ETLA

Raportti | Report | 121

4.1.2022

Informaatiosektorin kasvihuonekaasupäästöt toimitusketjuissa

Natalia Kuosmanen
Elinkeinoelämän tutkimuslaitos
natalia.kuosmanen@etla.fi

Timo Seppälä
Elinkeinoelämän tutkimuslaitos
timo.seppala@etla.fi

Ilkka Ylhäinen
Elinkeinoelämän tutkimuslaitos
ilkka.ylhainen@etla.fi

Suositeltava lähdeviittaus:
Kuosmanen, Natalia, Seppälä, Timo & Ylhäinen, Ilkka (4.1.2022). ”Informaatiosektorin kasvihuonekaasupäästöt toimitusketjuissa”.

ETLA Raportti No 121.
https://pub.etla.fi/ETLA-Raportit-Reports-121.pdf

Tiivistelmä

Informaatio- ja viestintäteknologian (ICT) tuottamista ympäristöhyödyistä ja -haitoista on Suomessa käyty laajaa keskustelua vuodesta 2019. Informaatio- ja viestintäteknologian ilmastovaikutukset ympäristöön muodostuvat kolmen kanavan kautta: hankinnoista, ICT-sektorin omasta hiilijalanjäljestä ja vaikutuksista talouden muihin sektoreihin (ml. julkinen sektori). Keskittyminen yksinomaan yhden sektorin omiin päästöihin johtaakin usein harhaanjohtaviin johtopäätöksiin toimialan hiilijalanjäljestä. Tässä tutkimuksessa käydään läpi kasvihuonekaasupäästöjen kehittymistä ICT-sektorilla ja sen toimitusketjuissa vuosina 2008–2019. Lisäksi tutkimuksessa kuvataan mistä maista ICT-sektorin ja sen toimitusketjun kasvihuonekaasut tulevat.

Abstract

Greenhouse Gas Emissions of Finland's Information Economy Sector: A Supply Chain Perspective

The environmental benefits and harms of information and communication technology (ICT) have been widely discussed in Finland since 2019. The climate impact of information and communication technology on the environment consists of three channels: procurement, the ICT sector's own carbon footprint, and the impact on other sectors of the economy (incl. public sector). Indeed, focusing solely on one sector's own emissions often leads to misleading conclusions about the industry's carbon footprint. This study examines the evolution of greenhouse gas emissions in the ICT sector and its supply chains in 2008–2019. In addition, the study examines the countries from which greenhouse gas emissions in the ICT sector and its supply chain originate.

MMT **Natalia Kuosmanen** on Elinkeinoelämän tutkimuslaitoksen tutkija.

TT **Timo Seppälä** on Elinkeinoelämän tutkimuslaitoksen johtava tutkija ja Aalto-yliopiston työelämäprofessori.

KTT **Ilkka Ylhäinen** on Elinkeinoelämän tutkimuslaitoksen tutkija.

Ph.D. (Agriculture and Forestry) **Natalia Kuosmanen** is a Researcher at Etla Economic Research.

D.Sc. (Technology) **Timo Seppälä** is a Managing Principal Researcher at Etla Economic Research and Professor of Practice at Aalto University.

D.Sc. (Economics) **Ilkka Ylhäinen** is a Researcher at Etla Economic Research.

Kiitokset: Tämä raportti on laadittu osana Suomen itsenäisyyden juhlarahasto Sitran kestävyysratkaisut-teeman työtä ja Business Finlandin rahoittamaa BRIE-ETLA 2019–2023 -tutkimusprojektia. Sitran tavoitteena on vahvistaa luonnon monimuotoisuutta ja vauhdittaa ekologista jälleenrakentamista. Jotta digitalisaatio tukee näitä tavoitteita, tarvitaan lisää tietoa sen positiivisista ja negatiivisista systeemitason ympäristövaikutuksista. Sitran tavoitteena on myös selvittää, millaiset digitaaliset ratkaisut edistävät kiertotalouteen siirtymistä. Tämä raportti tarjoaa uutta tietoa informaatiosektorin ja sen toimitusketjun kasvihuonekaasupäätöistä Suomessa ja kasvihuonekaasupäästödatan saatavuudesta sekä yksilöi aiheeseen liittyviä jatkotutkimustarpeita.

Acknowledgements: This report was written as part of the work on Finnish Innovation Fund Sitra's work on sustainability solutions and BRIE-ETLA 2019–2023 research project funded by the Business Finland. Sitra aims to strengthen biodiversity and accelerate an ecological reconstruction. To reach these goals, more knowledge on the positive and negative systemic environmental impacts of digitization is needed. It is also key to find out with digital solutions support a transition to a circular economy. This report provides new information about the green house gas emissions of the information economy sector and its supply chain both in Finland and abroad. Additionally, it provides information about the availability of green house gas emissions data, and it sets out the further research required on this topic.

Avainsanat: ICT-sektori, Toimitusketju, Kasvihuonekaasupäästöt, Päästöintensiteetti

Keywords: Information economy sector, Supply chain, Greenhouse gas emissions, Carbon neutrality

JEL: L8, L82, L86, L94

Sisällys

1 Johdanto 4

2 Aiempi kirjallisuus 6

3 Informaatiosektorin taloudellinen kehitys Suomessa 7

3.1 Kuinka suuri informaatiosektori on? 8

3.2 Kuinka suuri digitaalitalous on? 9

4 Informaatiosektorin kasvihuonekaasupäästöt Suomessa 11

5 Toimitusketjun näkökulma 12

5.1 Informaatiosektorin panokset ja tuotokset 12

5.2 Kasvihuonekaasupäästöjen ulkoistaminen 14

5.3 Informaatiosektorin tuodut panokset ja niiden alkuperä 15

6 Informaatiosektorin ja sen hankintojen kasvihuonekaasupäästöt 16

7 Tulokset 17

8 Päätelmät ja politiikkasuositukset 18

Viitteet 19

Kirjallisuus 20

1 Johdanto

Informaatio- ja viestintäteknologian (ICT) tuottamista ympäristöhyödyistä ja -haitoista on käyty laajaa keskustelua (Freitag ym., 2021; George ym., 2021; Lange ym., 2020). ICT-sektorilla käytetyistä raaka-aineista, laitteistojen ja palveluiden tuotannosta ja niiden elinkaaren aikaisesta käytöstä aiheutuu negatiivisia ympäristövaikutuksia, toisaalta ICT-sektori auttaa optimoimaan mm. eri toimialojen työn tehokkuutta, laitteiden energiankulutusta sekä päästöjä monilla eri teknologioilla ja sovelluksilla. ICT-sektorin ilmastovaikutukset muodostuvat siten kolmen kanavan kautta: hankinnoista, ICT-sektorin omasta hiilijalanjäljestä ja vaikutuksista talouden muihin sektoreihin (ml. julkinen sektori). Toisaalta on huomioitava, että ICT-sektorin ympäristövaikutusten mittaamiseen liittyy keskeisiä ongelmia, kuten saatavilla olevan datan luotettavuus ja ajantasaisuus, toimialan määrittely ja toimitusketjujen kasvihuonekaasupäästöt sekä tuotteiden ja palveluiden elinkaaren aikaisen käytön huomioinen; nämä tekijät voivat johtaa kasvihuonepäästöjen aliarvioimiseen (Freitag ym., 2021).

Aiemmat tutkimukset ovat päätyneet vaihteleviin tuloksiin koskien ICT-sektorin kasvihuonekaasupäästöjä: osa tutkimuksista päätyy paikoin huomattavan korkeisiin ennusteisiin ICT-alan tulevaisuuden energiankulutuksesta ja päästöistä (Andrae & Edler, 2015; Belkhir & Elmeligi, 2018), toisaalta osa tarkasteluista arvioi energiankulutuksen ja päästöjen kääntyneen laskuun informaatioteknologian parantuneen energiatehokkuuden ansiosta (Malmodin & Lundén, 2016, 2018; Malmodin ym., 2010). Aiemmat tutkimukset ovat niin ikään päätyneet eri johtopäätöksiin siitä, mitkä ovat päästöjen keskeisimmät lähteet ICT-sektorilla. Toisaalta vaihtoehtoisiin skenaarioihin pohjautuvat arviot tulevaisuuden päästökehityksestä vaihtelevat huomattavasti käytetyistä oletuksista riippuen. Hiekkanen ym. (2021) tarkastelevat informaatiosektorin – joka käsittää ICT-sektorin ja sisältötuotannon – energiankulutusta Suomessa ja muualla Euroopassa energiatilinpidon aineistojen avulla. Tarkastelussa havaitaan, että informaatiosektori kulutti 1,1 prosenttia sähkön kokonaiskulutuksesta Suomessa vuonna 2018. Tutkimuksen havaintojen mukaan informaatiosektorin sähkönkulutus on kasvanut vuositasolla 3,4 prosenttia aikavälillä 2011–2018.

Viimeaikainen kirjallisuus viittaa siihen, että keskittyminen yksinomaan ICT-sektorin omiin päästöihin voi johtaa harhaanjohtaviin johtopäätöksiin ICT-toimialan hiilijalanjäljestä. Zhou ym. (2019) osoittavat, että Kiinan ICT-sektorin ympäristövaikutukset ovat moninkertaiset, kun päästöintensiivisten – etenkin energia- ja perusmateriaalisektorilta tulevien – välituotepanosten käyttö huomioidaan. Näiden löydösten valossa ICT-sektorin päästöjen hallinnassa tulisikin kiinnittää huomiota ICT:n toimitusketjujen kokonaisvaltaiseen optimointiin.

Tämän tutkimuksen keskeiset tutkimustulokset ovat seuraavat:

- Informaatiosektorin osuus Suomen bruttokansantuotteesta oli 6,5 prosenttia vuonna 2018 (7,4 % vuonna 2020). Vastaavasti vuonna 2018 koko digitalouden laskennallinen osuus Suomen bruttokansatuotteesta oli 12,6 prosenttia. Informaatiosektorin kasvihuonekaasupäästöt Suomessa olivat yhteensä 23 tuhatta tonnia hiilidioksidiekvivalenttipäästöjä (CO_2e) vuonna 2019. Vuonna 2019 informaatiosektorin kasvihuonekaasupäästöt edustivat 0,04 prosenttia Suomen kaikista kasvihuonepäästöistä.

- Edellisiin lukuihin perustuen informaatiosektorin päästöintensiteetti oli vuonna 2018 1,6 t CO_2e / miljoona € ja vastaavasti 1,5 t CO_2e / miljoona € vuonna 2019. Informaatiosektorin yritysten päästöintensiteetti on laskenut merkittävästi Suomessa viimeisen kymmenen vuoden aikana, kun huomioidaan toimialan yritykset ilman niiden hankintoja eli ostettuja panoksia.

- Informaatiosektorin hankinnoista vuonna 2018 kotimaisten panosten osuus oli 63 prosenttia ja ulkomaisten panosten osuus 37 prosenttia. Toisaalta, jos ensimmäisen toimittajatason kotimaisten panosten (63 %) osuus jaetaan edelleen 63 % / 37 % -suhteessa, kuten aikaisempien arvoketjututkimusten pohjalta voidaan olettaa, kasvaa ulkomaisten panosten osuus yli 60 %:n (katso lisää informaatiosektorin tavara- ja palvelutuotannon arvoketjuista ja analysointimenetelmistä mm. seuraavista tutkimuksista: Ali-Yrkkö ym., 2011; Kalm ym., 2014; Larsen ym., 2018). Kotimaisten panosten osuus on viime vuosina kasvanut. Tutkimuksen havaintojen perusteella on havaittavissa joitakin merkkejä päästöjen ulkoistamisesta ulkomaille (esimerkiksi J62–63-toimialan osuus kasvoi 7 prosentista 10 pro-

senttiin ja J59–60-toimialan osuus kasvoi 0,5 prosentista 1,9 prosenttiin vuodesta 2010 vuoteen 2018).

