

Teknologisen kehityksen vaikutus työllisyyteen



Antti Kauhanen

Elinkeinoelämän tutkimuslaitos
antti.kauhanen@etla.fi

Suosittelava lähdeviittaus:

Kauhanen, Antti (7.6.2021). ”Teknologisen kehityksen vaikutus työllisyyteen”.

ETLA Raportti No 114.

<https://pub.etla.fi/ETLA-Raportit-Reports-114.pdf>

Tiivistelmä

Teknologisen kehityksen työllisyysvaikutusten ymmärtämiseksi täytyy erotella uudet teknologiat kolmeen eri luokkaan: 1) automaatioteknologiat, 2) uusia tehtäviä luovat teknologiat ja 3) pääoman ja työn tuottavuutta kasvattavat teknologiat. Nämä teknologiat vaikuttavat työllisyyteen hyvin eri tavoin ja erilaisten mekanismien kautta. Automaatioteknologiat voivat joko lisätä tai vähentää ihmistyön kysyntää, kun taas muut teknologisen kehityksen muodot yksikäsitteisesti lisäävät ihmistyön kysyntää.

Empiiriset arviot automaatioteknologioiden työllisyysvaikutuksista vaihtelevat maittain. Yhdysvaltalaiset tulokset ovat työllisyyden kannalta negatiivisia, kun taas saksalaiset ja ranskalaiset tulokset osoittavat päinvastaista. Teknologisen kehityksen työllisyysvaikutukset riippuvat hyvin todennäköisesti kansainvälisen kaupan merkityksestä taloudessa, työmarkkinainstituutioista ja politiikkavalinnoista. Näistä aiheista on kuitenkin vielä vain vähän tutkimusta. Vielä vähemmän tiedetään siitä, miten teknologisen kehityksen suunta määräytyy (automaatioteknologiat vs. uusia tehtäviä luovat teknologiat) ja miten siihen voidaan politiikka-toimenpiteillä vaikuttaa.

Abstract

Technological Change and Employment

In order to understand the employment effects of technological progress, it is useful to separate three types of technologies: 1) automation technologies, 2) technologies that create new tasks, and 3) capital- or labor-augmenting technologies. These different types of technological advances affect employment very differently and through different channels. Automation technologies may either decrease or increase employment, whereas the other types of technological progress unambiguously increase employment.

Empirical estimates of the employment effects of automation are very different in different countries. The results from United States show negative employment effects, whereas German and French studies show the opposite. It is likely that the employment effects of automation technologies depend on the role of international trade, labor market institutions and political choices. However, there is still little research on these topics. There is even less research on how the direction of technological change (automation technologies vs. technologies creating new tasks) is determined and how it can be affected by policy.

KTT **Antti Kauhanen** on Elinkeinoelämän tutkimuslaitoksen tutkimusjohtaja ja taloustieteen professori Jyväskylän yliopiston kauppakorkeakoulussa.

DSc (Economics) **Antti Kauhanen** is a Research Director at ETLA Economic Research and a Professor of Economics at Jyväskylä University School of Business and Economics.

Avainsanat: Teknologinen kehitys, Työllisyys, Robotit, Tekoäly

Keywords: Technological change, Employment, Robots, Artificial intelligence

JEL: O33, J21, J23, J24

Sisällys

1 Tausta	4
2 Erilaisilla teknologioilla on erilaisia työllisyysvaikutuksia	4
Automaatioteknologiat.....	4
Uusia tehtäviä luovat teknologiat.....	4
Pääoman ja työn tuottavuutta kasvattavat teknologiat	5
Positiivisen työllisyyskehityksen edellytyksiä.....	5
3 Empiirisen tutkimuksen tuloksia	5
4 Teknologisen kehityksen vaikutukset eri ammattien työllisyyteen	7
Katoavatko jotkin ammatit?	8
5 Miltä työn tulevaisuus näyttää?	8
6 Yhteenveto	9
Viitteet	10
Kirjallisuus	11

1 Tausta

Julkisessa keskustelussa teknologisen kehityksen työllisyysvaikutuksista on usein esillä kaksi ääripäätä: toiset uskovat teknologisen kehityksen johtavan massatyöttömyyteen tai palkkojen merkittävään laskuun, kun taas toiset uskovat kehityksen mukanaan tuoman tuottavuuden kasvun takaavan runsaasti hyväpalkkaisia työpaikkoja. Tuorein taloustieteellinen tutkimus osoittaa, että kumpikaan näistä ääri näkemyksistä ei ole hyvä kuvaus siitä mitä tulee tapahtumaan.

Parhaan viitekehityksen näiden kysymysten tarkastelemiseen tarjoavat Daron Acemoglu ja kumppaneiden julkaisut viime vuosilta (Acemoglu ja Restrepo, 2018, 2019, 2020; Acemoglu ym., 2020). Heidän esittelemänsä lähestymistavan perusajatuksena on, että tuotanto edellyttää erilaisten tehtävien yhdistelemistä. Esimerkiksi auton tuottamiseen vaaditaan mm. tuotekehitystä, useita erilaisia valmistuksen vaiheita, materiaalien hankintaa ja tuotantoprosessin kehittämistä.

