



# TEKNOLOGIATEOLLISUUDEN VÄHÄHILITIEKARTTA RAPORTTI – VAIHE 2

Vasara / Lehtinen / Laukkanen  
1. kesäkuuta 2020



# EXECUTIVE SUMMARY



# SUOMALAISEN TEOLLISUUDEN TOIMINTAYMPÄRISTÖN SUOTUISA KEHITYS MAHDOLLISTAA VAIKUTTAVAT ILMASTOTOIMET

## Perustana kestävä toiminta

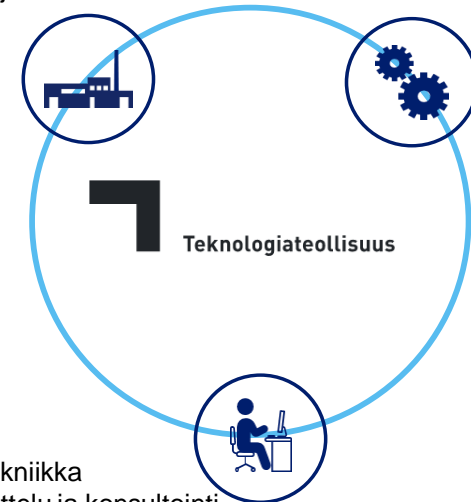
- Teknologiateollisuus on sitoutunut laatimaan oman toimialansa tiekartan kohti vähähiilisyttä ja tukee osaltaan hallitusohjelman tavoitetta hiilineutraalista Suomesta vuoteen 2035 mennessä.
- Tiekartta on tehty tiiviissä yhteistyössä teknologiateollisuuden kanssa ja siinä tunnistetaan tarpeita ja edellytyksiä vähäpäästöiselle teknologiateollisuudelle analysoiden myös globaalia positiivista kädenjälkivaikutusta.
- Teknologiateollisuuden tiekartta muodostaa avainosan historiallista kokonaisuutta, jossa Suomen keskeiset ventialat (teknologiateollisuus, metsäteollisuus, kemianteollisuus) sekä energiateollisuus ovat muodostaneet yhteensovitettun kokonaisnäkömyksen polusta kohti vähähiilisyttä.

### Metallinjalostus

- Metallimalmien ja teollisuusmineraalien louhinta
- Metallien jalostus

### Valmistava teollisuus

- Kone- ja metallituoteteollisuus sekä kulkuneuvojen valmistus
- Elektroniikka- ja sähköteollisuus



### Palvelut

- Tietotekniikka
- Suunnittelu ja konsultointi

# SKENAARIOT OSOITTAVAT MAHDOLLISUUKSIA JA EDELLYTYKSIÄ SUOMEN PÄÄSTÖJEN VÄHENTÄMISEKSI

Kaikkien skenaarioiden yhteinen taustaoletus on suomalaisen teollisuuden toimintaympäristön suotuisa kehitys

## Edellytykset

- **Skenaarioita, ei ennusteita** Skenaariot eivät ole ennusteita todennäköisestä tulevasta kehityksestä, vaan tulevaisuudenpolkuja, jotka toteutuvat edellytysten ollessa kunnossa.
- **Vähäpäästöinen sähkö** Vähäpäästöisen sähkön käyttäminen on avainasemassa. Vaikka tekniset ratkaisut ovat konsepteina tiedossa, joitain niistä ei ole tehty vielä missään maailmassa.
- **Kaikki toimivat** Vaikka yksittäisilläänkin investoinneilla on kokonaisuuden kannalta suuri merkitys, skenaariossa kaikki teknologiateollisuuden toimijat toteuttavat päästövähennystoimia. Yritykset on siis saatava laajalla rintamalla mukaan, jotta skenaario voi toteutua.

## Mahdollisuudet

- **Merkittävät vähennykset** Teknologia-teollisuuden kaikilla toimialoilla pystytään vähentämään kasvihuonekaasupäästöjä merkittävästi.
- **38 % ja 80 % kasvihuonekaasupäästöjen laskut** Vähähiiliskenaarioissa teknologiateollisuuden kasvihuonekaasupäästöt laskevat 38 % vuoteen 2035 ja 80 % vuoteen 2050 mennessä verrattuna vuoteen 2015.
- **Nopean teknologisen kehityksen -skenaario esittää kunnianhimoisen tulevaisuuden, joka ei kuitenkaan toteudu itsestään. Jos edellytykset toteutuvat, voi suomalainen teknologiateollisuus näyttää mallia muulle maailmalle siitä kuinka teollisuuden syvät päästövähennykset ovat toteutettavissa.**

Investointi- ja liiketoimintaympäristön suotuisa kehitys

Sähkön saatavuus, hinta ja vähäpäästöisyys

Siirtoverkon kehittäminen ja muut infrastruktuuri-panostukset

Panostukset tutkimus-, kehitys-, pilotointi ja demonstrointihankkeisiin

Avainteknologioiden nopea kypsyminen ja onnistuva kaupallistaminen

# KÄDENJÄLKI HAVAINNOLLISTAA TEKNOLOGIATEOLLISUUDEN ROOLIA RATKAISIJANA MAAILMALLA

Työssä tarkasteluotokseen poimittujen nykyisten vientituotteiden kädenjäljen arvioidaan vastaavan nelinkertaisesti teknologiateollisuuden CO<sub>2</sub>-päästöjä Suomessa

- Työssä tunnistettiin **kymmenen klusteria**, joilla on merkittävä potentiaali tarjota ilmatoratkaisuja maailmalle.
  - Kädenjälki tarkoittaa teknologiateollisuudelle mahdollisuutta **moninkertaistaa vaikutuksensa verrattuna siihen, että keskityttäisiin vain vähentämään CO<sub>2</sub>-päästöjä Suomessa**.
  - Suomalaisen teknologiateollisuuden markkinaympäristö on **globaali**, samoin kuin ilmastonmuutos ongelmana.
  - Suomalaiset yritykset ovat monella alalla teknologisen kehityksen eturintamassa. Suomi tarjoaa monia vahvuuksia toimia **pilotointi- ja demonstraatioympäristönä** uusien ratkaisuiden kehityksessä.
  - Kehitettyjen innovaatioiden todellinen **päästövähennyspotentiaali realisoidaan vain skaalaamalla ja viemällä ratkaisut maailmalle**.
- **Kädenjäljen tarkastelu täydentää kokonaiskuvaa teknologiateollisuuden roolista**
    - Kädenjälkivaikutukset eivät kompensoi jalanjälkipäästöjä, ja jalanjälkipäästöjen vähentäminen on ensisijaisen tarkastelun kohteena skenaarioissa.
    - Kädenjälki edustaa kolikon toista puolta yritysten näkökulmasta. Ilmastonmuutostyö keskittyy paitsi omien päästöjen vähentämiseen, myös ilmatoratkaisuiden kehittämiseen asiakkaille.
      - vrt. “Taianomainen Janus-kolikko”: kahdet kasvot/jäljet, koko muuttuu kolikon puolen mukaan



*Hiihjalanjälki* koskee tuotteen elinkaaren kasvihuonekaasupäästöjä, kun taas *hiilikädenjäljellä* viitataan tuotteen tai palvelun positiiviseen vaikutukseen ilmastonmuutoksen torjunnassa

# AVAINTEKNOLOGIOIDEN KOKONAISLISTA KATTAÄ SEKÄ NYKYISIÄ MENESTYSTUOTTEITA ETTÄ UUSIA VIENTIKÄRKIÄ ARVOKETJUN ERI OSISTA

**Kaikkiaan työssä klustereilla tunnistettiin lähes 200 tuotetta tai teknologiaa, jotka ovat nykyisiä vientituotteita, kehityskohteita tai aukkoja markkinoilla**

- Taajuusmuuttajat
- Solu- ja bioteknologia
- Cell factory, solumainen tuotanto
- Laitos- ja tehdassuunnittelu
- Prosessitekniikat kaivos- ja metalliteollisuudessa
- Fossiilittoman teräksen valmistus
- Yhdistelmä private cloudia ja sensoritekniikkaa
- IoT-ratkaisut valmistavassa teollisuudessa
- Tehokkaampi tekoäly

## Valmistus ja jalostus

## Raaka-aineet ja energia

- Bioenergiateknologia
- Metsäkoneet
- Hiilineutraalit energianlähteet laivoihin
- Ruostumaton teräs

## Käyttö ja logistiikka

## Kierrätys

- Synteettisten polttoaineiden valmistusteknologia
- Hiilen talteenottoon perustuvat CCS/CCU-teknologiat
- Vedenpuhdistusteknologia
- Akkukemikaalien kierrätysteknologia
- Tekstiilien kierrätysteknologia
- Erikoisrobotit esim. kierrätyksessä

- Kiinteistöautomaatio
- Liukuporras- ja hissitekniikka
- Valaistus
- Nosto- ja siirtolaitteet
- Sähköautojen latausinfrastruktuuri
- Satamatoimintojen optimointi
- Kyberturvallisuus
- Tietoliikenne: 5G v. 4G ja 3G
- Tehokkaampi tekoäly
- Energiatohokkaat rakennukset
- Energiatohokkaat alukset meriliikenteessä

# KEHITYSPANOSTEN KOHDENTAMISESSA ON TUETTAVA PAITSI PERUSTUTKIMUSTA, ERITYISESTI SKAALAUSTA TEOLLISEEN MITTAKAAVAAN

”Tiedon portaat”

## Panostukset perustutkimukseen

Perustutkimuksesta kumpuavat sekä odotetut että odottamattomat tieteelliset oivallukset

## Laaja-alainen tutkimus ja kehitys

Konseptitasolta kokeisiin. Teoria on testattava reaali maailmassa

## Pilotointi- ja demonstraatiohankkeet

Erityinen kipupiste teollisuuden ratkaisuiden näkökulmasta. Rahoitustarpeet merkittäviä samalla kun riskit yritysten näkökulmasta kasvavat. Kuolemanlaakson ylittäminen oleellista, jotta teknologia kaupallistuu.

## Teolliset investoinnit

Se, mihin tähdätään: kestävien vähähiiliratkaisuiden realisoiminen teollisessa mittakaavassa Suomessa ja maailmalla.

## Viennin tuki

Tuotteiden ja teknologioiden levittäminen maailman markkinoille



- Rahoitus ja sen strateginen kohdentaminen
- Osaaminen (akateeminen, kaupallinen, teollinen sekä laaja-alainen)
- Tiedon vaihto ja yhteistyömahdollisuuksien tunnistaminen

- Rahoitus (*derisking*)
- Toiminta-edellytysten tunnistaminen
- Julkisvetoinen kysyntä (julkiset hankinnat)

- Toimintaympäristön kehittäminen
- Julkisvetoinen kysyntä (julkiset hankinnat)

- Viennin edistäminen ja kasvurahoitus

Tuki läpi koko kehitysketjun!

# KANSALLISESTA VIITEKEHYKSESTÄ PONNISTAEN...



## Teknoliateollisuus mahdollistaa päästövähennykset kaikilla yhteiskunnan aloilla

### Osaaminen, innovaatiot, tutkimus ja kehitys

- **Panostukset monialaiseen osaamiseen** ja kehityksen suuntaamiseen vähähiiliratkaisuihin ovat ehdottoman tärkeitä jo lyhyellä aikavälillä.
- **Rahoitusinstrumenttien puute** demonstraatiovaiheen skaalaamisessa on korjattava, jotta uuden teknologian kaupallistumistuminen vauhdittuu.

### Viennin edistäminen

- **Kaupallistamisprosessien, teolliseen mittakaavaan laajentamisen ja markkinoille pääsyn edellytysten parantamisen** rooli korostuu tulevina vuosina entisestään.
- **Kansainväliseen toimintaympäristöön** vaikuttaminen markkinoiden synnyttämiseksi vähähiiliratkaisuille.

### Teollisuus- ja teknologiapolitiikka

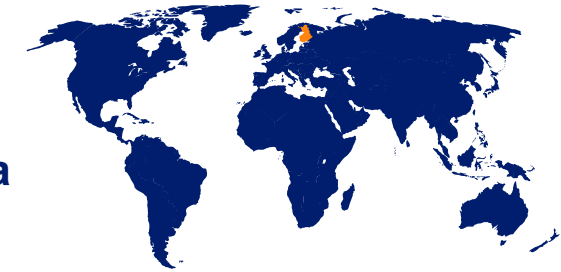
- Ilmastonmuutoksen torjuntaan teollisuutta vastaan vai teollisuuden kanssa: kotimaisella teollisuuskentällä on vahva halu kannattaa Pariisin sopimuksen mukaisia tavoitteita – miten **siirtymää voidaan vauhdittaa teollisuus- ja teknologiapolitiikalla kilpailukyky huomioiden?**
- **Edullisen ja päästöttömän energian saatavuus** on varmistettava.

### Uudet liiketoimintamallit

- Kädenjälkiratkaisut perustuvat tuotteen tai palvelun käyttöön
  - Teknologia tuotteena, teknologialisensointi
  - Pilotointiympäristö vientituotteena
  - Kierrätysliiketoiminnan mahdollistaminen yli toimialarajojen
  - Sektori-integraatio paitsi energian osalta, myös teknologian ja materiaalit huomioiden



# ...GLOBAALIA VAIKUTTAMISTA PAINOTTAEN



## Ratkaisuja vaaditaan ennen kaikkea kansainvälisellä tasolla

### EU-tason vaikuttaminen

- EU:n on Suomen merkittävin vaikutuskanava, jonka ratkaisut vaikuttavat merkittävästi paitsi kansallisiin ratkaisuihin, myös suomalaisen teollisuuden toimintaympäristöön.
- Teollisuuden ilmastotavoitteiden kannalta olennaisia ovat *Green Deal* ja *Green Recovery*, hiilen hinnan muodostaminen ja päästökaupan kehittäminen sekä rahoitukseen liittyvä taksonomia.

### Kauppapolitiikka

- Kauppapolitiikka on keskeisessä roolissa. Nykyisin kansainvälinen teollisuuden kilpailu ei tapahdu tasaisella pelikentällä.
- Kilpailukyvyyn säilyttäminen globaaleilla markkinoilla on ehdoton edellytys Suomen ja EU:n vähähiilistymistavoitteille.
- Kädenjätkiratkaisuiden vientiä ja levittämistä olisi edistettävä myös kauppapolitiikan keinoin.

### Kansainvälinen ilmastopolitiikka

- Euroopan unionin on edistettävä Pariisin sopimuksen tehokasta toimeenpanoa sekä hiilidioksidipäästöjen hinnoittelua myös maailmanlaajuisesti, sillä yhteiset globaalit pelisäännöt ovat paras tapa varmistaa tasapuoliset kilpailuedellytykset eurooppalaiselle teollisuudelle.
- Ennen kuin globaali toimintaympäristö on aidosti yhtenäinen, on hiilivuotoa torjuttava huolehtimalla puhtaasti ja vastuullisesti toimivien yritysten globaalista kilpailukyvyistä EU:n sisäisillä ja kansallisilla toimenpiteillä.

### Laajemmat kestävyystavoitteet ja mahdollistajat

- Ilmastonmuutos on lopulta yksi keskeinen elementti laajempaa ekologisten ongelmien kokonaisuutta, josta biodiversiteetin romahdus, vesipula ja luonnonvarojen ylikulutus ovat lisäesimerkkejä.
- Kestävän kehityksen muita ulottuvuuksia (taloudellinen, sosiaalinen, kulttuurinen) ei voida unohtaa ilmastonmuutoksen vuoksi. Ne ovat pikemminkin välttämättömiä edellytyksiä ilmastotyön onnistumiseksi.

# SISÄLTÖ

	Sivunumero
• Skenaariot: tausta	11
• Skenaariot: tulokset	
1. Business-as-usual –skenaario	16
2. Nopeutettu teknologinen kehitys –skenaario	23
3. Pakotettu päästövähennys -skenaario	30
• Skenaarioiden vertailua ja huomioita	35
• Kädenjälki: päätulokset	43
• Kädenjälki: johdanto	47
• Kädenjälki: tarkastelutapa	52
• Kädenjälki: avainteknologioiden tulokset	59
• Kädenjälki: verkosto avainteknologioista	77
• Vientipotentiaali	92
• TKI ja osaaminen	98
• 10 klusterikuvausta	107
• Kädenjälkitarkastelun yhteenveto	155
• Liitteet	161

# SKENAARIOT: TAUSTA



# ERI SKENAARIOT

Työssä on tarkasteltu kolmea erilaista skenaariota, jotka ulottuvat vuoteen 2050 saakka

## 1. Business-as-usual –skenaario (BAU)

– Perusura, joka muodostaa kaikkien skenaarioiden yhteisen pohjan.

## 2. Nopea teknologinen kehitys –skenaario

– Skenaario, joka perustuu oletukselle siitä, että teknologinen kehitys toteutuu ennakoituakin nopeammalla aikataululla, ja syntyvät vähähiiliratkaisut saadaan tuotteistettua.

## 3. Pakotettu päästövähennys –skenaario

– Skenaario, jossa voimakkaalla regulaatiolla pakotetaan ottamaan käyttöön teknologiaa, joka ei vielä ole kypsää.

- **Kaikkien skenaarioiden yhteinen taustaoletus on suomalaisen teollisuuden toimintaympäristön suotuisa kehitys.** Ennakoitava toimintaympäristö ja kansainvälinen kilpailukyky ovat välttämättömiä edellytyksiä investoinneille, joita siirtymä hiilineutraaliuteen edellyttää.
- Skenaarioiden tavoitteena on viestiä teknologiateollisuuden yritysten näkemys vähähiilisestä tulevaisuudesta ja siitä, millaisia mahdollisuuksia ja vaatimuksia sen toteutumiseen liittyy.

# SKENAARIOIDEN YHTEISET OLETUKSET

- Referenssivuosi: 2015, tarkastelun aikaväli 2015-2050
- Tuotannon volyyminikasvu (%/a)
  - Klusterikohtaiset (kaivokset ja metallit, valmistava teollisuus, palvelut) arviot
- Energiatehokkuusparannukset (%/a)
  - Klusterikohtaiset (kaivokset ja metallit, valmistava teollisuus, palvelut) arviot
- Lähtödata kasvihuonekaasupäästöille ja energiankulutukselle
  - Ensisijaisesti Tilastokeskuksen toimialakohtaiset tilastot
  - Dataa täydentävät Teknologiateollisuuden ja konsultin parhaat arviot, sikäli kuin valmista dataa ei ole saatavilla
- Työssä ei spekuloida yrityskohtaisilla investoinneilla, joista yritykset eivät ole julkistaneet tietoa.
  - Skenaariot perustuvat trendinomaiseen, toimialakohtaiseen kehitykseen, jonka arviointi perustuu julkisista lähteistä saatavilla oleviin tietoon.

# TEKNOLOGIATEOLLISUUDEN RYHMITTELY

## Teknologiатеollisuuden toimijat ryhmiteltiin kolmeen klusteriin samankaltaisten ratkaisujen löytämiseksi

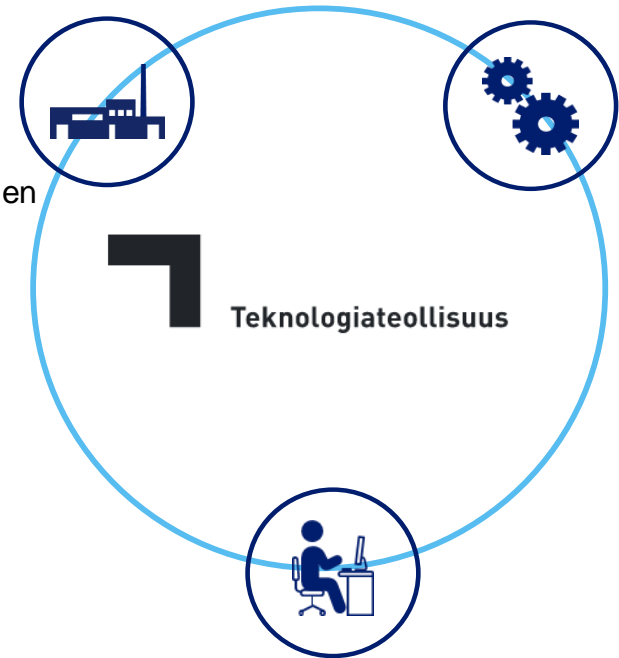
- Teknologiатеollisuus on erittäin heterogeeninen kokonaisuus yrityksiä, jotka toimivat eri toimialoilla taikka arvoketjun eri osissa.
- Osa ratkaisusta on yleisiä kaikille toimijoille, osa hyvin spesifejä, jopa yrityskohtaisia.
- Teknologiатеollisuus jaoteltiin kolmeen klusteriin: metallinjalostukseen (sis. kaivokset), valmistavaan teollisuuteen sekä palveluun.
- Jaottelu on väistämättä osin epätäydellinen; yhdessäkin yrityksessä voi olla luonteensa puolesta kaikkiin eri klustereihin sijoitettavia toimintoja. Ratkaisu kuitenkin lisää tulosten hyödynnettävyyttä.
  - Tuloksia tulisi tulkita liiketoiminnan luonteen kannalta enemmän kuin takertua siihen, mihin tietty juridinen kokonaisuus tulee raportissa sijoitetuksi.

### Metallinjalostus

- Metallimalmien ja teollisuusmineraalien louhinta
- Metallien jalostus

### Valmistava teollisuus

- Kone- ja metallituoteteollisuus sekä kulkuneuvojen valmistus
- Elektroniikka- ja sähköteollisuus



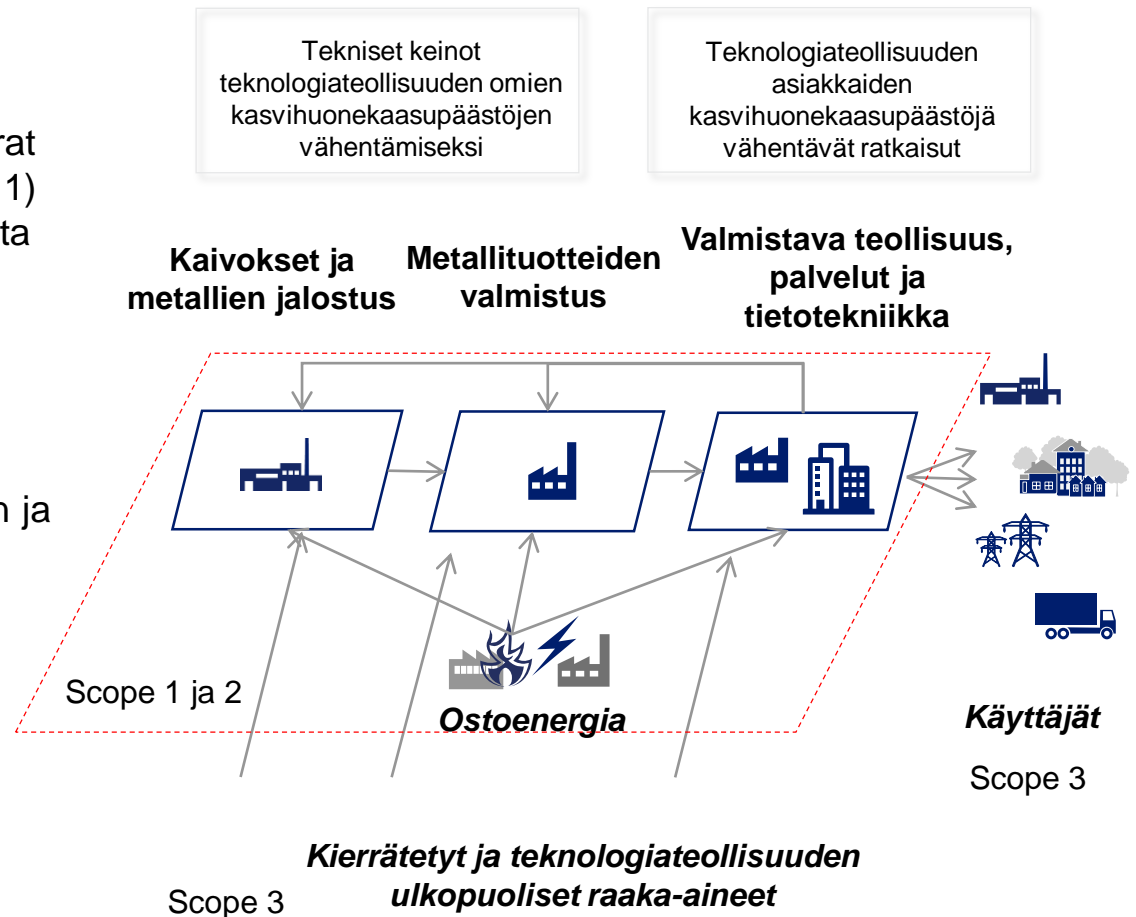
### Palvelut

- Tietotekniikka
- Suunnittelu ja konsultointi

# TARKASTELUN RAJAT

## Analyysissä mukana kahdenlaiset tekniset keinot

- Päästövähennysskenaarioissa huomioidaan kvantitatiivisesti teknologiateollisuuden omat suorat kasvihuonekaasupäästöt (scope 1) sekä ostetun energian tuotannosta aiheutuneet päästöt (scope 2), vaikutuksia raaka-aineiden ja muiden tarvittavien materiaalien päästöihin (scope 3) käsitellään kvalitatiivisesti
- Teknologiateollisuuden tuotteiden ja palveluiden käytöstä syntyviä asiakkaiden päästövähennyksiä analysoidaan kädenjälkitarkastelussa



Jako skenaarioissa kvantitatiivisesti ja kvalitatiivisesti tarkasteltaviin kokonaisuuksiin merkitty punaisella katkoviivalla.

# SKENAARIOIDEN TULOKSET

## 1. SKENAARIO: BUSINESS-AS-USUAL (BAU)





# 1. BAU-SKENAARION KUVAUS

## Työssä on tarkasteltu kolme erilaista skenaariota, jotka ulottuvat vuoteen 2050 saakka

### 1. Business-as-usual –skenaario

- Ensimmäinen skenaario on niin sanottu business-as-usual –skenaario (BAU). BAU-skenaario muodostaa perusuran, joihin varsinaisia päästövähennysskenaarioita verrataan.
- BAU-skenaarion pääoletukset liittyvät arvioihin toimialakohtaiselle tuotannon kasvulle ja maltilliselle autonomisen kehityksen suuruiselle energiatehokkuuden parantumiselle. Arviot tuotannon volyymikasvun ja energiatehokkuuden paranemiselle perustuvat ensisijaisesti historialliseen kehitykseen ja toimialakohtaisiin erityispiirteisiin.
- Lisäksi BAU-skenaariossa oletetaan Suomen energiasektorin vähäpäästöistyvän voimakkaasti (energiasektorin BAU-kehitys). Erityisesti sähkön tuotannon ominaispäästöt putoavat vuoden 2015 tasosta noin 90 % vuoteen 2035 mennessä. Myös lämmöntuotannon päästöt alenevat merkittävästi.
- Nämä oletukset (tuotantovolyymit, energiatehokkuuden parantuminen sekä energiasektorin vähäpäästöistyminen) toimivat oletuksina myös kahdessa päästövähennysskenaariossa.
- Skenaariossa ei toteuteta muita lisätoimia päästöjen vähentämiseksi. Skenaario ei siten heijasta yksittäisten yritysten kunnianhimoisia ilmastotavoitteita. Tässä mielessä skenaarion nimi (business-as-usual) on jopa harhaanjohtava, eikä skenaarion tuloksia pidä tulkita todennäköisimpänä ennusteena teknologiateollisuuden kehityksestä.

# TOIMIALAKOHTAISET OLETUKSET

- Metallien jalostuksen ja kaivosten tuotannon oletetaan kasvavan maltillisesti. Autonomisen kehityksen seurauksena tapahtuvat energiatehokkuusparannukset oletetaan vuosina 2015-2050 rajallisiksi, sillä laitokset ovat jo hyvin energiatehokkaita.
- Valmistavassa teollisuudessa tuotannon volyymikasvun oletetaan kasvavat voimakkaammin. Myös energiatehokkuustoimien mahdollisuudet ovat suuremmat.
- Palveluiden ja ICT-sektorin liikevaihto ovat 2000-luvulla kasvaneet vuosittain jopa 5-9 %. Palveluissa tarkastellaan erityisesti suunnittelu- ja konsultointialaa, ICT-sektorilla datakeskusten ja tietoliikenteen roolia osana skenaarioita.

Pääsektori	Metallinjalostus ja kaivokset	Valmistava teollisuus	Palvelut ja ICT
Tuotannon volyymikasvu (%/a)	+0,5 %	+1,5 %	+5 %
Energiatehokkuusparannukset (%/a)	0,2 %	0,5 %	0,5 %
Lisätarkastelu osana skenaarioita?			Datakeskusten sähkönkäyttö ja 5G erikseen.

# TOIMIALAKOHTAISET OLETUKSET JA TAUSTATIEDOT

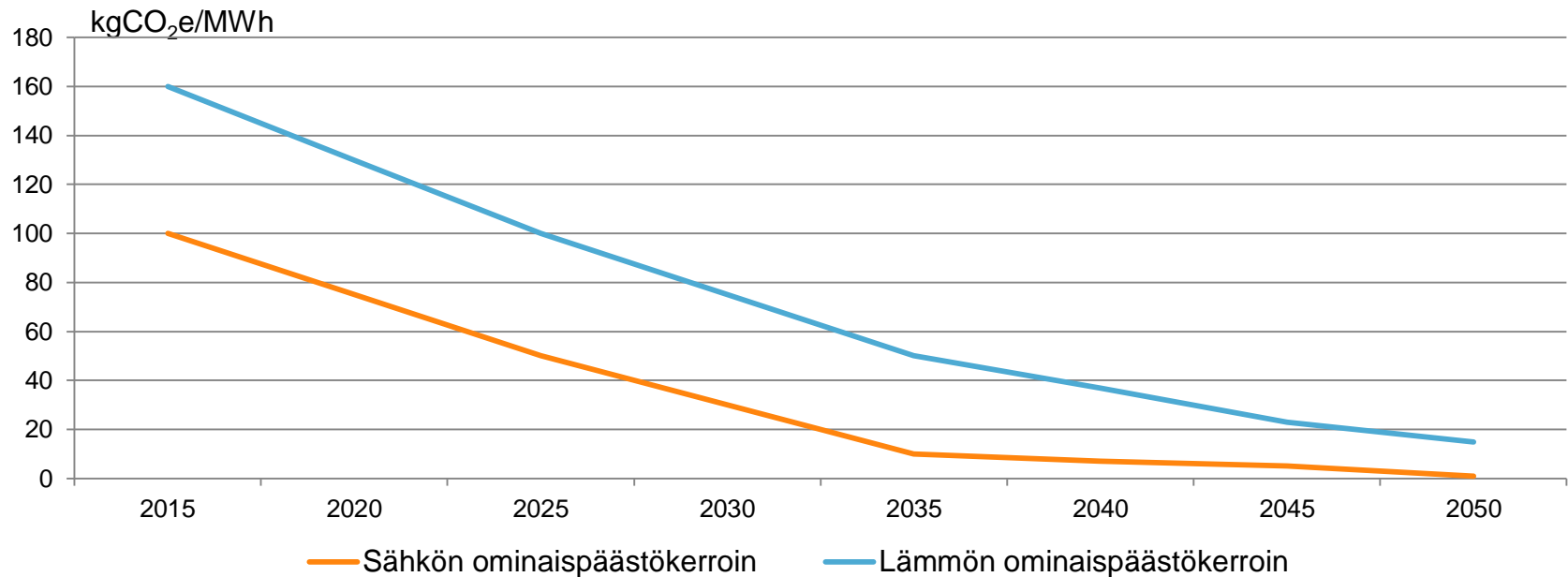
Pääsektori	Metallinjalostus ja kaivokset		Valmistava teollisuus	Palvelut ja ICT	
Tarkastelu-taso	Metallinjalostus	Kaivokset	Valmistava teollisuus	Palvelut	ICT
Tuotannon oletettu volyymikasvu (%/a) ja vertailulukuja	<b>+0,5 %</b> Historiallinen: - Globaali (teräs) +4,3 % 2000-2018 <sup>1</sup> , - Suomi +0,6 % 2005-2019 <sup>2</sup> , Ennuste - Globaali (kaikki metallit +2,1 %/a (2010-2060) <sup>4</sup> - Suomi 0,2-0,6 %/a 2020-2050 <sup>3</sup> )	<b>+0,5 %</b> Historiallinen: - Globaali (kaikki kaivannaiset): + 1,7 %/a 1984-2016 <sup>5</sup> - Suomi (metallimalmit ja sivukivi): +11,9 %/a (2011-2017) - Suomi (teollisuusmineeraalit ja sivukivi): +3,9 %/a (2011-2017) <sup>6</sup> <u>Huom. suuret vaihtelut!</u>	<b>+1,5 %</b> Historiallinen - Suomi: +0,3-1,0 %/a 2005-2019 <sup>2</sup> BKT:n oletettu kasvu - Globaali BKT (2000-2050): +2,7 %/a - EU:n BKT: +1,4...1,7 %/a	<b>+5 %</b> Historiallinen - Suomi (liikevaihdon kasvu): +5,6 %/a 2005-2019 <sup>2</sup>	<b>+5 %</b> Historiallinen - Suomi (liikevaihdon kasvu): +8,7 %/a 2005-2019 <sup>2</sup>
BAU- energia-tehokkuusparannukset (%/a)	<b>0,2 %</b>	<b>0,2 %</b>	<b>0,5 %</b>	<b>0,5 %</b>	<b>0,5 %</b>
Tarkastelu osana skenaarioita					Datakeskusten sähkökäyttö ja 5G.

Taustatietoa toimialakohtaisista volyymikasvuista liitteessä 1.

Lähteet: 1. World Steel Association, 2. Teknologiateollisuus ry, 3. VTT, PITKO2, 4. OECD 5. World Mining Data 2018, 6. TEM

# ENERGIASEKTORIN ENNAKOITU BUSINESS-AS-USUAL -KEHITYS

Suomen sähköjärjestelmän ennakoitaan vähähiilistyvän voimakkaasti jo 2030-luvulle mennessä



Ominaispäästöt*	Sähkö (kgCO <sub>2</sub> /MWh)	Kaukolämpö (kgCO <sub>2</sub> /MWh)
2017	90	150
2035	10	50
2050	1	15

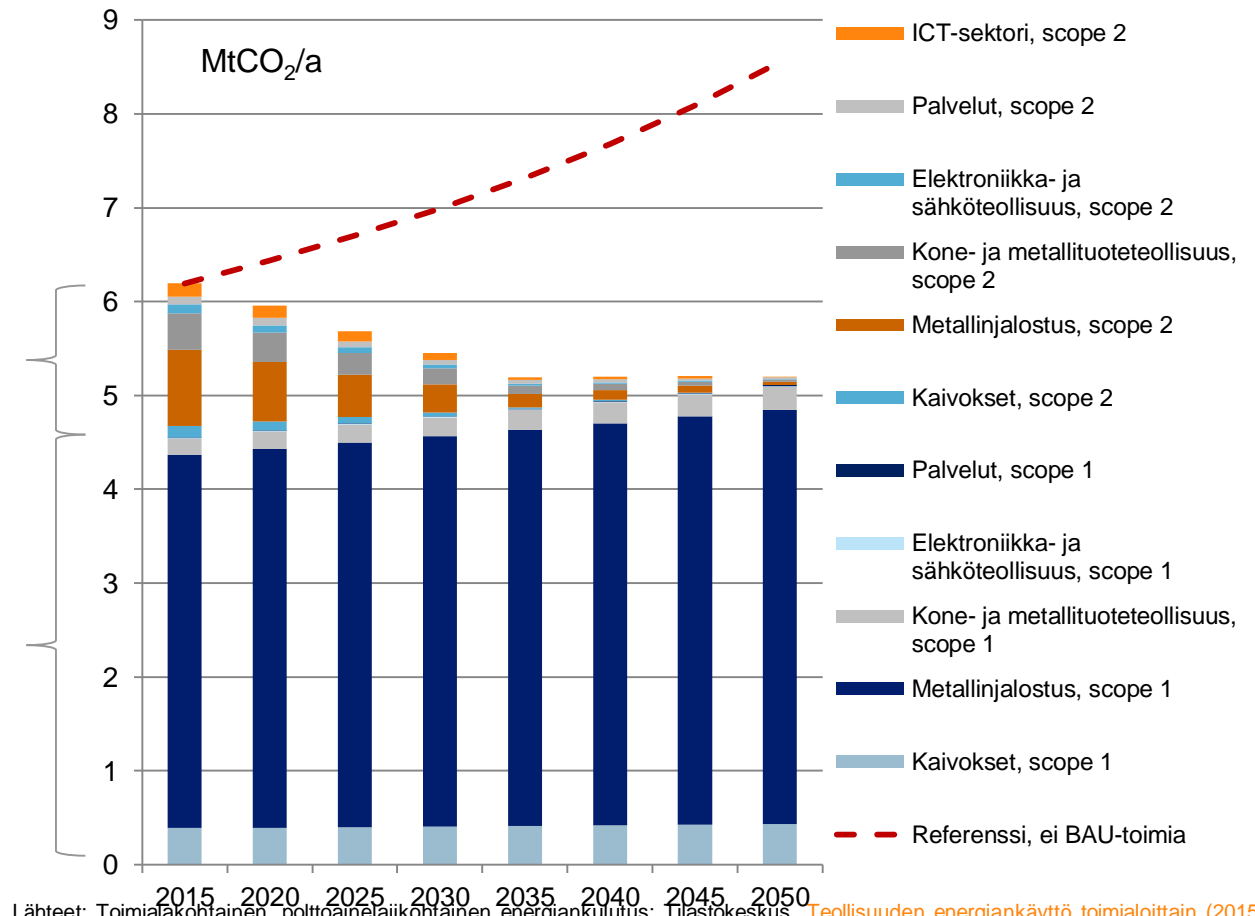
\*Energiateollisuus ry:n viikolla 50/2019 hyväksymä ennuste energiasektorin BAU-kehitykselle.

# 1. BUSINESS-AS-USUAL: PÄÄSTÖPROJEKTIO

Ostoenergian päästöt (scope 2) laskevat voimakkaasti vuoteen 2035 mennessä, minkä jälkeen niiden vähäisen laskun vaikutus kompensoituu tuotannon volyymikasvulla

**Ostoenergian päästöt (scope 2):** Energiasektorin ennakoitu vähähiilistyminen vähentää merkittävästi ostoenergian päästöjä.

**Suorat päästöt (scope 1):** Energiatehokkuustoimet vähentävät tuotannon kasvun vaikutusta, mutta suorat päästöt kasvavat BAU:ssa noin 0.5 MtCO<sub>2</sub>e/a vuoteen 2050 mennessä

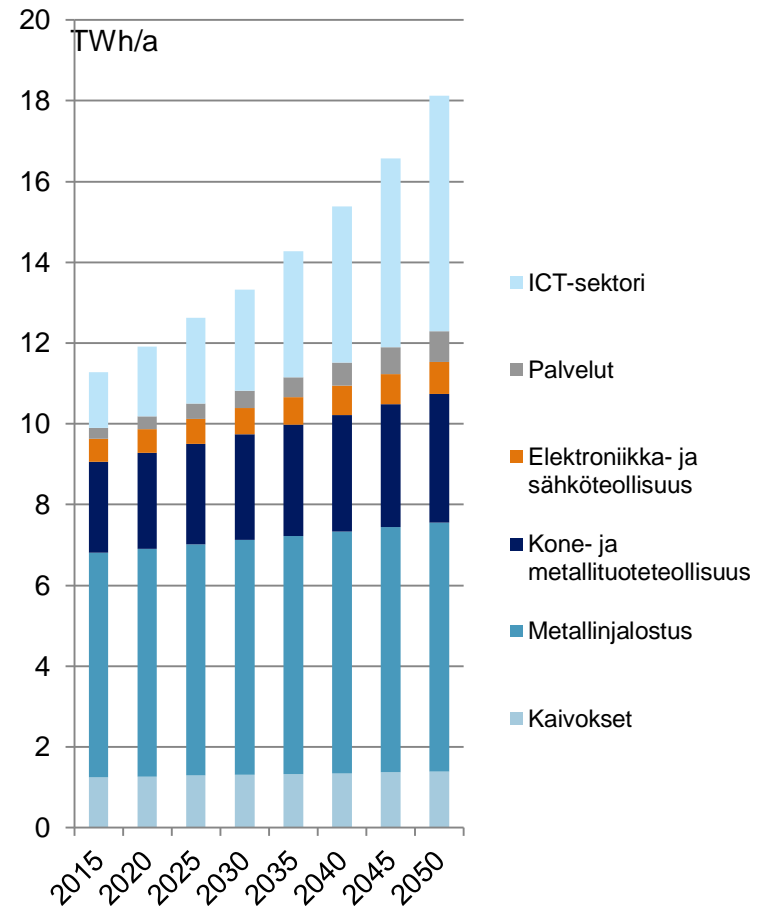


Lähteet: Toimialakohtainen, polttoainelajikohtainen energiankulutus: Tilastokeskus, [Teollisuuden energiankäyttö toimialoittain \(2015\)](#)  
Energiälähteiden ominaispäästökertoimet: Tilastokeskus, [Polttoaineluokitus \(2019\)](#)  
Toimialakohtaiset päästöt ilmaan: Tilastokeskus, [Emissions into air by industry \(2015\)](#)

# SÄHKÖN KULUTUKSEN KEHITYS BAU-SKENAARIOSSA

## Sähkön kulutuksen kasvua ajavat BAU-skenaariossa tuotannon kasvu ja ICT-sektorin ennakoitu kehitys

- Ilmankin merkittävää teollisuuden sähköistymistä, sähkön kulutus voi lähes kaksinkertaistua.
- Tuotannon volyymikasvulla skaalattu teollisuuden ostosähkön määrä lisääntyy yli 20 %. (Energiatehokkuustoimien vaikutus on huomioitu.)
- Datakeskusten sähkönkulutuksen ennakoitaan kasvavan merkittävästi.
  - Tilastokeskus ja Motiva eivät tällä hetkellä tilastoi datakeskusten sähkönkulutusta erikseen.
  - Jos oletetaan, että nykyiset kolme suurta (Google, Yandex, Telia) operoivat ympärivuotisesti lähes nimellistehollaan (keskiteho 90 % nimellistehosta 139 MW), nykyinen sähkönkulutus olisi noin 1,1 TWh. Lisäksi pienempien datakeskusten ja konesaliin kokonaisteho voi olla merkittävästi suurempi kuin näiden kolmen suurimman.
  - Pohjoismaisen ministerineuvoston raportissa (2018) arvioidaan, että datakeskusten nimellisteho Pohjoismaissa voi kasvaa keskimäärin jopa n. 400 MW/a vuosina 2018–2025.
  - Jos 1/10 tästä tapahtuu Suomessa (eli lisäys 40 MW/a), merkitsisi tämä 29 % vuosikasvua verrattuna suurimpien keskusten kokonaisnykytehoon.
  - Tässä on oletettu 5 % vuosikasvu datakeskuskapasiteetille (140 MW = 2015).



Lähteet: Nordic Council of Ministers, [Data centre opportunities in the Nordics 2018](#)

# SKENAARIOIDEN TULOKSET

## 2. SKENAARIO: NOPEUTETTU TEKNOLOGINEN KEHITYS



## 2. NOPEA TEKNOLOGINEN KEHITYS –SKENAARION KUVAUS

**Nopea teknologinen kehitys mahdollistaa päästöjen vähentämisen merkittävästi verrattuna nykytilaan**

### **2. Nopeutettu teknologinen kehitys –skenaario, lähtökohdat:**

- BAU-skenaariossa käytetyt taustaoletukset (tuotantovolyymien kasvu, energiatehokkuuden parantuminen sekä energiasektorin vähäpäästöistyminen) muodostavat lähtötason päästövähennysskenaariolle.
- Tässä skenaariossa teknologiateollisuuden yritykset tekevät päästövähennyksiä kaikilla toimialoilla. Skenaariossa kuvataan siten liiketoiminnallisesti suotuisan toimintaympäristön ja nopean teknologisen kehityksen mahdollinen lopputulos.
- Skenaario edellyttää tutkimus- ja pilotointitoiminnan tukemista. Investoinnit perustuvat kuitenkin suotuisaan, markkinaehtoiseen kehitykseen ja teknologiateollisuuden yritysten kunnianhimoon.



# TAUSTAKSI: TOIMIALOITTAIN TEHTÄVIEN TOIMIEN KIRJO

Suuri osa teknologioita yhdistää teknologiateollisuuden sektoreita; osa on sektorikohtaisia

## Metallinjalostus

Vaihtoehtoiset pelkistimet ja energianlähteet metallinjalostuksessa  
Prosessien, koneiden ja laitteiden sähköistäminen  
CO<sub>2</sub> talteenotto ja hyödyntäminen

## Valmistava teollisuus

Energiatehokkaat moottorijärjestelmät  
Kevyet ja kestävät materiaalit ja rakenteet  
Koneiden uusiovalmistus  
Materiaalia lisäävä valmistus

## ICT/palvelut

”Opetusniukka” tekoäly  
Vihreät pilvipalvelut ja sumupalvelut  
Energiatehokas 5G  
Datakeskusten mitoittaminen alle piikkikapasiteetin ja tehokas marginaaliratkaisu

Vähähiiliset raaka-ainelähteet

Automaatio

Sisäisen logistiikan ratkaisut

Vähähiilisen sähkön hankinta

Sivuvirtojen hyödyntäminen  
ICT:n energiatehokkuus

Sähköistäminen

Hukkalämmön ja liike-energian talteenotto

## Yhteinen pohja

Digitalisaatio

Energian kulutusjoustoteknologiat

Energiatehokkuusparannukset

Uudet liiketoimintamallit

Rakennusten energiatehokkuus

# PÄÄSTÖVÄHENNYSKEINOT NOPEUTETUN TEKNOLOGISEN KEHITYKSEN SKENAARIOSSA

## Kaivokset ja metallinjalostus

### Kaivokset

- Prosessioptimointi, energiatehokkuusparannukset
- Työkoneiden ja laitteiden sähköistäminen

### Metallinjalostus

- Energiatehokkuusparannukset
- Fossiilivapaat metallien valmistusprosessit
  - uudet pelkistimet teräksen valmistuksessa, esimerkkinä vety ja biohiili
- Sähköistäminen metallinjalostuksessa

**Tarkempi erittely päästövähennystoimien kohteista ja aikataulusta on liitteessä 2.**

## Valmistava teollisuus

- Polttoainevaihdokset fossiilisesta energiasta (maakaasu ja öljy) biopohjaisiin ja hiilineutraaleihin polttoaineisiin ja sähköistämiseen.

Energiankulutuksen vähentäminen esimerkiksi seuraavin toimin:

- Hukkalämmön hyödyntäminen
- Käyttövoimaratkaisut
- Liike-energian talteenotto
- Prosessimuutokset
- Kevyemmät materiaalit
- Prosessioptimointi
- Simulointi.

## Palvelut ja ICT

Energiankulutuksen vähentäminen esimerkiksi seuraavin toimin:

### Palvelut

- kiinteistönhallinta, valaistus, lämmitys, lämmön talteenotto.

