

Puhtaan siirtymän investoinnit: perustiedot päätöksentekijöille

Luento 3. Fossiilisten vähentäminen

14.5.2025

Iivo Vehviläinen

Kurssin sisältö

Kysyntä puhtaalle siirtymälle

1. Globaalit ajurit
2. Suomen toimintaympäristö

Tarjonta puhtaan siirtymän keinoista

3. Fossiilisten vähentäminen
4. Vaihtoehtoiset keinot
5. Sähköntuotantoteknologiat
6. Kaukolämpö ja bioenergia

Taloudelliset edellytykset

7. Kustannuslaskennan perusteet
8. Taloudelliset edellytykset
9. Tukijärjestelmät, verotus, päästökauppa

Yhteiskunnalliset edellytykset

10. Sääntelyn riskit
11. Ympäristövaikutukset
12. Sosiaaliset vaikutukset

13. Opit omaan työhön

Fossiilisten vähentäminen

- Energiantuotanto – fossiiliset energialähteenä
 - tuotetaan sähköä, lämpöä tai kylmää päästöttömillä tuotantotavoilla
- Teollisuus – fossiiliset energialähteenä ja fossiilisten molekyylit osana tuotantoprosessia
 - sähköistetään tuotantoprosessi suoraan ja
 - vaihdetaan molekyylit puhtaisiin vaihtoehtoihin, esim. vety
- Liikenne – fossiiliset energialähteenä
 - sähköistetään liikenne ja/tai
 - vaihdetaan energiankantajiin, joita voidaan tuottaa ilman fossiilisia, esim. vety

Agenda

Fosilisten päästöjen vähentäminen energiantuotannossa

- Sähköntuotanto
- Lämmöntuotanto

Teollisuus

- Teollisuuden sähköistyminen
- Prosessimuutokset

Liikenne

- Liikenteen sähköistyminen

Kehitys

Suomi painoi päästöt historiallisen alas – ”On syytä juhlaan”, sanoo Ilmastopaneelin puheenjohtaja

Suomen kokonaispäästöt laskivat yli 10 prosenttia viime vuonna. Pudotus kuuluu suurimpiin Suomen kasvihuonepäästöjen tilastointihistoriassa.

”Ilmastopaneelin puheenjohtaja **Jyri Seppälä** sanoo, että kokonaispäästöt nousevat ja laskevat pitkälti energiantuotannon mukana. Suomen päästöistä suurin osa, viime vuonna 70 prosenttia, syntyi energiantuotannosta.”



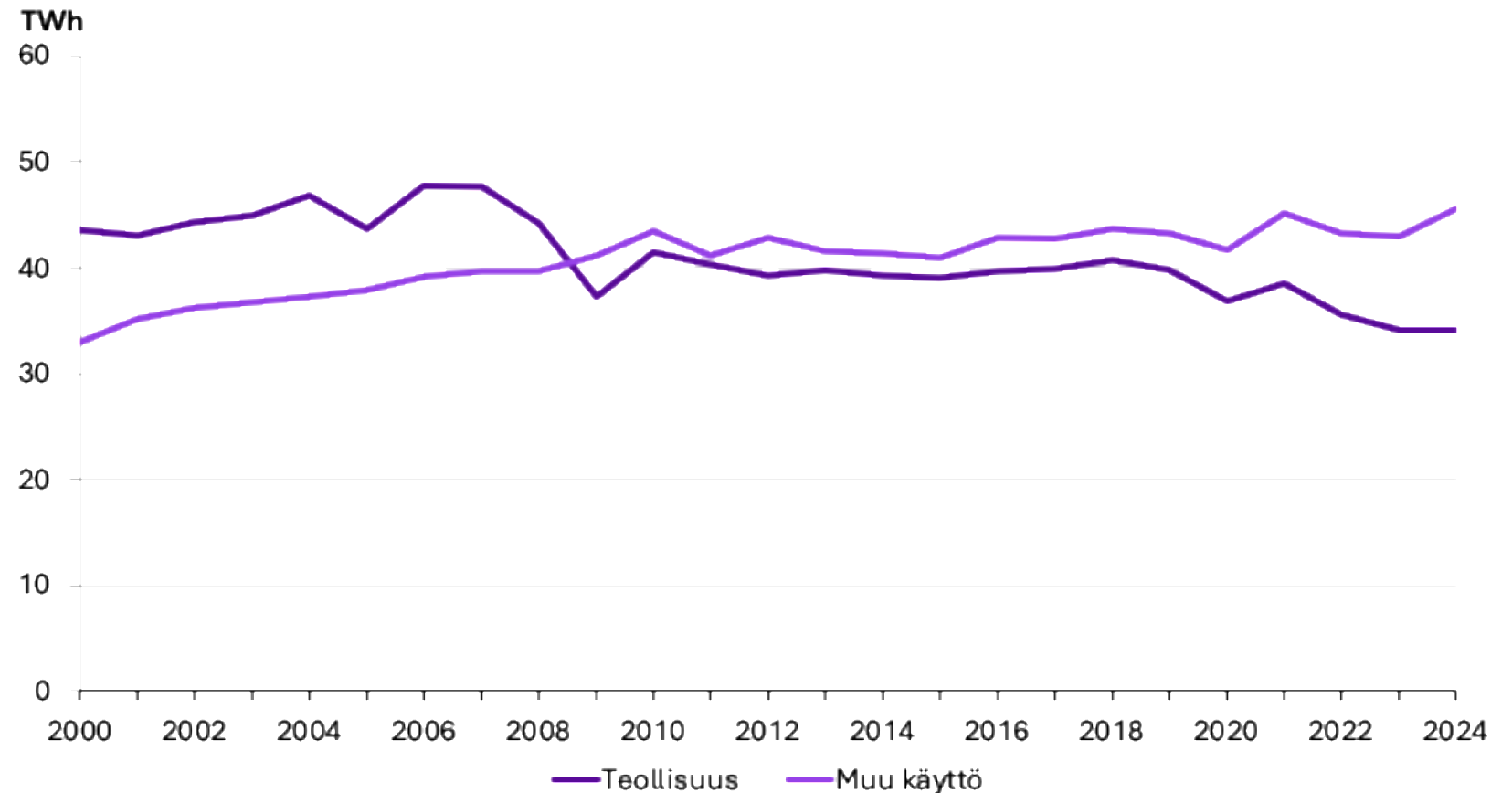
Tuulivoiman määrä kasvoi viime vuonna. Kuvassa tuulivoimapuisto Simossa. Kuva: Antti Ullakko / Yle

Energiankulutus

Lähtökohta:

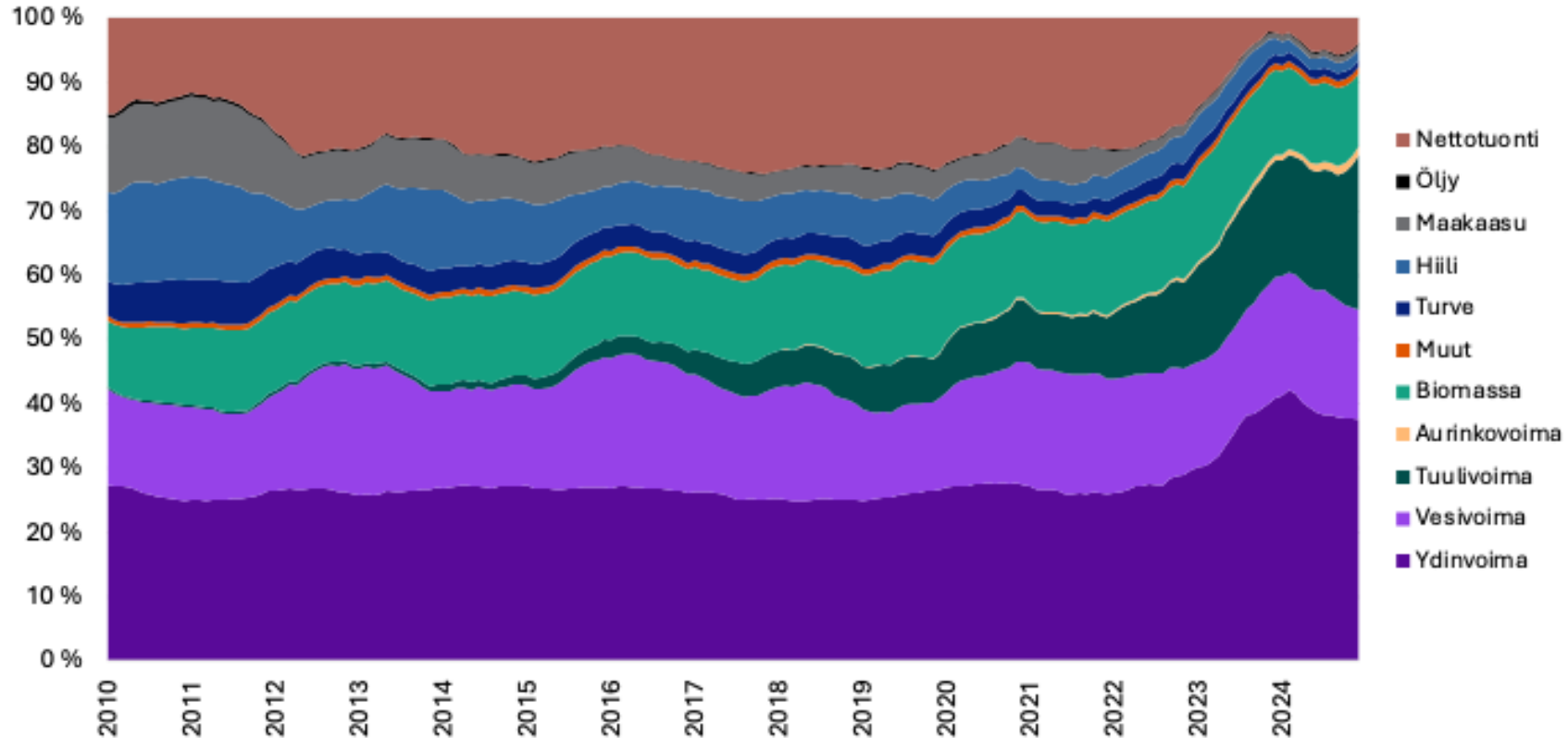
- Energiaa tuotetaan, koska sen käytöllä on arvoa kotitalouksille tai yrityksille
- Puhdas siirtymä: vähemmän fossiilisia, ehkä enemmän sähköä

