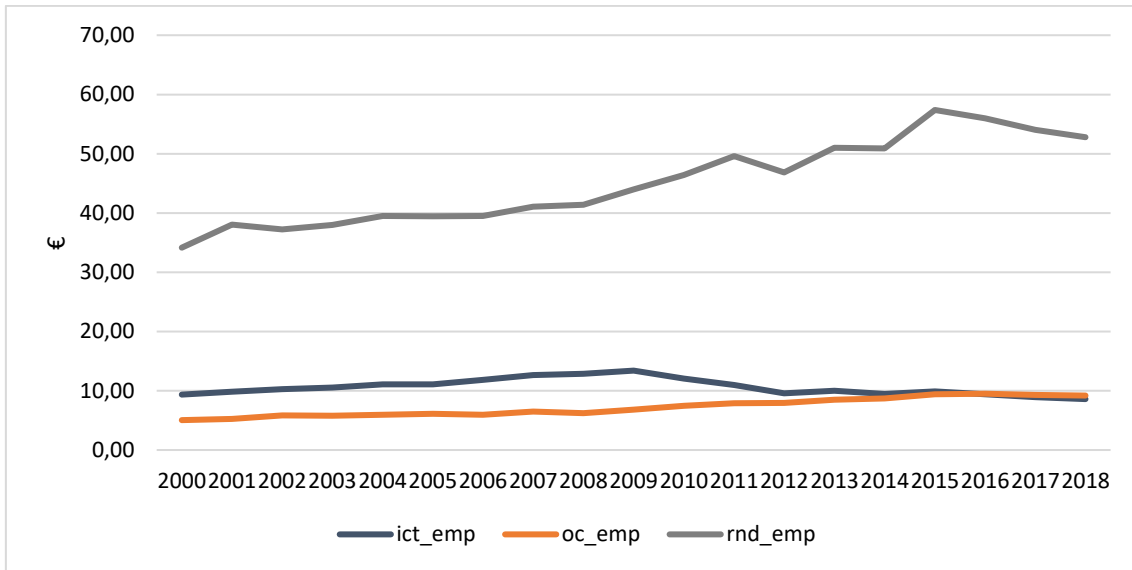
Kuvio 6. Keskimääräinen tuottavuuskasvun muutos vuosina 2000–2018 (arvonlisäys/työtunti).

Kuvio 7 kuvaa keskimääräistä toimialakohtaista arvonlisää per työntekijä vuosina 2000–2018. Keskiarvo on painotettu toimialakohtaisella arvonlisäyksellä. Kuten kuvio osoittaa, arvonlisä per työntekijä on pysynyt melko tasaisena tarkastelujakson ajan. Tämä havainto tukee luvussa kolme kuvattuja tutkimustuloksia Suomen tuottavuuskehityksestä. Työntekijäkohtaisessa arvonlisässä on toimialakohtaisia eroja. Yksittäisiä toimialoja tarkasteltaessa suurimman työntekijäkohtaisen arvonlisän toimialoja ovat sähkö-, kaasu- ja lämpöhuolto, jäähdytysliiketoiminta (35), lääkeaineiden ja lääkkeiden valmistus (21) ja kulttuuritoiminta ja rahapelit (R90TR92). Tätä selittänee toimialojen korkean teknologian käyttö ja korkea-asteinen erikoistuminen.



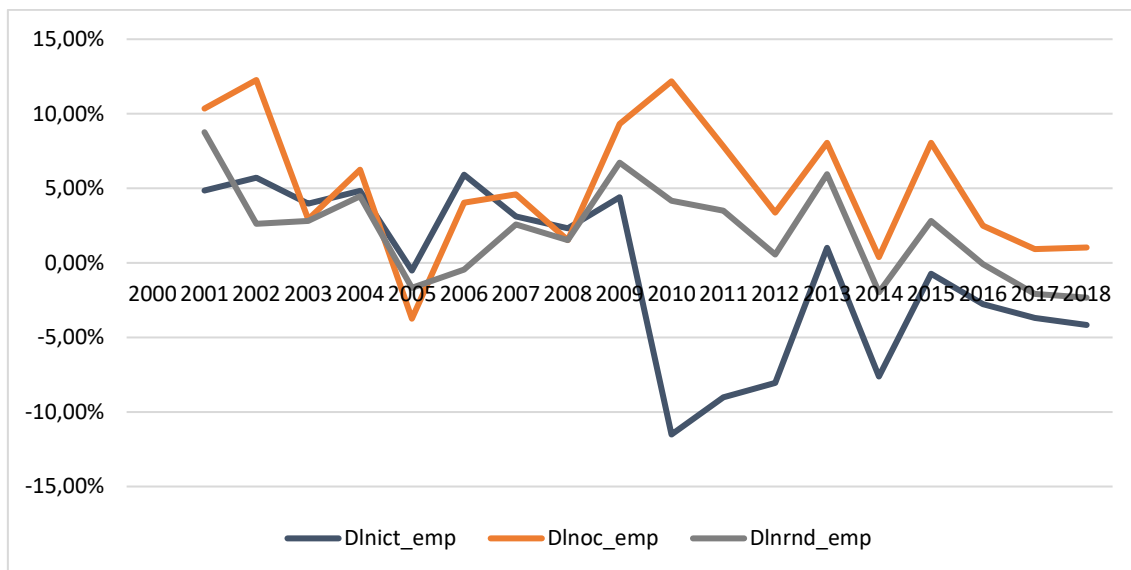
Kuvio 7. Keskimääräinen arvonlisä per työntekijä (val_emp-muuttuja) toimialakohtaisella arvonlisäyksellä painotettuna.

Kuvio 8 kuvaa toimialojen ICT-, OC- ja T&K-työntekijöiden keskimäärää kaikista työntekijöistä. Muuttujat ict_emp, oc_emp ja rnd_emp on laskettu kunkin pääoman määrä/työntekijöiden toimialakohtaisella kokonaismäärällä. Toimialojen T&K-pääoma on huomattavasti suurempi kuin ICT- tai OC-pääoma, mikä selittää osaltaan suurempaa T&K-työntekijöiden määrää ICT- ja OC-työntekijöihin verrattuna. Kaikki toimialat huomioiden OC-investoinnit per työntekijä keskiarvo on 1,550 €, ICT-investoinnit per työntekijä keskiarvo on 3,272 € ja T&K-investoinnit per työntekijä keskiarvo on 7,077 €. Työntekijäkohtaisten OC-investointien vaihteluväli on [0; 21,810] €, ICT-investointien vaihteluväli [0,076; 17,824] € ja T&K-investointien vaihteluväli [0; 37,952] €. Tarkasteltaessa aineettoman pääoman investointeja per työntekijä T&K-investoinnit ovat investoinneista korkeimmat, mutta toisaalta T&K-investointien vaihteluväli on suurin. Tämä kuvastaa erityisesti työntekijäkohtaisten T&K-investointien vaihtelua toimialojen välillä.



Kuvio 8. Toimialojen keskimääräinen työntekijäkohtainen ICT-, OC, ja T&K-pääoma vuositasolla.