### Datakeskukset

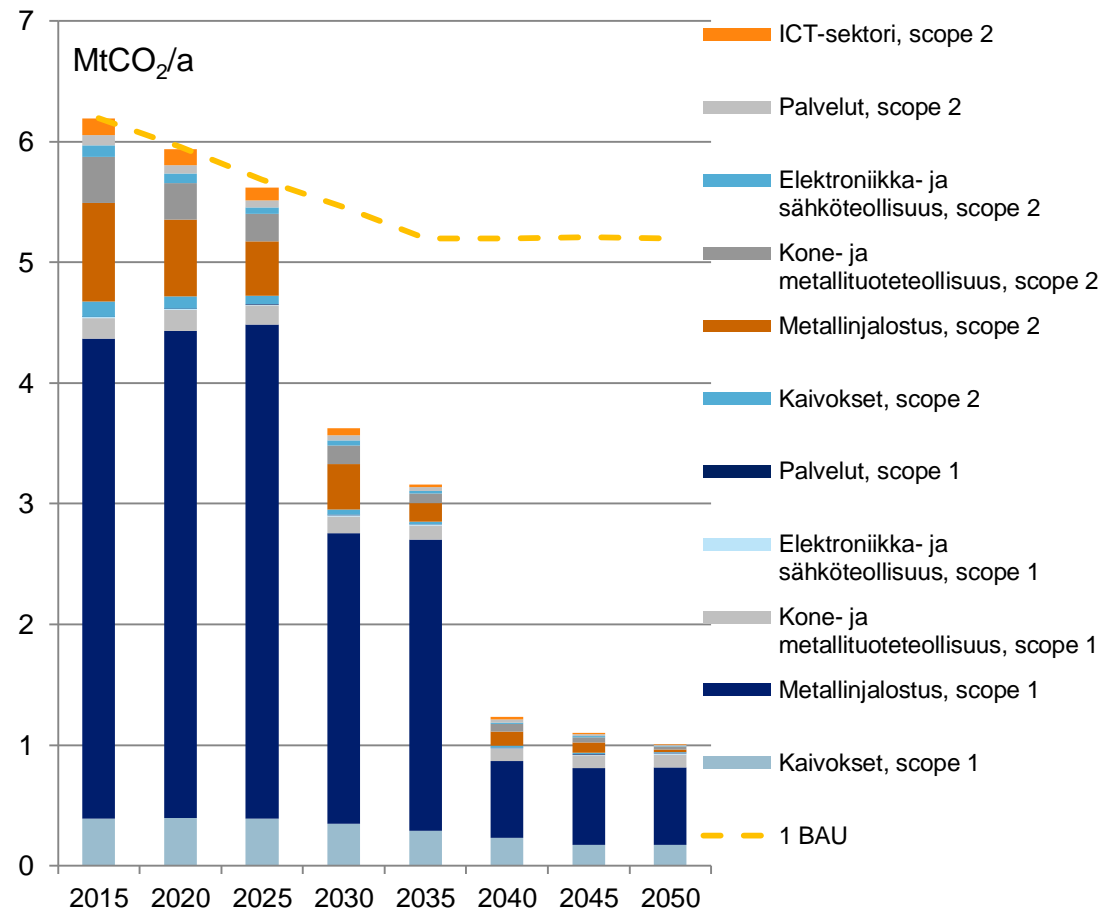
- Heterogeenisen palvelinkaluston tehokas optimointi
- Keskusten mitoittaminen alle piikkikapasiteetin ja tehokas marginaaliratkaisu
- Yhteiset osat: ”blade”-serverit vs ”rack”-serverit
- 80/20-ongelman ratkaisu

### Telekommunikaatio ja 5G

- Energiatehokas 5G ”Massive MIMO”
- Tehokas tapa sovittaa yhteen 5G/4G/3G
- Tarvittavan palvelupeiton saavuttaminen ilman 2-3-kertaista määrää noodeja

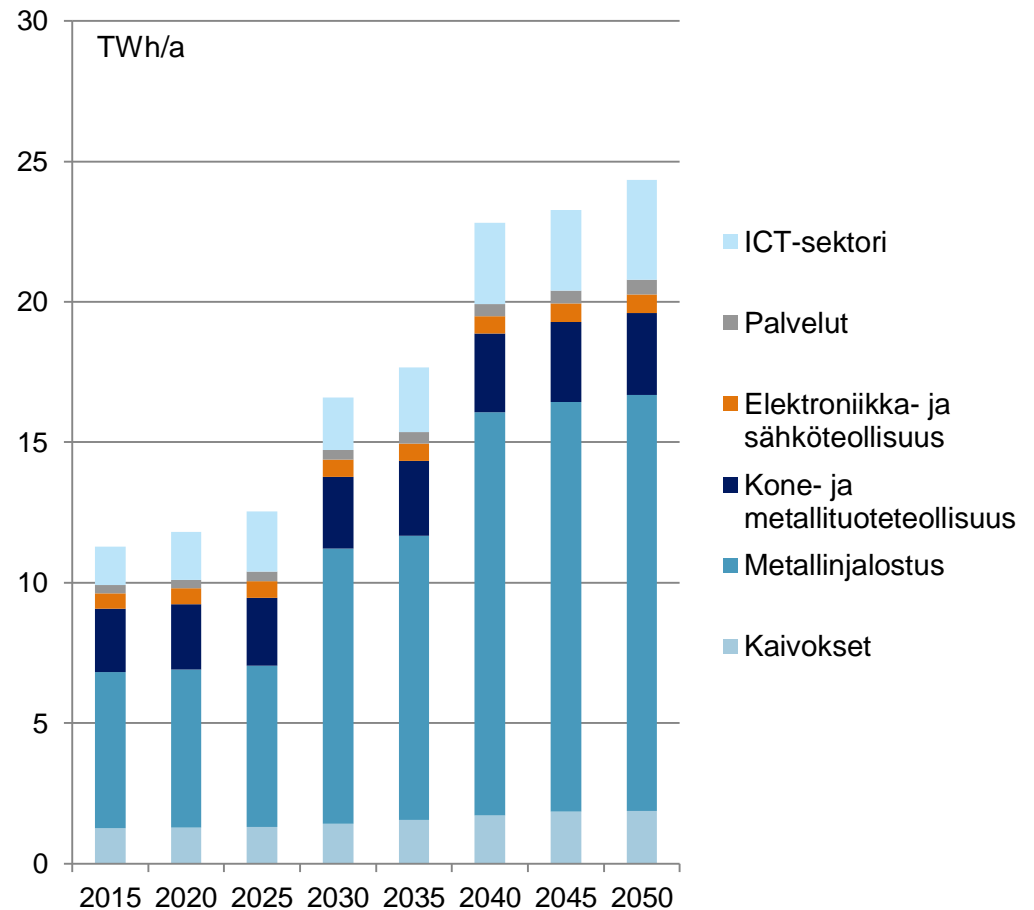
## 2. NOPEUTETTU TEKNOLOGINEN KEHITYS: PÄÄSTÖPROJEKTIO

- Teknologiateollisuuden omat suorat päästöt vähentyvät skenaariossa 38 % vuoteen 2035 ja 80 % vuoteen 2050 mennessä verrattuna vuoteen 2015. Jos huomioidaan myös ostoenergian päästöt, ovat vähennykset vastaavasti 49 % (2035) ja 84 % (2050).
- Suurin vaikutus on investoinneilla metallinjalostuksessa, jossa erityisesti siirtyminen vetypelkistykseen vähentää fossiilisten käyttöä.
- Lisäksi sähköistäminen vähentää päästöjä korvaten fossiilisia polttoaineita kaivoksilla ja valmistavassa teollisuudessa.
- Energiatoteutus paranee valmistavassa teollisuudessa ja palveluissa perusuraa enemmän.



## 2. NOPEUTETTU TEKNOLOGINEN KEHITYS: SÄHKÖNKULUTUS

- Edullinen, toimitusvarma ja vähähiilinen sähkö on päästövähennysten edellytys.
- Sähköntarve kasvaa yli kaksinkertaiseksi verrattuna nykytilaan, ja noin 6 TWh suuremmaksi kuin BAU-kehityksessä vuoteen 2050 mennessä.
- Merkittävä energiatehokkuuskehitys valmistavassa teollisuudessa ja ICT-sektorilla vähentää nousupainetta.



# EDELITYKSET NOPEAN TEKNOLOGISEN KEHITYKSEN -SKENAARIOLLE

- **Nopean teknologisen kehityksen -skenaario** saavuttaa erittäin merkittävät päästövähennykset teknologiateollisuudessa, vaikka jokaisen teknologiateollisuuden toimialoista ennakoitaan kasvavan.
- Teknologiateollisuuden omat suorat päästöt vähenevät skenaariossa eniten ottamalla käyttöön uutta teknologiaa, joka perustuu vähäpäästöisen sähkön käyttämiseen. Vaikka tekniset ratkaisut ovat konsepteina tiedossa, joitain niistä ei ole tehty vielä missään maailmassa.
- Vaikka yksittäisilläänkin investoinneilla on kokonaisuuden kannalta suuri merkitys, skenaariossa kaikki teknologiateollisuuden toimijat toteuttavat päästövähennystoimia. Yritykset on siis saatava laajalla rintamalla mukaan, jotta skenaario voi toteutua.
- Merkittävimpiä yksittäisiä edellytyksiä skenaarion toteutumiseksi ovat:
  - Investointi- ja liiketoimintaympäristön suotuisa kehitys
  - Sähkön saatavuus, hinta ja vähäpäästöisyys
  - Siirtoverkon kehittäminen ja muut infrastruktuuripanostukset
  - Panostukset tutkimus-, kehitys-, pilotointi ja demonstroitihankkeisiin
  - Avainteknologioiden nopea kypsyminen ja onnistuva kaupallistaminen
- **Kunnianhimoinen Nopean teknologisen kehityksen -skenaario esittää tulevaisuuden, joka ei kuitenkaan toteudu itsestään. Jos edellytykset toteutuvat, voi suomalainen teknologiateollisuus näyttää mallia muulle maailmalle, kuinka teollisuuden syvät päästövähennykset ovat toteutettavissa.**

# SKENAARIOIDEN TULOKSET

## 3. SKENAARIO: PAKOTETUT PÄÄSTÖVÄHENNYKSET



# 3. PAKOTETTU PÄÄSTÖVÄHENNYS –SKENAARION KUVAUS

## 3. Pakotettu päästövähennys–skenaario

- BAU-skenaariossa käytetyt taustaoletukset (tuotantovolyymien kasvu, energiatehokkuuden parantuminen sekä energiasektorin vähäpäästöistyminen) muodostavat lähtötason myös tälle päästövähennysskenaariolle.
- Tässä skenaariossa teknologiateollisuuden yritykset tekevät päästövähennyksiä kaikilla toimialoilla.
- Lisäksi tässä skenaariossa kuvataan kehitystä ja investointeja, joiden ei odoteta tapahtuvan markkinaehtoisesti vaan voimakkaan regulaation myötä. Verrattuna Nopean teknologisen kehityksen –skenaarioon, näitä ovat muun muassa:
  - rajalliset panostukset hiilidioksidin talteenottoon metallinjalostuksessa.
    - CCS/CCU –teknologioiden vaikutuksen ei arvioida olevan merkittäviä teknologian käytön teknisistä ja taloudellisista rajoituksista johtuen.
  - lisäisten hiilineutraalien energianlähteiden käyttö metallinjalostuksessa sekä
  - noin kymmenen vuotta aiemmin suoritettu siirtymä korvaaviin vähähiilisiin energianlähteisiin kaivoksissa sekä valmistavassa teollisuudessa
- Skenaariossa joudutaan ottamaan käyttöön kypsymättömiä teknologioita, mikä todennäköisesti lisää kustannuksia, heikentää kilpailukykyä ja kokonaisuutena kasvattaa muutospolkuun liittyviä riskejä.

# PÄÄSTÖVÄHENNYSKEINOT PAKOTETUN PÄÄSTÖVÄHENNYKSEN SKENAARIOSSA

## Kaivokset ja metallinjalostus

### Kaivokset

- Prosessioptimointi, energiatehokkuusparannukset
- Työkoneiden ja laitteiden sähköistäminen

### Metallinjalostus

- Energiatehokkuusparannukset
- Fossiilivapaat metallien valmistusprosessit
  - uudet pelkistimet teräksen valmistuksessa, esimerkkeinä vety ja biohiili
- Maakaasun korvaaminen biokaasulla ja muilla hiilineutraaleilla energialähteillä
- Hiilidioksidin talteenotto (rajoitetusti 2030-luvun lopulta alkaen)

**Tarkempi erittely päästövähennystoimien kohteista ja aikataulusta on liitteessä 2.**

## Valmistava teollisuus

- Polttoainevaihdokset fossiilisesta energiasta (maakaasu ja öljy) biokaasuun ja sähköistämiseen.

Energiankulutuksen vähentäminen esimerkiksi seuraavin toimin:

- Hukkalämmön hyödyntäminen
- Käyttövoimaratkaisut
- Liike-energian talteenotto
- Prosessimuutokset
- Kevyemmät materiaalit
- Prosessioptimointi
- Simulointi.

## Palvelut ja ICT

Energiankulutuksen vähentäminen esimerkiksi seuraavin toimin:

### Palvelut

- kiinteistönhallinta, valaistus, lämmitys, lämmön talteenotto.

### Datakeskukset

- Heterogeenisen serverikaluston tehokas optimointi
- Keskusten mitoittaminen alle piikkikapasiteetin ja tehokas marginaaliratkaisu
- Yhteiset osat: "blade"-serverit vs "rack"-serverit
- 80/20-ongelman ratkaisu

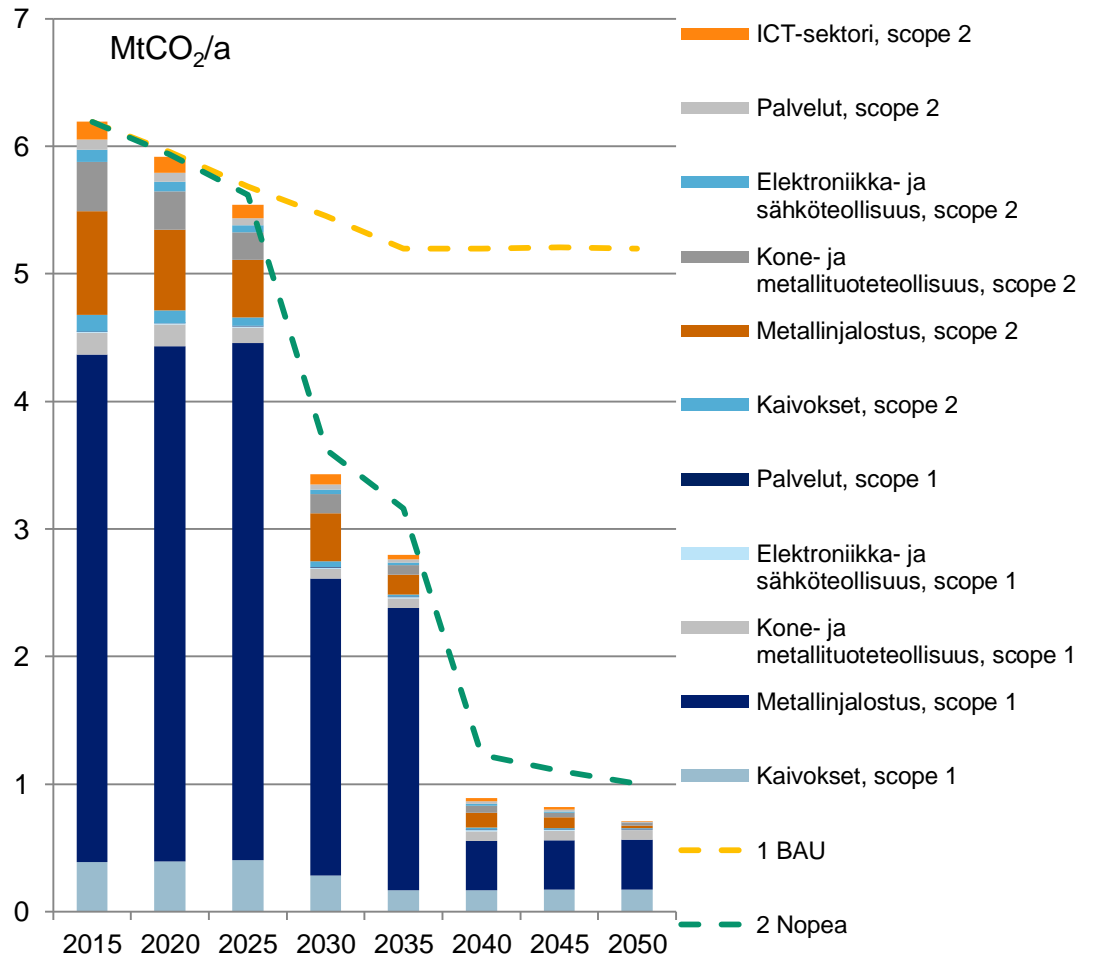
### Telekommunikaatio ja 5G

- Energiatehokas 5G "Massive MIMO"
- Tehokas tapa sovittaa yhteen 5G/4G/3G
- Tarvittavan palvelupeiton saavuttaminen ilman 2-3-kertaista määrää noodeja



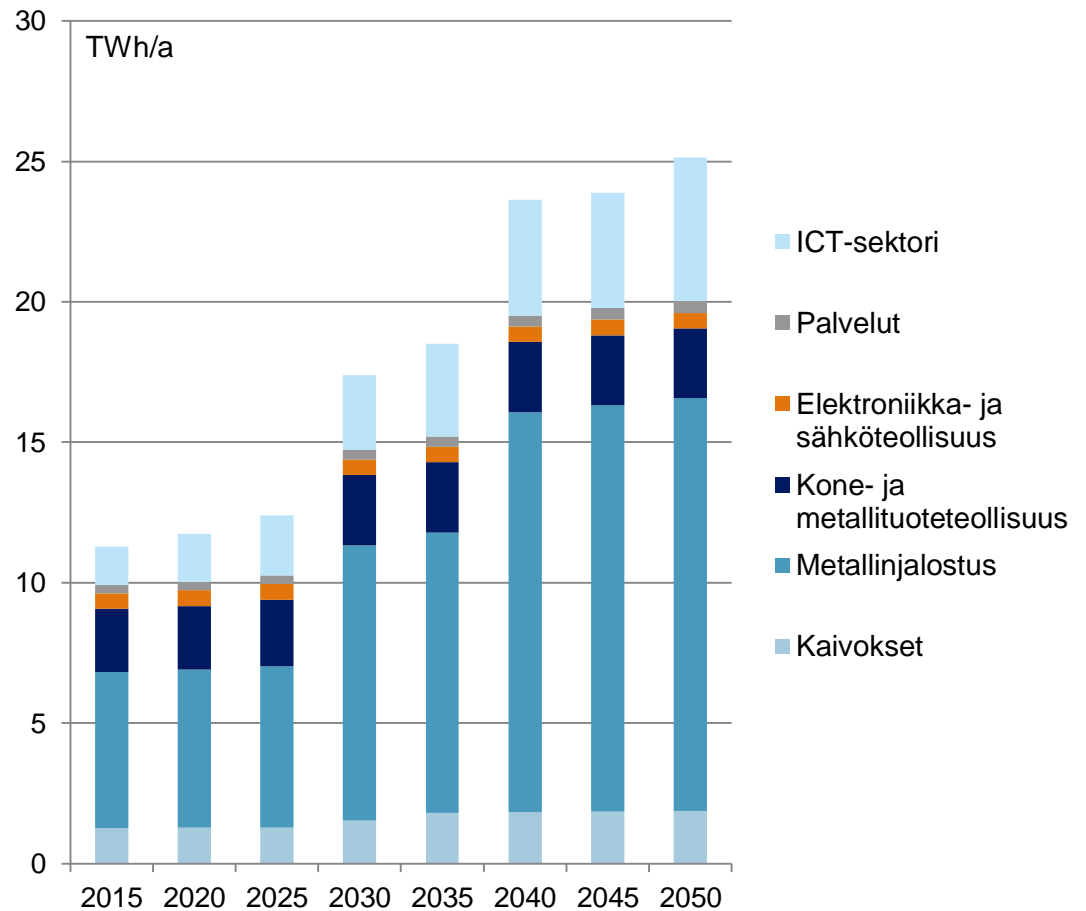
### 3. PAKOTETTU PÄÄSTÖVÄHENNYS: PÄÄSTÖPROJEKTIO

- Teknologiateollisuuden omat suorat päästöt vähentyvät skenaariossa 46 % vuoteen 2035 ja 86 % vuoteen 2050 mennessä verrattuna vuoteen 2015.
- Metallinjalostuksessa vetypelkistys tapahtuu samassa aikataulussa kuin Skenaariossa 2.
  - Sähköistämisen sijaan metallinjalostuksessa panostetaan biokaasun ja CCS/CCU:n käyttöön, luokkaa 0,1-0,2 MtCO<sub>2</sub>e/a. Ensisijaisesti pyritään kuitenkin vähentämään prosessipäästöjä.
- Valmistavassa teollisuudessa ja kaivoksilla polttoainemuutokset toteutetaan kymmenen vuotta aiemmin kuin Skenaariossa 2.
- Lisätoimista huolimatta päästöt vähenevät vain rajallisesti enemmän kuin Skenaariossa 2.



### 3. PAKOTETTU PÄÄSTÖVÄHENNYS: SÄHKÖNKULUTUS

- Edullinen, toimitusvarma ja vähähiilinen sähkö on päästövähennysten edellytys.
- Sähköntarve kasvaa hieman enemmän kuin Skenaariossa 2, mikä johtuu pääasiassa hitaammasta ICT-sektorin kehityksestä.



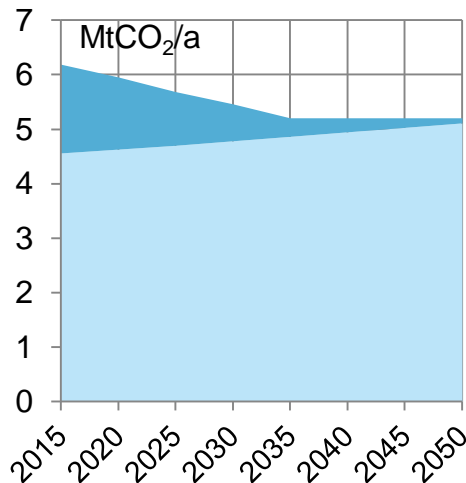
# SKENAARIOIDEN VERTAILUA JA HUOMIOITA



# TEKNOLOGIATEOLLISUUDEN KASVIHUONEKAASUPÄÄSTÖJEN KEHITYS

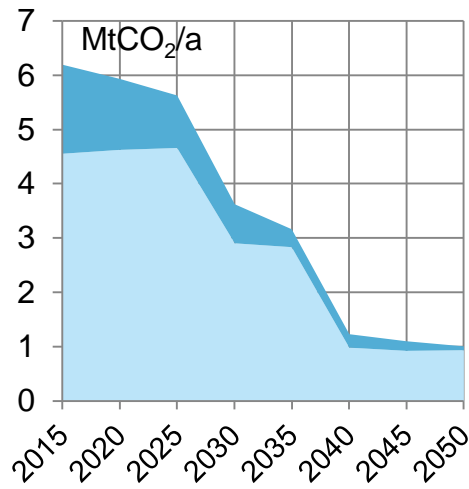
## 1 BAU

- Ilman merkittäviä päästövähennystoimia alan kokonaispäästöt (scope 1 ja 2) vähenevät rajallisesti energiamarkkinan muutosten ja energiatehokkuuden parantumisen myötä. Kuitenkin kasvava tuotantoaktiiviteetti kasvattaa omia suorita päästöjä verrattuna nykytasoon.



## 2 Nopeutettu kehitys

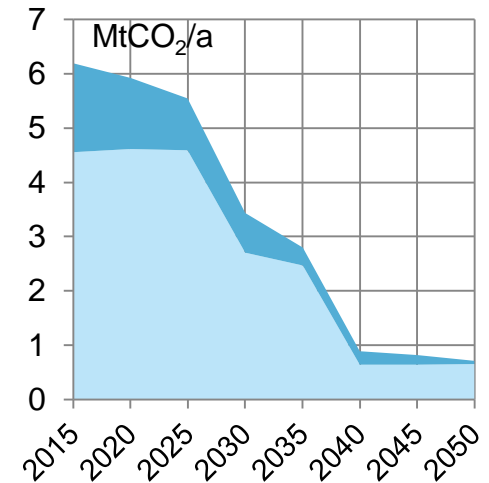
- Toimialan yritysten arvioiden mukaisesti nopeasti etenevällä teknisellä kehityksellä sekä suotuisalla liiketoimintaympäristöllä saavutetaan merkittävät päästövähennykset seuraavien kahden vuosikymmenen aikana.



■ Scope 1 ■ Scope 2

## 3 Pakotettu skenaario

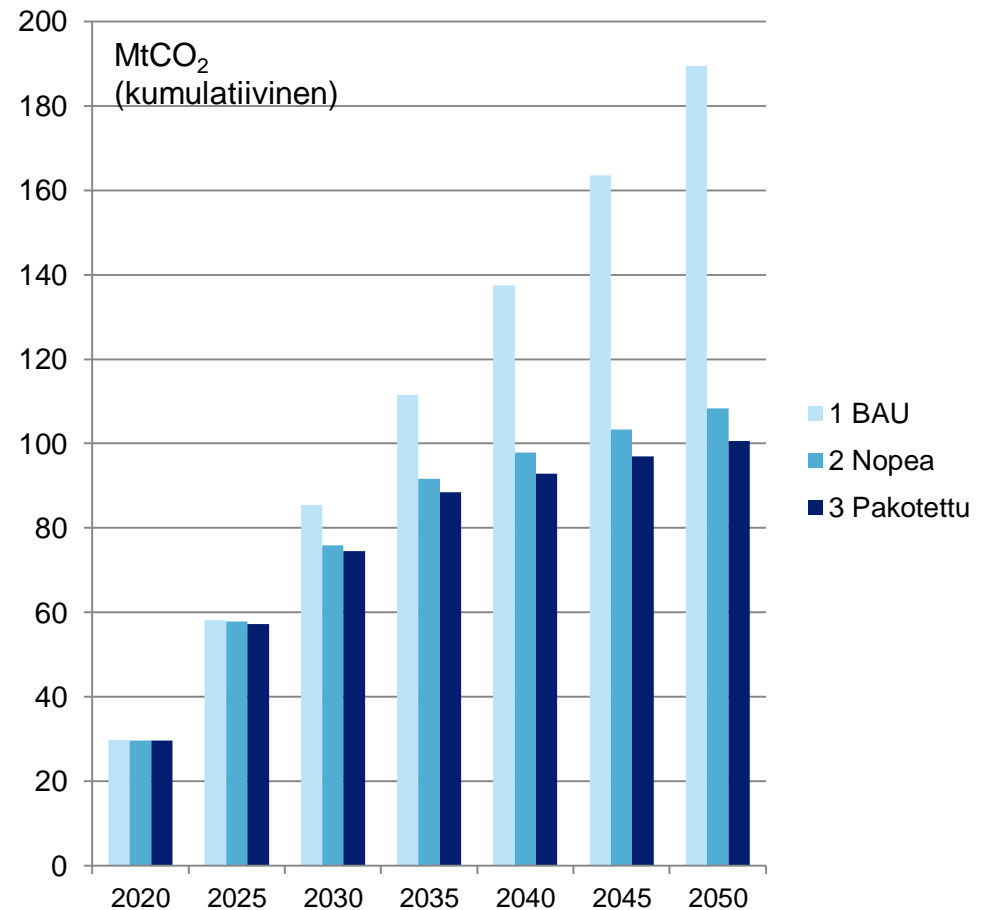
- Merkittävimpien päästövähennysten ennakoitaan tapahtuvan samassa aikataulussa. Regulaatiopaineella ja kalliilla lisäinvestoinneilla esim. CCS/CCU-käyttöön arvioidaan lopulta saavutettavan rajalliset lisäpäästövähennykset. Jäljellejäävien päästöjen vähentäminen on kalliimpaa, eikä täysin nollapäästöiseen teollisuuteen vielä ole teknisiä keinoja kaikilta osin tiedossa.



# KUMULATIIVISET PÄÄSTÖT SKENAARIOITTAIN 2015-2050

## Teknolomiteollisuuden päästövähennyskenaarioissa tapahtuva kasvihuonekaasupäästöjen romahtaminen 2030-luvulla tasaa kumulatiivisten päästöjen nousun

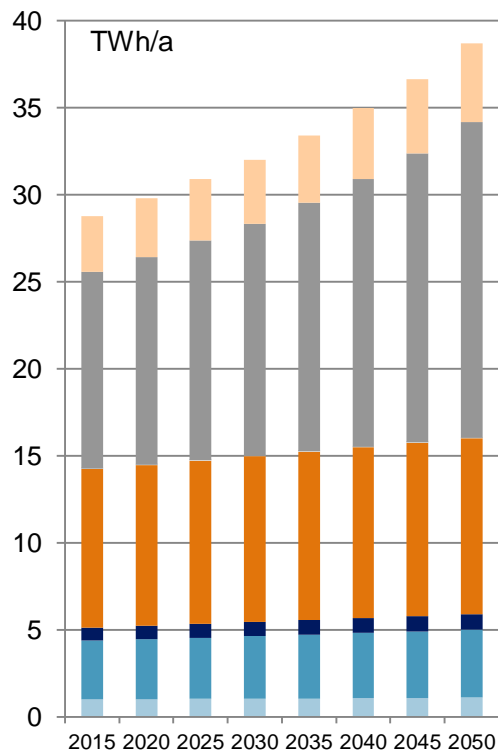
- Kumulatiiviset päästöt kuvaavat sitä kasvihuonekaasupäästöjen määrää, joka kokonaisuudessaan syntyy tietyllä aikavälillä. Kumulatiiviset päästöt kuvaavat siten aikavälin kokonaisvaikutusta (vrt. hiilibudjetti). Aiemmin tapahtuvat vähennykset ehtivät vuosien aikana summautua merkittävästi.
- Tässä esitetty tarkastelu aloitetaan vuodesta 2015, josta lähtien syntyviä päästöjä lasketaan yhteen.
- Havaitaan, että merkittävät päästövähennykset 2030-luvun aikana synnyttävät merkittävän eron (75-88 %) BAU- ja päästövähennyskenaarioiden välille.
- Ero Nopean ja Pakotetun skenaarion välillä on suhteellisen pieni (alle 10 %) koko tarkastelujaksolla. Vaikuttavampaa on siis panostaa nyt siihen, että merkittävien päästövähennysten toteutuminen mahdollistetaan aikataulussa (jopa etuajassa) kuin liiaksi painottaa 2040-luvun arvioitujen jäljelle jäävien päästöjen absoluuttista tasoa.



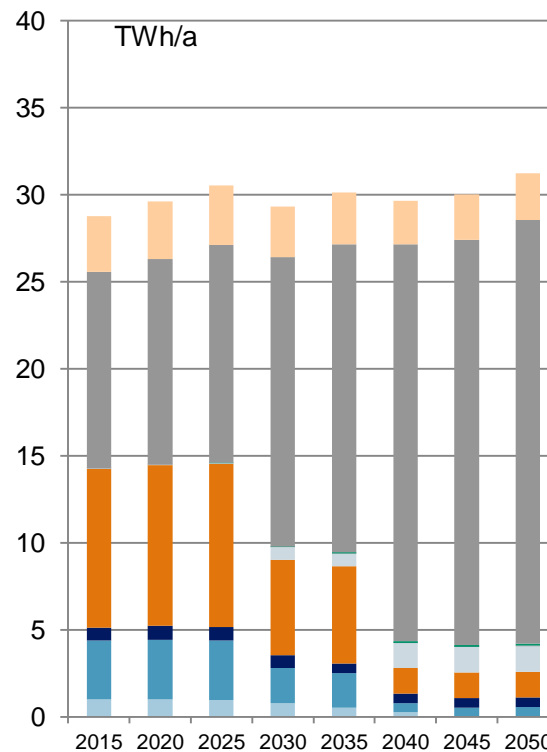
# ENERGIANLÄHTEET ERI SKENAARIOISSA

Sähköistyminen ja sekä merkittävä energiatehokkuuden parantuminen aiheuttavat erot BAU- ja päästövähennysskenaarioiden välillä.

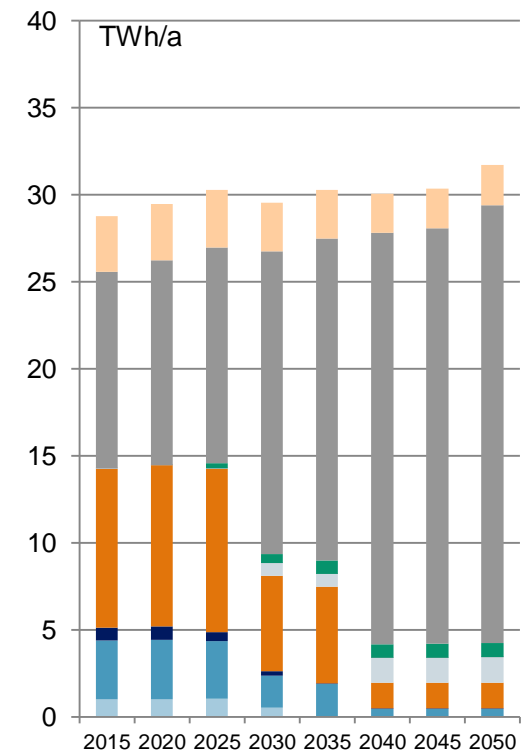
1 BAU



2 Nopeutettu kehitys



3 Pakotettu skenario



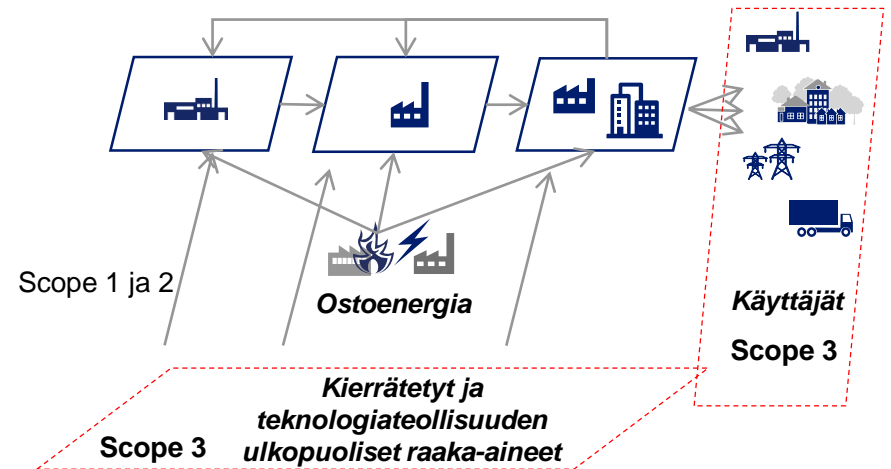
■ Dieselöljy 
 ■ Raskas polttoöljy 
 ■ Maakaasu 
 ■ Kivihiili 
 ■ Puupolttoaineet 
 ■ Turve 
 ■ Biokaasu 
 ■ Ostosähkö 
 ■ Ostolämpö

# KEINOT VÄHENTÄÄ EPÄSUORIA (SCOPE 3)

## KASVIHUONEKAASUPÄÄSTÖJÄ

Epäsuorat päästöt kattavat arvoketjun ja ulottuvat vaikutuksensa Suomen rajojen ulkopuolelle

- Päästövähennysskenaarioissa tarkasteltujen päästövähennysten (scope 1 ja 2) lisäksi teknologiateollisuuden yritykset pyrkivät jo nykyisin vähentämään myös epäsuoria (scope 3) kasvihuonekaasupäästöjään
- Merkittäviä epäsuorien päästövähennysten lähteitä ovat:
  - **Kierrätysmateriaalin lisääntyvä käyttö**, esim. kasvava kierrätysteräksen osuus, joka vähentää päästöjä sekä energiatehokkaamman prosessin että seosaineiden kautta, esimerkiksi kromin ja nikkelin osalta.
  - **Sivuvirtojen kasvava hyödyntäminen**, esim. lisääntyvä kuonan hyödyntäminen
  - **Puhtaampi logistiikka**, esim. rataosuuksien sähköistäminen ja kuljetustapamuutokset
  - **Elinkaaren huomiointi tuote-designissa**, esim. tuotteen suunnittelu kierrätettäväksi ja uusiokäyttö
  - **Vähähiilisten raaka-aineiden käyttö**, esim. *sustainable sourcing*

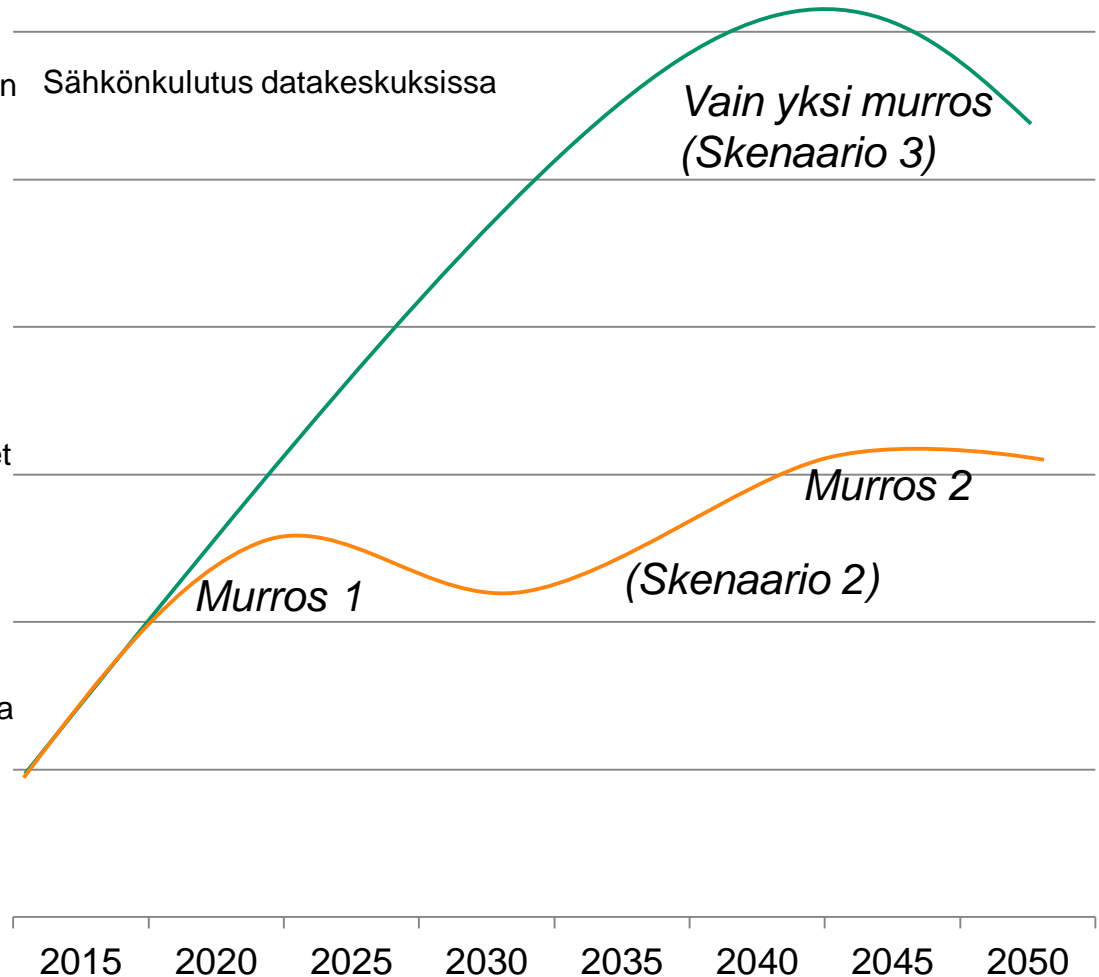


- **Liikematkustuksen vähentäminen**, esim. uudet työskentelytavat, etätö
- **Hukkalämpöjen hyödyntäminen**, esim. datakeskusten hukkalämpö kaukolämmöksi
- Lisäksi teknologiateollisuuden yritykset vähentävät globaaleja kasvihuonekaasupäästöjä erityisesti tuotteiden ja ratkaisujensa kautta. Tätä vaikutusta tarkastellaan jäljempänä kädenjälkiosiossa.

# DISRUPTIOIDEN MAHDOLLISIA VAIKUTUKSIA DATAKESKUKSIIN

## Kuinka monta murrosta tapahtuu ICT-sektorilla 30 vuodessa?

- Tällä hetkellä vaikuttaa siltä, että ICT-sektorin datamäärät ja energiankulutus on kovassa nousussa.
  - Vuoteen 2050 mennessä ehtii tapahtua useampi murros, joka voi pysäyttää sähkön kulutuksen kasvun – ainakin hetkellisesti.
  - Murrokset on skenaarioissa nyt kvantifioitu ominaisenergiankulutuksen paranemiseksi - 30 % ja -20 %.
  - Murroksen voivat aiheuttaa esimerkiksi uudet paradigmat tekoälyalgoritmeissa.
1. BAU-skenaariossa ei disruptiota
  2. Nopeutettu teknologinen kehitys – skenaariossa kaksi disruptiota, kun panostetaan järkevästi ICT-sektoriin
  3. Pakotetussa päästövähennysskenaariossa yksi disruptio 2040-luvulla, kun T&K-rahoituksen kohdentaminen ontuu (+ geopolitiikka)

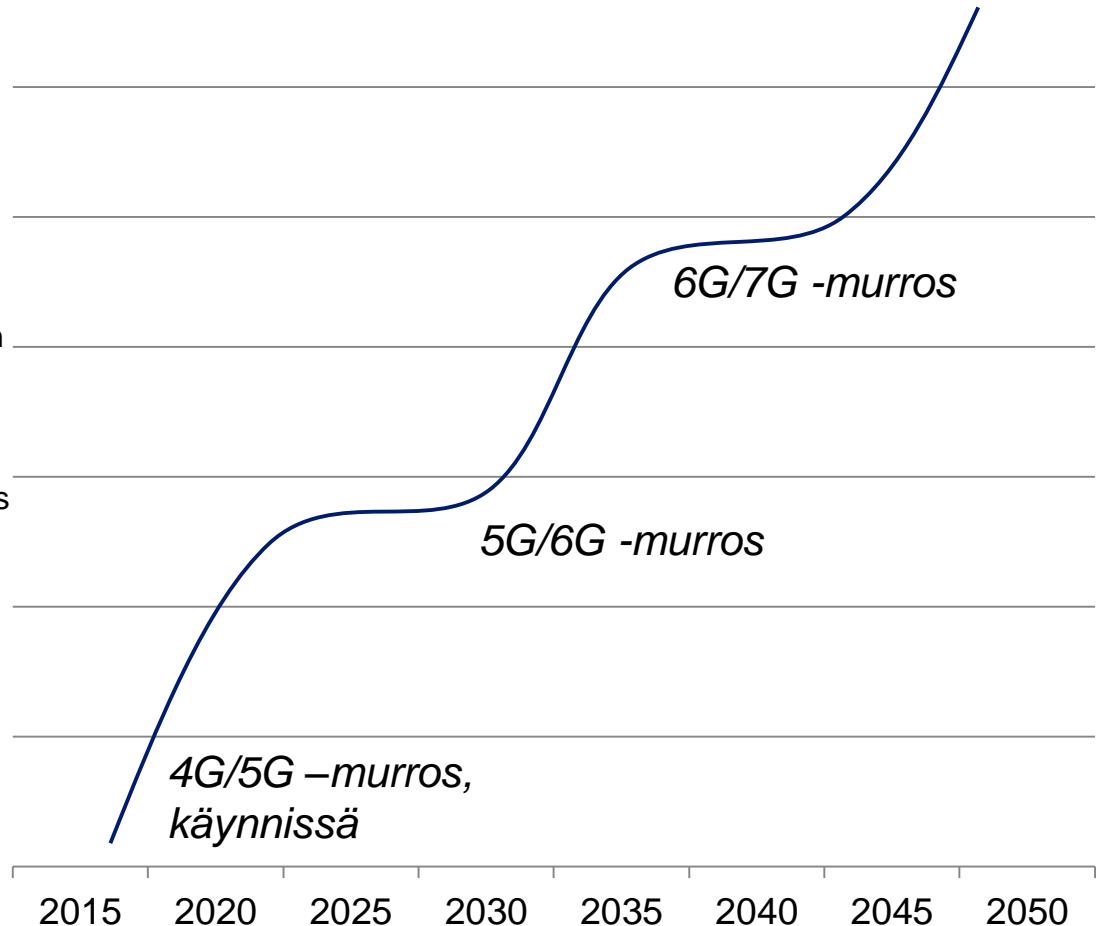




# DISRUPTIOIDEN MAHDOLLISIA VAIKUTUKSIA TIETOLIIKENTEeseen

## Kuinka monta murrosta tapahtuu ICT-sektorilla 30 vuodessa?

- Historiallisesti 3G ja 4G ovat yleistyneet 2000-luvulla
- Tietoliikenteen ja datakeskusten arvioidaan yhteensä kuluttavan noin 1-2 % globaalista sähkönkulutuksesta. Viime aikaisissa julkaisuissa on arvioitu globaalisti datakeskusten kuluttavan nelinkertaisesti niin paljon sähköä kuin globaali tietoliikenne kuluttaa.\*
- Vastaavasti tässä työssä on arvioitu tietoliikenteen sähkönkulutuksen olevan myös jatkossa noin neljäsosa datakeskusten sähkönkulutuksesta johtuen muun muassa IoT:n vauhdittamasta dataliikenteen eksponentiaalisesta kasvusta.
- Kasvava sähkön käyttö vaikuttaa olevan keskeinen päästövähennysten edellytys eri toimialoilla, minkä vuoksi sen kulutuksen voimakas kasvu ICT-sektorilla on tässä työssä huomioitu.



\*Tietoliikenteen vaikutus globaalille sähkönkulutukselle arvioidaan olleen 50 TWh/a (mobiiliiliikenne) vuonna 2015<sup>1</sup>. Datakeskusten globaali sähkönkulutus oli vuonna 2018 noin 200 TWh.<sup>2</sup>

Lähteet: 1. Huawei, 2. Masanet et al. (2020): *Recalibrating global data center energy-use estimates*, Science

# KÄDENJÄLKI



# KÄRSIMÄTTÖMILLE: ALUSTAVA VALIKOIMA



# TEKNOLOGIAT, NIIDEN VAIKUTUS JA KESKINÄISET SUHTEET

Nykyiset, kehitteillä olevat ja ”aukot” teknologiaverkostossa

**1 Pitkä lista klustereista:** teknologiavalikoima jota analysoida

**2 Teknologioiden vaikuttavuus ja kädenjälki esimerkkiteknologialle:** teknologiavalikoiman verkoston muodostaminen, jotta voidaan analysoida tietyn teknologian rooli mahdollistamassa muita teknologioita TKI:ssa, sekä esimerkit, joiden kädenjälki analysoida markkinoilla

**3 Kädenjälki vuorovaikutuksineen:** mihin voitaisiin päästä pelkästään esimerkkiteknologioiden onnistuessa, ja missä verkoston vaikutusvaltaisimmat teknologiat

# KÄDENJÄLKIRATKAISUJEN PÄÄSTÖVÄHENNYPOTENTIAALI YLITTÄÄ MONINKERTAISESTI TEOLLISUUDEN PÄÄSTÖT

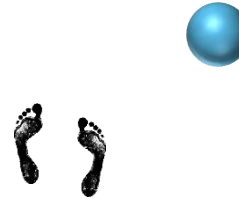
Tarkasteluotokseen poimittujen nykyisten vientituotteiden kädenjäljen arvioidaan vastaavan nelinkertaisesti teknologiateollisuuden CO<sub>2</sub>-päästöjä Suomessa

## Tulos

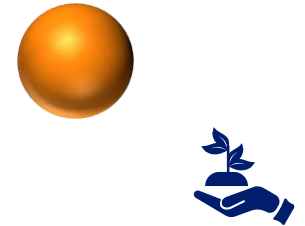
- Valittujen avainteknologioiden ja –tuotteiden kädenjälki jakaantuu nykyisiin tuotteisiin ja kehitteillä oleviin ratkaisuihin.
- Tarkasteltavaan otokseen poimittujen **nykyisten vientituotteiden** kädenjälkivaikutukseksi arvioidaan noin 20 MtCO<sub>2</sub>e/a.
- Tarkasteltujen **kehitteillä olevien teknologioiden** kädenjälkivaikutuksen arvioidaan olevan yli 50 MtCO<sub>2</sub>e/a
- *Tarkastelu edustaa vain pientä osaa teknologiateollisuuden tuhansista tuotteista, ja todellisuudessa vaikutus lienee merkittävästi suurempi. Huomioitava on, että jokaiseen laskelmaan liittyy lukuisia epävarmuuksia ja oletuksia mm. markkinaosuudesta, vertailuratkaisusta ja tuotteen päästövähennysvaikutuksesta.*
- Kuitenkin, tarkastelu osoittaa sen suuren potentiaalin, joka Suomella on jo nyt ja voi tulevaisuudessa olla, jos rohkeiden tutkimus- ja kehityspanostusten hedelmät saadaan vietyä maailmalle.