- ICT-tavaratuotannolla on suurempi päästöintensiteetti kuin ICT-palvelutuotannolla. Tämä tarkoittaa, että ICT-tavaratuotanto saastuttaa enemmän taloudellista tuotosyksikköä kohti ICT-palvelutuotantoon verrattuna. Kokonaisuudessaan panokset informaatiosektorille tulevat toimialoilta, joiden kasvihuonekaasupäästöt (päästöintensiteetti) ovat 77-kertaiset verrattuna informaatiosektorin omiin kasvihuonekaasupäästöihin (päästöintensiteettiin) vuonna 2018.

- Edellä kuvatut tulokset eivät huomioi ”Over the top” -liiketoimintamallilla (OTT-liiketoimintamalli[1]) toimivien suoratoistopalveluyritysten panoksia ja tuotoksia, koska ne eivät rekisteröidy Suomen informaatiosektorin panos-tuotostilastoihin. OTT-liiketoimintamallilla toimivien suoratoistopalveluyritysten kasvihuonekaasupäästöt raportoidaan sen maan tilastoihin, jossa nämä yritykset on rekisteröity.

- Informaatiosektorin hankintojen maantiede jakautuu ICT-palvelutuotannon alkuperän osalta vuonna 2018 (2020) seuraavasti: 35 prosenttia (54 %) Aasia, 51 prosenttia (38 %) Eurooppa, 13 prosenttia (6 %) Pohjois-Amerikka ja 1 prosenttia (2 %) muut maaosat. ICT-tavaratuotannon alkuperän osalta jakauma on seuraava: 61 prosenttia (50 %) Aasia, 24 prosenttia (34 %) Eurooppa, 13 prosenttia (13 %) Pohjois-Amerikka ja muut 2 prosenttia (3 %). Suomen informaatiosektorin tuodut panokset ovat lähtöisin Aasiasta, lähinnä Kiinasta, Yhdysvalloista ja joistakin Euroopan maista (tietyistä toimialoista riippuen).

Tämän tutkimuksen laajemmat huomiot ja keskeiset politiikkasuositukset ovat seuraavat:

- Kasvihuonekaasujen ja päästöintensiteetin yritys- ja toimialakohtainen raportointi antaa puutteellisen kuvan yritysten ja toimialojen ympäristöystävällisyydestä. Yksittäisen yrityksen ja toimialan tuotannon ja palveluiden hankinnat sekä muut ulkoistamispäätökset kotimaahan tai ulkomaille, samalle tai toiselle toimialalle, voivat oleellisesti muuttaa yrityksen tai sen koko toimitusketjun (arvoketjun) kasvihuonepäästöjä ja päästöintensiteettiä. Edellä mainittuun perustuen mittaamisen ja raportoinnin painopistettä tulisikin siirtää koko toimitusketjun (arvoketjun) kattaviin kasvihuonekaasupäästöanalyyseihin.

- Ulkomailta tulevien hankintapanosten laajuus on kasvanut merkittävästi viimeisen kymmenen vuoden digitalouden taloudellisen merkityksen kasvaessa. Muutos on kuitenkin johtanut siihen, että yhä suurempi osuus kasvihuonepäästöistä tulee ulkomailta toimitusketjun (arvoketjun) aikaisemmista jalostusvaiheista (Ali-Yrkkö ym., 2011; Kalm ym., 2014; Larsen ym., 2018). Edellä mainittuun perustuen informaatiosektorin yritysjohdon ja erityisesti yritysten hankintatoiminnan tulisi kiinnittää huomioita toimittajien kasvihuonepäästöihin ja päästöintensiteettiin toimittajien valinnassa ja johtamisessa. Erityisesti välitettyjen panosten, kuten esimerkiksi mobiililaitteiden, tietokoneiden ja eräiden digitaalisten palveluiden osalta tulisi kiinnittää huomiota tuote- ja palvelukohtaiseen kasvihuonepäästöjen ja päästöintensiteetin dokumentointiin, arviointiin ja mittaamiseen.

- Viimeisten vuosien aikana Suomi on laajemmassa määrin ulkoistanut kasvihuonepäästöjänsä ja päästöintensiteettiä ulkomaille informaatiosektorin toimitusketjun osalta. OTT-liiketoimintamalli edelleen lisää informaatiosektorin ulkomailta hankittavia panoksia, vaikka hankintapäätöksen kyseisessä liiketoimintamallissa tekeekin kuluttaja itse yrityksen sijaan. Liikenne- ja viestintäministeriön yhdessä ulkoministeriön kanssa tulisikin selvittää OTT-liiketoimintamallin eli digitaalisten suora(toisto)palveluiden laajemmat vaikutukset Suomen digitalouden hiilijalanjälkeen ja kasvihuonepäästöihin. OTT-liiketoimintamallilla toimivilta palvelutoimittajilta tulisi edellyttää yksityiskohtaisempaa kasvihuonekaasupäästöjen ja päästöintensiteetin raportointia.

Tämä raportti jatkuu seuraavasti. Osiossa kaksi kuvaamme lyhyesti aiempaa kirjallisuutta. Osiossa kolme määrittelemme informaatiosektorin ja laajemman digitalouden merkityksen Suomen kansantaloudelle. Informaatiosektorin ja koko digitalouden arvonlisä on keskeinen tieto informaatiosektorin ja sen toimitusketjun kasvihuonekaasujen päästöintensiteetin ymmärtämiseksi. Kasvihuonekaasujen päästöintensiteetti on mittari, jota on suositeltu hyödynnettävän eri toimialojen väliseen vertailuun maailmanlaajuisesti.[2] Osiossa neljä kuvaamme Suomen informaatiosektorin kasvihuonekaasupäästöjen (GHG)

kehityksen vuosina 2008–2019 ja raportoimme informaatiosektorin päästöintensiteetin eli kasvihuonekaasujen päästöasteen suhteessa informaatiosektorin arvonlisäykseen. Osiossa viisi kuvaamme, miltä toimialoilta, missä laajuudessa ja miltä maantieteellisiltä alueilta informaatiosektorin hankinnat tulevat ja mille eri toimialoille informaatiosektorin tuotokset menevät. Lisäksi kuvaamme hankintojen kunkin toimialan päästöintensiteetin, jotta ymmärrämme paremmin informaatiosektorin ulkoistamisten vaikutuksia kyseisen sektorin kokonaiskasvihuonepäästöihin. Osiossa kuusi raportoimme arvion informaatiosektorin koko toimitusketjun hiilijalanjäljestä.

2 Aiempi kirjallisuus

Johtaako lisääntynyt ICT:n käyttö energiankulutuksen ja päästöjen kasvuun vai auttaako ICT pikemminkin edistämään siirtymää kohti vihreämpää, vähäpäästöistä taloutta? ICT-sektorin raaka-aineista, tuotannosta sekä laitteistojen ja palveluiden käytöstä aiheutuu negatiivisia ympäristövaikutuksia, toisaalta ICT-sektorin tarjoamat teknologiset ratkaisut auttavat tehostamaan toimintaa, optimoimaan energiankulutusta ja vähentämään päästöjä. Vaikka aiemman tutkimuskirjallisuuden kaikkein huolestuttavimmat näkemykset ICT-sektorin tulevaisuuden energiakulutuksen ja päästökehityksen näkymistä (Andrae & Edler, 2015) näyttäisivätkin osoittautuvan liioitelluiksi, ovat aiemmat tutkimukset aliarvioineet toimitusketjujen roolia ICT-sektorin päästökehityksessä – lisäksi kirjallisuuden konsensus viittaa siihen, että ICT-sektorin tulevaisuuden päästökehityksen hillitseminen vaatii paitsi politiikkatoimenpiteitä myös merkittäviä toimialan sisäisiä ponnisteluja päästökehityksen hillitsemiseksi (Freitag ym., 2021).

Belkhir ja Elmeligi (2018) tarkastelevat ICT-sektorin hiilijalanjälkeä – koskien sekä tuotantoa että käyttöä – ja arvioivat sen osuudeksi noin 3–3,6 prosenttia maailman kasvihuonekaasupäästöistä vuonna 2020. Mikäli tämä noin 5,6–6,9 prosentin vuosikasvu jatkuisi ennallaan, ennustaisi arvio ICT:n päästöosuuden olevan 14 prosentin tasolla vuonna 2040. Kyseisen tutkimuksen mukaan valtaosa päästöistä – noin kaksi kolmasosaa – muodostuu ICT-infrastruktuurista, joka käsittää datakeskukset ja viestintäverkot. Andrae ja Edler (2015) tarjoavat vaihtoehtoisia skenaarioita ICT:n sähkönkulutuksesta tulevaisuudessa ja arvioivat, että kuluttajalaitteiden käytönaikaisen sähkönkulutuksen osuus laskee ja korvautuu enenevässä määrin tietoverkkojen ja datakeskusten kasvavalla osuudella. Analyysissa todetaan myös, että ICT:n kasvava sähkönkäyttö voisi *pahimmassa tapauksessa* johtaa jopa 23 prosentin osuuteen maailman kasvihuonekaasupäästöistä vuoteen 2030 mennessä, mikäli tietoverkkojen ja datakeskusten energiatehokkuus ei parane riittävästi. Näihin yksinkertaistettuihin ja kauas tulevaisuuteen ulottuviin projektioihin liittyy kuitenkin huomattavia varaumia, ja ne voivat johtaa virheellisiin politiikkajohtopäätöksiin (Koomey & Masanet, 2021).

Koomey ja Masanet (2021) käyvät läpi aiemman kirjallisuuden sudenkuoppia ja kritisoivat aiempia tutkimuksia siitä, että ne ovat aliarvioineet datakeskusten energiatehokkuuden paranemisen (Andrae & Edler, 2015) tai jättäneet sen kokonaan huomiotta (Belkhir & Elmeligi, 2018). Heidän mukaansa tarvittaisiin parempaa dataa sekä huolellisempaa, tarkempaa ja läpinäkyvämpää analyysia ICT-alan energiankulutuksesta ja päästöistä. Koomey ja Masanet (2021) varoittavat tekemästä yksinkertaistettuja, pidemmälle kuin muutaman vuoden päähän ulottuvia ennusteita informaatioteknologian sähkönkäytöstä, sillä ala muuttuu nopeasti. Esimerkkinä tutkijat mainitsevat dataliikenteen kasvun ja energiankäytön yhteyden: suurempi dataliikenne ei välttämättä heijastu energiankulutuksessa, mikäli energiatehokkuuden paraneminen kompensoi kasvun. Toisaalta informaatioteknologian energiankäytön analyysissa tulisi tarkastella kokonaisuutta, ei ainoastaan järjestelmän yksittäisiä osa-alueita (Masanet ym., 2020).

