

29.5.2023 / Janne Seppänen

Mitä kuuluu kantaverkolle? - Tulevaisuuden sähköverkko

janne.seppanen@fingrid.fi / janne.seppanen@aalto.fi

FINGRID

Fingrid lyhyesti



14 500
KILOMETRIÄ VOIMAJOHTOA



KANTAVERKON SIIRTOVARMUUS

99,99993 %



3,2 TASEEN LOPPUSUMMA
MILJARDIA EUROA



480 HENKILÖSTÖ
Fingrid-konsernissa
vuoden 2022 lopussa



1 815 LIIKEVAIHTO
MILJOONAA EUROA



45 MAKSETUT TULOVEROT 2021
MILJOONAA EUROA

MAAILMAN
KÄRKILUOKKAA
KUNNONHALLINNAN
TEHOKKUUDESSA
JA VERKON
LUOTETTAVUU-
DESSA.



LÄHDE: ITOMS-
VERTAILU
(INTERNATIONAL
TRANSMISSION
OPERATIONS &
MAINTENANCE
STUDY)

SUOMEN PARHAAT TYÖPAIKAT
GREAT PLACE TO WORK

3 SIJA
VUONNA 2022

SUOMEN VASTUULLISIN
TYÖNANTAJA 2020 ja 2021



VUONNA 2022 FINGRIDIN
VERKOSSA SIIRRETTIIN SÄHKÖÄ

70,1 TWh

ELI SUOMEN
KOKONAISÄHKÖNSIIRROSTA

78,4 %



50 ASIAKASARVIOT
VUONNA 2022, NPS
(NET PROMOTER SCORE)

72 eNPS
HENKILÖSTÖN
SUOSITTELUINDEKSI

Kantaverkko

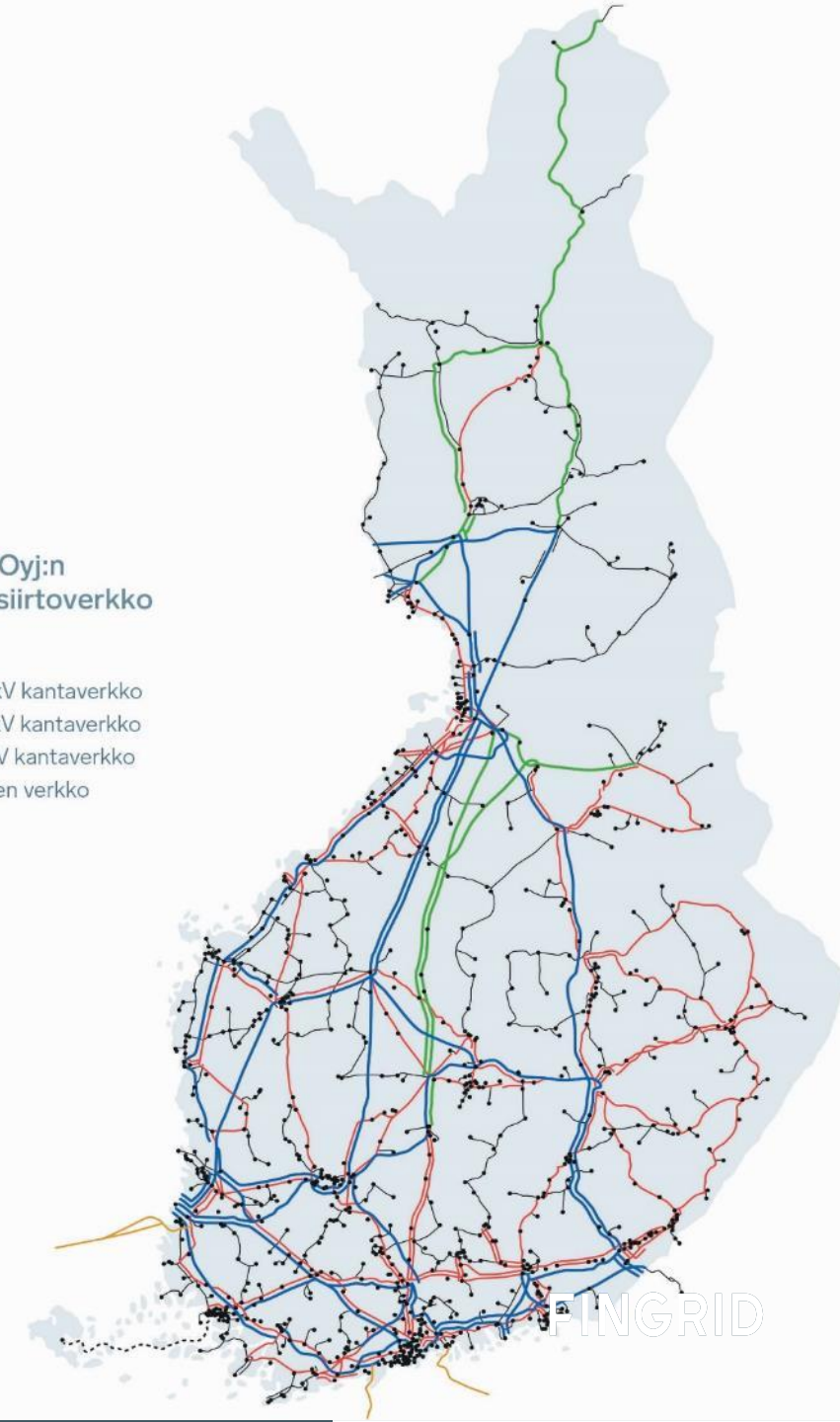
Sähkönsiirron runkoverkko, johon ovat liittyneet pääasiassa suuret voimalaitokset ja tehtaat sekä alueelliset jakeluverkot.

Yhdistää Suomen myös kansainvälisille sähkömarkkinoille.

Fingrid Oyj:n
sähkönsiirtoverkko

11.2020

- 400 kV kantaverkko
- 220 kV kantaverkko
- 110 kV kantaverkko
- Muiden verkko



Pohjoismainen verkko muodostaa kokonaisuuden

Pohjoismaista sähköverkkoa käytetään yhdessä sovittujen pelisääntöjen mukaan.

Kantaverkon käytön pääperiaatteet:

- N-1 periaate
 - järjestelmän on kestävä minkä tahansa yksittäisen komponentin vika
- häiriön jälkeen käyttötilanne palautettava normaaliksi 15 minuutin kuluessa

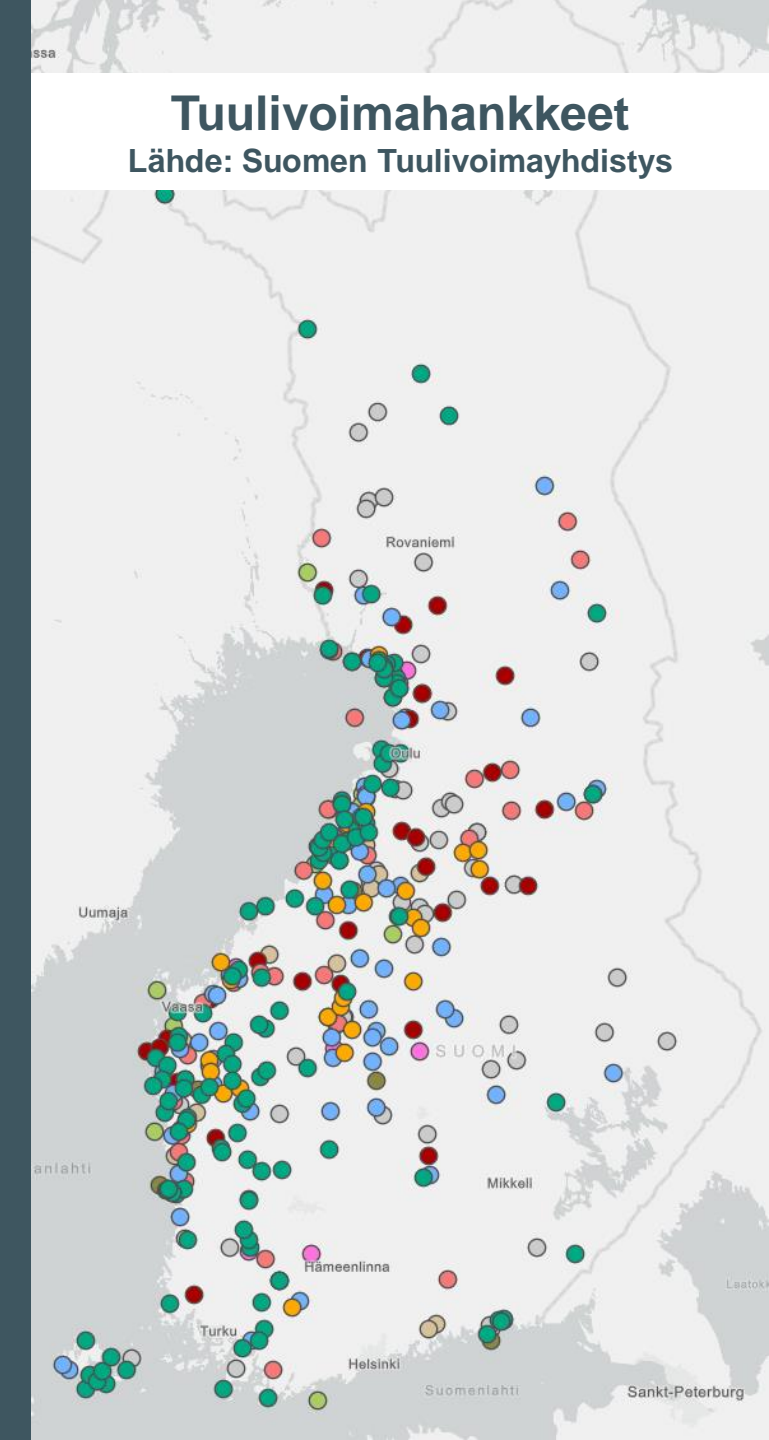


Sähköjärjestelmän kehittyminen tällä vuosikymmenellä

FINGRID

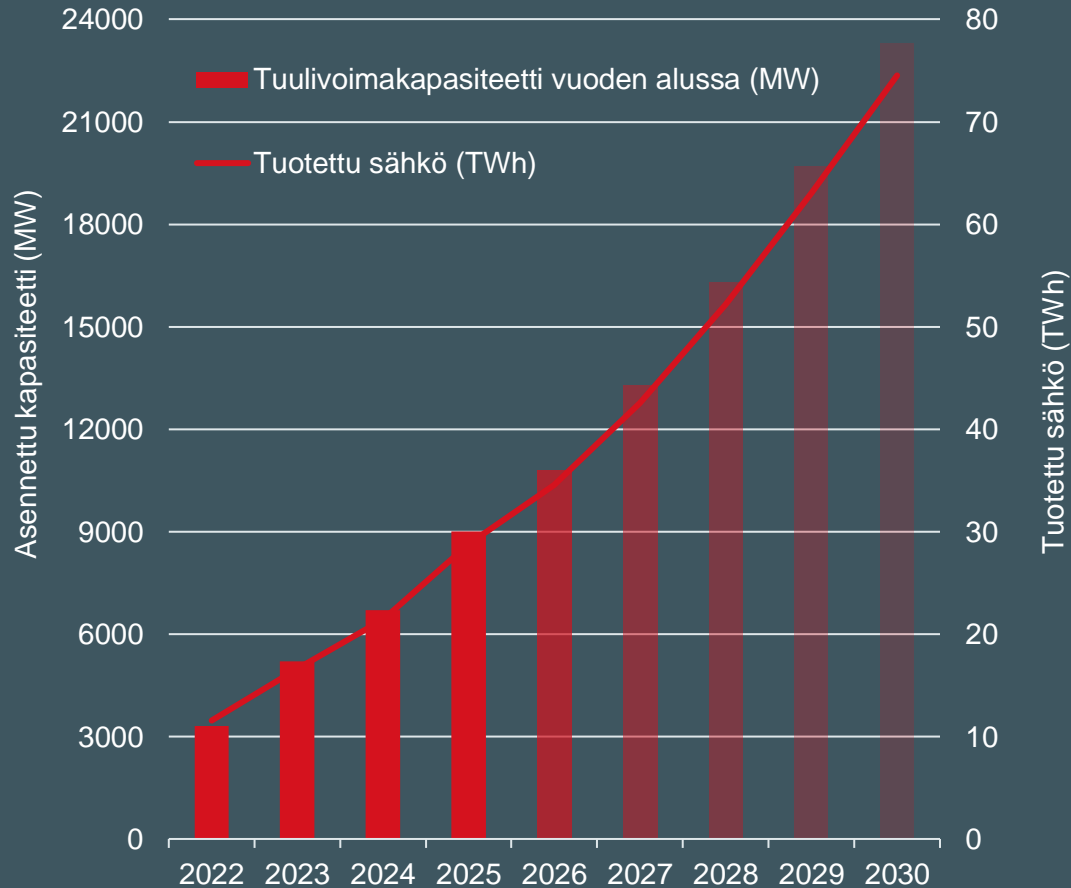
Suomi – EU:n kilpailukykyisin maa uusiutuvan energiantuotannon kasvattamiseen?