Tuotanto koostuu siis erilaisten tehtävien suorittamisesta. Yksittäiset tehtävät voivat olla luonteeltaan sellaisia, että ne voidaan tehdä joko ihmisen tai koneen avulla. Teknologian kehittymisen eräs ilmentymä onkin se, että yhä useammat tehtävät ovat automatisoitavissa. Uudet teknologiat eivät siis pelkästään nosta ihmisen ja koneiden tuottavuutta niissä tehtävissä, joita ne nykyään suorittavat, vaan ne vaikuttavat myös siihen, mitä tehtäviä ihminen ja kone suorittavat. Teknologinen kehitys muuttaa myös sitä, minkälaisista tehtävistä tuotanto koostuu.

Teknologisen kehityksen työllisyysvaikutukset riippuvat siis siitä, minkälaisista tehtävistä tuotanto muodostuu ja millä tuotantopanoksilla eri tehtäviä suoritetaan. Seuraavaksi tarkastelemme tarkemmin erilaisia teknologisen kehityksen muotoja.

2 Erilaisilla teknologioilla on erilaisia työllisyysvaikutuksia

Automaatioteknologiat

Automaatioteknologiat mahdollistavat ihmistyön korvaamisen pääomalla. Automaation kehittymisellä on kahdenlaisia vaikutuksia työn kysyntään. Ensinnäkin, se suoraan vähentää työn kysyntää koneen syrjäyttäessä ihmisen tiettyistä tehtävistä (syrjäytysvaikutus). Toiseksi, se nostaa tuottavuutta, mikä puolestaan nostaa työvoiman kysyntää *muissa tehtävissä* (tuottavuusvaikutus). Tuottavuuden kasvu lisää vaurautta, mikä lisää työn kysyntää laaja-alaisesti. Automaatioteknologioiden vaikutus työn kysyntään on siis teoreettisesti epäselvä. On kuitenkin hyvin mahdollista, että syrjäytysvaikutus on merkittävämpi, jolloin teknologinen kehitys todellakin heikentää työllisyyttä.

Automaatio voi siis olla työllisyyden näkökulmasta joko hyvää tai huonoa. Hyvä automaatio on sellaista, joka nostaa tuottavuutta merkittävästi. Toinen tapa ajatella tätä on, että automaation avulla saadaan aikaan merkittäviä kustannussäästöjä. Tämä on todennäköisintä silloin, kun automaatiolla korvataan korkean tuottavuuden (ja palkkojen) ihmistyötä tai kun kone on huomattavasti ihmistä parempi tehtävän suorittamisessa. Jos kone on vain hieman ihmistä parempi tai kyseessä on matalan palkkatason tehtävä, voi automaatio johtaa lähinnä työllisyyden laskuun, tuomatta merkittäviä tuottavuushyötyjä.

Tällä hetkellä automaatioteknologiat näkyvät siten, että robotit korvaavat ihmistyötä teollisuustyöntekijöiden ammateissa, kun taas toimihenkilöiden tehtäviä on korvattu tietotekniikalla ja tekoälyllä.

Uusia tehtäviä luovat teknologiat

Automaation lisäksi teknologisella kehityksellä on toinenkin puoli: se synnyttää uusia ihmisen suorittamia tehtäviä. Tämä tarkoittaa sitä, että teknologian kehittyessä osa tehtävistä katoaa kokonaan (niitä ei siis tee kone eikä ihminen) ja samaan aikaan syntyy aivan uusia tehtäviä. Jos nämä uudet tehtävät ovat ihmisen suorittamia, ne lisäävät työvoimaa.

man kysyntää kahden eri mekanismin kautta. Ensiksi, uudet tehtävät lisäävät suoraan työvoiman kysyntää, sillä tehtävät suorittaa ihminen eikä kone (”palautusvaikutus”¹). Toiseksi, uudet tehtävät nostavat työvoiman tuottavuutta ja lisäävät sitä kautta työvoiman kysyntää (tuottavuusvaikutus).

Historiallisesti automaatioteknologiat ja uusien töiden synty ovat käyneet käsi kädessä (Acemoglu ja Restrepo, 2019). Maatalouden automaatio syrjäytti sieltä huomattavan määrän työvoimaa, joka työllistyi työntekijä- ja toimihenkilötehtäviin sekä palvelualoille että teollisuuteen. Nykyinen tietotekniikan kehitys on luonut aivan uusia tietotekniikkaa hyödyntäviä tehtäviä ja ammatteja.