## Suuruusluokkavertailu

Teknologiateollisuuden omat CO<sub>2</sub>-päästöt Suomessa (scope 1 ja 2), noin 6 MtCO<sub>2</sub>e/a



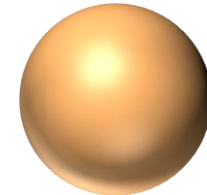
Tarkasteltujen nykyisten vientituotteiden arvioitu globaali kädenjälkivaikutus, noin 20 MtCO<sub>2</sub>e/a



Koko Suomen kansalliset kasvihuonekaasupäästöt, noin 55 MtCO<sub>2</sub>e/a (2017)



Tarkasteltujen kehitystuotteiden potentiaalinen, arvioitu globaali kädenjälkivaikutus, yli 50 MtCO<sub>2</sub>e/a



# KÄDENJÄLKI VERKOSTONA

## Miten suuri potentiaali TKI-verkostossa kytkeytyy yhteen

- Verkosto paljastaa, kuinka kaikki avainteknologiat ovat merkittäviä toistensa kannalta.
- Vaikutuksiltaan merkittävät ratkaisut tarjoavat hyvän mahdollisuuden suunnata myös kestäväen elvytyksen toimenpiteitä.

Rooli teknologia-verkostossa	Esimerkkejä avainteknologioista	Nykyisten tuotteiden kädenjälki esimerkin laskennalla, MtCO <sub>2</sub> /a	Kädenjälki-potentiaali nousussa oleville teknologioille, MtCO <sub>2</sub> /a
Keskeinen: vaikutusvalta, mahdollistaja	-Prosessiteknologiat -Laitos- ja prosessisuunnittelu -IoT valmistavassa teollisuudessa -Erikoisrobotiikka	5	13
Keskitason vaikuttaja	-Satamatoimintojen optimointi -Bioenergiateknologia -Valaistus -Hissit ja liukuportaat -Nosto- ja siirtolaitteet	5	3
Erikoistunut mutta enemmän erillään	-Laivojen energiatehokkuusratkaisut -Hiilineutraaleja energianlähteitä käyttävät moottorit meriliikenteessä -Ruostumaton teräs -CO2 neutraali teräs -Taajuusmuuttajat -Synteettisten polttoaineiden valmistusteknologia -Älykäs sähköautojen latausinfra	10	39

Luvut kuvastavat avainteknologioiden arvioitua globaalia kädenjälkivaikutusta (MtCO<sub>2</sub>/a) kussakin kategoriassa. Huom. Arviot ovat vain suuntaa-antavia, eivätkä kata kuin raportissa esitellyt esimerkit.

# JOHDANTO KÄDENJÄLKEEN JA SEN MERKITYS TEKNOLOGIATEOLLISUUDELLE



# KÄDENJÄLJEN TARKASTELU TÄSSÄ TYÖSSÄ

## Osana teknologiateollisuuden tiekarttaa

- **POHJAUTUEN JA TÄYDENTÄEN SKENAARIOITA:** Osana teknologiateollisuuden vähähiilitiekarttaa on yllä esitetty skenaarioita, joilla teknologiateollisuus vähentää omia kasvihuonekaasupäästöjään vuosina 2015-2050.
- **GLOBAALI VAIKUTUS:** Valtaosan teknologiateollisuuden yrityksistä tuotannon omat kasvihuonekaasupäästöt ovat hyvin rajallisia kansalliseen kokonaisuuteen nähden. Erityisesti näiden yritysten liiketoiminnassa ilmastonmuutokseen liittyvien toimien vaikutus näkyy niiden positiivisena kädenjälkenä.

## Tarkastelutapa

- **”KULTAINEN KYMPPI”:** **KYMMENEN TEKNOLOGIAKLUSTERIA:** Teknologiateollisuuden monipuolisesta toimintakentästä tunnistettiin yhteensä kymmenen teknologiaklusteria, joiden kautta kädenjälkeä tarkasteltiin.
- **GLOBAALI MARKKINA JA VAIKUTTAVUUS:** Tarkastelu oli globaali, markkina- ja vaikuttavuuslähtöinen: työssä arvioitiin keskeiset kohdemarkkinat sekä toimialat, joilla kasvihuonekaasupäästöjä globaalisti syntyy.
- **NYKYISIÄ, KEHITTYVIÄ JA ”AUKKOJA”:** Jokaiselle klusterille tunnistettiin nykyisiä vientituotteita sekä kehityksessä olevia tuotteita. Lisäksi identifioitiin markkinoilla olevia aukkoja: puuttuvia ratkaisuita, joiden globaali vipuvaikutus olisi erittäin suuri.
- **AVAINTUOTTEET JA –TEKNOLOGIAT:** Klusterien nykyistä ja potentiaalista kädenjälkeä havainnollistettiin avaintuotteiden ja esimerkkien kautta. Eksaktit päästövähennysarviot on ymmärrettävä suuntaa-antavina.
- **KESKINÄISET RIIPPUVUUDET JA TKI:** Teknologiaverkostolla analysoitiin avainteknologioiden keskinäisiä riippuvuuksia TKI-panosten kohdentamista varten.



# MIKÄ ON KÄDENJÄLKI?

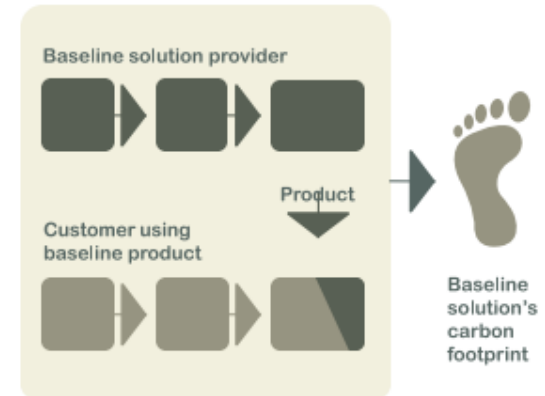
## Vielä vakiintumaton tapa osoittaa myönteisiä ilmastovaikutuksia

### Määritelmä

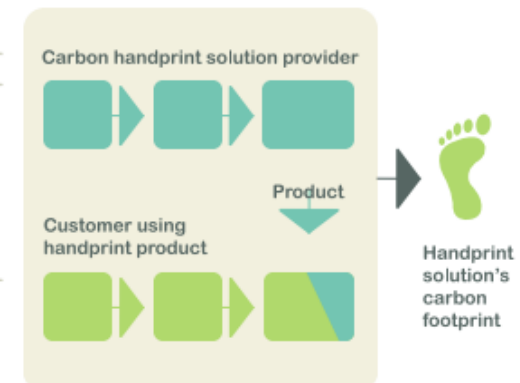
- *Hiilijalanjälki* koskee tuotteen elinkaaren kasvihuonekaasupäästöjä, kun taas *hiilikädenjäljellä* viitataan tuotteen tai palvelun positiiviseen vaikutukseen ilmastomuutoksen torjunnassa.
- Jäljempänä *kädenjäljellä* viitataan tuotteen tai palvelun ilmastovaikutukseen hiilidioksidiekvivalenteina (tCO<sub>2</sub>e).

### Periaatteet

- Omien päästöjen vähentäminen ei sinänsä vaikuta hiilikädenjälkeen. *Hiilikädenjäljellä viitataan toisen toimijan päästöjen vähentämiseen.*
- Hiilikädenjälkilaskennan *periaatteet eivät ole täysin vakiintuneita, ja toimijat raportoivat kädenjälkivaikutuksiaan erilaisin perustein.*
- Pääpiirteissään kädenjälkivaikutuksen voi saada aikaan kahdella tavalla:
  1. **Vältetään olemassaoleva jalanjälki paremmalla ratkaisulla samaan asiaan**  
*Tuotetta tai palvelua käyttämällä vältetään jalanjälki, joka muuten tapahtuisi*
  2. **Luodaan uusi tapa tuottaa myönteinen vaikutus**  
*Tuote tai palvelu tuottaa positiivisen vaikutuksen, jota ei muuten tapahtuisi*



### Kädenjälki on kahden jalanjäljen erotus



Lähteet: Norris (2015), VTT, LUT: Carbon Handprint Guide (2018)

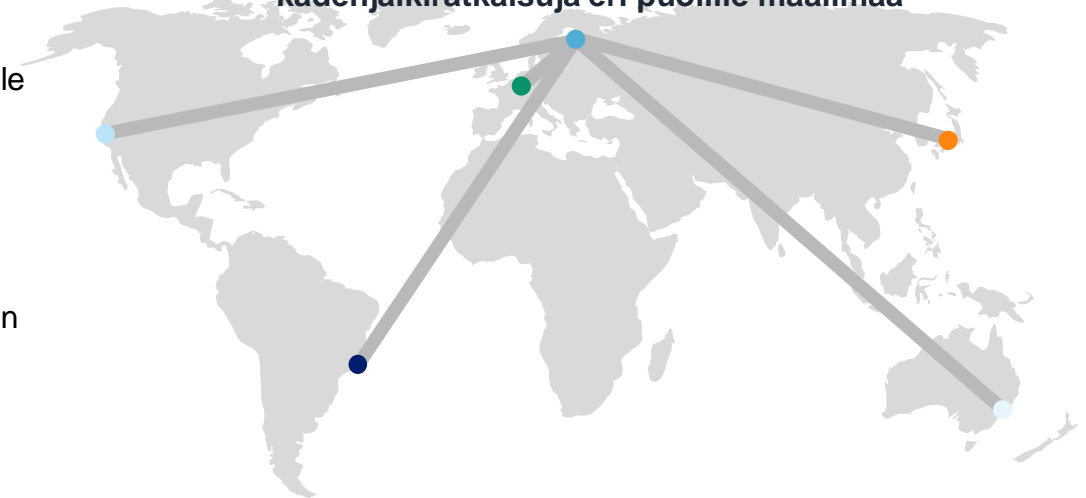
# MITÄ KÄDENJÄLKI TARKOITTA TEKNOLOGIATEOLLISUUDELLE?

## Globaali teollisuus, globaali kädenjälki

### Kädenjäljen merkitys

- Kädenjälki tarkoittaa teknologiateollisuudelle mahdollisuutta *moninkertaistaa vaikutuksensa verrattuna siihen, että keskityttäisiin vain vähentämään kasvihuonekaasupäästöjä Suomessa.*
- Suomalaisen teknologiateollisuuden markkinaympäristö on *globaali*, samoin kuin ilmastonmuutos ongelmana.
- Suomalaiset yritykset ovat monella alalla teknologisen kehityksen eturintamassa. Suomi tarjoaa monia vahvuuksia toimia *pilotointi- ja demonstraatioympäristönä* uusien ratkaisuiden kehityksessä.
- Kehitettyjen innovaatioiden todellinen *päästövähennyspotentiaali realisoidaan vain skaalaamalla ja viemällä ratkaisut maailmalle.*
- Kädenjälkiratkaisujen *markkina* tarjoaa myös merkittäviä vientimahdollisuuksia Suomelle.
- Tulevaisuuden ratkaisut (myös kädenjäljen saralla) edellyttävät *panostuksia tutkimukseen, kehitykseen, uusiutumiseen ja osaamiseen – sekä markkinointiin.*

Suomen teknologiateollisuus toimittaa kädenjälkiratkaisuja eri puolille maailmaa

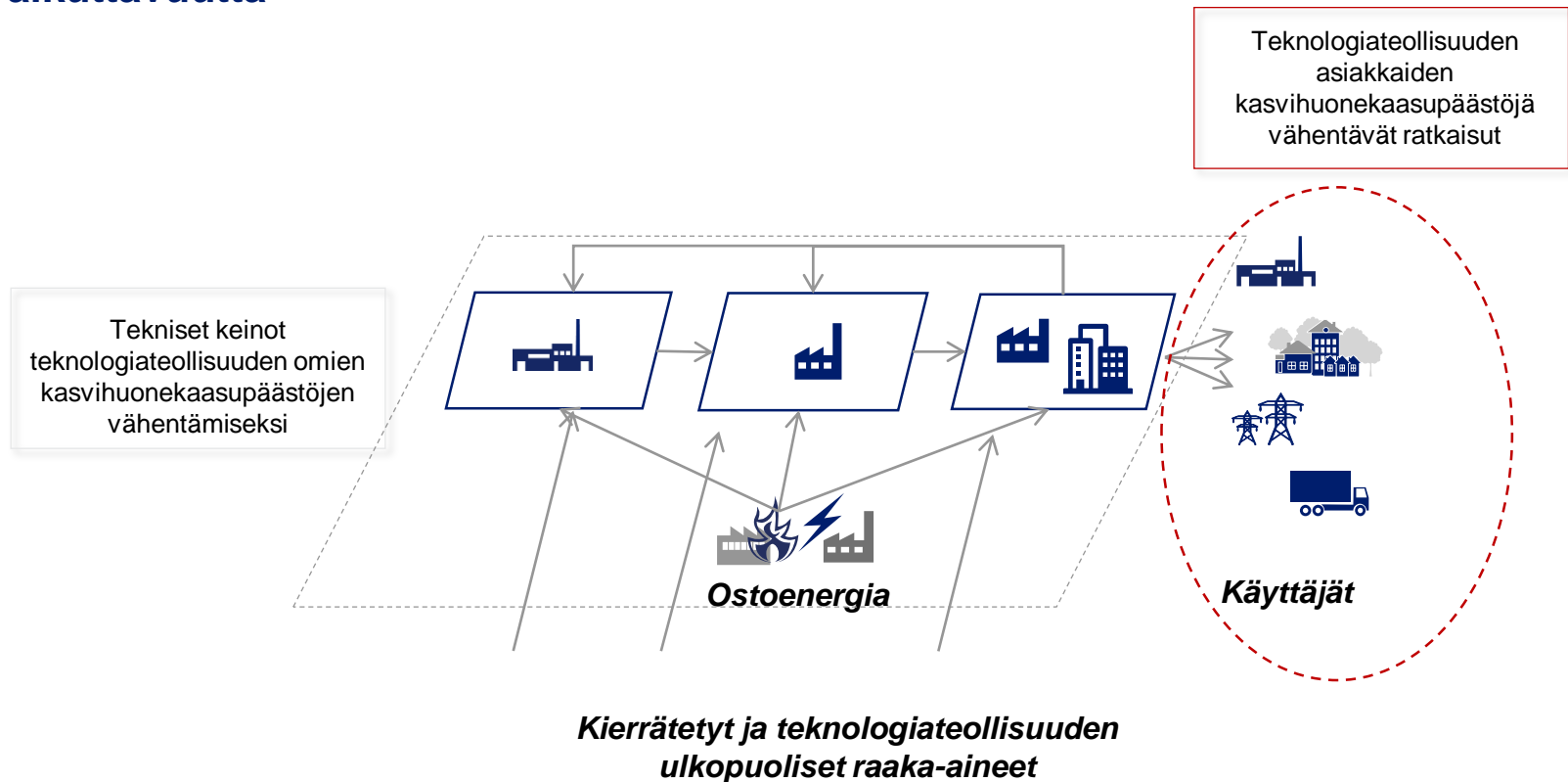


### Kädenjälkivaikutus voi syntyä monella eri tavalla, esim.

- Materiaalien käytön tehostaminen ja uudet materiaalit
- Energiankäytön tehostaminen ja uudet energianlähteet
- Tuotteiden elinkaaren pidentäminen ja palveluistaminen
- Jätteiden käsittely, kierrätys ja uusiokäyttö
- Hiilen talteenotto, sitominen ja kierrätys

# KÄDENJÄLKI ARVOKETJUSSA

Kädenjälkitarkastelussa on tarkoitus tuoda esiin teknologiateollisuuden ratkaisujen vaikuttavuutta



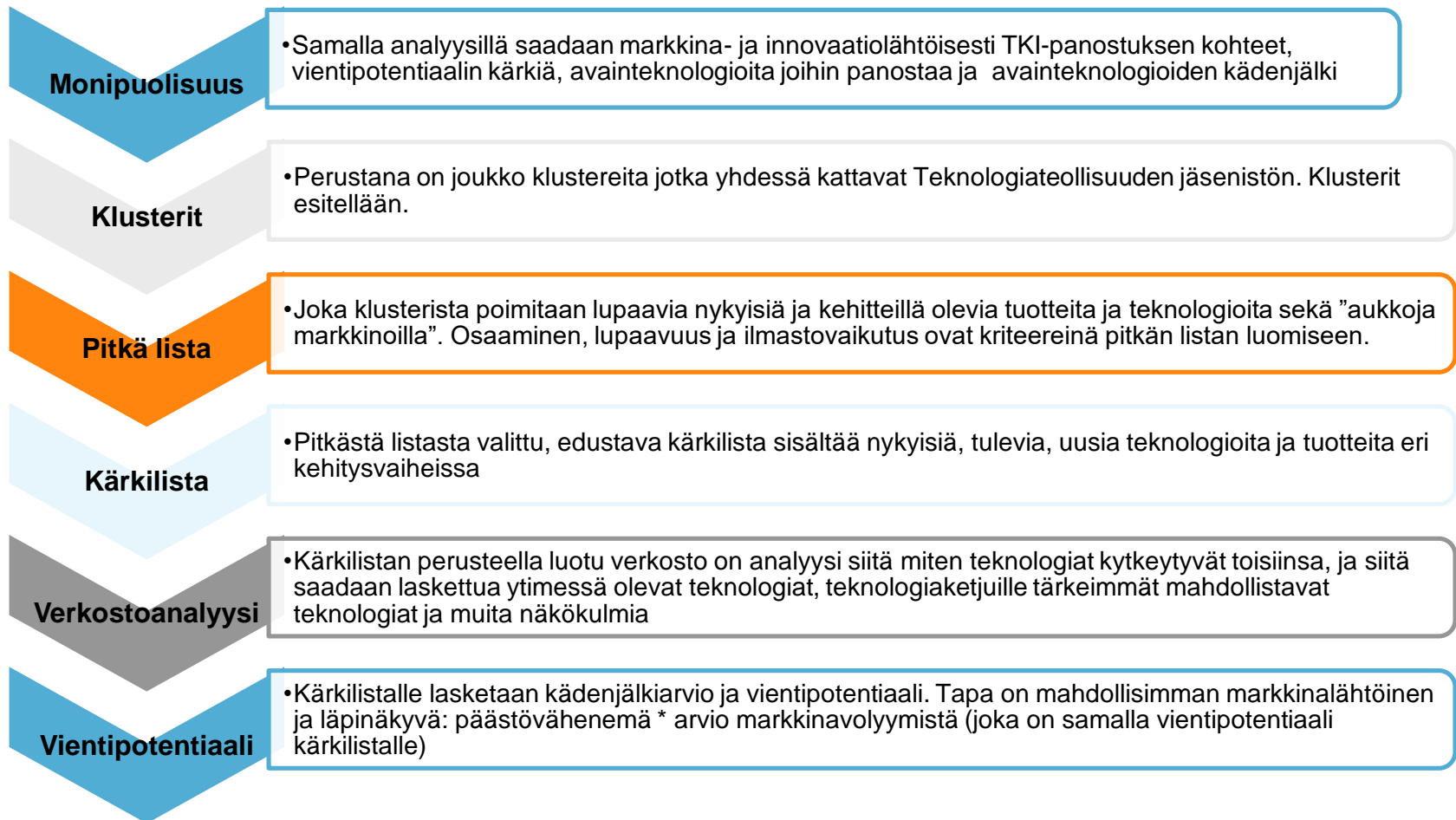
# KÄDENJÄLKI

## TARKASTELUTAPA



# ESITELTÄVÄSTÄ KÄDENJÄLJESTÄ

## Monta ilmastokärpästä yhdellä iskulla – tai suuria kärpäsparvia



# MIKÄ EI OLE JÄRKEVÄÄ?

Teknolohiateollisuus on monimutkainen konstruktio, suurta osaa teknolohioista tai tuotteista ei vielä ole, eivätkä ajassa kaukaiset markkinat koskaan ole kuin valistuneita arvauksia



## MAHDOTON TEHDÄ JÄRKEVÄÄ KOKONAISARVIOTA TUOTTEITTAIN

Teknolohiateollisuudella on kymmeniätuhansia tuotteita (arvio). Koko teollisuuden kattava analyysi on sekä käytännössä mahdoton että sitä enemmän pielessä, mitä enemmän tuotearvauksia



## KEHITTYVÄT MARKKINAT JA KILPAILU MUUTTAVAT TILANNETTA

Voi olettaa kärkituotteille (perusteltua) etua, ja että panostuksella saadaan se säilytettyä

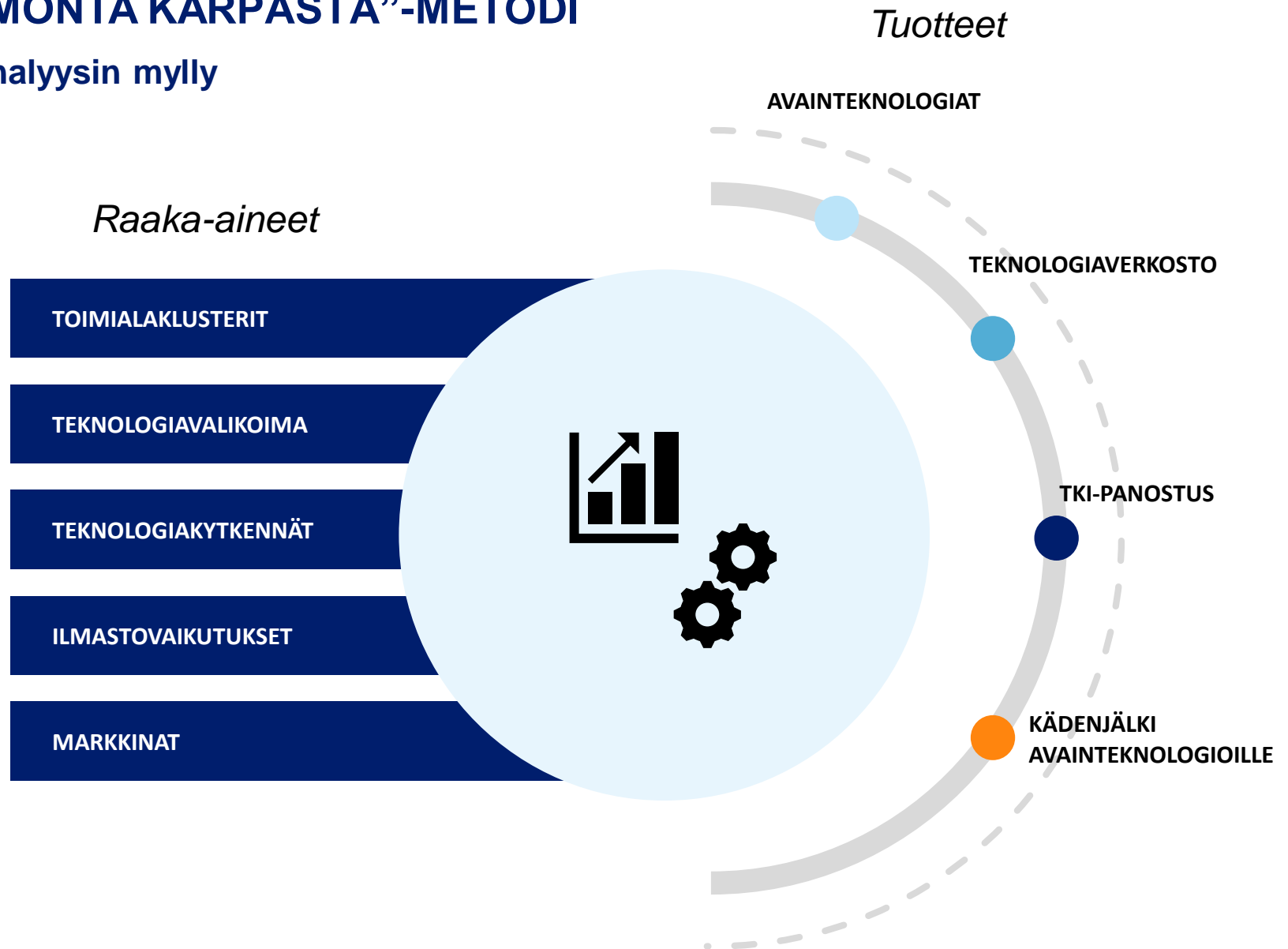


## MARKKINAOSUUDET TUOTTEILLE JOITA EI VIELÄ OLE EIVÄT OLE ERITYISEN TÄSMÄLLISIÄ

Parempi läpinäkyvä, selitetty valistunut arvaus kuin musta laatikko joka on olevinaan kattavampi.

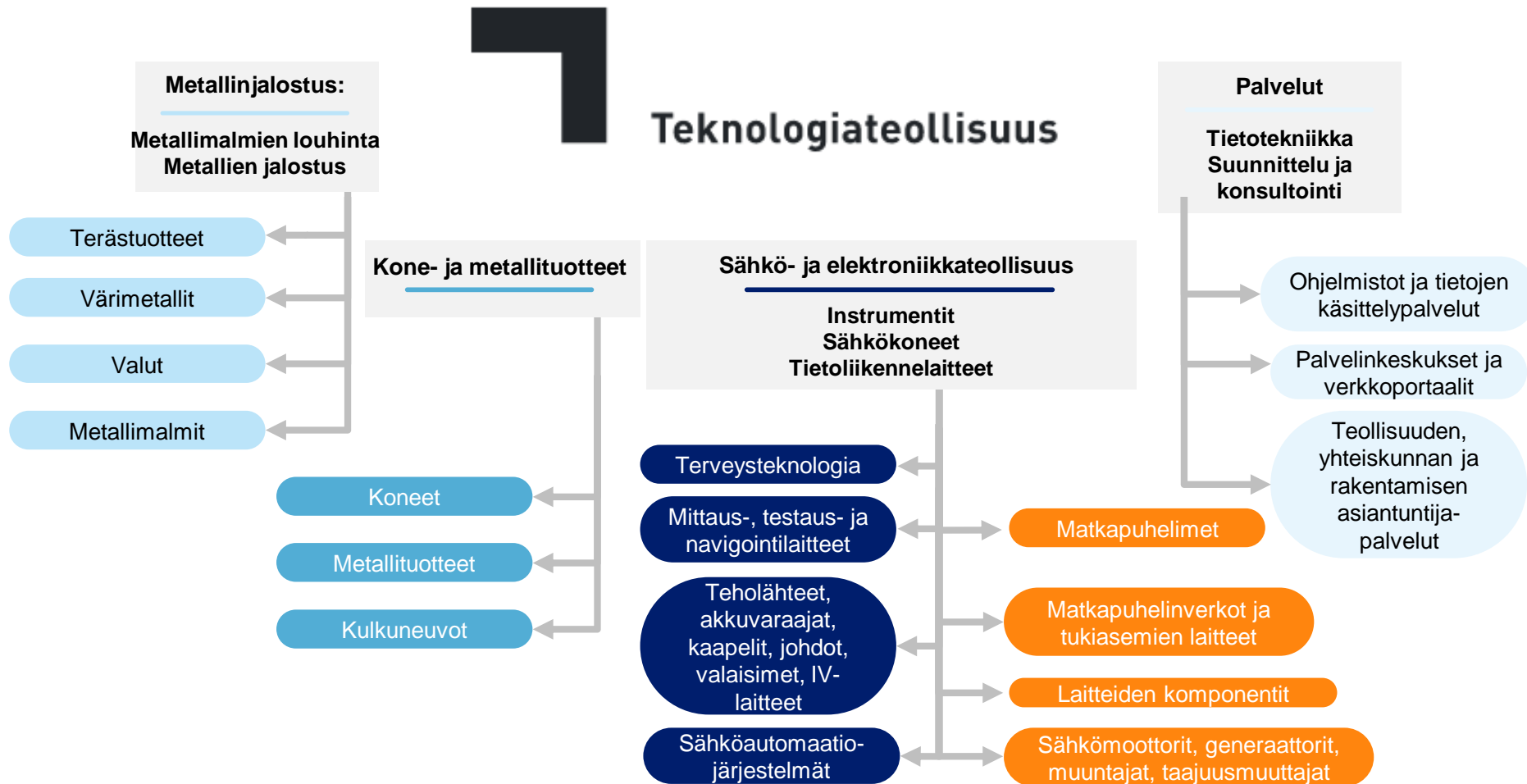
# ”MONTA KÄRPÄSTÄ”-METODI

## Analyysin mylly



# TEKNOLOGIATEOLLISUUDEN TUOTTEIDEN KIRJO TOIMI POHJANA KLUSTERIJAOLLE

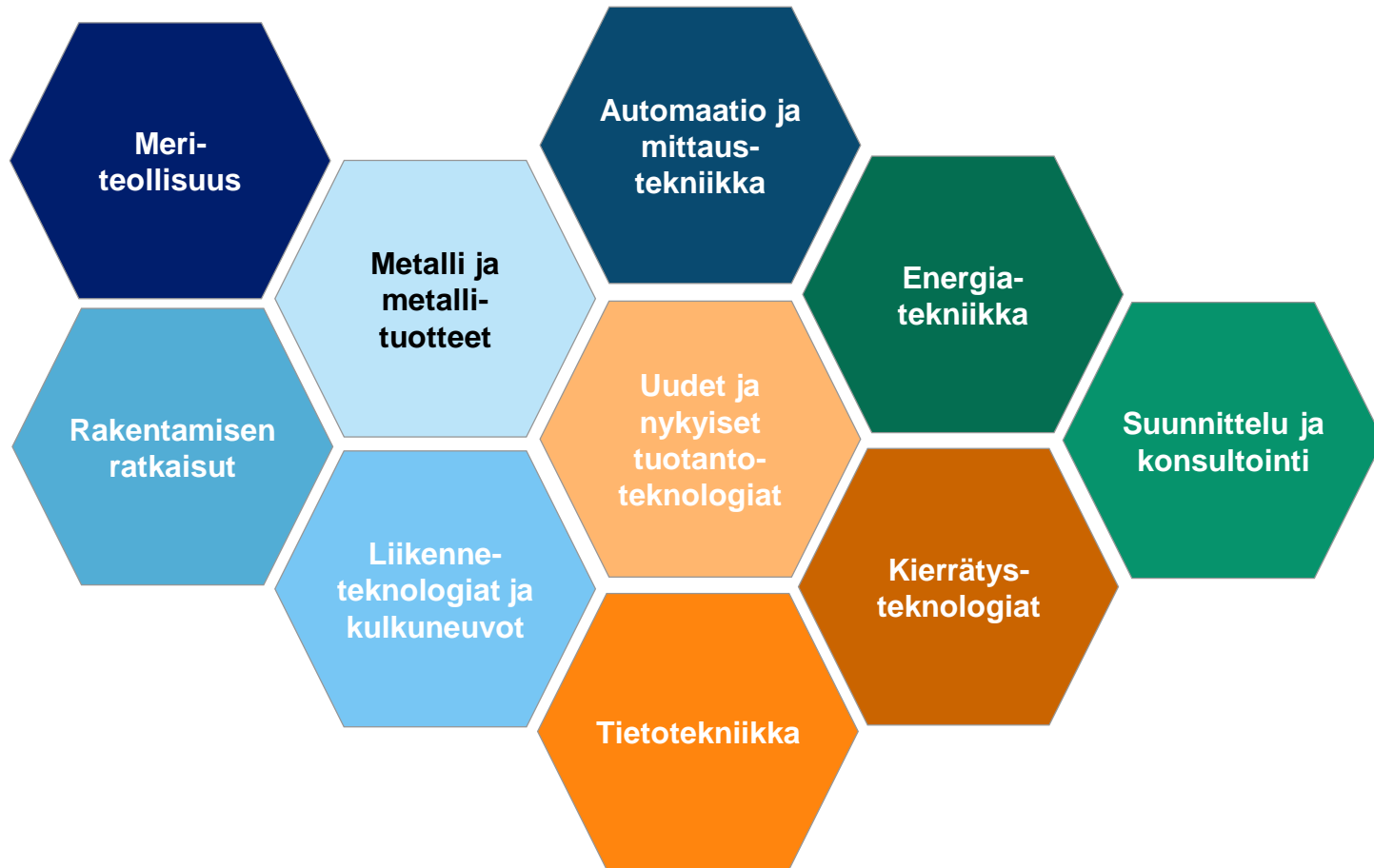
Tarjonnan rikkaus on laskennan rikka





# KÄDENJÄLKITARKASTELUSSA TARKASTELTAVAT KLUSTERIT

Tarkastelussa tuodaan monipuolisesti esille teknologiateollisuuden toimijoita



# HUOMIOITAVAA TÄMÄN ANALYYSIN TULOSTEN TULKINNASSA

## Tarkasteltujen klusterien kattavuus ja yksinomaisuus

- Työssä havainnollistetaan teknologiateollisuuden kädenjälkipotentiaalia sovittamalla yhteen teollisuuden vientituoteportfoliota ja suomalaista erikoisosaamista sekä maailman kohdemarkkinoita niin kasvihuonekaasupäästöjen kuin taloudellisten vaikutusten perusteella. Näin muodostettiin tarkasteltavat klusterit, jotka muodostavat siten heterogeenisen joukon, eivätkä välttämättä kata kaikkia teknologiateollisuuden toimintoja tai tuotteita. Jotkin teknologiat tai tuotteet, ja siten yritykset, on myös mahdollista sijoittaa useaan eri klusteriin. Näin ollen arviot klusterien markkinoista tai kädenjälkivaikutuksista on ymmärrettävä suuntaa-antaviksi.

## Esitetyt arviot kädenjäljestä tai kädenjälkipotentiaalista (CO<sub>2</sub>)

- Teknologiateollisuuden yrityksillä lienee kymmeniätuhansia tuotteita (arvio). Tässä työssä teknologiateollisuuden globaalia kädenjälkivaikutusta (sekä nykyistä että potentiaalista) on tarkasteltu valittujen avaintuotteiden kautta. Tarkastelu ei edusta koko teknologiateollisuuden kädenjälkivaikutusta, vaan havainnollistaa sen oleellisen suuruusluokan globaaleissa päästövähennyksissä, joka saavutetaan pelkästään valittuja avaintuotteita tarkastelemalla. Vaikka osa yrityksistä itse julkaisee tarkan arvion kädenjäljestään, haasteena on kansainvälisten yritysten tapauksessa sen arviointi, mikä osuus konsernin kädenjäljestä voidaan katsoa *suomalaisen* vientiteollisuuden osuudeksi.

## Esimerkkiyritykset

- Klusterikuvauksissa tuodaan esille esimerkkiyrityksiä. Näiden yritysten liiketoiminnasta ainakin osa katsotaan kuuluvan klusterin toimialaan. Samat yritykset voivat monipuolisuutensa vuoksi kuulua useampaan klusteriin. Kaikki mainitut yritykset eivät välttämättä ole Teknologiateollisuus ry:n jäseniä, vaan tarkastelussa on tuotu yleisesti esiin teknologiaa vieviä suomalaisyrityksiä.

# KÄDENJÄLKITARKASTELUN TULOKSET:

## AVAINTEKNOLOGIOIDEN PÄÄSTÖVÄHENNYPOTENTIAALI



# YHTEENVETO KÄDENJÄLKIRATKAISUJEN PÄÄSTÖVÄHENNYPOTENTIALISTA

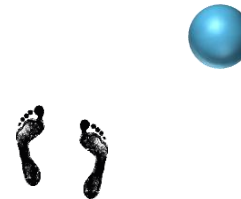
Tarkasteluotokseen poimittujen nykyisten vientituotteiden kädenjäljen arvioidaan vastaavan nelinkertaisesti teknologiateollisuuden CO<sub>2</sub>-päästöjä Suomessa

## Tulos

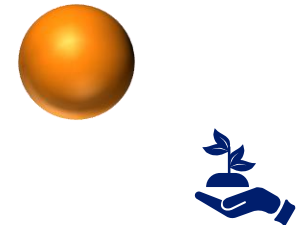
- Valittujen avainteknologioiden ja –tuotteiden kädenjälki jakaantuu nykyisiin tuotteisiin ja kehitteillä oleviin ratkaisuihin.
- Tarkasteltavaan otokseen poimittujen **nykyisten vientituotteiden** kädenjälkivaikutukseksi arvioidaan noin 20 MtCO<sub>2</sub>e/a.
- Tarkasteltujen **kehitteillä olevien teknologioiden** kädenjälkivaikutuksen arvioidaan olevan yli 50 MtCO<sub>2</sub>e/a
- *Tarkastelu edustaa vain pientä osaa teknologiateollisuuden tuhansista tuotteista, ja todellisuudessa vaikutus lienee merkittävästi suurempi. Huomioitava on, että jokaiseen laskelmaan liittyy lukuisia epävarmuuksia ja oletuksia mm. markkinaosuudesta, vertailuratkaisusta ja tuotteen päästövähennysvaikutuksesta.*
- Kuitenkin, tarkastelu osoittaa sen suuren potentiaalin, joka Suomella on jo nyt ja voi tulevaisuudessa olla, jos rohkeiden tutkimus- ja kehityspanostusten hedelmät saadaan vietyä maailmalle.
- Seuraavassa esitellään valittujen tuotteiden kädenjälkiarviot

## Suuruusluokkavertailu

Teknologiateollisuuden omat CO<sub>2</sub>-päästöt Suomessa (scope 1 ja 2), noin 6 MtCO<sub>2</sub>e/a



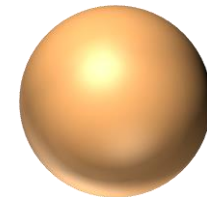
Tarkasteltujen nykyisten vientituotteiden arvioitu globaali kädenjälkivaikutus, noin 20 MtCO<sub>2</sub>e/a



Koko Suomen kansalliset kasvihuonekaasupäästöt, noin 55 MtCO<sub>2</sub>e/a (2017)



Tarkasteltujen kehitystuotteiden potentiaalinen, arvioitu globaali kädenjälkivaikutus, yli 50 MtCO<sub>2</sub>e/a

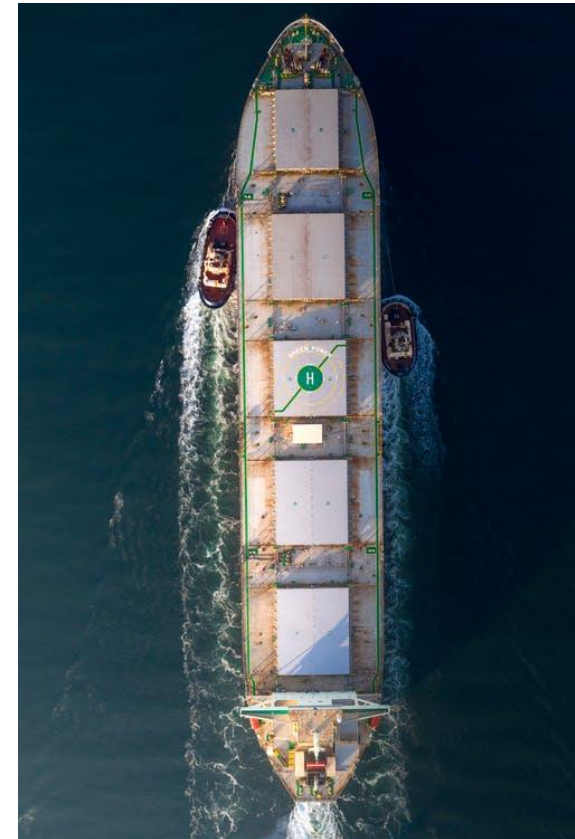


# MERITEOLLISUUDEN AVAINTUOTTEIDEN KÄDENJÄLKI, ESIMERKKINÄ ENERGIATEHOKKAAMMAT ALUKSET

- Globaali merenkulku tuottaa vuosittain arviolta noin 900 MtCO<sub>2</sub>/a kasvihuonekaasupäästöt. Suuret alukset käyttävät polttoaineenaan pääosin raskasta polttoöljyä tai meridieseliä. Alusten käyttöikä on globaalisti keskimäärin 21 vuotta.
- Suomalaisella meriteollisuudella on maailman huippuosaamista. Esimerkiksi Wärtsilä arvioi markkinaosuutensa keskinopeuden päämoottoreissa olleen 40 % ja apumoottoreissa 8 %.
- IPCC:n arvion mukaan uusien alusten energiatehokkuutta voidaan parantaa 5-30 % muutoksilla mm. aluksen moottoreihin ja voimansiirtoon, propulsiojärjestelmiin ja aero- sekä hydrodynamiikkaan.
  - Fossiilisia energialähteitä hyödyntävät polttomoottoritkin ovat jatkuvasti parantuneet energiatehokkuudeltaan.
  - Suomessa on mm. kehitetty maailman tehokkain nelitahtimoottori, jonka kuluttaa 8-10 g/kWh vähemmän polttoainetta verrattuna lähimpään kilpailijaan, mikä vastaa noin 5 % vähennystä.
- Laskelma:
  - Jos oletetaan noin 5 % aluskannan uusiutuminen vuosittain, on vuosittain uusittavien alusten CO<sub>2</sub>-päästöt noin 45 MtCO<sub>2</sub>/a.
  - Oletetaan aluksen energiatehokkuuden paranevan uusilla ratkaisuilla (reitin optimoinnit, propulsio, automaatiojärjestelmät ja moottorit) paranevan 20 %. Tämä vastaa noin 9 MtCO<sub>2</sub>/a päästövähennystä ilman merkittäviä polttoainevaihdoksia tai muita muutoksia.
  - Oletetaan Suomen viennin markkinaosuuden olevan noin 20 % alusten energiatehokkuusratkaisuissa. Tällöin vuosittain vietävien ratkaisuiden kädenjälki on luokkaa 1,8 MtCO<sub>2</sub>/a.
  - Huom. kumulatiivisuus (parannus käytössä myös seuraavina vuosina).

Nykyinen vientituote

Kädenjälki:  
> 1 MtCO<sub>2</sub>e/a



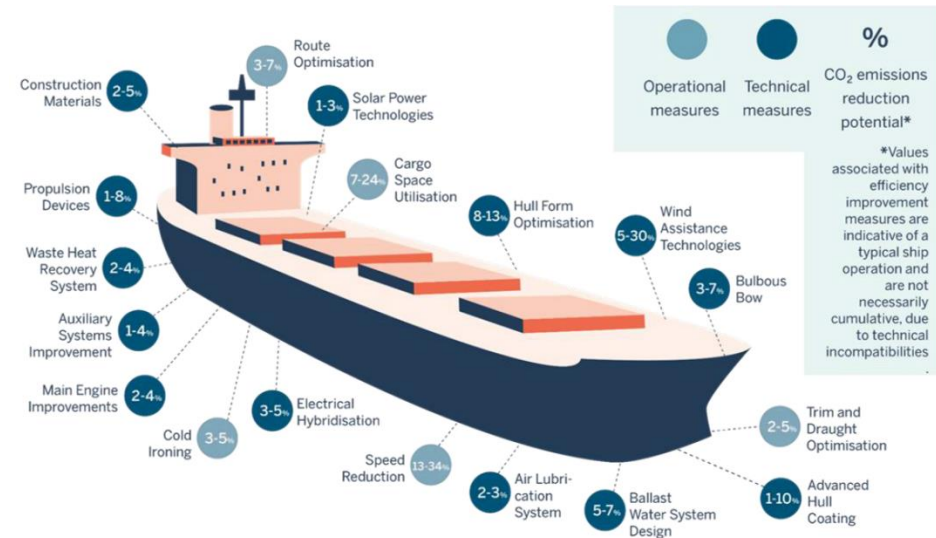
Lähteet: ICCT (2017), IPCC (2014), Wärtsilä Oyj (2018)

# MERITEOLLISUUDEN AVAINTUOTTEIDEN KÄDENJÄLKI, ESIMERKKINÄ HIILINEUTRAALIT ENERGIANLÄHTEET LAIVOIHIN

- Globaali merenkulku tuottaa vuosittain arviolta noin 900 MtCO<sub>2</sub>/a kasvihuonekaasupäästöt. Suuret alukset käyttävät polttoaineenaan pääosin raskasta polttoöljyä tai meridieseliä. Alusten käyttöikä on globaalisti keskimäärin 21 vuotta.
- Merenkulkuun kehitetään meillä ja maailmalla vähäpäästöisempiä energianlähteitä hyödyntäviä ratkaisuja. Mahdollisuuksia ovat muun muassa biopolttoaineet, sähkö, vety, synteettiset polttoaineet ja tuulen hyödyntäminen (esim. roottoripurjeet). Myös nesteytetyn maakaasun käyttö vähentää kasvihuonekaasupäästöjä sekä lisäksi vähentää rikkipäästöjä käytännössä nollaan.
- Maailmassa operoi yhteensä yli 50 000 kauppa-alusta.
- Laskelma:
  - Jos oletetaan aluskannan pysyvän yhtä suurena ja uusiutuvan tasaisesti, uusitaan vuosittain noin 2500 alusta.
  - Jos näistä 10 %:iin saadaan asennettua suomalainen hiilineutraalia energianlähdettä käyttävä voimantuotanto, koskee tämä 250 alusta vuosittain
  - Keskimäärin yksi alus aiheuttaa CO<sub>2</sub>-päästöjä 18 ktCO<sub>2</sub>/a/alus.
  - Näin ollen 250 aluksen uudet hiilineutraalit energianlähteet vastaisivat 4,5 MtCO<sub>2</sub>/a kädenjälkivaikutusta
  - Huom. kumulatiivisuus (parannus käytössä myös seuraavina vuosina)

Kehityskohde

Potentiaalinen kädenjälki:  
> 4 MtCO<sub>2</sub>e/a



Indikatiivisia päästövähennysratkaisujen vaikutuksia meriliikenteessä. Lähde: UMAS (2019).

