

FINGRID

# Kantaverkon kehittämissuunnitelma 2026–2035

Joulukuu 2025



# Sisällys


**Visio kilpailukykyisestä Suomesta. . . . 3**

**Yhteenveto . . . . . 5**

**Johdanto . . . . . 6**

**Kantaverkon kehittämissuunnitelma. . . . . 8**

Mitä on tehty 2020–2024 . . . . . 8

Sähkön kulutus- ja tuotantoennusteet. . . 9

Kantaverkon siirtokyvyn kehittäminen . .11

Kemi-Oulujoen leikkaus. . . . . 15

Keski-Suomen leikkaus . . . . . 16

Länsi-Suomen leikkaus . . . . . 17

Lounaisleikkaus . . . . . 18

Muut kantaverkon vahvistukset . . . . . 19

Etelä-Suomi. . . . . 20

Itä-Suomi. . . . . 24

Länsi-Suomi . . . . . 27

Pohjois-Suomi. . . . . 32

Verkon siirtokykyä ja vakautta edistävät ratkaisut . . . . . 36

Kunnonhallinta . . . . . 40

Asiakkaiden liittäminen. . . . . 42

Rajasiirtokapasiteetti. . . . . 45

Nykyiset rajayhteydet . . . . . 45

Rajasiirtokapasiteetin kehittäminen. . 46

Kooste kantaverkon kehittämissuunnitelmasta . . . . . 48

**Kantaverkon kehittäminen – prosessikuvaus . . . . . .50**

Kantaverkon kehittämisperiaatteet . . . 52

Kantaverkon kehittämisprosessi . . . . . 54

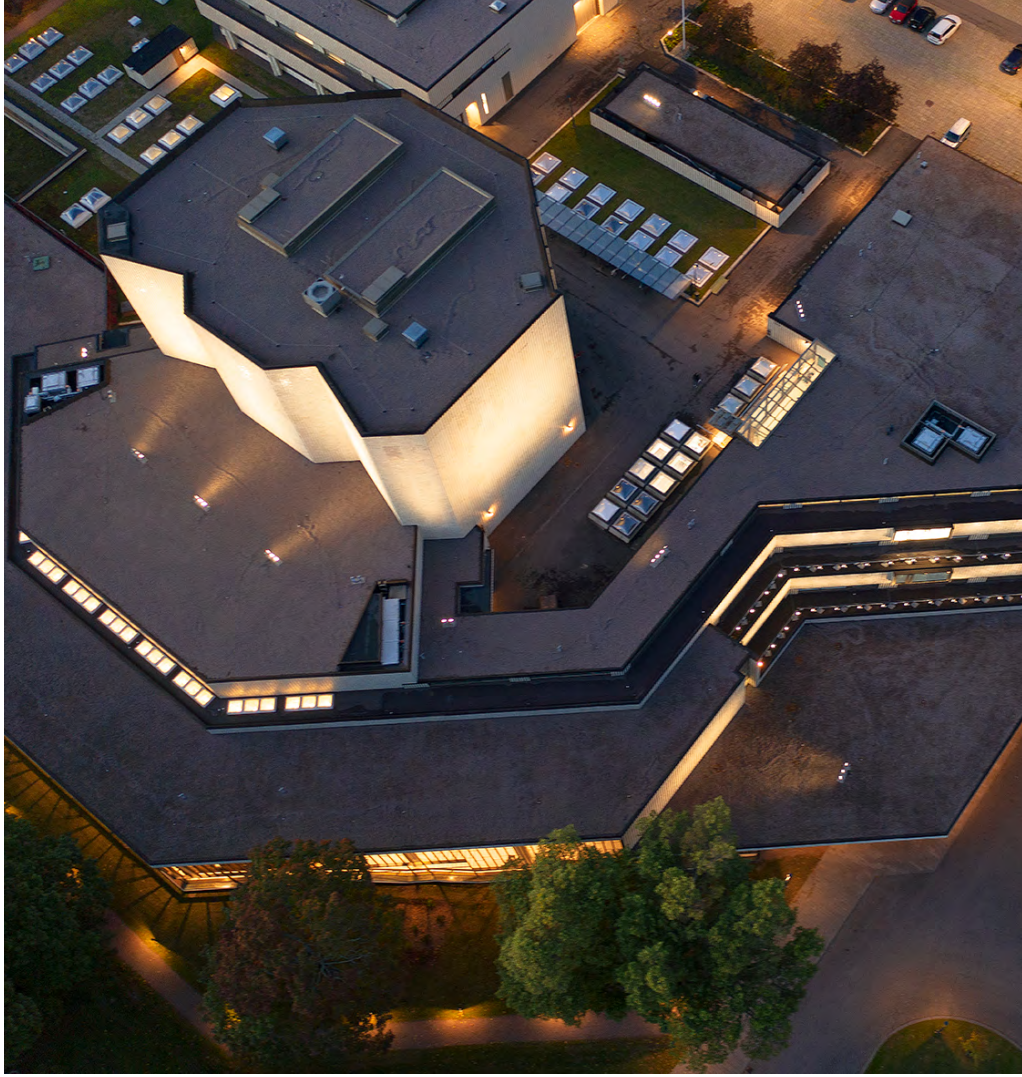
Kantaverkon kehittämisen kansainvälinen yhteistyö . . . . . 54

Kansalliset verkon kehittämismenetelmät . . . . . 55

# Visio kilpailukykyisestä Suomesta

Suomen houkuttelevuus investointikohteena nojaa osaltaan puhtaaseen, varmaan ja edulliseen sähköön. Suomella on näiden tekijöiden suhteen hyvät edellytykset kilpailla investoinneista. Koska sähkömarkkinoihin pätevät normaalit kysynnän ja tarjonnan lait, ovat sähkön tuotannon ja kulutuksen kasvu sidoksissa toisiinsa. Suomessa tämäkään ei ole ongelma, sillä meillä on mahdollisuus lisätä merkittävästi puhtaan sähkön tuotantoa teollisuuden tarpeisiin. Samalla tarvitaan luotettavat ja siirtokykyiset sähköverkot yhdistämään kasvava sähkön tuotanto ja kulutus. Kantaverkon tulevien siirtotarpeiden ennustaminen on entistä haastavampaa tilanteessa, jossa Fingridille on tehty tuhansia sähkön tuotannon ja kulutuksen liityntäkyselyitä kokonaisteholtaan luokkaa 500 000 megawattia. Samalla sähköverkon liityntäkapasiteetista ovat nousseet kilpailemaan tuotanto- ja kulutushankkeita nopeammin toteutettavissa olevat sähkövarastot, joiden liityntäkyselyjen määrä on kasvanut jo runsaaseen 30 000 megawattiin. On selvää, että liityntäkyselyistä vain osa toteutuu investointeina, mutta mitkä ja missä järjestyksessä?

*Tarvitaan luotettavat ja siirtokykyiset sähköverkot yhdistämään kasvava sähkön tuotanto ja kulutus.*



Kantaverkon rakentaminen luvitusprosesseineen vie aikansa, jolloin verkkoa tulisi pystyä ennakoiden kehittämään jo ennen yksittäisten liityntätarpeiden realisoitumista. Tätä varten Fingrid rakentaa ennusteita, joihin perustamme verkon suunnittelun. Tuloksena on verkon kehittämissuunnitelma, johon kuitenkin sisältyy yhä vaihtoehtoja. Kaikkia suunnitelmassa esitettyjä hankkeita ei välttämättä koskaan toteuteta tai sitten niiden sijasta toteutetaan muita hankkeita. Kantaverkon investoinneissa onkin syytä säilyttää joustavuus muuttuvia asiakastarpeita varten. Tämä vaatii samalla riittäviä taloudellisia resursseja ja toimivia luvitusprosesseja. Varaudumme asiakastarpeiden muutoksiin verkon suunnittelun, kaavoituksen ja luvituksen avulla. Näin olemme tehneet mm. Itä-Suomessa, jossa vielä odottelemme suurten asiakashankkeiden konkretisoitumista. Samalla meillä tulee olla riittävät taloudelliset resurssit ja toimivat luvitusprosessit.

*Fingridin visiona on puhdas, varma ja Euroopan kilpailukykyisin sähköjärjestelmä.*

Joustavuudesta huolimatta on kuitenkin määrätietoisesti ja ennakoiden kehitettävä verkon siirtokykyä sen keskeisissä osissa, kuten Suomen ja Ruotsin rajalla sekä Pohjois- ja Etelä-Suomen välillä, jotta niistä ei pääse muodostumaan alueellista liityntäkapasiteettia rajoittavaa tekijää. Kaikkiin nopeasti syntyviin muutoksiin emme aina ehdi vastata, vaan liityntäkapasiteetista saattaa syntyä ajoittaista niukkuutta. Tästä esimerkkinä Etelä-Suomen murros, jossa sähköä ja lämpöä tuottavat voimalaitokset korvataan kiihdytetyllä aikataululla lämpöä tuottavilla sähkökattiloilla. Tämän kasvattamia siirtotarpeita lisää samalla sähkön tuonnin katkaiseminen Venäjältä.

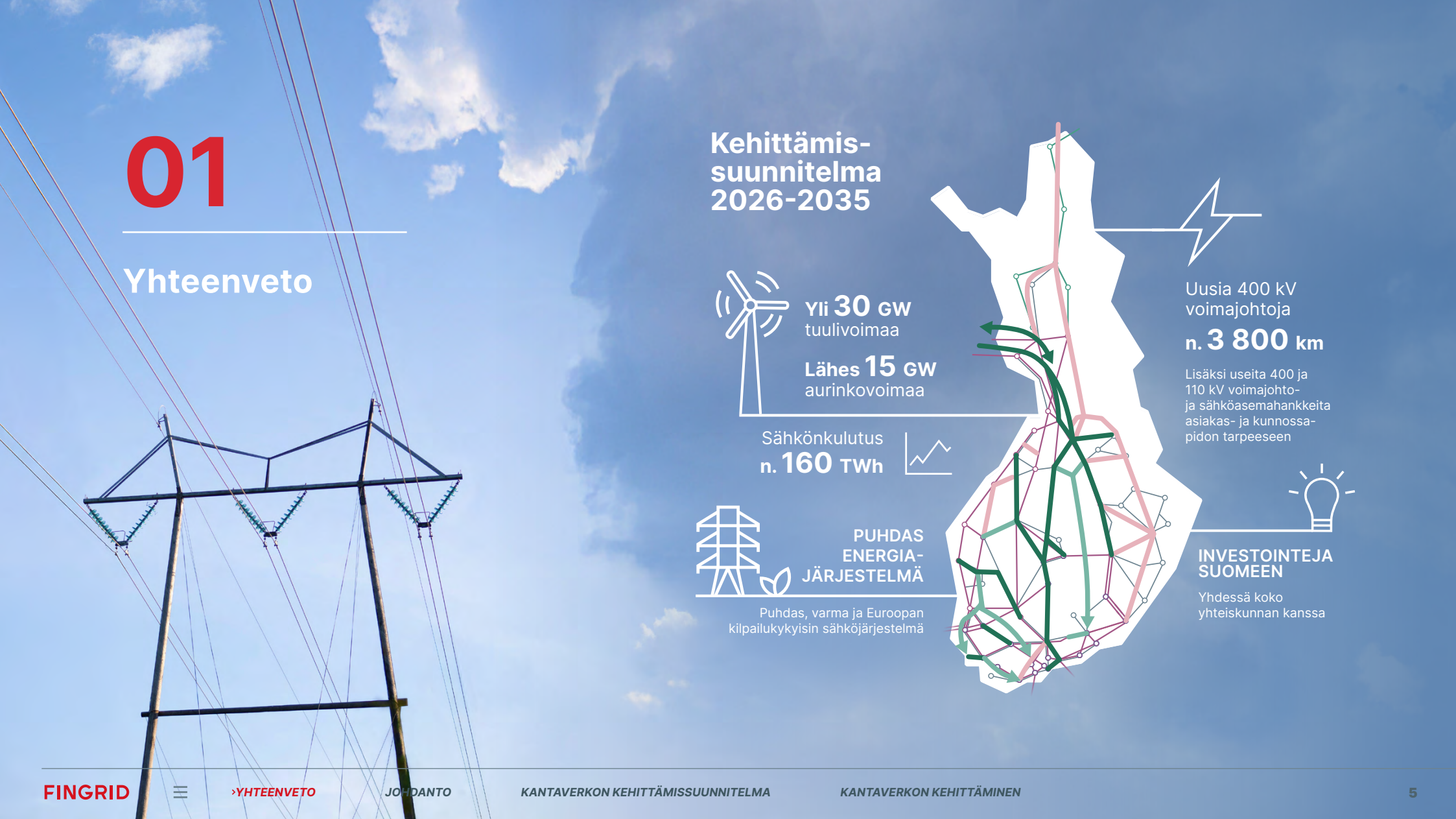
Fingridin visiona on puhdas, varma ja Euroopan kilpailukykyisin sähköjärjestelmä. Pyrimme takaamaan asiakkaillemme kasvun mahdollisuudet kantaverkkoa kehittämällä. Parhaillaan rakennammekin kantaverkkoa enemmän kuin koskaan. Tämä ei kuitenkaan riitä. Uusien voimajohtojen ja sähköasemien lisäksi tarvitaan enenevissä määrin joustavia sekä sähköjärjestelmää ja sen kehittymistä tukevia ratkaisuja myös asiakasliityntöjen puolella. Tällaisia ovat esimerkiksi ratkaisut, joilla sähkön tuotanto ja kulutus saadaan paremmin vastaamaan toisiaan sekä ajallisesti että maantieteellisesti. On syytä kehittää myös liityntöihin kohdistuvia ehtoja, jotta sähköjärjestelmän toimintavarmuus ja tehokkuus voidaan varmistaa järjestelmän kasvaessa ja muuttuessa. Fingrid haluaakin yhteistyössä viranomaisten ja asiakkaidensa kanssa jatkaa uusien, kansantaloudellisesti tehokkaiden verkko- ja liityntäratkaisujen kehittämistä, jotta Suomi pärjäisi kilpailussa puhtaan energian investoinneista.



*Jussi Jyrinsalo, johtaja, asiakkaat ja kantaverkkosuunnittelu*

# 01

## Yhteenveto



# 02

## Johdanto

Puhdas, edullinen ja toimitusvarma sähkö on Suomen kilpailukyvyn kannalta keskeinen tekijä ja hyvinvoinnin lähde. Teollisuuden investointien myötä sähkön kulutuksen arvioidaan kasvavan merkittävästi, erityisesti 2020-luvun loppupuolelta alkaen. Tulevaisuudessa sähköintensiivisen teollisuuden toimintaympäristöön vaikuttavat ratkaisevasti puhtaan sähkön hinta ja saatavuus. Näiden lisäksi myös sähkön siirron ja jakelun korkea toimitusvarmuus sekä kantaverkon siirto- ja liittämiskyky ovat olennaisia edellytyksiä sekä sähkönkulutuksen että -tuotannon kasvulle.

Suomella on erinomaiset edellytykset menestyä kilpailussa teollisista investoinneista korkean maa- ja merituulipotentiaalinsa vuoksi. Lisäksi pohjoismainen vesivoima, ydinvoima ja bioenergia ovat resursseja, joita kaikilla Suomen kilpailijamailla ei ole käytössä. Myös aurinkovoiman potentiaali Suomessa on merkittävä käytettävissä olevan maapinta-alan osalta. Kantaverkolla on merkittävä rooli näihin kilpailuetuihin pohjautuvan kasvun mahdollistamisessa.

Fingridin tavoitteena on turvata asiakkaille ja yhteiskunnalle kustannustehokkaasti varma sähkö sekä kehittää tulevaisuuden puhdasta ja markkinaehtoista sähköjärjestelmää nopeasti muuttuvassa toimintaympäristössä. Suunnittelemalla, rakentamalla ja ylläpitämällä varmasti





*Puhdas, edullinen ja toimitusvarma sähkö on Suomen kilpailukyvyn kannalta keskeinen tekijä ja hyvinvoinnin lähde.*

toimivaa kantaverkkoa sekä kehittämällä asiakasratkaisuja ja sähkömarkkinoita, voidaan luoda alustaa tulevaisuuden puhtaalle sähköjärjestelmälle ja hillitä ilmastonmuutosta. Kehittämissuunnitelman tavoitteena on mahdollistaa ilmastotavoitteiden ja hyvinvointia luovien puhdasta sähköä hyödyntävien investointien toteutuminen.

Kantaverkon kehittämissuunnitelman laatimisesta säädetään sähkömarkkinalaissa, ja se päivitetään kahden vuoden välein. Tässä kehittämissuunnitelmassa esitetään seuraavalle kymmenelle vuodelle Fingridin keskeiset kantaverkon kehittämistoimenpiteet, joilla täytetään kantaverkon kehittämisvelvollisuus ja kantaverkkotoiminnan laatuvaatimukset esitetyn ennusteen toteutuessa. Kehittämissuunnitelma perustuu sähkönsiirtoasiakkaiden ja muiden eurooppalaisten kantaverkkoyhtiöiden kanssa yhteistyössä tehtäviin verkkosuunnitelmiin, ja on yhteneväinen Itämeren alueen kehittämissuunnitelman ja koko EU:n alueen kattavan kymmenvuotisen verkkosuunnitelman (Ten-Year Network Development Plan, TYNDP) kanssa.

Esitetyt verkon kehittämistarpeet perustuvat viimeisimpiin ennusteisiin ja erilaisiin oletuksiin tulevaisuudesta. Ajan myötä asiakastarpeet ja ennusteet tarkentuvat, jolloin myös verkonvahvistuksien toteutusta ja aikataulua voi olla tarvetta muuttaa. Verkon kehitystarpeiden lisäksi tässä kehittämissuunnitelmassa esitellään Fingridin kantaverkon kehittämisprosessia. Kehittämissuunnitelman liitteenä ovat suunnitelman pohjana käytetyt ennusteet sähkön kulutuksen ja tuotannon kehittymisestä.

# 03

# Kantaverkon kehittämissuunnitelma

## Mitä on tehty 2020–2024

| | |
|---|---|
| **400 kV voimajohtoja** | **n. 500 km** |
| **Sähköasemahanketta** | **n. 100 kpl** |
| **Investoinnit kantaverkkoon** | **n. 1,5 mrd€** |

**Vuonna 2025 rakenteilla**
n. 900 km 400 kV voimajohtoja ja n. 70 kpl sähköasemahanketta

- ✓ Laajempi ja puhtaampi tuotantopohja
- ✓ Enemmän kotimaista tuotantoa
- ✓ Tuonti Venäjältä korvattu
- ✓ Lämmityksen sähköistyminen kaupungeissa
- ✓ Sähkön hinta samalla tasolla kuin vuonna 2019 (moni muu EU-maa kokenut 100 % kasvua)

| **Suomen sähköjärjestelmän suuri muutos viimeisen viiden vuoden aikana** | **2019** | **2024** | **Suunta** |
|---|---|---|---|
| Sähköntuotannon $CO_2$-päästöt ($gCO_2/kWh$) | 83 | 24 | ↓ |
| Tuotettu sähkö (TWh) | 66 | 80 | ↗ |
| Tuulivoimaa (TWh) | 6 | 20 | ↑ |
| Aurinkovoimaa (TWh) | 0,1 | 1,2 | ↑ |
| Ydinvoimaa (TWh) | 23 | 31 | ↗ |
| Fossiilisiin polttoaineisiin perustuvaa tuotantoa (TWh) | 12 | 4 | ↓ |
| Sähkön nettotuonti (TWh) | 20 | 3 | ↓ |
| Sähkön hinta tukkumarkkinoilla (EUR/MWh) | 44 | 46 | → |
| Eurooppalaisen hintavertailun sijoitus* | #13 | #3 | ↑ |
| Sähkön kulutus (TWh) | 86 | 83 | → |

Lähteet: Energiatietoisuus, Tilastokeskus
*Maat järjestetty halvimmasta kalleimpaan sähkön tukkumarkkinahinnan perusteella. Jos maa koostuu useasta tarjousalueesta, on käytetty painotettua keskiarvoa.

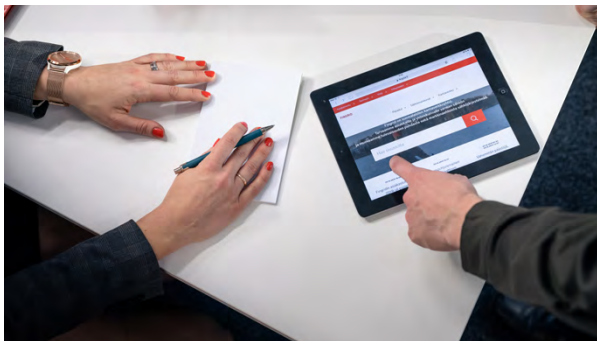
## Sähkön kulutus- ja tuotantoennusteet

Uusiutuvan sähköntuotannon kantaverkon liityntäkyselyjen määrä on kasvanut merkittävästi 2020-luvulla. Uusien sähköntuotantohankkeiden liityntäkyselyt ovat nousseet yli 400 gigawattiin, mikä on noin 15-kertainen Suomen nykyiseen tuotantokapasiteettiin verrattuna. Sähköä kuluttavien hankkeiden liityntäkyselyt ovat vastaavasti nousseet noin 70 gigawatiin – lähes viisinkertaiseksi suhteessa Suomen nykyiseen sähkön huippukulutukseen. Lisäksi sähkövarastojen liityntäkyselyjen määrä on kasvanut nopeasti runsaaseen 30 gigawattiin. Tuotannon ja kulutuksen liityntäkyselyihin sekä sähkömarkkinamallinnuksen tuloksiin perustuen muodostetaan kantaverkon suunnittelua ohjaava ennuste. Ennusteessa huomioidaan kasvava puhtaan sähkön ja sähköstä tuotettujen tuotteiden tarve Euroopassa sekä Suomen erinomaiset mahdollisuudet olla kilpailukykyinen tuottaja näille tuotteille. Ennusteessa esitetty erinomaisen kilpailukyvyn ja korkean kulutuskasvun skenaario on laadittu siten, että se on kantaverkon suunnittelun ja sähköjärjestelmän kannalta haastava mutta mahdollinen. Tämä skenaario ei kuitenkaan oleta kaikkien Fingridin saamien liityntäkyselyiden toteutuvan.

Ennusteen tarkoitus on ohjata Fingridiä ratkomaan ennakoivasti sähköjärjestelmän murrokseen liittyviä haasteita sekä löytämään ratkaisuja, joilla yhtiö voi osaltaan mahdollistaa Suomeen sijoittuvat puhtaaseen sähköön liittyvät investoinnit.

Suunnitelman liitteessä **”Sähkön tuotannon ja kulutuksen kehitysnäkymät Q3/2025”** esitetään Fingridin ennusteet sähkön tuotannon ja kulutuksen kehittymisestä. Korkeamman kasvun skenaario kuvaa tilannetta, jossa Suomen kilpailukyky sähköintensiivisen teollisuuden hankkeissa on erinomainen, ja Suomi kykenee houkuttelemaan merkittävästi sähköintensiivisen teollisuuden investointeja. Skenaariota käytetään kantaverkon suunnittelun pohjana. Matalamman kasvun skenaario kuvastaa kilpailukyvyn jäämistä tasolle, jossa teollista sähkön kulutusta kasvattavat vain jo rakenteilla olevat kysyntähankkeet sekä osittain sellaiset hankkeet, joista on tehty liittymissopimus, mutta ei vielä investointipäätöstä. Molemmissa skenaarioissa on lisäksi huomioitu kotitalous-, palvelu- ja liikennesektorin kulutuksen odotettu kasvu.