Pääoman ja työn tuottavuutta kasvattavat teknologiat

Pääoman ja työn tuottavuutta kasvattavat teknologiat ovat sellaisia, jotka lisäävät pääoman tai työn tuottavuutta *kaikissa tehtävissä*. Teknologiat, jotka kasvattavat pääoman tuottavuutta lisäävät aina työvoiman kysyntää. Tämä johtuu kahdesta syystä. Ensimmäinen on tuottavuusvaikutus: arvonlisäyksen kasvu johtaa työn kysynnän kasvuun. Toinen on se, että tällainen teknologinen kehitys ei myöskään vaikuta tehtävien jakamiseen työn ja pääoman välillä. Työn tuottavuutta kasvattavat teknologiatkin tyypillisesti kasvattavat työvoiman kysyntää. Periaatteessa olisi mahdollista, että työn tuottavuuden kasvu johtaisi tuotannon pääomavaltaistumiseen, mutta olemassa olevat arviot mahdollisuuksista korvata työvoimaa pääomalla eivät tue tätä (Acemoglu ja Restrepo, 2018).

Positiivisen työllisyyskehityksen edellytyksiä

Automaatioteknologioiden käyttöönotto ei välttämättä vähennä työllisyyttä, jos syrjäytetyt työntekijät pystyvät siirtymään tehtäviin, joiden kysyntä kasvaa tuottavuusvaikutuksen takia tai tehtäviin, joita uudet teknologiat synnyttävät. Olemassa olevien tutkimusten perusteella tiedetään, että työpaikan menetys johtaa usein pitkäkestoiseen tulojen ja työllisyystodennäköisyyden laskuun. Automaatioteknologioiden yleistymisen voi lisätä tarvetta työpaikkansa menettäneiden tukitoimille. Siirtyminen uusiin tehtäviin saattaa edellyttää uudelleen kouluttamista tai merkitä nuorten osalta uudenlaisia koulutusvalintoja. Tämä asettaa haasteen koulutusjärjestelmälle.

3 Empiirisen tutkimuksen tuloksia

Viime vuosina on julkaistu useita tutkimuksia, joissa pyritään arvioimaan automaatioteknologioiden vaikutuksia työllisyyteen sekä koko talouden että yksittäisten yritysten tasolla.

Acemoglu ja Restrepo (2019) analysoivat toimiala-ainestoilla työn kysynnän kehitystä ajanjaksoilla 1947–1987 ja 1987–2017. He pyrkivät selvittämään, miten tuottavuuskehitys ja tehtäväsisältöjen muutos ovat vaikuttaneet työvoiman kysyntään. Tehtäväsisältöjen muutoksella he tarkoittavat automaation mukanaan tuomaa syrjäytysvaikutusta ja uusien tehtävien mukanaan tuomaa palautusvaikutusta. Heidän tuloksensa osoittavat, että vuosina 1947–1987 työn kysynnän kasvu johtui pitkälti uusien teknologioiden tuottavuusvaikutuksesta. Tehtäväsisältöjen muutoksella oli hyvin vähäinen merkitys. Tämä johtui siitä, että syrjäytysvaikutus ja palautusvaikutus olivat suurin piirtein yhtä suuria. Automaation ja uusien tehtävien vaikutukset siis kumosivat toisensa.

Vuosina 1987–2017 tulokset ovat hyvin erilaisia. Ensinnäkin tuottavuuskasvu oli huomattavasti hitaampaa, mutta myös tehtäväsisältöjen muutos vähensi huomattavasti työn kysyntää. Tämä johtui siitä, että uusien tehtävien vaikutus työvoiman kysyntään väheni huomattavasti samaan aikaan kuin automaation syrjäytysvaikutukset kasvoivat.

Näitä tuloksia voidaan pitää suuntaa antavina, sillä tutkimuksessa monet keskeiset asiat on mitattu epäsuorasti. Acemoglu ja Restrepo (2019) pyrkivät lisäanalyysillä osoittamaan, että heidän käyttämänsä mittarit mittaavat sitä mitä niiden pitäisikin, mutta tällaisessa lähestymistavassa on aina puutteensa.

Heidän toinen artikkelinsa käsittelee suoraan robottien vaikutusta työn kysyntään työssäkäyntialueiden tasolla (Acemoglu ja Restrepo, 2020). He hyödyntävät vaihtelua robottien käyttöönotossa eri työssäkäyntialueilla. Heidän lähestymistapansa perustuu siihen, että robottien kehitys ja niiden merkitys tuotannossa vaihtelee toimialoittain ja työssäkäyntialueet puolestaan poikkeavat toimialarakenteeltaan. Heidän tuloksensa osoittavat, että

työllisyys ja palkat ovat kehittyneet negatiivisesti alueilla, joilla on otettu eniten robotteja käyttöön. Yhden robotin käyttöönotto tuhatta työntekijää kohti vähensi työllisyysastetta 0,2 prosenttiyksikköä ja palkkoja 0,42 prosenttia. Tämän tuloksen tulkinta on se, että robottien syrjäytysvaikutus on ollut suurempi kuin niiden tuottavuusvaikutus.

Muissa maissa on tehty vastaavia tutkimuksia. Dauth ym. (2019) tutkivat robottien vaikutusta työllisyyteen Saksassa. Aluksi he toistavat Yhdysvaltoja koskevan tutkimuksen (Acemoglu ja Restrepo, 2020). Heidän tuloksensa ovat hyvin erilaisia kuin yhdysvaltalaiset tulokset: he eivät havaitse negatiivisia työllisyysvaikutuksia työskäyntialueiden tasolla. Tulos selittyy sillä, että robotit syrjäyttävät ihmistyötä teollisuudessa, mutta samaan aikaan työn kysyntä palvelualueilla kasvaa. Saksan tapauksessa siis tuottavuusvaikutus näyttää olevan yhtä suuri kuin syrjäytysvaikutus.

