



KESKI-SUOMEN LIITTO

Päivämäärä 30.11.2022

Sähkönsiirron selvitys osana Keski-Suomen maakuntakaavaa 2040

Rejlers Finland Oy

Sisällys

1	Johdanto	3
2	Raportin sisältö ja työmenetelmien yhteenveto	4
3	Tausta: nykytilanne ja tunnistetut tulevat muutokset.....	5
4	Keski-Suomen tuulivoiman ja energian käytön yleiskuva	8
5	Sähköverkon kehittämissuunnitelmat ja haastattelujen yhteenvedot	13
5.1	Fingrid.....	13
5.1.1	Fingrid Verkkovisio	13
5.1.2	Verkkovision skenaariot	13
5.1.3	Kantaverkon kehittämissuunnitelmat	20
5.1.4	Teknologiset ratkaisut	21
5.1.5	Haastattelu	22
5.1.6	Fingridin verkkokiikari	25
5.2	Muut verkkoyhtiöt.....	26
5.2.1	Verkkokapasiteetit	27
5.2.2	Verkkojen kehittäminen	28
5.2.3	Loistehon tuomat haasteet.....	30
5.2.4	Tuulivoiman liittämisperiaatteet ja liittymisjohdot.....	31
5.2.5	Muita esille nousseita asioita ja yhteenveto.....	31
5.3	Tuulivoimayhtiöiden haastattelut	32
5.4	Tuulivoimayhdistyksen aineistot hankkeiden kokonaiskuvasta	33
6	Tuulivoimahankkeiden sähköverkkoon liittymistarkastelu	34
6.1	Laskentaperiaatteet sähköverkkoon liittymistarkastelussa	34
6.2	Hankkeet ja tarkastelualueet	38
7	Sähköverkon kehittämistarpeet	47
8	Vaikutusten arvio ja vaikutusten vähentäminen	49
9	Yhteenveto, johtopäätökset ja suositukset.....	62
9.1	Yhteenvetotaulukko tuulivoima-alueiden liitettävyy- ja vaikutustarkastelusta.....	65
10	Lähteet.....	68

1 Johdanto

Keski-Suomen maakunnassa laaditaan maakuntakaavaa, joka tähtää vuoteen 2040. Keski-Suomen maakuntakaava 2040 käsittelee seudullisesti merkittävää tuulivoiman tuotantoa, hyvinvoinnin aluerakennetta ja liikennettä. Seudullisesti merkittäväksi tuulivoima-alueeksi Keski-Suomessa katsotaan yli 9 voimalan alueet. Keski-Suomen maakuntakaavassa 2040 tullaan osoittamaan uusia seudullisesti merkittäviä tuulivoimatuotantoon soveltuvia alueita. Tuulivoima-alueen toteutuminen edellyttää muun muassa, että hankkeella on edellytykset liittyä sähkönsiirron alueverkkoihin ja edelleen kantaverkkoon tai suoraan kantaverkkoon. Maakuntakaavan valmisteluvaiheessa on katsottu tarpeelliseksi selvittää sähkönsiirron toteutusmahdollisuudet Keski-Suomen maakuntakaavan 2040 luonnoksessa osoitetuista, seudullisesti merkittävistä tuulivoima-alueista kantaverkkoon. Näin voidaan varautua sähköverkon kapasiteetin kasvutarpeisiin ja uusiin sähköverkon voimajohtotarpeisiin sekä arvioida maakuntakaavaluonnoksen mukaisten tuulivoima-alueiden toteuttamiskelpoisuutta. Maakuntakaavan luonnoksessa osoitettujen alueiden lisäksi selvityksessä huomioidaan sellaiset tuulivoiman hankealueet, joissa yleiskaavoitus on käynnissä ja tarkastellaan näiden suhdetta maakuntakaavaluonnoksen tuulivoima-alueisiin ja alueen sähkönsiirtoon. Työssä ei käsitellä hankkeita, joissa kunta ei ole virallisesti käynnistänyt kaavoitusta lokakuuhun 2022 mennessä tai jotka ovat muuten esiselvitysvaiheessa, vaikka osa tiedoista olisi julkisia.