Ennusteiden toteutumiseen liittyy useita epävarmuustekijöitä, jotka vaikuttavat joko puhtaan siirtymän etenemiseen yleisesti, Suomen kilpailukykyyn siirtymässä tai molempiin. Tällaisia tekijöitä ovat esimerkiksi toimintaympäristön vakaus ja ennakoitavuus, energia-, ilmasto- ja geopolitiikka, regulaatio, luvitus, verotus, sähköintensiivisten toimialojen

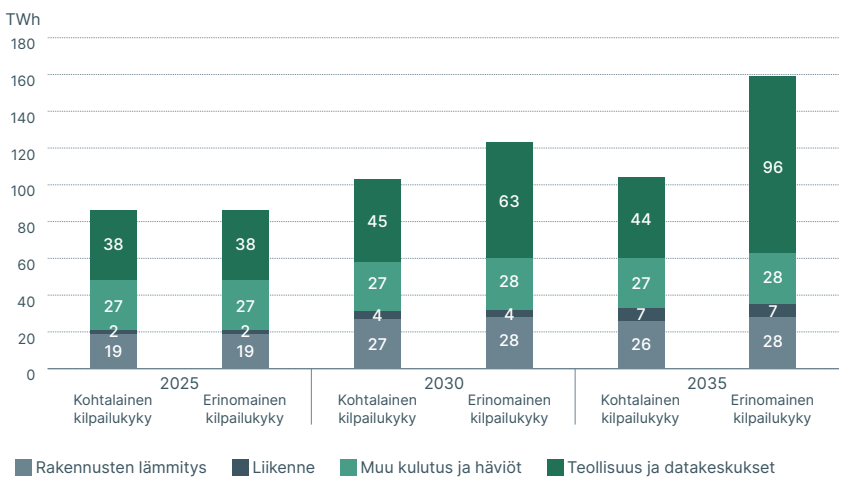


kysyntänäkymät, rahoitusolosuhteet sekä energian tuotanto- ja varastointimuotojen kustannuskehitys. Erityisen keskeisiä ovat eri tekijöiden vaikutukset Suomen asemaan sähköintensiivisen teollisuuden investointikohteena sekä suomalaisen tuulivoiman kasvumahdollisuuksiin ja hintakilpailukykyyn suhteessa eurooppalaisiin ja globaaleihin kilpailijoihin. Tämä on tärkeää, koska merkittävä osa erinomaisen kilpailukyvyn skenaariossa ennustetusta sähkön kulutuksen kasvusta Suomessa perustuu tuulivoimalla tuotetun sähkön jalostamiseen vientituotteiksi ja -palveluiksi.

## Sähkön kulutuksen kehitys (TWh)

FINGRID

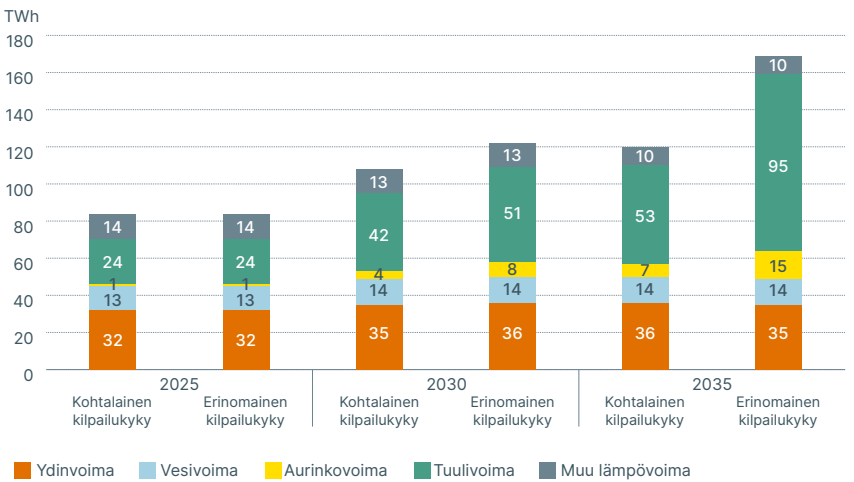
Fingridin ennuste, syyskuu 2025.




## Sähkön tuotannon ennustettu kehitys (TWh)

FINGRID

Fingridin ennuste, syyskuu 2025.



## Kantaverkon siirtokyvyn kehittäminen

Tulevaisuudessa sähköntuotanto näyttää Fingridin saamiin liityntäkyselyihin perustuen painottuvan entistä enemmän maan länsi- ja pohjoisosiin, kulutuksen sijoittuessa eteläiseen Suomeen. Sähkön siirtäminen Etelä-Suomen kulutuskeskittymiin edellyttää pohjois-eteläsuuntaisten ja länsi-eteläsuuntaisten siirtoyhteyksien merkittävää vahvistamista.

Venäjän siirtoyhteyksien poistuminen vuonna 2022 ja Olkiluoto 3 -ydinvoimalaitoksen käynnistyminen vuonna 2023 ovat osaltaan vaikuttaneet merkittävästi kantaverkon siirtoihin. Lisäksi suuri muutos on ollut lämmityksen sähköistyminen. Kehityskulkuna lämmityksen sähköistyminen on kertaluonteinen ja erittäin nopea. Venäjän Ukrainaan aloittaman hyökkäyssodan johdosta kohonneet polttoaineiden hinnat sekä sähkökattiloiden veroluokan muutos ovat kiihdyttäneet muutosta entisestään. 400 kV voimajohtojen rakentaminen näin nopeaa kehitystä varten on haastavaa, sillä voimajohdon toteuttaminen suunnittelusta käyttöönottoon vie luvituksineen noin 7–8 vuotta. Esimerkiksi pääkaupunkiseudulta on viimeisen kolmen vuoden aikana poistunut noin 600 MW sähköntuotantoa, ja lisäksi jäljellä olevan tuotannon käyttöaste on pienentynyt huomattavasti. Samanaikaisesti uutta sähkökattilakapasiteettia on päätetty rakentaa yli 1300 MW. Tämä näkyy pääkaupunkiseudun sähkön huippusiirtotarpeessa noin 2000 MW:n kasvuna, jonka siirtäminen kantaverkossa edellyttää vähintään kahden uuden 400 kV yhteyden rakentamista pohjoisesta etelään. Pääkaupunkiseudun lisäksi lämmitys sähköistyy myös muissa kaukolämpöä käyttävissä asutuskeskuksissa. Erityisen haastavia kantaverkon siirtokyvyn riittävyyden kannalta ovat tilanteet, joissa suuri tuulivoimatuotanto laskee sähkön hintaa ja lämmöntuotanto on kannattavinta toteuttaa pääosin sähköllä.

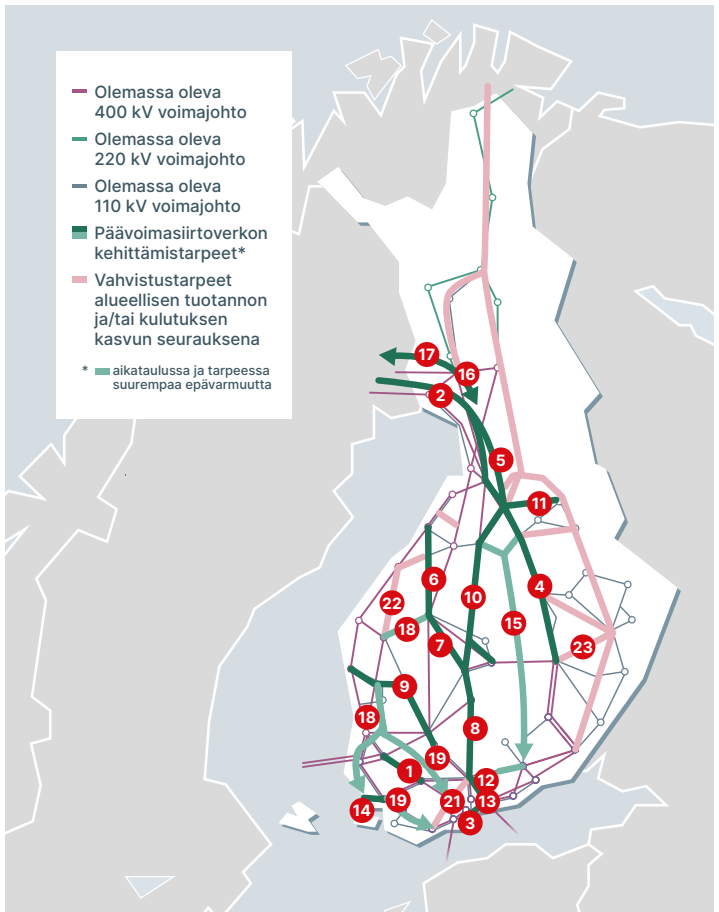


Samaan aikaan lämmityksen sähköistymisen kanssa uusien sähköintensiivisten teollisuushankkeiden liityntäkyselyiden määrä on moninkertaistunut. Noin puolet näistä kyselyistä on datakeskuksia, joiden koko vaihtelee kymmenestä megawatista jopa tuhansiin megawatteihin. Hankkeita on ympäri Suomea, mutta painottuen kuitenkin pääosin eteläiseen Suomeen. Tämä lisää osaltaan painetta vahvistaa yhteyksiä kulutuksen ja tuotannon välillä. Uuden tuotannon ja kulutuksen sijoittumisen epävarmuus sekä hankkeiden valtava määrä kasvattavat epävarmuutta tulevaisuuden kehittämistarpeiden arvioinnissa. Suunnittelun pohjana käytetyssä korkeamman kasvun skenaariossa on tehty oletuksia sähkön tuotannon ja kulutuksen sijoittumisesta, mutta verkon kehitystarve voi olla hyvinkin erilainen, mikäli kulutus ja tuotanto kaksinkertaistuvat mutta sijoittuvat eri tavalla kuin skenaariossa on oletettu. Säännöllisesti päivitettävillä kulutuksen ja tuotannon ennusteilla pyritään löytämään todennäköisin toteutusjärjestys ja selkiyttämään tarpeet edetä vaadittavien verkkovahvistuksien suunnittelussa ja luvituksessa. Toteutukseen verkkohankkeet siirtyvät vasta tarpeiden realisoituessa tuotanto- ja kulutushankkeiden edetessä.

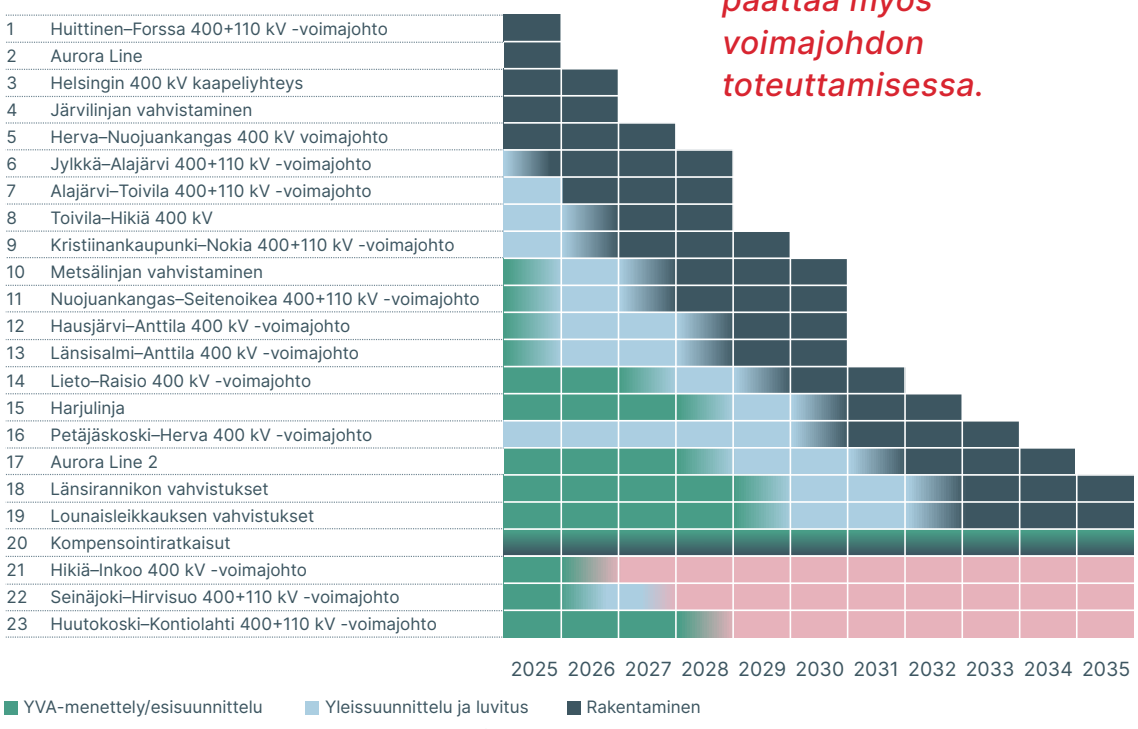
Teollisen kokoluokan hankkeiden lisäksi verkkosuunnittelua haastavat sähkövarastot, joiden kokoluokka 5–125 megawattia vastaa jopa yksittäisten kaupunkien sähkön kulutusta. Vaihteleva uusiutuva sähköntuotanto vaatii rinnalleen sähkövarastoja, jotka sähkö- ja reservimarkkinoiden kautta tasapainottavat kulutuksen ja tuotannon vaihteluita. Suuri haaste on sähkövarastojen keskittyminen alueille, jossa on jo muutenkin niukkuutta kulutuksen liityntäkapasiteetista. Kulutuspainotteiselle alueelle liitettynä sähkövarasto voi varata koko alueellisen liityntäkapasiteetin ja kasvattaa järjestelmätason siirtoleikkausten siirtotarvetta. Tällä hetkellä riskinä on, että kulutuksen liityntäkapasiteetti varataan suurelta osin nopeasti toteutuville sähkövarastoille ja viedään kapasiteetti vihreän siirtymän teollisuuden ja muun elinkeinoelämän pidempikestoisilta sähköistyshankkeilta. Sähkövaraston oman liiketoiminnan kannalta sen sijainnilla ei ole suurta merkitystä, jolloin niitä olisi järkevää liittää sähköjärjestelmän kannalta sopiviin paikkoihin. Tuotantopainotteisilla alueilla sähkövarastot tehostavat verkon hyödyntämistä ja vähentävät investointitarpeita verrattuna tilanteeseen, jossa varastot liittyvät kulutuspainotteisille alueille. Sähkövarastojen lisäksi on suunnitteilla muita erilaisia energiavarastointihankkeita, kuten pumppuvoimalaitoksia (Kemijoki Oy, Pohjolan Voima Oyj ja Suomen Voima Oy).

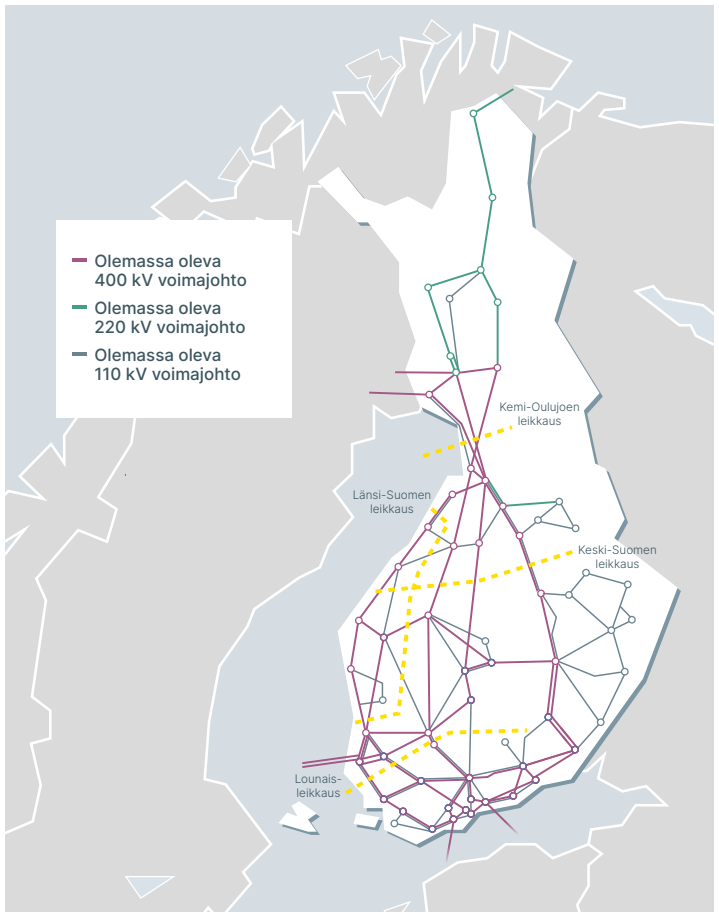
Kartassa 1 kantaverkon kehittämissuunnitelma on esitetty erilaisten värikoodien avulla. Tummanvihreät vahvistukset ovat rakenteilla tai niiden tarve on jo realisoitunut kulutus- ja tuotantohankkeiden investointipäätösten perusteella. Vaaleanvihreällä merkityt pääleikkausten vahvistustarpeet tarvitaan tässä dokumentissa esitetyn korkeamman kasvun ennusteiden mahdollistamiseksi ja niiden toteutumisessa sekä aikataulussa on enemmän epävarmuutta. Vaaleanpunaisella on merkitty 400 kV verkon vahvistuksia, joiden tarve syntyy alueellisen tuotannon ja/tai kulutuksen kasvun seurauksena. Näiden tarvetta seurataan, ja alueen tuotanto- ja kulutushankkeiden edetessä voidaan päättää myös voimajohdon toteuttamisesta.

*Sähkön siirtäminen Etelä-Suomen kulutuskeskittymiin edellyttää pohjois-eteläsuuntaisten ja länsi-eteläsuuntaisten siirtoyhteyksien merkittävää vahvistamista.*




*Alueen tuotanto- ja kulutushankkeiden edetessä voidaan päättää myös voimajohdon toteuttamisessa.*






Seuraavassa luvussa esitellään kantaverkon siirtokyvyn kehittämistä yksityiskohtaisemmin jaoteltuna poikkileikkauksiin liittyviin verkonvahvistuksiin sekä muihin vahvistuksiin. Järjestelmätason poikkileikkauksella tai lyhyemmin leikkauksella tarkoitetaan sähköteknisesti määritettyä useamman siirtojohdon muodostamaa siirtoreittiä, joka on tunnistettu pullonkaulaksi sähköjärjestelmässä. Tällaisen poikkileikkauksen läpi kulkee pääsiirtolinjojen voimajohtoja, jotka määrittävät poikkileikkauksen siirtokyvyn. Mikäli siirtotarve ylittää hetkellisesti poikkileikkauksen siirtokyvyn, joudutaan siirtoja rajoittamaan käyttövarmuuden ylläpitämiseksi. Nykyisin tunnistettuja järjestelmätason poikkileikkauksia sijaitsee Pohjois-Suomessa, Keski-Suomessa, länsirannikolla ja Lounais-Suomessa. Tunnistettujen leikkauksien siirtokyvyn kasvattaminen johtoinvestointien avulla on yksi tärkeimmistä keinoista kehittää järjestelmätason siirtokykyä ja liitettävyyttä. Tulevaisuudessa siirtotarpeiden muuttuessa on mahdollista, että myös leikkausten määrä voi muuttua.

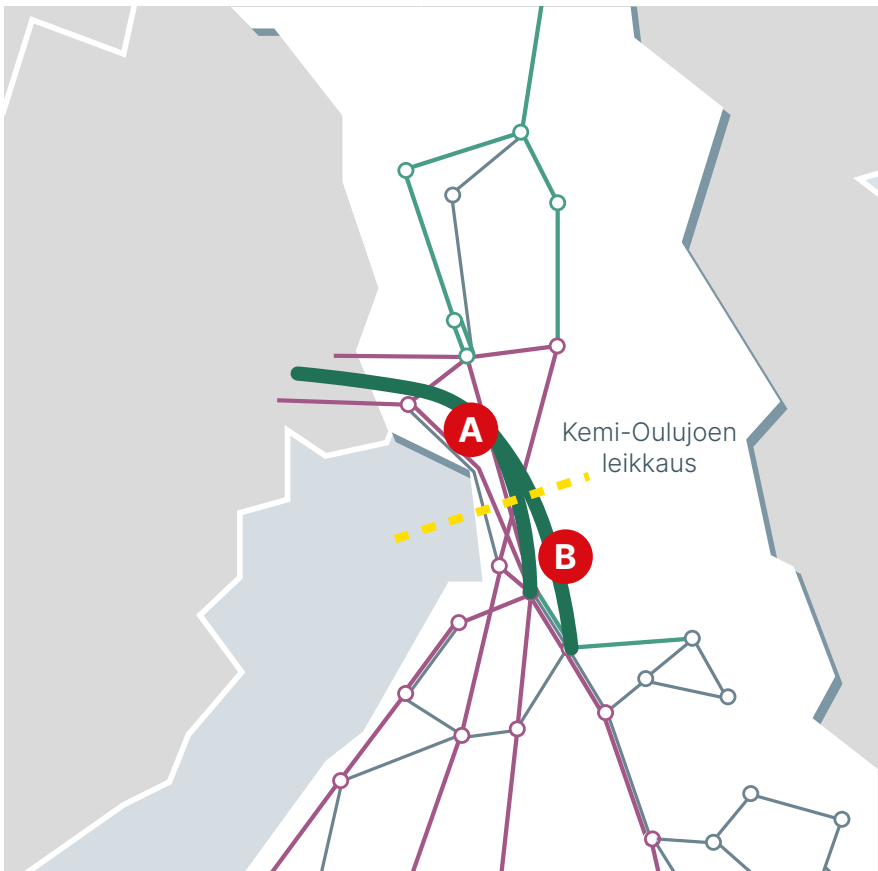
*Tunnistettujen leikkauksien siirtokyvyn kasvattaminen johtoinvestointien avulla on yksi tärkeimmistä keinoista kehittää järjestelmätason siirtokykyä ja liitettävyyttä.*

## Kemi-Oulujoen leikkaus

Kemi-Oulujoen poikkileikkaus jakaa Suomen pohjoisen alueen lijoen pohjois- ja eteläpuoliseen osaan. Tällä hetkellä leikkauksen läpi kulkee kolme 400 kV siirtojohtoa. Kemi-Oulujoen poikkileikkauksen siirtotarpeisiin vaikuttavat Ruotsin rajayhteyden siirrot sekä tuulivoiman rakentaminen lijoen pohjoispuolella, mikä on edennyt hitaammin kuin aiemmin arvioitiin.

Seuraavan kymmenen vuoden aikana ennusteen perusteella Kemi-Oulujoen poikkileikkausta tulee vahvistaa yhteensä kahdella uudella voimajohdolla. Toinen näistä on juuri valmistunut Aurora Linen osuus Viitajärveltä Pyhän-selkään, ja toinen rakenteilla oleva vuonna 2027 valmistuva Herva - Nuojuankangas -voimajohto.

| | Vahvistus | Aikataulu | Vaihe |
|---|---|---|---|
| A | Aurora Line | 2025 | Valmistunut |
| B | Herva - Nuojuankangas | 2027 | Rakenteilla |



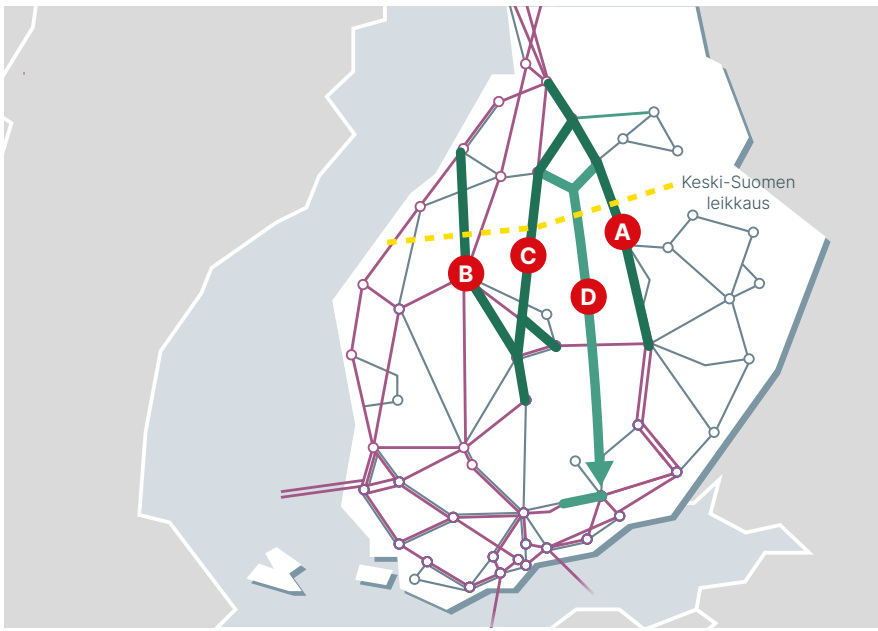
## Keski-Suomen leikkaus

Keski-Suomen poikkileikkaus kulkee Kokkolasta lisalmen pohjoispuolitse itään. Pohjoinen alue on vesi- ja tuulivoimavaltainen sekä ylijäämäinen, kun taas eteläinen alue on suuren kulutuksen vuoksi alijäämäinen. Valtaosa sähkön viennistä Ruotsiin ja Viroon tapahtuu etelässä olevilla rajasiirtoyhteyksillä. Poikkileikkauksen läpi kulkee viisi 400 kV voimajohtoa neljässä eri siirtokäytävässä: Rannikkolinja, Jokilinja, Metsälinja ja Järvilinja.

