



Vihreää ICT:tä Itä-Suomesta

ICT JA YMPÄRISTÖ

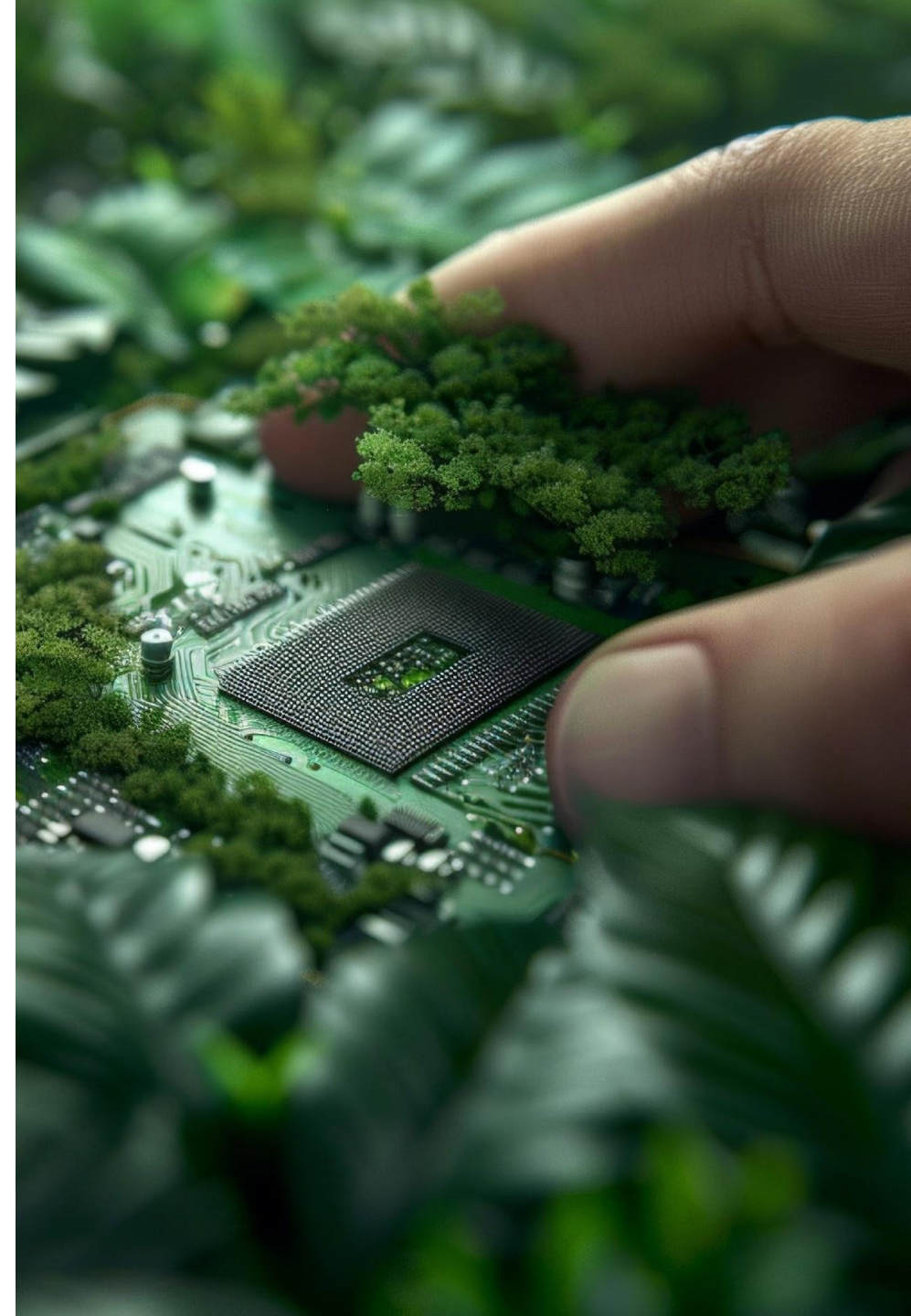
Laura Partanen, LUT yliopisto



Euroopan unionin
osarahoittama

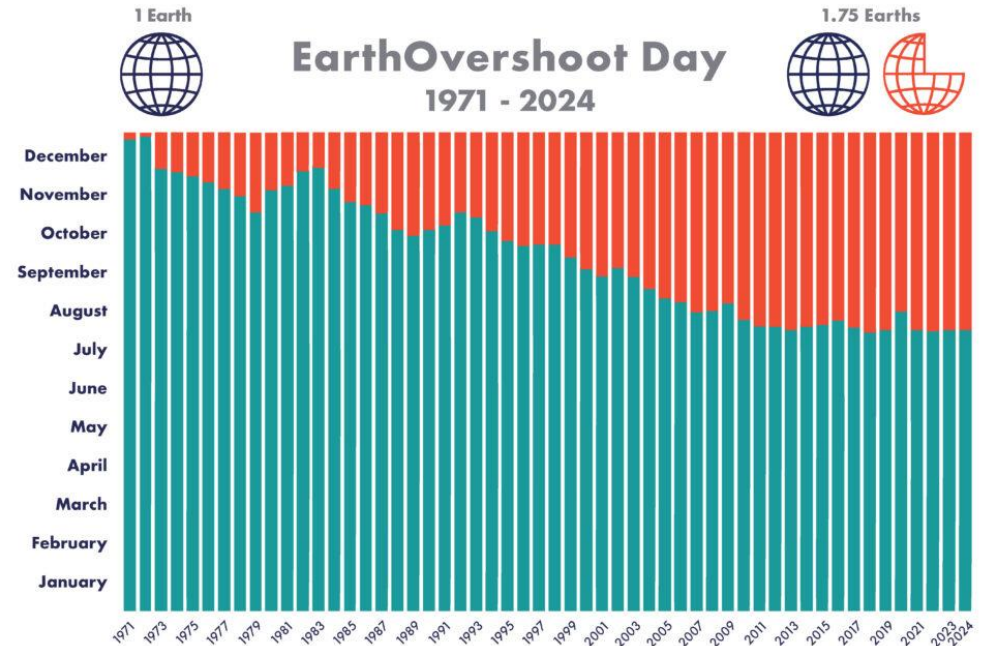
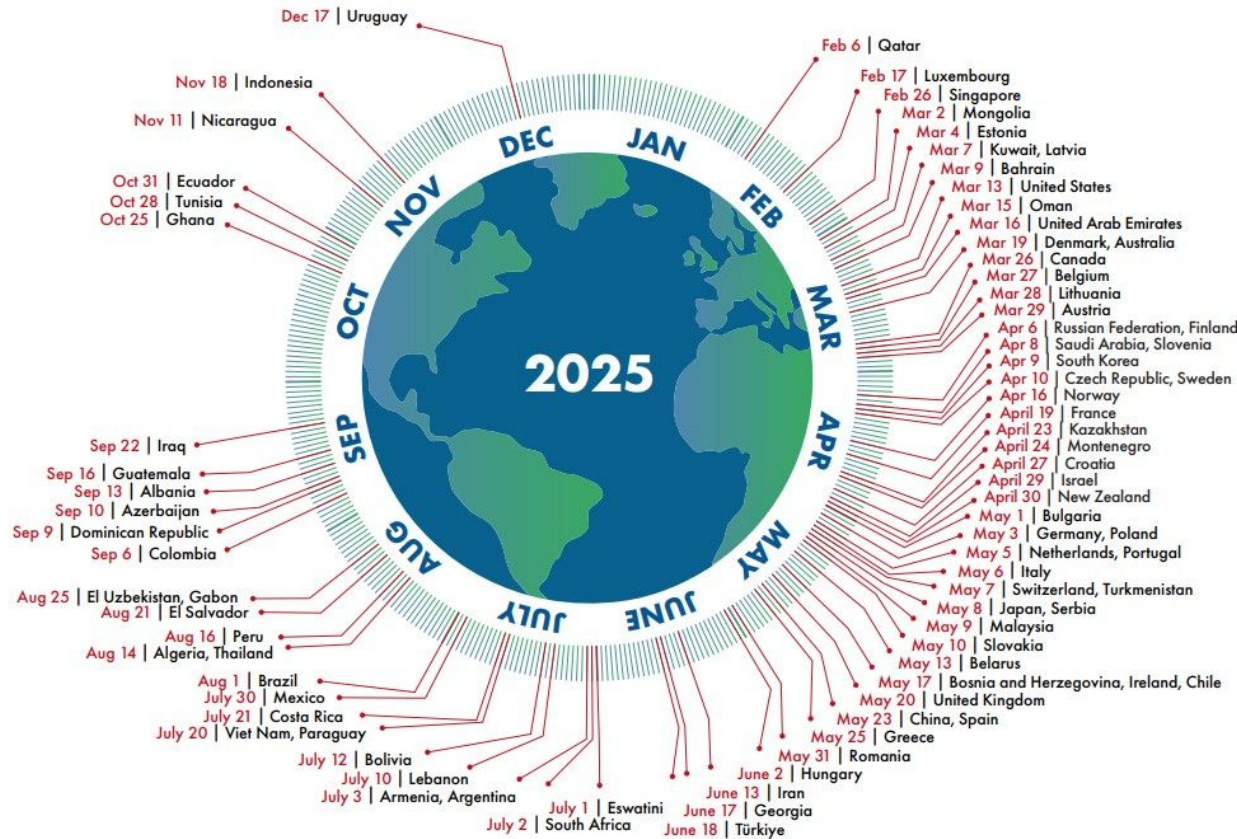


Elinkeino-, liikenne- ja
ympäristökeskus



Country Overshoot Days 2025

When Earth Overshoot Day would land if all the people around the world lived like...