Dauth ym. (2019) tutkivat myös robottien vaikutuksia yritystasolla. Heidän tuloksensa osoittavat, että robottien vaikutukset kohdistuvat erityisesti nuoriin, juuri työmarkkinoille tuleviin työntekijöihin. Heille on vähemmän kysyntää teollisuudessa, ja he sijoittuvat useammin palvelualueille. Vaikutukset teollisuudessa toimiviin vanhempiin työntekijöihin ovat pääosin positiivisia. Heidän työllisyytensä ei vähene, vaan he siirtyvät uusiin tehtäviin vanhalla työnantajalla. Robotit siis syrjäyttävät heidät vanhoista tehtävistään, mutta he siirtyvät uusiin tehtäviin, joiden kysyntä on kasvanut. Uudet tehtävät ovat vanhoja parempia ainakin kolmella mittarilla: niissä maksetaan korkeampia palkkoja, niissä on vähemmän rutiinitehtäviä ja enemmän abstrakteja tehtäviä ja keskimääräinen koulutustaso on niissä korkeampi.

Viimeinen osa Dauth ym. (2019) analyysiä on yksilötason analyysi. Yksilötasolla mitattuna robottien käyttöönoton vaikutus ansioihin on keskimäärin vähäinen, mutta se synnyttää voittajia ja häviäjiä. Voittajiin kuuluvat ne, jotka jäävät töihin samalle työnantajalle ja siirtyvät uusiin tehtäviin. Häviäjiin puolestaan kuuluvat ne, jotka joutuvat vaihtamaan työnantajaa, toimialaa tai poistumaan teollisuudesta.

Aghion ym. (2020) tutkivat automaatioteknologioiden työllisyysvaikutuksia ranskalaisella aineistolla sekä toimiala- että yritystasolla. Heidän tuloksensa osoittavat,

että automaatioteknologioiden työllisyysvaikutus on positiivinen sekä yritys- että toimialatasolla. Tämä tarkoittaa sitä, että automaatioteknologioiden tuottavuusvaikutus on syrjäytysvaikutusta suurempi. Mielenkiintoinen tulos on se, että toimialatason tulokset ovat positiivisia vain toimialoille, jotka kilpailevat kansainvälisesti. Tämä johtuu siitä, että automaatioteknologioihin investoivat yritykset vievät markkinaosuuksia muunmaalaisilta yrityksiltä. Kotimarkkinoilla toimivien yritysten osalta automaatioteknologioihin investoivat yritykset kasvavat ja vievät markkinaosuuksia muilta ranskalaisilta yrityksiltä, joissa työllisyys puolestaan putoaa. Nettovaikutus on tässä tapauksessa lähellä nollaa.

Acemoglu ym. (2020) tutkivat robottien työllisyysvaikutuksia ranskalaisella aineistolla. Heidän tuloksensa osoittavat, että robotteihin investoivissa yrityksissä työllisyys kasvaa, mutta saman toimialan muissa yrityksissä työllisyys puolestaan vähenee jopa hieman enemmän. Tämä toimialatason työllisyyttä koskeva tulos on siis ristiriidassa Aghion ym. (2020) tulosten kanssa. Ei ole selvää, mistä erot tuloksissa johtuvat.

Automaatioteknologioiden työllisyysvaikutukset näyttävät erilaisina eri tutkimuksissa. Yhdysvalloissa vaikutukset näyttävät olevan negatiivisia, kun taas Saksassa ja Ranskassa ne ovat positiivisempia. Erän potentiaalinen selitys on kansainvälisen kilpailun merkitys. Yhdysvaltain talous on huomattavasti suljetumpi kuin Saksan tai Ranskan. Markkinaosuustaistelua käydään siis enemmän kotimaassa kuin kansainvälisesti. Automaatioteknologioihin investoivat yritykset kasvavat Yhdysvalloissa enemmän muiden kotimaisten yritysten kustannuksella, kun taas Saksan tai Ranskan osalta vaikutukset kohdistuvat enemmän muissa maissa toimiviin yrityksiin. Tulosten erot saattavat selittyä myös erilaisilla työmarkkinainstituutioilla, politiikkavalinnoilla tai muilla maakohtaisilla tekijöillä. Näiden vaikutuksista tiedetään vielä vähän, mutta niillä on todennäköisesti merkitystä automaatioteknologioiden työllisyysvaikutuksille (Aghion ym., 2019).

4 Teknologisen kehityksen vaikutukset eri ammattien työllisyyteen²

Tähän mennessä olen käsitellyt teknologisen kehityksen vaikutusta kokonaistyöllisyyteen, mutta on syytä myös tarkastella vaikutuksia eri ammattien työllisyyteen, sillä teknologinen kehitys vaikuttaa eri ammatteihin hyvin eri tavoin.