Lähteet: ICCT (2017), IPCC (2014)

# MERITEOLLISUUDEN AVAINTUOTTEIDEN KÄDENJÄLKI, ESIMERKKINÄ SATAMATOIMINTOJEN OPTIMOINTI

- Alusluokasta riippuen 8-27% meriliikenteen CO<sub>2</sub>-päästöistä arvioidaan syntyvän satamatoiminnoissa. Merkittävä päästövähennyskeino on vähähiilisen energian saatavuus satamissa. Lisäksi logistiikan optimoinnilla voidaan saavuttaa merkittävää tehostumista.
- Suomalainen Awake.ai kehittää yhteistyöalustaa satamatoimijoille ja viittaa globaaliin 10% päästövähennykseen vuoteen 2030 mennessä osana visiotaan.
- Jos arvioidaan satamatoiminnoista globaalisti syntyvän päästöjä keskimäärin 10 %, vastaa tämä 90 MtCO<sub>2</sub>/a.
- Laskelma:
  - Oletetaan, että tekoälyä hyödyntämällä voidaan tehostaa satamien toimintaa ja toimitusketjujen logistiikkaa niin, että satamatoiminnoissa tapahtuvat päästöt vähenevät 10 % nykytasosta. Tämä vastaa 9 MtCO<sub>2</sub>/a suuruista vähennystä.
  - Jos suomalaiset ratkaisut pystyisivät toimittamaan tästä 1 %, olisi kädenjälkivaikutus 90 ktCO<sub>2</sub>/a

Kehityskohde

Potentiaalinen  
kädenjälki:  
n. 100 ktCO<sub>2</sub>e/a



Lähteet: ICCT (2017), IPCC (2014), Awake.ai (2020)

# METALLIKLUSTERIN AVAINTUOTTEIDEN KÄDENJÄLKI, ESIMERKKINÄ RUOSTUMATON TERÄS

- Ruostumaton teräksen markkina oli globaalisti noin 43 miljoonaa tonnia vuonna 2018. Ruostumatonta terästä käytetään sen erinomaisten ominaisuuksien vuoksi kuluttajatuotteissa, lääketeollisuudessa, rakentamisessa, kulkuneuvoissa sekä muussa raskaassa teollisuudessa.
  - Globaalin markkinan arvioidaan kasvavan jopa 21 % vuoteen 2024 mennessä, mitä ajaa erityisen voimakkaasti kasvava käyttö rakentamisessa ja kuluttajasovelluksissa.
- Suomalainen ruostumattoman teräksen tuotanto on globaalisti verrattuna erittäin ympäristöystävällistä.
  - Päästöt tuotettua terästönä kohti ovat jopa 70 % globaalia keskiarvoa pienemmät.
  - Suomalaisessa tuotannon ympäristöetuja ovat erityisesti korkea kierrätysmateriaalin osuus (yli 85%), integroitu ferrokromituotanto ja vähähiilinen sähkö.
- Suomalaisen ruostumattoman teräksen valmistuksessa voidaan energiatehokkaan tuotantoprosessin ja kierrätysraaka-aineiden laajan käytön ansiota välttää vuosittain yli 5 MtCO<sub>2</sub> päästöt.
  - Olettaen, että tuotanto tapahtuisi muutoin muualla, vähentää suomalainen ruostumattoman teräksen tuotanto siis globaaleja CO<sub>2</sub>-päästöjä enemmän kuin koko metalliteollisuuden suorat päästöt Suomessa ovat.
- Lisäksi aiemmissa analyysissä on arvioitu teräksen olevan merkittävä päästövähennyksen mahdollistaja käyttökohteissa, joissa sille ei ole korvaajaa. Tällaisia käyttökohteita ovat mm. voimalaitokset, *offshore*-tuulivoima, tehokkaat muuntajat, sähkömoottorit ja kevyemmät ajoneuvot. Euroferin selvityksessä eurooppalaisen teräksen arvioitiin tuottavan tarkastelluissa käyttökohteissa jopa moninkertaisen päästövähennyksen verrattuna terästuotannon omiin päästöihin.

Nykyinen vientituote

Kädenjälki:  
> 5 MtCO<sub>2</sub>e/a



Lähteet: Outokumpu Oyj (2020), Eurofer (2013)



# METALLIKLUSTERIN AVAINTUOTTEIDEN KÄDENJÄLKI, ESIMERKKINÄ PROSESSITEKNOLOGIAT

Nykyinen vientituote

Kädenjälki:  
> 5 MtCO<sub>2</sub>e/a

- Suomalainen teknologiateollisuus kehittää ja vie ympäri maailman uusia ratkaisuja metallinjalostuksen prosesseihin
  - Ratkaisuja toimitetaan ympäri maailman kaivoksiin ja metallitehtaille
  - Ratkaisut voivat olla kokonaisia laitostoimituksia, prosessilaitteistoa, komponentteja tai palveluita.
  - Suurilla suomalaisilla teknologiayrityksillä on kymmeniä erilaisia prosessiteknologioita tarjolla kaivos- ja metalliteollisuuteen.
- Esimerkiksi ferrokromin tuotantoteknologia ja kuparin liekkisulatusmenetelmä tuottavat yli 5 MtCO<sub>2</sub>päästövähennyksen globaalisti vuosittain.
  - Prosessitekniikan kehityksellä on pitkät juuret suomalaisessa metallinjalostuksen perinteessä.



Lähteet: Outotec Oyj (2020)

# METALLIKLUSTERIN AVAINTUOTTEIDEN KÄDENJÄLKI, ESIMERKKINÄ CO<sub>2</sub>-NEUTRAALI TERÄS

- Terästeollisuus on yksi maailman suurimmista kasvihuonekaasujen lähteistä. Terästä käytetään laajasti eri aloilla, kuten rakentamisessa, kone- ja laitteellisuudessa sekä kulkuneuvoissa. Globaalin teräsmarkkinan kasvua ajaa erityisesti kaupungistuminen.
- Suomessa on käynnissä kehitystyö fossiilittoman teräksen valmistamiseksi. Toteutuessaan uusi menetelmä korvaa perinteisen, fossiilisiin raaka-aineisiin ja energianlähteisiin perustuvan teräksen valmistusmenetelmän.
  - Uusi vedyn käyttöön perustuva tuotantoteknologia vähentäisi raakateräksen tuotannon CO<sub>2</sub>-päästöt käytännössä nollaan.
- Globaali terästeollisuus tuottaa noin 3 000 MtCO<sub>2</sub>-päästöt vuosittain.
  - Nykyisin teräksen ominaispäästöt ovat globaalisti noin 1,83 tCO<sub>2</sub>/tonni terästä ja Suomessa tuotettuna noin 1,6 tCO<sub>2</sub>/tonni terästä.
- Teknologian potentiaalinen kädenjälki on globaalisti erittäin mittava
  - Oletuksena: uusi teknologia lisensoidaan 1 %:iin teräksentuotannosta
  - Globaalit teräksen valmistuksen CO<sub>2</sub>-päästöt vähenevät tällöin noin 30 MtCO<sub>2</sub>/a
  - Huom. kumulatiivisuus, päästövähennys on vuotuinen.

Kehityskohde

Potentiaalinen  
kädenjälki:  
Jopa 30 MtCO<sub>2</sub>e/a



Lähteet: World Steel Association (2019): World Steel in Figures; SSAB (2018)

# ENERGIATEKNIIKAN KÄDENJÄLKI, ESIMERKINÄ BIOENERGIATEKNOLOGIA

- Suomalainen kattilateknologia on maailman huippuluokkaa. Biomassaa ja jätteitä hyödyntävillä voimalaitoksilla voidaan korvata fossiilisten polttoaineiden käyttöä.
- Esimerkkinä kivihiilen käytön korvaaminen kestävillä biopohjaisilla polttoaineilla
- Laskelma:
  - Vuosittainen globaali bioenergiaan perustuvan tuotantokapasiteetin kasvu: 40 TWh/a (sähkö) ja 85 TWh (lämpö)
  - Oletetaan suomalaisten bioenergiaratkaisuiden markkinaosuudeksi 20 %, jolloin suomalaiset ratkaisut lisäävät kapasiteettia 8 TWh/a (sähkö) ja 18 TWh (lämpö)
  - Päästöintensiteetti 485 gCO<sub>2</sub>/kWh (sähkö, globaali keskiarvo)
    - Jos oletetaan bioenergian CO<sub>2</sub>-vaikutus nolaksi
  - Tulos: pelkän sähkön tuotannon määrän lisäyksen kädenjälki: n. 4 MtCO<sub>2</sub>/a

Nykyinen vientituote

Kädenjälki:  
> 4 MtCO<sub>2</sub>e/a



Lähteet: Valmet (2018, 2020), IEA (2011, 2018, 2019)

# ENERGIATEKNIIKAN KÄDENJÄLKI, ESIMERKINÄ TAAJUUSMUUTTAJAT

- Suomessa jo 1980-luvulla kehitetty taajuusmuuttaja on laite, jolla voidaan säätää sähkömoottorin nopeutta energiatehokkaasti. Esimerkiksi pumppujen, kompressorien ja ilmastoinnissa energiaa voidaan säästää 15-70 %. Taajuusmuuttaja säästää elinkaarensa aikana jopa 100-kertaisen määrän CO<sub>2</sub>-päästöjä verrattuna sen valmistuksessa syntyviin päästöihin
- Suomessa tuotetaan EU:n kolmanneksi eniten taajuusmuuttajia
- Laskelma:
  - Arvioidaan teollisuuden käyttävän maailman sähköstä noin 40 % ja olevan noin 9 000 TWh vuodessa (IEA)
  - Arvioidaan teollisuuden sähkönkulutuksesta 2/3 olevan sähkömoottoreita, mikä vastaa 6000 TWh sähkönkulutusta (Westergård)
  - Arvioidaan, että taajuusmuuttajan puuttuu ja sen voisi asentaa teollisuuden sähkömoottoreihin, jotka kuluttavat nykyisin 50% sähkömoottorien kulutuksesta. Asennusten kohteena olevat moottorit käyttäisivät siten 3000 TWh.
  - Oletetaan taajuusmuuttajan vähentävän sähkönkulutusta 40 % kohteessa. Säästö olisi 1200 TWh vuodessa.
  - Oletetaan Suomen markkinaosuuden olevan 10 % globaalisti (peilaten TEM:n arvioon 2012), joten suomalaiset vientituotteet voisivat tuottaa jopa 120 TWh säästön globaalin teollisuuden sähkönkulutuksessa. Tämä on enemmän kuin koko Suomen nykyinen sähkönkulutus, noin 85 TWh.
  - Oletetaan sähkön keskimääräiseksi päästöintensiteetiksi 485 gCO<sub>2</sub>/kWh (IEA). Näin ollen taajuusmuuttajilla saavutettava säästöpotentiaali (120 TWh) vastaa 58 MtCO<sub>2</sub>/a
  - Oletetaan, että taajuusmuuttajat asennettaisiin tasaisesti seuraavan 15 vuoden aikana. Näin ollen vuodessa toimitettavien taajuusmuuttajien päästövähennyspotentiaali olisi noin 4 MtCO<sub>2</sub>/a.

Nykyinen vientituote

Kädenjälki:  
4 MtCO<sub>2</sub>e/a



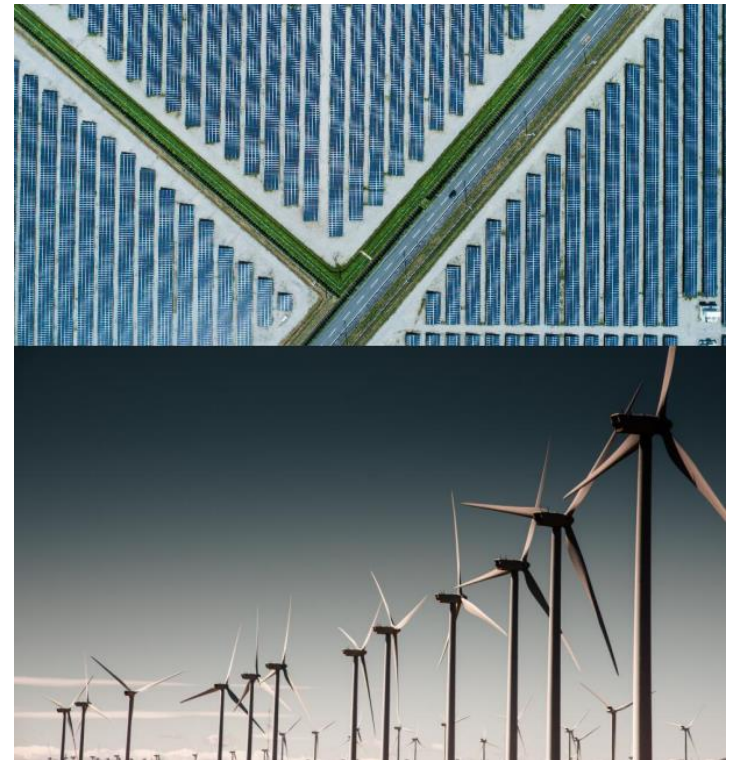
Lähteet: IEA (2011), ABB (2020), Danfoss (2020), CBI (2017), IEA, IRENA (2018), Westergård (2018), TEM (2012)

# ENERGIATEKNIIKAN KÄDENJÄLKI, ESIMERKKINÄ SYNTEETTISTEN POLTTOAINEIDEN VALMISTUSTEKNOLOGIA

Kehityskohde

Potentiaalinen  
kädenjälki:  
>> 5 MtCO<sub>2</sub>e/a

- Globaalisti vetyä hyödynnetään nykyisin noin 70 Mt/a, josta suurin osa kuluu öljynjalostuksessa ja kemikaalituotannossa. Nykyisin vety valmistetaan pääosin maakaasusta ja öljystä, mutta tulevaisuudessa esim. veden elektrolyysiin perustuvien Power-to-X –sovellusten arvioidaan kaupallistuvan. Näin valmistettua vetyä (tai hiilivetyjä) voitaisiin hyödyntää hiilineutraalina energiankantajana ja raaka-aineena monilla toimialoilla liikenteestä teollisuuteen.
- Power-to-X-tutkimusta ja -kehitystä tehdään Suomessa ja maailmalla tällä hetkellä intensiivisesti. Tällä hetkellä teknologia ei ole vielä kustannuskilpailukykyinen fossiilisen tuotannon kanssa. Investointikustannusten (laitteisto) arvioidaan laskevan massatuotannon myötä. Power-to-X-teknologia voi toimia joustavana sähkönkulutuksen lähteenä, ja näin edistää uusiutuvien energianlähteiden kasvua varmistuen “lattiahinnan” sähkölle. Haasteina matalille vuosittaisille käyttötuntimäärille ovat korkeat investointikustannukset ja vedyn varastointiin liittyvät haasteet.
- Useat Euroopan maat (UK, NL, DE) ovat julkistaneet vetystrategioita ja merkittäviä panostuksia kehitykseen. Esimerkiksi Hollanti arvioi elektrolyysikapasiteettinsa kasvavan 500 MW:iin (2025) ja 3-4 GW:iin (2030).
- Arviot vetytalouden yleistymisestä vuoteen 2050 mennessä vaihtelevat laajasti. IRENA on esittänyt arvioita 8-78 EJ välillä, ja näitä vastaava päästövähennysvaikutus olisi 0,6-6 GtCO<sub>2</sub>/a. (On korostettava, että yläraja tarkoittaa vedyn vastaavan 18 % maailman loppuenergiankäytöstä.)
  - Jos Suomessa kehitetty synteettisten polttoaineiden valmistusteknologia saavuttaisi yhden prosentin globaalimarkkinaosuuden, on kädenjälkipotentiaali noin 6-60 MtCO<sub>2</sub>/a



Lähteet: IRENA (2018), IEA (2020)

# RAKENNUSTEKNOLOGIA-KLUSTERIN KÄDENJÄLKI, ESIMERKKINÄ VALAISTUS

Nykyinen vientituote

Potentiaalinen  
kädenjälki:  
280 ktCO<sub>2</sub>e/a (pot.)

- IEA:n arvion mukaan LED-lamppujen osuus kaikista asumissektorin (*residential*) valaistuksesta oli noin 40 % vuonna 2018. Kuitenkin vain murto-osa asennetusta lamppukannasta uusitaan vuosittain (3 % katuväläistuksessa, 7 % toimistovaläistuksessa)
  - LED-valot ovat IEA:n arvion mukaan noin 33-86 % energiatehokampia kuin perinteiset verrokkit
  - Lisäksi LED-valojen energiatehokkuuden (W/lumen) arvioidaan parantuvan yhä jopa 50 %:lla vuoteen 2030 mennessä, toisin kuin verrokkien, joiden tuotekehitys on vähentynyt.
  - Lisäksi valäistuksen älykkäällä ohjauksella voidaan Motivan arvion mukaan saavuttaa jopa 50-80 % energiansäästö.
- Laskelma
  - IPCC arvioi kiinteistöjen (asuminen ja muut) valäistuksen kuluttavan noin 2 300 TWh sähköä vuonna 2010.
  - Arvioidaan 5 % rakennusten valäistuksesta uusittavan vuosittain. Tämä vastaisi noin valäistuskantaa, jonka kuluttama sähkö olisi 115 TWh.
  - Arvioidaan LED-teknologia olevan keskimäärin 50 % energiatehokkaampaa kuin perinteinen verrokki. Asentamalla uusittaviin kohteisiin LED-valäistus vähenisi vuotuinen sähkönkulutus 58 TWh.
  - Jos suomalainen vientiteollisuus saisi globaalista markkinasta 1 %:n markkinaosuuden, olisi sen vuodessa myymien tuotteiden energiansäästö 0,575 TWh.
  - Oletetaan sähkön päästöintensiteetiksi 485 gCO<sub>2</sub>/kWh (globaali keskiarvo)
  - Kädenjälkivaikutus vuodessa myydyille tuotteille olisi 280 ktCO<sub>2</sub>e/a.
  - Huom. kumulatiivisuus: asennettu LED-valo tuottaa laskennallista päästövähennystä koko käyttöikänsä ajan.



Lähteet: IEA (2019), IPCC (2014), Motiva

# RAKENNUSTEKNOLOGIA-KLUSTERIN KÄDENJÄLKI, ESIMERKKINÄ HISSIT JA LIUKUPORTAAT

Nykyinen vientituote

Potentiaalinen  
kädenjälki:  
280 ktCO<sub>2</sub>e/a (pot.)

- Suomessa on maailmanluokan teknologista osaamista hissi- ja liukuporrasteknologiassa.
- Esimerkiksi hissiteknologiassa energiatehokkuutta voidaan parantaa kymmeniä prosentteja nostokoneiston ratkaisulla, valaistuksella ja valmiustilaratkaisuilla. Huoltotoiminnassa vanhan laitekannan tehokkuutta voidaan parantaa jopa 30 %.
- Laskelma:
  - Oletetaan suomalaisen vientiteollisuuden markkinaosuuden olevan noin 5 % hissien ja liukuportaiden uuslaitemarkkinasta. Globaali uuslaitemarkkina on noin 0,9 miljoonaa laitetta (2018), eli suomalaisen vientiteollisuuden osuus olisi noin 45000 laitetta
  - Oletetaan yhden laitteen tuottavan keskimäärin 6330 kgCO<sub>2</sub>e/a hiilijalanjäljen, mikä vastaa keskiarvoa VTT:n (2018) esittämän arvioiden ylä- ja alarajan keskiarvoa Kone Oyj:n MonoSpace 500-hissille.\*
  - Näillä oletuksin liukuporras- ja hissiteknologian uuslaitteiden kädenjälki olisi noin 280 ktCO<sub>2</sub>/a.
  - Huom. kumulatiivisuus: asennettu energiatehokas hissi tai liukuporras tuottaa laskennallista päästövähennystä koko käyttöikänsä ajan.
  - Lisäksi huoltoliiketoiminnan energiatehokkuusparannukset tuottavat huomattavan päästövähennysvaikutuksen.



\*VTT on arvioinut kädenjälkipotentiaalia suomalaiselle hissille verrattuna kansainvälisiin verrokkeihin. Merkittäviä epävarmuuksia liittyy esimerkiksi tarkasteltavan palvelun rajaamiseen, vertailukohdan energiatehokkuuteen ja oletettuun sähkön päästöintensiteettiin. Riippuen valituista parametreista, tarkastellun suomalaisen hissi vuotuinen kädenjälki vaihtelee välillä 10–12 650 kgCO<sub>2</sub>e/a  
Lähteet: VTT (2018), KONE (2018, 2020)

# LIKENNETEKNOLOGIA-KLUSTERIN KÄDENJÄLKI, ESIMERKKINÄ NOSTO- JA SIIRTOLAITTEET

Nykyinen vientituote

Potentiaalinen  
kädenjälki:  
> 3 MtCO<sub>2</sub>e/a (pot.)

- Maailman rahtimääristä yli 80 % kulkee satamien läpi. Merikontit ovat modernien toimitusketjujen perusyksiköitä. Satamissa syntyvistä CO<sub>2</sub>-päästöistä noin 24 % syntyy nosto- ja siirtolaitteista.
  - Esimerkiksi satamalukeista noin 80 % on diesel-sähkökäyttöisiä. (2016)
  - Maailmassa on noin 8000 RTG-nosturia.
- Sähköistyminen on trendi myös satamatoimintojen päästövähennyksissä.
  - Regeneroiva energijärjestelmä voi säästää siirtolaitteiden energiankulutusta ja CO<sub>2</sub>-päästöjä 10-15 %.
  - Hybridilukit vähentävät polttoainekulutusta 40 % verrattuna dieselkäyttöisiin lukkeihin. Päästövähennys lukkia kohti on noin 50 tCO<sub>2</sub>/a. Viiden sähköisen RTG:n vuotuiset päästövähennykset ovat puolestaan 0,8–1,5 MtCO<sub>2</sub> verrattuna diesel-sähkö-käyttöisiin laitteisiin. (Cargotec, 2017).
- Laskelma
  - Oletetaan RTG-järjestelmän käyttöikäksi 15 vuotta. Näin ollen vuodessa uusitaan keskimäärin noin 500 RTG-nosturia. Oletetaan, että RTG-nosturien käyttövoimana on yhä 50-prosenttisesti diesel. Tämä vastaisi 250 vuosittain korvattavaa dieselkäyttöistä RTG-nosturia.
  - Oletetaan suomalaisen vientiteollisuuden markkinaosuudeksi 5 %, joka vastaisi 12 RTG-nosturia vuodessa. Oletetaan, että korvattavat dieselkäyttöiset korvataan pääosin sähkökäyttöisillä nostureilla, jotka käyttävät vähähiilistä sähköä.
  - Sähköisen RTG-nosturin on arvioitu tuottavan vuodessa noin 0,25-0,3 MtCO<sub>2</sub>/a päästövähennyksen verrattuna dieselkäyttöiseen nosturiin huomioiden laitteen elinkaaren (Nenad, 2013)
  - Tulos: vientiteollisuuden vuodessa toimittamalla sähkökäyttöisillä RTG-nostureilla voidaan vähentää globaaleja päästöjä 3 MtCO<sub>2</sub>/a.



Lähteet: Cargotec (2017, 2018), Nenad (2013)

Cargotec arvioi vuosina 2008-16 myymillään satamanostureillaan tuottavansa niiden käyttöiän aikana yhteensä 3 MtCO<sub>2</sub> vähenemän. Jos käyttöikä on 15 vuotta, on vuotuinen vaikutus noin 200 ktCO<sub>2</sub>/a.

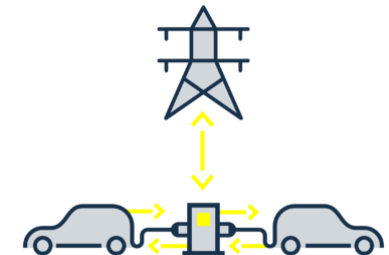


# LIKENNETEKNOLOGIA-KLUSTERIN KÄDENJÄLKI, ESIMERKKINÄ ÄLYKÄS SÄHKÖAUTOJEN LATAUSINFRA

Nykyinen vientituote

Potentiaalinen kädenjälki:  
n. 500 ktCO<sub>2</sub>e/a (pot.)

- Liikenteen arvioidaan sähköistyvän tulevina vuosikymmeninä. Erityisen voimakasta henkilö- ja tieliikenteessä, sillä globaali autoteollisuus on lähtenyt voimakkaasti panostamaan sähköautojen (EV) tuotannon rakentamiseen.
  - Pelkästään Suomessa on eri lähteissä arvioitu vuonna 2030 olevan 250–850 tuhatta sähköautoa. IRENA on arvioinut, että Pariisin sopimuksen mukaisessa skenaariossa sähköautoja olisi globaalisti 157 miljoonaa (2030) ja 745 miljoonaa (2040).
- Suomen teknologiateollisuudessa kehitetään ratkaisuja sähköisen liikenteen vaatimuksiin laajalla rintamalla. Yksi fokusalue on on sähköisen liikenteen latausinfrastruktuurin kehittäminen
  - Paitsi että infrastruktuuri on edellytys sähköautojen yleistymiselle, vaikuttaa se myös laajemmin sähkömarkkinoihin: älykkäillä ratkaisulla voidaan edistää uusiutuvan energian osuuden kasvua, kun autot voivat toimia energiavarastoina ja toisaalta välttää tehopiikkien aiheuttamia ongelmia.
- Laskelma:
  - On arvioitu, että Euroopan sähköautomarkkinan (44 miljoonaa EV:tä vuonna 2030) kasvu edellyttää 3 miljoonaa latausasemaa vuoteen 2030 mennessä. Vuonna 2019 julkisia latausasemia oli noin 185 000.
  - Oletetaan, että sähköautojen määrä kasvaisi tasaisesti vuosina 2018-2030 IRENA:n esittämän arvion mukaisesti. Tämä tarkoittaa yli 10 miljoonaa uutta sähköautoa vuosittain 2020-luvun ajan.
  - Oletetaan, että Suomen vientiteollisuuden markkinaosuus latausjärjestelmissä olisi globaalisti 1 %. Tämä ensinnäkin mahdollistaisi 100 000 sähköauton markkinoille tulon.
  - EPA arvioi yhden henkilöauton aiheuttavan nykyisin vuotuisen 4,6 tCO<sub>2</sub>-päästön. Näin ollen 100 000 uutta sähköautoa vuodessa vastaisi 460 ktCO<sub>2</sub>-kädenjälkeä olettaen sähkön vähähiiliseksi\*. Huom. vaikutuksen kumulatiivisuus.
  - Älykkäällä kaksisuuntaisella latausjärjestelmällä voidaan lisäksi merkittävästi vähentää tehopiikkejä, millä voi olla merkittävä päästövähennysvaikutus.



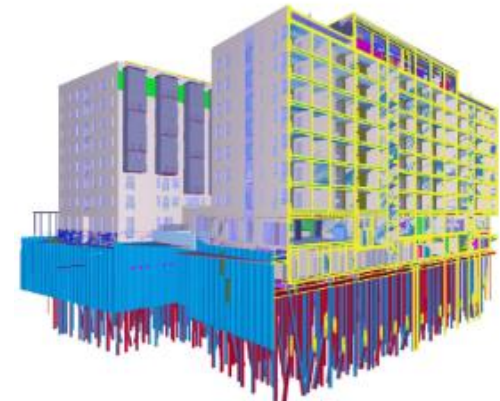
Lähteet: AKL (2019), IRENA (2019), EPA (2020), European Federation for Transport and Environment AISBL (2020), Virta (2020)  
\*Huomioitava on, että kädenjälkeen kontribuovat myös ja ennen kaikkea ajoneuvovalmistajat sekä vähäpäästöinen energiantuotanto.

# TIETOTEKNIKKAKLUSTERIN KÄDENJÄLKI, ESIMERKKINÄ BIM-TYÖKALUT RAKENNUKSEN SUUNNITTELUSSA

- Teknoliateollisuuden tarjoamana ratkaisuna tietomalliohjelmitot käytettäviksi rakennuksen ja rakentamisen suunnittelussa, mahdollistaen myös kasvihuonekaasupäästöjä minimoivat valinnat koko rakennuksen elinkaaren ajaksi
- Laskelma:
  - Hyödyntämällä ratkaisua uudisrakennuksen materiaalien valmistuksen ja energiankäytön aiheuttamia kasvihuonekaasupäästöjä voitaisiin vähentää 15%
  - Uudisrakennuksiin sitoutuneet vuosittaisten kasvihuonekaasupäästöjen arvioidaan olevan 3729 MtCO<sub>2</sub>e aikavälillä 2020-2050 globaalisti. Sitoutuneiden päästöjen osuudeksi samalla aikavälillä arvioidaan 49%, operatiivisten 51%. Tällöin kokonaispäästöt olisivat 7610 MtCO<sub>2</sub>e
  - Vuosittain rakennettavien rakennusten pinta-ala on noin 6,13 miljardia neliometriä
  - Globaalisti uudisrakennusten vuotuiset ominaispäästöt olisivat näin ollen 1,24 tCO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup>. Olettaen 15 %:n päästövähennyksen BIM-työkalua hyödyntämällä mahdollinen vähennys on 0,186 tCO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup>
  - Oletetaan että 0,1% maailman uudisrakennuksista hyödyntäisi suomalaista ratkaisua. Tämä vastaisi 6,13 milj.m<sup>2</sup> ja näin ollen vuotuista 1,1 MtCO<sub>2</sub> kädenjälkeä

Nykyinen vientituote

Potentiaalinen  
kädenjälki:  
n. 1 MtCO<sub>2</sub>e/a (pot.)



Lähteet: architecture2030, L Arkkitechdit (2020) , Trimble (2020)

# AUTOMAATIO- JA MITTAUSTEKNIKKAKLUSTERIN KÄDENJÄLKI, ESIMERKKINÄ PROSESSIOPTIMOINTI VALMISTAVASSA TEOLLISUUDESSA

- Teknologiateollisuuden tarjoamana ratkaisuna palveluiden, laitteiden ja ohjausjärjestelmien yhdistelmä, jonka avulla tuotantoprosessista riippuvilla keinoilla tehostetaan materiaalien ja energian käyttöä.
- Laskelma:
  - Yhden auton valmistamisen päästöt 0,56 tCO<sub>2</sub>e / per valmistettu yksikkö
  - Prosessioptimointi vähentää 5% CO<sub>2</sub>-päästöistä. Tämä vastaisi 28 kgCO<sub>2</sub>e päästövähennysvaikutusta.
  - Maailman autotuotanto 73,5 miljoonaa autoa
  - Autotehtaiden vuosittainen tuotanto 110 000 – 800 000 autoa. Oletetaan että suomalaista optimointiratkaisua hyödyntäisi 0,2% maailman autotuotannosta, mikä vastaa vuotuista 147 000 auton tuotantoa.
  - Näin ollen ratkaisun kädenjälkivaikutus olisi globaalisti 4,1 MtCO<sub>2</sub>e/a.

Nykyinen vientituote

Potentiaalinen  
kädenjälki:  
n. 4 MtCO<sub>2</sub>e/a (pot.)



Lähteet: OICA (2017), Giamperi et al. (2019)

# KIERRÄTYSTEKNOLOGIAKLUSTERIN KÄDENJÄLKI, ESIMERKKINÄ JÄTTEENLAJITTELUN AUTOMATISOINTI

- Teknologiateollisuuden tarjoamana ratkaisuna tekoälyä hyödyntävä robotti jätteenlajittelussa, mikä mahdollistaa rakennusjätteen käyttämisen uudelleen tekemällä lajittelusta riittävän tehokasta ja turvallista.
- Laskelma:
  - Kiina tuottaa vuodessa rakennusjätettä 15 miljoonaa tonnia, josta nykyään kierrätetään 10%
  - Kiinan sementinvalmistuksen kasvihuonekaasupäästöt olivat 782 MtCO<sub>2</sub>e vuonna 2018
  - Suomalaisyrittäjien Kiinaan 2019 toimittama robotoitu rakennus- ja purkujätteen lajittelulinja on toinen lajissaan Kiinassa.
  - Rakennusjätteen kierrätysasteen parantamisella sementintuotannon kasvihuonekaasupäästöjä voitaisiin vähentää. Oletetaan, että suomalaisen teknologian avulla kierrätetty materiaali vähentäisi neitseellisen sementintuotannon päästöjä 1% vuodessa.
  - Tämä vastaisi globaalia, vuotuista 7,8 MtCO<sub>2</sub>e/a kädenjälkivaikutusta pelkästään Kiinan rakennusjätteen kierrätysmarkkinoille suunnatuilla ratkaisulla.

Nykyinen vientituote

Potentiaalinen  
kädenjälki:  
n. 8 MtCO<sub>2</sub>e/a (pot.)



Lähteet: Sullivan & Sullivan (2019), Statista (2020), ZenRobotics (2019, 2020)

# KÄDENJÄLKITARKASTELUN TULOKSET: VERKOSTO AVAINTEKNOLOGIOISTA



# VERKOSTOANALYYSI: MITÄ, MIKSI, MITEN?

Verkosto on yleinen sana, mutta mitä tässä on tehty?

## MITÄ?

- Verkostoanalyysi on yleisnimi matemaattisille analyyseille, jossa tutkitaan keskenään verkostoituneiden objektien muodostaman verkoston ominaisuuksia. Eli: lasketaan indeksejä, suureita, vertailuja verkostoille ja niiden yksittäisille elementeille (=noodeille)

## MIKSI?

- Teknolomiteollisuuden osat kytkeytyvät toisiinsa monin tavoin; samoin avainteknologiat kytkeytyvät toisiinsa. Kytkentä voi esim. liittyä materiaaliin (jokin teknologia tarvitsee tiettyä materiaalia), energiaan, ICT:hen, kestävään raaka-aineeseen jne. Kun luodaan avainteknologioiden lista ja analysoidaan niiden kytkennät, saadaan kvantifioitua verkostosta mm. keskeiset teknologiat, "välittäjät ja mahdollistajat" jne. Mikäli tietty teknologia esim. mahdollistaa eniten muita, on sillä suuri paino.

## MITEN?

- Verkostoanalyysi lähti organisaatioiden analyysistä: kuka puhuu kenen kanssa... SNA (Social Network Analysis)-nimen alla löytyvät algoritmit ja työvälineet, joita tässä on sovellettu teknologioihin ja tuotteisiin

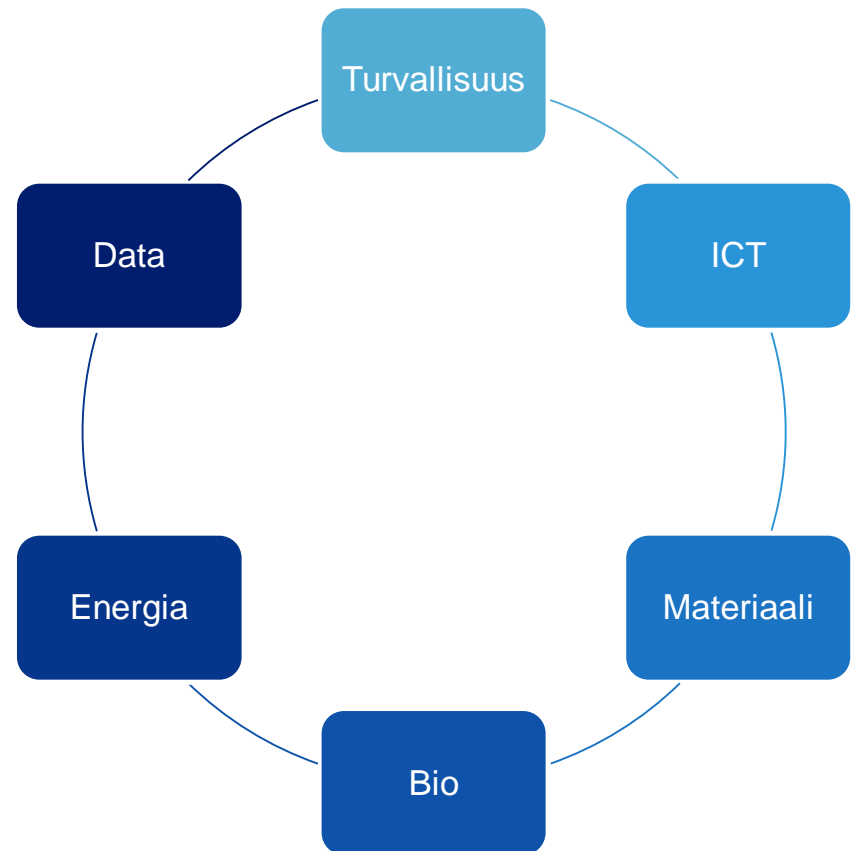
# YDINALUEET: TEKNOLOGIAHUBIT

Analyyysiä tehtäessä tietyt yleisemmät alueet, joihin eri teknologiat kytkeytyvät, nousivat esille.

Teknologiahubit, yhdistävät kokonaisuudet

- **Turvallisuushubi**  
Toiminnan varmuuden ja turvallisuuden varmistamiseen liittyvät teknologiat/tuotteet
- **Datahubi**  
Puhtaasti dataan ja sen keräämiseen liittyvät teknologiat/tuotteet
- **Materiaalihubi**  
Erilaisiin materiaaleihin, niiden valmistamiseen ja jalostamiseen liittyvät teknologiat/tuotteet
- **Energiahubi**  
Energiaan erityisesti liittyvät teknologiat/tuotteet
- **ICThubi**  
Ohjelmistoihin (mm. tekoäly), tietokoneisiin, sensoreihin, mobiiliteknologiaan jne liittyvät teknologiat/ tuotteet
- **Biohubi**  
Ei täysin tyylipuhdas määritelmä: sisältää välillä keskenään sekoitetut **biopohjaiset** ja **bioteknologia**-teknologiat/tuotteet

Hubit ovat myös keskenään verkottuneet



# MIKÄ ON HUBIEN "VAIKUTUSVALTA"?

Verkostosta voi useammalla tavalla laskea, mikä on yksittäisen noodin "voima"; kyky vaikuttaa eri puolilla verkostoa

## Kommentit

- Turvallisuus, Data ja ICT dominoivat vaikutusvallassa.
- Tämä ei ole odottamatonta – niiden kasvava läsnäolo kaikkialla on hyvin tiedossa
- Parhaillaan on meneillään kiihkeä hyökkäys biologista turvallisuutta vastaan (COVID19), jonka siivellä kyberhyökkäykset ovat voimistuneet ja laitosten/toimintojen turvallisuuden varmistaminen on hankalampaa.
- Materiaalien vaikutusvalta on suurempi kuin Energian ja Bion; materiaasta saa energiaa ja biomassaa on materiaali, mutta hubeissa on kuitenkin eroa – ja digitaalisen vallankumouksen kanssa kilpailee materiaalivallankumous

## "Vaikutusvaltaindeksi", suuri=vahva



Indeksien numeeriset arvot kuvastavat hubien roolia verkostossa suhteensa toisiinsa, ja ne ovat vertailukelpoisia vain keskenään.



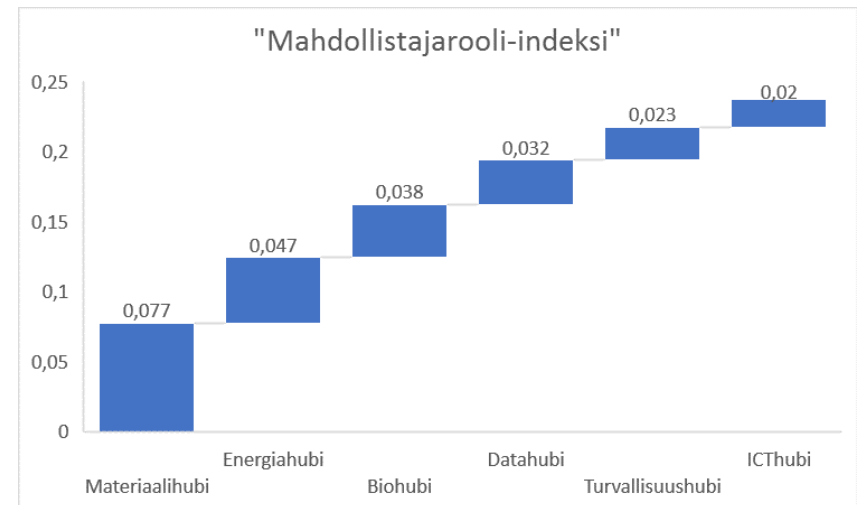
# MIKÄ ON HUBIEN ”MAHDOLLISTAJAROOLI”?

Verkostosta voi samoin laskea, mikä on yksittäisen noodin asema ”välittäjänä/mahdollistajana”; asema eri teknologioiden välissä

## Kommentit

- Materiaalit, Energia ja Bio ovat (samassa keskinäisessä järjestyksessä kuin ”vaikutusvallassa) kärjessä mahdollistajina/välittäjinä. Data, Turvallisuus ja ICT seuraavat.
- Tämä on myös järkeenkäypää. Uudet ja ilmastotehokkaat materiaalit mahdollistavat myös ICT-hardwaren; olemme itse materiaa ja vaikka digitaalisuus lisääntyy, ei se tarkoita että se dominoi kaikkea

## ”Mahdollistajaindeksi”, suuri=vahva



Indeksien numeeriset arvot kuvastavat hubien roolia verkostossa suhteensa toisiinsa, ja ne ovat vertailukelpoisia vain keskenään.

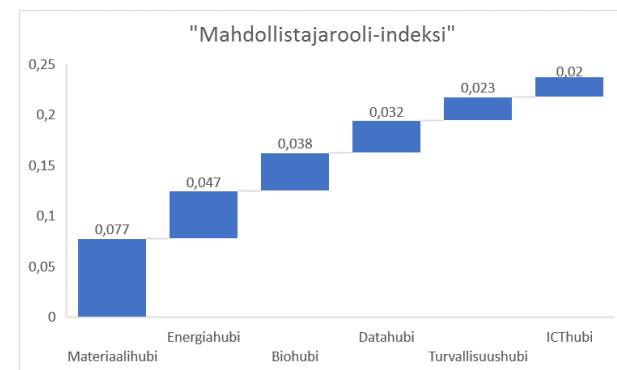
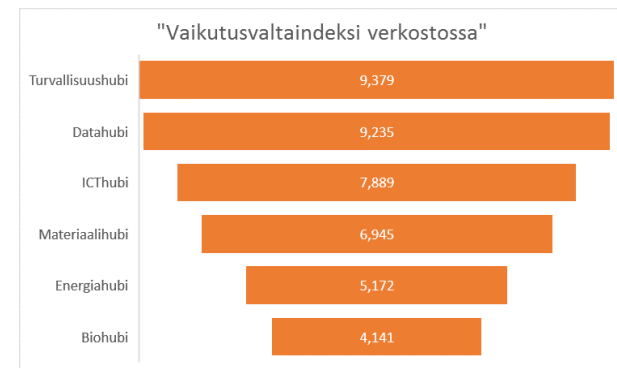
# HUBIT JA TKI-PANOSTUS?

On olemassa monta muuta asiaa, mitä myös voi laskea, mutta pääjohtopäätöksiä voi vetää

## Kommentit

- Mikään yksittäinen alue ei ole täydellisen hallitseva: nämä kuusi hubia liittyvät yhteen ja ovat kaikki osa avainteknologioita
- Jos olisi pakko tämän pohjalta poimia kaksi huomiota, voisi todeta
  - **materiaalit** (ja niiden taustalla olevat prosessit), muita ilmastotehokkaammat sellaiset jotka myös mahdollistavat erilaisia muita ratkaisuja, ovat olleet ja voivat jatkossakin olla Suomen kovaa kärkeä
  - **turvallisuuden** rooli todennäköisesti kasvaa, oli sitten kyse esim. materiaalista tai arvoketjujen, laitosten ja energiajärjestelmien suojelulta kyberhyökkäyksiltä – kyberhyökkäyksen negatiivinen ilmastovaikutus voi olla hyvin suuri, vältetty sellainen vastaavasti iso kädenjälki

## Vaikutusvalta ja mahdollistajuus



Indeksien numeeriset arvot kuvastavat hubien roolia verkostossa suhteensa toisiinsa, ja ne ovat vertailukelpoisia vain keskenään.