- Suomi:
 - Suomi on EU:n harvoiten asuttu maa
 - Viidenneksi suurin EU-maa maantieteellisesti
 - Pitkä rannikko -> merituulivoima
 - Kilpailukykyiset tuuliolosuhteet
- Fingrid on vastaanottanut 270 GW liityntäkyselyitä sähköntuotannolle! (huom. Suomen huippukulutus ~15 GW)
 - ~155 GW maatuulivoimaa, ~53 GW merituulivoimaa ja ~62 GW aurinkovoimaa
 - Ei tukia – markkina toimii!
- Yli 50 TWh liityntäkyselyitä kulutukselle!

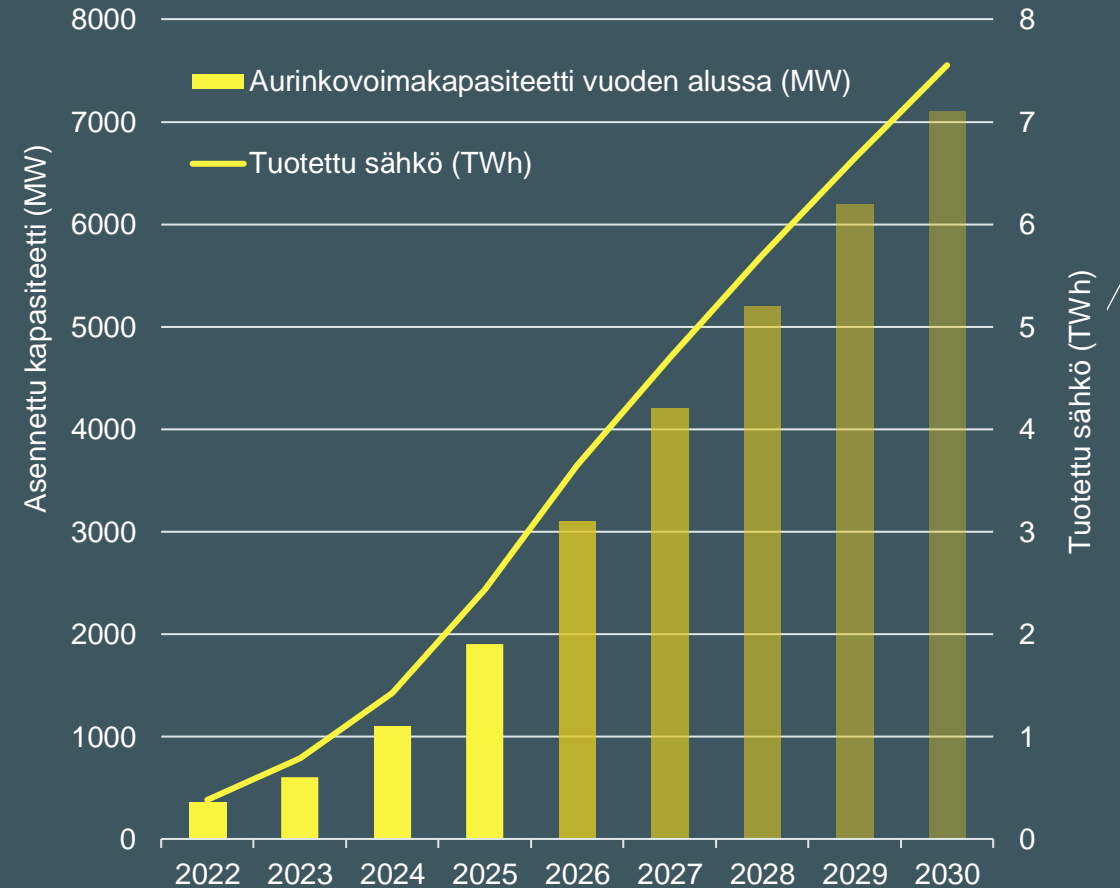


Uusiutuvan energian kasvuvauhti kiihtyy

Tuulivoimakapasiteetin kasvuennuste



Aurinkovoimakapasiteetin kasvuennuste

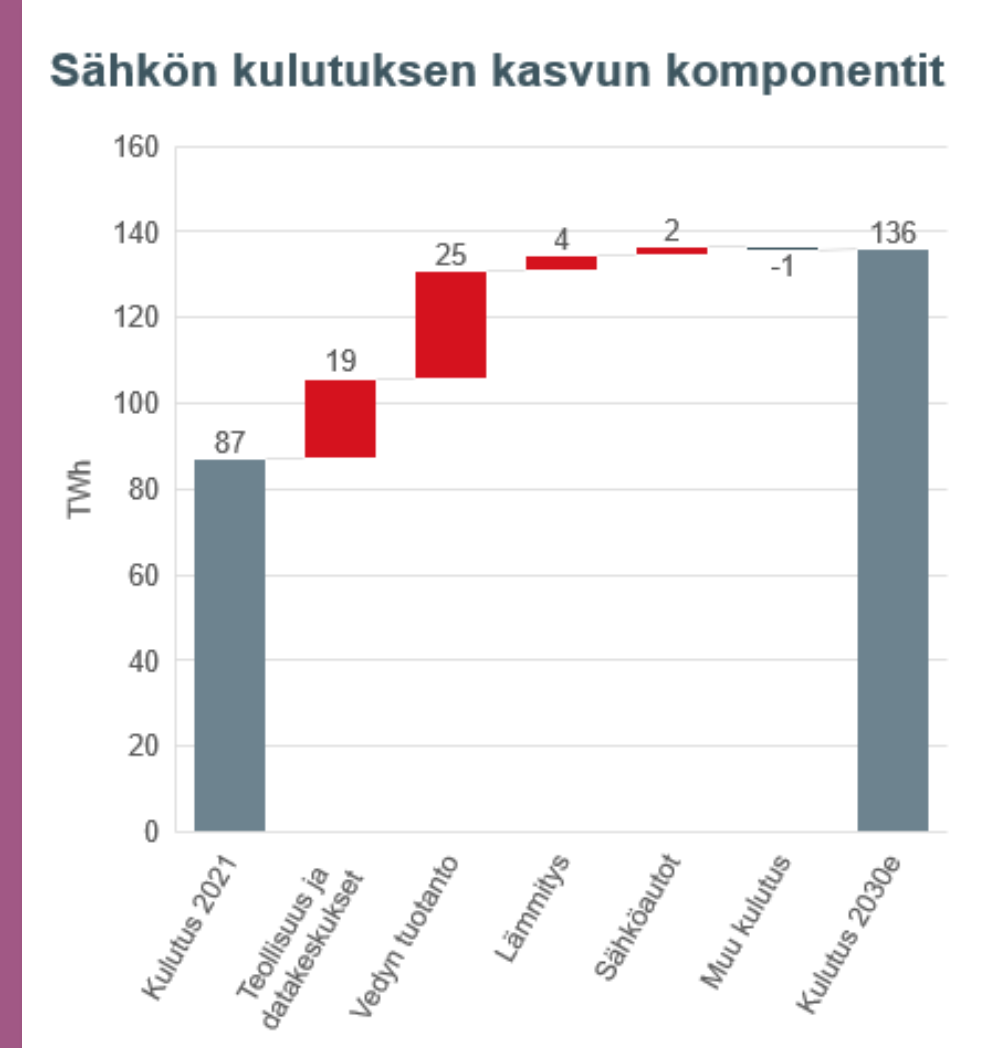


Fingrid Best estimate skenaario H1/2023

FINGRID

Sähkönkulutuksen kasvu ei ole yhden kortin varassa

- Teollisuuden uusi sähköistyminen
- Vedyntuotanto – valtava kasvupotentiaali
- Datakeskukset
- Lämmityksen sähköistyminen
- Sähköinen liikenne
- Fingridin tulevaisuusskenaarioissa varioidaan eri kasvutekijöitä



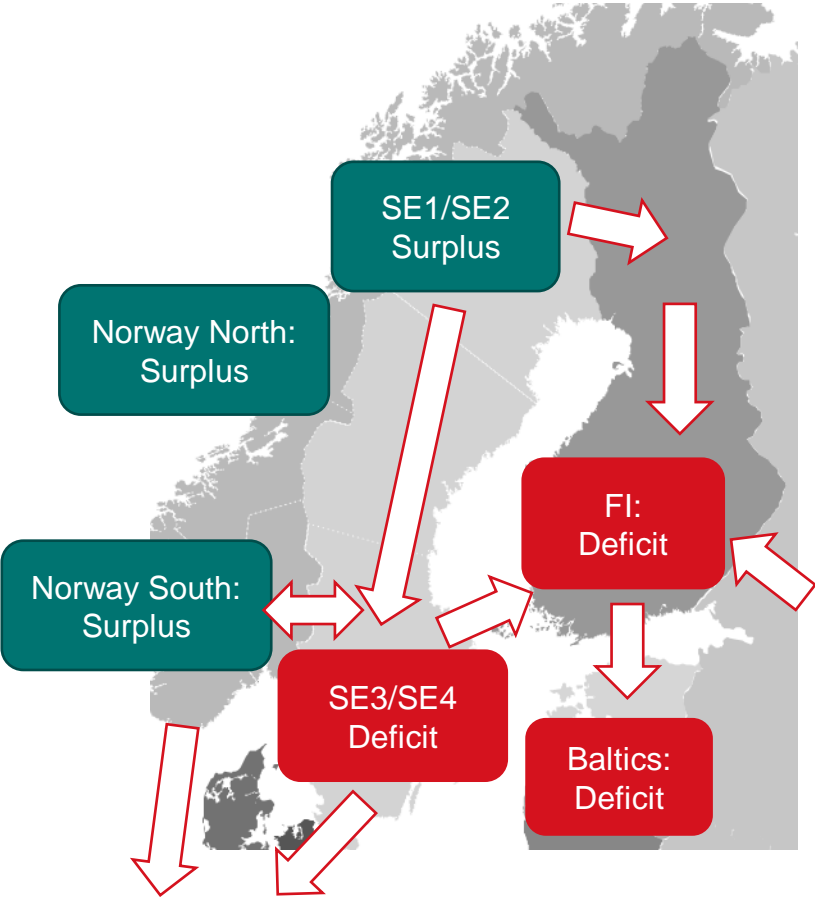
Fingrid ns. Best estimate skenaario H1/2023