Fingridin ennusteen korkeammassa skenaariossa arvioidaan rakennettavan keskimäärin yli 2 000 MW tuulivoimaa vuodessa seuraavan 10 vuoden aikana. Suuri osa tästä tuulivoimasta sijoittuu Länsirannikolle, Meri-Lapin alueelle, Pohjois-Pohjanmaalle ja Kainuuseen. Sähkönkulutus ja sen kasvu tulevaisuudessa painottuvat Etelä-Suomeen, joten tuotanto- ja kulutusalueiden välille tarvitaan lisää siirtokykyä kantaverkkoon. Lisäksi on huomioitava, että suurin osa sähkön tuonnista tapahtuu pohjoisilta rajayhteyksiltä.

Yksi Keski-Suomen poikkileikkauksen siirtokykyä rajoittava tekijä on leikkauksen eteläpuolella sijaitsevan verkon jännitteen hallinta. Tämän vuoksi siirtokykyä voidaan lisätä myös voimajohtojen rakentamisen lisäksi jännitetukea kasvattavalla rinnakkaiskompensoinnilla, joka on nopea, kustannustehokas ja ympäristöystävällinen ratkaisu. Rinnakkaiskompensointia lisätään seuraavan kymmenen vuoden aikana usealle sähköasemalle 20 kV ja 400 kV jännitetasoille lisättävien kondensaattoreiden avulla.

Seuraavan kymmenen vuoden aikana ennusteen perusteella Keski-Suomen leikkausta tulee vahvistaa yhteensä kuudella uudella voimajohdolla. Näistä kolme on jo rakenteilla ja kolme vielä suunnittelu- ja luvitusvaiheessa. Suunniteltujen hankkeiden eteneminen toteutusvaiheeseen riippuu tuotanto- ja kulutushankkeiden toteutumisesta.



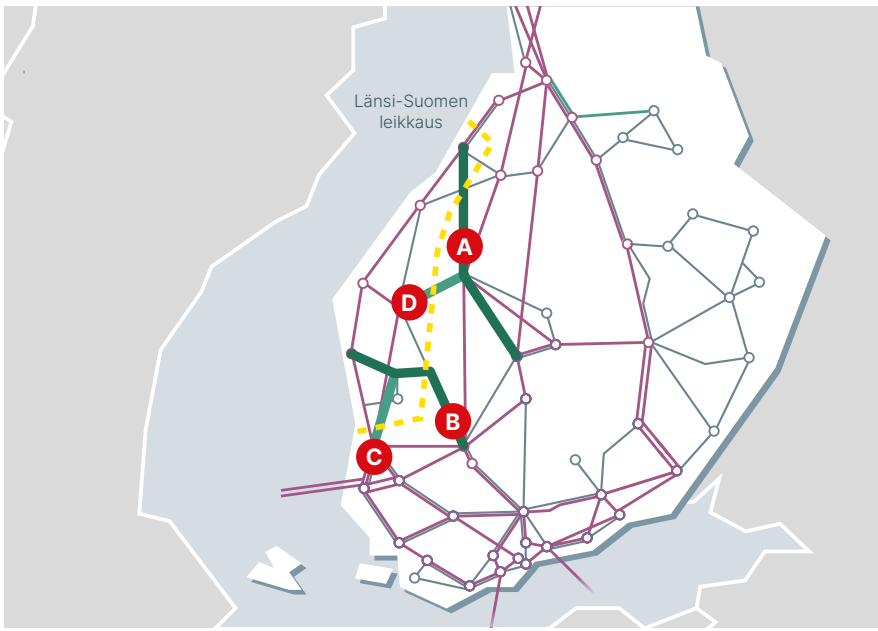

| | Vahvistus | Aikataulu | Vaihe |
|---|---|---|---|
| A | Järvilinja 2 | 2026 | Rakenteilla |
| B | Lakeuslinja (2 johtoa) | 2027-2028 | Rakenteilla |
| C | Metsälinja 2 | 2030 | Suunnittelu/Luvitus |
| D | Harjulinja (2 johtoa) | 2032 | Suunnittelu/Luvitus |

## Länsi-Suomen leikkaus

Tuuli- ja aurinkovoimalaitosten määrä on kasvanut merkittävästi viime vuosina. Kasvu on ollut nopeinta länsirannikolla. Suuntaajakytketyiltä voimalaitoksilta, kuten tuuli- ja aurinkovoimalaitoksilta, puuttuu tahtikoneiden luonnollinen ominaisuus vastustaa jännite- ja taajuusmuutoksia. Kansainvälisen kokemuksen ja Fingridin havaintojen perusteella suuntaajateknologialla toteutettujen laitosten toiminta voi muuttua epävakaaksi, mikäli niiden osuus kokonaistuotannosta kasvaa alueellisesti suureksi. Epävakaus saattaa johtaa pahimmillaan laajaan häiriöön sähköjärjestelmässä. Fingrid tekee tiiviisti kehitystyötä liittyjien kanssa ratkaisujen löytämiseksi. Kehitystyön tuloksena Fingrid on päivittänyt voimalaitoksia ja sähkövarastoja koskevat järjestelmätekniset vaatimuksensa. Ongelmien ratkaisu edellyttää muutoksia voimalaitosten ohjausjärjestelmiin sekä investointeja kantaverkkoon. Näitä investointeja ovat mm. alueen 400 kV verkonvahvistuksien lisäksi rakenteilla olevat Jylkän synkronikompensaattori ja Kristinestadin STATCOM.

Länsirannikolla on suunnitteilla useita merkittävän kokoluokan sähköntuotantohankkeita ja sähköintensiivisiä teollisuushankkeita. Näiden hankkeiden toteutuessa laajamittaisesti länsiranniokolta tulee rakentaa edelleen uusia 400 kV voimajohtoja Länsi-Suomen leikkauksen vahvistamiseksi. Länsi-Suomen leikkauksen nykyisten neljän voimajohdon kapasiteetti ei riitä kaiken länsirannikolle rakentuneen ja suunnitteilla olevan tuotannon siirtämiseksi pois ylijäämäalueelta. Myös uuden kulutuksen liittäminen alueelle vaatii kantaverkon kehittämistä, koska tuulettomina hetkinä pitää olla riittävästi kapasiteettia tuoda tarvittava sähkö alueen ulkopuolelta.

Seuraavan kymmenen vuoden aikana Länsi-Suomen poikkileikkausta tulee ennusteen perusteella vahvistaa yhteensä viidellä uudella voimajohdolla. Näistä kolme on jo rakenteilla, yksi suunnittelu/luvitusvaiheessa ja kahden suunnittelua ollaan käynnistämässä. Suunniteltujen hankkeiden eteneminen toteutusvaiheeseen riippuu tuotanto- ja kulutushankkeiden toteutumisesta.




| | Vahvistus | Aikataulu | Vaihe |
|---|---|---|---|
| A | Lakeuslinja (2 johtoa) | 2028 | Rakenteilla |
| B | Kristiinankaupunki - Nokia | 2029 | Suunnittelu/Luvitus |
| C | Honkajoki - Ulvila | 2033 | Tarve |
| D | Seinäjoki - Alajärvi | 2035 | Tarve |

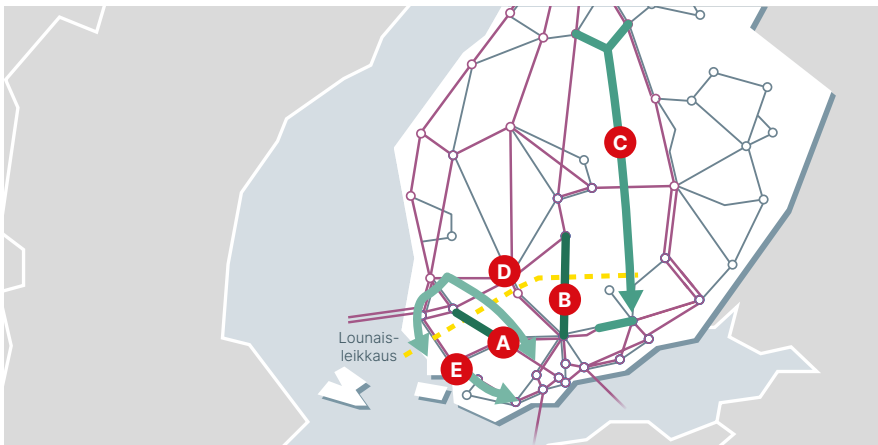
## Lounaisleikkaus

Fossiilisiin polttoaineisiin ja muuhun polttoon perustuvan lämmöntuotannon korvaaminen sähkökattiloilla ja lämpöpumpuilla sekä uusiutuvan sähköntuotannon painottuminen länsirannikolle ovat kasvattaneet nopeasti kantaverkon siirtotarpeita Etelä-Suomeen. Lisäksi Venäjän siirtoyhteyksien poistuminen vuonna 2022 ja Olkiluoto 3 -ydinvoimalaitoksen käynnistyminen vuonna 2023 ovat osaltaan vaikuttaneet merkittävästi kantaverkon siirtoihin. Näiden muutosten seurauksena siirtotarve verkossa on painottunut itä-länsi-suunnassa voimakkaasti länsipainotteiseksi. Muutokset siirtotarpeissa ovat johtaneet uuden, Etelä-Suomen siirtokykyä rajoittavan leikkauksen muodostumiseen. Tällä hetkellä leikkauksen läpi kulkee kolme 400 kV siirtojohtoa. Vuonna 2023 määritetty Lounaisleikkaus on merkittävin pullonkaula Etelä-Suomen sähkönkulutuksen kasvulle lähivuosina.

Niukkuus siirtokyvystä on näkynyt 2020-luvun alussa alhaisina 400 kV verkon jännitteinä sekä 400 kV voimajohtojen voimakkaasti kasvaneina siirtoina. Siirtokyvyn niukkuuteen ei vaikuta vain sähkön kulutuksen kasvu esimerkiksi sähkökattiloiden yleistyessä, vaan merkittävänä tekijänä on paikallisen sähköntuotannon poistuminen. Paikallisen sähköntuotannon poistuminen kasvattaa siirtotarpeita Etelä-Suomeen sekä heikentää alueellista jännitetukea.

Jänniteongelmaa ratkotaan rinnakkaiskondensaattoreilla, jotka ovat nopea ja kustannustehokas ratkaisu jännitetuen kasvattamiseksi. Rinnakkaiskondensaattoreita on lisätty ja tullaan lisäämään seuraavan kymmenen vuoden aikana usealle sähköasemalle 20 kV ja 400 kV jännitetasoille. Lisäksi Anttilan sähköasemalle lisätään säädettävää jännitetukea STATCOM- laitteiston avulla.

Seuraavan kymmenen vuoden aikana poikkileikkausta tulee ennusteen perusteella vahvistaa yhteensä kahdeksalla uudella voimajohdolla. Näistä yksi on valmistunut tänä syksynä, neljä suunnittelu-/luvitusvaiheessa ja kolmen suunnittelua ollaan käynnistämässä. Suunniteltujen hankkeiden eteneminen toteutusvaiheeseen riippuu tuotanto- ja kulutushankkeiden toteutumisesta.




| | Vahvistus | Aikataulu | Vaihe |
|---|---|---|---|
| A | Huittinen - Forssa | 2025 | Valmistunut |
| B | Toivila - Hikiä (2 johtoa) | 2028 | Suunnittelu/Luvitus |
| C | Harjulinja (2 johtoa) | 2032 | Suunnittelu/Luvitus |
| D | Kangasala - Lavianvuori vahvistus | 2033 | Tarve |
| E | Ulvila - pääkaupunkiseutu (2 johtoa) | 2035 | Tarve |

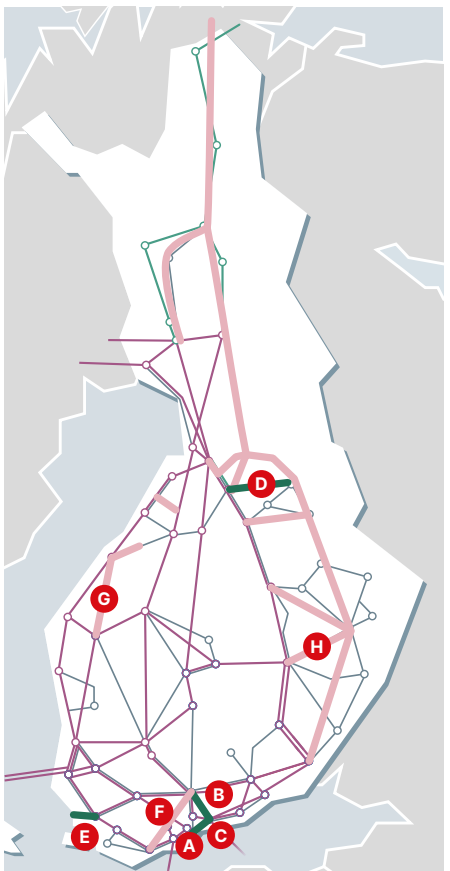
## Muut kantaverkon vahvistukset

Fingridin suunnitelmissa on kehittää 400 kV verkkoa myös edellä mainittujen neljän leikkauksen vahvistamisen lisäksi. Fingrid seuraa tuotanto- ja kulutushankkeiden kehittymistä koko Suomessa. Mahdollisia 400 kV verkon vahvistuksia, joiden tarve syntyy alueellisen tuotannon ja/tai kulutuksen kasvun seurauksena, on lukuisia. Uuden tuotannon ja kulutuksen sijoittumisen, valtavan määrän sekä toteutumisjärjestyksen epävarmuus haastaa oikeiden investointikohteiden määrittämistä. Mahdollisia tarpeita edistetään portaittain, tällä Fingrid varmistaa kantaverkon kehittämisen mahdollisimman nopeasti asiakastarpeiden realisoituessa. Aluksi tunnistetut voimajohtotarpeet viedään yhteystarpeina maakuntakaavoihin. Asiakashankkeiden edetessä aloitetaan vaiheittain tarkempi suunnittelu, ympäristöselvitykset ja luvitusprosessi, jonka jälkeen asiakashankkeiden siirtyessä kohti toteutusta aloitetaan rakentaminen.

| | Vahvistus | Aikataulu | Vaihe |
|---|---|---|---|
| A | Helsingin kaapeli | 2026 | Rakenteilla |
| B | Hikiä - Anttila | 2030 | Suunnittelu/Luvitus |
| C | Anttila - Länsisalmi | 2030 | Suunnittelu/Luvitus |
| D | Nuojuankangas - Seitenjärvi | 2030 | Suunnittelu/Luvitus |
| E | Lieto - Raisio | 2031 | Suunnittelu/Luvitus |
| F | Inkoo - Hikiä | | Suunnittelu |
| G | Seinäjoki - Hirvisuo | | Suunnittelu |
| H | Huutokoski - Kontiolahti | | Suunnittelu |

Alla olevassa kartassa tummanvihreällä on esitetty kantaverkon kehitystarpeet, joiden tarve on jo realisoitunut tuotanto- ja kulutushankkeiden investointipäätösten myötä. Tunnistetut vaihtoehtoiset kehitystarpeet ovat esitetty kartassa vaaleanpunaisella.

Seuraavissa kappaleissa esitellään mahdollisia kehittämis- ja perusparannustarpeita jaoiteltuna neljään alueeseen.



**Etelä-Suomi**

Etelä-Suomen alue on energiaintensiivinen, noin kahden kolmasosan Suomen sähkönkulutuksesta sijoittuessa Tampereen eteläpuolelle. Sähkönkulutus keskittyy pääosin kaupunkialueille. Polttamiseen perustuvan lämmöntuotannon vähentyessä ja korvautuessa esimerkiksi sähkökattiloilla, kaupunkien sähköalijäämä on kasvanut ja tulee kasvamaan merkittävästi, jolloin tarve vahvoille ja luotettaville sähkön siirtoyhteyksille tulee korostumaan entisestään. Lämmityksen sähköistyminen on aiheuttanut tarpeen vahvistaa alueellisia siirtoyhteyksiä.

Pääkaupunkiseudun osalta sähkönkulutus on kasvussa ja sähköntuotanto merkittävästi vähentynyt. Pääkaupunkiseudun asukkaiden ja yhteiskunnallisesti tärkeiden toimintojen sähkönsaannin turvaamiseksi Fingrid on rakentamassa 400 kV kaapeliyhteyttä Länsisalmen sähköasemalta Vanhankaupungin sähköasemalle. Helsingin kaapeli valmistuu vuonna 2026.

Uudenmaan alueen voimakkaasti kasvavaa sähkönkulutusta varten rakennetaan lisäksi Hikiältä Anttilan sähköasemalle ja sieltä edelleen Länsisalmen sähköasemalle uusi 400 kV voimajohtoyhteys vuonna 2030. Hikiän ja Anttilan välillä yhteys valmistaudutaan rakentamaan kahdella virtapiirillä.

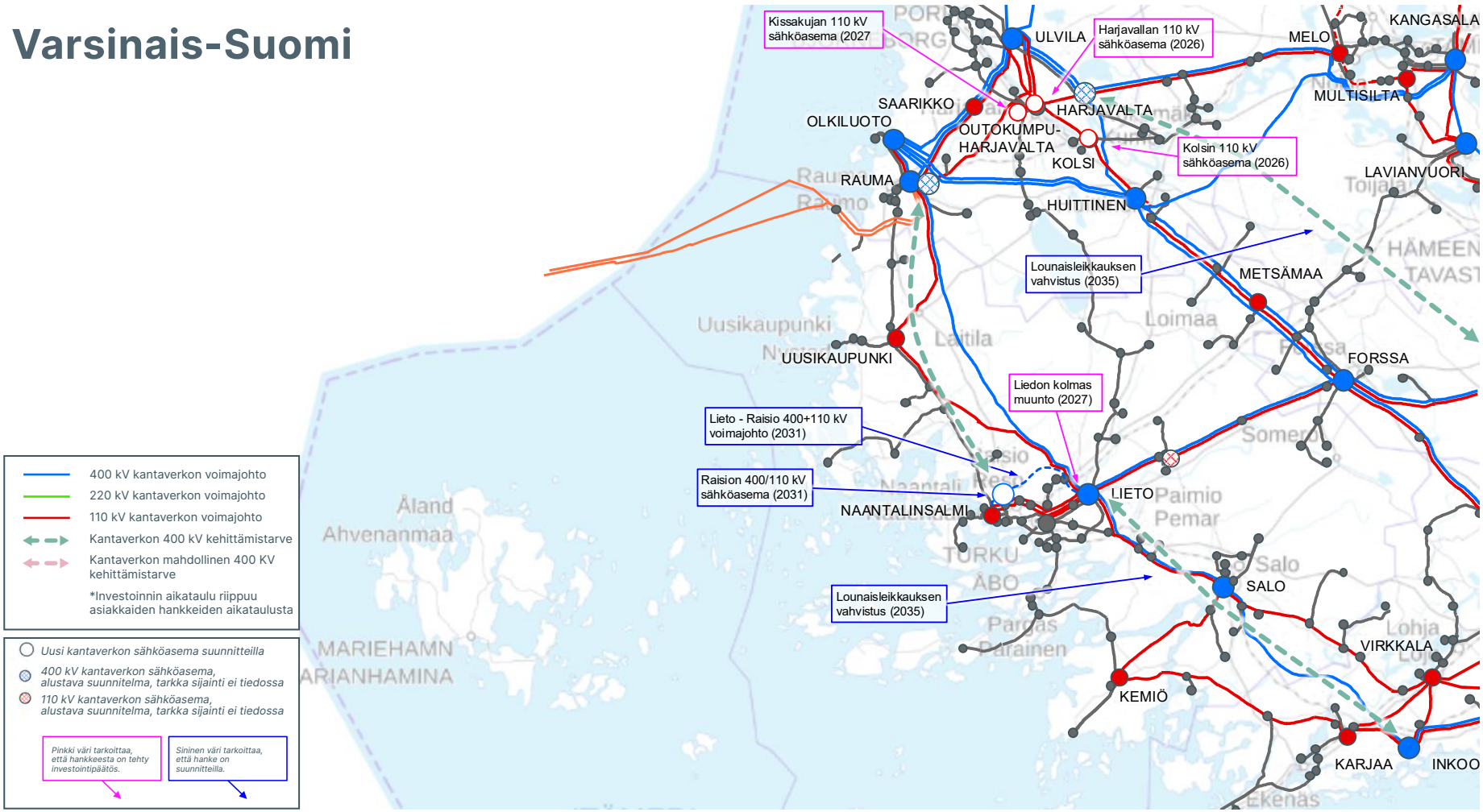
Varsinais-Suomen sähkönkulutus kasvaa tulevaisuudessa lämmityksen sähköistymisen ja uusien sähköintensiivisten teollisuushankkeiden seurauksena. Hankkeiden mahdollistamiseksi on suunnitteilla uusi 400 kV voimajohto Liedon sähköasemalta Raision uudelle sähköasemalle, joka suunniteltu valmistuvan vuonna 2031. Pidemmällä tulevaisuudessa tämä voimajohto tulee todennäköisesti olemaan osa Lounaisleikkausta vahvistavaa yhteyttä Rauman suuntaan.

Tulevaisuudessa alueen 400 kV kehittämistarpeet riippuvat suunniteltujen suuren kokoluokan teollisuushankkeiden sijoittumisesta ja aikatauluista. Uusien hankkeiden lisäksi myös olemassa oleva teollisuus sähköistyy. Hikiä-Inkoo 400 kV voimajohdon ympäristövaikutusten arviointi on käynnissä ja tällä Fingrid varautuu Länsi-Uudenmaan kulutuksen kasvun mahdollisesti tuomaan kehitystarpeeseen.

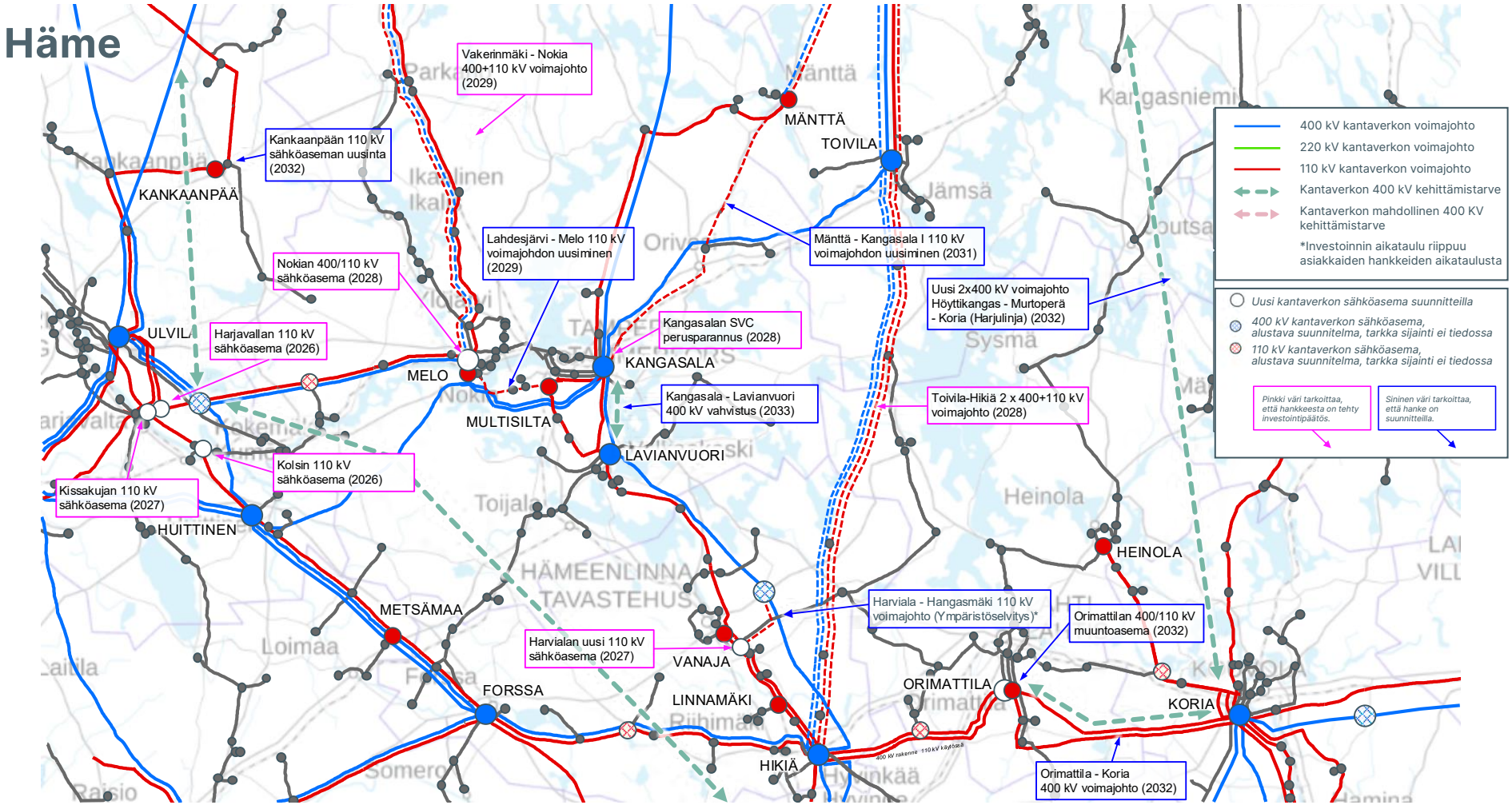
Seuraavissa karttakuvissa on esitetty Etelä-Suomen alueen tarkemmat alueelliset kehittämissuunnitelmat.



