

Puhtaan siirtymän investoinnit: perustiedot päätöksentekijöille

Luento 6. Kaukolämpö ja bioenergia

22.5.2025

Iivo Vehviläinen

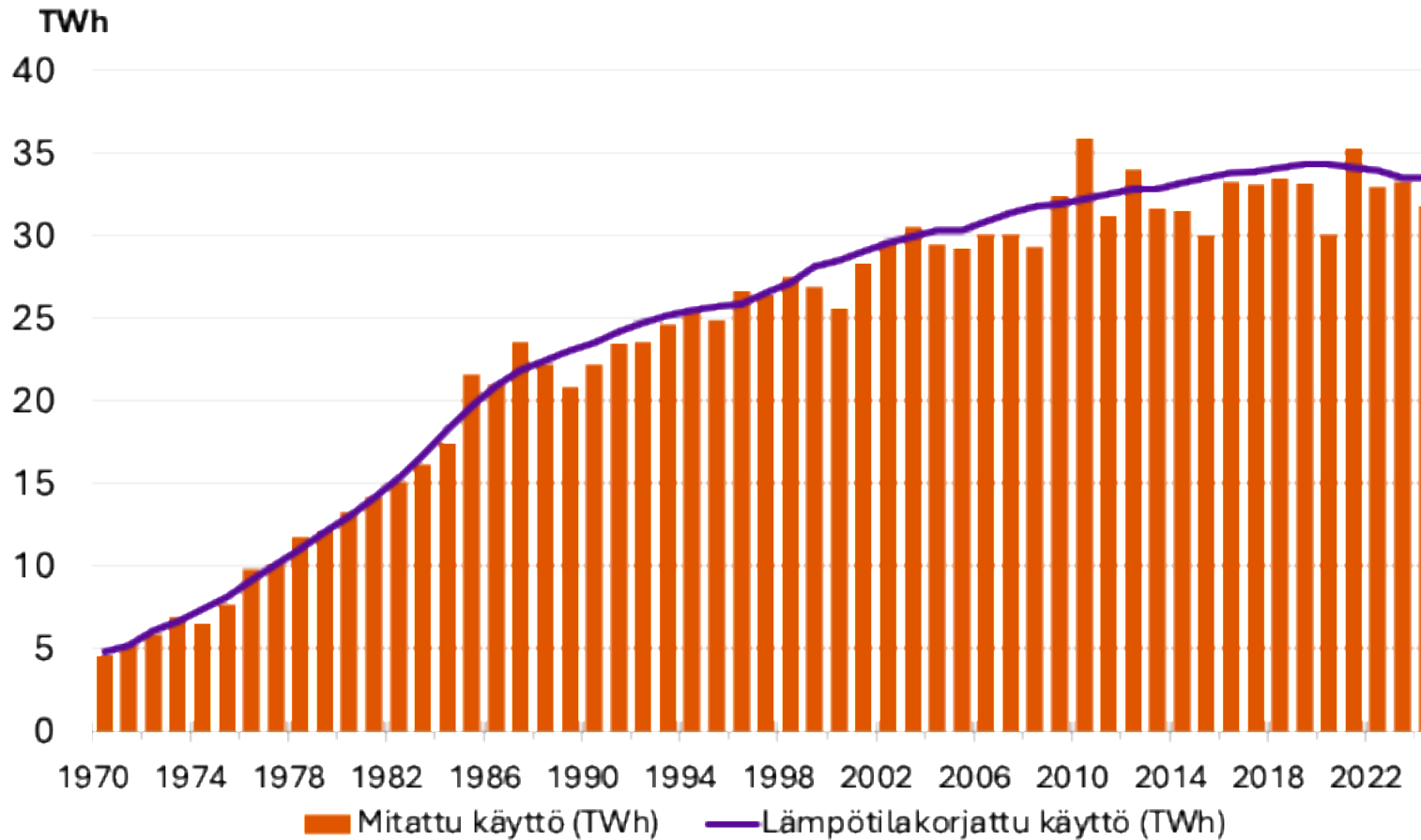
Agenda

Yleistä

Teknologiat

- Polttovoimalaitokset
- Sähkökattilat
- Lämpöpumput
- Ydinvoima
- Lämmön varastointi

Kaukolämmön kulutus

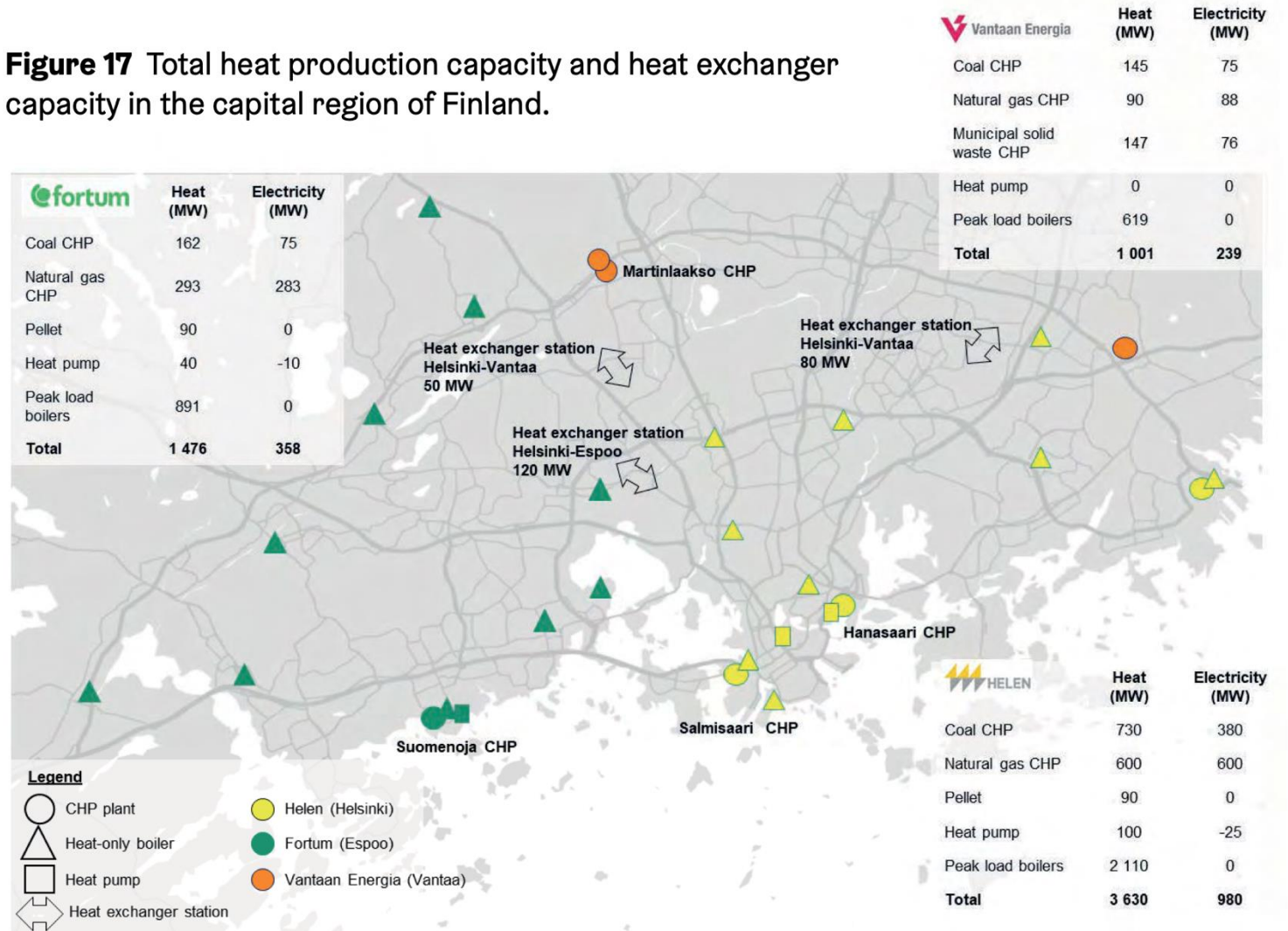


Kaukolämmön kulutuksen kasvu tasaantunut kaupunkien väestönkasvusta huolimatta rakennusten energiatehokkuuden parantumisen myötä