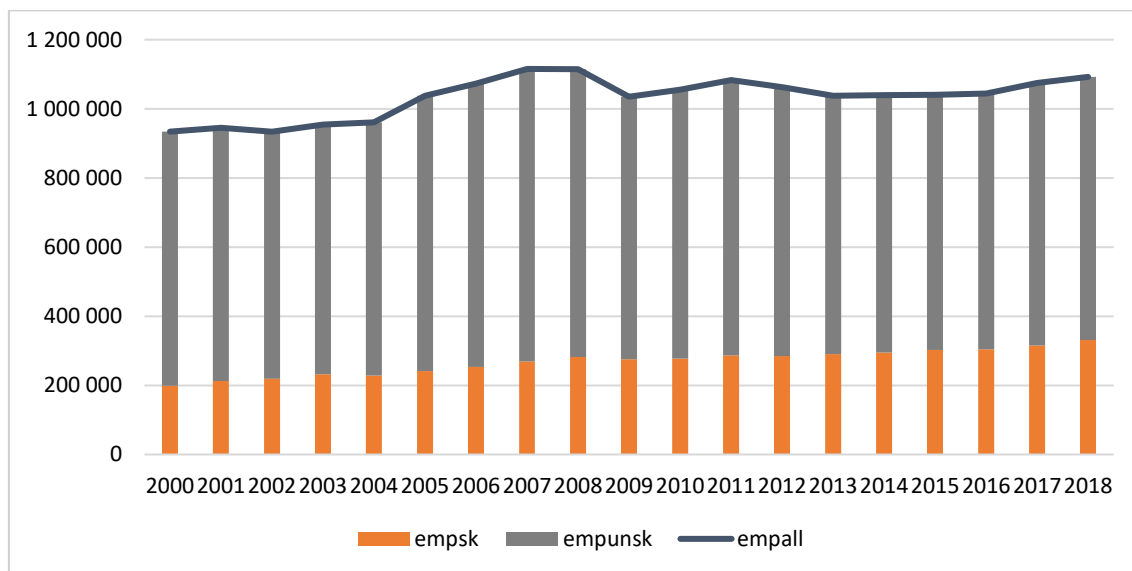
Kuvio 9 kuvaa työntekijäkohtaisten logaritmikasvuprosenttien muutoksia vuosina 2000–2018. Kuten kuvio osoittaa, ICT-pääoman logaritminen negatiivinen muutos finanssikriisin aikana on ollut huomattavasti voimakkaampi muiden aineettoman pääomien intensiteettien muutoksiin verrattuna. Tämä selittyy ICT-investointien ajoituksen yhteydellä positiiviseen talouskasvuun. Toisaalta ICT-investoinnit vaikuttavat myös muiden aineettoman pääomien investointeihin, sillä yritykset tarvitsevat usein muitakin aineettoman pääoman investointeja ICT-investointien rinnalla. Kuten kuvio 9 osoittaa, myös OC- ja T&K-pääomien kasvu per työntekijä ovat kääntyneet laskuun finanssikriisin jälkeen. Työntekijäkohtainen ICT-pääoman kasvu on laskenut kuitenkin voimakkaimmin finanssikriisin jälkeen. Aineettoman pääoman tuotantopanoksista työntekijäkohtaisen OC-pääoman logaritminen kasvu näyttää olevan korkeinta muiden aineettoman pääoman logaritmiin kasvuprosentteihin verrattuna.



Kuvio 9. Toimialojen työntekijäkohtaisen ICT-, T&K ja OC-pääomien logaritmitiset kasvuprosenttien vaihtelu yli ajan.

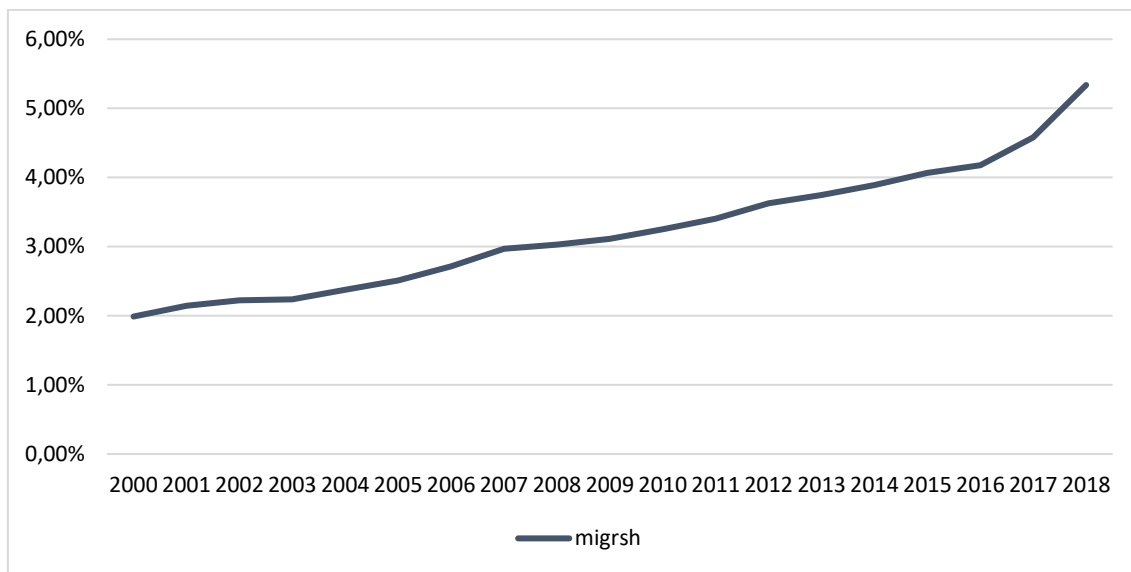
Kuvio 10 kuvaa työntekijöiden kokonaismäärän, korkeakoulutettujen ja ei-korkeakoulutettujen työntekijöiden määrien kehitystä. Työntekijöiden kokonaismäärä on pysynyt melko vakaana ja kasvanut 158 348 henkilöllä vuodesta 2000 vuoteen 2018. Finanssikriisin aikaan sekä työntekijöiden kokonaismäärässä että ei-korkeakoulutettujen määrässä on havaittavissa lievää pudotusta. Aineistossa yhteenlasketut korkeakoulutetut työntekijät ja ei-korkeakoulutetut työntekijät muodostavat työntekijöiden kokonaismäärän. Korkeakoulutetut työntekijät muodostavat työntekijöiden kokonaismäärästä vain 21–30 prosenttia tarkastelujaksolla. Toisaalta korkeakoulutettujen osuus on noussut vuosittain prosenttiyksikön tai pysynyt vähintään samalla tasolla kuin edellisvuonna. Ei-korkeakoulutetut työntekijät sisältävät kaikki työntekijät, jotka eivät omaa korkeakoulutusta. Tämä voi osaltaan vaikuttaa ei-korkeakoulutettujen huomattavasti suurempaan osuuteen työntekijöistä. Korkein määrä ei-korkeakoulutettuja työntekijöitä keskiarvoja verrattaessa on toimialoilla vähittäiskauppa (47), maaliikenne ja putkijohtokuljetus (49) ja majoitus- ja ravitsemistoiminta (155_156). Tätä saattaa selittää niin työtehtävien suorittava luonne kuin se, että näiden toimialojen työntekijät kouluttautuvat toimialan ammatteihin ammattikoulussa, joka on toisen asteen koulutus. Korkein määrä korkeakoulutettuja

työntekijöitä on toimialoilla arkkitehti- ja insinööripalvelut; tekninen testaus ja analysointi (71), tietojenkäsittelypalvelu (J62_J63) ja tietokoneiden sekä elektronisten ja optisten tuotteiden valmistus (26).



Kuvio 10. Työntekijöiden yhteenlasketun kokonaismäärän, korkeakoulutettujen ja ei-korkeakoulutettujen määrien kehitys vuosina 2000–2018.