Viime vuosikymmeninä ammattirakenteet Suomessa ja muissa kehittyneissä maissa ovat muuttuneet merkittävästi. Suhteellinen työllisyysosuus on kasvanut seuraavissa ammattiluokissa: johtajat, erityisasiantuntijat, asiantuntijat sekä palvelu- ja myyntityöntekijät. Supistuvia ammattiluokkia ovat olleet toimisto- ja asiakaspalvelutyöntekijät, ja erilaiset teollisuuden ja rakentamisen työntekijäammatit.

Miksi juuri asiantuntijatehtävien osuus on kasvanut ja toimisto- ja teollisuustyöntekijöiden osuus on laskenut? Vastaus on teknologinen kehitys. Supistuneet ammatit ovat sellaisia, joita on voitu korvata automaatioteknologioilla ja siirtää ulkomaille. Kasvaneet ammatit ovat puolestaan sellaisia, joiden suorittamista kehittyneet teknologia (esim. tietotekniikka) tukee.

Teknologisen kehityksen vaikutus työmarkkinoille kohdistuu eri tavoin eri tehtäviin. Mitkä ovat ne olennaiset seikat, jotka erottavat kirjanpitäjän tuotekehitystyöntekijästä? Miksi kirjanpitäjän ja teollisuustuotteiden kokonpanijan työ voidaan automatisoida, mutta tuotekehittäjän ja tarjoilijan työtä ei ainakaan vielä voida?

Laatikossa 1 esitetään viisi tehtävien piirrettä, jotka ovat eri tavoin korvattavissa automaatioteknologioilla. Eri tehtävät eroavat suuresti siinä, kuinka suuri merkitys näillä eri piirteillä niissä on.

Tuotekehittäjän työssä korostuu asiantuntija-ajattelu, eli siinä ratkotaan ongelmia, joihin ei ole ennalta määrättyjä ratkaisuja. Työ siis edellyttää luovaa ongelmanratkaisua. Näitä tehtäviä ei vielä voida korvata tietotekniikalla. Tuotekehitykseen liittyy kuitenkin monia muita tehtäviä, jotka ovat niin sanottuja kognitiivisia rutiinitehtäviä, eli älyllisiä tehtäviä, jotka seuraavat ennalta määrättyä sään-

töjä. Tuotekehittäjän tekemät luku- ja lujuuslaskelmat tai materiaalin käyttäytymisen simuloinnit ovat tällaisia tehtäviä.

Tuotekehittäjän tuottavuus kasvaa huomattavasti, kun kone hoitaa laskutehtävät ja suunnittelija voi keskittyä luovaan ongelmanratkaisuun. Kone siis tukee tuotekehittäjän työn suorittamista.

Kirjanpitäjän työ puolestaan koostuu pääosin kognitiivisista rutiinitehtävistä. Kone hoitaa tiliöinnit ihmistä nopeammin, halvemmalla ja tarkemmin. Kirjanpitäjän työssä on vain vähän elementtejä, joiden suorittamista kone tukisi. Tästä syystä kirjanpitäjän työ voidaan automatisoida.

Laatikko 1.

Ammattien piirteet ja niiden automatisoitavuus

- 1. Asiantuntija-ajattelu:** Näissä tehtävissä ratkotaan ongelmia, joihin ei ole sääntöihin perustuvia ratkaisuja. Tehtävät edellyttävät siis luovaa ongelmanratkaisua. Tähän luokkaan kuuluu suuri osa asiantuntijatehtävistä.
- 2. Monimutkainen kommunikaatio:** Tehtävät edellyttävät kanssakäymistä ihmisten kanssa informaation hankkimiseksi, välittämiseksi tai toisten suostuttelemiseksi toimimaan tämän informaation pohjalta. Esimerkkejä ovat esimies- ja myyntityöt.
- 3. Kognitiiviset rutiinitehtävät:** Kognitiiviset tehtävät, jotka voidaan kuvata loogisilla säännöillä. Monet yksinkertaiset konttoritehtävät, kuten esimerkiksi laskutus ja erilaisten hakemusten hyväksyntä kuuluvat tähän luokkaan.
- 4. Manuaaliset rutiinitehtävät:** Fyysiset tehtävät, jotka voidaan kuvata säännöillä. Esimerkiksi monet kokoonpano- ja lajittelutyöt kuuluvat tähän luokkaan.
- 5. Manuaaliset ei-rutiinitehtävät:** Fyysiset tehtävät, joiden suorittaminen edellyttää havaitsemista ja hienomotoriikkaa. Esimerkkejä ovat mm. rakennusten siivoaminen ja autolla ajo kaupungissa.

Lähde: Autor ym. (2003).

Palvelu- ja myyntityöntekijöiden osuus taloudessa on myös kasvanut. Mitä tehtäviä nämä työt sisältävät? Näissä töissä on merkittävä rooli monimutkaisella kommunikaatiolla ja manuaalisilla ei-rutiinitehtävillä. Monimutkainen kommunikaatio tarkoittaa informaation hankkimista, välittämistä tai ihmisten suostuttelua. Nämä ovat tehtäviä, joissa nykyisellään ihminen on huomattavasti konetta tehokkaampi.