FINGRID

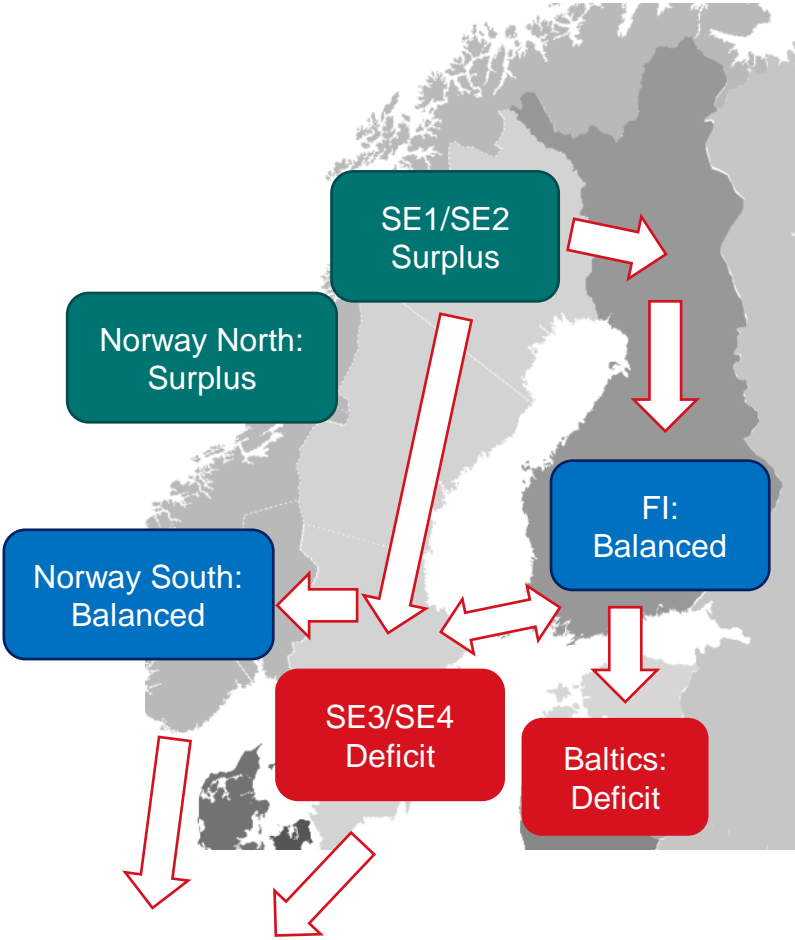
Shifts in the Nordic power balance

Finland becomes an exporter while Norway becomes an importer

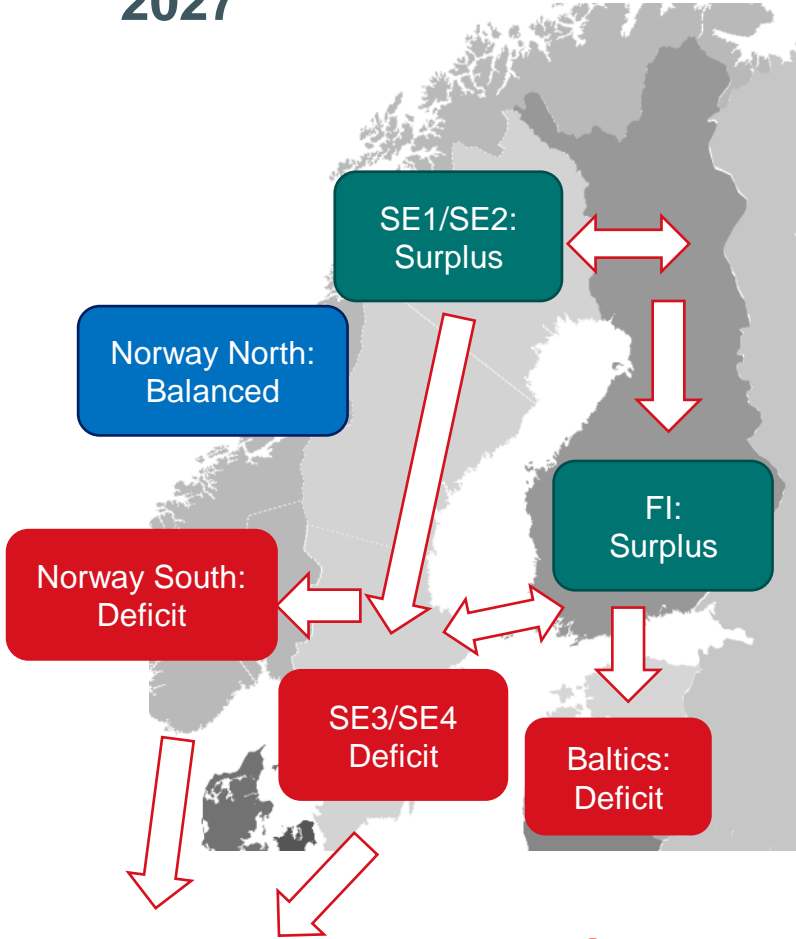
2021



2024



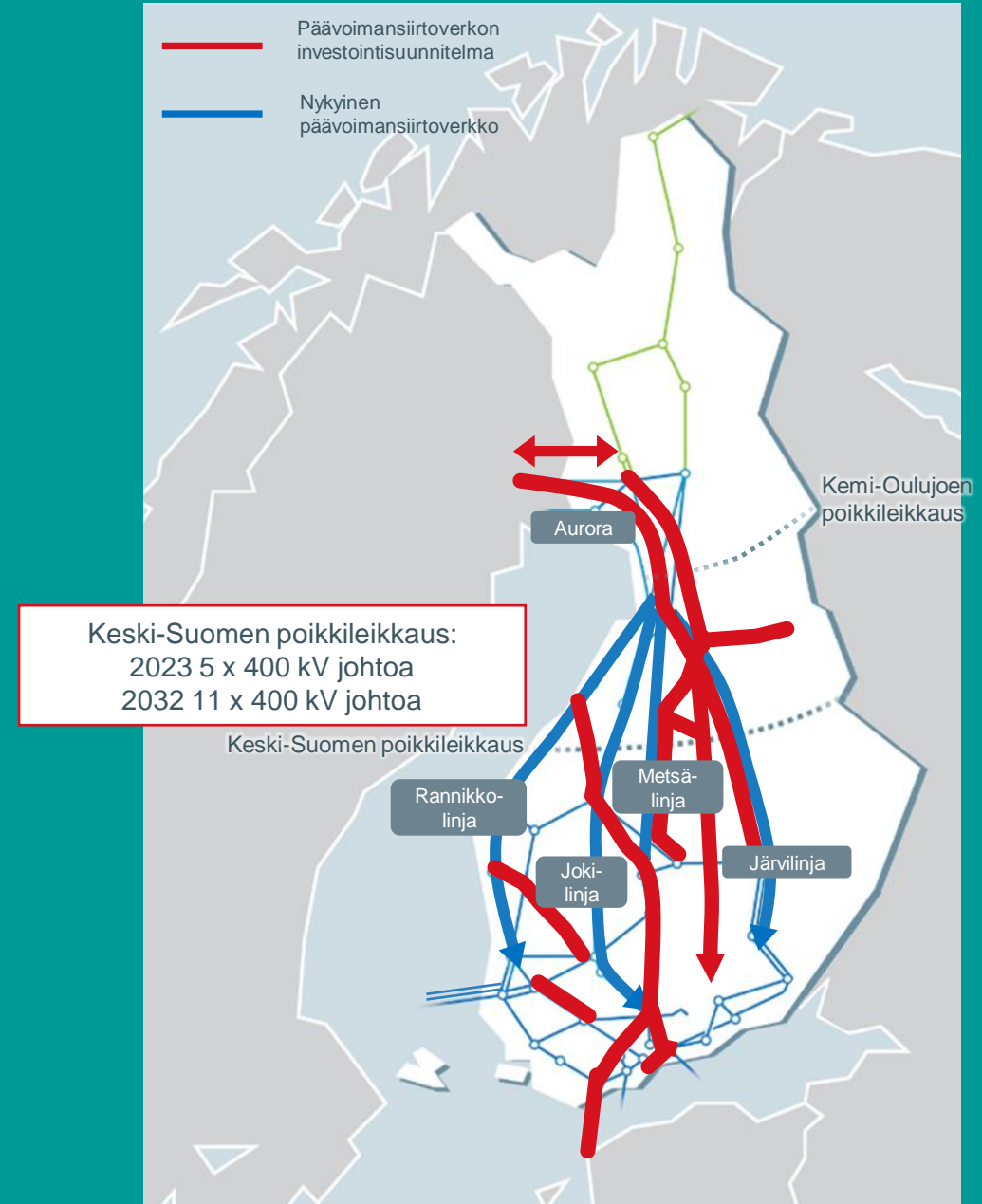
2027



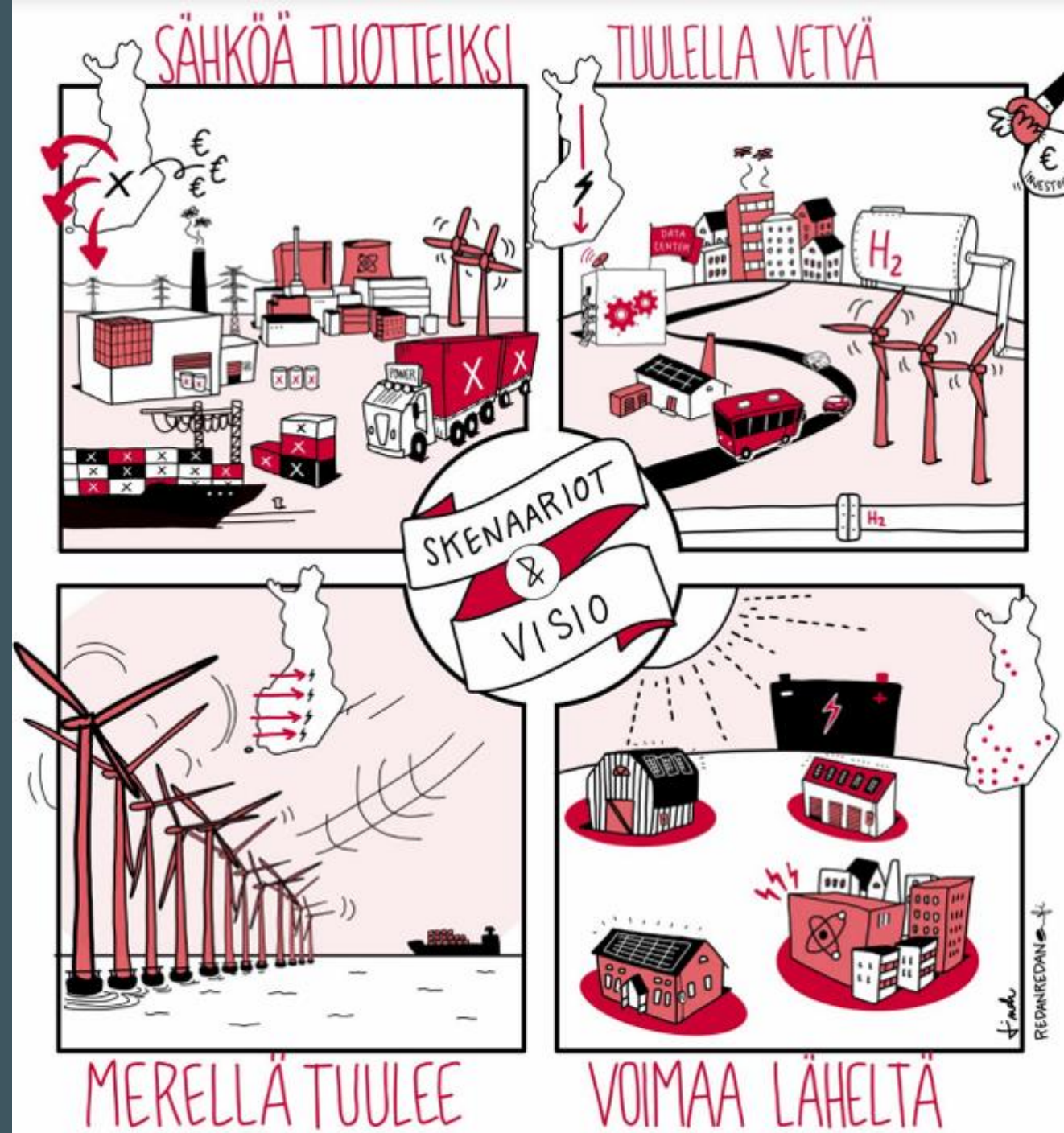
Source: Fingrid Best Estimate scenario H2/2022. Direction of arrows refers to main direction of the power flow

Fingrid investoi 3 miljardia euroa seuraavan 10 vuoden aikana

- Verkkoa vahvistetaan erityisesti pohjois-etelä suunnassa
 - 3200 km 400 kV johtoa
 - 2000 km 110 kV johtoa
 - Noin 200 sähköasemaprojektia (sisältää uudet sähköasemat, vanhojen laajennukset ja huoltoprojektit)
- Uusia yhteyksiä naapurimaihin
 - Aurora line 2025 (SE1-FI)
 - Aurora line 2 (SE1-FI) ja Estlink 3 (EE-FI) suunnitteluvaiheessa – tavoite ottaa käyttöön 2030-luvun alussa



Sähköjärjestelmän
kehittyminen
pidemmällä tähtäimellä:
Fingridin
Sähköjärjestelmävisio





Kaikissa skenaarioissa liikenne, lämmitys ja teollisuus sähköistyvät, sektori-integraatio etenee ja hiilineutraaliustavoitteet saavutetaan

Sähköä tuotteiksi

- Suomi kehittyi merkittäväksi P2X-tuotteiden viejämaaksi.
- Tuuli- ja aurinkovoima kasvavat merkittävästi.
- P2X-prosessien tarvitsema vety tuotetaan lähellä kulutuskohteita, eikä keskitettyä vetyvarastointia tai -verkkoa synny. Tämä kasvattaa sähköverkon vahvistustarpeita ja lisää tarvetta sähköjärjestelmän joustolle.

Tuulella vetyä

- Vedyn tuotanto kasvaa Suomessa, ja Suomi kehittyi vedyn viejämaaksi.
- Vetyjärjestelmä toimii energiavara-
rastona, mikä mahdollistaa erittäin suuren maatuulivoiman tuotannon. Samalla perinteisen sähköntuotannon määrä supistuu voimakkaasti.
- Voimakkaasti muuttuva tuotanto- ja kulusrakenne haastaa sähköjärjestelmän teknisen toimivuuden ja näkyy erittäin suurena pohjois-eteläsuuntaisena energiansiirtotarpeena.