Based on National Footprint and Biocapacity Accounts 2023 Edition



For more information, visit:
<https://overshootday.org/newsroom/country-overshoot-days/>
 Source: National Footprint and Biocapacity Accounts, preliminary 2025 Edition
 York University, FoDaFo, Global Footprint Network, data.footprintnetwork.org



<https://overshoot.footprintnetwork.org/>



European unionin osarahoittama

Hiilijalanjälki

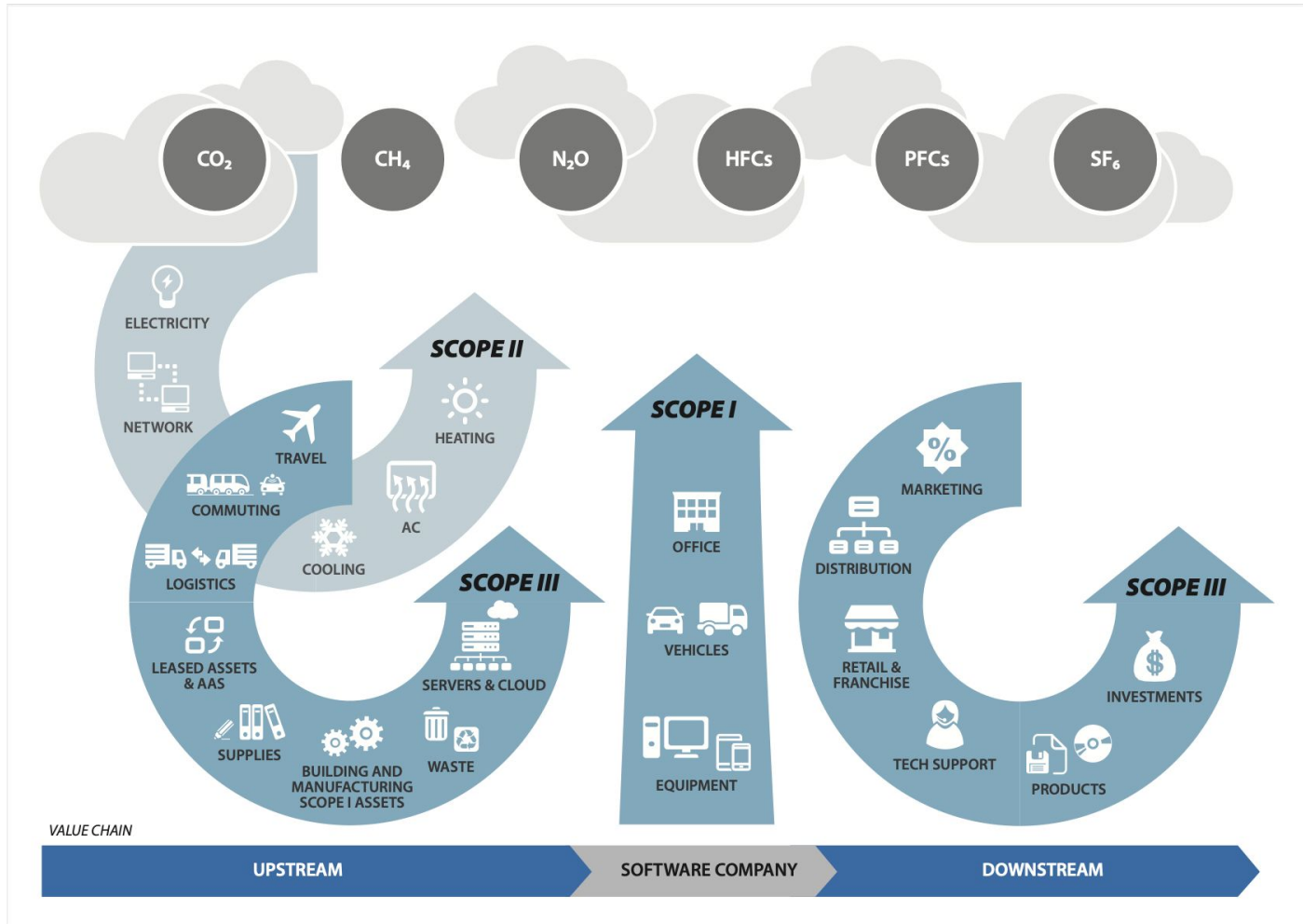
- Hiilijalanjäljellä tarkoitetaan ihmisen toiminnan aiheuttamia hiilidioksidipäästöjä.
- Useimmiten hiilijalanjälki raportoidaan hiilidioksidiekvivalentteina (CO₂e), mikä huomioi hiilidioksidipäästöjen lisäksi myös muut merkittävät kasvihuonekaasupäästöt, keskeisimpinä metaanin (CH₄) ja ilokaasun eli dityppioksidin (N₂O).
- Hiilijalanjälki voidaan määrittää yritykselle, organisaatiolle, toiminnalle tai tuotteelle.

<https://www.sitra.fi/artikkelit/mita-nama-kasitteet-tarchoittavat/>

Hiilijalanjälki

- GHG-protokollan mukaan lasketaan Scope 1, 2 ja 3 päästöjä
 - Scope 1 päästöihin lasketaan esimerkiksi yrityksen omistamat suorat päästöt, kuten ajoneuvot ja laitteet.
 - Scope 2 päästöt ovat epäsuoria energiankulutuksesta syntyviä päästöjä.
 - Scope 3 sisältää käytännössä kaikki muut päästöt, joita syntyy välillisesti yrityksen arvoketjussa, mm. alihankkijat ja asiakkaat

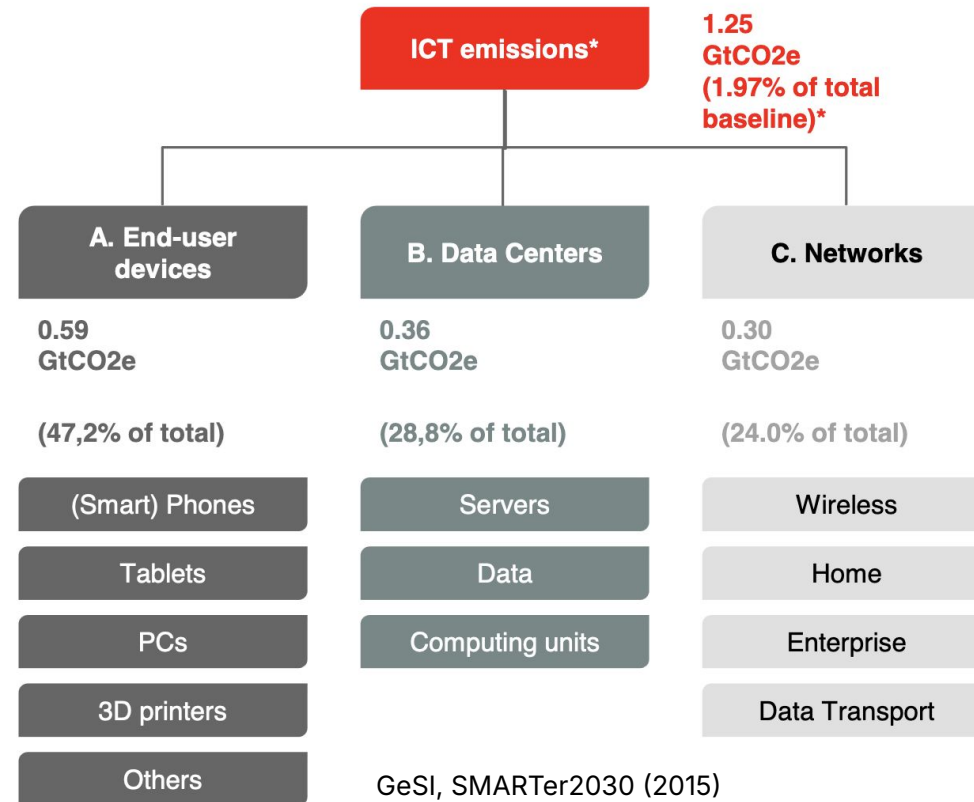
Hiilijalanjälki



Sipilä, A., Partanen, L. & Porras, J. What does Scopes 1, 2, and 3 mean to software companies? (2023)