# Varsinais-Suomi



*Aikataulut ovat alustavia ja täsmentyvät lähempänä toteutusajankohtaa.*



*Aikataulut ovat alustavia ja täsmentyvät lähempänä toteutusajankohtaa.*



**Itä-Suomi**

Itä-Suomen alue kattaa noin kolmasosan Suomen pinta-alasta. Alueen läpi kulkee yksi viidestä pohjois-eteläsuuntaisesta 400 kV -voimajohdosta aina Kainuusta Savon kautta Kaakkois-Suomeen. Tämän lisäksi Itä-Suomen kantaverkko on pääosin 110 kV rengasverkkoa, jota on kehitetty ja kehitetään edelleen. Verkkoa kehitetään nykyisin kunnossapitotarpeesta, varautuen tulevaisuuden kapasiteettitarpeisiin. Itä-Suomen alueelle voidaan nykyisellään liittää alueesta riippuen kymmenistä megawateista jopa satoihin megawatteihin uutta kulutusta ja/tai tuotantoa. Kokonaisuudessaan Itä-Suomeen mahtuu hajautetusti ainakin 1000 MW kulutusta.

Ensimmäinen 400 kV vahvistus toteutetaan, kun vuonna 2030 rakennetaan Nuojuankankaan sähköasemalta uudelle Seitenjärven sähköasemalle uusi 400+110 kV voimajohto korvaamaan olemassa oleva ikääntynyt 220 kV voimajohto. Samalla verkon liittämiskapasiteetti kasvaa ja mahdollistaa sähköntuotannon liittämistä alueella.

Itä-Suomeen olisi maantieteellisesti mahdollista rakentaa merkittävä määrä uutta tuulivoimatuotantoa. Tuulivoimapotentiaali voi realisoitua, mikäli löydetään keinoja sovittaa tutkavalvonnan ja tuulivoimarakentamisen tarpeet. Potentiaalin realisoituessa laajamittaisesti konkreettisiksi hankkeiksi, alueen 400 kV verkkoa on kehitettävä. Tuulivoimatuotannon luvitusprosessi vie aikaa ja se voidaan siten yhteensovittaa hyvin verkkovahvistusten aikatauluun. Tarpeen voi laukaista myös alueen suurten kokoluokkien kulutushankkeiden eteneminen kohti toteutusta.

Verkon kehittämisratkaisuja suunnitellaan yhteistyössä alueen toimijoiden kanssa. Fingrid on varautunut monilla yhteystarpeilla maankäytön suunnittelussa 400 kV verkon kehittämiseen aina Kainuusta Etelä-Karjalaan asti. Fingrid koosti yhdessä Itä-Suomen jakeluverkkoyhtiöiden kanssa syksyllä 2024 erillisen Itä-Suomen verkon kehittämisesityksen.

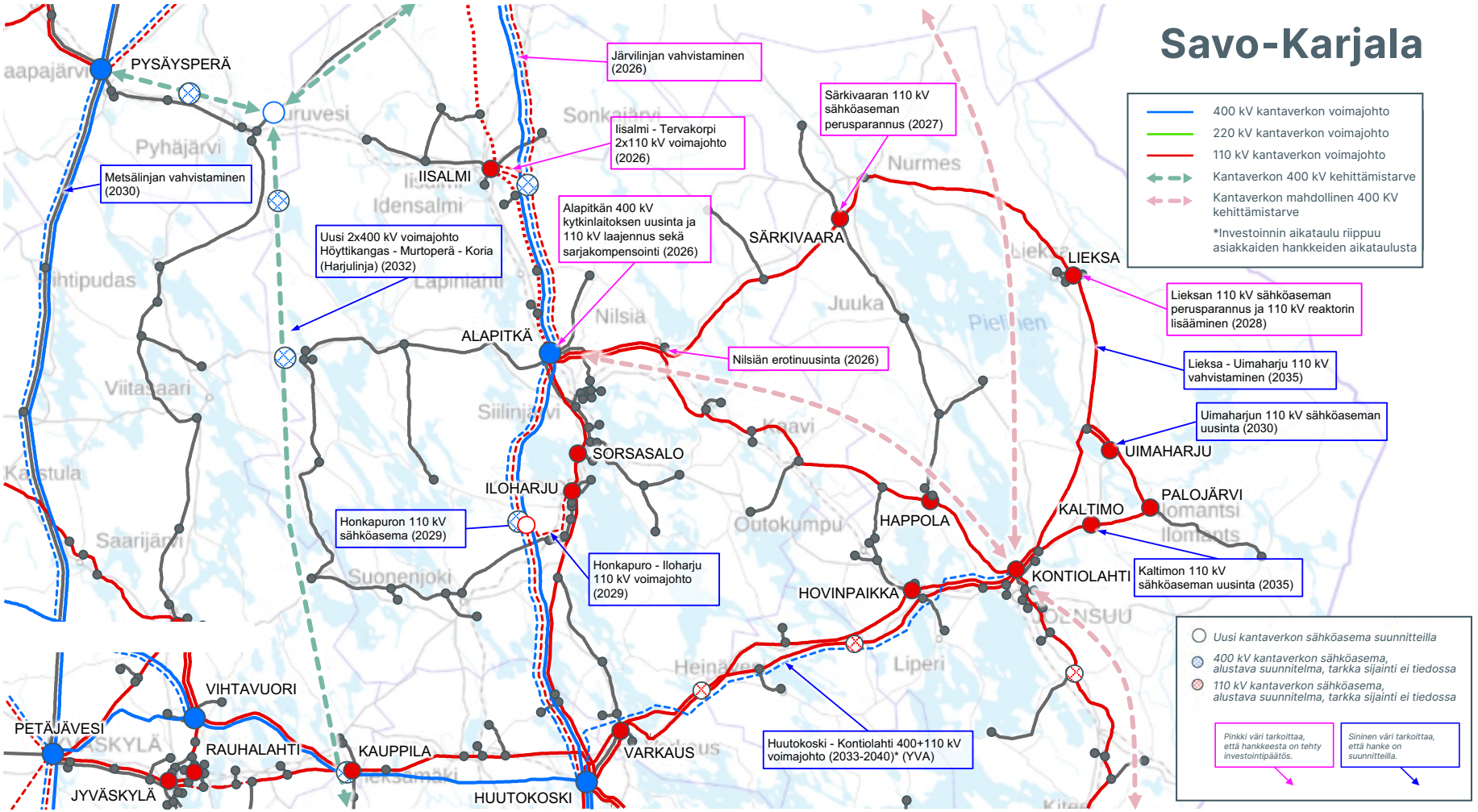
Yhteistyön tuloksena Fingrid on käynnistänyt 400 kV yhteyden Huutokoski-Kontionlahti ympäristövaikutusten arvioinnin. Tällä Fingrid varmistaa kantaverkon kehittämisen mahdollisten nopeiden asiakastarpeiden realisoituessa. Fingrid seuraa Itä-Suomen hankkeiden kehittymistä aktiivisesti ja valmistautuu käynnistämään tarvittavat 400 kV verkkovahvistukset asiakashankkeiden edistyessä.

Seuraavissa karttakuvissa on esitetty Itä-Suomen alueen tarkemmat alueelliset kehittämissuunnitelmat.



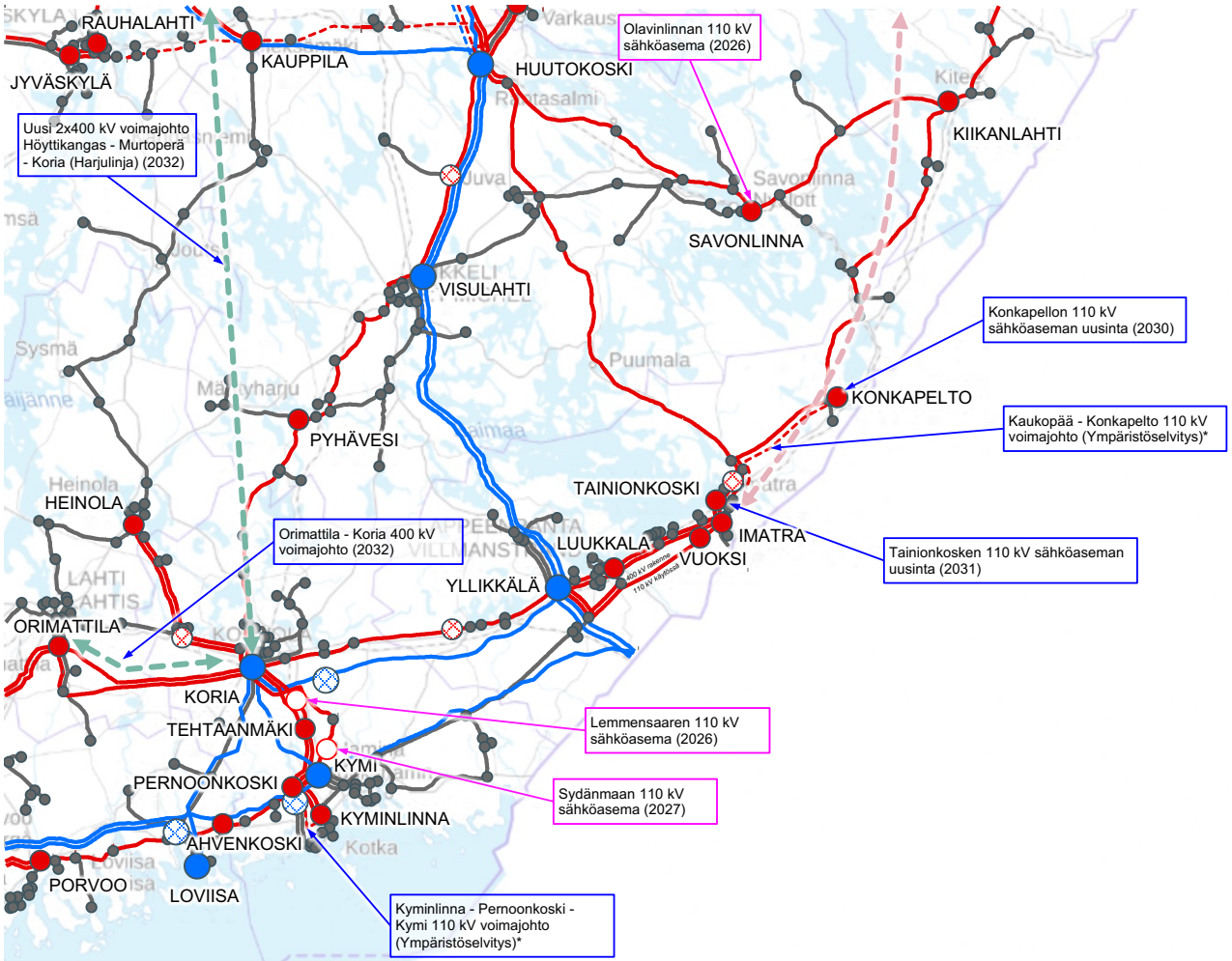
*Mahdollisia tarpeita edistetään portaittain, tällä Fingrid varmistaa kantaverkon kehittämisen mahdollisimman nopeasti asiakastarpeiden realisoituessa.*

*Aikataulut ovat alustavia ja täsmentyvät lähempänä toteutusajankohtaa.*



*Aikataulut ovat alustavia ja täsmentyvät lähempänä toteutusajankohtaa.*

# Kaakkois-Suomi




400 kV kantaverkon voimajohto
220 kV kantaverkon voimajohto
110 kV kantaverkon voimajohto
Kantaverkon 400 kV kehittämistarve
Kantaverkon mahdollinen 400 kV kehittämistarve
*Investoinnin aikataulu riippuu asiakkaiden hankkeiden aikataulusta

*Uusi kantaverkon sähköasema suunnitteilla*
*400 kV kantaverkon sähköasema, alustava suunnitelma, tarkka sijainti ei tiedossa*
*110 kV kantaverkon sähköasema, alustava suunnitelma, tarkka sijainti ei tiedossa*

*Pinkki väri tarkoittaa, että hankkeesta on tehty investointipäätös.*

*Sininen väri tarkoittaa, että hanke on suunnitteilla.*

**Länsi-Suomi**

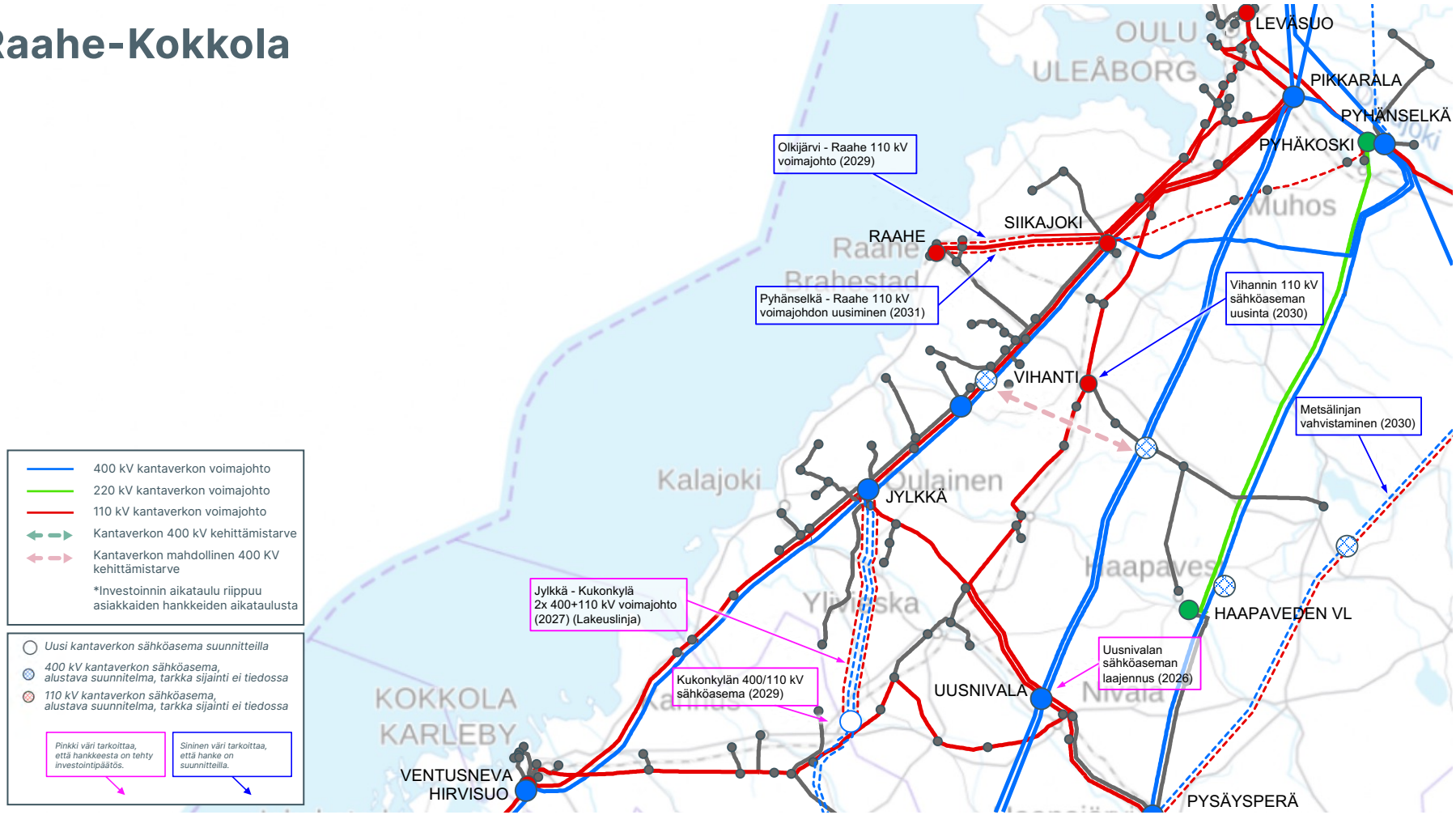
Länsi-Suomen suunnittelualue sisältää suurimman osan toteutuneista maatuulivoimahankkeista. Maatuulivoimapotentiaalin lisäksi alueelle on suunnitteilla suuren kokoluokan merituulivoimaliityntöjä, jotka voivat toteutuessaan laukaista alueellisia 400 kV vahvistustarpeita. Alueelle on lisäksi suunnitteilla suuren kokoluokan kulutushankkeita. Kulutushankkeiden laajamittainen toteutuminen voi myös aiheuttaa kantaverkkoa vahvistustarpeita, jotta käyttövarmuutta voidaan ylläpitää myös tuulettomina hetkinä, jolloin sähkö tuotaisiin alueelle muualta Suomesta.

Tulevaisuudessa alueen 400 kV kehittämistarpeet riippuvat suunniteltujen suuren kokoluokan teollisuus- ja sähköntuotantohankkeiden sijoittumisesta ja aikatauluista. Hirvisuo-Seinäjoki 400 kV voimajohdon ympäristövaikutusten arviointi on käynnissä ja tällä Fingrid varautuu alueen tuotanto- ja kulutushankkeiden mahdollisesti tuomiin kehitystarpeisiin.

Seuraavissa karttakuvissa on esitetty Länsi-Suomen alueen tarkemmat alueelliset kehittämissuunnitelmat.

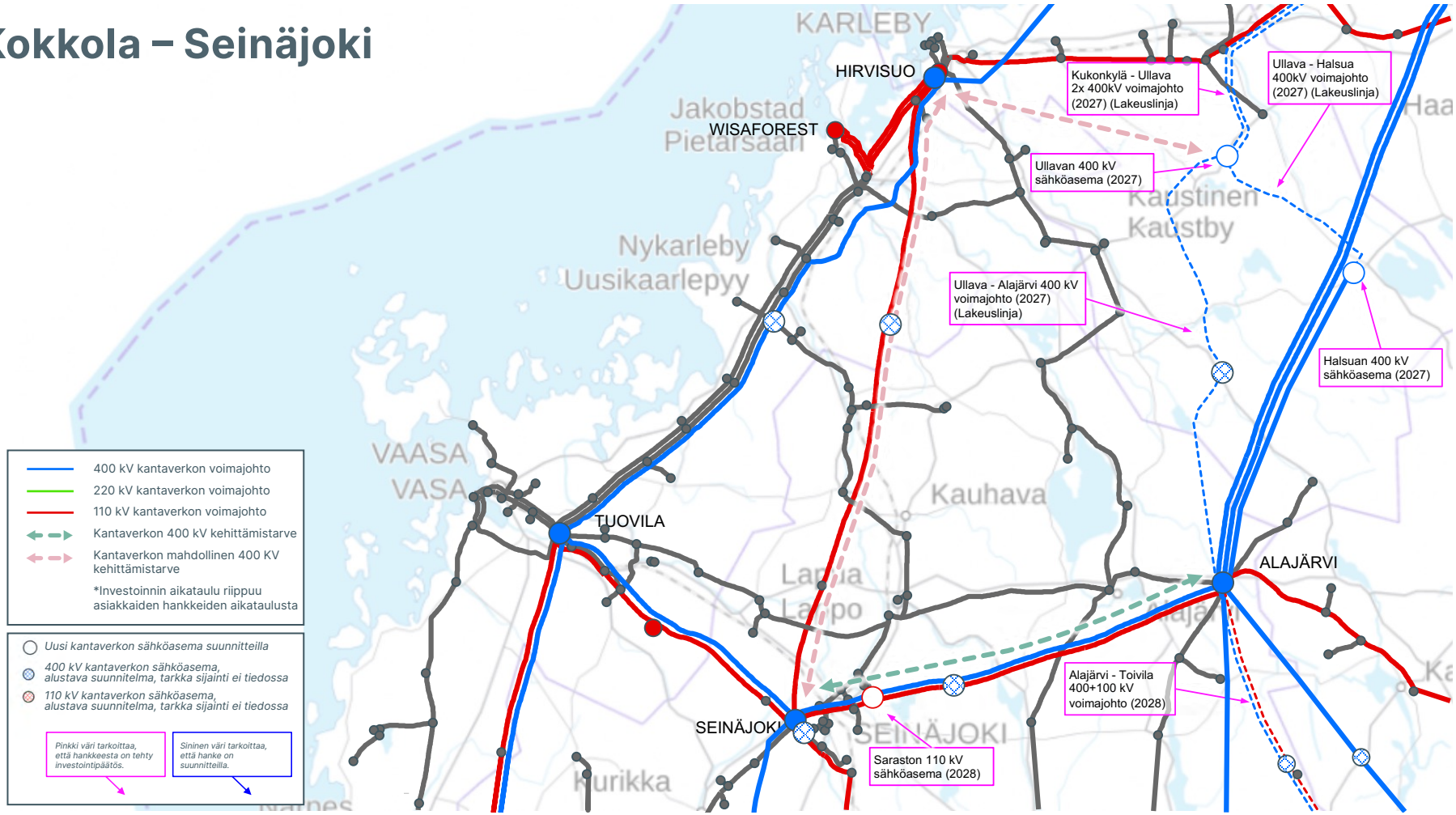


# Raahe-Kokkola

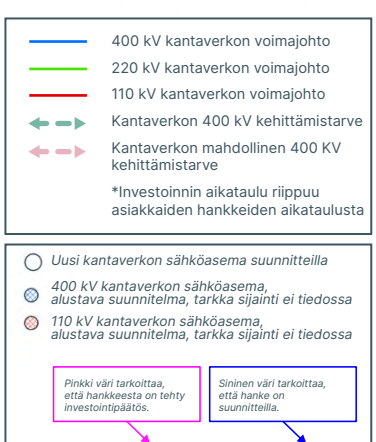


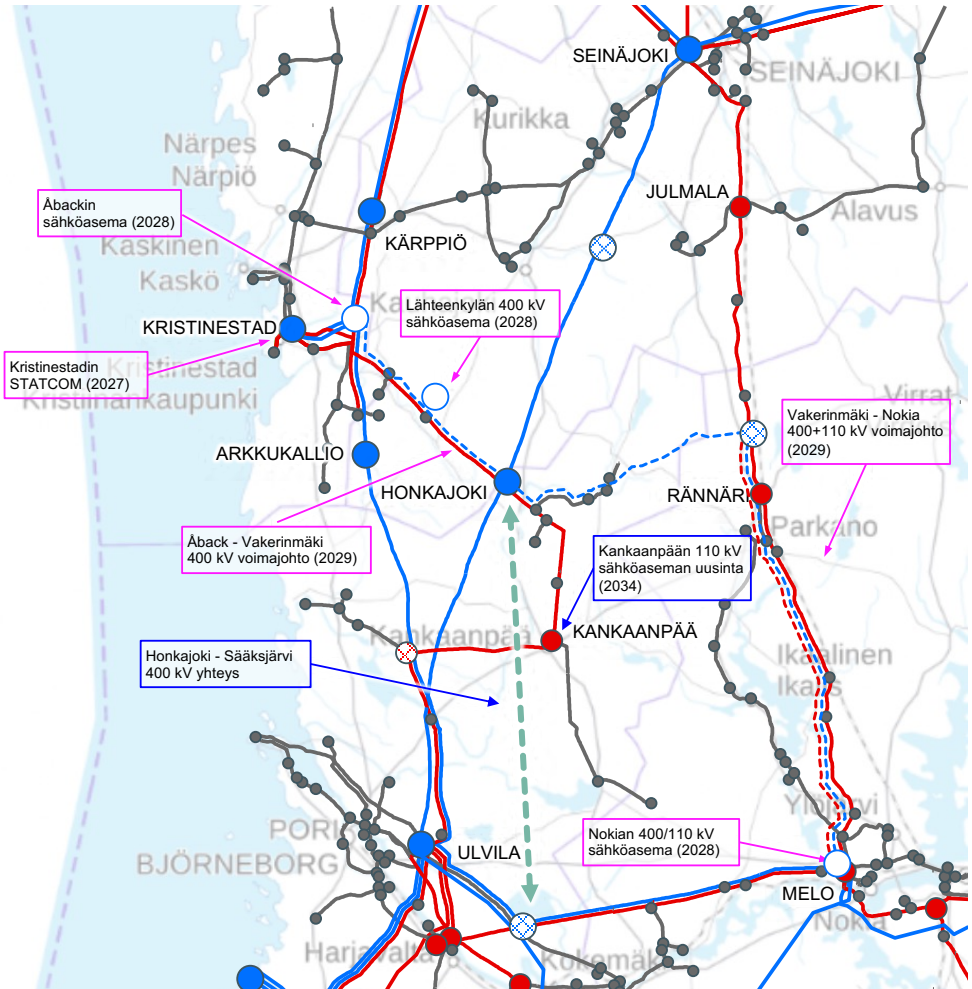
*Aikataulut ovat alustavia ja täsmentyvät lähempänä toteutusajankohtaa.*