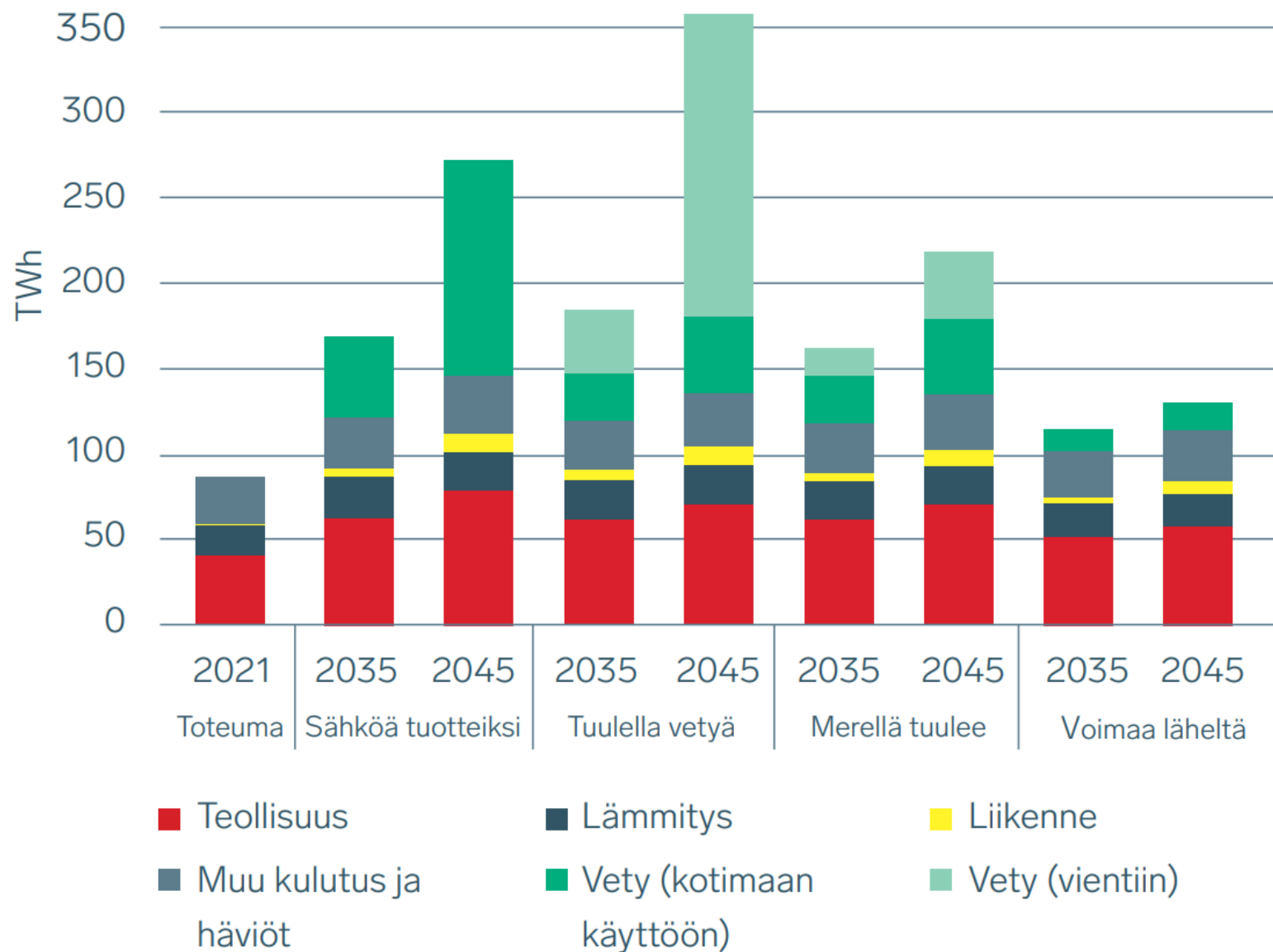
Merellä tuulee

- Sähkön kulutus kasvaa kun fossiilisia polttoaineita korvataan sähköllä ja sähköstä tehdyillä polttoaineilla.
- Merituulivoima hallitseva tuotantomuoto.
- Sähköntuotanto painottuu entistä vahvemmin länsirannikolle, mikä haastaa sähkön siirron länsirannikolta kulutuskeskittymiin.

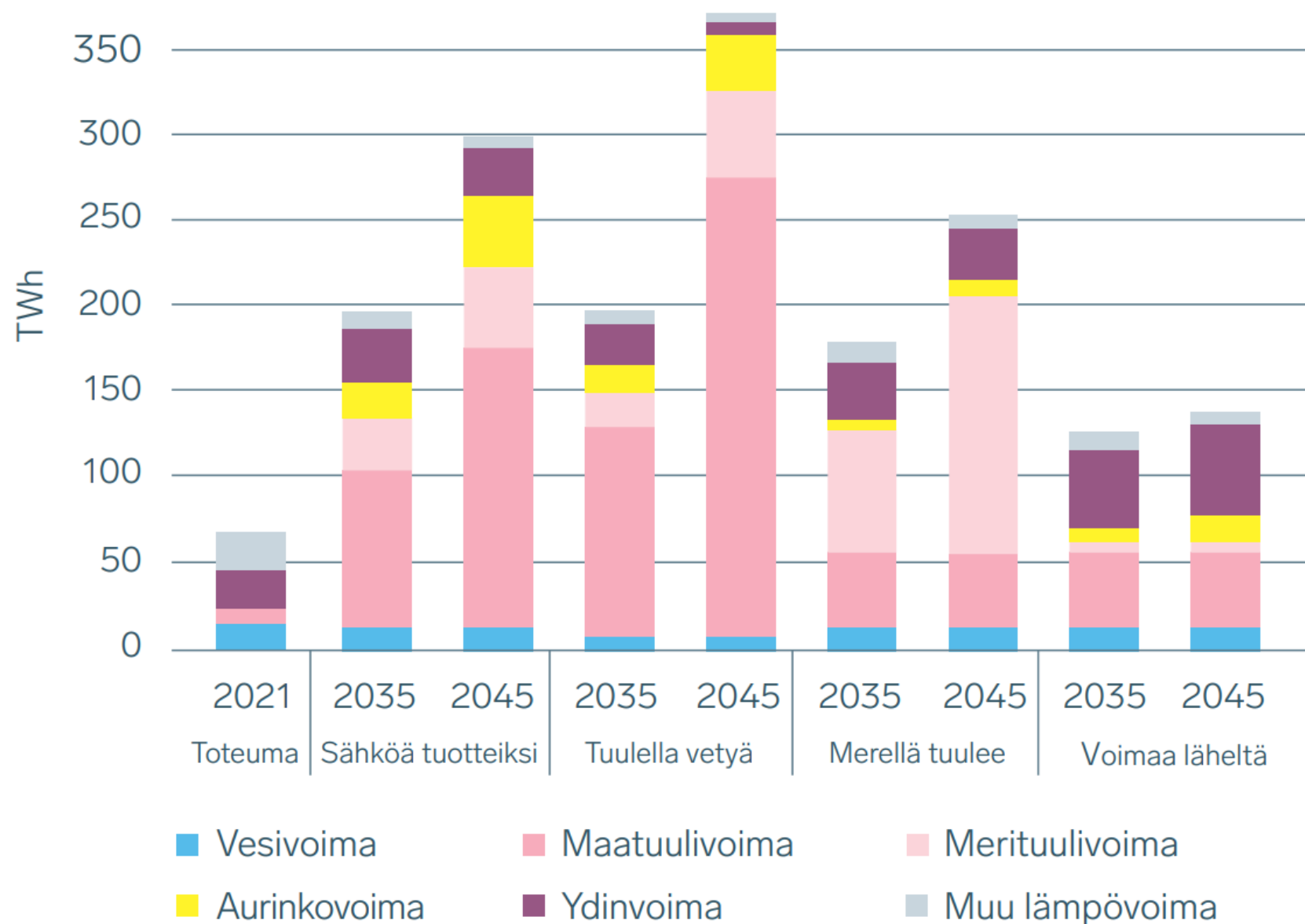
Voimaa läheltä

- Sähkön kulutus kasvaa, mutta maltillisemmin kuin muissa skenaarioissa.
- Sähköntuotannon kasvu muodostuu useista eri teknologioista, tuulivoimasta, aurinkovoimasta ja SMR-ydinvoimasta.
- Tuotannosta suhteellisesti suurempi osuus sijaitsee Etelä-Suomessa lähellä kulutuskeskittymiä.

Sähkönkulutus eri skenaarioissa



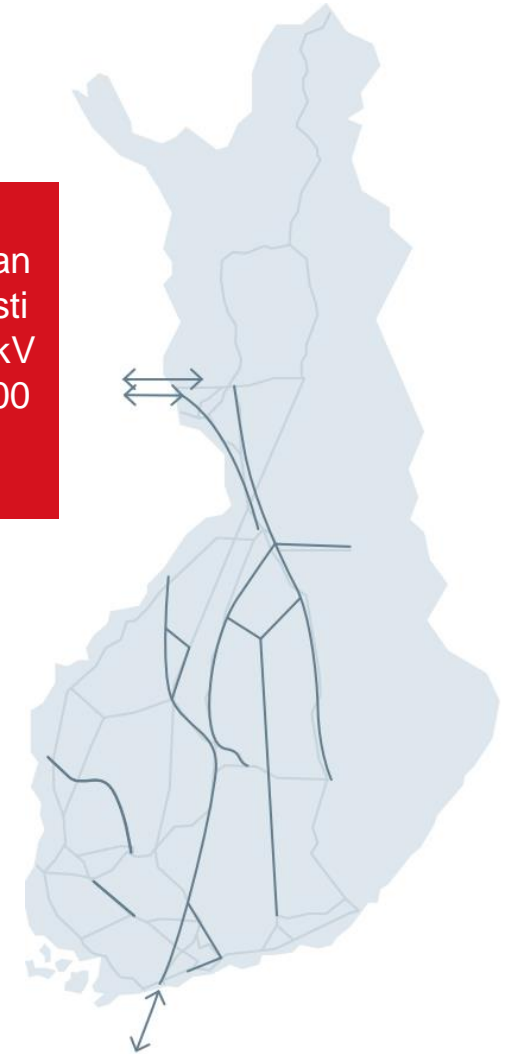
Sähköntuotanto eri skenaarioissa



Kantaverkkovahvistusten analysointi järjestelmävisiossa



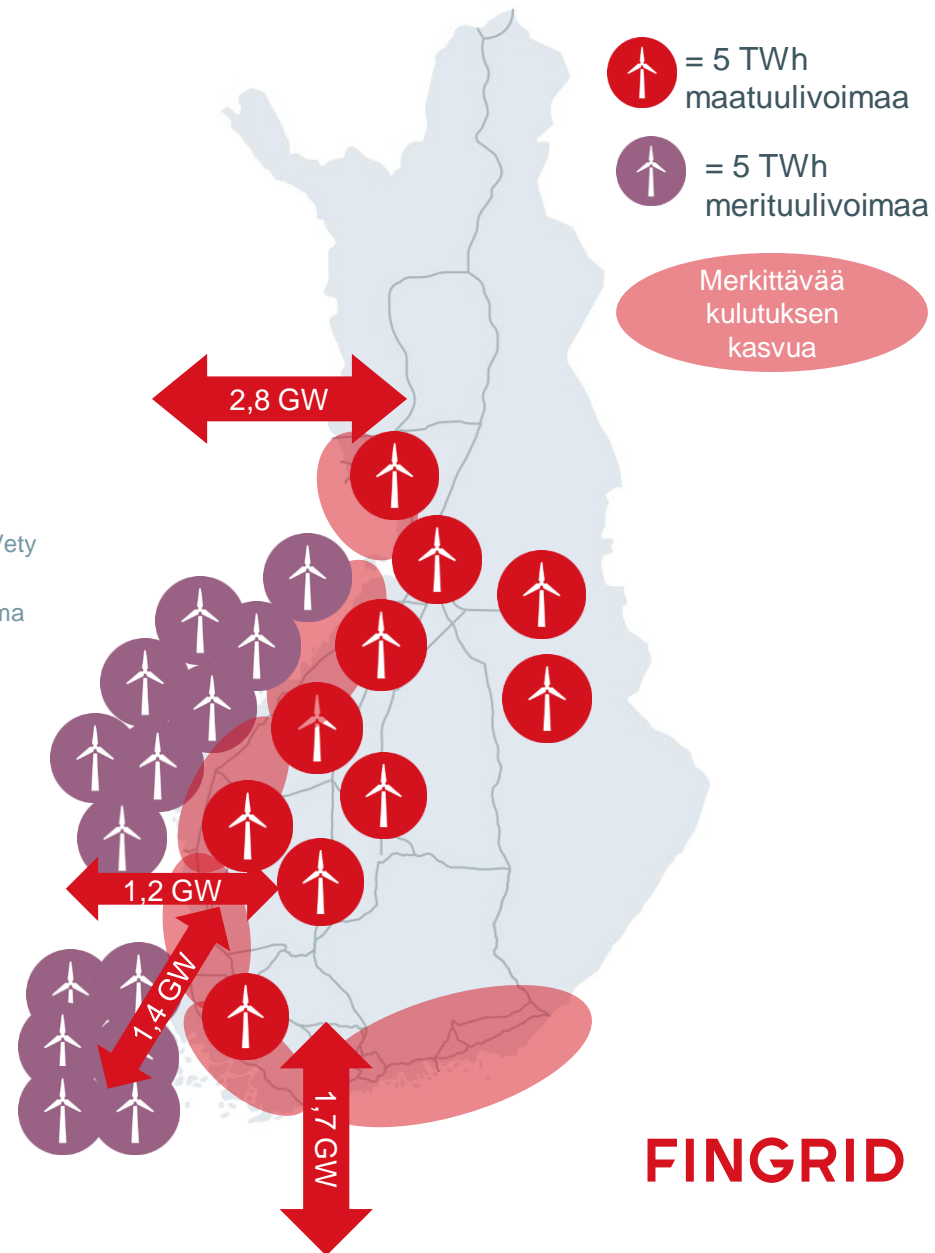
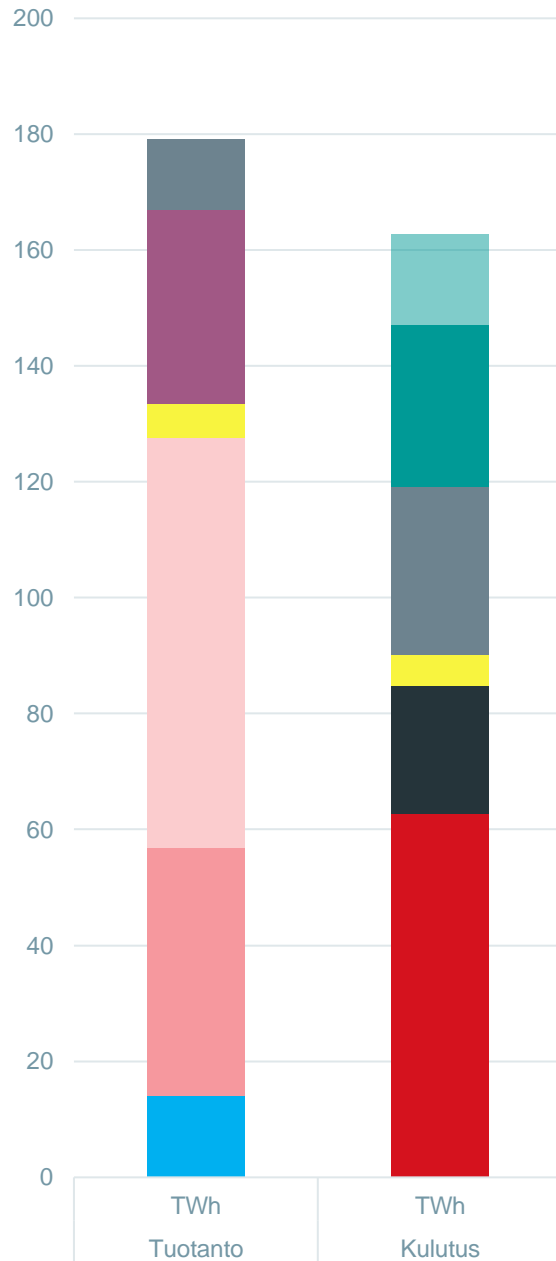
Nykyisen investointisuunnitelman (3 mrd. eur) mukaisesti Fingrid rakentaa 400 kV verkkoa yhteensä 3200 km seuraavan 10 vuoden aikana