Tarjoilijan työssä puolestaan korostuvat sekä kommunikaatiotehtävät, että manuaaliset ei-rutiinitehtävät. Tarjoilijan liikkuminen kahvilassa edellyttää havaitsemista ja kykyä liikkua tilassa, jossa on paljon ihmisiä ja esteitä. Näissä tehtävissä robotit pärjäävät vielä huonosti. Tarjoilijan työtä on siis hankala korvata robotilla, mutta toisaalta tietotekniikka ei merkittävästi nosta tarjoilijan tuottavuutta. Tässä suhteessa tarjoilijan työ eroaa tuotekehittäjästä.

Teollisuustuotteiden kokoonpanijan työn tehtävät koostuvat pääosin manuaalisista rutiinitehtävistä. Nämä ovat tehtäviä, jotka toistuvat niin samankaltaisina, että ne voidaan kuvata tarkasti. Samankaltaisina toistuvat tehtävät ovat robottien ydinosaamista. Robotti tekee kokoonpanon ihmistä tarkemmin, tehokkaammin ja halvemmalla. Tässä mielessä teollisuustuotteiden kokoonpanijan ja kirjanpitäjän työ on samankaltaista.

Robotit ja tietokone osaavat siis seurata sääntöjä. Kaikki tehtävät, joiden säännöt tunnemme, voidaan suorittaa ihmistä luotettavammin koneilla. On kuitenkin monia yksinkertaisiakin asioita, jotka ihminen osaa tehdä hyvin, mutta emme tiedä miten sen teemme. Tätä on kutsuttu Polanyin paradoksiksi: tiedämme paljon enemmän kuin osaamme kertoa³.

Katoavatko jotkin ammatit?⁴

Julkisessa keskustelussa esitetään usein rajuja arvioita siitä, miten teknologinen kehitys, ja erityisesti automaatioteknologiat, hävittävät kokonaisia ammatteja. Eräs tunnetuimmista tutkimuksista on Frey ja Osborne (2017), jotka arvioivat kuinka suurella todennäköisyydellä eri ammatit tulevat automatisoiduksi tulevaisuudessa. Heidän tulostensa mukaan suurella todennäköisyydellä automatisoitavia ammatteja ovat mm. puhelinmyyjät, kirjasto-virkailijat, ompelijat ja tiedon tallentajat, kun taas esim.

psykologit, sosiaalityöntekijät, palomiehet ja hammaskirurgit ovat turvassa automaatiolta. Pajarinen ja Rouvinen (2014) replikoivat tämän tutkimuksen suomalaisella aineistolla ja päätyivät siihen, että automaatio uhkaa noin joka kolmatta suomalaista työpaikkaa.

Tämäntyyppiset tutkimukset kuitenkin liioittelevat työpaikkojen todellista tuhoa. Tämä johtuu siitä, että ne olettavat teknologian korvaavan kokonaisia ammatteja. Paljon todennäköisempää on, että teknologia korvaa tiettyjä *tehtäviä* ammattien sisällä. Tällä tavoin arvioiden päädytään huomattavasti maltillisempiin arvioihin teknologisen kehityksen aiheuttamasta työpaikkojen tuhosta (Arntz ym., 2016). Myös Brynjolfsson ja Mitchell (2017) päätyvät tekoälyä koskevassa artikkelissaan siihen, että useimmissa ammateissa on tehtäviä, joita voidaan korvata tekoälyllä, mutta vain harvassa kaikki tehtävät ovat korvattavissa.

Ammattien korvattavuuden määrittää siis niiden tehtäväsisältö ja erityisesti se, kuinka rutiininomaisia tehtävät ovat. Tässä yhteydessä rutiininomaisuus tarkoittaa sääntöihin perustuvuutta. Jos ammatissa on pääosin rutiininomaisia tehtäviä, tullaan se ennemmin tai myöhemmin korvaamaan tietotekniikalla. Jos ammatissa on paljon myös muita tehtäviä, kuten esimerkiksi asiantuntija-ajattelua, tulee ammatin sisältö muuttumaan siten, että kone hoitaa rutiininomaiset tehtävät ja ihminen asiantuntija-ajattelun.

Teknologinen kehitys vaikuttaa siis erityisesti ammattien tehtäväsisältöihin ja sitä kautta esimerkiksi osaamisvaatimuksiin ja työn organisointiin. On epätodennäköistä, että kokonaiset ammatit katoaisivat.

5 Miltä työn tulevaisuus näyttää?

Teknologinen kehitys siis sekä tuhoaa että luo työtä. Vaikutukset työmarkkinoihin riippuvat pitkälti siitä, kumpi näistä vaikutuksista on voimakkaampi. Edellä nähtiin, että arviot automaatioteknologioiden työllisyysvaikutuksista vaihtelevat eri maissa. Yhdysvalloissa syrjäytysvaikutus näyttää olevan suurempi kuin tuottavuusvaikutus, mutta Saksassa ja Ranskassa asia on päinvastoin.