Suomen sähkönkäyttö teollisuudessa ja muualla



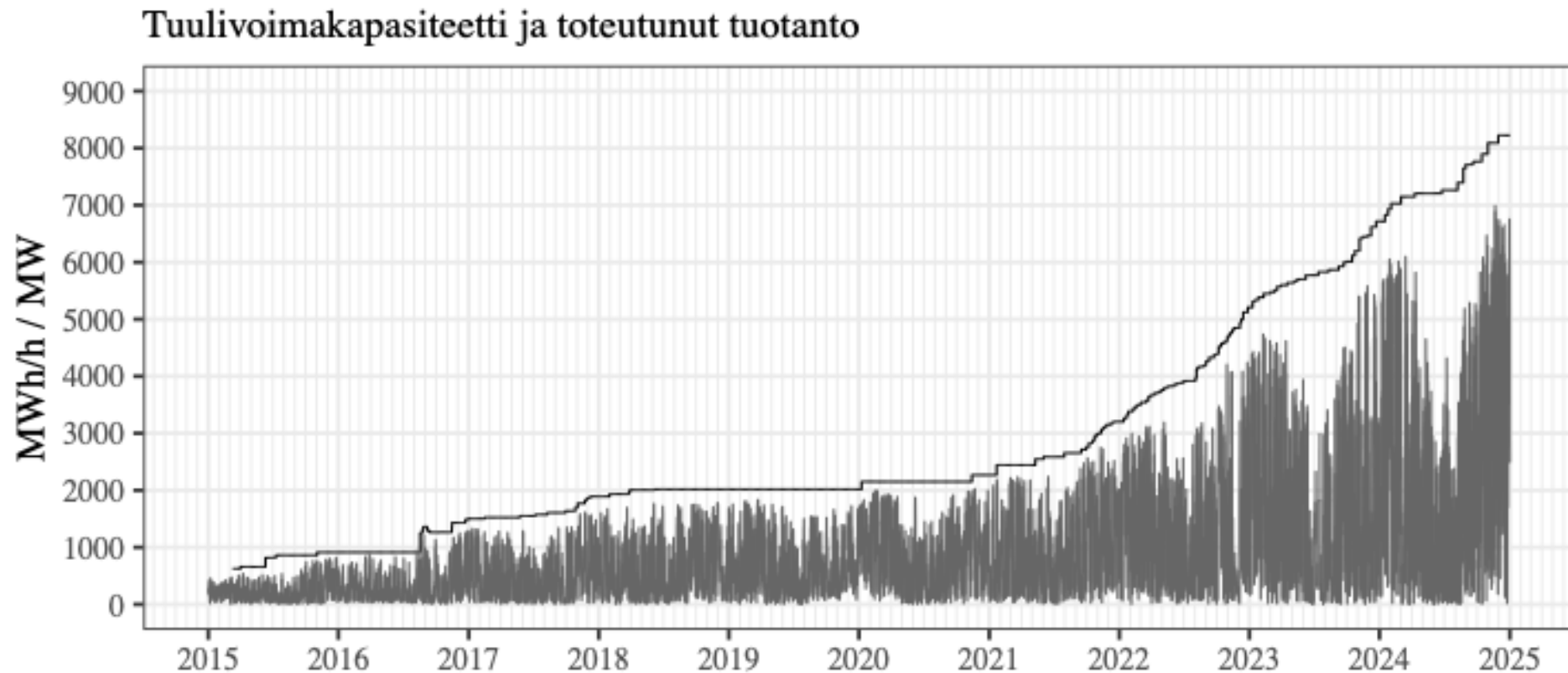
Sähkön hankinta

Liukuva 12 kk sähköntuotanto, % kulutuksesta
% / 12 kk



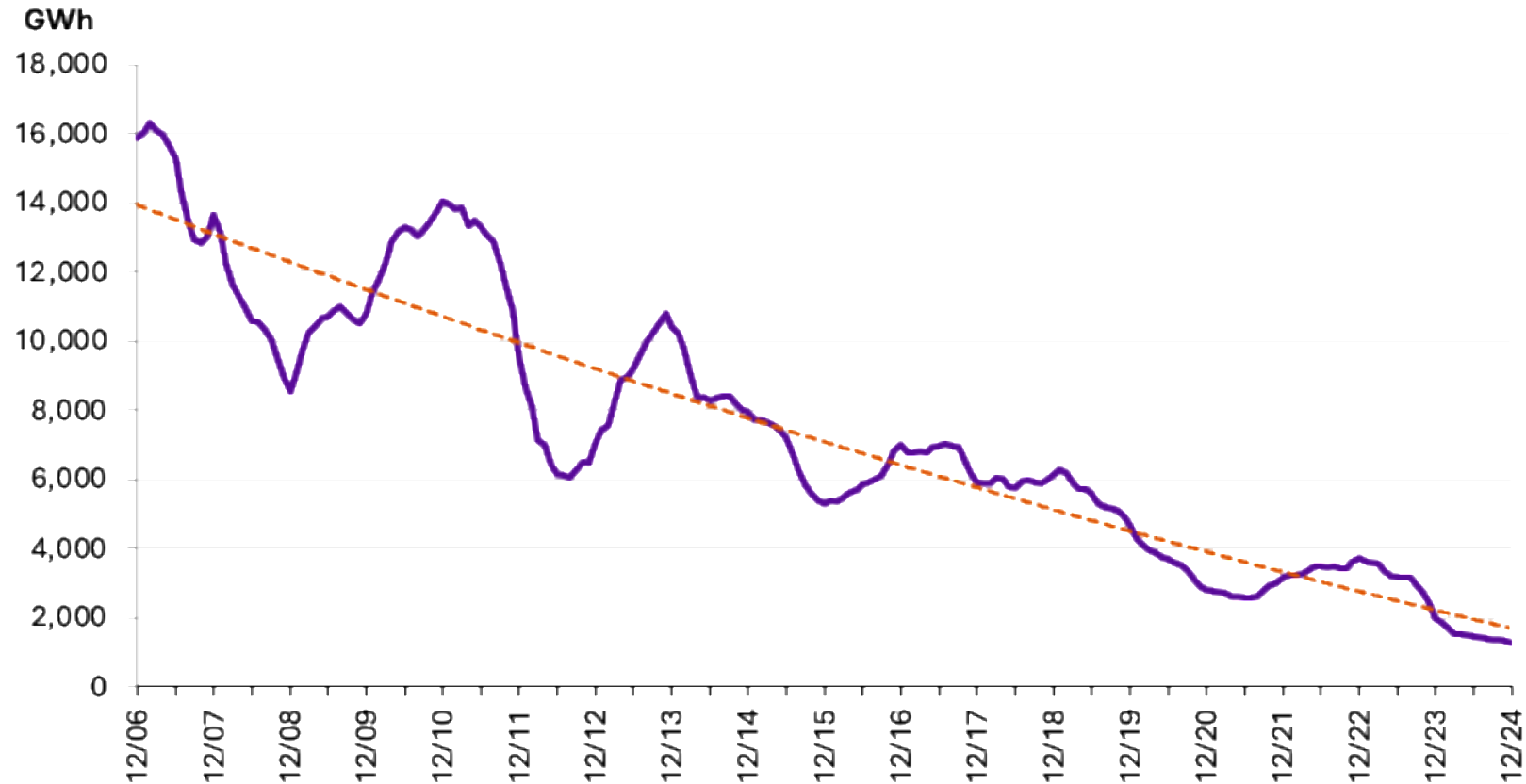
Lisääntyvä tuuli- ja ydinvoima korvannut fossiilisten käyttöä Suomessa

Tuulivoima Suomessa



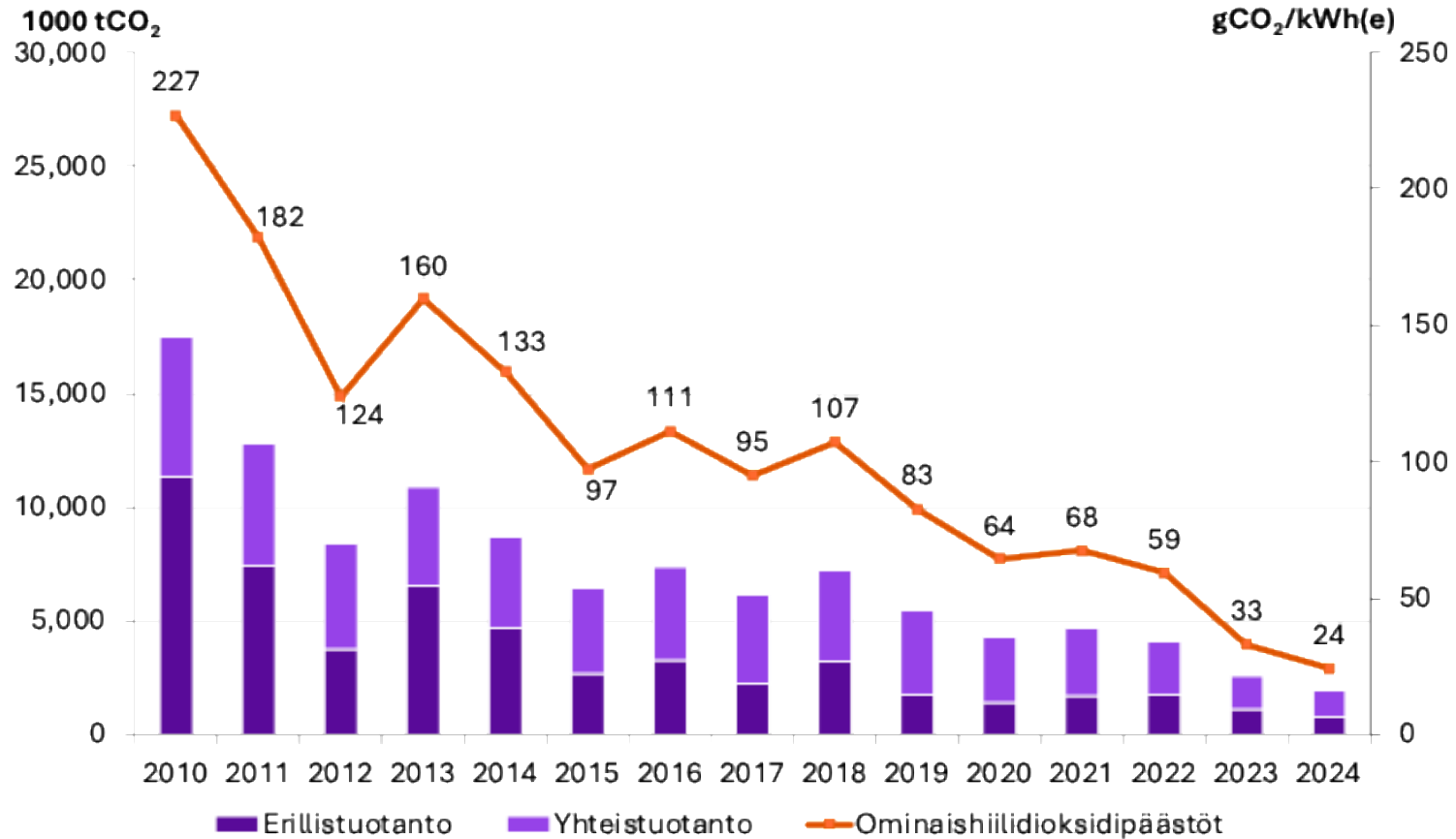
Tuulivoimatuotanto moninkertaistunut 10 vuodessa Lähde: Fingrid Avoin data