Esimerkki: Merellä tuulee 2035



- Sähkön kulutus kasvaa kun fossiilisia polttoaineita korvataan sähköllä ja sähköstä tehdyillä polttoaineilla.
- Merituulivoima hallitseva tuotantomuoto.
- Sähkön tuotanto painottuu entistä vahvemmin länsirannikolle, mikä haastaa sähkön siirron länsirannikolta kulutuskeskittyymiin.



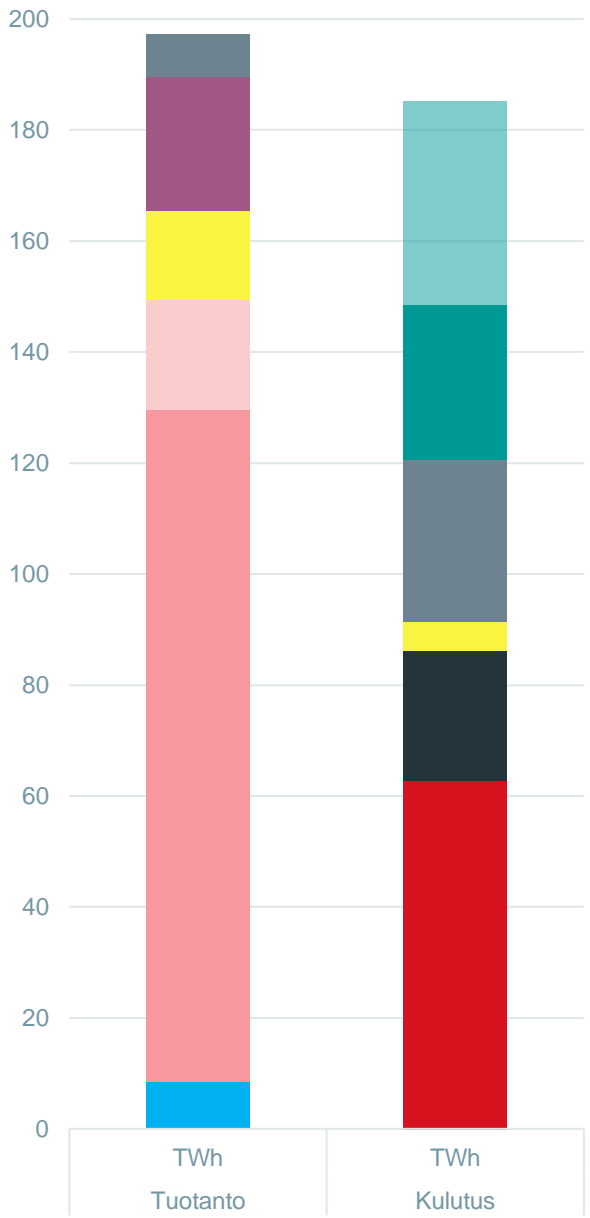
Esimerkki: Merellä tuulee siirrot ja verkonvahvistustarpeet



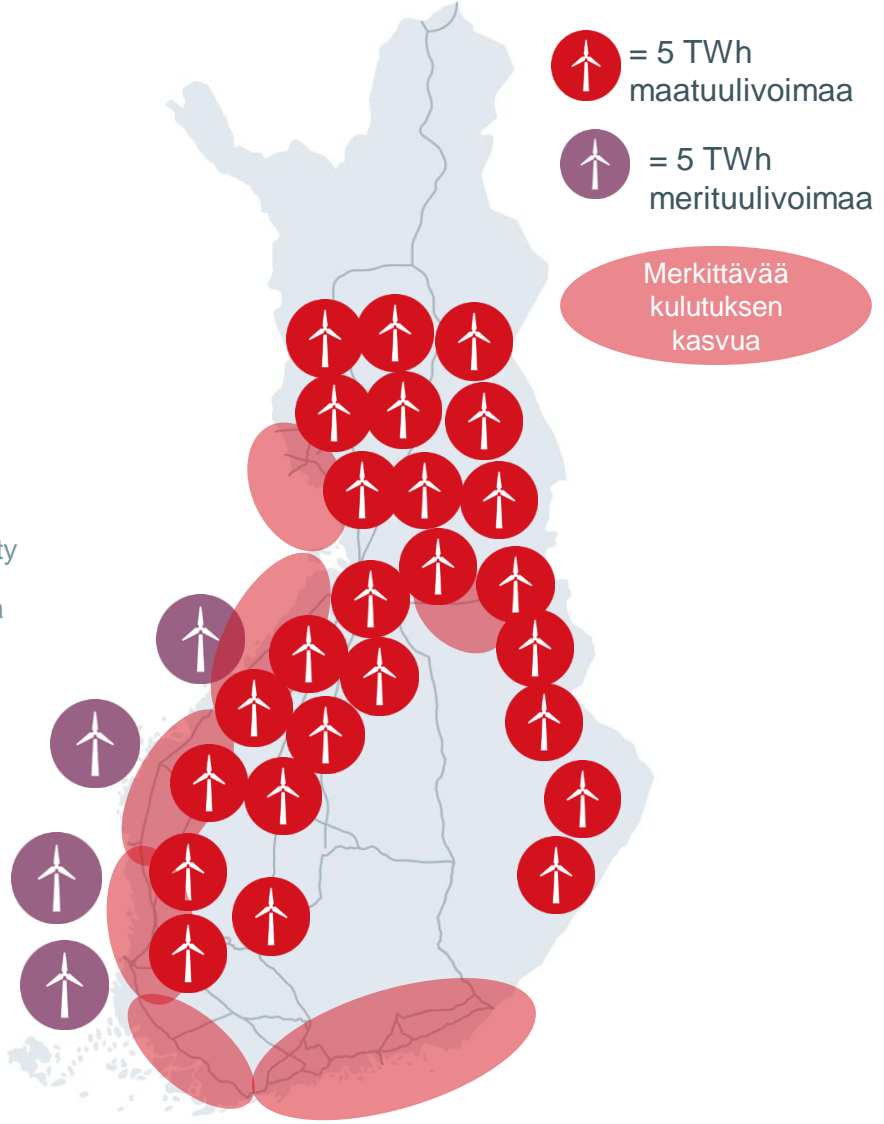
Tuulella vetyä 2035



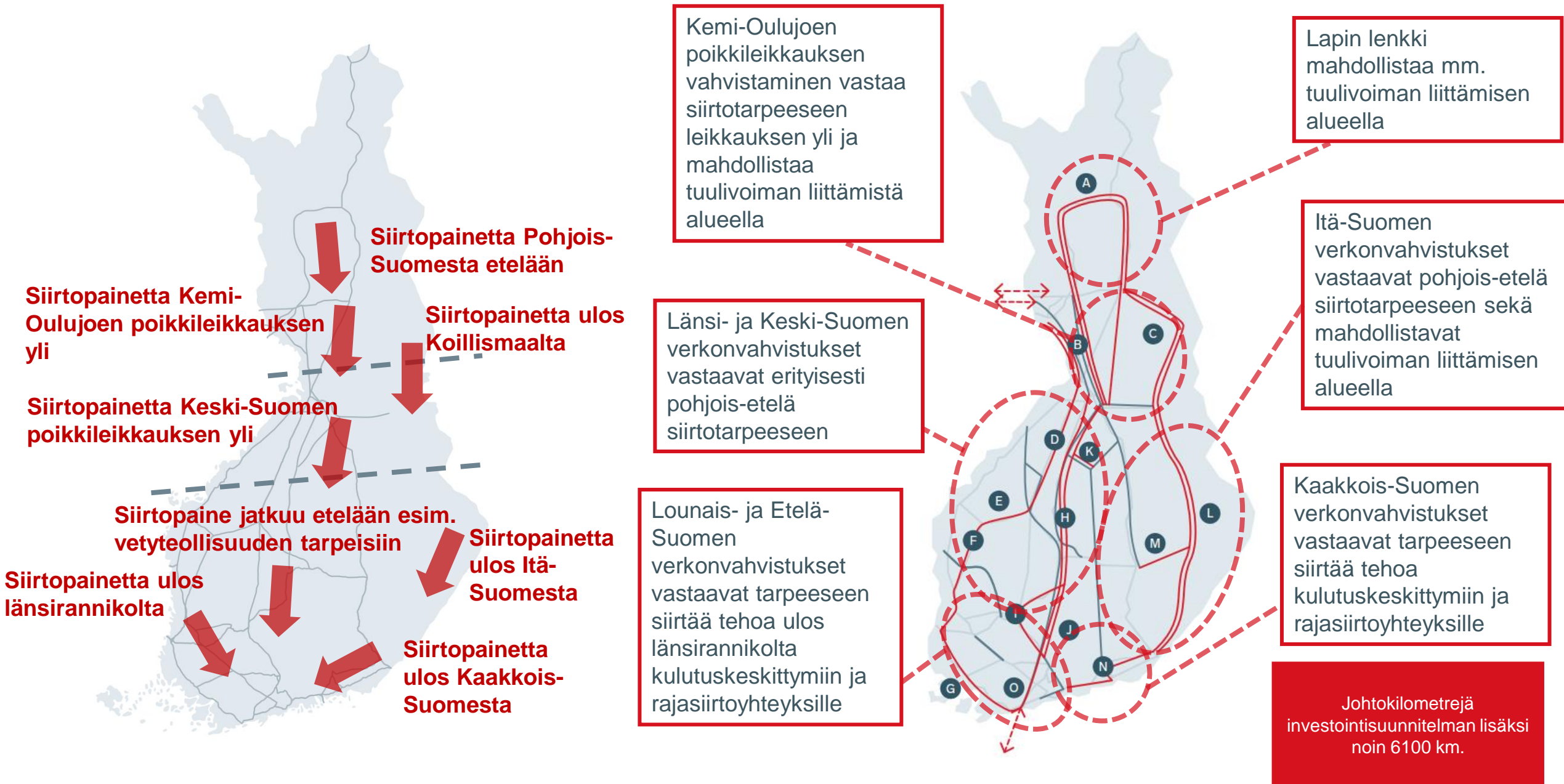
- Vedyn tuotanto kasvaa Suomessa, ja Suomi kehittyy vedyn viejämaaksi.
- Vetyjärjestelmä toimii energiavarastona, mikä mahdollistaa erittäin suuren maatuulivoiman tuotannon. Samalla perinteisen sähköntuotannon määrä supistuu voimakkaasti.
- Voimakkaasti muuttuva tuotanto- ja kulutus rakenne haastaa sähköjärjestelmän teknisten toimivuuden ja näkyy erittäin suurena pohjois-eteläsuuntaisena energiansiirtotarpeena.