Kuvio 11 kuvaa toimialojen keskimääräistä ulkomaalaisten osuutta kaikista työntekijöistä vuosina 2000–2018. Kuvion mukaan ulkomaalaisten työntekijöiden osuus on noussut läpi tarkastelujakson, erityisesti vuodesta 2016 eteenpäin. Korkein ulkomaalaisten työntekijöiden osuus on toimialalla muut liike-elämän palvelut ja eläinlääkintä (M74_M75). Maahanmuuttajien määrä on noussut vuodesta 2015 eteenpäin erityisesti toimialoilla muut liike-elämän palvelut ja eläinlääkintä (M74_M75), majoitus- ja ravitsemistoiminta (I55_I56), moottoriajoneuvojen, perävaunujen ja puoliperävaunujen valmistus (29), tieteellinen tutkimus ja kehittäminen (72), tietojenkäsittelypalvelu (J62_J63) ja posti- ja kuriiritoiminta (53). Alhaisin ulkomaalaisten työntekijöiden osuus on matalan teknologian valmistuksen toimialoilla. Laajemmin tarkasteltuna ulkomaalaisten osuus työntekijöistä on noussut kaikilla toimialoilla.



Kuvio 11. Keskimääräinen maahanmuuttajien osuus kaikista työntekijöistä (migrsh collapsed).

Kuvio 12 kuvaa toimialojen MFP:n eli kokonaistuottavuuden yhteenlaskettua arvoa vuosina 2000–2018. MFP on laskettu kiinteiden vaikutusten regressiomallilla, jossa muuttujina ovat log arvonlisä, log kiinteä pääoma, log T&K-pääoma, log OC-pääoma, log ICT-pääoma ja log työntekijöiden kokonaismäärä. MFP vaihtelee voimakkaasti läpi tarkastelujakson. Kokonaistuottavuus oli huipussaan ennen finanssikriisiä vuonna 2007 saavuttaen arvon 3,467. Heikointa kokonaistuottavuus oli finanssikriisin aikaan, ja alhaisin kokonaistuottavuuden arvo oli vuonna 2009, jolloin kokonaistuottavuuden arvo oli -4,209. Kuten kuvio osoittaa, MFP on kääntynyt kasvuun vuonna 2015 ja jatkanut noususuuntaisena sen jälkeen. Vaikka kuvio 6 osoitti tuottavuuskasvun kääntyneen jälleen laskuun vuonna 2017, MFP:n kehitys on ollut kasvusuuntaista vuodesta 2017 vuoteen 2018. Kasvu ei ole ollut kuitenkaan yhtä voimakasta kuin vuosina 2015–2017.



Kuvio 12. Toimialojen yhteenlaskettu MFP vuosina 2000–2018.

4.3.2 Regressiotulokset

Taulukko 4 esittää kiinteiden vaikutusten regressiomallien regressiotulokset vuosina 2000–2018. Regressiot mallintavat selittävien muuttujien vaikutuksia tuottavuuteen per työntekijä. Taulukossa 4 esitetyissä regressioissa on mukana 738 havaintoa, sillä ICT- ja T&K-pääomaintensiteettimuuttujat ovat kasvumuuttujia ja näin ollen pienentävät otoskokoa 41 havainnolla. Aineettoman pääoman intensiteettimuuttujat ICT-pääoma (ICT/L), OC-pääoma (OC/L) sekä T&K-pääoma (T&K/L) toimivat selittävinä tekijöinä jokaisessa kuudessa regressiomallissa. Mallit 1–4 ovat log-log-regressiomalleja, jossa selittävän muuttujan kerroin ilmaisee, kuinka paljon selitettävä muuttuja muuttuu prosentuaalisesti, kun kyseinen selittävä muuttuja kasvaa yhdellä prosentilla. ICT:n ja T&K:n osalta selittäjänä käytetään prosentuaalista kasvua. Mallissa 4 selittäviin muuttujiin lisätään muuttuja, joka kuvaa maahanmuuttajien osuutta työntekijöistä. Mallissa 5 selittäviin muuttujiin lisätään keskimääräisiä koulutusvuosia kuvaava muuttuja avg_eduyear. Tämän muuttujan kerroin kuvaa suoraa muutosta logaritmisessa selitettävässä muuttujassa, kun avg_eduyear-muuttuja kasvaa yhdellä yksiköllä. Mallissa 6 selittäviin muuttujiin lisätään finanssikriisiä kuvaava dummy-muuttuja. Kaava 9 kuvaa estimoitua mallia 2.

$$\ln(val_{emp}) = \beta_0 + \ln K_{emp} + \ln OC_{emp} + \Delta \ln ICT_{emp} + \Delta \ln ICRND_{emp} + \ln emp + \mu \quad (9)$$

Taulukko 4. Selittävien muuttujien kertoimet ja regressiomallien selitysasteet kiinteiden vaikutusten regressiomallissa, jossa selitettävä muuttuja on tuottavuus per työntekijä.²

Muuttuja	1	2	3	4	5	6
Log K/L	-	0,031 (0,038)	0,032 (0,038)	0,035 (0,043)	0,004 (0,042)	-0,065 (0,046)
Log OC/L	0,094*** (0,018)	0,079*** (0,019)	-	0,081*** (0,021)	0,070** (0,021)	0,072** (0,021)
L.log OC/L	-	-	0,077*** (0,019)	-	-	-
D.log ICT/L	0,239** (0,079)	0,208** (0,082)	0,240** (0,080)	0,205* (0,079)	0,248** (0,079)	0,185* (0,080)
D.log T&K/L	-0,244** (0,080)	-0,202* (0,078)	-0,167* (0,077)	-0,202* (0,078)	-0,212** (0,078)	-0,152 (0,079)
Log L	-	-0,279*** (0,045)	-0,286*** (0,045)	-0,277*** (0,046)	-0,279*** (0,046)	-0,291*** (0,046)
Log Lmaahanmuuttajat Km	-	-	-	-0,007 (0,035)	-0,093* (0,041)	-0,080 (0,041)
koulutusvuodet	-	-	-	-	0,176*** (0,045)	0,196*** (0,045)
Finanssikriisi- Dummy	-	-	-	-	-	-0,082*** (0,023)
Vakiotermit	7,09*** (0,022)	6,058*** (0,495)	6,712*** (0,497)	6,583*** (0,601)	4,584*** (0,784)	4,912*** (0,783)
Selitysaste R^2 (kokonais)	0,137	0,036	0,033	0,039	0,061	0,045
Selitysaste R^2 (sisäinen)	0,046	0,100	0,099	0,100	0,120	0,136
Selitysaste R^2 (välinen)	0,161	0,033	0,033	0,037	0,060	0,042

Ensimmäisessä kiinteiden vaikutusten regressiomallissa työntekijäkohtaista arvonlisää selittävät vain aineettoman pääoman intensiteettimuuttujat. Malli hylkää nollihypoteesin, ja R^2 arvon mukaan mallin muuttujat selittävät 4,6 prosenttia työn tuottavuus per työntekijä vaihtelusta. Malli 2 kuvaa selittävien muuttujien vaikutusta