Malmodin ym. (2010) tarkastelevat informaatiosektorin sähkönkulutusta ja kasvihuonekaasupäästöjä. Kyseisen tarkastelun perusteella keskeisin osuus informaatiosektorin kasvihuonekaasupäästöistä muodostuu käytönaikaisista päästöistä, joskaan valmistuksen rooli ei sekään ole vähäinen. Malmodin ja Lundén (2018) tarkastelevat informaatiosektorin energia- ja hiilijalanjälkeä vuosina 2010–2015. Tarkastelussa havaitaan, että informaatiosektorin hiilijalanjäljen globaali kasvu oli kääntynyt laskuun huolimatta jatkuvasti kasvavasta dataliikenteestä. Tämän lisäksi tulokset viittasivat informaatiosektorin ympäristövaikutusten olevan huomattavasti aiempia ennusteita alhaisempia. Kyseisen analyysin mukaan ICT-sektorin keskeisin hiilijalanjälki liittyy päätelaitteisiin – erityisesti niiden käyttöön mutta myös valmistukseen. Tarkasteltaessa informaatiosektorin hiilijalanjälkeä ICT-sektorin osuudeksi arvioi-

tiin 1,4 prosenttia ja sisältötuotantosektorin osuudeksi 1,2 prosenttia maailman hiilijalanjäljestä. Malmodin ja Lundén (2016) arvioivat, että Ruotsin informaatiosektorin osuus maan hiilijalanjäljestä oli 1,9 prosenttia vuonna 2015, ulkomaantuotanto huomioiden. Tästä luvusta ICT:n osuus oli 1,2 prosenttia ja sisältötuotannon 0,7 prosenttia. Ruotsin informaatiosektorin hiilijalanjäljen osuus vuonna 2015 oli alhaisempi kuin vuonna 2010.

Freitag ym. (2021) tarkastelevat akateemisen kirjallisuuden arvioita ICT:n hiilijalanjäljestä ja arvioivat näiden lukujen valossa, että ICT:n osuus koko maailman kasvihuonekaasupäästöistä on noin 1,8–2,8 prosenttia vuonna 2020. Analyysissa kuitenkin huomautetaan, että aiempien tutkimusten lähestymistavoissa on huomattavia eroja, minkä lisäksi tutkimukset systemaattisesti aliarvioivat ICT:n hiilijalanjälkeä jättämällä osan tuotantoketjusta huomioimatta arvioissaan. Freitag ym. (2021) arvioivat, että mikäli tuotantoketjujen vaikutus huomioitaisiin, ICT:n osuus globaalista hiilijalanjäljestä olisi pikemminkin 2,1–3,9 prosenttia. Olemassa oleva maakohtainen todistusaineisto viittaa niin ikään siihen, että keskittyminen yksinomaan ICT-sektorin omiin päästöihin voi johtaa harhaanjohtaviin johtopäätöksiin ICT-toimialan hiilijalanjäljestä. Tämä selittyy ICT-sektorin ulkopuolisten, päästöintensiivisten välituotteiden käytöllä. Zhou ym. (2019) osoittavat, että Kiinan ICT-sektorin ympäristövaikutukset ovat moninkertaiset, kun päästöintensiivisten välituotepanosten käyttö – erityisesti sähkö- ja perusmateriaalit mukaan lukien kemikaalit, metallit ja mineraalit – huomioidaan. Kyseiset hiililähteet käsittivät yli 80 prosenttia ICT-toimialan päästöistä. Näiden löydösten valossa ICT-sektorin päästöjen hallinnassa tehokkain tapa olisikin ICT:n toimitusketjujen kokonaisvaltainen optimointi.

Lange ym. (2020) analysoivat digitalisaation ja energiankulutuksen yhteyttä ja päätyvät johtopäätökseen, jonka mukaan digitalisaatio näyttäisi kaiken kaikkiaan johtavan energiankulutuksen kasvuun. Informaatio- ja viestintäteknologian käytön ja päästöjen välinen suhde ei kuitenkaan ole yksiselitteinen. Arshad ym. (2020) sekä Park ym. (2018) havaitsevat ICT:n käytön olevan yhteydessä kasvaviin CO2-päästöihin. Toisaalta Salahuddin ym. (2016) eivät löydä merkittävää yhteyttä internetin käytön ja CO2-päästöjen välillä. Añón Higón ym. (2017) havaitsevat, että ICT:n ja kasvihuonekaasupäästöjen välinen suhde on epälineaarinen – käännetyn u:n kaltainen. Tutkimuksen havaintojen valossa moni kehittynyt maa on jo saavuttanut pisteen, jossa päästöt vähenevät ICT-kehityksen parantuessa.

Masanet ym. (2020) huomauttavat, että datakeskusten sähkönkäytön kasvu on laskenut fiksujen, energiankäyttöä tehostavien toimien ansiosta – politiikkatoimenpiteiden suuntaamiseksi tarvittaisiin kuitenkin parempia aineistoja datakeskusten energiankäytön mallintamiseksi. Koot ja Wijnhoven (2021) tarjoavat laskelmia, joiden perusteella palvelinkeskusten energiatehokkuuden kasvu ei riitä kompensoimaan datan käytön lisääntymistä. Toisaalta kiinteiden verkkojen datansiirron energiatehokkuuden kehitys on linjassa tietojenkäsittelyn yleisen energiatehokkuuden paranemisen kanssa (Aslan ym., 2018).

Andrae ym. (2017) havaitsevat, että ICT-alalla on mahdollista saavuttaa huomattavia energiankulutuksen säästöjä ja päästövähennyksiä kiinnittämällä huomioita koko toimitusketjun energian kulutukseen. Kokonaisuudessaan aiempi kirjallisuus viitaa siihen, että ICT-sektorin ilmastojalanjäljen arviointi edellyttää systemaattista sekä koko elinkaaren ja tuotantoketjun huomioivaa lähestymistapaa; lisäksi tarvitaan kohdennettuja politiikka- ja toimialan sisäisiä toimenpiteitä (kuten hiilineutraalisuus- tai hiilinegatiivisuustavoitteet) päästöjen alentamiseksi (Freitag ym., 2021). Toisaalta politiikkatavoitteiden asettaminen ja seuranta edellyttävät myös laadukkaita aineistoja ja lisätutkimusta informaatiosektorin energiankulutuksen ja päästöjen todentamiseksi (Masanet ym., 2020).

3 Informaatiosektorin taloudellinen kehitys Suomessa

OECD (2002) määrittelee ICT-sektorin toimialaksi, joka on yhdistelmä ICT-tavaratuotantoa ja ICT-palvelutuotantoa ja jossa kerätään, lähetetään ja näytetään dataa ja tietoja sähköisesti. OECD:n määritelmä perustuu kansainväliseen toimialaluokitukseen (ISIC Rev. 3) ja tarjoaa hyvän lähtökohdan määrittelylle siitä, mikä taloudellinen toiminta kuuluu ICT-sektorin piiriin. Informaatiosektori on tätä kattavampi määritelmä, joka koostuu ICT-sektorista ja sisältötuotannosta (OECD, 2011). Tässä tutkimuksessa käytämme OECD:n määritelmään

pohjautuvaa informaatiosektorin määritelmää (Hiekkanen ym., 2020; Hiekkanen ym., 2021), joka perustuu vuoden 2008 toimialaluokitukseen (TOL08)[3]. Kyseessä on kansallinen versio Euroopan yhteisön tilastollisesta toimialaluokituksesta (NACE Rev. 2).

ICT-tavaratuotantoa edustaa Euroopan yhteisön tilastollisen toimialaluokituksen (NACE) pääluokka C (Teollisuus) *C26 Tietokoneiden sekä elektronisten ja optisten tuotteiden valmistus* ja ICT-palvelutuotantoa pääluokka J (Informaatio ja viestintä) *J58 Kustannustoiminta*, *J59 Elokuva-, video- ja televisio-ohjelmatuotanto, äänitteiden ja musiikin kustantaminen, J60 Radio- ja televisiotoiminta, J61 Televiestintä, J62 Ohjelmistot, konsultointi ja siihen liittyvä toiminta* sekä *J63 Tietopalvelutoiminta*.

3.1 Kuinka suuri informaatiosektori on?

Tässä osiossa teemme lyhyen katsauksen Suomen ICT-sektorin talouskehitykseen vuosina 1980–2020. Tarkastelemme ICT-tavaratuotannon ja ICT-palvelutuotannon kehitystä Eurostatilta saatujen kansantalouden tilinpitotilastojen perusteella.

Vuonna 2020 informaatiosektorin koko sen arvonlisäyksellä mitattuna oli noin 17,5 miljardia euroa. Tämä luku sisältää sekä ICT-tavaratuotannon että ICT-palvelutuotannon osuudet. Vuonna 2020 informaatiosektoria hallitsivat ICT-palvelutuotannon toimialat, joiden osuus oli 73,5 prosenttia (eli 12,9 miljardia euroa) sektorin koko arvonlisäyksestä (katso taulukko 1). Toimiala *J62–63 Ohjelmistot, konsultointi ja siihen liittyvä toiminta; Tietopalvelutoiminta* tuotti noin 40 prosenttia toimialan arvonlisäyksestä. Toiseksi suurin osuus oli *ICT-tavaratuotannolla* (26,5 %). Seuraaville sijoille tulivat toimialat *J58 Kustannustoiminta* (14 %) ja *J61 Televiestintä* (13 %), kun taas pienimmän osuuden tuotti *J59–60 Elokuva-, video- ja televisio-ohjelmatuotanto, äänitteiden ja musiikin kustantaminen*, jonka osuus oli noin 6 prosenttia koko toimialan arvonlisäyksestä.

Havainnollistaaksemme paremmin edellä esitettyjä lukuja, kuviossa 1 on esitetty informaatiosektorin (engl. information economy sector) ja siihen kuuluvien kahden alasektorin osuudet Suomen bruttokansantuotteesta (bkt) vuosina 1980–2020. Informaatiosektorin osuus bruttokansantuotteesta oli vuonna 2020 7,4 prosenttia (ICT-tavaratuotannon osuus 2 prosenttia ja

Taulukko 1 **ICT-toimialojen osuudet koko informaatiosektorin bruttoarvonlisäyksestä vuosina 2010–2020, %**

	ICT-tavara-tuotanto (C26)	ICT-palvelu-tuotanto (J)	Kustannus-toiminta (J58)	Elokuva-, video- ja televisio-ohjelmatuotanto, äänitteiden ja musiikin kustantaminen; Radio- ja televisio toiminta (J59–60)	Televiestintä (J61)	Ohjelmistot, konsultointi ja siihen liittyvä toiminta; Tietopalvelu-toiminta (J62–63)
2010	44,4	55,6	10,7	5,8	15,0	24,1
2011	38,5	61,5	11,5	6,3	15,4	28,3
2012	22,6	77,4	14,5	7,6	18,6	36,7
2013	29,8	70,2	13,7	6,5	16,7	33,4
2014	29,8	70,2	14,6	6,5	15,2	34,0
2015	27,3	72,7	16,6	6,7	14,9	34,5
2016	28,0	72,0	16,9	6,4	14,6	34,2
2017	28,5	71,5	15,1	6,3	14,0	36,1
2018	22,4	77,6	15,0	6,9	15,2	40,4
2019	23,1	76,9	13,9	6,6	14,5	41,8
2020	26,5	73,5	14,1	5,7	13,3	40,4

Lähde: Kirjoittajien laskelmat perustuen Eurostatin aineistoihin.