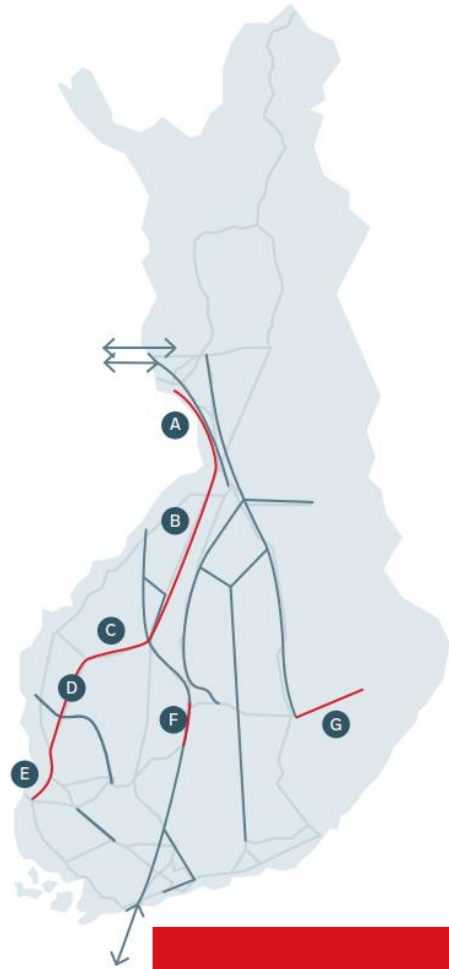
- Vety (vientiin)
- Vety (kotimaan kulutukseen)
- Muu kulutus ja häviöt
- Liikenne
- Lämmitys
- Teollisuus pl. Vety
- Muu lämpövoima
- Ydinvoima
- Aurinkovoima
- Merituulivoima
- Maatuulivoima
- Vesivoima



Tuulella vetyä siirrot ja verkonvahvistustarpeet

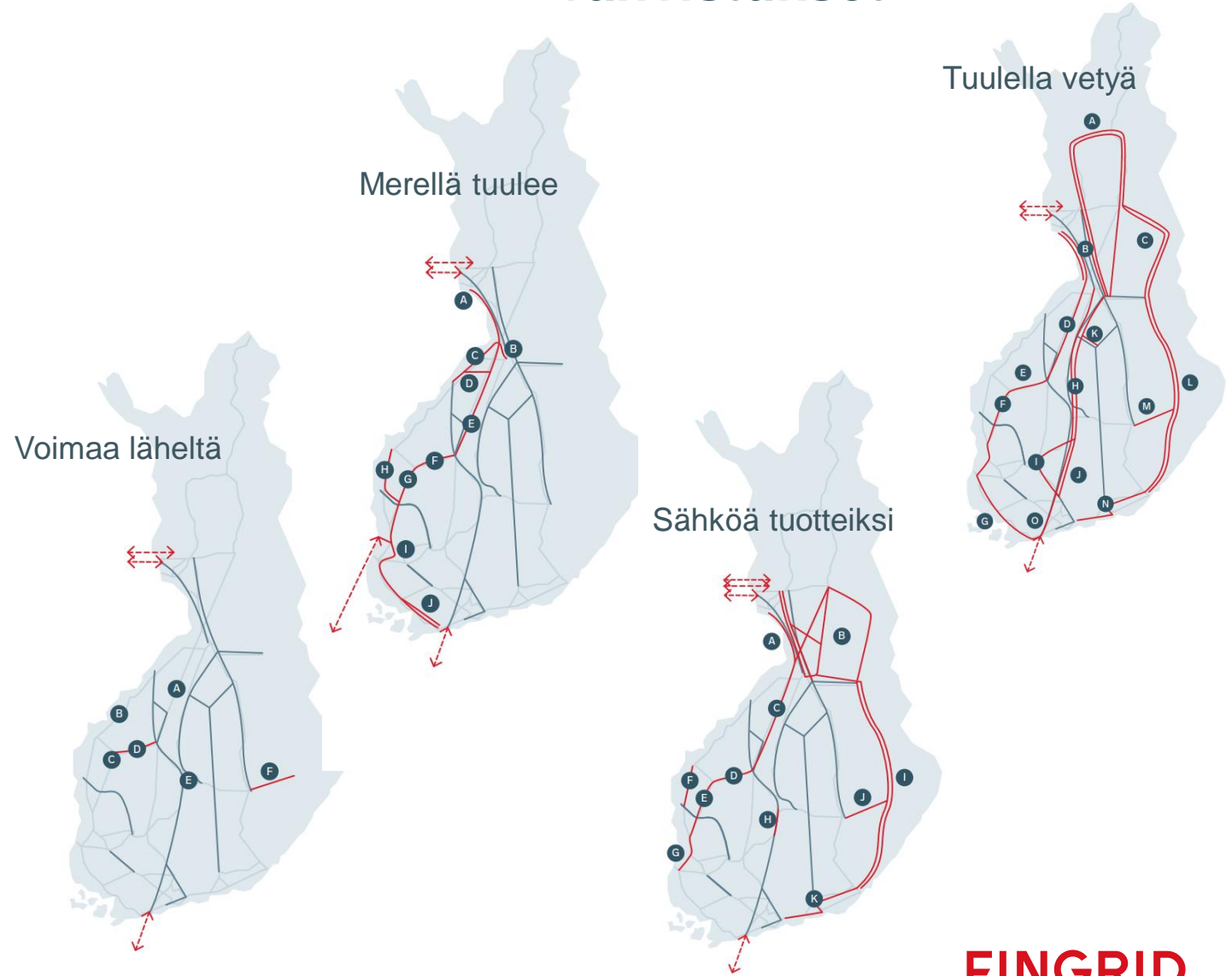


Useammassa skenaariossa havaitut verkonvahvistustarpeet

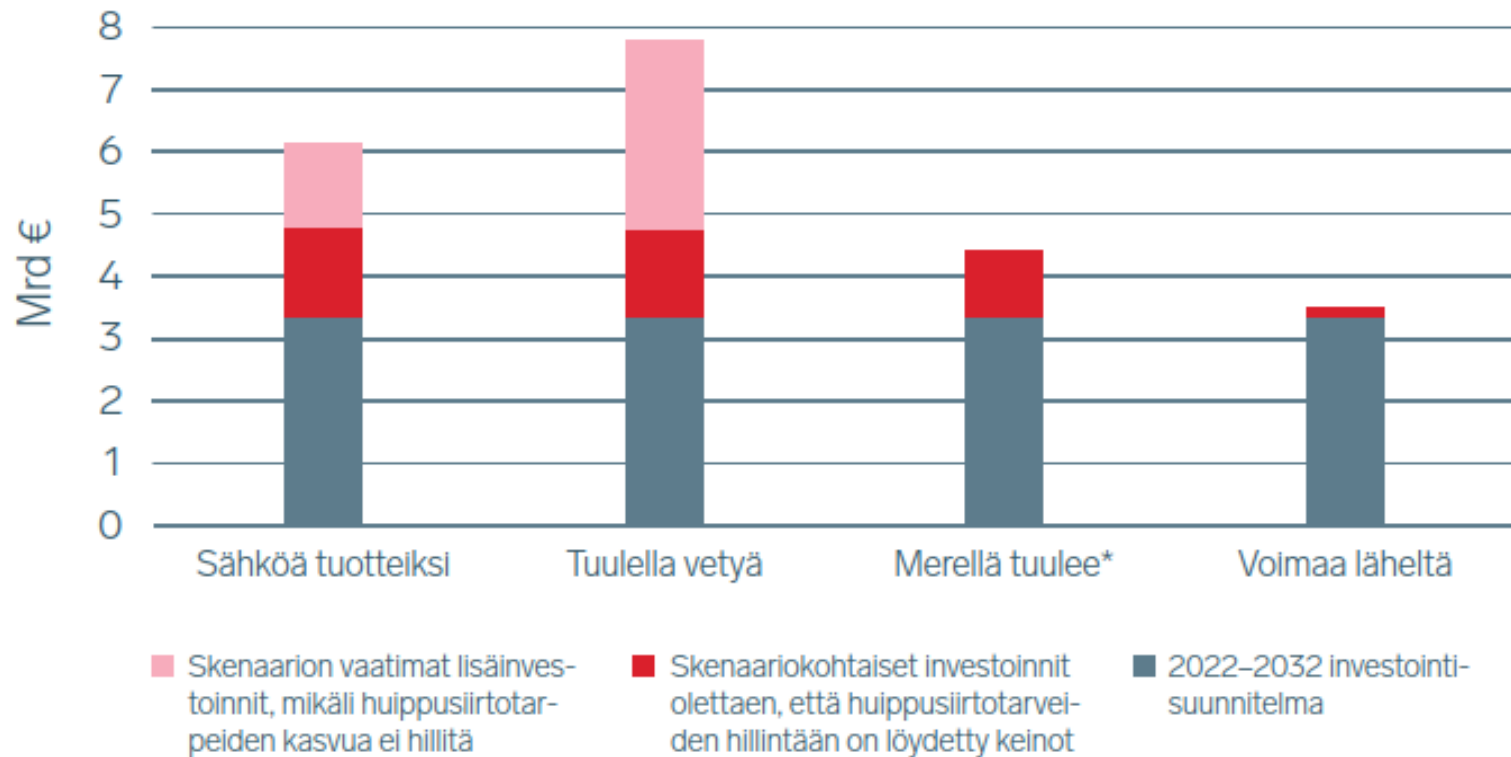


Johtokilometrejä investointisuunnitelman lisäksi hieman alle 1000 km.

Kehityskulusta riippuen tarvittavat vahvistukset



Sähköjärjestelmän kasvu lisää verkkoinvestointien tarvetta

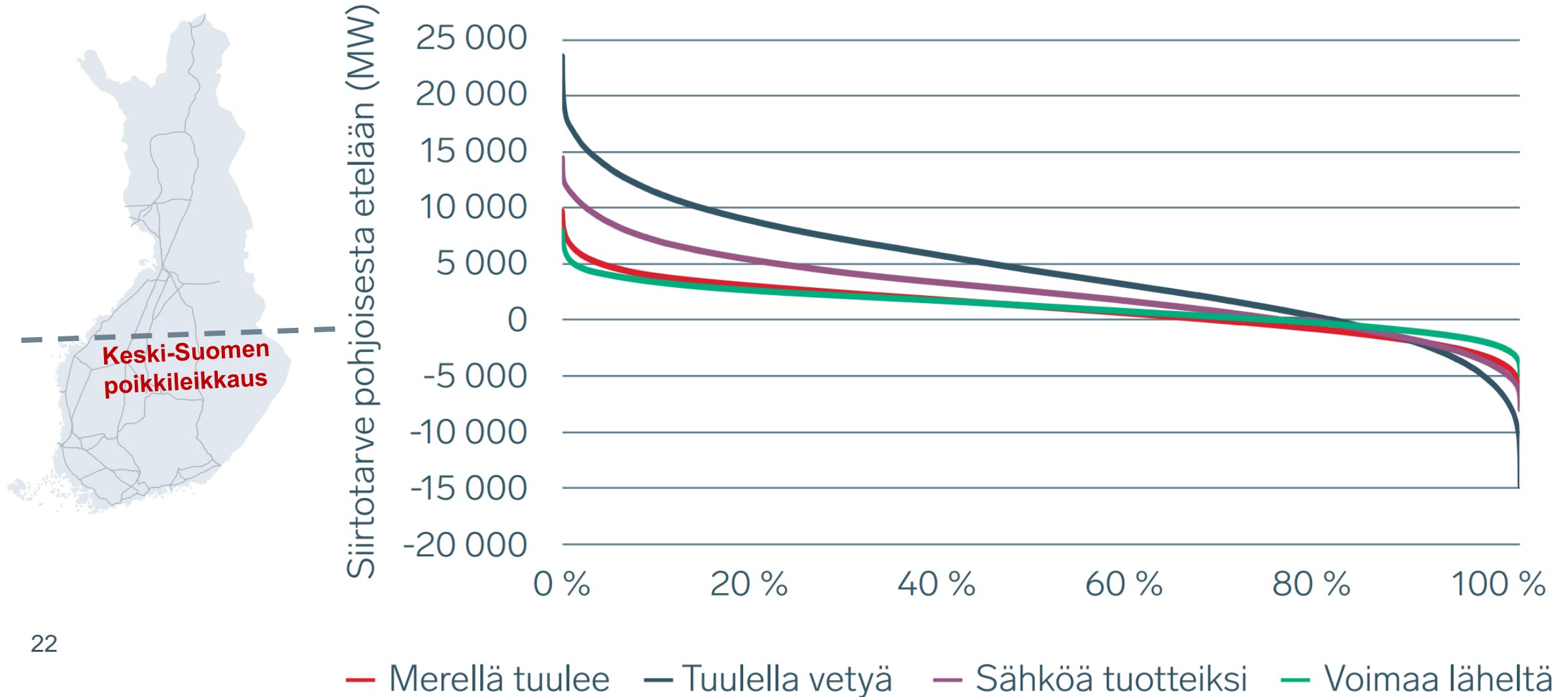


- Fingridin nykyinen investointisuunnitelma mahdollistaa jo merkittävän tuotannon ja kulutuksen kasvun seuraavan kymmenen vuoden aikana.
- Korkean kulutuksen skenaarioissa voimakas sähkön tuotannon ja kulutuksen kasvu haastaa kantaverkon liittämisen ja siirtokyvyn ennennäkemättömällä tavalla.
- Skenaarioiden kaikkia siirtotarpeita ei ole tarkoituksenmukaista ratkaista ainoastaan verkkoinvestoinnein – Tarvitaan myös muita ratkaisua.