Kivihiilen käyttö energiantuotannossa



Kivihiilen käyttö energiantuotannossa pudonnut murto-osaan

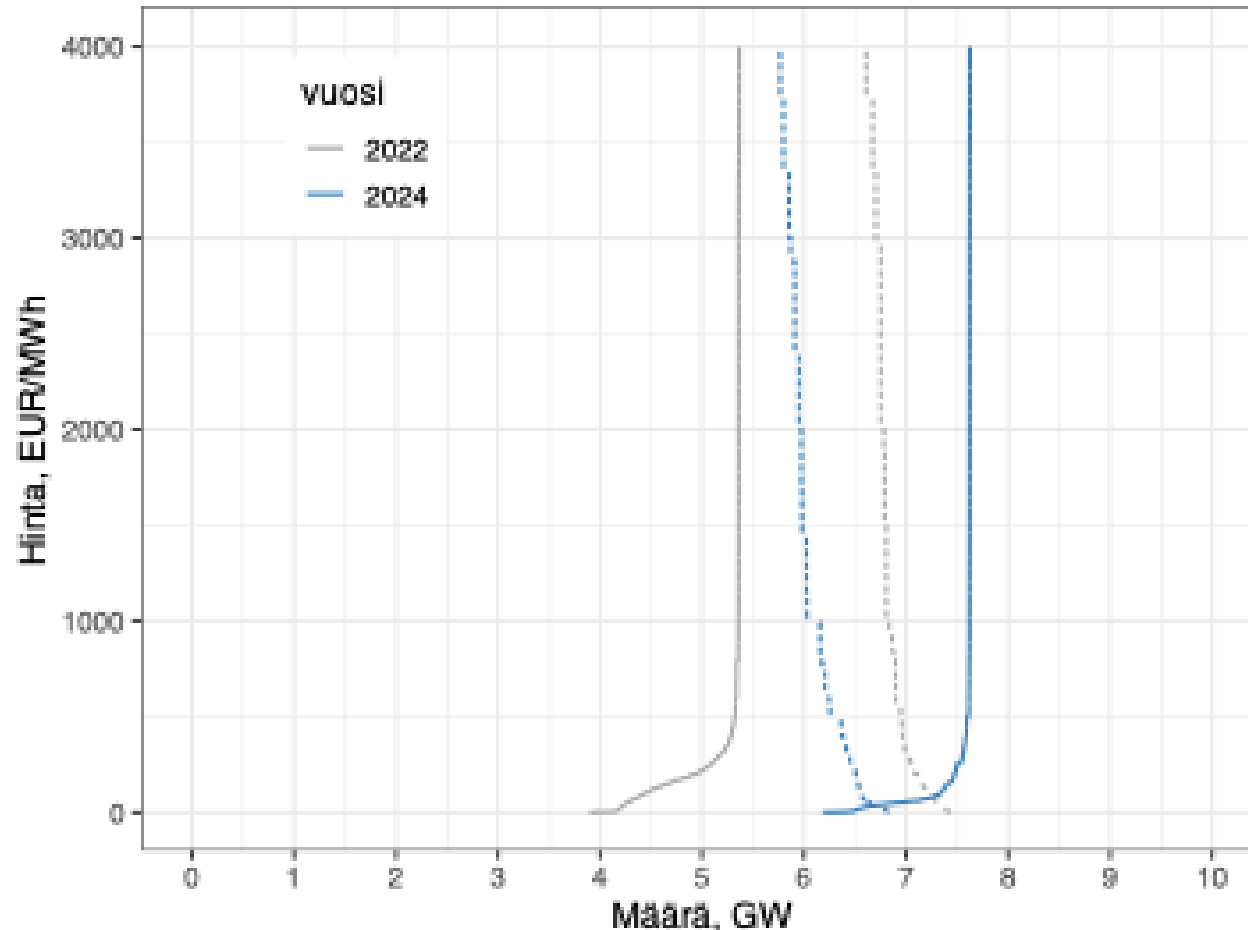
Sähköntuotannon päästöt



Alentunut fossiilisten käyttö näkyy sähköntuotannon alentuneina päästöinä

Puhdas siirtymä Suomessa: esimerkki

Marraskuun keskimääräiset tarjouskäyrät



Muutokset vuodesta 2022 vuoteen 2024

Määrät @ 50 €/MWh:

- Kysyntä: - 700 MW
- Tarjonta: +2700 MW

Joustava kapasiteetti
(50 – 4000 €/MWh):

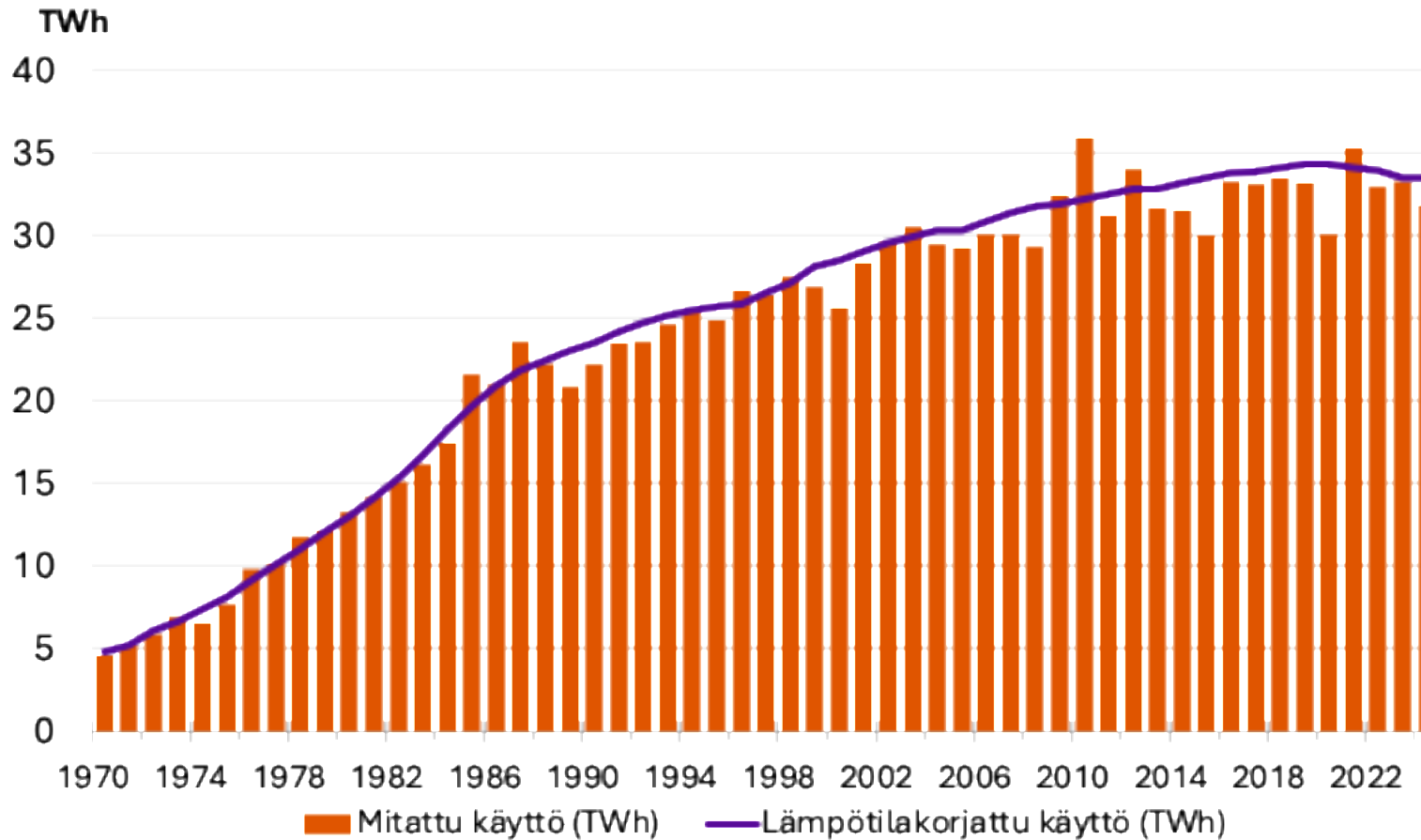
- Kysyntä: +200 MW
- Tuotanto: - 400 MW

Luvut ovat marraskuu 2024 -
marraskuu 2022 keskiarvoja

Sähköntuotannon muutokset

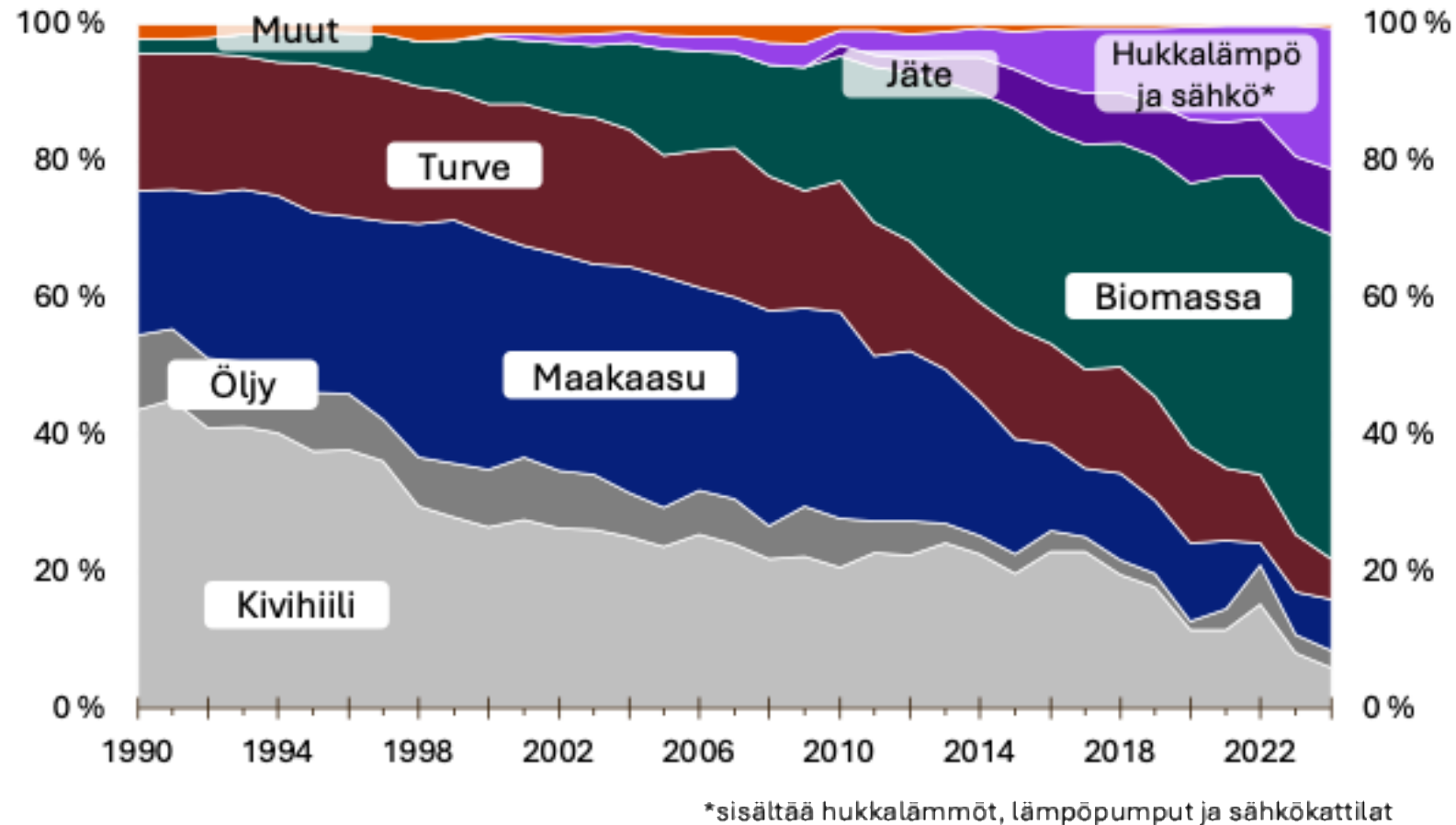
- Polttoaineita käyttävien voimalaitoksien tuotantomahdollisuudet
 - Fossiiliset polttoaineet saatavilla maailmanmarkkinoilta, varastoitavissa
 - Kotimaisen bioenergian tai turpeen saatavuus ja pitkäaikainen varastointi tarkemmin harkittavaa
 - Tuotantolaitoksilla sähköjärjestelmän kannalta hyviä ominaisuuksia, esim. inertia
 - Tuotantoa rajoittavat tekniset käyttöominaisuudet, esim. kylmäkäynnistys hiililaitoksissa, sekä laitoksen tekninen toimivuus
- Uusien uusiutuvien energialähteiden, tuuli- ja aurinkovoiman, tuotantomahdollisuudet
 - Tuotantomahdollisuudet riippuvat sääolosuhteista
 - Uusiutuvien suuri osuus markkinalla edellyttää lisätoimia sähköjärjestelmän hallinnalle
 - Pienet laituskoot vähentävät teknisen käytettävyyden merkitystä