ICT-alan suurimmat päästölähteet

- laitteet
- datakeskukset
- verkot



Ekologinen jalanjälki

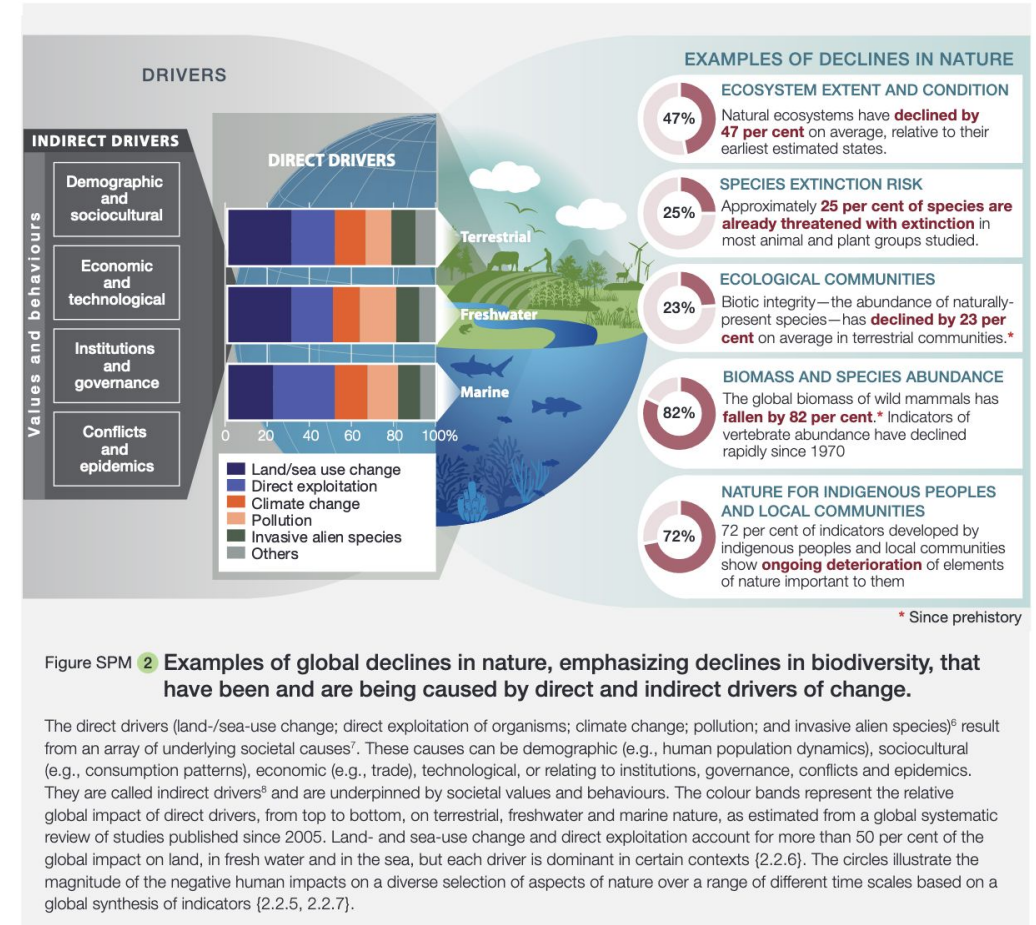
Ekologinen jalanjälki kuvaa sitä, kuinka suuri maa- ja vesialue tarvitaan ihmisen tai ihmisryhmän kuluttaman ravinnon, materiaalien ja energian tuottamiseen sekä syntyneiden jätteiden käsittelyyn. Käsitteen kehittivät Mathis Wackernagel ja William E. Rees 1990-luvun alussa. WWF:n mukaan ihmiskunnan ekologinen jalanjälki ylittää maapallon kestokyvyn jo 25 prosentilla.

<https://www.sitra.fi/tulevaisuussanasto/ekologinen-jalanjalki/>

Luontojalanjälki

- maan- ja vedenkäyttö
- luonnonvarojen suora hyödyntäminen
- ilmastonmuutos
- saasteet
- vieraslajien leviäminen

- laskentayksikkönä PDF

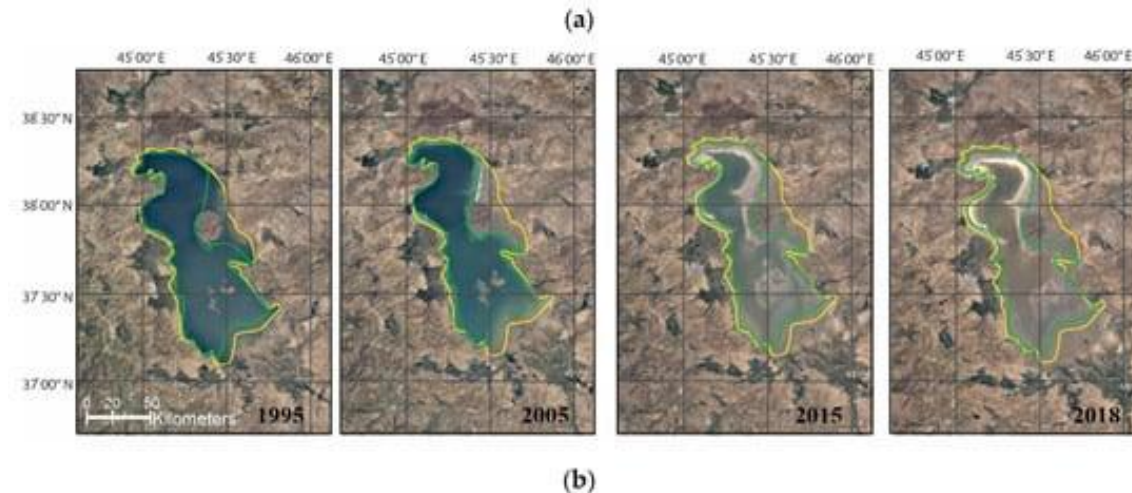
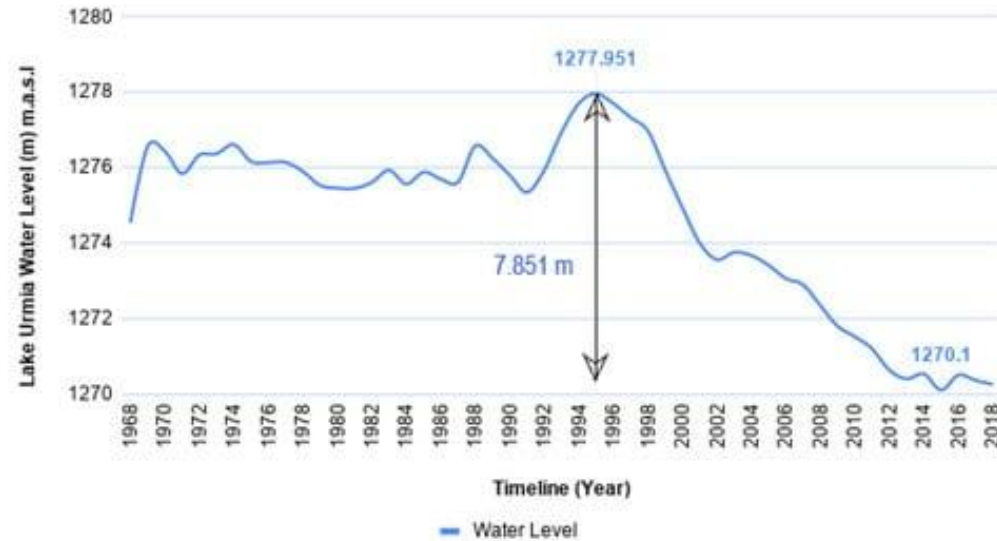


IPBES (2019)

Vedenkäyttö

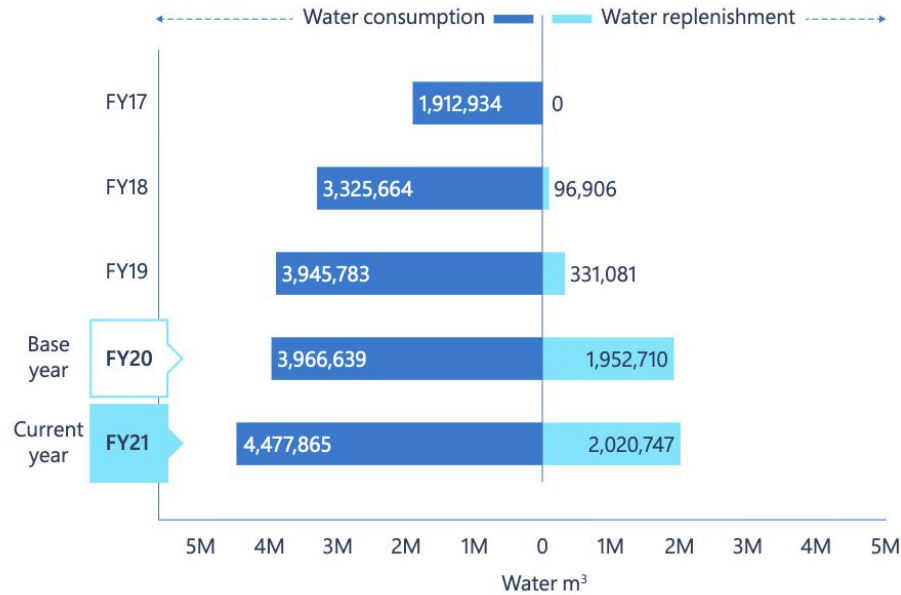
(a) Water level of Lake Urmia for the period 1966–2018.
(b) Trend of reduction in the shoreline of Lake Urmia. Yellow and green lines represent shorelines in 1995 and water level 1274.1 m a.s.l., respectively.

Tussupova, K.; Anchita; Hjorth, P.; Moravej, M. Drying Lakes: A Review on the Applied Restoration Strategies and Health Conditions in Contiguous Areas. *Water* 2020, 12, 749. <https://doi.org/10.3390/w12030749>



Vedenkäyttö

Microsoftin kestävyysraportti 2021 ja 2024

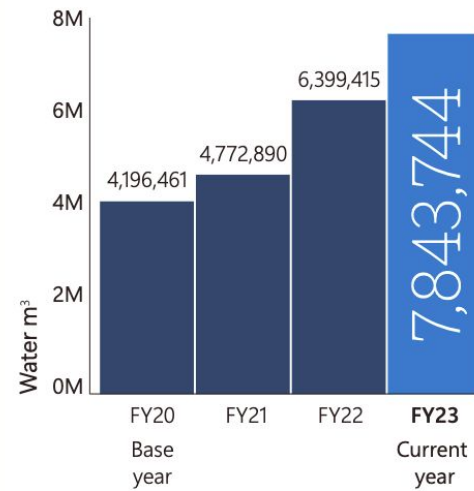


<https://www.microsoft.com/en-us/corporate-responsibility/sustainability/report#areaheading-8204523e-2492-4399-9801-7634d4c0bba4>

Water Table 1—Measuring our annual water consumption informs our replenishment targets

In FY23, our water consumption increased in alignment with our business growth. This data from our operations informs the amount of water we need to replenish. See p28 for more information.