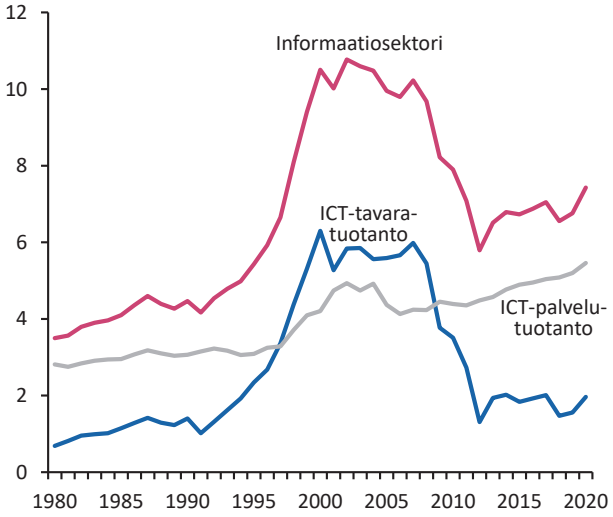
ICT-palvelutuotannon osuus 5,5 %). Suurimman osuuden ICT-tuotannosta muodosti ICT-palvelutuotanto, sillä sen osuus oli lähes kolmenkertainen ICT-tavaratuotantoon verrattuna arvonlisäyksellä mitattuna vuosina 2015–2020. ICT-palvelutuotannon arvonlisäyksen suhde bruttokansantuotteeseen verrattuna kasvoi tasaisesti 2,8 prosentista 5,5 prosenttiin vuosien 1980 ja 2020 välisenä aikana. ICT-tavaratuotannon arvonlisäyksen suhde bruttokansantuotteeseen verrattuna pysyi melko vakaana vuoteen 1991 saakka ja kasvoi sitten vuosina 1992–2000. Suurin arvo kirjattiin vuonna 2000, jolloin ICT-tavaratuotanto tuotti arvonlisäystä 6,3 prosenttia maan bruttokansantuotteesta. Alan yleinen kehitys huomioon ottaen alan sisällä on havaittavissa huomattavaa siirtymistä tavaratuotannosta palvelutuotantoon.

Jotta voisimme tunnistaa syyt ICT-palvelutuotannon talouskasvuun, kuviossa 2 on kuvattu ICT-palvelutuotannon toimialojen osuudet vuosina 1980–2020. ICT-palvelutuotannon kehitys on johtanut merkittäviin rakenteellisiin muutoksiin tällä alasektorilla. Havaittavissa on esimerkiksi siirtyminen toimialasta *J61 Televiestintä* toimialaan *J62–63 Ohjelmistot, konsultointi ja siihen liittyvä toimintaa; Tietopalvelutoiminta*. Vuonna 1980 televiestinnän osuus oli 41 prosenttia ja tietokoneohjelmoinnin osuus 14 prosenttia ICT-palvelutuotannon arvonlisäyksestä. Vuonna 2020 televiestintäalan osuus laski 18 prosenttiin, kun taas tietokoneohjelmoinnin osuus nousi 55 prosenttiin ICT-palvelutuotannon tuottamasta arvonlisäyksen kokonaismäärästä.

3.2 Kuinka suuri digitaalitalous on?

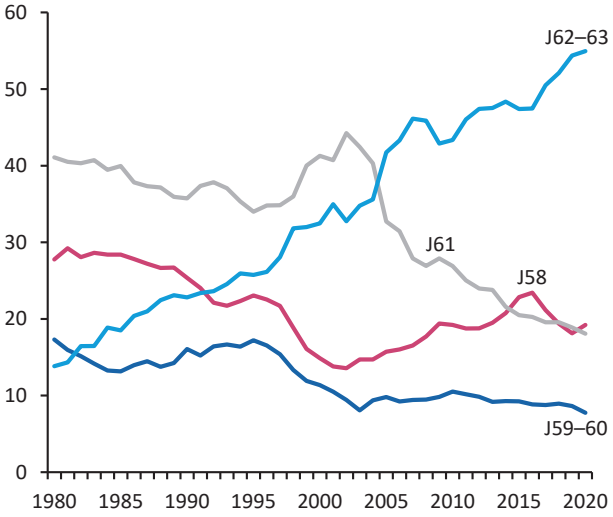
Toisin kuin ICT-sektori, joka edustaa vain tiettyjä toimialoja, digitaalinen talous on moninaisempi kokonaisuus, joka läpileikkaa useampia talouden eri toimialoja ja julkista sektoria. Esimerkiksi OECD (2020) ehdottaa seuraavaa määritelmää digitaaliselle taloudelle: ”Digitaalitalous kattaa kaiken taloudellisen toiminnan, joka perustuu digitaalisten teknologioiden käyttöön tai sellaisten tuotteiden käyttöön, joiden käyttöä merkittävästi tehostetaan digitaalisia teknologioita hyödyntämällä, mukaan lukien digitaaliset infrastruktuurit, digitaaliset palvelut ja data. Se viittaa kaikkiin tuottajiin ja kuluttajiin, mukaan lukien julkinen sektori, jotka hyödyntävät näitä digitaalisia teknologioita taloudellisessa toiminnassaan.”

Kuvio 1 **Suomen informaatiosektorin osuus maan bkt:sta ja ICT-palvelutuotannon ja ICT-tavaratuotannon osuudet erikseen vuosina 1980–2020, %**



Lähde: Kirjoittajien laskelmat perustuen Eurostatin aineistoihin.

Kuvio 2 **ICT-palvelutuotannon toimialojen osuudet ICT-palvelutuotannosta vuosina 1980–2020, %**



Lähde: Kirjoittajien laskelmat perustuen Eurostatin aineistoihin.

Aiemmissa tutkimuksissa digitaalitaloutta on mitattu järjestelmällisemmin talouden toimialana (Ali-Yrkkö ym., 2020). Tässä osiossa käytämme Suomen digitaalitalouden mittaamiseen vaihtoehtoista lähestymistapaa, jotta voimme verrata informaatiosektorin ja digitaalitalouden toimialojen kokoa Suomessa. Hyödynnämme menetelmää, joka on alun perin kehitetty mittaamaan biotalouden toimialan kokoa (Kuosmanen ym., 2020). Digitaalitalouden tavoin myös biotalous ulottuu monille eri talouden aloille.

Käyttämällä menetelmää, jonka kehittivät Kuosmanen ym. (2020) sekä panos–tuotos-taulukoita, voimme tunnistaa toimialakohtaiset painot niiden ICT-tuotteiden ja -palvelujen osuuksien perusteella, joita käytetään panoksina muille toimialoille, ja soveltaa sitten kyseisiä painoja kaikkien toimialojen arvonlisäykseen, jolloin voimme arvioida toimialojen osuuksia maan digitaalitaloudessa. Digitaalitalouden koko saadaan laskemalla yhteen kyseiset toimialojen kontribuutiot. Esimerkiksi toimialan O *Julkinen hallinto ja maanpuolustus; pakollinen sosiaalivakuutus* kontribuutio digitalouteen lasketaan seuraavaksi: Vuonna 2018 kyseisen toimialan kokonaispanoksista 17 prosenttia tuli informaatiosektorilta. Toimialan (O) arvonlisä vuonna 2018 oli 11 357 miljoonaa euroa. Huomioiden edellä mainitun 17 prosentin osuuden toimialan (O) kontribuutio digitaalitalouteen on noin 1 913 miljoonaa euroa vuonna 2018.

Vertailun vuoksi taulukossa 2 on esitetty digitaalitalouden ja informaatiosektorin osuudet maan bruttokansantuotteesta vuosina 2010–2018. Koska digitaalitalouteen lasketaan kaikkien toimialojen kontribuutiot, sen osuus maan taloudesta on noin kaksi kertaa suurempi kuin informaatiosektorin koko. Esimerkiksi vuonna 2018 digitaalitalous loi 29,5 miljardia euroa arvonlisäystä, mikä on 12,6 prosenttia Suomen bruttokansantuotteesta, ja informaatiosektori 15,3 miljardia euroa arvonlisäystä, joka on vain 6,5 prosenttia bruttokansantuotteesta.

Taulukko 2 Digitaalitalouden ja informaatiosektorin osuudet Suomen bruttokansantuotteesta vuosina 2010–2018, %

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Digitaalitalous	13,6	13,0	11,8	12,5	12,7	12,7	13,1	13,4	12,6
Informaatiosektori	7,9	7,1	5,8	6,5	6,8	6,7	6,9	7,0	6,5

Lähde: Kirjoittajien laskelmat perustuen Eurostatin aineistoihin.

Taulukko 3 Suomen digitaalitalous vuonna 2018: toimialakohtaiset osuudet digitaalitaloudessa, %

Toimiala	Osuus, %
Ohjelmistot, konsultointi ja siihen liittyvä toiminta; Tietopalvelutoiminta (J62-63)	20,9
Tietokoneiden sekä elektronisten ja optisten tuotteiden valmistus (C26)	11,6
Televiestintä (J61)	7,9
Kustannustoiminta (J58)	7,8
Julkinen hallinto ja maanpuolustus; pakollinen sosiaalivakuutus (O)	6,5
Koulutus (P)	4,3
Elokuva-, video- ja televisio-ohjelmatuotanto, äänitteiden ja musiikin kustantaminen; Radio- ja televisiotoiminta (J59-60)	3,6
Tukkukauppa (pl. moottoriajoneuvojen ja moottoripyörien kauppa) (G46)	3,2
Sosiaalihuollon laitospalvelut; Sosiaalihuollon avopalvelut (Q87-88)	3,0
Muut toimialat	31,4

Lähde: Kirjoittajien laskelmat perustuen Eurostatin aineistoihin.

Taulukossa 3 on havainnollistettu eri toimialojen osuuksia Suomen digitaalitaloudesta viimeisimmän vuoden ajalta, jolta Suomen panos–tuotos-taulukot ovat saatavilla (vuosi 2018). Suurin osuus digitaalitaloudessa oli toimialalla *Ohjelmistot, konsultointi ja siihen liittyvä toiminta; Tietopalvelutoiminta* (21 %). Toiseksi suurin osuus oli ICT-tavaratuotannolla, jonka osuus digitaalitaloussektorista oli noin 12 prosenttia. Seuraavaksi suurimmat toimialat olivat *Televiestintä* (8 %) ja *Kustannustoiminta* (8 %). Digitaalitalouden rakenne taulukossa 3 vastaa jossain määrin informaatiosektorin rakennetta (taulukko 1).

4 Informaatiosektorin kasvihuonekaasupäästöt Suomessa

Tässä osiossa kuvataan Suomen informaatiosektorin kasvihuonekaasupäästöjen (GHG) kehitystä vuosina 2008–2019. Käytämme toimialakohtaisia kasvihuonekaasupäästöjen tilastotietoja, jotka on saatu Eurostatin ilmastopäästötileiltä, jotka on räätälöity integroituja ympäristötaloudellisia analyyseja varten.[4]

Vuonna 2019 informaatiosektorin kasvihuonekaasupäästöt olivat yhteensä noin 23 tuhatta tonnia CO2e. Noin puolet tästä syntyi ICT-tavaratuotannossa ja puolet ICT-palvelutuotannossa (katso taulukko 4). Vuodesta 2008 lähtien kasvihuonekaasupäästöt ovat vähentyneet 73 prosenttia (informaatiosektorin kasvihuonekaasupäästöjen kokonaismäärä oli 86 tuhatta tonnia CO2e vuonna 2008). Suurin taustalla oleva tekijä alan kasvihuonekaasupäästöjen laskuun on ICT-palvelutuotannon vähentyvä osuus päästöistä. Suurin vähennys tapahtui vuonna 2015, jolloin päästöt laskivat jyrkästi, noin 29 tuhatta tonnia eli 56 prosenttia.

