

LOPPURAPORTTI 03.06.2024



# Teknolohiateollisuuden vähähiilisyiden tiekartta

Heini Vassinen, Kaisa Järvinen, Jonna Auvinen, Laura Aalto, Jenna Kallunki, Anna Laine, Pekka Pokela

# Sisältö

1. Johdanto
  2. Toimialan päästöt
    1. Päästölaskennan metodologia ja oletukset
    2. Päästöjen nykytila 2022
  3. Päästövähennystoimenpiteet
    1. Toimenpiteiden kehitys aiemman tiekartan jälkeen
    2. Tulevaisuuden toimenpiteet
    3. Skenaariot
  4. Erytistarkasteluiden merkitys vähähiilistymisessä
    1. Vetytalous
    2. Älykkäät energiajärjestelmät
    3. Digitaaliset ratkaisut
    4. Kaksoissiirtymän vaatimat raaka-aineet
  5. Teknologiатеollisuuden hiilikädenjälki
    1. Klusterikuvaukset
    2. Kädenjälkipotentiaali
  6. Yhteenveto
- Liite 1. Päästöjen nykytilan taustatietoja
  - Liite 2. Skenaariolaskennan taustatietoja
  - Liite 3. Kaksoissiirtymän vaatimien raaka-aineiden taustatietoja
  - Liite 4. Hiilikädenjäljen taustatietoja
  - Liite 5. Miten työ tehtiin
  - Liite 6. Miten hiilijalanjälki lasketaan organisaatiolle

# 1. Johdanto

# Hiilitiekartan päivitys laajentaa ja tarkentaa kuvaa alan päästöistä, vähennyskeinoista ja -potentialista

## Tausta

Suomen ilmastotavoitteet asettavat raamit sille, että maamme tulee olla hiilineutraali vuoteen 2035 mennessä. Tämä edellyttää, että päästöjä on vähennettävä merkittävästi nykyisestä tasosta, ja sen jälkeenkin tavoitteena on jatkuvasti pienentää hiilijalanjälkeä.

Työ- ja elinkeinoministeriön vuonna 2020 alulle panemat toimialakohtaiset vähähiilisyystiekartat ovat jo nyt toimineet tärkeänä työkaluna Suomen kestävän kasvun ohjelman laadinnassa, ja ne ovat herättäneet kansainvälistä kiinnostusta EU:ssa. Vuoden 2020 jälkeen toiminta- ja investointiympäristössä on kuitenkin tapahtunut merkittäviä muutoksia. TEM on käynnistänyt tiekarttojen päivityksen ajantasaisen tilannekuvan saamiseksi toimialojen vähäpäästöistymisen polusta.

## Tavoitteet



**Päivittää** teknologiateollisuuden toimialan vähähiilisyys-tiekartta: päästölaskenta ja -vähennyspolut (Scope 1 & 2) sekä **laajentaa** tiekartta kattamaan arvio toimialan epäsuorista (Scope 3) päästöistä. **Tuottaa listaus** päästövähennyskeinoista.



**Tunnistaa toimintaympäristössä tapahtuneiden muutosten vaikutukset** tiekartan toteutumiseen.

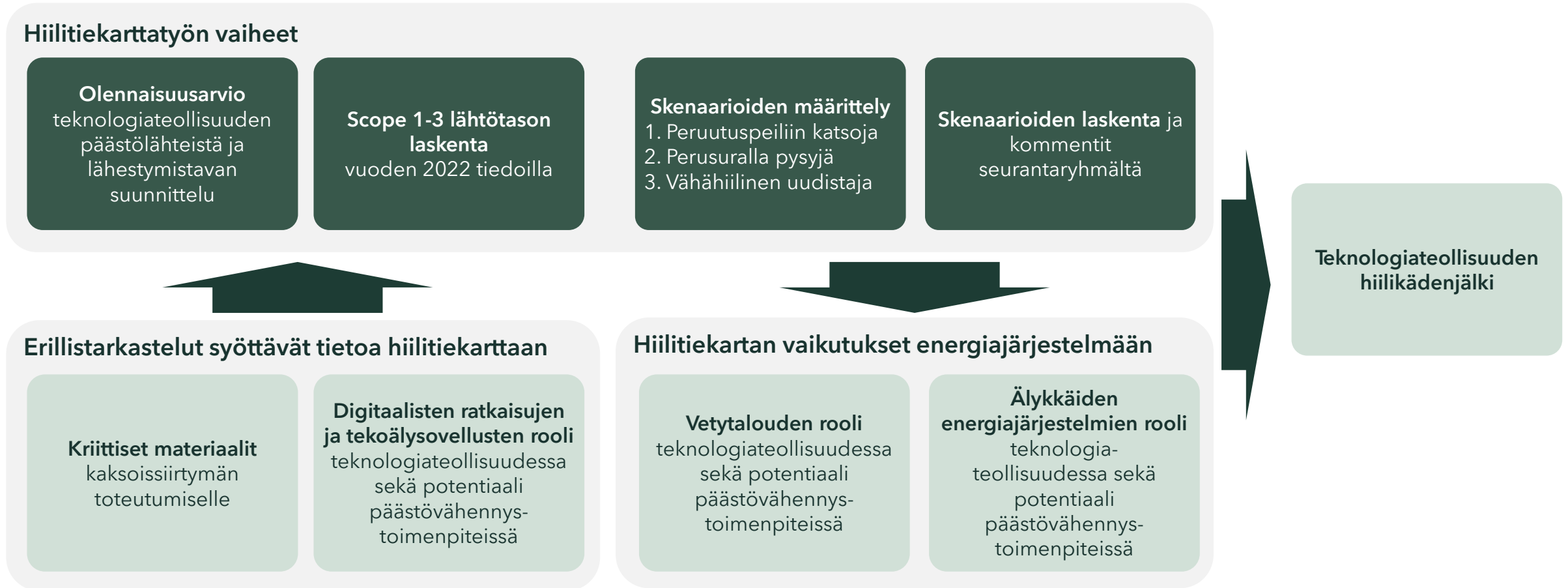


**Täydentää tiekarttaa** kuvaamalla teknologiateollisuuden kytkös vetytalouteen ja sen mahdollisuuksiin, sekä toimialan mahdollisuudet kehittää älykkään energiajärjestelmän kyvykkyyksiä.



Päivittää tiekartan kartoitusta teknologiateollisuuden **hiilikädenjälki- ja vientipotentiaalista**.

# Vähähiilisyystiekartan päivitys koostuu useista rinnakkaisista työvaiheista



# Teknologiateollisuuden yritykset ovat kohdanneet ennennäkemättömiä kriisejä edellisen tiekartan jälkeen

## Koronapandemia

Koronapandemia on aiheuttanut globaaleja häiriöitä teknologiateollisuuden toimintaketjuissa. Lukuisat yritykset ovat kohdanneet tuotantohaasteita, työvoimapulaa ja kysynnän vaihteluja. Pandemia on myös nopeuttanut digitalisaation ja etätöiden yleistymistä, mikä on synnyttänyt uudenlaisia toimintatapoja sekä tarvetta investoida etätömahdollisuuksiin ja kyberturvallisuuteen.

## Venäjän hyökkäyssota Ukrainaan

Venäjän hyökkäyssota Ukrainaan on johtanut laajaan geopoliittiseen epävarmuuteen ja taloudellisiin seurauksiin. Sanktiot ja vastatoimet ovat vaikuttaneet kaupankäyntiin, ja monet teknologiateollisuuden yritykset ovat joutuneet uudelleenarvioimaan liiketoimintaansa Venäjällä sekä etsimään uusia toimitusketjun lähteitä.

## Haasteet hankinta- ja toimitusketjuissa

Raaka-aineiden ja komponenttien saatavuusongelmat ovat johtaneet tuotannon viivästymisiin ja kustannusten nousuun. Tämä on korostanut tarvetta monipuolistaa toimitusketjuja ja parantaa varautumista häiriöihin. Logistiikkaketjujen häiriöillä on ollut vaikutus toimitustäsmällisyyteen ja logistiikkakustannuksiin.

## Energiakriisi

Energiakriisi on seurausta sekä pandemiasta että sotatilanteesta, ja se on lisännyt energiakustannuksia sekä vaikuttanut sähkön ja polttoaineiden saatavuuteen. Kriisi on pakottanut yritykset etsimään uusia, kestävämpiä energianlähteitä ja investoimaan energiatehokkuuteen sekä uusiutuvaan energiaan.

## Epävakaat talousnäkymät ja poliittisen päätöksenteon heilahtelut

Epävakaat talousnäkymät kuten inflaation ja korkotasojen nousu, ovat lisänneet taloudellista painetta ja epävarmuutta investointipäätöksissä. Tämä on aiheuttanut yrityksille paineita kustannustehokkuuden parantamiseen ja rahoitusrakenteiden vahvistamiseen. Poliittinen päätöksenteko esimerkiksi Yhdysvalloissa on viime vuosina heilahdellut, vaikuttaen vihreän siirtymän investointien rahoitukseen. Ylikansallisilla politiikkatoimilla ja kannustimilla on merkittäviä vaikutuksia markkinaehtoiseen vihreän siirtymän tuotteiden kysyntään ja tarjontaan, ja niiden epävarmuus lisää investointien riskejä.

# Kriiseillä on ollut vähähiilistymistä vauhdittavia, mutta myös hidastavia seurauksia

## Vähähiilistymistä hidastaneet seuraukset



**TuotantoYritykset ja logistiikkaongelmat**

Toistaiseksi **vähähiiliset vaihtoehdot ovat kalliimpia kuin fossiiliset**. Raaka-aineiden (kuten teräs) ja kuljetusten kustannusten noustessa **hinta** on ollut **päästövaikutusta kriittisempi päätöksenteko-kriteeri**. Venäjän hyökkäyssota on lisännyt kuljetusetäisyyksiä.



**Geopoliittiset jännitteet**

**Venäjän hyökkäyssota Ukrainaan** on johtanut yritysten liiketoimintojen uudelleenarviointiin. **Yhdysvaltojen tuet vihreään siirtymään** ovat ohjanneet **investointeja pois Euroopasta**.



**Energiakriisi**

**Energian hinnan noustessa** tuotteiden marginaalit ovat kaventuneet ja päästövähennysten sijaan **hinta** on ollut **kriittisempi päätöksentekokriteeri**.



**Epävakaat talousnäkymät ja poliittisen päätöksenteon heilahtelut**

**Inflaation myötä ja rahoituskustannusten noustessa investointihalukkuudet** ovat **laskeneet**. Yritykset ovat joutuneet tarkistamaan strategioitaan ja liiketoimintamallejaan sopeutuakseen nopeasti muuttuviin olosuhteisiin.

## Vähähiilistymistä vauhdittaneet seuraukset

Tarve varautua toimitusvaikeuksiin on voinut **lokalisoida toimitusketjuja** ja siten **pienentää kuljetusten päästöjä** ja kustannuksia.

**Yhdysvaltojen tuet vihreään siirtymään** ovat saattaneet myös **kirittää investointeja Euroopassa**. Toimitusketjuriskejä on tarkasteltu tarkemmin, ja esimerkiksi kriittisten materiaalien tuotantoa ohjataan Eurooppaan.

**Energian hinnan kallistuminen** on lisännyt **investointeja energiatehokkuuteen** ja energian varastointiin sekä **kiihdyttänyt irtautumista** erityisesti **maakaasusta**, korvautuen biokaasulla tai sähköistymisellä.

Epävakaas on saattanut lisätä kiinnostusta **nostaa omavaraisuusastetta** (mm. raaka-aineet, tuotantoketjut, energiantuotanto), jolloin voidaan saavuttaa parempi **ennustettavuus** ja **läpinäkyvyys kustannusrakenteeseen**.

## 2. Toimialan päästöt



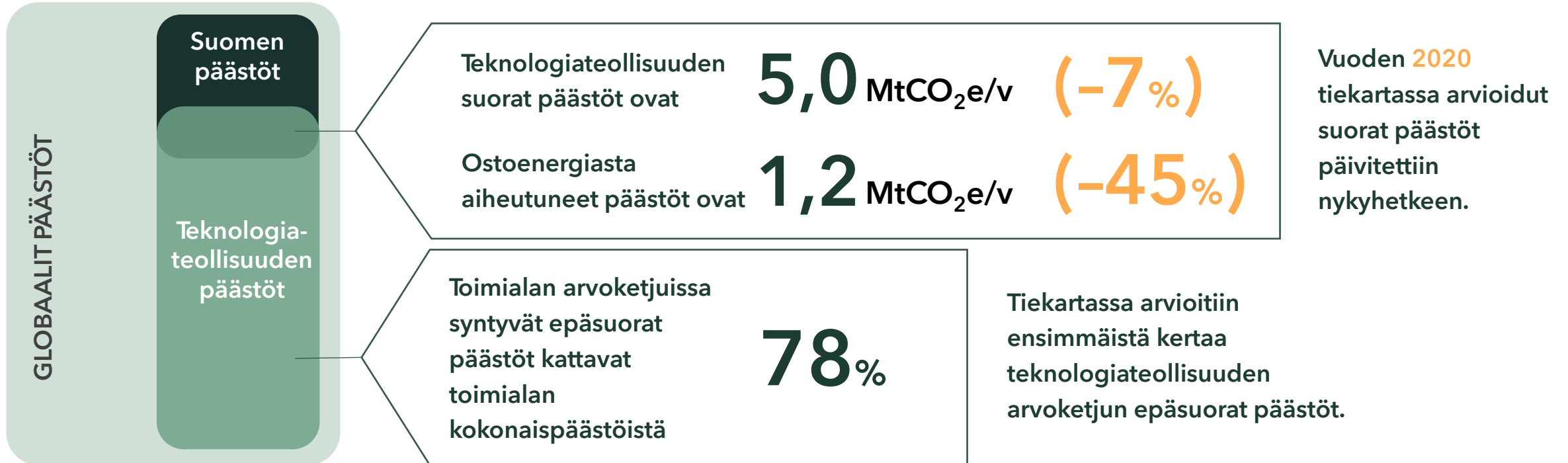
# 2.1. Päästölaskennan metodologia ja oletukset

# Päästölaskennan keskeisimmät tulokset

Teknoliateollisuuden päätoimialat ja yritykset ovat liiketoimintamalleiltaan ja siten päästölähteiltään epäyhtenäinen joukko. Päästöjä syntyy kaikissa arvoketjun vaiheissa, ja koska teknoliateollisuus on hyvin kansainvälinen vientiin suuntautunut toimiala, on koko toimialan päästöjen rajaaminen yksittäisten maiden alueille monilta osin mahdotonta.

Lisäksi arvoketjut ovat monitahoisia, ja alan yritykset toimivat arvoketjujen eri kohdissa. Päästötarkastelussa limittyvät siis osittain toisen yrityksen arvoketjun epäsuorat päästöt ja toisen yrityksen oman toiminnan päästöt.

Havainnollistava kuva. Ei mittakaavassa.



Teknoliateollisuuden päästöt laskettu vuoden 2022 luvuilla.

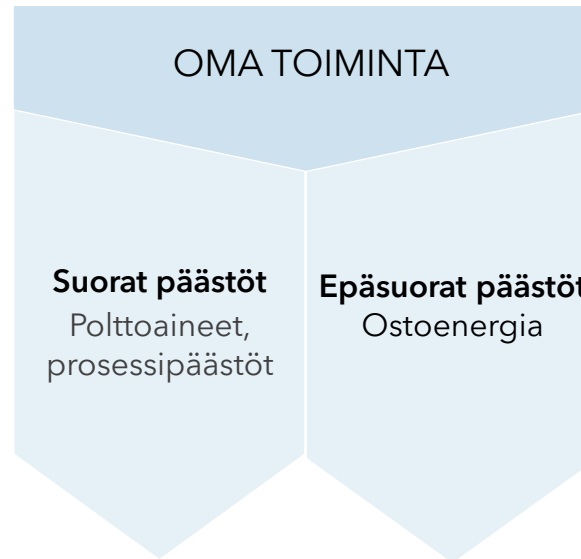
Vuonna 2022 Suomessa päästöt yhteensä 46,0 MtCO<sub>2</sub>e (ilman LULUCF-sektoria). Tilastokeskus, kasvihuonekaasut.

# Päästölaskennassa sekä päivitetään että laajennetaan ymmärrystä teknologiateollisuuden ilmastovaikutuksesta

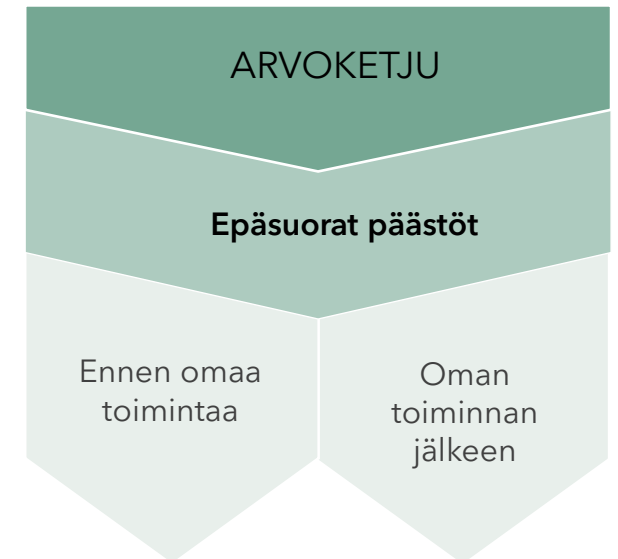
## Päästötarkastelun lähtökohta Teknologiateollisuudelle

- Teknologiateollisuus koostuu viidestä päätoimialasta ja niiden alla toimivista yrityksistä, ja tästä johtuen **toiminta sekä päästölähteet vaihtelevat merkittävästi toimialan sisällä.**
- **Päästöjen tarkastelu kattaa kaikki viisi päätoimialaa<sup>1</sup>, jotka ovat:**
  - Metallin jalostus ja kaivokset
  - Kone- ja metallituoteteollisuus
  - Elektroniikka- ja sähköteollisuus
  - Suunnittelu ja konsultointi
  - Tietotekniikka
- Vähähiilisyystiekartassa sekä **päivitetään jo olemassa olevia arvioita** toimialan oman toiminnan suorista päästöistä sekä ostoenergiasta syntyvistä päästöistä (Scope 1&2) että **laajennetaan tarkastelua toimialan arvoketjusta ja hankinnoista syntyvillä päästöillä** (epäsuorat Scope 3 päästöt).

Teknologiateollisuuden päästöjen nykytilan tarkastelussa on huomioitu sekä suorat (Scope 1&2) että epäsuorat (Scope 3) päästöt



**Päivitys vuoden 2020 teknologiateollisuuden vähähiilisyystiekartan tuloksiin**



**Täydentävä tarkastelu edellisen tiekartan tuloksiin**

<sup>1</sup> Päätoimialat toimialaluokituksen mukaisesti:

Metallin jalostus ja kaivokset TOL(2008): 5-9 & 24, Elektroniikka- ja sähköteollisuus TOL(2008): 26-27, Kone- ja metallituoteteollisuus TOL(2008): 25, 28-30,33 Suunnittelu ja konsultointi TOL(2008): 71 & Tietotekniikka TOL(2008): 62-63

# Lähestymistapoja yhdistelemällä teknologiateollisuudelle on luotu yksilöllinen päästölaskennan malli

## Menetelmät ja lähestymistavat

- Päästölaskennan rakenne perustuu GHG-Protokollan<sup>1</sup> organisaatioiden päästölaskennan rakenteeseen.
- Pääasiassa toimialan päästöjen laskenta perustuu **tilastotietoon useista lähteistä**.
- Tilastotietoa on täydennetty aineistotarkastelulla toimialan yritysten **vuosi- ja vastuullisuusraporteista** sekä soveltuvin osin päästötietoja on tarkennettu myös Teknologiateollisuus Ry:n **Climpactor-työkalun**<sup>2</sup> tiedolla. Näitä on hyödynnetty erityisesti Teknologiateollisuuden pk-yrityksille sekä suunnittelun- ja konsultoinnin sekä tietotekniikan päätoimialoille.
- Eri lähestymistapoja yhdistelemällä on **saatu teknologiateollisuudelle räätälöity malli** toimialan oman toiminnan sekä arvoketjun päästöjen arviointiin.

## Lähtötiedot\*

### Tilastotieto

Ulkomaankauppatilasto (Tulli)

Investoinnit & kiinteä pääoma (Tilastokeskus)

Tuonti & vienti toimialoittain (Tilastokeskus)

Teollisuuden energiankäyttö (Tilastokeskus)

Toiminnanharjoittajakohtaiset todennetut päästöt (Energiavirasto)

### Yrityskohtainen tieto

Vuosikertomukset

Climpactor-data

<sup>1</sup> 2019 [The GHG Protocol Corporate Accounting and Reporting Standard](#)

<sup>2</sup> 2022 [Climpactor, Teknologiateollisuus](#)

\*Lähteet: Katso Liite 1. Päästöjen nykytilan taustatietoja  
Katso myös Liite 6. Miten hiilijalanjälki lasketaan organisaatiolle

# Teknologiategollisuudelle olennaisia päästölähteitä on arvoketjun jokaisessa vaiheessa

Teknologiategollisuudelle olennaiset<sup>1</sup> päästölähteet on merkitty kuvaan seuraavasti  Olennainen ✕ Epäolennainen

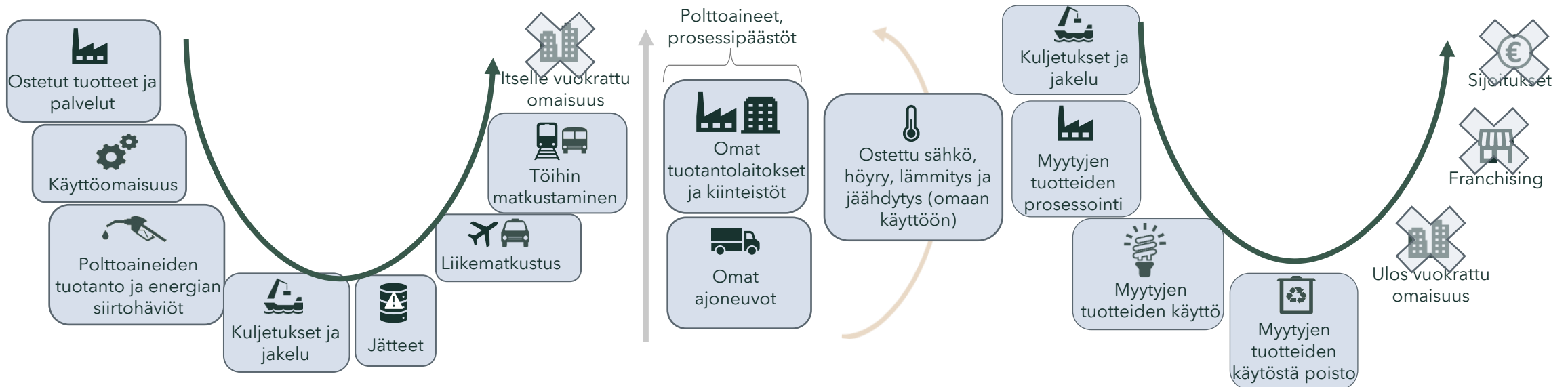
## YRITYKSEN ARVOKETJU

EPÄSUORAT PÄÄSTÖT ENNEN OMAA TOIMINTAA  
(UPSTREAM SCOPE 3)

SUORAT PÄÄSTÖT  
(SCOPE 1)

EPÄSUORAT PÄÄSTÖT  
(SCOPE 2)

PÄÄSTÖT JOTKA SYNTYVÄT OMAN  
TOIMINNAN JÄLKEEN  
(DOWNSTREAM SCOPE 3)

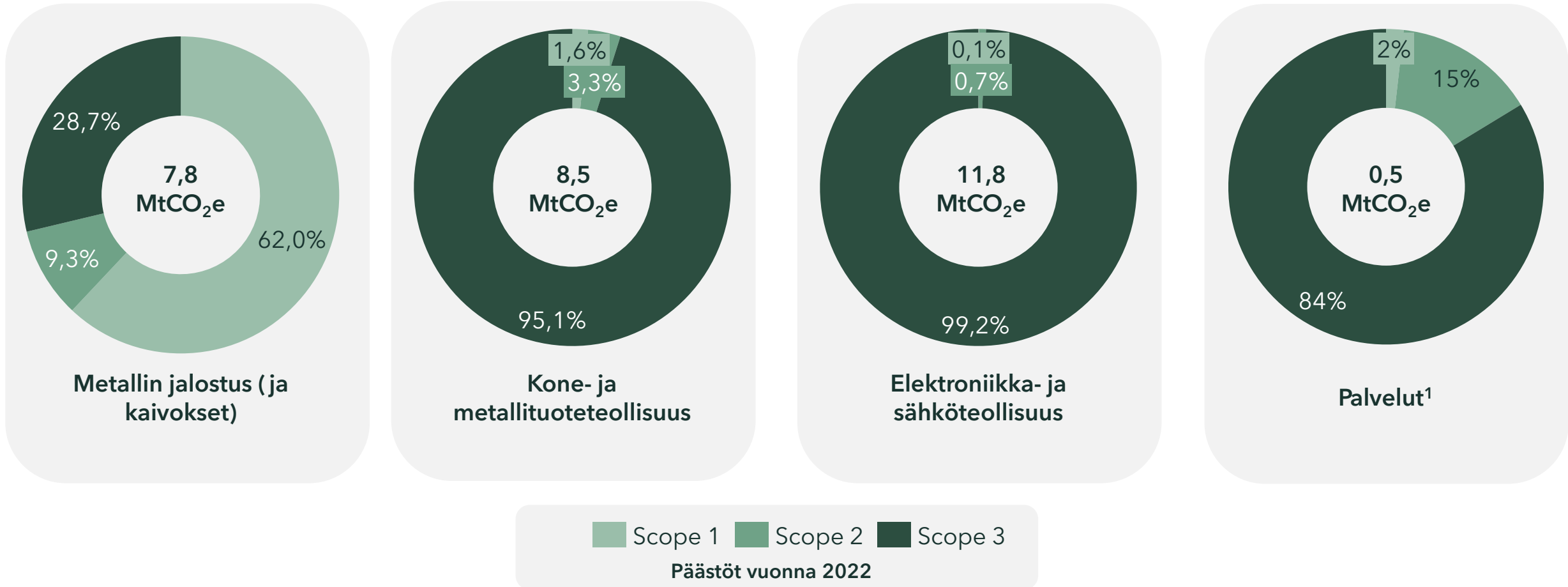


# Tarkempi kuvaus päästölähteistä

GHG protokollan mukainen päästökategoria	Kuvaus
<b>Scope 1:</b> Suorat päästöt	Polttoaineiden käyttö (ajoneuvoissa tai kiinteistön kattiloissa tai generaattoreissa), prosessipäästöt, hajapäästöt.
<b>Scope 2:</b> Ostoenergia	Omaan käyttöön ostetun energian päästöt. Sähkönkäyttö, kaukolämmön ja kaukojäähdytyksen käyttö sekä hankittu höyry.
<b>Scope 3</b>	
Kategoria 1&2: Hankinnat	Ostettujen tuotteiden (ml. raaka-aineet) ja palveluiden (mm. IT-palvelut, kiinteistöhuolto) tuottamisesta aiheutuvat päästöt Käyttöomaisuuden (esim. työkonet ja uudet rakennukset) tuottamisesta aiheutuvat päästöt. Käyttöomaisuudeksi luokitellaan omaisuus, joka hankitaan usean tilikauden käyttöä varten ja josta tyypillisesti tehdään suunnitelman mukaisia poistoja.
Kategoria 3: Polttoaineiden tuotanto ja energian siirtohäviöt	Ostettujen polttoaineiden ja energian valmistamisen ja kuljetuksen päästöt.
Kategoria 4&9: Logistiikka	Kuljetukset ja jakelupalvelut.
Kategoria 6&7: Liikematkustus & töihin matkustaminen	Liikematkustus: Henkilöstön liikematkustus kulkuneuvoissa, jotka eivät ole omistuksessa tai hallinnassa. Töihin matkustaminen: Henkilöstön matkustaminen (työntekijöiden matkat kodin ja työpaikan välillä)
Kategoria 10: Myytyjen tuotteiden prosessointi	Myytyjen tuotteiden prosessointi (esimerkiksi myydyn puolivalmiin tuotteen ulkopuolisella toimijalla tehdyn jatkoprosessoinnin energiankulutus).
Kategoria 11: Myytyjen tuotteiden käyttö	Myytyjen tuotteiden käyttö (esimerkiksi myydyn tuotteen energiankulutus, lämpimän veden kulutus tuotteen käytön yhteydessä).
Kategoria 12: Myytyjen tuotteiden käytöstä poisto	Myytyjen tuotteiden käytöstä poisto (jätehuolto tuotteen elinkaaren lopussa).

## 2.2. Päästöjen nykytila 2022

# Teknologiasteollisuuden päästöt ovat 29 MtCO<sub>2</sub>e, josta suurimman osan muodostavat arvoketjun epäsuorat päästöt



Scope 1 = suorat päästöt, Scope 2= Epäsuorat päästöt ostoenergiasta, Scope 3 = Arvoketjun epäsuorat päästöt  
 Metallin jalostus ja kaivokset (TOL(2008): 5-9 & 24), Elektroniikka- ja sähköteollisuus (TOL(2008): 26-27), Kone- ja metallituoteteollisuus (TOL(2008): 25, 28-30,33)  
<sup>1</sup>Palvelut yhdistetty pienen osuuden takia: Suunnittelu ja konsultointi (TOL(2008): 71) & Tietotekniikka (TOL(2008): 62-63).

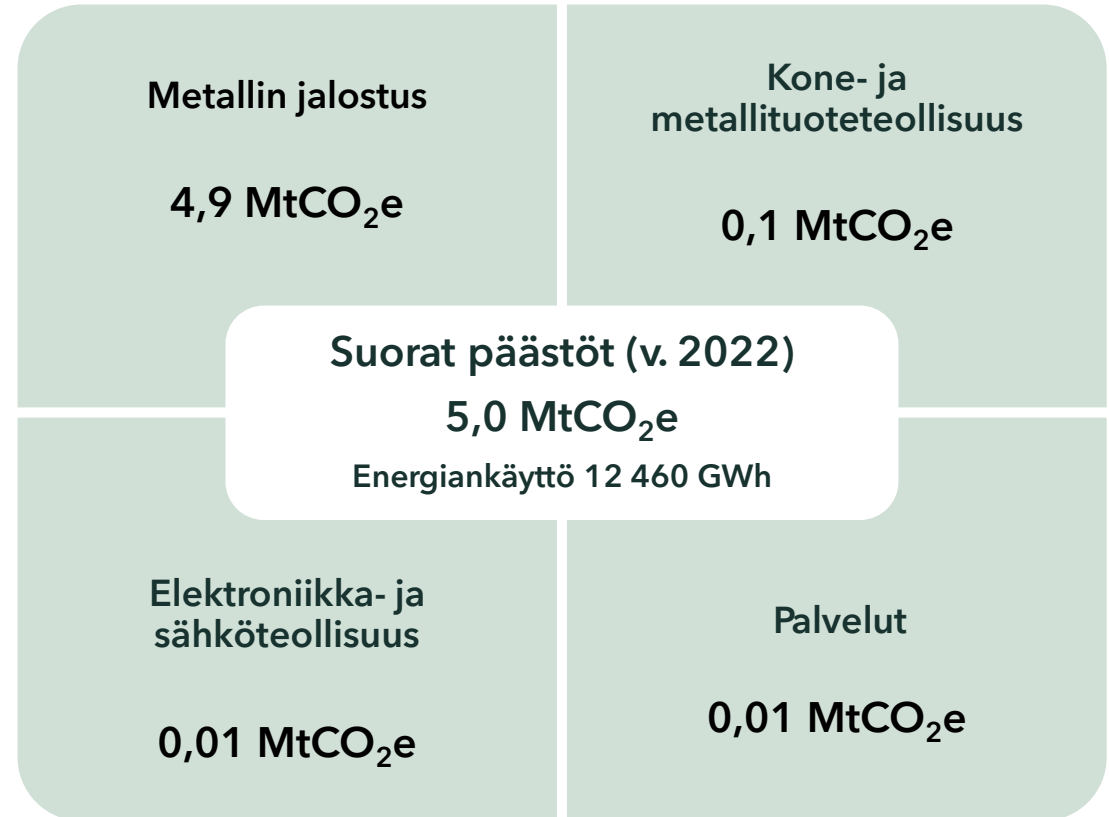


# Toimialan suorat päästöt ovat vähentyneet 7% edellisestä tiekarttatarkastelusta

## Suorat päästöt

- **Toiminnan suorat päästöt (Scope 1) aiheutuvat omistetuista tai hallinnoituista päästölähteistä.** Näihin päästöihin voidaan suoraan vaikuttaa muuttamalla omaa toimintaa.
- Teknologiateollisuudessa suoria päästöjä aiheutuu raudan ja teräksen tuotannosta sekä muusta metallinjalostuksesta. Suoria päästöjä aiheutuu lisäksi fossiilisten polttoaineiden käytöstä koneissa, laitteissa ja ajoneuvoissa sekä omasta energiantuotannosta.
- Teknologiateollisuuden suorat päästöt laskivat edellisen tiekartan laatimisesta vuoden 2017 luvuista 0,4 MtCO<sub>2</sub>e. Laskuun voivat vaikuttaa erilainen laskentatapa<sup>1</sup>, käytetyt päästökertoimet<sup>2</sup> sekä fossiilisten polttoaineiden käytön vähentyminen (käyttö laskenut 10,8 %).

Edellisen Teknologiateollisuuden tiekartan suorat päästöt 5,4 MtCO<sub>2</sub>e<sup>3</sup> ja energiankäyttö 13 970 GWh (vuonna 2017)



<sup>1</sup> Suunnittelu ja konsultointi & Tietotekniikka: Päästöt perustuvat Tilastokeskuksen tilastoon toimialakohtaisista ilmastopäästöistä vuonna 2021. Vuoden 2022 lukua ei julkaistu. Metallin jalostus: Päästöt perustuvat Energiaviraston tilastoon toiminnanharjoittajakohtaisista todennetuista päästöistä vuonna 2022. kone- ja metallituoteteollisuus, Elektroniikka- ja sähköteollisuus: Laskenta perustuu Tilastokeskuksen tilastoon Teollisuuden energiankäytöstä toimialoittain (2022) ja Defran päästökertoimiin

<sup>2</sup> 2023 [GHG Conversion factors, Defra](#)

<sup>3</sup> 2020 [Tiekartta hiilineutraalin teknologiateollisuuden saavuttamiseksi](#), Teknologiateollisuus (suorat päästöt laskettu vuoden 2017 & 2018 tiedoilla)

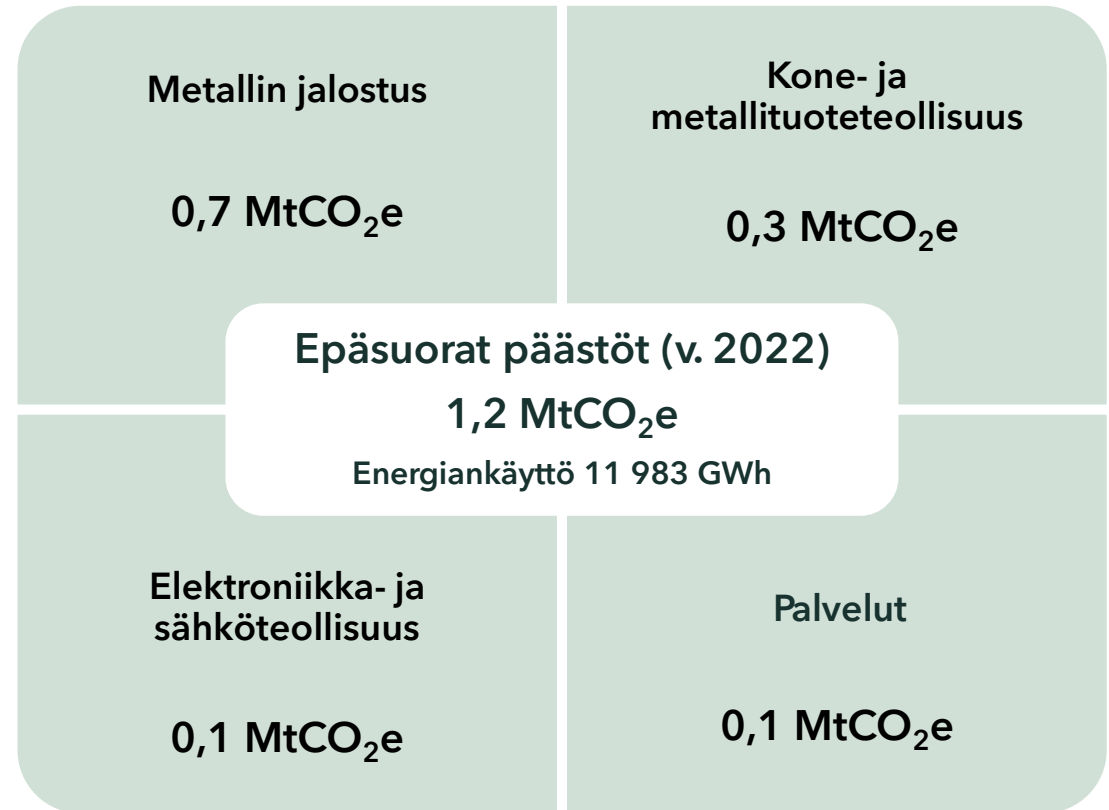
Lisätietoja laskennasta: Liite 1. Päästöjen nykytilan taustatietoja

# Ostoenergian määrä on pysynyt samalla tasolla edelliseen tiekarttaan nähden, mutta päästöt ovat laskeneet 45%

## Epäsuorat päästöt ostoenergiasta

- **Epäsuorat päästöt ostoenergiasta (Scope 2) aiheutuvat toiminnassa kulutetun sähkön, lämmön ja höyryn tuotannosta.**
- Päästöjä syntyy sähköintensiivisistä prosesseista ja työvaiheista erityisesti kaivosteollisuudessa, metallin jalostuksessa sekä kone- ja metallituoteteollisuudessa.
- Päivitetty hiilitiekartan päästölaskenta ostoenergian epäsuorista päästöistä kattaa kaikki Teknologiateollisuuden päätoimialat. Päästöt laskettiin sähkön ja lämmön tuotannon keskimääräisellä ominaispäästökertoimella<sup>2</sup>. Teknologiateollisuuden ostoenergian epäsuorat päästöt laskivat edellisen tiekartan laatimisesta (vuoden 2017 tiedot) 1,0 MtCO<sub>2</sub>e vuoteen 2022 verrattuna johtuen energiantuotannon päästöjen laskusta<sup>3</sup>.

Edellisen Teknologiateollisuuden tiekartan mukaiset ostoenergian epäsuorat päästöt olivat 2,2 MtCO<sub>2</sub>e<sup>1</sup> ja energiankäyttö 11 955 GWh (vuonna 2017)



<sup>1</sup> 2020 Tiekartta hiilineutraalin teknologiateollisuuden saavuttamiseksi, Teknologiateollisuus (suorat päästöt laskettu vuoden 2017 & 2018 tiedoilla)

<sup>2</sup> 2022 Sähkön ja lämmön päästöt perustuvat Suomen sähkön ja lämmön tuotannon liukuviin ominaispäästöjen keskiarvoihin (hyödynjakomenetelmä) sekä Tilastokeskuksen tilastoon [Teollisuuden energiankäytöstä toimialoittain](#).

<sup>3</sup> 2022 Energia ja päästöt, Tilastokeskus

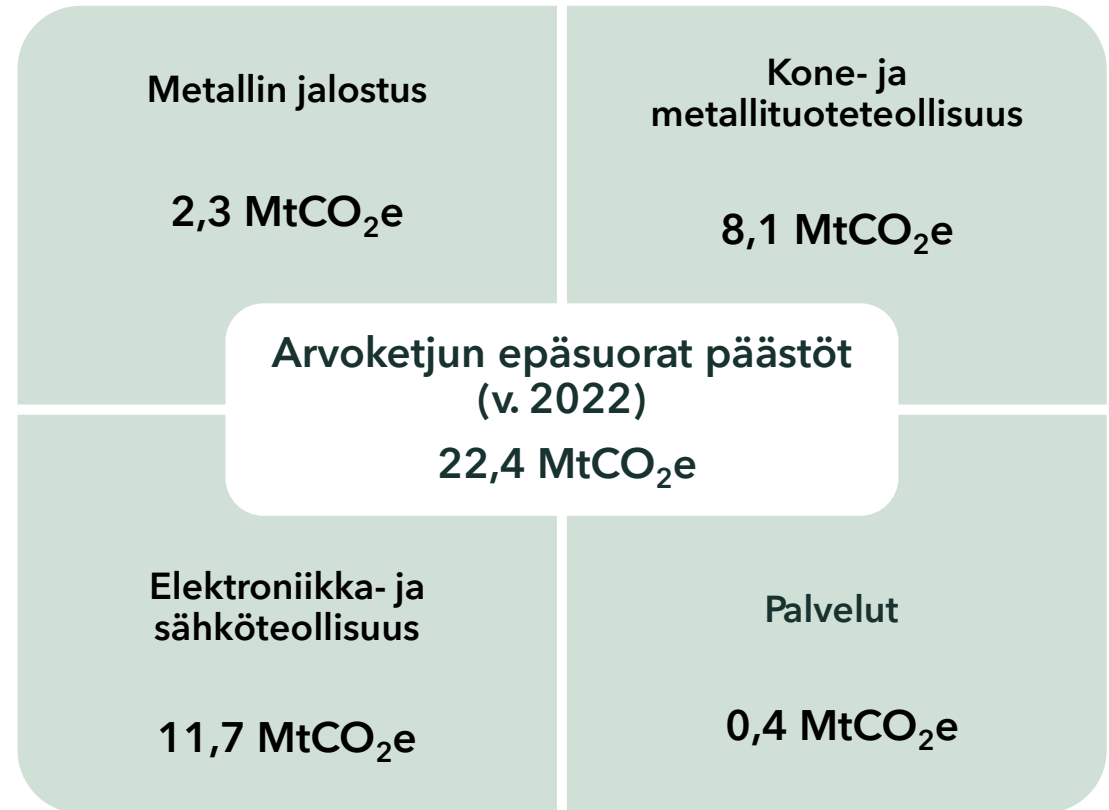
Lisätietoja laskennasta: Liite 1. Päästöjen nykytilan taustatietoja

# Teknologiатеollisuuden arvoketjun epäsuorille päästöille ei ole vertailukohtaa aiemmasta tiekartasta

## Arvoketjun epäsuorat päästöt

- **Arvoketjun epäsuorat päästöt (Scope 3)** syntyvät toiminnoista, jotka eivät ole omistuksessa tai hallinnassa suoraan, mutta joihin epäsuorasti vaikutetaan arvoketjussa.
- Päivitetyssä Teknologiатеollisuuden tiekartassa laajennetaan päästöjen tarkastelua Scope 3 päästöihin, kun edellinen tiekartta<sup>1</sup> keskittyi Scope 1 ja 2 päästöihin. Tämän johdosta vertailukohtaa edelliseen raporttiin ei ole, ja vertailuna teknologiатеollisuuden Scope 3 päästöille toimii parhaiten yritysten omat päästöraportit, joista absoluuttisten lukujen sijaan voidaan käyttää vertailussa päästöjen keskinäisiä jakaumia suoriin ja epäsuoriin päästöihin sekä arvoketjun epäsuorien päästöjen keskinäisiä jakaumia eri päästölähteisiin.

Edellisessä Teknologiатеollisuuden tiekartassa ei arvioitu Scope 3 päästöjä.



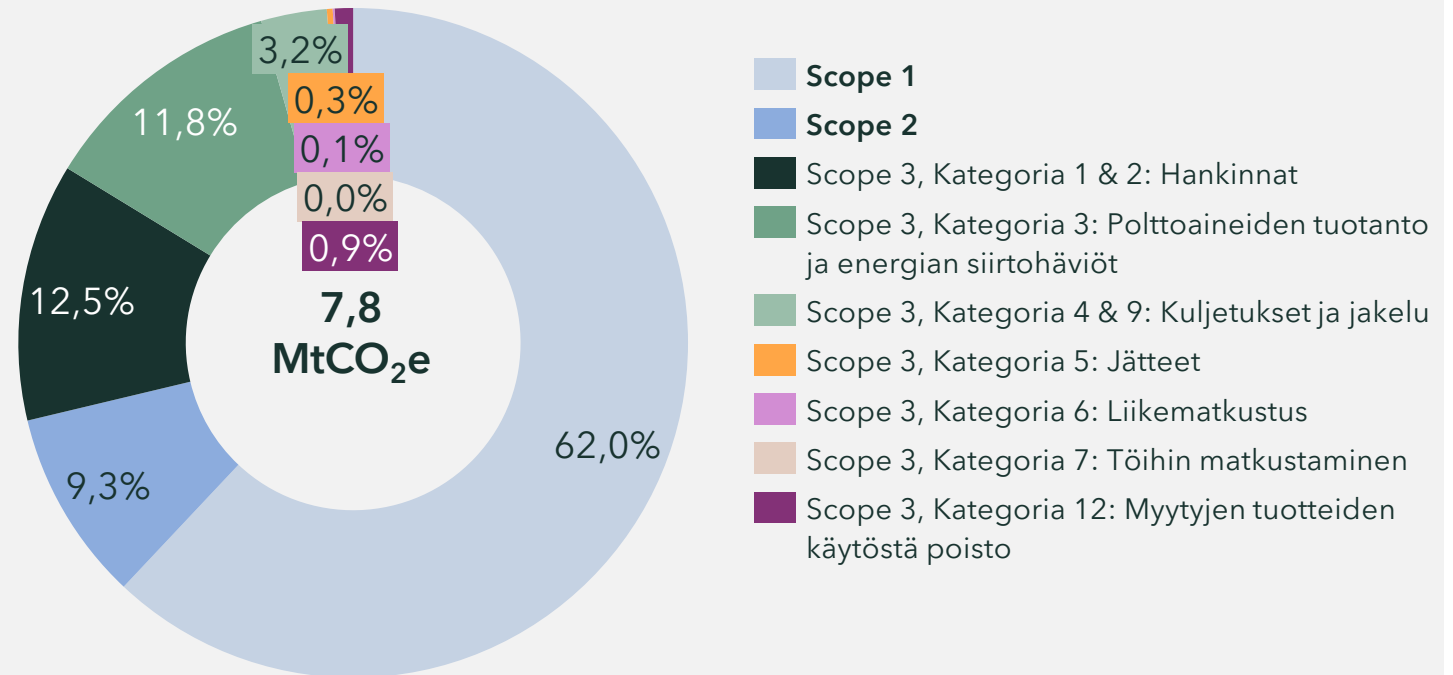
<sup>1</sup> 2020 [Tiekartta hiilineutraalin teknologiатеollisuuden saavuttamiseksi](#), Teknologiатеollisuus (suorat päästöt laskettu vuoden 2017 & 2018 tiedoilla)  
Lisätietoja laskennasta: Liite 1. Päästöjen nykytilan taustatietoja  
Organisaatiotason päästöjen laskentaan tukea: Liite 6. Miten hiilijalanjälki lasketaan organisaatiolle

# Metallin jalostuksen ja kaivosten päästöissä korostuvat oman toiminnan suorat päästöt osoittaen omien päästövähennystoimien vaikuttavuuden

## Päästöjen nykytila

- Metallin jalostuksen ja kaivosten päätoimialalla päästötarkastelussa korostuvat kaikkia päästölähteitä tarkasteltaessa Scope 1 päästöt.
- Arvoketjun epäsuorista päästölähteistä korostuvat erityisesti hankinnat sekä polttoaineiden tuotanto ja energian siirtohäviöt.
- Toimialalla korostuvat suorat päästöt (Scope 1) johtuen **käytetystä polttoaineiden määrästä**, jolloin **päästöt heijastuvat myös polttoaineiden tuotannon päästöihin** (Scope 3, Katgoria 3).
- Jätteet, liikematkustus, töihin matkustaminen sekä myytyjen tuotteiden käytöstä poiston päästöt ovat kokonaishiilijalanjäljessä hyvin pieni osa metallin jalostuksen ja kaivosten päästöistä.

## Metallin jalostus (ja kaivokset)

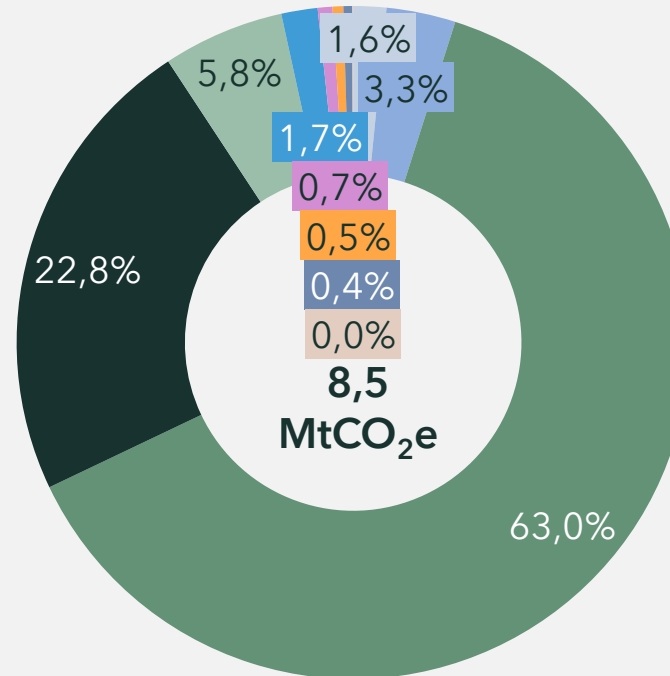


# Kone- ja metallituoteteollisuuden arvoketjun epäsuorat päästöt muodostavat 95% kokonaishiilijalanjäljestä

## Päästöjen nykytila

- Kone- ja metallituoteteollisuuden päästötarkastelussa korostuvat **myytyjen tuotteiden käytön päästöt sekä hankinnoista aiheutuvat päästöt**.
- Hankintojen päästöt koostuvat ostettujen tuotteiden ja palveluiden tuottamisesta aiheutuvista päästöistä. Hankintoja ovat materiaalihankinnat, käyttöomaisuus sekä työtä tukevat ostot ja palveluhankinnat.
- Logistiikka sekä Scope 1 ja 2 muodostavat yhdessä hieman yli 10 % kokonaispäästöistä kone- ja metallituoteteollisuudessa.
- Tulos mukaillee toimialan yritysten päästöraporteissa havaittua päästöjen jakaumaa, jossa arvoketjun epäsuorat päästöt muodostavat suurimman osan hiilijalanjäljestä.
- Myytävät tuotteet korostavat teknologiateollisuuden kykyä vähentää asiakkaiden päästöjä tarjoamalla ratkaisuja, joilla on pienempi jalanjälki kuin verrokkituotteilla<sup>5</sup>.