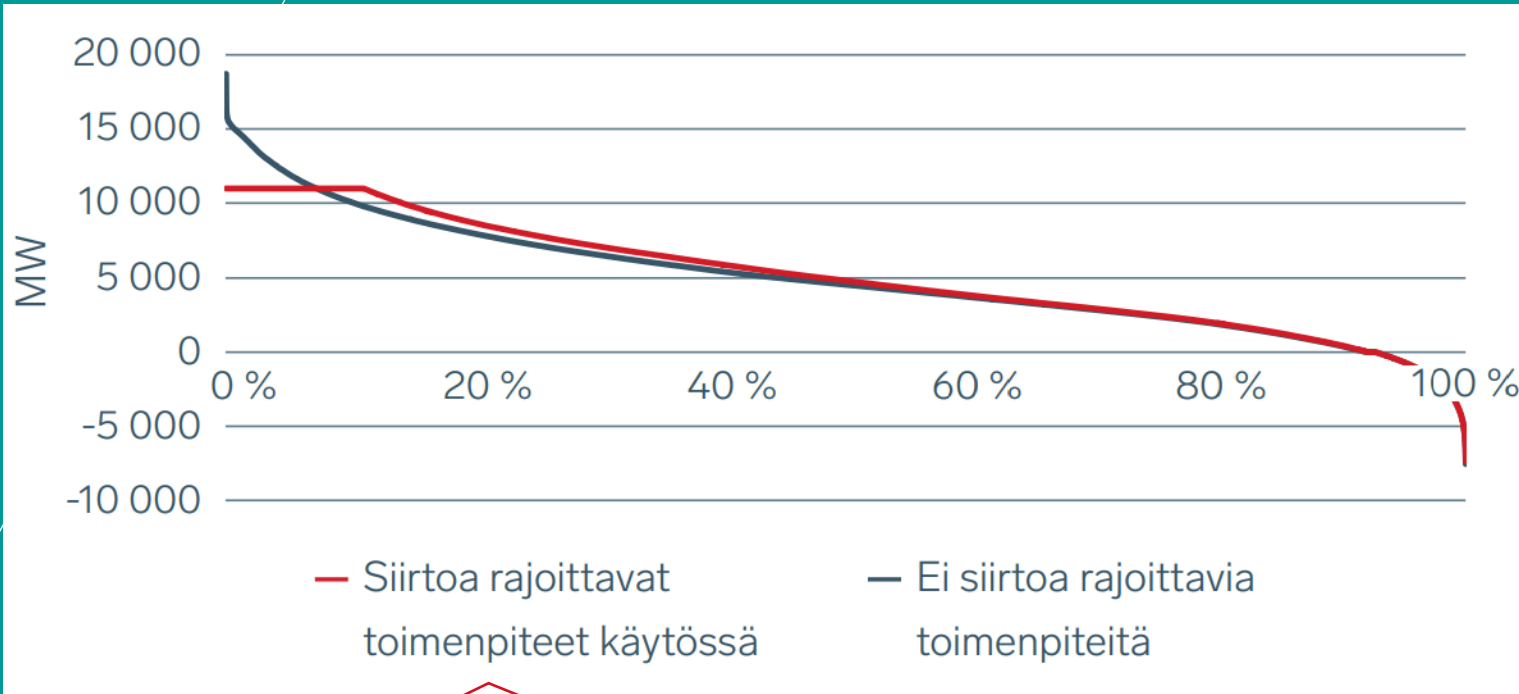
Arvio on suuntaa antava, eikä sisällä 110 kV investointeja vuoden 2032 jälkeiselle ajalle.

* Merellä tuulee skenaarion luvuissa ei ole huomioitu merelle rakennettavan verkon kustannuksia. Kantaverkon laajentaminen merelle kasvattaisi kustannuksia merkittävästi. Skenaariossa ei myöskään ole huomioitu skenaarioon oletetun Saksan merikaapeliyhteyden kustannuksia.

Siirtotarpeet Keski-Suomen poikkileikkauksen yli vuoden 2035 skenaarioissa, mikäli kaikki energia siirrettäisiin sähköinä



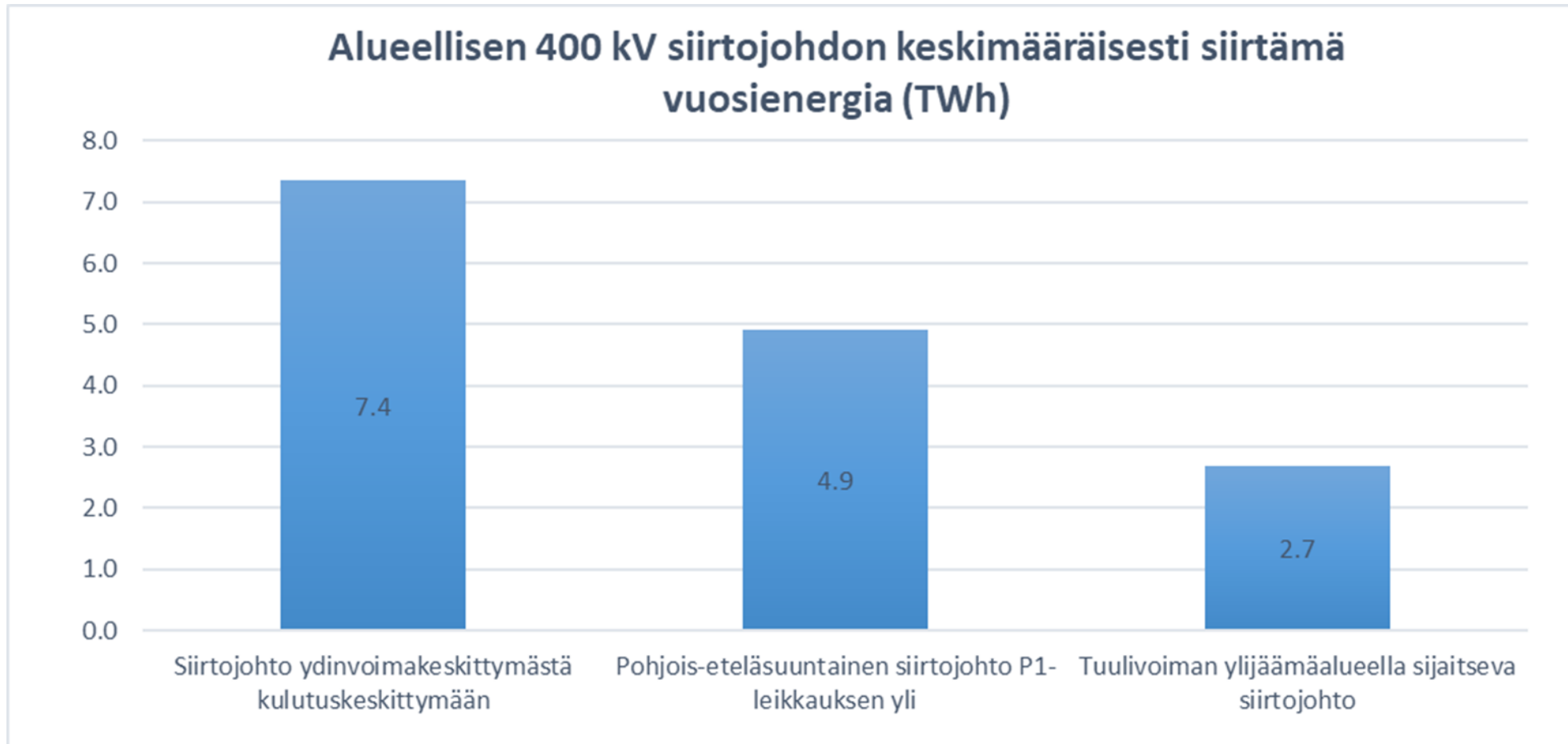
Huippusiirtojen leikkaaminen vähentäisi investointitarpeita huomattavasti



- Korkeaa ja huipukasta siirtotarvetta esiintyy monissa verkon osissa, ei vain pohjois-eteläsuunnassa.
- Tyypillinen huippusiirtotilanne:
 - Korkea sähköntuotanto
 - Matala hinta
 - Korkea sähkönkulutus ja vienti
 - Tuotanto ja kulutus kaukana toisistaan

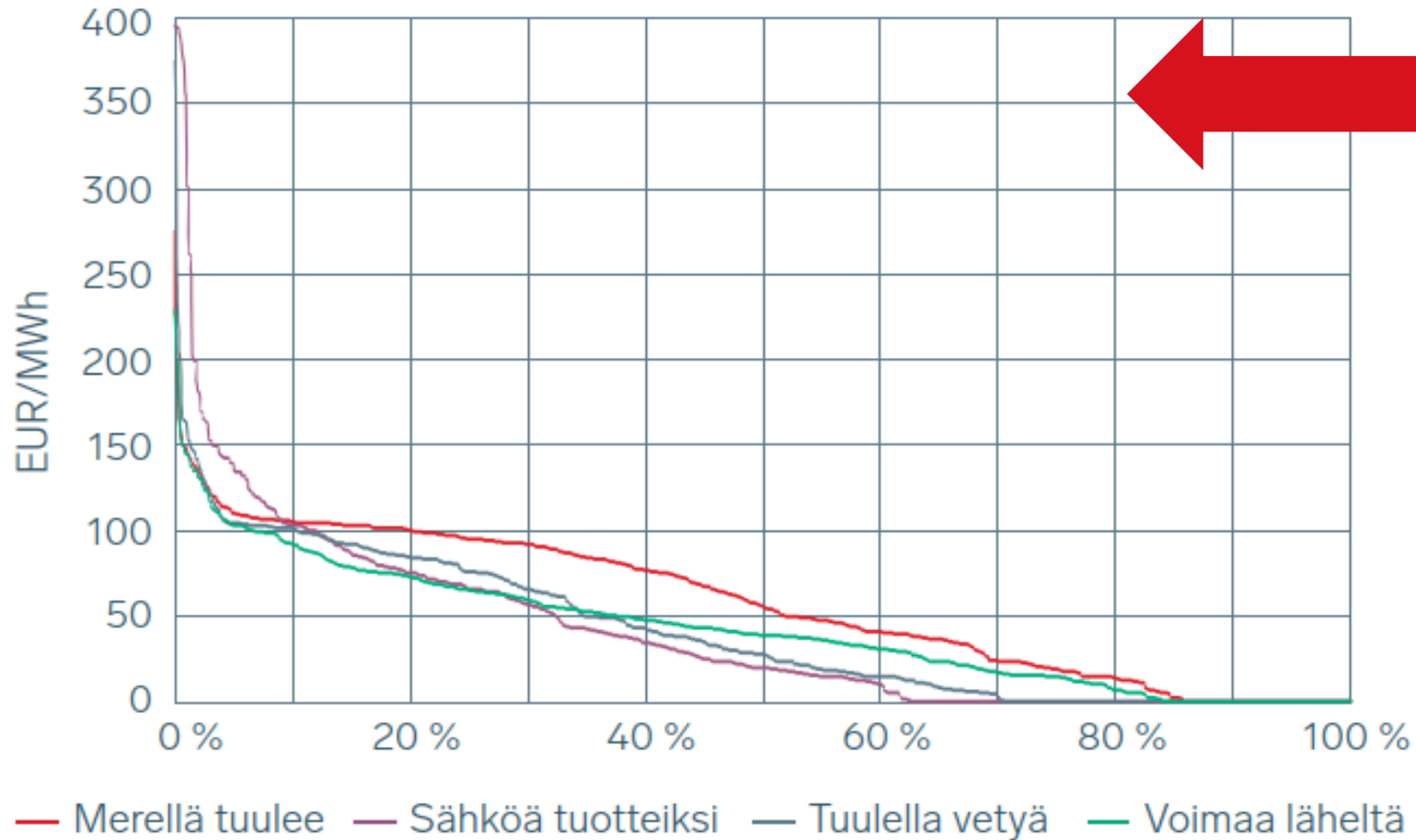
Tuulella vetyä –skenaariossa 11 GW maksimisiirtorajoitus Keski-Suomen poikkileikkauksessa rajoittaisi siirtoa n. 10% ajasta, mutta leikkaisi verkon rakentamistarvetta tuhansilla kilometreillä ja investointikustannuksia miljardeilla euroilla.