Taulukossa 4 havainnollistetaan ICT-tavaratuotannon ja ICT-palvelutuotannon kasvihuonekaasujen päästöintensiteettiä[5] eli kasvihuonekaasujen päästöastetta suhteessa toimialan arvonlisäykseen (kaksi saraketta taulukon oikealla puolella). ICT-palvelutuotannon päästöintensiteetti laski huomattavasti vuosina 2008–2015. Siitä lähtien se on vakiintunut yhteen tonniin CO2e miljoonaa euroa kohti luodun arvonlisäyksen osalta. ICT-tavaratuotannon päästöintensiteetti oli noin kolme kertaa suurempi kuin ICT-palvelutuotannon päästöintensiteetti vuosina 2015–2019. Vaikka tasojen suhteen ICT-tavaratuotannolla ja ICT-palvelutuotannolla on samanlaiset vaikutukset alan kokonaispäästöihin, ICT-palvelutuotantoa voidaan pitää vähemmän saastuttavana toimialana.

Taulukko 4 ICT-tavaratuotannon ja ICT-palvelutuotannon kasvihuonepäästöt ja päästöintensiteetti vuosina 2008–2019

	GHG (1 000 tonnia CO2e)		GHG-intensiteetti, (tonnia CO2e / milj. eur)*	
	ICT-tavaratuotanto	ICT-palvelutuotanto	ICT-tavaratuotanto	ICT-palvelutuotanto
2008	15,5	70,5	1,3	7,5
2009	15,9	60,0	2,1	6,6
2010	13,0	56,6	1,8	6,1
2011	14,2	45,5	2,4	4,8
2012	14,3	45,4	5,1	4,8
2013	19,0	40,3	4,7	4,2
2014	20,3	31,7	4,8	3,2
2015	12,2	10,5	3,1	1,0
2016	15,3	11,9	3,7	1,1
2017	13,1	12,0	2,9	1,1
2018	11,2	12,7	3,4	1,1
2019	11,2	11,9	3,1	1,0

* Vuoden 2015 hinnoin. **Lähde:** Eurostat (GHG), kirjoittajien laskelmat perustuen Eurostatin aineistoihin (GHG-intensiteetti).

Kuten edellä mainittiin, ICT-tavaratuotanto ja ICT-palvelutuotanto tuottivat noin saman verran kasvihuonekaasupäästöjä vuonna 2019 (11,2 ja 11,9 tuhatta tonnia CO2e). ICT-palvelutuotannossa suurin osuus oli toimialalla *J59–60 Elokuva-, video- ja televisio-ohjelmatuotanto, äänitteiden ja musiikin kustantaminen*, jonka suhteellinen osuus oli 17 prosenttia. Toimialojen *J62–63 Ohjelmistot, konsultointi ja siihen liittyvä toiminta; Tietopalvelutoiminta* ja *J61 Televiestintä* osuudet olivat 12,6 prosenttia ja 13 prosenttia, ja toimialan *J58 Kustannustoiminta* osuus noin 9 prosenttia. ICT-tavaratuotanto tuottaa 23 prosenttia informaatiosektorin luomasta koko arvonlisäyksestä (taulukko 1), mutta se tuottaa noin puolet toimialan päästöistä (49 prosenttia) (11,2 tonnia, ks. taulukko 4). Vastaavasti ICT-palvelutuotanto tuottaa 77 prosentin arvonlisäyksen (taulukko 1) ja päästöistä 51 prosenttia (11,9 tonnia, ks. taulukko 4).

5 Toimitusketjun näkökulma

5.1 Informaatiosektorin panokset ja tuotokset

Tässä osiossa tarkastelemme empiirisenä tietolähteenä Eurostatin Suomen panos–tuotos-taulukkotietoja. Tutkimme, mitkä toimialat ovat informaatiosektorilla tärkeimpiä välituotepanosten tarjoajia, ja selvitämme, mitkä toimialat luottavat informaatiosektorin tuotoksiin. Käytämme Suomen osalta symmetrisiä panos–tuotos-taulukoita (toimialakohtaisia kotimaista tuotantoa ja tuontia koskevia matriiseja)[6], jotka ovat saatavilla vuosille 2010–2018. Kansantalouden tilinpidon vakiotietojen perusteella luodut panos–tuotos-taulukot edustavat talouden rahavirtoja. Ne osoittavat, kuinka toimialat hyödyntävät kotimaista tuotantoa sekä tuotuja tavaroita ja palveluita välituotekäytössä ja loppukäytössä.

Jotta voimme tutkia informaatiosektorin välituotteiden panosten lähteitä, voimme jakaa välituotekäytön[7] kokonaisuudessaan neljään eri hankintavaihtoehtoon, joita ovat seuraavat:

1. Kotimainen toimialan sisäinen välituotekäyttö
2. Kotimainen toimialojen välinen välituotekäyttö
3. Tuonnit toimialan sisäiseen välituotekäyttöön
4. Tuonnit toimialojen väliseen välituotekäyttöön.

Toimialojen sisäistä välituotekäyttöä ovat sellaiset informaatiosektorin panokset, joita ICT-toimialat tuottavat. Esimerkiksi toimialalla *C26 Tietokoneiden sekä elektronisten ja optisten tuotteiden valmistus* tuotettuja tavaroita käytetään panoksina *J62–63 Ohjelmistot, konsultointi ja siihen liittyvä toiminta; Tietopalvelutoiminta* -toimialalla. *Toimialojen välistä* välituotekäyttöä ovat informaatiosektorin panokset, joita muut kuin ICT-toimialat tuottavat. Esimerkiksi toimialalla *M72 Tieteellinen tutkimus ja kehittäminen* tuotettuja palveluja käytetään välituotepanoksena *C26 Tietokoneiden sekä elektronisten ja optisten tuotteiden valmistus* -toimialalla.

Taulukossa 5 on esitetty kotimaisten ja tuotujen (toimialojen sisäisten ja toimialojen välisten) välituotteiden osuudet Suomen informaatiosektorin välituotteiden kokonaiskäytöstä prosentteina. Alan kotimaisten välituotteiden käyttö kasvoi 55 prosentista 63 prosenttiin vuosina 2010–2018. Toimialalle tuotujen panosten käyttö laski 45 prosentista 37 prosenttiin samalla ajanjaksolla. Kotimaisten panosten suurempi osuus välituotekäytössä johtuu pääasiassa laajamittaisesta kotimaisesta toimialojen välisestä välituotekäytöstä. Esimerkiksi vuonna 2018

Taulukko 5 **Kotimaisten ja tuotujen (toimialojen sisäisten ja toimialojen välisten) välituotteiden osuudet Suomen informaatiosektorin välituotteiden kokonaiskäytöstä, %**

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Kotimaiset toimialan sisäiset panokset	21,1	22,0	19,7	22,2	22,8	25,1	25,1	25,0	26,7
Kotimaiset toimialojen väliset panokset	34,2	36,3	37,2	40,6	41,5	40,6	41,0	37,1	36,3
Tuodut toimialan sisäiset panokset	14,4	14,4	12,0	9,0	10,0	10,3	11,1	14,2	13,9
Tuodut toimialojen väliset panokset	30,4	27,3	31,2	28,2	25,7	24,1	22,8	23,6	23,0

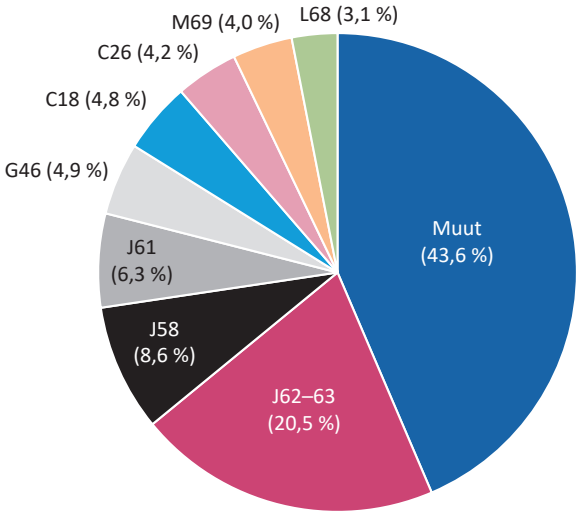
Lähde: Kirjoittajien laskelmat perustuen Eurostatin aineistoihin.

kaikista välituotteista 36 prosenttia toimittivat muut kotimaiset toimialat kuin kotimaiset ICT-toimialat (informaatiosektori 27 %).

Kotimaisia välituotteita käsittelevässä kuviossa 3 esitetään kotimaisten toimialojen välituotepanosten osuudet informaatiosektorilla vuonna 2018. Kolme pääasiallista kotimaista välituotepanosten toimittajaa olivat seuraavat toimialat: *J62–63 Ohjelmistot, konsultointi ja siihen liittyvä toiminta; Tietopalvelutoiminta* (21 %), *J58 Kustannustoiminta* (9 %) ja *J61 Televiestintä* (6 %). Viisi prosenttia kaikista panoksista tuli kotimaisilta toimialoilta *G46 Tukkukauppa, pl. moottoriajoneuvojen ja moottoripyörien kauppa* ja viisi prosenttia *C18 Painaminen ja tallenteiden jäljentäminen* -toimialalta.

Ulkomaisia välituotteita käsittelevässä kuviossa 4 esitetään vastaavasti ulkomaisten toimialojen välituotepanosten osuudet informaatiosektorilla vuonna 2018. Kolme pääasiallista ulkomaista välituotepanosten toimittajaa olivat seuraavat toimialat: *C26 Tietokoneiden sekä elektronisten ja optisten tuotteiden valmistus* (23 %), *M72 Tieteellinen tutkimus ja kehittäminen* (21 %) ja *J62–63 Ohjelmistot,*

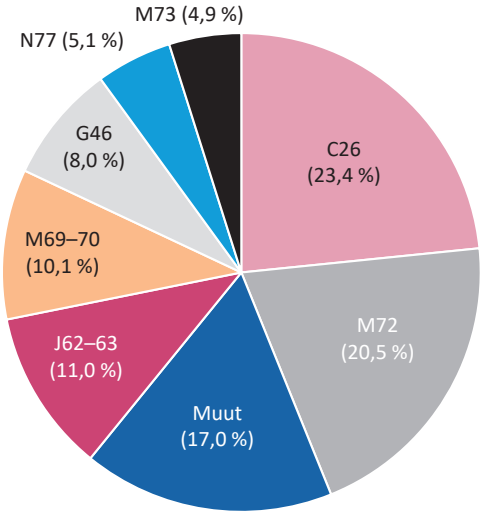
Kuvio 3 Suomen informaatiosektorin käyttämät kotimaisten panosten osuudet toimialoittain vuonna 2018, %



J62–63 Ohjelmistot, konsultointi ja siihen liittyvä toiminta; Tietopalvelutoiminta; J58 Kustannustoiminta; J61 Televiestintä; G46 Tukkukauppa (pl. moottoriajoneuvojen ja moottoripyörien kauppa); C18 Painaminen ja tallenteiden jäljentäminen; C26 Tietokoneiden sekä elektronisten ja optisten tuotteiden valmistus; M69 Lakiasiain- ja laskentatoimen palvelut; L68 Kiinteistöalan toiminta.

Lähde: Kirjoittajien laskelmat perustuen Eurostatin aineistoihin.