Tulevaisuuden kannalta mielenkiintoinen seikka on teknologisen kehityksen suunta: Minkälainen on automaatioteknologioiden ja uusia tehtäviä luovien teknologioiden välinen tasapaino?

On hyvin mahdollista, että teknologia kehittyy tasapainoisesti. Toisin sanoen, työllisyys tai työn tulo-osuus ei vähänkään pidemmällä aikavälillä muutu, vaikka teknologisen kehityksen syrjäytysvaikutus olisikin aluksi merkittävämpi. Tämä johtuu siitä, että taloudelliset kannustimet kehittää uusia ihmisen suorittamia tehtäviä kasvavat, kun koneet syrjäyttävät ihmisiä joistain tehtävistä (Acemoglu ja Restrepo, 2018). Teknologisen kehityksen suunta ei siis määräydy jostakin talouden ulkopuolelta, vaan taloudelliset seikat vaikuttavat siihen merkittävästi.

On mahdollista, että teknologian kehittäjät investoivat liikaa ihmistä syrjäyttävien teknologioiden kehittämiseen. Acemoglu ja Restrepo (2019) arvioivat, että Yhdysvalloissa on käynyt niin, että taloudelliset kannustimet ovat tukeneet enemmän automaatioteknologioiden kehittämistä kuin uusia tehtäviä luovien teknologioiden kehittämistä. He nostavat esille kaksi merkittävää taloudellista seikkaa. Ensiksi, verotus tukee Yhdysvalloissa monin tavoin investointeja koneisiin ja laitteisiin, kun taas työtä verotetaan. Toiseksi, valtiollinen innovaatioiden rahoitus on vähentynyt, mikä on saattanut vähentää pitkäjänteistä tutkimusta. He arvioivat, että tällainen tutkimus tukisi uusia tehtäviä luovien teknologioiden kehittämistä.

Joka tapauksessa on selvää, että teknologisen kehityksen vaikutukset ovat erilaisia eri ammateissa. On kuitenkin epätodennäköistä, että kokonaisia ammatteja häviäisi. Tämä johtuu siitä, että useimmissa ammateissa on tehtäviä, joita voidaan korvata automaatioteknologioilla, mutta myös tehtäviä, joita ei voida automatisoida. Ammattien tehtäväsisällöt ja työn tekemisen tavat tulevat siis muuttumaan, mutta vain hyvin harvat ammatit ovat sellaisia, että ne voidaan kokonaan korvata automaatioteknologioilla.

Ammattien tehtäväsisältöjen ja työn tekemisen tapojen muuttuminen edellyttää uusien taitojen hankkimista. Tällä hetkellä kuitenkin tiedetään aika vähän siitä, minkälaisilla toimenpiteillä voidaan tukea aikuisopiskelua. Suomessa esimerkiksi aikuiskoulutustuki näyttää kohdentuvan huonosti ammattirakenteiden muutoksen näkökulmasta (Kauhanen, 2018). Suomessa investoidaan

paljon aikuiskoulutukseen, mutta näiden investointien vaikutuksista työllisyyteen tai tuloihin tiedetään hyvin vähän.

Yhteenvedona voidaan todeta, että teknologisen kehityksen työllisyysvaikutukset riippuvat sekä teknologisen kehityksen luonteesta että talouden instituutioista ja politiikkavalinnoista. Vielä kuitenkin tiedetään melko vähän siitä, missä olosuhteissa automaatioteknologiat vaikuttavat työllisyyteen positiivisesti ja missä olosuhteissa negatiivisesti, tai minkälaisilla politiikkavalinnoilla voidaan tukea positiivisia työllisyysvaikutuksia. Vielä vähemmän tiedetään siitä, miten teknologisen kehityksen suunta määräytyy (automaatioteknologiat vs. uusia tehtäviä luovat teknologiat) ja miten siihen voidaan politiikkatoimenpiteillä vaikuttaa. Nämä kysymykset ovat kuitenkin aktiivisen tutkimuksen kohteina, ja näistä tulee varmasti useita laadukkaita tutkimuksia lähivuosina. Suomen kannalta on lohdullista, että avoimemmissa talouksissa tuottavuusvaikutus näyttää dominoivan syrjäytysvaikutusta.

6 Yhteenveto

- Teknologisen kehityksen työllisyysvaikutusten tarkastelu edellyttää tuotannon tarkastelua kokonaan tehtäviä, jotka voidaan suorittaa joko ihmistyöllä tai koneen avulla.
- Teknologisen kehityksen työllisyysvaikutukset riippuvat teknologisen kehityksen luonteesta. Seuraava luokitus on hyödyllinen työllisyysvaikutusten tarkastelussa:
 - Automaatioteknologiat (syrjäyttävät ihmistyötä ja nostavat tuottavuutta)
 - Uusia tehtäviä luovat teknologiat (lisäävät ihmistyötä ja nostavat tuottavuutta)
 - Työn ja pääoman tuottavuutta nostavat teknologiat (nostavat ihmisen tai koneen tuottavuutta kaikissa tehtävissä)
- Automaatioteknologioiden työllisyysvaikutus on positiivinen, jos tuottavuusvaikutus on syrjäytysvaikutusta suurempi.