## Kone- ja metallituoteteollisuus



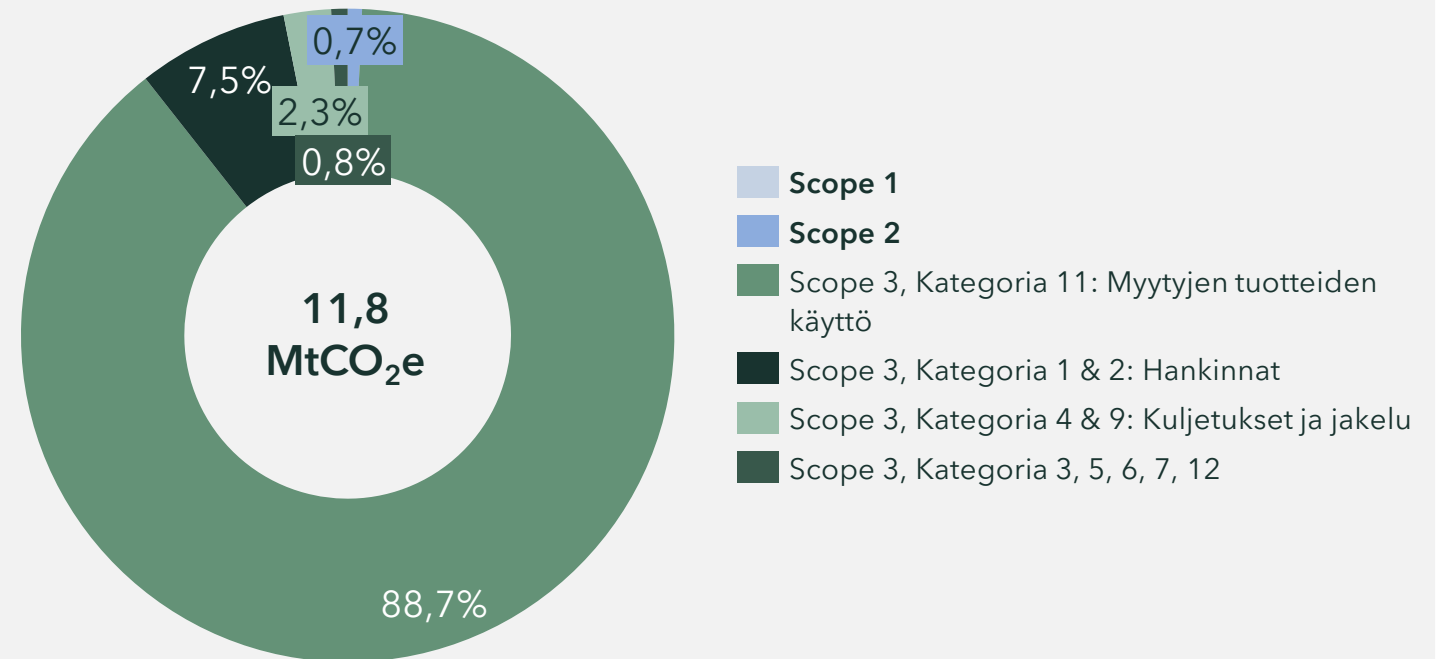
- Scope 1
- Scope 2
- Scope 3, Kategoria 11: Myytyjen tuotteiden käyttö
- Scope 3, Kategoria 1 & 2: Hankinnat
- Scope 3, Kategoria 4 & 9: Kuljetukset ja jakelu
- Scope 3, Kategoria 3: Polttoaineiden tuotanto ja energian siirtohäviöt
- Scope 3, Kategoria 6: Liikematkustus
- Scope 3, Kategoria 5: Jätteet
- Scope 3, Kategoria 12: Myytyjen tuotteiden käytöstä poisto
- Scope 3, Kategoria 7: Töihin matkustaminen

# Elektroniikka- ja sähköteollisuudessa päästöistä merkittävä osa syntyy myytyjen tuotteiden käytöstä nostaen esiin alan kädenjälkipotentiaalin

## Päästöjen nykytila

- Elektroniikka- ja sähköteollisuuden päästöjen nykytilan tarkastelussa korostuvat myytyjen tuotteiden käytön päästöt.
- Päästöjen jakauma noudattaa toimialan yritysten päästöraporteissa havaittua päästöjen jakaumaa, jossa myytyjen tuotteiden käytön päästöt korostuvat.
- Vaikka toimiala ei voi suoraan vaikuttaa arvoketjun oman toiminnan jälkeisiin päästöihin, tulee ne laskea osaksi toimialan hiilijalanjälkeä.
- Energian päästökerroin vaikuttaa myytyjen tuotteiden käytön päästöihin, elektroniikka- ja sähköteollisuuden kohdalla enimmäkseen sähkön päästökerroin. Jos kaikkialla energia olisi yhtä vähäpäästöistä kuin Suomessa, niin myytyjen tuotteiden käytön päästöt voisivat olla noin 67% eli 7 MtCO<sub>2</sub>e pienemmät.<sup>1,2</sup> Tämä kuvaa elektroniikka- ja sähköteollisuuden globaalia kädenjälkipotentiaalia

## Elektroniikka- ja sähköteollisuus



### Päästöt vuonna 2022

Elektroniikka- ja sähköteollisuus TOL(2008): 26-27

Lisätietoja laskennasta: Liite 1. Päästöjen nykytilan taustatietoja

<sup>1</sup>2022 Greenhouse gas emission intensity of electricity generation, EU level

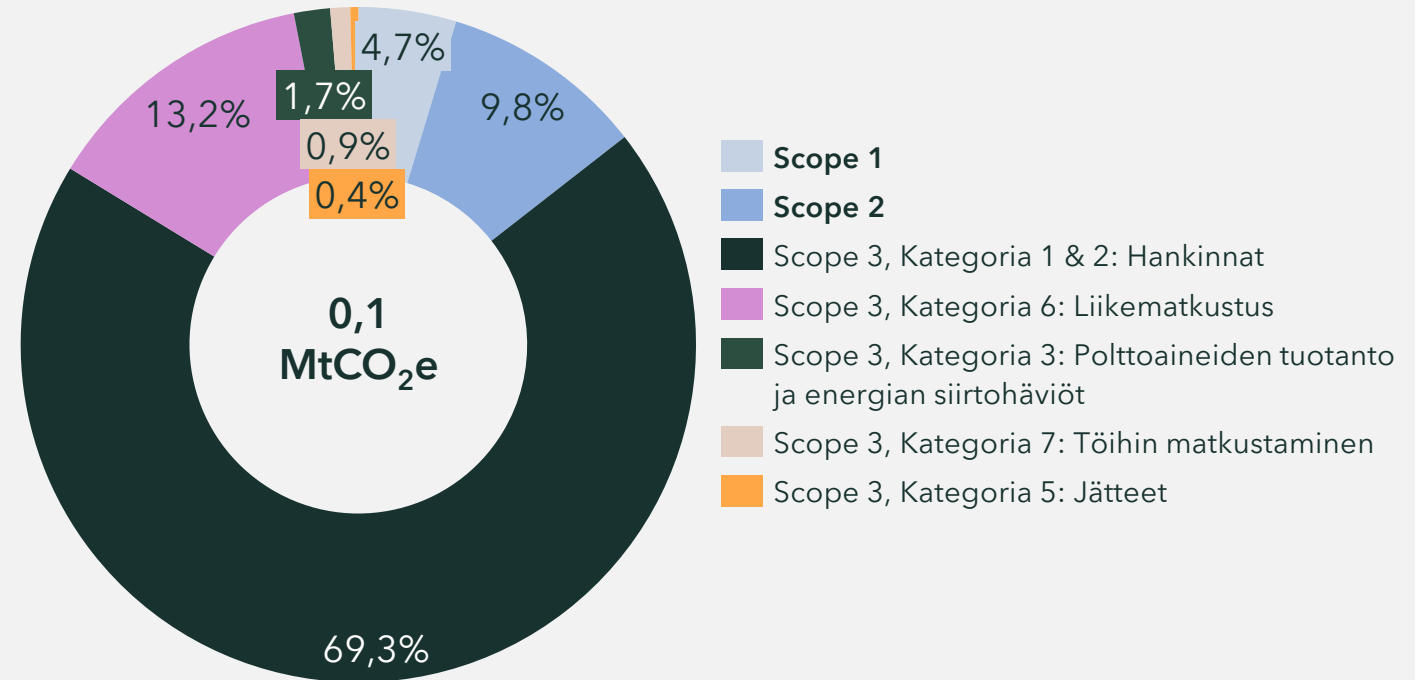
<sup>2</sup>2022. Sähkön päästökerroin perustuu Suomen sähkön tuotannon liukuviin ominaispäästöjen keskiarvoihin (hyödynjakomenetelmä)

# Suunnittelun ja konsultoinnin päästöt ovat pienet: suurin osa päästöistä aiheutuu hankinnoista ja liikematkustuksesta

## Päästöjen nykytila

- Suunnittelun ja konsultoinnin päätoimialalla **päästötarkastelussa korostuvat hankintojen sekä liikematkustuksen päästöt** muodostaen yli 90 % päästöistä.
- Hankintojen päästöt koostuvat etenkin työtä tukevista palvelu- ja materiaalihankinnoista.
- Tulos mukaillee toimialan yritysten päästöraporteissa havaittua Scope 3 päästöjen jakaumaa.
- Suunnittelun ja konsultoinnin rooli yhteiskunnan vähähiilistymisessä on etenkin muiden toimialojen tukeminen omalla esimerkillä johtamista unohtamatta. Tässä tulee keskittyä etenkin kokonaispäästöissä korostuvien hankintojen sekä liikematkustuksen päästöihin.

## Suunnittelu ja konsultointi

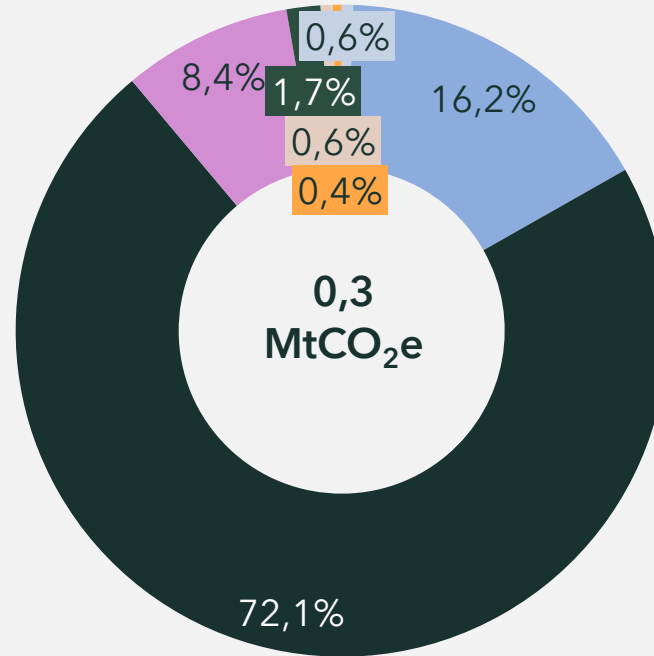


# Tietotekniikan alalla tulee kiinnittää huomiota tietoyhteiskunnan tarpeisiin vaadittavan energiankulutuksen kasvun irtikytkentään päästöjen kasvusta

## Päästöjen nykytila

- Tietotekniikan päästötarkastelussa korostuvat **hankintojen, ostoenergian sekä liikematkustuksen päästöt**. Nämä kolme päästölähdettä muodostavat yli 96 % kokonaispäästöistä Tietotekniikan päätoimialalle.
- Tietotekniikan päätoimiala ja suunnittelun ja konsultoinnin päätoimiala näyttävät päästötarkastelussa hyvin samankaltaisina. Merkittävin ero kahden päätoimialan välillä on ostoenergian päästöissä (Scope 2). Tietotekniikan ostoenergian päästöt muodostavat kokonaishiilijalanjäljestä noin 16 %.
- **Ostoenergian päästöissä näkyvät toimistotilojen ja kiinteistöjen lisäksi datakeskusten energiankulutus**, jonka ennustetaan kasvavan tulevaisuudessa.

## Tietotekniikka







- Scope 1
- Scope 2
- Scope 3, Kat. 1 & 2: Hankinnat
- Scope 3, Kat. 6: Liikematkustus
- Scope 3, Kat. 3: Polttoaineiden tuotanto ja energian siirtohäviöt
- Scope 3, Kat. 7: Töihin matkustaminen
- Scope 3, Kat. 5: Jätteet



# Teknolomiteollisuuden päästöjen painottuminen riippuu yrityksen tarjoamasta myös saman toimialan sisällä

Päästöjen laskennassa käytetty GHG protokolla ei tunnista teknolomiteollisuuden toimialan erityispiirteitä. Lisäksi saman päätoimialan sisällä on huomattavan erilaisia keinoja vaikuttaa päästöjen vähentämiseen riippuen tarjoaman tyyppistä. Tarjoaman tyyppi (vasemmalla) kertoo mihin päästöjen luokkaan (oikealla) keskittymällä voidaan tarjoaman päästöjä pienentää ja saavuttaa suurin kädenjälki.

Tarjoaman tyyppi	Teknolomiteollisuuden päätoimiala					Päästöjen painottuminen yrityksessä
	Metallin jalostus ja kaivokset	Kone- ja metallituote-teollisuus	Sähkö- ja elektroniikka-teollisuus	Suunnittelu ja konsultointi	Tietotekniikka	
 <b>Raaka-aineet</b>	✓ <i>Esim. teräs, muut metallit</i>					Suorat päästöt
 <b>Energiariippuvaiset tuotteet</b> Energiaa kuluttavat ja tuottavat		✓ <i>Esim. hissi, polttomoottori, paperikone</i>	✓		✓	Myytyjen tuotteiden käyttö
 <b>Omavalmisteiset fyysiset tuotteet</b>	✓	✓ <i>Esim. sakset, avaimet, metallikomponentit</i>	✓			Ostoenergia, hankinnat & logistiikka
 <b>Palvelut ja ohjelmistot</b>		✓	✓	✓	✓	Hankinnat, liikematkustus

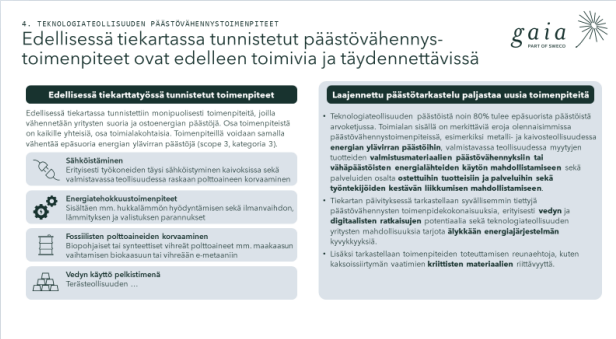
# 3. Päästövähennystoimenpiteet

### 3. PÄÄSTÖVÄHENNYSTOIMENPITEET

# Teknologiатеollisuuden päästövähennyksissä on jo edistytty, uusia toimenpiteitä tulee kohdistaa etenkin arvoketjun päästöihin

## Kehitys aiemman tiekartan jälkeen

- Tässä osiossa kuvataan teknologiатеollisuuden yritysten päästövähennystoimenpiteiden edistymistä edellisen tiekartan jälkeen.
- Aiemmassa tiekartassa tunnistettiin tärkeiksi toimenpiteiksi mm. sähköistäminen, energiatehokkuustoimenpiteet, fossiilisista polttoaineista luopuminen sekä vedyn käyttö pelkistimenä.
- Edellisen tiekartan jälkeen on toteutettu merkittäviä investointeja päästövähennysten toteutumiseksi.



4. TEKNOLOGIATEOLLISUUDEN PÄÄSTÖVÄHENNYSTOIMENPITEET

Edellisessä tiekartassa tunnistetut päästövähennystoimenpiteet ovat edelleen toimivia ja täydennettävissä

**Edellisessä tiekartassa tunnistetut toimenpiteet**

- Edellisessä tiekartassa tunnistettiin monipuoliset toimenpiteet, joilla vähennetään yritysten suoria ja osanenergian päästöjä. Osa toimenpiteistä on käsitteellisiä, osa toimialakohtaisia. Toimenpiteitä voidaan samalla vähentää epäsuoria energian ylijärven päästöjä (scope 3, kategoria 3).
- **Sähköistäminen**  
Erityisesti työkaluiden täysi sähköistäminen kaivoksissa sekä valmistuslaitosten sähköistämisen ja lämmityksen ja valaistuksen parannukset.
- **Energiatoteutustoimenpiteet**  
Säätämien, lämmityksen ja valaistuksen parannukset.
- **Fossiilisten polttoaineiden korvaaminen**  
Biopolttoainetta tai synteettisiä öljyjä polttoaineeksi mm. maakaasun vaihtamisen biokaasuun tai vihreään e-metaanin.
- **Vedyn käyttö pelkistimenä**  
Tähteistöisuuden ...

**Laajennettu päästötarkastelu paljastaa uusia toimenpiteitä**

- Teknologiатеollisuuden päästöt ovat noin 80% tulle epäsuoria päästöjä arvoketjussa. Toimialan sisällä on merkittäviä eroja olennaisissa päästövähennystoimenpiteissä, esimerkiksi metalli- ja kavoiteollisuudessa **energian ylijärven päästöihin**, valmistuslaitosten myydytyn tuotteen **vahvuusmateriaalien päästövähennyksiin** tai **vähähiilisten energialähteiden käytön mahdollistamiseen** sekä pelkistimen osittain **ostettuihin tuotteisiin ja palveluihin** sekä **työntekijöiden kestävä liikunnan mahdollistamiseen**.
- Tiekartan päivityksessä tarkastellaan syvällisemmin tietyt päästövähennysten toimenpiteiden osat, erityisesti **vedyn ja digitaalisten ratkaisujen** potentiaalia sekä teknologiатеollisuuden yritysten mahdollisuutta tarjota **älykkäin energiarjestelmän** kykyjä.
- Lisäksi tarkastellaan toimenpiteiden toteuttamisen rumaattia, kuten kaksiosuutymän vaatimien **kriittisten materiaalien** riittävyyttä.

## Tulevaisuuden toimenpiteet

- Kun päästötarkastelu on laajennettu koko arvoketjuun, korostuu uusina toimenpiteinä mm. toimitusketjujen hallinta, materiaalien päästöt ja logistiikkaketjut.
- Erillistarkastelut kappaleessa 4 jatkavat tulevaisuuden toimenpiteiden tarkastelua erityisesti teknologiатеollisuudelle olennaisimpiin päästövähennystoimenpiteisiin keskittyen (vetytalous, älykkäät energiarjestelmät, digiratkaisut, kaksoisiirtymän vaatimat kriittiset materiaalit)



3-2. TULEVAISUUDEN TOIMENPITEET

Merkittävimmät päästövähennyksineet vaihtelevat vaihtoaloittain - arvoketjun alun toimenpiteillä vaikutuksia koko toimialaan

**Metallituotteen ja kavoite**

- Sähköistäminen
- Fossiilisten korvaaminen
- Vetytallitus
- Vihreä osanenergia

**Kone- ja metallituotteen**

- Fossiilisten korvaaminen
- Päästöjen vähentäminen
- Vähähiilisten materiaalien käyttö
- Vähähiiliset kuljetukset

**Elektronikka- ja sähköteollisuus**

- Päästöjen vähentäminen
- Vähähiiliset hankinnat
- Vähähiilisten kriittisten materiaalien käyttö

**Palvelut**

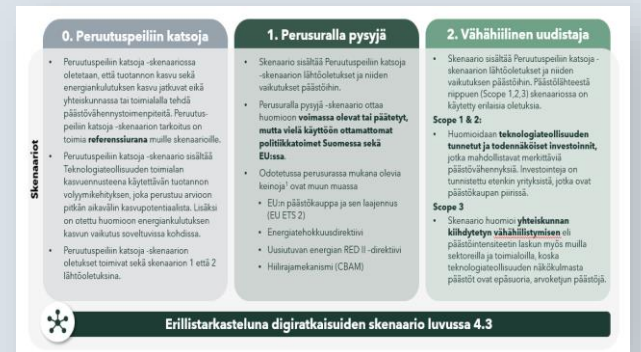
- Vähähiiliset hankinnat
- Liikematkustuksen päästövähennyksien
- Vihreä osanenergia

**Toimialan yhteiset päästövähennyksineet**

- Energiatoteutustoimenpiteet
- Kierävyysmateriaalien käyttäminen
- Digiratkaisuiden käyttäminen

## Skenaariot

- Skenaariot edustavat Teknologiатеollisuuden päästövähennyspolkuja, joiden avulla hahmotellaan mahdollisia tulevaisuuksia päästöjen vähentämiseksi.
- Teknologiатеollisuudelle arvioitu hiilijalanjälki sekä päästövähennystoimenpiteet muodostavat pohjan skenaarioiden rakentamisella.
- Tuloksena saadaan päivitetty tilannekuva päästövähennyspoluista, jotka kuvastavat päästövähennystarpeita ja mahdollisuuksia.



0. Perustusperiaatteita

- Perustusperiaatteita -skenaariossa oletetaan, että tuotannon kasvu sekä energiankulutuksen kasvu jatkuvat eikä yhteiskunnassa tai toimialalla tehdä päästövähennystoimenpiteitä. Perustusperiaatteita -skenaariota tarkoitetaan toimitusketjun referenssitaruun malle skenaariolle.
- Perustusperiaatteita -skenaario sisältää Teknologiатеollisuuden toimialan kasvunasteena käytettävän tuotannon volyymikertoimen, joka perustuu arvostetun pitkin aikavälin kasvupotentiaaliin. Lääkäri on otettu huomioon energiankulutuksen kasvun vaikutus soveltuissa kohdissa.
- Perustusperiaatteita -skenaariota oletukset toimivat sekä skenaariota 1 että 2 lähtökohdista.

1. Perusuralla pysyvä

- Skenaario sisältää Perustusperiaatteita -skenaariota lähtökohdista ja niiden vaikutuksen päästöihin. Päästöjä vähentäminen (Scope 1,2,3) skenaariossa on käsitteellisiä oletuksia.
- Perusuralla pysyvä -skenaario ottaa huomioon **voimassa olevat tai päätetyt, mutta vielä käytöön otamattomat poliittiset toimet Suomessa sekä EU:ssa**.
- Odotetussa perustusurassa mukana olevia keinoja ovat muun muassa
  - EU:n päästölaippa ja sen laajenus (EU ETS 2)
  - Energiatoteutustoimenpiteet
  - Uusutuotannon energian RED II -direktiivi
  - Hallitsemattoman (CBAM)

2. Vähähiilinen uudistaja

- Skenaario sisältää Perustusperiaatteita -skenaariota lähtökohdista ja niiden vaikutuksen päästöihin. Päästöjä vähentäminen (Scope 1 & 2):
  - Huomioidaan teknologiатеollisuuden **tunnetut ja todennäköiset investoinnit**, jotka mahdollistavat merkittävää päästövähennyksiä. Investointeja on tunnistettu etenkin yrityksiä, jotka ovat päästökaspaan ponnissa.
- Skenaario huomioi **yhteiskunnan kiilätettyjen vähähiilistämisen** eli päästövähennysten lisäksi myös muilla sektoreilla ja toimialoilla, koska teknologiатеollisuuden riikukäyttöä päästöt ovat epäsuoria, arvoketjun päästöjä.

Erillistarkasteluna digiratkaisuiden skenaario luvussa 4.3

# 3.1. Toimenpiteiden kehitys aiemman tiekartan jälkeen

# Edellisessä tiekartassa tunnistetut päästövähennystoimenpiteet ovat edelleen toimivia – ja uusiakin on

## Edellisessä tiekartatyössä tunnistetut toimenpiteet

Edellisessä tiekartassa<sup>1</sup> tunnistettiin monipuolisesti toimenpiteitä, joilla vähennetään yritysten suoria ja ostoenergian päästöjä. Osa toimenpiteistä on kaikille yhteisiä, osa toimialakohtaisia. Toimenpiteillä voidaan samalla vähentää epäsuoria energian ylävirran päästöjä (scope 3, kategoria 3).



### Sähköistyminen

Erityisesti työkoneiden täysi sähköistyminen kaivoksissa, sekä raskaan polttoaineen korvaaminen valmistavassa teollisuudessa



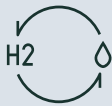
### Energiatehokkuustoimenpiteet

Sisältään mm. hukkalämmön hyödyntämisen sekä ilmanvaihdon, lämmityksen ja valaistuksen parannukset



### Fossiilisten polttoaineiden korvaaminen

Biopohjaiset tai synteettiset vihreät polttoaineet mm. maakaasun vaihtaminen biokaasuun tai vihreään e-metaaniin



### Vedyn käyttö pelkistimenä

Mahdollistaa raudan valmistuksen ilman hiilipohjaisten pelkistysaineiden, kuten koksen tai hiilikaasun, käyttöä.

## Laajennettu päästötarkastelu paljastaa uusia toimenpiteitä

- Teknologiateollisuuden päästöistä noin 80% tulee epäsuorista päästöistä arvoketjussa. Toimialan sisällä on merkittäviä eroja olennaisimmissa päästövähennystoimenpiteissä, esimerkiksi
  - metalli- ja kaivosteollisuudessa **energian ylävirran päästöihin**,
  - valmistavassa teollisuudessa myytyjen tuotteiden **valmistusmateriaalien päästövähennyksiin tai vähäpäästöisten energialähteiden käytön mahdollistamiseen**
  - palveluiden osalta **ostettuihin tuotteisiin ja palveluihin sekä työntekijöiden kestävästä liikkumisesta mahdollistamiseen.**
- Tiekartan päivityksessä tarkastellaan syvällisemmin tiettyjä päästövähennysten toimenpidekokonaisuuksia, erityisesti **vedyn** ja **digitaalisten ratkaisujen** potentiaalia sekä teknologiateollisuuden yritysten mahdollisuuksia tarjota **älykkään energijärjestelmän** kyvykkyyksiä.
- Lisäksi tarkastellaan toimenpiteiden toteuttamisen reunaehtoja, kuten kaksoissiirtymän vaatimien **kriittisten materiaalien** riittävyyttä.

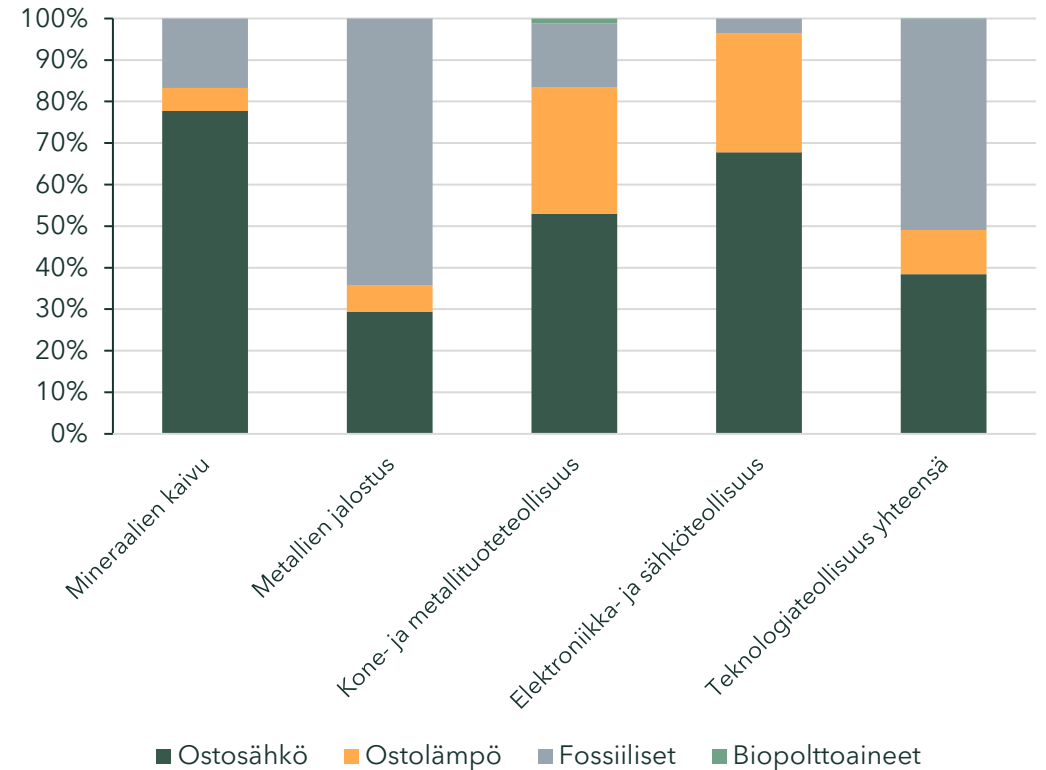
<sup>1</sup>Aiempi tiekartta pohjautuu vuoden 2017 tietoihin. Tämä tiekartta pohjautuu vuoden 2022 tietoihin.

# Sähköistyminen etenee toimialoilla vaiheittain - eniten vaikutusta metallien jalostuksen sähköistymisellä



## Sähköistyminen

- Eri teollisuuden toimialoilla on erilaiset teknistaloudelliset valmiudet sähköistymiseen. Teollisuuden prosesseista sähköistetään ensin prosessilämmön ja -höyryn tuotanto jos näille ei ole erityisvaatimuksia. Tämän jälkeen helpoimpia sähköistymisen kohteita ovat mekaaniset, tällä hetkellä fossiililla polttoaineilla tuotetut prosessit.
- Teknolomiteollisuudessa **suurin vaikutus sähköistymisestä saadaan Metallien jalostus ja kaivokset -toimialalla**. Myös kone- ja metallituoteteollisuudessa käytetään yli 10% fossiilisia energialähteitä.
- Suurin päästövaikutus saadaan välillisellä sähköistyksellä eli rautamalmin suorapelkistyksessä vedyn avulla**. Tämän jälkeen tärkeimmät keinot sähköistymiseen ovat malmisintrauksen sähköistäminen, uudelleenlämmitysuunien sähköistäminen sekä uudet prosessiteknologiat kuten uppokaariuuneja korvaavat DC-uunit.
- Prosessien energiatarpeen lisäksi teknolomiteollisuudessa **sähköistyminen kattaa myös työkoneiden, kulkuvälineiden ja muiden koneiden ja laitteiden sähköistymisen**.



Teknolomiteollisuuden toimialojen energian kulutus energiamuodoittain (Lähde: Tilastokeskus 2022)

# Luopumalla fossiilisista polttoaineista saadaan merkittäviä päästövähennyksiä - irtikytkeminen on onnistunut!



## Fossiilisten polttoaineiden korvaaminen

- Suomessa teollisuus käyttää noin 30 TWh fossiilisia polttoaineita vuosittain. **Teknologioteollisuudessa käytetään teollisuuden fossiilisista polttoaineista noin 41%, josta metallien jalostuksessa ja kaivoksissa yksinään käytetään 95% polttoaineista.**
- Pidemmällä aikavälillä teollisuudessa fossiilisten polttoaineiden käyttö tullaan korvaamaan **uusitutuvilla energialähteillä, esimerkiksi biopolttoaineiden tai sähköistymisen avulla.** Fossiilisten polttoaineiden osuus on merkittävä monilla teollisuuden sektoreilla, jonka vuoksi sähköistymisen potentiaali on suuri.
- Vielä vuonna 2017<sup>1</sup> koko Suomen teollisuuden fossiilisten polttoaineiden kulutus oli 39 TWh vuodessa. Teknologioteollisuudessa fossiilisten polttoaineiden vuosittainen käyttö on siis laskenut 10,8% viidessä vuodessa. Samassa ajassa teknologioteollisuuden yritysten liikevaihto on kasvanut 43%. **Fossiilisten polttoaineiden käyttö on siis onnistuttu irtikytkemään liikevaihdon kasvusta.**



*Teknologioteollisuuden fossiilisten polttoaineiden käyttö ja liikevaihto (Lähde: Tilastokeskus, Teknologioteollisuus)*

<sup>1</sup>Edellisessä vähähiilisyystiekartassa käytetty lähtövuotena vaihtelevasti vuosia 2017 ja 2018.

2023 [Teollisuuden energiakäyttö 2022 ja 2017](#), Tilastokeskus.

2024 [Teollisuustuotanto ja liikevaihto](#), Teknologioteollisuus.

# Edellisen tiekartan jälkeen teknologiateollisuudessa on toteutettu merkittäviä investointeja

## Investointeja edellisen tiekartan jälkeen

- Teknologiateollisuuden viime vuosien investoinnit ovat jo entisestään edistäneet toimialan vähähiilistymistä. Edellisen tiekartan jälkeen on toteutettu muun muassa seuraavia investointeja:
  - *Valmet Automotive* **Salon akkutehtaan** käynnistäminen<sup>1</sup>
  - *Boliden Harjavalta* **Tuotantolaitoksen laajennus**: Uusi rikastekuivain, sähköuunin ja rakeistuksen kapasiteetin kasvattaminen sekä automatisoinnin lisääminen<sup>2</sup>
  - *ABB* **hukkalämmön hyödyntäminen** mm. kiinteistön lämmitykseen<sup>3</sup>
  - *SSAB* **öljypohjaisten polttoaineiden korvaaminen** nesteytetyllä maakaasulla pääosin nauhavalssaamon askelpalkkiuunien polttoaineena<sup>4</sup>
- **Toisaalta investointipäätösten tekeminen on lykkääntynyt** esimerkiksi rahoitus- ja raaka-ainekustannusten noustessa.

## Muut muutokset edellisen tiekartan jälkeen

- Teknologiateollisuuden energiatehokkuussopimuksen toimenpideohjelmaan liittyneitä yrityksiä on tällä hetkellä 135 ja toimipaikkoja 307<sup>5</sup>.
- Energiatehokkuussopimukset pyrkivät energiasäästöihin. Sopimukseen liittyneet yritykset voivat saada myös tukea energiatehokkuusinvestointeihin.
- Energiateollisuuden **toimenpideohjelmaan liittyneistä yrityksistä 80% toteutti energiatehokkuustoimenpiteitä vuosina 2017-2022**. Suurimpia yksittäisiä energiansäästötoimenpiteitä kohdistettiin ilmanvaihtojärjestelmään (osuus 28%) sekä prosesseihin ja prosessilaitteisiin (osuus 18%)<sup>6</sup>.

<sup>1</sup>Valmet Automotiven vuosikatsaus 2019

<sup>2</sup>Boliden investoi nikkelituotannon laajentamiseen Harjavallassa

<sup>3</sup>ABB Oy: Yli 90 prosentin säästö tehtaassa kaukolämmön kulutukseen

<sup>4</sup>SSAB alkaa käyttää nesteytettyä maakaasua Raahessa

<sup>5</sup>Energiatehokkuussopimukset

<sup>6</sup>Tulokset. Teknologiateollisuus.

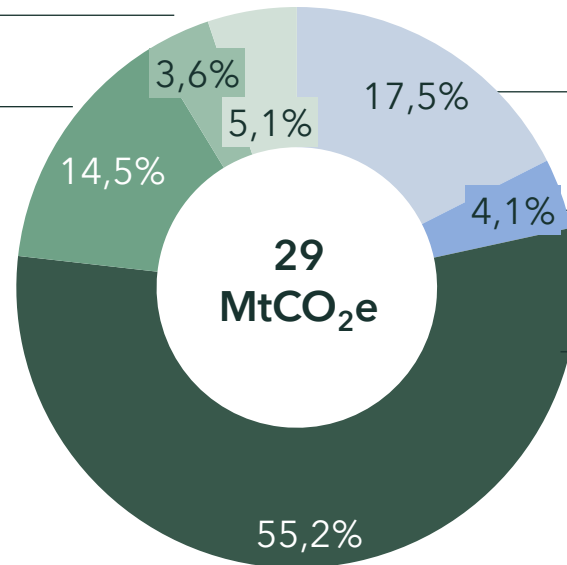


## 3.2. Tulevaisuuden toimenpiteet

# Arvoketjun päästöjen vähentäminen vaatii yritysten yhteistyötä

Päästöjen jakautuminen teknologiateollisuudessa ja niihin liittyviä päästövähennystoimenpiteitä

Muut



## Scope 3 - Kuljetukset ja jakelu

- Toimittajakohtaisen datan kerääminen kuljetuksista yhteistyössä toimittajien kanssa
- Ilmastotavoitteet asettaneiden toimittajien suosiminen
- Vähähiilisten kuljetusmuotojen suosiminen
- Päästöjen vähentäminen yhteistyössä toimittajien kanssa esim. reitti- tai kuljetusaikatauluoptimoinnilla

## Scope 3 - Hankinnat

- Ilmastotavoitteet asettaneiden toimittajien suosiminen
- Päästöjen vähentäminen yhteistyössä toimittajien kanssa
- Käyttöomaisuuden elinkaaren pidentäminen (esim. koneet, työkalut, IT-laitteet) ja mahdollisuudet kiertotalouteen.
- Vähähiilisten materiaalien hyödyntäminen, kuten vähähiilinen teräs
- Tuotesuunnittelun ja pakkaustarpeiden uudelleenajattelu osana materiaalitehokkuutta

## Scope 1

- Vähähiiliset metallien valmistamisprosessit erityisesti teräksen valmistamisessa
- Biopohjaiset polttoaineet fossiilisten polttoaineiden vaihtoehtona siirtymävaiheessa
- Sähköistäminen
- Energiatohokkuuden parantaminen

## Scope 2

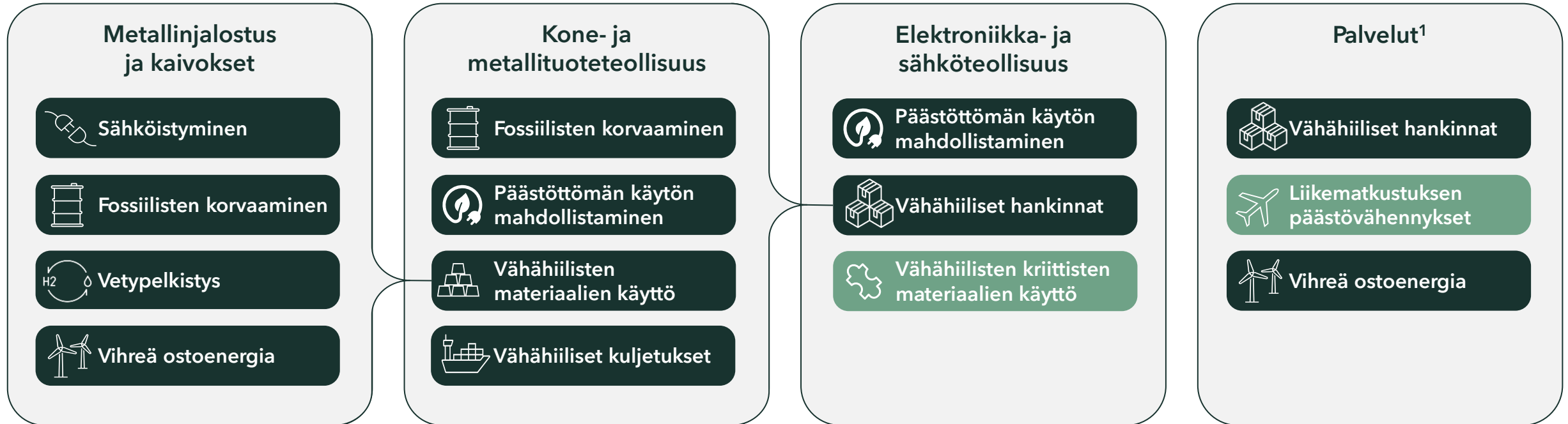
- Energiatohokkuuden parantaminen
- Ostoenergia alkuperätakuin varmennettua

## Scope 3 - Myytyjen tuotteiden käyttö

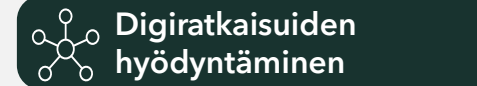
- Tuotesuunnittelussa esim. energiateräksen parantaminen, jolloin tuotteen käytön aikainen energiankulutus vähenee
- Vähähiilisten polttoaineiden käytön mahdollistaminen
- Kestävien operointikäytäntöjen edistäminen tuotteen käytössä yhteistyössä loppuasiakkaiden kanssa

# Merkittävimmät päästövähennyskeinot vaihtelevat päätoimialoittain - arvoketjun alun toimenpiteillä vaikutuksia koko toimialaan

- Merkittävä päästövähennyspotentiaali koko toimialan kannalta
- Kohtalainen päästövähennyspotentiaali



## Toimialan yhteiset päästövähennyskeinot



Metallin jalostus ja kaivokset (TOL(2008): 5-9 & 24), Elektroniikka- ja sähköteollisuus (TOL(2008): 26-27), Kone- ja metallituoteteollisuus (TOL(2008): 25, 28-30,33)

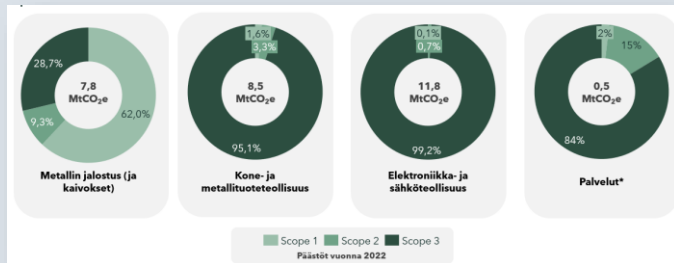
<sup>1</sup>Palvelut yhdistetty pieneen osuuden takia: Suunnittelu ja konsultointi (TOL(2008): 71) & Tietotekniikka (TOL(2008): 62-63).

## 3.3. Skenaarit

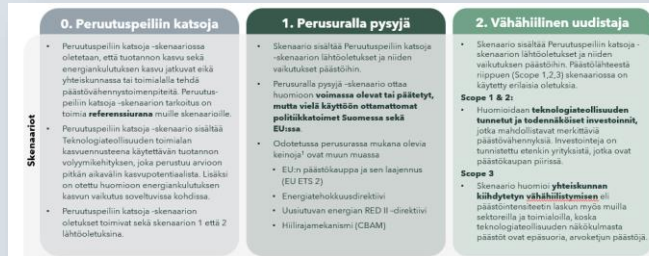
# Skenaariot ovat katsaus teknologiateollisuuden mahdollisiin päästövähennyspolkuihin

- Tässä osiossa kuvataan Teknologiateollisuuden vähähiilisyystiekartan päivitettyjä skenaarioita. Päästövähennystavoitteiden saavuttamiseksi on olennaista seurata toimialan päästökehitystä ja päivittää tilannekuva vuonna 2020 laaditun tiekartan jälkeen tapahtuneiden muutosten tilannetta vastaavaksi, kun toiminta- ja investointiympäristö on muuttunut.
- Skenaariot edustavat päästövähennyspolkuja, joiden avulla hahmotellaan mahdollisia tulevaisuuksia päästöjen vähentämiseksi. Teknologiateollisuudelle arvioitu hiilijalanjälki, yritysten päästövähennystoimenpiteet sekä yhteiskunnan vähähiilistyminen muodostavat pohjan skenaarioille. Tuloksena saadaan päivitetty tilannekuva päästövähennyspoluista, jotka kuvastavat päästövähennystarpeita ja mahdollisuuksia.
- Teknisten päästövähennysten kuten CO<sub>2</sub>-talteenoton mahdollisuuksista on käynnistetty erillinen tarkastelu keväällä 2024. Toimialalla on hyvin pienet biogeeniset CO<sub>2</sub>-päästöt joten Teknologiateollisuuden rooli nähdään erityisesti ratkaisutoimittaja ja kädenjälkivaikutuksen kasvu. Siten skenaarioissa ei ole huomioitu CO<sub>2</sub>-talteenoton potentiaalia.

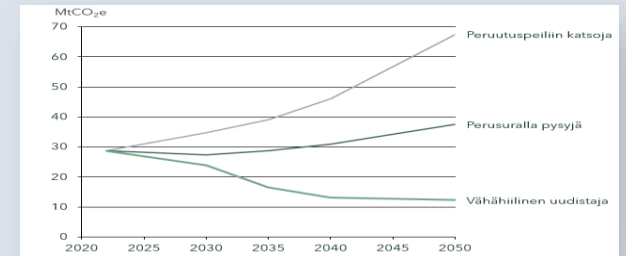
## Nykytilan päästölaskenta muodostaa pohjan skenaariolaskennalle



## Päästövähennyskkenaarioiden määrittäminen toimialan yritysten päästövähennystoimien pohjalta



## Skenaariolaskennan tuloksena saadaan päivitettyt päästövähennyspolut



# Tiekartassa määritettiin kolme skenaariota

Skenaariot

## 0. Peruutuspeiliin katsoja

- Peruutuspeiliin katsoja -skenaariossa oletetaan, että tuotannon sekä energiankulutuksen kasvu jatkuvat eikä yhteiskunnassa tai toimialalla tehdä päästövähennystoimenpiteitä. Peruutuspeiliin katsoja -skenaarion tarkoitus on toimia **referenssiurana** muille skenaarioille.
- Peruutuspeiliin katsoja -skenaario sisältää Teknologiateollisuuden toimialan kasvuennusteena käytettävän tuotannon volyymikehityksen, joka perustuu arvioon pitkän aikavälin kasvupotentiaalista. Lisäksi on otettu huomioon energiankulutuksen kasvun vaikutus soveltuvissa kohdissa.
- Peruutuspeiliin katsoja -skenaarion oletukset toimivat kahden muun skenaarion (1 & 2) lähtöoletuksina.

## 1. Perusuralla pysyjä

- Skenaario sisältää Peruutuspeiliin katsoja -skenaarion lähtöoletukset ja niiden vaikutukset päästöihin.
- Perusuralla pysyjä -skenaario ottaa huomioon **voimassa olevat tai päätetyt, mutta vielä käyttöön ottamattomat politiikkatoimet Suomessa sekä EU:ssa.**
- Odotetussa perusurassa mukana olevia keinoja<sup>1</sup> ovat muun muassa
  - EU:n päästökauppa ja sen laajennus (EU ETS 2)
  - Energiatehokkuusdirektiivi
  - Uusiutuvan energian RED II -direktiivi
  - Hiilirajamekanismi (CBAM)

## 2. Vähähiilinen uudistaja

- Skenaario sisältää Peruutuspeiliin katsoja -skenaarion lähtöoletukset ja niiden vaikutuksen päästöihin. Päästölähteestä riippuen (Scope 1,2,3) skenaariossa on käytetty erilaisia oletuksia.
- Scope 1 & 2:**
- Huomioidaan **teknologiateollisuuden yritysten tunnetut ja todennäköiset investoinnit**, jotka mahdollistavat merkittäviä päästövähennyksiä. Investointeja on tunnistettu etenkin yrityksistä, jotka ovat päästökaupan piirissä.
- Scope 3**
- Skenaario huomioi **yhteiskunnan kiihdytetyn vähähiilistymisen** eli päästöintensiteetin laskun myös muilla sektoreilla ja toimialoilla, koska teknologiateollisuuden näkökulmasta päästöt ovat epäsuoria, arvoketjun päästöjä.



Erillistarkasteluna digiratkaisuiden skenaario luvussa 4.3

# Skenaarioiden yhteiset taustaoletukset

(%/vuodessa)	Metallin jalostus ja kaivokset	Kone- ja metallituote-teollisuus	Elektroniikka- ja sähköteollisuus	Palvelut	Lähde
<b>Tuotantovolyymin kehitys</b>	0,5 %	1,5 %	1,5 %	5 %	Käytetty samaa oletusta tuotantovolyymin kehityksestä kuin aikaisemmassa Teknologiateollisuuden tiekartatyössä (2020) <sup>1</sup>
<b>Energiankulutuksen kasvu</b>	7,0 % (vuosina 2022-2035) 11,1 % (vuosina 2035-2045) <sup>3</sup>				Fingrid Sähköjärjestelmävisio 2023 <sup>2</sup>
<b>Energiatehokkuuden parantuminen</b>	0,2 %	0,5 %			Käytetty samaa oletusta energiatehokkuuden parantumisesta kuin aikaisemmassa Teknologiateollisuuden tiekartatyössä (2020) <sup>1</sup>

<sup>1</sup> 2022, [Teknologiateollisuuden vähähiilisyyssietkartta](#). Teknologiateollisuus.

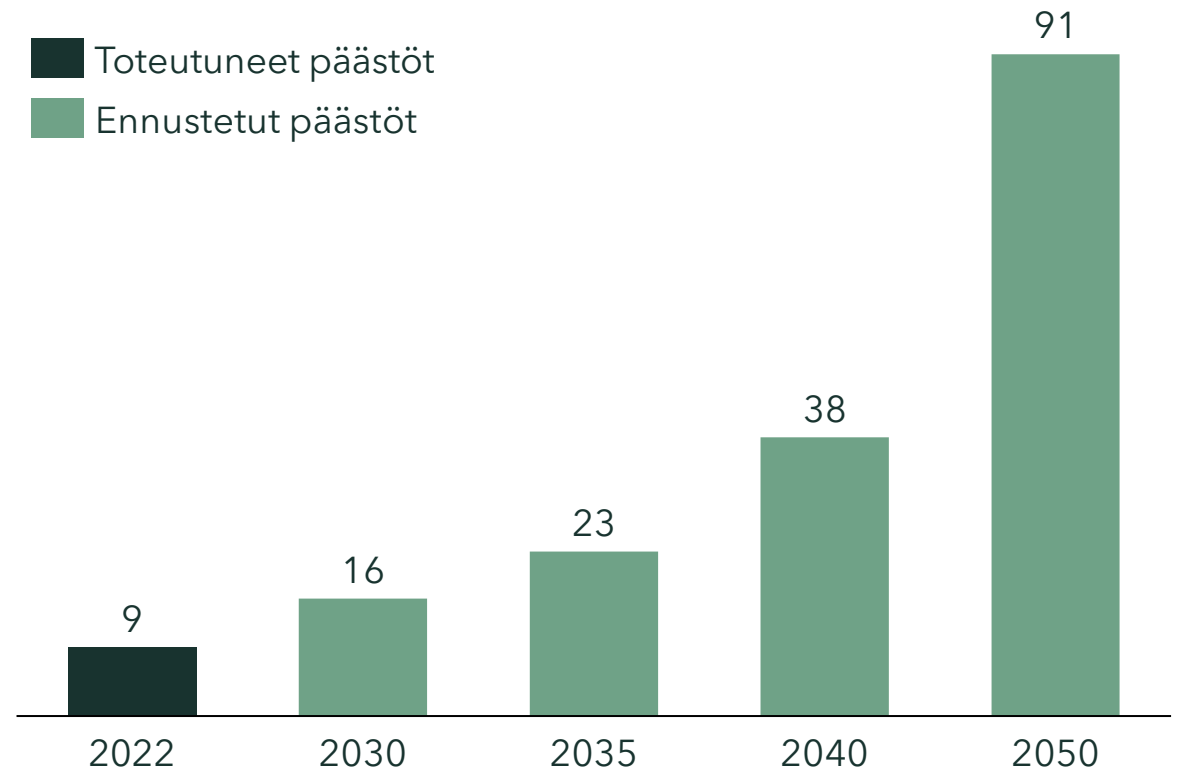
<sup>2</sup> 2023, [Sähköjärjestelmävisio 2023](#). Fingrid.

<sup>3</sup>Fingridin Sähköjärjestelmävisioon skenaariot ulottuvat vuodelle 2045. Teknologiateollisuuden tiekartan ulottuessa vuoteen 2050 asti tehtiin oletus 7,0% vuosittaisesta kasvusta vuosina 2045-2050

# Sähkönkulutus kasvaa tulevaisuudessa

- Tiekartan skenaariotarkastelussa jokaiseen tarkasteltavaan skenaarioon sisältyy sähkönkulutuksen kasvun ennuste.
- Vuonna 2022 Suomen sähkönkulutus oli noin 82 TWh.
- Teknologiateollisuuden päätoimialoilla\* eli metallin jalostuksessa, elektroniikka- ja sähkötuoteteollisuudessa sekä kone- ja metalliteollisuudessa sähkönkulutus vuonna 2022 oli noin 9,4 TWh<sup>2</sup>.
- Suomen sähkönkulutus kasvaa voimakkaasti mm. sähköistymisen ja vetytalouden myötä. Fingridin sähköjärjestelmävision mukaan kulutus kasvaa noin 7% vuodessa aina vuoteen 2035 asti, jonka jälkeen kulutus kiihtyy tasolle 11% vuodessa vuosisadan puoliväliin.<sup>1</sup>

Teknologiateollisuuden sähkönkulutuksen ennustettu kasvu<sup>1</sup>, TWh



<sup>1</sup>Fingrid Sähköjärjestelmävisio 2023. Sähkönkulutuksen kasvu skenaarioissa: Sähköä tuotteiksi, Tuulella vetyä, Merellä tuulee

<sup>2</sup>Sähkönkulutus vuonna 2022 [Teollisuuden energiankäyttö toimialoittain](#).