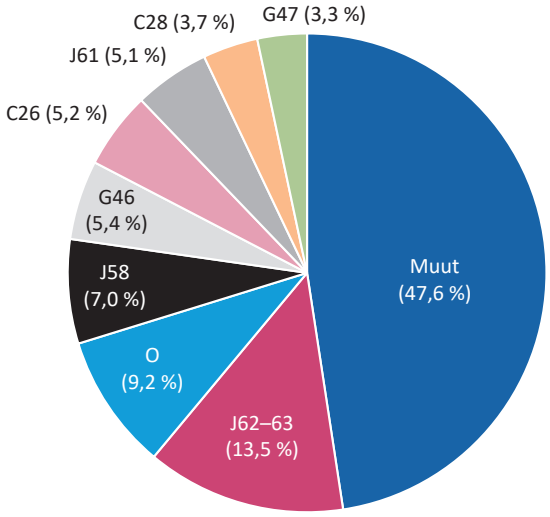
Kuvio 4 Suomen informaatiosektorin käyttämät tuotujen panosten osuudet toimialoittain vuonna 2018, %



C26 Tietokoneiden sekä elektronisten ja optisten tuotteiden valmistus; M72 Tieteellinen tutkimus ja kehittäminen; J62–63 Ohjelmistot, konsultointi ja siihen liittyvä toiminta; Tietopalvelutoiminta; M69–70 Lakiasiain- ja laskentatoimen palvelut; Pääkonttorien toiminta; liikkeenjohdon konsultointi; G46 Tukkukauppa (pl. moottoriajoneuvojen ja moottoripyörien kauppa); N77 Vuokraus- ja leasingtoiminta; M73 Mainostoiminta ja markkinatutkimus.

Lähde: Kirjoittajien laskelmat perustuen Eurostatin aineistoihin.

Kuvio 5 Tuotosten osuudet: Informaatiosektorin tuotokset muille toimialoille, %



J62–63 Ohjelmistot, konsultointi ja siihen liittyvä toiminta; Tietopalvelutoiminta; O Julkinen hallinto ja maanpuolustus; pakollinen sosiaalivakuutus; J58 Kustannustoiminta; G46 Tukkukauppa (pl. moottoriajoneuvojen ja moottoripyörien kauppa); C26 Tietokoneiden sekä elektronisten ja optisten tuotteiden valmistus; J61 Televiestintä; C28 Muiden koneiden ja laitteiden valmistus; G47 Vähittäiskauppa (pl. moottoriajoneuvojen ja moottoripyörien kauppa).

Lähde: Kirjoittajien laskelmat perustuen Eurostatin aineistoihin.

konsultointi ja siihen liittyvä toiminta; Tietopalvelutoiminta (11 %).

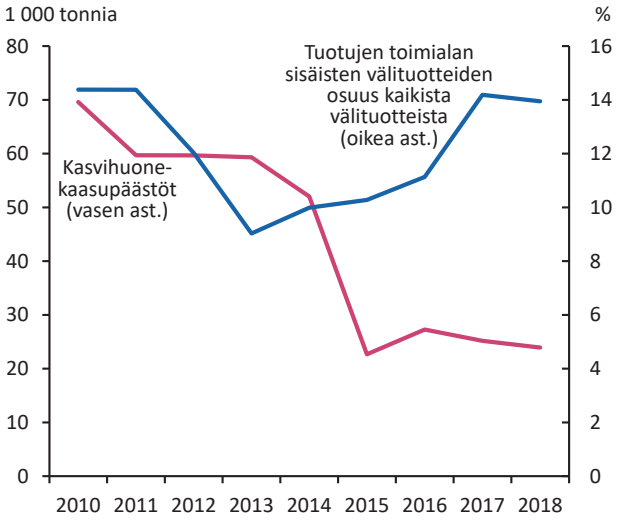
Koskien informaatiosektorin tuotoksia muille toimialoille vuonna 2018 informaatiosektori käytti itse 33 prosenttia ja 67 prosenttia toimi panoksina muille toimialoille (ks. kuvio 5). Suomen informaatiosektorin tuottamien ICT-tavaroiden ja -palvelujen pääkäyttäjiä olivat toimialat *J62–63 Ohjelmistot, konsultointi ja siihen liittyvä toiminta; Tietopalvelutoiminta* (14 %), *O84 Julkinen hallinto ja maanpuolustus; pakollinen sosiaalivakuutus* (9 %) ja *J58 Kustannustoiminta* (7 %).

5.2 Kasvihuonekaasupäästöjen ulkoistaminen

Informaatiosektorin kasvihuonekaasupäästöt ovat vähentyneet (katso osio 4). Näissä luvuissa ei ole kuitenkaan otettu nimenomaisesti huomioon päästöjen ulkoistamista (hiilivuodot). Sen sijaan, että tuotteet ja tavarat tuotettaisiin kotimaassa, osa tuotannosta voidaan ulkoistaa ulkomaille, jolloin ulkoistetaan myös osa saasteista. Tässä osiossa tutkimme merkkejä Suomen ICT-sektorin päästöjen ulkoistamisesta. Tarkemmin sanottuna tarkastelemme panos–tuotos-taulukon avulla tuotuja ulkomaisten ICT-toimialojen panoksia kotimaisille ICT-toimialoille. Ulkoistaminen merkitsisi toimialan sisäisen tuonnin osuuden kasvua suhteessa muihin lähteisiin.

Kuviossa 6 on esitetty Suomen informaatiosektorin (punainen käyrä) tuottamat päästöt (1 000 tonnia CO2e) ja toimialan tuotujen sisäisten välituotteiden osuus koko välituotekäytöstä (sininen käyrä) vuosina 2010–2018. Informaatiosektorin kasvihuonekaasupäästöjen trendi on ollut laskeva vuodesta 2013 lähtien, mutta toimialan tuotujen sisäisten välituotteiden trendi on samanaikaisesti noussut. Näitä vastakkaisia trendejä voidaan pitää merkkinä hiilivuodosta.

Kuvio 6 Suomen informaatiosektorin tuottamat kasvihuonekaasupäästöt (1 000 tonnia CO2e) ja tuotujen toimialan sisäisten välituotteiden osuus (%) kaikista välituotteista vuosina 2010–2018



Lähde: Eurostat (GHG), kirjoittajien laskelmat perustuen Eurostatin aineistoihin (tuotujen toimialan sisäisten välituotteiden osuus kaikista välituotteista).

Taulukko 6 Ulkomailta tuotujen toimialan sisäisten panosten osuudet toimialojen sisäisen välituotekäytön kokonaismäärästä vuosina 2010–2018, %

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
C26 Tietokoneiden sekä elektronisten ja optisten tuotteiden valmistus	32,0	31,0	29,3	20,0	25,1	24,5	25,0	23,3	21,3
J58 Kustannustoiminta	0,5	0,5	0,6	0,6	0,4	0,2	0,2	0,5	0,4
J59–60 Elokuva-, video- ja televisio-ohjelmatuotanto, äänitteiden ja musiikin kustantaminen	0,5	0,6	0,7	0,8	0,5	2,0	1,9	1,9	1,9
J61 Televiestintä	0,6	0,4	0,7	0,5	1,0	0,7	0,8	0,6	0,7
J62–63 Ohjelmistot, konsultointi ja siihen liittyvä toiminta; Tietopalvelutoiminta	7,0	7,0	6,7	7,0	3,4	1,7	2,8	9,8	10,0

Lähde: Kirjoittajien laskelmat perustuen Eurostatin aineistoihin.

Taulukosta 6 nähdään, mille ulkomaisille ICT-toimialoille kotimaiset päästöt ulkoistettiin. Siinä esitetään ulkomaisilta ICT-toimialoilta tuotujen välituotteiden osuudet toimialojen sisäisen välituotekäytön kokonaismäärästä. Suurin osa välituotteista tulee ICT-tavaratuotannon toimialoilta (noin 21 % vuonna 2018). Toimialalta *J62–63 Ohjelmistot, konsultointi ja siihen liittyvä toiminta; Tietopalvelutoiminta* tuonnin osuus nousi 7 prosentista 10 prosenttiin vuosina 2010–2018 (tärkein tuoja oli kotimainen J62–63-toimiala).

5.3 Informaatiosektorin tuodut panokset ja niiden alkuperä

Tässä osiossa tutkitaan, miltä mantereilta/alueilta ja maista panokset tulivat Suomen informaatiosektorille vuosina 2008–2020. Käytämme Suomen tullin[8] kansainvälistä tavarakauppaa koskevia tilastotietoja, jotka ovat käytettävissä sekä tuonnin että viennin osalta.[9]

Taulukossa 7 on esitetty tuotujen panosten osuudet ICT-palvelutuotannon (luettelo A) ja ICT-tavaratuo-

Taulukko 7 **Tuonnin osuudet Suomen ICT-palvelutuotannosta (luettelo A) ja ICT-tavaratuotannosta (luettelo B) vuosina 2008–2020, %**

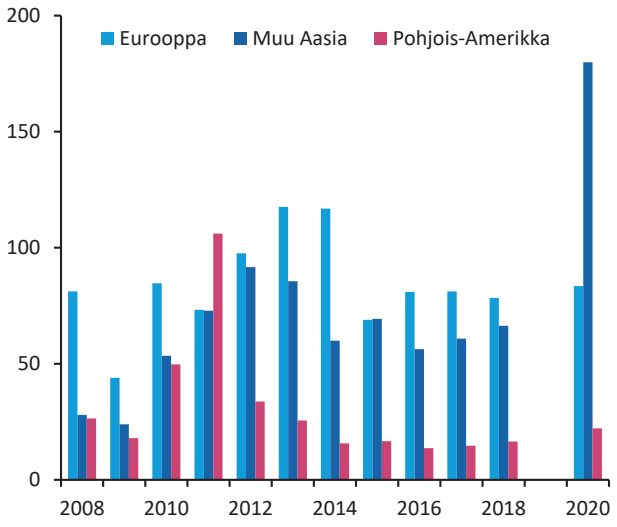
	Eurooppa	Pohjois-Afrikka	Muut Afrikan maat	Lähi- ja Keski-Itä	Muu Aasia	Pohjois-Amerikka	Väli-Amerikka	Etelä-Amerikka	Oseania
A. ICT-palvelutuotanto									
2008	67,37	0,00	0,16	0,87	20,02	10,32	1,19	0,01	0,06
2009	58,91	0,01	0,03	1,38	29,96	8,15	1,52	0,01	0,03
2010	51,37	0,00	0,01	0,78	34,81	11,82	1,17	0,01	0,04
2011	36,98	0,00	0,03	0,25	45,02	16,39	1,29	0,00	0,03
2012	34,35	0,00	0,01	0,15	59,07	5,64	0,74	0,01	0,03
2013	43,45	0,00	0,01	0,05	50,94	5,25	0,25	0,02	0,03
2014	48,81	0,76	0,00	0,19	44,41	4,85	0,97	0,01	0,01
2015	43,30	0,27	0,00	0,12	50,43	4,43	1,42	0,00	0,02
2016	45,91	0,03	0,01	0,21	42,73	9,97	1,15	0,00	0,01
2017	44,28	0,01	0,00	0,26	45,06	9,70	0,67	0,00	0,02
2018	51,16	0,01	0,02	0,29	34,98	12,77	0,68	0,00	0,10
2019	45,19	0,00	0,02	0,39	48,24	5,38	0,70	0,01	0,05
2020	33,86	0,00	0,02	0,32	58,33	5,40	2,06	0,00	0,02
B. ICT-tavaratuotanto									
2008	18,21	0,01	0,03	0,64	76,91	3,32	0,81	0,04	0,04
2009	20,51	0,01	0,05	0,89	71,92	5,67	0,83	0,07	0,05
2010	24,98	0,01	0,02	0,72	66,51	7,17	0,49	0,03	0,07
2011	22,81	0,02	0,01	0,28	69,72	6,70	0,36	0,03	0,07
2012	24,34	0,01	0,03	0,40	66,40	8,25	0,31	0,13	0,13
2013	37,02	0,01	0,04	0,52	50,57	11,29	0,39	0,03	0,15
2014	27,70	0,01	0,04	0,28	53,69	17,47	0,56	0,06	0,19
2015	30,44	0,01	0,02	0,37	50,51	17,53	0,95	0,05	0,11
2016	26,77	0,01	0,02	0,19	53,48	18,57	0,80	0,08	0,08
2017	29,79	0,01	0,02	0,23	58,75	10,49	0,60	0,04	0,07
2018	24,32	0,01	0,05	0,19	60,71	12,81	1,79	0,05	0,07
2019	22,58	0,03	0,02	0,16	58,61	16,24	2,23	0,03	0,09
2020	34,31	0,01	0,03	0,14	49,99	13,04	2,35	0,05	0,08