Kaukolämmön kulutus



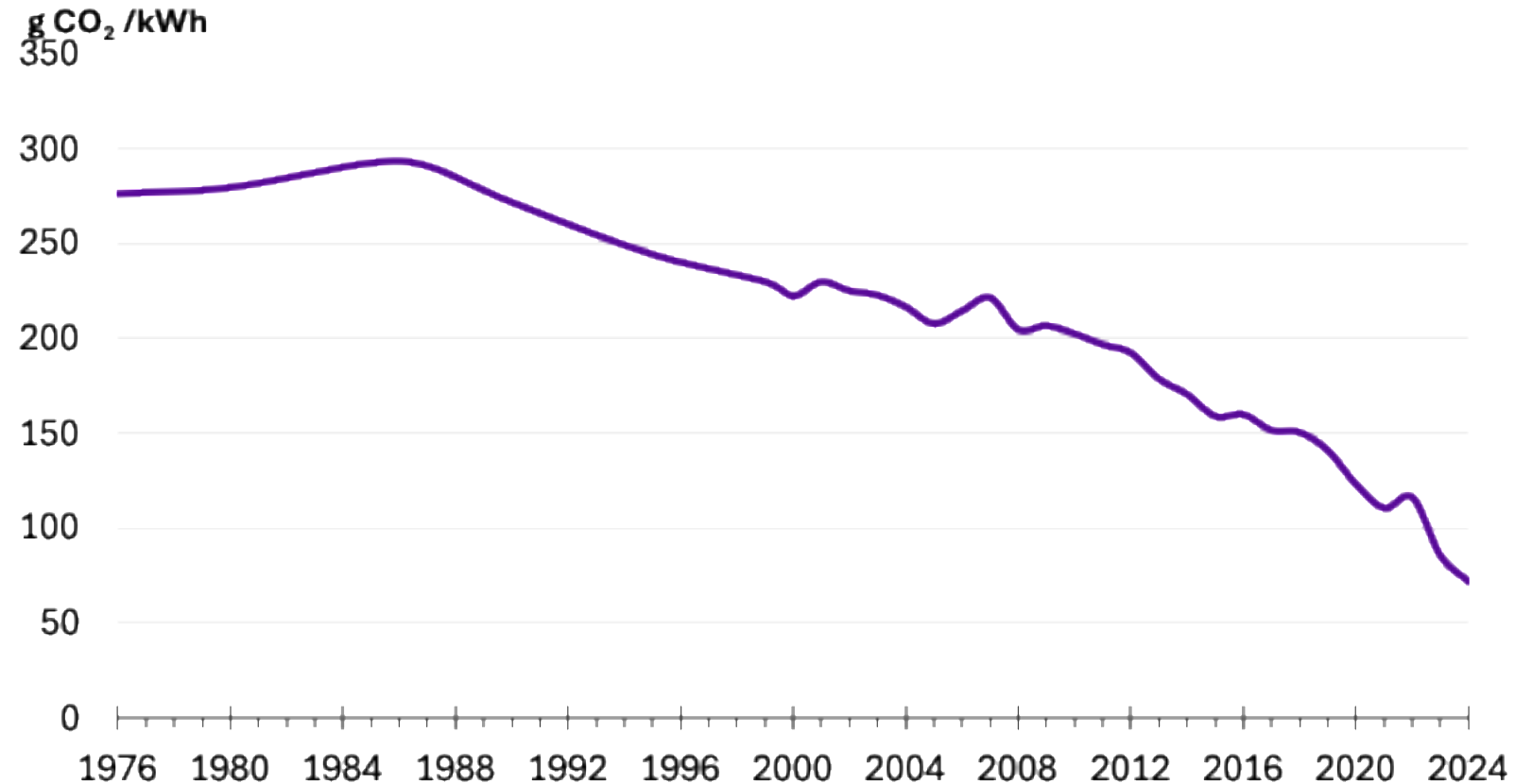
Kaukolämmön kulutuksen kasvu tasaantunut kaupunkien väestönkasvusta huolimatta rakennusten energiatehokkuuden parantumisen myötä

Kaukolämmön hankinta



Fossiilisten korvaaminen kaukolämmössä sähköntuotantoa hitaampaa ja perustunut pääasiassa biomassan polttamiseen

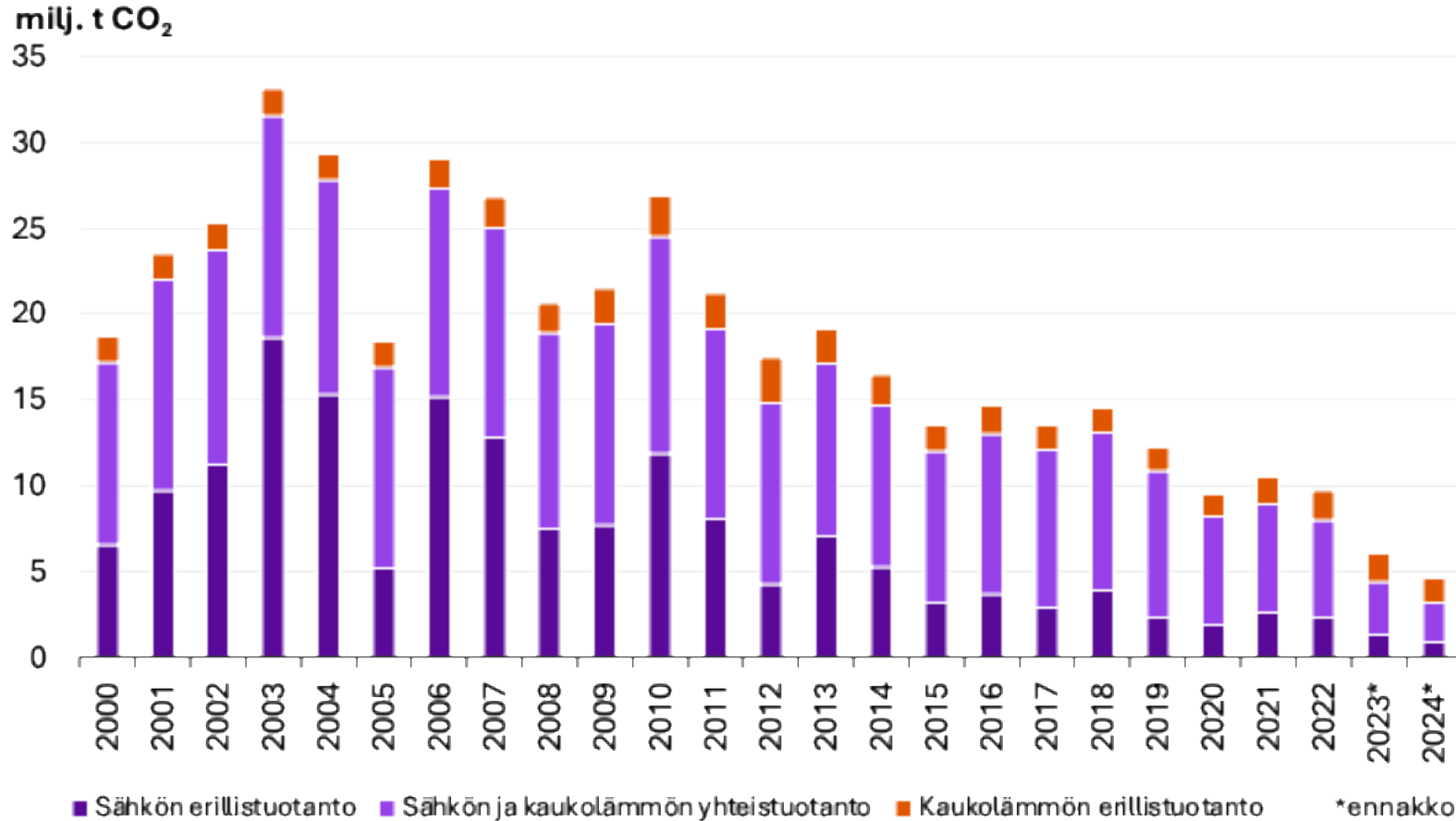
Kaukolämmön päästöt



Lähteet: Tilastokeskus (2000...2022); Energiateollisuus ry (1976...1999, 2023...2024)

Kaukolämmön keskimääräiset laskennalliset päästöt alentuneet

Energiateollisuuden päästöt

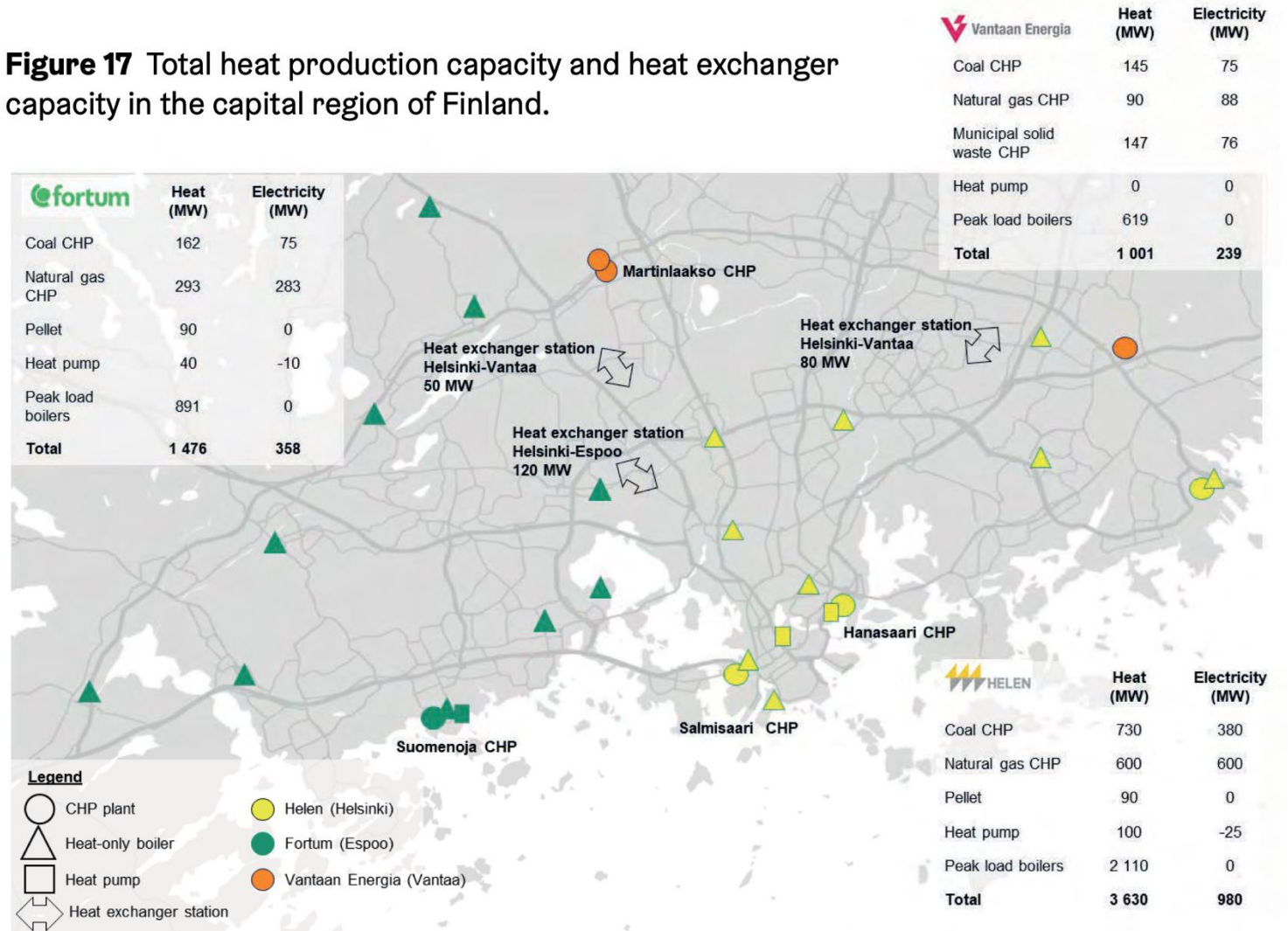


Energiasektorin puhdas siirtymä Suomessa jo varsin pitkällä

Siirtymä kaukolämmössä

- Aiemmin yhdistetty lämmön- ja sähköntuotanto (CHP) ollut tehokas tapa hyödyntää fossiilia polttoaineita
 - Pää tarkoitus lämmöntuotanto
 - Lisänä saatu sähköä
- Puhtaan siirtymän seurauksena:
 - Fossiilisten polttoaineiden käytön vähentäminen vähentää yhteistuotannosta saatavaa sähköä
 - Sähköistyminen sähkökattiloiden, lämpöpumppujen yms. myötä lisää sähkön kysyntää
- Koordinointi sähköverkkojen kanssa luo lisähaasteita

Figure 17 Total heat production capacity and heat exchanger capacity in the capital region of Finland.