# LÄHTÖKOHTA: AVAINTEKNOLOGIOIDEN JA –TUOTTEIDEN LISTA

**Luotu klusteri kerrallaan, alhaalta ylös, jotta sitten analysoidaan ylhäältä alas**

- Energiatehokkaat polttomoottorit meriliikenteessä
- Hiilineutraaleja energianlähteitä käyttävät moottorit meriliikenteessä
- Satamatoimintojen optimointi
- Ruostumaton teräs
- Prosessiteknologiat kaivos- ja metalliteollisuudessa
- Fossiilittoman teräksen valmistus
- Kyberturvallisuus
- Laitos- ja tehdassuunnittelu
- Energiatehokkaat rakennukset
- Tietoliikenne: 5G v. 4G ja 3G
- Tehokkaampi tekoäly
- IoT-ratkaisut valmistavassa teollisuudessa
- Erikoisrobotit esim. kierrätyksessä
- Yhdistelmä private cloudia ja sensorteekniikkaa (plug-in-IoT+private cloud esim. tuotantolaitokselle)
- Bioenergiateknologia
- Taajuusmuuttajat
- Synteettisten polttoaineiden valmistusteknologia
- Solu- ja bioteknologia
- CCS/CCU-teknologiat
- Cell factory = solumainen tuotanto
- Vedenpuhdistusteknologia
- Akkukemikaalien kierrätysteknologia
- Tekstiilien kierrätysteknologia
- Kiinteistöautomaatio
- Liukuporras- ja hissitekniologia
- Valaistus
- Metsäkoneet
- Nosto- ja siirtolaitteet
- Sähköautojen latausinfrastruktuuri

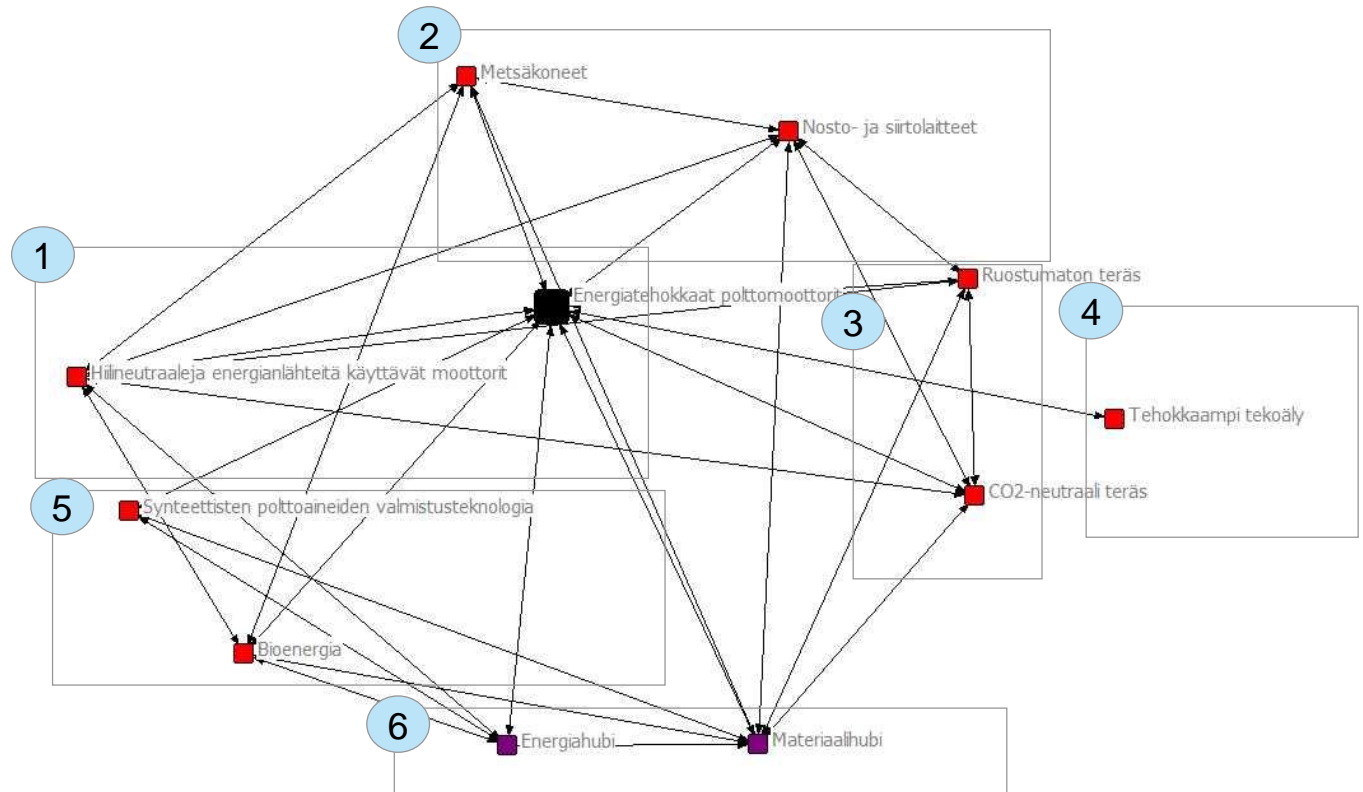
# AVAINTEKNOLOGIAT, TUOTTEET JA PROSESSIT VERKOSTOSSA

Esimerkki verkoston sisältä: yksi piste ja kaikki yhden kytkennän etäisyydellä

Kommentti

Verkosto ”energiatehokkaiden polttomoottoreiden” välittömässä ympäristössä

- 1 Moottorit
- 2 Laitteita joihin moottorit
- 3 Materiaaleja
- 4 Ohjaukseen/ automaation älyä
- 5 Polttoaineita
- 6 Kaksi hubia: energia- ja materiaalihubi



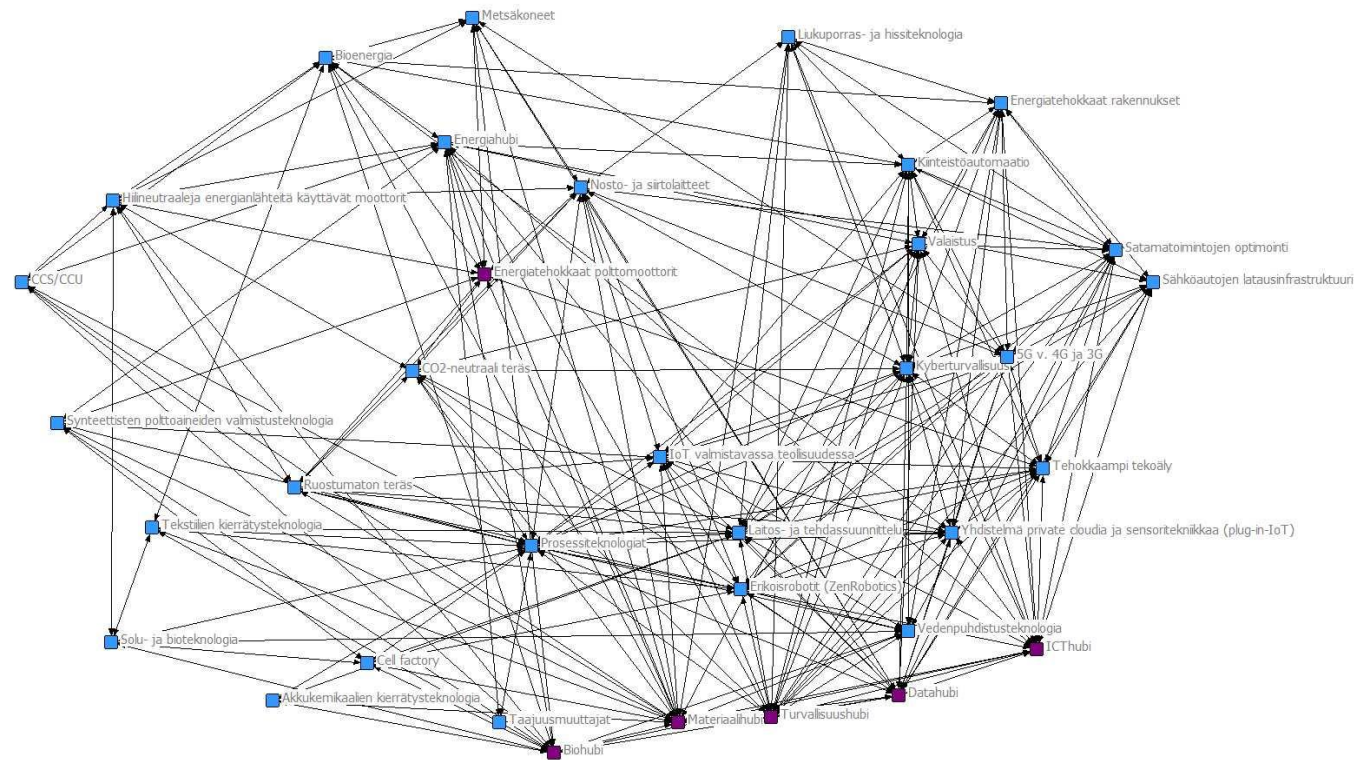
# AVAINTEKNOLOGIAT, TUOTTEET JA PROSESSIT VERKOSTOSSA

Esimerkki verkoston sisältä: yksi piste ja kaikki kahden kytkennän etäisyydellä

Kommentti

Verkosto ”energiatehokkaiden polttomoottoreiden” kahden asteen/kytkennän ympäristössä

- Yksi aste lisää, ja verkko ”räjähtää” joka suuntaan
- Syy, miksi analyysimenetelmät on kehitetty



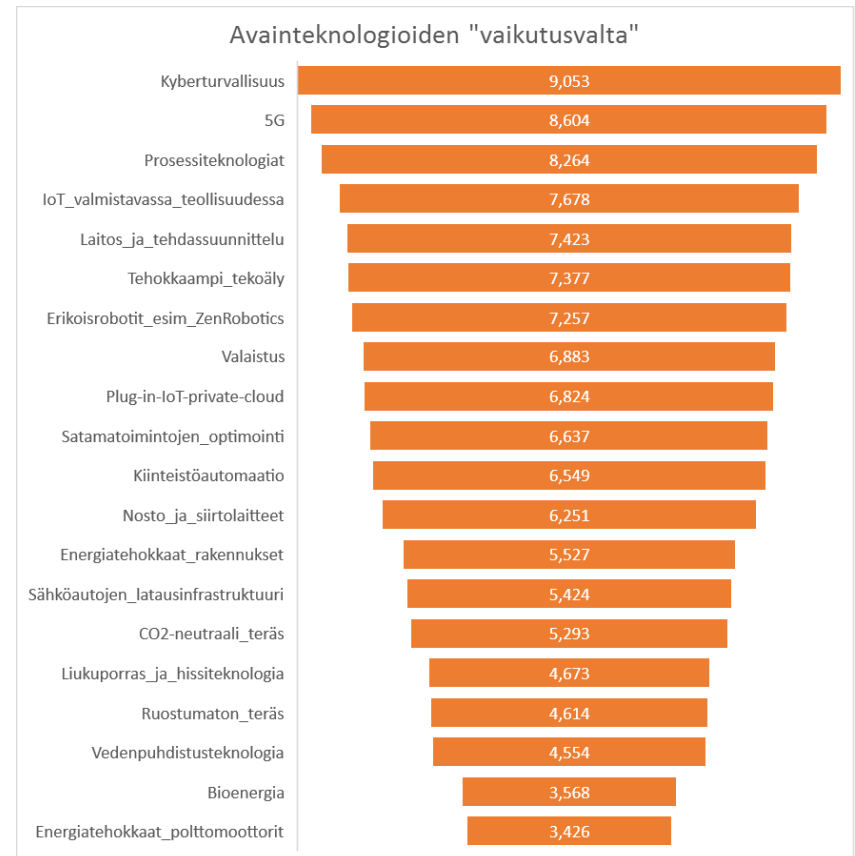
# MIKÄ ON AVAINTEKNOLOGIOIDEN "VAIKUTUSVALTA"?

Verkostosta voi useammalla tavalla laskea, mikä on yksittäisen noodin "voima"; kyky vaikuttaa eri puolilla verkostoa

## Kommentit

- Vaikutusvallassa nousevat kärkeen toisaalta kyber/ICT ja robotiikka, toisaalta prosessit ja laitossuunnittelu
- Huomioinarvoisia nousijoita: valaistus (kehittyvä ala, mahdollisuus säästää paljon), ja yhdistelmät (esim IoT+tehdaskohtainen pilvi)
- Teräkset, hissit, nostolaitteet ja rakennukset yhdistävät alueita ja ovat mukana vaikkakin usein vähemmällä huomiolla

## "Vaikutusvaltaindeksi", Top-20



Indeksien numeeriset arvot kuvastavat teknologioiden roolia verkostossa suhteensa toisiinsa, ja ne ovat vertailukelpoisia vain keskenään

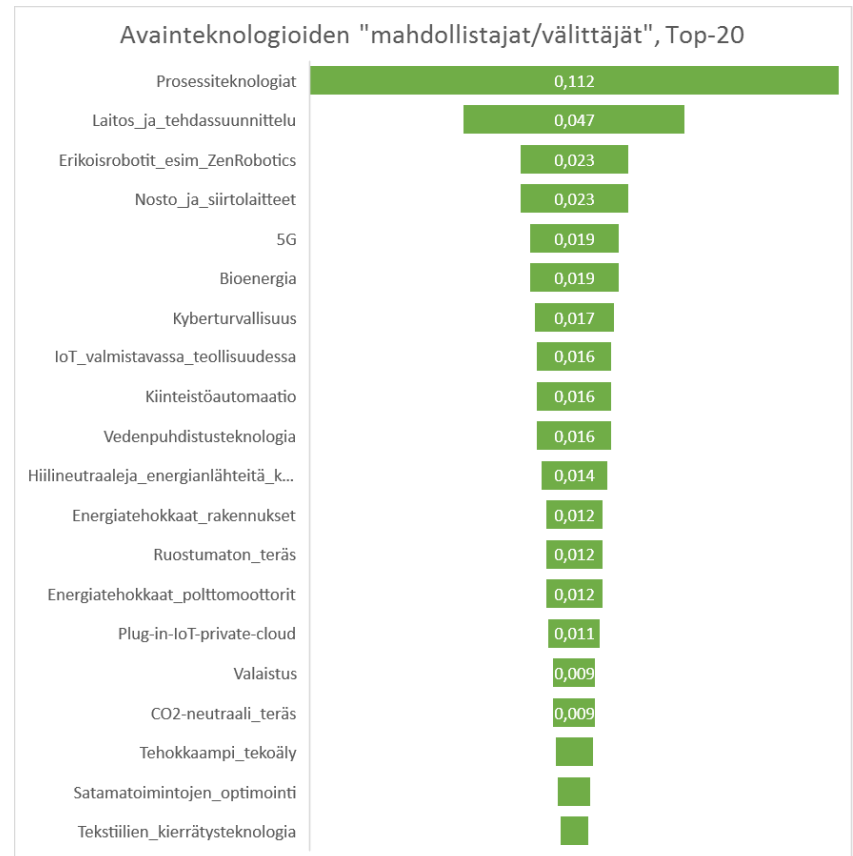
# MIKÄ ON HUBIEN ”MAHDOLLISTAJAROOLI”?

Verkostosta voi samoin laskea, mikä on yksittäisen noodin asema ”välittäjänä/mahdollistajana”; asema eri teknologioiden välissä

## Kommentit

- Huomattavin ero ”vaikutusvaltaan” on prosessiteknologian ylivoimainen asema ja laitossuunnittelun nousu.
- Muuten päällekkäisyys on selkeä: kyber+ICT+robotiikka, teräkset, jatkavat korkealla.
- Suuren tasaisuuden takia paikkojen vaihtelu voisi tapahtua sangen helposti hännässä

## ”Mahdollistajaindeksi”, Top-20



Indeksien numeeriset arvot kuvastavat teknologioiden roolia verkostossa suhteensa toisiinsa, ja ne ovat vertailukelpoisia vain keskenään



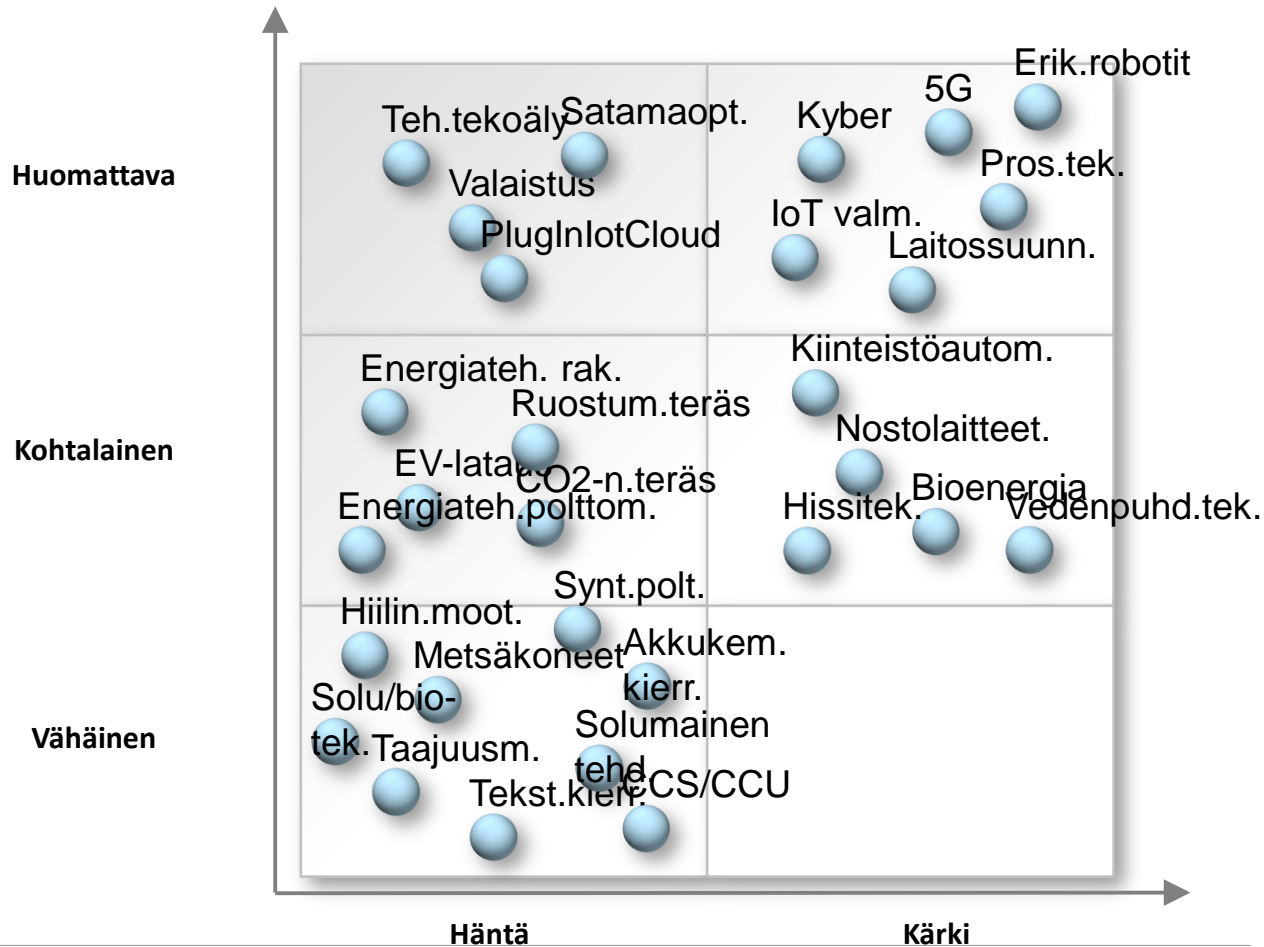
# AVAINTEKNOLOGIOIDEN VERKOSTO: RYHMITTELY

## Roolit ja painotukset yhdistettäväksi vaikutuksiin

- Erottuu joukko joka on kärkeä (Top-10) "mahdollistajina" ja huomattavan vaikutusvaltaisia verkostossa:

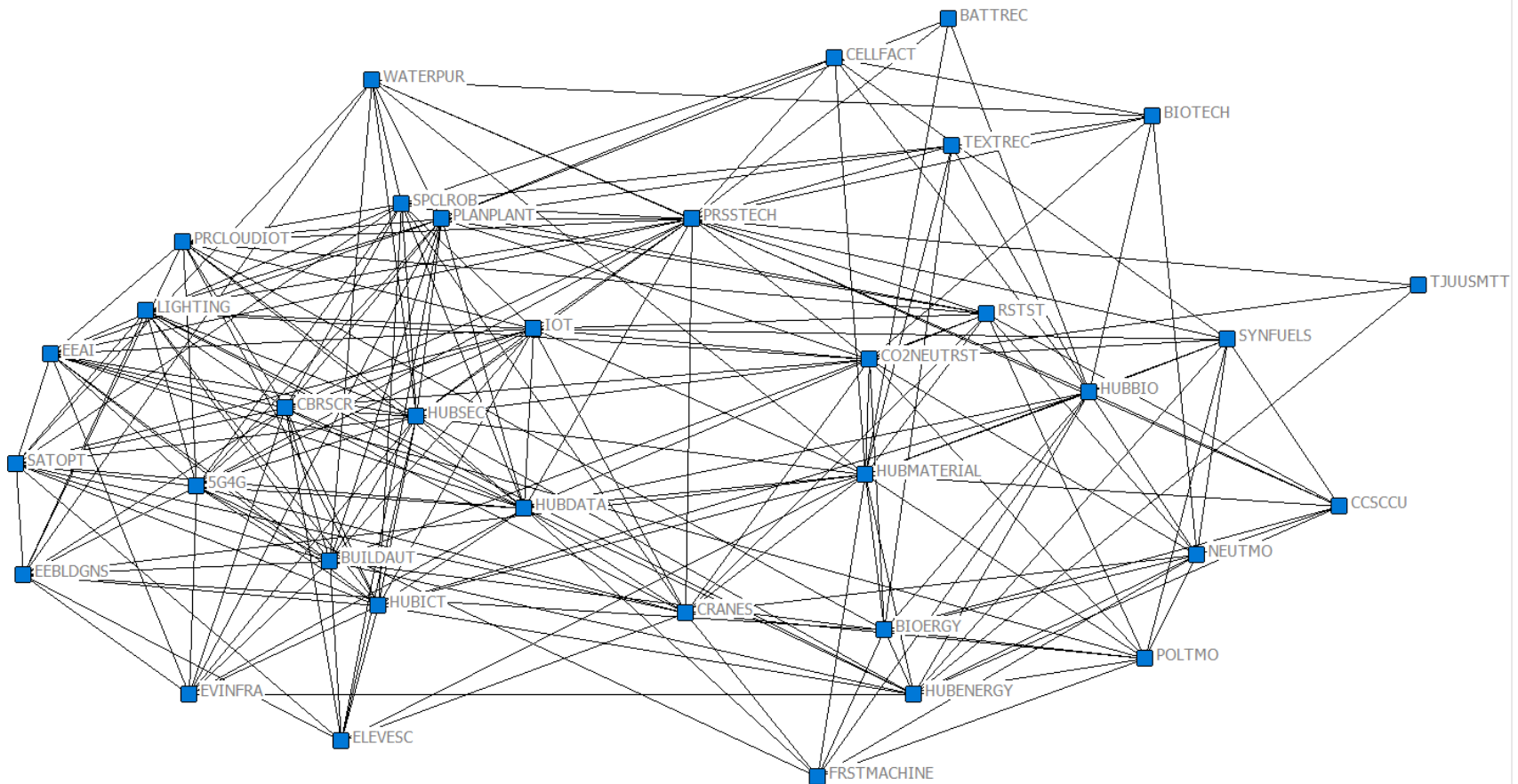
- erikoisrobotit
- kyberturvallisuus
- prosessiteknologia
- IoT valmistusteknologiassa
- Laitos- ja tehdassuunnittelu
- 5G seuraajineen

"Vaikutusvalta"



# TUNNISTETUISTA AVAINTEKNOLOGIOISTA MUODOSTUVA VERKOSTO “RAAKANA”

Analyyysi on verkostoissa tarpeen: ihmissilmälle vähänkään monimutkaisempi verkosto ei helpolla avaa salojaan



# OSAAMISTARVE KERTAA KOLME

## Johdettuna verkostosta

- Puuttumatta siitä missä/miten osaaminen koulutuksen osalta tapahtuu, voidaan todeta verkoston pohjalta kolmenlainen osaamisen painotettu tarve:
  - **mahdollistaviin teknologioihin/hubeihin panostaminen:** ”integroiva” opetus jossa mahdollistavat teknologiat kytketään sovelluskohteisiin enemmän kuin nykyään
  - **”keihäänkärkiin” panostaminen:** erikoistuneemmat, usein pitkän osaamisketjun päät
  - **uudet yhdistelmät:** eri mahdollistavien tai väliteknologioiden kytkentä lopputuotteeseen: missä löytyy uusia lupaavimpia yhdistelmiä suurelta osin olemassa olevasta suomalaisesta teknologiasta

# KÄDENJÄLKITARKASTELUN TULOKSET

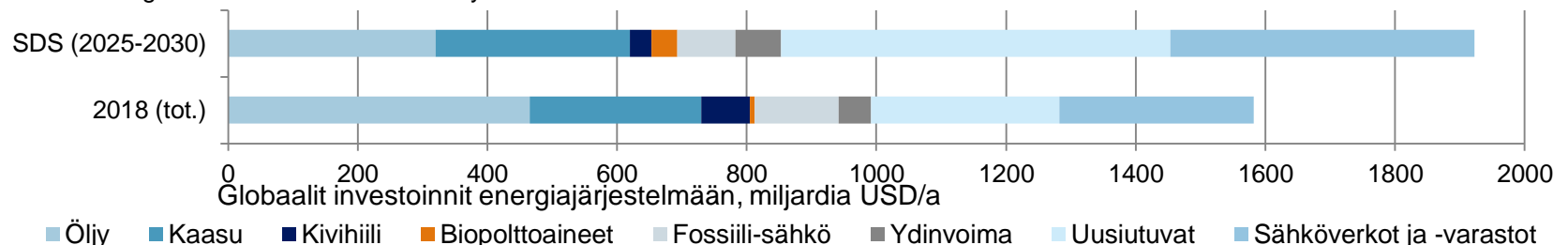
## VIENTIPOTENTIAALI



# ILMASTONMUUTOKSEN HILLITSEMINEN JA SIIHEN SOPEUTUMINEN TARJOAA VIENTIMAHDOLLISUUKSIA

## Paitsi taso, erityisesti kohdentuminen

- On selvää, että ilmastomuutoksen hillitseminen ja siihen sopeutuminen esimerkiksi kahden asteen skenaarion mukaisesti tarkoittaa globaalien fossiilitalouden korvaamista *uudenlaisilla toimintatavoilla kaikilla yhteiskuntien pääaloilla*.
  - Tämä avaa mahdollisuuksia niille, jotka löytävät niche-alueensa ja luovat kilpailuetua alussa. Toisaalta markkinamuutos on uhka niille, jotka eivät uudista tarjontaansa.
- Globaalilla tasolla *ilmastonmuutoksen hillinnän ei arvioida edellyttävän valtavaa investointitason nostoa*, mutta investointien täytyy *kohdentua* nykyistä kestävämpiin kohteisiin
  - IEA on arvioinut kestävä kehityksen skenaarion (SDS) tarkoittavan noin 20 % nousua investointitasoon verrattuna nykytilaan. Sen sijaan investointien esimerkiksi uusiutuvaan energiantuotantoon olisi nouseva yli 100 %.



Lähde: IPCC (2018), EU-komissio (2019), IEA (2020)

## Arvioita lisäinvestointien tarpeesta

- EU-komissio on arvioinut EU:n 2030-tavoitteiden edellyttävän vuotuisia 260 miljardin euron investointeja
- IPCC:n arvion mukaan globaali lisäinvestointitarve on nykypolitiikkatoimien ja 1,5 asteen skenaarion välillä vuosittain pelkästään energiajärjestelmään liittyen 830 miljardia USD vuosittain (2016–2050)
  - Kokonaisinvestoinnit energiajärjestelmään noin 2,5 % globaalista BKT:sta, noin 2400 miljardia USD vuosittain (2016–2035)
  - Vuonna 2050 vuosittaiset investoinnit vähähiiliseen energiaan ja energiatehokkuuteen ovat kuusinkertaiset verrattuna vuoteen 2015.
  - 1,5 asteen skenaariot lisäävät energiaan liittyviä investointeja n. 12 % verrattuna 2 asteen skenaarioihin

# TEKNOLOGIATEOLLISUUDEN TAVARA- JA PALVELUVIENTI SUOMESTA ON 45 MILJARDIA EUROA

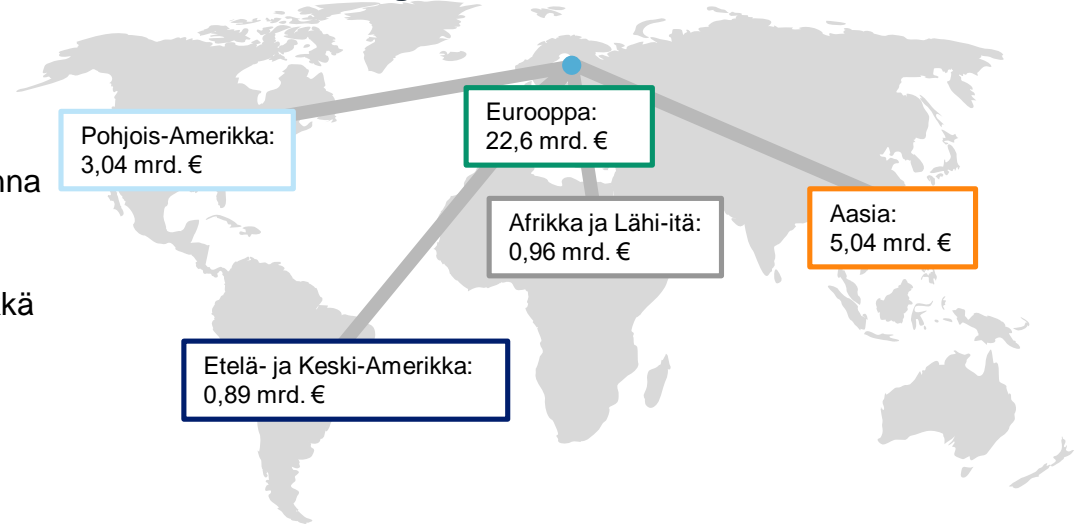
## Suomen teknologiateollisuuden tavaravienti vuonna 2018

### Taustaa

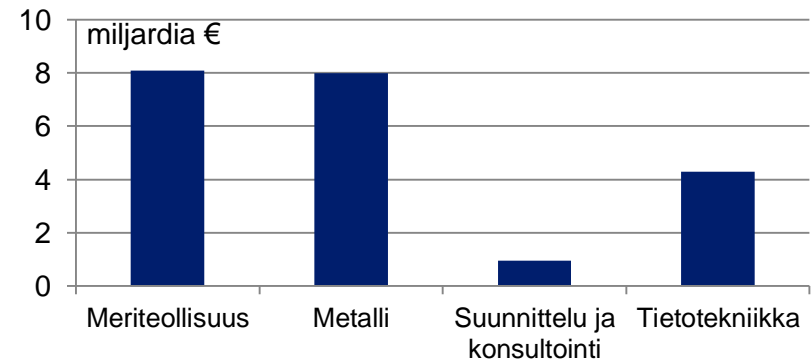
- Teknologiateollisuuden tavaraviennin arvioidaan olleen 32,5 miljardia euroa ja palveluviennin noin 13 miljardia euroa vuonna 2018.
- Euromääräisesti päämarkkina-alueet ovat Eurooppa, Aasia ja Pohjois-Amerikka. Pelkkä Länsi-Eurooppa kattaa yli 50 % tavaraviennistä.
- Erityisen merkittävä vaikutus on nykyisten vientialueiden perusteella Euroopan kehityksellä. Kuitenkin Aasia ja kehittyvät markkinat ovat nopeasti kasvavia markkina-alueita (myös CO<sub>2</sub>-päästöiltään).

### Klusterit tässä työssä

- Tässä työssä tarkasteltiin kymmentä klusteria, joista osa on vakiintuneempia kuin toiset. Kaikille klustereille ei ole olemassa tilastoitua arviota liikevaihdosta tai viennin osuudesta.
- Niiden klusterien, joille arvio viennistä on käytettävissä, vienti on noin 21 miljardia euroa.
- Huom: tarkastelu kattaa vain 4/10 klustereista.



### Vientiklusterit



Lähde: Teknologiateollisuus ry (2020): Vientitilastot.

# ILMASTORATKAISUIDEN VIENTI SUOMESTA TULEVAISUUDESSA

## Tuotteiden ja palveluiden lisäksi ilmastoratkaisuiden muut ulottuvuudet on tunnistettava

- Tuotteet
  - Suomessa valmistetut tuotteet, kuten materiaalit, koneet, laitteet, kuluttajatuotteet, ohjelmistot, palvelutalouden alustat, muodostavat perinteisen ilmastoviennin ytimen.
- Energia
  - Suomessa tuotetun päästöttömän energian vienti naapurimaihin näyttäytyy mahdollisena tulevina vuosikymmeninä. Tällä hetkellä Suomi on vahvasti tuontiriippuvainen esimerkiksi sähkön osalta.
- Teknologia
  - Suomessa kehitetyn teknologian ja IPR:n lisensointi maailmalle (ja maailmalta). Suomalaiset yritykset vievät kehittämänsä teknologiaa maailmalle kansainvälistymällä ja myös investoimalla itse suoraan muihin maihin.
- Tieto
  - Suunnittelu- ja konsultointipalvelut vievät tietoa, konsepteja ja ratkaisuja. Korkeatasoinen tutkimus (julkinen ja yksityinen) ja tutkittu tieto yhteiskunnan dekarbonisaatiosta ovat mitä tärkeimpiä näkymättömiä vientituotteita.
- Pilotointi- ja kehitysympäristö
  - Suomella on monia vahvuuksia toimia uusien teknologisten innovaatioiden pilotointiympäristönä myös ulkomaisille toimijoille.
- Johtajuus
  - Ilmasto- ja energiajohtajuus kansainvälisellä kentällä niin politiikassa kuin liike-elämässä. Lopulta (ensisijaisesti) tässäkin muutoksessa on kyse ihmisistä, ja rohkeaa johtajuutta ei ole liiaksi. Liike-elämässä johtajuus näkyy paitsi bisneksen suuntaamisena ja ilmastotavoitteisiin sitoutumisena, myös monin jokapäiväisin valinnoin yrityksessä. Esimerkiksi kestävät hankinnat vaikuttavat läpi kansainvälisten toimitusketjujen.

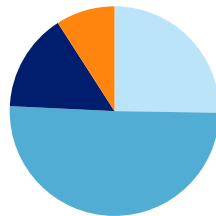
# ILMASTORATKAISUIDEN VIENTIPOTENTIAALIN HAVAINNOLLISTAMINEN ESIMERKILLÄ\*

## Vertailun perustaa

- Jos oletetaan, että läpi toimialojen investointitarpeet kehittyisivät samalla tavoin kuin IEA ja IPCC arvioivat energijärjestelmän osalta
  - Kestävän kehityksen skenaariossa (IEA: SDS)
    - Investoinnit nousisivat kokonaisuutena noin 20 %
    - Investoinnit vähäpäästöisiin ratkaisuihin nousisivat yli 100 %
- Suomen koko tavara- ja palveluviennin arvo oli 91 miljardia euroa (38 % BKT:sta) vuonna 2018.
  - Suomen vientiteollisuus valmistaa paljon investointihyödykkeitä, joiden osuus oli noin 25 % tavaraviennistä.
  - Moninaiset tietotekniikkapalvelut ovat merkittävä palveluviennin erä

## Suomen tavaravienti 64 mrd. €

- Investointitavarat
- Raaka-aineet ja tuotantohyödykkeet
- Kulutustavarat
- Energiatuotteet

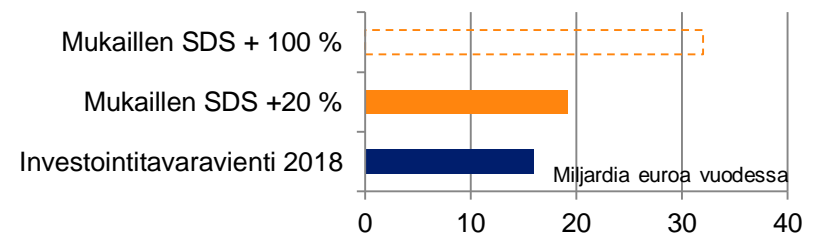


\*Huom: ilmatoratkaisuilla on kysyntää myös muissa kategorioissa kuin investointihyödykkeissä, vaikka tässä havainnollistus on tehty investointien pohjalta. Vaikutukset vientiin ovat tosiasiallisesti erittäin paljon monimutkaisempia

Lähteet: Elinkeinoelämän keskusliitto (2019); IEA (2020), IPCC (2018)

## Mitä voisi tarkoittaa Suomelle

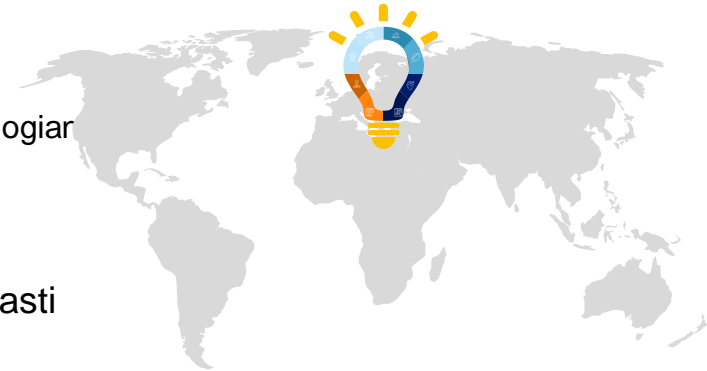
- Olettaen investointien kokonaisuutena nousevan +20% ja tämän näkyvän suoraan Suomen investointihyödykeviennissä, tarkoittaisi tämä Suomen vuotuiselle viennille yli 3 miljardin euron kasvua.
- Jos huomioidaan vähäpäästöratkaisuille merkittävästi kasvu, josta Suomi hyötyisi vastaavasti tai enemmän, voisi vientipotentiaali olla merkittävästi suurempi.
  - Esimerkiksi olettaen, että suomalaiset investointihyödykkeet palvelevat ainoastaan vähäpäästöisiä ratkaisuja ja näiden investointitaso kaksinkertaistuisi IEA:n skenaarioita mukailien, tarkoittaisi tämä jopa noin 16 miljardin euron lisävientiä (ei rajoituen teknologiateollisuuteen).





# VIENTIPOTENTIAALIN REALISOIMINEN EI KUITENKAAN OLE SUORAVIIVAISTA

- Todellisuudessa Suomen cleantech-vienti on kehittynyt viime vuosina toivottua hitaammin.
- Selkeästi parannettavaa on ollut muun muassa energiamurroksen hyödyntämisessä.
  - Maailmalla erityisen nopean kasvun aloja ovat olleet aurinko- ja tuulienergia, sähkön varastointiteknologiat, sähköinen liikenne sekä erilaiset joustoratkaisut.
  - Suomen vahvuudet energiatehokkuuden, bioenergian ja CHP-teknologiar saralla ovat hyötyneet murroksesta vain rajallisesti.
  - Ratkaisuksi on tarjottu IT-sektorin vahvaa osaamista integroitumista digitaalisiin ratkaisuihin.
- Tässä työssä tunnistetut avainteknologiat tarjoavat huomattavasti rikkaamman kuvan Suomen vientimahdollisuuksista ilmastoratkaisuiden kasvavilla markkinoilla kuin vain energiateknologiaan keskittyvä tarkastelu.
  - Silti menneestä on syytä ottaa oppia: on tunnistettava missä ollaan jo maailmanluokkaa ja tunnustettava kuinka tärkeä rooli on yritysten kyvyllä uudistua muuttuvan maailman tarpeisiin sopeutuen.
  - Teknologiateollisuuden vähähiilitiekartta kokonaisuudessaan tarjoaa vahvaa selkänöjää tulevien ratkaisuiden laaja-alaiselle kehittämiselle



Lähteet: Aalto-yliopisto: Smart Energy Transition (2017)

# TKI JA OSAAMINEN



# TKI-PANOSTEN KOHDISTAMISEEN TIEKARTTA TARJOAA TUKEA MONELLA TAVALLA

## Klusterit

- Tässä työssä on tarkasteltu kymmentä teknologiateollisuuden klusteria, joille on identifioitu avaintuotteita ja –teknologioita.
  - Avainratkaisuihin sisältyy sekä nykyisiä että kehityksen kohteena olevia ratkaisuja.
- **Kukin klusteri tarjoaa useita erittäin potentiaalisia aihioita TKI-panosten kohdentamiseen sekä ekosysteemien luomiseksi**

## Avain- teknologiat

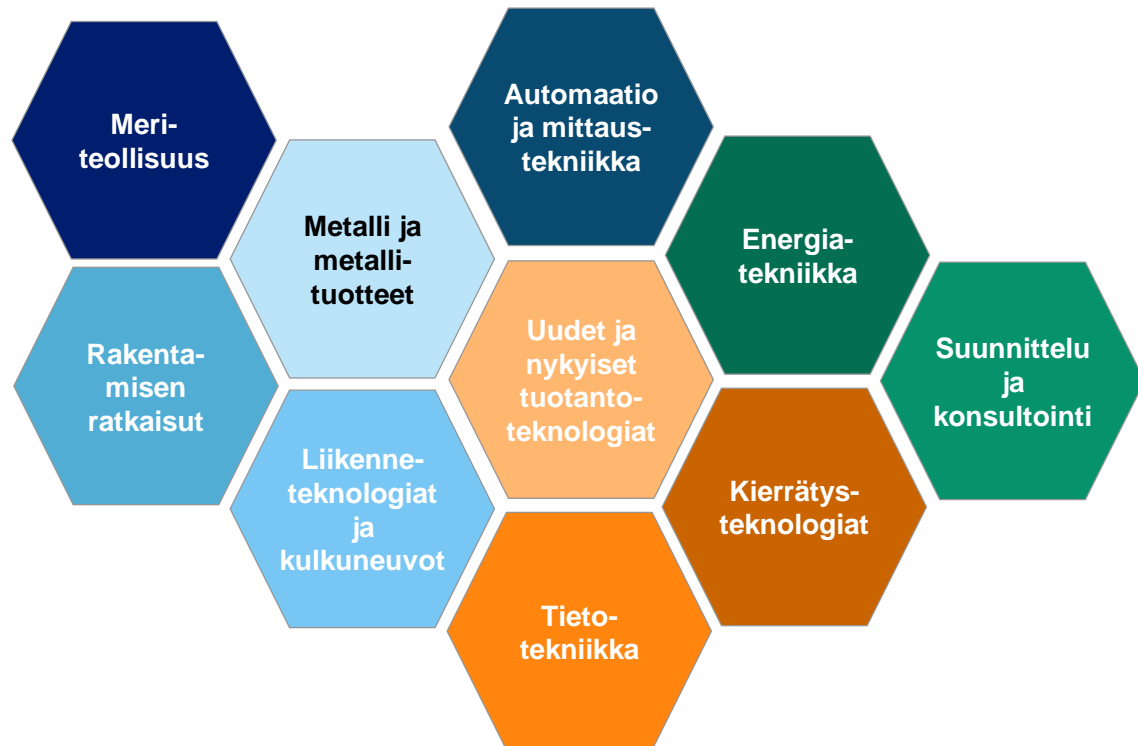
- Valittujen avainteknologioiden globaalia potentiaalista päästövähennysvaikutusta arvioitiin olettaen tietty markkinaosuus ja vientipotentiaali.
- **Valitut avainteknologiat ovat konkreettisia esimerkkejä siitä, millaisiin hankkeisiin TKI-voimavaroja olisi syytä kohdentaa**

## Verkosto- analyysi

- Teknologiat eivät toimi tai kehity tyhjiössä (aivan kuten eivät yrityksetkään), vaan ne riippuvat ja mahdollistavat toinen toisiaan, minkä vuoksi avainratkaisuille on tehty verkostanalyysi
- **Verkostoanalyysin kaltaista lähestymistapaa voidaan hyödyntää pullonkaulojen ja ehdottomasti toteutuvaksi vaadittavien kehityskohteiden tunnistamisessa**

# SUOMESSA ON JO MENESTYVIÄ VIENTIKLUSTEREITA SEKÄ ERINOMAINEN POHJA UUSIEN MENESTYSTARINOIDEN KASVATTAMISEEN

- Suomessa on jo erittäin vahvoja klustereita, jotka toimittavat merkittäviä ilmastoratkaisuja ympäri maailman.
  - Esimerkiksi *meriteollisuuden* ja *metallinjalostuksen* ratkaisut ovat jo vuosikymmeniä olleet suomalaisen teollisuuden selkärankaa.
- Työssä on tunnistettu myös uusia mahdollisuuksia voimistaa globaalia kädenjälkeä. Uusilla aihioilla on potentiaali avata uusia vientirintamia.
- Teknologiateollisuuden ilmastoratkaisuja palvelevat klusterit tukevat toinen toisiaan.



# KLUSTERIEN JA VERKOSTOJEN YHTÄAIKAINEN KEHITTÄMINEN

Klusterit ovat pidemmältä ajalta osa suomalaista ajattelua, verkostot ja ekosysteemit sanallisesti tutumpia, mutta ehkä käytännössä vähemmän tarkkoja



Klusteri: toisilleen "sukua" olevia, usein samoissa ketjuissa toimivia teollisuuden alasektoreita

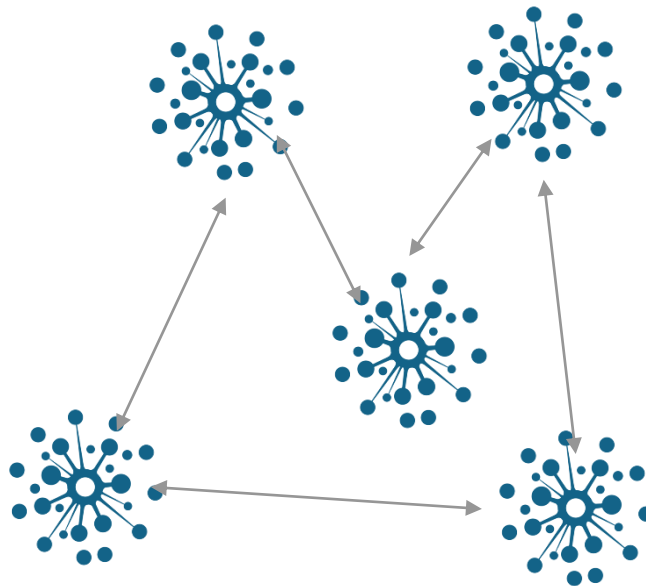


Verkosto: eritason ja -lajin kytkentöjä halki klustereiden

# PEUKALOSÄÄNTÖ NUMERO 1







## Verkostot ja klusterit toimivat tietyllä tavalla

- Monessa eri tutkimuksessa on käytännössä havaittu, että **verkosto** missä on joukko **keskenään tiiviisti kytkettyjä aliverkostoja** (=tässä, **klustereita**) jotka ovat **keskenään tiiviisti mutta harvoin linkein kytketyt** (=tässä, koko verkosto).



# PEUKALOSÄÄNTÖJÄ: KLUSTEREISTA VERKOSTO- EKOSYSTEEMEIHIN

## Kokempohjaisia sääntöjä monialaisten- ja kansainvälisten ekosysteemien kehittämisessä

-  **LUMIPALLOEFEKTI:** tarvitaan aluksi pieni, kova, tarpeeksi painava ydin yrityksiä ja osaamista. Kun ydin on tarpeeksi kova ja kytkentä aktiivista, se askel askeleelta kerää ympärilleen lisätoimijoita
-  **SANA KULISSEISSA:** mikäli mielenkiintoista tapahtuu, se leviää, ja ympäri maailmaa
-  **SISÄLTÖÄ:** moni asia on “ei-kenenkään” alueella, joten kukaan ei mieli niitä. Usein juuri nämä asiat kytkevät verkoston avainkohdista yhteen. On oltava toimija joka tuottaa tätä sisältöä – mielenkiintoista sellaista
-  **KILPAILULAINSÄÄDÄNTÖ:** Toiminnan ytimen täytyy olla esikilpailullista, on pystyttävä muovaamaan yhdessä tehtävä niin että kaikki noudattaa tätä. Erikseen muodostuu sitten kaupallinen, kilpailullinen yhteistyö.
-  **SOPEUTUVA TOIMINTATAPA:** Kun toimintaympäristö muuttuu, ja uudet kysymykset nousevat esille, on verkostonkin sopeuduttava nopeasti
-  **“LÄHES ITSEOHJAUTUVA VERKOSTO”:** Yksittäinen yritys vertaistensa joukossa voi harvoin olla vetäjä – paitsi kilpailutilanne, neutraalius on olennaista. Esikilpailullinen yhteistyö vaatii “puolueettoman” vetäjän, johon luotetaan ja joka osaa pitää tasapainotilan yllä

# AVAINTEKNOLOGIOIDEN KOKONAISLISTA KATTAÄ SEKÄ NYKYISIÄ MENESTYSTUOTTEITA ETTÄ UUSIA VIENTIKÄRKIÄ ARVOKETJUN ERI OSISTA

**Kaikkiaan työssä klustereilla tunnistettiin lähes 200 tuotetta tai teknologiaa, jotka ovat nykyisiä vientituotteita, kehityskohteita tai aukkoja markkinoilla**

- Taajuusmuuttajat
- Solu- ja bioteknologia
- Cell factory, solumainen tuotanto
- Laitos- ja tehdassuunnittelu
- Prosessitekniikat kaivos- ja metalliteollisuudessa
- Fossiilittoman teräksen valmistus
- Yhdistelmä private cloudia ja sensoritekniikkaa
- IoT-ratkaisut valmistavassa teollisuudessa
- Tehokkaampi tekoäly

## Valmistus ja jalostus

## Raaka-aineet ja energia

- Bioenergiateknologia
- Metsäkoneet
- Hiilineutraalit energianlähteet laivoihin
- Ruostumaton teräs

## Käyttö ja logistiikka

## Kierrätys

- Synteettisten polttoaineiden valmistusteknologia
- CCS/CCU-teknologiat
- Vedenpuhdistusteknologia
- Akkukemikaalien kierrätysteknologia
- Tekstiilien kierrätysteknologia
- Erikoisrobotit esim. kierrätyksessä

- Kiinteistöautomaatio
- Liukuporras- ja hissiteknologia
- Valaistus
- Nosto- ja siirtolaitteet
- Sähköautojen latausinfrastruktura
- Satamatoimintojen optimointi
- Kyberturvallisuus
- Tietoliikenne: 5G v. 4G ja 3G
- Tehokkaampi tekoäly
- Energiatohokkaat rakennukset
- Energiatohokkaat alukset meriliikenteessä



# AVAINTEKNOLOGIOIDEN ARVIOIDUT PÄÄSTÖVÄHENNYSVAIKUTUKSET KERTOIVAT SUURESTA VAIKUTTAVUUDESTA

- Verkosto paljastaa, kuinka kaikki avainteknologiat ovat merkittäviä toistensa kannalta
- Verkostossa on joitain teknologioita, joilla on keskeisempi rooli kokonaisuuden kannalta. Tällaisista teknologioista riippuvat monet muut
  - Esimerkkejä: prosessiteknologiat, laitossuunnittelu, robotiikka ja IoT teollisuudessa
- Toisaalta muutamat teknologiat, kuten meriliikenteen dekarbonisaatio, synteettiset polttoaineet ja hiilineutraali teräksentuotanto tarjoavat kaupallistuessaan lähes rajattomia vientimahdollisuuksia.