\*M1. päätoimialat: Metallin jalostus ja kaivokset TOL(2008): 5-9 & 24, Elektroniikka- ja sähköteollisuus TOL(2008): 26-27, Kone- ja metallituoteteollisuus TOL(2008): 25, 28-30,33

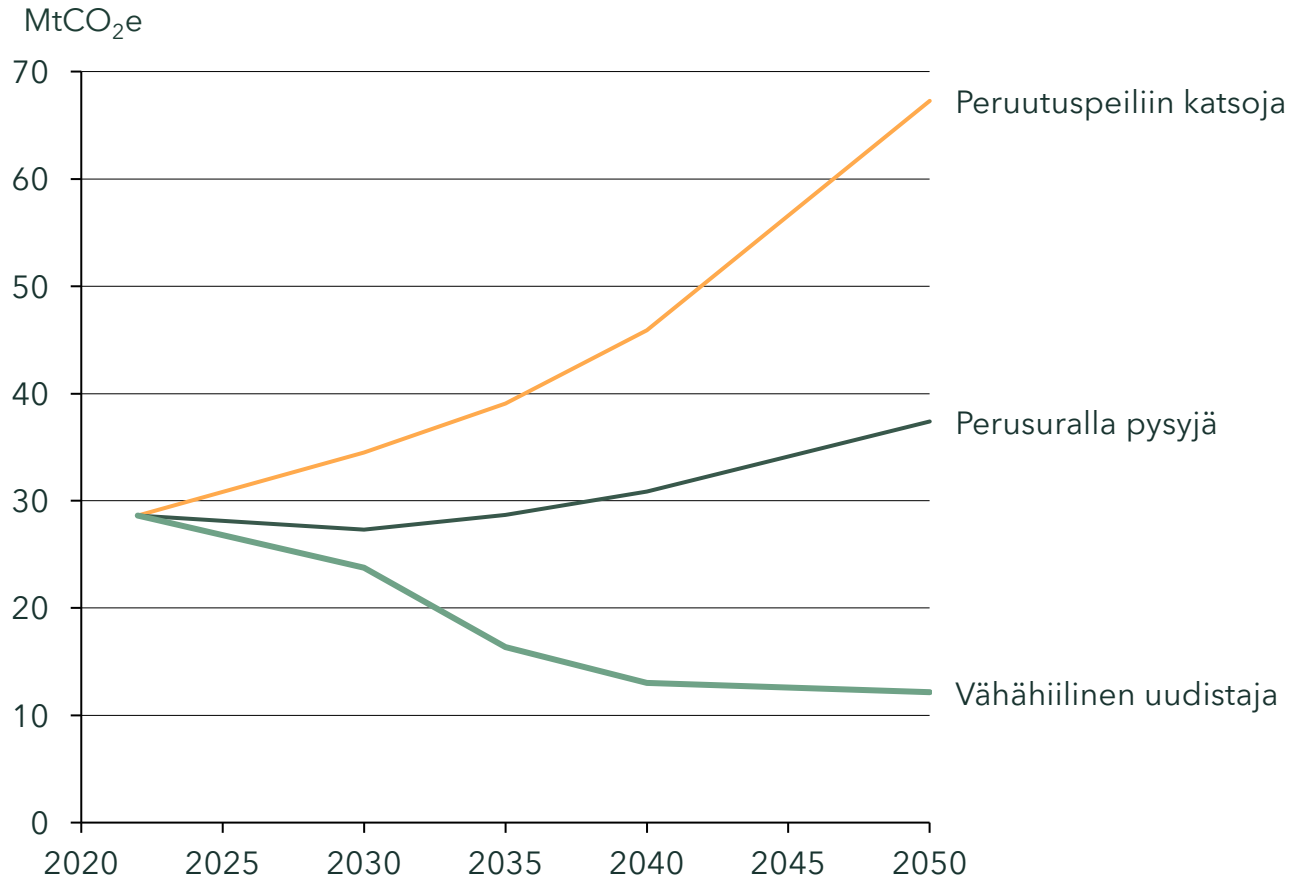


# Päästöskenaariot vuoteen 2050

## Skenaarioiden tulosten yhteenveto Scope 1-3

# Vähähiilinen uudistaja on onnistuja – arvoketjun päästöjen vähentäminen on kuitenkin yhteistyötä

## Scope 1-3 päästövähennyspolut



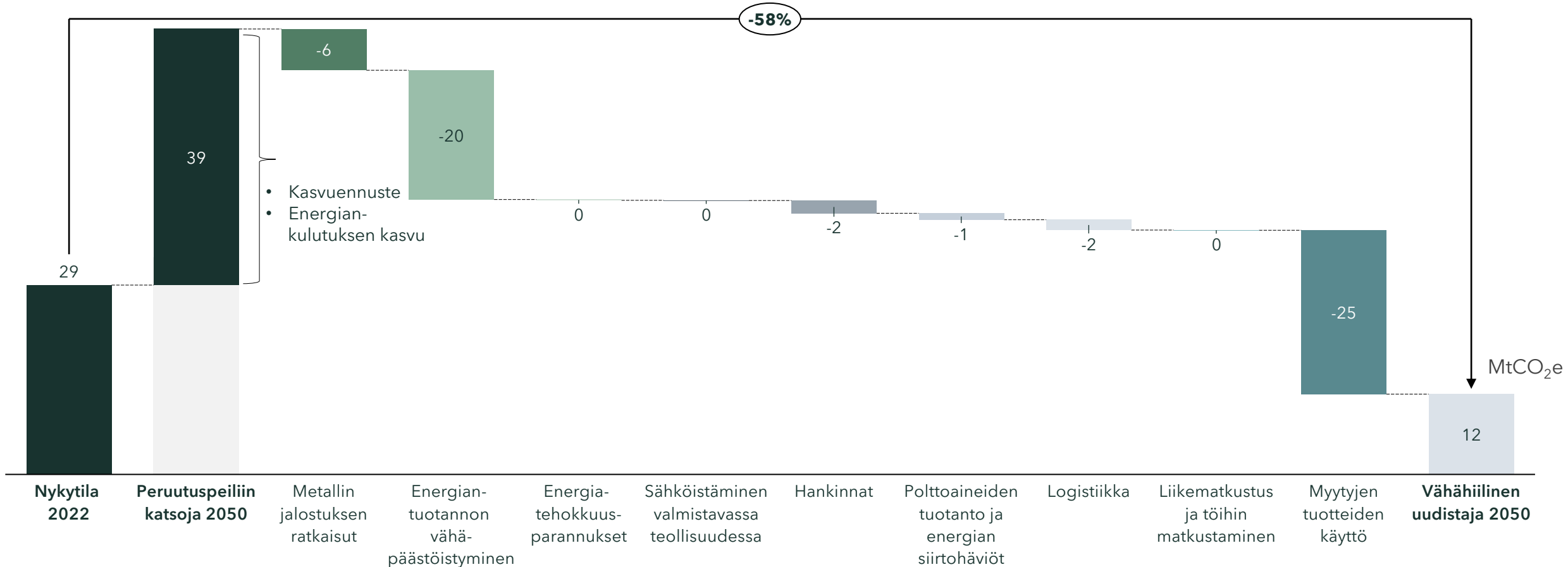
**Vähähiilinen uudistaja onnistuu investoinneilla vähentämään huomattavasti oman toiminnan suoria ja ostoenergian epäsuoria päästöjä (Scope 1&2).** Myös perusuralla pysyjällä kansallisen ja EU-sääntelyn vaikutuksesta Scope 1 ja 2 päästöt laskevat hieman.

Perusuralla pysyjällä arvoketjun epäsuorat päästöt (Scope 3) eivät kuitenkaan vähene tarpeeksi sääntelyn vaikutuksesta ja tuotannon oletettu volyymikasvu ylittää nykysääntelyllä saavutettavat päästövähennykset. Arvoketjun päästöt ovat globaaleja, ja teknologia-teollisuus on kansainvälinen, vientiin keskittynyt toimiala, jolloin **arvoketjun epäsuorat päästöt syntyvät eri puolilla maailmaa, ja kunkin maan- tai alueen oma sääntely vaikuttaa päästöjen mahdolliseen vähentymiseen** perusuralla pysyjän skenaariossa. Tiekartassa tarkasteltiin vain Suomen ja EU-tason politiikkatoimia, joilla tähdätään päästöjen vähentämiseen.

**Vain vähähiilinen uudistaja pystyy vähentämään myös oman arvoketjun epäsuoria päästöjä (Scope 3).** Jotta vähähiilinen uudistaja voi onnistua, myös muilla yhteiskunnan toimialoilla globaalisti pitää tapahtua päästöintensiteetin merkittävää laskua. Teknologiateollisuuden näkökulmasta Scope 3 -päästöt ovat epäsuoria arvoketjun päästöjä, joihin oman toiminnan vaikutus on rajallinen.

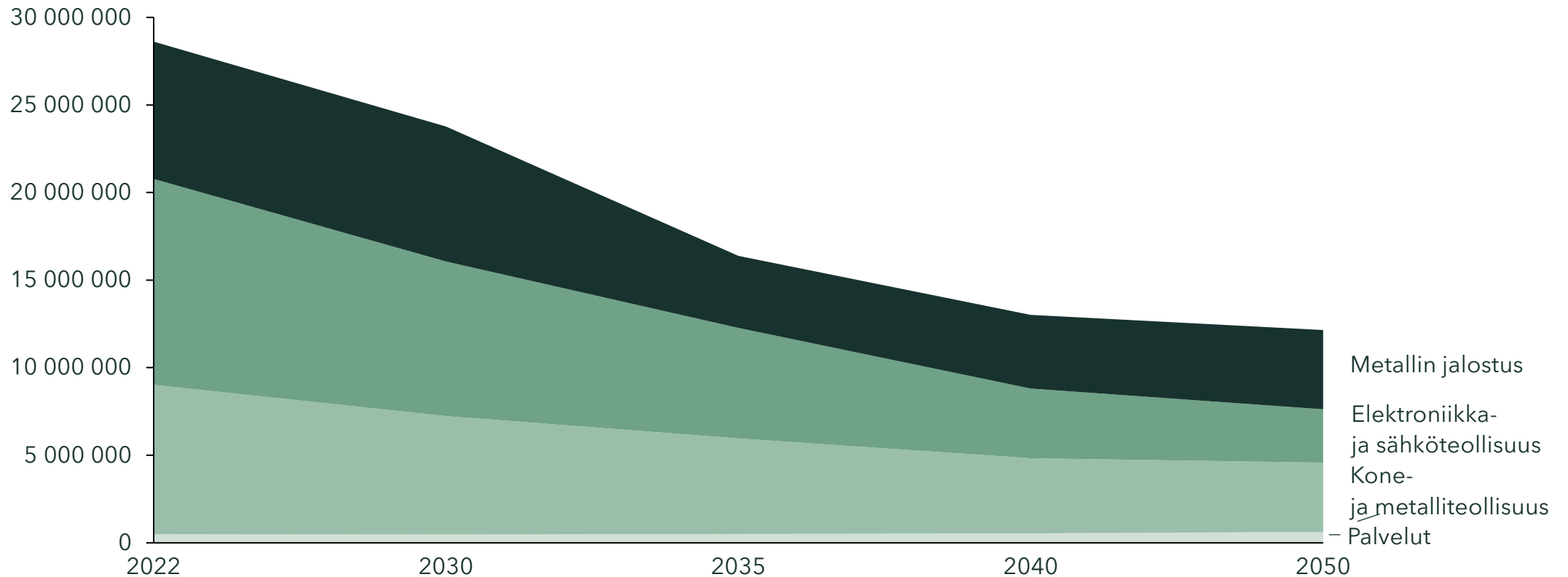
# Vähähiilinen uudistaja investoi ja panostaa aktiivisesti vähäpäästöisten ratkaisujen käyttöönottoon

Scope 1-3 päästövähennystoimet Vähähiilinen uudistaja -skenaariossa



# Päästövähennyspolut Vähähiilinen uudistaja -skenaariossa eri päätoimialoille

## Vähähiilinen uudistaja -skenaario Scope 1-3

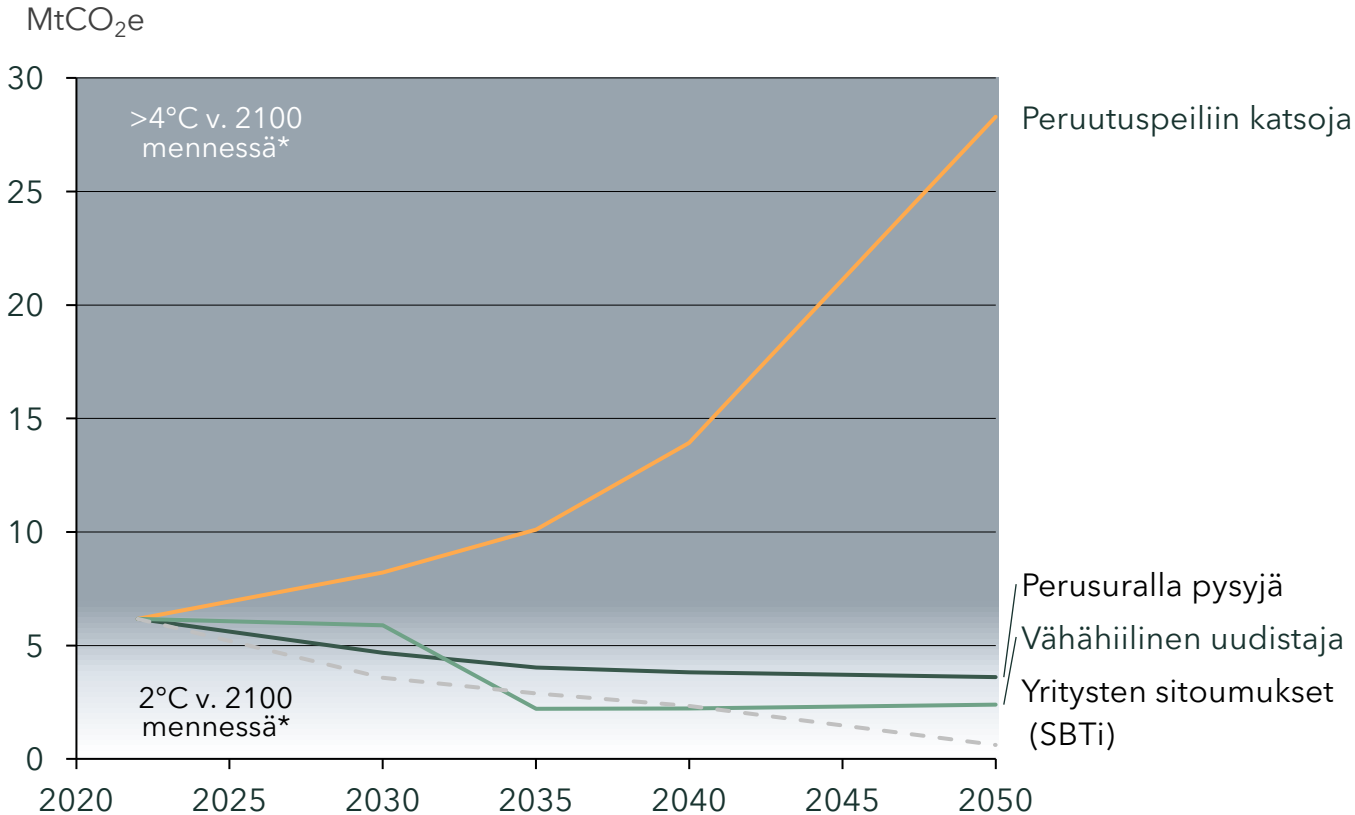


# Päästöskenaariot vuoteen 2050

## Skenaarioiden tulokset Scope 1-2

# Investoinneilla saadaan aikaan merkittäviä Scope 1 ja 2 päästövähennyksiä

## Scope 1-2 päästövähennyspolut



<sup>1</sup>EU ETS

<sup>2</sup>Jakeluvelvoite

<sup>3</sup>Energiatehokkuusdirektiivi

<sup>4</sup>SBTi = Science Based Targets initiative

\*Skenaarioon liittyvä keskilämpötilan nousun arvio vuoteen 2100 mennessä, mikäli globaalisti päästöt seuraisivat samaa trendiä. Perustuu kuudennessa arviointiraportissa ennustettuihin keskimääräisiin kasvihuonekaasupäästöjen vähennyksiin IPCC:n skenaarioissa (IPCC, 2023). Katso Liite 2.

### Peruutuspeiliin katsoja

Toimialan sekä energiankulutuksen kasvuennusteet.

### Perusuralla pysyjä

**Voimassa olevat tai päätetyt, mutta vielä käyttöön ottamattomat politiikkatoimet.** Suorien päästöjen osalta tällaisia ovat mm. EU:n päästökauppa<sup>1</sup>, jakeluvelvoite<sup>2</sup> ja energiatehokkuusdirektiivi<sup>3</sup>. Lisäksi skenaariossa on huomioitu ostoenergian epäsuorien päästöjen osalta Suomen energiantuotannon päästöintensiteetin kehitys.

### Vähähiilinen uudistaja

Teknologiatoiminnan **tunnetut ja todennäköiset investoinnit**, jotka mahdollistavat merkittäviä päästövähennyksiä Scope 1 päästöissä. Ostoenergian päästöjen osalta on huomioitu Suomen energiantuotannon kunnianhimoisin päästövähennyskkenaario. Lisäksi yhteisenä oletuksena on energiatehokkuuden maltillinen parantuminen.

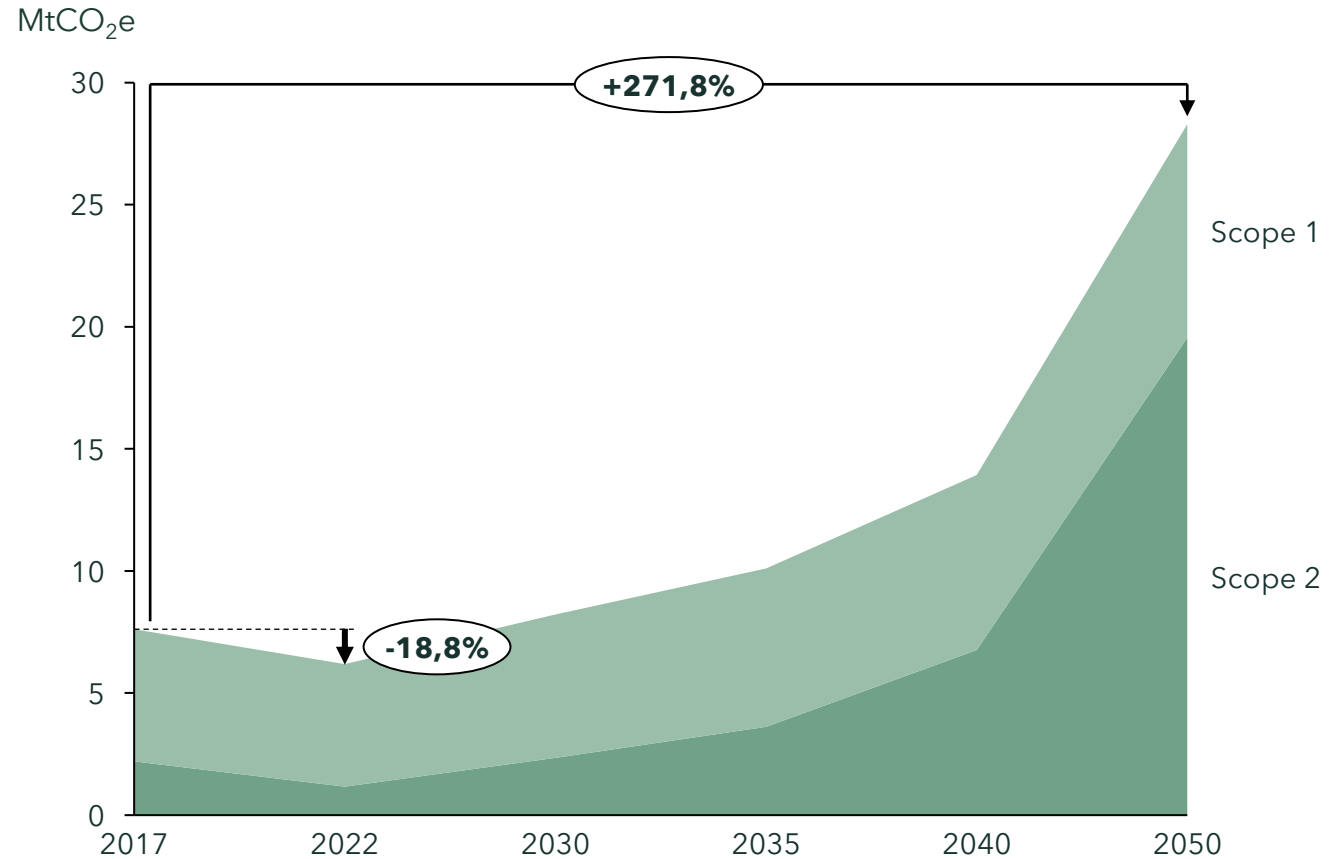
### Toimialan yritysten sitoumukset (SBTi<sup>4</sup>)

Kuvastaa tilannetta, jossa kaikki toimialan yritykset olisivat sitoutuneet SBTi-tavoitteisiin. **Sitoumukset seuraavat 1,5 asteen tavoitetta**, joka tarkoittaa 42% päästövähennystä 2030 mennessä ja 90% vähennystä vuoteen 2050.

# Peruutuspeiliin katsoja -skenaario toimii pohjana muille skenaarioille

- Skenaariotyössä mallinnettiin niin sanottu **referenssiura eli Peruutuspeiliin katsoja -skenaario, joka toimii pohjana muille skenaarioille.**
- Skenaario on **itsenäisenä skenaariona epärealistinen**, koska se ei sisällä politiikkatoimia tai oletuksia yhteiskunnan vähähiilistymisestä tai toimialan investointeja. Peruutuspeiliin katsoja -skenaarioon sisältyvät ainoastaan oletukset tuotannon volyymikasvusta sekä energiankulutuksen kasvusta.
- Skenaariossa toimialan päästöt odotetusti kasvaisivat ilman mitään päästövähennystoimia.

Peruutuspeiliin katsoja -skenaario Scope 1 ja 2



# Perusuralla pysyjä -skenaariossa päästöt laskevat sääntelyn vaikutuksesta

- Peruutuspeiliin katsoja -skenaarion taustaoletukset tuotannon volyymikasvusta ja energiankulutuksen kasvusta toimivat lähtöoletuksina odotetussa perusurassa.
- Perusuralla pysyjä -skenaariossa on **huomioitu voimassa olevat tai päätetyt politiikkatoimet** eli yhteiskunnan vähähiilistyminen nykyisen regulaation kautta.
- Skenaario ei ota huomioon, mikäli nyt tehtyjä päätöksiä muutetaan tulevaisuudessa (höllennetään tai kiristetään). Lisäksi skenaariossa oletetaan, että toimenpiteet jatkuvat vuoteen 2050 saakka.

## Merkittävimmät päästövähennyskeinot

- EU:n päästökauppa, joka koskee sen piirissä olevia yrityksiä<sup>1</sup>.
- Vähäpäästöinen energia. Suomessa energiantuotanto on jatkanut vähäpäästöistymistään ja tuotantoinvestointeja on jatkettu, mutta sähkön riittävyys on ajoittain epävarmaa<sup>2</sup>.
- Biopolttoöljyn ja uusiutuvien polttoaineiden jakeluvelvoite<sup>3</sup>.
- Energiatohokkuusdirektiivi (EED)<sup>4</sup>.

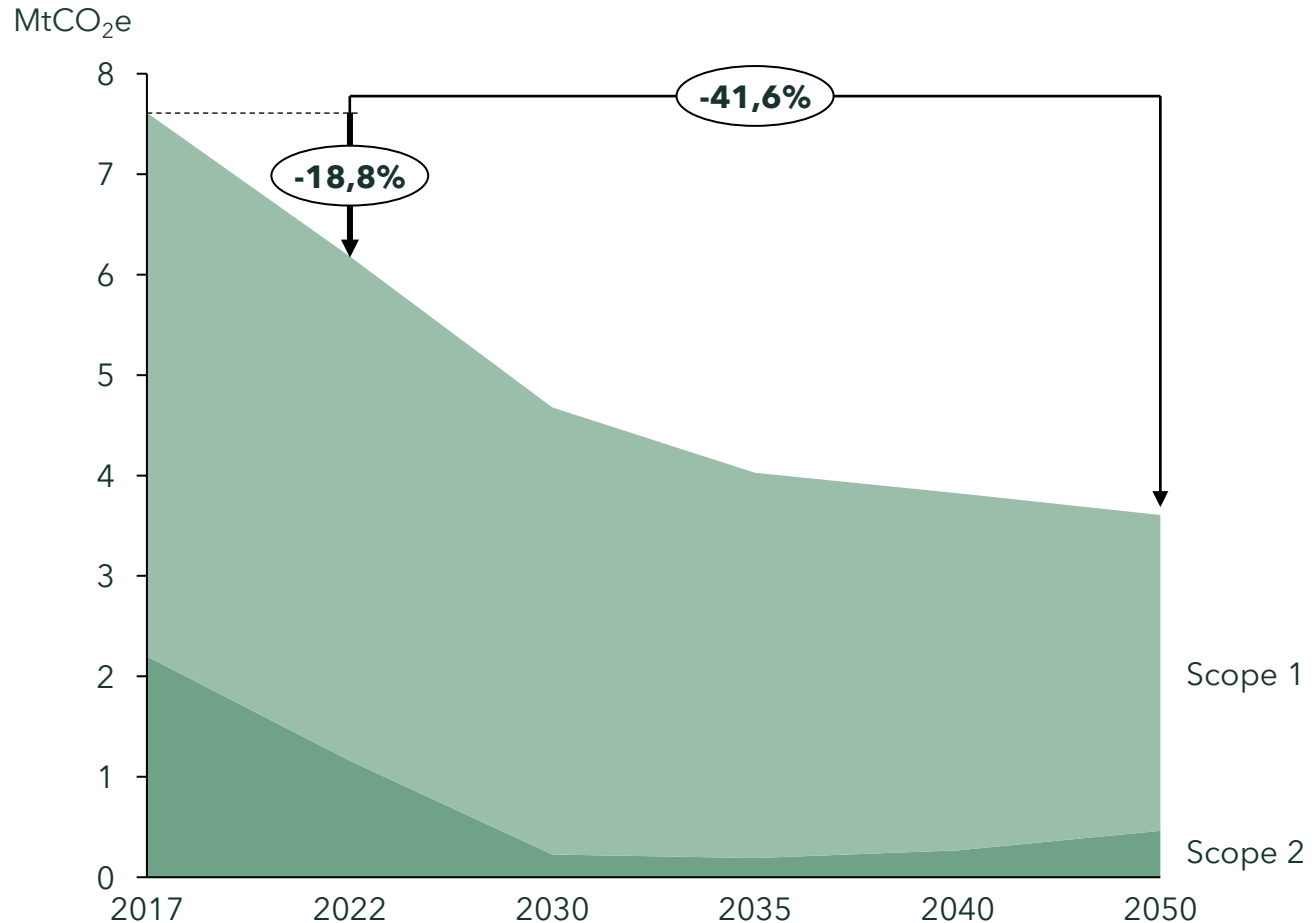
<sup>1</sup>EU ETS

<sup>2</sup>Energiatohokkuus. 2024. Sisukas suorittaja vai energiamurroksen Euroopan mestari? [Suorittajaskenaario](#).

<sup>3</sup>Jakeluvelvoite

<sup>4</sup>Energiatohokkuusdirektiivi

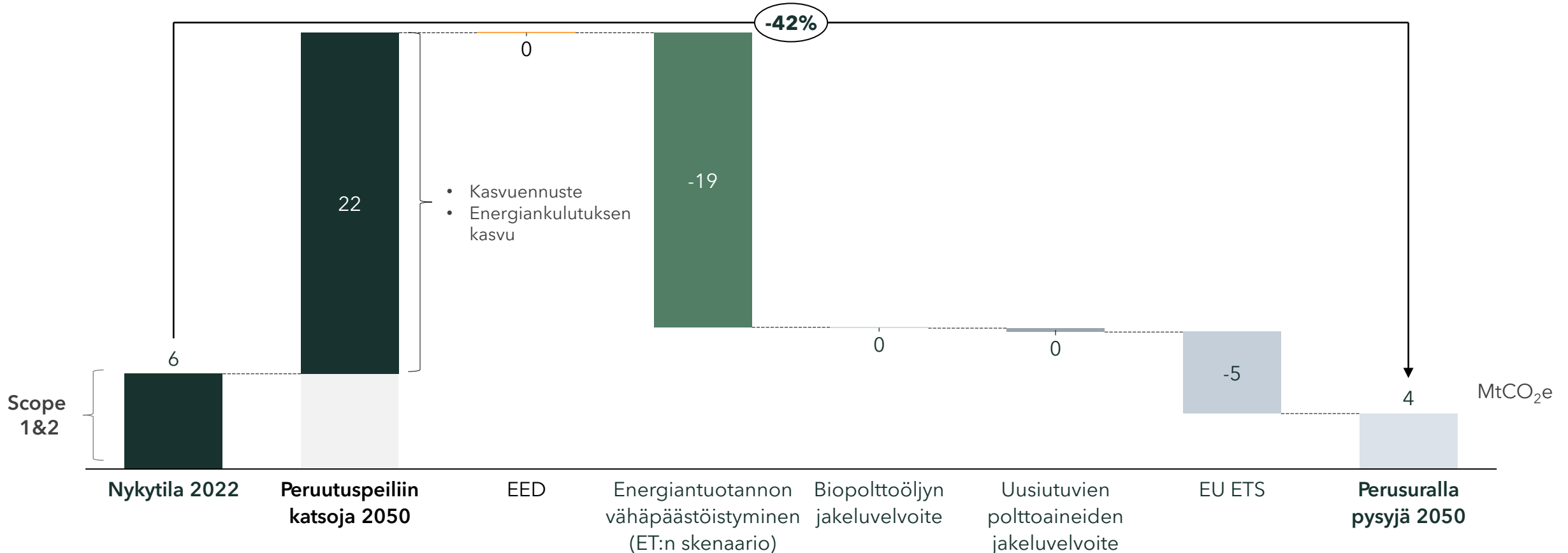
## Perusuralla pysyjä -skenaario Scope 1 ja 2





# Perusuralla pysyjä -skenaariossa sääntely puree päästöihin

Scope 1 ja 2 päästövähennystoimet Perusuralla pysyjä -skenaariossa



EED = [Energiatehokkuusdirektiivi](#)  
 Energiateollisuus. 2024. Sisukas suorittaja vai energiamurroksen Euroopan mestari? [Suorittajaskenaario](#).  
[Jakelunelvoite](#)  
[EU ETS](#)

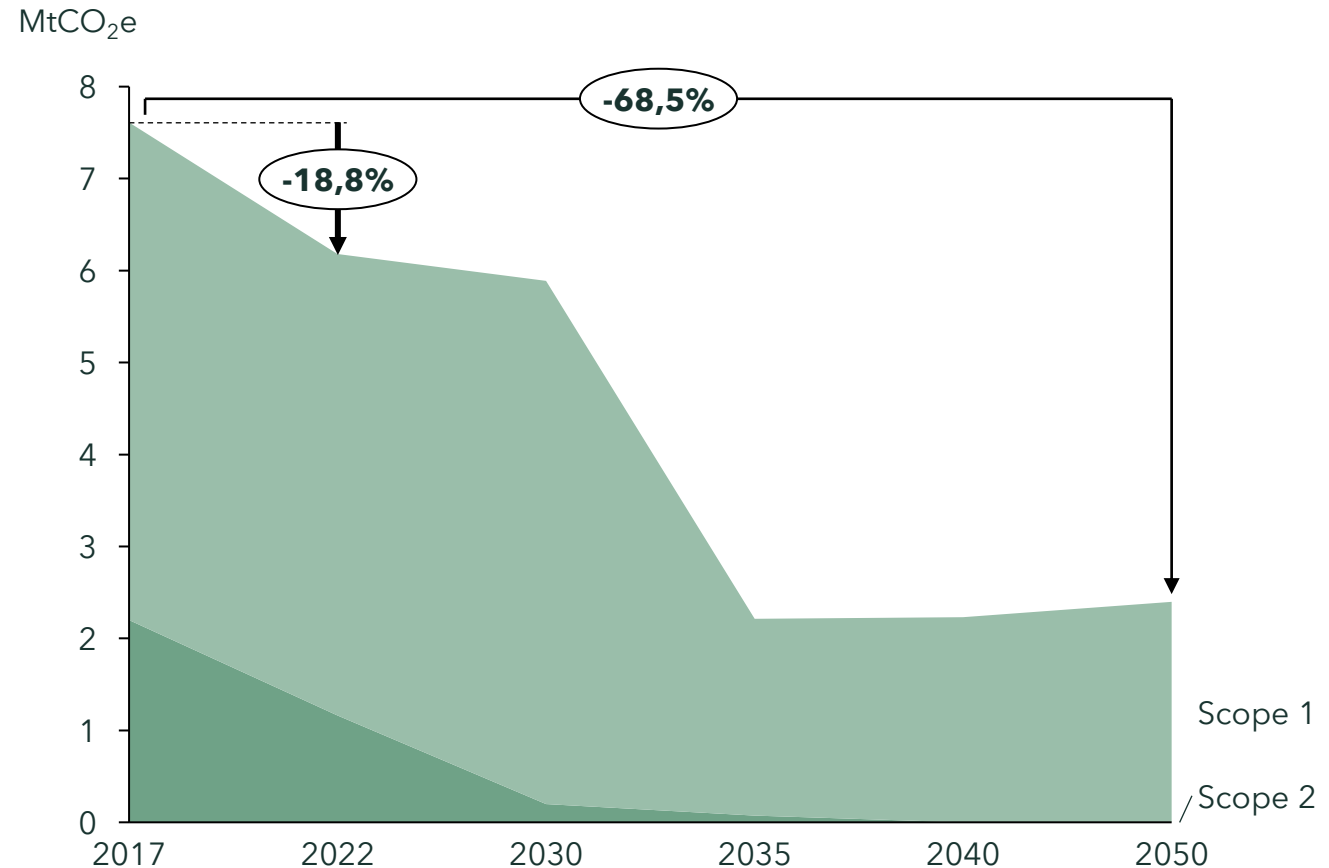
# Vähähiilinen uudistaja -skenaariossa suunnitellut investoinnit toteutuvat ja päästöt laskevat merkittävästi

- Skenaarion taustaoletuksena toimivat teknologiateollisuuden tunnetut ja todennäköiset **investoinnit erityisesti päästökaupan piirissä olevilta yrityksiltä, jotka mahdollistavat merkittäviä päästövähennyksiä** Scope 1 päästöissä.
- **Ostoenergian päästöjen osalta on huomioitu Suomen energiantuotannon kunnianhimoisin päästövähennyskenaario<sup>1</sup>.**
- Lisäksi yhteisenä taustaoletuksena on käytetty energiatehokkuuden maltillista parantumista toimialalla edellisen tiekartan mukaisesti (0,5%/vuosi)<sup>2</sup>.

## Merkittävimmät päästövähennyskeinot

- Yritysten investointeja on kartoitettu EK:n dataikkunasta<sup>3</sup>. Esimerkiksi metallin jalostuksessa siirrytään raudan pelkistykseen hiilen sijaan vedyllä. Sähköistyminen niin metallin jalostuksessa kuin valmistavassa teollisuudessa.
- Energiatehokkuusparannukset koko toimialalla.
- Päästötön energia. Sähköistämisen myötä kasvaneeseen sähkön tarpeeseen saadaan teollisuudessa tarvittava määrä päästötöntä energiaa tuuli-, aurinko- ja ydinvoiman tuotannon kasvun myötä.<sup>1</sup>

## Vähähiilinen uudistaja -skenaario Scope 1 ja 2



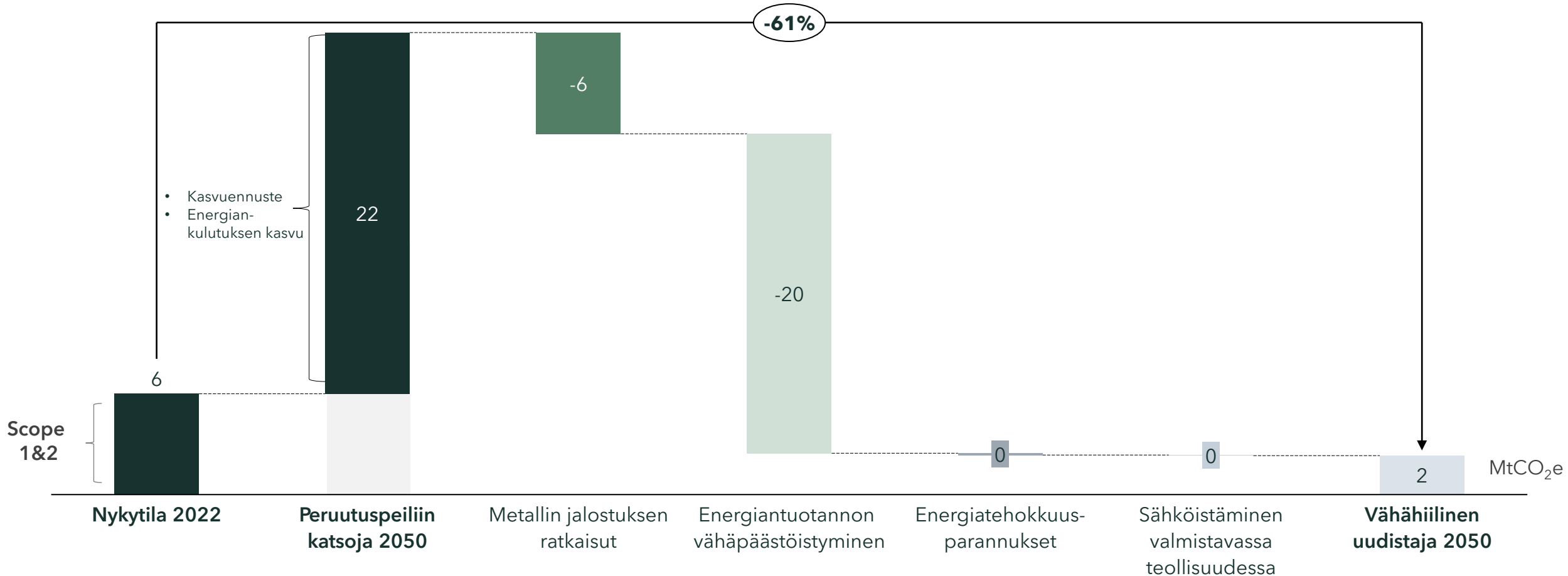
<sup>1</sup>Energiateollisuus. 2024. Sisukas suorittaja vai energiamurroksen Euroopan mestari? [Mestariskenaario](#).

<sup>2</sup>Teknologiateollisuuden vähähiilitiekartta raportti - [VAIHE 2](#)

<sup>3</sup>Elinkeinoelämän keskusliitto. [Dataikkuna: Suomen vihreät investoinnit](#).

# Vähähiilinen uudistaja vähentää päästöjä investoinneilla ja puhtaalla energialla

## Scope 1 ja 2 päästövähennystoimet Vähähiilinen uudistaja -skenaariossa

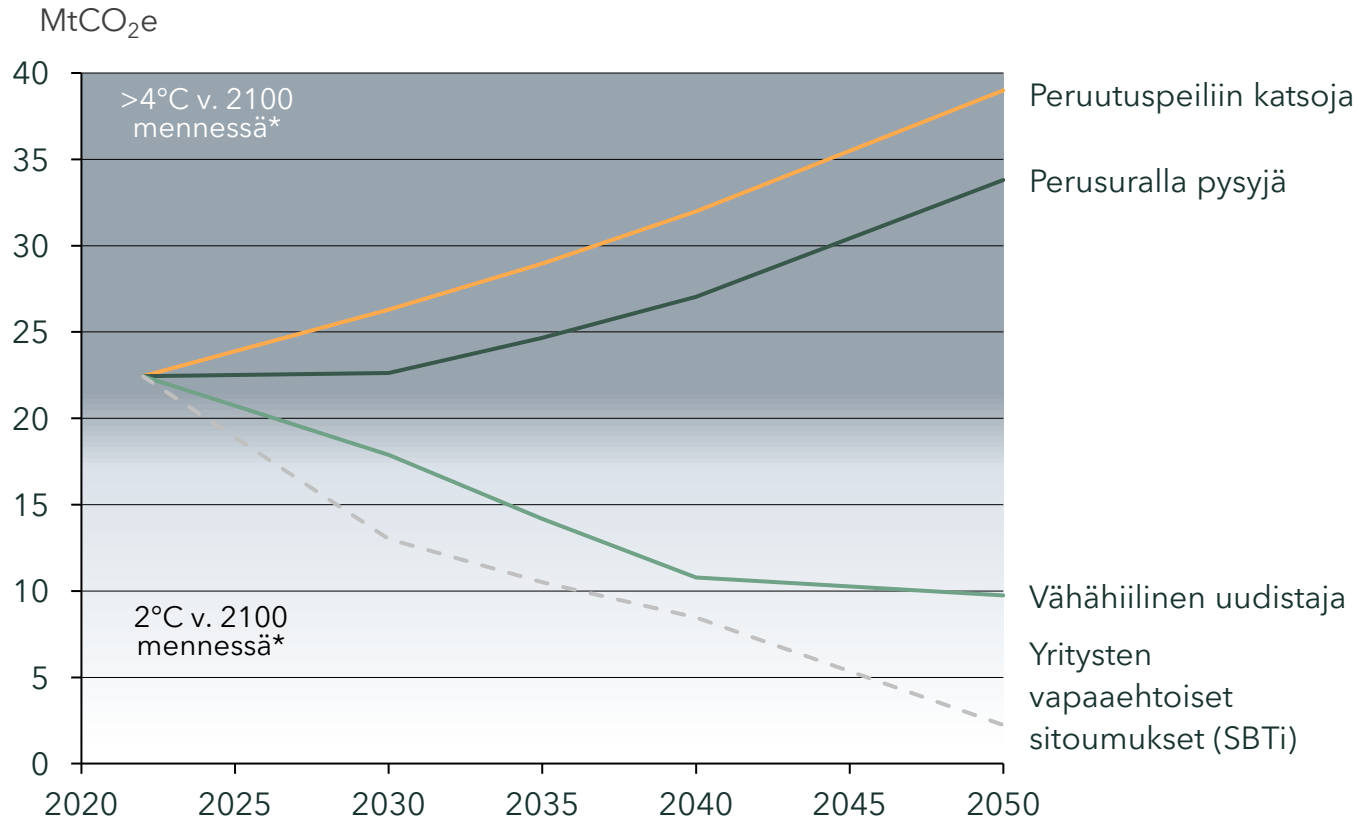


# Päästöskenaariot vuoteen 2050

## Skenaarioiden tulokset Scope 3

# Arvoketjun epäsuorien Scope 3 päästöjen vähentäminen on yhteistyötä, jossa globaaleita panostuksia tarvitaan

## Scope 3 päästövähennyspolut



### Peruutuspeiliin katsoja

Toimialan volyymikasvun ennusteet.

### Perusuralla pysyjä

**Voimassa olevat tai päätetyt, mutta vielä käyttöön ottamattomat politiikkatoimet.** Tällaisia ovat muun muassa EU:n päästökauppa<sup>1</sup>, EU:n hiilirajamekanismi (CBAM)<sup>2</sup> ja energiatehokkuusdirektiivi (EED)<sup>3</sup>.

### Vähähiilinen uudistaja

Yhteiskunnan kiihdytetty vähähiilistyminen. **Globaali päästöintensiteetin lasku** myös muilla sektoreilla ja toimialoilla. Erityisesti materiaalien, globaalin energian tuotannon sekä tie- ja merikuljetusten vähäpäästöistyminen.

### Toimialan yritysten sitoumukset (SBTi<sup>4</sup>)

Kuvastaa tilannetta, jossa kaikki yritykset olisivat sitoutuneet SBTi-tavoitteisiin. **Sitoumukset seuraavat 1,5 asteen tavoitetta**, joka tarkoittaa 42% päästövähennystä 2030 mennessä ja 90% vähennystä vuoteen 2050.

<sup>1</sup>EU ETS

<sup>2</sup>Hiilirajamekanismi

<sup>3</sup>Energiatehokkuusdirektiivi

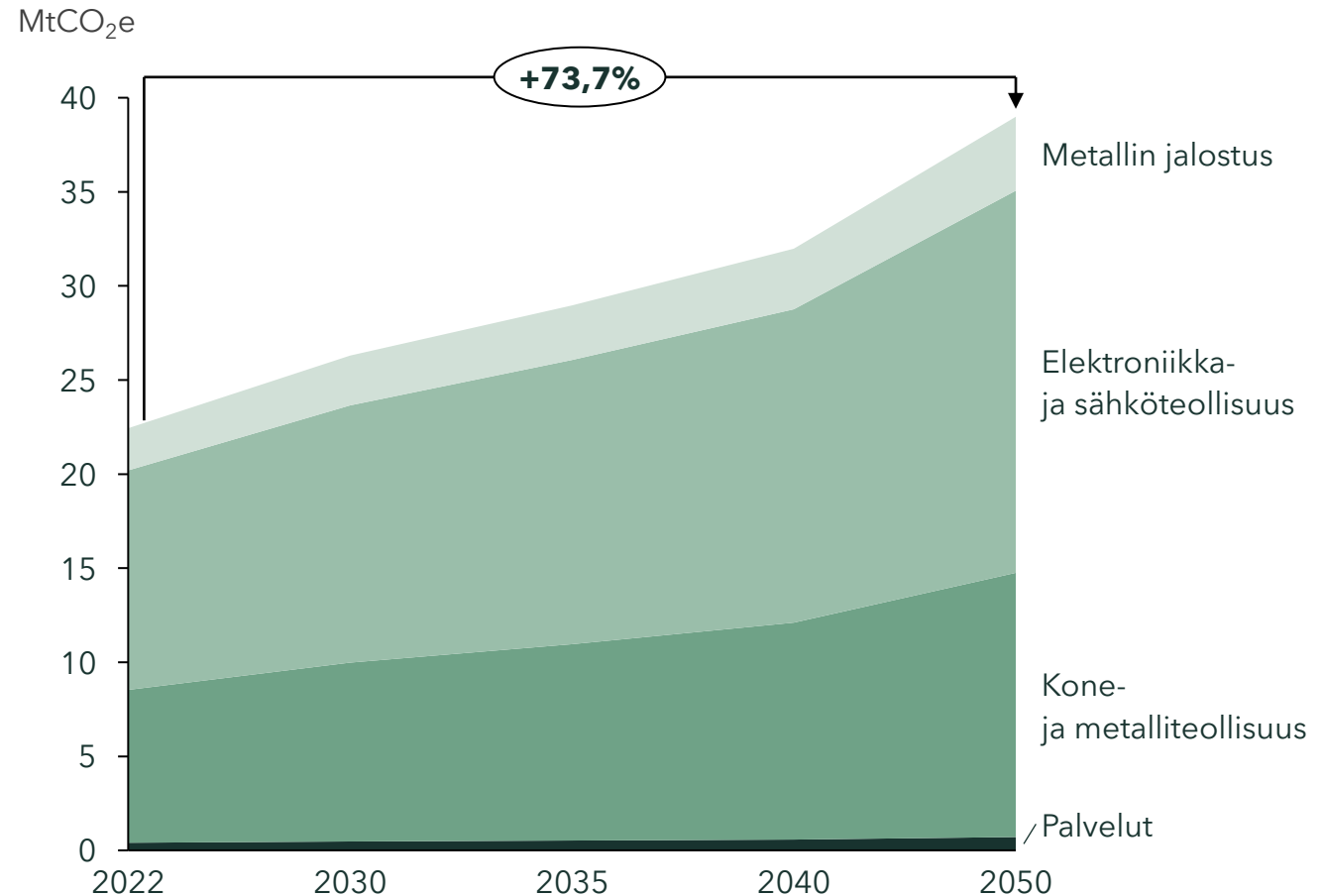
<sup>4</sup>SBTi = Science Based Targets initiative

\*Skenaarioon liittyvä keskilämpötilan nousun arvio vuoteen 2100 mennessä, mikäli globaalisti päästöt seurasivat samaa trendiä. Perustuu kuudennessa arviointiraportissa ennustettuihin keskimääräisiin kasviuonekaasupäästöjen vähennyksiin IPCC:n skenaarioissa (IPCC, 2023). Katso Liite 2.

# Peruutuspeiliin katsoja -skenaariossa arvoketjun päästöt kasvavat

- Kuten Scope 1 ja 2 päästöille, myös Scope 3 arvoketjun epäsuorien päästöjen skenaariot pohjautuvat **referenssiuraan eli Peruutuspeiliin katsoja -skenaarioon.**
- Skenaarioon sisältyvät ainoastaan oletukset tuotannon volyymikasvusta Teknologiateollisuudessa. Se ei sisällä politiikkatoimia, oletuksia yhteiskunnan vähähiilistymisestä tai toimialan investointeja eli nykyisiä ponnistuksia edistää vähähiilistymistä yhteiskunnassa. Tämän takia se toimii ainoastaan pohjana muille skenaarioille eikä se sovellu tulevan päästökehityksen arviointiin itsenäisesti ilman.
- Skenaariossa toimialan päästöt odotetusti kasvaisivat ilman mitään päästövähennystoimia.

Peruutuspeiliin katsoja -skenaario Scope 3



# Perusuralla pysyjä -skenaariossa politiikkatoimet eivät hillitse päästöjen kasvua

- Peruutuspeiliin katsoja -skenaarion taustaoletus tuotannon volyymikasvusta toimii lähtöoletuksena Perusuralla pysyjä -skenaariossa.
- Perusuralla pysyjä -skenaariossa on **huomioitu voimassa olevat tai päätetyt politiikkatoimet** eli yhteiskunnan vähähiilistyminen nykyisen regulaation kautta.
- Skenaario ei ota huomioon, mikäli nyt tehtyjä päätöksiä muutetaan tulevaisuudessa (höllennetään tai kiristetään). Lisäksi skenaariossa oletetaan, että toimenpiteet jatkuvat vuoteen 2050 saakka.
- Politiikkatoimet eivät riitä hillitsemään päästöjen kasvua skenaariossa ja päästöt kasvavat tuotantovolyymin kasvun mukaisesti.

## Merkittävimmät päästövähennyskeinot

- EU:n päästökauppa<sup>1</sup>.
- Hiilirajamekanismi (CBAM), jonka seurauksena tietyille tavaroille (mm. rauta ja teräs ) asetetaan saman suuruinen maksu kuin EU:ssa valmistettuihin vastaaviin tuotteisiin EU:n päästökaupan seurauksena<sup>2</sup>.
- Vähäpäästöinen energia<sup>3</sup>, joka heijastuu myös polttoaineiden ja energiantuotannon alkutuotannon päästöihin (Scope 3, Kat. 3 päästöt).
- Energiatohokkuusdirektiivi (EED)<sup>4</sup>.