Energiasektorin puhdas siirtymä

- Energiantuotannon päästöt jo vähentyneet voimakkaasti viimeisten vuosikymmenten aikana
 - Energiasektori pääosin EU:n päästökaupan piirissä
 - Fossiilisten polttoaineiden käytön suhteellinen kilpailukyky alentunut verrattuna uusiuviin teknologioihin
- Energiantuotannon päästöjen vähentäminen vaikuttaa laajasti energiankäytön päästöihin
 - Sähkön ja toimialan suunnitelmien mukaan myös kaukolämmön päästöt alhaiset
- Kaukolämmössä siirtymä sähköntuotantoa hitaampaa
 - Polttamisen korvaaminen teknis-taloudellisesti haastavampaa
- Energiatuotannon päästöjen laskenta monimutkaista
 - Energiantuotanto pääosin EU:n päästökauppajärjestelmän alaisuudessa
 - Sähkönkäytön päästöjä lasketaan EU:ssa erillisellä alkuperätakuumenettelyllä

Agenda

Fosilisten päästöjen vähentäminen energiantuotannossa

- Sähköntuotanto
- Lämmöntuotanto

Teollisuus

- Teollisuuden sähköistyminen
- Prosessimuutokset

Liikenne

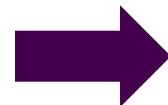
- Liikenteen sähköistyminen

Teollisuuden päästöt

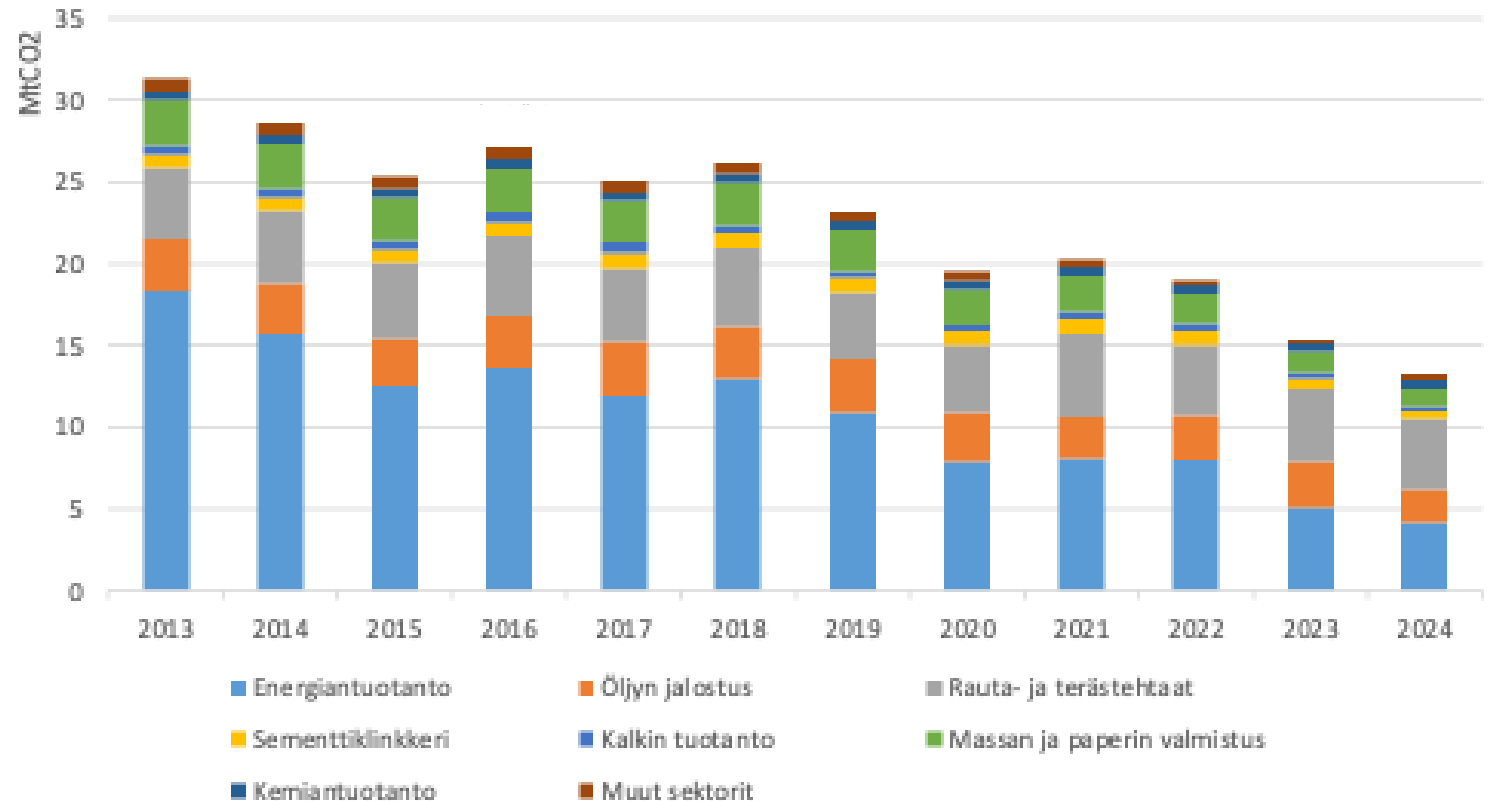


Toiminnanharjoittajakohtaiset todennetut päästöt [t CO₂]

Toiminnanharjoittaja	2024
SSAB Europe Oy	3729353
Neste Oyj	1858411
Helen Oy	1234910
Outokumpu Stainless Oy	610595
Borealis Polymers Oy	559749
Kilpilahden Voimalaitos Oy	522011
Finnsementti Oy	480653
UPM-Kymmene Oyj	337229
Fortum Power and Heat Oy	305281
Stora Enso Oyj	276101
Nordkalk Oy Ab	244636
Tornion Voima Oy	235846
Oy Linde Gas Ab	171253
Jyväskylän Voima Oy	140577
Metsä Fibre Oy	137607
Tampereen Energia Oy	132575
Oulun Energia Oy	125155
MM Kotkamills Boards Oy	120950
Seinäjoen Voima Oy	111008
Oy Alholmens Kraft Ab	103040
Vantaan Energia Oy	100309



Päästökauppasektorin päästöt Suomessa



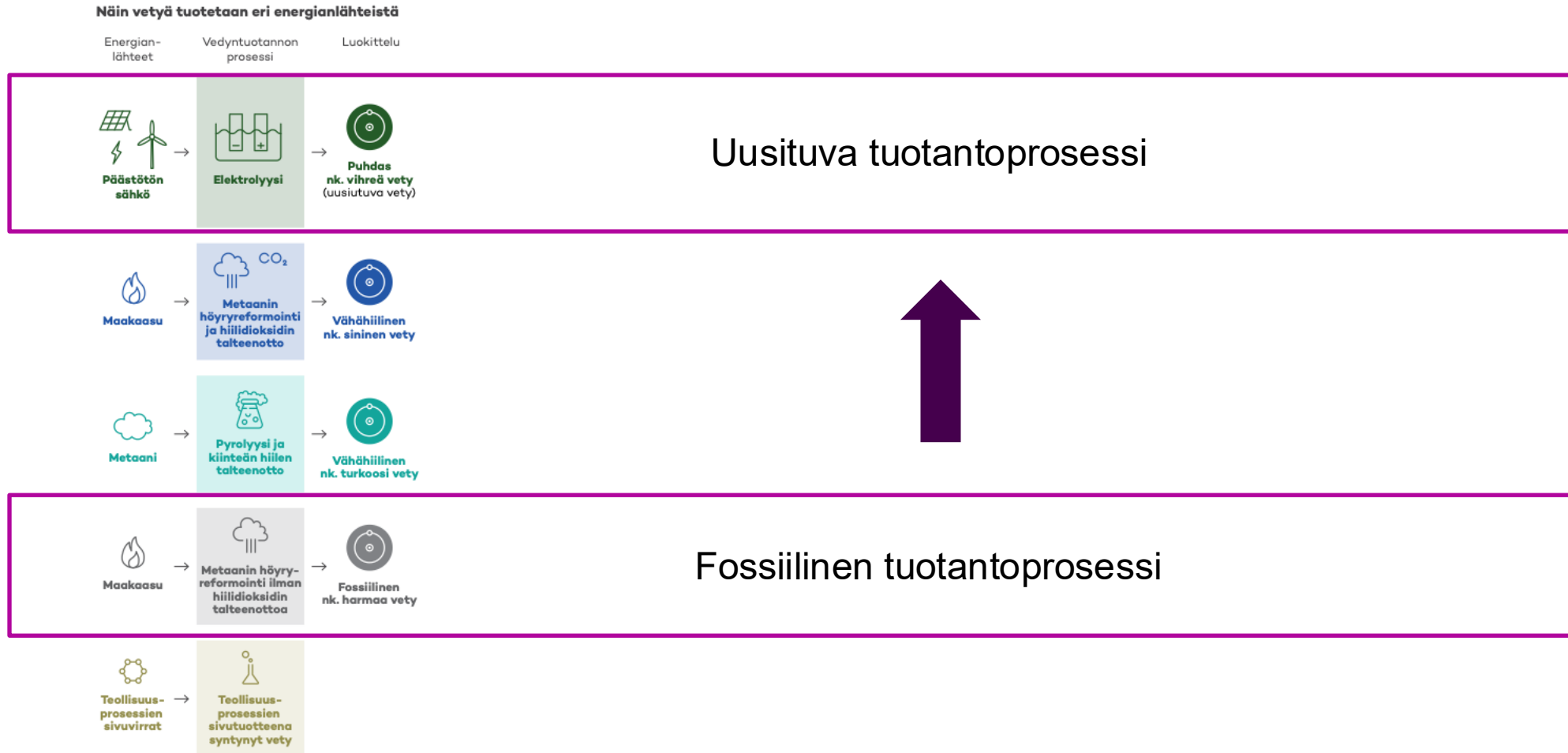
Päästöjen vähentyminen hitaampaa energiasektorin ulkopuolella

Teollisten päästöjen vähentäminen

Fossiilisten käyttö teollisuudessa:

1. Teollisuuden oma energiantuotanto
 - Vaihto fossiilisista energialähteistä puhtaampiin energialähteisiin
2. Osa tuotantoprosessia
 - Saman tai korvaavan lopputuotteen valmistaminen käyttämällä uusiutuvia tai kierrätettyä raaka-aineita
 - Prosessin sähköistäminen suoraan tai käyttämällä ilman fossiilia valmistettua vaihtoehtoista energiantantajaa

Esimerkki: Vedyn tuotanto



Esimerkki: Vedyn tuotanto

”Vedyn tuotanto tapahtuu maakaasun höyryreformointiprosessilla, ja sitä hyödynnetään Nesteen Porvoon jalostamolla eri prosesseissa ja tuotteissa.

Vedyn avulla valmistetaan muun muassa rikittämiä dieseltuotteita ja korkealaatuisia perusöljyjä.”



Esimerkki: Vedyn tuotanto

Harjavallan tuotantolaitos



Operoimme Satakunnan Harjavallassa Suomen ensimmäistä teollisen mittakaavan uusiutuvan vedyn tuotantolaitosta. Laitos avautui vuonna 2025.

Valmistelemme Harjavallassa myös uusiutuvan synteettisen metaanin tuotannon aloittamista.

Laitos luo Suomeen kansainväliselläkin tasolla merkittävää osaamista. Laitos työllistää lukuisia osaajia liiketoiminnan ja arvoketjun eri osa-alueilla.

Harjavallan elektrolyysilaitteisto on kapasiteetiltaan 20 MW:n suuruinen. Se tuottaa vihreää vetyä uusiutuvalla energialla tuotetun sähkön avulla.

Elektrolyyserin toimittaa saksalainen Sunfire GmbH ja metanointilaitoksen kotimainen Q Power Oy.