² Suluissa muuttujan keskihajonta, *p < 0.05, **p < 0.01, ***p < 0.001

työntekijäkohtaiseen tuottavuuteen, kun malliin on lisätty kontrollimuuttujiksi kiinteää pääomaa ja työntekijöiden määrää. Mallissa ainoastaan kiinteään pääoma-intensiteetti $\ln(K_{emp})$ ei ole tilastollisesti merkitsevä, eli malli hylkää nollahypoteesin, ja mallin muuttujat selittävät R^2 -arvon mukaan 10 prosenttia työn tuottavuus per työntekijä vaihtelusta. Regressiomallin mukaan ICT-kerroin on preferoidun mallin 2 mukaan 0,208 eli 0,24 prosenttiyksikön logaritminen kasvumuutos ICT-intensiteetissä (2 kertaa standardipoikkeama, ks. taulukko 3) lisää tuottavuutta per työntekijä 5 prosenttia (0,049) prosenttia. OC-pääomaintensiteetin kerroin on 0,079; eli OC-intensiteetin kahden standardipoikkeaman muutos 30,2 (ks. taulukko 3) (OC-intensiteetti nelinkertainen keskimääräisen verrattuna) lisää tuottavuutta per työntekijä peräti 239 prosenttia. Mallin mukaan OC-intensiteetin vaikutukset ovat erittäin suuria ja tapahtuvat pidemmällä aikavälillä, eli tuottavuusvaikutukset tapahtuvat pidemmän aikavälin sopeutumisen kautta. Mallin tuloksiin pitää suhtautua kuitenkin varauksellisesti, sillä mallista puuttuu monia muita selittäviä tekijöitä, jotka ovat positiivisesti korreloituneita sekä OC-intensiteettiin että arvonlisään. ICT:n kasvulla voi sen sijaan olla nopeita ja välittömiä vaikutuksia tuottavuuskasvuun, jotka ovat tosin mallin mukaan vähäisempiä kuin organisaatiopääomalla. T&K:n ja työntekijöiden kokonaismäärän vaikutus on mallin mukaan lyhyellä aikavälillä negatiivinen. T&K-panostukset lisäävät tuottavuutta paremmin pidemmällä aikavälillä, mutta niiden tuottavuusvaikutusten arvioiminen vaatisi yrityskohtaista aineistoa. T&K-pääoman panostusten standardipoikkeama on myös hyvin suuri (50,1) joten vaihteluväli T&K-vaikutuksille on suuri (ks. taulukko 3).

Työntekijämäärä kontrolloi yrityksen kokoa. Näyttää siltä, että kun aineettoman pääoman kontribuutio on kontrolloitu, yrityskoon kaksinkertaistuminen vähentää arvonlisää per työntekijä 28 prosenttia. Näin ollen kiinteään pääoman ja työntekijöiden kontrollimuuttujien lisääminen pienentää ICT- ja OC-intensiteetin kertoimia, eli osan näiden suurista vaikutuksista selittyy sillä, että suurilla yrityksillä on korkeampi ICT ja OC-intensiteetti. Yllättävää on se, että yrityskoon kontrollointi pienentää T&K-intensiteetin negatiivista vaikutusta ensimmäiseen regressiomalliin verrattuna. Ammateista arvioitu T&K:n määrä ei siis näytä olevan merkittävästi suurempi suurilla toimialoilla. Koska

ensimmäinen malli osoittaa OC-intensiteetin tuottavuusvaikutusten tapahtuvan pidemmän aikavälin sopeutumisen kautta, malli 3 testaa OC-intensiteetin vaikutuksia viiveisinä. Regressiotulosten mukaan viivästetty OC-intensiteetin kerroin pysyy lähes samana. Sen sijaan ICT-pääomaintensiteetin kerroin kasvaa 3,2 prosenttiyksikköä, ja T&K-pääomaintensiteetin negatiivinen vaikutus alenee 3,5 prosenttiyksikköä. Mallin muuttujat selittävät R^2 arvon mukaan 9,9 prosenttia työn tuottavuus per työntekijä vaihtelusta.

Malli 4 kuvaa selittävien muuttujien vaikutusta työntekijäkohtaiseen tuottavuuteen, kun mukana on ulkomaalaisten työntekijöiden osuus kaikista työntekijöistä. Mallin muut kertoimet säilyvät suuruusluokaltaan varsin samoina, mutta samalla mallin selitysarvo kasvaa merkittävästi. Ulkomaalaisten työntekijöiden osuuden kerroin ei ole tilastollisesti merkitsevä ennen kuin myös työntekijöiden keskimääräistä koulusta kontrolloidaan, kuten malleissa 5 ja 6. Mallin muuttujat selittävät R^2 arvon mukaan 10 prosenttia työn tuottavuus per työntekijä vaihtelusta. Mallissa 5 selittäviin tekijöihin on lisätty inhimillistä pääomaa kuvaava muuttuja avg_eduyear eli työntekijöiden keskimääräiset koulutusvuodet. Koulutusvuosien määrä tarkoittaa aineistossa sitä, että peruskoulun käynyt on 9 vuotta, lukion suorittanut 11 vuotta, amk-tutkinnon suorittanut 13 vuotta, yliopistotutkinnon 15 vuotta ja tohtorin tutkinnon 17 vuotta. Työntekijöiden keskimääräiset koulutusvuodet vaihtelevat toimialoilla 9 ja 15 vuoden [9,35; 14,91] välillä ja keskiarvo on 10 (10,68) vuotta. Näin ollen toimialojen välillä ei ole havaittavissa huomattavia poikkeamia keskimääräisten koulutusvuosien välillä. Korkein inhimillinen pääoma on toimialoilla tieteellinen tutkimus ja kehittäminen (72), arkkitehti- ja insinööripalvelut; tekninen testaus ja analysointi (71) ja lääkeaineiden ja lääkkeiden valmistus (21). Keskimääräisten koulutusvuosien kerroin 0,176 kuvaa suoraa muutosta logaritmisessa selitettävässä muuttujassa, kun avg_eduyear-muuttuja kasvaa yhdellä yksiköllä. Näin ollen keskimääräinen koulutustaso kasvattaa työntekijäkohtaista tuottavuutta 17,6 prosenttia, kun koulutusvuosien määrä kasvaa yhdellä vuodella.

Mallissa 5 maahanmuuttajatyövoiman osuuden kerroin on tilastollisesti merkitsevä toisin kuin mallissa 4. Maahanmuuttajatyövoimaosuuden kerroin on -0,093; eli maahanmuuttajatyövoiman kaksinkertaistuminen laskee tuottavuutta per työntekijä 9 prosenttia. Mallin mukaan maahanmuuttajatyövoimaosuuden negatiivinen vaikutus arvonlisään on alhaisempi kuin työntekijöiden kontrollimuuttujan vaikutus, jonka mukaan yrityskoon kaksinkertaistuminen vähentää tässäkin mallissa arvonlisää per työntekijä 28 prosenttia. Mallin muuttujat selittävät R^2 arvon mukaan 12 prosenttia työn tuottavuus per työntekijä vaihtelusta. Näin ollen selitysaste kasvaa edellisiin malleihin verrattuna. Malli 6 kuvaa regressiomallia, johon on lisätty finanssikriisiä kontrolloiva dummy-muuttuja vuosille 2009–2011. Malli hylkää nollahypoteesin, ja R^2 arvon mukaan mallin muuttujat selittävät 13,6 prosenttia työn tuottavuus per työntekijä vaihtelusta. Näin ollen selitysaste kasvaa edelliseen malliin verrattuna. OC-pääomaintensiteetin kerroin pysyy samalla tasolla, mutta ICT-pääomaintensiteetin kerroin laskee 18,5 prosenttiin. Toisaalta keskimääräisten koulutusvuosien kerroin kasvaa kahdella prosenttiyksiköllä. Näin ollen keskimääräinen koulutustaso kasvattaa työntekijäkohtaista tuottavuutta 19,6 prosenttia, kun koulutusvuosien määrä kasvaa yhdellä vuodella. Tässäkään mallissa kiinteän pääoman kerroin ei ole tilastollisesti merkitsevä. Lisäksi T&K-pääomaintensiteetin sekä maahanmuuttajatyövoimaosuuden kertoimet eivät ole finanssikriisiä kontrolloivassa mallissa tilastollisesti merkitseviä. Näin ollen finanssikriisin kontrolloiminen ei paranna merkittävästi tuottavuutta per työntekijä selittävien muuttujien kertoimia.