Rooli teknologia-verkostossa	Esimerkkejä avainteknologioista	Nykyisten tuotteiden kädenjälki esimerkkinä laskennalla, MtCO <sub>2</sub> /a	Kädenjälkipotentiaali nousussa oleville teknologioille, MtCO <sub>2</sub> /a
Keskeinen: vaikutusvalta, mahdollistaja	-Prosessiteknologiat -Laitos- ja prosessisuunnittelu -IoT valmistavassa teollisuudessa -Erikoisrobotiikka	5	13
Keskitason vaikuttaja	-Satamatoimintojen optimointi -Bioenergiateknologia -Valaistus -Hissit ja liukuportaat -Nosto- ja siirtolaitteet	5	3
Erikoistunut mutta enemmän erillään	-Laivojen energiatehokkuusratkaisut -Hiilineutraaleja energianlähteitä käyttävät moottorit meriliikenteessä -Ruostumaton teräs -Fossiiliton teräs -Taajuusmuuttajat -Synteettisten polttoaineiden valmistusteknologia -Älykäs sähköautojen latausinfra	10	39

Luvut kuvastavat avainteknologioiden arvioitua globaalia kädenjälkivaikutusta (MtCO<sub>2</sub>/a). Huom. Arviot ovat vain suuntaa-antavia, eivätkä kata kuin raportissa esitellyt esimerkit.

# KEHITYSPANOSTEN KOHDENTAMISESSA ON TUETTAVA PAITSI PERUSTUTKIMUSTA, ERITYISESTI SKAALAUSTA TEOLLISEEN MITTAKAAVAAN



# KÄDENJÄLKITARKASTELUN TULOKSET

## KLUSTERIKUVAUKSET:

A. MARKKINAT MAAILMALLA

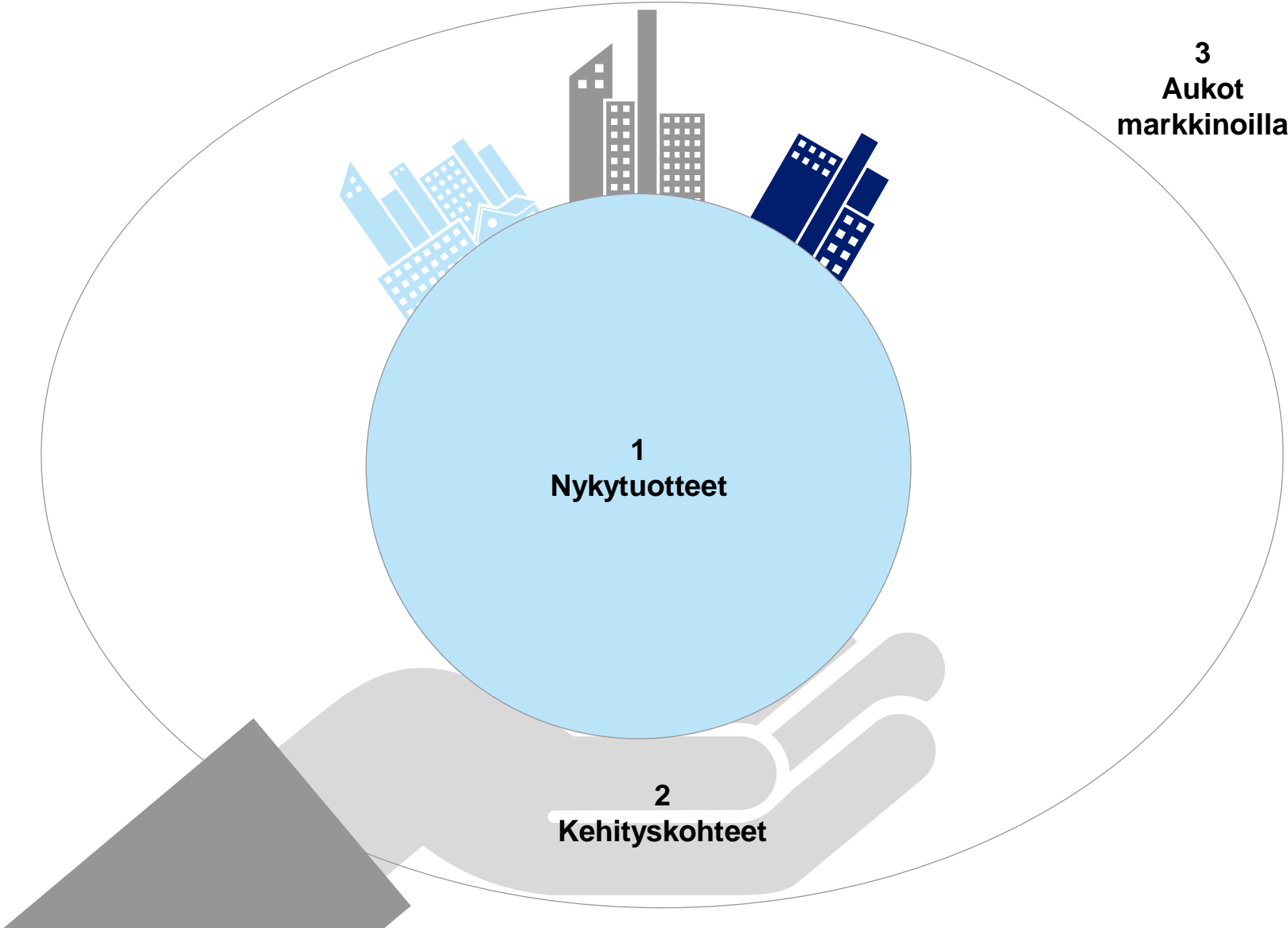
B. KLUSTERI SUOMESSA

C. KLUSTERIN PÄÄTEKNOLOGIAT

D. AVAINTUOTTEIDEN KÄDENJÄLKI



# LUKUAVAIN PÄÄTUOTEKALVOIHIN

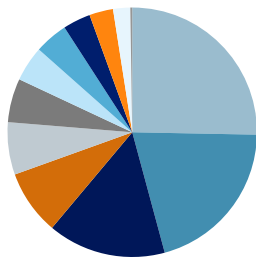


# 1A MERITEOLLISUUDEN KOHDEMARKKINAT GLOBAALISTI

## Globaalit meriliikenteen kasvihuonekaasupäästöt ovat luokkaa 900 MtCO<sub>2</sub>e/a eli 16-kertaisesti Suomen kokonaiskasvihuonekaasupäästöt

- Meriliikenne on elintärkeä kanava maailmantaloudelle: jopa 80 % kaikesta kaupan volyymistä globaalisti kuljetetaan meritse ja satamien läpi. Maailmalla operoi yli 50 000 kauppalausta.
- Globaalin kauppamerenkulun kasvu on sidottu maailmantalouden kehitykseen. Vuosille 2019-24 vuosikasvuksi arvioitiin +3,4 %.
- Meriliikennettä palveleva laivanrakennus on syklinen ja pääomaintensiivinen toimiala. Huolto- ja elinkaari palvelut ovat kasvava osuus liiketoiminnasta.
  - Vaikka 90 % maailman laivoista rakennetaan Kiinassa, Japanissa ja Etelä-Koreassa sijaitsevat Euroopassa suurimmat laitetoimittajat. Matkustaja- sekä erikoisaluksia rakennetaan edelleen pääosin Euroopassa.
- Laivojen keskimääräinen käyttöikä on 21 vuotta.

Meriliikenteen globaalit CO<sub>2</sub>-päästöt alusluokittain



- Konttialukset
- Kuivalastialukset
- Öljytankkerit
- Yleinen rahti
- Kemikaalitankkerit
- Nestekaasutankkerit
- RoPax-lautat
- Risteilyalukset
- Ro-Ro-alukset
- Ajoneuvorahti
- Jäähdytetty rahti
- Muut

### Mitä markkinoita palvelee

- Meriteollisuuden kohdemarkkina on erityisesti globaali merenkulku, joka on hyvin monipuolinen ala. Valtaosa polttoaineesta kuluu kansainvälisessä rahdissa; maansisäisten kuljetusten ja kalastuksen osuus on yhteensä vain 12-21 %.
- Globaalisti meriliikenne tuottaa noin 2 % kaikista kasvihuonekaasupäästöistä. CO<sub>2</sub>-päästöt ovat kasvaneet huolimatta energiatehokkuus- ja operatiivista parannuksista.
- Vuonna 2012 meriliikenteen polttoaineet vastasivat yli 6 % maailman öljyn kulutuksesta. Pääosa polttoaineesta oli raskasta polttoöljyä (HFO) ja meridieselä (MDO).
- Alusten nopeus ja täyttöaste vaikuttavat myös merkittävästi päästöihin.
- Päästöistä 73-92 % (alusluokasta riippuen) syntyy ajossa ja loput satamatoiminnoissa.

Meriliikenteen polttoaineet (2012)



Lähde: IMO (2015), UNCTAD (2019), ICCT (2017), Concawe (2017), Meriteollisuus ry (2020)

# 1B MERITEOLLISUUS-KLUSTERI SUOMESSA

## Suomalainen meriteollisuus pitää sisällään monenlaisia toimijoita

- Meriteollisuus pitää sisällään monenlaisia toimijoita, kuten:
  - **Telakat ja korjaustelakat**
  - **Kokonaistoimittajat**
  - **Suunnittelutoimistot ja ohjelmistojen tuottajat**
  - **Järjestelmä- ja laite-toimittajat**
  - **Offshore-toiminnot**
- Ytimessä on telakoilla tapahtuva laivanrakennus ja siihen liittyvä osaaminen.
- Suomessa on kolme suurta telakkaa, useampi merkittävä korjaustelakka sekä useita pienempiä korjaus- ja muita telakoita. Telakoilla on laajat alihankintaverkostot niin kotimaassa kuin ulkomailla. Telakat enenevässä määrin kokoonpanotelakoita – jopa 80 % laivasta voi olla alihankintaverkoston valmistamaa.
- Meriteollisuuden lähitoimialoja ovat satamatoiminnot, merenkulku ja varustamotoiminta.
- Monialaista meritekniiikan kehitystyötä edustaa mm. valmisteilla oleva Marine X –hanke, jossa Meyer Turku, Aalto-yliopisto ja muut yritykset tekevät yhteistyötä esimerkiksi materiaalitutkimuksen ja teräsrakenteiden, tieto- ja viestintätekniiikan, hydrodynamiikan, laivaturvallisuuden ja energiatehokkuuden aloilla.

### Teknologiатеollisuudessa

- Meriteollisuus ry
- Polttomoottorit-toimialaryhmä

### Esimerkkejä yrityksistä

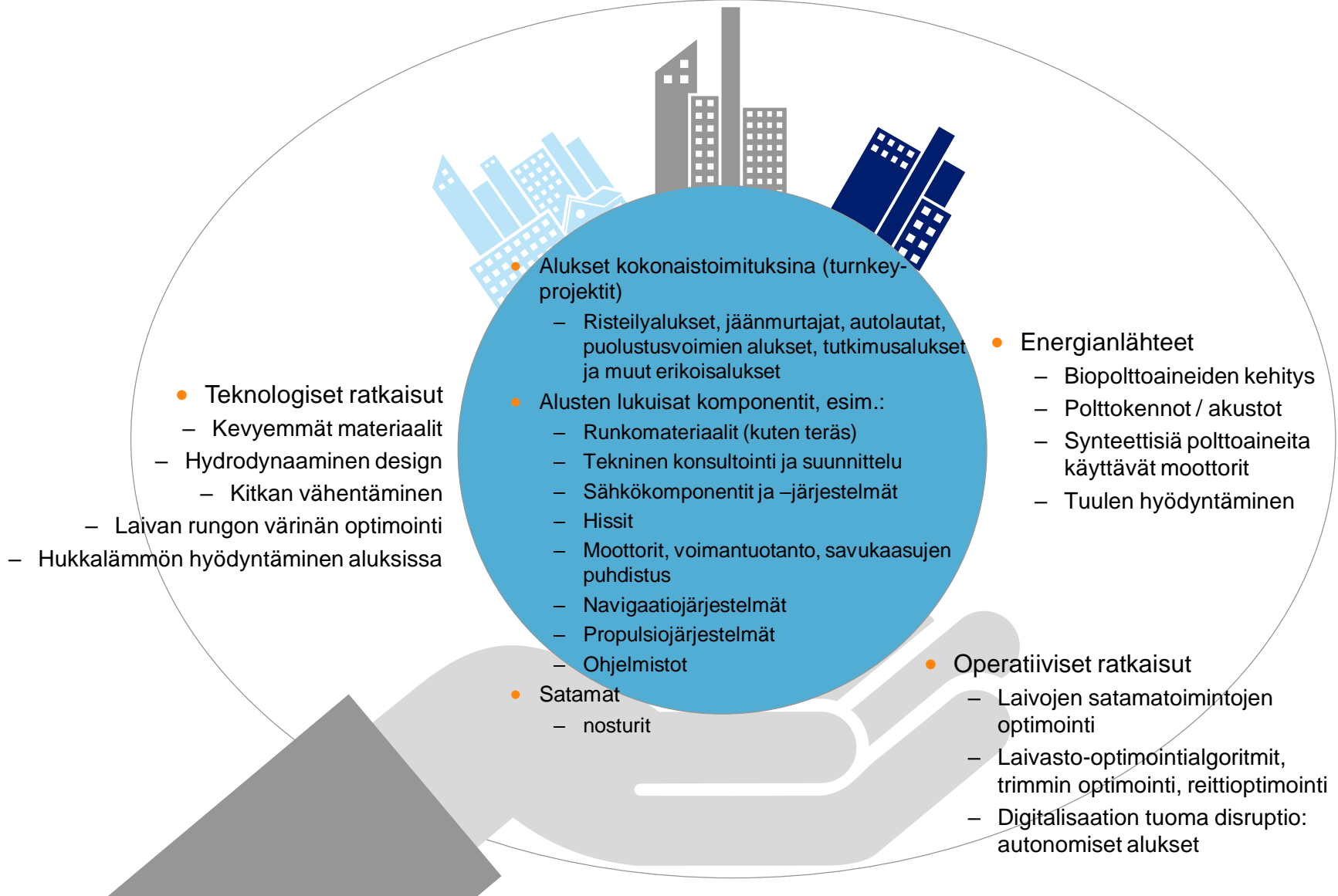
- Meyer Turku, Helsinki Shipyard, Pori Offshore Constructions, Rauma Marine Constructions, Elomatic, Deltamarin, NAPA, ABB, Alfa Laval Aalborg, Cargotec, Evac, Helkama Bica, Koja, Kone, Marioff Corporation, Metos ja Wärtsilä



n. 1100 yritystä	31 000 työllisyys	9 mrd € liikevaihto	Yli 90 % vientiin
---------------------	----------------------	------------------------	----------------------

Lähteet: OECD, Teknologiатеollisuus ry, Meriteollisuus ry, Merenkulkualan koulutus- ja tutkimuskeskus, UNCTAD Stat, Meyer Turku

# 1C MERITEOLLISUUDEN PÄÄTUOTTEITA

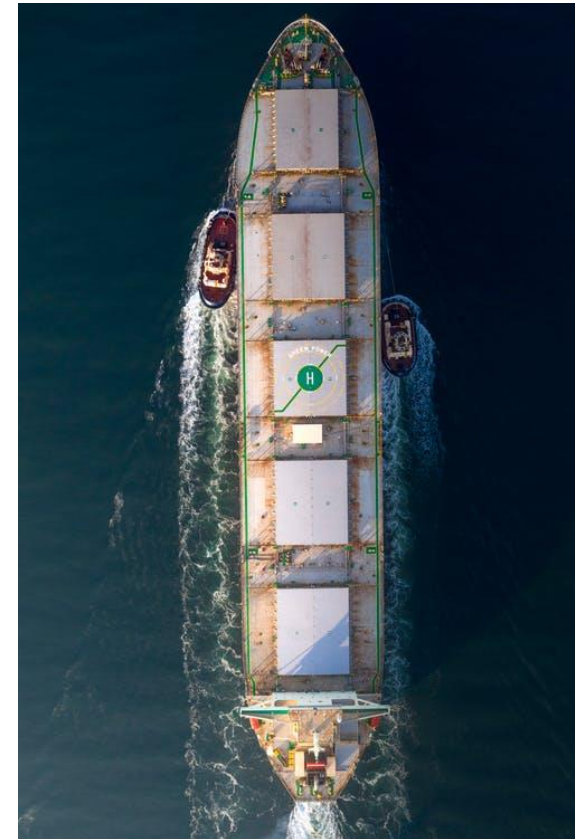


# 1D MERITEOLLISUUDEN AVAINTUOTTEIDEN KÄDENJÄLKI, ESIMERKKINÄ ENERGIATEHOKKAAMMAT ALUKSET

- Globaali merenkulku tuottaa vuosittain arviolta noin 900 MtCO<sub>2</sub>/a kasvihuonekaasupäästöt. Suuret alukset käyttävät polttoaineenaan pääosin raskasta polttoöljyä tai meridieseliä. Alusten käyttöikä on globaalisti keskimäärin 21 vuotta.
- Suomalaisella meriteollisuudella on maailman huippuosaamista. Esimerkiksi Wärtsilä arvioi markkinaosuutensa keskinopeuden päämoottoreissa olleen 40 % ja apumoottoreissa 8 %.
- IPCC:n arvion mukaan uusien alusten energiatehokkuutta voidaan parantaa 5-30 % muutoksilla mm. aluksen moottoreihin ja voimansiirtoon, propulsiojärjestelmiin ja aero- sekä hydrodynamiikkaan.
  - Fossiilisia energialähteitä hyödyntävät polttomoottoritkin ovat jatkuvasti parantuneet energiatehokkuudeltaan.
  - Suomessa on mm. kehitetty maailman tehokkain nelitahtimoottori, jonka kuluttaa 8-10 g/kWh vähemmän polttoainetta verrattuna lähimpään kilpailijaan, mikä vastaa noin 5 % vähennystä.
- Laskelma:
  - Jos oletetaan noin 5 % aluskannan uusiutuminen vuosittain, on vuosittain uusittavien alusten CO<sub>2</sub>-päästöt noin 45 MtCO<sub>2</sub>/a.
  - Oletetaan aluksen energiatehokkuuden paranevan uusilla ratkaisuilla (reitin optimoinnit, propulsio, automaatiojärjestelmät ja moottorit) paranevan 20 %. Tämä vastaa noin 9 MtCO<sub>2</sub>/a päästövähennystä ilman merkittäviä polttoainevaihdoksia tai muita muutoksia.
  - Oletetaan Suomen viennin markkinaosuuden olevan noin 20 % alusten energiatehokkuusratkaisuissa. Tällöin vuosittain vietävien ratkaisuiden kädenjälki on luokkaa 1,8 MtCO<sub>2</sub>/a.
  - Huom. kumulatiivisuus (parannus käytössä myös seuraavina vuosina).

Nykyinen vientituote

Kädenjälki:  
> 1 MtCO<sub>2</sub>e/a



Lähteet: ICCT (2017), IPCC (2014), Wärtsilä Oyj (2018)

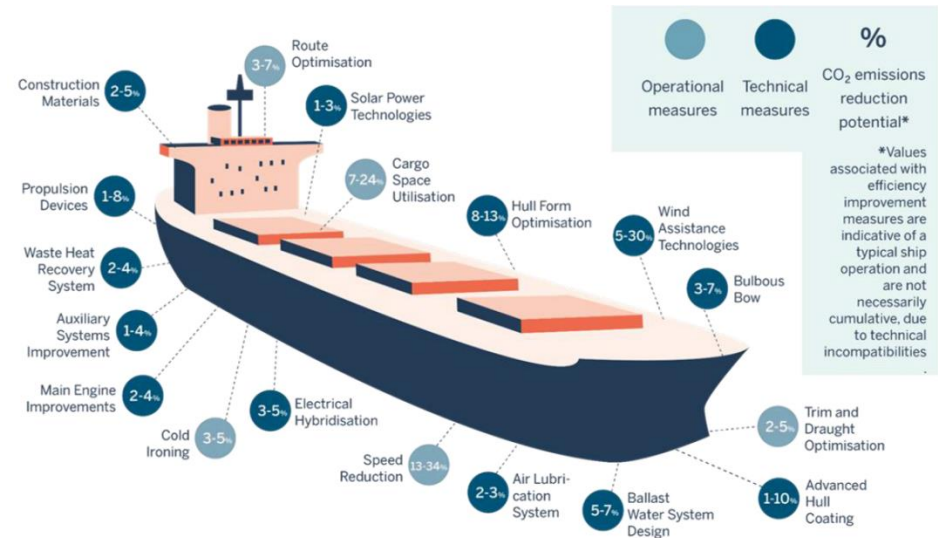


# 1D MERITEOLLISUUDEN AVAINTUOTTEIDEN KÄDENJÄLKI, ESIMERKKINÄ HIILINEUTRAALIT ENERGIANLÄHTEET LAIVOIHIN

- Globaali merenkulku tuottaa vuosittain arviolta noin 900 MtCO<sub>2</sub>/a kasvihuonekaasupäästöt. Suuret alukset käyttävät polttoaineenaan pääosin raskasta polttoöljyä tai meridieseliä. Alusten käyttöikä on globaalisti keskimäärin 21 vuotta.
- Merenkulkuun kehitetään meillä ja maailmalla vähäpäästöisempiä energianlähteitä hyödyntäviä ratkaisuja. Mahdollisuuksia ovat muun muassa biopolttoaineet, sähkö, vety, synteettiset polttoaineet ja tuulen hyödyntäminen (esim. roottoripurjeet). Myös nesteytetyn maakaasun käyttö vähentää kasvihuonekaasupäästöjä sekä lisäksi vähentää rikkipäästöjä käytännössä nolnaan.
- Maailmassa operoi yhteensä yli 50 000 kauppa-alusta.
- Laskelma:
  - Jos oletetaan aluskannan pysyvän yhtä suurena ja uusiutuvan tasaisesti, uusitaan vuosittain noin 2500 alusta.
  - Jos näistä 10 %:iin saadaan asennettua suomalainen hiilineutraalia energianlähdettä käyttävä voimantuotanto, koskee tämä 250 alusta vuosittain
  - Keskimäärin yksi alus aiheuttaa CO<sub>2</sub>-päästöjä 18 ktCO<sub>2</sub>/a/alus.
  - Näin ollen 250 aluksen uudet hiilineutraalit energianlähteet vastaisivat 4,5 MtCO<sub>2</sub>/a kädenjälkivaikutusta
  - Huom. kumulatiivisuus (parannus käytössä myös seuraavina vuosina)

Kehityskohde

Potentiaalinen kädenjälki:  
> 4 MtCO<sub>2</sub>e/a



Indikatiivisia päästövähennysratkaisujen vaikutuksia meriliikenteessä. Lähde: UMAS (2019).

Lähteet: ICCT (2017), IPCC (2014)

# 1D MERITEOLLISUUDEN AVAINTUOTTEIDEN KÄDENJÄLKI, ESIMERKKINÄ SATAMATOIMINTOJEN OPTIMOINTI

- Alusluokasta riippuen 8-27% meriliikenteen CO<sub>2</sub>-päästöistä arvioidaan syntyvän satamatoiminnoissa. Merkittävä päästövähennyskeino on vähähiilisen energian saatavuus satamissa. Lisäksi logistiikan optimoinnilla voidaan saavuttaa merkittävää tehostumista.
- Suomalainen Awake.ai kehittää yhteistyöalustaa satamatoimijoille ja viittaa globaaliin 10% päästövähennykseen vuoteen 2030 mennessä osana visiotaan.
- Jos arvioidaan satamatoiminnoista globaalisti syntyvän päästöjä keskimäärin 10 %, vastaa tämä 90 MtCO<sub>2</sub>/a.
- Laskelma:
  - Oletetaan, että tekoälyä hyödyntämällä voidaan tehostaa satamien toimintaa ja toimitusketjujen logistiikkaa niin, että satamatoiminnoissa tapahtuvat päästöt vähenevät 10 % nykytasosta. Tämä vastaa 9 MtCO<sub>2</sub>/a suuruista vähennystä.
  - Jos suomalaiset ratkaisut pystyisivät toimittamaan tästä 1 %, olisi kädenjälkivaikutus 90 ktCO<sub>2</sub>/a

Kehityskohde

Potentiaalinen  
kädenjälki:  
n. 100 ktCO<sub>2</sub>e/a



Lähteet: ICCT (2017), IPCC (2014), Awake.ai (2020)

## 2A METALLIKLUSTERIN KOHDEMARKKINAT GLOBAALISTI

- Metalleja käytetään kaikilla yhteiskunnan toimialoilla. Tonnimääräisesti merkittävimpiä sovelluskohteita ovat rakennukset ja infrastruktuuri, koneet ja laitteet sekä kulkuneuvot.
- Globaalisti teräksen (*crude steel*) vuotuinen tuotanto oli yli 1800 miljoonaa tonnia vuonna 2018. Tuotanto on kasvanut yli 100 % vuodesta 2000 erityisesti Aasian maiden lisättyä tuotantokapasiteettiaan. Sen sijaan EU-28:ssa tuotantokapasiteettia on poistunut vuoden 2008 jälkeen yli 30 miljoonaa tonnia. Noin puolet teräksen tuotannosta ja käytöstä on nykyisin Kiinassa.
- Metalliteollisuus on ympäri maailman yksi energia- ja päästöintensivisimmistä aloista. Yksin terästeollisuus tuottaa globaalisti 7-9 % kaikista kasvihuonekaasupäästöistä.
- Energia- ja materiaalitehokkuus ovat pitkään olleet vahvoja ajureita metalliteollisuudessa. Kierrätysmetallin käyttäminen on useissa tapauksissa huomattavasti edullisempaa kuin neitseellisen materiaalin käyttö. Useiden arvometallien (Cu, Ag, Au) kierrätysaste on globaalisti 20-40 %. Energiatehokkuus on puolestaan parantunut globaalisti jopa 61 % per tuotettu terästtonni viimeisen 50 vuoden aikana.

### Mitä markkinoita palvelee

- Metalliklusterin kohdemarkkinoina voidaan nähdä globaali metallinjalostuksen arvoketju:
  - *Kaivokset*,
    - Vientituotteena esim. prosessiteknologia
  - *Metallinjalostus ja metallurgia*
    - Vientituotteena esim. prosessiteknologia
  - *Metallituotteiden valmistus*
    - Vientituotteena esim. suomalainen teräs
  - *Metallituotteiden loppukäyttäjät*
    - Vientituotteena esim. koneet ja laitteet
    - Perusmetallien suurimmat käyttökohteet ovat kone- ja laitevalmistus, rakentaminen, erinäiset metallituotteet ja kulkuneuvot
  - *Metallien keräys ja kierrätys*
    - Sekä pre-consumer että post-consumer – metalliromu on tyypillisesti 100 % kierrätettävää

Lähteet: IPCC(2014), World Steel Association (2019, 2020), Steel Institute VDEh (2018)

# 2B METALLIT JA METALLITUOTTEET –KLUSTERI SUOMESSA

- Suomessa on pitkät perinteet metallien jalostuksessa ja siihen liittyvässä teknologiakehityksessä.
- Toimialan päätuotteita ovat rauta, teräs, rautaseokset, putket, levyt, nauhat, värimetallit ja valumetallit
  - Sivutuotteita ovat esim. kuonat ja ylijäämälämpö, joiden hyötykäyttö vähentää hiilijalanjälkeä. Esimerkiksi metallinjalostuksen masuuni- ja pohjakuonia sekä lentotuhkaa hyödynnetään muun muassa maarakentamisessa ja sementin korvaajana. Käyttökohteessa (esim. OKTO-materiaali tien rakentamisessa) sivutuotteiden hyödyntäminen voi vähentää päästöjä jopa yli 70 % korvattaviin luonnonmateriaaleihin verrattuna.
- Metallituotannon ja –tuotteiden lisäksi myydään teknologiaa
  - Koneet ja laitteet kaivoksissa ja metallien tuotannossa
- Noin 80 % Suomessa tuotetusta metalleista menee vientiin joko suoraan tai epäsuorasti esimerkiksi koneina
- Suomalainen metallinjalostus on globaalisti vertaillen erittäin energia- ja resurssitehokasta. Tuotteesta riippuen ominaispäästöt ovat jopa kymmeniä prosentteja globaalia keskiarvoa pienempiä.

## Teknologiатеollisuudessa

### Toimialayhdistykset

- Kaapeliteollisuus ry, Kaivosteollisuus ry, Metallinjalostajat ry, MTHL:n työnantajat (pelti-, eristys- ja levyala), Valimoteollisuus ry

### Toimialaryhmät

- Lämpökäsittely ja takomot
- Metallintyöstökoneet
- Ohutlevytuotteet

## Esimerkkejä yrityksistä

- Aurubis, Boliden, Componenta Castings, Cupori, Endomines, Freeport Cobalt, Geomachine, Helkama Bica, Kajote, Luvata, Miilucast, Nestor Cables, Norilsk Nickel Harjavalta, Oras, Outokumpu, Outotec, Ovako, Peiron, Prysmian, Reka Kaapeli, Sandvik, Selcast, SSAB, Ulefos

30 000  
työllisyys

10 mrd€  
liikevaihto

80 %  
vientiin

Lähteet: Etlä (2019) Toimialakatsaus; Metallinjalostajat ry; TEM (2015): Metallien jalostus Suomessa; EIA (2019); Teknologiатеollisuus (2019): Tuotanto ja liikevaihto; Destia (2020)

## 2C METALLIKLUSTERIN PÄÄTUOTTEITA

- Uudet struktuurit
  - Metallivaahdot
  - Kennot
- Älymateriaalit
- Metamateriaalit

- Metallit
  - Teräs ja ruostumaton teräs
  - rautaseokset,
  - värimetallit ja
  - Valumetallit
  - Sivutuotteet: kuonat, valssihilse ja ylijäämälämpö
- Metallituotteet
  - Putket, levyt, nauhat
  - kaapelit
  - Työkalut
- Metallinjalostusteknologiat
  - Prosessiteknologiat,
  - Laitetoimitus
  - metallintyöstökoneet
  - Vesien puhdistus

- Hiilidioksidivapaa teräs
- Tuotteet sivutuotteista
- Uudet prosessiteknologiat

# 2D METALLIKLUSTERIN AVAINTUOTTEIDEN KÄDENJÄLKI, ESIMERKKINÄ RUOSTUMATON TERÄS

- Ruostumaton teräksen markkina oli globaalisti noin 43 miljoonaa tonnia vuonna 2018. Ruostumatonta terästä käytetään sen erinomaisten ominaisuuksien vuoksi kuluttajatuotteissa, lääketeollisuudessa, rakentamisessa, kulkuneuvoissa sekä muussa raskaassa teollisuudessa.
  - Globaalin markkinan arvioidaan kasvavan jopa 21 % vuoteen 2024 mennessä, mitä ajaa erityisen voimakkaasti kasvava käyttö rakentamisessa ja kuluttajasovelluksissa.
- Suomalainen ruostumattoman teräksen tuotanto on globaalisti verrattuna erittäin ympäristöystävällistä.
  - Päästöt tuotettua terästönä kohti ovat jopa 70 % globaalia keskiarvoa pienemmät.
  - Suomalaisessa tuotannon ympäristöetuja ovat erityisesti korkea kierrätysmateriaalin osuus (yli 85%), integroitu ferrokromituotanto ja vähähiilinen sähkö.
- Suomalaisen ruostumattoman teräksen valmistuksessa voidaan energiatehokkaan tuotantoprosessin ja kierrätysraaka-aineiden laajan käytön ansiota välttää vuosittain yli 5 MtCO<sub>2</sub> päästöt.
  - Olettaen, että tuotanto tapahtuisi muutoin muualla, vähentää suomalainen ruostumattoman teräksen tuotanto siis globaaleja CO<sub>2</sub>-päästöjä enemmän kuin koko metalliteollisuuden suorat päästöt Suomessa ovat.
- Lisäksi aiemmissa analyysissä on arvioitu teräksen olevan merkittävä päästövähennyksen mahdollistaja käyttökohteissa, joissa sille ei ole korvaajaa. Tällaisia käyttökohteita ovat mm. voimalaitokset, *offshore*-tuulivoima, tehokkaat muuntajat, sähkömoottorit ja kevyemmät ajoneuvot. Euroferin selvityksessä eurooppalaisen teräksen arvioitiin tuottavan tarkastelluissa käyttökohteissa jopa moninkertaisen päästövähennyksen verrattuna terästuotannon omiin päästöihin.

Nykyinen vientituote

Kädenjälki:  
> 5 MtCO<sub>2</sub>e/a



Lähteet: Outokumpu Oyj (2020), Eurofer (2013)

# 2D METALLIKLUSTERIN AVAINTUOTTEIDEN KÄDENJÄLKI, ESIMERKKINÄ PROSESSITEKNOLOGIAT

- Suomalainen teknologiateollisuus kehittää ja vie ympäri maailman uusia ratkaisuja metallinjalostuksen prosesseihin
  - Ratkaisuja toimitetaan ympäri maailman kaivoksiin ja metallitehtaille
  - Ratkaisut voivat olla kokonaisia laitostoimituksia, prosessilaitteistoa, komponentteja tai palveluita.
  - Suurilla suomalaisilla teknologiayrityksillä on kymmeniä erilaisia prosessiteknologioita tarjolla kaivos- ja metalliteollisuuteen.
- Esimerkiksi ferrokromin tuotantoteknologia ja kuparin liekkisulatusmenetelmä tuottavat yli 5 MtCO<sub>2</sub>päästövähennyksen globaalisti vuosittain.
  - Prosessiteknologian kehityksellä on pitkät juuret suomalaisessa metallinjalostuksen perinteessä.

Nykyinen vientituote

Kädenjälki:  
> 5 MtCO<sub>2</sub>e/a



Lähteet: Outotec Oyj (2020)

# 2D METALLIKLUSTERIN AVAINTUOTTEIDEN KÄDENJÄLKI, ESIMERKKINÄ CO<sub>2</sub>-NEUTRAALI TERÄS

- Terästeollisuus on yksi maailman suurimmista kasvihuonekaasujen lähteistä. Terästä käytetään laajasti eri aloilla, kuten rakentamisessa, kone- ja laitteellisuudessa sekä kulkuneuvoissa. Globaalin teräsmarkkinan kasvua ajaa erityisesti kaupungistuminen.
- Suomessa on käynnissä kehitystyö hiilineutraalin teräksen valmistamiseksi. Toteutuessaan uusi menetelmä korvaa perinteisen, fossiilisiin raaka-aineisiin ja energianlähteisiin perustuvan teräksen valmistusmenetelmän.
  - Uusi vedyn käyttöön perustuva tuotantoteknologia vähentäisi raakateräksen tuotannon CO<sub>2</sub>-päästöt käytännössä nolnaan.
- Globaali terästeollisuus tuottaa noin 3 000 MtCO<sub>2</sub>-päästöt vuosittain.
  - Nykyisin teräksen ominaispäästöt ovat globaalisti noin 1,83 tCO<sub>2</sub>/tonni terästä ja Suomessa tuotettuna noin 1,6 tCO<sub>2</sub>/tonni terästä.
- Teknologian potentiaalinen kädenjälki on globaalisti erittäin mittava
  - Oletuksena: uusi teknologia lisensoidaan 1 %:iin teräksentuotannosta
  - Globaalit teräksen valmistuksen CO<sub>2</sub>-päästöt vähenevät tällöin noin 30 MtCO<sub>2</sub>/a
  - Huom. kumulatiivisuus, päästövähennys on vuotuinen.

Kehityskohde

Potentiaalinen  
kädenjälki:  
Jopa 30 MtCO<sub>2</sub>e/a



Lähteet: World Steel Association (2019): World Steel in Figures; SSAB (2018)



# 3A SUUNNITTELU- JA KONSULTOINTI -KLUSTERIN MARKKINAT GLOBAALISTI

- Teollisuus, rakentaminen ja rakennukset sekä yhdyskuntaan liittyvät toiminnot tuottavat merkittävän osan kasvihuonekaasupäästöistä maailmassa
- Suunnittelu- ja konsultointi –klusteri kehittää ja tarjoaa ratkaisuja muun muassa yllämainituille aloille, ja nämä ratkaisut auttavat kasvihuonekaasupäästöjen vähentämisessä monin tavoin
- Esimerkkeinä keinoista vähentää kohdemarkkinoiden kasvihuonekaasupäästöjä ovat mm. teollisuuden energia- ja materiaalitehokkuuden parantaminen, riskeihin varautuminen, energiatehokas rakentaminen, älykäs yhdyskunta ja materiaalien kierrätyksen mahdollistaminen

## Mitä markkinoita palvelee

- Klusterin tarjoamien palveluiden pääkohteita ovat
  - Teollisuus
  - Yhdyskunta
  - Rakentaminen
- Osa klusterin toimijoista tarjoaa ratkaisuja hyvin kansainvälisesti, mutta kaiken kaikkiaan alle viidennes klusterin toiminnasta on vientiä

# 3B SUUNNITTELU- JA KONSULTOINTI -KLUSTERI SUOMESSA

- Suunnittelu- ja konsultointiklusteri tuottaa teollisuuden, yhdyskunnan ja rakentamisen asiantuntijapalveluita
- Päätoimisten suunnittelu- ja konsultointiyritysten suurimmat toimialat ovat prosessisuunnittelu, rakennetekniikka, LVI-tekniikka, rakennuttaminen sekä sähkö- ja teletekniikka
- Monet teknologia- ja tietotekniikkaratkaisuja tuottavat yritykset tarjoavat myös toimialaansa liittyviä konsultointipalveluita
- Suunnittelu- ja konsultointiyritysten tilauskannasta noin 16% on vientiä, viennistä noin puolet menee EU-maihin

## Teknoliateollisuudessa

- Suunnittelun ja konsultoinnin päätoimiala
- Suunnittelu- ja konsultointialan yritysten toimialajärjestö SKOL ry

## Esimerkkejä yrityksistä

- Ramboll Finland, Sweco Finland, Neste Engineering Solutions, AFRY, Etteplan Group, Sitowise, FCG Finnish Consulting Group, Granlund Oy, Elomatic Yhtiöt, A-Insinöörit, Deltamarin, Pöyry Finland, Elomatic Yhtiöt, Citec

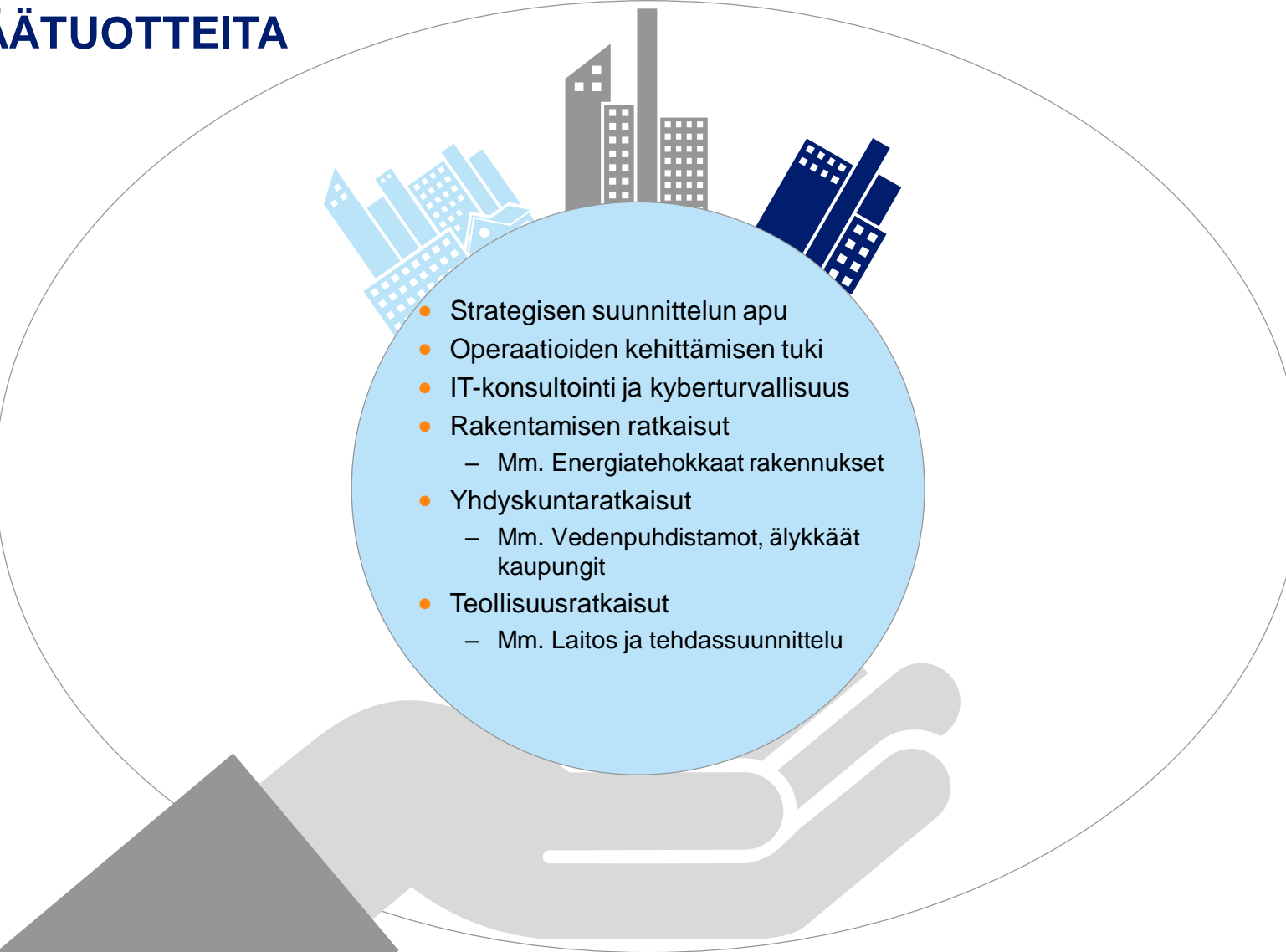
54 000  
työllisyys

6 mrd €  
liikevaihto

16 %  
vientiin

Lähteet: Teknoliateollisuus ry ja SKOL ry

# 3C SUUNNITTELU- JA KONSULTOINTI -KLUSTERIN PÄÄTUOTTEITA

- 
- Strategisen suunnittelun apu
  - Operaatioiden kehittämisen tuki
  - IT-konsultointi ja kyberturvallisuus
  - Rakentamisen ratkaisut
    - Mm. Energiatehokkaat rakennukset
  - Yhdyskuntaratkaisut
    - Mm. Vedenpuhdistamot, älykkäät kaupungit
  - Teollisuusratkaisut
    - Mm. Laitos ja tehdassuunnittelu

# 4A TIETOTEKNIKKAKLUSTERIN MARKKINAT GLOBAALISTI

- Tietotekniikkaklusterin markkinat ovat todella globaalit, sillä ohjelmistot tuotteina liikkuvat vaivatta rajojen yli
  - Viime vuosikymmeninä kasvua ovat ajaneet yleinen palvelullistuminen, toimialojen (ml. julkishallinto) palveluiden digitalisaatio sekä älykkäät kuluttajapalvelut
- Globaalisti tietotekniikka-ala toimii ajurina useille megatrendeille, kuten
  - Kasvava yhteydenpito
  - Tekoäly, robotisaatio, automatisaatio
  - Uudet alustapohjaiset liiketoimintamallit
- Tietotekniikka-ala vaikuttaa keskeisesti myös ilmastonmuutokseen suoraan liittyviin ilmiöihin, kuten energiamurrokseen, kaupungistumiseen ja infrastruktuurin kehitykseen.
- Tietotekniikka-alan omat kasvihuonekaasupäästövaikutukset ovat yhä heikosti mitattavissa. IEA arvioi että datakeskukset ja tietoliikenneverkot molemmat kuluttavat noin prosentin globaalista sähkönkulutuksesta. Tulevaisuuden ennusteisiin liittyy erittäin suurta hajontaa (energiatehokkuuden parantuminen verrattuna kasvaviin tietomääriin)

## Mitä markkinoita palvelee

- Tietotekniikkaklusterin kohdemarkkinoita ovat globaalissa taloudessa käytännössä katsoen lähes kaikki toimialat, ja riippuvuus tietotekniikkapalveluista vaikuttaa vain kasvavan.
  - Suomessa toteutetun PK-yritysbarometrin mukaan ei-digitaalisia yrityksiä on noin 29 % yrityksistä (käyttävät vain yhtä digitaalista työkalua).
  - Digitalisaation luomat mahdollisuudet ovat kaksinaisia: yhtäältä se tehostaa nykyistä toimintaa (tuottavuuden parantuminen) ja toisaalta mahdollistaa uusien tuotteiden kehittymisen (uusiutumisen)

Lähteet: IEA (2019), TEM (2020)

## 4B TIETOTEKNIKKAKLUSTERI SUOMESSA

- Tietotekniikkaklusteriin katsotaan kuuluvaksi paitsi ohjelmistoyritykset (software) ja muu tietotekniikka. Tuotteita ovat muun muassa ohjelmistot, tietojen käsittelypalvelut, palvelinkeskukset ja verkkoportaalit
- Suomessa on vahvaa tietotekniikkaosaamista ja digitalisaation edellyttämää infrastruktuuria.
- Kyberturvallisuus on myös vahva osa suomalaista ICT-klusteria.
- Ohjelmistoyritysten kasvu on ollut viime vuosina selvästi muuta taloutta voimakkaampaa.
  - Vuosina 2005-2019 alan yritysten liikevaihdon vuosikasvu on ollut keskimäärin n. 8,7 %/v.
  - Kasvun rajoitteeksi mainitaan usein osaajapula ja pieni kotimarkkina
- Esimerkkinä uudesta kehityksestä voidaan mainita Aalto-yliopiston ja VTT:n kvanttietokoneisiin liittyvästä tutkimuksesta ponnistanut IQM.

### Teknoliateollisuudessa

- Tietotekniikka on yksi Teknoliateollisuus ry:n päätoimialoista
- Lisäksi Tietotekniikan toimialaryhmä

### Esimerkkejä yrityksistä

- Affecto, Alcatel-Lucent Suomi, Basware, Bilot, CGI, Digia, Efecte, Elomatic, Enfo, F-Secure, Fujitsu, Gofore, Innofactor, IBM, Microsoft, Nixu, Nokia, Oracle Finland, Solita, Solteq, Tieto, Symbio, Qvik

Yli 6500 yritystä*	68 900 työllisyys	13 mrd€ liikevaihto	Yli 33 % vientiin*
-----------------------	----------------------	------------------------	-----------------------

Lähteet: Teknoliateollisuus ry, VTT (2019), Työ- ja elinkeinoministeriö (2020): Toimialaraportit 2020:6

\*Alan yritysten lukumäärä sekä viennin osuuden arvio perustuvat Työ- ja elinkeinoministeriön vuonna 2020 julkaisemaan arvioon ohjelmistoalasta. Työllisyys- ja liikevaihtoarviot perustuvat Teknoliateollisuus ry:n julkaisemiin tietoihin.