Total water consumption

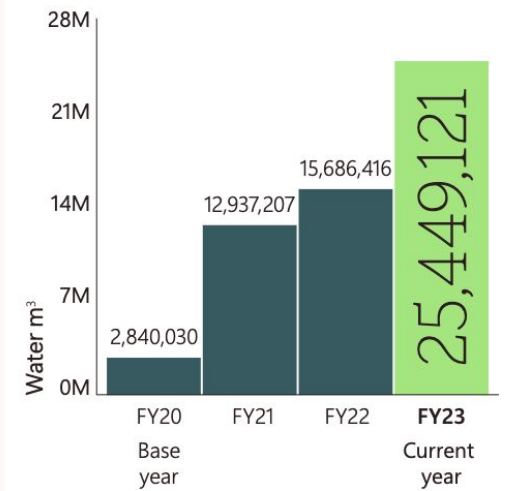


[Find out more in our Data Fact Sheet](#)

Water Table 2—Replenishing more water than we consume

Since year one, we have contracted 49 replenishment programs in water-stressed basins, which are expected to deliver more than 61 million m³ of replenishment volume over their lifetime.

Total contracted volume water replenishment



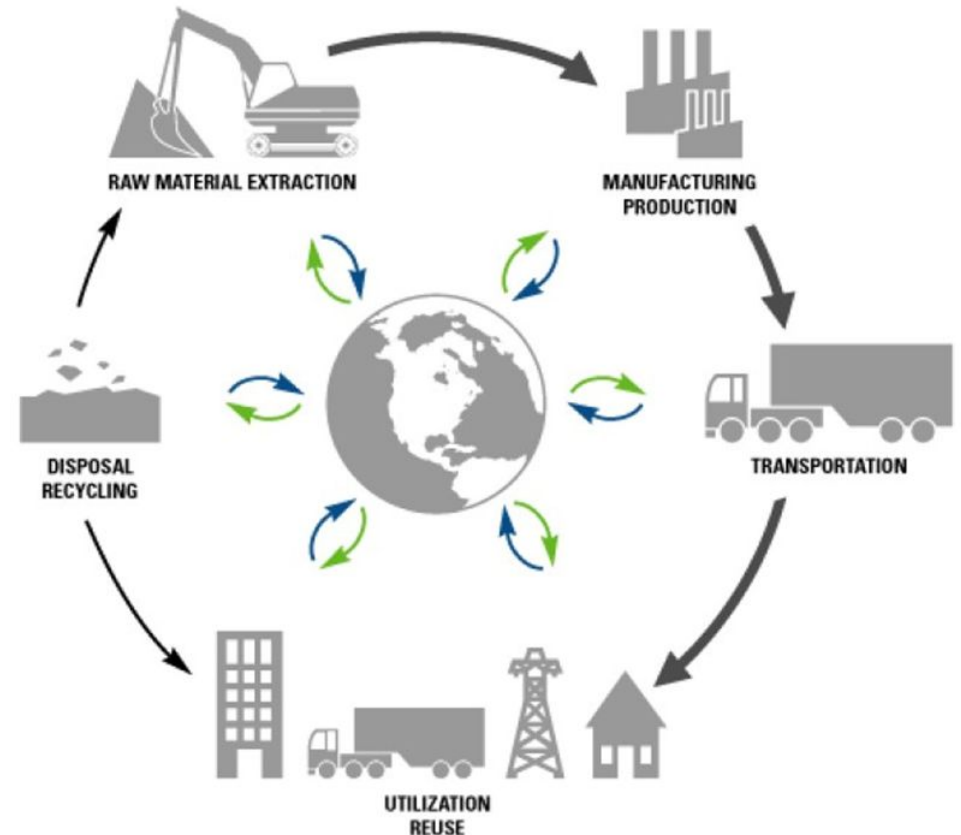
[Find out more in our Data Fact Sheet](#)

Jätteet

- Elektroniikkajäte on maailman nopeimmin kasvava jätelaji
 - 53,6 Milj tonnia 2020
 - yli 100 Milj tonnia 2042 mennessä
- Monipuolisuuden takia vaikea kierrättää, teknisesti noin 80 %
- Kierrätysaste Suomessa noin 33 %
- Globaalisti noin 20 %
- Myrkyllisyyden vuoksi tuhoaa vesistöjä, pilaa maaperää ja kertyy ympäristöön

Elinkaari

- Sisältää tuotteen tuotannon, käytön ja käytöstä poiston kaikki vaiheet
- Alun perin kehitetty tuotantotaloudellisista syistä (AMC - JEEP)
- Talouden lisäksi käytetään ympäristövaikutusten arviointiin, LCA



Ecodesign asetus (ESPR)

- Ecodesign for Sustainable Products Regulation (ESPR) astui voimaan 18.7.2024
- ESPR:n tavoitteena on edistää merkittävästi kiertotaloutta, energiatehokkuutta ja muita ympäristökestävyyteen liittyviä tekijöitä erilaisten fyysisten tuotteiden kohdalla (vaatteet, auton renkaat, tietokoneet)
- ESPR huomioi koko elinkaaren – valmistus, käyttö, poisto

Kestävät tuotteet ESPR:n mukaan

- Kuluttaa vähemmän energiaa
- Kestää pidempään
- Voidaan helposti korjata
- Osat voidaan helposti purkaa ja ottaa jatkokäyttöön
- Sisältää vähemmän huolta aiheuttavia aineita
- Voidaan helposti kierrättää
- Sisältää enemmän kierrätettyä sisältöä
- Tuotteen hiili- ja ympäristöjalanjälki on pienempi koko elinkaarensa aikana

Ecodesign asetukset (ESPR)

- ESPR ottaa käyttöön digitaalisen tuotepassin (DPP), joka tallentaa asiaankuuluvaa tietoa tuotteiden kestävyys tukemiseksi, edistää niiden kiertokulkua ja vahvistaa lainmukaisuutta.
- Ensimmäistä kertaa EU:ssa ESPR ottaa käyttöön myymättömien tekstiilien ja jalkineiden hävittämiskiellon ja avaa tien vastaaville kielloille muilla aloilla, jos todisteet osoittavat, että niitä tarvitaan.
- ESPR auttaa ohjaamaan julkisia hankintoja kestävämpään suuntaan vihreiden hankintakriteerien (Green Public Procurement) asettamisella.

Digital Product Passport (DPP)

- Tuotteiden yksilöllinen tunnistaminen on keskeinen osatekijä jäljitettävyyden mahdollistamisessa koko toimitusketjussa. Siksi digitaalinen tuotepassi olisi linkitettävä yksilölliseen tuotetunnisteeseen.
- Digitalisoidut tiedot tuotteesta ja sen elinkaaresta tai tapauksen mukaan sen passista olisi oltava helposti saatavilla skannaamalla tietoväline, kuten vesileima tai QR-koodi.

EUROOPAN PARLAMENTIN JA NEUVOSTON ASETUS (EU) 2024/1781

Laitekategoriat

- Pöytälaiteet - käyttäjälaiteita, kuten pöytäkone, läppäri, tääpääri, puhelin yms.
- Verkkoinfrastruktuuuri - Runkoverkkolaitteet, kuten datakaapelit, reitittimet, langattomat lähettimet yms.
- Palvelimet ja datakeskukset - taustalaitteita, mahdollistavat esim pilvipalvelut, massadatan käsittelyn, tekoälyn
- TV ja muu viihde - mikrosirun sisältävät viihdelaitteet
- IoT - mikrosirun sisältävät teollisuuslaitteet yms.
- Robottiikka - mm. sähköautot

Yleistä laitteiden päästöistä

- Päästöjen jakautuminen eri laitekategorioissa elinkaaren eri osiin on myös suhteessa laitteen käyttöikäen (Ericsson (2015)). Käyttäjien päätelaitteiden päästöt jakautuvat tutkimuksesta riippuen valtaosin valmistuksen päästöjen tai lähes tasan valmistuksen päästöjen ja käytönaikaisten päästöjen kesken, kun taas verkkoinfrastruktuurin ja datakeskusten osalta käytönaikaiset päästöt muodostavat usein suurimman osan laitekategorian päästöistä.
- Kolmen vuoden käyttöiällä läppärin energiankulutuksesta n 70 % tulee käyttövaiheen ulkopuolelta. Puhelimen kohdalla luku on 80 %. (EU GPP tekninen taustapaperi)

Digitalisaatio ja sen merkitys

- Digitaaliset palvelut ja ratkaisut ovat oleellinen osa jokapäiväisiä toimintoja
- ICT:n läpileikkaavuus: julkiset palvelut, IoT, e-laskut, maksupäätteet, sosiaalinen media, suoratoistopalvelut ym.
- Digitaalisuus mainitaan ESPR:ssä 170 kertaa
- Asetuksessa mainitaan, että "sementtiteollisuus on yksi energia-, materiaali- ja hiili-intensiivisimmistä aloista, ja tällä hetkellä sen osuus maailman hiilidioksidipäästöistä on noin 7 prosenttia ja unionin hiilidioksidipäästöistä noin 4 prosenttia."
- Arvioiden mukaan ICT-alan osuus globaaleista päästöistä on noin 2-4 prosenttia.
- ICT-alan kaksoisrooli – huomioitava alan rooli muiden alojen päästöjen vähennyksessä (esim. DPP), mutta samaan aikaan huomioitava alan omat päästöt.