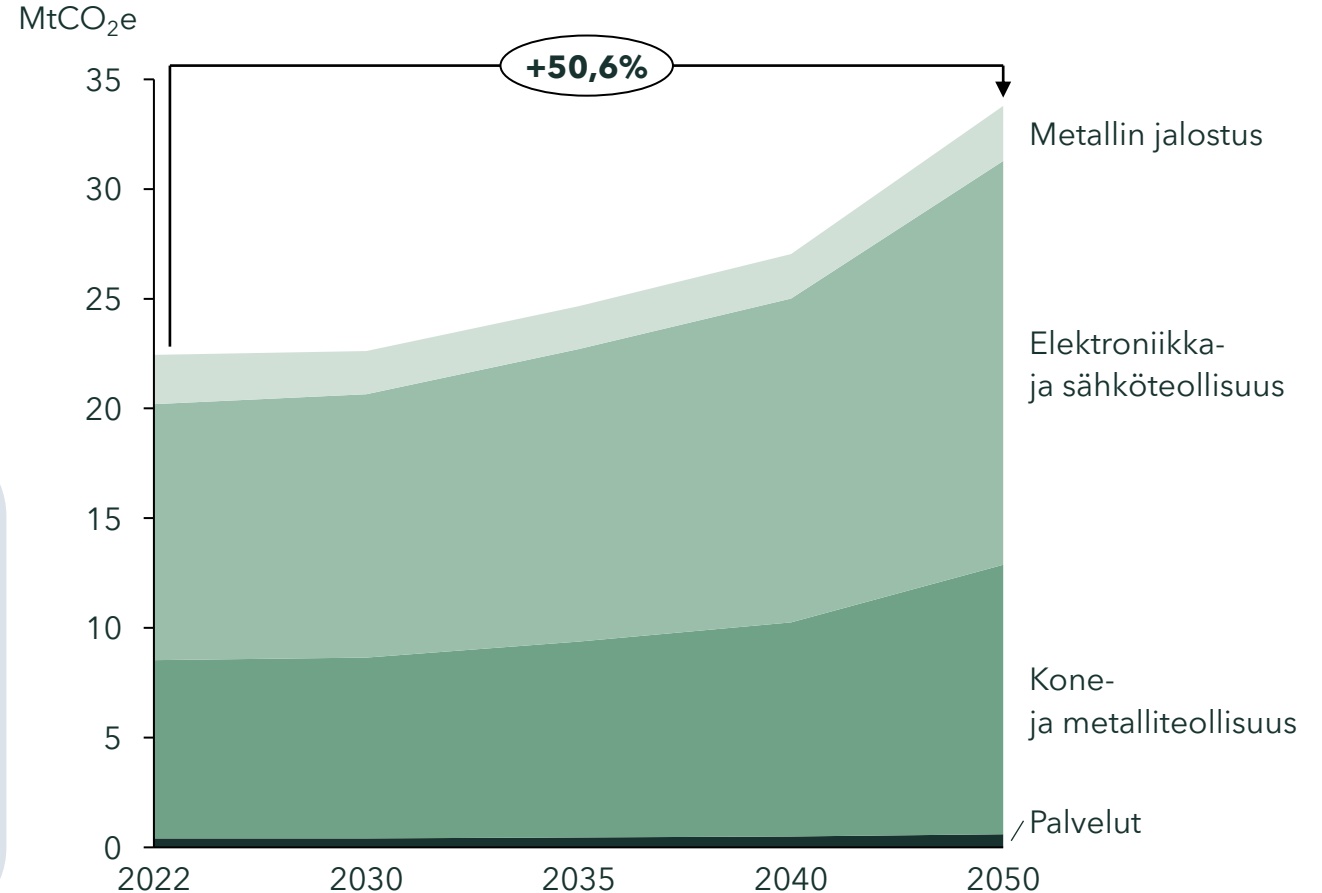
<sup>1</sup>EU ETS

<sup>2</sup>Hiilirajamekanismi

<sup>3</sup>Energiatohokkuus. 2024. Sisukas suorittaja vai energiamurroksen Euroopan mestari? [Suorittajaskenaario](#).

<sup>4</sup>Energiatohokkuusdirektiivi

## Perusuralla pysyjä -skenaario Scope 3



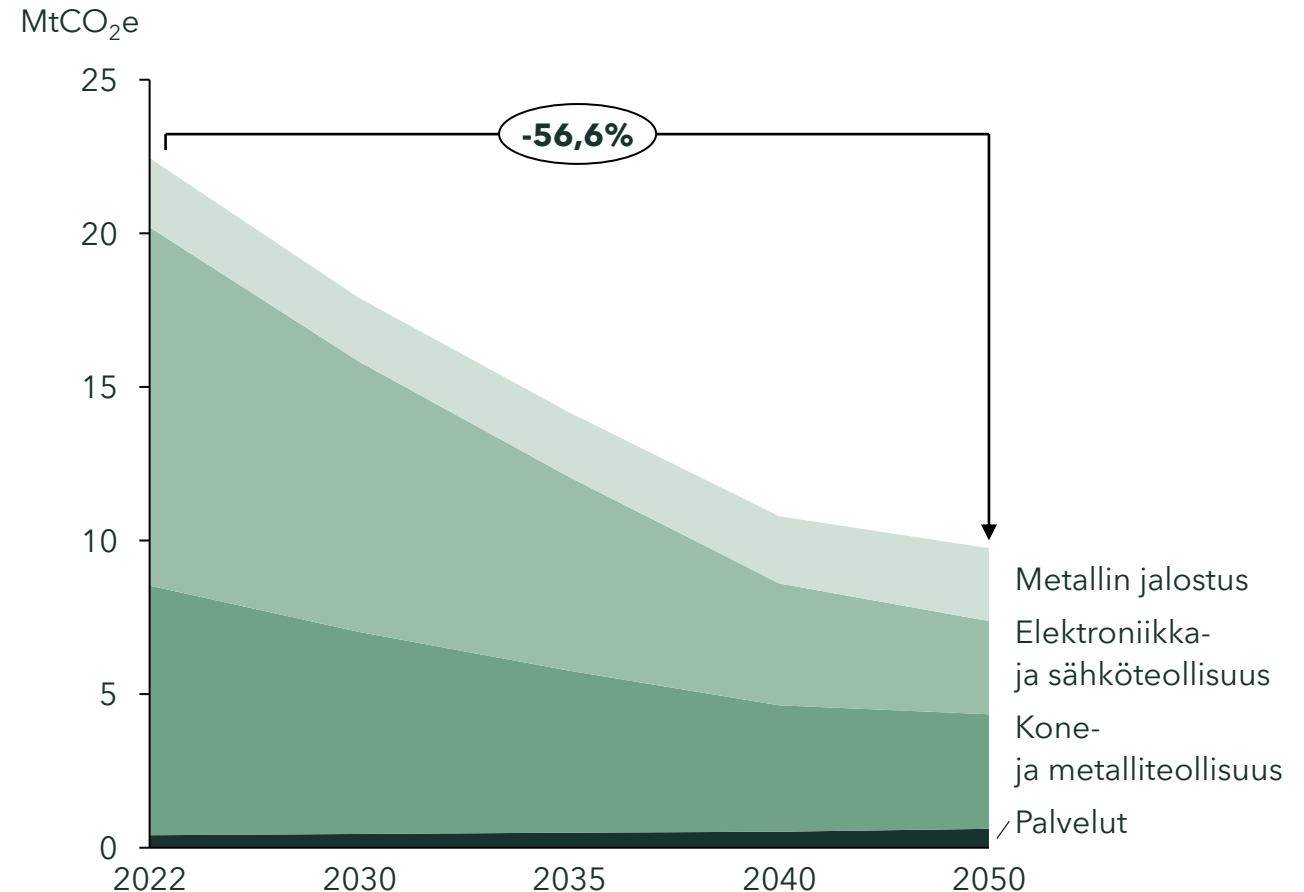
# Vähähiilinen uudistaja -skenaarion toteutuminen vaatii aktiivista panosta teknologiateollisuuden yrityksiltä

- Vähähiilinen uudistaja -skenaariossa oletetaan, että yhteiskunnan vähähiilistyminen kiihtyy ja **globaalisti päästöintensiteetti laskee** myös muilla sektoreilla ja toimialoilla.
- **Teknologiateollisuuden yritysten tulee aktiivisesti panostaa vähähiilisten ratkaisujen käyttöönottoon skenaarion toteutumiseksi.**
- Toimialan arvoketjun epäsuoriin Scope 3 -päästöihin vaikuttaa erityisesti materiaalien, globaalin energian tuotannon sekä tie- ja merikuljetusten vähähiilistyminen

## Merkittävimmät päästövähennyskeinot

- Globaali materiaalien vähäpäästöistyminen erityisesti metallien osalta (vaikutus hankintojen päästöihin).
- Muiden toimialojen ja sektoreiden globaali vähäpäästöistyminen erityisesti:
  - Globaalissa energian tuotannossa (vaikutus myytyjen tuotteiden käytön aikaisiin päästöihin)
  - Tie- ja merikuljetuksissa (vaikutus logistiikan päästöihin)

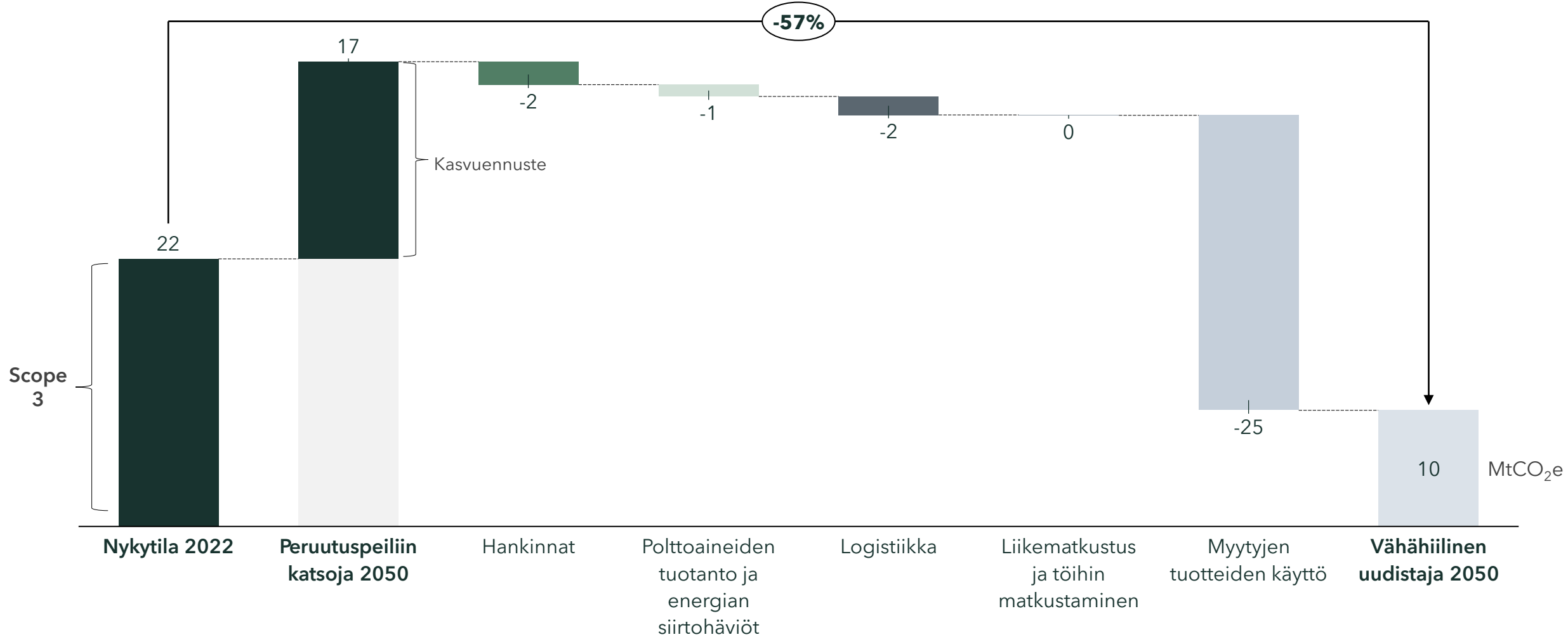
Vähähiilinen uudistaja -skenario Scope 3





# Vähähiilinen uudistaja onnistuu yhteistyössä arvoketjunsa kanssa

## Scope 3 päästövähennystoimet Vähähiilinen uudistaja -skenaariossa



# Toteutuessaan investoinneilla on merkittävä vaikutus päästöihin – toimintaympäristön muutokset asettavat haasteita

## Historiallinen kehitys v. 2017-2022

Edellisessä hiilitiekartassa Scope 1-2 päästöt olivat 7,6 MtCO<sub>2</sub>e (2017). Päästöt ovat vähentyneet tasolle 6,2 MtCO<sub>2</sub>e eli päästövähennystä on tapahtunut -19%.

## Skenaariolaskennan tulos

Hiilitiekarttatarkastelu paljastaa, että skenaariossa Vähähiilinen uudistaja päästöt ovat tasolla 2,4 MtCO<sub>2</sub>e vuonna 2050 vuoden 2022 lähtötasoon verrattuna (-69% päästövähennys v. 2017 verrattuna). Vähähiilinen uudistaja -skenaarion mukainen päästökehitys edellyttää olennaisesti myös sitä, että Suomen energiantuotanto vähähiilistyy skenaariossa oletetulla tahdilla<sup>1</sup>. Mikäli nyt suunnitellut teknologiateollisuuden investoinnit toteutuvat, toimiala on suuntaamassa kohti oman toiminnan suorien ja epäsuorien (Scope 1 & 2) päästöjen merkittävää vähentymistä tulevaisuudessa ja erityisesti vuotta 2040 kohti mentäessä.

## Vertailu aiemman tiekartan tuloksiin

Aiemmassa tiekartassa Scope 1 ja 2 päästöjen kehitys eri skenaarioissa:

- Nopeutettu teknologinen kehitys -skenaariossa 1 MtCO<sub>2</sub>e vuonna 2050
- Pakotettu päästövähennys -skenaariossa tasolle 0,7 MtCO<sub>2</sub>e vuonna 2050

Aiemmassa tiekartassa oletettiin teknologisen kehityksen tapahtuvan ennakoitua nopeammalla aikataululla, ja oletettiin toimintaympäristö erittäin suotuisaksi. Päivitetyssä tiekartassa on luotu tästä poiketen realistisempia skenaarioita, sisältäen nykyisen sääntely-ympäristön sekä tiedossa olevat investoinnit.

- Historiallinen kehitys paljastaa että toteutuessaan investoinnit vaikuttavat merkittävästi päästöihin.
- Ilmastotieteen mukainen 1,5 asteen päästötaso olisi noin 0,6 MtCO<sub>2</sub>e vuonna 2050. Yritysten tulisi tunnistaa toimenpiteitä ja investoida vielä 1,8 MtCO<sub>2</sub>e-päästövähennysten verran ilmastotieteen mukaisen polun saavuttamiseksi.
- Toimintaympäristön muutokset ovat vaikuttaneet yritysten investointihalukkuuteen, ja siksi skenaarioista on luotu aiempaa tiekarttaa varovaisempia.

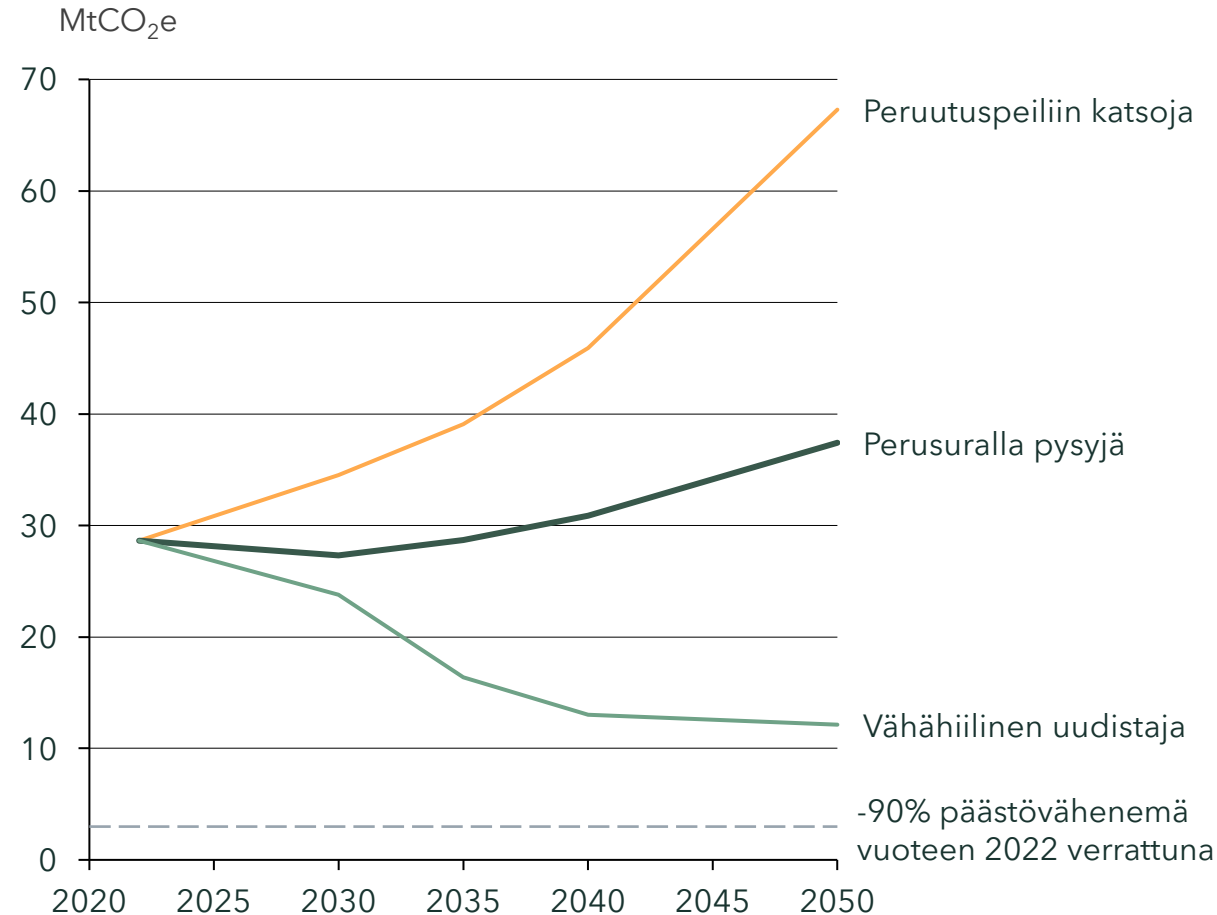
<sup>1</sup>Energiateollisuus. 2024. Sisukas suorittaja vai energiamurroksen Euroopan mestari? [Mestariskenaario](#).

# Arvoketjun päästövähennykset vaativat toimia sekä teknologiateollisuudelta että muilta toimijoilta globaalisti

## Arvoketjun päästövähennyspolut teknologiateollisuudelle

- Scope 3 eli arvoketjun epäsuorien päästöjen laskenta ja päästövähennyspolut ovat Scope 1 ja 2 päästöjä merkittävästi epävarmempia.
- Scope 3 päästöihin laajennettu vähähiilisyystiekartan tarkastelu paljastaa, että Vähähiilinen uudistaja -skenaariossa saavutetaan 57% päästövähennys vuoteen 2050 mennessä vuoden 2022 lähtötasoon verrattuna. Vain politiikkatoimilla saavutettavat päästövähennykset Perusuralla pysyjä -skenaariossa eivät riitä hillitsemään päästöjen kasvua tuotannon kasvaessa.
- Ilmastotieteen mukaisen 1,5 asteen polkuun nähden matkaa olisi vielä 7,5 MtCO<sub>2</sub>e-päästövähennyksen verran vuonna 2050.
- **Arvoketjun päästövähennykset ovat yhteistyötä.** Ilman myös **muiden toimialojen ja sektorien nopeaa vähähiilistymistä globaalisti**, arvoketjun epäsuorien päästöjen vähennyksiä on hankala saavuttaa.
- **Globaaliin vähähiilistymisen kehitykseen** teknologiateollisuus voi puolestaan vaikuttaa myös sen erityspiirteiden ansiosta eli kyvystä vähentää asiakkaiden päästöjä. Teknologiateollisuuden kädenjälkitarkastelu on tiekartan luvussa 5.

## Scope 1-3 päästövähennyspolut



# 4. Erityistarkasteluiden merkitys vähähiilistymisessä

#### 4. ERITYISTARKASTELUT

# Erityistarkastelut tarjoavat kuvan teknologiateollisuuden yritysten päästövähennystoimenpiteiden erityispiirteistä



Vähähiilisyystyön laajentamisessa on valittu erityistarkasteluun kokonaisuudet, joilla on merkittävä rooli teknologiateollisuuden vähähiilistymisessä. Tarkastelu paljastaa teknologiateollisuuden yritysten merkittävät mahdollisuudet tarjota ratkaisuja sekä oman alan että muiden toimialojen päästövähennysten edistämiseksi.

### Vetytaloudella

on suora vaikutus metallinjalostus ja kaivokset -päätoimialalla, muissa välillinen rooli logistiikan kautta

Työ rajautuu Teknon omaan tiekarttaan sisältyviin (eli olemassa oleviin) ratkaisuihin ja niiden päästövähennyspotentiaaliin.

### Älykkään energiajärjestelmän

kyvykkyydet tukevat yrityksiä energiamurroksessa.

Tarkastelussa syvennytään teknologiateollisuuden yritysten mahdollisuuksiin tarjota älykkään energiajärjestelmän kyvykkyyksiä kuten joustopotentiaalia.

### Digitalisaatio

luo päästövähennysmahdollisuuksia yrityksille mutta ei irrallaan esimerkiksi digiratkaisuiden käyttämisen energian vähäpäästöistymisestä.

### Kaksoisiirtymän vaatimien materiaalien

tarkastelun huomioi globaalin (erityisesti EU) näkökulman, sillä materiaalien kysyntä on kansainvälistä ja monet hankinnat tulevat Suomen ulkopuolelta. Samanaikaisesti analyysi huomioi Suomen teknologiateollisuuden erityispiirteet.

# 4.1. Vetytalous

# Vetytalouden tarkastelu keskittyy teknologiateollisuuden olennaisimpiin päästölähteisiin

## Tarkastelun tausta ja rajaus

- Aiemman hiilitiekarttatyön perusteella on tunnistettu että teknologiateollisuuden vähähiilisyysratkaisut perustuvat mm. vedyn laajamittaiseen hyödyntämiseen teollisuudessa.
- Osio kytkeytyy vahvasti teknologiateollisuuden yritysten tarjoamien ratkaisujen kädenjälkipotentiaaliin. Tässä yhteydessä tarkastellaan **vain teknologiateollisuuden omaan tiekarttaan sisältyviä (eli olemassa olevia) päästölähteitä ja niiden päästövähennyspotentiaalia**. Uuden tarjoaman potentiaali vähentää päästöjä tarkastellaan kädenjäljen yhteydessä.

## Vetytalouden määritelmä

- Vetytaloudesta puhuttaessa yleensä tarkoitetaan kaikenlaisen vedyn käyttöä. **Tässä työssä tarkastellaan kuitenkin erityisesti vihreää vetyä, jolla tarkoitetaan vihreällä eli uusiutuvalla sähköllä tuotettua, vähäpäästöistä vetyä**. Yleisin tällä hetkellä käytetty vetytyyppi on ns. harmaa eli fossiilinen vety.

## Tarkastelun sisältö

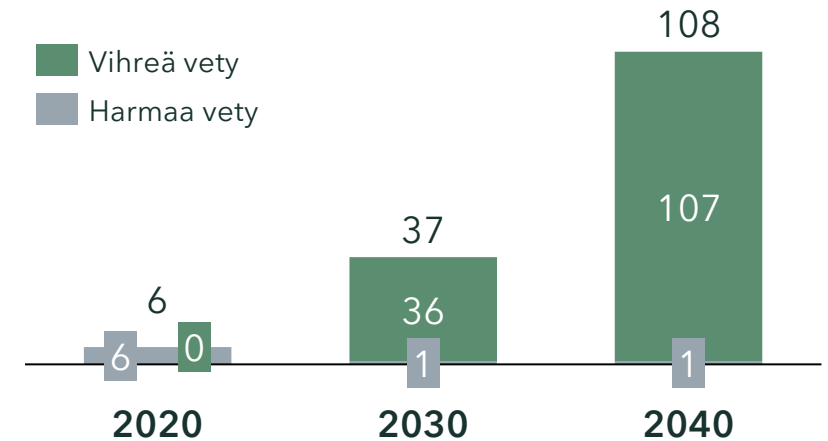
- Työssä ensimmäisenä syvennyttään **vedyn tuotannon ja kulutuksen ennusteisiin** Suomessa ja erityisesti teknologiateollisuuden kontekstissa.
- Tämän jälkeen esitellään **vedyn päästövähennyspotentiaali** yleisemmin, ja **erityisesti teknologiateollisuuden toimialan päästöille**, jotka on laskettu osiossa [2.2. Päästöjen nykytila](#).
- Seuraavaksi kuvataan vedyn arvoketjun kautta **teknologiateollisuuden yritysten roolia ratkaisujen toimittajana ja sitä kautta vetytalouden kehittymisen edistäjinä**.
- Tiivistelmässä luodaan yleiskuva merkittävimmistä päästövähennyspotentiaalikohteista.

# Vihreän vedyn tuotantokapasiteetti on vielä pientä mutta investointisuunnitelmat ovat lupaavia

## Arvio vedyn tuotannon kehityksestä Suomessa

- **Vuonna 2020 harmaata vetyä tuotettiin suomessa n. 145 kt** (5 TWh), jonka lisäksi vetyä syntyi sivutuotteena n. 23 kt (n. 1 TWh). Suurin osa tuotannosta keskittyi **kemianteollisuuden laitosten** yhteyteen kuten Nesteen Porvoon jalostamokokonaisuuden alle.<sup>1</sup>
- **Vihreää vetyä valmistetaan vuonna 2024 vain hyvin pienessä mittakaavassa** Woikosken Kokkolan ja vuoden 2024 aikana Harjavallassa avautuvalla P2X Solution -yrityksen tuotantolaitoksella.
- Suomessa tehdyn vetyperiaatepäätöksen mukaan **Suomi tavoittelee Euroopan johtavaa asemaa vetytaloudessa läpi koko arvoketjun, mikä tarkoittaisi n. 10% EU:n päästöttömästä vedyn tuotannosta** vuonna 2030 eli n. miljoonan tonnin vihreän vedyn tuotantoa (n. 37 TWh)<sup>2</sup>.
  - Tähän 2030 tuotantoon vaaditun elektrolyyserikapasiteetin lisäys vastaisi yli 60% vuoden 2023 kokonaissähkönkulutuksesta, joka oli 80TWh.
  - Tarvittava raakaveden määrän lisäys on merkittävä, ja myös jätevettä syntyy noin 20% raakaveden määrästä.
  - Prosessissa syntyvän hukkalämmön hyödyntäminen rakennusten lämmitykseen on Suomelle merkittä mahdollisuus.
- Tämänhetkisten vetyinvestointisuunnitelmien yhteenlaskettu kapasiteetti on linjassa tavoitteen kanssa.<sup>2</sup>

## Vedyn tuotanto Suomessa<sup>4</sup>, TWh/a



## Sähkönkulutus<sup>3</sup>

53 TWh/a

154 TWh/a

## Raakavedenkulutus

10 milj. m<sup>3</sup>/a30 milj. m<sup>3</sup>/a

## Hukkalämpö<sup>3</sup>

11 TWh/a

31 TWh/a

<sup>1</sup>2022. [Vetytalous - mahdollisuudet ja rajoitteet](#). Valtioneuvosto.

<sup>2</sup>2023. [Vetymarkkinan nykytila ja tulevaisuus](#). Fimpec.

<sup>3</sup>Arvio voi vaihdella teknologian mahdollistamien hyötysuhteiden mukaan. Tässä työssä on käytetty 70% hyötysuhdetta, joka on linjassa [Fingridin ja Gasgridin](#) raportin kanssa. Hukkalämpöä oletetaan saatavan talteen 20% kokonaissähkönkulutuksesta, kts. esim. [2023, Vetyä virtaa Kaakkoon - hukkalämmön hyödyntämispotentiaali](#).

<sup>4</sup>Arvio pohjautuu nykytilan osalta Valtioneuvoston tilastoihin ja tulevaisuuden osalta [Fingridin ja Gasgridin](#) muodostamien skenaarioiden keskiarvoon sekä Suomen 10% tavoitteeseen v. 2030. Valtioneuvoston arviot ovat huomattavasti näitä maltillisempia.

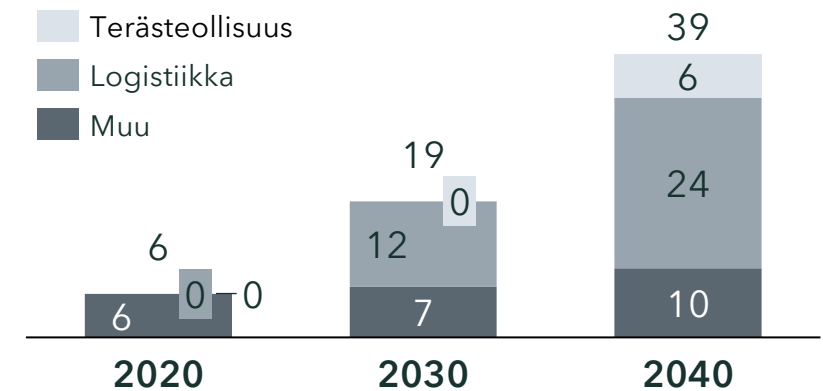


# Vedyn käyttö laajenee tulevaisuudessa Suomessa kemianteollisuudesta terästeollisuuteen ja liikenteeseen

## Arvio vedyn kulutuksen kehityksestä Suomessa 2020-2040

- Vedyn merkittävimpiä käyttökohteita Suomessa ovat nykyisin **öljynjalostus ja biopolttoaineiden tuotanto**, joihin käytettiin n. 80% tuotetusta vedystä v. 2020. Käyttöä on myös esimerkiksi kaivosteollisuudessa.<sup>1</sup>
- Sivutuotteena syntyvää vetyä hyödynnetään usein teollisuuskäyttöisten kattiloiden polttoaineena, prosessikaasun valmistuksessa tai kaukolämmön valmistamisessa.<sup>1</sup>
- Fingrid ja Gasgrid ovat vuonna 2023 arvioineet, että skenaariorista riippuen **Suomen vedyn kulutus voisi optimitilanteissa olla vuonna 2030 14-25 TWh ja vuonna 2040 25-53 TWh.**<sup>2</sup>
- **Terästeollisuus on tulevaisuudessa merkittävä vedyn kuluttaja** käyttäen n. 6 TWh edestä vetyä.<sup>1</sup>
- EU:n regulaatio ja ohjeistus vaatii liikenteen nopeaa vähähiilistymistä – osittain synteettisten vetypolttoaineiden kautta. Jos Suomi noudattaisi EU-tasoista jakaumaa<sup>3</sup> vedyn kulutuksen jakautumisessa, **liikenne voisi Suomessa kuluttaa vuonna 2040 n. 15-32 TWh vetyä**

Vedyn kulutus Suomessa<sup>4</sup>, TWh/a



**Vientiin**  
joko vetynä  
tai jatkojalosteina

18 TWh

69 TWh

<sup>1</sup>2022. Vetytalous – mahdollisuudet ja rajoitteet. Valtioneuvosto.

<sup>2</sup>2023. Energian siirtoverkot vetytalouden ja puhtaan energiajärjestelmän mahdollistajina. Fingrid & Gasgrid.

<sup>3</sup>2024. ANALYSIS: What does EU's new 90% emissions reduction target for 2040 mean for green hydrogen? Hydrogeninsight.

<sup>4</sup>Arvio pohjautuu nykytilan osalta Valtioneuvoston tilastoihin ja tulevaisuuden osalta Fingridin ja Gasgridin muodostamien skenaarioiden keskiarvoon sekä Suomen 10% tavoitteeseen v. 2030. Valtioneuvoston arviot ovat huomattavasti näitä maltillisempia.

# Vedyn päästövähennysvaikutus syntyy logistiikan, kemianteollisuuden ja terästeollisuuden kautta

## Vety ja vetyjalosteet päästövähennyskeinona

- Vetytaloudella on merkittävä rooli EU:n päästövähennystavoitteissa, joka näkyy myös vireillä tai voimassa olevissa regulaatioissa, kuten **Fit-for-55, RED III, RFNBO sekä EU:n vetystrategia**. Myös Suomella on oma vetystrategia.
- Vihreät vety- ja vetyjalosteratkaisut ovat erityisen potentiaalisia käyttökohteissa, **joita on vaikea sähköistää tai prosesseissa, joissa hyödynnetään harmaata** (eli maakaasusta tehtyä) **vetyä**. Lämmön-tuotannossa vety kilpailee esim. lämpöpumppujen kanssa, mikä tarkoittaa, että vedyn hyödyntäminen on kannattavaa vain korkeammissa lämpötiloissa, joihin lämpöpumput eivät kykene.<sup>1,2</sup>
- EU:n selvitysten mukaan<sup>3</sup> vuonna 2040 vedyn kulutus jakautuisi karkeasti puoliksi suoraan vedyn käyttöön ja vetyjalosteisiin seuraavasti:
  - ~60% liikenteen vähähiilistämiseen
  - ~20% **teollisuuteen**
  - ~20% muuhun kuten lämmitykseen, kemikaaleihin ja varastointiin

## Vedyn ja vetytuotteiden mahdolliset käyttökohteet<sup>1,2</sup>

Sektorit, joille vety ja vetyjalosteet ovat potentiaalisimpia ratkaisuja	Sektorit, joilla kustannukset suunnilleen samat kilpailevissa ratkaisuissa	Sektorit, joilla muut kuin vetyratkaisut merkittävästi edullisempia
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="border: 1px solid #ccc; padding: 5px;">Lentoliikenne</div> <div style="border: 1px solid #ccc; padding: 5px; background-color: #f9a825;">Laivaliikenne</div> <div style="border: 1px solid #ccc; padding: 5px;">Lannoitteet</div> </div> <div style="border: 1px solid #ccc; padding: 5px; margin-top: 5px;">Kemian raaka-aineet</div> <div style="border: 1px solid #ccc; padding: 5px; margin-top: 5px; text-align: center;">Varastointi</div> <div style="border: 1px solid #ccc; padding: 5px; margin-top: 5px; background-color: #f9a825;">Rauta ja teräs (masuunit ja koksiiunit)</div>	<div style="border: 1px solid #ccc; padding: 5px; margin-top: 5px;">Sementtiteollisuus</div> <div style="border: 1px solid #ccc; padding: 5px; margin-top: 5px; background-color: #f9a825;">Teräs (p.l. masuunit ja koksiiunit)</div> <div style="border: 1px solid #ccc; padding: 5px; margin-top: 5px; background-color: #f9a825;">Raskas tieliikenne</div> <div style="border: 1px solid #ccc; padding: 5px; margin-top: 5px;">Korkea lämmöntuotanto teollisuusprosesseissa (&gt;400°)</div>	<div style="border: 1px solid #ccc; padding: 5px; margin-top: 5px;">Muu lämmöntuotanto</div> <div style="border: 1px solid #ccc; padding: 5px; margin-top: 5px;">Kaupallinen lämmitys</div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; margin-top: 5px;"> <div style="border: 1px solid #ccc; padding: 5px;">Metrot ja bussit</div> <div style="border: 1px solid #ccc; padding: 5px;">Junat</div> <div style="border: 1px solid #ccc; padding: 5px;">Kevyt tieliikenne</div> </div>

Potentiaalisimmat ratkaisut teknologiateollisuudelle

<sup>1</sup>2024. [Hydrogen will provide up to 26% of EU's final energy demand in 2050 but is unlikely to be used in cars or heating: study.](#) Hydrogeninsight.

<sup>2</sup>2022. [Vetytalous - mahdollisuudet ja rajoitteet.](#) Valtioneuvosto.

<sup>3</sup>2024. [ANALYSIS: What does EU's new 90% emissions reduction target for 2040 mean for green hydrogen?](#) Hydrogeninsight.

# Vedyn suurin vaikutus teknologiateollisuuden päästöissä näkyy terästeollisuuden uudistumisessa

## Vedyn ja vetyjalosteiden potentiaalinen päästövähennysvaikutus v. 2050 mennessä

■ Muut

⊗ Arvioitu päästövähennysvaikutus prosentteina kokonaispäästöistä

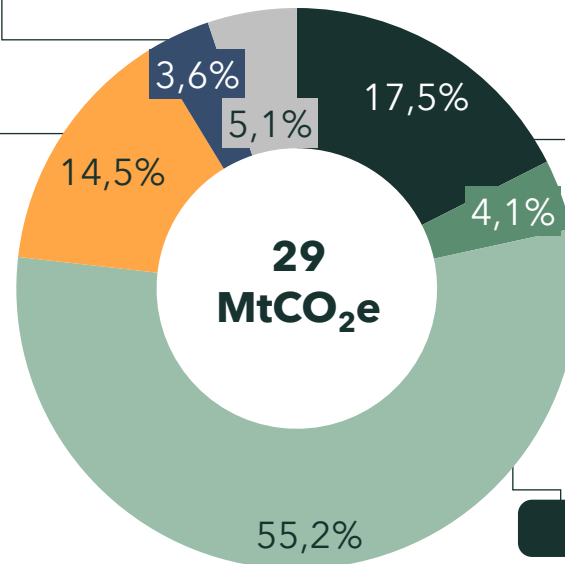
### <2% Kuljetukset ja jakelu

- Vedyn päästövähennysvaikutukset syntyvät erityisesti liikenteen sähköistämisestä, mutta **nämä päästöt ovat vain pienessä roolissa teknologiateollisuudessa**
- Vuoteen 2050 mennessä vedyn ja vetyjalosteiden uskotaan muodostavan 20-30% liikenteen energiankulutuksesta Euroopassa<sup>1</sup>

### <5% Hankinnat

- Vety liittyy **monien raaka-aineiden päästöjen pienentämiseen**, kun harmaata vetyä käyttävät tuotteet ja prosessit siirtyvät vihreä vedyn käyttöön.
- Lisäksi vetyä on suunniteltu hyödynnettäväksi esimerkiksi teräksen ja sementin valmistuksessa. **Teräksen** tapauksessa tämä voi tarkoittaa jopa **90%<sup>2</sup> pienempiä** materiaalipäästöjä.
- **Yksittäisille yrityksille hankintojen päästövähennemä voi olla siis merkittävä**, jos hankittavat tuotteet ovat esimerkiksi pitkälti teräspohjaisia, mutta koko alalla vaikutus on raaka-aineiden homogeenisuuden takia merkittävästi pienempi

### Päästöjen jakautuminen teknologiateollisuudessa



### Scope 1

>10%

- Suurin osa teknologiateollisuuden scope 1 päästöistä syntyy metallinjalostuksessa, **erityisesti teräksen tuotannossa**.
- Vedyllä on siis todennäköisesti merkittävä vaikutus alan kokonaispäästöihin, olettaen, että sillä voidaan saavuttaa jopa 90%<sup>2</sup> päästövähennysvaikutus teräksen tuotantoon

### Scope 2

0%

- Ei merkittävää vaikutusta

### Myytyjen tuotteiden käyttö

<5%

- Myytyjen tuotteiden käytön päästöt syntyvät tyypillisimmin joko sähkön tai polttoaineen kulutuksen päästöistä. **Teknologiateollisuudessa suurin osa kategorian päästöistä syntyy kuitenkin sähkön kulutuksen kautta.**
- Vedyn ja vetyjalosteiden **vaikutus näkyy esim. moottoreissa**, jotka suunnitellaan fossiilisten sijasta e-polttoaineilla toimiviksi

<sup>1</sup>2023. [Production of electrofuels from green hydrogen and captured carbon is demonstrated at VTT Biofuels](#). VTT.

<sup>2</sup>2021. [The Potential of Hydrogen for Decarbonization: Reducing Emissions in Iron and Steel Production](#). Resources.

# Puhtaan eli vihreän vedyn arvoketju koostuu monista linkittyneistä kokonaisuuksista



## Arvoketjua läpileikkaavat toiminnot:

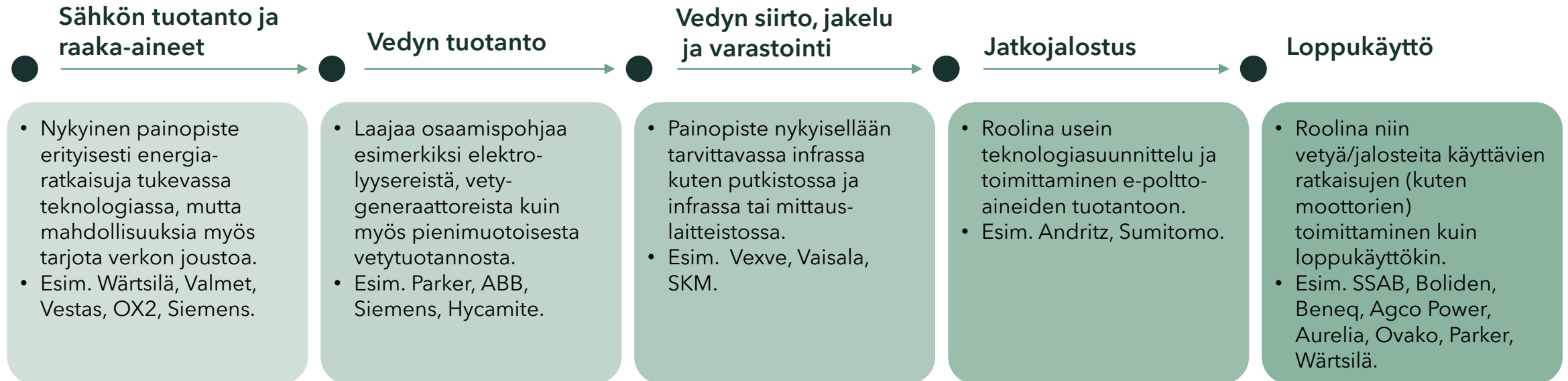
(Tutkimus) Koulutus ja osaamisten kehittäminen

Suunnittelu ja palvelut

Ennakoiva kaavoitus, tiivis viranomais- ja kuntayhteistyö sekä tiedonanto

# Teknolomiteollisuuden yritykset toimivat laajasti koko vihreän vedyn arvoketjussa, mutta erityisesti teknologiatoimittajina ja loppukäyttäjinä

## Vedyn arvoketju teknolomiteollisuuden näkökulmasta sekä esimerkkiyrityksiä eri arvoketjuosissa



### Arvoketjua läpileikkaavat toiminnot

- Erityisesti konsultointipalvelut suunnitteluun ja kehittämiseen sekä markkinatutkimuksiin.
- Esim. Sweco, Afry, Rejlers, Elomatic.

# Teknologioteollisuuden yritykset voivat toimia läpi vihreän vedyn arvoketjun, erityisesti teknologiatoimittajina

## Vedyn rooli teknologioteollisuuden vähäpäästöistymisessä

- Teknologioteollisuuden yrityksillä on merkittävä kädenjälkipotentiaali ratkaisutoimittajina vedyn arvoketjun eri osissa. Yritysten rooli on siis suurempi kuin vain teknologioteollisuuden oma vähäpäästöistyminen.
- **Vedyn käytön suurimmat päästövähennykset (>3 MtCO<sub>2</sub>e) nähdään terästeollisuudessa, vaikka vain n. 25% vedystä ohjautuu teräksen tuotantoon. Tällä on kerrannaisvaikutuksia globaalisti läpi arvoketjujen.**
- Vedyn ja vetyjalosteiden käyttöönotolla on myös päästövähennysvaikutuksia hankinnoissa, myytyjen tuotteiden käytön ajan päästöissä sekä logistiikassa, yhteensä n. 3,5 MtCO<sub>2</sub>e (tästä teräksen hankintojen vähäpäästöistyminen on 1,5 MtCO<sub>2</sub>e eli osittain päällekkäistä ylemmän kanssa<sup>1</sup>).
- Päästövähennemän toteutuminen kuitenkin vaatii, että teknologioteollisuuden **yritykset ovat valmiita myös maksamaan mahdollisesti kalliimmista vähäpäästöisistä tuotteista**, kuten logistiikasta.

	2020	2030	2040
Tuotanto	6 TWh	6X	18X
Kulutus	6 TWh	3X	6X
Vientiin <sup>2</sup>	0 TWh	18 TWh	69 TWh

<sup>1</sup> Päällekkäisyys johtuu siitä että organisaation suorat päästöt (esim. teräksen tuotannosta) lasketaan väistämättä vähintään yhden muun toimijan arvoketjun päästöihin, yleensä useamman.

<sup>2</sup> Vienti voi tapahtua joko vetyä tai vetyjalosteina kuten synteettisinä polttoaineina.

# 4.2. Älykkäät energiajärjestelmät

# Energiamurroksen toteutuminen vaatii älykkään energiasjärjestelmän

## Energiamurros

Vastaa tarpeeseen vähentää hiilidioksidipäästöjä, parantaa energiatehokkuutta sekä kasvattaa energiaomavaraisuutta ja -turvallisuutta.

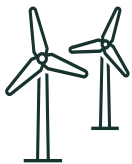
### Murroksen ajurit



Luopuminen fossiilisista polttoaineista



Sähkön kulutuksen kasvu mm. vetytalouden ja sähköistymisen myötä



Kasvava uusiutuvan energian tuotanto kilpailukykyisen hinnan ansiosta

## Älykäs energiasjärjestelmä

Vastaa energiamurroksen tuomiin haasteisiin kuten energiantuotannon vaihteluun sääolosuhteiden mukaan, hajautettuun energiantuotantoon sekä energian heikompaan varastoitavuuteen sähkön muodossa.

### Tarvittavat kyvykkydet



Hajautetumpi energiantuotanto vaatii lisää energiaverkkoja (sähkö, vety, kaukolämpö, siirtoyhteydet). Ne eivät kuitenkaan yksinään riitä kattamaan vaihtelevan energiantuotannon hintapiikkejä.



Tulevaisuuden sähköjärjestelmä tarvitsee joustoa. Jousto tarkoittaa kykyä lisätä tai vähentää sähkön kulutusta tai tuotantoa, ja se kattaa siirtoyhteyden kapasiteetin, kotimaisen vesi- ja yhteistuotantovoiman, sähkövarastot ja kysyntäjouston.



Älykäs energiasjärjestelmä vaatii toteutuakseen mm. digitaalisia ratkaisuja, energiamuotojen välistä sektori-integraatiota ja taloudellisia kannustimia.



# Tarkastelussa älykkään energiasjärjestelmän kyvykkyydet, joissa teknologiateollisuuden yrityksillä avainrooli

Älykkäällä energiasjärjestelmällä tarkoitetaan digitaalisen teknologian ja älykkäiden ratkaisuiden integroitumista energiantuotannon, -kulutuksen ja -siirron yhteyteen. Tällä pyritään tehostamaan energian käyttöä, vähentämään hiilidioksidipäästöjä sekä vastaamaan energiamurroksen tuomiin haasteisiin.

<p><b>Älykkään energiasjärjestelmän keskeiset elementit</b></p>	<p><b>Kysyntäjousto</b></p> <p>Sähkönkäytön joustavaa sopeuttamista vaihteleviin hintoihin ja sähköverkon tarpeisiin.</p>	<p><b>Energian varastointi</b></p> <p>Osana kulutusta ja tuotantoa leikkaa huippuja ja siirtää niitä tunnista toiseen. Esim. akku-teknologia, vetyvarastot ja synteettisten poltto-aineiden valmistus.</p>	<p><b>Hajautettu energiantuotanto</b></p> <p>Energian tuotantoa esimerkiksi aurinkopaneeleilla tai tuuliturbiineilla.</p>	<p><b>Data-analytiikka ja tekoäly</b></p> <p>Mahdollistavat tehokkaan tiedonkeruun, analyysin ja ennustamisen, mikä auttaa optimoimaan energian tuotantoa, jakelua ja kulutusta.</p>	<p><b>Muut elementit</b></p> <p>Energiaverkkoinvestoinnit, Sektori-integraatio, Kapasiteettimarkkina ja reservimarkkina, Energiayhteisöt</p>
<p><b>Tarkastelun lähtökohta</b></p>	<p>Tarkastellaan teknologiateollisuuden yritysten osuutta joustopotentialista energiankulutuksen osuuden kautta.</p>	<p>Tarkastellaan teknologiateollisuuden yritysten mahdollisuutta ratkaisutoimittajana.</p>	<p>Tarkastelu kädenjäljen yhteydessä, mm. taajuusmuuttajat, kaasumoottorit ja muut energian tuotantomuodot.</p>	<p>Tarkastelu kädenjäljen ja digitarkastelun yhteydessä.</p>	<p>Eri toimijoiden yhteistyö voi kiihdyttää älykkään energiasjärjestelmän muodostumista.</p>
<p><b>Teknologiateollisuuden yritysten roolit</b></p>	<p> <b>Jouston tarjoaja</b></p> <p> <b>Ratkaisutoimittaja</b></p>	<p> <b>Ratkaisutoimittaja</b></p> <p> <b>Investoija</b></p>	<p> <b>Ratkaisutoimittaja</b></p> <p> <b>Investoija</b></p>	<p> <b>Ratkaisutoimittaja</b></p> <p> <b>Investoija</b></p>	<p> <b>Ratkaisutoimittaja</b></p> <p> <b>Vaikuttaja</b></p>

# Teknologiатеollisuuden yritysten joustokapasiteetti on noin 20% tarvittavasta joustokapasiteetista

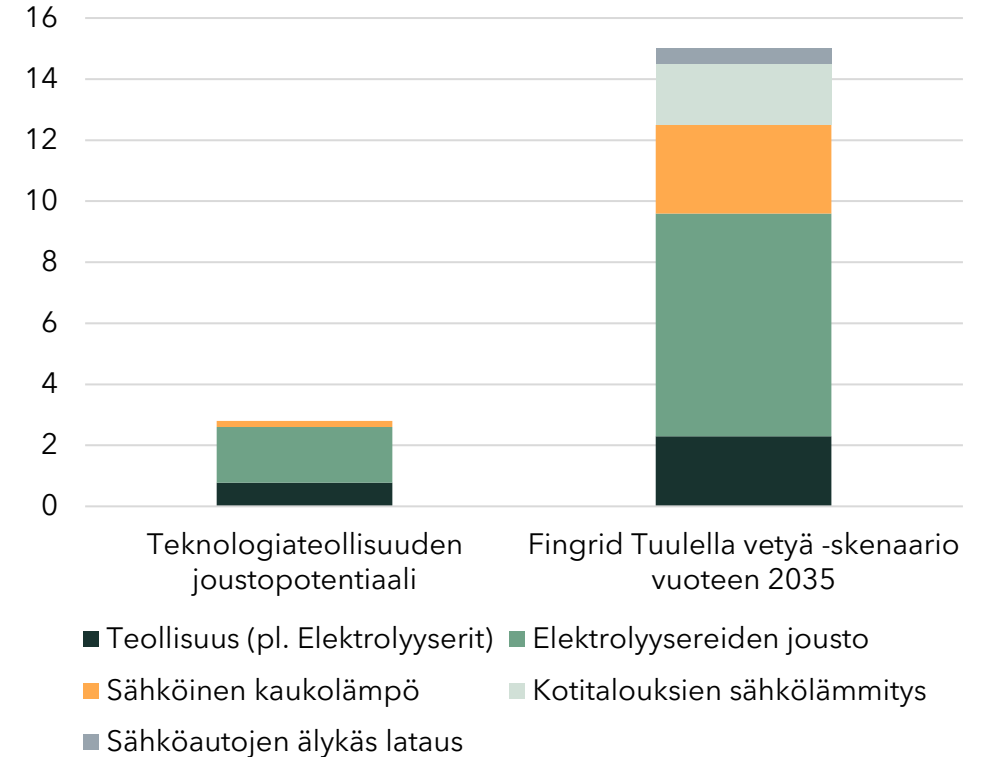
## Tulevaisuuden joustokapasiteetti

Kasvavan sähkönkulutuksen myötä **joustokapasiteettia** arvioidaan tarvittavan Suomessa noin 10-15 GW. Merkittävimmät joustomahdollisuudet tulevat eri arvioissa vedyn joustavasta tuotannosta, akuista, loppukäyttäjistä ja/tai teollisuudesta.