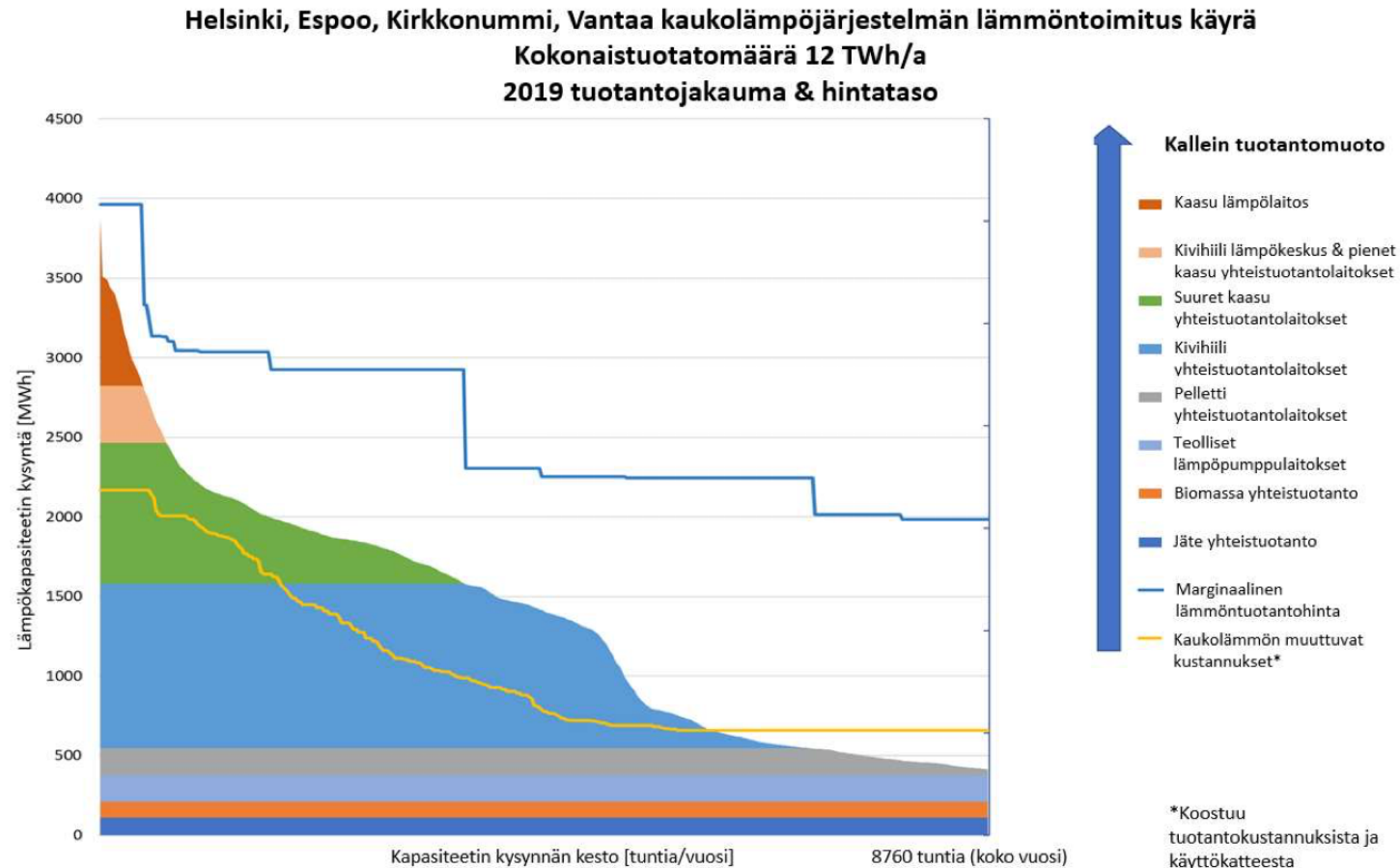
Koordinoitio Ongelmat: kaukolämpö

- Sähkötalokkoilla markkinat tuottavat hintasignaaleja kilpaileville tuottajille ja kuluttajille
- Kaukolämmöt paikallisia monopoleja: ei hintanäkymää
- Keskitetyt laitokset korvasivat talokohtaista polttoa keskitetyllä fossiilisten tai bioenergian poltolla
- Kaukolämmössä siirtymä sähköntuottajasta sähkön käyttäjiksi
- Viimeisten polttavien yksiköiden korvaaminen kallista, yhteiskunnan kokonaisuus epäselvä

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

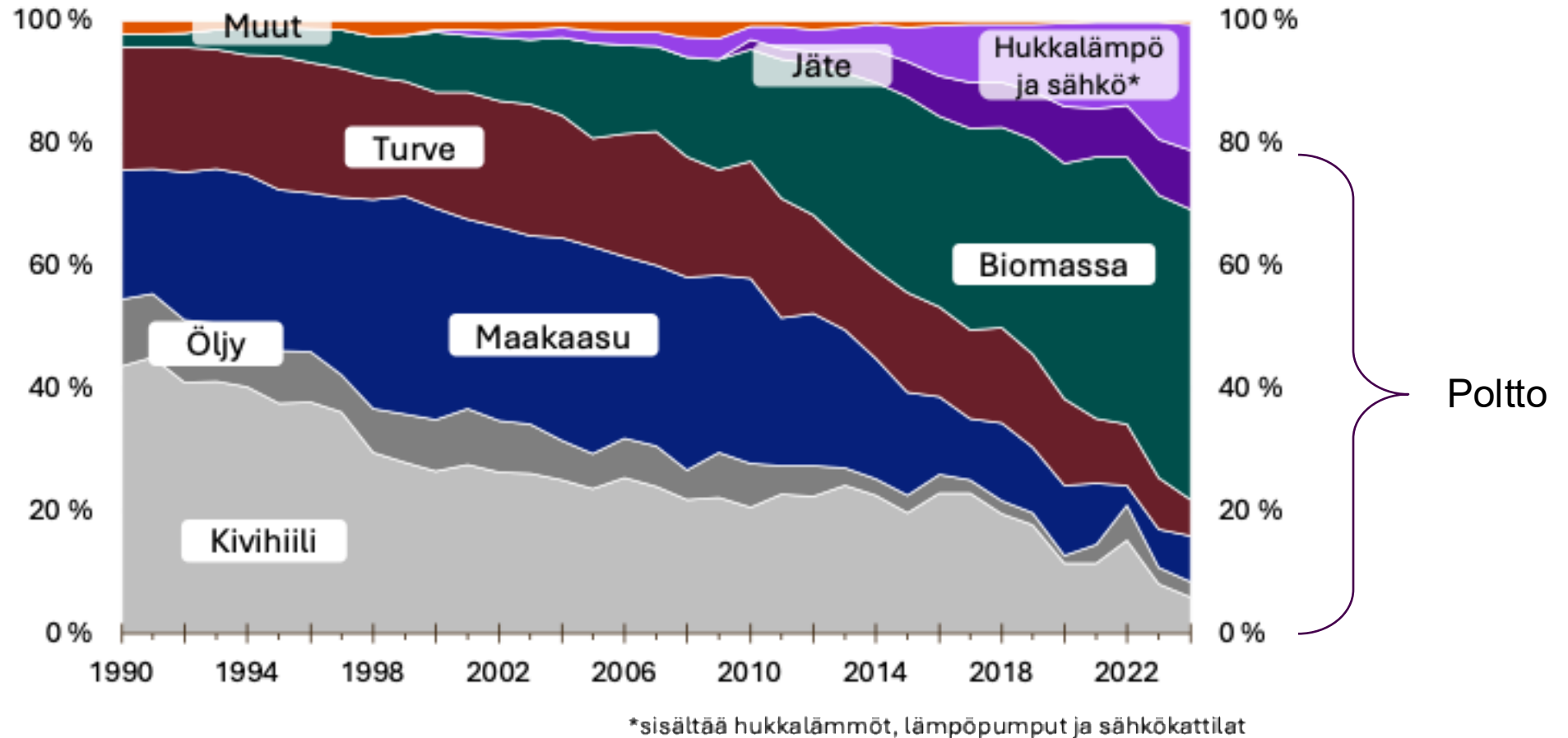


Paikalliset monopolit: suunnittelu



Esimerkki: Kaukolämmön pysyvyyskäyrä pääkaupunkiseudulla ja tuotantoteknologiat järjestettynä Fortumin arvioimien tuotantokustannuksien perusteella

Kaukolämmön hankinta



Fossiilisten korvaaminen kaukolämmössä sähköntuotantoa hitaampaa ja perustunut pääasiassa biomassan polttamiseen

Agenda

Yleistä

Teknologiat

- Polttovoimalaitokset
- Sähkökattilat
- Lämpöpumput
- Ydinvoima
- Lämmön varastointi