Digitalisaation määritelmä

- Digitalisaatio on prosessi, jossa jokin muunnetaan digitaaliseen muotoon (digitization vs. digitalization)
 - Viittaa tiedon digitalisointitekniikkaan. Digitalisoitu tieto koostuu yleensä binäärinumeroista, joita voidaan käsitellä tietokoneilla. Tietokone purkaa numerot ja tuottaa tietoa, joka on ihmisen luettavissa.
 - Painotuotteiden siirto digitaaliseen mediaan.
- Digitaalisten teknologioiden integrointi jokapäiväiseen elämään digitalisoimalla kaikki, mikä voidaan digitoida.
 - Digitalisaatiolla tarkoitetaan myös prosessia, jossa kaikki digitoitavissa oleva tehdään digitaaliseksi ja informaatio muunnetaan digitaaliseen muotoon.
 - Tieto- ja viestintäteknikan mahdollistama muutokset (change and transformation) maailmassa.

Digitalisaation määritelmä

- Digitalisaatio on digitaalisten teknologioiden käyttöä uusien tulojen ja arvon tuottamiseen liittyvien mahdollisuuksien tarjoamiseen, digitaaliseen liiketoimintaan. - Gartner
 - Digitaalisten teknologioiden käyttöönotto liiketoimintamallin muuttamiseksi. Tavoitteena on luoda arvoa uusien, kehittyneiden teknologioiden käytöstä hyödyntämällä digitaalista verkkodynamiikkaa ja digitaalista tiedonsiirtoa.
 - Digitalisaatio on monia sosioteknisiä ilmiöitä ja prosesseja, jotka liittyvät digitaalisten teknologioiden omaksumiseen ja käyttöön laajemmissa yksilöllisissä, organisaatioissa ja yhteiskunnallisissa yhteyksissä.
 - Trendi-ilmiö, joka siirtää talouden fyysisen maailman aikakaudelta virtuaalimaailmaan, joka perustuu digitalisointiteknologioihin (lähinnä Internetiin, "Big Dataan" ja mobiililaitteisiin).

Kädenjälki

- Kädenjäljellä tarkoitetaan hyödyllisiä ympäristövaikutuksia, joita organisaatiot voivat saavuttaa ja viestiä tarjoamalla tuotteita ja palveluita, jotka vähentävät muiden jalanjälkeä.
- Hiilikädenjälki on muiden hiilijalanjäljen pienentämistä.



MINIMIZE ONE'S OWN CARBON FOOTPRINT

Absolute GHG emissions

Direct and indirect GHG emissions (Scope 1 & 2 & 3)