# Kokkola – Seinäjoki

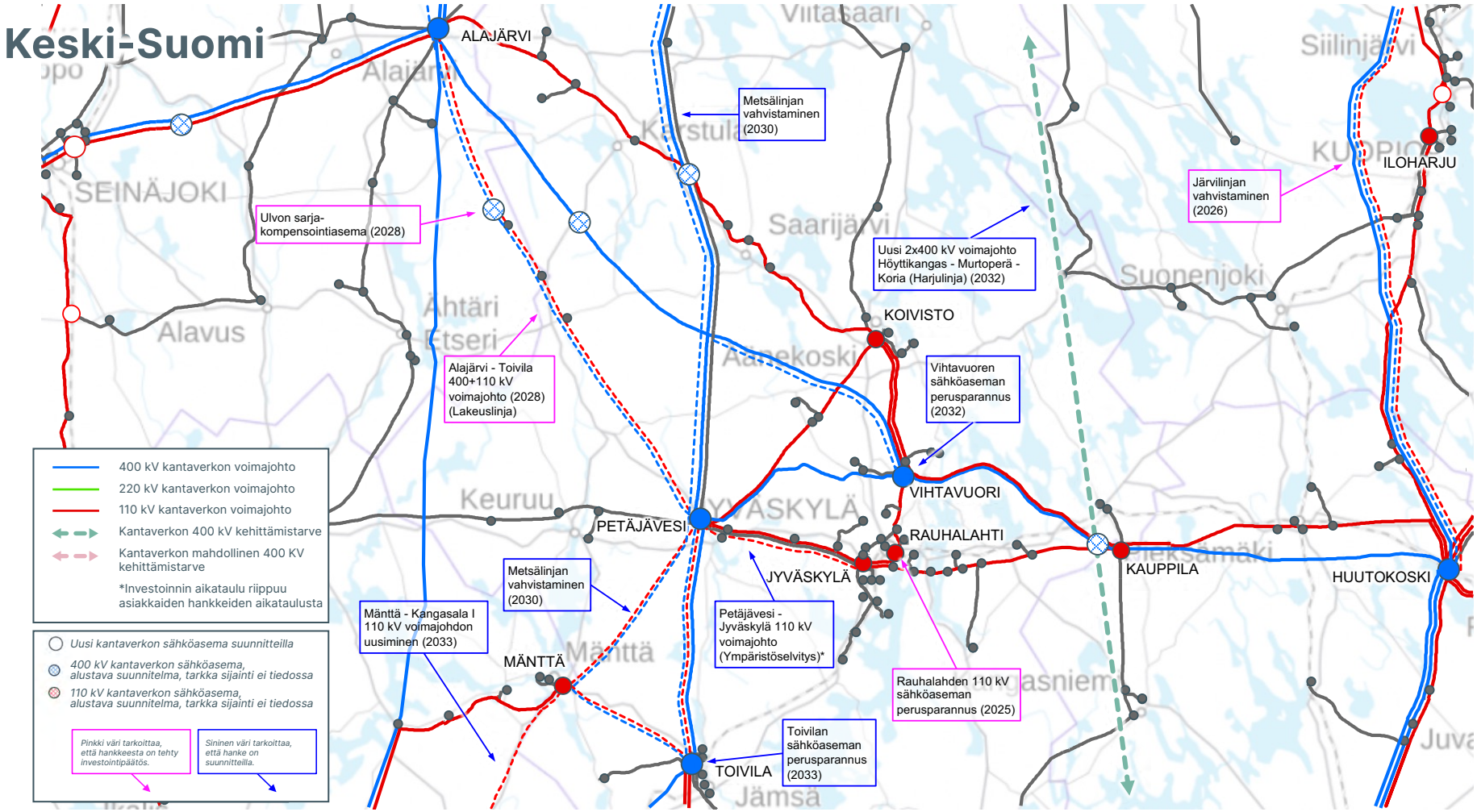


# Seinäjoki – Pori



*Aikataulut ovat alustavia ja täsmentyvät lähempänä toteutusajankohtaa.*



**Pohjois-Suomi**

Pohjois-Suomen alue kattaa noin kolmasosan Suomen pinta-alasta. Alueen siirtoetäisyydet ovat pitkiä ja alueen tuotanto ja -kulutus sijaitsee hyvin hajautetusti. Alueen 400 kV verkko ylettyy Rovaniemen korkeudelle, josta pohjoiseen käytetty ratkaisu on 220 kV.

Pohjois-Suomen alueen erityispiirteisiin lukeutuu suuri tuotantomäärä sekä vahva maatuulivoimapotentiaali sekä useat pumppuvoimalaitoshankkeet. Tuulivoimapotentiaali voi realisoitua, mikäli löydetään keinoja sovittaa tutkavalvonnan ja tuulivoimarakentamisen tarpeet. Suunniteillut pumppuvoimalaitokset (Kemijoki Oy (Kemijoki PSH), Pohjolan Voima (PUHTI PSH) Oyj ja Suomen Voima Oy (NOSTE PSH)) sijaitsevat Kemijärven alueella ja toteutuessaan hankkeet on suunniteltu liitettäväksi Pirttikosken sähköasemalle. Alueella on lisäksi suunnitteilla suuren kokoluokan kulutushankkeita, mm. datakeskuksia, painottuen erityisesti alueen eteläosiin. Hankkeiden laajamittaisen toteutumisen mahdollistamiseksi Fingrid on esittänyt maakuntakaavoitukseen useita 400 kV yhteystarpeita, joihin perustuen alueellista kapasiteettia on tarvittaessa mahdollista kasvattaa uusilla 400 kV yhteyksillä. Fingrid seuraa Pohjois-Suomen hankkeiden kehittymistä aktiivisesti ja valmistautuu käynnistämään tarvittavat 400 kV verkkovahvistukset asiakashankkeiden edistyessä.

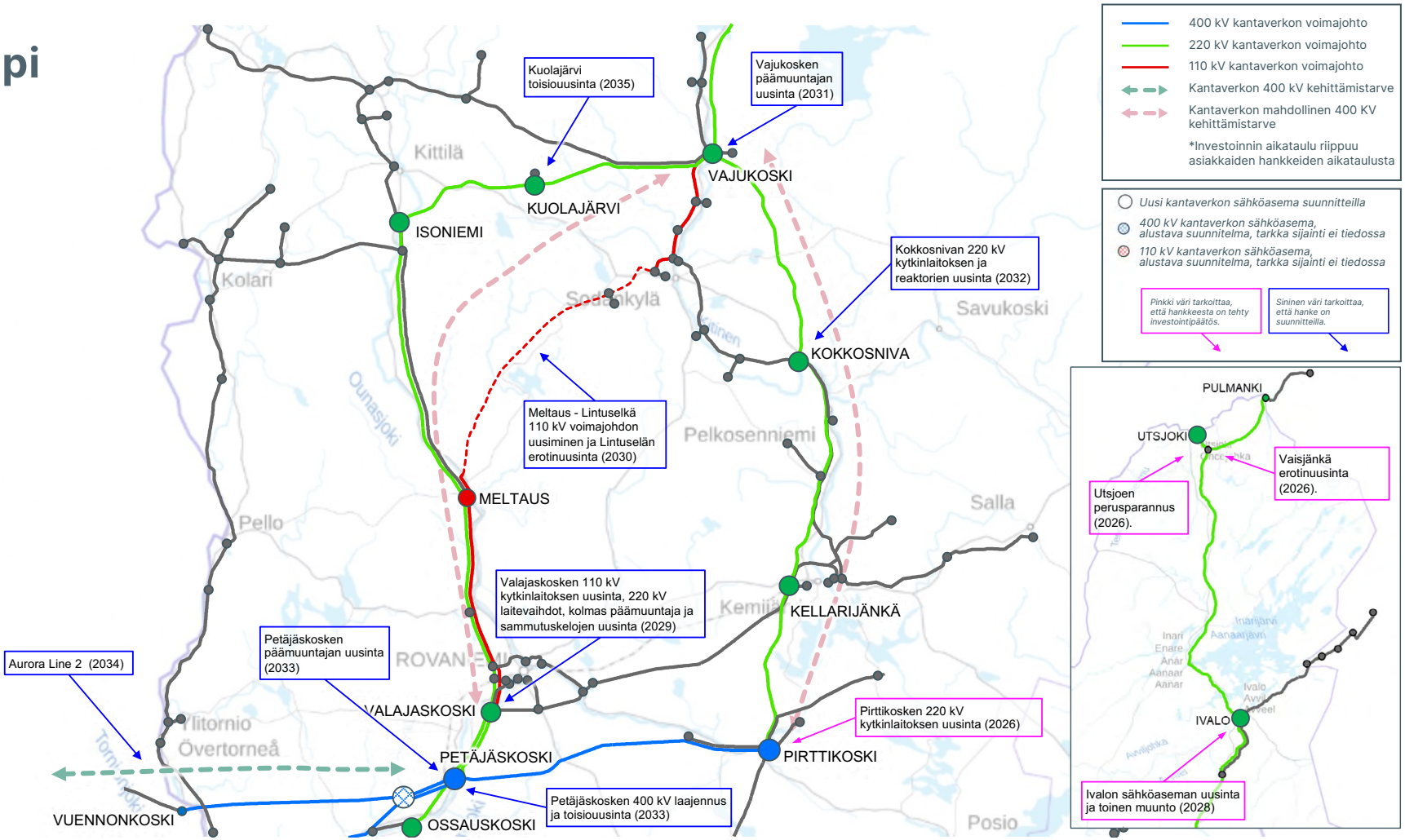
Seuraavissa karttakuvissa on esitetty Pohjois-Suomen alueen tarkemmat alueelliset kehittämissuunnitelmat.

*Fingrid seuraa tuotanto- ja kulutushankkeiden kehittymistä koko Suomessa.*

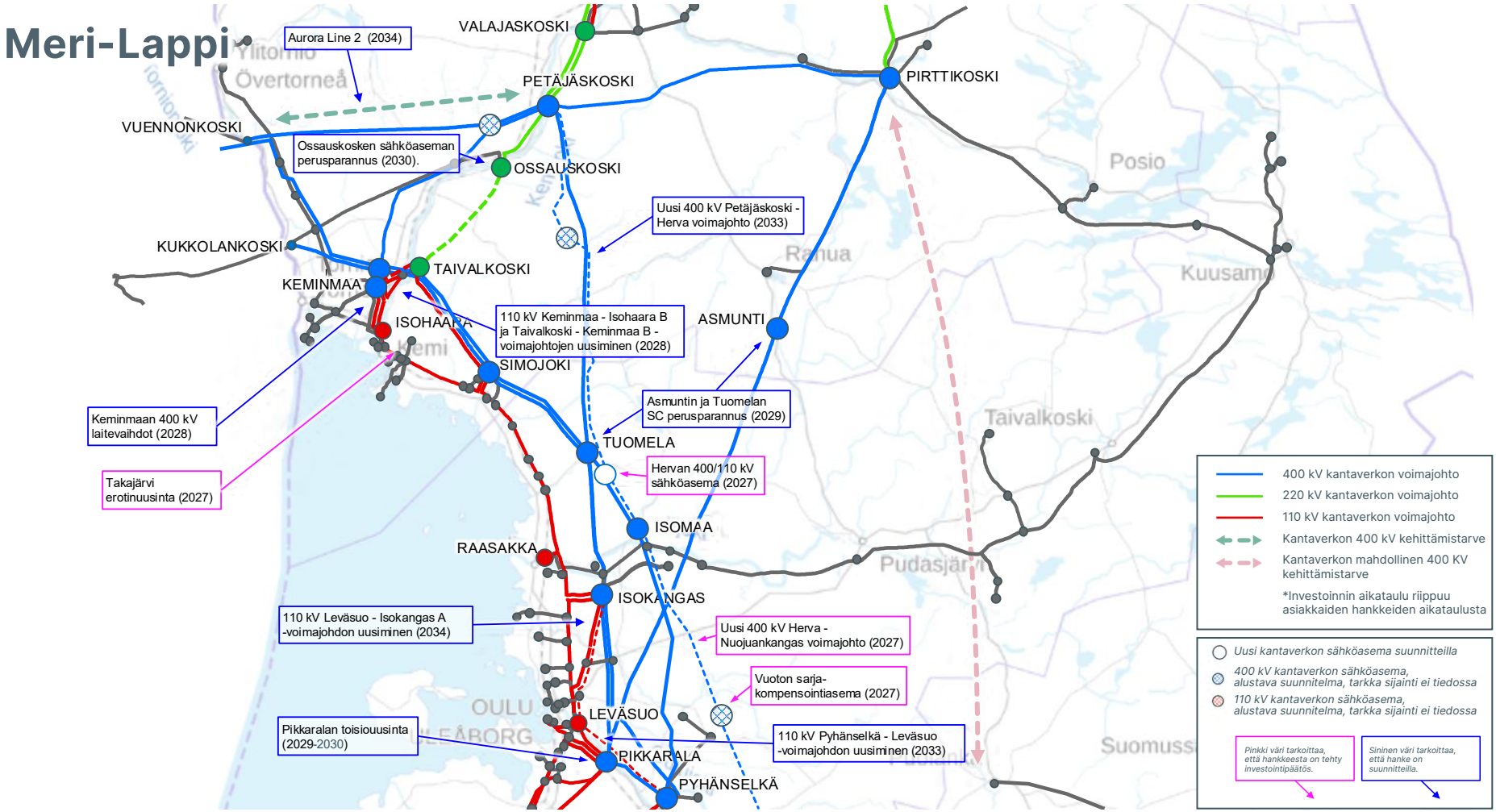


*Aikataulut ovat alustavia ja täsmentyvät lähempänä toteutusajankohtaa.*

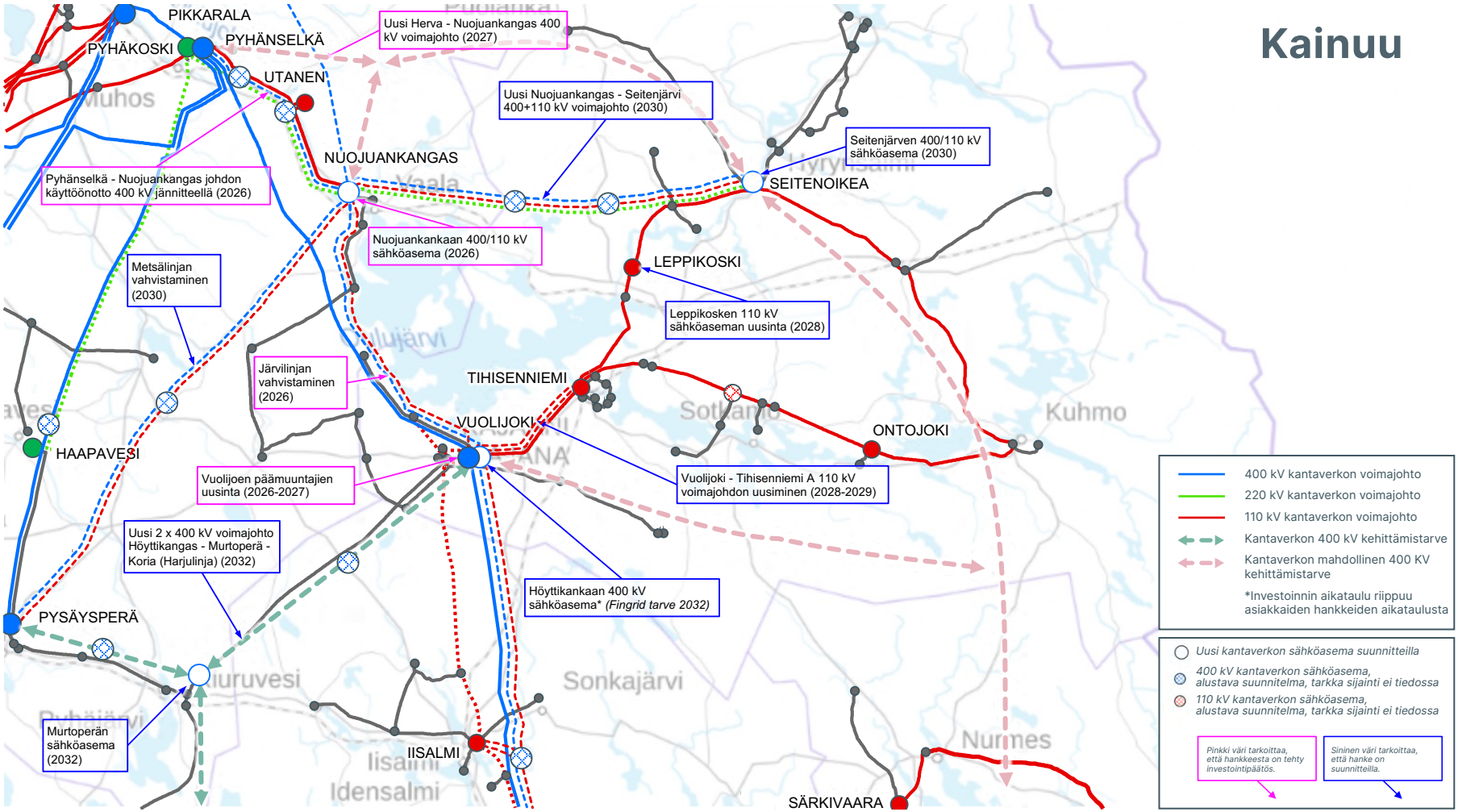
# Lappi



*Aikataulut ovat alustavia ja täsmentyvät lähempänä toteutusajankohtaa.*



*Aikataulut ovat alustavia ja täsmentyvät lähempänä toteutusajankohtaa.*



## Verkon siirtokykyä ja vakautta edistävät ratkaisut

Nopeasti tapahtuvan energiamurroksen myötä kantaverkkoon on investoitu ja tullaan investoimaan vielä merkittävästi. Tämän rinnalla tavoitteena on hyödyntää olemassa oleva verkko mahdollisimman tehokkaasti asiakashankkeiden liittämiseksi käyttövarmuudesta tinkimättä.

### Suuntaajavaltaisen järjestelmän stabiilius

Fingrid kehittää ja toteuttaa uusia teknisiä ratkaisuja vastaamaan nopeasti muuttuvan sähköjärjestelmän haasteisiin. Sähköverkon siirtokyky on koetuksella erityisesti tuulivoimavaltaisella länsirannikolla, koska nykyisen kaltaisilta suuntaajakytketyiltä voimalaitoksilta, kuten tuuli- ja aurinkovoimalaitoksilta, puuttuu tahtikoneiden luonnollinen ominaisuus vastustaa jännite- ja taajuusmuutoksia. Vuoden 2025 alussa länsirannikolla oli jo lähes 5 GW tuulivoimaa ja lisää on suunnitteilla. Korkean tuulivoimatuotannon ja etenkin sähköverkon keskeytystilanteiden aikana kantaverkko voi alueellisesti muuttua epästabiiliksi ja tuulipuistoja voi verkkovikojen seurauksena irrota sähköjärjestelmästä.

Fingrid ratkoo suuntaajavaltaistuvan järjestelmän haasteita tekemällä yhteistyötä alan toimijoiden kanssa sekä kehittämällä menetelmiä, joilla varmistetaan sähköjärjestelmän luotettava toiminta Suomessa ja muualla Pohjoismaissa. Yhtenä hyvänä esimerkkinä kehitystyöstä ovat uudet ns. verkkoa luovilla säätöominaisuuksilla (GFM, grid forming) varustetut sähkövarastot, jotka tukevat alueellisesti tuulivoiman stabiilia toimintaa. Kehitystyön tuloksena Fingrid on päivittänyt voimalaitoksia ja sähkövarastoja koskevat järjestelmätekniset vaatimuksensa (VJV2024 ja SJV2024). Liittyjien laitteistoilta edellytettävillä teknisillä kyvykkyyksillä on entistä keskeisempi rooli tulevaisuuden sähköjärjestelmän vakaan ja ennakoitavan toiminnan varmistamisessa.



Seuraavan kymmenen vuoden aikana voimajohtojen rakentamisen lisäksi jännitteen ja taajuuden stabiloimiseksi suuntaajavaltaisille alueille kantaverkkoon tullaan lisäämään tarvittava määrä verkkoja stabiloivia laitteistoja kuten synkronikompensaattoreita ja STATCOM-laitteistoja. Tällä hetkellä Jylkän sähköasemalle on jo rakenteilla synkronikompensaattori, joka valmistuu vuonna 2025, sekä Kristinestadin sähköasemalle STATCOM, joka valmistuu vuonna 2027. Seuraavien laitteistojen paikat ja aikataulut selviävät käynnissä olevien tarkempien selvitysten perusteella. Tähän vaikuttaa merkittävästi tulevaisuudessa toteutuvan tuuli- ja aurinkovoiman sekä sähkövarastojen sijoittumisen sekä näihin kohdistettavat tekniset asiakasvaatimukset.

**Suurille kulutusliitynnöille asetettavat vaatimukset**

Suurten kulutuskohteiden liityntäkyselyiden määrä on kasvanut valtavasti viime vuosien aikana, minkä vuoksi Fingrid on selvittänyt niiden vaikutusta Suomen sähköjärjestelmän toimintaan. Erityisesti kulutuskohteiden irtoaminen jännitekuopissa ja niiden tehon palautuminen häiriön jälkeen voivat aiheuttaa haasteita järjestelmän käyttövarmuudelle.

Fingrid tulee päivittämään vuonna 2025 kulutuksen järjestelmätekniset vaatimukset. Vuonna 2026 voimaan tulevissa vaatimuksissa tullaan asettamaan useita uusia teknisiä vaatimuksia kulutusliitynnöille. Tällä varmistetaan kulutuskohteiden luotettava ja ennakoitava toiminta osana suuntaajavaltaista sähköjärjestelmää.

**Kantaverkon siirtokyky ja jännitestabiilius**

Uusien voimajohtojen lisäksi olemassa olevien ja tulevien voimajohtojen siirtokykyä voidaan kasvattaa sarja- ja rinnakkaiskompensoinnilla. investoinnit sarja- ja rinnakkaiskompensointiin yhdessä asiakkaille asetettujen loistehon tuotantoon ja kulutukseen kohdistuvien vaatimusten kanssa varmistavat tarvittavan ja ennakoitavan siirtokyvyn sekä jännitestabiiliuden säilymisen.

Suomen kantaverkossa verkon siirtokykyä on saatu kustannustehokkaasti kasvatettua sarjakondensaattoreilla, joilla kompensoidaan osa johdon induktiivisesta reaktanssista. Sarjakompensoinnin voidaan ajatella lyhentävän verkon sähköistä pituutta, minkä vuoksi sarjakompensointi parantaa sekä voimalaitosten tehoheilahtelujen vaimenemista että jännitestabiiliutta. Sarjakompensointia käytetään Pohjois- ja Etelä-Suomen sekä Suomen ja Ruotsin välisillä pitkillä 400 kV siirtoyhteyksillä.

Suurten siirtojen aikana jännitteet laskevat myös Keski- ja Etelä-Suomen sarjakompensoimattomilla osuuksilla.



*Tavoitteena on hyödyntää olemassa oleva verkko mahdollisimman tehokkaasti asiakashankkeiden liittämiseksi käyttövarmuudesta tinkimättä.*



Keski-Suomen poikkileikkauksen eteläpuolinen kantaverkko on voimakkaasti silmukoitu ja johtopituudet ovat lyhyitä, joten sarjakompensointi ei ole teknisesti toteuttamiskelpoinen ratkaisu.

Etelä-Suomessa fossiilisiin polttoaineisiin perustuva sähköntuotanto on vähenemässä merkittävästi. Perinteisen tuotannon poistuessa ja sähkön kulutuksen lisääntyessä kantaverkon siirtotarpeet kasvavat, minkä seurauksena Etelä-Suomea syöttävät 400 kV siirtojohdot tulevat käymään ns. yliluonnollisella teholla suurissa siirtotilanteissa. Tällöin johdot kuluttavat huomattavasti loistehoa, joka tulee kompensoida paikallisesti. Samalla perinteisen tuotannon väheneminen heikentää verkon dynaamista jännitetukea. Mikäli verkossa ei ole riittävästi jännitetukea jännitestabiilius heikkenee ja määrittää siirtokyvyn.