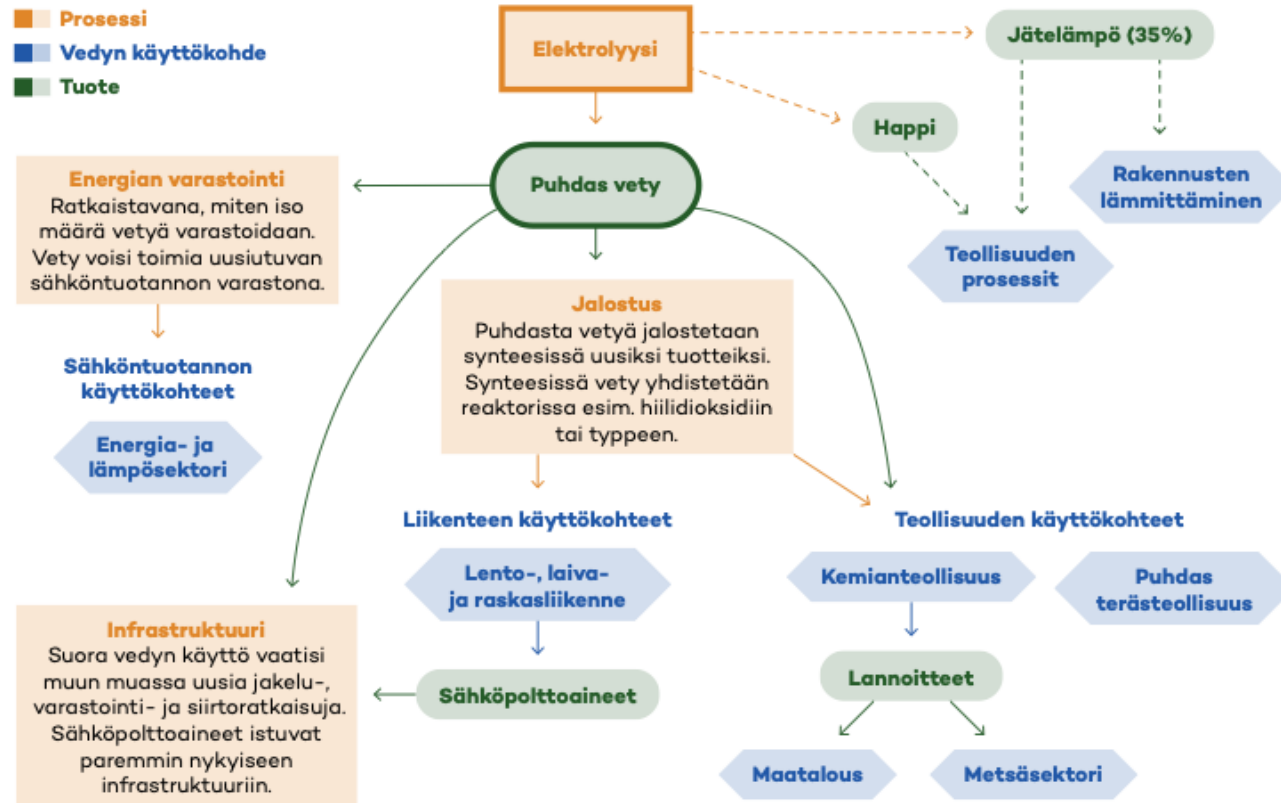
Mahdollinen vetytalous

Vety voi olla hyödyllinen puhtaan siirtymän mahdollistaja:

- Vaihtoehtoinen energiakantaja
- Voi korvata fossiilisia suoraan teollisissa prosesseissa
- Voi käyttää polttoaineena suoraan tai jalostaa eteenpäin

Puhtaan vedyn käyttökohteet

Elektrolyysillä* tuotettu puhdas vety tarjoaa erilaisia ratkaisuja monelle sektorille. Lisäksi pitää huomioida tuotannossa syntyvät sivuvirrat.

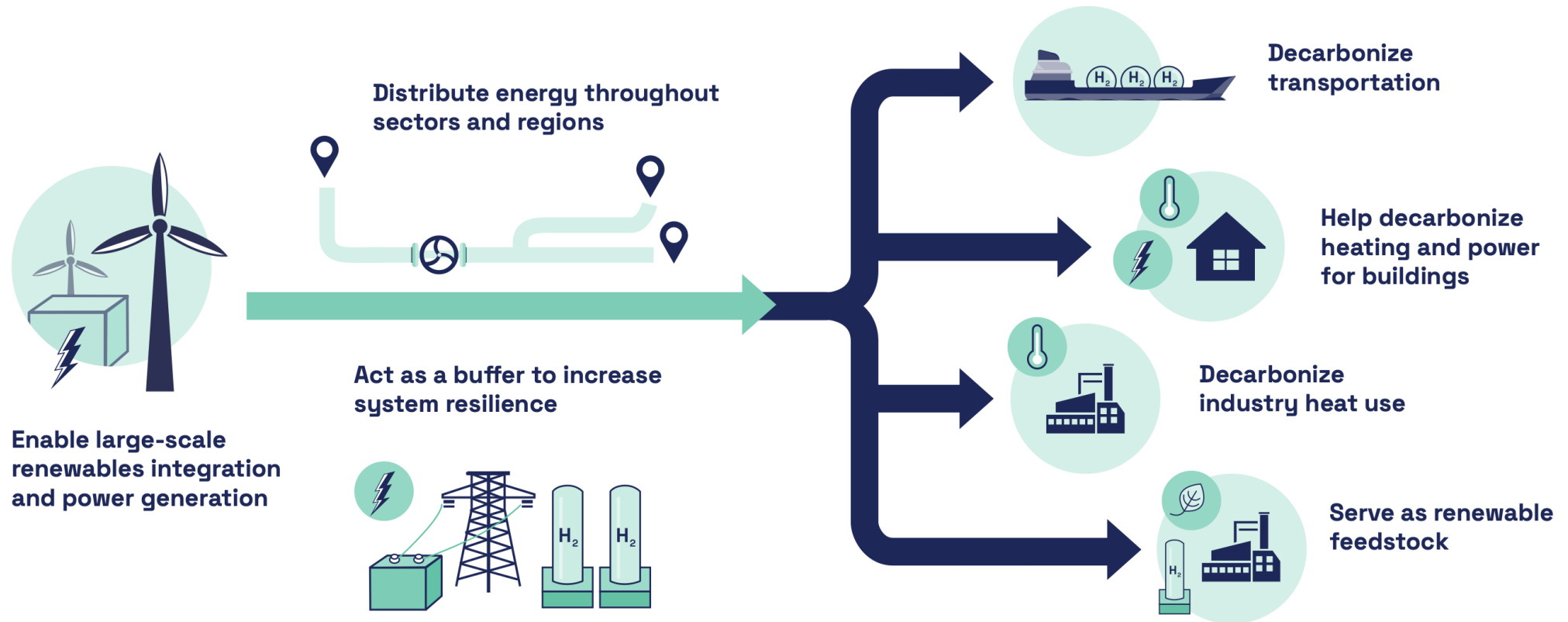


*Suomessa kehitetään elektrolyysille vaihtoehtoisia tapoja tuottaa puhtasta vetyä. Yksi näistä on vedyn tuottaminen vedestä valokatalyysin avulla, jonka käyttöönotto edellyttää pitkäjänteistä tutkimus- ja kehitystyötä.

Mahdollinen vetytalous

ROLE OF HYDROGEN AS ENABLER OF THE ENERGY TRANSITION

Enable the renewable energy system → Decarbonize end uses



Vety puhtaan siirtymän mahdollistajana

Koordinointi verkkojen kautta

- Vedyn käyttö ja tuotanto voivat kohdata paikallisesti
- Verkko mahdollistavat kaupankäynnin eri paikkojen välillä
 - Verkkojen kannattavuus edellyttää riittävää kysyntää ja tarjontaa
 - Erilinen kysyntä ja tarjonta edellyttävät verkkoja