Lähde: Kirjoittajien laskelmat perustuen Tullin ulkomaankauppatilastoon.

tannon (luettelo B) osalta tuonnin kokonaismäärästä seuraavilta maantieteellisiltä alueilta: Eurooppa, Pohjois-Afrikka, muut Afrikan maat, Lähi- ja Keski-Itä, Muu Aasia, Pohjois-Amerikka, Väli-Amerikka, Etelä-Amerikka ja Oseania. Suurimmat informaatiosektoria koskevat välituotteiden tuojat olivat Eurooppa, Muu Aasia ja Pohjois-Amerikka. Vuosina 2008–2020 ICT-palvelutuotanto siirsi tuonnin painopisteen Euroopasta Aasiaan. ICT-tavaratuotantoa koskevat tuonnit Euroopasta ja Pohjois-Amerikasta lisääntyivät, mutta tuonti Aasiasta väheni. Vuonna 2020 noin puolet molempien alasektoreiden tuoduista panoksista oli peräisin Aasiasta.

Vuonna 2020 ICT-palvelutuotannon tuonnista 34 prosenttia tuli Euroopasta ja 58 prosenttia muualta Aasiasta. Tarkemmin sanottuna 38 prosenttia tuonnista tuli Kiinasta, 8 prosenttia Alankomaista ja 6 prosenttia Saksasta, 5 prosenttia Irlannista, Ruotsista, Thaimaasta, Vietnamista ja Japanista. Samana vuonna 50 prosenttia ICT-tavaratuotantoon suuntautuvasta tuonnista oli peräisin muualta Aasiasta, 34 prosenttia Euroopasta ja 13 prosenttia Pohjois-Amerikasta (Yhdysvalloista). Tarkemmin sanottuna 21 prosenttia Kiinasta, 13 prosenttia Yhdysvalloista, 11 prosenttia Malesiasta, 8 prosenttia Saksasta, 5 prosenttia Taiwanista ja 5 prosenttia Virosta.

Kuvio 7 **Kolme suurinta tuojaa Suomen "J62 Ohjelmistot, konsultointi ja siihen liittyvä toiminta" -toimialalle (vuoden 2015 hinnoin) vuosina 2008–2018 ja 2020, milj. eur**



Lähde: Kirjoittajien laskelmat perustuen Tullin ulkomaankauppatilastoon.

Tuotujen välituotteiden määrä ulkomaiselta *J62–63 Ohjelmistot, konsultointi ja siihen liittyvä toiminta; Tietopalvelutoiminta* -toimialalta kasvoi 10 prosenttiin vuonna 2018 (taulukko 6). Ne toimivat pääasiassa panoksina vastaavalle kotimaiselle toimialaluokalle. Kuviossa 7 on havainnollistettu kyseisen toimialan kolme suurinta tuojaa, jotka olivat Eurooppa, muu Aasia ja Pohjois-Amerikka. Vuonna 2020 tuonnista 55 prosenttia tuli Kiinasta, 7 prosenttia Yhdysvalloista, 7 prosenttia Saksasta ja 5 prosenttia Unkarista.

6 Informaatiosektorin ja sen hankintojen kasvihuonekaasupäästöt

Informaatiosektorin kasvihuonekaasupäästöjä on käsitelty luvussa neljä (s. 11–12). Tarkempi yhteenveto löytyy taulukon 8 toisesta sarakkeesta (vuodet 2010–2018). Taulukon 8 luvuissa ei kuitenkaan ole otettu huomioon muiden koti- ja ulkomaisten toimialojen päästöjä, jotka aiheutuvat välituotepanosten tuottamisesta Suomen ICT-sektorille. Tässä osiossa käytetään kolmea tietolähdettä: Eurostatin kotimaisia ja tuonnin panos–tuotostaulukoita, toimialakohtaista kansantalouden tilinpitoa ja ilmapäästöjä koskevaa tilinpitoa. Näiden aineistojen pohjalta tuotetaan arviot koti- ja ulkomaisten toimialojen Suomen informaatiosektorille tuottamien välituotteiden kasvihuonekaasupäästöistä.[10]

Kotimaisten toimialojen kasvihuonekaasupäästöt on raportoitu taulukon 8 kolmannessa sarakkeessa. Nämä luvut osoittavat, että informaatiosektorin päästöt ovat yksinään paljon pienempiä, kun ei huomioida tämän sektorin välituotteiden tuottamisesta aiheutuvia päästöjä. Arviomme kotimaisten informaatiosektorin panoksia tuottavien toimialojen kasvihuonekaasupäästöistä vuonna 2018 oli 1 852 tonnia CO2e, kun informaatiosektorin omat kasvihuonekaasupäästöt olivat vain 24 tonnia CO2e. Tulokset osoittavat, että informaatiosektorin panoksia tuottavat toimialat, joiden päästöintensiteetit ovat huomattavasti korkeammat kuin informaatiosektorin.

Taulukko 8 **Suomen informaatiosektorin ja muiden toimialojen informaatiosektorille tuottamien välituotteiden kasvihuonekaasupäästöt, 1 000 tonnia CO2e**

	Informaatiosektorin kasvihuonekaasupäästöt	Kasvihuonekaasupäästöt kotimaisille toimialoille	Kasvihuonekaasupäästöt ulkomaisille toimialoille
2010	69,6	3 049,5	458,0
2011	59,7	2 769,9	537,5
2012	59,7	2 652,9	461,7
2013	59,3	2 609,1	468,3
2014	52,0	2 480,8	447,7
2015	22,7	1 880,2	436,2
2016	27,3	1 908,6	508,0
2017	25,2	1 704,1	469,0
2018	23,9	1 851,9	445,2

Lähde: Eurostat (Suomen informaatiosektorin kasvihuonekaasupäästöt), kirjoittajien laskelmat perustuen Eurostatin aineistoihin (kasvihuonekaasupäästöt kotimaisille ja ulkomaisille toimialoille).

Ulkomaisten toimialojen kasvihuonekaasupäästöt raportoidaan taulukon 8 viimeisessä sarakkeessa. Jos ulkomaisilla toimialoilla on samat päästöintensiteetit kuin Suomen toimialoilla, arviomme ulkomaisten toimialojen Suomen informaatiosektorille tuottamien tuotantopanosten kasvihuonekaasupäästöistä nousivat 445 tonniin CO2e vuonna 2018. Tuloksia koskien on kuitenkin huomioitava, että olettamuksemme päästöintensiteetistä saattaa olla liian positiivinen. Esimerkiksi Suomen energiantuotanto on huomattavasti puhtaampaa kuin monissa muissa maissa. Lisäksi, kun otetaan huomioon realistiset tuotanto-olosuhteet ja toimitusketju kokonaisuudessaan tavaroiden ja palvelujen tuottamiseksi, kasvihuonekaasupäästöt voivat olla vielä suurempia.

7 Tulokset

Informaatiosektorin osuus Suomen bruttokansantuotteesta oli 6,5 prosenttia vuonna 2018 (7,4 % vuonna 2020). Vastaavasti vuonna 2018 koko digitalouden laskennallinen osuus Suomen bruttokansatuotteesta oli 12,6 prosenttia. Informaatiosektorin kasvihuonekaasupäästöt Suomessa olivat yhteensä 23 tuhatta tonnia CO2e vuonna 2019. Vuonna 2019 informaatiosektorin kasvihuonekaasupäästöt edustivat 0,04 prosenttia Suomen kaikista kasvihuonepäästöistä. Edellisiin lukuihin perustuen informaatiosektorin päästöintensiteetti oli vuonna 2018 1,6 t CO2e / miljoona € ja vastaavasti 1,5 t CO2e / miljoona € vuonna 2019. Informaatiosektorin yritysten päästöintensiteetti on laskenut merkittävästi Suomessa viimeisen kymmenen vuoden aikana, kun huomioidaan toimialan yritykset ilman niiden hankintoja eli ostettuja panoksia.

Informaatiosektorin hankinnoista kotimaisten panosten osuus oli 63 prosenttia vuonna 2018 ja ulkomaisten panosten osuus 37 prosenttia. Kotimaisten panosten osuus on viime vuosina kasvanut. Tutkimuksen havaintojen perusteella on havaittavissa joitakin merkkejä päästöjen ulkoistamisesta ulkomaille (esimerkiksi J62–63-toimialan osuus kasvoi 7 prosentista 10 prosenttiin ja J59–60-toimialan osuus 0,5 prosentista 1,9 prosenttiin vuodesta 2010 vuoteen 2018).

ICT-tavaratuotannolla on suurempi päästöintensiteetti kuin ICT-palvelutuotannolla. Tämä tarkoittaa sitä, että ICT-tavaratuotanto saastuttaa enemmän taloudellista tuotosyksikköä kohti ICT-palvelutuotantoon verrattuna. Kokonaisuudessaan panokset informaatiosektorille tulevat toimialoilta, joiden kasvihuonekaasupäästöt (päästöintensiteetti) ovat 77-kertaiset verrattuna informaatiosektorin omiin kasvihuonekaasupäästöihin (päästöintensiteettiin) vuonna 2018. Edellä kuvatut tulok-

set eivät huomioi ”Over the top” -liiketoimintamallilla (OTT-liiketoimintamalli) toimivien suoratoistopalveluyritysten panoksia ja tuotoksia, koska ne eivät rekisteröidy Suomen informaatiosektorin panos–tuotos-tilastoihin. OTT-liiketoimintamallilla toimivien suoratoistopalveluyritysten kasvihuonekaasupäästöt raportoidaan sen maan tilastoihin, jossa nämä yritykset on rekisteröity.

Informaatiosektorin hankintojen maantiede jakautuu ICT-palvelutuotannon alkuperän osalta vuonna 2018 (2020) seuraavasti: 35 prosenttia (54 %) Aasia, 51 prosenttia (38 %) Eurooppa, 13 prosenttia (6 %) Pohjois-Amerikka ja 1 prosenttia (2 %) muut maaosat. ICT-tavaratuotannon alkuperän osalta jakauma on seuraava: 61 prosenttia (50 %) Aasia, 24 prosenttia (34 %) Eurooppa, 13 prosenttia (13 %) Pohjois-Amerikka ja muut 2 prosenttia (3 %). Suomen informaatiosektorin tuodut panokset ovat lähtöisin Aasiasta, lähinnä Kiinasta, Yhdysvalloista ja joistakin Euroopan maista (tietyistä toimialoista riippuen).