4.3.3 Toimialakohtaisten selittävien muuttujien interaktiot regressiomallissa

Taulukko 5 esittää toimialavaikutteisten selittävien muuttujien interaktiotermin regressiotulokset. Interaktioita tarkastellaan taulukossa 4 esitetyn viidennen regressiomallin mukaisesti, sillä mallissa ovat mukana aineettoman pääoman intensiteettimuuttujien lisäksi maahanmuuttajatyöntekijöiden osuus kaikista työntekijöistä sekä keskimääräiset koulutusvuodet. Taulukossa 5 esitetty 1. malli sisältää ICT-toimialan ja ICT-pääomaintensiteetin välisen interaktion. Regressiotuloksen mukaan

ICT-toimialan ja ICT-pääomaintensiteetin välillä ei ole tilastollisesti merkitsevää yhteyttä. Toisin sanoen yhdistelmä ei kasvata riippuvan muuttujan eli arvonlisä per työntekijän arvoa. Mallin muut kertoimet säilyvät suuruusluokaltaan varsin samoina.

Taulukko 5. Interaktiotermit sisältävät kiinteiden vaikutusten regressiomallit, jotka mallintavat selittävien muuttujien vaikutuksia arvonlisään per työntekijä.

Muuttuja	1	2	3	4
Log K/L	0,003 (0,042)	0,008 (0,041)	0,027 (0,042)	0,024 (0,041)
Log OC/L	0,073** (0,021)	0,065** (0,020)	0,069** (0,021)	0,069** (0,020)
D.log ICT/L	0,248** (0,079)	0,219** (0,077)	0,358*** (0,086)	0,212** (0,077)
D.log T&K/L	-0,212** (0,078)	-0,200** (0,076)	-0,266** (0,079)	-0,194* (0,075)
Log L	-0,284*** (0,046)	-0,271*** (0,045)	-0,279*** (0,046)	-0,273*** (0,045)
Log L _{maahanmuuttajat}	-0,094* (0,041)	-0,075 (0,040)	-0,095* (0,041)	-0,074 (0,040)
Km koulutusvuodet	0,167*** (0,045)	0,121** (0,045)	0,174*** (0,045)	0,095* (0,045)
Interaktiotermi ICT-toimialan ja d. log ICT/L välillä	0,253 (0,164)	-	-	-
Interaktiotermi erittäin korkean teknologian valmistuksen toimialojen ja log OC/L välillä	-	0,937*** (0,148)	-	-
Interaktiotermi finanssikriisin ja d. log ICT/L välillä	-	-	-0,556** (0,178)	-
Interaktiotermi ICT- ja erittäin korkean teknologian toimialojen sekä Log L _{maahanmuuttajat} välillä				1,418*** (0,214)
Vakiotermi	4,574*** (0,791)	5,111*** (0,767)	4,482*** (0,780)	5,484*** (0,772)
Selitysaste R^2 (kokonais)	0,052	0,101	0,067	0,025
Selitysaste R^2 (sisäinen)	0,123	0,168	0,132	0,173
Selitysaste R^2 (välinen)	0,051	0,102	0,066	0,037

Malli 2 sisältää erittäin korkean teknologian toimialan ja OC-pääomaintensiteetin välisen interaktion. Regressiomallin mukaan OC-interaktiotermin kerroin on 0,937 eli 1 prosentin logaritminen kasvumuutos OC-interaktiossa lisää tuottavuutta per työntekijä jopa 0,94 prosenttiyksikköä. Koska kerroin on positiivinen ja tilastollisesti merkitsevä,

erittäin korkean teknologian toimialojen ja OC-pääoman välillä on voimakas positiivinen vaikutus arvonlisään per työntekijä. Mallin muuttujat selittävät R^2 arvon mukaan 16,8 prosenttia työn tuottavuus per työntekijä vaihtelusta. Malli 3 sisältää interaktiotermin finanssikriisi-dummin sekä ICT-intensiteetin välillä. Kuten kuvio 6 osoittaa, ICT-pääomaintensiteetti laskee finanssikriisin aikaan aineettoman pääoman intensiteeteistä voimakkaimmin. Taulukossa 5 kuvattu 3. regressiomalli osoittaa ICT-pääomaintensiteetin ja finanssikriisin yhteyden tilastollisesti merkitseväksi. Interaktiokertoimen arvo -0,556 eli 1 prosentin logaritminen kasvumuutos ICT:n ja finanssikriisin interaktiossa laskee tuottavuutta per työntekijä jopa 0,56 prosenttiyksikköä. Näin ollen finanssikriisi muuttaa ICT-pääoman roolia työntekijäkohtaisen arvonlisän tuottamisessa. ICT-intensiteetin kerroin nousee huomattavasti tässä mallissa ollen jopa 0,358. ICT:n ja finanssikriisin välisen interaktion lisääminen regressiomalliin kasvattaa ICT-intensiteettiä jopa 10 prosenttiyksikköä taulukon 4 viidennen regressiomalliin verrattuna. Mallin muuttujat selittävät R^2 arvon mukaan 13,2 prosenttia työn tuottavuus per työntekijä vaihtelusta. Neljäs regressiomalli osoittaa ICT-toimialan ja erittäin korkean teknologian valmistuksen toimialojen sekä maahanmuuton yhteyden tilastollisesti merkitseväksi. Interaktiokertoimen arvo 1,418 eli 1 prosentin logaritminen kasvumuutos edellä mainittujen toimialojen sekä maahanmuuton interaktiossa nostaa tuottavuutta per työntekijä jopa 1,42 prosenttiyksikköä. Mallin muuttujat selittävät R^2 arvon mukaan 17,3 prosenttia työn tuottavuus per työntekijä vaihtelusta. Regressiotulosten mukaan ICT-pääomaintensiteetin ja osaamisintensiivisten toimialojen (ks. taulukko 2) välinen interaktiokerroin ei ole tilastollisesti merkitsevää. Myöskään T&K-toimialojen ja T&K-pääomaintensiteetin sekä osaamisintensiivisten toimialojen ja T&K-pääomaintensiteetin väliset interaktiotermit eivät ole tilastollisesti merkitseviä. Näiden kolmen viimeisenä mainitun regression tuloksia ei ole esitetty taulukossa 5.