MAXIMIZE CARBON HANDPRINT

Difference in GHG emissions compared to the baseline

Decreasing others' carbon footprint by providing low-carbon solutions

Mistä kädenjälki muodostuu

Less GHG intensive material use



Reduced waste and losses



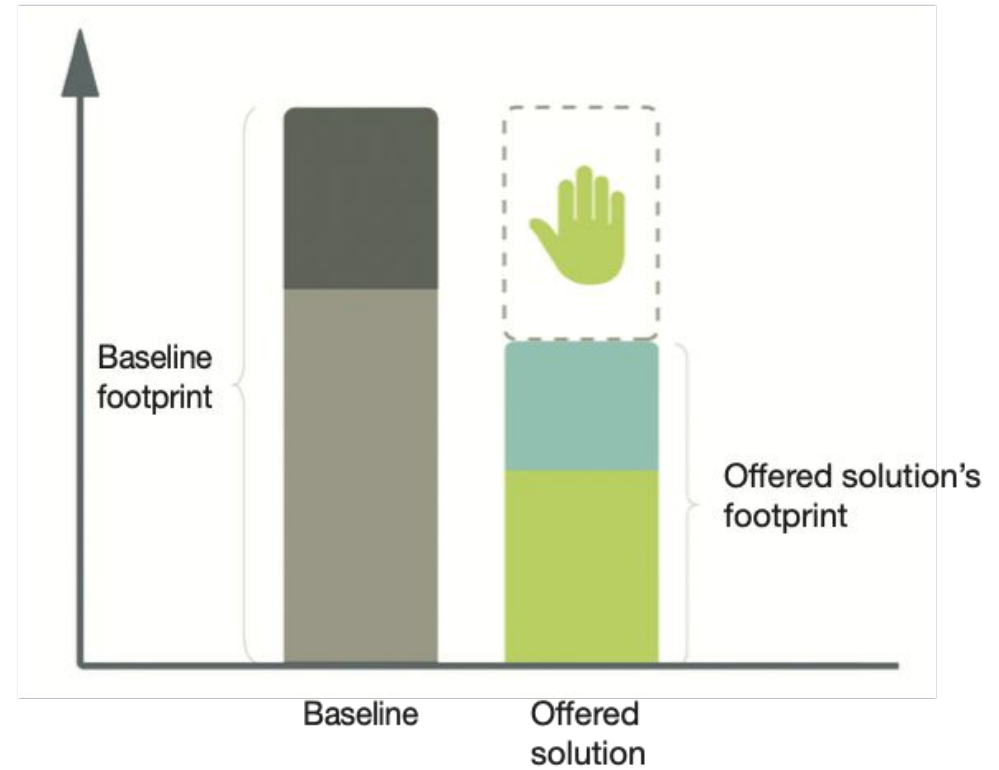
Less GHG intensive energy use



Increased carbon capture and storage

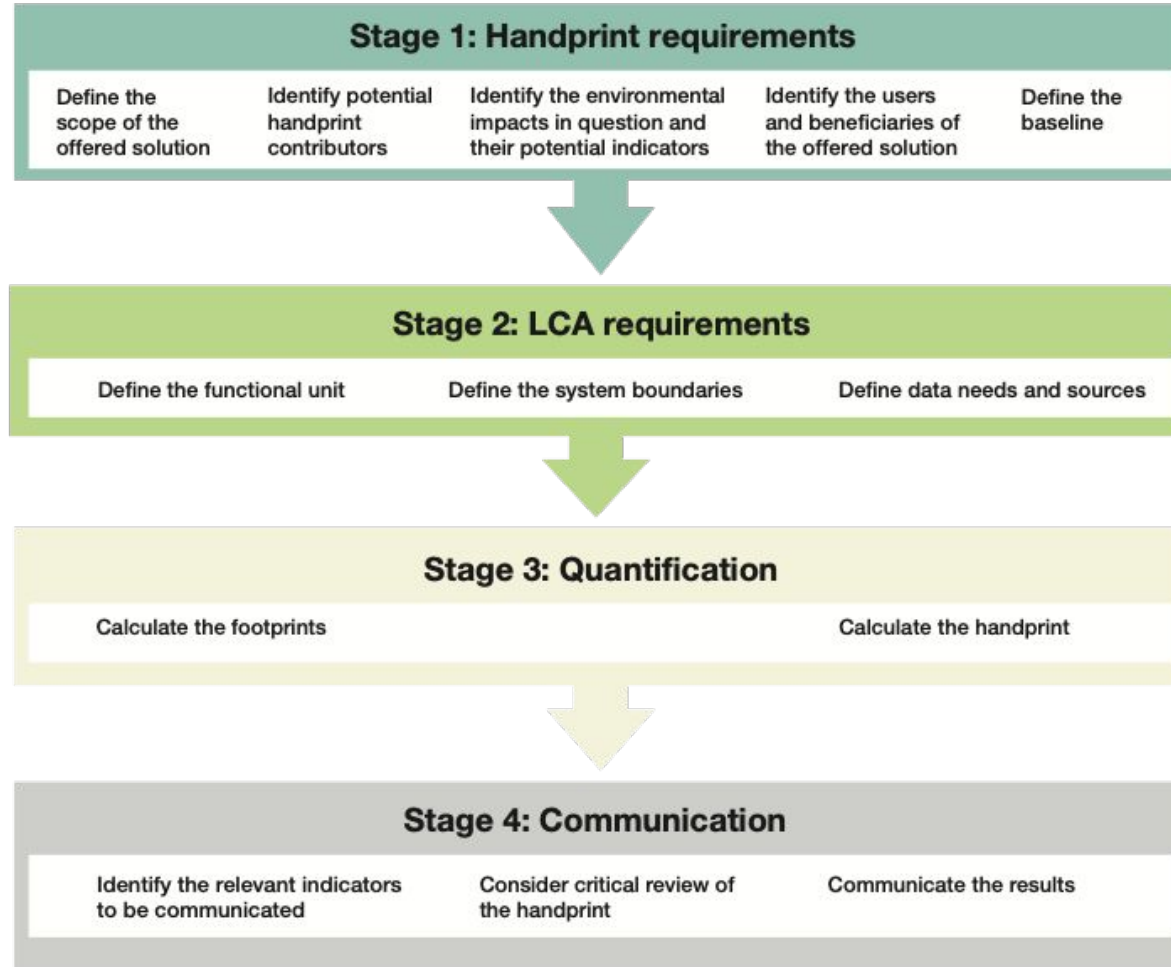


Increased lifetime and performance



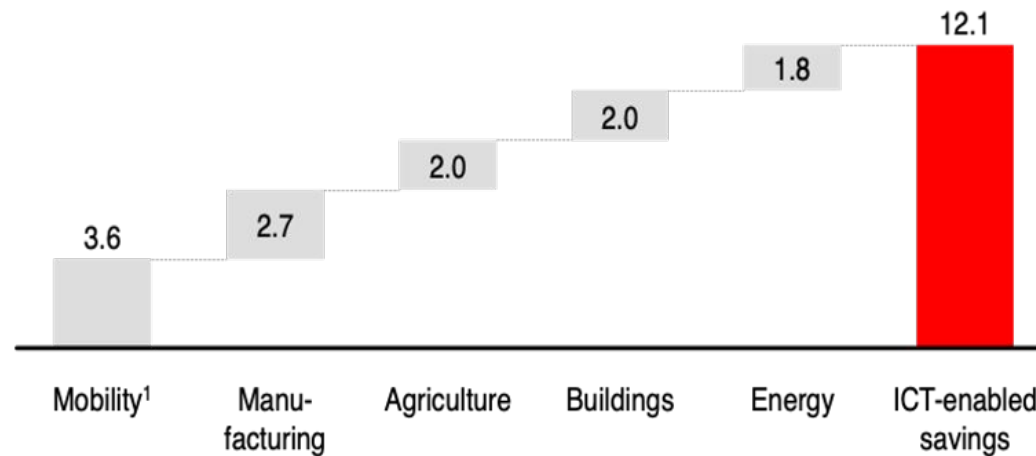
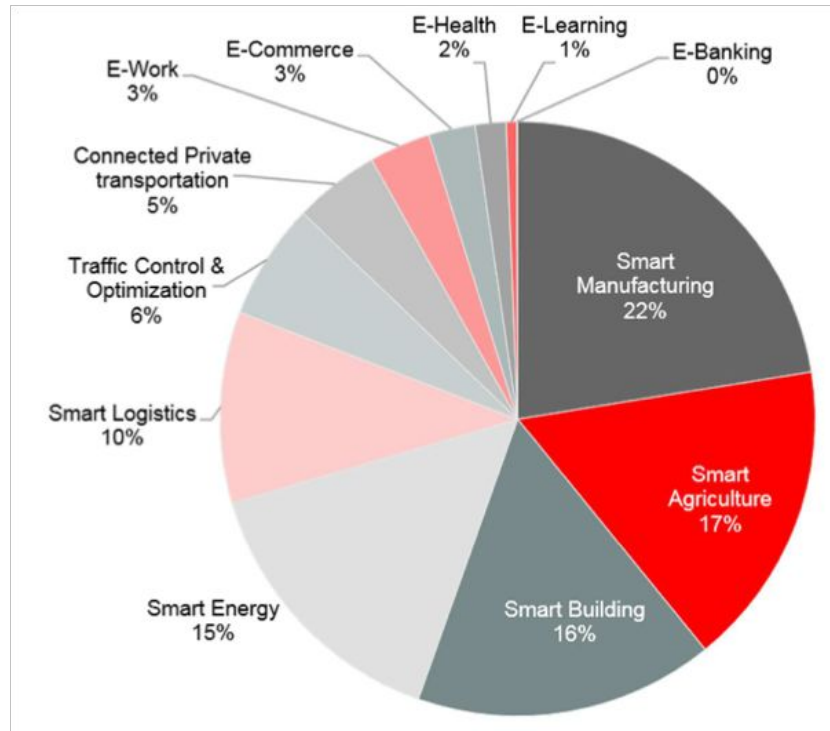
$$\text{Handprint}_{\text{Product, service}} = \text{Footprint}_{\text{Baseline}} - \text{Footprint}_{\text{Offered solution}}$$

Kädenjäljen laskenta



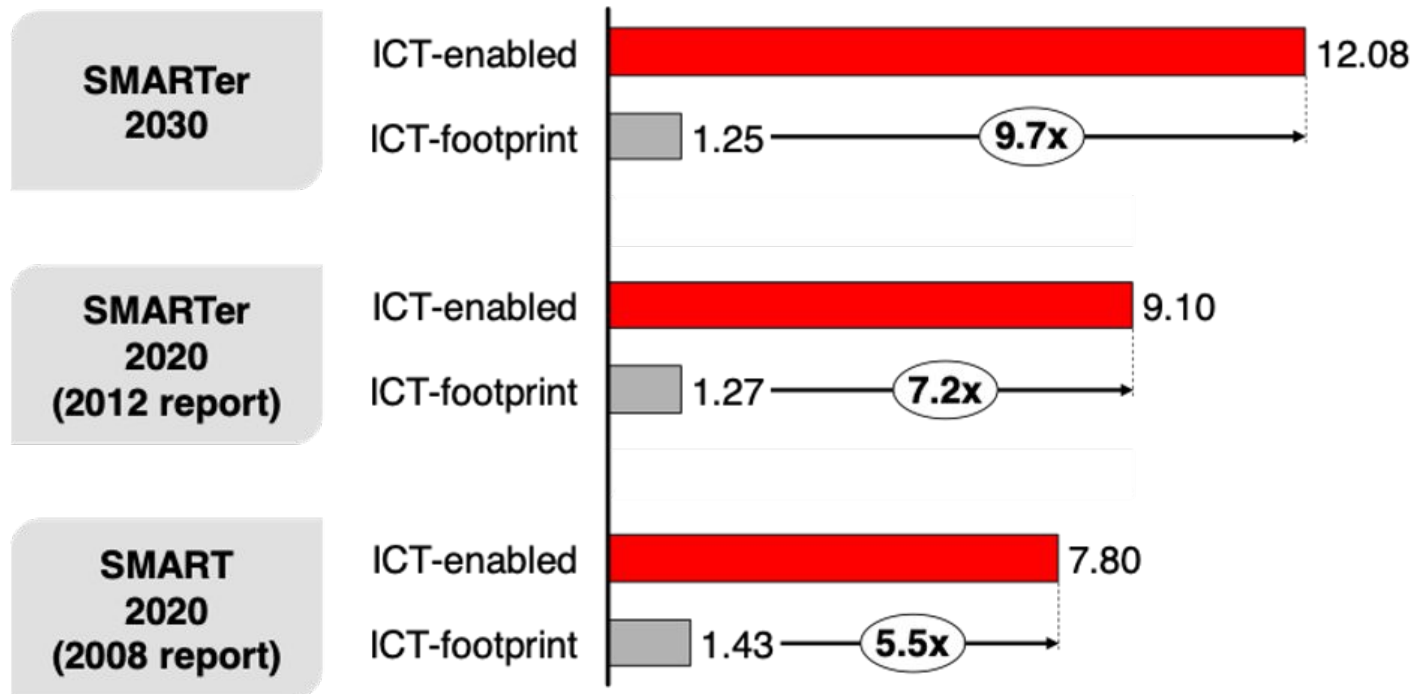
ICT:n kädenjälki

- GeSI #SMARTer2030 arvioi kahdeksan alan kestävyysvaikutuksia (ei vain ympäristövaikutuksia)



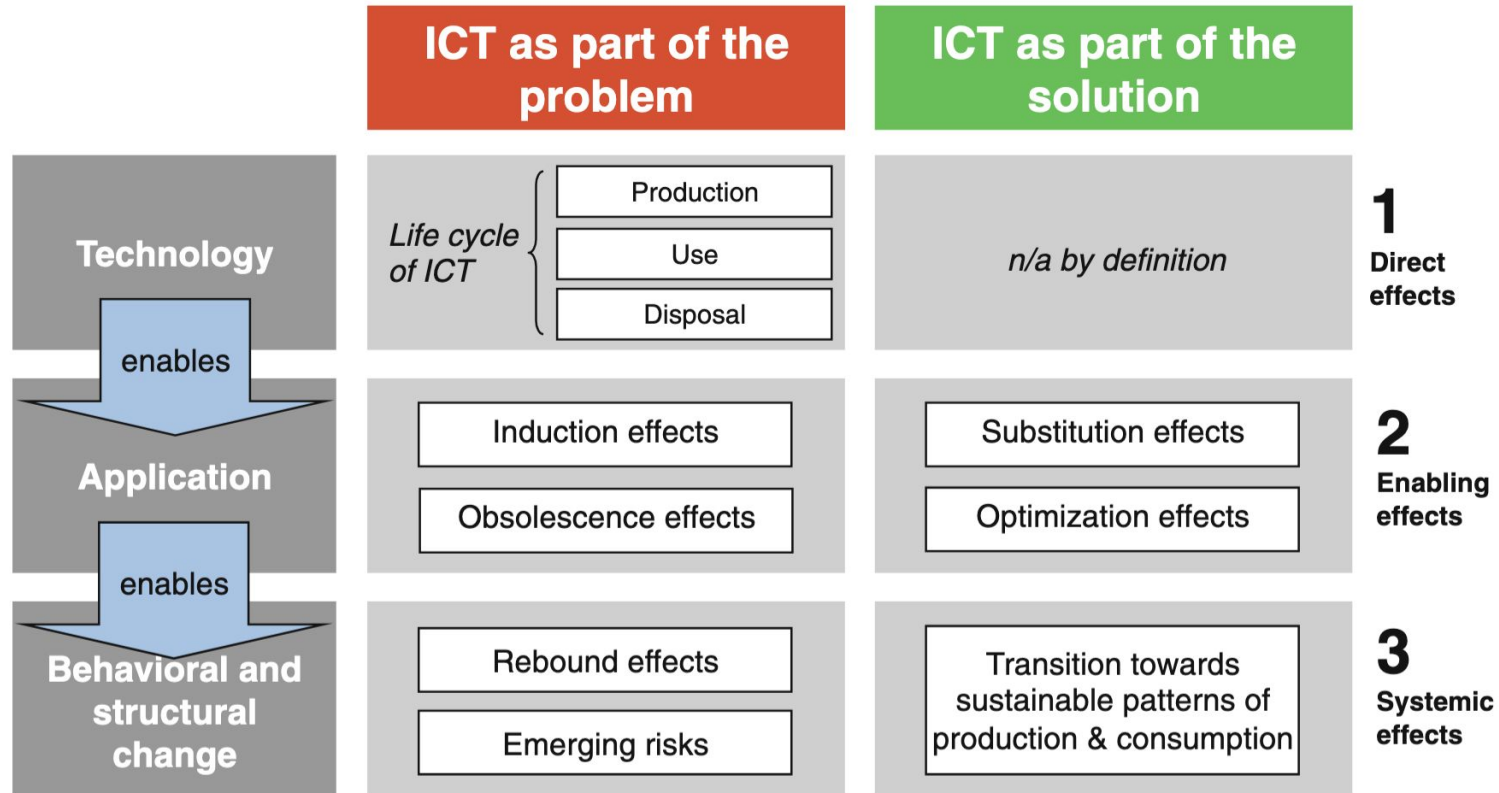
Jalanjälki vs. kädenjälki

- Digitalisaatio (erityisesti ohjelmistot) mahdollistaa suuren kädenjäljen



Source: Source: WRI, IPCC, GeSI, SMARTer2020, Accenture analysis & CO2 models

ICT:n kestävyysvaikutukset



Hilty L. and Aabischer B.: ICT Innovations for Sustainability, Springer, 2013

Vaikutusten aikaskaala

Vaikutukset voivat tapahtua kolmella eri aikaskaalalla (orders of impact)