Etelä-Suomessa verkon staattisen jännitetuen ensisijaisena ratkaisuna käytetään 20 kV rinnakkaiskondensaattoreita, jotka kytketään päämuuntajien tertiääriin. Vaihtoehtoisena ratkaisuna ovat 400 kV rinnakkaiskondensaattorit, mikäli tuen tarve on paikallisesti suuri eikä soveltuvia paikkoja 20 kV rinnakkaiskondensaattoreille ole riittävästi.

Viime vuosien aikana rinnakkaiskompensointia on toteutettu yhdeksälle sähköasemalle. Seuraavien kahden vuoden aikana uusia rinnakkaiskompensaattoreita valmistuu 13 sähköasemalle. Tulevaisuudessa tarve rinnakkaiskompensoinnin kasvattamiselle tulee jatkumaan. Näiden kompensointi-investointien toteutuminen ja kohteet riippuvat kulutuksen sijoittumisesta, siirtotarpeiden kehittymisestä sekä uusien 400 kV yhteyksien toteutumisesta.

Staattisen kompensoinnin lisääminen ei yksistään riitä parantamaan jännitestabiiliutta. Verkon nopeiden muutostilanteiden hallitsemiseksi vaaditaan dynaamista

jännitetukea. Dynaamista jännitetukea tarvitaan Etelä-Suomessa vuosikymmenen loppuun mennessä jännitteen laadun varmentamiseksi ja liian suurten jännitemuutosten välttämiseksi erilaisissa kytkentä- ja häiriötilanteissa. Dynaamista jännitetukea ollaan lisäämässä rakentamalla Anttilan sähköasemalle STATCOM. Jatkoinvestointeja dynaamisen jännitetuen lisäämiseksi selvitetään.

**Dynaamisen kuormitettavuuden hyödyntäminen**

Avojohtojen kuormitusvirtakestoisuus riippuu merkittävästi vallitsevista ympäristön olosuhteista ja tyypillisesti avojohtojen kuormitettavuus ilmoitetaan vähätuulisessa hellelämpötilassa. Suomessa sää on kuitenkin suurimman osan vuodesta hellelukemia viileämpi tai tuulinen, jolloin virtakestoisuus on tätä staattista kuormitettavuutta (SLR) suurempi. Dynamic Line Rating (DLR)-tekniikan avulla voidaan määrittää voimajohdolle reaaliaikainen kuormitettavuus ottamalla huomioon ympäristön olosuhteista, kuten vallitsevasta lämpötilasta sekä tuulen voimakkuudesta. Määrittämällä reaaliaikainen terminen kuormitettavuus voidaan hyödyntää voimajohtojen siirtokapasiteetti täysimääräisesti.

Dynaamisen kuormitettavuuden Dynamic Line Rating (DLR) mahdollistamiseksi Fingrid ottaa käyttöön järjestelmän voimajohtojen reaaliaikaisen kuormitettavuustiedon määrittämiseksi ja hyödyntämiseksi. Myös tulevaisuuden suunnittelussa hyödynnetään entistä enemmän dynaamista kuormitettavuutta erilaisten tilastotieteellisten analyysien avulla.

**Verkkoinvestointien ohella toteutettavia toimenpiteitä kantaverkon siirto- ja liittämiskyvyn varmistamiseksi**

Jotta suunnitelmat sähkönkulutuksen kaksinkertaistamiseksi olisivat mahdollisia ja asiakkaiden hankkeita voitaisiin liittää kantaverkkoon enemmän, tarvitaan verkkoinvestointien lisäksi muitakin keinoja. Näitä voivat olla hankkeiden sijoittumisen ohjaaminen ja hybridiliitynnät sekä joustavat liitynnät siirto- ja liittymiskyvyn varmistamiseksi. Nämä voisivat mahdollistaa useampien asiakashankkeiden liittämisen sekä nopeuttaa liittämistä.

Fingridille tulleiden tuotanto- ja kulutuskyselyiden perusteella valtaosa tuotanto- ja kulutushankkeista on sijoittumassa pääosin eri puolille maata kauas toisistaan. Tämä vaatii merkittäviä vahvistuksia kantaverkkoon. Mitä lähemmäs tuotanto ja kulutus sijoittuvat toisiaan – jopa saman liittymispisteen taakse, sitä enemmän ja nopeammin liityntöjä voidaan mahdollistaa ja sitä pienemmät ovat sähkönsiirtohäviöt.

Tällä hetkellä haasteena on, että kulutuksen liityntäkapasiteetti varataan suurelta osin nopeasti toteuttaville sähkövarastoille, ja viedään kapasiteetti luvitukseltaan pitkäkestoisemmilta vihreän siirtymän teollisuuden ja muun elinkeinoelämän sähköistyshankkeilta. Sähkövarastot olisivatkin kokonaisuuden kannalta järkevää sijoittaa lähemmäksi sähkön tuotantoa kuin alueita, joille suunnitellaan sähköä käyttäviä investointeja.

*Fingrid ottaa käyttöön järjestelmän voimajohtojen reaaliaikaisen kuormitettavuustiedon hyödyntämiseksi.*

Joustavassa liitynnässä liittyjä hyväksyy ajoittaiset rajoitukset siirrossa ennalta sovituin ehdoin. Joustavilla liitynnöillä voidaan mahdollistaa asiakkaiden liittäminen ennen verkkovahvistuksien valmistumista tai jopa pysyvänä ratkaisuna ja välttää turhia verkkoinvestointeja, kun voidaan välttyä varautumiselta hyvin epätodennäköisiin vika- ja siirtotilanteiden yhdistelmiin.

## Kunnonhallinta

Suomen kantaverkko on kehittynyt lähes 100 vuoden aikana. Suurin osa kantaverkon vanhimmista osista on jo perusparannettu tai korvattu. Vanhimmat käytössä olevat 110 kV voimajohdot on rakennettu 1940-luvulla. Kantaverkon voimajohtojen keski-ikä on noin 31 vuotta, mikä on yli 15 vuotta suurempi kuin asemien suurjännitelaitteiden 16 vuoden keski-ikä. Noin kuudennes johtojen kokonaispituudesta on yli 50 vuoden ikäistä, kun asemalaitteista vain alle 5 prosenttia on yli 40 vuoden ikäistä.

Laitteiden elinkaaren lähestyessä loppuaan ne pyritään korvaamaan oikea-aikaisesti, ennen kuin laitteiden vaurioitumisesta koituu haittaa. Elinkaaria voidaan pidentää korjauksilla ja perusparannuksilla, mutta joskus korvausinvestointia voidaan myöhästyttää tietoisesti. Ulkoisista syistä tai vioissa vaurioituneet laitteet täytyy korvata välittömästi. Kuormitettavuudeltaan riittämättömäksi jääneet verkon osat korvataan vahvemmalla verkolla. Vanha laite voidaan tarvittaessa korvata uudella myös uuden laitteen ylivertaisten teknisten ominaisuuksien tai häviöiden pienentämisen takia. Tarpeettomaksi käynyt laite tai verkon osa voidaan siirtää uuteen paikkaan tai poistaa käytöstä. Myös turvallisuus- ja ympäristösyistä voidaan tehdä ennenaikaisia korvausinvestointeja.

Elinkaarien optimoinnissa tärkeä työkalu on laitteiden historiatiedot sisältävä, kattava ja ajantasainen omaisuudenhallintajärjestelmä. Sen avulla voidaan elinkaarien suunnittelussa ottaa huomioon kaikki hankinnassa, käytössä, tarkastuksissa ja kunnossapidossa syntyneet tiedot. Lisää päätöksenteossa tarvittavaa taustatietoa tuo verkkoyhtiöiden kansainvälinen yhteistyö, jonka ansiosta saadaan muun muassa muutoin hitaasti kertyvää kokemusperäistä tietoa laitteiden käytöstä ja vikaantumisista.





Kantaverkon käyttövarmuus pidetään hyvällä tasolla ikääntymisestä huolimatta. Ikääntyvän verkon saneeraus-, korjaus- ja korvausinvestointien ajoittamispäätökset ovat keskeisen tärkeitä kantaverkko-omaisuuden kustannustehokkaassa ja laadukkaassa hallinnassa. Digitaalisen kunnossapidon osoittamat sekä muilla tavoin kerätyt kantaverkon kunnossapito- ja perusparannustarpeet kerätään verkko-omaisuuden hallintajärjestelmään. Näistä tarpeista muodostetaan kokonaisuuksia, jotka toteutetaan parantavana kunnossapitona tai erillisenä isompana perusparannushankkeena. Kantaverkon investointisuunnitelman ylläpidon tärkeänä osana on kunnonhallinnan ja verkkosuunnittelun tiivis yhteistyö.

Kehittämissuunnitelman ajanjaksolla on vähemmän perusparannuksia kuin aiempina vuosina. 1970- ja 1980-luvuilla kantaverkkoa rakennettiin paljon, kun teollisuuden sähkönkulutus kasvoi ja ydinvoimalaitoksia liitettiin verkkoon, mutta nyt tuon aikakauden sähköasemat on lähes kaikki jo uusittu tai perusparannettu. Seuraavaksi uusimis- ja perusparannusvuorossa ovat 1990-luvulla rakennetut kohteet, joita on määrällisesti vähemmän. Vuodesta 2030 alkaen perusparannuksissa korostuvat sähköasemien toisiouusinnat. Toisiojärjestelmät uusitaan 20 vuoden välein, joten 2010-luvulla kiihtynyt rakentaminen näkyy niiden määrässä. 110 kV voimajohtoja uusitaan ympäri Suomea.

## Asiakkaiden liittäminen

Fingridille tulleiden liityntäkyselyiden määrä on kasvanut merkittävästi ja tällä hetkellä eri vaiheissa olevia kyselyitä on tuhansia. Näistä osa liittyisi kantaverkkoon ja osa jakeluverkkoihin. Lisäksi on varauduttava nykyisten asiakkaiden tehonkasvuun ja jakeluverkossa tapahtuvaan sähkönkulutuksen kasvuun.

Fingridin näkemyksen mukaan vain rajallinen osuus kyselyiden taustalla olevista kulutus- ja tuotantohankkeista toteutuu, mikä lisää epävarmuutta uuden tuotannon ja kulutuksen sijoittumisesta. Hankkeiden määrän lisäksi hankkeiden kokoluokka on kasvanut viime vuosina moninkertaiseksi aiempaan nähden. Koska kyseltyjen hankkeiden kokoluokka on kasvanut hyvin suureksi, voi yksi asiakashanke viedä jollain alueella koko sähköverkon kapasiteetin.

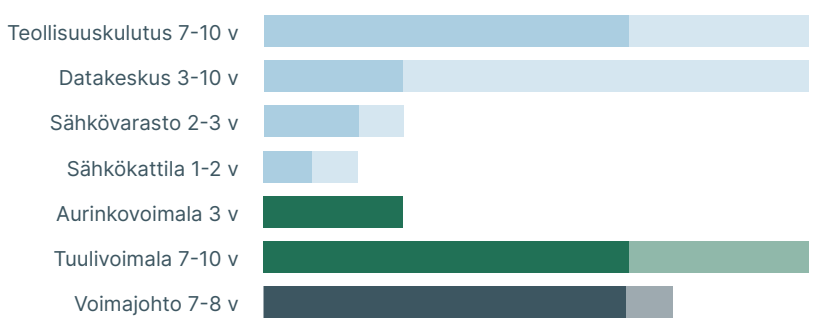
Vaikka Fingrid ei ennusteissaan oleta kaikkien liityntäkyselyiden taustalla olevien hankkeiden toteutuvan, jokaiselle kyselylle määritetään liityntäpiste, ja alueellista verkkosuunnittelua tehdään kyselyiden ja niiden kypsyyden perusteella. Uuden tuotannon ja kulutuksen sijoittumisen epävarmuus haastaa tulevaisuuden päävoimansiirtoverkon siirtotarpeiden arviointia, mutta vielä suurempaa epävarmuutta se aiheuttaa asiakkaan liittämiseen liittyviin investointitarpeiden ennakoinnissa. Tämän vuoksi vaadittavat kantaverkon investointihankkeet etenevät toteutukseen vasta, kun tuotanto- ja/tai kulutushankkeet ovat edenneet riittävän pitkälle kohti toteutusta.

Fingrid pyrkii mahdollistamaan kaikkien toteutukseen etenevien hankkeiden liittämisen kantaverkkoon. Verkon vahvistaminen luvitus- ja rakentamisvaiheineen vie kuitenkin vuosia, ja jos hankkeet etenevät nopeammin tai keskittyvät voimakkaasti tietylle alueelle, verkon kapasiteetista voi



tulla ajoittaista niukkuutta. Lisäksi yllättävät muutokset sähkön tuotannossa ja kulutuksessa, kuten suuren voimalaitoksen tai teollisuuslaitoksen sulkeminen voi heikentää kapasiteettitilannetta.

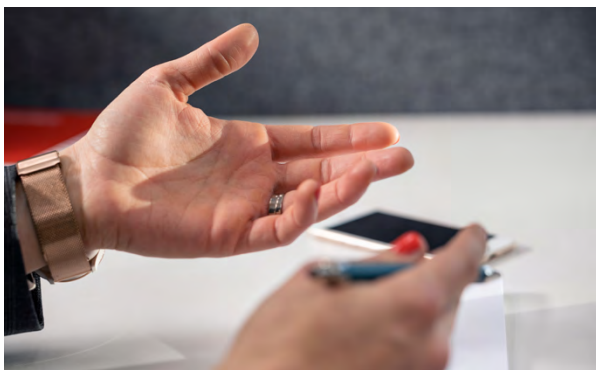
Hankkeiden liittäminen kantaverkkoon pyritään mahdollistamaan myös tilanteissa, joissa alueellinen siirtokyky on tilapäisesti niukka. Tällöin hyödynnetään erilaisia joustoratkaisuja, kunnes tarvittavat verkkovahvistukset valmistuvat. Joustoratkaisujen mahdollisuudet arvioidaan tapauskohtaisesti, ja käytettävissä olevia keinoja voivat olla esimerkiksi väliaikainen johdonvarsiliityntä, verkkosuoja tai tehoraja. Joustoratkaisun edellytyksenä on, että se ei saa vaarantaa kantaverkon, tai muiden alueelle liittyneiden asiakkaiden käyttövarmuutta. Joustoratkaisujen ehdot täsmentyvät uuden sähkömarkkinalain myötä.




*Kuva 1. Erilaisten investointien toteutusaikataulut suunnittelusta käyttöönottoon. Toteutusajat ovat Fingridin asiantuntija-arvioita.*

Kantaverkkoliitynnöistä sovitaan erillisellä liittymissopimuksella, jossa määritellään omistus- ja vastuurajat sekä sovitaan liittymismaksuista. Sopimuksen tekemisen edellytyksenä on, että hankkeen edellyttämä kaava (tai suunnittelutarveratkaisu) ja rakennuslupa ovat lainvoimaisia, liittymistapa on teknisten ehtojen mukainen ja mahdollisesti tarvittavaa liityntäjohtoa koskeva lunastuslupahakemus on lähetetty viranomaiselle. Liittymissopimus sisältää Fingridin yleiset liittymisehdot ja voimajärjestelmän tekniset vaatimukset, jotka muodostavat osan sopimuksen ehdoista.

Fingrid on ottanut käyttöön perinteisen liittymissopimuksen rinnalle uuden, aikaisemmassa vaiheessa tehtävän ehdollisen liittymissopimuksen. Tämän tavoitteena on tukea ja helpottaa suurten teollisten hankkeiden investointipäätösprosesseja lisäämällä varmuutta verkkoliitännän saatavuuteen. Alkuvaiheessa malli koskee



*Fingrid pyrkii mahdollistamaan kaikkien toteutukseen etenevien hankkeiden liittämisen kantaverkkoon.*

vähintään 250 MW suuruisia laajoja, luvitukseltaan pitkäkestoisia kulutushankkeita, mutta sitä on tarkoitus laajentaa jatkossa myös suuriin tuotantohankkeisiin. Ehdollinen liittymissopimus voidaan tehdä, kun asiakas on saanut perustellun päätelmän hankkeen YVA-menettelystä, ympäristölupaprosessi on käynnistetty, ja asiakas on hankkinut tai vuokrannut hankealueen tontin. Lisäksi asiakasliitynnän edellyttämien verkkoinvestointien tulee olla toteutettavissa teknis-taloudellisesti hyväksyttävällä tavalla ja kohtuullisessa aikataulussa. Ehdollisessa liittymissopimuksessa sovitaan asiakkaan hankkeen liitynnän toteuttamisesta ja sopimusehdoista.

Kantaverkkoon liittyminen etenee vaiheittain ja suunnitellaan hyvissä ajoin yhteistyössä asiakkaan kanssa. Prosessi käynnistyy asiakkaan toimittamien liityntätietojen pohjalta, joiden perusteella arvioidaan liittymismahdollisuudet ja sovitaan liittymistavasta. Suunnitteluvaiheessa asiakkaiden realistiset tehoennusteet ovat erityisen tärkeitä, jotta vaadittavat verkkovahvistukset voidaan aikatauluttaa oikein. Liittymistapaa sovittaessa otetaan huomioon kantaverkon käyttövarmuus, siirtokyky, sähköturvallisuus, ympäristövaikutukset ja kokonaiskustannukset. Yleisissä liittymisehdoissa (YLE) on esitetty kantaverkkoliityntöjä koskevat vaatimukset.

Fingrid investoi vuosittain merkittävästi asiakashankkeiden liittämiseksi. Investoinnit sisältävät verkkoliityntöjen lisäksi erilaisia verkon vahvistuksia, kuten uusia päämuuntajia tai voimajohtoja. Verkkoinvestoinnit suunnitellaan yhteistyössä asiakkaiden kanssa vastaamaan viimeisimpiä realistisia tehoennusteita sekä seuraamalla hankkeiden etenemistä. Verkkoinvestointeja hallinnoidaan näihin ennusteisiin pohjautuvilla alueellisilla, jatkuvasti päivittyvillä verkkosuunnitelmilla. Alueen kehittymistä seurataan aktiivisesti ja verkkovahvistuksissa edetään alueen sähkön kulutuksen tai -tuotannon kasvaessa.



Tässä dokumentissa ei yksilöidä tuotannon ja kulutuksen liittämisen vaatimia välittömiä investointeja, sillä Fingridin ei voi ottaa kantaa yksittäisten suunnitteilla olevien asiakashankkeiden toteutumistodennäköisyyksiin.

## Rajasiirtokapasiteetti

Rajasiirtoyhteyksien ylläpito ja kehittäminen ovat keskeisiä sähköjärjestelmän ja sähkömarkkinoiden toimivuuden ja tehokkuuden varmistamisessa. Fingrid kehittää rajasiirtoyhteyksiä yhteistyössä naapurimaiden kanssa edistäen järjestelmän joustavuutta ja sähkömarkkinoiden integraatiota. Rajasiirtoyhteydet parantavat myös sähköjärjestelmän liitettävyyttä sekä sähkön riittävyyttä ja toimitusvarmuutta järjestelmätasolla.

### Nykyiset rajayhteydet

Suomen sähköjärjestelmä on kytketty suurjännitteisillä vaihtosähköyhteyksillä Pohjois-Ruotsiin ja Pohjois-Norjaan sekä tasasähköyhteyksillä Keski-Ruotsiin ja Viroon. Tasasähköyhteys Venäjälle poistui käytöstä vuonna 2022 Venäjän Ukrainaa vastaan aloittaman sodan ja siitä seuranneiden talouspakotteiden vuoksi.

Marraskuussa 2025 Fingridin hallinnassa olevien siirtoyhteyksien sähkömarkkinoille annetut kaupalliset siirtokapasiteetit ovat enintään (Suomesta / Suomeen).
Ruotsi: 3100 / 3100 MW
Viro: 1016 / 1016 MW

Vaihtosähköyhteyksien siirtokapasiteetit on perinteisesti määritetty NTC-periaatteella (Net Transfer Capacity), joka tarkoittaa kaupallista maksimituontikapasiteettia. Tämä menetelmä on pitänyt kapasiteetit varsin vakaina, ja muutoksia on aiheutunut vain huolto- ja vikakeskeytyksistä.

Vuonna 2024 Pohjoismaissa siirryttiin Flow-based -menetelmään kaupallisten siirtokapasiteettien määrittämisessä sähkömarkkina-alueiden välillä. Flow-based laskennassa kapasiteetit määritetään koordinoidussa laskennassa, jossa otetaan huomioon myös verkon sisäiset rajoitteet. Menetelmän myötä rajojen kapasiteetit saattavat riippua toisistaan ja markkinatulos voi olla epäintuitiivinen, eli sähkö voi siirtyä myös kalliimmalta alueelta halvemmalle.



## Rajasiirtokapasiteetin kehittäminen

RUOTSI
Vuonna 2025 valmistui Ruotsin ja Suomen välinen uusi rajayhteys Aurora Line. Projekti on saanut EU:lta Project of Common Interest (PCI) -statuksen. PCI-hankkeiksi valitut projektit voivat muun muassa hyötyä nopeutetusta lupakäsittelystä ja ovat oikeutettuja hakemaan taloudellista tukea Connecting Europe Facility (CEF) -rahoitusinstrumentista. Aurora Line hankkeen merkittävyyden vuoksi EU myönsikin hankkeelle 127 miljoonan euron tuen. Myönnetty tuki on osa Verkkojen Eurooppa -rahoitusohjelmaa.

Fingrid ja Svenska kraftnät käynnistivät vuoden 2022 lopulla selvitystyön, jossa haetaan tarkempaa näkemystä seuraavan uuden rajajohtoyhteyden toteuttamisesta pohjoiseen. Selvityksessä tarkastellaan muun muassa yhteyden kapasiteettia, liityntäpisteitä ja toteutusaikataulua. Suunnitteilla olevalle rajajohtoyhteydelle, Aurora Line 2:lle, on haettu myös PCI-statusta. Aurora Line 2 tulee vahvistamaan siirtokapasiteettia Suomen ja Ruotsin SE1 alueen välillä ja sen käyttöönotto on Fingridin kehittämissuunnitelmassa ajoitettu vuodelle 2034. Keskustelu yhteyden tarkemmasta aikataulusta on käynnissä Svenska kraftnätin kanssa.

Fingrid ja Svenska kraftnät allekirjoittivat vuoden 2025 keväällä aiesopimuksen uuden merikaapeliyhteyden, Fenno-Skan 3:n, selvityksen käynnistämisestä. Fenno-Skan 3:n kapasiteetin arvioidaan olevan 800 MW ja yhteyden odotetaan valmistuvan vuoteen 2038 mennessä. Tällä hetkellä Suomen ja Ruotsin välillä on kaksi suurjännitteistä tasavirtayhteyttä: vuonna 1989 valmistunut Fenno-Skan 1 ja vuonna 2011 valmistunut Fenno-Skan 2. Näiden yhteenlaskettu siirtokapasiteetti on 1200 MW. Fenno-Skan 3:n on tarkoitus korvata Fenno-Skan 1 sen tullessa käyttöikänsä päähän 2030-luvun loppuun mennessä. Tällöin Suomen ja tasavirtayhteyksien kokonaiskapasiteetti nousisi 1600 MW:iin. Fenno-Skan 3:lle on haettu PCI-statusta.



*Rajasiirtoyhteyksien ylläpito ja kehittäminen ovat keskeisiä sähköjärjestelmän ja sähkömarkkinoiden toimivuuden ja tehokkuuden varmistamisessa.*



VIRO

Suomen ja Viron välillä on kaksi tasasähköyhteyttä: EstLink 1 (358 MW) ja EstLink 2 (658 MW). Fingrid ja Elering ovat parhaillaan tekemässä selvitystyötä, jossa selvitetään EsLink3- yhteyden kannattavuutta ja haetaan tarkempaa näkemystä hankkeen kustannustenjaolle ja ajoittamiselle. Suunnittelua jatketaan myös osana kansainvälistä verkkosuunnitteluyhteistyötä ja yhteydelle on haettu PCI-statusta. EstLink 3:en suunniteltu käyttöönotto on vuonna 2038.