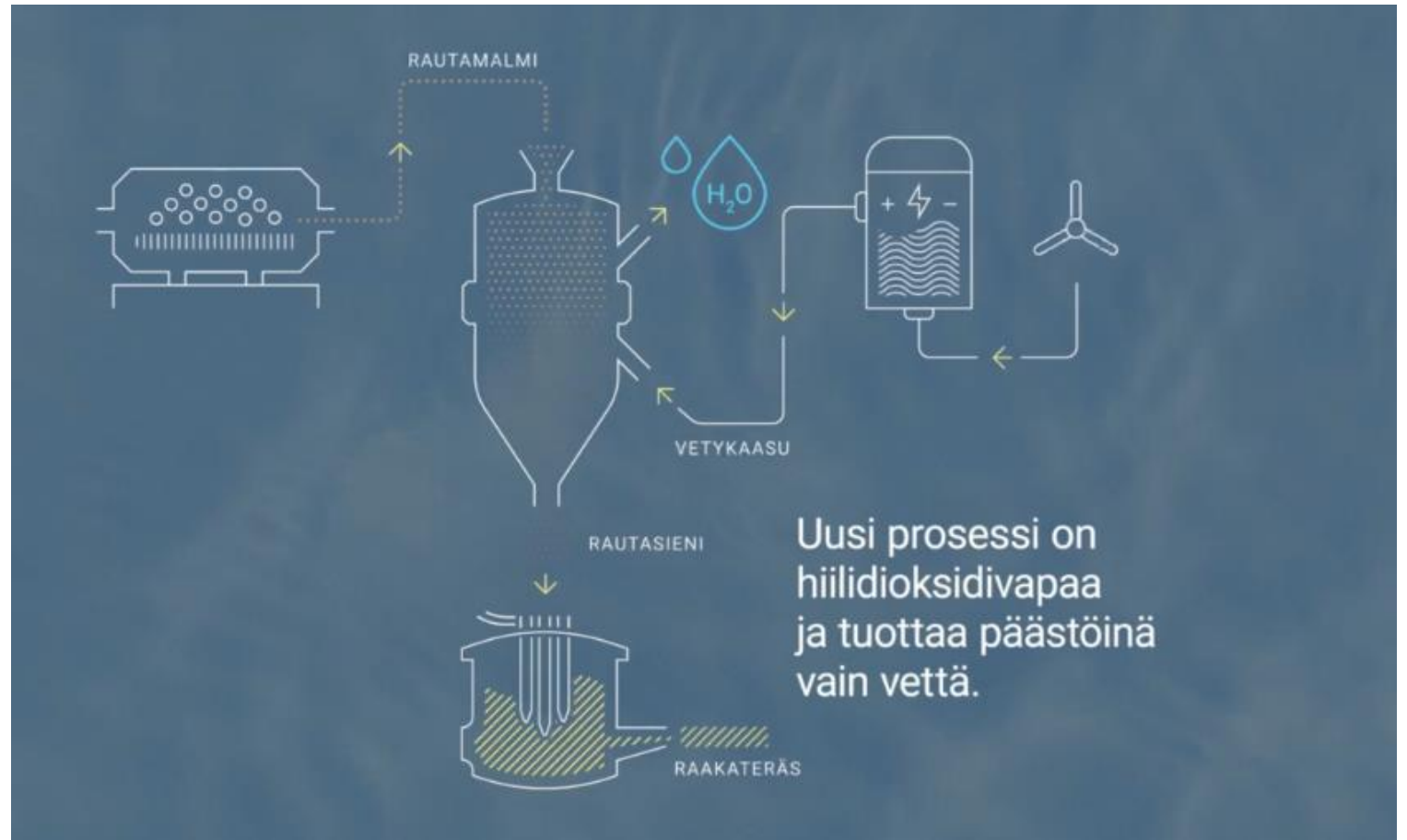


Vetyverkon suunnitelma loppuvuonna 2024

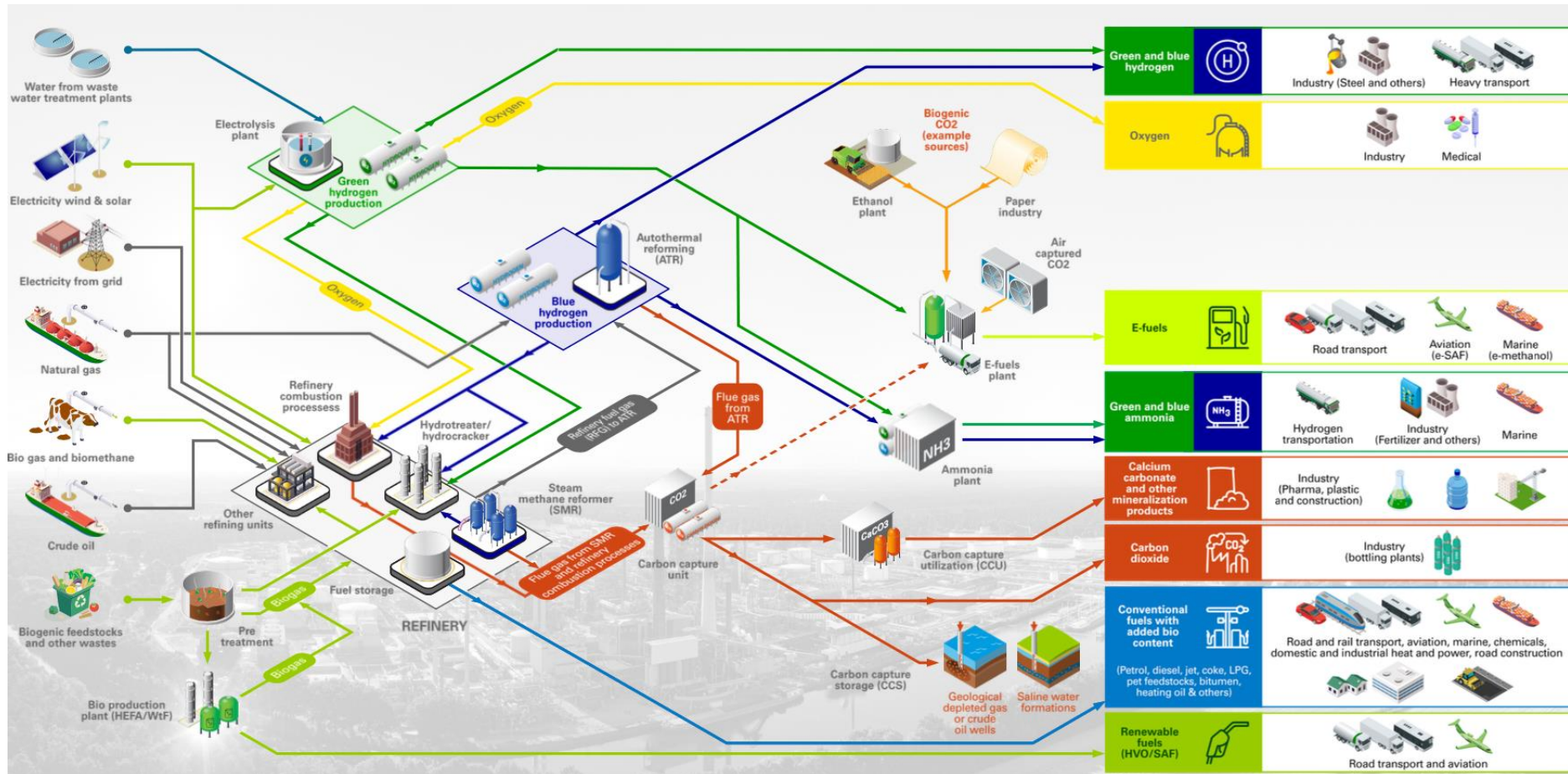
Esimerkki: Vihreä teräs

SSAB HYBRIT:

1. Fossiilivapaat raaka-aineet:
 - rautamalmipelletit
 - vety
2. Uusi suorapelkistysprosessi:
 - vety korvaa kivihiilen ja koksen
3. Lopputuotteena vettä hiilidioksidin sijaan

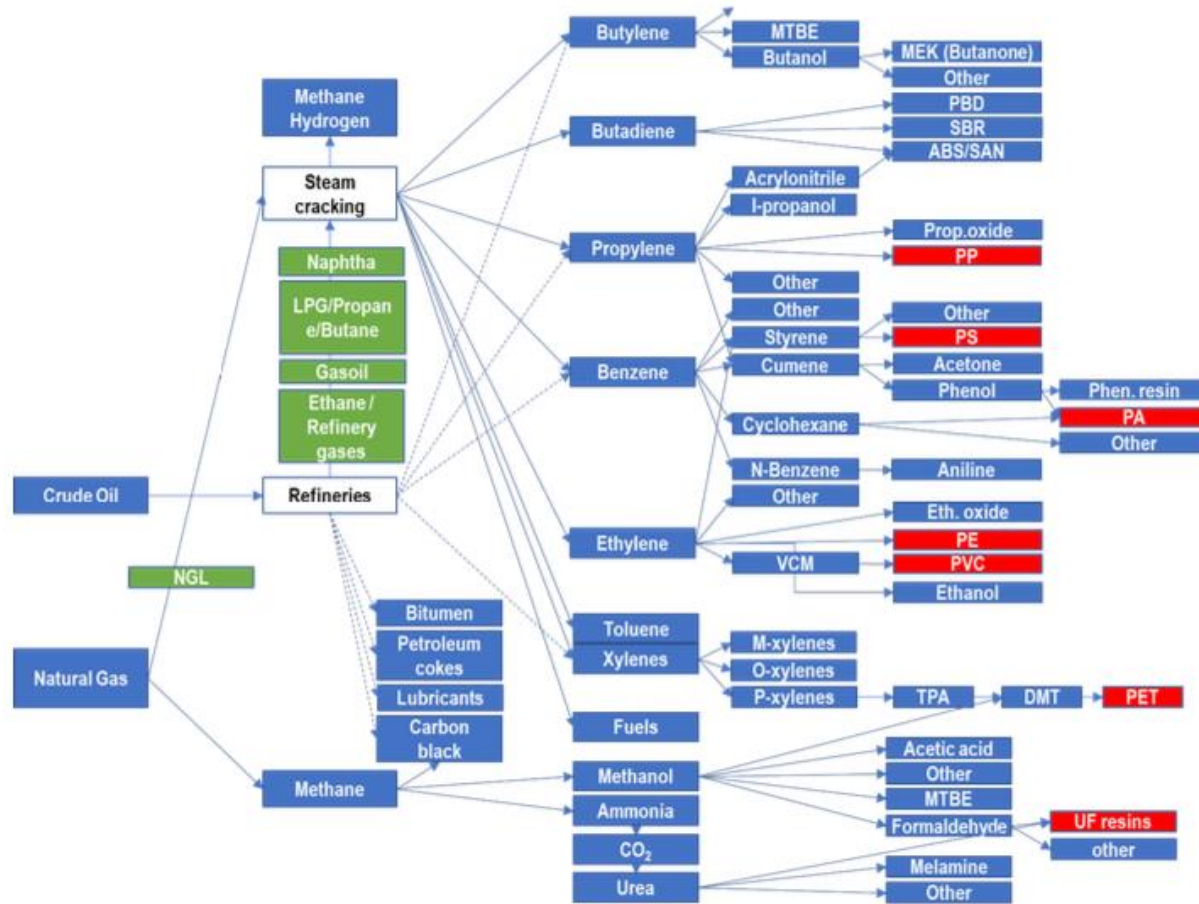


Esimerkki: Öljynjalostus



Hahmotelma tulevaisuuden öljynjalostamosta ja tuoteketjuista

Esimerkki: Muoviteollisuus



Polymeerien valmistaminen (pääraaka-aineet vihreällä, lopputuotteet punaisella)

Teollisuuden puhdas siirtymä

EU:n päästölaskenna mukaisesti jaoteltuna

1. Päästökauppasektorin alaiset päästöt

- Päästövähennykset toteutuvat EU laajuisesti
- Päästöoikeuksien hinnat kannustavat vähennystoimia sinne, missä niitä on tehokkainta toteuttaa

2. Pienteollisuuden päästöt

- Määritelmällisesti pieniä päästölähteitä

3. Teollisuuden raaka-aineet

- Bioperäisten raaka-aineiden käytön lisäämisellä voi olla vaikutuksia maankäyttö-sektorilla

Agenda

Fosilisten päästöjen vähentäminen energiantuotannossa

- Sähköntuotanto
- Lämmöntuotanto

Teollisuus

- Teollisuuden sähköistyminen
- Prosessimuutokset

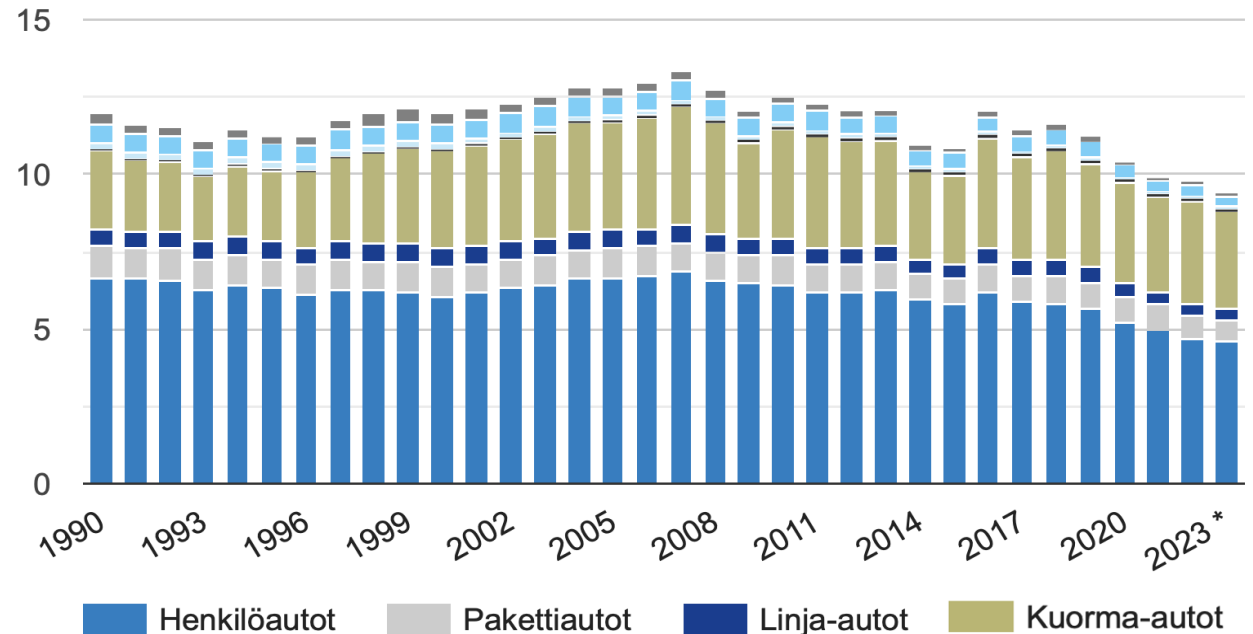
Liikenne

- Liikenteen sähköistyminen

Liikenteen kasvihuonekaasupäästöt

- Lento- ja laivaliikenne EU:n sisällä päästökaupan piirissä
 - Kuten energiateollisuus ja muu iso teollisuus
- Rautateiden ja muun vesiliikenteen osuus pieni
- Taakanjakosektorilla tieliikenteen päästöt suurin tekijä