## Teknologiатеollisuuden joustopotentiali

Teknologiатеollisuuden yritysten joustopotentiali on noin 3 GW ja se koostuu kolmesta osasta:

- 1. Energiankulutuksen kysyntäjousto:** Teknologiатеollisuus kuluttaa noin 20% koko teollisuuden energiasta, jota voidaan pitää karkeana arviona joustopotentialista, olettaen että fossiilinen energiankulutus sähköistyy. Päätoimialoilla metallienjalostus ja kaivokset sekä kone- ja metallituote-teollisuuden on yli 95% joustopotentialista.
- 2. Elektrolyysereiden jousto:** Voidaan toteuttaa vety-varastoinnilla tai vedyn kulutusta ohjaamalla. Vedyn kysynnästä n. 25% voisi ohjautua teknologiатеollisuuteen, erityisesti terästeollisuuteen.
- 3. Sähköisen lämmityksen jousto:** Teknologiатеollisuus käyttää noin 7% kaikesta kaukolämmöstä ja voidaan olettaa että osuus pysyy samankaltaisena.



Teknologiатеollisuuden joustopotentiali ja Fingridin Tuulella vetyä -skenaarion joustopotentiali.

2022. Vetytalous – mahdollisuudet ja rajoitteet (valtioneuvosto.fi)

2023. Fingrid sähköjärjestelmävisio

Teollisuuden energiankäyttö, Tilastokeskus

2022. Sähkön kysyntäjoustopotentialin hyödyntäminen teollisuuden LVIA-suunnittelussa

# Teollisuuden joustopotentiaali kasvaa sähköistymisen ja vetytalouden myötä

## Jouston eri muodot

Sähköjärjestelmän joustolla on suunta (ylös- tai alassäätö), lähde (mistä jousto on peräisin) ja aikaskaala (kuinka nopeasti jousto aktivoituu ja mikä sen kesto on). Jousto voi olla luonteeltaan leikkaavaa, palautuvaa tai varastoivaa. Teknologiateollisuuden toimijat voivat joustaa kaikilla näillä tavoilla.

- **Leikkaavassa** joustossa sähkön käyttäjät vähentävät kulutustaan, kun hinta nousee yli tietyn rajan
- **Palautuvassa** joustossa käyttäjät siirtävät kulutustaan hyötyäkseen hintaeron tarjoamasta säästöstä
- **Varastoivassa** joustossa energiaa (esim. lämpöä tai vetyä) varastoidaan ja käytetään optimaalisesti hintojen mukaan, ottaen huomioon varaston ja loppukysynnän asettamat rajat

## Joustopotentialin kasvattaminen

- Teknologiateollisuuden sähköistyminen ja vihreän vedyn käytön lisääntyminen lisäävät joustopotentiaalia, erityisesti metallien jalostus ja kaivokset -päätoimialalla, jossa fossiilisia polttoaineita käytetään tällä hetkellä eniten.
- Laitossuunnittelussa tulisi huomioida joustavat ja joustamattomat prosessivaiheet. Toisistaan riippuvat prosessit saattavat heikentää yksittäisten prosessien joustopotentialin hyödyntämistä. Esimerkiksi hukkalämmöstä riippuvat joustamattomat prosessit saattavat heikentää muuten joustavien hukkalämpöä tuottavien prosessien potentiaalia.
- Investoimalla vedyn varastointiin sekä akkuihin toimijat voivat kasvattaa joustopotentialiaan entisestään.

## Teknologiateollisuuden joustomahdollisuudet

Akut

Kysyntäjousto

Sähköinen lämmöntuotanto

Datakeskukset

Kaasumootorit ja -turbiinit

Elektrolyserit

Vesivoima

Siirtoyhteydet

Lyhytkestoinen  
(minuutteja-tunteja)

Keskipitkä  
(tunteja-päiviä)

Pitkäkestoinen  
(viikkoja-kuukausia)

Sähköjärjestelmän jouston lähteet eri aikajäniteillä.

# Teknologiатеollisuuden yrityksillä on avainrooli älykkään energijärjestelmän toteutumisessa

## Teknologiатеollisuuden yritysten roolit

### Kokonais- ja osaratkaisujen toimittaja

#### **Teknologiатеollisuuden potentiaali on suurin ratkaisutoimittajana**

Teknologiатеollisuuden yritykset valmistavat kokonaisratkaisuja, jotka koostuvat mm. energian tuotantoyksiköistä (mm. kaasumootorit), sekä eri tuotantomuotoja optimoivista teknologioista ja energian siirron järjestelmistä. Osaratkaisut koostuvat erillistuotteista, komponenteista ja tuotejärjestelmistä. Digitaaliset ratkaisut, automaatio- ja mittalaitteet mahdollistavat älykkään energijärjestelmän toimintalogiikan, suorituskyvyn ja laadun, mm. mahdollistamalla reaaliaikaisen tiedonkeruun, analysoinnin ja hyödyntämisen sekä dynaamisen reagoinnin niin sähköntuotannossa, varastoinnissa, siirrossa kuin käytössä. Data-analytiikkaa ja tekoälyä voidaan hyödyntää kaikissa osissa energijärjestelmää.

### Ohjaustratkaisuiden hyödyntäjä

#### **Kysyntäjousto on tärkeää suurimmille energiankuluttajille**

Sähkönkäytön joustavaa sopeuttamista vaihteleviin hintoihin ja sähköverkon tarpeisiin. Mahdollistaa energiakustannusten optimoinnin ja auttaa tasaamaan sähköverkon kuormitusta sekä tukemaan kestävää energiantuotantoa integroimalla uusiutuvia energialähteitä tehokkaammin. Nykyisellään energiankäyttö on suurinta päätoimialoilla metallien jalostus sekä kone- ja metallituoteteollisuus.

### Energiavarastojen toimittaja

#### **Energiavarastot ovat relevantteja suurimmille toimijoille ja sähköverkon pullonkauloissa**

Energiavarastot mahdollistavat joustavamman energiankäytön optimoiden kustannuksia ja tukien luotettavaa tuotantoa myös vaihtelevissa olosuhteissa. Varastointiratkaisut voivat parantaa energiatehokkuutta ja vähentää riippuvuutta ulkoisista energialähteistä. Energiavarastojen avulla voidaan tarjota kulutusjoustoa tukkumarkkinoille tai Elspot markkinoille, tai sitten reservimarkkinoille.

### Investoija

#### **Teknologiатеollisuuden yritykset investoivat hajautettuun energiantuotantoon suoraan tai välillisesti PPA-sopimusten kautta**

Paikallinen energiantuotanto voi auttaa vähentämään riippuvuuttaan perinteisistä sähköverkoista ja alentamaan energiakustannuksia. Mahdollistaa joustavuutta ja resilienssiä sähköverkolle.

# Älykkään energijärjestelmän kehitys vaatii monenlaisia toimenpiteitä

Erilaisten markkinapaikkojen ja yhteistyömallien muodostuminen on tärkeää kehityksen vauhdittamiseksi

## Reservimarkkina

Tasapainotetaan esimerkiksi taajuutta tai jänniteheilahtelua voimalaitoksien, kulutuskohteiden tai energiavarastojen avulla. Fingridin ylläpitämä markkina. Esimerkiksi kaivosteollisuudessa murskausprosessien sähkönkulutusta voidaan yleensä tarvittaessa rajoittaa hetkellisesti, mikäli prosessissa on pieniä välivarastoja, ja metallinjalostuksessa sulatusuunin lämpötila voidaan säilyttää vakaana tilapäisestä sähkönkulutuksen ohjauksesta huolimatta.

## Kapasiteettimarkkina

Kapasiteettimarkkinat ovat vasta muotoutumassa ja TEM on käynnistämässä selvitystä aiheeseen liittyen. Toimijoiden sähköntuotannon kapasiteettia, jota voidaan käyttää tarvittaessa sähköverkon vakauden varmistamiseen. Varmistaa luotettavan sähkösaannin myös huippukulutuksen aikoina ja mahdollistaa tehokkaamman uusiutuvan energian integroinnin sähköverkkoon.

## Energiayhteisöt

Ovat toimijoiden yhteenliittymiä, jotka hyödyntävät yhteisiä energiaresursseja. Energiaresurssi voi olla sähkön tuotantoyksikkö, kuten aurinkopaneeli tai tuulivoimala, kulutuskohde, kuten sähköauto tai sähköauton latauspiste, tai sähkövarasto, esimerkiksi akku. Tuo jäsenilleen taloudellista hyötyä.

## Markkina-alustat

Erilaisten markkina-alustojen avulla eri toimijat voivat hallita riskejä ja optimoida toimintaansa. Näitä ovat esim. PPA sopimukset, Elspot, Elbas, ja säätösähkömarkkinat, futuuri- ja johdannaismarkkinat.

## Energiaverkkoinvestoinnit

Lisäännytynyt ja edelleen kasvava tuulivoimatuotanto on kasvattanut tarvetta sähköverkkoinvestoinneille ja vakaalle, tuulesta riippumattomalle säätövoimalle, joka tuo energijärjestelmään tarvittavaa joustoa. Tulevaisuudessa vedyn väliaikaisvarastointi vetyverkkoon lisää joustopotentialia ja mahdollistaa myös tuulivoimatuotannon kasvun.

## Sektori-integraatio erityisesti vetytalouden kanssa on huima mahdollisuus

Viittaa eri talouden sektoreiden tiiviiseen yhteistyöhön ja yhteensopivuuteen, kattaen sähkön, lämmön, liikenteen, teollisuuden (ml. vety) ja rakentamisen. Tavoitteena on luoda synergioita ja optimoida resurssien käyttöä sekä vähentää kokonaispäästöjä ja kustannuksia.

Energiaverkko-investoinnit sekä sektori-integraatio vahvistavat älykästä energijärjestelmää

## 4.3. Digitaaliset ratkaisut

# Digitalisaatio edistää vihreää siirtymää sekä jo tunnettujen että vasta nousevien toimenpiteiden ja työkalujen kautta

Digitaaliset ratkaisut edistävät vihreää siirtymää monin tavoin, mutta erityisesti kiertotalouden, materiaali- ja energiatehokkuuden, palvelullistamisen sekä helpomman ja läpinäkyvämmän tiedonvaihdon kautta.

## Data-analytiikka ja älyratkaisut

Data-analytiikka voidaan nähdä kattoterminä, jonka päätarkoituksena on prosessien tehostaminen ja sitä kautta esimerkiksi energia- ja materiaalitehokkuuden parantaminen. Sitä tukee niin koneoppiminen, tekoäly kuin suurteholaskentakin, jota puolestaan kiihdyttää kvanttiteknologia.

## Digitaaliset alustat ja palvelut, pilvipalvelut

Digitaaliset alustat mahdollistavat datan keräämisen ja analysoinnin mahdollisimman tehokkaasti, joka puolestaan edistää niin data-analyysin tuomaa prosessitehokkuutta kuin myös energia- ja materiaalitehokkuutta, kun toiminnot suoritetaan yhdessä paikassa samoilla servereillä.

## Robottiikka ja automaatio

Robottiikka ja automaatio nähdään yleisesti tapoina tehostaa tai parantaa tyypillisesti ihmisvoimin tehtyä työtä kuin vastauksena yksityiskohtaisiin, toistettaviin tarpeisiin. Tällöin niillä on rooli myös energia- ja materiaalitehokkuuden parantajana kuin myös kestävyden yksityiskohtaisemmissa sovelluskohteissa

## Digitaaliset kaksoiset ja esineiden internet

Internetin välityksellä yhdistetty koneisto ja virtuaaliset mallit mahdollistavat tehokkaamman tuotekehityksen, tuotannon ja optimoidut huoltomahdollisuudet, jotka puolestaan vaikuttavat materiaalien ja energian kulutukseen.

## Virtuaali- ja lisätty todellisuus

Virtuaaliset ja lisätyn todellisuuden työkalut mahdollistavat esimerkiksi uudenlaista tuotanto- ja tuotesuunnittelua. Lisäksi työkalut edistävät etätyöskentelymahdollisuuksia niin toimisto- kuin tuotantotyössäkin, joka puolestaan vähentää henkilöliikunnan päästöjä.

## Lohkoketju-tekniologia

Lohkoketjutekniologialla pyritään yleisesti yksinkertaistamaan tiedonvälitystä eri osapuolten välillä sekä verifioimaan välitettyä dataa. Tästä syystä se voi tuoda ratkaisuja esim. tehokkaampaan tuotantoketjuhallintaan tai kompleksisten energiasysteemien ja energian kaupankäynnin hallintaan.

### 4.3. DIGITAALISET RATKAISUT

# Digiratkaisujen päästövähennyspotentiaalia tarkastellaan niin kokonaisuuden kuin yksittäisten ratkaisujenkin kautta



Olemme tässä osiossa pyrkineet määrittämään digitalisaation tuomia päästövähennysmahdollisuuksia niin yksittäisen teknologian tuomien mahdollisuuksien kuin kokonaisvaikutusten kautta:

## Digityökaluesimerkit

Aluksi esitellään yksittäisiä esimerkkejä digityökalujen hyödyntämismahdollisuuksista sekä niiden vaikutustavoista teknologiateollisuuden yrityksille merkittävimpien päästölähteiden pienentämisessä.

Samalla vertaillaan laadullisesti digitoimenpiteiden päästövaikutuspotentiaalia ja kohdentumista tiettyihin päästökategorioihin.

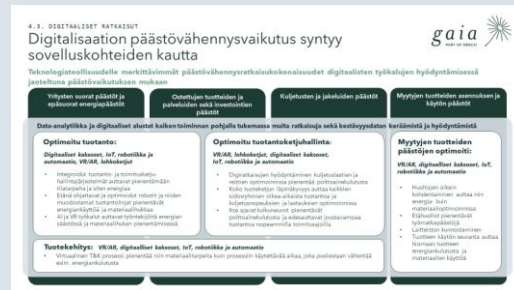
4.3. DIGITAALISET RATKAISUT  
Data-analytiikka ja digitaaliset alustat ovat usein edellytys muiden ratkaisujen implementoinnissa

Yhteinen suorat päästöt ja epäsuorat energiapäästöt	Ovettujen tuotteiden ja palveluiden sekä investointien päästöt	Kuljetusten ja jakeluiden päästöt	Myytyn tuotteiden asemuksen ja käytön päästöt
<b>Data-analytiikka ja alustat</b>	• Energiatehokkuuden optimointi • Käytön optimointi • Tuotteen suunnittelu	• Optimoitujen reitien ja ajankäytön optimointi • Käytön optimointi	• Käytön optimointi • Käytön optimointi
<b>Digitaaliset alustat ja palvelut, pilvipalvelut</b>	• Käytön optimointi • Käytön optimointi	• Käytön optimointi • Käytön optimointi	• Käytön optimointi • Käytön optimointi
<b>Robottika ja automaatio</b>	• Käytön optimointi • Käytön optimointi	• Käytön optimointi • Käytön optimointi	• Käytön optimointi • Käytön optimointi
<b>Digitaaliset kalvot ja etäohjaukset</b>	• Käytön optimointi • Käytön optimointi	• Käytön optimointi • Käytön optimointi	• Käytön optimointi • Käytön optimointi
<b>Virtuaali- ja kaksivertailu</b>	• Käytön optimointi • Käytön optimointi	• Käytön optimointi • Käytön optimointi	• Käytön optimointi • Käytön optimointi
<b>Leikkuriteknologia</b>	• Käytön optimointi • Käytön optimointi	• Käytön optimointi • Käytön optimointi	• Käytön optimointi • Käytön optimointi

## Työkalujen yhteisvaikutuskuvaus

Päästövähennykset harvoin syntyvät yhden digityökalun kautta vaan isoimmat päästövähennystoimenpiteet tarvitsevat monen työkalun yhteistyötä.

Siksi on kartoitettu teknologiateollisuuden yrityksille vaikuttavimmat päästövähennystoimenpiteet **kokonaisuudet** ja näihin liittyvät yksittäiset ratkaisut sekä näiden toteuttamiseen liittyvät digityökalut.



## Kvantifioitu vähennyspotentiaali

Lopuksi arvioidaan näiden yhteisvaikutusten tuomaa päästövähennyspotentiaalia merkittävimmille päästökategorioille.

Tarkastelu on tehty kahdesta suunnasta: laajan mittakaavan huomiointiin on hyödynnetty World Economic Forumin kartoitusta ja samalla tuotu esiin yksittäisten toimenpiteiden päästövähennyspotentiaalia yksittäisille yrityksille case-esimerkkeihin tai yleisempään tutkimusdataan perustuen.





# Data-analytiikka ja digitaaliset alustat ovat usein edellytys muiden ratkaisujen implementoinnissa

## Digitaalisten ratkaisujen vaikutus teknologiateollisuusyritysten päästövähennyksiin ja esimerkkejä yksittäisistä ratkaisuista

Toimenpideryhmä	Yritysten suorat päästöt ja epäsuorat energiapäästöt	Ostettujen tuotteiden ja palveluiden sekä investointien päästöt	Kuljetusten ja jakeluiden päästöt	Myytyjen tuotteiden asennuksen ja käytön päästöt
<b>Data-analytiikka ja älyratkaisut</b>	Energiakulutuksen ennustaminen ja sen optimointi huomioiden muuttuvat hintatasot	Suurimpien päästölähteiden tunnistaminen ja parannusehdotusten luonti automaattisesti	Optimaalisen reitin luonti ottaen automaattisesti huomioon useita muuttujia	Tuotekäytön seuranta ja tämän perusteella tehtävä tuotekehitys sekä asiakaskoulutukset
<b>Digitaaliset alustat ja palvelut, pilvipalvelut</b>	Kiinteistöjen hallintajärjestelmät pienentämässä energiankulutusta	Serverien energiatehokkuuden optimointi keskitetyillä pilvipalveluilla	Ohjeita antavat järjestelmät kuljettajille, autonomisten kulkuneuvojen yhdistäminen	Tuotteen elinkaaren hallinta arvoketjut yhdistävällä alustalla
<b>Robotiikka ja automaatio</b>	Energiankulutuksen pienentäminen nopeammilla sykliajoilla tai esimerkiksi viileämmillä tuotantotiloilla	Materiaalitarpeiden vähentäminen optimoimalla hukkaa ja kulumia	Autonomisesti toimiva kuljetus- ja varastokalusto vähentämässä polttoainekulutusta	Materiaalitarpeiden vähentäminen tuotesuunnittelussa huollon pienentyvien tilatarpeiden seurauksena
<b>Digitaaliset kaksoiset ja esineiden internet</b>	Energiankulutuksen pienentäminen "Lights out" tuotannolla	Pitkälle viety T&K ilman materiaalitarpeita	Reaaliaikainen varasto- ja toimitusketjusuunnittelu	Digitaalinen kaksonen myydystä tuotteesta mahdollistaa koko käytön elinkaaren optimoinnin
<b>Virtuaali- ja lisätty todellisuus</b>	Toimistotilojen poistaminen tai supistaminen virtuaalisten työympäristöjen kautta	Digitaalisten kaksosten tukena esimerkiksi T&K toiminnassa	Materiaalitarpeiden vähentyessä myös kuljetusten määrän supistuminen	Etähuolto- ja asennuspalvelut
<b>Lohkoketjuteknologia</b>	Uudet energiahallintajärjestelmät voivat tukea puhtaan energian käyttöönottoa	Koko toimitusketjun päästöjen seuraaminen ja sitä kautta niiden pienentäminen, esim. kuljetusnopeuksien optimoinnissa	Läpinäkyvämpi ja sitä kautta tehokkaampi toimitusketju, jota voi kokonaisuutena ohjata ja ennustaa reaaliajassa	Mahdollisuus ennakoivan huollon tukemiseen

# Digitalisaation päästövähennysvaikutus syntyy sovelluskohteiden kautta

**Teknolomiteollisuudelle merkittävimmät päästövähennysratkaisukokonaisuudet digitaalisten työkalujen hyödyntämisessä jaoteltuna päästövaikutuksen mukaan**

**Yritysten suorat päästöt ja epäsuorat energiapäästöt**

**Ostettujen tuotteiden ja palveluiden sekä investointien päästöt**

**Kuljetusten ja jakelujen päästöt**

**Myytyjen tuotteiden asennuksen ja käytön päästöt**

Data-analytiikka ja digitaaliset alustat kaiken toiminnan pohjalla tukemassa muita ratkaisuja sekä kestävyysdatan keräämistä ja hyödyntämistä

## Optimoitu tuotanto:

**Digitaaliset kaksoset, IoT, robotiikka ja automaatio, VR/AR, lohkoketjut**

- Integroidut tuotanto- ja toimitusketjuhallinta-järjestelmät auttavat pienentämään tilatarpeita ja siten energiaa
- Etänä ohjattavat ja optimoidut robotit ja niiden muodostamat tuotantolinjat pienentävät energiankäyttöä ja materiaalihukkaa
- AI- ja VR-työkalut auttavat työntekijöitä energian säästössä ja materiaalihukan pienentämisessä

## Optimoitu tuotantoketjuhallinta:

**VR/AR, lohkoketjut, digitaaliset kaksoset, IoT, robotiikka ja automaatio**

- Digiratkaisujen hyödyntäminen kuljetuslastien ja reittien optimoinnissa pienentää polttoainekulutusta
- Koko tuoteketjun läpinäkyvyys auttaa kaikkien sidosryhmien oikea-aikaista tuotantoa ja kuljetusnopeuksien ja lastauksien optimoinnissa
- Itseajavat kulkuneuvot pienentävät polttoainekulutusta ja edesauttavat joustavampaa tuotantoa nopeammilla toimitusajoilla

## Myytyjen tuotteiden päästöjen optimointi:

**VR/AR, digitaaliset kaksoset, IoT, robotiikka ja automaatio**

- Huoltojen oikein kohdentaminen auttaa niin energia- kuin materiaalioptimoinnissa
- Etähuollot pienentävät työmatkapäästöjä
- Laitteiston kunnostaminen
- Tuotteen käytön seuranta auttaa hiomaan tuotteen energiankulutusta ja materiaalien käyttöä

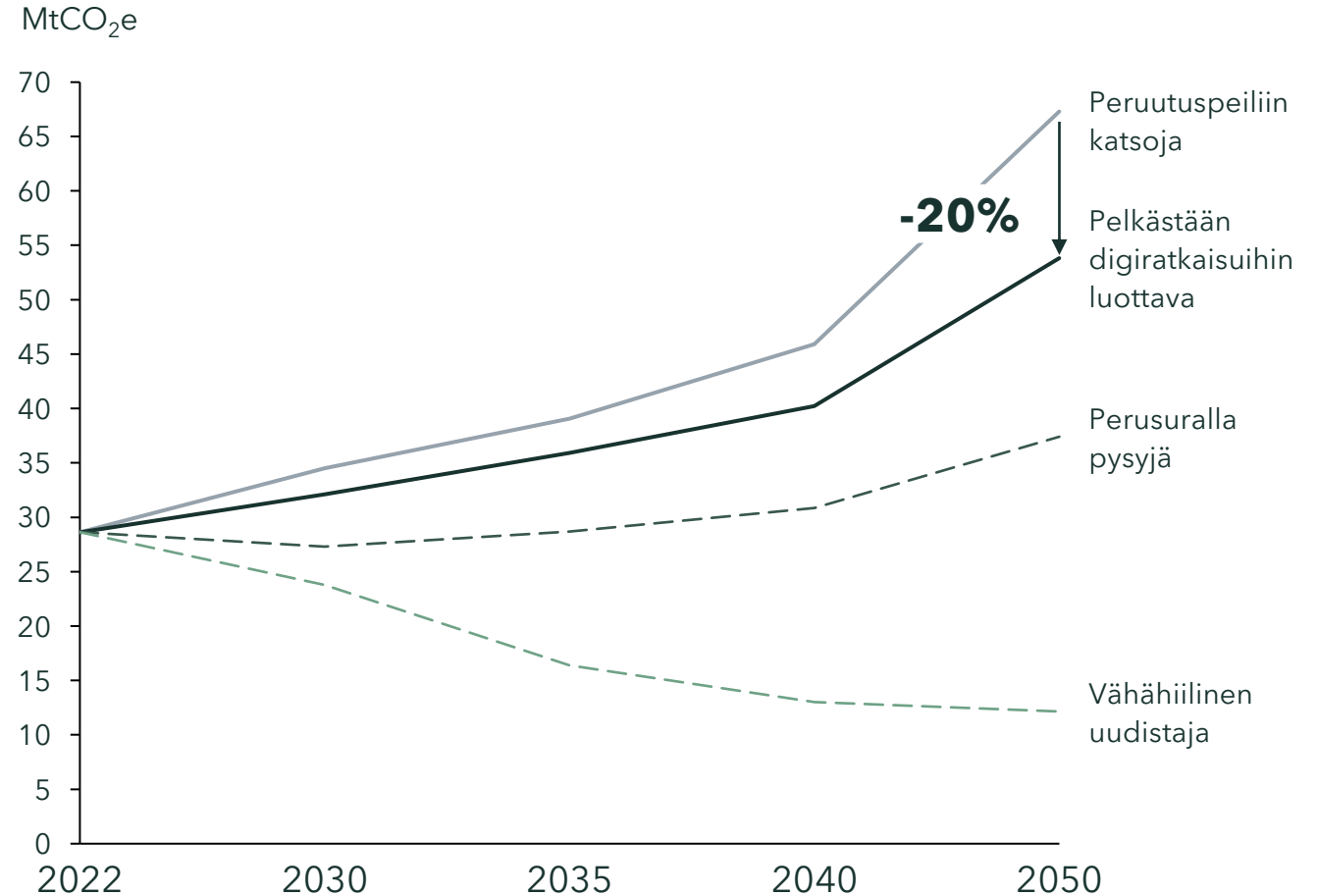
## Tuotekehitys: VR/AR, digitaaliset kaksoset, IoT, robotiikka ja automaatio

- Virtuaalinen T&K prosessi pienentää niin materiaaliarpeita kuin prosessiin käytettävää aikaa, joka puolestaan vähentää esim. energiankulutusta

# Digiratkaisujen päästövähennyspotentiaali on jopa 13 MtCO<sub>2</sub>e vuodessa

## Digiratkaisujen päästövähennyspotentiaali

- Digiratkaisujen päästövähennyspotentiaalia ei voi suoraan eritellä aikaisemmin esitellyistä skenaarioista, **sillä se on usein sisäänrakennettu osa ja edellytys muiden toimenpiteiden toteuttamiselle.**
- On myös huomioitava, että **digiratkaisut tuottavat jo nykyisellään maailman päästöistä n. 3%**, josta suurin osa syntyy sähkön kulutuksen kautta. Tämä kulutus on sisällytetty jo skenaarioihin.
- World Economic forum arvioi kuitenkin, että **digiratkaisuilla on mahdollisuus pienentää n. 20% päästöjä**, kun tilannetta verrataan Peruutuspeiliin katsoja -skenaarioon.
- On arvioitu, että tällaisen päästövähennyksen yhteydessä olisi huomattavissa ns. "rebound" efekti, joka tarkoittaa että digiratkaisujen lisääntynyt energia- ja materiaalikysyntä kumoaisi n. 10-30% mahdollisista päästövähennyksistä. Tämä on energiantarpeen kasvaminen on kuitenkin jo sisällytetty skenaarioihin.
- Materiaalitarpeita on sen sijaan tarkasteltu tämän työn toisessa osiossa.



# Digiratkaisuilla on potentiaalia yli 20% päästövähennyksiin, erityisesti, jos energiateollisuus vähähiilistyy

## Digiratkaisujen päästövähennyspotentiaali

Yritysten suorat päästöt ja epäsuorat energiapäästöt

8%<sup>1</sup>

Ostettujen tuotteiden ja palveluiden sekä investointien päästöt

7%<sup>1</sup>

Kuljetusten ja jakelujen päästöt

5%<sup>1</sup>

Myytyjen tuotteiden asennuksen ja käytön päästöt

Luotettavaa dataa ei saatavilla

## Todennettuja esimerkkejä toimialan yrityksissä kansainvälisesti

- Autonomisia robotteja ja digitaalisia kaksosia hyödyntävällä tuotannolla sekä optimoidulla tuotanto- ja toimitusketjuhallinnalla on mahdollista pienentää energiankulutusta ainakin 25%
- Virtuaali- ja etätyökäytännöt sekä virtuaalinen T&K prosessi pienentävät energiankulutusta entisestään

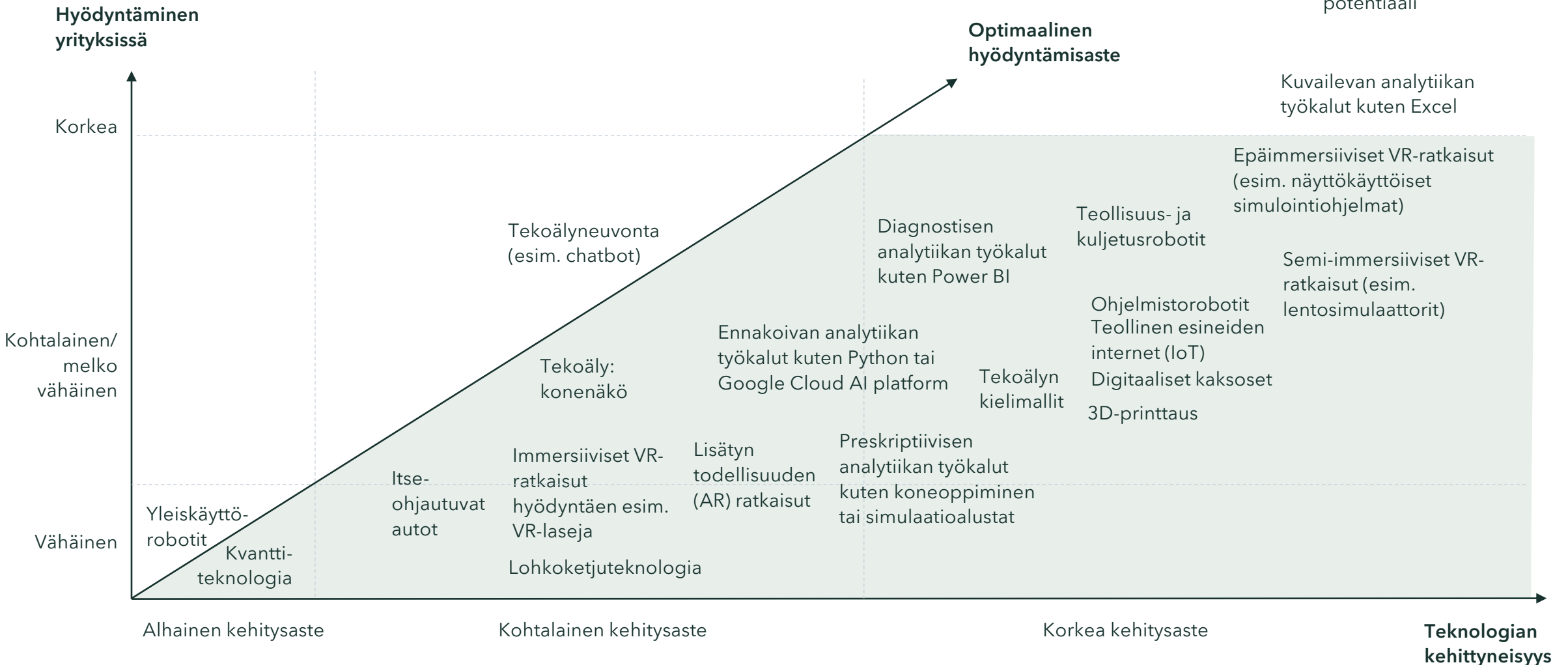
- Autonomisia robotteja ja digitaalisia kaksosia hyödyntävällä tuotannolla sekä optimoidulla tuotanto- ja toimitusketjuhallinnalla on mahdollista pienentää materiaalikulutusta ainakin 17%
- Virtuaalisella T&K prosessilla voi pienentää T&K materiaalikulutusta yli 50%

- Esimerkiksi itseajavat kulkuneuvot voivat vähentää 11-27% polttoaineen kulutuksesta
- Optimoidut reitit ja lastaus max. 20% kuljetusten päästöistä
- Koordinoitu tuotanto- ja toimitusketjuhallinta max.15% kuljetusten päästöistä

- Esimerkiksi huoltojen oikein kohdentaminen dataseurannan kautta voi pienentää 20% asiakkaan tuotteen kautta syntyviä materiaalitարpeita tai 30% tuotteen energiatarvetta.
- Asiakkaan tuotekäyttöä seuraamalla ja analysoimalla on mahdollista tarjota koulutusta tai yksilöidympiä tuotteita päästöjen radikaaliinkin vähentämiseen (esim. työkoneen mahdollisimman taloudellinen ajotapa)

# Digiratkaisujen pullonkaulana on useimmiten yritysten mukautumismahdollisuudet

Alihyödynnetty potentiaali



# Digiratkaisuiden päästövähennysten edellytys on ratkaisuiden laajamittaisempi hyödyntäminen

1

Digiratkaisut ovat **työkalu** muiden päästövähennystoimenpiteiden aikaansaamiseksi. Ratkaisuiden käyttöönotto vaatii systemaattisuutta.

2

Päästövähennysvaikutus voi olla jopa 20 %, **jos digiratkaisuiden käyttämä energia on vihreää.**

3

Digitaalisten ratkaisuiden **kehitysaste mahdollistaisi laajamittaisemman hyödyntämisen yrityksissä** kuin tällä hetkellä.

4

Digiratkaisuiden päästövähennyspotentiaalin **hyödyntäminen vaatii erityisesti kyvykkyyksiä kerätä laadukasta dataa.**

# Digitaalisten ratkaisujen merkitys vähähiilistymisessä – tärkeimpiä lähteitä koottuna

[Why manufacturers should use digital twins for sustainability not just productivity](#)

[Frost & Sullivan Reveals How the Lights-Out Setting is Redefining Manufacturing](#)

[VR and Sustainability: How Virtual Reality Helps protect Climate](#)

[Action on climate change: freight consolidation to reduce the amount of co2 emissions](#)

[The Value of Preventative Maintenance for Achieving Sustainability Goals](#)

[How circular strategies can be used to decarbonize Scope 3 GHG emissions](#)

[Sustainability 2.0: How robotics is transforming our world](#)

[Does remote work help the climate? How remote access and support affect greenhouse gas emissions](#)

[Just In Time arrival can reduce fuel consumption and emissions by 14%](#)

[The Impact of Just in Time \(JIT\) in Inventory Management - Perspectives from Two Case Studies in a South African Environment](#)

[Virtual Reality for Manufacturing: Use Cases for Productivity](#)

[Autonomous electric vehicles can reduce carbon emissions and air pollution in cities](#)

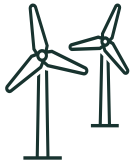
# 4.4. Kaksoissiirtymän vaatimat raaka-aineet



# Kriittisten materiaalisen saannin turvaaminen liittyy olennaisesti digivihreään kaksoissiirtymään

Kaksoissiirtymä eli vihreä siirtymä ja digisiirtymä vastaavat yhteiskunnan vähähiilistymisen tarpeeseen.

## Murroksen ajurit



Luopuminen fossiilisista polttoaineista lisää tarvetta uusiutuville energiamuodoille.



Digiratkaisut kuten tuotannon optimointi tukevat päästövähennysten saavuttamisessa.



EU on nykyisellään hyvin riippuvainen tietyistä maista raaka-aineiden saatavuuden osalta.

Kriittisten materiaalien saannin turvaaminen on tärkeää yritysten vähähiilistymisen saavuttamiseksi. Kriittiset materiaalit tarkoittavat materiaaleja, joista on niukkuutta ja joihin liittyy hankintariskiä.

## Tarvittavat kyvykkyydet



1. Yritysten **myymien tuotteiden ja palveluiden vaatimat materiaalit**, esim. li-ion akut, elektrolyysit, H<sub>2</sub>-DRI (suorapelkistetty rauta), tiedonsiirtoverkot



2. Yritysten **päästövähennyksiin liittyvien hankintojen vaatimat materiaalit**, esim. vihreä sähkö tai päästöjä vähentävät tuotantoteknologiat

# Tavoitteellisten päästövähennystavoitteiden saavuttaminen vaatii kriittisten materiaalien turvaamista

## Tarkastelun tausta ja tavoite

- Osa teknologiateollisuuden päästövähennyksistä vaatii ratkaisuja, joihin kuuluu kriittisiä materiaaleja, jolloin näiden **saatavuuden varmistaminen nousee tärkeäksi kahdesta näkökulmasta**:
  1. Yritysten **myymien tuotteiden ja palveluiden** vaatimat materiaalit
  2. Yritysten **päästövähennyksiin liittyvien hankintojen** (kuten vihreä sähkö tai päästöjä vähentävät tuotantoteknologiat) vaatimat materiaalit.

## Kriittisten materiaalien määritelmä

- Yleisesti kriittiset materiaalit tarkoittavat materiaaleja joista on niukkuutta ja joihin liittyy hankintariskiä
- Tässä työssä **puhuttaessa kriittisillä materiaaleilla viitataan kuitenkin EU:n vuoden 2023 selvityksessä tunnistettuihin 34 materiaaliin tai materiaaliryhmään kaksoissiirtymän näkökulmasta.**
- Pullonkaulamateriaalilla puolestaan tarkoitetaan tästä listasta valittuja materiaaleja, joiden kysynnän ja tarjonnan välillä ennustetaan olevan suurin ero

## Työn rajaus

- Tarkastelun kohteena ovat suomalaisen teknologiateollisuuden yritysten kaksoissiirtymän (digi- ja vihreän siirtymän) toimenpiteisiin liittyvät kriittiset materiaalit
- **Materiaalitarkastelun osalta on tärkeää huomioida globaali (erityisesti EU) näkökulma**, sillä materiaalien kysyntä on kansainvälistä ja monet hankinnat tulevat Suomen ulkopuolelta
- Samanaikaisesti **analyysi huomioi Suomen teknologiateollisuuden erityispiirteet**, joten tiettyjen materiaalien saatavuus korostuu vahvemmin kuin globaalilla tasolla keskimäärin
- Työssä on tarkastelu myös mm. suomalaisen teknologiateollisuuden volyymiltaan suurimpia materiaaleja kuten terästä alumiinia ja kuparia, mutta materiaalien syvempi analyysi on keskittynyt muihin materiaaleihin, joiden kysynnän ja tarjonnan välillä nähdään suhteellisesti isoimmat erot.

# Työn rajausta perustuu EU tason kaksoissiirtymän vaatimien materiaalien tarkasteluun



## Työn rajausta

Tässä työssä tarkastellaan Suomen teknologiateollisuudelle merkittävimpiä ja muita EU:lle strategisia ja kriittisiä materiaaleja. **Pohjana on EU:n selvitys kriittisimmistä materiaaleista kaksoissiirtymään tarvittaviin teknologioihin.** Täten esim. bioenergiateknologiaa ei ole erikseen käsitelty.

Jotkut materiaaleista, joita Suomen teknologiateollisuus käyttää suurina volyymeina, **eivät ole esteenä** kaksoissiirtymän toteutumiselle. Nämä materiaalit ovat tällöin joko hankintariskiltään tai taloudelliselta merkittävyydeltään alle tarkastelutason.

Tärkeää on silti varmistaa näiden materiaalien saatavuus, kustannustehokkuus ja kaksoissiirtymän edistäminen. Tärkeimmät toimenpiteet:

1. Vähennetään materiaalien päästöjä, kuten vihreä teräs
2. Panostetaan materiaalien kierrätettävyyteen

<sup>1</sup>Perustuen EU-selvityksiin hankinta- ja talousriskeistä:

[Supply chain analysis and material demand forecast in strategic technologies and sectors in the EU - A foresight study, 2023](#)

[Study on the Critical raw materials for the EU, 2023](#)

[Kriittiset materiaalit teknologiateollisuudessa, 2022](#)

# Tietyt teknologiset ratkaisut ovat Suomen teknologiateollisuudelle EU keskitasoa tärkeämpiä

Suomen teknologiateollisuuden (TT) tarjoamaan liittyvät teknologiat\*

Suomen TT:n päästövähennyksiin liittyvien hankintojen teknologiat\*

Muut kaksoissiirtymään liittyvät teknologiat



Uusiutuva energia



Li-ion-akut



Elektrolyysit



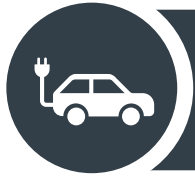
Tuuliturbiinit



Lämpöpumput



Aurinkovoimapaneeelit



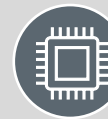
E-liikkuvuus



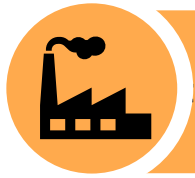
Li-ion-akut



Sähkövetomootorit



Polttokennot



Energia-ensiivinen teollisuus (EIT)



H2-DRI  
(suorapelkistetty rauta vetyä hyödyntäen)



Lämpöpumput



ICT



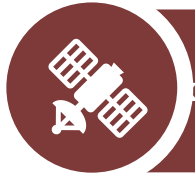
Tiedonsiirtoverkot



Data-varastot ja serverit



Älypuhelimet, tabletit ja kannettavat tietokoneet



Avarusteknologia ja puolustus (ATP)



3D-printtaus



Robotit



Dronet



Avaruuslaukaisimet ja -satelliitit

# Kaksoissiirtymän vaatimien raaka-aineiden tarve korostuu kolmella teknologiateollisuuden päätoimialalla

## Metallinjalostus ja kaivostoiminta

- Kaivostoiminnassa ja louhinnassa muodostui noin 0,5% bruttoarvonmuodostuksessa sekä Suomessa että EU maissa keskimäärin. Suomi on kuitenkin **viiden kaksoissiirtymään tärkeän metallin osalta EU:n ainoa tai ylivoimaisesti suurin tuottaja**. Nämä ovat kromi, koboltti, platina, palladium sekä nikkeli, jonka tuotannosta Suomen osuus oli vuonna 2021 jopa 90 %. Näiden lisäksi kuparia, litiumia ja fosforia kaivetaan Suomessa merkittäviä määriä ja varantoja on myös PGM, REE sekä grafiitissa.
- Suomi on erityisesti **metallien jalostukseen** erikoistunut maa. Sinkkiä, kuparia, hopeaa, nikkeliä ja kobolttia rikastetaan merkittävästi kotimaista kaivostuotantoa enemmän. Erityisen suuri rooli voisi olla **akkumateriaalien louhinnalla ja jalostuksella**.

## Kone- ja metallituoteteollisuus

- Vuonna 2023 Suomessa teollisuudessa muodostui 21,3% bruttoarvonmuodostuksesta. EU maissa keskimäärin tämä on 20,5%. **Historiallisesti Suomessa teollisuuden merkitys elinkeinona on korkeampi kuin muissa Euroopan maissa**. Teknologiateollisuuden osuus koko teollisuuden bruttoarvonmuodostuksesta on noin 60% vuonna 2022.
- Kone- ja metallituoteteollisuus **on merkittävänä mahdollistajana** kaksoissiirtymän teknologioiden tuotannossa. Suomessa on useita **akkumineraalikaivoksia sekä -prosessointilaitoksia, ja ICT ja robotiikan** alalla on Suomessa laaja osaaminen ja useita yrityksiä.

## Elektroniikka- ja sähköteollisuus sekä tietotekniikka

### Merkitys päästövähennyksille

- Kaksoissiirtymän vaatimien raaka-aineiden kysynnän kasvussa on **merkittäviä mahdollisuuksia Suomen teknologiateollisuudelle**. Suomen vahvuuksia kaivosalalla ovat mm. kaivoslaite- ja teknologiaosaaminen sekä kattava jatkojalostustoiminta. Teollisuudessa vahvuuksia akkuklusterin sekä ICT- ja robotiikan alueilla.
- Alan vahvistamiseksi olisi tärkeää vahvistaa erityisesti **materiaalien kierrätystä**. Lisäksi tärkeää varmistaa **puhtaan energian** saatavuus sekä hinta ja **sujuvoittaa viranomaismenettelyitä** entisestään.
- Jarruttavina tekijöinä voidaan nähdä osaavan **työvoiman saatavuus ja toimialan houkuttelevuus** sekä **puutteellinen ymmärrys raaka-aineriippuvuudesta**. Myös kotimaisen rahoituksen vähyyys sekä nettovaikutukset ympäristöön on tärkeää huomioida.

2022 [Statistics and the outlook for 2023-2027](#), WindEurope

2023 [Lapista paljastui maailmanlaajuisesti merkittävä harvinaisten maametallien esiintymä](#), Helsingin Sanomat

2023 [Gross value added and income by industry](#), Eurostat (europa.eu)

2023 [Kaivosalan toimialaraportti 2023](#), Työ- ja elinkeinoministeriö

# Teknologiasteollisuudelle korostuvien teknologioiden kautta voidaan arvioida kriittisimpiä materiaalitarpeita

Suomen teknologiasteollisuuden (TT) tarjoamaan liittyvät teknologiat ja niiden pullonkaulamateriaalit

Suomen TT:n päästövähennyksiin liittyvien hankintojen teknologiat ja niiden pullonkaulamateriaalit



## Uusiutuva energia



Li-ion-akut

- Litium
- Grafiitti
- Koboltti
- Nikkeli



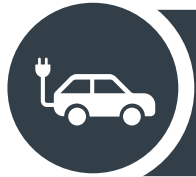
Elektrolyserit

- Grafiitti
- PGMt (erityisesti palladium)
- Nikkeli



Tuuliturbiinit

Eryisesti magneetteihin käytettävät harvinaiset maametallit (**REE**) kuten neodinium ja dysprosium



## E-liikkuvuus



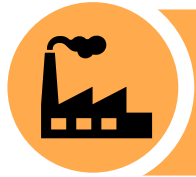
Li-ion-akut

- Litium
- Grafiitti
- Koboltti
- Nikkeli



Sähkövetomootorit

Eryisesti magneetteihin käytettävät harvinaiset maametallit (**REE**) kuten neodinium ja dysprosium



## Energia-intensiivinen teollisuus (EIT)



H2-DRI (suorapelkistetty rauta vetyä hyödyntäen)

Ei varsinaisia pullonkaulamateriaaleja, mutta tärkeää on kiinnittää huomiota seuraavien materiaalien saantiin:

- Vihreä vety
- DRI-tason rautamalmi
- Grafiitti

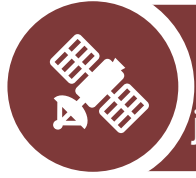


## ICT



Tiedonsiirtoverkot

Paljon erilaisia materiaalitarpeita, kriittisimpinä kuitenkin suuri joukko harvinaisia maametalleja (**REE**)



## Avaruusteknologia ja puolustus (ATP)



3D-printtaus

Paljon kriittisiä materiaalitarpeita, esimerkiksi titaani



Robotit

Laaja materiaalitarpohja, tarkempi tulevaisuuden analyysi kuitenkin vaikeaa monien muuttujien takia

# Suomessa kriittisten materiaalien painopiste muuttuu kaksoissiirtymän vaatimusten myötä

## Nykytila



## Tulevaisuus

- Kriittisten materiaalien nykytilaa arvioidessa voidaan käyttää Teknologiateollisuuden toteuttamaa kyselyä vuodelta 2022, jossa 80 alan yritystä (painottuen metalli- ja konepajateollisuuteen) listasi itselleen tärkeimmät materiaalit.
- Viiden tärkeimmän kriittisen materiaalin joukkoon nostettiin **koboltti, volframi, magnesium, litium, antimoni ja titaani**
- Lisäksi **koksi, bauksiitti, kevyet harvinaiset maametallit sekä pii** saattavat olla joillekin alan toimijoille erittäin tärkeitä materiaaleja.
- On huomioitava, että kyselyn vastaajakunta oli kohtalaisen homogeenistä eikä heitä suoraan pyydetty analysoimaan pidemmälle tulevaisuuteen syntyviä tarpeita tai kaksoissiirtymän tarpeita.

- Tulevaisuuden muutoksia voidaan tarkastella analysoimalla EU:n kriittisten teknologioitten vaikutusten laajuutta Suomessa sekä näiden lisäämiä raaka-ainetarpeita.
- **Tärkeimmäksi teknologiaksi voidaan nähdä H2-RDI**, jolla on mahdollisuus pienentää huomattavasti terästeollisuuden päästöjä.
- Suomessa korostuu todennäköisesti tulevaisuudessa muuta Eurooppaa vahvemmin **myös tuulivoimarakentaminen, päästötön liikkuminen, tiedonsiirtoverkot ja mahdollisesti 3D-printtaus, robotiikka ja vetytalous**
- Näiden teknologioiden kautta kriittisiksi materiaaleiksi muodostuu erityisesti **harvinaiset maametallit** kuten neodymi ja dysprosium. Lisäksi tärkeiksi nousee **DR-tasoinen teräs, vety, grafiitti ja mahdollisesti nikkeli**. Mahdollinen vetytalouspainotus toisi tärkeäksi erityisesti **PGM:t**

# 5. Teknologiaateollisuuden hiilikädenjälki



# Hiilikädenjäljen tarkastelu keskittyä toimintaympäristön muutokseen ja markkinakysynnän kehittymiseen

## Yleiskuvaus kädenjälkipotentiaalista

Ensimmäinen osio kuvaa, mitä kädenjälki tarkoittaa ja esittelee kädenjäljen tapauskohtaisuuden. **Teknologioteollisuuden erityispiirre on se, että hiilikädenjälkipotentiaali on merkittävä** suhteessa toimialan hiilijalanjälkeen.

Lisäksi kuvataan, miten teknologioteollisuuden **yrietykset voivat kasvattaa omaa hiilikädenjälkeään** (myöh. kädenjälki).

Tarkastellaan myös tulevaisuuden näkymiä ja Teknologioteollisuuden yrityksiin kohdistuvia ilmiöitä **Gaian ennakointi-**työkalun avulla.

## Klusterit ja avainteknologiat

**Klusterilla** tarkoitetaan arvoketjuja, joihin linkittyä teknologioteollisuuden ratkaisuja eri toimialoilta. 10 klusteria kuvaavat markkinoita paremmin kuin päätoimialat ja kertovat millaisilla markkinoilla on eniten kysyntää.

**Avainteknologiolla** tarkoitetaan teknologioteollisuuden yritysten tuottamia ratkaisuja, joilla on merkittävää kädenjälkipotentiaalia.