# 4C TIETOTEKNIKKAKLUSTERIN PÄÄTUOTTEITA

- Älypylväät (LuxTurrim5G)
  - 6G
  - Quantum computing
  - Optiset tietokoneet

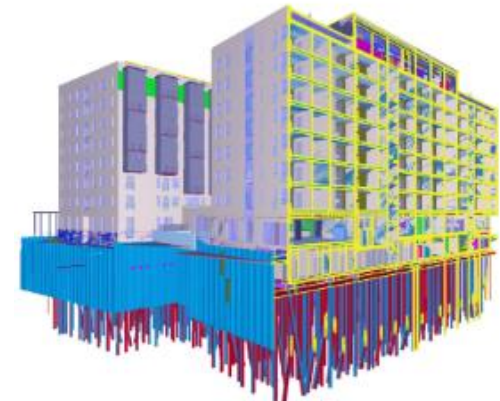
- Ohjelmistot
  - Kokonaisuuksien hallinta ja optimointi eri toimialoille, sisältäen AI
  - Pelit, gamification
- Verkkojen ylläpito
  - Verkkoinfra
  - Verkko-ohjelmistot
  - 5G vs. 4G ja 3G
- Tietoturvaratkaisut
- Energiansäästöalgoritmit
- Fitness-trackerit
- Lääketieteen elektroniikka
- Tehokkaampi tekoäly

# 4D TIETOTEKNIKKAKLUSTERIN KÄDENJÄLKI, ESIMERKKINÄ BIM-TYÖKALUT RAKENNUKSEN SUUNNITTELUSSA

- Teknoliateollisuuden tarjoamana ratkaisuna tietomalliohjelmitot käytettäviksi rakennuksen ja rakentamisen suunnittelussa, mahdollistaen myös kasvihuonekaasupäästöjä minimoivat valinnat koko rakennuksen elinkaaren ajaksi
- Laskelma:
  - Hyödyntämällä ratkaisua uudisrakennuksen materiaalien valmistuksen ja energiankäytön aiheuttamia kasvihuonekaasupäästöjä voitaisiin vähentää 15%
  - Uudisrakennuksiin sitoutuneet vuosittaisten kasvihuonekaasupäästöjen arvioidaan olevan 3729 MtCO<sub>2</sub>e aikavälillä 2020-2050 globaalisti. Sitoutuneiden päästöjen osuudeksi samalla aikavälillä arvioidaan 49%, operatiivisten 51%. Tällöin kokonaispäästöt olisivat 7610 MtCO<sub>2</sub>e.
  - Vuosittain rakennettavien rakennusten pinta-ala on noin 6,13 miljardia neliometriä
  - Globaalisti uudisrakennusten vuotuiset ominaispäästöt olisivat näin ollen 1,24 tCO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup>. Olettaen 15 %:n päästövähennyksen BIM-työkalua hyödyntämällä mahdollinen vähennys on 0,186 tCO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup>
  - Oletetaan että 0,1% maailman uudisrakennuksista hyödyntäisi suomalaista ratkaisua. Tämä vastaisi 6,13 milj.m<sup>2</sup> ja näin ollen vuotuista 1,1 MtCO<sub>2</sub> kädenjälkeä

Nykyinen vientituote

Potentiaalinen  
kädenjälki:  
n. 1 MtCO<sub>2</sub>e/a (pot.)



Lähteet: architecture2030, L Arkkitehdit (2020) , Trimble (2020)

# 5A AUTOMAATIO- JA MITTAUSTEKNIikka -KLUSTERIN MARKKINAT GLOBAALISTI

- Automaatio- ja mittaustekniikka –klusteri kehittää ja valmistaa komponentteja ja kokonaisratkaisuja automaatiojärjestelmiin, mittaamiseen ja robotiikkaan
- Klusterin tarjoamien ratkaisujen tavoitteena on optimoida ja parantaa sovelluskohteiden toimintaa ja mahdollistaa erilaisia prosesseja tekemällä niistä riittävän tehokkaita
- Sovelluskohteita löytyy lähes kaikilta toimialoilta, ja yhtenä ratkaisujen hyödyistä on kasvihuonekaasupäästöjen väheneminen
- Esimerkkejä ratkaisuista ovat mm.
  - Ohjausjärjestelmät energiankäytön optimoimiseen
  - Prosessien tehostaminen mittaamisen avulla
  - Materiaalinkäytön optimointi
  - Prosessien etähallinta ja ennakoivat toimenpiteet IoT-ratkaisuja ja data-analyysiä hyödyntäen
  - Turvallisten ja tehokkaiden prosessien mahdollistaminen robottien avulla

## Mitä markkinoita palvelee

Automaatio- ja mittaustekniikka –klusterin ratkaisut ovat sovellettavissa lähes mille tahansa alalle, esimerkkeinä

- Prosessiteollisuus
- Kappaletavaratuotanto
- Energiateollisuus
- Rakennusteollisuus
- Yhdyskuntatoiminnot
- Turvallisuusala
- Ajoneuvot
- Elintarviketeollisuus



# 5B AUTOMAATIO- JA MITTAUSTEKNIikka -KLUSTERI SUOMESSA

- Automaatio- ja mittaustekniikka –klusteriin kuuluu toimijoita tietyille alueille erikoistuneista teknologiayrityksistä laajoja kokonaisratkaisuja tarjoaviin yrityksiin ja konserneihin, joilla ratkaisut ovat yksi useista toimialoista
- Komponenttien, kuten anturien ja instrumentoinnin laitteiden lisäksi mm. etäyhteyshäjärjestelmät, automaatiolaitteiden yhteensovitus ja ohjelmistot ovat osa automaatiojärjestelmiä
- Klusterin osana ovat myös valmistusprosesseja tehostavat teollisuusrobotit sekä esimerkiksi jätteenlajittelurobotit
- Mittaustekniikassa Suomessa on huippuosaamista sekä teollisuuden että ympäristön mittaamisessa
- Automaatiojärjestelmien, mittausdatan keräyksen ja –analyysin sekä tietoturvalisen IoT-infrastruktuurin yhdistelmä tarjoaa merkittäviä kasvihuonekaasupäästöjen vähennysmahdollisuuksia

## Teknolohiateollisuudessa

- Automaatio- ja mittaustekniikan toimijat ovat mukana useissa eri toimialaryhmissä

## Esimerkkejä yrityksistä

- Movetec, Sarlin, Beckhoff, A-J Automation, Fastems, Orfer, Honeywell, Siemens, Xortec, TosiBox, Labotest, Vaisala, Cimcorp, Blastman Robotics, Finnrobotics, ABB, Valmet, ZenRobotics

# 5C AUTOMAATIO- JA MITTAUSTEKNIikka-KLUSTERIN PÄÄTUOTTEITA

- Uudet kasvihuonekaasujen analysointimenetelmät

- Mittausinstrumentit
  - teollisuus
  - sähkönsiirto
  - olosuhdemittaukset
- IoT-laitteet ja järjestelmät
  - Valmistavan teollisuuden ”optimointi”
  - RFID-tagit
  - *Smart Cities*
- Kokonaisuuksien sopimusvalmistus
- Elektroniikan komponenttivalmistus
- Plug&go sensorit ja private cloud
- Mill cloud –spesifinen pilvi
  - Teollisuusmittaukset
- Teollisuusrobotit
- Erikoisrobotit

# 5D AUTOMAATIO- JA MITTAUSTEKNIKKAKLUSTERIN KÄDENJÄLKI, ESIMERKINÄ PROSESSIOPTIMOINTI VALMISTAVASSA TEOLLISUUDESSA

- Teknolgiateollisuuden tarjoamana ratkaisuna palveluiden, laitteiden ja ohjausjärjestelmien yhdistelmä, jonka avulla tuotantoprosessista riippuvilla keinoilla tehostetaan materiaalien ja energian käyttöä.
- Laskelma:
  - Yhden auton valmistamisen päästöt  $0,56 \text{ tCO}_2\text{e}$  / per valmistettu yksikkö (lähde: tutkimus UK 2016)
  - Prosessioptimointi vähentää 5% CO<sub>2</sub>-päästöistä (lähde: arvio). Tämä vastaisi  $28 \text{ kgCO}_2\text{e}$  päästövähennysvaikutusta.
  - Maailman autotuotanto 73,5 miljoonaa autoa (lähde: OICA 2017)
  - Autotehtaiden vuosittainen tuotanto 110 000 (Uusikaupunki) – 800 000 autoa (VW)
  - Oletetaan että suomalaista optimointiratkaisua hyödyntäisi 0,2% maailman autotuotannosta, mikä vastaa vuotuista 147 000 auton tuotantoa.
  - Näin ollen ratkaisun kädenjälkivaikutus olisi globaalisti  $4,1 \text{ MtCO}_2\text{e/a}$ .

Nykyinen vientituote

Potentiaalinen  
kädenjälki:  
n.  $4 \text{ MtCO}_2\text{e/a}$  (pot.)

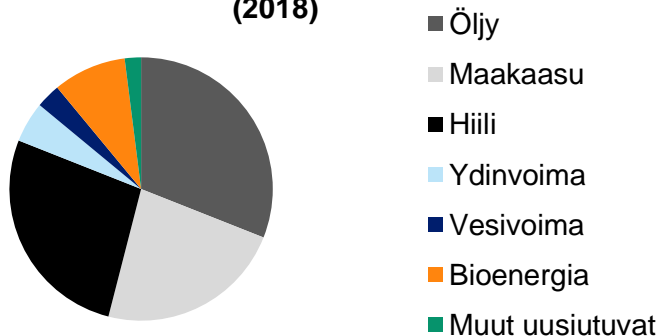


Lähteet: OICA (2017), Giamperi et al. (2019)

# 6A ENERGIACLUSTERIN MARKKINAT GLOBAALISTI

- Globaalisti energiankulutus on 2,5-kertaistunut vuodesta 1971. Fossiilisilla tuotettiin vuonna 2018 yhä yli 80% kaikesta energiasta maailmassa.
- Energiasektori on Euroopassa valtaisassa murroksessa paitsi ilmastonmuutoksen torjunnan, myös teknologian nopean kehityksen vuoksi. Uusiutuvien ennakoitua nopeammin halventuneet tuotantokustannukset, regulaatio ja ilmatoriski ohjaavat sijoituksia pois fossiilisista kohti vähähiilisiä energianlähteitä.
- Erilaiset varastointiteknologiat, kuten Power-to-X mahdollistavat yhä suuremman vaihtelevan tuotannon osuuden energiajärjestelmässä.

**Maailman energiakulutus energialähteittäin (2018)**



Lähteet: IPCC (2014, 2018), TEM (2014): Toimialaraportit – Uusiutuva energia, IEA, EU-komissio (2019).

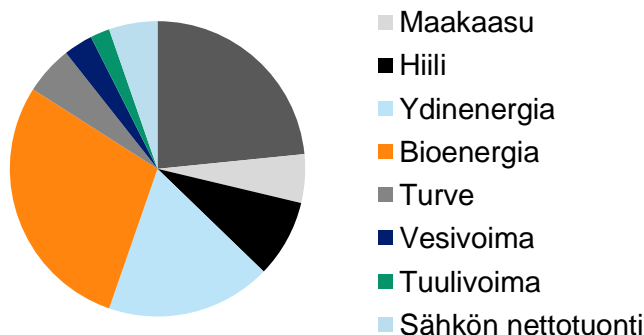
## Mitä markkinoita palvelee

- Markkinoita energiatoimialan arvoketjussa
  - Primäärienergian tuotanto (esim. biomassan keruu)
  - Kuljetus (erit. fossiiliset)
  - Energiakonversiot (voimalat)
  - Energian siirto ja jakelu (verkot)
  - Energian loppukäyttäjät
- Energiasektori, sähkön ja lämmön tuotanto synnyttää globaalisti kolmanneksen maailman CO<sub>2</sub>-päästöistä.
- Ilmastonmuutoksen hidastaminen on lopulta ennen kaikkea energiemarkkinoiden murrosta edellyttävä kysymys
- Investointitarpeet ovat merkittäviä:
  - EU-komissio arvioinut eurooppalaisten investointien tarpeen 260 mrd. €/v vuoteen 2030 saakka nykyisen energia- ja ilmastostrategian saavuttamiseksi
  - IPCC arvioi kokonaisinvestoinnit energiajärjestelmään 2400 mrd. USD/v (n. 2,5 % globaalista BKT:stä) vuosina 2016-2035 skenaarioissa, jotka rajoittavat lämpenemisen 1,5 asteeseen

# 6B ENERGIATEKNIikka-KLUSTERI SUOMESSA

- Energiatekniikka-alalla kehitetään ratkaisuja energiantuotannon, -siirron ja -jakelun aloille . Lisäksi klusteriin sisältyy energiatehokkuus. Tarkasteluun sisältyy energiateknologia (koneet, laitteet ja järjestelmät), mutta ei varsinaisesti energialiiketoiminta (tuotanto, muunto, jakelu).
- Erityistä osaamista on suomalaisessa teknologiateollisuudessa perinteisesti liittynyt bioenergiaan, polttomoottoreihin ja voimansiirtoon, mutta nykyisin myös muun muassa tuulivoimaan ja uusiin energiavarastoihin.
- Suomessa energiasektorin päästöt olivat yli 22 MtCO<sub>2</sub> (2018) eli 38 % kaikista CO<sub>2</sub>-päästöistä.

Suomen energiakulutus energialähteittäin (2018)



## Teknologiateollisuudessa

- Bioenergia
- Polttomoottorit-toimialaryhmä
- Valaisinvalmistajat-toimialaryhmä
- Voimansiirto-toimialaryhmä

## Esimerkkejä yrityksistä

- ABB, Agco Power, Auramarine, Danfoss, Dekati, Fortum, Mapromec, Neste, Koncentra Pistons, Proventia, Uwira, Valmet, VEO, Wärtsilä

n. 1200  
yritystä

6 000  
työllisyys

5 mrd€  
liikevaihto

Lähteet: IPCC (2014), TEM (2014): Toimialaraportit – Uusiutuva energia, avainluvut TEM:n toimialaraportista.

# 6C ENERGIATEKNIikka-KLUSTERIN PÄÄTUOTTEITA

Aukkoja markkinoilla:

- BECCS-voimalat (negatiiviset päästöt), bioenergian käyttöön yhdistetty CO<sub>2</sub> talteenotto

- Älykkäät sähköverkot
  - Kulutusjoustopalvelut
  - Hajautettu tuotanto
- Elektrolyysit, vedyn valmistus
- Polttokennot
- Power-to-X –laitteistot, synteettisten polttoaineiden valmistus

- Aurinkoenergiateknologia
  - Paneelit
  - Järjestelmät
  - Akustot
- Lämpöpumput
- Kattilateknologia
  - Bioenergia
- Biokaasun tuotanto
- Biopolttoaineiden tuotanto
- CHP-tuotantoteknologiat
- Generaattorit
- Taajuusmuuttajat

- Geoterminen energia
- Hajautettu biokaasun tuotanto
- Hybriditeknologiat (esim. sähkö/polttoainekattilat)
- Energiavarastoteknologiat
  - Akut
  - Lämpöakut
- SMR-teknologia, pienet modulaariset ydinvoimalat

Aukkoja markkinoilla:

- Sähköuunit ja muut ratkaisut erittäin korkeiden lämpötilojen saavuttamiseksi teollisuudessa

# 6D ENERGIATEKNIIKAN KÄDENJÄLKI, ESIMERKKINÄ BIOENERGIATEKNOLOGIA

- Suomalainen kattilateknologia on maailman huippuluokkaa. Biomassaa ja jätteitä hyödyntävillä voimalaitoksilla voidaan korvata fossiilisten polttoaineiden käyttöä.
- Esimerkkinä kivihiilen käytön korvaaminen kestävillä biopohjaisilla polttoaineilla
- Laskelma:
  - Vuosittainen globaali bioenergiaan perustuvan tuotantokapasiteetin kasvu: 40 TWh/a (sähkö) ja 85 TWh (lämpö)
  - Oletetaan suomalaisten bioenergiaratkaisuiden markkinaosuudeksi 20 %, jolloin suomalaiset ratkaisut lisäävät kapasiteettia 8 TWh/a (sähkö) ja 18 TWh (lämpö)
  - Päästöintensiteetti 485 gCO<sub>2</sub>/kWh (sähkö, globaali keskiarvo)
    - Jos oletetaan bioenergian CO<sub>2</sub>-vaikutus nollassi
  - Tulos: pelkän sähkön tuotannon määrän lisäyksen kädenjälki: n. 4 MtCO<sub>2</sub>/a

Nykyinen vientituote

Kädenjälki:  
> 4 MtCO<sub>2</sub>e/a



Lähteet: Valmet (2018, 2020), IEA (2011, 2018, 2019)

# 6D ENERGIA TEKNIKAN KÄDENJÄLKI, ESIMERKKINÄ TAAJUUSMUUTTAJAT

- Suomessa jo 1980-luvulla kehitetty taajuusmuuttaja on laite, jolla voidaan säätää sähkömoottorin nopeutta energiatehokkaasti. Esimerkiksi pumppujen, kompressorien ja ilmastoinnissa energiaa voidaan säästää 15-70 %. Taajuusmuuttaja säästää elinkaarensa aikana jopa 100-kertaisen määrän CO<sub>2</sub>-päästöjä verrattuna sen valmistuksessa syntyviin päästöihin
- Suomessa tuotetaan EU:n kolmanneksi eniten taajuusmuuttajia
- Laskelma:
  - Arvioidaan teollisuuden käyttävän maailman sähköstä noin 40 % ja olevan noin 9 000 TWh vuodessa (IEA)
  - Arvioidaan teollisuuden sähkönkulutuksesta 2/3 olevan sähkömoottoreita, mikä vastaa 6000 TWh sähkönkulutusta (Westergård)
  - Arvioidaan, että taajuusmuuttajan puuttuu ja sen voisi asentaa teollisuuden sähkömoottoreihin, jotka kuluttavat nykyisin 50% sähkömoottorien kulutuksesta. Asennusten kohteena olevat moottorit käyttäisivät siten 3000 TWh.
  - Oletetaan taajuusmuuttajan vähentävän sähkönkulutusta 40 % kohteessa. Säästö olisi 1200 TWh vuodessa.
  - Oletetaan Suomen markkinaosuuden olevan 10 % globaalisti (peilaten TEM:n arvioon 2012), joten suomalaiset vientituotteet voisivat tuottaa jopa 120 TWh säästön globaalin teollisuuden sähkönkulutuksessa. Tämä on enemmän kuin koko Suomen nykyinen sähkönkulutus, noin 85 TWh.
  - Oletetaan sähkön keskimääräiseksi päästöintensiteetiksi 485 gCO<sub>2</sub>/kWh (IEA). Näin ollen taajuusmuuttajilla saavutettava säästöpotentiaali (120 TWh) vastaa 58 MtCO<sub>2</sub>/a
  - Oletetaan, että taajuusmuuttajat asennettaisiin tasaisesti seuraavan 15 vuoden aikana. Näin ollen vuodessa toimitettavien taajuusmuuttajien päästövähennyspotentiaali olisi noin 4 MtCO<sub>2</sub>/a.

Nykyinen vientituote

Kädenjälki:  
4 MtCO<sub>2</sub>e/a



Lähteet: IEA (2011), ABB (2020), Danfoss (2020), CBI (2017), IEA, IRENA (2018), Westergård (2018), TEM (2012)

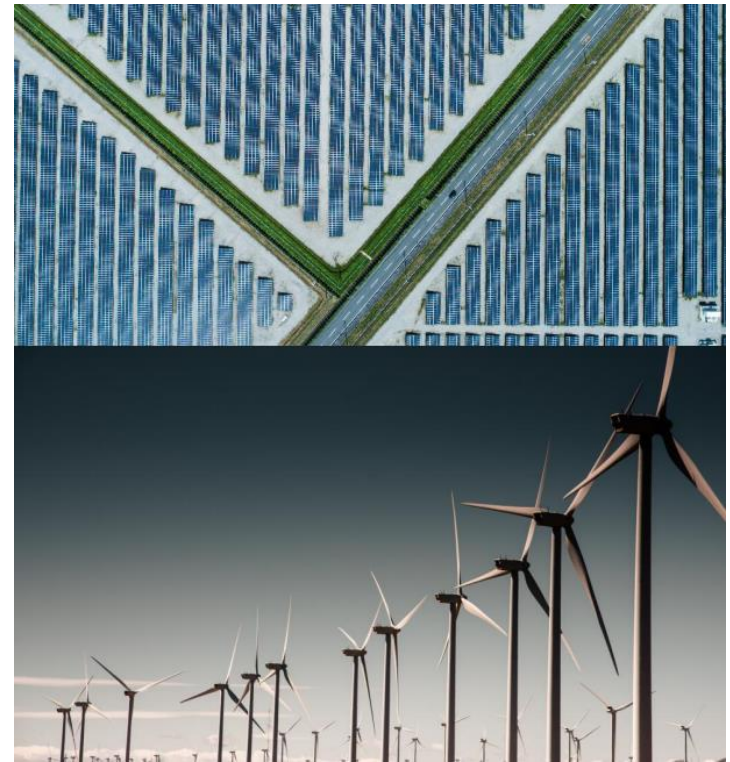


# 6D ENERGIATEKNIIKAN KÄDENJÄLKI, ESIMERKKINÄ SYNTEETTISTEN POLTTOAINEIDEN VALMISTUSTEKNOLOGIA

Kehityskohde

Potentiaalinen  
kädenjälki:  
>> 5 MtCO<sub>2</sub>e/a

- Globaalisti vetyä hyödynnetään nykyisin noin 70 Mt/a, josta suurin osa kuluu öljynjalostuksessa ja kemikaalituotannossa. Nykyisin vety valmistetaan pääosin maakaasusta ja öljystä, mutta tulevaisuudessa esim. veden elektrolyysiin perustuvien Power-to-X –sovellusten arvioidaan kaupallistuvan. Näin valmistettua vetyä (tai hiilivetyjä) voitaisiin hyödyntää hiilineutraalina energiankantajana ja raaka-aineena monilla toimialoilla liikenteestä teollisuuteen.
- Power-to-X-tutkimusta ja -kehitystä tehdään Suomessa ja maailmalla tällä hetkellä intensiivisesti. Tällä hetkellä teknologia ei ole vielä kustannuskilpailukykyinen fossiilisen tuotannon kanssa. Investointikustannusten (laitteisto) arvioidaan laskevan massatuotannon myötä. Power-to-X-teknologia voi toimia joustavana sähkönkulutuksen lähteenä, ja näin edistää uusiutuvien energianlähteiden kasvua varmistuen “lattiahinnan” sähkölle. Haasteina matalille vuosittaisille käyttötuntimäärille ovat korkeat investointikustannukset ja vedyn varastointiin liittyvät haasteet.
- Useat Euroopan maat (UK, NL, DE) ovat julkistaneet vetystrategioita ja merkittäviä panostuksia kehitykseen. Esimerkiksi Hollanti arvioi elektrolyysikapasiteettinsa kasvavan 500 MW:iin (2025) ja 3-4 GW:iin (2030).
- Arviot vetytalouden yleistymisestä vuoteen 2050 mennessä vaihtelevat laajasti. IRENA on esittänyt arvioita 8-78 EJ välillä, ja näitä vastaava päästövähennysvaikutus olisi 0,6-6 GtCO<sub>2</sub>/a. (On korostettava, että yläraja tarkoittaa vedyn vastaavan 18 % maailman loppuenergiankäytöstä.)
  - Jos Suomessa kehitetty synteettisten polttoaineiden valmistusteknologia saavuttaisi yhden prosentin globaalimarkkinaosuuden, on kädenjälkipotentiaali noin 6-60 MtCO<sub>2</sub>/a



Lähteet: IRENA (2018), IEA (2020)

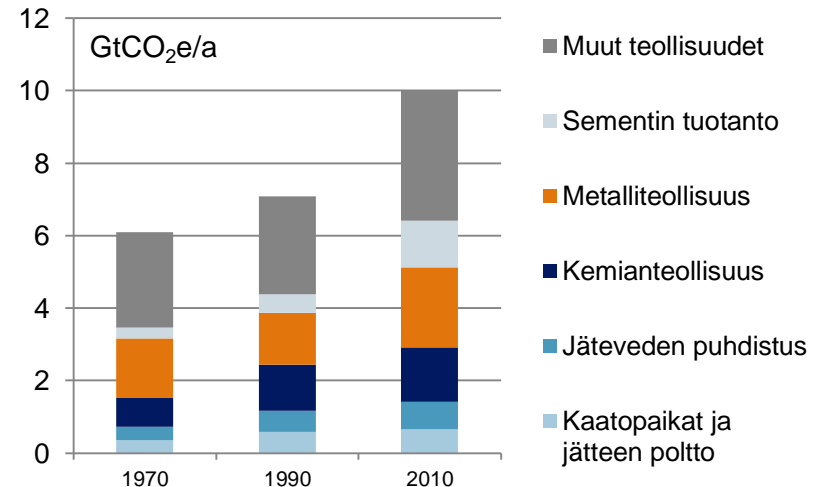
# 7A TUOTANTOTEKNOLOGIAKLUSTERIN MARKKINAT GLOBAALISTI

- Globaalisti teollisuuden CO<sub>2</sub>-päästöjen määrä vastaa noin 30% maailman kasvihuonekaasupäästöjä.
- Päästöiltään suurimpia teollisuussektoreita ovat kemianteollisuus, metallinjalostus, sementin valmistus ja kaivostuotanto.
  - Yksin teräksen ja sementin tuotanto vastaavat noin 44 % globaaleista teollisista CO<sub>2</sub>-päästöistä.
- Muita merkittäviä teollisuussektoreita ovat muun muassa metsäteollisuus, ruukateollisuus, tekstiilit
- Kussakin teollisuuden haarassa on omat yksilölliset ominaispiirteensä. Kuitenkin suurta osaa oleellisista teknologioista liittyen esimerkiksi energiantuotantoon ja –tehokkuuteen, prosessien ohjaukseen ja optimointiin sekä raaka-aineiden prosessointiin koskee samanlaisia ilmastoystävällisiä ratkaisuja
  - Suurin osa teollisuuden päästöistä syntyy tarpeesta lämpöenergialle (esimerkiksi reaktiot, kuivatus) ja moottoreille (esim. pumput). Lisäksi raaka-aineista vapautuu prosessipäästöjä.
  - Uusilla Suomessa kehitettävillä vähähiilillä prosessiteknologioilla on erittäin suuri vipuvaikutus, jos ne kaupallistetaan ja viedään tehokkaasti maailmalle.

## Mitä markkinoita palvelee

- Tuotantoteknologian kohdemarkkinana on globaalin teollisuus erilaisine toimialoineen
- Vientituotteet voivat olla esimerkiksi kokonaistoimituksia, laitetoimituksia, teknologialisenssejä, ohjelmistoja

Globaalit teollisuuden kasvihuonekaasupäästöt



Lähteet: IPCC (2014)

# 7B TUOTANTOTEKNOLOGIAKLUSTERI SUOMESSA

- Tuotantoteknologia-klusteriin sisältyvät kone- ja laitevalmistajat, jotka kehittävät ratkaisuja nykyisiin ja uusiin teollisiin prosesseihin.\*
- Tuotantoteknologiaklusterin tuotteet voivat olla
  - Koneiden ja laitteiden osia
  - Koneita ja laitteita
  - Teknologialisenssejä
  - Tietojärjestelmiä
  - Tehtaita järjestelmätoimituksena
- Perinteisesti Suomessa on ollut maailman johtavaa osaamista erityisesti metalli- ja metsäteollisuuden tarpeista kummuten: paperi- ja selluteknologia ja metallien jalostuksen prosessitekhnologia ovat nykyisin merkittäviä vientialoja.
- Uutta tuotekehitystä edustavat muun muassa biopohjaisten tekstiilien, synteettisten polttoaineiden ja ALD-tekhnologian kehitys.

## Teknolohiateollisuudessa

- Muun muassa seuraavia toimialaryhmiä:
  - Metallintyöstökoneet ja tuotantoautomaatio
  - Puuntyöstökoneet –toimialaryhmä
  - Osa Rakennuskoneet –toimialaryhmästä
  - Voimansiirto-toimialaryhmä

## Esimerkkejä yrityksistä

- AGCO Power, Aliko, Andritz, Ensto, Fastems, Glaston, Kumera Drives, LSAB, LSK-Machine, Macring, Makron, Metso, Outotec, Okun Hammaspyörä, Raute, Pemamek, Picosun, Pivatic, Power Tech Group, Prima Power, Saalasti, Samesor, Sandvik, Tasowheel, Valmet, Valon Kone, Veisto, Wärtsilä

\*Energia- ja materiaalivirrat kuuluvat teollisissa prosesseissa erottamattomasti yhteen. Puhdas energiantuotantotekhnologia tarkastellaan kuitenkin osana Energiateknologia-klusteria. Tuotantotekhnologia-klusterin toiminnot ovat myös lähellä tietotekhnika-, automaatio- ja suunnittelu ja konsultointi –klustereita. Läheteet: Teknolohiateollisuus ry

# 7C TUOTANTOTEKNOLOGIAKLUSTERIN PÄÄTUOTTEITA

- Uudet ruoantuotantoteknologiat
  - Vertical farming
  - Synteettiset proteiinit
- CCS/CCU-teknologiat
- Synteettiset polttoaineet
- Additive manufacturing
  - ALD-teknologia (Atomic Layered Deposition)
- Fossiilittoman teräksen valmistus

- Sellu- ja paperiteknologia
  - Biokattilat
  - paperikoneet
- Lasinjalostusteknologia
  - lämpökäsittelykoneet
- Metallintyöstökoneet
  - Esim. ohutlevykoneet, särmäyspuristimet, hitsauskoneet
- Puuntyöstökoneet
  - sahateknologia
- Kaivosteknologia
  - Esim. jauhinmyllyt, murskaimet, prosessilaitteet
- Metallinjalostuksen prosessitekhnologia
  - Teollisuusvesien käsittely, rikastusteknologiat, hydro- ja pyrometallurgia

- Biopohjaiset
  - Muovit
  - Kemikaalit
  - tekstiilit
- Uudenlaiset materiaalit
  - Keramiikka ja keramiikkakomposiitit
- Teollisen bioteknologian uudet sovellukset

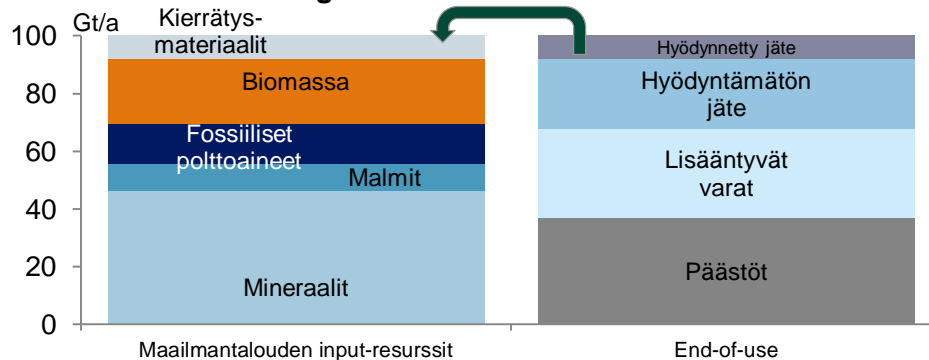
Aukkoja markkinoilla:

- Kysyntäjoustoon kykenevät teknologiat teollisuudessa
  - Lämmitys
  - Joustavat prosessit
- Cell factory – uudenlaiset tehdas- ja kokoonpanokonseptit

# 8A KIERRÄTYSTEKNOLOGIAKLUSTERIN MARKKINAT GLOBAALISTI

- Globaalisti jätteiden käsittely ja jäteveden puhdistus aiheuttaa noin 1,5 GtCO<sub>2</sub> päästöjä, mikä vastaa noin 3 % kaikista CO<sub>2</sub>-päästöistä.
- Vaikka kiertotalouden ratkaisut ovat osassa yhteiskuntaa jo vuosikymmeniä vanhoja, perustuu globaali talous yhä merkittävilta osin lineaariselle raaka-aineiden hyödyntämiselle ja syntyvän jätteen läjitykselle kierrätyksen sijaan
  - Maailmantalous käyttää vuosittain yli 100 miljardia tonnia mineraaleja, fossiilisia polttoaineita, metalleja ja biomassaa, mistä vain 9 % kierrätetään nykyisin. Osuus on pienentynyt viime vuosina.
  - Kierrätettyjen ja uudelleenkäytettyjen materiaalien osuus on matala myös yhdyskuntajätteessä: noin 20 % globaalisti vuonna 2010.

Arvio globaalista materiaalitaseesta

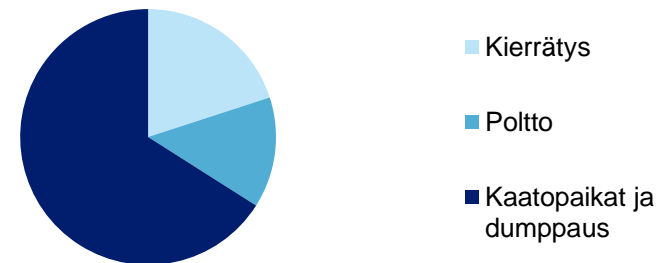


Lähteet IPCC (2014), TEM (2020), VTT (2020), Platform for Accelerating the Circular Economy (2020)

## Mitä markkinoita palvelee

- Kiertotalouden ratkaisut voivat palvella esimerkiksi
  - Jätteenkeräys-, lajittelu- ja käsittelyalaa
  - Materiaali-intensiivisiä teollisuuden aloja: muun muassa metsäteollisuutta, kemianteollisuutta, tekstiiliteollisuutta
  - Kaupan alaa, esimerkkinä erilaiset jakamistalouden alustapalvelut
- Kierrätyksellä on valtava potentiaali pienentää päästöjä paitsi jätesektorilla, potentiaalisesti myös alkutuotannossa ja teollisuudessa.

Yhdyskuntajätteen käsittely globaalisti 2014



# 8B KIERRÄTYSTEKNOLOGIAKLUSTERI SUOMESSA

- Varsinaista kierrätysteknologiaklusteria ei Suomessa laajasti tunneta, eikä kiertotalous olekaan itsenäinen toimialansa. Kierrätysteknologiaklusteriin kuuluvat tyypillisesti teollisuuden yritykset, jotka kehittävät teknologiaa materiaalien uusiokäyttöön ja kierrätykseen.
  - Kierrätykseen perustuva ajattelu on monen teknologiateollisuuden yrityksen toiminnan perusta jo nyt.
  - Esimerkiksi Outokummun terästehdas on Euroopan suurin materiaalien kierrätyslaitos jo raaka-ainepohjansa perusteella. Lisäksi metallinjalostuksen sivutuotteilla (esim. OKTO-materiaali) voidaan korvata neitseellisen maan aineksen ja sementin käyttöä.
- Kiertotalouden liiketoimintamallit voidaan luokitella kierrätykseen, resurssitehokkuuteen, jakamistalouteen, tuote palveluna -konsepteihin ja tuotteen elinkaaren pidentämiseen.
- Työ- ja elinkeinoministeriö on arvioinut materiaalikierrossa toimivan Suomessa n. 540 yritystä ja kiertotaloudesta kertyvän liikevaihtoa 11 mrd € (2020).
  - 70 % liikevaihdosta syntyy metalli-, energia- ja metsäteollisuuden aloilla, 13 % syntyy jätetoimialalla
- Esimerkkinä uudesta suomalaisesta tutkimusyhteistyöstä on Aalto-yliopiston, GTK:n ja VTT:n yhteishanke (Circular Raw Materials Hub), jossa tutkitaan mm. akkumetallien kiertotaloutta.

## Teknologiateollisuudessa

- Teknologiateollisuudessa merkittäviä kierrätysteknologian osaajia on erityisesti
  - metallinjalostuksen toimialalla,
  - teollisuuden kone- ja laitevalmistuksessa (esim. puun- ja metallin työstökoneet) sekä
  - osassa suunnittelu- ja konsultointitoimintoja

## Esimerkkejä yrityksistä

- Afry, Akkuser, Ecolan, Elker, HS Tekniikka, Innomac, Kuusakoski, Metso, Outokumpu, Outotec, RecTec Engineering, Specim, Sweco, Valmet, ZenRobotics

**n. 540**  
yritystä

**11 mrd€**  
liikevaihto

Lähteet: TEM (2020): Kiertotalouden ekosysteemit, Teknologiateollisuus ry

# 8C KIERRÄTYSTEKNOLOGIAKLUSTERIN PÄÄTUOTTEITA

Aukkoja markkinoilla:

- Urban mining-teknologiat
- Komposiittien kierrätys
  - Esim. tuuliturbiinit, PV-paneelit
  - Biokomposiitit, hiili- ja lasikuitukomposiitit

- Hiilen kierto: CCU, synteettiset polttoaineet
- Lajittelurobotit
- Materiaalintunnistusteknologiat
- E-jätteen käsittely
- Nanoselluloosasuodattimet

- Vedenpuhdistusteknologiat
- Kierrätysteknologiat metallinjalostuksessa
  - Metalliromun kierrätysteknologiat
  - Kuonien hyödyntäminen esim. maanaineksen ja sementin korvaajana
- Metsäteollisuuden sivuvirtojen hyödyntäminen
  - Energia ja materiaalit
- Waste-to-Energy
- Biokaasun valmistusteknologia eloperäisistä jätteistä
- Muovin kierrätysteknologiat
- Ohjelmistot
  - Jakamistalouden teknologiat kuluttajarajapinnassa

Aukkoja markkinoilla:

- Ravinneteknologia
  - Ravinteiden (typpi, fosfori) talteenotto ja kierrätys
- Betonin kierrätys

- Kierrätysteknologiat eri materiaaleille
  - Tekstiilit
  - Yhdyskuntajäte
  - Maatalousjäte
- Akkukemikaalien kierrätysteknologia

# 8D KIERRÄTYSTEKNOLOGIAKLUSTERIN KÄDENJÄLKI, ESIMERKKINÄ JÄTTEENLAJITTELUN AUTOMATISOINTI

- Teknologiateollisuuden tarjoamana ratkaisuna tekoälyä hyödyntävä robotti jätteenlajittelussa, mikä mahdollistaa rakennusjätteen käyttämisen uudelleen tekemällä lajittelusta riittävän tehokasta ja turvallista.
- Laskelma:
  - Kiina tuottaa vuodessa rakennusjätettä 15 miljoonaa tonnia, josta nykyään kierrätetään 10% (lähde: kirja Kiinan ympäristöasioista 2017)
  - Kiinan sementinvalmistuksen kasvihuonekaasupäästöt olivat 782 MtCO<sub>2</sub>e vuonna 2018 (lähde: Statista)
  - Suomalaisyrittäjien Kiinaan 2019 toimittama robotoitu rakennus- ja purkujätteen lajittelulinja on toinen lajissaan Kiinassa.
  - Rakennusjätteen kierrätysasteen parantamisella sementintuotannon kasvihuonekaasupäästöjä voitaisiin vähentää. Oletetaan, että suomalaisen teknologian avulla kierrätetty materiaali vähentäisi neitseellisen sementintuotannon päästöjä 1% vuodessa.
  - Tämä vastaisi globaalia, vuotuista 7,8 MtCO<sub>2</sub>e/a kädenjälkivaikutusta pelkästään Kiinan rakennusjätteen kierrätysmarkkinoille suunnatuilla ratkaisuilla.

Nykyinen vientituote

Potentiaalinen  
kädenjälki:  
n. 8 MtCO<sub>2</sub>e/a (pot.)



Lähteet: Sullivan & Sullivan (2019), Statista (2020), ZenRobotics (2019, 2020)

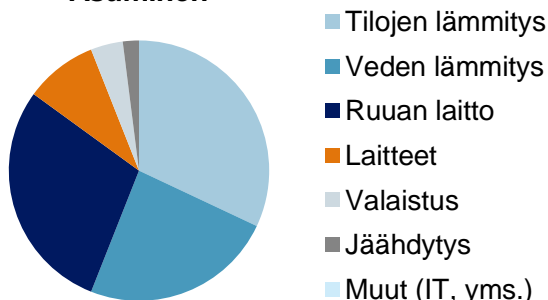


# 9A RAKENTAMISEN TEKNOLOGIAN MARKKINAT GLOBAALISTI

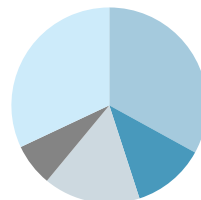
- Globaalisti rakennussektorin vuotuiset CO<sub>2</sub>-päästöt olivat noin 9 GtCO<sub>2</sub> (2010), joista suuri osa on epäsuoria sähköntuotannon päästöjä. Tämä sisältää vain kiinteistöjen käytöstä syntyvät kasvihuonekaasupäästöt, jotka kattavat noin 80 % asuttujen rakennusten elinkaari päästöistä.
- Lisäksi rakentaminen ja rakennusmateriaalit ovat merkittäviä päästölähteitä, erityisesti infrastruktuurin osalta (osuus jopa 90 % elinkaari päästöistä)
  - Teräs- ja sementtiteollisuuden (44 % globaaleista teollisuuden CO<sub>2</sub>-päästöistä) kasvua ajaa erityisesti kaupungistumisen lisäämä rakentaminen.
- Vuonna 2010 rakennukset ja kiinteistöt kuluttivat yli 30 % maailman energian käytöstä, josta noin 75 % kului asumiseen.

## Rakennusten energiankäyttö globaalisti

### Asuminen



### Muut rakennukset



## Mitä markkinoita palvelee

- Rakentamisen teknologian klusteri palvelee sekä rakentamista että rakennusten käyttövaihetta (asuminen, liiketilat). Kohdemarkkinoihin lukeutuvat kiinteistöalan lisäksi myös infrastruktuurirakentaminen, kuten tiestö, tele- ja energiaverkot.
- Olemassaolevan rakennuskannan CO<sub>2</sub>-päästöihin voidaan vaikuttaa mm.
  - energiatehokkuusparannuksin (esimerkiksi kiinteistöautomaatio) ja
  - energian (sähkö, lämpö) lähteeseen vaikuttamalla (esim. kaukolämpö, geoterminen energia)
- Rakentamisessa on huomioitava materiaalien vaikutus ja rakennusjätteen minimointi.
- Globaalisti kiinteistölämmityksen ja –jäähdytyksen energiankulutuksen arvioidaan kasvavan noin 80 % (2010-2050).
  - Nopeiten rakennuskannan määrä kasvaa Aasiassa ja Afrikassa

Lähteet IPCC (2014), UN Environment (2017), Huang et al. (2018): *Carbon emission of global construction sector*

# 9B RAKENTAMISEN RATKAISUT -KLUSTERI SUOMESSA

- Suomessa rakentamisen ratkaisut –klusteri ei ole yksiselitteisesti rajattu.
- Tässä tarkastelussa klusteriin kuuluvat infrarakentamisen ja kaupungistumisen ratkaisut: uudet materiaalit, voimansiirto, rakennuskoneet, energiatehokkuustoimet, hissi- ja liukuporrasteknologia. Pääpaino on rakentamista ja kiinteistöjä palvelevissa *teknologioissa*. Sen sijaan kiinteistöjen hallinnointi sekä rakentaminen itsessään eivät kuulu tarkasteluun.
- Suomessa on korkeaa valaistusteknologian osaamista. Vaikka LED:t ovat 2010-luvulla lyöneet läpi, suuri osa globaalista valaistusmarkkinasta on huomattavan energiatehottomia halogeeni-, hehku- ja loistelamppuja.
- Liukuporras- ja hissiteknologian kehitys on pitkään ollut suomalainen vientivaltti.
- Myös älykkäiden sähkömittareiden kehityksessä ja käyttöön otossa Suomi on maailman huippua

## Teknologiateollisuudessa

- Ovitoimiala
- Rakennuskonevalmistajat
- Valaisinvalmistajat
- Osa Suunnittelu- ja konsultointiklusterin yrityksistä

## Esimerkkejä yrityksistä

- ABB, AFRY, Are, Airam, Assa Abloy, Caverion, Ensto, Greenlux, Granlund, Helvar, I-Valo, KONE, Mesvac, Purso, Saajos, Schneider Electric, Signify, Stera Technologies, Tarvasjoen Teräsovi, Teknoware, Tepcomp, Vasmet

Lähteet: Teknologiateollisuus ry, UN Environment (2017)

# 9C RAKENNUSTEKNOLOGIA-KLUSTERIN PÄÄTUOTTEITA

Aukkoja markkinoilla:

- Uusi infrastruktuuri
  - Vetytalous: erityisesti jakelu
  - CCS:n vaatima infrastruktuuri (CO<sub>2</sub> varasto ja kuljetus)

- Uudet lämmitysteknologiat
  - Geoterminen lämpö
- Älykkäät sähköverkot
- *Smart Cities* –tuotteet

- Kiinteistöautomaatio ja älykkäät ohjausjärjestelmät
- Liukuporras- ja hissitekologia
- Ovitekologia
  - Automaattiovet
  - Turvaovet, palo-ovet
- Valaistus
  - Älyratkaisut valaistuksessa
  - LED-valot
- Rakentaminen
  - Rakennuskoneet
- Lämpöpumput ja lämmöntalteenotto-teknoteknologiat
- Taajuusmuuttajat ja sähkömoottorit
- Älymittarit

Aukkoja markkinoilla:

- Rakennusmaterialien uusiokäytön mahdollistavat teknologiat
  - Esim. betonin kierrätys

- IoT-sovellukset
- Sensorit
- Kysyntäjoukon mahdollistavat teknologiat
  - Sähköautojen lataus
  - lämpöpumput
  - ohjausjärjestelmät

# 9D RAKENNUSTEKNOLOGIA-KLUSTERIN KÄDENJÄLKI, ESIMERKKinÄ VALAISTUS

Nykyinen vientituote

Potentiaalinen  
kädenjälki:  
280 ktCO<sub>2</sub>e/a (pot.)

- IEA:n arvion mukaan LED-lamppujen osuus kaikista asumissektorin (*residential*) valaistuksesta oli noin 40 % vuonna 2018. Kuitenkin vain murto-osa asennetusta lamppukannasta uusitaan vuosittain (3 % katuväläistuksessa, 7 % toimistoväläistuksessa)
  - LED-valot ovat IEA:n arvion mukaan noin 33-86 % energiatehokkampia kuin perinteiset verrokkit
  - Lisäksi LED-valojen energiatehokkuuden (W/lumen) arvioidaan parantuvan yhä jopa 50 %:lla vuoteen 2030 mennessä, toisin kuin verrokkien, joiden tuotekehitys on vähentynyt.
  - Lisäksi valaistuksen älykkäällä ohjauksella voidaan Motivan arvion mukaan saavuttaa jopa 50-80 % energiansäästö.
- Laskelma
  - IPCC arvioi kiinteistöjen (asuminen ja muut) valaistuksen kuluttavan noin 2 300 TWh sähköä vuonna 2010.
  - Arvioidaan 5 % rakennusten valaistuksesta uusittavan vuosittain. Tämä vastaisi noin valaistuskantaa, jonka kuluttama sähkö olisi 115 TWh.
  - Arvioidaan LED-teknologia olevan keskimäärin 50 % energiatehokkaampaa kuin perinteinen verrokki. Asentamalla uusittaviin kohteisiin LED-valaistus vähensisi vuotuinen sähkönkulutus 58 TWh.
  - Jos suomalainen vientiteollisuus saisi globaalista markkinasta 1 %:n markkinaosuuden, olisi sen vuodessa myymien tuotteiden energiansäästö 0,575 TWh.
  - Oletetaan sähkön päästöintensiteetiksi 485 gCO<sub>2</sub>/kWh (globaali keskiarvo)
  - Kädenjälkivaikutus vuodessa myydyille tuotteille olisi 280 ktCO<sub>2</sub>e/a.
  - Huom. kumulatiivisuus: asennettu LED-valo tuottaa laskennallista päästövähennystä koko käyttöikänsä ajan.