Liikennesektorin päästöt Suomessa

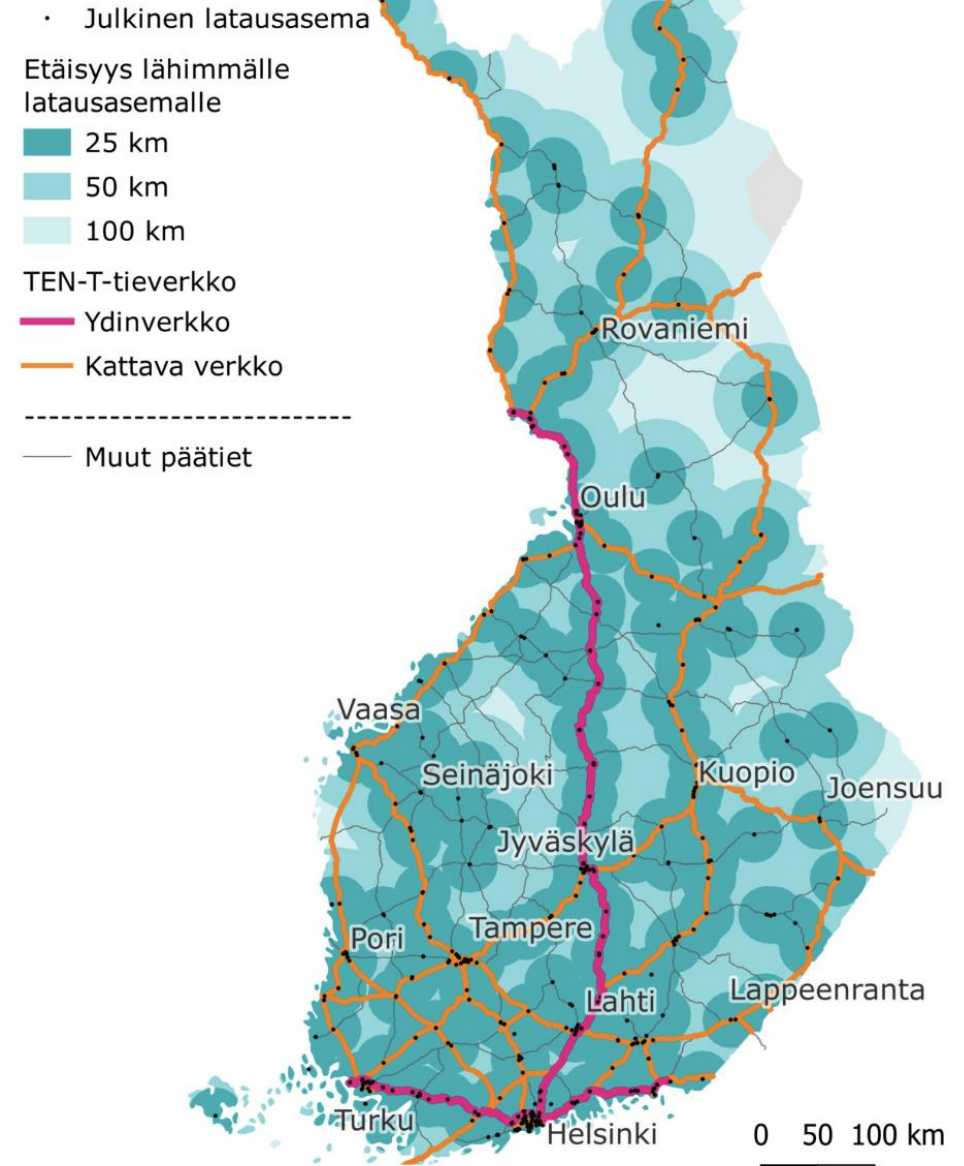


1. Liikennemäärien kasvu nostaa päästöjä
2. Päästöt laskevat energiatehokkuuden ja puhtaampien energialähteiden myötä

Liikenteen verkostovaikutukset

- Kuten vetyverkoissa, latausasemilla verkostovaikutus
 - Sähköautoilijat tarvitsevat latauspaikkoja ainakin pidemmillä matkoilla
 - Latausasemian rakentajat tarvitsevat sähköautoilijoita
- Verkostovaikutukset puoltavat koordinointia sääntelyn kautta
 - Tuet, velvoitteet

Latausasemien sijainti ja peittävyys, suurteholatausasemat, 2023, vähintään 150 kW pisteteho

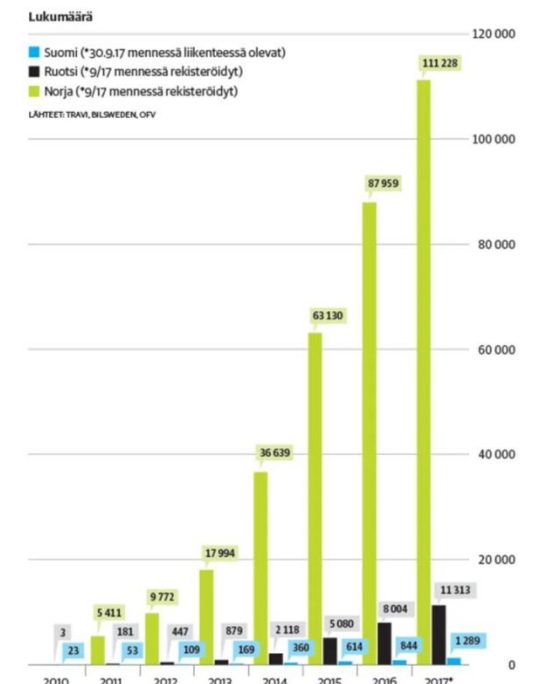
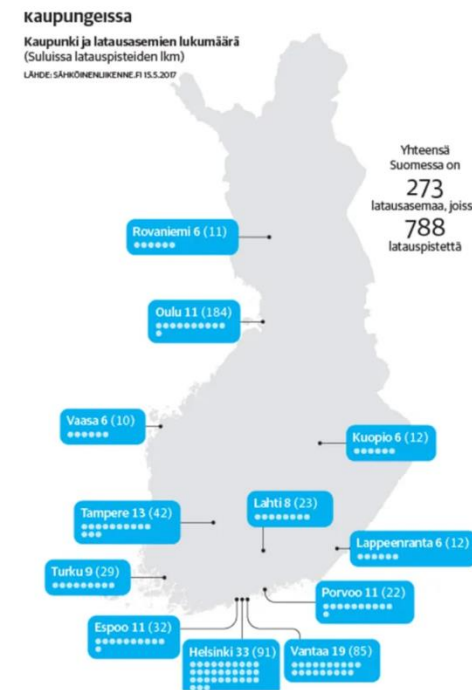


Sähköautoilun verkostovaikutukset

- Sähköautot edellyttävät muutoksia infrastruktuuriin
- Muutokset fossiilisten polttoaineiden käytössä vaikuttavat laajemmin infrastruktuurien omistajiin
- Vaikutukset alkuun paikallisia
 - Ensimmäiset latausasemat
 - Viimeiset bensa-asemat?

Sähköautojen lataus synnyttää uutta bisnestä: "Menossa uusjako"

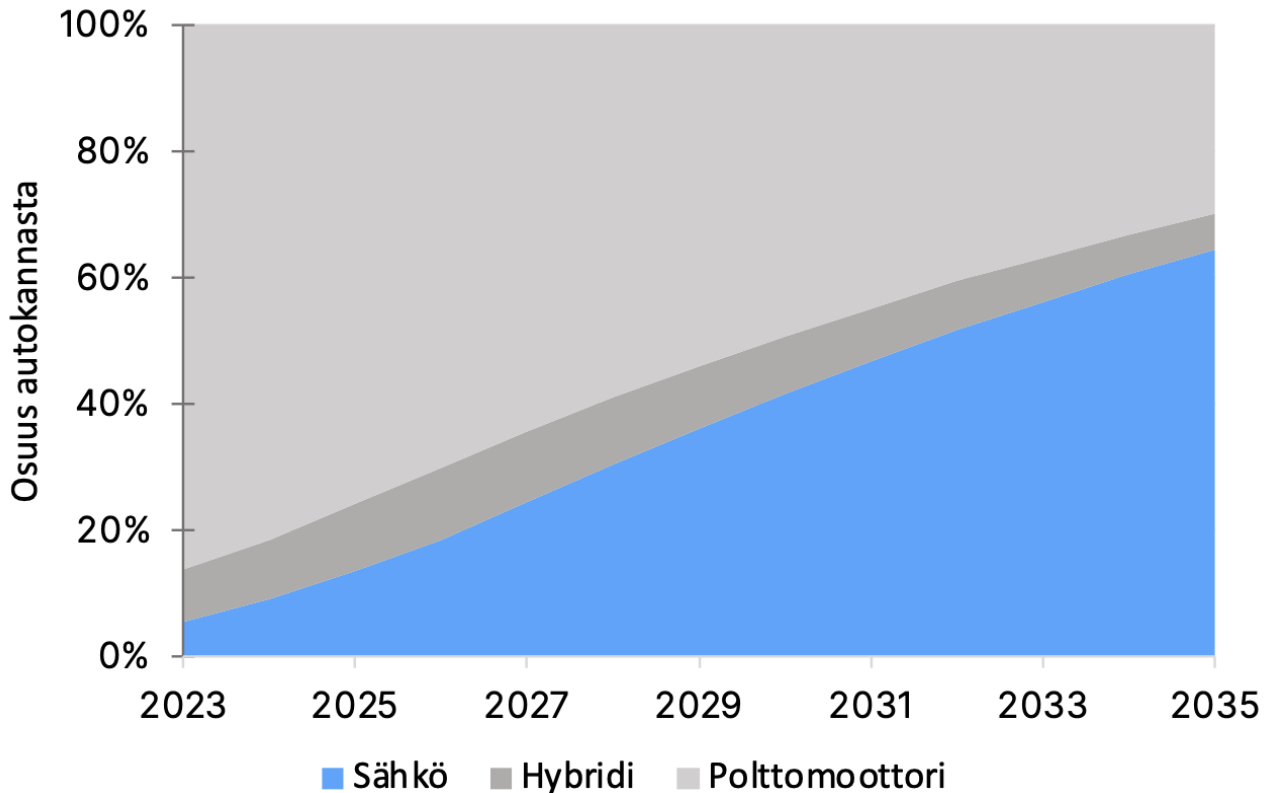
Sähköautojen latauspisteet vievät bensa-asemilta niiden historiallisen yksinoikeuden autoileviin asiakkaisiin.



13.10.2017 04:30 | Päivitetty 13.10.2017 11:46

Liikenteen sähköistyminen

Helsingin autokannan sähköistyminen, esimerkkiskenaario



- Autokannan uusiutuminen hidasta
 - Esimerkki Helsingin autokannan muutoksista vuoden 2023 trendeillä
- Nykyisillä toimilla sähköautojen osuus kasvussa hitaasti suhteessa kunnianhimoisiin päästötavoitteisiin

Raskas liikenne

- Paikallisliikenteessä vaihtoehtona sähköistyminen
- Pidemmille etäisyyksille vaihtoehtona energiankantajan vaihtaminen myös muuhun kuin sähköön
 - Vety
 - Synteettiset polttoaineet
- Tulevaisuus raskaan liikenteen kilpailevien ratkaisujen välillä vielä ratkaisematta
 - Verkostovaikutukset vaikuttavat, samoin globaali teknologiakehitys

HSL:n bussiliikenne sähköistyy isoin askelin

05.05.2025

Bussiliikenne sähköistyy lähitulevaisuudessa etenkin Espoossa. HSL:n kahden viimeisimmän bussiliikenteen tarjouskilpailun ratkaisun myötä sähköisten käyttövoimien osuus kasvaa kilpailutetuissa kohteissa 90 prosenttiin. Liikennöintikustannukset puolestaan laskevat noin 10 prosenttia, mikä merkitsee vuodessa noin 5,5 miljoonan säästöjä.

Jyväskylään avataan Suomen ainoa vetytankkaus- asema – Viisi vetybussia aloittaa liikennöinnin ensi kesänä



Norjalaisen Vireonin havainnekuva näyttää, millainen on vetytankkausasema. VIREON

Tankkausaseman rakentavan Vireonin toimitusjohtaja kertoo, että raskas liikenne aiheuttaa 35 prosenttia hiilidioksidipäästöistä ja päästöjen määrä on kasvussa.



Yhteenveto

Energiantuotannon fossiilisten päästöjen vähentäminen vaikuttaa laaja-alaisesti

- Lähes päästötön sähköjärjestelmä alentaa kaikkien sähkönkäyttäjien päästöjä
- Kysymyksiä liittyen mahdollisuuksiin lisätä päästötöntä sähköä, mikäli sähkönkäyttö kasvaa
- Kaukolämmön päästökehitys haastavampi

Fossiilisten polttoaineiden käytön vähentäminen muilla sektoreilla

- Päästötön sähkö luo edellytykset muiden sektoreiden päästöjen vähentämiseen sähköistämällä
- Sähköistämisen vaihtoehtona voi olla vaihtaminen uusiutuviin poltto- tai raaka-aineisiin tai energiantakajan vaihtaminen vetyyn