4.4 Empirian ja kirjallisuuskatsauksen vertailu

Tutkielmassa suoritetun empiirisen analyysin mukaan aineeton pääoma vaikuttaa työntekijäkohtaiseen arvonlisään positiivisesti. Aineettoman pääoman tekijöistä ICT-

intensiteetin kasvulla on merkittävä vaikutus tuottavuusintensiteettiin, mitä selittänee ICT:n skaalautuvuus. Kun malliin lisätään maahanmuuttajatyöntekijöiden määrää kuvaava muuttuja, regressiomallin selitysaste nousee. Toisaalta kyseisessä mallissa maahanmuuttajatyöntekijöiden määrän kasvun vaikutus tuottavuuteen on keskimäärin mitätön, kun maahanmuuttajatyöntekijöiden kaksinkertaistuminen alentaa tuottavuutta per työntekijä 9 prosenttia. Maahanmuuton kontrolloiminen parantaa kuitenkin mallin selitysastetta merkittävästi. Tulos on ristiriidassa Suomessa ja kansainvälisestikin tunnistetun työvoimapulan kanssa. Tämä selittynee maahanmuuton ja talouskasvun käänteisellä suhteella. Maahanmuutto on lisääntynyt vuosina, jolloin talouskasvu on ollut hidasta. Näin ollen maahanmuuton kerroin näyttäytyy regressiotuloksissa negatiivisena. Luku 3.3.3 kuvaa maahanmuuttajatyöntekijöiden ja pääoman täydentävyyttä. Tässä tutkielmassa maahanmuuttajatyövoiman lisääntyminen ei vaikuta positiivisesti viivästettyinä muuttujina työn tuottavuuteen eli tulos on hiukan ristiriidassa luvussa esitettyjen tulosten kanssa. Koulutustason nosto vaikuttaa tuottavuuteen positiivisesti ja tämä näyttäytyy erityisesti korkean tuottavuuden toimialoilla. Maahanmuuttajien osuus toimialoilla on kasvanut yleisesti ja havainto tukee myös kansallisella tasolla tunnistettua maahanmuuton lisääntymistä. Näin ollen panostukset koulutustason nostoon ovat perusteltuja. Korkeakoulutettujen osuus on suurin toimialoilla, jotka edellyttävät osaavaa työvoimaa. Kuten luku 3.4.3 kuvaa, korkeasti koulutetut työntekijät edistävät muiden tuotannontekijöiden tuottavuutta. Kokonaistuottavuuden kasvu vaihtelee toimialoittain ja kuten luku 2.1 selittää, MFP sisältää laajasti kokonaistuottavuuteen vaikuttavia tekijöitä.

Tuottavuuskasvu on ollut vaihtelevaa vuosina 2000–2018 ja ollut alhaista erityisesti finanssikriisin jälkeen. Tämä tukee luvussa kolme esitettyjä tutkimustuloksia. Vaikka ICT-pääoman vaikutus työntekijäkohtaiseen tuottavuuteen on korkein, ICT-investointien määrä toimialoilla ei ole korkeinta muihin aineettomiin pääomiin verrattuna. Tutkielman aineiston mukaan korkein aineettoman pääoman määrä on T&K-pääoma. ICT-investointien alhaista määrää saattaa selittää se, että yritykset toteuttavat ICT-investointeja usein kiihtyvän talouskasvun aikaan, sillä ICT-investoinnit vaativat usein

ylimääräisiä investointeja, joita ei ole mahdollista toteuttaa heikon talouskasvun aikana. Tämä havainto selittää edellisessä luvussa kuvattua ICT:n ja finanssikriisin negatiivista interaktiota. Korkeaa T&K-pääoman määrää saattavat selittää osaltaan luvussa 3.5 kuvatut Suomessa toteutetut T&K-panostukset. Kuten luku 3.2 kuvaa, investoinnit ovat tärkeitä lähteitä tuottavuuskasvun aikaansaamiseksi. Myös OC-pääoman ja erittäin korkean teknologian välinen merkittävä positiivinen yhteys tukee teoriaosuudessa esitettyjä havaintoja organisaatiopääoman merkityksestä tuottavuuskasvun aikaansaamiseksi.

5 Johtopäätökset

Suomen tuottavuuskasvu on hidastunut viimeisten kahden vuosikymmenen aikana. Suomi on rakennemuutoksen edessä, kun tuotanto siirtyy korkean tuottavuuden aloilta alhaisemman tuottavuuden toimialoille. Useat tutkimukset ovat mallintaneet Suomen tuottavuuskasvua ja verranneet Suomen tuottavuuskehitystä kansainvälisesti esimerkiksi OECD-maihin verrattuna. Suomen sijoitus kansainvälisissä tuottavuusvertailuissa on heikentynyt vuodesta 2010 eteenpäin. Köyhempien maiden talouskasvuun verrattuna Suomella ei ole niin paljon kiinnikurottavaa kohti vakaava tilaa sekä 1900-luvulla tapahtuneen teollistumisen että aineettomaan pääomaan kohdistettujen investointien ansiosta. Suomeen kohdistuvat investoinnit ovat vähentyneet viime vuosikymmeninä, mikä on laskenut kiinteän pääoman määrää taloudessa.

Kansallinen talouspolitiikka luo edellytykset tuottavuutta parantavalle innovoinnille ja tuottavuuskasvua edistävälle olosuhteille. Näin ollen aineettomaan pääomaan kohdistuvat investoinnit ovat julkisesti perusteltuja. Kilpailukyvyn edistäminen edellyttää tukea yritysten innovaatiotoimintaan sekä aineettoman pääoman ja tietämyksen kerryttämiseen. Innovaatiotoiminnan edistäminen tuottavimpien yritysten keskuudessa on erityisen tärkeää Suomen kaltaisessa taloudessa, sillä työikäinen väestö vähenee ikääntyneiden työntekijöiden osuuden kasvaessa ja syntyvyyden laskiessa. Ennusteiden mukaan työllisyysaste kehittyy kuitenkin positiivisesti 2020-luvulla. Pitkän aikavälin kasvun ylläpitämiseksi on tärkeää varmistaa digitaaliteknologian tehokas leviäminen, jotta teknologian mahdollistamat tuottavuushyödyt ovat talouden käytössä. Tutkimusten mukaan teknologian leviäminen ja teknologisen kehityksen mahdollistamat tuottavuusvaikutukset tapahtuvat viiveellä.

Tämä tutkielma ei tarjoa yksiselitteisiä vastauksia tuottavuuskasvun ja aineettoman pääoman väliselle yhteydelle, mutta tutkielma tarjoaa yhdenmukaisia tuloksia aiemman talousteoreettisen tutkimuksen kanssa. Tutkielma hylkää nollahypoteesin ja osoittaa aineettoman pääoman kasvattavan arvonlisää per työntekijä. Tutkielman mukaan

aineeton pääoma eli ICT- ja OC-pääoma ovat vaikuttaneet positiivisesti työn tuottavuuteen Suomessa vuosina 2000–2018. Onkin todennäköistä, että aineeton pääoma tulee olemaan yksi merkittävimmistä tulevaisuuden tuottavuuskasvun lähteistä. T&K:n suhteen tutkimus ei indikoi tuottavuuden kasvua lyhyellä aikavälillä. Pidemmän aikavälin kausaalisuuden tarkastelu edellyttäisi yritysaineistoa myös siksi, että Nokian matkapuhelinliiketoiminnan loppumisen negatiiviset vaikutukset voitaisiin erottaa erikseen.

Erityisesti ICT- ja OC-pääoma edesauttavat muiden pääomien kasvua panosten täydentävyyden kautta, jossa ICT:n kasvulla näyttää oleva välitön positiivinen yhteys BKT-intensiteetin kasvuun. ICT-pääoman vaikutus muiden tuotantopanosten tuottavuuteen on merkittävä, sillä ICT:n tuottamat heijastus- ja ulkoisvaikutukset tuottavat huomattavia etuja muille toimijoille. OC:n tuottavuusvaikutukset ovat hyvin heterogeenisiä ja näyttäytyvät pidemmällä aikavälillä suurena vaihteluna toimialojen välillä. Regressiotulosten mukaan viivästetty OC-pääoma vaikuttaa positiivisesti muihin pääomaintensiteettikertoimiin, joka lisää tulosten luotettavuutta, kun kausaalisuus on selvemmin OC:sta tuottavuuteen eikä päinvastoin. On tärkeää huomioida aineettoman pääoman, erityisesti ICT-pääoman todellisen ja skaalavaikutuksen ero. Skaalavaikutuksen ansiosta ICT-pääoman todellinen vaikutus työntekijäkohtaiseen arvonlisäykseen saattaa olla vielä regressiotulosten osoittamia kertoimia suurempi. Regressiotulosten mukaan kiinteä pääoma ei ole tilastollisesti merkitsevä missään edellä esitettyssä regressiomallissa. Lisäksi on kiinnitettävä huomiota myös selitettävän muuttujan eli talouskasvun ja selittävien aineettoman pääoman investointien käänteiseen positiiviseen yhteyteen, mikä tarkoittaa sitä, että tuottavuuden kasvu lisää aineettomia investointeja eikä päinvastoin.