Polttovoimalaitokset

Energialähteet

Fossiiliset

- Kivihiili
- Maakaasu
- Öljy

Turve

Bio

- Puu ja sivutuotteet
- Biokaasu

Jäte

Teknologiat

Kaasu

- Kaasuturbiini
- Kaasuturbiinit,
kombivoimalaitos (CCGT)
- Kaasumoottori

Bio- tai jäte-CHP

- Höyrykattila ja –turbiini

Lämpökattilat

Tuotanto

Lämpö

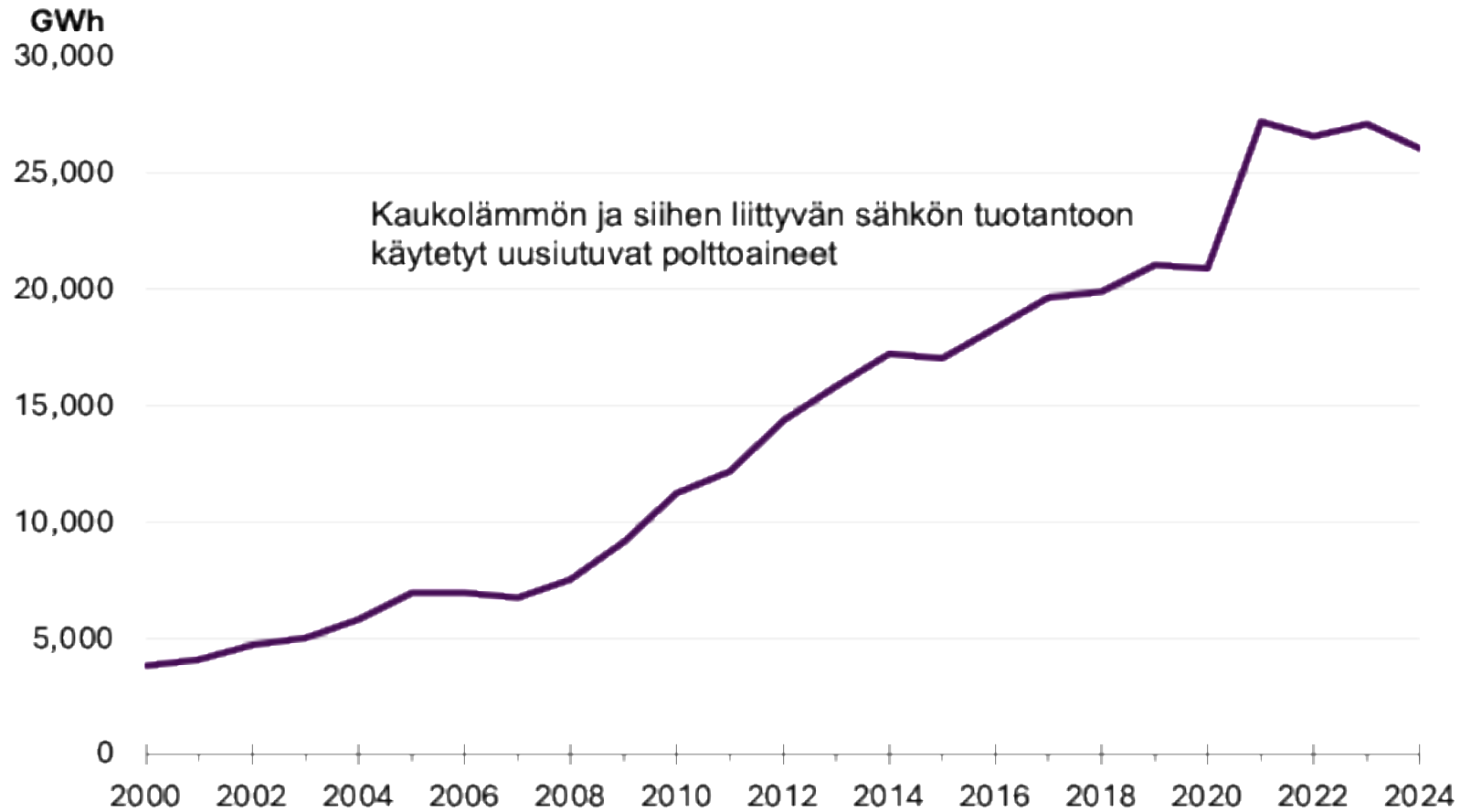
Höyry

Sähkö

Mitä polttaa?

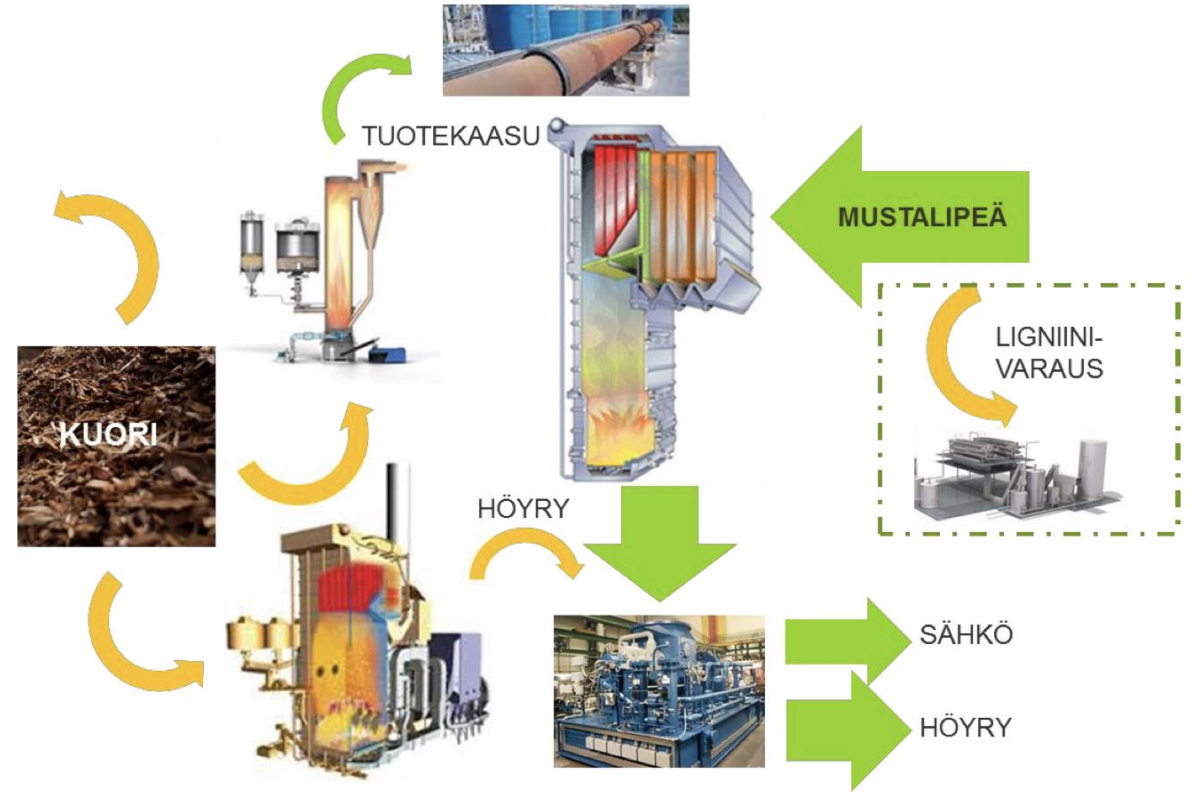
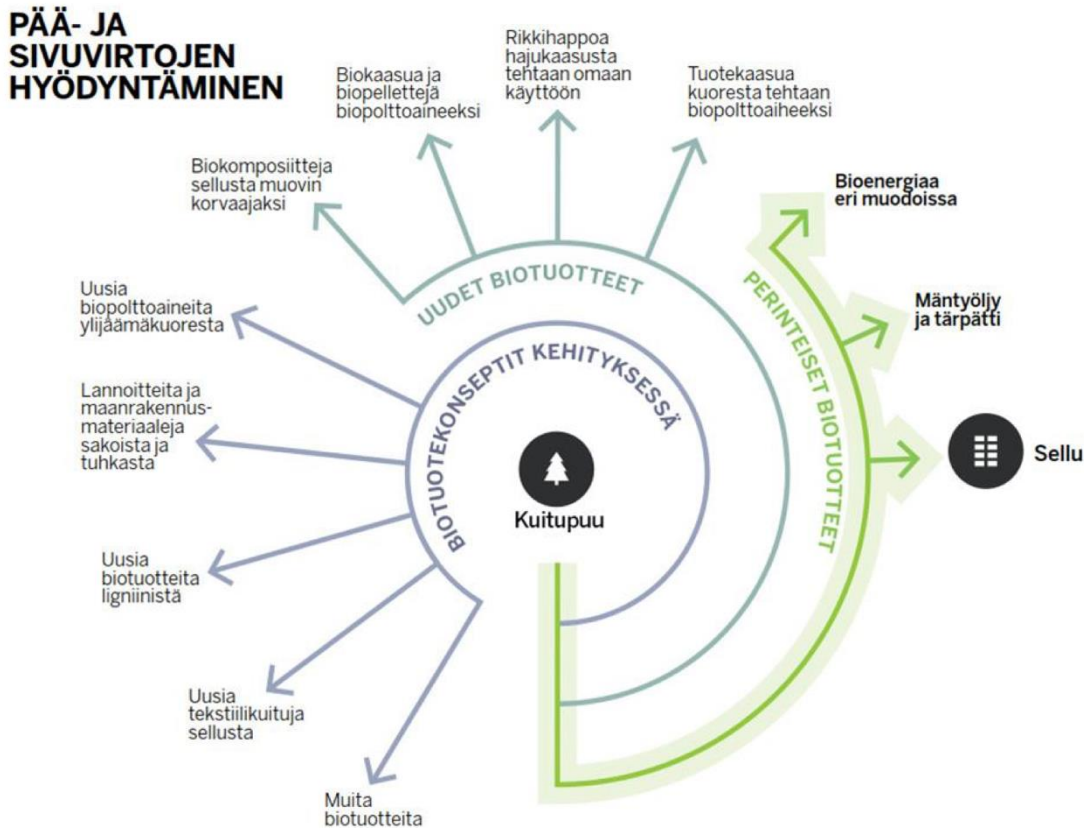
- Fossiiliset polttoaineet
 - Kivihiilen käyttö energiantuotannossa kielletty 1.5.2029 alkaen
 - Maakaasun hinta noussut voimakkaasti Venäjän aiheuttaman energiakriisin jälkeen
 - Turpeen poltto vähenemässä markkinaehtoisesti EU:n päästökaupan myötä
- Bioenergia
 - Metsäteollisuudessa ja biotuotteiden valmistuksen yhteydessä sivuvirtojen hyödyntäminen luontevaa
 - Energiantuotannossa bioenergian käyttö kilpailee muiden käyttötarkoituksien ja nielujen kanssa
- Jäte
 - EU:n jätehierarkian mukaan yhdyskuntajätteen määrää pitää vähentää ensisijaisesti ehkäisemällä jätteen syntyä, uudelleen käyttämällä ja kierrättämällä ennen polttoa