Klusterin perustiedot ovat edellisestä tiekartasta. Päivitettyinä klusterin kasvunäkymä, joka heijastelee taloudellista potentiaalia sekä klusterin päästönäkymä, joka heijastelee kädenjälkipotentiaalia ja selittää kysynnän kasvua.

## Kädenjälkipotentiaali

Yhteenvedossa kuvataan, **millaisilla teknologioilla ja markkinoilla on kädenjälkipotentiaalia**.

Tarkastellaan, millainen **vientipotentiaali teknologioteollisuuden tuotteilla** on huomioiden markkinan koko ja toiminnan nykyinen liikevaihto.

# Hiilikädenjälki tarkoittaa asiakkaan jalanjäljen pienentämistä

## Hiilikädenjälki



Hyötyjen lisääminen  
asiakkaille ja yhteiskunnalle



Kuvaa organisaation, tuotteen tai palvelun **potentiaalia vähentää asiakkaiden päästöjä**

- Ei yhdenmukaistettuja laskentastandardeja, joten on tärkeää olla läpinäkyvä
- Kuvaa vältettyjä päästöjä, kun asiakas valitsee tietyn tuotteen tai palvelun määritetyn verrokin sijaan

## Hiilijalanjälki



Yhteiskunnalle, ympäristölle ja ihmisille  
aiheutuvien haittojen minimointi



Kuvaa tuotteen tai organisaation **negatiivisia ilmastovaikutuksia**

- Laskettu todellisten tietojen perusteella
- GHG -protokolla
- ISO-standardit
- Elinkaariarvioinnit ja ympäristötuoteselosteet (LCA & EPD)

# Kädenjäljen määrittely alkaa laadullisesta tarkastelusta ja etenee suuruuden laskentaan

Strategia ja tulevaisuusajattelu

Millaisen kädenjäljen yrityksenä haluamme ja voimme luoda?

Miksi kädenjäljellä on merkitystä

Kädenjälki auttaa **ymmärtämään positiivisia ympäristövaikutuksiamme** ja ohjaa meitä **kehittämään ratkaisuja**, jotka auttavat asiakkaita ja yhteiskuntaa vähentämään negatiivisia ympäristövaikutuksia.

Kädenjälki on työkalu, jolla **luodaan ja saadaan enemmän arvoa** ja osoitetaan mahdollisuudet vähentää kielteisiä ympäristövaikutuksia

Kädenjäljen kuvaamisen tasot

Laadullinen kädenjäljen kuvaus

Kädenjäljen laskenta

Keskeinen sisältö

Asiakkaan prosessien ja niiden aiheuttamien negatiivisten ympäristövaikutusten tunnistaminen, joihin ratkaisulla voidaan puuttua.

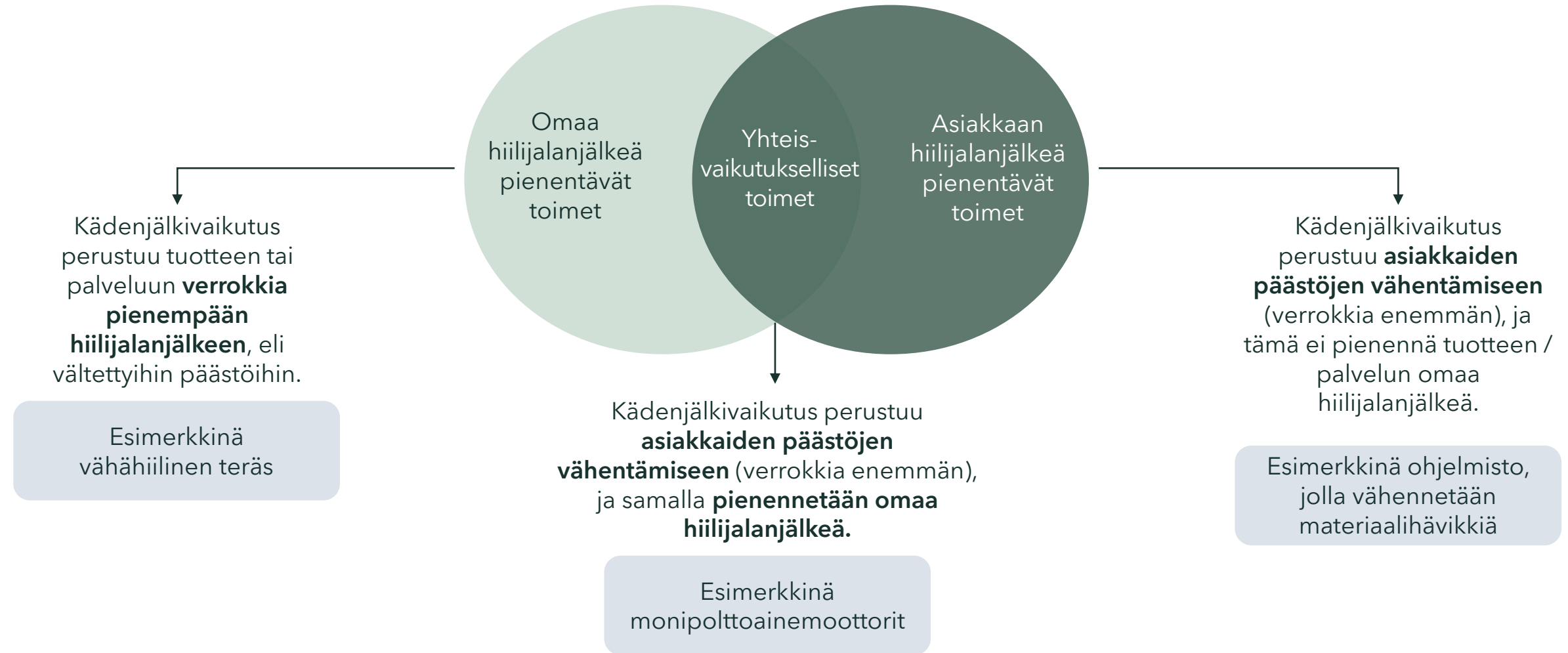
Muiden vaihtoehtoisten ratkaisujen tai toimintatapojen (eli verrokin) löytäminen ja niiden tapojen tunnistaminen, joilla ratkaisu eroaa niistä.

Tietojen kerääminen ja laskelmien suorittaminen, joissa esimerkiksi verrataan kahta jalanjälkeä tai lasketaan päästövähennemä asiakkaan prosesseissa:

$\text{Kädenjälki} = \text{Verrokki} - \text{Ratkaisu}$

Kädenjälki syntyy, jos tarjotulla ratkaisulla on pienempi jalanjälki kuin verrokkituotteella tai -palvelulla.

# Hiilikädenjälki on aina tapauskohtainen ja vertailukohtaan määrittäminen tärkeää

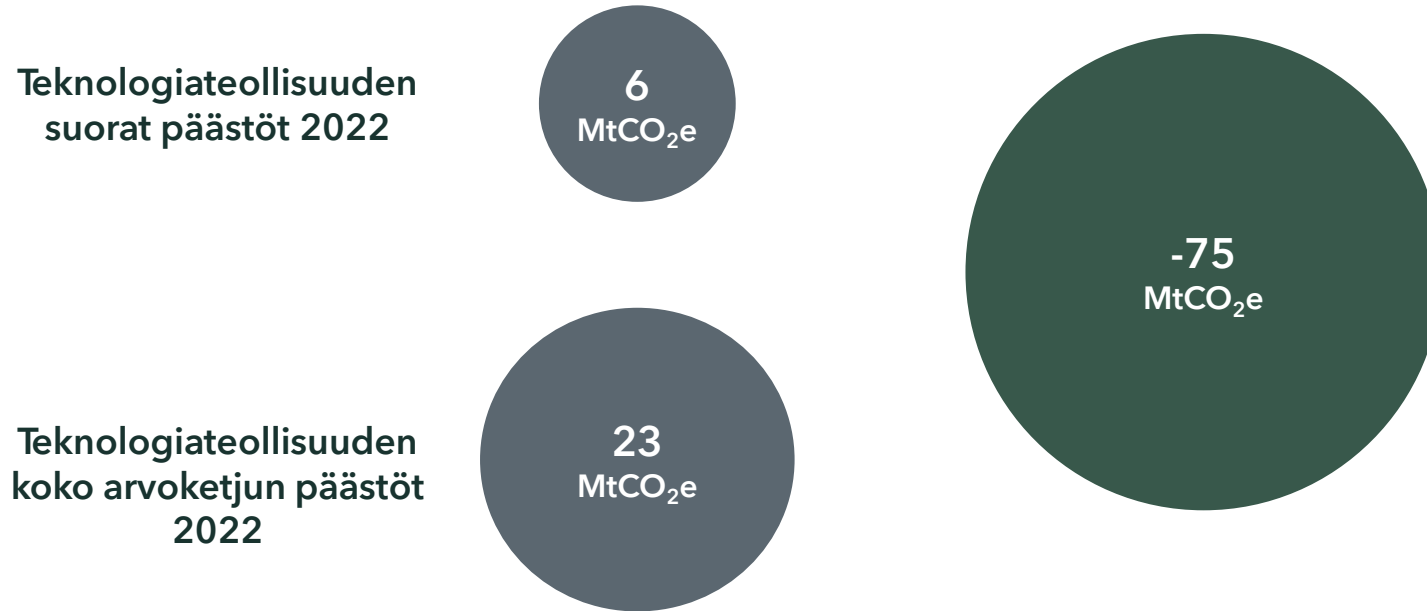


# Tarjoaman tyypit ja kädenjälkimekanismit paljastavat miten yritykset voivat kasvattaa kädenjälkeään

Kädenjälkimekanismit kuvaavat mihin keskittymällä eri tuotetyyppien kädenjälkeä voidaan kasvattaa eniten. Yhteisvaikutuksellisten toimien kohdalla samoilla toimenpiteillä voidaan vaikuttaa sekä oman hiilijalanjäljen pienentämiseen että asiakkaan päästöjen vähentämiseen.

Tarjoaman tyyppi	Kädenjälkimekanismi			Päästöjen painottuminen yrityksessä
	Omaa hiilijalanjälkeä pienentävät ratkaisut	Yhteisvaikutukselliset toimet	Asiakkaan päästöjen vähentäminen	
 <b>Raaka-aineet</b>	 <i>Esim. teräs, muut metallit</i>			Suorat päästöt
 <b>Energiariippuvaiset tuotteet</b> Energiaa kuluttavat ja tuottavat		 <i>Esim. hissi, polttomoottori, paperikone</i>		Myytyjen tuotteiden käyttö
 <b>Omavalmisteiset fyysiset tuotteet</b>	 <i>Esim. sakset, avaimet, metallikomponentit</i>			Ostoenergia, Hankinnat & Logistiikka
 <b>Palvelut ja ohjelmistot</b>			 <i>Esim. ohjelmisto jolla vähennetään materiaalihävikkiä</i>	Hankinnat, liikematkustus

# Teknolohiateollisuuden erityispiirre on suuri hiilikädenjälki suhteessa toimialan hiilijalanjälkeen



## Teknolohiateollisuuden vientituotteiden vuosittainen kädenjälkipotentiaali<sup>1</sup>

Kädenjälkipotentiaalin suuruusluokka syntyy oletuksesta, että teknolohiateollisuuden vientituotteet saisivat tietyn osuuden markkinastaan globaalisti (vaihdellen 0,1–20%).

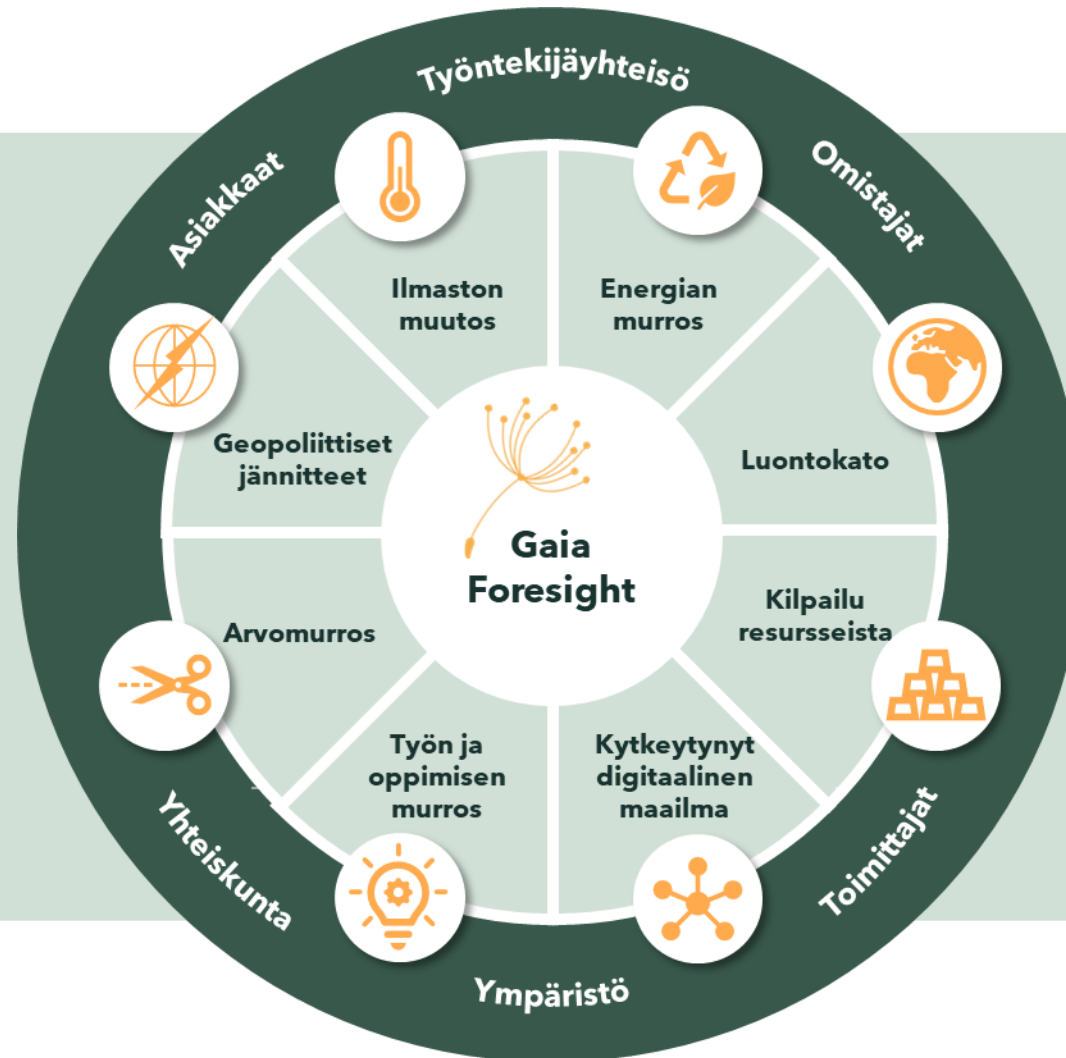
Laskennassa huomioidaan vuosittainen päästövähennyspotentiaali sekä oman hiilijalanjäljen pienentämisen että asiakkaiden hiilijalanjäljen pienentämisen kautta.

Toimialan vienti on noin 50% koko Suomen tavara- ja palveluviennistä

# Kädenjälkityössä on hyödynnetty ennakointityötä

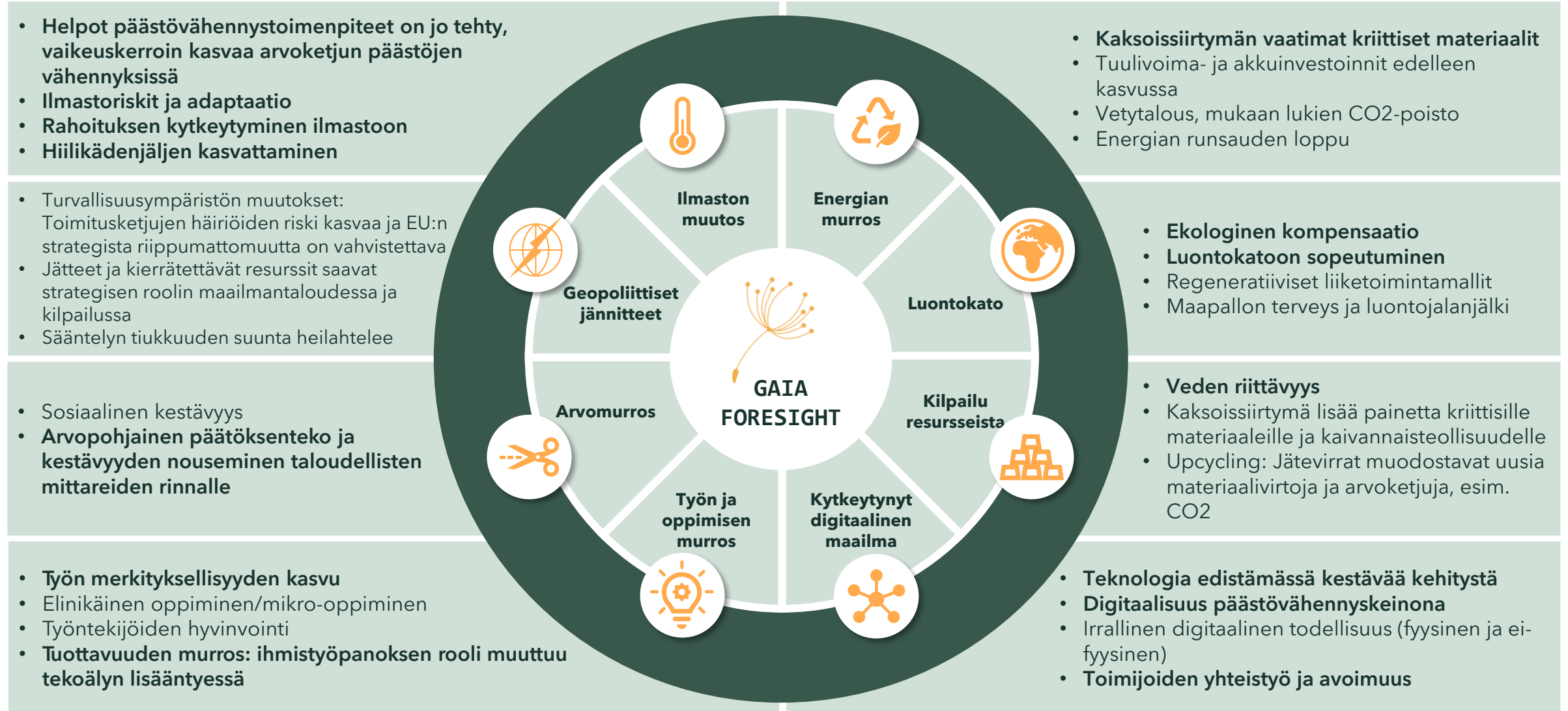
**Gaia Foresight** kerää ja tulkitsee trendejä ja ilmiöitä eri lähteistä luodakseen ymmärrystä mahdollisista tulevista kehityskuluista, jotka muokkaavat liiketoimintaa.

- Median seuranta
- Toimialaraportit ja -katsaukset
- Tulevaisuudentutkijoiden panos tulevaisuudentutkimusfoorumeilta
- Sääntelyyn liittyvä kehitys



Miten markkinat muuttuvat kädenjälki-ratkaisujen näkökulmasta? Miten muutokset vaikuttavat kädenjälki-ratkaisujen potentiaaliin?

# Teknologiategollisuuden yrityksiin vaikuttavia ilmiöitä





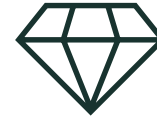
# Kädenjäljen arviointia ja sen tuottamaa tietoa voidaan hyödyntää moniin tarkoituksiin



Tukena  
strategiseen  
päätöksentekoon



Syötteenä  
tuotekehitykseen &  
kehitysmahdollisuuksien  
tunnistamiseen



Arvon myyntiin  
&  
erottautumiseen



Vaikutuksen  
uskottavaan  
viestintään

# 5.1. Klusterikuvaukset

# Päivitetyt klusterikuvaukset syöttävät markkinatietoa kädenjälkipotentiaalin arviointiin

Klusterilla tarkoitetaan arvoketjuja, joihin linkittyä teknologiateollisuuden ratkaisuja eri toimialoilta. Teknologiateollisuuden 10 klusteria kuvaavat markkinoita paremmin kuin päätoimialat ja kertovat millaisilla markkinoilla on eniten kysyntää.

Klustereihin jaottelu on edellisestä tielartasta. Tässä työssä on päivitetty klusterin kasvunäkymä, joka heijastelee taloudellista potentiaalia sekä klusterin päästönäkymä joka heijastelee kädenjälkipotentiaalia ja selittää kysynnän kasvua.

## Teknologiateollisuuden 10 klusteria:



## Klusterikuvausten rakenne:

Sivu 1: Klusterin kohdemarkkinat, päästölähteet ja päästövähennyspotentiaali

**6.1. KLUSTERIKUVAUKSET**  
Merenkulun globaalit päästöt ovat 3 % kaikista päästöistä - keskeistä siirtyminen pois fossiilisista

**Kohdemarkkinat ja kriisin vaikutus**

- Meriteollisuuden pääasiainen kohdemarkkina on globaali merenkulku, joka luottaa globaalisti noin 3 % kaikista kasvihuonekaasupäästöistä.
- Merenkulun kohtuu vaikutuksia useista kriiseistä mm. kysynnän lasku ja taloudelliset haasteet, kaupppoliittiset jännitteet, geopoliittiset riskit sekä ilmastövaihtelut. Merenkulun on laajasti sopeututtava muutoksiin ja tarjota samalla tarvittava kuljetuspalveluita joka mahdollistaa tehokkaasti maailmanlaajuisen ja varmista vakaut ja ennustettavat laavallisten hinnat? Heijastukset merenkulun haasteista näkyvät useissa Teknologiateollisuuden yrityksissä.

**Päästölähteet ja päästövähennykeinot**

- Päästötjen pääasiainen lähde on öljypohjaisten polttoainoiden polttaminen. Vaikka puhtaammat polttoaineet yleistyvät vähitellen, meriliikenne on edelleen riippuvainen fossiilista polttoaineista, kuten dieselöljystä ja nesteytetystä maakaasusta.
- Meriteollisuuden toimijat ovat keskelleessä roolissa IMO:n vuoden 2050 hiilineutraaluuksitavoitteen saavuttamisessa? Jotta merenkululla voitaisiin ohjata nollapäästöihin vuoden 2050 mennessä, kokonaisnäkökulma on pyrittävä toteuttamaan noin vuonna 2025 asti, vaikka toiminnan odotetaan lisääntyvän, ja sen jälkeen niiden on säilyttävä tasaisina vuoteen 2030 mennessä? Nämä tavoitteet koskevat koko maailmanlaajuisesti, ei vain osia aluksista?
- Suurinmäärä päästövähennyksiä tulevat?
  - Uusiutuvan energian hyödyntäminen ja polttoainojen polttamisen siirtäminen
  - Energiatehokkaimpien alusten kehittämistä
  - Polttoainetehokkuuden parantamista
  - Polttoainetehokkuuden ja sääntelyä

**Merenkulun polttoaineet**

Vuosi	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	NO <sub>x</sub>
2017	~100%	~10%	~10%
2020	~100%	~10%	~10%
2025	~100%	~10%	~10%

Sivu 2: Klusterin merkitys Suomessa, kädenjälki- ja avaintuotteet sekä esimerkkiyrityksiä

**6.1. KLUSTERIKUVAUKSET**  
Meriteollisuus on yksi Suomen tärkeimpiä vientialoja

**Meriteollisuus Suomessa**

- Meriteollisuudessa toimivien yritysten yhteislaatuista liikevaihdosta vientiä on tyypillisesti yli 90 prosenttia. Suomen meriteollisuus kattaa laajasti erilaisia toimintoja:
  - Tekniikka ja konepajateollisuus
  - Kokonaistuotajat
  - Suunnittelutoiminta ja suunnittelun tuottajat
  - Alkuperäisiä alustamateriaaleja
  - Ohjelmistotoiminta
- Yhä useampi on teollisuus- ja palvelusalaan siirtymässä ja siihen liittyvä osaaminen.** Teollisuus on enenevässä määrin kokonaistuotantua, josta 80 % laivasta voi olla alihankintaverkoston valmistamaa. Meriteollisuuden lähtemättä ovat satamatoiminnat, merenkulku ja varustamotominta.

**Klusterin kädenjälki- ja avaintuotteet**

- Avaintuotteet
  - Energiatehokkaat polttoainot
  - Meriliikenne
  - Hiilineutraalit energiantuotantolaitteet
  - Satamatoiminnan optimointi
- Operatiiviset ratkaisut, kuten satamatoiminnan optimointi, reititoptimointi

**Esimerkkejä yrityksistä**

- Meyer Turku, Helsinki Shipyard, Pori Offshore Construction, Rauma Marine Construction, Elomatic, Deltamarin, KAPA, ABB, Ailsa Laval Aalborg, Alan Arctic, Cargotec, Eric, Helsinki Block, Kvaerner, Manulife Corporation, Metso, Heibon, ja Wärtsilä

**1100 yritystä**, **25 400 työntekijää**, **7,7 milj. € liikevaihtoa**

# Merenkulun globaalit päästöt ovat 3% kaikista päästöistä - keskeistä on siirtyminen pois fossiilisista

## Kohdemarkkinat ja kriisien vaikutus

- Meriteollisuuden pääasiallinen kohdemarkkina on globaali merenkulku, joka tuottaa globaalisti noin 3 % kaikista kasvihuonekaasupäästöistä<sup>2</sup>.
- Merenkulkuun kohdistuu vaikutuksia useista kriiseistä mm. **kysynnän lasku ja taloudelliset haasteet, kauppapoliittiset jännitteet, geopoliittiset riskit sekä lisääntyvä ympäristösääntely**. Merenkululle on keskeistä sopeutua muutoksiin ja tarjota samalla tarvittava kuljetuskapasiteetti, joka mahdollistaa tehokkaasti maailmankaupan ja varmistaa vakaat ja ennustettavat laivaliikenteen hinnat<sup>3</sup>. Heijastukset merenkulun haasteista näkyvät useissa Teknologiateollisuuden yrityksissä.

Meriteollisuus  
globaalisti 173,4  
mrd. € (2023)

Meritse kulkee 90%  
tavaraliikenteestä

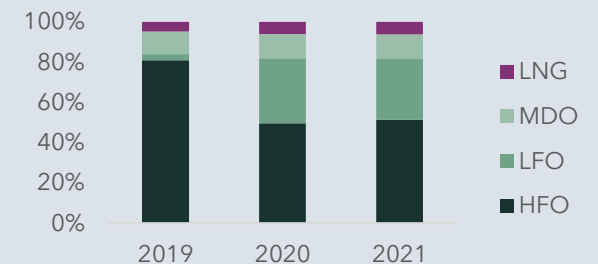
Merikuljetusten  
kysyntä 3X  
vuoteen 2050<sup>3</sup>

## Päästölähteet ja päästövähennyskeinot

- Päästöjen pääasiallinen lähde on öljypohjaisten polttoaineiden polttaminen. Puhtaampien polttoaineiden yleistyessä vähitellen meriliikenne on edelleen riippuvainen fossiilisista polttoaineista, kuten dieselöljystä ja nesteytetystä maakaasusta.
- Meriteollisuuden toimijat ovat keskeisessä roolissa IMO:n vuoden 2050 hiilineutraaliustavoitteiden saavuttamisessa.<sup>1</sup> Jotta merenkulkuala voitaisiin ohjata nollapäästöihin vuoteen 2050 mennessä, kokonaispäästöjen on pysyttävä tasaisina noin vuoteen 2025 asti, vaikka toiminnan odotetaan lisääntyvän, ja sen jälkeen niiden on alettava laskea vuoteen 2030 mennessä<sup>4</sup>. Nämä tavoitteet koskevat koko meriliikennettä, ei vain uusia aluksia<sup>2</sup>. Lisäksi meriliikenne on vuoden 2024 alusta ollut osa päästökauppajärjestelmää.

- Suurimmat päästövähennykset tulevat<sup>1</sup>
  - Uusiutuvan energian hyödyntämisestä ja puhtaampiin polttoaineisiin siirtymisestä
  - Energiatehokkaampien aluksien kehittämisellä
  - Polttoainetehokkuuden parantamisella
  - Poliittiset toimenpiteet ja regulaatio

Meriliikenteen polttoaineet



<sup>1</sup> 2023 IMO Strategy on Reduction of GHG Emissions from Ships, IMO <sup>2</sup> Suomen Varustamot

<sup>3</sup> 2023 Review of Maritime Transport, UNCTAD <sup>4</sup> International Shipping, IEA

# Meriteollisuus on yksi Suomen tärkeimpiä vientialoja

## Meriteollisuus Suomessa

- Meriteollisuudessa toimivien yritysten yhteenlasketusta liikevaihdosta vientiä on tyypillisesti yli 90 %. Suomen meriteollisuus kattaa laajalti erilaisia toimijoita:
  - Telakat ja korjaustelakat
  - Kokonaistoimittajat
  - Suunnittelutoimistot ja ohjelmistojen tuottajat
  - Järjestelmä- eli laitetuimittajat
  - Offshore-toiminnot
- **Ytimessä on telakoilla tapahtuva laivanrakennus ja siihen liittyvä osaaminen.** Telakat ovat enenevässä määrin kokoonpanotelakoita – jopa 80 % laivasta voi olla alihankintaverkoston valmistamaa. Meriteollisuuden lähitoimialoja ovat satamatoiminnot, merenkulku ja varustamotoiminta.

1100 yritystä

25 400 työllisyys

7,7 mrd. €  
liikevaihto

## Klusterin kädenjälkituotteet ja avainteknologiat

- Teknologiset ratkaisut, kuten kevyemmät materiaalit, hydrodynaaminen design
- Alukset kokonaistoimituksina
- Alusten lukuisat komponentit
- Energianlähteet
- Operatiiviset ratkaisut, kuten satamatoimintojen optimointi, reittioptimointi

### Avainteknologiat

- Energiatehokkaat polttomoottorit meriliikenteessä
- Hiilineutraaleja energianlähteitä käyttävät moottorit meriliikenteessä
- Satamatoimintojen optimointi

## Esimerkkejä yrityksistä

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

SYKE: Meriteollisuus, [Teknoliateollisuus: Meriteollisuus](#)

1. Meriteollisuus

2. Metalli ja metallituotteet

3. Suunnittelu ja konsultointi

4. Tietotekniikka

5. Automaatio ja mittaustekniikka

6. Energia-  
tekniikka7. Tuotanto-  
tekniikka8. Kierrätys-  
tekniikka9. Rakennus-  
tekniikka10. Liikenne-  
tekniikka

# Keskeisimmät päästövähennysajurit metalliklusterissa ovat materiaali- ja energiatehokkuus

## Kohdemarkkinat globaalisti

- Metallit ovat olennainen osa yhteiskuntaamme ja niitä käytetään laajalti kaikilla toimialoilla. Rakennukset ja infrastruktuuri, koneet, laitteet ja kulkuneuvot ovat tonneissa mitattuna niiden käytön suurimpia sovelluskohteita <sup>1</sup>.
- Suurimpana osana klusteria on teräksen tuotanto, joka vuonna 2023 oli 1850 miljoonaa tonnia <sup>2</sup>. Merkittävä osa teräksen tuotannosta on siirtynyt Aasiaan, ja isoimpana tuottajana toimii Kiina, joka vastaa 54 % maailman terästuotannosta. Intia seuraa toisena 7 % osuudellaan <sup>5</sup>. Globaalin kysynnän odotetaan kasvavan yli kolmanneksella vuoteen 2050 mennessä <sup>3</sup>
- Kohdemarkkinoina voidaan nähdä globaali metallinjalostuksen arvoketju:



## Päästölähteet ja päästövähennyskeinot

- Vuotuiset suorat hiilidioksidipäästöt rauta- ja terästeollisuudesta ovat 2,6 GtCO<sub>2</sub>. Terästeollisuus puolestaan vastaa yksinään 7-9 % kaikista globaaleista suorista päästöistä, jotka johtuvat fossiilisten polttoaineiden käytöstä. Merkittävin osa näistä päästöistä syntyy kemiallisista reaktioista teräksenvalmistusprosessissa. <sup>3,4</sup>
- Koko klusteria kattavaa tiekarttaa ei ole, mutta IEA ja Worldsteel association terästeollisuuden yhteinen tiekartta tavoittelee -50% päästöjä vuoteen 2050 mennessä. <sup>3</sup>
- Päästövähennysajureita alalla ovat muun muassa: <sup>3</sup>
  - Vety, hiilidioksidin talteenotto ja varastointi (CCUS), bioenergia kuten biokoksi ja suora sähköistäminen
  - Uudet innovaatiot vähäpäästöisen teräksen tuotantoon
  - Materiaali- ja energiatehokkuus, kierrätysraaka-aineiden käyttö

<sup>1</sup> 2023, Statista, <sup>2</sup> Worldsteel Association, What is steel?

<sup>3</sup> 2020, Iron and Steel Roadmap, IEA

<sup>4</sup> Worldsteel Association, Steel facts <sup>5</sup> 2023, Worldsteel Association, Total Production

# Suomen osaaminen metallinjalostuksessa on globaalisti tunnettua

## Metalliteollisuus Suomessa

- Suomen metalliteollisuus kattaa kaapeli-, kaivos- ja valimoteollisuuden, metallinjalostuksen, sekä pelti-, eristys- ja levyalan. Toimialan päätuotteita ovat teräs, terässeokset, putket, levyt, nauhat, värimetallit ja valumetallit.
- Metallien jalostajat valmistavat ja jatkojalostavat teräs- ja kuparituotteita, ruostumatonta terästä, sinkkiä ja nikkeliä. Tuotteet palvelevat kone-, kulkuneuvo-, rakennus- sekä elektroniikka- ja sähköteollisuutta.
- Suomen metallien jalostus on tunnetusti tehokasta energian ja raaka-aineiden käytössä, ja joissakin prosesseissa se on maailman johtava tai johtavien joukossa. Esimerkiksi yli puolet maailman kuparista ja kolmannes nikkelistä valmistetaan suomalaisilla kehittämällä ekologisella liekkisulatusmenetelmällä, joka tuottaa tarvitsemansa energian itse.
- Metalliteollisuus on kohdannut viime vuosina haasteita kansainvälisen kilpailun ja energian hintavaihtelujen vuoksi. Suomen metalliteollisuuden tulevaisuutta muokkaavat erityisesti kestävä kehitys, kunnianhimoiset päästövähennystavoitteet, hiilirajamekanismin toimivuus, päästökaupan globaali kattavuus, digitalisaatio ja automaatio sekä vientikilpailukyky.
- **Noin 80 % klusterin lopputuotteista menee vientiin**

## Klusterin kädenjälkituotteet ja avainteknologiat

- Uudet, kevyet konstruktiot ja rakenteet
- Älymateriaalit, metamateriaalit
- Metallit
- Metallituotteet
- Metallinjalostusteknologiat
- Hiilidioksidivapaa teräs
- Tuotteet sivutuotteista
- Uudet prosessiteknologiat

### Avainteknologiat

- Vähähiilisen ruostumattoman teräksen valmistus
- Prosessiteknologiat kaivos- ja metalliteollisuudessa
- Vähähiilisen teräksen valmistus

## Esimerkkejä yrityksistä

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

Metallinjalostajat, TEM, 2015: Toimialakatsaus, 2023 Metalliteollisuus Suomessa, 2024 Teollisuusliitto: Metalliteollisuus

1. Meriteollisuus

2. Metallit ja metallituotteet

3. Suunnittelu ja konsultointi

4. Tietotekniikka

5. Automaatio ja mittaustekniikka

6. Energia-tekniikka

7. Tuotantoteknologia

8. Kierrätysteknologia

9. Rakennusteknologia

10. Liikenneteknologia

# Suunnittelu- ja konsultointi -klusteri kehittää ja tarjoaa ratkaisuja muille teknologiateollisuuden klustereille

## Kohdemarkkinat

- Klusterin tarjoamien palveluiden pääkohteita ovat
  - Teollisuus
  - Yhdyskunta
  - Rakentaminen

### Klusteri Suomessa

- Päätoimisten suunnittelu- ja konsultointiyriyten keskeisimmät toimialat ovat prosessisuunnittelu, rakennetekniikka, LVI-tekniikka, rakennuttaminen sekä sähkö- ja teletekniikka.
- Monet teknologia- ja tietotekniikkayritykset tarjoavat myös alaansa liittyviä konsultointipalveluita.
- Suunnittelu- ja konsultointiyriyten tilauskannasta noin 16 prosenttia tulee viennistä, ja viennistä noin puolet suuntautuu EU-maihin.

54000 työllisyys

6,2 mrd. €  
liikevaihtoN. 16 %  
vientiin

## Päästölähteet ja päästövähennyskeinot

- Teollisuus, rakentaminen, rakennukset ja yhdyskuntaan liittyvät toiminnot muodostavat merkittävän osan maailman kasvihuonekaasupäästöistä.
- Suunnittelu- ja konsultointi-klusteri kehittää ja tarjoaa näille aloille ratkaisuja, jotka auttavat vähentämään kasvihuonekaasupäästöjä monin tavoin.
- Esimerkkejä keinoista vähentää kasvihuonekaasupäästöjä ovat
  - Teollisuuden energiatehokkuuden parantaminen
  - Riskeihin varautuminen
  - Energiatehokas rakentaminen
  - Älykäs yhdyskunta
  - Materiaalien kierrätyksen edistäminen.

## Esimerkkejä yrityksistä

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

Teknologiateollisuus: SKOL, tietoa alasta

1. Meriteollisuus

2. Metalli ja metallituotteet

3. Suunnittelu ja konsultointi

4. Tietotekniikka

5. Automaatio ja mittaustekniikka

6. Energia-tekniikka

7. Tuotanto-tekniikka

8. Kierrätys-tekniikka

9. Rakennus-tekniikka

10. Liikenne-tekniikka



# Tietotekniikka toimii mahdollistajana muille toimialoille päästöjen vähentämisessä ja toiminnan optimoinnissa

## Kohdemarkkinat ja megatrendit

- Vuonna 2022 tietotekniikka-alan globaali markkina-arvo oli 320,66 miljardia euroa. Alan odotetaan kasvavan 11,65 % vuotuisella kasvuvauhdilla (CAGR) 556,32 miljardiin euroon vuoteen 2027 mennessä.<sup>3</sup>
- Pilvipalvelut olivat johtava segmentti loppukäyttösegmenteistä, halliten 16,0 % markkinaosuutta. Tekoäly on ennustettu nopeimmin kasvavaksi segmentiksi, sen odotetaan saavuttavan 34,21 %:n vuotuisella kasvuvauhdilla ennustekaudella.<sup>3</sup>
- Tietotekniikka-ala kiihdyttää useita megatrendejä, kuten kasvavaa yhteydenpitoa, samalla kun tekoäly, robotisaatio ja automatisaatio ohjaavat sen kehitystä. Lisäksi uudet alustapohjaiset liiketoimintamallit ovat keskeinen osa tietotekniikka-alan evoluutiota.
- Tietotekniikkaklusterin kohdemarkkinat ovat lähes kaikki toimialat globaalissa taloudessa. Riippuvuus tietotekniikkapalveluista kasvaa jatkuvasti, mikä vaikuttaa alan kasvuun.

## Päästölähteet ja päästövähennyskeinot

- Tietotekniikka-ala kuluttaa 4-10 % maailman sähköstä ja tuottaa 1,5-4 % kasvihuonekaasupäästöistä. Digitalisaation kiihtymisen odotetaan kasvattavan osuuksia tulevaisuudessa.<sup>1,2</sup>
- Tietotekniikka toimii päästöjen vähennysten mahdollistajana muille toimialoille vaikuttaen energiamurrokseen, kaupungistumiseen ja infrastruktuurin kehitykseen.
- Päästövähennyskeinoja:
  - Tietotekniikka-alan omat päästövähennykset vaativat muun muassa uusiutuvalla energialla toimivaa digitaalista infrastruktuuria.
  - Datakeskusten, super- ja kvanttietokoneiden sijoittaminen kylmille alueille voi minimoida energiankulutusta.
  - Tietokeskusten tuottaman hukkalämmön hyödyntäminen lämmityksenä voi edistää vihreää siirtymää.

1. 2024 [Measuring the Emissions and Energy Footprint of the ICT Sector](#).

2. 2024 [ICT sector electricity consumption and GHG emissions](#),

3. 2023 [Global Data: IT Sector](#)

# Suomessa on vahvaa osaamista vientivoittoisella tietotekniikan alalla

## Tietotekniikka 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. Suomen ICT-asiantuntijoiden osuus työvoimasta vuonna 2021 oli EU:n toiseksi korkein.<sup>3</sup>
- Ohjelmistoyritysten kasvu on ollut viime vuosina selvästi muuta taloutta voimakkaampaa.<sup>2</sup>
  - Vuosina 2005-2019 alan yritysten liikevaihdon vuosikasvu on ollut keskimäärin n. 8,7 %/v.
  - Kasvun rajoitteeksi mainitaan usein osaajapula ja pieni kotimarkkina

Yli 90%  
vientiin<sup>1</sup>

84500  
työllisyys

19 mrd. €  
liikevaihto

## Klusterin kädenjälkituotteet ja avainteknologiat

- Ohjelmistot
  - Verkkojen ylläpito
  - Tietoturvatkaisu
  - Energiansäästöalgoritmit
  - Aktiivisuusmittarit
  - Lääketieteen elektroniikka
  - Älypylväät
  - Kiinteät ja langattomat tietoliikenneverkot
  - Kvanttitietokoneet
  - 6G
  - Optiset tietokoneet
- Avainteknologiat**
- BIM-työkalut rakennuksen suunnittelussa
  - Kyberturvallisuus
  - Tietoliikenne: 5G v. 4G ja 3G
  - Tehokkaampi tekoäly

## Esimerkkejä yrityksistä

- Basware, CGI, Digia, Efecte, Elomatic, Enfo, F-Secure, Fujitsu, Gofore, Innofactor, IBM, Microsoft, Nixu, Nokia, Oracle Finland, Solita, Solteq, Tietoevry, Symbio, Qvik

1. 2023 [Viisi päätoimialaa](#), Teknologiateollisuus

2. TEM: Toimialaraportit 2020:6

3. 2023 [Ficom: The Finnish ICT sector is important for its size](#)

# Automaatio- ja mittaustekniikan ratkaisuja voidaan hyödyntää lähes kaikilla toimialoilla

## Kohdemarkkinat

- Automaatio- ja mittaustekniikkaklusteri suunnittelee ja valmistaa komponentteja sekä kokonaisratkaisuja automaatiojärjestelmiin, mittaukseen ja robotiikkaan. Klusterin ratkaisujen päämääränä on optimoida ja parantaa sovelluskohteiden toimintaa mahdollistaen erilaisten prosessien riittävä tehokkuus.
- Markkinoita ohjaa digitalisaation myötä kasvava kysyntä erityisesti teollisuudessa.
- Automaatio- ja mittaustekniikka -klusterin ratkaisut ovat sovellettavissa lähes mille tahansa alalle, esimerkkeinä
  - Prosessiteollisuus
  - Kappaletavaratuotanto
  - Energiateollisuus
  - Rakennusteollisuus
  - Yhdyskuntatoiminnot
  - Turvallisuusala
  - Ajoneuvot
  - Elintarviketeollisuus

## Päästölähteet ja päästövähennyskeinot

- Automaatiojärjestelmät, mittausdatan keräys ja analysointi sekä turvallinen IoT-infrastruktura tarjoavat yhdessä merkittäviä mahdollisuuksia kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseen. Näitä klusterin ratkaisuja voidaan soveltaa lähes kaikilla toimialoilla, ja yhtenä etuna niissä on potentiaali vähentää päästöjä.
- 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

# Mittaustekniikassa Suomessa on huippuosaamista sekä teollisuuden että ympäristön mittaamisessa

## Automaatio- ja mittaustekniikka Suomessa

- Automaatio- ja mittaustekniikkaklusteriin kuuluu laaja kirjo toimijoita: erikoistuneista teknologiayrityksistä aina laajoja kokonaisratkaisuja tarjoaviin yrityksiin ja konserneihin, joille automaatio- ja mittaustekniikka muodostavat yhden monista toimialoistaan.
- Komponenttien, kuten anturien ja instrumentoinnin laitteiden lisäksi mm. etäyhteysjärjestelmät, 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

## Klusterin kädenjälkituotteet ja avainteknologiat

- Mittausinstrumentit
  - IoT-laitteet ja järjestelmät
  - Kokonaisuusien sopimusvalmistus
  - Elektroniikan komponenttivalmistus
  - Plug&go sensorit ja private cloud
  - Mill cloud -spesifinen pilvi
  - Teollisuusrobotit
  - Erikoisrobotit
- Avainteknologiat**
- Prosessioptimointi valmistavassa teollisuudessa
  - IoT-ratkaisut valmistavassa teollisuudessa
  - Yhdistelmä private cloudia ja sensoritekniikkaa

## Esimerkkejä yrityksistä

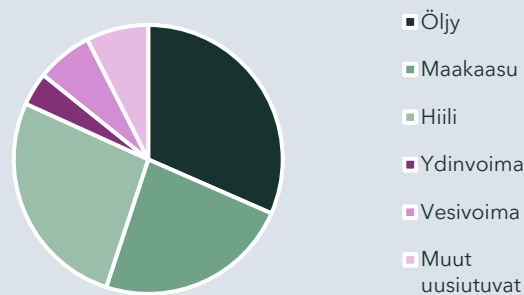
- Movetec, Sarlin, Beckhoff, A-J Automation, Fastems, Orfer, Honeywell, Siemens, Xortec, TosiBox, Labotest, Vaisala, Cimcorp, Blastman Robotics, Finnrobotics, ABB, Valmet, ZenRobotics

# Globaalisti energiasta tuotetaan edelleen noin 80 % fossiilisilla raaka-aineilla <sup>1</sup>

## Kohdemarkkinat

- Globaalisti energiankulutus on 2,5-kertaistunut vuodesta 1971, ja odotetaan kasvavan 50% vuoteen 2050 mennessä. <sup>2,3</sup>
- Vaikka energiamarkkina on edelleen haavoittuva, sille on olemassa tehokkaita keinoja energiavarmuuden parantamiseksi ja päästöjen vähentämiseksi. Vaikka maailmanlaajuisen energiakriisin välittömät paineet ovatkin lieventyneet, geopoliittinen epävakaus ja maailmatalouden tila säilyttävät edelleen lisähäiriöiden riskin.
- Markkinoita energiatoimialan arvoketjussa
  - Primäärienergian tuotanto (esim. biomassan keruu)
  - Kuljetus (erit. fossiiliset)
  - Energiakonversiot (voimalat)
  - Energian siirto ja jakelu (verkot)
  - Energian loppukäyttäjät

Maailman energian kulutus energialähteittäin (2022) <sup>3</sup>



## Päästölähteet ja päästövähennyskeinot

- Energiamarkkinoiden päästölähteitä ovat pääasiassa hiilidioksidipäästöt, jotka syntyvät fossiilisten polttoaineiden, kuten kivihiilen, öljyn ja maakaasun, polttamisesta energiantuotannossa. Lisäksi päästöjä syntyy esimerkiksi metaanista, joka vapautuu öljyn ja kaasun porauksesta ja kuljetuksesta sekä hiilidioksidipäästöistä, jotka aiheutuvat metsäkadosta ja maankäytön muutoksista.
- Nykyisten arvioiden mukaan kaikkien fossiilisten polttoaineiden hiippu saavutetaan ennen vuotta 2030. <sup>2</sup>
- Keskeiset toimet, joita tarvitaan päästökäyrän kääntämiseksi alaspäin vuoteen 2030 mennessä, ovat laajalti tunnettuja ja useimmissa tapauksissa hyvin kustannustehokkaita: <sup>2</sup>
  - Uusiutuvien energialähteiden kapasiteetin kolminkertaistaminen
  - Energiatehokkuuden parantamisen kaksinkertaistaminen 4 prosenttiin vuodessa
  - Sähköistymisen lisääminen
  - Fossiilisten polttoaineiden käytöstä aiheutuvien metaanipäästöjen vähentäminen
- IEA:n mukaan yllä mainitut keinot mahdollistavat yhdessä yli 80 prosenttia päästövähennyksistä, joita tarvitaan vuoteen 2030 mennessä, jotta energia-ala saadaan uralle, jolla lämpeneminen voidaan rajoittaa 1,5 °C:een.

1. 2023 [Energy Institute: Statistical Review of World Energy](#)

2. 2023 [IEA: World Energy Outlook](#)

3. 2024 [Our World in Data: Energy Production and Consumption](#)

# Energiatekniikan alalla Suomessa erikoisosaaminen kasvavasti uusiutuvan energian ratkaisuissa

## Energiatekniikka Suomessa

- Energiatekniikka-alalla työstetään innovatiivisia ratkaisuja energiantuotannon, -siirron ja -jakelun aloille, sekä energiatehokkuuden parantamiseen. Klusteri keskittyy energiateknologiaan, kuten koneisiin, laitteisiin ja järjestelmiin, mutta ei niinkään energialiiketoimintaan, kuten tuotantoon, muuntamiseen tai jakeluun.
- Suomessa teknologiateollisuudessa on pitkään keskitytty erikoisosaamiseen, joka on perinteisesti liittynyt bioenergiaan, polttomoottoreihin ja voimansiirtoon. Nykyään tähän osaamisalueeseen kuuluvat myös muun muassa tuulivoima ja uudet energiavarastot.
- Uusiutuva energia työllistää yli 6000 henkilöä Suomessa, tehden 5,3 mrd. euron liikevaihtoa.
- Energiateknologioista noin 80 % menee vientiin.

## Klusterin kädenjälkituotteet ja avainteknologiat

- Älykkäät sähköverkot
  - Elektrolyysarit, vedyn valmistus
  - Polttokennot
  - Power-to-X -laitteistot
  - Aurinkoenergiateknologia
  - Lämpöpumput ja lämmön talteenotto
  - Kattilateknologia
  - Biokaasun ja biopolttoaineiden tuotanto
  - CHP-tuotantoteknologiat
  - Geoterminen energia
  - Hajautettu biokaasun tuotanto
  - Hybriditeknologiat
  - Energiavarastoteknologiat
  - SMR-teknologia
- Avainteknologiat**
- Bioenergiateknologia
  - Taajuusmuuttajat
  - Synteettisten polttoaineiden valmistusteknologia

## Esimerkkejä yrityksistä

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

# Tuotantoteknologiat parantavat teollisuuden energiatehokkuutta

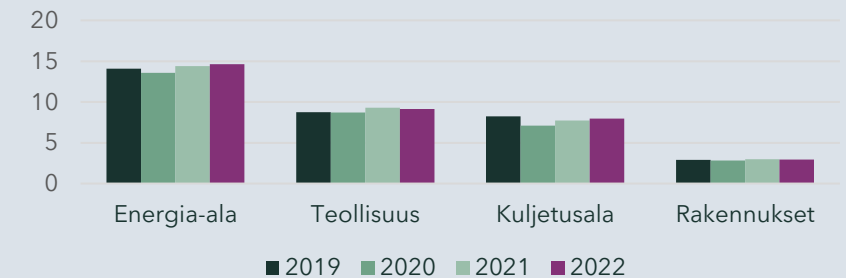
## Kohdemarkkinat

- Tuotantoteknologian kohdemarkkinana on globaali teollisuus erilaisine toimialoineen
- Vientituotteet voivat olla esimerkiksi kokonaistoimituksia, laitetoimituksia, teknologialisenssejä, ohjelmistoja
- 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
- Tuotantoteknologian markkinat kasvavat globaalisti teollisuuden pyrkiessä parantamaan tuottavuuttaan, tehokkuuttaan ja automaatiotaan.