On tärkeää huomioida toimialakohtaiset erot aineettoman pääoman hyödyntämisessä ja niiden tuottamissa vaikutuksissa, sillä tuottavuusvaikutukset riippuvat toimialan luonteesta. Tutkielman mukaan erityisesti korkean tuottavuuden toimialat ilmentävät aineettoman pääoman merkitystä työn tuottavuuteen. Aineettoman pääoman synty

edellyttää osaavaa työvoimaa ja laadukas sekä työn vaatimuksia vastaava koulutus on edellytys uusien innovointien syntymiselle. Erityisesti T&K-toiminta on erittäin työvoimaintensiivistä, ja innovaatiot syntyvät osaavan työvoiman kautta. Työntekijöiden koulutusvuosien lisääminen kasvattaa työntekijäkohtaista arvonlisää, joten inhimillisen pääoman kasvattaminen on tärkeää tulevaisuuden hyvinvointivaltion turvaamiseksi. Suomen pääomakanta onkin kasvanut 1990-luvun jälkeen ainoastaan inhimillisen pääomakannan kasvun seurauksena. Erityisesti korkean tuottavuuden toimialoilla, kuten erittäin korkean teknologian valmistuksen ja ICT-palveluiden toimialoilla maahanmuuttajatyöntekijöiden määrän lisääntyminen kasvattaa työntekijäkohtaista arvonlisää. OECD-maihin verrattuna Suomen houkuttelevuus kansainvälisten osaajien keskuudessa on kuitenkin heikentynyt.

Lähteet

- Aceleanu, M. I., Dospinescu, A. S., Novo-Corti, I., Serban, A. C. & Țîrcă, D-M. (2019). The impact of EU immigration on economic growth through the skill composition channel. *Technological and Economic Development of Economy*, 26(2), 479-503. <https://doi.org/10.3846/tede.2020.11954>
- Aiyar, S., Ebeke, C. & and Xiaobo, S. (2016). The Impact of Workforce Aging on European Productivity. *IMF Working Paper*, 16(238). Noudettu 22.2.2024 osoitteesta https://www.researchgate.net/publication/314287234_The_Impact_of_Workforce_Aging_on_European_Productivity
- Ali-Hyrkkö, J. & Maliranta, M. (2006). Impact of R&D on Productivity - Firm-level Evidence from Finland. *Research Institute of the Finnish Economy*, 1031. Noudettu 24.2.2024 osoitteesta <https://EconPapers.repec.org/RePEc:rif:dpaper:1031>
- Andrews, D., Criscuolo, C. & Peter N. (2015). Frontier Firms, Technology Diffusion and Public Policy: Micro Evidence from OECD Countries. *OECD Productivity Working Papers*, 2. <https://doi.org/10.1787/24139424>
- Arrow, K. (1962). The Economic Implications of Learning by Doing. Source: *The Review of Economic Studies*, 29(3), 155-173. <https://www.jstor.org/stable/2295952>
- Barefoot, K., Curtis, D., Jolliff, W., Nicholson, J., R. & Omohundro, R. (2018). Defining and Measuring the Digital Economy. *The Bureau of Economic Analysis (BEA)*. Noudettu 22.2.2024 osoitteesta <https://www.bea.gov/sites/default/files/papers/defining-and-measuring-the-digital-economy.pdf>
- Bessen, J. (2021). Automation and jobs: when technology boosts employment. *Economic Policy*, 34(100), 589–626. <https://doi.org/10.1093/epolic/eiaa001>
- Biagi, F. (2013). ICT and Productivity: A Review of the Literature. *Institute for Prospective Technological Studies*, Digital Economy Working Paper. <https://data.europa.eu/doi/10.2788/32940>
- Bresnahan, T. F. & Trajtenberg, M. (1995). General purpose technologies ‘Engines of growth’? *Journal of Econometrics*, 65, 83-108. [https://doi.org/10.1016/0304-4076\(94\)01598-T](https://doi.org/10.1016/0304-4076(94)01598-T)

- Brynjolfsson, E. (1993). The productivity paradox of information technology. *Communications of the ACM*, 36(12), 66–77. <https://doi.org/10.1145/163298.163309>
- Calvino, F., Criscuolo, C. & Verlhac, R. (2020). Declining business dynamism - Structural and policy determinants. OECD Science, Technology and Industry Policy Papers, 94. <https://doi.org/10.1787/23074957>
- Cardona, M., Kretschmer, T. & Strobel, T. (2013). ICT and productivity: conclusions from the empirical literature. *Information Economics and Policy*, 25, 109–125.
- Carlaw, K. & Lipsey, R. (2002). Externalities, technological complementarities and sustained economic growth. *Research Policy*, 31, 1305–1315. [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(02\)00065-3](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(02)00065-3)
- Corrado, C., Haskel, J., Jona-Lasinio, C. & Iommi, M. (2014). *Intangibles and Industry Productivity Growth: Evidence from the EU*. Noudettu 22.2.2024 osoitteesta https://www.researchgate.net/publication/266209061_Intangibles_and_industry_productivity_growth_Evidence_from_the_EU
- Corrado, C., Haskel, J. and Jona-Lasinio, C. (2017), Knowledge Spillovers, ICT and Productivity Growth. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 79(4), 592-618. <https://doi-org.proxy.uwasa.fi/10.1111/obes.12171>
- Dorn, D. & Zweimüller, J. (2021). Migration and Labor Market Integration in Europe. *Journal of Economic Perspectives*, 35(2), 49–76. <https://doi.org/10.1257/jep.35.2.49>.
- Edo, A. (201). The impact of immigration on the labor market. *Journal of Economic Surveys*, 33(3), 922–948. <https://doi.org/10.1111/joes.12300>
- Elinkeinoelämän keskusliitto. (n.d.). *Ulkomaankauppa*. Noudettu 20.2.2024 osoitteesta <https://ek.fi/tutkittua-tietoa/tietoa-suomen-taloudesta/ulkomaankauppa/>
- European Commission. Directorate-General for Economic and Financial Affairs. (2023). 2023 country report – Finland. *Publications Office of the European Union*. <https://data.europa.eu/doi/10.2765/925216>
- Henry-Nickie, M., Frimpong K. ja Sun, H. (2019, 29. maaliskuuta). *Trends in the Information Technology sector*. Noudettu 25.1.2024 osoitteesta

<https://www.brookings.edu/articles/trends-in-the-information-technology-sector/>