3-finch siirtojohtojen potentiaalinen siirtokyky silmukoidussa kantaverkossa on ~9 TWh vuodessa



Tuulivoimavaltaisella alueella kantaverkon käyttöaste (TWh/a) on noin kolmasosan ydinvoimavaltaisen alueen käyttöasteesta

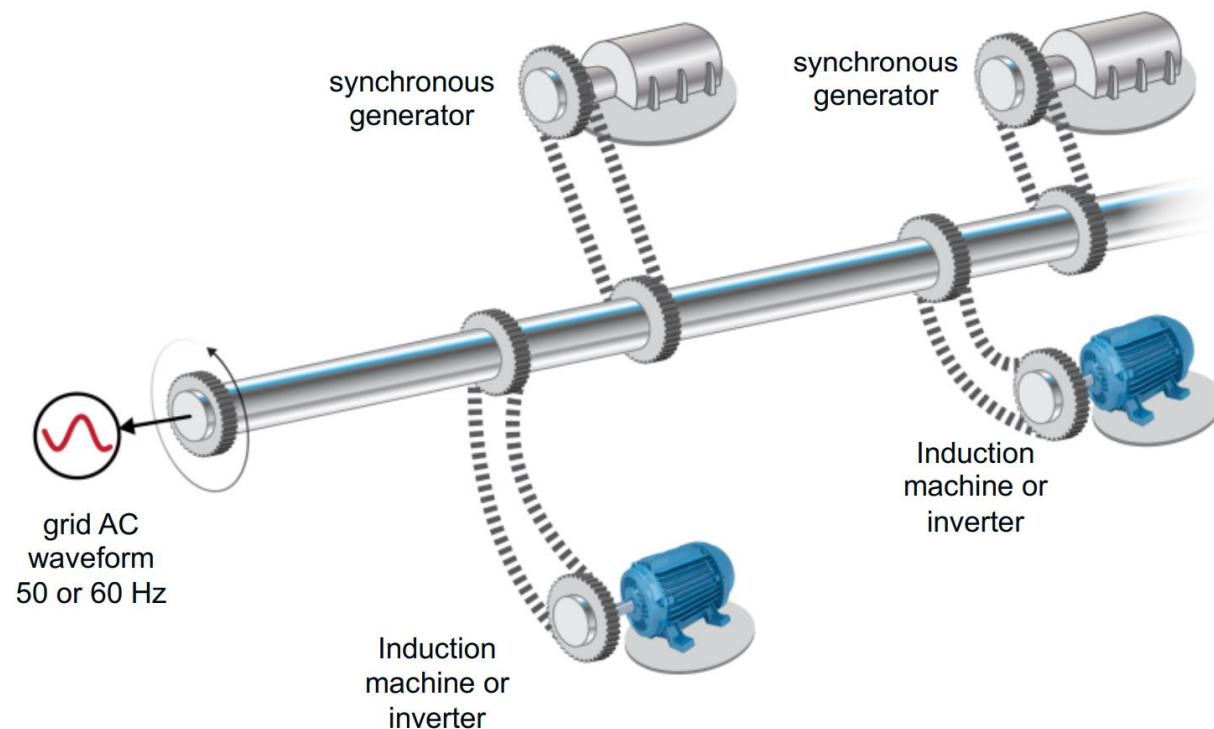
Hinnan vaihtelu luo kannusteita energian varastointiin ja joustavuuteen



Suomen aluehinnan (simuloitu marginaalikustannus) pysyvyys vuoden 2035 skenaarioissa (mediaani, reaalinen)

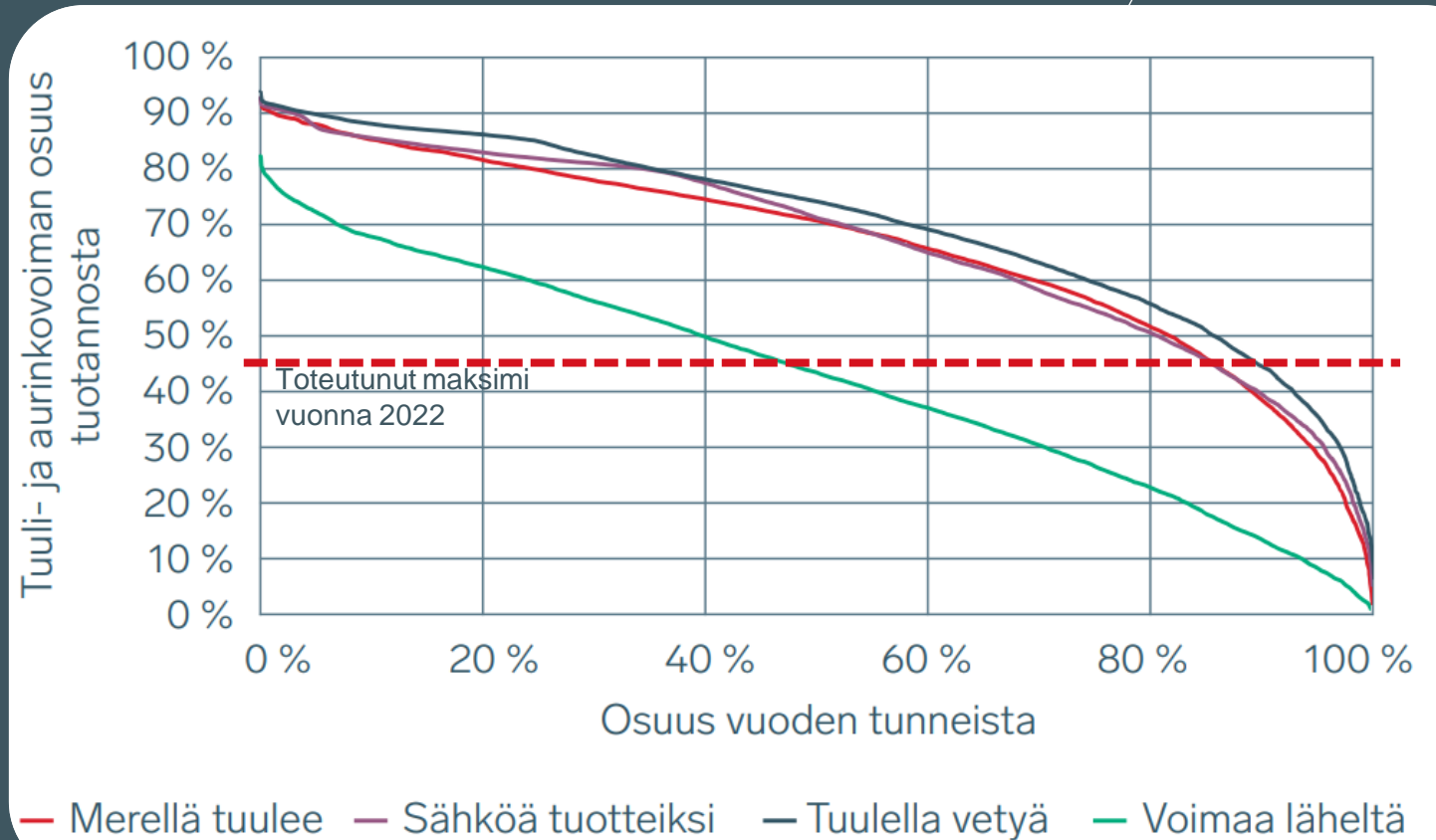
Vaikka markkinahinta vaihtelee skenaarioissa, vaihtelu sekä erityisesti korkeiden hintojen esiintyvyys on huomattavasti maltillisempaa kuin vuoden 2022 aikana!

Suuntaajaketty tuotanto vs. tahtikoneet

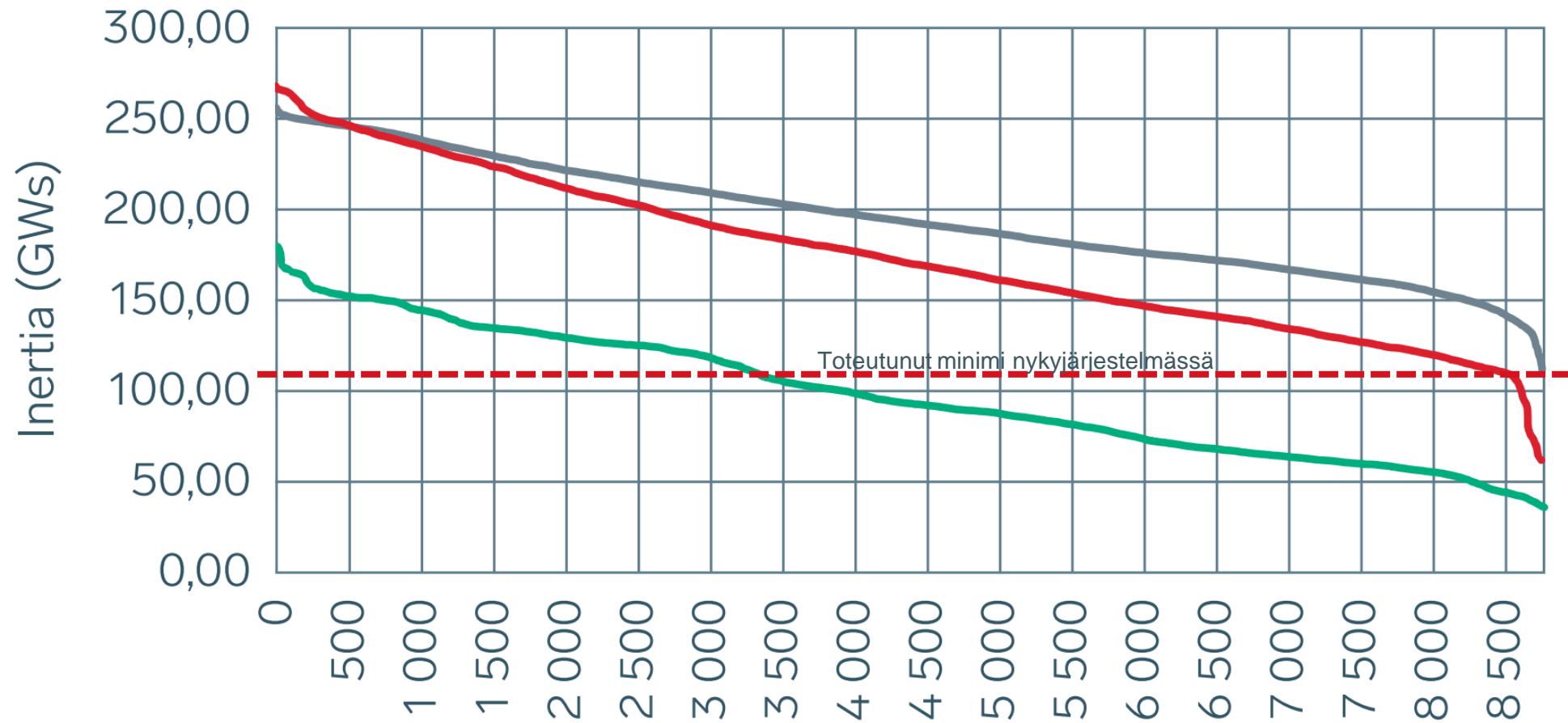


Suuntaajakytketyn tuotannon ja kulutuksen merkittävä lisääntyminen haastaa voimajärjestelmän teknistä toimintaa

- Suuntaajakytkettyjen resurssien lisääntyminen vaikuttaa useisiin eri sähköjärjestelmän teknisiin ominaisuuksiin.
- Järjestelmän hallitsemiseksi tarvitaan uusia ratkaisuja. Ratkaisu edellyttää:
 1. Uusia verkkoratkaisuja
 2. Markkinoiden hyödyntämistä järjestelmäpalveluissa
 3. Vaatimuksia verkkoon liittyjille



Pohjoismainen inertia Tuulella vetyä -skenaariossa



— 2021 — Tuulella vetyä 2035 — Tuulella vetyä 2045

Kiitos!

Järjestelmävision nettisivut:

[Sähköjärjestelmävisio 2023 – Fingrid](#)

Loppuwebinaarin tallenne:

[Fingridin Sähköjärjestelmävision
sidosryhmäwebinaari 22.3.2023 - YouTube](#)

Fingrid Oyj

Läkkisepäntie 21

00620 Helsinki

PL 530, 00101 Helsinki

Puh. 030 395 5000

Fax. 030 395 5196

www.fingrid.fi

FINGRID