- Uusia tehtäviä luovat teknologiat nostavat aina ihmistyön kysyntää.
- Työn ja pääoman tuottavuutta nostavat teknologiat lisäävät työvoiman kysyntää.
- Empiiriset arviot automaatioteknologioiden työllisyysvaikutuksista vaihtelevat maittain. Yhdysvaltalaiset tulokset ovat työllisyyden kannalta negatiivisia, kun taas saksalaiset ja ranskalaiset tulokset osoittavat päinvastaista.
- Teknologisen kehityksen työllisyysvaikutukset riippuvat hyvin todennäköisesti kansainvälisen kaupan merkityksestä taloudessa, työmarkkinainstituutioista ja politiikkavalinnoista. Näistä aiheista on kuitenkin vielä vain vähän tutkimusta.
- Yksittäisen yrityksen näkökulmasta investoinnit automaatioteknologioihin näyttävät parantavan mahdollisuuksia pärjätä kotimaisessa ja kansainvälisessä kilpailussa.
- Teknologisen kehityksen työllisyysvaikutukset vaihtelevat merkittävästi ammattitehtävittäin. On epätodennäköistä, että kokonaisia ammatteja katoaisi, mutta ammattien tehtäväsisällöt ja työn tekemisen tavat tulevat muuttumaan.

Viitteet

- ¹ Tämä on englanniksi reinstatement effect, jonka olen tässä kääntänyt palautusvaikutukseksi.
- ² Tämä osio perustuu kirjoitukseen Kauhanen (2016).
- ³ Autor (2015).
- ⁴ Tämä osio perustuu kirjoitukseen Asplund ja Kauhanen (2018).

Kirjallisuus

- Acemoglu, D., Lelarge, C. ja Restrepo, P.** (2020). Competing with robots: Firm-level evidence from france. *AEA Papers and Proceedings*, 110, 383–388.
- Acemoglu, D. ja Restrepo, P.** (2018). The race between man and machine: Implications of technology for growth, factor shares, and employment. *American Economic Review*, 108(6), 1488–1542.
- Acemoglu, D. ja Restrepo, P.** (2019). Automation and new tasks: How technology displaces and reinstates labor. *Journal of Economic Perspectives*, 33(2), 3–30.
- Acemoglu, D. ja Restrepo, P.** (2020). Robots and jobs: Evidence from us labor markets. *Journal of Political Economy*, 128(6), 2188–2244.
- Aghion, P., Antonin, C. ja Bunel, S.** (2019). Artificial intelligence, growth and employment: The role of policy. *Economie et Statistique*, 510-512, 149–164.
- Aghion, P., Antonin, C., Jaravel, X. ja Bunel, S.** (2020). What are the labor and product market effects of automation? New evidence from france.
- Arntz, M., Gregory, T. ja Zierahn, U.** (2016). The risk of automation for jobs in oecd countries. OECD Publishing.
- Asplund, R. ja Kauhanen, A.** (2018). Teknologinen kehitys, ammattirakenteiden muutos ja osaaminen. *Ammattikasvatuksen Aikakauskirja*, 20(1), 91–105.
- Autor, D. H.** (2015). Why are there still so many jobs? The history and future of workplace automation. *Journal of Economic Perspectives*, 29(3), 3–30.
- Autor, D. H., Levy, F. ja Murnane, R. J.** (2003). The skill content of recent technological change: An empirical exploration. *Quarterly Journal of Economics*, 118(4), 1279–1333.
- Brynjolfsson, E. ja Mitchell, T.** (2017). What can machine learning do? Workforce implications. *Science*, 358(6370), 1530–1534.
- Dauth, W., Findeisen, S., Suedekum, J. ja Woessner, N.** (2019). The adjustment of labor markets to robots. University of Würzburg.
- Frey, C. B. ja Osborne, M. A.** (2017). The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation? *Technological forecasting and social change*, 114, 254–280.
- Kauhanen, A.** (2016). Uusi työnjako: Viisi syytä, miksi robotisoituminen ei johda työn loppumiseen. Teoksessa C. Andersson, I. Haavisto, M. Kangasniemi, A. Kauhanen, T. Tikka, L. Tähtinen ja A. Törmänen (toim.), *Robotit töihin: Koneet tulivat – mitä tapahtuu työpaikoilla?* EVA Raportti 2/2016.
- Kauhanen, A.** (2018). The effects of an education-leave program on educational attainment and labor-market outcomes. *Etla Working Papers No 56*.
- Pajarinen, M. ja Rouvinen, P.** (2014). Computerization threatens one third of finnish employment. *Etla Brief No 22*.

ETLA



Elinkeinoelämän tutkimuslaitos

ETLA Economic Research

ISSN-L 2323-2447,
ISSN 2323-2447,
ISSN 2323-2455 (Pdf)

Kustantaja: Taloustieto Oy

Puh. 09-609 900
www.etla.fi
etunimi.sukunimi@etla.fi

Arkadiankatu 23 B
00100 Helsinki