Bioenergia



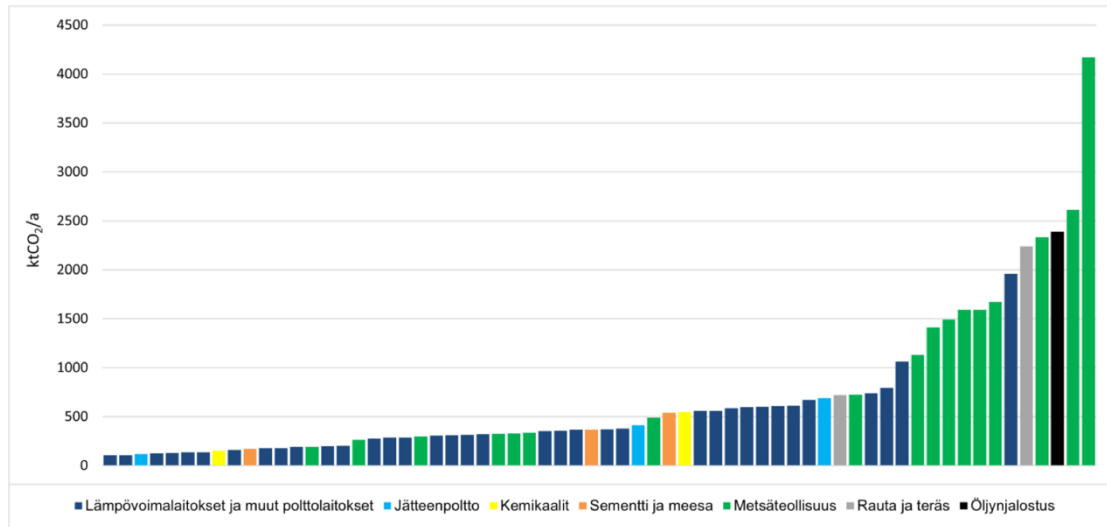
Esimerkki: Kemin biotuotetehdas

PÄÄ- JA SIVUVIRTOJEN HYÖDYNTÄMINEN



Metsäteollisuuden prosesseissa syntyvien sivuvirtojen hyödyntäminen energiana

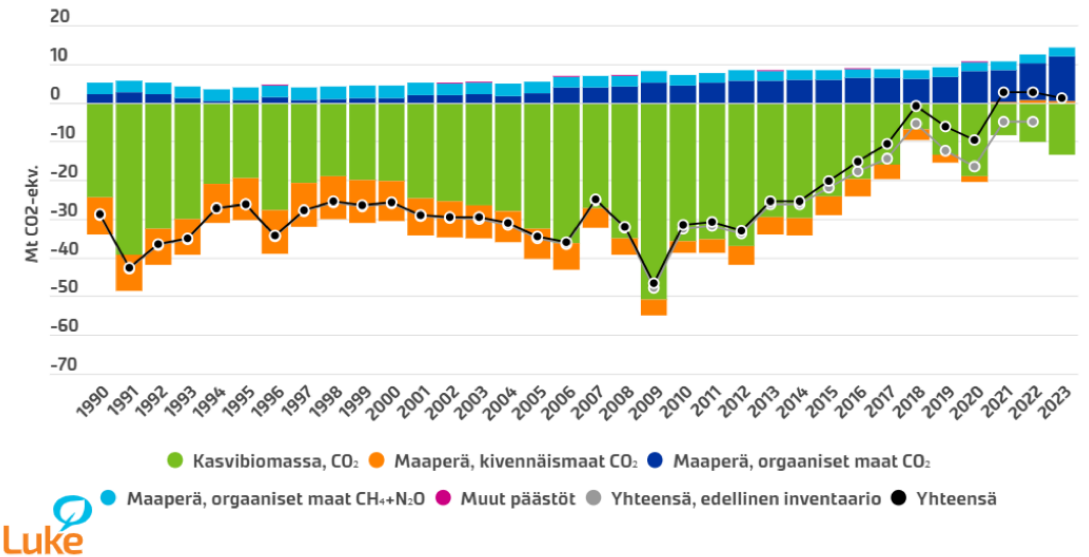
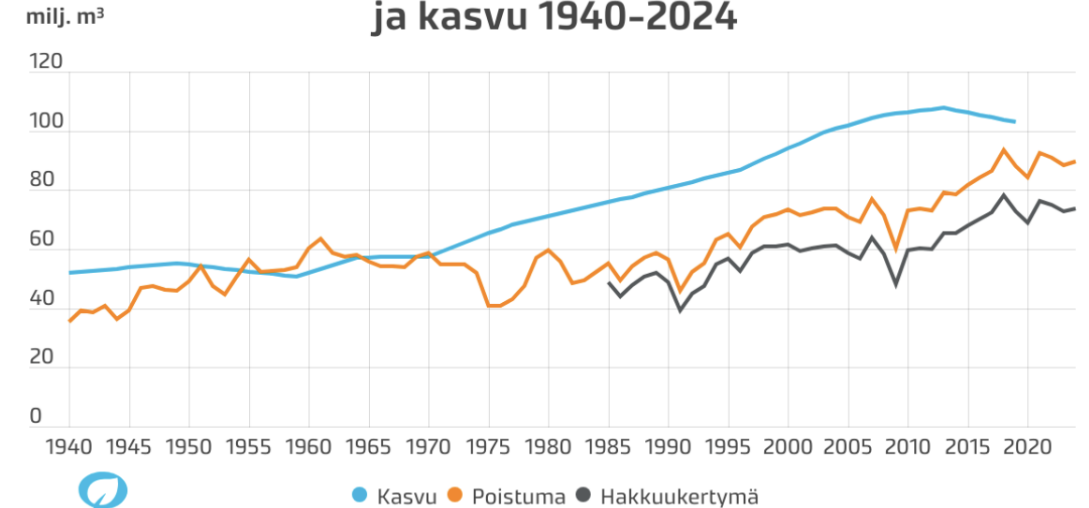
Kestävä bioenergia



- Lisääntyneen bioenergian käytön päästöt piipunpäästä näkyvät lisääntyneinä hakuumäärinä ja pienentyneinä nieluina

Puuston hakkuukertymä, poistuma

ja kasvu 1940-2024



Kuvan lähde: Metsämaan khk-päästöjen kehitys 1990 – 2023. Luonnonvarakeskus 15.1.2025. (Tilastokeskus Suomen kasvihuonekaasupäästöt 1990-2023).

Esimerkki: Riihimäen jätevoimala

”Riihimäen laitoksessa käsitellään vaarallisia jätteitä, yhdyskuntajätettä ja muita jätelajeita.

Muovijalostamolla käsitellään Suomessa erilliskerättyjä kuluttajamuovipakkauksia sekä teollisuuden muovivirtoja ja niistä valmistetaan uusiomuovigranulaattia valmistavan teollisuuden raaka-aineeksi.

Tuotantolaitos tuottaa myös kaukolämpöä ja sähköä Riihimäen ja Hyvinkään alueen asukkaille ja kiinteistöille.”



Jäte palaa rahaksi

📌 Tilajille

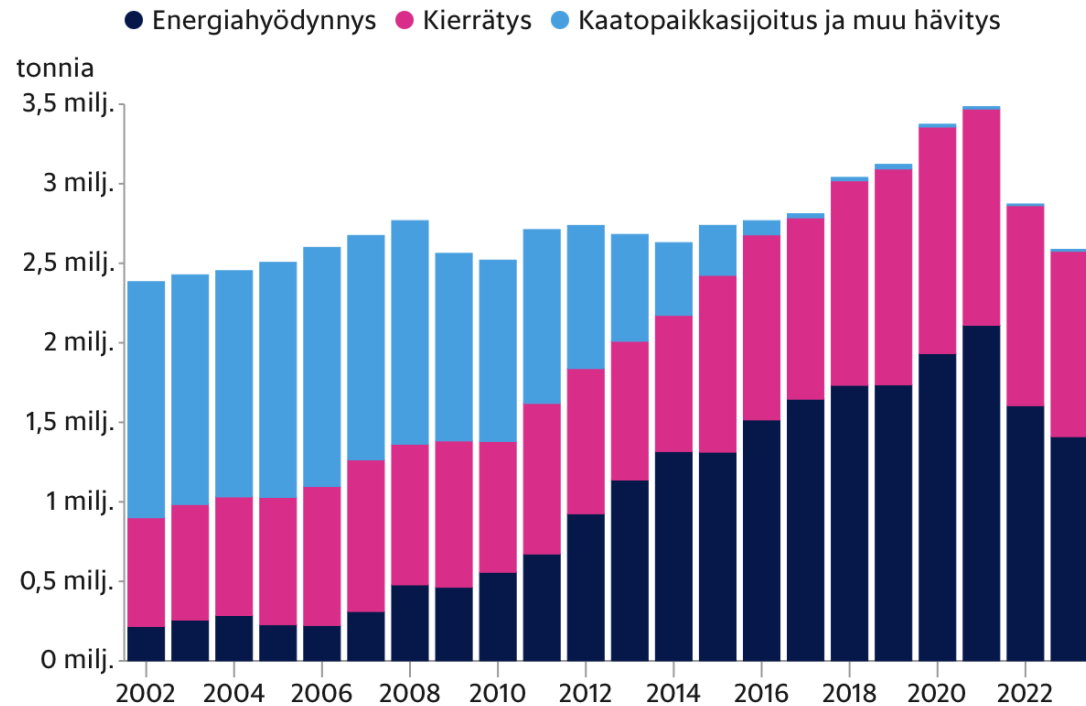
Hyvärinen Irja

19.2.2007 2:00

Kaatopaikkojen aika lähestyy loppua. Nyt ympäristöministeriön työryhmä suosittaa polttolaitoksia.