## Päästölähteet ja päästövähennyskeinot

- Globaalisti teollisuuden CO<sub>2</sub>-päästöjen määrä vastaa noin 30% maailman kasvihuonekaasupäästöistä. Päästöiltään suurimpia teollisuussektoreita ovat kemianteollisuus, metallinjalostus, sementin valmistus ja kaivostuotanto. Muita merkittäviä teollisuussektoreita ovat mm. metsäteollisuus, ruokateollisuus, tekstiilit.
- Yhdessä teräksen ja sementin tuotanto vastaavat noin 44 % globaaleista teollisista CO<sub>2</sub>-päästöistä. Molemmat teollisuudenalat ovat sitoutuneet nettonollatavoitteisiin Euroopan tasolla.
- Suurin osa teollisuuden päästöistä syntyy tarpeesta lämpöenergialle (esimerkiksi reaktiot, kuivatus) ja sähkölle (esim. pumput). Lisäksi tuotannossa vapautuu prosessipäästöjä.
- Yritykset voivat vaikuttaa päästöihin erityisesti energiatehokkuuden parannusten kautta.

Energiaan liittyvät päästöt (Gt CO<sub>2</sub>) <sup>1</sup>



1. 2022 IEA: CO<sub>2</sub> Emissions in 2022

# Tuotantoteknologian osaaminen Suomessa vahvasti metalli- ja metsäteollisuuden alalla

## Tuotantoteknologiat Suomessa

- Tuotantoteknologiaklusterin tuotteet voivat olla
  - Koneiden ja laitteiden osia
  - Koneita ja laitteita
  - Teknologialisenssejä
  - Tietojärjestelmiä
  - Tehtaita järjestelmätoimituksena
- Suomessa on perinteisesti loistanut maailman johtava osaaminen erityisesti metalli- ja metsäteollisuuden alalla. Tämä osaaminen on juontanut juurensa näiden alojen tarpeista: nykyisin paperi- ja selluteknologia sekä metallien jalostuksen prosessitekniologia ovat merkittäviä vientialoja.
- Uutta tuotekehitystä edustavat muun muassa biopohjaisten tekstiilien, synteettisten polttoaineiden ja ALD-tekniologian kehitys.

## Klusterin kädenjälkituotteet ja avainteknologiat

- Uudet ruoantuotantoteknologiat
  - CCS/CCU-tekniologia
  - Synteettisten polttoaineiden tuotanto
  - Lisäävä valmistus, ALD-tekniologia
  - Sellu- ja paperitekniologia
  - Lasinjalostustekniologia
  - Metallintyöstökoneet
  - Puuntyöstökoneet
  - Kaivostekniologia
  - Metallinjalostuksen prosessitekniologia
  - Biopohjaiset- ja uudenlaiset materiaalit
  - Biotekniologian uudet sovellukset
- Avainteknologiat**
- CCS/CCU tekniologia
  - Solu- ja biotekniologia
  - Cell factory, solumainen tuotanto

## Esimerkkejä yrityksistä

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



# Kierrätysteknologiat edesauttavat kiertotalouden yleistymistä

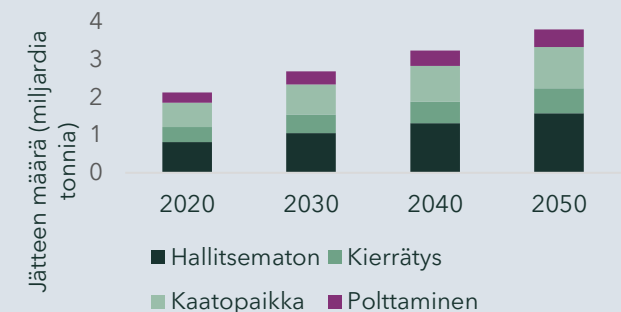
## Kohdemarkkinat ja muutosvoimat

- Maailmanlaajuisen materiaalien käytön odotetaan kasvavan merkittävästi, 101 Gt:sta vuonna 2021 170 Gt:iin vuoteen 2050 mennessä. Ei-metallisten mineraalien, kuten hiekan, soran ja kalkkikiven, osuus ylittää puolet kokonaismäärästä. Materiaalien kysynnän voimakas kasvu sekä kierrätysmateriaalien kilpailukyvyyn kasvu tarkoittaa, että sekä primaari- että sekundäärimateriaalien käyttö lisääntyy suunnilleen yhtä nopeasti<sup>4</sup>.
- Muutosvoimina toimivat globaalit haasteet, kuten ilmastomuutos, väestön kasvu, kaupungistuminen ja resurssien riittävyys, sekä taloudellisen toimintaympäristön muutokset ja näkymät, arvonluontiin ja kulutustottumuksiin liittyvät trendit, energiamurros, politiikkatoimien ja sääntelyn ohjaava vaikutus.
- Kiertotalouden ratkaisut voivat hyödyttää monia aloja, kuten jätteiden keräämistä, lajittelua ja käsittelyä, materiaalintensiivisiä teollisuudenaloja kuten metsä-, kemia- ja tekstiiliteollisuutta sekä kaupan alaa, mukaan lukien erilaiset jakamistalouden alustapalvelut.
- Jopa 82% EU:n materiaalitarpeista teräkselle, alumiinille ja muoveille voitaisiin kattaa kierrättämällä<sup>1</sup>.

## Päästölähteet ja päästövähennyskeinot

- Maailman kasvihuonekaasupäästöistä noin 3,9 % arvioidaan tulevan kiinteästä jätteestä ja jätevedestä<sup>5</sup>. Lisäksi kierrätysteknologioilla vaikutetaan olennaisesti neitseellisten materiaalien jalostuksen päästöihin, jotka ovat noin 27% globaalisti<sup>2</sup>.
- Nykyisillä jätehuoltokäytännöillä voidaan tehokkaasti vähentää kiinteän jätteen ja jäteveden aiheuttamia kasvihuonekaasupäästöjä. Käytössä on monenlaisia kehittyneitä kierrätystekniikoita, jotka voivat vähentää päästöjä ja tuoda lisähyötyjä kansanterveyden, ympäristönsuojelun ja kestävän kehityksen näkökulmasta.
- Esimerkiksi kierrätysalumiinin päästöt ovat noin 97% matalammat kuin neitseellisen alumiinin<sup>2</sup>.

Kiinteän yhdyskuntajätteen ennakoitut globaalit sijoituspaikat<sup>3</sup>



1 2020 Preserving value in EU industrial materials, Material Economics 2 2022 Ellen McArthur Foundation 3 2024 UNEP, Global Waste Management Outlook 4 2023 CGRI Circularity Gap 5 2022 IPCC Climate Change

# Kierrätysteknologiat edistävät Suomen tavoitetta olla kiertotalouden kärkimaa vuoteen 2035 mennessä

## Kiertotalous Suomessa

- Kiertotalouden kehitys Suomessa etenee hidastempoisesti. Kotimainen materiaalien kulutus on silti Suomessa yhä korkeampi kuin 2010-luvulla, kierrätysasteemme on alle EU-keskiarvon ja materiaalien kiertotalousasteen kehitys matelee. Toisaalta yritystasolla kehitys on ollut myönteinen, ja esimerkiksi ekoinnovaatioiden määrässä Suomi on Euroopan huippua<sup>1</sup>.
- Kiertotalousohjelman mukaisesti Suomi pyrkii kiertotalouden kärkimaaksi vuoteen 2035 mennessä<sup>1</sup>.
- Kiertotalouden yritykset perustavat liiketoimintansa pääosin kierrätyksen tai resurssitehokkuuden liiketoimintamalleille. Vain muutama prosentti kiertotalouden liikevaihdosta kertyi tuote palveluna-konsepteista tai jakamistaloustaloudelle.
- Kiertotalouden liiketoimintamallit voidaan luokitella kierrätykseen, resurssitehokkuuteen, jakamistalouteen, tuote palveluna -konsepteihin ja tuotteen elinkaaren pidentämiseen.

Yli 500  
yritystä<sup>2</sup>

11 mrd. €  
liikevaihto

## Klusterin kädenjälkituotteet ja avainteknologiat

- Vedenpuhdistusteknologiat
- Kierrätysteknologiat metallinjalostuksessa
- Metsäteollisuuden sivuvirtojen hyödyntäminen
- Waste-to-Energy
- Hiilen kierto: CCU, synteettiset polttoaineet
- Lajittelurobotit ja ohjelmistot
- Materiaalintunnistusteknologiat
- E-jätteen käsittely
- Nanoselluloosasuodattimet
- Kierrätysteknologiat eri materiaaleille

### Avainteknologiat

- Jätteenlajittelun automatisointi
- Vedenpuhdistusteknologia
- Akkukemikaalien kierrätysteknologia
- Tekstiilien kierrätysteknologia

## Esimerkkejä yrityksistä

- Afry, Akkuser, Elker, HS Tekniikka, Innomac, Kuusakoski, Metso, Outokumpu, RecTec Engineering, Sarlin, Specim, Sweco, Valmet, Yara Eco

1. 2022 [Stat: Kiertotalous Suomessa](#)

2. 2020 [TEM: Kiertotalouden ekosysteemit](#)

1. Meriteollisuus

2. Metallit ja metallituotteet

3. Suunnittelu ja konsultointi

4. Tietotekniikka

5. Automaatio ja mittaustekniikka

6. Energia-tekniikka

7. Tuotantoteknologia

8. Kierrätysteknologia

9. Rakennusteknologia

10. Liikentelekniikka

# Rakentamista vauhdittaa erityisesti kaupungistuminen ja väestönkasvu

## Kohdemarkkinat

- Vuonna 2022 globaalin rakennusalan markkinoiden arvo oli noin 13,4 biljoonaa euroa. Markkinoiden arvioidaan jatkavan kasvuaan 5-6 prosentin vuotuisella kasvuvauhdilla (CAGR) vuosina 2024-2032 <sup>1</sup>.
- Rakentamisen keskeisiä megatrendejä ovat ilmastonmuutos, väestönkasvu, kaupungistuminen ja digitalisaation kasvu
- Ihmisten siirtyessä yhä enemmän kaupunkialueille parempien elinolosuhteiden ja työmahdollisuuksien perässä, uusien infrastruktuurien, kuten teiden, liikerakennusten ja asuinrakennusten, kysyntä kasvaa merkittävästi.
- Rakentamisen teknologian klusteri tarjoaa palveluita sekä rakentamisvaiheessa että rakennusten käyttövaiheessa, kuten asuin- ja liiketilojen hallinnassa.
- Kohdemarkkinoihin kuuluvat kiinteistöala ja infrastruktuurirakentaminen, kuten tiet, televerkot ja energiaverkot.

## Päästölähteet ja päästövähennyskeinot

- Rakennus- ja kiinteistösektorin osuus maailman kasvihuonekaasupäästöistä on noin 21 %. Vuonna 2022 rakennukset vastasivat 34 % maailman energiankysynnästä ja 37 % energiaan ja prosesseihin liittyvistä hiilidioksidipäästöistä <sup>2</sup>.
- Kansainvälinen rakennusalan päästövähennysten tiekartta osoittaa että nettonollatavoitteen saavuttaminen vuoteen 2050 mennessä on mahdollista <sup>3</sup>.
- Olennaisimpia päästövähennyskeinoja uudisrakennuksille:
  - Materiaalien kierrätysasteen parantamiseen
  - Kestäviin biopohjaisiin materiaaleihin vaihtaminen
  - päästöintensiivisten materiaalien kuten teräksen, alumiinin ja sementin vähäpäästöistymiseen.
- Olemassa olevan rakennuskannan päästöihin voidaan vaikuttaa energiatehokkuusratkaisuilla ja valitsemalla vähäpäästöisempiä energialähteitä.

1. 2023 [The Business Research: Construction market 2023](#) 2. 2024 [UNEP: Beyond foundations](#) 3. 2023 [UNEP: Building materials and the future](#)

# Rakennusteknologiat kehittyvät Suomessa infrarakentamisen ja kaupungistumisen myötä

## Rakennusteknologia Suomessa

- 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.
- Rakentamislaki tuo ilmastonmuutoksen torjunnan kattavasti osaksi rakentamisen lainsäädäntöä. Laki myös sujuvoittaa rakentamista, vauhdittaa kiertotaloutta ja digitalisaatiota ja parantaa rakentamisen laatua <sup>1</sup>.

## Klusterin kädenjälkituotteet ja avainteknologiat

- Liukuporras- ja hissitekhnologia
- Ovitekhnologia, valaistus
- Kiinteistöautomaatio ja älykkäät ohjausjärjestelmät
- Kysyntäjouston mahdollistavat teknologiat
- Älykkäät sähköverkot
- Smart Cities -tuotteet

### Avainteknologiat

- Valaistus
- Hissit ja liukuportaat
- Kiinteistöautomaatio
- Energiatehokkaat rakennukset

## Esimerkkejä yrityksistä

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

2023 Ympäristöministeriö: Eduskunta hyväksyi rakentamisen päästöjä pienentävät ja digitalisaatiota edistävät lait

1. Meriteollisuus

2. Metallit ja metallituotteet

3. Suunnittelu ja konsultointi

4. Tietotekniikka

5. Automaatio ja mittaustekniikka

6. Energia-  
tekniikka

7. Tuotanto-  
tekhnologia

8. Kierrätys-  
tekhnologia

9. Rakennus-  
tekhnologia

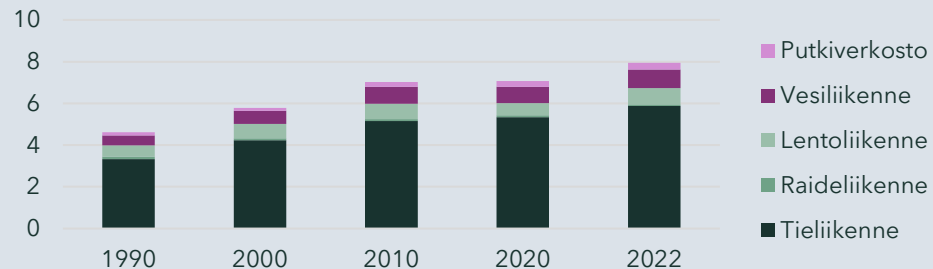
10. Liikenne-  
tekhnologia

# Liikenneteknologiamarkkinoiden kasvua ohjaa liikenteen sähköistyminen

## Kohdemarkkinat

- Liikenneteknologiamarkkinoiden kasvua ohjaa sekä liikkumisen määrän kasvu että sähköistyminen
  - Globaalisti sähköautojen osuus kaikista myydyistä autoista on noin 18 % vuonna 2023, kun se oli 14 % vuonna 2022 ja vain 2 % viisi vuotta aiemmin eli vuonna 2018.<sup>1</sup>
- Muita kasvua ohjaavia tekijöitä ovat liikkumisen kestävyden parantaminen, autonomisten ajoneuvojen kehitys ja käyttöönotto, älykkäät, digitalisoidut liikennejärjestelyt sujuvuuden, turvallisuuden ja kestävyden parantamiseksi ja datan ja tiedon hyödyntäminen

Liikenteen globaalit päästöt osa-alueittain (Gt CO<sub>2</sub>)<sup>1</sup>



1. 2023 IEA: Transport

## Päästölähteet ja päästövähennyskeinot<sup>1</sup>

- Liikennesektorin globaalit hiilidioksidipäästöt vuonna 2022 olivat lähes 8 gigatonnia eli 21% globaaleista päästöistä. Tieliikenne kattaa suurimman osan, lähes 6 Gt päästöistä<sup>1</sup>
- Liikenteen Net Zero -skenaario edellyttää, että liikenteen päästöt vähenevät noin neljänneksellä vuoteen 2030 mennessä, vaikka liikenteen kysyntä kasvaa edelleen.
- Liikenteen mukauttaminen Net Zero -skenaarion mukaiseksi edellyttää laajan joukon toimintalinjoja. Toimenpiteisiin kuuluu kannustaminen siirtymään vähiten hiilidioksidipäästöjä aiheuttaviin matkustusvaihtoehtoihin sekä operatiivisten ja teknisten energiatehokkuustoimenpiteiden toteuttaminen kaikissa liikennemuodoissa.
- Poliitikalla on kannustettava siirtymään vähemmän hiilidioksidipäästöjä aiheuttaviin matkustusvaihtoehtoihin ja hyödyntämään tehokkaampaa teknologiaa, kuten sähköautoja ja -kuorma-autoja.
- Liikenne on edelleen voimakkaasti riippuvainen öljytuotteista lähes 91 prosentin osuudella loppuenergiastaan.

# Suomen teknologiateollisuuden liikenneklusteri kehittää sähköistä liikennettä ja logistiikkaa

## Liikenneteknologia Suomessa

- Suomen teknologiateollisuuden liikenneklusteri kehittää tulevaisuuden ratkaisuja sähköisen liikenteen, latausjärjestelmien ja logistiikan alalla. Klusteriin sisältyvät autojen valmistus sekä työkoneet, kuten metsä- ja maatalouskoneet sekä nostolaitteet.
- Liikennealan kasvuohjelmatyössä pyritään edistämään yritysveitoista innovaatiokehitystä, kansainvälistymistä ja kestäväää kasvua. Tavoitteena on realisoida toimialan teknologia- ja palveluratkaisujen vientipotentiali. Ohjelman taustalla on liikennealalla käynnissä oleva vihreä ja digitaalinen murros.
- Vuosina 2018–2022 liikennealan ja liikennealalla toimivien yritysten arvioidaan luoneen 3 000–5 000 uutta työpaikkaa. Samanaikaisesti ko. yritysten liikevaihdon arvioidaan vähintään kaksinkertaistuneen, kasvun ollessa yli 500 miljoonaa euroa <sup>1</sup>.

## Klusterin kädenjälkituotteet ja avainteknologiat

- Metsä- ja maatalouskoneet
- Nosto- ja siirtolaitteet
- Sähköautojen akkujen valmistus ja kierrätys, modulaariset akut
- Autot ja niiden kokoonpanot
- Sähköautojen latausinfrastruktuuri ja latauspalvelut
- Sähköbussit
- Autonomiset ajoneuvot
- Droonit ja droonien torjunta
- Kaukokartoitus
- Palvelut ja ohjelmistot

### Avainteknologiat

- Nosto- ja siirtolaitteet
- Älykäs sähköautojen latausinfra
- Metsäkoneet

## Esimerkkejä yrityksistä

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

1. 2024 Valtioneuvosto: Ohjelmayhteistyö liikennealan kestävän kasvun vauhdittamiseksi

## 5.2. Kädenjälkipotentiaali

# Avainteknologialla tarkoitetaan yritysten tuottamia ratkaisuja, joilla on merkittävää kädenjälkipotentiaalia

Tavallisella tekstillä avainteknologiat joista kädenjälkilaskenta  
Alleviivattuna sellaiset joista ei aiempaa kädenjälkilaskentaa  
Kursiivilla sellaiset joiden tarkastelu lisätty digiratkaisuiden yhteyteen

## 1. Meriteollisuus

- Energiatehokkaat alukset meriliikenteessä
- Hiilineutraaleja energianlähteitä käyttävät moottorit meriliikenteessä
- Satamatoimintojen optimointi

## 2. Metallit ja metallituotteet

- Vähähiilisen ruostumattoman teräksen valmistus
- Prosessiteknologiat kaivos- ja metalliteollisuudessa
- Vähähiilisen teräksen valmistus

## 3. Suunnittelu ja konsultointi

- Laitos- ja tehdassuunnittelu

## 4. Tietotekniikka

- BIM-työkalut rakennuksen suunnittelussa
- *Kyberturvallisuus*
- *Tietoliikenne: 5G v. 4G ja 3G*
- *Tehokkaampi tekoäly*

## 5. Automaatio- ja mittaustekniikka

- Prosessiteknologiat valmistavassa teollisuudessa
- *IoT-ratkaisut valmistavassa teollisuudessa*
- *Yhdistelmä private cloudia ja sensoritekniikkaa*

## 6. Energiatekniikka

- Bioenergiatekniikka
- Taajuusmuuttajat
- Synteettisten polttoaineiden valmistustekniikka

## 7. Uudet ja nykyiset tuotantoteknologiat

- CCS/CCU teknologiat
- Solu- ja biotekniikka
- Cell factory, solumainen tuotanto

## 8. Kierrätystekniikka

- Jätteenlajittelun automatisointi
- Vedenpuhdistustekniikka
- Akkukemikaalien kierrätystekniikka
- Tekstiilien kierrätystekniikka

## 9. Rakennustekniikka

- Valaistus
- Hissit ja liukuportaat
- Kiinteistöautomaatio
- Energiatehokkaat rakennukset

## 10. Liikennetekniikka

- Nosto- ja siirtolaitteet
- Älykäs sähköautojen latausinfra
- Metsäkoneet



# Tulevaisuuden avainteknologiat täydentävät aukkoja, joita voidaan havaita nykyisessä tarjoamassa

Alla esitetty klustereittain potentiaalisia tulevaisuuden avainteknologioita joilla voisi olla kädenjälkivaikutusta. Tavallisella tekstillä aiemmassa selvityksessä tunnistetut ja edelleen merkitykselliset teknologiat Alleviivattuna sellaiset, jotka tunnistettu uusina Gaian ennakoitintyön sekä tämän tiekartan avulla.

## 1. Meriteollisuus

- Toimiala on hyvin vahva Suomessa ja tällä hetkellä tunnistettavia aukkoja ei juurikaan ole

## 2. Metalli ja metallituotteet

- Kriittisten materiaalien jalostus

## 3. Suunnittelu ja konsultointi

- Uusien avainteknologioiden tukipalvelut

## 4. Tietotekniikka

- Turvallisuusjärjestelmät uusissa arvoketjuissa  
esim. vety ja vetyjalosteet

## 5. Automaatio- ja mittaustekniikka

- Uudet kasvihuonekaasujen analyysimenetelmät
- Mitta- ja analyysilaitteistot uusissa arvoketjuissa esim. vety ja vetyjalosteet

## 6. Energiatekniikka

- BECCS-voimalat ml. CO<sub>2</sub>-talteenotto
- Sähköuunit ja muut ratkaisut erittäin korkeiden lämpötilojen saavuttamiseksi teollisuudessa

## 7. Uudet ja nykyiset tuotantoteknologiat

- Kysyntäjouston mahdollistavat teknologiat kuten lämmitys ja joustavat prosessit
- Cell factory - uudenlaiset tuotantomenetelmät

## 8. Kierrätysteknologia

- Urban mining -teknologiat
- Komposiittien kierrätys esim. tuuliturbiinit ja PV-paneelit, biokomposiitit
- Ravinteiden talteenotto ja kierrätys
- Betonin kierrätys
- Kriittisten materiaalien kierrätys




## 9. Rakennusteknologia

- Uusi infrastruktuuri erityisesti vetyverkosto ja CO<sub>2</sub> varastointi ja kuljetus
- CO<sub>2</sub> injektointi rakennusmateriaaleihin

## 10. Liikenneteknologia

- Modulaariset akut
- Kuljetusten päästöjen arviointipalvelut
- Tekniset ratkaisut lentoliikenteen päästöjen vähentämiseen (pl. SAF)

# Merkittävin kädenjälkipotentiaali oman hiilijalanjäljen pienentämisestä ja yhteisvaikutuksellisista toimista

Tarjoaman tyyppi	Avainteknologioiden kädenjälki <sup>1</sup>	Vaihtoehtokustannus <sup>2</sup>	Avainteknologioiden esimerkkejä
 <b>Omaa hiilijalanjälkeä pienentävät toimet</b>	35 MtCO <sub>2</sub> e	2,6-5,3 mrd. €	Ruostumaton teräs, Vähähiilinen teräs
 <b>Yhteisvaikutukselliset toimet</b>	39 MtCO <sub>2</sub> e	2,9-5,9 mrd. €	Hiilineutraalit energialähteet laivoihin, Bioenergiateknologiat, Prosessiteknologiat, Synteettisten polttoaineiden valmistusteknologiat, Jätteenlajittelun automatisointi
 <b>Asiakkaan hiilijalanjälkeä pienentävät toimet</b>	1 MtCO <sub>2</sub> e (+digi jopa 13 MtCO <sub>2</sub> e <sup>3</sup> )	0,1-0,2 mrd. € (+1-2 mrd. €)	Suunnittelu ja konsultointi, Digiratkaisut, Älykkään energiajärjestelmän ratkaisut
	<b>75 MtCO<sub>2</sub>e</b>	<b>5,6-11,3 mrd. €</b>	

<sup>1</sup> Laskettu edellisessä työssä. Perustuu vain avainteknologioiden kädenjälkeen.

<sup>2</sup> Oletetaan että päästövähennykset tulee tehdä joka tapauksessa. Laskettu olettaen hiilen eli päästöoikeuden hinnaksi 75-150 €/tCO<sub>2</sub>e:

2023 [Carbon price forecast under the EU ETS, Enerdata](#) ; 2022 [The EU-ETS price through 2030 and beyond, Kopernikus Project](#)

<sup>3</sup> Potentiaali ei kuitenkaan ole lisäästä muihin verrattuna, kts. Digitarkastelu

# Klusterien kohdemarkkinat kattavat merkittävän osan globaaleista päästöistä ja markkinoiden odotetaan kasvavan

## Klusterin kohdemarkkinoiden osuus globaaleista päästöistä

Meriteollisuus	3%
Metalliteollisuus	7%
Energiatekniikka	32%
Kierrätysteknologia	>3%
Rakennusteknologia	21%
Liikenneteknologia	15%
Valmistava teollisuus*	<5%

## Klusterin kohdemarkkinan koko ja kasvunäkymät

Markkinan koko 173 mrd. €. Odotetaan kasvavan kolminkertaiseksi vuoteen 2050 mennessä. Nykyinen Suomen liikevaihto 8 mrd. €

Kasvava markkina

Teräksen tuotanto muodostaa merkittävän osan metalliteollisuudesta. Globaalin kysynnän odotetaan kasvavan yli 30% vuoteen 2050 mennessä. Suomessa kysynnän kasvua ohjaa vähähiilinen teräs sekä kriittiset materiaalit.

Voimakkaasti kasvava markkina

Energiankulutuksen odotetaan kasvavan 50% vuoteen 2050 mennessä. Energiatekniikan kasvua ohjaa tarve irtaantua fossiilisista energianlähteistä.

Kasvava markkina

Maailmanlaajuisen materiaalien käytön odotetaan kasvavan 70% vuoteen 2050 mennessä. Kierrätysmateriaalien käyttö olennaisessa osassa muiden alojen päästövähennysten toteutumisessa.

Voimakkaasti kasvava markkina

Vuonna 2022 globaalin rakennusalan markkinoiden arvo oli noin 13,4 biljoonaa euroa. Markkinoiden arvioidaan jatkavan kasvuaan 5-6 prosentin vuotuisella kasvuvauhdilla.

Kasvava markkina

Liikkumisen määrän kasvu, liikenteen sähköistyminen ja irtautuminen fossiilisista polttoaineista ohjaavat kysynnän kasvua.

Kasvava markkina

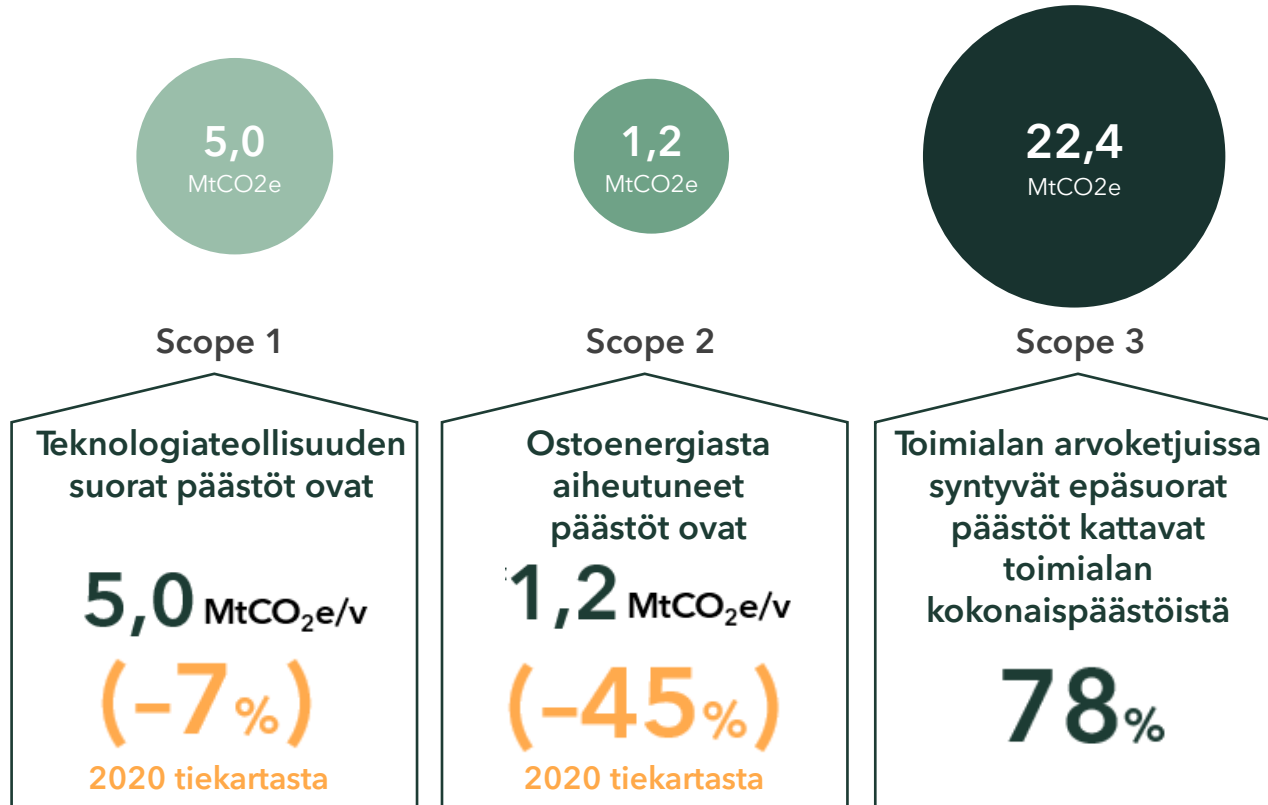
Eryteisesti kasvua ennakoidaan digitaalisten ratkaisuiden hyödyntämisessä ja uusissa tuotantoteknologioissa.

Kasvava markkina

# 6. Yhteenveto

# Toimialan päästövähennyksissä edistytty - jatkossa isoin potentiaali on arvoketjun päästöissä

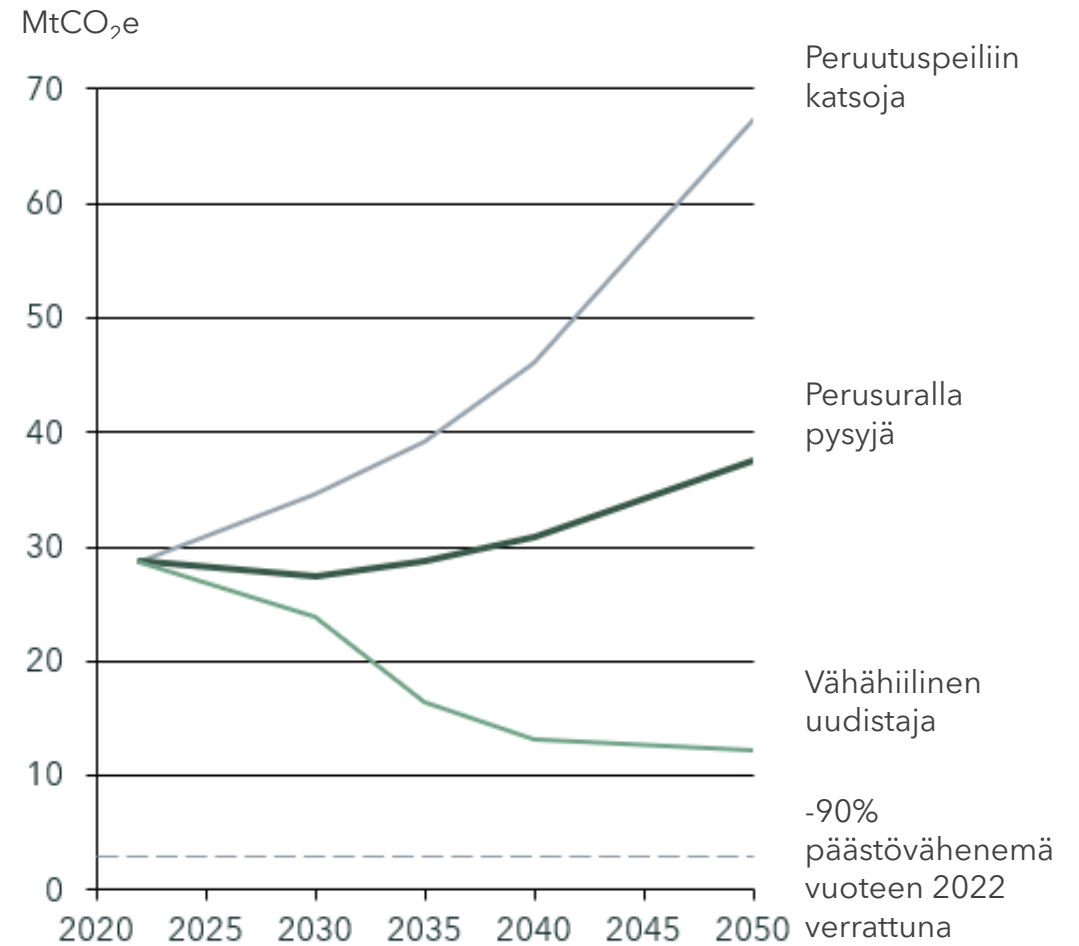
## Päästöjen nykytila 2022



**-75 MtCO<sub>2</sub>e**

Teknologiateollisuuden vientituotteiden vuosittainen kädenjälkipotentiaali

## Päästövähennyspolut (Scope 1-3)

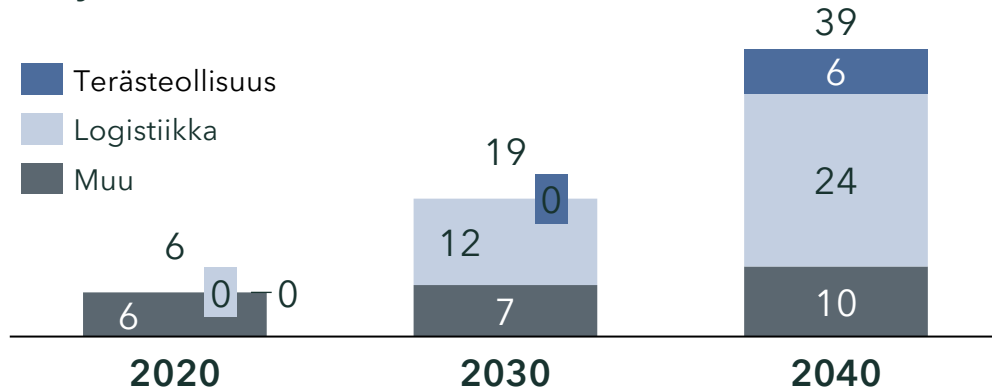


# Vedyn suurin vaikutus teknologiateollisuuden päästöissä näkyy terästeollisuuden uudistumisessa

Vedyn tuotannon ja kulutuksen lisääntyminen Suomessa...

...mahdollistaa erityisesti teräkseen ja logistiikkaan liittyvien päästöjen pienentymisen teknologiateollisuudessa

Vedyn ennustettu kulutus Suomessa, TWh/v



Vedyn tuotanto

37 TWh

108 TWh

Uusiutuvan sähkön lisätarve

53 TWh

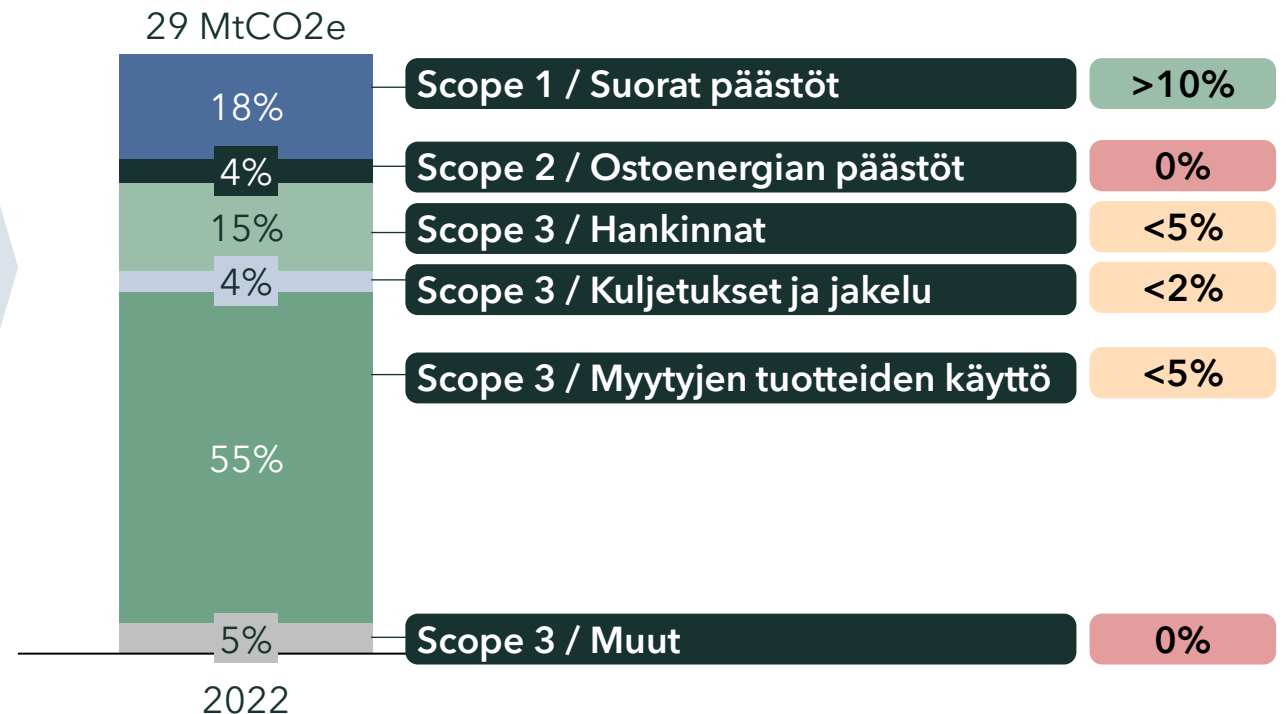
154 TWh

Raakavedenkulutus

10 milj. m<sup>3</sup>/v

30 milj. m<sup>3</sup>/v

Päästöjen jakautuminen teknologiateollisuudessa ja vedyn päästövähennyspotentiaali, % kokonaispäästöistä



# Vähähiilisyystiekartan tuloksista havaitaan, että yritykset ovat oikealla polulla

1. Vaikka toimintaympäristö on ollut myllerryksessä, **yritykset ovat onnistuneet vähentämään oman toiminnan suoria päästöjä**
2. **Päästövähennystoimenpiteiden tekeminen on edelleen kannattavaa.** Useat toimenpiteet parantavat esimerkiksi energiaomavaraisuutta, turvallisuutta, ja eri järjestelmien yhteensovittamista (esim. älykäs energiajärjestelmä) samalla kun saadaan päästöhyötyjä.
3. **Monet helpot toimenpiteet on jo tehty, ja vaikeuskerroin kasvaa arvoketjun päästöjä vähennyksissä.** Kuitenkin edelleen löytyy myös yksinkertaisia toimia, kuten joidenkin polttoaineiden vaihtaminen biopohjaisiin omissa prosesseissa ja kuljetuksissa sekä vihreä ostoenergia, mutta näistä joudutaan maksamaan preemiota.
4. **Yritykset voivat kasvattaa omaa kädenjälkeä ja pienentää omaa hiilijalanjälkeä samoilla toimenpiteillä.** Merkittävin kädenjälkipotentiaali löytyy raaka-aineista (vähähiiliset- ja kierrätysmetallit) sekä energiaa kuluttavista tai tuottavista teknologioista.

# Vähähiilisyystiekartan päivitys paljastaa yritysten keskeiset haasteet ilmastonmuutoksen äärellä



## Sääntely ja politiikan muutokset

- **Ilmastonmuutoksen torjuntaan** ja yleisesti vastuulliseen liiketoimintaan liittyvä **sääntely on kiristynyt** sekä kansallisella että kansainvälisellä tasolla. Yrityksille on asetettu uusia velvoitteita, jotka vaikuttavat niiden toimintaan.
- **Euroopan kestävyysraportointidirektiivi (CSRD)** tuo mukanaan **tiukempia raportointivaatimuksia yrityksille**. Direktiivi velvoittaa yritykset raportoimaan kattavammin kestävä kehityksen, kuten ilmastonmuutoksen hillinnän, toimenpiteistään ja niiden vaikutuksesta ympäristöön. Tämä lisää läpinäkyvyyttä ja pakottaa yritykset panostamaan enemmän ilmastotyöhönsä raportointivaatimusten täyttämiseksi.



## Kilpailuetu ja markkinamahdollisuudet

- Yhä useammat **yritykset asettavat kunnianhimoisia ilmastotavoitteita** ja edellyttävät vastaavia sitoumuksia myös omilta toimittajiltaan ja muilta sidosryhmiltään.
- Teknolgiateollisuuden asiakkaat, erityisesti suuret kansainväliset toimijat, odottavat yritysten noudattavan korkeita kestävä kehityksen standardeja. **Kilpailukyvyyn ja asiakassuhteiden kannalta yritysten tulee investoida ilmastotyöhönsä** ja näyttää konkreettisia tuloksia.
- **Suomen tavaraviennistä 57 prosenttia suuntautuu EU:n alueelle**. Suomalaisen teknolgiateollisuuden tuotteita, palveluita ja osaamista hyödyntäen **Eurooppa voi olla vihreän siirtymän ajuri**.



## Riskienhallinta ja liiketoiminnan jatkuvuus

- **Ilmastonmuutos tuo mukanaan merkittäviä riskejä liiketoiminnalle**, kuten äärimmäiset sääilmiöt, luonnonvarojen niukkuus ja energiakriisit. Myös turvallisuusympäristön muutokset tuovat mukautumispainetta.
- Teknolgiateollisuuden yritysten on tärkeä hallita näitä riskejä varmistaakseen **liiketoiminnan jatkuvuuden ja vähentääkseen operatiivisia häiriöitä**.
- **Proaktiivinen ilmastotyö** voi auttaa yrityksiä **ennakoimaan ja mukautumaan** ilmastonmuutokseen aiheuttamiin haasteisiin. Esimerkiksi energiatehokkuuden parantaminen ja uusiutuva energia voivat suojata yritystä energian hintojen vaihteluilta. Lisäksi kestävien toimitusketjujen rakentaminen voi vähentää riippuvuutta haavoittuvista raaka-aineista ja tuotantolaitoksista.



# Päästövähennysten toteutumisen edellytykset ja pullonkaulat yrityksissä

## Edellytykset



### Budjetointi ja investoinnit

Investoinnit kestäviin käytäntöihin ja teknologioihin voivat nopeuttaa päästövähennysratkaisuiden kysynnän muodostumista ja mittakaavaetujen saavuttamista johtaen kustannusten alenemiseen pitkällä aikavälillä.



### Yhteistyö

Yhteistyö koko arvoketjun kanssa mahdollistaa parhaiden päästövähennystoimenpiteiden löytämisen kustannustehokkaasti.



### Johdon tuki ja strateginen suunnittelu

Hallituksen ja johdon vahva sitoutuminen varmistavat, että päästövähennystoimet priorisoidaan ja että niihin osoitetaan riittävästi resursseja. Pitkän aikavälin suunnittelu ja linkitysten ymmärtäminen esim. energiajärjestelmään tärkeää.

## Pullonkaulat



### Datan saatavuus ja hallinta

Tiedon jakaminen ja yhtenäiset käytännöt läpi arvoketjun johtaa parempiin ratkaisuihin päästöjen seurannassa, hallinnassa ja vähentämisessä. Erityisesti pienet yritykset huomioitava.



### Henkilöstön kyvykkydet

Kasvattamalla työntekijöiden tietämystä kestävästä käytännöistä työntekijät innovoivat ja toteuttavat todennäköisemmin tehokkaita päästövähennysstrategioita ja soveltavat jokapäiväisen työnsä yrityksen ilmastotavoitteisiin.



### Kriittisten materiaalien turvaaminen

Vakaalla materiaalien saatavuudella varmistetaan, että yritykset voivat tuottaa ja laajentaa kestäviä ratkaisuja ilman toimitusketjun häiriöitä.

# Päästövähennysten toteutumisen edellytykset ja pullonkaulat toimintaympäristössä

## Edellytykset



### Teknologianeutraalius

Teknologia-alan yritykset voivat valita tehokkaimmat ja innovatiivisimmat ratkaisut päästöjen vähentämiseksi, mikä edistää kilpailua ja nopeuttaa erilaisten vihreiden teknologioiden käyttöönottoa.



### Regulaation ennustettavuus

Vakaa ja selkeä sääntely auttaa yrityksiä suunnittelemaan luottavaisesti pitkän aikavälin investointeja kestäväan teknologiaan, mikä vähentää äkillisiin politiikan muutoksiin liittyviä riskejä.



### TKI panostukset

Taloudellinen tuki tutkimus- ja kehitystyöhön kannustaa päästöjen vähentämiseen tähtäävään teknologiseen kehitykseen, jolloin yritykset voivat kehittää ja toteuttaa uusia vähäpäästöisiä teknologioita tehokkaammin.

## Pullonkaulat



### Toimivat sähkömarkkinat ja energiaverkot

Teknologiатеollisuuden yritykset nojaavat sähköistymiseen. Älykäs energiajärjestelmä takaa uusiutuvan energian luotettavan ja kohtuuhintaisen saatavuuden.



### Tehokas tiedonjako

Luomalla alan yhteenliittymiä ja verkostoja voidaan helpottaa yhteistyötä päästöjen vähentämisalioitteissa ja jakaa parhaita käytäntöjä. Avoimen tiedon saatavuuden parantaminen edistää yhteistyötä.



### Kriittisten materiaalien turvaaminen

Vakaalla materiaalien saatavuudella varmistetaan, että yritykset voivat tuottaa ja laajentaa kestäviä ratkaisuja ilman toimitusketjujen häiriöitä.

# Liitteet

# Liite 1. Päästöjen nykytilan taustatietoja

## Scope 1&amp;2

Metallin jalostus (ja kaivokset), elektroniikka- ja sähköteollisuus, kone- ja metalliteollisuus	Laskentametodologia	Päästökertoimet
Scope 1	Päästölaskenta perustuu Tilastokeskuksen tilastoon Teollisuuden energiankäytöstä toimialoittain (2022) ja Defran päästökertoimiin Lisäksi päästöt perustuvat Energiaviraston tilastoon <sup>2</sup> toiminnanharjoittajakohtaisista todennetuista päästöistä (2022).	Defra. Greenhouse Gas reporting: Conversion factors
Scope 2	Päästölaskenta perustuu Tilastokeskuksen tilastoon Teollisuuden energiankäytöstä toimialoittain (2022) <sup>1</sup>	Defra. Greenhouse Gas reporting: Conversion factors Tilastokeskus. Sähkön ja lämmön tuotannon ominaishiilidioksidipäästöt ja liukuvat keskiarvot (energiamenetelmä).
Suunnittelu ja konsultointi, Tietotekniikka	Laskentametodologia	Päästökertoimet
Scope 1	Päästöt perustuvat Tilastokeskuksen tilastoon <sup>3</sup> toimialakohtaisista ilmastopäästöistä vuonna 2021. Vuoden 2022 lukua ei julkaistu (03/2024).	
Scope 2	Päätoimialojen liikevaihdon <sup>4</sup> perusteella käyttäen liikevaihdolla painotettua päästökerrointa. Lähtötiedot perustuvat sekä yritysten vuosi- ja vastuullisuuskertomuksista kerättyihin tietoihin että Climpactorilla <sup>5</sup> kerättyihin päästötietoihin (2021 & 2022).	

<sup>1</sup>Tilastokeskus. 11wy -- [Teollisuuden energiankäyttö toimialoittain \(TOL 2008\)](#), 2007-2022.

<sup>2</sup>Energiavirasto. [Toiminnanharjoittajakohtaiset todennetut päästöt \[t CO2\]](#) vuosilta 2013-2022.

<sup>3</sup>Tilastokeskus. 11ig -- [Ilmapäästöt toimialoittain](#), 2008-2021.

<sup>4</sup>Teknolohiateollisuus. [Viisi päätoimialaa](#). Saatavilla: (versio 5.12.2023)

<sup>5</sup>Climpactor-työkalu.

# Scope 3: Metallin jalostus (ja kaivokset), elektroniikka- ja sähköteollisuus, kone- ja metalliteollisuus (1/2)

Scope 3	Laskentametodologia	Päästökertoimet
Kat. 1	Tullin tuontitilastosta <sup>1</sup> teknologiateollisuuteen liittyvien tuotteiden päästölaskenta kustannusperusteisesti. Päätoimialojen osuus Suomen tuonnista on arvioitu Tullin tuonti toimialoittain -tilastosta <sup>2</sup> .  Työtä tukevien hankintojen (asiantuntija-, ICT- ja muut palveluhankinnat) on oletettu olevan 10% ostettujen tuotteiden ja palveluiden kokonaispäästöistä.	Exiobase 3.8.2
Kat. 2	Päästöt perustuvat Tilastokeskuksen tilastoon <sup>3</sup> toimialojen (TOL (2008), kiinteän pääoman bruttomuodostus, menona, 2022 ennakkotieto) investoinneista rakennuksiin ja rakennelmiin, kuljetusvälineisiin ja tieto- ja viestintätekniisiin laitteisiin sekä muihin koneisiin ja laitteisiin.	Exiobase 3.8.2
Kat. 3	Päästöt perustuvat Tilastokeskuksen tilastoon teollisuuden energiakäytöstä <sup>4</sup> (2022).	Defra. Greenhouse Gas reporting: Conversion factors IEA (2023) Life Cycle Upstream Emission Factors Tilastokeskus. Lämmön tuotannon ominaishiilidioksidipäästöt ja liukuvat keskiarvot (energiamenetelmä)
Kat. 4 & 9	Päätoimialojen liikevaihdon <sup>5</sup> perusteella käyttäen vuosikertomusten tiedoilla laskettua kuljetusten päästökerrointa (tCO <sub>2</sub> e/EUR).	Päätoimialojen yritysten kuljetusten päästöjen painotettu keskiarvo (päästökerroin) perustuen vuosi- ja vastuullisuuskertomusten päästötietoihin ja liikevaihtoon.
Kat. 5	Päätoimialojen liikevaihdon <sup>5</sup> perusteella käyttäen vuosikertomusten tiedoilla laskettua jätteiden päästökerrointa (tCO <sub>2</sub> e/EUR).	Päätoimialojen yritysten jätteiden päästöjen painotettu keskiarvo (päästökerroin) perustuen vuosi- tai vastuullisuuskertomusten päästötietoihin ja liikevaihtoon.
Kat. 6	Päätoimialojen henkilöstömäärän <sup>5</sup> perusteella käyttäen vuosikertomusten tiedoilla laskettua liikematkustuksen päästökerrointa (tCO <sub>2</sub> e/työntekijä).	Päätoimialojen yritysten liikematkustuksen päästöjen painotettu keskiarvo (päästökerroin) perustuen vuosi- tai vastuullisuuskertomusten päästötietoihin ja henkilöstömäärään.
Kat. 7	Henkilöliikennetutkimuksen <sup>6</sup> (2022) perusteella päätoimialan työntekijämäärään perustuva päästölaskenta.	Defra. Greenhouse Gas reporting: Conversion factors

# Scope 3: Metallin jalostus (ja kaivokset), elektroniikka- ja sähköteollisuus, kone- ja metalliteollisuus (2/2)

Scope 3	Laskentametodologia	Päästökertoimet
Kat. 8 & 9	Päästölaskennan ulkopuolella yritysten vuosikertomusten päästötietojen perusteella epäolennaisena päästökategorioina.	
Kat. 10	Päästölaskennan ulkopuolella merkittävien epävarmuuksien takia ja vähäisten päästötietojen puuttuessa yritysten vuosi- ja vastuullisuusraporteista.	
Kat. 11	Päästöt perustuvat yritysten vuosi- ja vastuullisuuskertomusten mukaiseen päästöjen suhteelliseen jakaumaan.	
Kat. 12	Tullin tuoteryhmäkohtaisesta vientitilastosta <sup>7</sup> arvioitiin Teknologiateollisuuden toimialojen viennit vuonna 2022 perustuen osuuteen Suomen viennistä <sup>8</sup> . Tullin tuoteryhmäkohtaisesta vientitilastosta arvioitiin päätoimialoille ominaiset vientituotteet. Päästöt arvioitiin koko päätoimialalle skaalatusta paljoudesta perustuen Defran päästökertoimiin.	Defra. Greenhouse Gas reporting: Conversion factors
Kat. 14 & 15	Päästölaskennan ulkopuolella yritysten vuosikertomusten päästötietojen perusteella epäolennaisena päästökategorioina.	Defra. Greenhouse Gas reporting: Conversion factors

<sup>1</sup>Tulli. [Ulkomaankauppatilasto](#), Tavaraluokitus CN (CN2), Suunta(TUONTI), Vuosi (2022).