- Jones, C.I. (1995). R & D-Based Models of Economic Growth. *Journal of Political Economy*, 103(4), 759-784. <https://www.jstor.org/stable/2138581>
- Kauhanen, A. (2014). Tulevaisuuden työmarkkinat. Tulevaisuuden työmarkkinat, *The Research Institute of the Finnish Economy (ETLA)*, 30. <http://hdl.handle.net/10419/201312>
- Kerr Pekkala, S., Kerr, W., Özden, Ç. & Parsons, C. (2016). Global Talent Flows. *Journal of Economic Perspectives*, 30(4), 83-106. <http://dx.doi.org/10.1257/jep.30.4.83>
- Kokkinen, A. (2012). On Finland's Economic Growth and Convergence with Sweden and the EU15 in the 20th Century. *Tilastokeskus*. <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-244-334-2>
- Kokkinen, A., Mäki-Fränti, P. & Obstbaum, M. (2021). Suomen uuden pitkän aikavälin ennusteen mukaan kasvu näyttää entistä vaisummalta. Euro ja talous. Noudettu 28.3.2024 osoitteesta https://publications.bof.fi/bitstream/handle/10024/52050/eurotalous_5_2021_pitkanaikavalinennuste.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Lopez-Garcia, P. ja Szörfi, B. (2021). *Key factors behind productivity trends in euro area countries*. ECB Economic Bulletin, Issue 7/2021. Noudettu 25.1.2024 osoitteesta https://www.ecb.europa.eu/pub/economic-bulletin/articles/2021/html/ecb.ebart202107_02~c95a8477e1.en.html
- Maahanmuuttovirasto. (2024). *Tilastot*. Noudettu 28.3.2024 osoitteesta <https://tilastot.migri.fi/index.html#decisions/21205/59/2?start=588&end=647>
- Martin, J. & Riley, R. (2023) Productivity measurement: Reassessing the production function from micro to macro. *The Productivity Institute*. Noudettu 27.3.2024 osoitteesta <https://www.productivity.ac.uk/research/productivity-measurement-reassessing-the-production-function-from-micro-to-macro/>

- Niebel, T. (2018). ICT and economic growth – Comparing developing, emerging and developed countries. *World Development*, 104, 197–211. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2017.11.024>
- OECD. (2023). *OECD Compendium of Productivity Indicators 2023*. <https://doi.org/10.1787/74623e5b-en>
- OECD. (2024). *Information and communication technology (ICT)*. <https://doi.org/10.1787/04df17c2-en>
- Peri, G. (2016). Immigrants, Productivity, and Labor Markets. *Journal of Economic Perspectives*, 30(4), 3–30. <http://dx.doi.org/10.1257/jep.30.4.3>
- Piekkola, H., Bloch, C., Rybalka, M. & Derek, T. (2022). Intangibles from innovative work – their valuation and technological change. *Globalinto working paper D5.3*. www.globalinto.eu
- Pohjola, M. (2021, 7. joulukuuta). Tuottavuus, rakennemuutos ja talouskasvu. *Talouspolitiikan arviointineuvosto*. <https://urn.fi/URN:NBN:fi-fe20231109144560>
- Romer, P., M. (1990). Endogenous Technological Change. *Journal of Political Economy*, 98(5), 71-102. <https://www.jstor.org/stable/2937632>
- Solow, R., M. (1956). A Contribution to the Theory of Economic Growth. *The Quarterly Journal of Economics*, 70(1), 65-94. <https://www.jstor.org/stable/1884513>
- Solow, R., M. (1957). Technical Change and the Aggregate Production Function. *The Review of Economics and Statistics*, 39(3), 312-320. <https://doi.org/10.2307/1926047>
- Statista Research Department. (2023a). *Spending on digital transformation technologies and services worldwide from 2017 to 2026*. Noudettu 6.2.2024 osoitteesta <https://www.statista.com/statistics/870924/worldwide-digital-transformation-market-size/>
- Statista Research Department. (2023b). *Information technology (IT) worldwide spending from 2005 to 2024*. Noudettu 6.2.2024 osoitteesta <https://www.statista.com/statistics/203935/overall-it-spending-worldwide/>

- Stenborg, M., Huovari, J., Kiema, I. & Maliranta, M. (2021). Productivity and competitiveness in Finland: Which factors affect competitiveness? Why do we need it? *Ministry of Finance*. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-367-485-1>
- Taylor, P. (2022). *Country-level digital competitiveness rankings worldwide as of 2022*.
 Noudettu 6.2.2024 osoitteesta
<https://www.statista.com/statistics/1042743/worldwide-digital-competitiveness-rankings-by-country/>
- Tilastokeskus. (2021). *Syntyvyys ei ole Suomessa ikärakenteen kannalta riittävällä tasolla*.
 Noudettu 19.2.2024 osoitteesta
https://stat.fi/til/vaenn/2021/vaenn_2021_2021-09-30_tie_001_fi.html.
- Tilastokeskus. (2023). *Tavaroiden ja palveluiden ulkomaankauppa*. Noudettu 20.2.2024
 osoitteesta https://pxdata.stat.fi/PxWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin__tpulk/
- Tilastokeskus. (n.d.). *Työn tuottavuus*. Noudettu 23.1.2024 osoitteesta
https://www.stat.fi/meta/kas/tyon_tuot.html
- Tilastokeskus. (n.d.). *Työn tuottavuuden (arvonlisäys/työtunti) muutoksen osatekijät, muuttujina vuosi, toimiala ja tiedot*. Noudettu 20.2.2024 osoitteesta [Työn tuottavuuden \(arvonlisäys/työtunti\) muutoksen osatekijät muuttujina Vuosi, Toimiala ja Tiedot. PxWeb \(stat.fi\)](https://www.stat.fi/meta/kas/tyon_tuot.html)
- Tilastokeskus. (n.d.) *Työllisyysaste*. Noudettu 16.4. osoitteesta
<https://www.stat.fi/meta/kas/tyollisyysaste.html>
- Tilastokeskus (n.d.) *Työttömyysaste*. Noudettu 16.4. osoitteesta
<https://www.stat.fi/meta/kas/tyottomyysaste.html>
- Tilastokeskus. (2024a). *Maahanmuutto ennätyskallisen korkealla viime vuonna*.
 Noudettu 14.4.2024 osoitteesta <https://www.stat.fi/uutinen/maahanmuutto-ennatyskallisen-koikkealla-viime-vuonna>
- Tilastokeskus. (2024b). *Palveluiden vienti ja tuonti vähenivät vuoden 2023 neljännellä neljänneksellä*. Noudettu 20.2.2024 osoitteesta
<https://www.stat.fi/julkaisu/cln39ermybd8t0cutf8bt12au>

- Timoney, K. (2023). *Demystifying Ireland's national income: a bottom-up analysis of GNI* and productivity*. Irish Fiscal Advisory Council, Working Paper Series, 21. Noudettu 16.4.2024 osoitteesta www.fiscalcouncil.ie/working-papers/
- Tulli. (n.d.). *Tavaroiden ulkomaankauppatilasto*. Tilastotietokanta. Noudettu 28.3.2024 osoitteesta <https://uljas.tulli.fi/v3rti/db/0/views/b6cfe0fe1ec44acaa10dccd28b0512bd>
- Työmarkkinatori. (n.d.). *Työvoiman saatavuus ja kohtaanto -raportti*. Noudettu 20.2.2024 osoitteesta [Työvoiman saatavuus ja kohtaanto -raportti - Työmarkkinatori \(tyomarkkinatori.fi\)](https://www.tyomarkkinatori.fi/)
- Valtioneuvosto. (2021). *Koulutus- ja työperusteisen maahanmuuton tiekartta 2035*. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-383-666-2>
- Valtioneuvosto. (2023). *Talent Boost 2023–2027: Työ- ja koulutusperusteisen maahanmuuton toimenpideohjelma*. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-383-550-4>
- Valtiovarainministeriö. (2023). *Taloudellinen katsaus - Talvi 2023*. <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-367-452-3>