Jäte

Yhdyskuntajätteet käsittelytavoittain



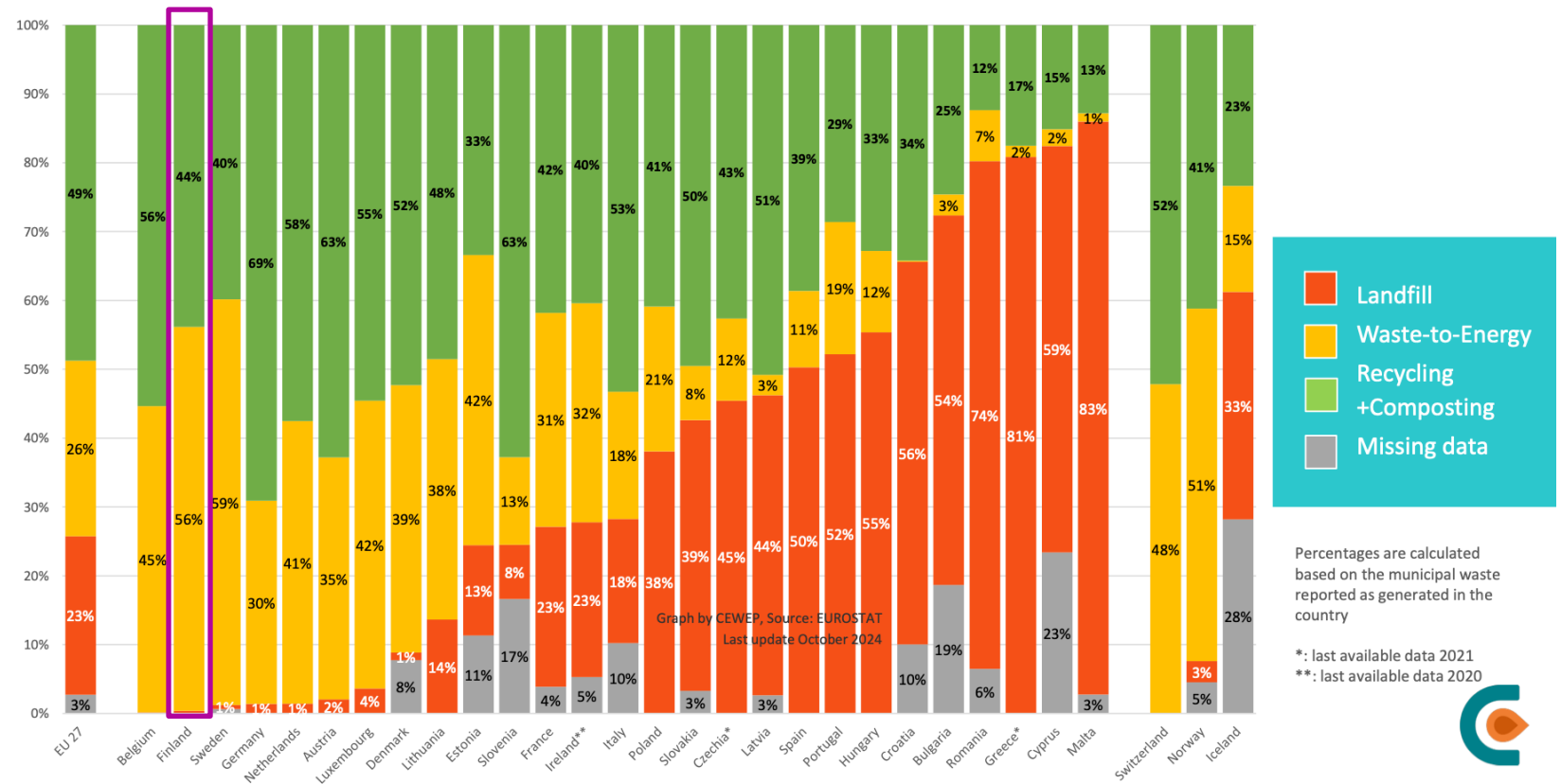
Koonnut: Heli Saavalainen / HS, grafiikka: Tuija Kivimäki / HS, lähde: Tilastokeskus, jätetilasto

“ Suomalaisen kierrätys aiheutti ongelman, jota on vaikea maalaisjärjellä ymmärtää “

- Jätteenpolttokapasiteettia on rakennettu nykyistä suurempien jätemäärien mukaisesti
 - Jätteenpolttajat saavat vastaanottomaksuja eli nk. porttimaksuja
- EU:n jätehierarkian mukaisesti Suomessa kierrätetään liian vähän muovijätettä
- Alhaisen kierrätysasteen vuoksi Suomi maksanut 89 miljoonaa euroa muovivaramaksua EU:lle vuosina 2023 ja 2024

EU:n kiertotaloustavoitteet

- EU:ssa sitovat tavoitteet: 55% kierrätysaste yhdyskuntajätteelle vuonna 2025 ja erillisiä jätelajikohtaisia tavoitteita
- Vuonna 2022 Suomen kierrätysaste oli alle EU:n keskiarvon
- Jätteenpolton osuus suurin Ruotsissa, Suomessa ja Norjassa



Agenda

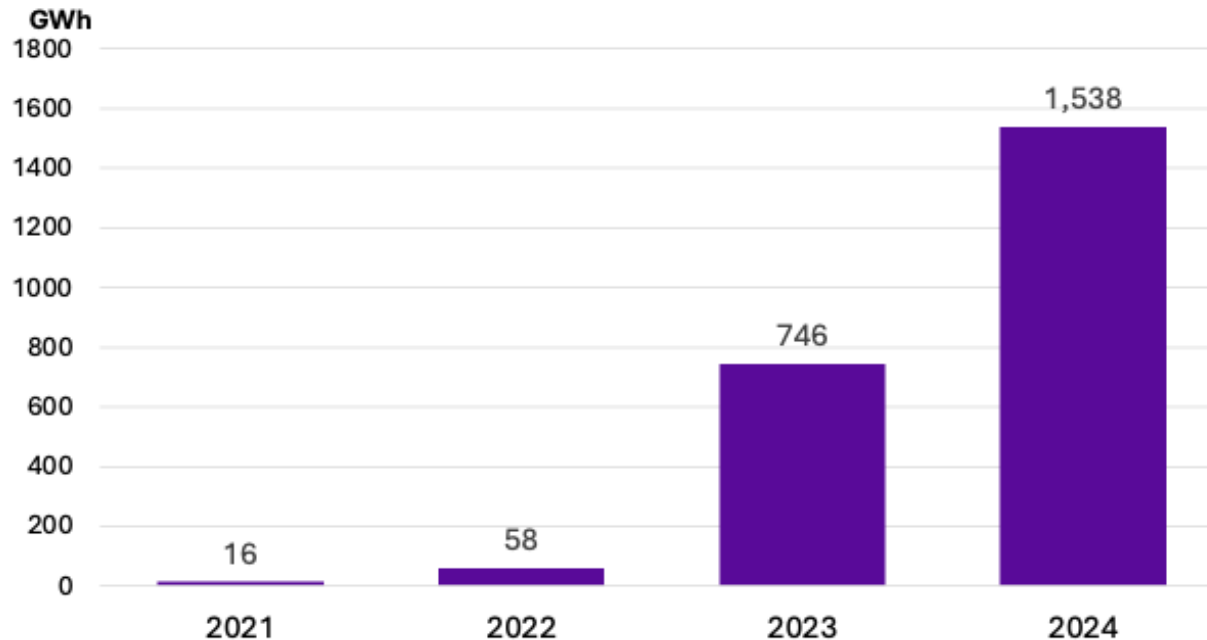
Yleistä

Teknologiat

- Polttovoimalaitokset
- Sähkökattilat
- Lämpöpumput
- Ydinvoima
- Lämmön varastointi

Sähkökattilat

Sähkökattiloiden tuottama lämpö



Suomen suurin sähkökattila- lämpövarastoyhdistelmä käyttöön Vaasassa

- Ajoittain halpa sähkö on lisännyt kaukolämpöyhtiöiden investointeja sähkökattiloihin
- Tyypillinen yhdistelmä on sähkökattila ja lämpövarasto

Sähkökattilat

Vahvuudet

- Alhaiset CO₂-päästöt ja ilmansaasteet käyttöpaikalla
- Säädetävät tuotantomahdollisuudet
- Alhaiset pääomakustannukset
- Mahdollisuus tuottaa joustoja sähkömarkkinoille

Heikkoudet

- Vaikutukset sähköverkkoihin
 - Erityisesti mikäli CHP-tuotantoa korvataan sähköllä
- Kaukolämmön ja sähkön kulutukset korreloituneita
- Korkeat käyttökustannukset kun sähkö kalleimmillaan

Sähköistymisen vaikutukset

ARTIKKELI / 23.9.2024

Helsingin sähköverkko vihreän siirtymän mahdollistajana – suurjänniteverkon merkitys kasvaa