- Suorat vaikutukset - kun vaikutus on välitön tarkasteltavan kohteen suhteen. Esim. Tietokoneen valmistus vaatii resursseja ja energiaa.
- Epäsuorat vaikutukset - kun vaikutus seuraa tarkasteltavan kohteen käytöstä. Esim. Tietokoneella voidaan täyttää vaikkapa veroilmoitus
- Rakenteelliset vaikutukset - kun vaikutus johtaa käytöksen muutokseen yksilön tai yhteisön tasolla. Esim. Digitalisoitu (pakollinen) veroilmoitus johtaa useampien digitaalisten palveluiden käyttöön (mikä vähentää paperikopioiden tarvetta)

ICT:n suorat vaikutukset

- ICT:n osalta tarkastellaan vain jalanjälkeä suorana vaikutuksena
- Tuotteet ja palvelut noudattavat yleistä elinkaariajattelua
 - Tuotanto - Resurssit (materiaali, työvoima, energia)
 - Käyttö - Energia
 - Hävitys - e-jäte (RRR - Reduce, Reuse, Recycle)
- Usein tuotteiden vaikutuksia voidaan tarkastella elinkaarianalyysin (LCA) avulla ja pohtia esim. korvaavien tuotteiden vaikutuksia.

ICT:n epäsuorat vaikutukset

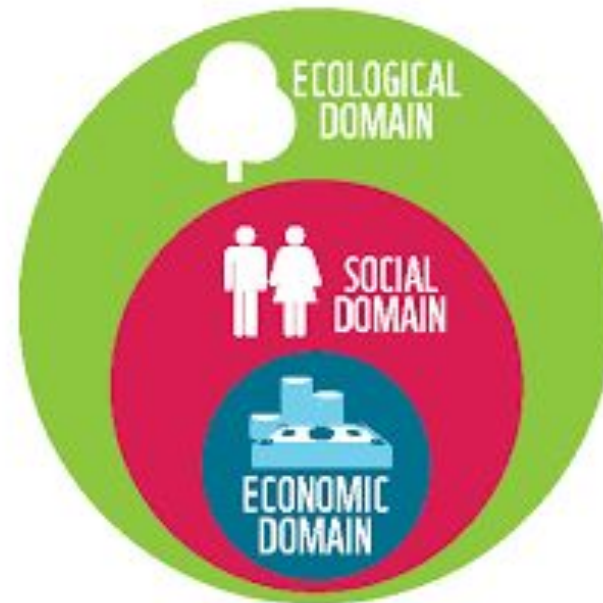
- Vanhentumisvaikutukset (obsolescence)
 - ICT voi lyhentää jonkin toisen tuotteen/palvelun elinikää epäsopivuuden kautta
- Induktiovaikutukset (induction)
 - ICT lisää jonkin toisen resurssin käyttöä
- Korvausvaikutukset (substitution)
 - ICT korvaa jonkin toisen tuotteen/palvelun
- Tehostamisvaikutukset (optimization)
 - ICT:n käyttö vähentää jonkin toisen resurssin käyttöä

ICT:n rakenteelliset vaikutukset

Tällä tarkoitetaan systeemisiä pitkän aikavälin sosioekonomisia vaikutuksia, esim. käyttäytymisen tai markkinoiden rakenteen muutokset, joita ICT:n käytöllä saadaan aikaiseksi.

- Heijastevaikutukset (rebound)
 - Muutos estää kaikkien hyötyjen (esim. resurssisäästöt) ulosmittaamisen
- Muutoksen aiheuttamat riskit
- Mahdollisuus kestävään tuotantoon ja kulutukseen

Kestävyyden dimensioita



Kestävyyden viisi dimensiota

- **Yksilöllinen kestävyys** tarkoittaa inhimillisen pääoman ylläpitämistä (esim. terveys, koulutus, taidot, tiedot, johtajuus ja palvelujen saatavuus).
- **Sosiaalinen kestävyys** tähtää yhteiskunnallisten yhteisöjen solidaarisuuden ja palveluiden säilyttämiseen.
- **Taloudellinen kestävyys** tähtää pääoman ja lisäarvon säilyttämiseen.
- **Ympäristön kestävyys** tarkoittaa ihmisten hyvinvoinnin parantamista suojelemalla luonnonvaroja: vettä, maata, ilmaa, mineraaleja ja ekosysteemipalveluita.
- **Tekninen kestävyys** tarkoittaa tiedon, järjestelmien ja infrastruktuurin pitkäikäisyyttä ja niiden riittävää kehitystä ympäristön muuttuvien olosuhteiden mukaan.

Penzenstadler, B., Raturi, A., Richardson, D. & Tomlinson, B.: Safety, security, now sustainability: The nonfunctional requirement for the 21st century. IEEE software, 31(3):40–47 (2014).

Becker C., Chitchyan R., Duboc L., Easterbrook S., Penzenstadler B., Seyff N., Venters C.C.: Sustainability design and software: The karlskrona manifesto. IEEE (2015), pp. 467-476 (2015).

Sustainability Awareness Framework

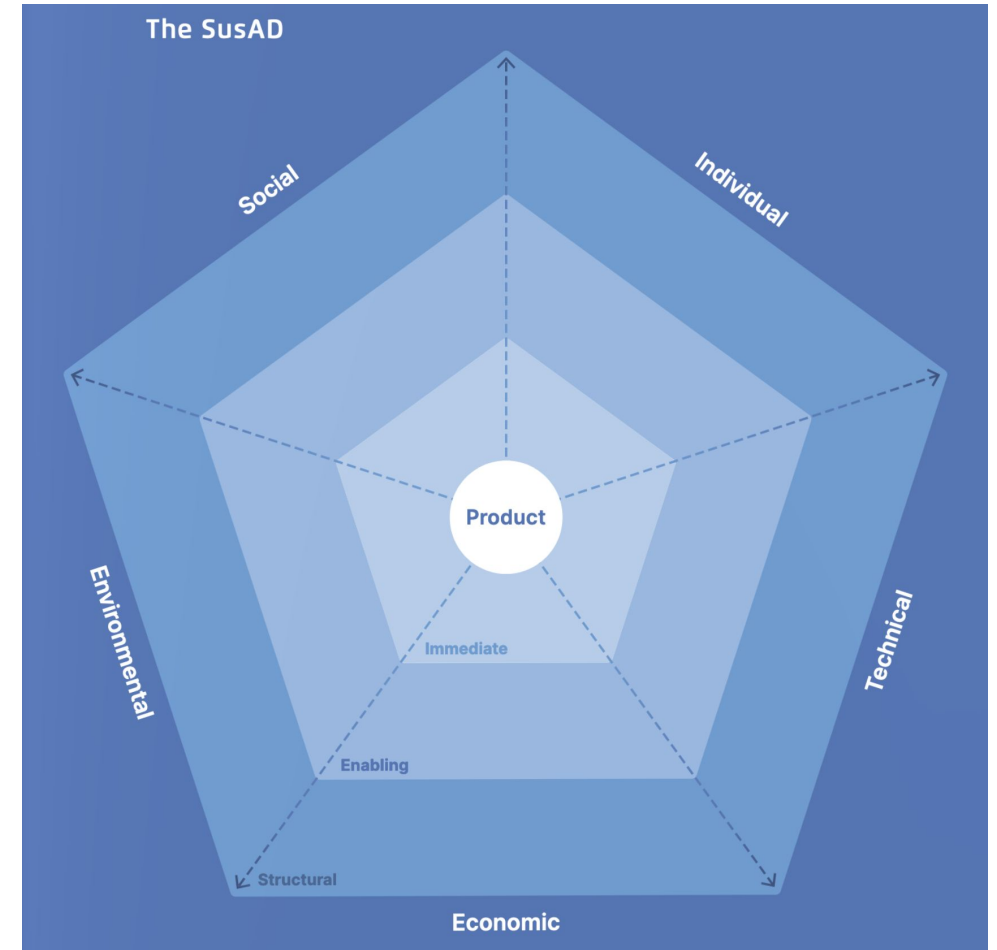
- Sustainability Awareness Framework (SusAF) on kysymyspohjainen työkalu ensisijaisesti ohjelmistotuotteiden ja -palveluiden kestävään suunnitteluun.
- Workbook ohjaa työskentelyä eri vaiheiden kautta.