NORJA

Fingrid ja Norjan kantaverkkoyhtiö Statnett ovat selvittäneet Pohjois-Suomen ja Pohjois-Norjan välisten siirtoyhteyksien kehittämistä. Mahdollinen siirtokapasiteetin tarve liittyy PohjoisNorjan teollisuuden sähköntarpeen kasvuun ja alueen tuulivoimapotentiaalin mahdolliseen hyödyntämiseen. Pohjois-Norjassa ongelmana ovat Finnmarkin alueen heikot yhteydet muuhun Norjan verkkoon. Kehittämisvaihtoehtoina pohditaan nykyisen vaihtosähköyhteyden muuttamista tasasähköyhteydeksi Norjan puolelle sijoittuvalla tasasähköasemalla (ns. back to back HVDC) tai nykyisen siirtoyhteyden ohjattavuuden parantamista ns. vaiheenkääntömuuntajalla (phase shifting transformer). Hankkeen alustava aikataulu Stattnettilla on 2030-luvun alkupuolella. Molemmissa tapauksissa siirtoyhteyden kapasiteetti olisi noin 150 MW, ja kapasiteetin kasvu tälle tasolle nykyisestä alle 100 MW:sta riippuu Norjan sisäisen verkon kehityshankkeiden toteutusaikatauluista.

## Kooste kantaverkon kehittämissuunnitelmasta

Fingrid on investoinut viime vuosina ennätysmäärän sähköjärjestelmän kehittämiseen. Investointeja on myös määrällisesti käynnissä enemmän kuin koskaan aiemmin. Investoinnit ovat keskittyneet pääosin kotimaan verkkoon, poikkeuksena vuonna 2025 valmistunut Aurora Line -rajayhteys Ruotsiin.

Investointitason kasvun ajurina on ollut energiamurros. Käynnissä olevat investoinnit mahdollistavat fossiilista polttoainetta käyttävän lämmöntuotannon korvautumisen uusiutuvaan sähköntuotantoon perustuvalla lämmityksellä. Tulevaisuuden kehittämistarpeista suuri osa liittyy uuden energiaintensiivisen teollisuuden ja sen tarvitseman uusiutuvan sähköntuotannon liittämiseen.

Mikäli sähkönkulutus kehittyy ennusteiden mukaisesti ja kaksinkertaistuu, kantaverkkoa on kehitettävä edelleen nykyisellä tai jopa kiihtyvällä vauhdilla. Kantaverkon kehitystarve riippuu kuitenkin vahvasti sähkön tuotanto- ja kulutushankkeiden maantieteellisestä sijoittumisesta. Kehitystarpeita arvioidaan säännöllisesti. Vuosien 2025–2028 aikana Fingridin arvio investoinneista on 2,0 miljardia euroa, josta noin 0,6 miljardia euroa on jo sidottu olemassa oleviin sopimuksiin (30.9.2025). Vuoteen 2035 asti katsottaessa investointien kokonaissumma kohoaa yhtiön arvion mukaan 5,2 miljardiin euroon. Investointien suuruus riippuu vahvasti asiakkaiden liityntätarpeiden kehittymisestä.

Pääosa investointikustannuksista kohdistuu uusinvestointeihin. Uusinvestointien suuri osuus selittyy erityisesti uusien 400 kV yhteyksien, rajasiirtoyhteyksien, kompensointiratkaisujen ja sähköasemainvestointien määrällä. Uusi sähköntuotanto sijaitsee pääosin Länsi- ja Pohjois-Suomessa, kun sähkönkulutus ja sähköistyvä teollisuus keskittyvät



Etelä-Suomeen. Tämä kasvattaa tarvetta vahvoille kantaverkon siirtoyhteyksille. Lisäksi uudet teollisuus- ja sähköntuotantohankkeet edellyttävät uusia sähköasemia liityntöjä varten.

Uusinvestointien lisäksi suunnittelujakson aikana tehdään sähköasemien perusparannuksia ja ikääntyneiden 110 kV voimajohtojen uusimisia. Seuraavien kymmenen vuoden aikana perusparannettavien kohteiden määrä on suhteellisen pieni. Tarkastelujakson lopulla vuosittaisten toisiojärjestelmien uusintojen määrä kasvaa merkittävästi. Kantaverkossa ei ole korjausvelkaa, vaan verkkoa on uusittu suunnitelmallisesti tarpeen mukaan. Tarkastelujakson aikana Fingridillä ei ole suunnitelmissa rakentaa uutta varavoimakapasiteettia.

Seuraavan kymmenen vuoden aikana rajayhteyksiä kehitetään vahvistamalla siirtokapasiteettia Suomen ja Ruotsin välillä kahdella vahvistuksella. Ensimmäisenä valmistui Aurora Line 1 vuonna 2025. Seuraavan yhteyden Aurora Line 2 selvitykset ovat käynnissä ja valmistumista suunnitellaan vuodelle 2034. Lisäksi suunnitteilla on kaksi HVDC-yhteyttä, toinen Viroon ja toinen Ruotsiin. Näiden selvitykset ovat aloitettu, mutta niiden valmistuminen ajoittuu tämän kehittämissuunnitelman tarkastelujakson ulkopuolelle.

Kehittämissuunnitelmassa yksilöityjen kehitystarpeiden lisäksi Fingrid varautuu myös muihin verkon kehitystarpeisiin. Fingrid investoi vuosittain merkittävästi asiakashankkeiden liittämiseksi. Investoinnit sisältävät verkkoliityntöjen lisäksi erilaisia verkon vahvistuksia, kuten uusia päämuuntajia tai voimajohtoja. Verkkoinvestoinnit suunnitellaan yhteistyössä asiakkaiden kanssa vastaamaan viimeisimpiä realistisia tehoennusteita sekä seuraamalla hankkeiden etenemistä.

Verkkoinvestointeja hallinnoidaan näihin ennusteisiin pohjautuvilla alueellisilla, jatkuvasti päivittyvillä verkkosuunnitelmilla. Alueen kehittymistä seurataan aktiivisesti ja verkkovahvistuksissa edetään alueen sähkön kulutuksen tai -tuotannon kasvaessa. Tässä dokumentissa ei yksilöidä tuotannon ja kulutuksen liittämisen vaatimia välittömiä investointeja, sillä Fingrid ei voi ottaa kantaa yksittäisten asiakashankkeiden toteutumistodennäköisyyksiin.

Kehittämissuunnitelmaan liittyy suuria epävarmuuksia kulutuksen kasvunopeuteen sekä kulutus- ja tuotantohankkeiden sijoittumiseen liittyen. Esimerkiksi tuulivoiman ja uuden sähköintensiivisen teollisuuden määrällä, maantieteellisellä sijoittumisella sekä yhteiskunnan sähköistymisnopeudella on suuri vaikutus Fingridin investointeihin. Fingrid tekee tiivistä yhteistyötä asiakkaiden kanssa ja valmistautuu mahdollisiin muutoksiin.

*Tulevaisuuden kehittämistarpeista suuri osa liittyy uuden energiaintensiivisen teollisuuden ja sen tarvitseman uusiutuvan sähköntuotannon liittämiseen.*

Fingrid päivittää investointisuunnitelmaa jatkuvana prosessina muuttuvan toimintaympäristön mukana. Ajankohtaista tietoa investointisuunnitelmasta on saatavilla Fingridin internetsivuilta ja suoraan Fingridistä. Seuraavan kerran Fingrid julkaisee kehittämissuunnitelman vuonna 2027.

# 04

## Kantaverkon kehittäminen – prosessikuvaus

Fingridin verkon kehittämistä ohjaavat asiakkaiden tarpeet, kantaverkkoyhtiön lakisääteiset velvollisuudet sekä olemassa olevan verkon kunto ja tarpeet. Lisäksi on paljon erilaisia reunaehtoja, jotka vaikuttavat verkon kehittämiseen. Tärkeimpiä reunaehtoja suunnittelulle asettavat turvallisuuden varmistaminen, maankäyttö- ja ympäristövaikutusten hallinta, verkon rakentamisen sallivien lupien saanti, teknologian kehittyminen, investointien kustannustehokkuus sekä uuden verkon rakentamisen sovittaminen kunnossapito-, perusparannus- ja uusimistarpeisiin sekä yhtiön taloudenpitoon. Kantaverkon kehittäminen mahdollistaa luotettavan ja kustannustehokkaan alustan puhtaalle sähköjärjestelmälle.

Verkon kehittämisen keskeisinä tavoitteina on varmistaa:

- Siirtokyvyn riittävyys asiakkaiden ja yhteiskunnan tarpeisiin
- Toiminnan tehokkuus ja turvallisuus
- Oikein mitoitettu laatu.

Näiden tavoitteiden saavuttamiseksi Fingrid toimii vuorovaikutteisesti



asiakkaiden, muiden kantaverkkotoimijoiden, viranomaisten, maanomistajien ja muiden yhteistyötahojen kanssa sekä varmistaa alan palvelujen saatavuutta. Yhtiö panostaa henkilöstön osaamiseen ja sähköjärjestelmän erityiskysymysten hallintaan. Fingrid kehittää toimintaansa pitkäjänteisesti hyödyntämällä omaa ja alan muiden edelläkävijöiden osaamista sekä hoitaa kantaverkkoa hyvien omaisuudenhallinnan periaatteiden mukaisesti.

Fingrid ottaa vastuullisesti ja pitkäjänteisesti huomioon työturvallisuus-, ympäristö- ja maankäyttökysymykset kaikissa kantaverkon elinkaarenhallinnan vaiheissa. Fingrid edistää sidosryhmien, yhtiön henkilöstön ja palvelutoimittajien yleistä turvallisuutta sekä ympäristöturvallisuutta aktiivisesti uusilla toimintatavoilla, koulutuksella ja ohjeistuksella sekä toiminnan valvonnalla. Fingrid huolehtii vastuullisuuden toteutumisesta koko hankintaketjun osalta.





## Kantaverkon kehittämisperiaatteet

Kantaverkon kehittämisen lähtökohtina ovat asiakkaiden ja yhteiskunnan tulevat tarpeet, Euroopan ja Itämeren alueen sähkömarkkinoiden toimivuuden edistäminen, käyttövarmuustason säilyttäminen, kustannustehokkuus sekä verkon ikääntymisen hallinta. Sähköjärjestelmän murros aiheuttaa merkittäviä muutoksia siirtotarpeisiin ja tekee niistä vaikeammin ennustettavia. Kantaverkon kehittäminen perustuu laajaan ja vuorovaikutteiseen yhteistyöhön lukuisten sidosryhmien kanssa. Fingrid hankkii tietoa asiakkaidensa tarpeista ja suunnitelmista luottamuksellisella ja suunnitelmallisella yhteistyöllä.

Verkon kehittämisessä Fingrid pyrkii hallitsemaan toimintansa ympäristö- ja turvallisuusvaikutuksia. Tavoitteena on minimoida haittavaikutukset yleisen edun ja teknistaloudellisten reunaehtojen rajoissa. Kantaverkon rakentamisesta, käytöstä ja ylläpidosta aiheutuu erilaisia ympäristövaikutuksia. Ympäristövaikutusten minimointi ja hallinta ovat tärkeä osa Fingridin käytännön toimintatapoja. Lainsäädännön velvoitteiden ja ohjeistuksen noudattaminen sekä ajantasaisten suunnitelmien ylläpitäminen poikkeustilanteiden varalle toimivat ympäristönhoidon ja ympäristöriskien hallinnan kulmakivinä. Fingrid osallistuu aktiivisesti maankäytön suunnitteluun, jotta verkon kehittämiseen tarvittavat maankäytön varaukset ja niihin liittyvät vaikutukset ympäristöön huomioidaan alueiden kaavoituksessa. Alueidenkäyttölain valtakunnallisten alueidenkäyttötavoitteiden mukaisesti voimajohtoja suunniteltaessa hyödynnetään ensisijaisesti olemassa olevia voimajohtoreittejä.

Verkon kehittämistä ohjaavat eurooppalaiset verkkosäädökset. Mitoitussääntöjen soveltamista ja siirtokyvyn määrittämistä ohjaa Fingridin sisäinen ohjeistus. Näihin periaatteisiin Fingrid

on sitoutunut kantaverkkosopimuksissa. Erityisen haitallisten vikojen riskejä Fingrid voi omalla päätöksellään vähentää tavanomaista käytäntöä varmemmalla verkon mitoituksella. Fingrid huolehtii asettamiensa järjestelmäteknisten vaatimusten ja liittymisehtojen kautta siitä, että voimajärjestelmä mitoitetaan häiriöiden sietokyvyltään riittäväksi.

Kantaverkkoa kehitetään pitkällä aikavälillä kokonaiskansantaloudellisesti, mutta varmistaen samalla tulevaisuuden toimintaedellytykset. Tätä varten Fingrid laatii ja ylläpitää kantaverkon kehittämissuunnitelmaa, jota koordinoidaan Itämeren alueen ja koko Euroopan kattavien verkkosuunnitelmien kanssa. Verkon kehittämissuunnitelma perustuu tulevaisuuden siirtoennusteisiin ja verkon uusimistarpeiden pohjalta tehtyihin verkkosuunnitelmiin. Verkon vahvistustarpeet pyritään sovittamaan yhteen kunnossapito-, perusparannus- ja uusimistarpeiden kanssa. Lisäksi toteutukseen valittujen hankkeiden tulee olla kustannustehokkaita ja ne tulee sovittaa yhtiön taloudenpitoon. Yhtiön tulonmuodostus tapahtuu pääosin sähkön kulutuksen kautta, joten on erityisen tärkeää, että suunniteltuun verkkoon tulee myös uutta kulutusta. Tämä osaltaan tukee kilpailukykyistä siirtotariffia, yhtiön investointikykyä sekä yritystaloutta.

Fingrid mittaa verkon kehittämisen onnistumista analysoimalla kapasiteetin riittävyyttä, asiakkaiden liityntätarpeiden täyttymistä, käyttövarmuutta, hankkeiden laatua ja kustannuksia sekä seuraamalla tavoitteiden toteutumista.

Siirtokapasiteetin varmistamisen periaatteet löytyvät Fingridin internetsivuilta: fingrid.fi/kantaverkko/kehittaminen/.

*Kantaverkon kehittämisen lähtökohtina ovat asiakkaiden ja yhteiskunnan tulevat tarpeet.*



## Kantaverkon kehittämisprosessi

### Kantaverkon kehittämisen kansainvälinen yhteistyö

Kansainvälistä verkkosuunnittelua tehdään usealla tasolla: Euroopan, Itämeren alueen ja Pohjoismaiden välillä sekä kahdenvälisesti naapurimaiden kantaverkkoyhtiöiden kanssa.

Eurooppalainen yhteistyö tapahtuu ENTSO-E (European Network of Transmission System Operators – Electricity) -järjestössä. ENTSO-E:n tehtävänä on kehittää sähkömarkkinoita, tehostaa kantaverkkoyhtiöiden yhteistyötä sekä harmonisoida markkina- ja teknisiä sääntöjä yhteistyössä EU:n komission ja sähkömarkkinaviranomaisten yhteistyöelimen ACERin (Agency for the Cooperation of Energy Regulators) kanssa. ENTSO-E laatii muun muassa kymmenvuotissuunnitelmat (TYNDP, Ten Year Network Development Plan) Euroopan sähköverkkojen kehittämiseksi. Eurooppalainen kymmenvuotinen verkkosuunnitelma perustuu ENTSO-E:n sekä kaasuverkkoyhtiöitä edustavan ENTSOG:n yhdessä laatimiin tulevaisuuden skenaarioihin.

ENTSO-E:n puitteissa verkkosuunnittelua tehdään myös alueellisesti. Suomi kuuluu Itämeren alueen suunnitteluryhmään yhdessä Viron, Latvian, Liettuan, Ruotsin, Norjan, Tanskan, Saksan ja Puolan kanssa. Itämeren alueen kantaverkkojen suunnittelun lisäksi kantaverkkoyhtiöt käynnistivät vuodenvaihteessa 2020–2021 Baltic Offshore Grid Initiative -hankkeen, jonka tavoitteena on kehittää merituulivoiman tarvitsemaa siirtoinfrastruktuuria.

Euroopan komission johtamaan BEMIP-ryhmään (Priority Corridor Baltic Energy Market Integration Plan) kuuluvat samat valtiot kuin ENTSO-E:n Itämeren alueryhmään. BEMIP-ryhmässä mukana ovat kantaverkkoyhtiöiden lisäksi maiden ministeriöt ja regulaattorit. Ryhmän ensisijaisena tavoitteena on Baltian maiden integroiminen osaksi Euroopan sähkömarkkinoita.

ENTSO-E:n ja BEMIP:in lisäksi verkkosuunnitteluyhteistyötä tehdään pohjoismaisessa kontekstissa erityisesti synkronialueeseen liittyvissä kysymyksissä. Tätä työtä tekee Nordic Planning Group alaryhmineen. Fingrid tekee myös kahdenkeskisiä selvityksiä Ruotsin, Norjan ja Viron kantaverkkoyhtiöiden kanssa muun muassa kapasiteettitarpeesta sekä uusien siirtoyhteyksien sijoittumisesta ja teknisistä ratkaisuista.

Uusien rajasiirtoyhteyksien tarvetta analysoitaessa investoinnit perustuvat laskelmiin kansantaloudellisista hyödyistä. Fingrid toteuttaa sellaisia rajasiirtoinvestointeja, joiden ennakoidut hyödyt yhteiskunnalle ylittävät niistä aiheutuvat kustannukset. Hyötyjä lasketaan



*Uusien rajasiirtoyhteyksien tarvetta analysoitaessa investoinnit perustuvat laskelmiin kansantaloudellisista hyödyistä.*

ylikansallisesti ja niissä tarkastellaan sähkön käyttäjien ja tuottajien saamia hyötyjä, pullonkaulatulojen kehitystä sekä vaikutuksia sähkön riittävyyteen, uusiutuvan energian integrointiin, hiilidioksidipäästöihin, sähköjärjestelmän tekniseen toimintaan ja joustavuuteen. Kustannuksina huomioidaan investointi-, käyttö- ja kunnossapitokustannukset, ympäristövaikutukset sekä vaikutukset siirtohäviöihin. Näitä kustannus-hyöty-analyyseja tehdään sekä yleiseuroop-palaisella tasolla ENTSO-E:n toimesta, että kahdenvälisesti Fingridin ja naapuriverkkoyhtiöiden kesken.

## Kansalliset verkon kehittämismenetelmät

Kantaverkkosuunnittelu voidaan jäsentää kolmeen pääkokonaisuuteen: pääsiirtoverkon suunnitteluun, alueelliseen kehittämiseen liittyvään suunnitteluun sekä liityntöjen suunnitteluun. Pääsiirtoverkon suunnittelu keskittyy lähinnä 400 ja 220 kV verkkoon. Alueellisessa suunnittelussa tarkastellaan lisäksi 110 kV verkon kehittämistarpeita sekä muuntokapasiteetin riittävyyttä. Liityntöjen suunnittelussa selvitetään uusien hankkeiden mahdollisia liityntäpisteitä sekä arvioidaan, millaisia vahvistuksia tai erityisratkaisuja verkkoon tarvitaan liittämisen mahdollistamiseksi. Kantaverkkoa suunnitellaan aina kokonaisuutena ja pitkälle tulevaisuuteen katsoen.

Tällä hetkellä liityntähankkeita on paljon ja niiden tehot ovat huomattavan suuria. Tämän vuoksi liitettävyystarkastelut edellyttävät usein laajoja alueellisia suunnitelmia, jotka ulottuvat myös pääsiirtoverkon tasolle. Lisäksi suunnittelussa on varauduttava erilaisiin kehityspolkuihin ja vaihtoehtoisiin ratkaisuihin. Pitkän aikavälin epävarmuuksiin vastataan sähköjärjestelmävisiolla, jossa tarkastellaan kantaverkon siirtotarpeiden kehittymistä erilaisissa tulevaisuuden skenaarioissa.





**Sähköjärjestelmävisio**

Sähköjärjestelmävisiossa tarkastellaan Suomen energiajärjestelmän vaihtoehtoisia kehityspolkuja ja luodaan näkemys verkon kehittämistarpeista pitkällä aikavälillä. Vaikeasti ennustettavia pitkän aikavälin muutoksia tarkastellaan skenaarioiden avulla. Vision tavoitteena on tunnistaa pääsiirtoverkon kehittämistarpeet, jotka palvelisivat mahdollisimman monia erilaisia tulevaisuuden skenaarioita.

Tarkoituksena ei ole yrittää löytää yhtä todennäköistä skenaariota, vaan pyrkiä eri skenaarioissa korostamaan erilaisia ilmiöitä, jotka haastavat kantaverkkoa ja sähköjärjestelmää. Muutostarpeen arviointi haastavien skenaarioiden kautta auttaa varmistamaan, että keinoja sähköistymisen ja puhtaaseen energiajärjestelmään siirtymisen mahdollistamiseksi pystytään arvioimaan kattavasti ja ajoissa. Muutostarpeen aliarviointi voisi



pahimmillaan johtaa tilanteeseen, jossa varautumattomuus rajoittaisi Suomeen kohdistuvien puhtaan siirtymän investointien toteuttamista.

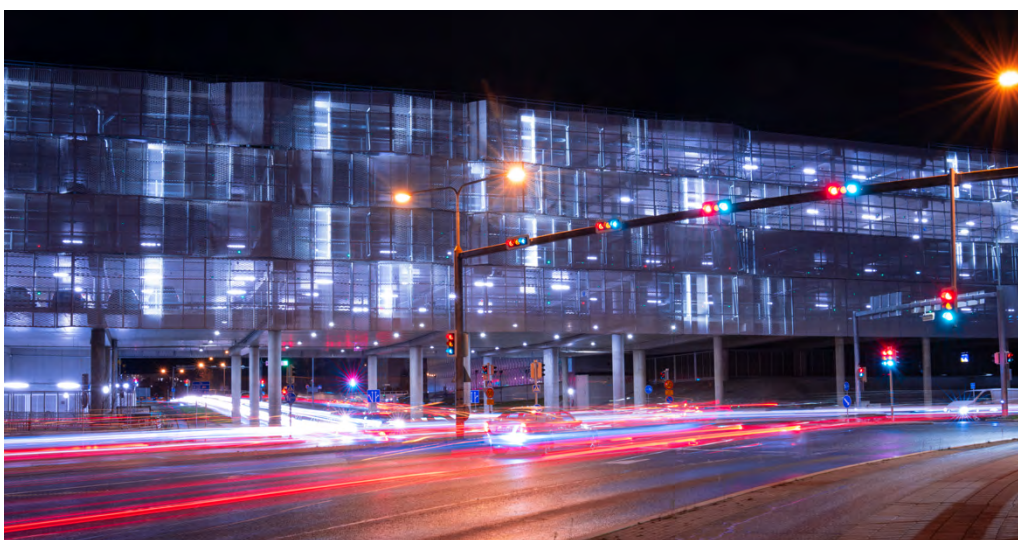
Sähköjärjestelmävisiota päivitetään tarvittaessa noin muutaman vuoden välein huomioimalla tuoreimmat yhteiskunnan ja energia-alan signaalit. Fingrid julkaisi uuden sähköjärjestelmävision vuodelle 2040 lokakuussa 2025.

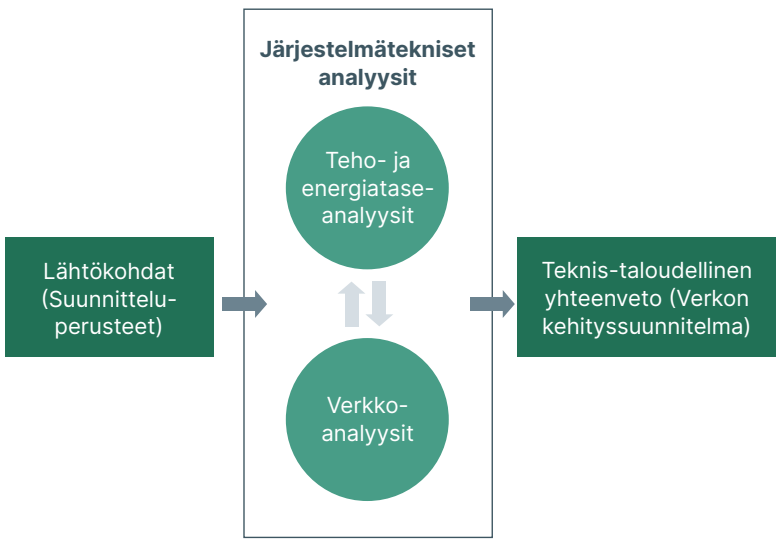
**Pääsiirtoverkon suunnittelu**
Pääsiirtoverkko mahdollistaa suurten voimalaitosten ja tuotantokeskittymien liittämisen kantaverkkoon sekä palvelee maiden ja alueiden välisiä voimansiirtotarpeita. Pääsiirtoverkoksi lasketaan kantaverkon 400 ja 220 kV yhteydet, joilla katsotaan olevan merkitystä yhteen kytketyn pohjoismaisen synkronijärjestelmän kannalta.