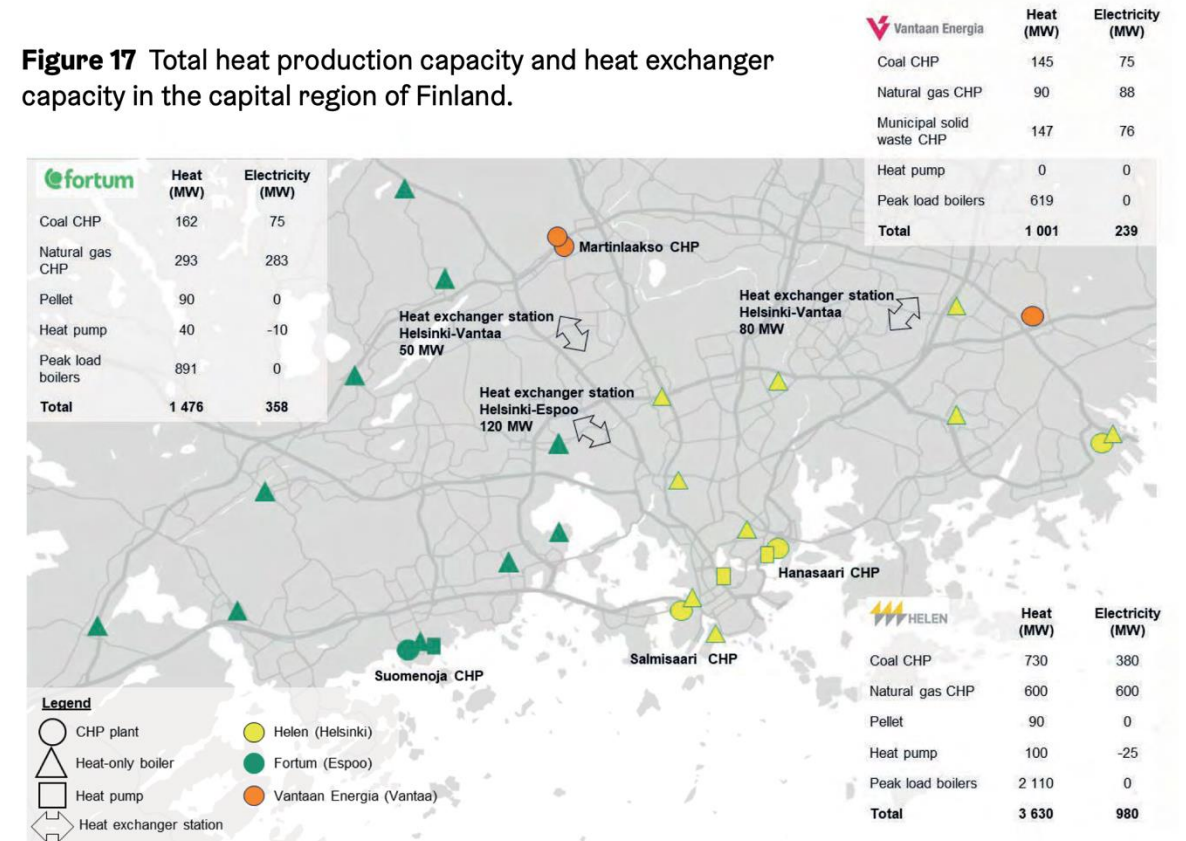
Helsingin sähkönkulutuksen ennustetaan yli kaksinkertaistuvan vuoteen 2030 mennessä. Merkittävin muutos tapahtuu lämmöntuotannossa, kun aiemmin kivihiilellä tuotettu kaukolämpö tullaan korvaamaan sähkökattiloilla ja lämpöpumpuilla. Jo päätettyjä investointeja kaukolämmön sähköistymiseen on tällä hetkellä sähköteholtaan yli 600 megawatin edestä. Päätetyt investoinnit eivät kuitenkaan vielä riitä, sillä sähköistyvä kaukolämmön tuotanto vaatii näiden lisäksi vielä lisäinvestointeja sähkökattiloihin ja lämpöpumppeihin. Samalla kun lämmityksen sähköistyminen lisää kulutusta, poistuu sähköntuotantoa Helsingistä lähes 400 megawatin verran, sillä sähkön ja lämmön yhteistuotantovoimalaitos Hanasaaressa suljettiin vuonna 2023 ja Salmisaaren laitos suljetaan keväällä 2025.

UUTINEN / 29.4.2025

FinFlex – Siirtojenhallinnan markkina avautuu

Helen Sähköverkko ja Suomen kantaverkkoyhtiö Fingrid kokeilevat ensimmäistä kertaa Suomessa siirtojenhallinnan joustomarkkinaa sähköverkon pullonkaulatilanteiden hallinnassa.

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



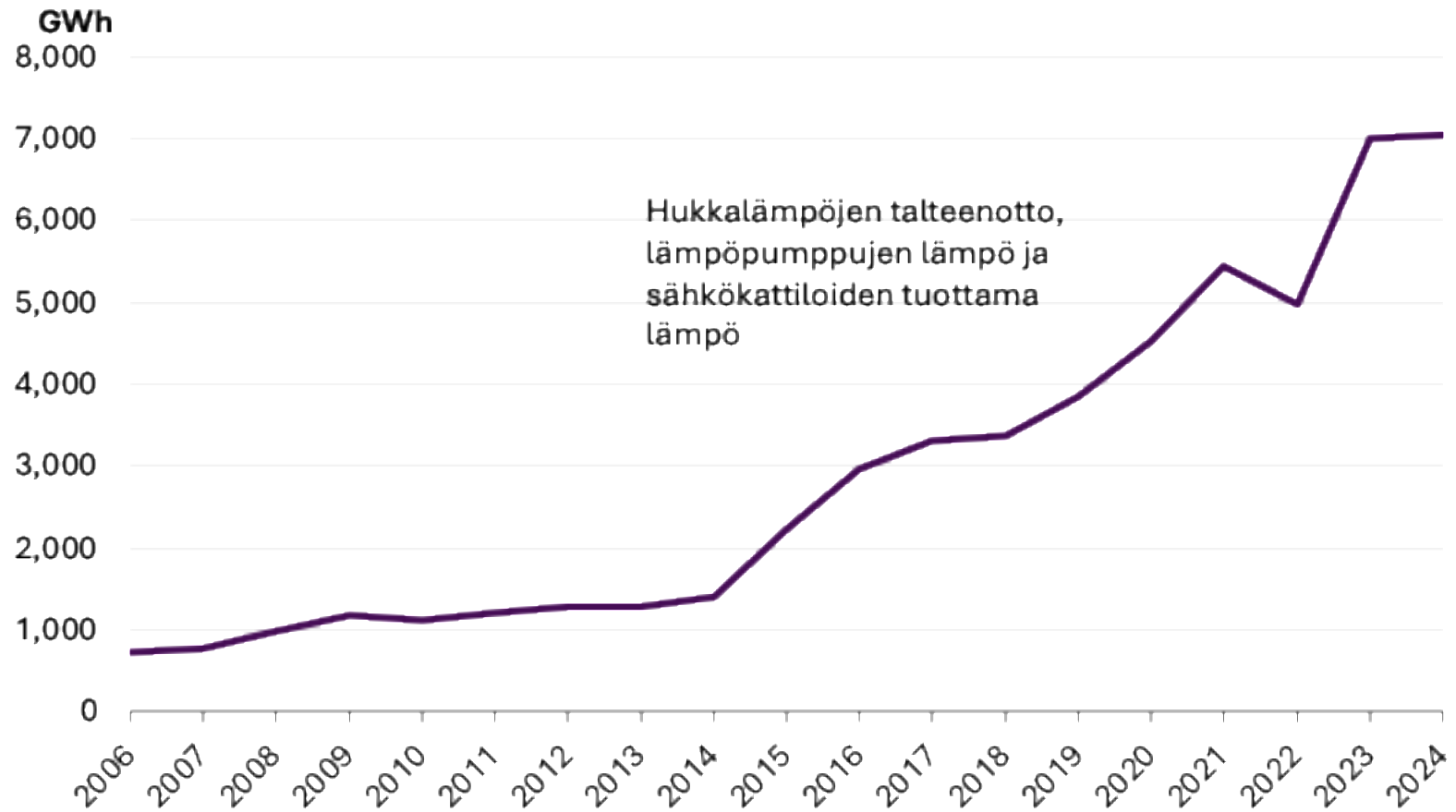
Agenda

Yleistä

Teknologiat

- Polttovoimalaitokset
- Sähkökattilat
- Lämpöpumput
- Ydinvoima
- Lämmön varastointi

Lämpöpumput



Lämpöpumput

Vahvuudet

- Alhaiset CO₂-päästöt ja ilmansaasteet käyttöpaikalla
- Lisää energiatehokkuutta
 - Hukkalämpöjen hyödyntäminen
- Säädetävät tuotantomahdollisuudet
- Mahdollisuus tuottaa joustoja sähkömarkkinoille