Lähteet: IEA (2019), IPCC (2014), Motiva

# 9D RAKENNUSTEKNOLOGIA-KLUSTERIN KÄDENJÄLKI, ESIMERKKINÄ HISSIT JA LIUKUORTAAT

Nykyinen vientituote

Potentiaalinen  
kädenjälki:  
280 ktCO<sub>2</sub>e/a (pot.)

- Suomessa on maailmanluokan teknologista osaamista hissi- ja liukuporrasteknologiassa.
- Esimerkiksi hissiteknologiassa energiatehokkuutta voidaan parantaa kymmeniä prosentteja nostokoneiston ratkaisulla, valaistuksella ja valmiustilaratkaisuilla. Huoltotoiminnassa vanhan laitekannan tehokkuutta voidaan parantaa jopa 30 %.
- Laskelma:
  - Oletetaan suomalaisen vientiteollisuuden markkinaosuuden olevan noin 5 % hissien ja liukuportaiden uuslaitemarkkinasta. Globaali uuslaitemarkkina on noin 0,9 miljoonaa laitetta (2018), eli suomalaisen vientiteollisuuden osuus olisi noin 45000 laitetta
  - Oletetaan yhden laitteen tuottavan keskimäärin 6330 kgCO<sub>2</sub>e/a hiilijalanjäljen, mikä vastaa keskiarvoa VTT:n (2018) esittämän arvioiden ylä- ja alarajan keskiarvoa Kone Oyj:n MonoSpace 500-hissille.\*
  - Näillä oletuksin liukuporras- ja hissiteknologian uuslaitteiden kädenjälki olisi noin 280 ktCO<sub>2</sub>/a.
  - Huom. kumulatiivisuus: asennettu energiatehokas hissi tai liukuporras tuottaa laskennallista päästövähennystä koko käyttöikänsä ajan.
  - Lisäksi huoltoliiketoiminnan energiatehokkuusparannukset tuottavat huomattavan päästövähennysvaikutuksen.



\*VTT on arvioinut kädenjälkipotentiaalia suomalaiselle hissille verrattuna kansainvälisiin verrokkeihin. Merkittäviä epävarmuuksia liittyy esimerkiksi tarkasteltavan palvelun rajaamiseen, vertailukohtaan energiatehokkuuteen ja oletettuun sähkön päästöintensiteettiin. Riippuen valituista parametreista, tarkastellun suomalaisen hissi vuotuinen kädenjälki vaihtelee välillä 10–12 650 kgCO<sub>2</sub>e/a. Todellisuudessa laitteita on hyvin monenlaisia, ja tässä esitetty tarkastelu on vain suuntaa-antava. Lähteet: VTT (2018), KONE (2018, 2020)

# 10A LIIKENNEKLUSTERIN GLOBAALIT MARKKINAT

## Liikenne aiheuttaa globaalisti 8 GtCO<sub>2</sub> päästöjä eli lähes 140-kertaisesti Suomen kansallisten päästöjen verran

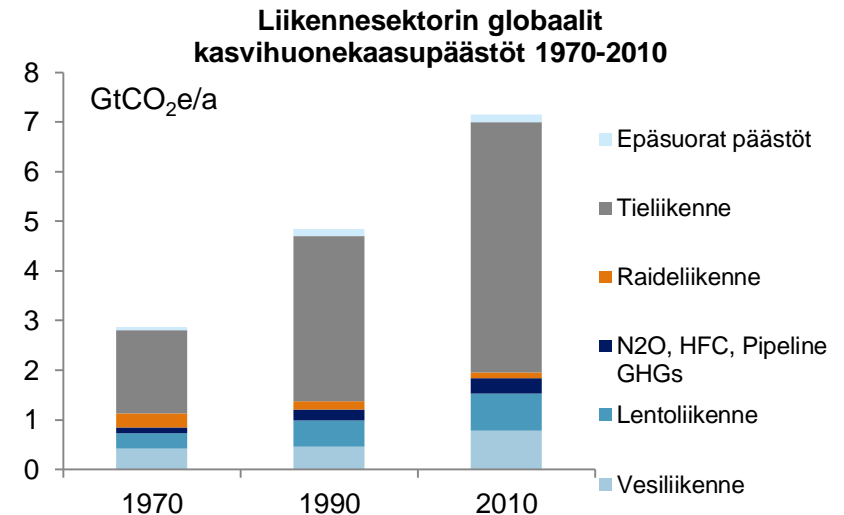
- Liikenne on suuren murroksen kynnyksellä, kun vaihtoehdot fossiilisille polttoaineille kaupallistuvat tulevien vuosien aikana kaikissa kulkumuodoissa. Erityisesti sähköinen liikenne kasvattaa osuuttaan. Sähköisten henkilöautojen myynnin arvioidaan 27-kertaistuvan vuoteen 2030 mennessä.
- Erityisen nopeasti kasvavia liikenneteknologian kohdemarkkinoita ovat mm. (arvioineen vuosikasvusta %/v 2017-2022)
  - Autojen jakamisen markkina (+35 %)
  - Sähköbussien markkina (+34 %)
  - Itseohjautuvien ajoneuvojen markkina (+40 %)
  - Itseohjautuvuutta mahdollistavat ohjelmistot (>+76 %)
  - Liikenteen hallintajärjestelmät (+21 %)
  - Sähköautomarkkina (+20 %)
- Lentoliikenteen suhteellinen osuus globaaleista liikenteen päästöistä on kasvanut viime vuosikymmeninä nopeasti. Ilmeisiä ratkaisuja ilmailun päästöjen vähentämiseksi lentomäärien ja energiatehokkuuden parantumisen lisäksi ei hiilineutraaleja polttoaineita lukuun ottamatta juuri ole

### Mitä markkinoita palvelee?

- Liikkumisen ratkaisut palvelevat kaikkia yhteiskunnan osia: kauppaa, teollisuutta, kuluttajia, ja niin edelleen.

### Globaalit päästöt

- Noin 14 % kaikista kasvihuonekaasupäästöistä syntyy liikennesektorilla, valtaosa tieliikenteestä



Lähteet: Statista, Teknologiateollisuus, IPCC (2014), Liikenne- ja viestintäministeriö (2018): Toimenpideohjelma hiilettömään liikenteeseen 2045

# 10B LIIKENNETEKNOLOGIA-KLUSTERI SUOMESSA

- Suomen teknologiateollisuuden liikenneklusteri kehittää tulevaisuuden ratkaisuja mm. sähköisen liikenteen, latausjärjestelmien ja logistiikan saralla.
- Tässä klusterissa ovat myös autojen valmistus sekä työkoneet, kuten metsä- ja maatalouskoneet ja nostolaitteet.
- Perinteisten kulkuneuvojen valmistuksen rinnalle on Suomessa syntynyt merkittäviä uusia ekosysteemejä. TEM:n selvityksessä tällaisia ovat matkaketjupalvelut, älykäs infrastruktuuri ja automaattiajaminen sekä kestävä joukkoliikenne.
- Suomessa kotimaan liikenne tuottaa viidenneksen CO<sub>2</sub>-päästöistä. Suurin osa liikenteen päästöistä syntyy tieliikenteessä. Lisäksi työkoneista syntyy jopa 5% Suomen päästöistä.

## Teknologiateollisuudessa

- Muun muassa seuraavissa toimialaryhmissä
  - Sähköinen liikenne -toimialaryhmä
  - Maatalouskoneet-toimialaryhmä
  - Puuntyöstökoneet-toimialaryhmä
  - Rakennuskonevalmistajat -toimialaryhmä
  - Perävaunut ja päällirakenteet-toimialaryhmä
  - Nosto- ja siirtolaitteet-toimialaryhmä
- Lisäksi merkittävää osaamista erityisesti energiateknologiaklusterin yrityksissä

## Esimerkkejä yrityksistä

- ABB, Aidon, Alfen Elkamo, Algol Technics, Auramo, Bronto Skylift, Cargotec, Ensto, Fortum, Helen, Konecranes, Mantsinen Group, Mirasys, Valmet Automotive, Parkkisähkö, Pesimal, Rejlers, Rocla, Synocus, Sisu Engineering, Toijala Works, Wapice

Lähteet: Statista, Teknologiateollisuus, IPCC (2014), TEM (2017): Liikennealan kansallinen kasvuo-ohjelma 2018–2022, Tilastokeskus.

# 10C LIKENNETEKNOLOGIA-KLUSTERIN PÄÄTUOTTEITA

Aukkoja markkinoilla:

- Modulaariset akut (nopeasti vaihdettavat)
- Palvelut, jolla kuluttaja tai yritys voi arvioida luotettavasti kuljetuksen CO<sub>2</sub>-päästöjä

- Sähköautojen akkujen valmistus ja kierrätys
- Vaihtoehtoiset käyttövoimat: vety, Power-to-X:lla tuotettavat polttoaineet
  - Valmistus: tuotantolaitteisto
  - Jakelu: infra ja palvelut
  - Käyttö: polttokennot

- Metsäkoneet
- Maatalouskoneet
- Nosto- ja siirtolaitteet
- Tehokkaammat polttomoottorit
- Autot
- Sähköautojen latausinfrastruktuuri ja latauspalvelut
- Palvelut
  - P2P-autot
- Ohjelmistot
  - MaaS-palvelut
  - Logistiikan optimointi
  - Data-analytiikka
  - Liikennetietopalvelut

Aukkoja markkinoilla:

- Tekniset ratkaisut lentoliikenteen päästöjen vähentämiseksi (pl. biopolttoaineet)

- Autonomiset ajoneuvot
- Ohjelmistot
  - Kuinka vähentää kasvavan verkkokaupan vaikutuksia
- Dronit ja dronien torjunta
- Sähköbussit
- Kaukokartoitus



# 10D LIIKENNETEKNOLOGIA-KLUSTERIN KÄDENJÄLKI, ESIMERKKINÄ NOSTO- JA SIIRTOLAITTEET

- Maailman rahtimääristä yli 80 % kulkee satamien läpi. Merikontit ovat modernien toimitusketjujen perusyksiköitä. Satamissa syntyvistä CO<sub>2</sub>-päästöistä noin 24 % syntyy nosto- ja siirtolaitteista.
  - Esimerkiksi satamalukeista noin 80 % on diesel-sähkökäyttöisiä. (2016)
  - Maailmassa on noin 8000 RTG-nosturia.
- Sähköistyminen on trendi myös satamatoimintojen päästövähennyksissä.
  - Regeneroiva energijärjestelmä voi säästää siirtolaitteiden energiankulutusta ja CO<sub>2</sub>-päästöjä 10-15 %.
  - Hybridilukit vähentävät polttoainekulutusta 40 % verrattuna dieselkäyttöisiin lukkeihin. Päästövähennys lukkia kohti on noin 50 tCO<sub>2</sub>/a. Viiden sähköisen RTG:n vuotuiset päästövähennykset ovat puolestaan 0,8–1,5 MtCO<sub>2</sub> verrattuna diesel-sähkö-käyttöisiin laitteisiin. (Cargotec, 2017).
- Laskelma
  - Oletetaan RTG-järjestelmän käyttöikäksi 15 vuotta. Näin ollen vuodessa uusitaan keskimäärin noin 500 RTG-nosturia. Oletetaan, että RTG-nosturien käyttövoimana on yhä 50-prosenttisesti diesel. Tämä vastaisi 250 vuosittain korvattavaa dieselkäyttöistä RTG-nosturia.
  - Oletetaan suomalaisen vientiteollisuuden markkinaosuudeksi 5 %, joka vastaisi 12 RTG-nosturia vuodessa. Oletetaan, että korvattavat dieselkäyttöiset korvataan pääosin sähkökäyttöisillä nostureilla, jotka käyttävät vähähiilistä sähköä.
  - Sähköisen RTG-nosturin on arvioitu tuottavan vuodessa noin 0,25-0,3 MtCO<sub>2</sub>/a päästövähennyksen verrattuna dieselkäyttöiseen nosturiin huomioiden laitteen elinkaaren (Nenad, 2013)
  - Tulos: vientiteollisuuden vuodessa toimittamalla sähkökäyttöisillä RTG-nostureilla voidaan vähentää globaaleja päästöjä 3 MtCO<sub>2</sub>/a.

Nykyinen vientituote

Potentiaalinen  
kädenjälki:  
> 3 MtCO<sub>2</sub>e/a (pot.)



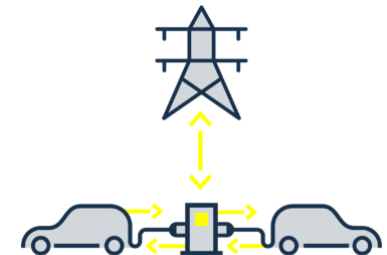
Lähteet: Cargotec (2017, 2018), Nenad (2013)  
Cargotec arvioi vuosina 2008-16 myymillään satamanostureillaan tuottavansa niiden käyttöänsä aikana yhteensä 3 MtCO<sub>2</sub> vähemmän.  
Jos käyttöikä on 15 vuotta, on vuotuinen vaikutus noin 200 ktCO<sub>2</sub>/a.

# 10D LIKENNETEKNOLOGIA-KLUSTERIN KÄDENJÄLKI, ESIMERKKINÄ ÄLYKÄS SÄHKÖAUTOJEN LATAUSINFRA

Nykyinen vientituote

Potentiaalinen kädenjälki:  
n. 500 ktCO<sub>2</sub>e/a (pot.)

- Liikenteen arvioidaan sähköistyvän tulevina vuosikymmeninä. Erityisen voimakasta kehitys on henkilö- ja tieliikenteessä, sillä globaali autoteollisuus on lähtenyt voimakkaasti panostamaan sähköautojen (EV) tuotannon rakentamiseen.
  - Pelkästään Suomessa on eri lähteissä arvioitu vuonna 2030 olevan 250–850 tuhatta sähköautoa. IRENA on arvioinut, että Pariisin sopimuksen mukaisessa skenaariossa sähköautoja olisi globaalisti 157 miljoonaa (2030) ja 745 miljoonaa (2040).
- Suomen teknologiateollisuudessa kehitetään ratkaisuja sähköisen liikenteen vaatimuksiin laajalla rintamalla. Yksi fokusalue on sähköisen liikenteen latausinfrastruktuurin kehittäminen
  - Paitsi että infrastruktuuri on edellytys sähköautojen yleistymiselle, vaikuttaa se myös laajemmin sähkömarkkinoihin: älykkäillä ratkaisuilla voidaan edistää uusiutuvan energian osuuden kasvua, kun autot voivat toimia energiavarastoina ja toisaalta välttää tehopiikkien aiheuttamia ongelmia.
- Laskelma:
  - On arvioitu, että Euroopan sähköautomarkkinan (44 miljoonaa EV:tä vuonna 2030) kasvu edellyttää 3 miljoonaa latausasemaa vuoteen 2030 mennessä. Vuonna 2019 julkisia latausasemia oli noin 185 000. Näin ollen yksi asema palvelee noin 10 EV:tä
  - Oletetaan, että sähköautojen määrä kasvaisi tasaisesti vuosina 2018-2030 IRENA:n esittämän arvion mukaisesti. Tämä tarkoittaa yli 10 miljoonaa uutta sähköautoa vuosittain 2020-luvun ajan.
  - Oletetaan, että Suomen vientiteollisuuden markkinaosuus latausjärjestelmissä olisi globaalisti 1 %. Tämä ensinnäkin mahdollistaisi 100 000 sähköauton markkinoilletulon, mikä vastaa jopa 460 ktCO<sub>2</sub>/a päästövähennystä olettaen sähkön vähähiiliseksi\*.
  - EPA arvioi yhden henkilöauton aiheuttavan nykyisin vuotuisen 4,6 tCO<sub>2</sub>-päästön. Näin ollen 100 000 uutta sähköautoa vuodessa vastaisi 460 ktCO<sub>2</sub>-kädenjälkeä. Huom. vaikutuksen kumulatiivisuus.
  - Älykkäällä kaksisuuntaisella latausjärjestelmällä voidaan lisäksi merkittävästi vähentää tehopiikkejä, millä voi olla merkittävä päästövähennysvaikutus.



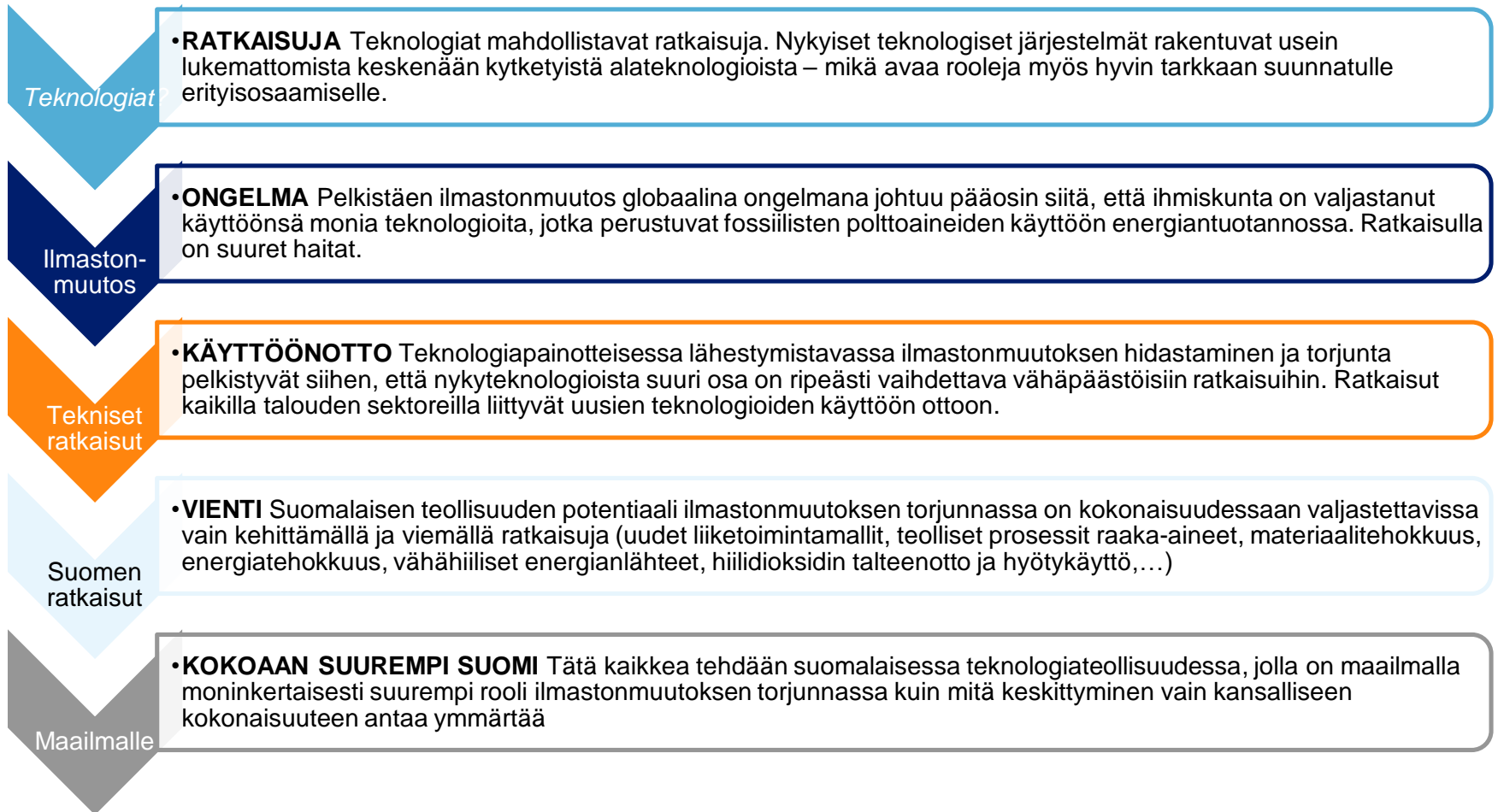
Lähteet: AKL (2019), IRENA (2019), EPA (2020), European Federation for Transport and Environment AISBL (2020), Virta (2020)  
\*Huomioitava on, että kädenjälkeen kontribuovat myös ja ennen kaikkea ajoneuvovalmistajat sekä vähäpäästöinen energiantuotanto.

# KÄDENJÄLKI

## YHTEENVETO



# TEKNOLOGIATEOLLISUUS, KOKOAN SUUREMPI RATKAISIJA MAAILMALLA...



# KÄDENJÄLKIRATKAISUJEN PÄÄSTÖVÄHENNYPOTENTIAALI YLITTÄÄ MONINKERTAISESTI TEOLLISUUDEN PÄÄSTÖT

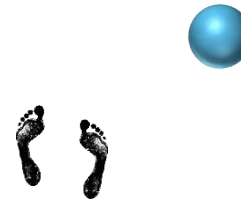
Pelkästään tarkasteluotokseen poimittujen nykyisten vientituotteiden kädenjäljen arvioidaan vastaavan nelinkertaisesti teknologiateollisuuden CO<sub>2</sub>-päästöjä

## Tulos

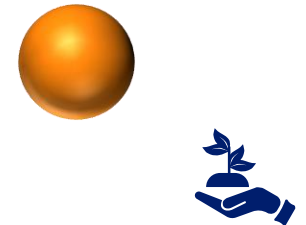
- Valittujen avainteknologioiden ja –tuotteiden kädenjälki jakaantuu nykyisiin tuotteisiin ja kehitteillä oleviin ratkaisuihin.
- Tarkasteltavaan otokseen poimittujen **nykyisten vientituotteiden** kädenjälkivaikutukseksi arvioidaan noin 20 MtCO<sub>2</sub>e/a.
- Tarkasteltujen **kehitteillä olevien teknologioiden** kädenjälkivaikutuksen arvioidaan olevan yli 50 MtCO<sub>2</sub>e/a
- *Tarkastelu edustaa vain pientä osaa teknologiateollisuuden tuhansista tuotteista, ja todellisuudessa vaikutus lienee merkittävästi suurempi. Huomioitava on, että jokaiseen laskelmaan liittyy lukuisia epävarmuuksia ja oletuksia mm. markkinaosuudesta, vertailuratkaisusta ja tuotteen päästövähennysvaikutuksesta.*
- Kuitenkin, tarkastelu osoittaa sen suuren potentiaalin, joka Suomella on jo nyt ja voi tulevaisuudessa olla, jos rohkeiden tutkimus- ja kehityspanostusten hedelmät saadaan vietyä maailmalle.

## Suuruusluokkavertailu

Teknologiateollisuuden omat CO<sub>2</sub>-päästöt Suomessa (scope 1 ja 2), noin 6 MtCO<sub>2</sub>e/a



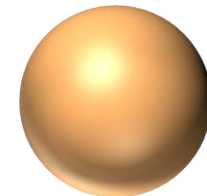
Tarkasteltujen nykyisten vientituotteiden arvioitu globaali kädenjälkivaikutus, noin 20 MtCO<sub>2</sub>e/a



Koko Suomen kansalliset kasvihuonekaasupäästöt, noin 55 MtCO<sub>2</sub>e/a (2017)



Tarkasteltujen kehitystuotteiden potentiaalinen, arvioitu globaali kädenjälkivaikutus, yli 50 MtCO<sub>2</sub>e/a



# KANSALLISESTA VIITEKEHYKSESTÄ PONNISTAEN...



## Teknologiатеollisuus mahdollistaa päästövähennykset kaikilla yhteiskunnan aloilla

### Osaaminen, innovaatiot, tutkimus ja kehitys

- **Panostukset monialaiseen osaamiseen** ja kehityksen suuntaamiseen vähähiiliratkaisuihin ovat ehdottoman tärkeitä jo lyhyellä aikavälillä.
- **Rahoitusinstrumenttien puute** demonstraatiovaiheen skaalaamisessa on korjattava, jotta uuden teknologian kaupallistumistuminen vauhdittuu.

### Viennin edistäminen

- **Kaupallistamisprosessien, teolliseen mittakaavaan laajentamisen ja markkinoille pääsyn edellytysten parantamisen** rooli korostuu tulevina vuosina entisestään.
- **Kansainväliseen toimintaympäristöön** vaikuttaminen.

### Teollisuus- ja teknologiapolitiikka

- Ilmastonmuutoksen torjuntaan teollisuutta vastaan vai teollisuuden kanssa: kotimaisella teollisuuskentällä on vahva halu kannattaa Pariisin sopimuksen mukaisia tavoitteita – miten **siirtymää voidaan vauhdittaa teollisuus- ja teknologiapolitiikalla kilpailukyky huomioiden?**
- **Edullisen ja päästöttömän energian saatavuus** on varmistettava.

### Uudet liiketoimintamallit

- Kädenjälkiratkaisut perustuvat tuotteen tai palvelun käyttöön
  - Teknologia tuotteena, teknologialisensointi
  - Pilotointiympäristö vientituotteena
  - Kierrätysliiketoiminnan mahdollistaminen yli toimialarajojen
  - Sektori-integraatio paitsi energian osalta, myös teknologian ja materiaalit huomioiden

# ...GLOBAALIA VAIKUTTAMISTA PAINOTTAEN



## Ratkaisuja vaaditaan ennen kaikkea kansainvälisellä tasolla

### EU-tason vaikuttaminen

- EU:n on Suomen merkittävin vaikutuskanava, jonka ratkaisut vaikuttavat merkittävästi paitsi kansallisiin ratkaisuihin, myös suomalaisen teollisuuden toimintaympäristöön.
- Teollisuuden ilmastotavoitteiden kannalta olennaisia ovat *Green Deal* ja *Green Recovery*, hiilen hinnan muodostaminen ja päästökaupan kehittäminen sekä rahoitukseen liittyvä taksonomia.

### Kauppapolitiikka

- Kauppapolitiikka on keskeisessä roolissa. Nykyisin kansainvälinen teollisuuden kilpailu ei tapahdu tasaisella pelikentällä.
- Kilpailukyvyyn säilyttäminen globaaleilla markkinoilla on ehdoton edellytys Suomen ja EU:n vähähiilistymistavoitteille.
- Kädenjätkiratkaisuiden vientiä ja levittämistä olisi edistettävä myös kauppapolitiikan keinoin.

### Kansainvälinen ilmastopolitiikka

- Euroopan unionin on edistettävä Pariisin sopimuksen tehokasta toimeenpanoa sekä hiilidioksidipäästöjen hinnoittelua myös maailmanlaajuisesti, sillä yhteiset globaalit pelisäännöt ovat paras tapa varmistaa tasapuoliset kilpailuedellytykset eurooppalaiselle teollisuudelle.
- Ennen kuin globaali toimintaympäristö on aidosti yhtenäinen, on hiilivuotoa torjuttava huolehtimalla puhtaasti ja vastuullisesti toimivien yritysten globaalista kilpailukyvyistä EU:n sisäisillä ja kansallisilla toimenpiteillä.

### Laajemmat kestävyystavoitteet ja mahdollistajat

- Ilmastonmuutos on lopulta yksi keskeinen elementti laajempaa ekologisten ongelmien kokonaisuutta, josta biodiversiteetin romahdus, vesipula ja luonnonvarojen ylikulutus ovat lisäesimerkkejä.
- Kestävän kehityksen muita ulottuvuuksia (taloudellinen, sosiaalinen, kulttuurinen) ei voida unohtaa ilmastonmuutoksen vuoksi. Ne ovat pikemminkin välttämättömiä edellytyksiä ilmastotyön onnistumiseksi.



The leading advisor to the world's energy, forest and bio-based industries. Clients choose us for the sharpness of our insight, deep industry expertise and proven track record – because results count.

**Pöyry Management Consulting**





# LIITTEET



# LIITE 1. HISTORIALLINEN TUOTANTOVOLYYMIN KEHITYS ERI TOIMIALOILLA



# TAUSTAOLETUKSET BUSINESS-AS-USUAL -SKENAARIOLLE

Pääsektori	Metallinjalostus ja kaivokset		Valmistava teollisuus	Palvelut ja ICT	
Tarkastelu-taso	Metallinjalostus	Kaivokset	Valmistava teollisuus	Palvelut	ICT
Tuotannon volyymikasvu (%/a)	<b>+0,5 %</b> Historiallinen: - Globaali (teräs) +4,3 % 2000-2018 <sup>1</sup> , - Suomi +0,6 % 2005-2019 <sup>2</sup> , Ennuste - Globaali (kaikki metallit +2,1 %/a (2010-2060) <sup>4</sup> - Suomi 0,2-0,6 %/a 2020-2050 <sup>3</sup> )	<b>+0,5 %</b> Historiallinen: - Globaali (kaikki kaivannaiset): +1,7 %/a 1984-2016 <sup>5</sup> - Suomi (metallimalmit ja sivukivi): +11,9 %/a (2011-2017) - Suomi (teollisuusmineeraalit ja sivukivi): +3,9 %/a (2011-2017) <sup>6</sup> Huom. suuret vaihtelut!	<b>+1,5 %</b> Historiallinen - Suomi: +0,3-1,0 %/a 2005-2019 <sup>2</sup>	<b>+5 %</b> Historiallinen - Suomi (liikevaihdon kasvu): +5,6 %/a 2005-2019 <sup>2</sup>	<b>+5 %</b> Historiallinen - Suomi (liikevaihdon kasvu): +8,7 %/a 2005-2019 <sup>2</sup>
BAU- energia-tehokkuusparannukset (%/a)	<b>0,2 %</b>	<b>0,2 %</b>	<b>0,5 %</b>	<b>0,5 %</b>	<b>0 %</b>
Tarkastelu osana skenaarioita					Datakeskusten sähkökäyttö ja 5G.

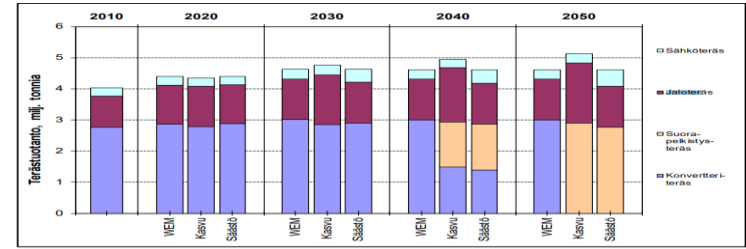
Taustatietoa toimialakohtaisista volyymikasvuista liitteessä 1.

Lähteet: 1. World Steel Association, 2. Teknologiateollisuus ry, 3. VTT, PITKO2, 4. OECD 5. World Mining Data 2018, 6. TEM

# METALLINJALOSTUS

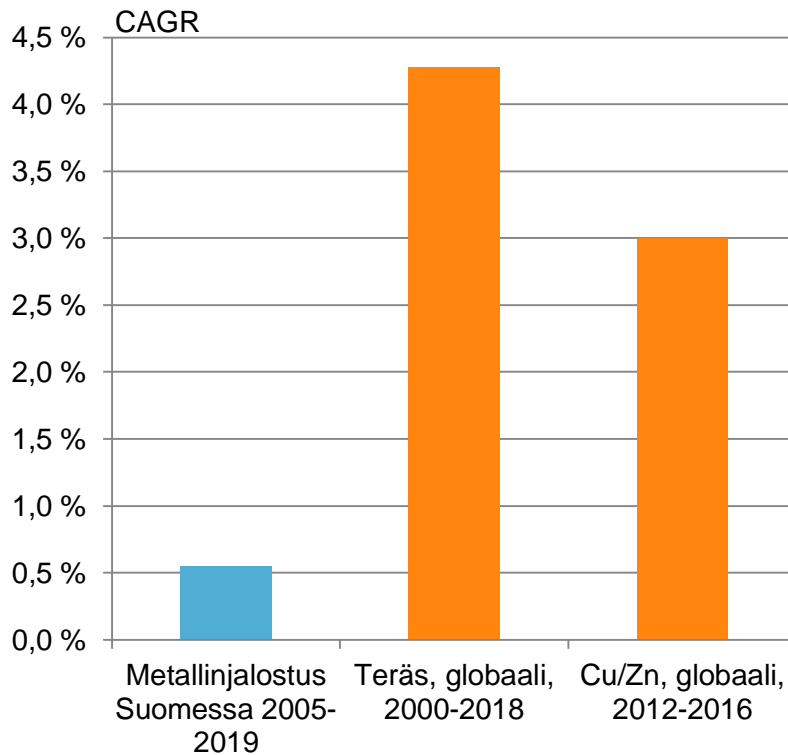
Teräksen tuotannon ei arvioida merkittävästi kasvavan Suomessa.

VTT, PITKO2:

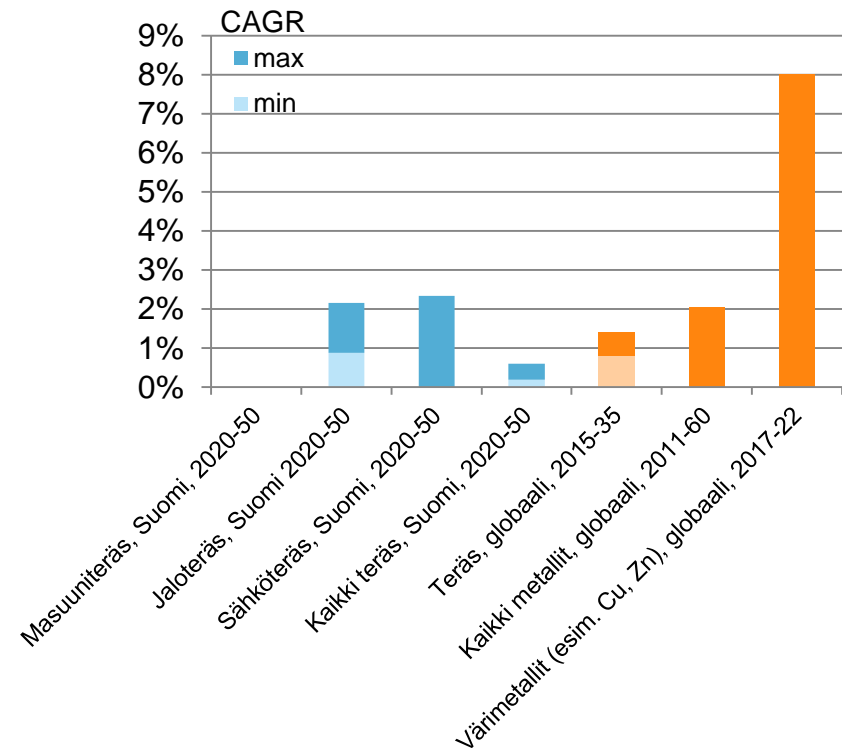


Kuva 7. Terästeollisuuden tuotannon kehitysarviot skenaarioittain.

## Historiallinen



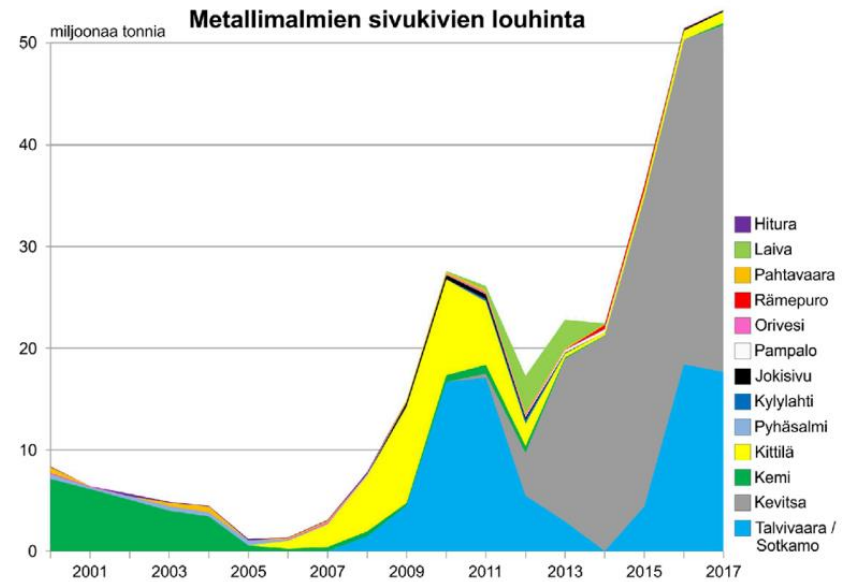
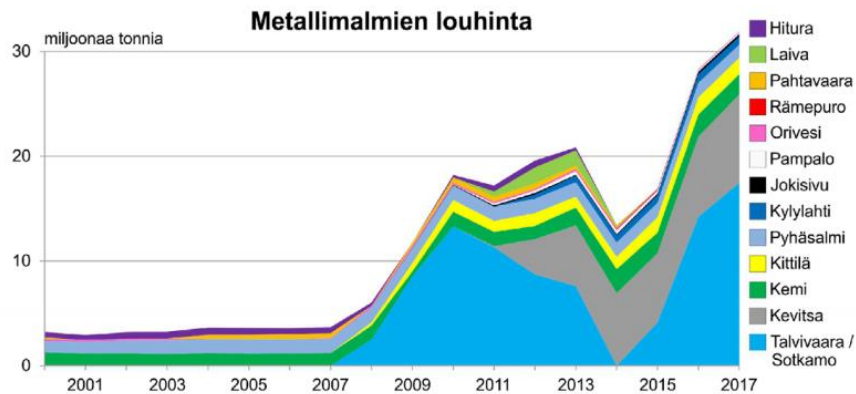
## Ennusteet



Suomen luvut on merkitty sinisellä, globaalit oranssilla. Jos ennusteet raportoivat min-max -vaihteluvälin, tämä on eroteltu eri sävyin. Lähteet (vasemmalta oikealle): Teknologiateollisuus ry, World Steel Association, Mtlxss, VTT (PITKO2, neljä ennustetta), OECD, OECD, Mtlxss.

# KAIVOSTEN TUOTANTOMÄÄRÄT: METALLIMALMIT

Kuva 6: Eri kaivosten osuus metallimalmien (ylhäällä) ja niihin liittyvien sivukivien (alhaalla) louhinnasta Suomessa vuosina 2000–2017. Kuvan aluekaavioissa kaivokset on ladottu päällekkäin samaan järjestykseen kuin legendassa. Järjestys perustuu malminlouhinnan määrään vuonna 2017 siten, että se pienenee kuvassa ylöspäin siirryttäessä. Lähde: 2000–2010 TEM, 2011–2017 Tukes.



Lähde: TEM (2018), Toimialaraportit: Kaivosala

# KAIVOSTEN TUOTANTOMÄÄRÄT SUOMESSA

**Taulukko 5: Metallimalmien ja sivukivien louhinta (t) Suomen metallimalmikaivoksissa vuosina 2011–2017. Lähde: Tukes.**

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Malmi	17 213 074	19 591 999	20 846 551	13 403 495	16 869 885	28 314 264	31 914 672
Sivukivi	26 113 162	17 232 758	22 786 745	22 414 874	36 009 984	51 446 976	53 238 495
YHTEENSÄ	43 326 236	36 824 757	43 633 296	35 818 369	52 879 869	79 761 240	85 153 167

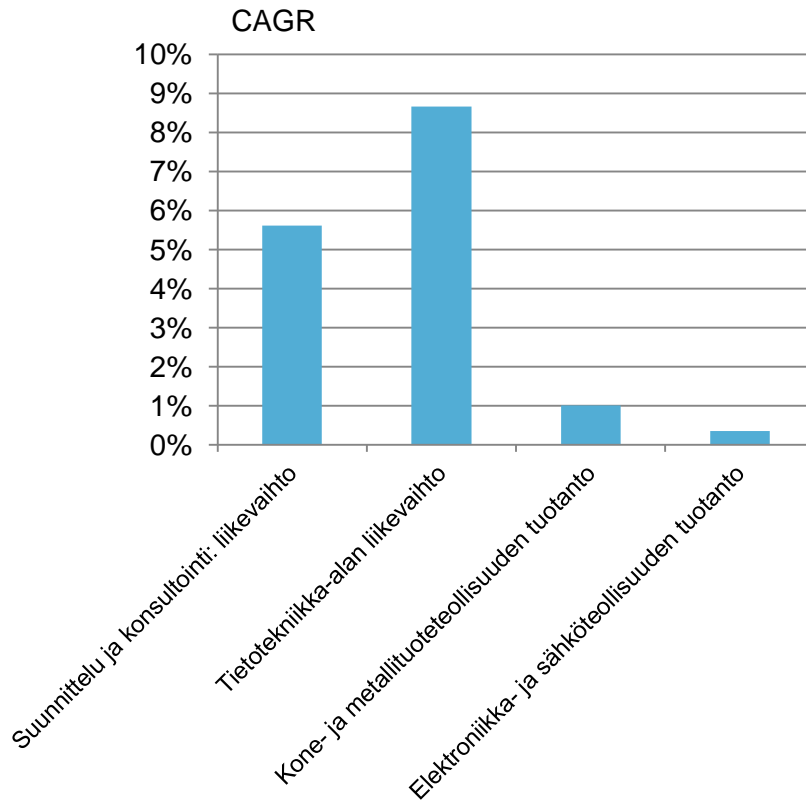
**Taulukko 8: Teollisuusmineraalimalmien ja sivukivien louhinta (t) Suomen teollisuusmineraalikaivoksissa vuosina 2011–2017. Lähde: Tukes.**

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Malmi	15 967 678	15 093 327	15 447 331	15 859 564	15 719 963	15 167 539	16 466 379
Sivukivi	12 117 724	15 830 526	19 994 664	22 824 380	20 127 739	21 873 273	18 818 896
YHTEENSÄ	28 085 402	30 923 853	35 441 995	38 683 944	35 847 702	37 040 812	35 285 275

Lähde: TEM (2018), Toimialaraportit: Kaivosala

# KASVULUKUJA: MUUT TOIMIALAT

## Historiallinen (2005-2019)



## Ennusteet

### Valmistavan teollisuuden perustana:

- Globaali BKT (2000-2050): +2,7 %/a
- EU:n BKT: +1,4...1,7 %/a

### Palvelut

### ICT

- Datakeskusten nykyisestä ja tulevasta sähkönkulutuksesta on Suomen ja Pohjoismaiden tasolla vain arvioita
  - **Pohjoismaissa** lisäykset voivat olla jopa keskimäärin 400 MW /a vuosina 2018-25 ([Nordic Council of Ministers, 2018](#))
  - Maltillisimmatkin arviot olettavat sähkönkulutuksen moninkertaistuvan nykytasolta vuosina 2020-2040

Lähde: Teknologiateollisuus ry.

## LIITE 2. TARKEMPI ERITTELY SKENAARIOIDEN PÄÄSTÖVÄHENNYSOIMISTA TOIMIALOITTAIN





# PÄÄSTÖVÄHENNYSOIMET: KAIVOKSET JA METALLINJALOSTUS

## 1 BAU

- Energiatehokkuustoimet, jotka parantavat energiategokkuutta 0,2 %/a (sisältyvät kaikkiin skenaarioihin)

## 2 Nopeutettu teknologinen kehitys

### Kaivokset

- Työkoneiden täysi sähköistyminen 2025-2040 (öljystä sähköön), diesel/sähkö-energiantarve 2.2:1
- Ei muutoksia prosessipäästöihin

### Metallinjalostus

- Vedyn käyttöönotto pelkistimenä terästeollisuudessa. Masuunien sulkeminen vuosina 2029 ja 2039.
- Maakaasun käytön korvautuminen osin (25 %) muussa metallinjalostuksessa sähköuneilla vuosina 2030-2035.

## 3 Pakotettu päästövähennys

### Kaivokset

- Työkoneiden täysi sähköistyminen 2020-2030 (öljystä sähköön), diesel/sähkö-energiantarve 2.2:1
- Ei muutoksia prosessipäästöihin

### Metallinjalostus

- Vedyn käyttöönotto pelkistimenä terästeollisuudessa. Masuunien sulkeminen vuosina 2029 ja 2039.
- Maakaasun täydellinen korvaaminen biokaasulla metallinjalostuksessa vuosina asteittain vuosina 2020-2035.
- Hiilidioksidin talteenotto vuoden 2035 jälkeen, luokkaa <0,2 MtCO<sub>2</sub>/a

# PÄÄSTÖVÄHENNYSOIMET: VALMISTAVA TEOLLISUUS

## 1 BAU

- Energiatehokkuustoimet, jotka parantavat energiategokkuutta 0,5 %/a. (Sisältyvät kaikkiin skenaarioihin).

## 2 Nopeutettu teknologinen kehitys

- Polttoainemuutokset
  - Maakaasun 100 % vaihtaminen biokaasuun vuosien 2025-2040 aikana
  - Raskaan polttoöljyn 50 % vaihtaminen sähköön (öljy/sähkö-energiantarve: 1:1) vuosien 2025-2040 aikana
- Muiden toimien (hukkalämpö, käyttövoimaratkaisut, prosessimuutokset, materiaalitehokkuus, jne.) huomioitu lisäisenä energiategokkuuden parantumisena 0,5 %/a\*.

## 3 Pakotettu päästövähennys

- Käyttövoimamuutokset
  - Maakaasun 100 % vaihtaminen biokaasuun vuosien 2020-2030 aikana
  - Raskaan polttoöljyn 50 % vaihtaminen sähköön (öljy/sähkö-energiantarve: 1:1) vuosien 2020-2030 aikana
- Muiden toimien (hukkalämpö, käyttövoimaratkaisut, prosessimuutokset, materiaalitehokkuus, jne.) huomioitu lisäisenä energiategokkuuden parantumisena 1,0 %/a\*.

\*Perustuu saatavilla oleviin arvioihin valmistavan teollisuuden energiategokkuuden parantumisen teknisestä potentiaalista pitkällä aikavälillä sekä toimialan yritysten asettamiin tavoitteisiin.

# PÄÄSTÖVÄHENNYSOIMET: PALVELUT JA ICT

## 1 BAU

- Energiatehokkuustoimet, jotka parantavat energiategokkuutta 0,5 %/a. (Sisältyy kaikkiin skenaarioihin.)

## 2 Nopeutettu teknologinen kehitys

### Palvelut\*

- Monien toimien (hukkalämpö, ilmanvaihto, lämmitys, valaistus, IT, jne.) huomioitu lisäisenä rakennusten energiategokkuuden parantumisena 1,1 %/a.

### ICT\*\*

- Datakeskusten sähkönkulutuksessa arvioitu tapahtuvan kaksi murrosta, jotka parantavat ominaissähkönkulutusta 30 % (vuonna 2030) ja 20 % (vuonna 2045).

## 3 Pakotettu päästövähennys

### Palvelut\*

- Monien toimien (hukkalämpö, ilmanvaihto, lämmitys, valaistus, IT, jne.) huomioitu lisäisenä rakennusten energiategokkuuden parantumisena 1,6 %/a.

### ICT\*\*

- Datakeskusten sähkönkulutuksessa arvioitu tapahtuvan murros, joka parantaa ominaissähkönkulutusta 20 % (vuonna 2045).

\*Ostoenergian päästöt arvioitu toimistotyön sähkön ja lämmönkulutuksen sekä työntekijöiden määrän perusteella suunnittelu- ja konsultointi sekä tietotekniikka-alalla.

\*\*ICT-sektori käsittää datakeskusten ja tietoliikenteen (mobiiliiliikenne) arvioidun sähkönkulutuksen.