Fingrid kehittää koko hallinnoimaansa kantaverkkoa pitkäjänteisesti ja ennakoivasti. Koska kyse on pitkävaikutteisista infrastruktuuriratkaisuista, suunnittelussa on tärkeää tunnistaa toimintaympäristöön liittyvät epävarmuudet mahdollisimman kattavasti. Suunnittelussa on pyrittävä joustavuuteen, sillä tehtävien verkkoratkaisujen on palveltava järjestelmää tehokkaasti myös muuttuvissa tulevaisuuden tilanteissa. Fingridin tavoitteena on kehittää kantaverkkoa niin, että se mahdollistaa Suomen ilmastoneutraaliustavoitteiden saavuttamisen eikä muodostu pullonkaulaksi missään todennäköisessä tulevaisuuden skenaariossa.

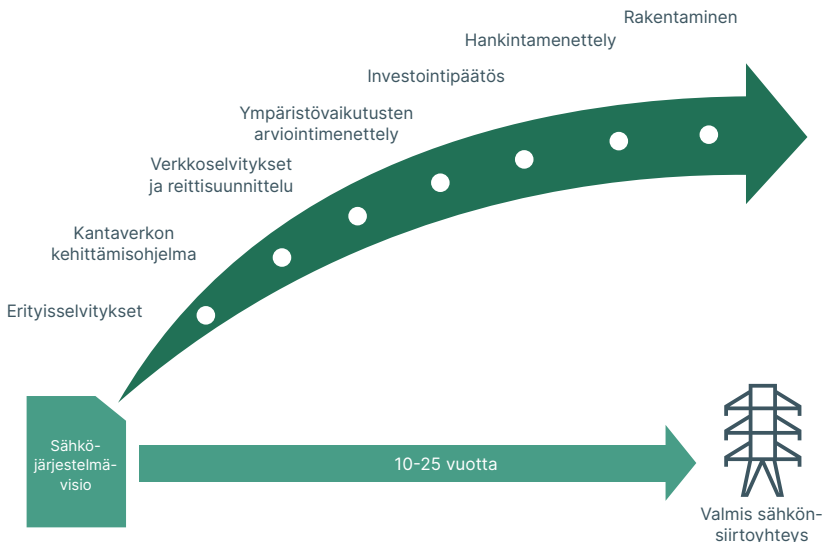
Pääsiirtoverkon suunnittelun lähtökohtia ovat kantaverkolle asetetut vaatimukset ja nykyisen sähköjärjestelmän rakenne. Suunnittelussa huomioidaan muutokset sähköntuotannossa ja kulutuksessa. Näitä arvioidaan tuotannon ja kulutuksen liityntäkyselyiden sekä sähkömarkkinamallinnuksen tulosten pohjalta laadittujen ennusteiden avulla. Keskeisiä tarkastelukohteita ovat sähkön siirtotarpeet maan sisällä ja rajayhteyksillä. Lisäksi suunnittelussa varaudutaan erilaisiin verkon vika- ja keskeytystilanteisiin, jotta järjestelmän käyttövarmuus on hyvä kaikissa olosuhteissa. Järjestelmätekniset selvitykset, kuten teho- ja energiataseanalyysit sekä verkostoanalyysit, tukevat teknisten ratkaisujen arviointia. Lopuksi eri teknistaloudellisia vaihtoehtoja vertaillaan ja arvioidaan, jotta löydetään kustannustehokkain ja toimintavarmuuden kannalta paras ratkaisu. Suunnitteluprosessin kulkua on havainnollistettu kuvassa 5 ja eri vaiheita suunnittelusta toteutukseen kuvassa 6.

*Fingrid kehittää koko hallinnoimaansa kantaverkkoa pitkäjänteisesti ja ennakoivasti.*






*Kuva 2. Suunnitteluprosessi ylätasolla.*




*Kuva 3. Kantaverkkoinvestointien eri vaiheita suunnittelusta toteutukseen.*

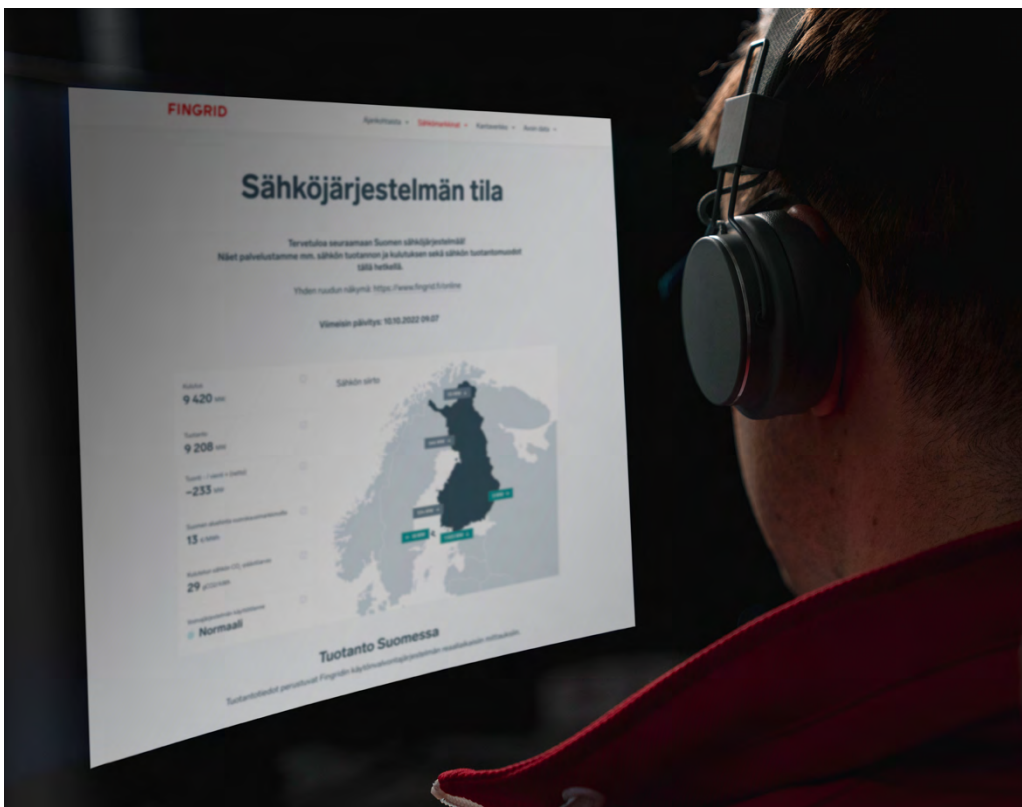
Uuden voimajohdon toteuttaminen suunnittelusta valmiiksi voimajohdoksi kestää Suomen sisäisillä johdoilla noin 7–8 vuotta ja rajajohdoilla usein pidempään. Tämän vuoksi investointitarpeet pyritään tunnistamaan mahdollisimman varhaisessa vaiheessa, esimerkiksi osana sähköjärjestelmävisiota ja muuta strategista verkkosuunnittelua. Investointitarpeet tarkentuvat suunnittelun edetessä. Pääsiirtoverkon suunnittelussa on myös tärkeä selvittää, miten järjestelmä toimii kokonaisuutena tuotanto- ja kulutusrakenteen muuttuessa, ja tarvitaanko tulevaisuudessa erilaista verkkoteknologiavalikoimaa, kuin mitä nykyisin käytetään.

Pääsiirtoverkon suunnittelussa tärkeitä arviointikriteereitä ovat mm:

- Verkon käyttövarmuus.
- Asiakkaiden siirtotarpeita vastaava siirtokapasiteetti.
- Hyöty sähkömarkkinaosapuolille ja sähkömarkkinoiden toimivuus.
- Sähköpulariski.
- Muutokset siirtohäviöissä.
- Liityntämahdollisuuksien luominen.

Siirtokapasiteettia voidaan kasvattaa esimerkiksi rakentamalla uusia johtoyhteyksiä tai investoimalla sarja- ja rinnakkaiskompensointiin. Lisäksi kapasiteettia voidaan lisätä erilaisilla säätö- ja loistehon kompensointiratkaisuilla, sillä järjestelmän stabiilius rajoittaa usein siirtokapasiteettia ennen voimajohtojen termistä kuormitettavuutta. Uudet teknologiat, kuten voimajohtojen reaaliaikaisen kuormitettavuuden seuranta (Dynamic Line Rating, DLR) tarjoavat uusia mahdollisuuksia hyödyntää olemassa olevaa verkkoa tehokkaammin. Näistä ratkaisuista kerrotaan tarkemmin kappaleessa Verkon siirtokykyä ja vakautta edistävät ratkaisut.

Käyttövarmuutta tarkastellaan silmukoidun 400 kV pääsiirtoverkon mitoituksessa niin sanotulla N–1-periaatteella.



Tämä tarkoittaa varautumista yksittäiseen pääsiirtoverkon komponentin tai voimalaitoksen vikaan ilman, että tästä aiheutuu laajenevia häiriöitä.

**Eri alueiden kehittämiseen liittyvä verkkosuunnittelu**

Kantaverkko on jaettu neljään suunnittelualueeseen: pohjoinen, länsi, itä ja etelä. Suunnittelu sisältää asiakastarpeiden, verkon kunnon sekä käyttövarmuuden edellyttämät kehityshankkeet ja esimerkiksi muuntokapasiteetin riittävyystarkastelut. Suunnitelmissa huomioidaan kantaverkon lisäksi myös muiden yhtiöiden omistamat suurjännitteiset jakeluverkot sekä niiden kehityssuunnitelmat ja -tarpeet.

**Suunnittelun lähtökohdat**

Suunnittelun lähtökohtana ovat mitoitusperiaatteet. 110 ja 220 kV kantaverkko mitoitetaan N-1 -periaatteen mukaan, jolloin verkon tulee kestää yksittäinen verkon komponentin vika ilman, että verkko ylikuormittuu, jännitteet laskevat sallittujen rajojen alapuolelle tai vika laajenee muualle verkkoon. 110 ja 220 kV verkon mitoitus tapahtuu lähinnä termisen siirtokyvyn, oikosulkuvirtojen sekä sallitun jännitealeneman ehdoilla. Esimerkiksi Lapissa pitkien etäisyyksien vuoksi myös verkon stabiilisuus rajoittaa siirtoja. 110 kV verkon mitoituksessa sallitaan yksittäisestä viasta aiheutuva alueellinen toimituskeskeytys.

Verkon mitoittavat tilanteet vaihtelevat suunnittelualueittain. Tietyillä alueilla myös pääsiirtoverkon siirrot vaikuttavat voimakkaasti 110 kV rengasverkon kuormittumiseen ja esimerkiksi häviöihin. Erityistilanteissa on huomioitava myös kantaverkon poikkeukselliset kytkennät tai pitkäkestoiset verkon keskeytykset. Pääsääntöisesti verkko mitoitetaan kestämään minkä tahansa verkkokomponentin vika tai keskeytys. Kunnossapidon ja rakentamisen edellyttämät keskeytykset pyritään ajoittamaan kevyempien siirtojen aikaan.

110 kV verkon kannalta mitoittavia suunnittelutilanteita voivat olla esimerkiksi talvipäivän huippukuorma, talviyön yösähköpiikit vesivoiman tuotannon ollessa pientä, suuri tuotantoylijäämä tulva-aikaan keväällä tai suuri alijäämä kesäpäivänä, kun paikalliset voimalaitokset ovat vuosihuollossa. Tuulivoimatuotannon kasvaessa tuulivoimasta on tullut uusi alueellisesti merkittävä ja mitoittava suunnittelukriteeri.

Perinteisesti Suomen sähkönkulutus on huipussaan talvella pitkän kylmän kauden aikaan. Tulevaisuudessa sähkön kulutushuippu tulee todennäköisesti toteumaan kylminä mutta tuulisina jaksoina, jolloin sähkön hinta on edullinen, ja sekä joustamaton että joustava sähkönkulutus ovat siten korkealla tasolla.



*Verkkosuunnittelu edellyttää ryhmätyötä, jossa eri osa-alueiden asiantuntijat osallistuvat suunnittelun reunaehtojen määrittelyyn ja ideointiin.*

Toisaalta talvella on myös käytössä enemmän siirtokapasiteettia kylmän ilman viilentäessä voimajohtoja ja verkon komponentteja. Kesällä lämmityskuorma on pienempi, mutta jäähdytyskuorma suurempaa. Kesällä suoritetaan yleensä myös voimalaitosten revisiot. Verkossa suuret siirrot voivat siis tapahtua myös kesäaikaan. Erityisesti kesällä haasteen tuo avojohtoverkon terminen siirtokyky, joka on lämpimällä säällä matalimmillaan. Ulkolämpötilalla on suuri vaikutus etenkin voimajohtojen ja muuntajien termiseen kuormitettavuuteen.

Verkon siirtokykylaskennassa voimalaitosten käyttö pyritään mallintamaan mahdollisimman todenmukaisesti. Tuulivoima, aurinkovoima ja sähkövarastot, asettavat erityisiä ja uudenlaisia haasteita kantaverkon mitoitukselle. Tuulivoiman tuotanto vaihtelee tuulen voimakkuuden mukaan ja voi muuttua nopeasti. Tämä edellyttää, että verkko mitoitetaan sekä suurimman että pienimmän tuotantotehon tilanteisiin. Suomessa kantaverkon perusperiaatteena on, ettei tuotantoa tai kuormaa rajoiteta verkon normaalitilanteessa. Tämän takia tuulivoimatuotannon rajoitusmekanismeja ei toistaiseksi ole käytetty verkkosuunnittelun apuna muutoin, kuin ylimenokausien ratkaisuna, jolloin rajoitusmekanismi on väliaikainen.

Sähkövarastojen huomioiminen alueellisessa verkkosuunnittelussa on haastavaa. Sähkövarastojen käyttäytyminen ei riipu suoraan fysikaalisista suureista, samalla tavalla kuin esimerkiksi tuuli- ja aurinkovoimatuotanto riippuvat suoraan tuulisuudesta ja auringon säteilyintensiteetistä. Lisäksi sähkövarastot voivat vaihtelevasti osallistua eri markkinapaikoille elinkaarensa aikana, jolloin niiden käyttäytymistä ei voi arvioida suoraan esimerkiksi sähkön hinnan mukaan. Haasteet ennustettavuudessa johtavat siihen, että mitoituksessa täytyy huomioida akun purkaminen ja lataaminen täydellä teholla pahimmilla siirtotilanteilla. Tämä taas voi johtaa niukkuuteen alueellisessa sähkönsiirtokapasiteetissa. Fingrid selvittää tällä hetkellä tarkempia periaatteita sähkövarastojen huomioimiselle suunnittelussa ja niiden liittämiselle verkkoon.

**Suunnittelun eteneminen**

Verkkosuunnittelu edellyttää ryhmätyötä, jossa eri osa-alueiden asiantuntijat osallistuvat suunnittelun reunaehtojen määrittelyyn ja ideointiin.

Fingrid pyrkii mahdollistamaan kaikkien toteutukseen etenevien hankkeiden liittämisen kantaverkkoon. Verkon vahvistaminen luvitus- ja rakentamisvaiheineen vie kuitenkin vuosia, ja jos hankkeet etenevät nopeammin tai keskittyvät voimakkaasti tietylle alueelle, verkon kapasiteetista voi tulla ajoittaista niukkuutta.



*Suunnittelun lähtökohtana ovat luottamukselliset asiakaskeskustelut sähkön tuottajien, suurteollisuuden ja verkkoyhtiöiden kanssa.*

Suunnittelun lähtökohtana ovat luottamukselliset asiakaskeskustelut sähkön tuottajien, suurteollisuuden ja verkkoyhtiöiden kanssa, sekä asiakkaiden näkemykset sähköverkon kehittämistarpeista kyseisellä alueella. Luottamuksellinen ja avoin keskusteluyhteys alan toimijoiden kanssa on olennaisen tärkeää kantaverkon suunnittelussa. Verkon vahvistaminen luvitus- ja rakentamisvaiheineen voi viedä vuosia, ja jos hankkeet etenevät nopeammin tai keskittyvät voimakkaasti tietylle alueelle, verkon kapasiteetista voi tulla ajoittaista niukkuutta. Hankemäärän ja kasvuennusteen ollessa suuria erityisen tärkeää ovat realistiset tehoennusteet, jotta verkkovahvistukset voidaan kohdistaa ja aikatauluttaa oikein. Teollisuuden ja voimantuottajien kanssa käytävissä keskusteluissa pyritään kartoittamaan myös mahdolliset kapasiteetin muutokset ja prosessien tehostamisten vaikutukset kulutukseen tai tuotantoon.

Alue- ja jakeluverkkojen sähkönkulutusennusteisiin vaikuttavat tarkastelualueen väestön ja asuinalueiden, palvelukeskittymien ja pk-teollisuuden kehittyminen. Verkon suunnittelussa tehdään lisäksi herkkyystarkasteluja kuormien ja tuotannon kehittymisen osalta. Toteutuneita tehoja ja tehonsiirtoja sekä voimantuotannon ajotapaa pystytään arvioimaan kantaverkon mittaustietoja tarkastelemalla. Teollisuuden muutokset voivat tapahtua nopealla aikataululla, mutta investointipäätöksiä voidaan toisinaan joutua odottamaan hyvinkin pitkään. Tämän vuoksi kantaverkon suunnittelussa on pyrittävä joustaviin ratkaisuihin, jotta sähkön kuluttajien ja tuottajien siirtotarpeet voidaan kattaa, mutta ei tehdä tarpeettomia investointeja.

Varsinainen verkkosuunnitteluprosessi aloitetaan kehittämistarpeiden



kartoituksella. Kehittämistarpeita ovat muun muassa verkon ikääntymisen hallinta, verkon siirtokyky, oikosulkuvirtojen hallinta, sähkönlaatuongelmat (esimerkiksi jännitevaihtelut) sekä kytkentä- ja keskeytystarpeisiin liittyvät ongelmat.

Kantaverkon perussuunnittelu tehdään tehonjakolaskennalla. Ennusteiden ja mittausten pohjalta verkostolaskentaohjelmiston verkkomalliin lisätään odotettu sähkönkulutus ja -tuotanto kullekin sähköasemalle ja liittymispisteelle. Verkon riittävyyttä voidaan arvioida simuloimalla erilaisia vika- ja poikkeuskytkentätilanteita. Jos verkko ei ole sellaisenaan siirtokyvyltään riittävä, ideoidaan joukko verkkoratkaisuja, joiden riittävyyttä tarkastellaan laskelmilla. 110 ja 220 kV verkon suunnittelussa riittävät useimmiten tehonjako- ja oikosulkuvirtalaskelmat. Erityistapauksissa tehdään dynamiikkalaskentaa, jolla pystytään arvioimaan verkon kulma- ja jännitestabiiliutta.

Seuraavien kymmenen vuoden lisäksi mahdollisia kehityssuuntia arvioidaan vielä kauemmas tulevaisuuteen. Toisinaan kaukana tulevaisuudessa esiintyvät verkon kehittämistarpeet ohjaavat verkon suunnittelua ja rakentamista jo lähitulevaisuudessa. Esimerkiksi asemien sijoittelu- ja johtoreittisuunnitelmissa tulee ottaa huomioon mahdolliset tulevaisuuden tilanteet ja tarpeet.

Suunnitelmien yhteydessä on huomioitava uusien sähköasemien ja voimajohtojen maankäyttötarpeet. Jos hankkeet eivät ole mahdollisia maankäytön kannalta, on kehitettävä uusi suunnitelma. Verkon investointeja ei kannata tehdä etupainotteisesti, jos ei ole erityistä syytä nopeuttaa aikataulua. Tällainen tarve voisi aiheutua esimerkiksi saatavilla olevista ajankohdista järjestää siirtokeskeytyksiä. Tulevaisuuden ennustaminen on erittäin vaikeaa ja tulee jatkuvasti haastavammaksi toimintaympäristön muuttuessa nopeasti. Mitä lähempänä tarvetta verkkosuunnitelma toteutetaan, sitä paremmin osataan tehdä juuri oikeanlainen investointi.

Suunnitelmat käydään läpi asiakkaiden kanssa esimerkiksi yhteistyöpalavereissa ja verkon kehittämiseen liittyvissä tilaisuuksissa.

**Tuotannon ja kulutuksen liittäminen kantaverkkoon**

Kantaverkkoyhtiöllä on sähkömarkkinalaissa määritelty verkon kehittämis- ja liittämisvelvollisuus. Verkonhaltijan tulee pyynnöstä ja kohtuullista korvausta vastaan liittää verkkoonsa tekniset vaatimukset täyttävät sähkönkäyttökohteet, voimalaitokset ja energiavarastot omalla toiminta-alueellaan. Koska kantaverkon tulee aina täyttää sille asetetut käyttövarmuuskriteerit ja koko verkon on oltava lähtökohtaisesti yhtenäinen sähkökaupan tarjousalue, tulee ennen liitynnän

*Fingridin liittymisehdot ja -prosessi on kuvattu Fingridin verkkosivuilla.*

toteuttamista tehdä tarvittavat verkon vahvistustoimenpiteet. Näistä Fingrid päättää ennen liittymissopimuksen solmimista. Käytännössä asiakkaiden liityntätarpeet ja muut tuotannon ja kulutuksen muutokset edellyttävät verkon jatkuvaa kehittämistä kokonaisuutena – ei vain liityntöjen osalta.

Fingridin liittymisehdot ja -prosessi on kuvattu Fingridin verkkosivuilla. Liittyjä ja Fingrid sopivat yhteistyössä liityntäpisteestä. Pääperiaatteena on, että asiakas maksaa liitynnästään kiinteän liittymismaksun ja Fingrid huolehtii kantaverkon muutoksista ja mahdollisesti tarvittavista verkkovahvistuksista. Liittymistapoja ovat sähköasemaliityntä ja voimajohtoliityntä.



Sähköasemaliitynnällä tarkoitetaan Fingridin sähköaseman 400, 220 tai 110 kV kytkinlaitokseen tehtävää liityntää. Sähköjärjestelmän käyttövarmuussyistä 400 ja 220 kV jännitetasoilla liityntä tapahtuu aina Fingridin sähköasemalla. Suomessa kantaverkon voimajohdot ovat pitkiä ja kytkinlaitokset harvassa johtuen maan pituudesta ja harvasta asukastiheydestä. Siksi liitynnät myös 110 kV voimajohtoon sallitaan huomioiden voimajohdon käytettävissä oleva siirtokapasiteetti ja muut tekniset reunaehdot. Voimajohtoliitynnällä tarkoitetaan kiinteästi tai kytkinlaitteella kantaverkon 110 kV voimajohtoon liittyvää haarajohtoa tai sähköasemaa. Voimajohtoliityntään liitettävän muuntajan suurin sallittu nimellisteho on 40 MVA ja pienin sallittu oikosulkureaktanssi 48,0 Ω. Kantaverkon voimajohdon siirtokapasiteetin salliessa samaan liittymispisteeseen voidaan kytkeä enintään 65 MVA muuntokapasiteettia ja liityntää voidaan kuormittaa enintään 60 MW:iin asti. Erikseen määriteltyjen vaatimusten puitteissa voidaan käyttää myös yhtä korkeintaan 63/31,5/31,5 MVA kolmikäämimuuntajaa. Huonona puolena voimajohtoliitynnässä on, että voimajohdon vikaantuessa kyseiseen voimajohtoon suoraan liittyneet asiakkaat kokevat aina toimituskeskeytyksen. Vikojen lisäksi myös huollot voivat aiheuttaa keskeytyksiä voimajohtoliityntöihin, ja liittyjä on vastuussa korvaavan syötön järjestämisestä. Voimajohtoliitynnät pienentävät myös voimajohdon pääkäyttötarkoitukseen eli kantaverkon sähköasemien väliseen sähkönsiirtoon varattua siirtokapasiteettia ja voimajohdon käytettävyyttä.

Liittymissopimukseen kuuluvissa Fingridin yleisissä liittymisehdoissa (YLE) on määritelty sähköverkkoon liitettävien sähkölaitteistojen yleiset tekniset vaatimukset. Liittymisehdoilla varmistetaan liitettävien verkkojen tekninen yhteensopivuus sekä määritellään liityntää koskevat oikeudet, vastuut ja velvollisuudet.

# Fingrid välittää.
# Varmasti.

Tarkempaa tietoa Fingridistä sekä eri toimintojen yhteyshenkilöt löydät yhtiön verkkosivuilta osoitteesta www.fingrid.fi

**Fingrid Oyj**
Läkkisepäntie 21, 00620 Helsinki
PL 530, 00101 Helsinki
Puhelin 030 395 5000

Palaute ja lisätiedot: viestinta@fingrid.fi

FINGRID