<sup>2</sup>Tulli. [Ulkomaankauppatilasto](#), TOL(2008), Suunta(TUONTI).

<sup>3</sup>Tilastokeskus. 1241 -- [Investoinnit ja kiinteä pääoma](#), vuosittain, 1975-2022\*.

<sup>4</sup>Tilastokeskus. 11wy -- [Teollisuuden energiankäyttö toimialoittain](#) (TOL 2008), 2007-2022.

<sup>5</sup>Teknologiateollisuus. [Viisi päätoimialaa](#). Saatavilla: (versio 5.12.2023)

<sup>6</sup>Traficom. [selvityksiä ja tutkimuksia](#). 14/2023. Henkliöliikennetutkimus.

<sup>7</sup>Tulli. [Ulkomaankauppatilasto](#), TOL(2008), Suunta(VIENTI).

<sup>8</sup>Tulli. [Ulkomaankauppatilasto](#), Tavaraluokitus CN (CN2), Suunta(VIENTI), Vuosi (2022).

## Scope 3: Suunnittelu ja konsultointi, Tietotekniikka

Scope 3	Laskentametodologia	Päästökertoimet
Kat. 1	Päätoimialojen liikevaihdon <sup>1</sup> perusteella käyttäen vuosikertomusten tiedoilla laskettua päästöjen painotettua keskiarvoa (tCO <sub>2</sub> e/EUR).	Päätoimialojen yritysten ostettujen tuotteiden ja palveluiden päästöjen painotettu keskiarvo (päästökerroin) perustuen vuosi- ja vastuullisuuskertomusten päästötietoihin ja liikevaihtoon.
Kat. 2	Päästöt perustuvat Tilastokeskuksen tilastoon <sup>2</sup> toimialojen (TOL (2008), kiinteän pääoman bruttomuodostus, menona, 2022 ennakkotieto) investoinneista rakennuksiin ja rakennelmiin, kuljetusvälineisiin ja tieto- ja viestintätekniisiin laitteisiin sekä muihin koneisiin ja laitteisiin.	Exiobase 3.8.2
Kat. 3	Päästöt perustuvat yritysten vuosi- ja vastuullisuuskertomusten mukaiseen päästöjen suhteelliseen jakaumaan.	
Kat. 5	Päätoimialojen liikevaihdon <sup>1</sup> perusteella käyttäen vuosikertomusten tiedoilla laskettua jätteiden päästökerrointa (tCO <sub>2</sub> e/EUR).	Päätoimialojen yritysten jätteiden päästöjen painotettu keskiarvo (päästökerroin) perustuen vuosi- ja vastuullisuuskertomusten päästötietoihin ja liikevaihtoon.
Kat. 6	Päätoimialojen henkilöstömäärän <sup>1</sup> perusteella käyttäen vuosikertomusten tiedoilla laskettua liikematkustuksen päästökerrointa (tCO <sub>2</sub> e/työntekijä).	Päätoimialojen yritysten liikematkustuksen päästöjen painotettu keskiarvo (päästökerroin) perustuen vuosi- ja vastuullisuuskertomusten päästötietoihin ja henkilöstömäärään.
Kat. 7.	Henkilöliikennetutkimuksen <sup>3</sup> (2022) perusteella päätoimialan työntekijämäärään perustuva päästölaskenta	Defra. Greenhouse Gas reporting: Conversion factors

Suunnittelu ja konsultointi: 71, TOL(2008)  
Tietotekniikka: 62-63, TOL(2008)

<sup>1</sup>Teknolomiteollisuus. [Viisi päätoimialaa](#). (versio 5.12.2023)

<sup>2</sup>Tilastokeskus. 1241 -- [Investoinnit ja kiinteä pääoma](#), vuosittain, 1975-2022.

<sup>3</sup>Traficom in selvityksiä ja tutkimuksia. 14/2023. [Henkilöliikennetutkimus](#).



# Liite 2. Skenaariolaskennan taustatietoja

# Keskilämpötilan nousu skenaarioissa

Vähähiilisyystiekartan **skenaarioihin liittyvä keskilämpötilan nousun arvio, mikäli globaalisti päästöt seurasivat samaa trendiä**. Perustuu kuudennessa arviointiraportissa (AR6) ennustettuihin keskimääräisiin kasvihuonekaasupäästöjen vähennyksiin IPCC:n skenaarioissa ([IPCC, 2023](#)).

	Vähähiilisyystiekartan skenaario	Vähähiilisyystiekartan skenaarion päästövähennys vuonna 2050 vuodesta 2022	Keskilämpötilan arvioitu nousu vuoteen 2100 mennessä (mikäli globaalit päästöt seurasivat skenaarioiden trendiä) <sup>1</sup>
<b>Scope 1 &amp; 2</b>	Peruutuspeiliin katsoja	Päästöt kasvavat yli 300 %	>4°C
	Perusuralla pysyjä	Päästöt laskevat 42%	2°C
	Vähähiilinen uudistaja	Päästöt laskevat 61%	2°C
<b>Scope 3</b>	Peruutuspeiliin katsoja	Päästöt kasvavat 74%	>4°C
	Perusuralla pysyjä	Päästöt kasvavat 51%	>4°C - 4°C
	Vähähiilinen uudistaja	Päästöt laskevat 57%	2°C

<sup>1</sup>([IPCC, 2023](#)). Keskilämpötilan nousun arviot perustuvat IPCC:n kuudennessa arviointiraportin Taulukko 3.1 Key characteristics of the modelled global emissions pathways mallinnettuihin keskilämpötilan nousuihin päästövähennysten perusteella (2050 vuoteen).

# Liite 3. Kaksoissiirtymän vaatimien raaka-aineiden taustatietoja

# EU:n kriittisten materiaalien asetus ajaa kriittisten ja strategisten materiaalien tarkempaa hallintaa



## Regulatiivinen tausta

- Perusmetallien, akkumateriaalien ja harvinaisten maametallien kysynnän arvioidaan kasvavan EU:ssa **räjähdysmäisesti**, kun EU luopuu fossiilisista polttoaineista ja siirtyy puhtaisiin energiajärjestelmiin, jotka vaativat enemmän mineraaleja. Lisäksi **EU on nykyisellään hyvin riippuvainen tietyistä maista** näiden raaka-aineiden saatavuuden osalta.
- Marraskuussa 2023 EU asetti joukon toimenpiteitä, joilla pyritään varmistamaan raaka-aineiden saatavuus erityisesti strategisille ja kasvaville sektoreille EU:ssa. Tämä kokonaisuus on nimetty **Critical Raw Material Act:iksi (CRMA)**, joka on puolestaan osa laajempaa Green Deal Industrial Plan:ia.



## Johtopäätökset

- CRMA:ssa nimettiin yhteensä **34 kriittistä materiaalia, joista 17 on myös strategisia**.\*
- Valinta tehtiin vertailemalla 87 raaka-ainetta niin hankintariskin kuin taloudellisen merkityksellisyyden kautta.
- Hankintaketjuja ja kysyntää arvioitiin puolestaan **15 olennaisimman teknologian kautta, joiden kasvava tarve ajaa kyseisten materiaalien kysyntää**.



## EU:n tavoitteet

- CRMA asettaa selkeät tavoitteet EU:n nykyisen tuotannon ja toimitusketjun monipuolistamiseksi todeten, että **vuonna 2030 kriittisissä materiaaleissa**:
  - EU:n tarjonta kattaa vähintään 10 % EU:n vuotuisesta louhintakulutuksesta
  - EU:n tarjonta kattaa vähintään 40 % EU:n vuotuisesta kulutuksesta jalostukseen
  - **Vähintään 25%** EU:n vuotuisesta kulutuksesta on peräisin **kierrätyksestä** EU:ssa
  - **Enintään 65%** kunkin strategisen raaka-aineen vuotuisesta kulutuksesta EU:ssa missä tahansa asiaankuuluvassa jalostusvaiheessa **voi perustua tuontiin yhdestä kolmannen maailman maasta**

2023 [Critical raw materials act, Euroopan komissio](#)

2023 [Council and Parliament strike provisional deal to reinforce the supply of critical raw materials, Euroopan neuvosto](#)

\*Luettelo tarkastelluista materiaaleista sekä niiden käyttökohteista työn liitteenä

# Sektoreiden kautta voidaan tunnistaa Suomen teknologia- teollisuuden erityispiirteet ja kriittiset teknologiat



**Uusiutuva energia**



**E-liikkuvuus**



**Energia-intensiivinen teollisuus**



**ICT**



**Avaruus-  
teknologia ja puolustus**

**Yleiskuva Euroopassa**

Sektoreista eniten strategisia materiaaleja kuten litiumia ja alumiinia vaativa. Myös muiden kriittisten materiaalien tarve on suurta.

Sektorilla on tärkeä rooli vähäpäästöisyyden edistämässä ja siten tuo myös kaikista sektoreista suurimmat kriittisten materiaalien tarpeen.

Käsiteltävät teknologiat ovat vielä kehityksen alussa, joka tekee materiaalityönteiden arvioinnista hankalaa. Linkki muihin teknologioihin vahva.

Laajat materiaalityönteet ja paljon tuotantoketjuriskejä. Kasvavaan kysyntään on osattu varautua, mutta muiden sektorien lisääntynyt kilpailu materiaaleista voi aiheuttaa ongelmia.

Materiaalityönteet hyvin laajat ja niiden turvaaminen erittäin kriittistä turvallisuustavoitteiden takia.

**Rooli Suomessa**

**Hankinta:** Suomessa korostuvat erityisesti tuulivoimapotentiaali ja mahdollisesti sen myötä tuleva vetytalouspotentiaali.  
**Omat tuotteet:** Suomi voi ottaa roolia erityisesti akkujen tuotannossa ja materiaalien turvaamisessa.

**Hankinta:** Pitkien etäisyyksien vuoksi vety- ja sähköautojen turvaaminen EU-tasolla tärkeää.  
**Omat tuotteet:** Suomi voi ottaa roolia erityisesti akkujen tuotannossa ja materiaalien turvaamisessa.

**Hankinta:** Ala vaatii erityistä huomiota vihreään energiaan.  
**Omat tuotteet:** SSAB:n tehdas on ensimmäisiä maailmassa, joten H2-DRI-teknologiaan tarvittavien materiaalien turvaaminen Suomessa kriittistä.

**Hankinta:** Laaja ICT-kenttä vaatii avainteknologioiden materiaalien turvaamisen EU-tasolla.  
**Omat tuotteet:** Erityisesti Nokia ja sen sidosyritykset luovat tarpeen tiedonsiirtoverkko-materiaalien turvaamiseen.

**Hankinta:** Suomessa korostuvat erityisesti robotiikkaan ja 3D-printtaukseen liittyvät teknologiat, jotka vaativat laajasti monien kriittisten materiaalien turvaamista EU-tasolla.

**Pullonkaula-  
materiaalit**

Litium, REE:t (magneetit), boori, gallium, grafiitti, koboltti, PGM:t (erityisesti Iridium elektrolyyseriäihin).

REE:t (magneetit), litium, PGM:t (erityisesti polttokennoihin), grafiitti, koboltti.

Grafiitilla mahdollisuus pullonkaulaautua. Lisäksi puhtaan vedyn ja DR-luokan rautamalmin saatavuuteen keskittyttävä.

Monia, mutta erityisesti iso määrä REE:itä, gallium ja palladium.

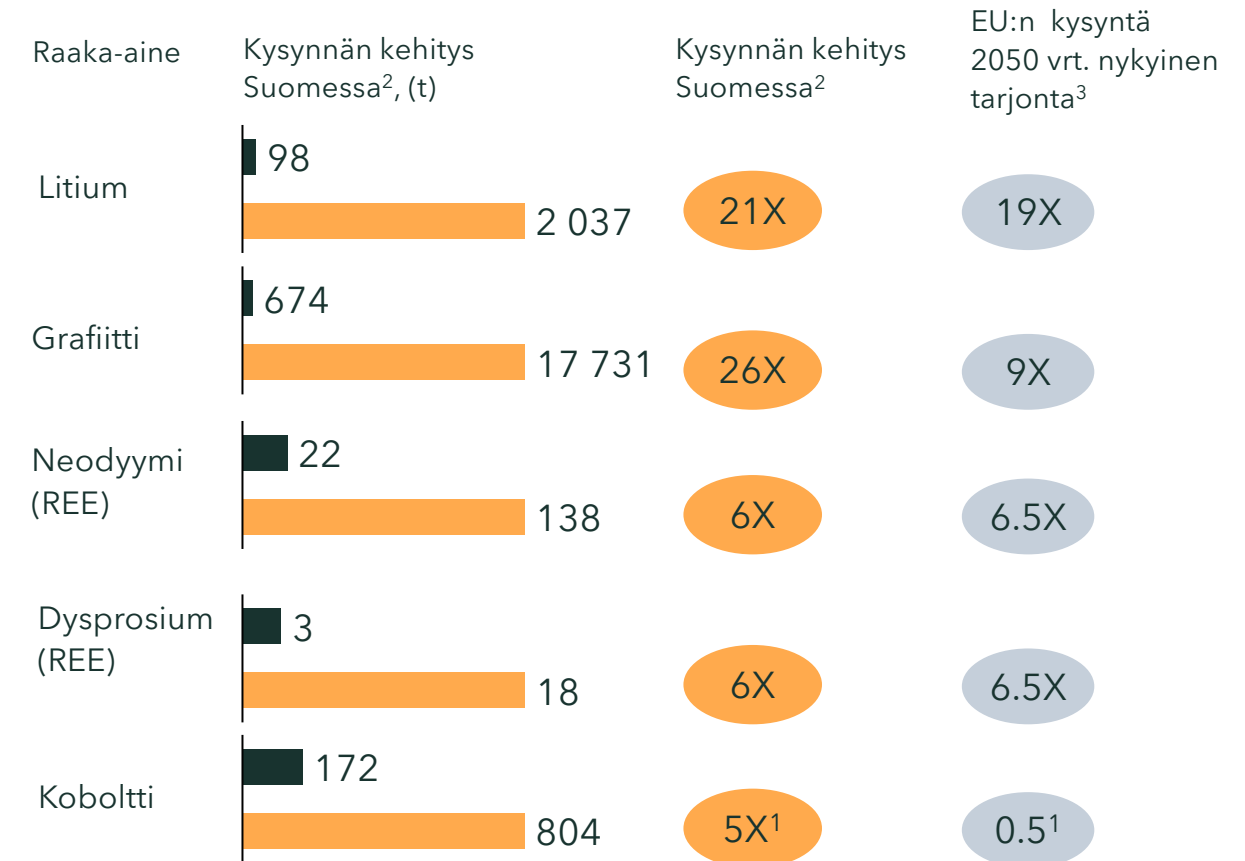
Monia, mutta erityisesti titaani.

# Teknologiategollisuudelle tärkeimpien materiaalien kysynnän ennustetaan kasvavan moninkertaisiksi

■ 2020 ■ 2050

- Kaksoissiirtymän myötä **monien kriittisten materiaalien kysyntä nousee moninkertaisiksi** ja osa näistä materiaaleista **ylittää pelkästään tarkasteltavien 15 teknologian kautta nykyisen tarjonnan**, kuten osoitettu kuvassa oikealla. Nämä materiaalit voidaan nähdä erityisinä **pullonkaulamateriaaleina**.
- Kuvassa esitettyjen lisäksi pullonkaulamateriaaleja tulee olemaan mahdollisesti ainakin **platina (PGM), iridium (PGM), terbium (REE) ja gallium**
- Näiden lisäksi monien muiden kriittisten materiaalien kysyntä kasvaa merkittävästi: esimerkiksi **alumiinin** kysyntä kasvaa 6-kertaisesti ja **kuparin** 10-kertaisesti, mutta avainteknologiosta nouseva kysyntä on näillä on silti vain alle 3% materiaalin nykyisestä kokonaistarjonnasta.
- Alumiinin ja kuparin kysynnän kasvaminen selittyy sillä, että niitä käytetään laajimmin kaikkiin avainteknologioihin (15 ja 14 teknologioista). Niiden lisäksi käytetyimpiä raaka-aineita ovat **nikkeli (14), pii (14) ja mangaani (13)**.

## Avainteknologioiden valikoitujen kriittisten materiaalien arvioitu kehitys



<sup>3</sup>EU:n ennustettu materiaalikysyntä avainteknologioiden osalta vuonna 2050 verrattuna koko materiaalitarkontaan vuonna 2020

<sup>2</sup>Perustuen n. 2% osuuteen Euroopan kokonaiskysynnästä

<sup>1</sup>Kysyntä pienenee vuodesta 2030>2050, joten valittu luku on näiden keski-arvo

# Suomelle kriittisimpien materiaalien varantoja on löydetty Suomesta

\*Suomen varannot

## Suomen teknologiateollisuudelle kriittisimmät materiaalit



### Nykyisin tunnistetut

- Volframi
- Magnesium
- Antimoni
- Titaani
- Koksi
- Bauksiitti
- Pii

### Kaksoissiirtymän ajamat

- **Koboltti\***
- **Litium\***
- **REE:t\*** (magneetit)<sup>2</sup>
- **Grafiitti\***
- **Nikkeli\***
- Platinaryhmän metallit (PGM:t)

## Muut Euroopan tasolla tunnistetut kriittiset ja strategiset materiaalit, joita tarvitaan kaksoissiirtymään



### Strategisiksi tunnistetut

- Gallium
- Boori
- Vismutti
- Alumiini
- Germanium
- Kupari

### Muiksi kriittisiksi tunnistetut

- REE:t (ei-magneetit)<sup>1</sup>
- Niobium
- Strontium
- Scandium
- Vanadiini
- Fosfori
- Beryllium
- Arseeni
- Maasälpä
- Halfnium
- Baryytti
- Tantaali
- Helium
- Fluorisälpä
- Fosfaattikivi

<sup>1</sup>Viitaten niin kevyisiin kuin raskaisiin harvinaisiin maametalleihin, joita ei ole lueteltu <sup>2</sup> alla.

<sup>2</sup>Viitaten magneetteihin tarvittaviin harvinaisiin maametalleihin, joita ovat erityisesti: neodyymi, dysprosium, terbium, samarium, cerium ja praseodyymi

# Kriittisten materiaalien saatavuuden varmistamista on hyvä tehdä koko toimialan tasolla

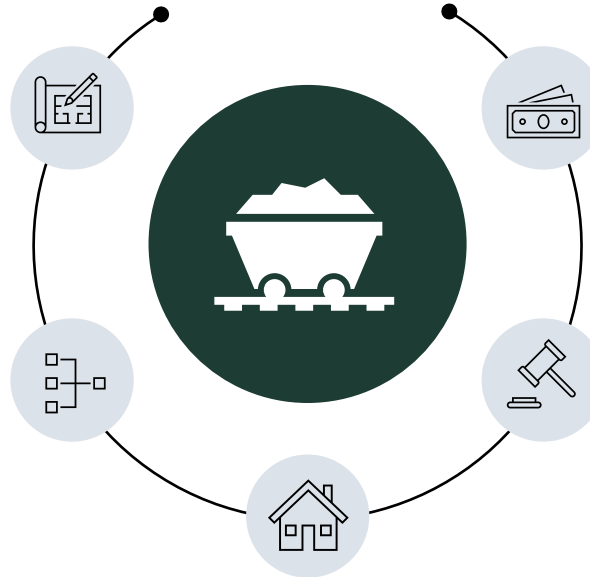
## Yrityksille

### Materiaalitehokkuus ja tuotesuunnittelu

- Kiertotalouden mukainen tuotesuunnittelu
- Kierrättämisen lisääminen
- Kriittisten materiaalien korvaaminen vaihtoehtoisilla ratkaisuilla

### Kestävät ja häiriöttömät hankintakanavat

- Kestäviä materiaaleja toimittavien kuYrityksaneiden turvaaminen
- Toimittajien monipuolistaminen
- Strategiset kuYrityksanuudet



## Toimialalle

### Hankerahoituksen varmistaminen

- Strategiset ratkaisut koko tuotannon arvoketjuille
- Rahoitusratkaisujen optimaalinen hyödyntäminen ja eteenpäin ajaminen

### Suotuisa sääntely-ympäristö

- Luvitusprosessin kehittäminen
- Sääntely-ympäristön selkeyttäminen
- Kohdennetut muutokset jätelainsäädäntöön
- Reilujen toimintaedellytyksien luominen eurooppalaisille yrityksille

## Kotimaisen kaivospotentialin hyödyntäminen kestävästi

- Suomella on mahdollisuus vastata Euroopan kasvavaan kestävien kriittisten materiaalien tarpeeseen.
- Investointien aikaikkuna on pitkä, mikä tarkoittaa että projektisalkun koon on oltava riittävä.



## 17 materiaalia on tunnistettu strategisiksi EU-tasolla

Materiaali	Hankintariski	Merkittävimmät käyttöteknologiat/sektorit*
Gallium	4.8	Aurinkovoimapaneelit, ICT, ATP
Magnesium	4.1	Elektrolyysarit, ICT, ATP
REE (magneetit)	4.0	Elektrolyysarit, Tuuliturbiinit, Lämpöpumput, Polttokennot, Sähkövetomoottorit, ICT, ATP
Boori	3.8	Elektrolyysarit, Tuuliturbiinit, Aurinkovoimapaneelit, Lämpöpumput, Polttokennot, Sähkövetomoottorit, ICT, ATP
PGM	2.7	Elektrolyysarit, Polttokennot, ICT, ATP
Litium	1.9	Li-ion akut, ICT, ATP
Vismutti	1.9	ICT, Avaruuslaukaisimet ja -satelliitit
Germanium	1.8	Aurinkovoimapaneelit, ICT, Avaruuslaukaisimet ja -satelliitit
Grafiitti	1.8	H2-DRI, Elektrolyysarit, Li-ion akut, Polttokennot, ICT, Robotit, Dronet
Koboltti	1.7	Elektrolyysarit, Li-ion akut, Polttokennot, ICT, ATP
Titaani	1.6	Älypuhelimet, ATP
Pii	1.4	EIT, Elektrolyysarit, Tuuliturbiinit, Aurinkovoimapaneelit, Polttokennot, sähkövetomoottorit, ICT, ATP
Alumiini	1.2	Uusiutuva energia, E-liikkuvuus, EIT, ICT, ATP
Volframi	1.2	Elektrolyysarit, Älypuhelimet, ATP
Mangaani	1.2	EIT, Elektrolyysarit, Tuuliturbiinit, , Li-ion akut, Polttokennot, ICT, ATP
Nikkeli	0.5	Uusiutuva energia, EIT, Polttokennot, ICT, ATP
Kupari	0.1	Uusiutuva energia, E-liikkuvuus, ICT, ATP

\*Koko sektori merkitty, jos materiaalitarpeita ilmenee kaikissa sektorin teknologioissa tai ICT:n ja ATP:n osalta muissa kuin yhdessä

## Lisäksi tunnistettiin 17 muuta kriittistä materiaalia

Materiaali	Hankintariski	Merkittävimmät käyttöteknologiat/sektorit*
HREE (ei-magneetit)	5.3	Elektrolyysarit, Polttokennot, ICT, ATP
Niobium	4.4	Elektrolyysarit, Tuuliturbiinit, Tiedonsiirtoverkot, ATP
LREE (ei-magneetit)	3.5	Elektrolyysarit, Polttokennot, ICT, ATP
Fosfori	3.3	H2-DRI, Aurinkovoimapaneelit, Li-Ion akut, ICT, Avaruuslaukaisimet ja -satelliitit
Strontium	2.6	Elektrolyysarit, Polttokennot, ICT
Skandium	2.4	Elektrolyysarit, Data-varastot, 3D-printtaus, Avaruuslaukaisimet ja -satelliitit
Vanadiini	2.3	H2-DRI, Elektrolyysarit, Polttokennot, Tiedonsiirtoverkot, ATP
Antimoni	1.8	Aurinkovoimapaneelit, ICT, ATP
Beryllium	1.8	ICT, Avaruuslaukaisimet ja -satelliitit
Arseeni	1.6	Aurinkovoimapaneelit, ICT, Avaruuslaukaisimet ja -satelliitit
Maasälpä	1.5	Polttokennot, Dronet, Avaruuslaukaisimet ja -satelliitit,
Hafnium	1.5	Datavarastot, ATP
Baryte	1.3	Elektrolyysarit, Polttokennot, ICT, Avaruuslaukaisimet ja -satelliitit
Tantaali	1.3	Elektrolyysarit, ICT, Dronet, Avaruuslaukaisimet ja -satelliitit,
Helium	1.2	Datavarastot, Avaruuslaukaisimet ja -satelliitit
Fluorisälpä	1.1	Lämpöpumput, Aurinkovoimapaneelit, Li-Ion akut ICT, ATP
Fosfaattikivi	1.0	Tiedonsiirtoverkot

\*Koko sektori merkitty, jos materiaalitilanteita ilmenee kaikissa sektorin teknologioissa tai ICT:n ja ATP:n osalta muissa kuin yhdessä

## Muut analysoidut materiaalit 1/2

Materiaali	Hankintariski	Merkittävimmät käyttöteknologiat/sektorit*
Luonnollinen tiikki	1.7	-
Sapele puu	1.3	-
Luonnollinen korkki	0.9	Avaruuslaukaisimet ja -satelliitit
Luonnonkumi	0.9	-
Tina	0.9	Elektrolyysit, Aurinkovoimapaneelit, ICT, ATP
Molybdeeni	0.8	Uusiutuva energia, Sähkövetomootorit, ICT, ATP
Perliitti	0.8	-
Hopea	0.8	Elektrolyysit, Aurinkovoimapaneelit, Lämpöpumput, ICT, ATP
Ksenon	0.8	ICT, Avaruuslaukaisimet ja -satelliitit
Zirkonium	0.8	Polttokennot, Elektrolyysit, H <sub>2</sub> -DRI, Tiedonsiirtoverkot, 3D-printtaus, Avaruuslaukaisimet ja -satelliitit
Kaoliini savi	0.8	-
Kromi	0.7	Uusiutuva energia, E-liikkuvuus, EIT, ICT, ATP
Neon	0.7	ICT
Potaska	0.7	Elektrolyysit, Robotit, Dronet,
Krypton	0.7	Datavarastot, Avaruuslaukaisimet ja -satelliitit
Kipsi	0.6	Tiedonsiirtoverkot
Magnesiitti	0.6	H <sub>2</sub> -DRI
Indium	0.6	Aurinkovoimapaneelit, ICT, ATP

\*Koko sektori merkitty, jos materiaalitarpeita ilmenee kaikissa sektorin teknologioissa tai ICT:n ja ATP:n osalta muissa kuin yhdessä

## Muut analysoidut materiaalit 2/2

Materiaali	Hankintariski	Merkittävimmät käyttökäytännöt/teknologiat/sektorit*
Renium	0.5	Tiedonsiirtoverkot, Robotit, Dronet,
Titaani	0.5	Polttokennot, Elektrolyysit, Data-varastot
Rautamalmi	0.5	Uusiutuva energia, EIT, Polttokennot, ICT, ATP
Vety	0.5	H2-DRI, Älypuhelimet, Avaruuslaukaisimet ja -satelliitit
Bentoniitti	0.4	-
Kulta	0.4	Elektrolyysit, Lämpöpumput, ICT, ATP
Piimaa	0.3	-
Seleen	0.3	Aurinkovoimapaneelit, Tiedonsiirtoverkot, Avaruuslaukaisimet ja -satelliitit
Piidioksidihiekka	0.3	Aurinkovoimapaneelit, Tuuliturbiinit, H2-DRI, Älypuhelimet, Avaruuslaukaisimet ja -satelliitit
Rikki	0.3	Avaruuslaukaisimet ja -satelliitit
Telluuri	0.3	Aurinkovoimapaneelit, Tiedonsiirtoverkot, Robotit, Dronet
Kalkkikivi	0.3	Elektrolyysit, H2-DRI. Robotit, Dronet
Aggregaatit	0.2	Tuuliturbiinit
Kadmium	0.2	Aurinkovoimapaneelit, Älypuhelimet
Talkki	0.2	Älypuhelimet
Sinkki	0.2	Elektrolyysit, Tuuliturbiinit. Lämpöpumput, Aurinkovoimapaneelit, ICT, ATP
Pyöröpuu	0.1	-
Lyijy	0.1	Tuuliturbiinit, Aurinkovoimapaneelit, ICT, ATP

\*Koko sektori merkitty, jos materiaalitilastoja ilmenee kaikissa sektorin teknologioissa tai ICT:n ja ATP:n osalta muissa kuin yhdessä

# Harvinaiset maametallit ja platinaryhmän metallit jaoteltuna yksittäisiin materiaaleihin

\*tärkeä magneeteissa

	Raskaat harvinaiset maametallit (HREE, heavy rare earth metals)	Kevyet harvinaiset maametallit (LREE, light rare earth metals)	Platinaryhmän metallit
Strategiset	<ul style="list-style-type: none"><li>• Dysprosium*</li><li>• Terbium*</li><li>• Gadolinium</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Cerium*</li><li>• Neodyymi*</li><li>• Samarium*</li><li>• Praseodyymi*</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Iridium</li><li>• Palladium</li><li>• Platina</li><li>• Rodium</li><li>• Rutenium</li></ul>
Kriittiset	<ul style="list-style-type: none"><li>• Erbium</li><li>• Europium</li><li>• Holmium</li><li>• Lutetium</li><li>• Tulium</li><li>• Ytterbium</li><li>• Yttrium</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Lantaani</li></ul>	

# Liite 4. Hiilikädenjäljen taustatietoja

# Avainteknologioiden ryhmittely tarjoaman tyyppeihin paljastaa energiariippuvaisten tuotteiden merkityksellisyyden

Tarjoaman tyyppi	Kädenjälkimekanismi		
	Omaa hiilijalanjälkeä pienentävät ratkaisut	Yhteisvaikutukselliset toimet	Asiakkaan päästöjen vähentäminen
 <b>Raaka-aineet</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ruostumaton teräs</li> <li>Vähähiilisen teräksen valmistus</li> </ul>		
 <b>Energiariippuvaliset tuotteet</b> Energiaa kuluttavat ja tuottavat	<ul style="list-style-type: none"> <li>Taajuusmuuttajat</li> <li>Valaistus</li> <li>Hissit ja liukuportaat</li> <li>Hiilineutraaleita energialähteitä käyttävät moottorit</li> <li>Prosessiteknologiat kaivos- ja metalliteollisuudessa</li> <li>Prosessiteknologiat valmistavassa teollisuudessa</li> <li>Bioenergiateknologia</li> <li>Vedenpuhdistusteknologia</li> <li>Akkukemikaalien kierrätysteknologia</li> <li>Synteettisten polttoaineiden valmistusteknologia</li> <li>CCS/CCU teknologiat</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nosto- ja siirtolaitteet</li> <li>Metsäkoneet</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Energiatehokkaat alukset</li> <li>Satamatoimintojen optimointi</li> <li>Energiatehokkaat rakennukset</li> <li>Älykäs sähköautojen latausinfra</li> <li>Solu- ja bioteknologia</li> <li>Cell factory, solumainen tuotanto</li> <li>Tekstiilien kierrätysteknologia</li> <li>Jätteenlajittelun automatisointi</li> </ul>
 <b>Omavalmisteiset fyysiset tuotteet</b>	Ei avainteknologiaksi valittuja tarjoaman esimerkkejä, merkitys tärkeä osana muita ratkaisuja		
 <b>Palvelut ja ohjelmistot</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Laitos- ja tehdassuunnittelu</li> <li>IoT-ratkaisut valmistavassa teollisuudessa</li> <li>Yhdistelmä private cloudia ja sensoriteknikkaa</li> <li>Kiinteistöautomaatio</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>BIM-työkalut rakennusten suunnittelussa</li> <li>Kyberturvallisuus</li> <li>Tietoliikenne: 5G v. 4G ja 3G</li> <li>Tehokkaampi tekoäly</li> <li>Älykäs sähköautojen latausinfra</li> </ul>

## Koonti: Hiilikädenjälkipotentiaali klustereittain

Klusteri	Avainteknologia	Kädenjälki*	Vaihtoehtoiskustannus**
Meriteollisuus	Energiatehokkaammat alukset	> 1 Mt CO <sub>2</sub> e	75-150 M€
	Hiilineutraalit energialähteet laivoihin	> 4 Mt CO <sub>2</sub> e	300-600 M€
	Satamatoimintojen optimointi	0,1 Mt CO <sub>2</sub> e	7,5-15 M€
Metalli ja metallituotteet	Ruostumaton teräs	> 5 Mt CO <sub>2</sub> e	375-750 M€
	Prosessiteknologiat	> 5 Mt CO <sub>2</sub> e	375-750 M€
	Vähähiilinen teräs	30 Mt CO <sub>2</sub> e	2 250-4 500 M€
Energiateknikka	Bioenergiateknologia	> 4 Mt CO <sub>2</sub> e	300-600 M€
	Taajuusmuuttajat	4 Mt CO <sub>2</sub> e	300-600 M€
	Synteettisten polttoaineiden valmistusteknologia	>> 5 Mt CO <sub>2</sub> e	375-750 M€
Kierrätysteknologia	Jätteenlajittelun automatisointi	8 Mt CO <sub>2</sub> e	600-1 200 M€
Rakennusteknologia	Valaistus	0,3 Mt CO <sub>2</sub> e	22,5-45 M€
	Hissit ja liukuportaat	0,3 Mt CO <sub>2</sub> e	22,5-45 M€
Liikenneteknologia	Nosto- ja siirtolaitteet	> 3 Mt CO <sub>2</sub> e	225-450 M€
	Älykäs sähköautojen latausinfra	0,5 Mt CO <sub>2</sub> e	37,5-75 M€
Valmistava teollisuus: Suunnittelu ja konsultointi Tietotekniikka Automaatio- ja mittaustekniikka Uudet ja nykyiset tuotantoteknologiat	BIM-työkalut rakennusten suunnittelussa	1 Mt CO <sub>2</sub> e	75-150 M€
	Prosessiteknologia valmistavassa teollisuudessa	4 Mt CO <sub>2</sub> e	300-600 M€
<b>YHTEENSÄ</b>		<b>75 Mt CO<sub>2</sub>e</b>	<b>5,6-11,3 mrd. €</b>

\* Laskettu edellisessä työssä.

\*\* Olettaen että päästövähennykset tulee tehdä joka tapauksessa. Laskettu olettaen hiilen eli päästöoikeuden hinnaksi 75-150 €/tCO<sub>2</sub>e: [2023 Carbon price forecast under the EU ETS, Enerdata](#) ; [2022 The EU-ETS price through 2030 and beyond, Kopernikus Project](#)



# Liite 5. Miten työ tehtiin

# Työn toteutuksessa osallistettiin Teknologiateollisuuden henkilökuntaa sekä jäsenyrityksiä



Toimeksiannon on toteuttanut Gaia Consulting projektitiimi keväällä 2024. Projektitiimi koostui ydintiimistä Heini Vassinen, Kaisa Järvinen, Jonna Auvinen, Laura Aalto, Jenna Kallunki sekä työtä ohjaavista Gaian asiantuntijoista Anna Laine ja Pekka Pokela.

Työn pääasiallinen ohjaustaho oli Teknologiateollisuus ry:n projektin johtoryhmä. Projektin johtoryhmän kanssa tavattiin noin 2-3 viikon välein läpi projektin.

Lisäksi työhön osallistettiin seurantaryhmä, joka koostui Teknologiateollisuus Ry:n jäsenyritysten edustajista, esim. henkilöistä, jotka ovat mukana vähähiilisyystyöryhmässä sekä Teknologiateollisuus Ry:n edustajista. Seurantaryhmälle järjestettiin kaksi kokousta: aloituskokous 20.3.2024 sekä välikokous 23.4.2024. Seurantaryhmällä oli mahdollisuus kommentoida työtä Howspace-alustalla toukokuun puolivälissä.

Työn julkistaminen tapahtuu julkistustilaisuudessa 5.6.2024.

## Työn ohjaustahot

### Johtoryhmän jäsenet:

Annukka Saari (Teknologiateollisuus ry)  
Helena Soimakallio (Teknologiateollisuus ry)  
Aada Tiainen (Teknologiateollisuus ry)

### Seurantaryhmän jäsenet:

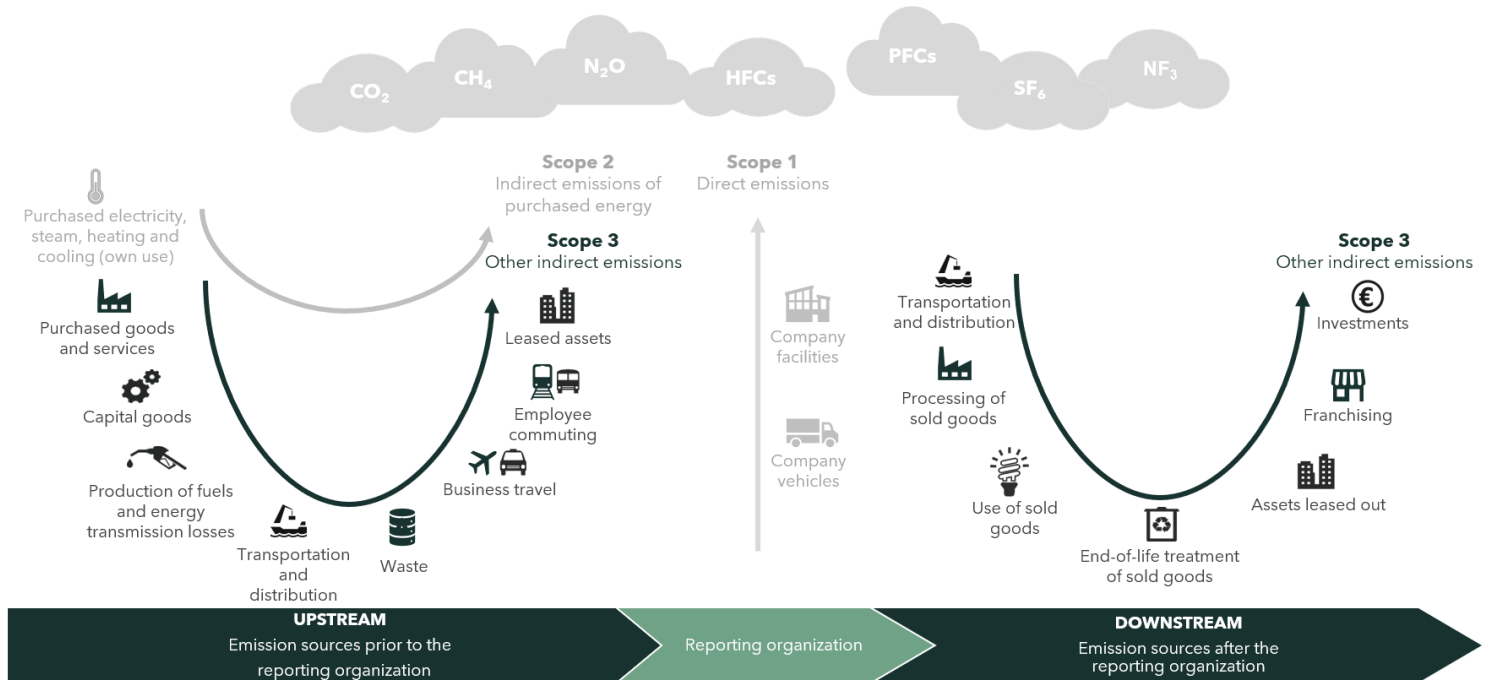
Purhonen Armi (Abloy)  
Päivi Venesoja (Alu Mäkelä)  
Nina Pere (BMH)  
Turunen Teemu (Elomatic)  
Satu Virkkunen (Kone)  
Vuori Saku (Metalliteollisuus)  
Mervi Airaksinen (Microsoft)  
Harri Leppänen (SSAB)  
Kari Pasanen (Raumaster)  
Satu Kaivonen (Raute)  
Carita Ollikainen (Valmet)

# Liite 6. Miten hiilijalanjälki lasketaan organisaatiolle

# Hiilijalanjälkilaskennan menetelmä: GHG Protokolla

Laskenta voidaan suorittaa organisaatioiden päästölaskentaan soveltuvan **GHG Protocol Corporate Accounting and Reporting Standardin** mukaisesti\*

- **Standardi on yleisimmin käytetty ja hyväksytty standardi** ja monet yritys vastuun raportoinnin viitekehykset, kuten GRI, CDP ja TCFD, suosittelevat myös tämän käyttöä.
- Scope 1 ja 2 -päästöt tulee laskea kaikissa tapauksissa
- Scope 3 -kategoriat sisällytetään laskentaan **olennaisuusarvion** perusteella.
- Laskenta toteutetaan ensisijaisesti suoriteperusteisena (vs. kuluihin perustuen).

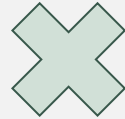


\*Kts.: <https://ghgprotocol.org/corporate-standard> (katso myös Scope 2 Guidance and the GHG Protocol Corporate Value Chain (Scope 3) Accounting and Reporting Standard)

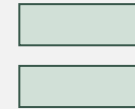
Kuva mukailtu lähteestä: GHG Protocol Corporate Value Chain (Scope 3) Accounting and Reporting Standard

# Organisaation hiilijalanjälki lasketaan käyttäen syötteitä liiketoiminnoista ja soveltuvaa päästökerrointa

**Suorite**



**Päästökerroin**



**Päästö**

**Esimerkki**

Yritys ostaa 10 tietokonetta

280 kgCO<sub>2</sub>e / tietokone\*

2800 kgCO<sub>2</sub>e

## Hiilijalanjäljen laskenta etenee vaiheittain

Tunnista liiketoiminnan päästölähteet

Kerää data

Kerää dataa vastaavat päästökertoimet

Laske päästöt ja tarkastele tuloksia

# Olennaisten päästölähteiden tunnistaminen antaa vankan perustan organisaation päästölaskentaan

## Keskeisiä kysymyksiä olennaisten päästölähteiden tunnistamisessa

- Olennaisuuden arvioinnin tarkoituksena on tunnistaa hiilijalanjäljen laskennan kannalta merkitykselliset päästölähteet ja suunnitella tiedonkeruuprosessi.
- Päästölähteiden olennaisuuden arviointi määrittää laskennan laajuuden ja antaa yleiskuvan saatavilla olevan datan laadusta. Huolellisesti toteutettuna se on yksi onnistuneen laskennan keskeisimmistä osatekijöistä. Siksi on erittäin tärkeää, että prosessiin osallistuvat oikeat henkilöt organisaatiosta.

1. Mitkä ovat organisaation merkittävimmät päästölähteet?
2. Millaisia tietoja tunnistetuista päästölähteistä on saatavilla?
3. Onko joitakin liiketoimintoja, jotka halutaan jättää kokonaan pois laskennasta? Jos on, onko tämä perusteltavissa?
4. Miten kehitetään sopivia arviointimenetelmiä, jos tiedot ovat puutteellisia?
5. Mitkä ovat roolit ja vastuut tiedonkeruuprosessissa?

# Mahdollisia päästövähennystoimia: Hankinta

## Tiedon keruu

- Yhteistyö toimittajien kanssa toimittajakohtaisten tietojen keräämiseksi.
- Aloitetaan tuotteiden hiilijalanjäljen tai elinkaariarvioinnin laskeminen.

## Politiikat ja toimintamallit

- Valitaan tavarantoimittajat, jotka ovat asettaneet ilmastotavoitteet ja joilla on toimintasuunnitelma.
- Tehdään yhteistyötä toimittajien kanssa niiden päästöjen vähentämiseksi.
- Pidennetään käyttöomaisuuden elinkaarta ja tutkitaan mahdollisuuksia kiertotalouteen
- Hyödynnetään käytettyjä tuotteita, kierrätysmateriaaleja ja -tuotteita aina, kun se on mahdollista.

## KPI:t ja päätöksenteko

- Määritellään asiaankuuluvat päästöjen intensiteettiin liittyvät hankinnan keskeiset tunnusluvut.
- Hyödynnetään tuotteiden hiilijalanjälkeä / LCA:ta päätöksenteon ohjaamisessa.

## Tutkimus ja kehittäminen

- Tutkitaan vaihtoehtoisten laitemateriaalien, kuten vähähiilisen teräksen, kehittämistä ja pyritään siirtymään vähähiilisiin materiaaleihin.
- Tutkitaan (paikallisia) mahdollisuuksia lisätä akkujen kiertoa.

# Mahdollisia päästövähennystoimia: Tuote- ja palvelukehitys ja kestävä tarjonta

## Tiedon keruu

- Laaditaan täydellinen materiaaliluettelo (BOM), joka sisältää ympäristötoimenpiteet myytyjen tuotteiden tietojen laadun parantamiseksi.

## Politiikat ja toimintamallit

- Uusien tekniikoiden hyödyntäminen: 3D-tulostuksen käyttöönotto jätemateriaalin vähentämiseksi, tekoälyn ja koneoppimisen käyttö tuotantoprosessien optimoimiseksi ja energiankäytön vähentämiseksi.
- Ympäristöystävällisten valmistusprosessien käyttöönotto, kuten, vesipohjaisten maalien käyttö, vaarallisten materiaalien minimikäyttö ja energiatehokkaat tuotantotekniikat.

## KPI:t ja päätöksenteko

- Pyritään pidentämään tuotteiden elinkaarta.
- Mahdollistetaan tuotteiden kierrätys, kunnostaminen ja uudelleenvalmistus.

## Tutkimus ja kehittäminen

- Uudelleen järjestetään kokoonpanokäytäntöjä energiankulutuksen vähentämiseksi.
- Yhteistyö asiakkaiden kanssa ilmastoystävällisessä suunnittelussa (esim. modulaarisuus, kevyempi runko, vähähiilisten materiaalien käyttö).
- Kehitetään älykkäitä, energiatehokkaita järjestelmiä, jotka aktivoituvat vain tarvittaessa ja vähentävät näin energiankulutusta.



# Mahdollisia päästövähennystoimia: Logistiikka

## Tiedon keruu

- Yhteistyö kuYritysaneiden/toimittajien kanssa toimittajakohtaisten tietojen keräämiseksi.

## Politiikat ja toimintamallit

- Valitaan toimittajat, jotka ovat asettaneet ilmastotavoitteet ja joilla on toimintasuunnitelma.
- Siirtyminen lentorahdista rautatie- tai merirahtiin.
- Tehdään yhteistyötä logistiikkatoimittajien kanssa niiden logistiikan päästöjen vähentämiseksi esim. kalusto- tai polttoainestrategian avulla.
- Tehdään yhteistyötä logistiikkatoimittajien kanssa kuljetusten yhdistämisessä reittien ja rahtikuljetusten optimoimiseksi lyhennetyille matkoille.

## KPI:t ja päätöksenteko

- Lyhennetään logistisia etäisyyksiä siten, että toimittajat ovat lähempänä myyntimarkkinoita.

## Tutkimus ja kehittäminen

- Kehitetään kevyempiä tuotevaihtoehtoja kuljetuspainon pienentämiseksi.

# Mahdollisia päästövähennystoimia: Toimitilat (Scope 1 & 2)

## Tiedon keruu

- Parannetaan kylmäaineita koskevaa tiedonkeruuta.

## Politiikat ja toimintamallit

- Siirrytään vähäpäästöisiin polttoaineisiin.
- Lisätään täyssähköautojen määrää, lyhennetään leasing-sykliä, jotta muutokset näkyvät entistä nopeammin.
- Siirrytään mahdollisuuksien mukaan vihreään sähköön ja kaukolämpöön kaikissa toimitiloissa.
- Kannustetaan työntekijöitä tekemään parannusehdotuksia, joilla vähennetään jätettä, parannetaan tehokkuutta ja minimoidaan energiankulutusta.
- Kannustetaan työntekijöitä säästämään energiaa, polttoaineita ja resursseja.

## KPI:t ja päätöksenteko

- Suunnitellaan uusien ja parannetaan olemassa olevien tilojen energiatehokkuutta ja ympäristöystävällisyyttä, mukaan lukien viherkatot, luonnonvalaistus ja tehokkaat LVI-järjestelmät.

## Tutkimus ja kehittäminen

- Kehitetään uusia kevyempiä valmistus- tai kokoonpanokäytäntöjä, jotka käyttävät vähemmän polttoaineita, kylmäaineita ja energiaa.

# Mahdollisia päästövähennystoimia: Työmatkaliikenne ja työmatkat

## Tiedon keruu

- Yhteistyö matkatoimittajien kanssa toimittajakohtaisten tietojen keräämiseksi

## Politiikat ja toimintamallit

- Tarjotaan kohdennettuja kannustimia julkisen liikenteen käyttäjille ja työntekijöille, jotka kulkevat työmatkansa jalan tai pyörällä.
- Päivitetään työmatkapolitiikkaa siten, että edistetään vaihtoehtoisia liikennemuotoja lentämisen tai yksityisautolla matkustamisen sijasta (erityisesti kotimaanlennot).
- Päivitetään työmatkapolitiikkaa suosimalla virtuaalikokouksia livekokousten sijaan.
- Vähennetään lentämisestä aiheutuvia päästöjä kannustamalla matkustamaan kestävää lentopolttoainetta (SAF) käytävillä lentoyhtiöillä.

## KPI:t ja päätöksenteko

- Huomioidaan työmatkojen etäisyydet ja julkisen liikenteen saatavuus toimistojen sijaintia valittaessa.
- Lisätään hiilidioksidibudjetti matkabudjettiin, jotta sekä rahalla että hiilidioksidipäästöillä on merkitystä, kun valitaan liikennemuotoa tai reittejä.
- Valitaan liikematkakuyritysaneita, jotka ovat asettaneet ilmastotavoitteet ja joilla on toimintasuunnitelma.