8 Päätelmät ja politiikkasuositukset

Kasvihuonekaasujen ja päästöintensiteetin yritys- ja toimialakohtainen raportointi antaa puutteellisen kuvan yritysten ja toimialojen ympäristöystävällisyydestä. Yksittäisen yrityksen ja toimialan tuotannon ja palveluiden hankinnat sekä muut ulkoistamispäätökset kotimaahan tai ulkomaille, samalle tai toiselle toimialalle, voivat oleellisesti muuttaa yrityksen tai sen koko toimitusketjun (arvoketjun) kasvihuonepäästöjä ja päästöintensiteettiä.

Edellä mainittuun perustuen mittaamisen ja raportoinnin painopistettä tulisikin siirtää koko toimitusketjun (arvoketjun) kattaviin kasvihuonekaasupäästöanalyyseihin.

Ulkomailta tulevien hankintapanosten laajuus on kasvanut merkittävästi viimeisen kymmenen vuoden digitalouden taloudellisen merkityksen kasvaessa. Muutos on kuitenkin johtanut siihen, että yhä suurempi osuus kasvihuonepäästöistä tulee ulkomailta toimitusketjun (arvoketjun) aikaisemmista jalostusvaiheista (Ali-Yrkkö ym., 2011; Kalm ym., 2014; Larsen ym., 2018). Edellä mainittuun perustuen informaatiosektorin yritysjohdon ja erityisesti yritysten hankintatoiminnan tulisi kiinnittää huomioita toimittajien kasvihuonepäästöihin ja päästöintensiteettiin toimittajien valinnassa ja johtamisessa. Erityisesti välitettyjen panosten, kuten esimerkiksi mobiililaitteiden, tietokoneiden ja eräiden digitaalisten palveluiden osalta tulisi kiinnittää huomiota tuote- ja palvelukohtaiseen kasvihuonepäästöjen ja päästöintensiteetin dokumentointiin, arviointiin ja mittaamiseen.

Viimeisten vuosien aikana Suomi on laajemmassa määrin ulkoistanut kasvihuonepäästöjänsä ja päästöintensiteettiä ulkomaille informaatiosektorin toimitusketjun osalta. OTT-liiketoimintamalli edelleen lisää informaatiosektorin ulkomailta hankittavia panoksia, vaikka hankintapäätöksen kyseisessä liiketoimintamallissa tekeekin kuluttaja itse yrityksen sijaan. Liikenne- ja viestintäministeriön yhdessä ulkoministeriön kanssa tulisikin selvittää OTT-liiketoimintamallin eli digitaalisten suora(toisto) palveluiden laajemmat vaikutukset Suomen digitalouden hiilijalanjälkeen ja kasvihuonepäästöihin. OTT-liiketoimintamallilla toimivilta palvelutoimittajilta tulisi edellyttää yksityiskohtaisempaa kasvihuonekaasupäästöjen ja päästöintensiteetin raportointia.

Viitteet

[1] OTT-liiketoimintamallilla tarkoitetaan mediapalvelua, joka tarjotaan asiakkaalle (kuluttajalle) suoraan internetin kautta. OTT-liiketoimintamallissa ohitetaan paikallinen jakelualusta ja sitä operoivat yritykset, kuten Elisa, Telia ja DNA, jotka perinteisesti toimivat vastaavan kotimaisen sisällön jakelijoina ja valvojina. OTT-liiketoiminnan alkuperää on vaikea tunnistaa ilman, että mediapalvelun tuottajat ja jakelijat itse kertovat palvelun alkuperän ja sen kasvihuonekaasupäästöt.

[2] Katso lisää kasvihuonekaasupäästöintensiteetistä: https://sdg.tracking-progress.org/indicator/9-4-1-carbon-dioxide-emissions-per-unit-of-value-added/.

[3] Tilastokeskus, Toimialaluokitus TOL 2008, https://tilastokeskus.fi/fi/luokitukset/toimiala.

[4] Eurostat, ilmapäästöt: https://ec.europa.eu/eurostat/web/environment/air-emissions.

[5] Kasvihuonekaasujen päästöintensiteetti on yksi EU:n kestävän kehityksen tavoitteiden (SDG) indikaattoreista. Kyseiset indikaattorit on sisällytetty Euroopan komission prioriteetteihin Euroopan vihreän kehityksen ohjelman mukaisesti. Indikaattoria käytetään seuraamaan kestävän kehityksen tavoitteiden edistymistä.

[6] Panos–tuotos-taulukot, Eurostat, http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=naio_10_cp1750&lang=en.

[7] Tavaroiden ja palvelujen kulutus tavaroiden ja palvelujen tuottamista varten.

[8] Tulli, tilastotietokanta, https://uljas.tulli.fi/v3rti/db/0.

[9] Lisätietoja luokituksista on Tullin sivuilla: https://tulli.fi/en/statistics/nomenclatures-and-classifications.

[10] Otamme huomioon analyysissämme kaikki ne toimialat (NACE Rev. 2), jotka ovat tuottaneet panoksia Suomen ICT-sektorille. Esimerkiksi vuonna 2018 63 kotimaista ja 38 ulkomaista eri toimialaa tuottivat panoksia Suomen ICT-sektorille.

Kirjallisuus

Ali-Yrkkö, J., Koski, H., Kässi, O., Pajarinen, M., Valkonen, T., Hokkanen, M., Hyvönen, N., Koivusalo, E., Laaksonen, J., Laitinen, J., & Nyström, E. (2020). *The Size of the Digital Economy in Finland and Its Impact on Taxation*.

Ali-Yrkkö, J., Rouvinen, P., Seppälä, T. & Ylä-Anttila, P. (2011). Who Captures Value in Global Supply Chains? Case Nokia N95 Smartphone. *Journal of Industry, Competition and Trade, 11*(3), 263–278. doi:10.1007/s10842-011-0107-4

Andrae, A. & Edler, T. (2015). On Global Electricity Usage of Communication Technology: Trends to 2030. *Challenges, 6*, 117–157.

Andrae, A., Hu, L., Liu, L., Spear, J. & Rubel, K. (2017). Delivering Tangible Carbon Emission and Cost Reduction through the ICT Supply Chain. *International Journal of Green Technology, 3*, 1–10. doi:10.30634/2414-2077.2017.03.1

Añón Higón, D., Gholami, R. & Shirazi, F. (2017). ICT and environmental sustainability: A global perspective. *Telematics and Informatics, 34*(4), 85–95. doi:https://doi.org/10.1016/j.tele.2017.01.001

Arshad, Z., Robaina, M. & Botelho, A. (2020). The role of ICT in energy consumption and environment: an empirical investigation of Asian economies with cluster analysis. *Environmental Science and Pollution Research, 27*(26), 32913–32932. doi:10.1007/s11356-020-09229-7

Aslan, J., Mayers, K., Koomey, J. G. & France, C. (2018). Electricity Intensity of Internet Data Transmission: Untangling the Estimates. *Journal of Industrial Ecology, 22*(4), 785–798. doi:https://doi.org/10.1111/jiec.12630

Belkhir, L. & Elmeligi, A. (2018). Assessing ICT global emissions footprint: Trends to 2040 & recommendations. *Journal of Cleaner Production, 177*, 448–463. doi:https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.12.239

Freitag, C., Berners-Lee, M., Widdicks, K., Knowles, B., Blair, G. & Friday, A. (2021). The real climate and transformative impact of ICT: A critique of estimates, trends and regulations *Patterns, forthcoming*.

George, G., Merrill, R. K. & Schillebeeckx, S. J. D. (2021). Digital Sustainability and Entrepreneurship: How Digital Innovations Are Helping Tackle Climate Change and Sustainable Development. *Entrepreneurship Theory and Practice, 45*(5), 999–1027. doi:10.1177/1042258719899425

Hiekkanen, K., Seppälä, T. & Ylhäinen, I. (2020). *Informaatiosektorin energian- ja sähkönkäyttö Suomessa*. ETLA Raportti No 104. https://pub.etla.fi/ETLA-Raportit-Reports-104.pdf

Hiekkanen, K., Seppälä, T. & Ylhäinen, I. (2021). *Energy and Electricity Consumption of the Information Economy Sector in Finland*. ETLA Report No 107. https://pub.etla.fi/ETLA-Raportit-Reports-107.pdf

Kalm, M., Seppälä, T. & Ali-Yrkkö, J. (2014). *Who Captures Value in Digital Services?* ETLA Brief No 27. http://pub.etla.fi/ETLA-Muistio-Brief-27.pdf

Koomey, J. & Masanet, E. (2021). Does not compute: Avoiding pitfalls assessing the Internet's energy and carbon impacts. *Joule*. doi:https://doi.org/10.1016/j.joule.2021.05.007

Koot, M. & Wijnhoven, F. (2021). Usage impact on data center electricity needs: A system dynamic forecasting model. *Applied Energy, 291*, 116798. doi:https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2021.116798

Kuosmanen, T., Kuosmanen, N., El Meligi, A. K., Ronzon, T., Gurria, P., Iost, S. & M'Barek, R. (2020). *How big is the bioeconomy?: Reflections from an economic perspective*: Luxembourg: Publications Office of the European Union.

Lange, S., Pohl, J. & Santarius, T. (2020). Digitalization and energy consumption. Does ICT reduce energy demand? *Ecological Economics, 176*, 106760. doi:https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2020.106760

Larsen, M. M., Seppälä, T. & Ali-Yrkkö, J. (2018). The changing geography and ownership of value creation: evidence from mobile telecommunications. *Industry and Innovation, 25*(7), 675–698. doi:10.1080/13662716.2017.1329086

Malmodin, J. & Lundén, D. (2016). *The energy and carbon footprint of the ICT and E&M sector in Sweden 1990–2015 and beyond*.

Malmodin, J. & Lundén, D. (2018). The Energy and Carbon Footprint of the Global ICT and E&M Sectors 2010–2015 *Sustainability, 10*. doi:10.3390/su10093027

Malmodin, J., Moberg, Å., Lundén, D., Finnveden, G. & Lövehagen, N. (2010). Greenhouse Gas Emissions and Operational Electricity Use in the ICT and Entertainment & Media Sectors. *Journal of Industrial Ecology, 14*(5), 770–790. doi:https://doi.org/10.1111/j.1530-9290.2010.00278.x

Masanet, E., Shehabi, A., Lei, N., Smith, S. & Koomey, J. (2020). Recalibrating global data center energy-use estimates. *Science, 367*(6481), 984–986. doi:10.1126/science.aba3758

OECD (2002). *Measuring the Information Economy 2002*: OECD Publishing.

OECD (2011). *OECD Guide to Measuring the Information Society 2011*. OECD Publishing.

OECD (2020). A Roadmap toward a common framework for measuring the Digital Economy. Report for the G20 Digital Economy Task Force. Saudi Arabia, 2020, accessed on 29 November 2021: https://www.oecd.org/digital/ieconomy/roadmap-toward-a-common-framework-for-measuring-the-digital-economy.pdf.

Park, Y., Meng, F. & Baloch, M. A. (2018). The effect of ICT, financial development, growth, and trade openness on CO2 emissions: an empirical analysis. *Environmental Science and Pollution Research, 25*(30), 30708–30719. doi:10.1007/s11356-018-3108-6

Salahuddin, M., Alam, K. & Ozturk, I. (2016). The effects of Internet usage and economic growth on CO2 emissions in OECD countries: A panel investigation. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 62*, 1226–1235. doi:https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.04.018

Zhou, X., Zhou, D., Wang, Q. & Su, B. (2019). How information and communication technology drives carbon emissions: A sector-level analysis for China. *Energy Economics, 81*, 380–392. doi:https://doi.org/10.1016/j.eneco.2019.04.014

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