Heikkoudet

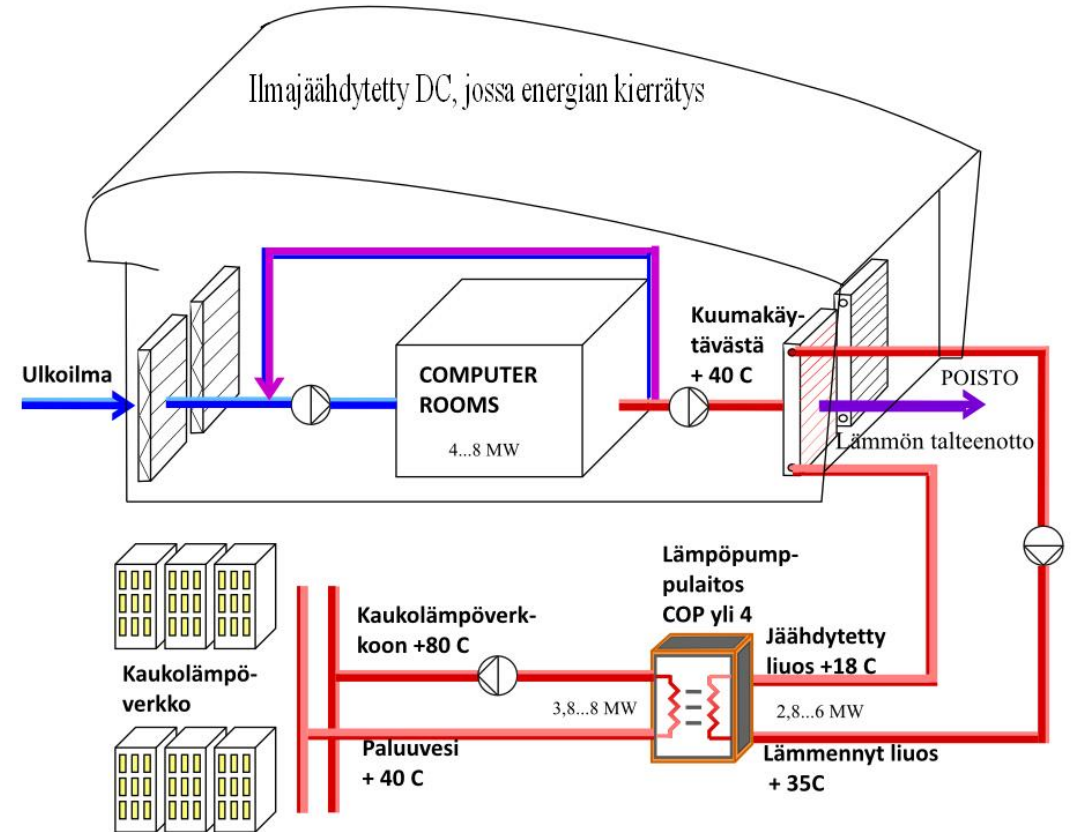
- Vaikutukset sähköverkkoihin
 - Erityisesti mikäli CHP-tuotantoa korvataan sähköllä
- Kaukolämmön ja sähkön kulutukset korreloituneita
- Korkeat käyttökustannukset kun sähkö kalleimmillaan
- Sopivat lämpölähteet ja niiden käyttöiät
 - Teollisessa toiminnassa riski varsinaisen toiminnan pysähtymisestä
 - Rajallisesti luontaisia lähteitä

Esimerkki: Mäntsälä

Energiateollisuus ry:n vuoden ilmastoteko 2016

Mäntsälässä sijaitsee hakukoneyhtiö Yandexin palvelinkeskus, jonka ylijäämälämmöstä tuotetaan yhteistyössä Nivoksen kanssa kaukolämpöä Mäntsälän kotitalouksiin ja teollisuuden tarpeisiin. Kaukolämmön tuotanto Yandexin datakeskuksen ylijäämälämmöstä saa aikaan noin 65 prosenttia pienemmän hiilijalanjäljen verrattuna vastaavan kaukolämpömäärän tuottamiseen maakaasun avulla.

- Yhteistyö Yandex Oy:n kanssa on toiminut erinomaisesti ja kaukolämmön tuotanto on kasvanut vuosi vuodelta suuremmaksi yhteisen kehitystyön myötä. Maakaasun tarve on lämmön kierrättämisen myötä laskenut 75 prosenttia. Lämmöntalteenotto prosessi on mittaluokassaan maailmanlaajuisesti ainutlaatuinen”, kertoo projekti-insinööri **Juha Pero** Nivokselta.



Agenda

Yleistä

Teknologiat

- Polttovoimalaitokset
- Sähkökattilat
- Lämpöpumput
- Ydinvoima
- Lämmön varastointi

Ydinvoima

Vahvuudet

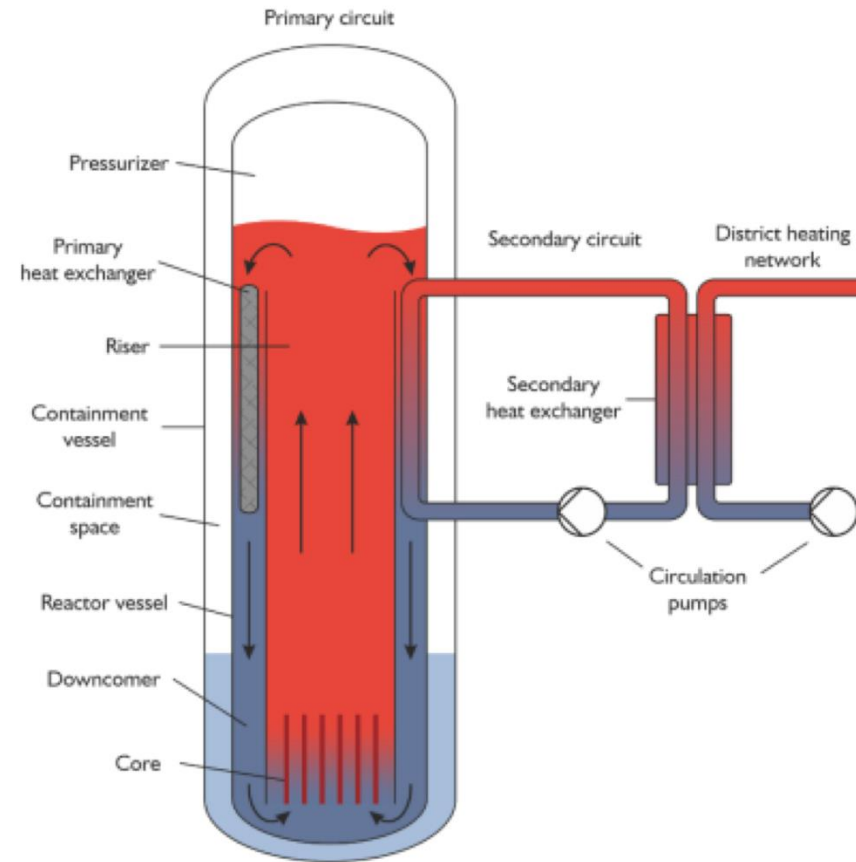
- Alhaiset CO₂-päästöt ja ilmansaasteet
- Säädetävät tuotantomahdollisuudet
 - Ydinpolttoaine varastoitavissa
- Pieni kokoluokka mahdollistaa sijoittumisen lähemmäs kulutusta
 - Ydinonnettomuuden riskien pitäisi olla paremmin hallittavissa kuin suurissa yksiköissä ja onnettomuuksien sattuessa vaikutukset rajatumpia
- Mahdolliset sarjatuotannon edut

Heikkoudet

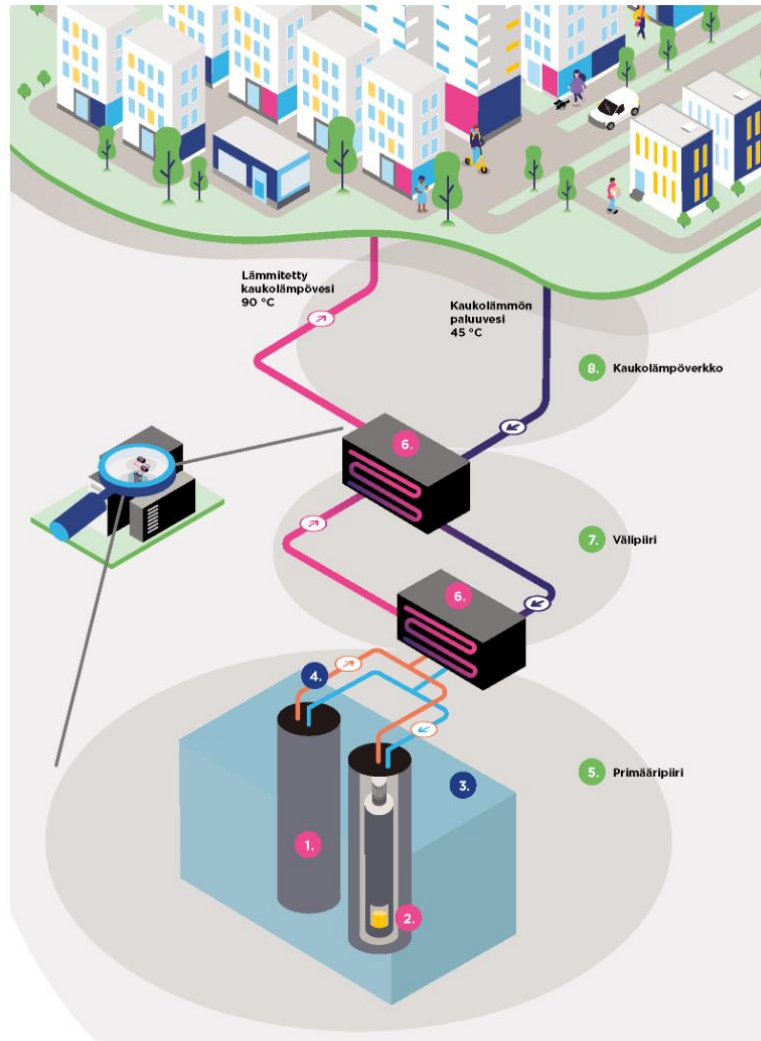
- Ulkoisvaikutukset
 - Ydinpolttoaineiden käsittely
 - Uraanin hankintaketjut
 - Ydinonnettomuudet ja niihin liittyvät vastuut
- Pääsy markkinoille
 - Suuri kertainvestointi: pääoman tarve ja riskit
 - Suomessa tiukat teknologiastandardit
- Uuden teknologian riskit
 - Pelkkää lämpöä tuottava ydinvoimala näyttää olevan suomalainen ratkaisu