<https://www.suso.academy/en/sustainability-awareness-framework-susaf/>



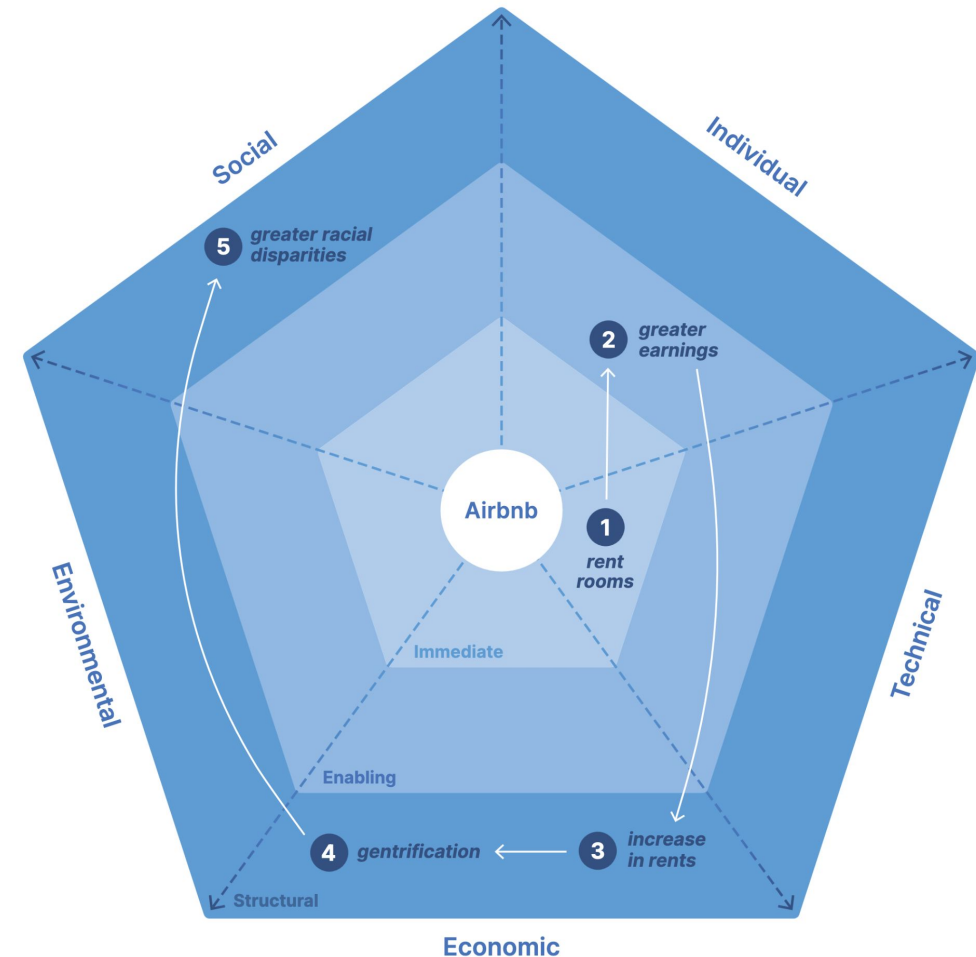
Sustainability Awareness Diagram (SusAD)

- Tunnistetaan vaikutusten välisiä suhteita
- Ymmärretään linkityksiä, syitä ja seurauksia
- Tuote – Aikaskaalat – Kestävyyden dimensiot

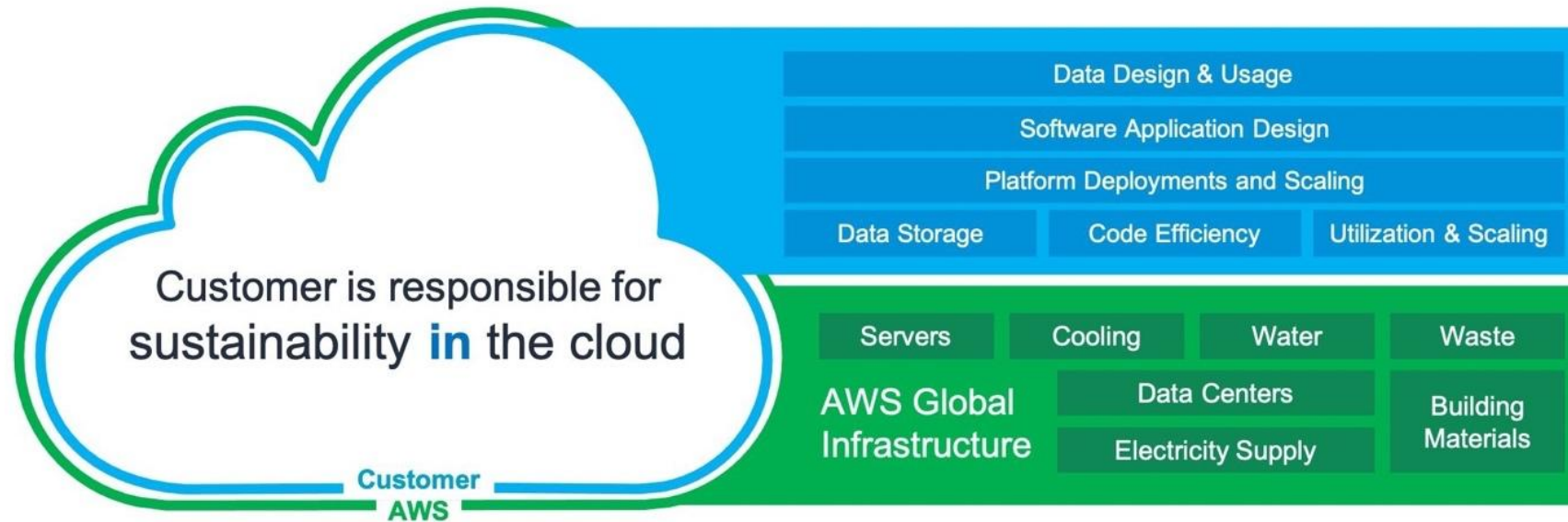


Sustainability Awareness Diagram (SusAD)

1. Suora vaikutus (tekninen): huoneen vuokraaminen
2. Välillinen vaikutus (yksilö): tulojen kasvaminen
3. Rakenteellinen vaikutus (talous): vuokratason nousu
4. Rakenteellinen vaikutus (talous): kaupunginosan muutos (keskiluokkainen väestön aiemmin työväenluokkaisella alueella)
5. Rakenteellinen vaikutus (sosiaalinen): suuremmat rotuerot



Vastuu

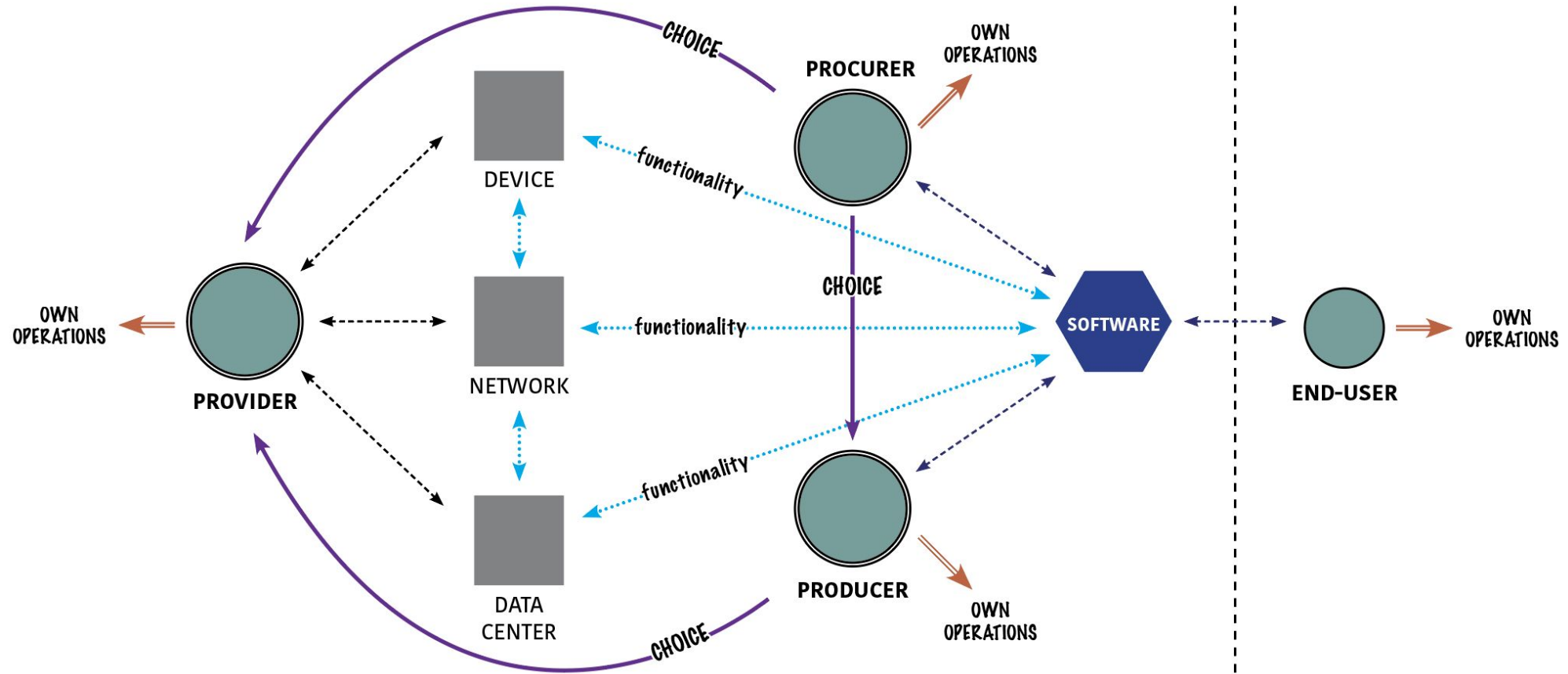


AWS is responsible for sustainability **of** the cloud

Philipp, K., Yunus, A., Antoniou, O. & Tahtasiz, C.: Optimizing your AWS Infrastructure for Sustainability, Part I: Compute. 2021.

Vastuunjako – systeemin kuvaus

Tietoisuuden ja avoimuuden avulla voidaan tehdä kestävämpiä valintoja.



Kiitos.



Euroopan unionin
osarahoittama