SMR lämmöntuotantoon

- Pelkän lämmöntuotannon esitettyjä etuja suhteessa sähköä tuottavaan ydinvoimalaan:
 - Yksinkertaisempi rakenne
 - Alhaisempi toimintalämpötila ja paine
 - Reaktorin paineastia voidaan rakentaa yksinkertaisemmin
 - Pienempi koko mahdollistaa sijoittamisen maan alle
- Tavoitteena selvästi edullisemmat kustannukset verrattuna sähköä tuottaviin SMR:iin



Esimerkki: Helsinki



Lämpöä tuottavan pienydinvoimalan rakenne

1. Reaktorimoduuli sulkee sisälleen ydinreaktorin.
2. Ydinreaktorin sisällä ydinpolttoaineessa tapahtuu raskaiden alkuaineiden atominydinten halkeamisia eli fissioreaktioita, jotka lämmittävät reaktorin läpi kiertävää vettä.
3. Passiiviset turvallisuusjärjestelmät eivät vaadi toimiakseen ulkoista sähköverkkoa tai ihmisen reagoitua. Reaktorimoduulit voidaan sijoittaa esimerkiksi suureen vesialtaaseen, joka pystyy jäädyttämään niitä poikkeustilanteessa jopa kuukauden ajan.
4. Muiden passiivisten järjestelmien ansiosta monissa SMR-laitostyypeissä ei esimerkiksi tarvita pumppuja veden kierrättämiseen primääripiirissä. Veden kierto toteutetaan tällöin painovoiman avulla luonnonvoimaisesti.
5. Primääripiiri on suljettu putkisto, jossa vesi kiertää ydinreaktorin ja lämmönvaihtimen välillä.
6. Lämmönvaihtimissa lämpö siirtyy putkiston seinämien läpi seuraavan vesikierron veteen. Lämmönvaihtimet eristävät eri vesikierrot toisistaan, jolloin radioaktiiviset aineet eivät siirry lämmön mukana primääripiiristä välipiiriin.
7. Välipiiri on primääripiirin ja kaukolämpöverkon välissä oleva suljettu vesikierto.
8. Kaukolämpöverkon viilentynyt paluuvesi lämmitetään välipiirin lämmönvaihtimessa takaisin yli 90-asteiseksi. Lämmennyt kaukolämpövesi ohjataan lämmittämään kiinteistöjä.

Agenda

Yleistä

Teknologiat

- Polttovoimalaitokset
- Sähkökattilat
- Lämpöpumput
- Ydinvoima
- Lämmön varastointi

Lämpövarastot

Vahvuudet

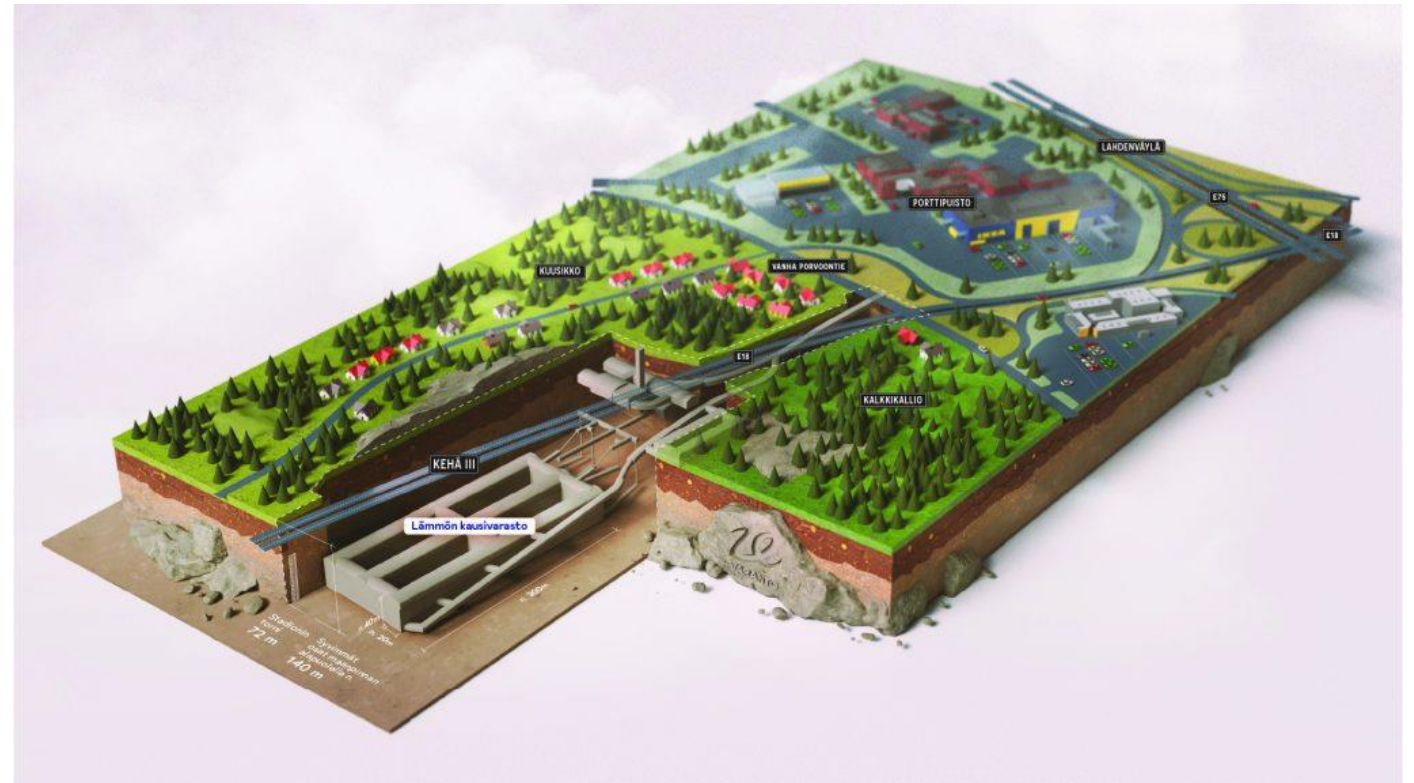
- Vesi on yksinkertainen ja edullinen tapa säilöä energiaa
- Parantaa kaukojärjestelmän optimointia
 - Tuotantomääriä voidaan muuttaa joustavasti
- Skaalautuva teknologia
 - Erilaisia teknologiavaihtoehtoja
 - Voidaan asentaa tuotannon yhteyteen tai erillisinä yksikköinä

Heikkoudet

- Lämpöhäviöt lisäävät energiankulutusta
- Kausivarastoinnissa teknologiset riskit
 - Käytännön kokemuksia rajoitetusti
 - Suuri kertainvestointi: pääoman tarve ja riskit
 - Sopivien sijoituspaikkojen valinta

Esimerkki: Vantaa

”Varannoksi nimetty lämmön kausivarasto toteutetaan louhimalla 1 100 000 m³ vesisäiliö tunneli- ja prosessitiloineen syvälle peruskallioon Vantaan Kuusikonmäkeen. Samaan yhteyteen rakennetaan myös kaksi 60 MW sähkökattilaa. Varaston toimintaperiaatteena on, että varastossa oleva vesi lämmitetään jopa 140-asteiseksi, jolloin se kykenee varastoimaan 90 GWh lämpöenergiaa. Se vastaa suomalaisen keskikokoisen kaupungin koko vuoden lämmöntarvetta tai 1,3 miljoonan sähköauton akkua. Hankkeen kustannusarvio on noin 200 miljoonaa euroa. Työ- ja elinkeinoministeriö on myöntänyt hankkeelle 19 miljoonan euron investointituen.”



Yhteenveto

Kaukolämmön tuotannon haasteena siirtyminen pois fossiilisten käytöstä

Aiemmin suunnitellut vaihtoehdot, bioenergia ja jäte, eivät ole ongelmattomia

- Bioenergian kestävä käyttö haaste koko Suomessa
- Jätteen poltto ristiriidassa kierrätystavoitteiden kanssa

Keskitetyn suunnittelun ja hintaohjauksen puute synnyttää koordinaatio-ongelman

- Kaukolämmön käyttäjillä rajallinen näkyvyys tuleviin hintatasoihin: vaikeuttaa investointeja
- Eri kaukolämpöyhtiöt kilpailevat samoista resursseista

Suuren kokoluokan ratkaisuksista ei vielä kokemuksia

- Pienydinreaktori- ja lämmön kausivarastointihankkeita vireillä