Tuulivoimarakentamisen edistämiseksi toteuttamismahdollisuuksien selvittämiseksi Keski-Suomen liitto on tilannut Keski-Suomen maakuntaa koskevan sähkönsiirtoselvityksen maakuntakaavaa 2040 varten. Selvitys koskee maakuntakaavan 2040 luonnoksen mukaisia tuulivoimatuotantoon soveltuvia alueita (pois lukien nähtävillä olleen luonnoksen mukainen alue Kauniskangas) ja lisäksi on huomioitu muut maakunnassa ja sen lähialueilla vireillä olevat, vähintään yleiskaavoitusvaiheessa olevat tuulivoimahankkeet. Selvityksen lopputulokset, johtopäätökset ja suositukset huomioidaan kaavaehdotuksen valmistelussa.

Ympäristöministeriö myönsi hankkeen toteuttamiseen valtion erityisavustuksen tuulivoimarakentamisen edistämiseksi ja Rejlers vastasi hankkeen toteutuksesta.

Selvityksen on koostanut Rejlers Finland Oy:n projektiryhmä, johon ovat kuuluneet:

Leo Hari, vastuualueena kartat, sähkönsiirron trendit ja tuulivoimayhtiöiden haastattelut.

Hans Porras, vastuualueena sähköverkon kehittämissuunnitelmat, sähköverkkotarkastelu, sähköverkkoyhtiöiden haastattelut ja analyysimenetelmät.

Tommi Siintoharju, vastuualueena sähköverkon kehittämissuunnitelmat ja sähköverkkoyhtiöiden haastattelut

Riku Smolander, vastuualueena analyysimenetelmät.

Vesa Malinen on toiminut sähkönsiirtoselvityksen projektipäällikkönä.

Matti Hautero on osallistunut projektin ohjaukseen.

Työn ohjaukseen ovat osallistuneet Keski-Suomen liitosta Liisa Bergius, Hanna Kunttu, Kari Luostarinen, Valtteri Paakki ja Reima Väliavaara. Lisäksi Keski-Suomen alueen kuntien ja naapurimaakuntien edustajat, Keski-Suomen ELY-keskuksen edustaja sekä Fingrid Oy:n edustaja ovat osallistuneet selvitykseen ohjausryhmän jäseninä.

Lisäksi useat haastateltavat henkilöt ja heidän edustamansa yhtiöt ovat antaneet arvokasta aikaansa selvityksen tueksi. Kiitämme kaikkia haastateltuja ja sähköpostiviesteihin vastanneita.

2 Raportin sisältö ja työmenetelmien yhteenveto

Sähkönsiirtoselvityksessä on yhdistelty useita selvitysmenetelmiä. Taustatietona on käytetty erilaisia kirjallisuus-, raportti- ja artikkelilähteitä, joiden sisältöjä on syvennetty alan toimijoiden haastatteluilla.

Aineiston tarkempaa käsittelyä on kuvattu alla kappalekohtaisesti.

Kappale kolme käsittelee yleisellä tasolla tuulivoimarakentamista tukevaa lainsäädäntöä ja trendejä sekä yleiskuvaa tuulivoiman kehitysnäkymistä kirjallisuuslähteiden perusteella.

Kappaleessa neljä käydään lyhyesti läpi maakunnan sähkönsiirron taustatekijöitä ja tuulivoiman kokonaistilannetta maakunnassa kirjallisuuslähteiden perusteella. Kappaleen toisessa osiossa tarkastellaan tuulivoimayhdistyksen aineistojen valossa tuulivoiman tilannetta hankkeiden koon, arvioitujen tehojen ja hankevaiheen perusteella. Selvityksessä käytetty aineisto on päivitetty alkuvuodesta 2022.

Kappaleessa viisi käsitellään Fingrid Oyj:n hallinnoiman kantaverkon kehittämissuunnitelmaa ja verkkovisiota. Nämä kuvaavat suunnitelmia kantaverkon kehittämiseksi Suomessa ja myös Keski-Suomen alueella. Fingridin suunnitelmilla on suuri merkitys siihen, miten tuulivoimahankkeet liitetään sähköverkkoon. Kappaleessa esitellään myös sähköverkkoyhtiöiden haastattelujen tulokset. Kappaleen lopussa esitetään yhteenveto tuulivoimayhtiöiden haastattelujen yhteydessä saaduista näkemyksistä.

Kappaleessa kuusi esitetään tuulivoima-alueiden liittymistarkastelujen laskentaperiaatteet ja tulokset. Kappale kuvaa, minkälaisia edellytyksiä eri maakunta- ja yleiskaava-alueilla on liittyä sähköverkkoihin. Kappaleessa on tarkasteltu sähköverkkojen tilanteen, maakuntakaavan 2040 luonnoksen tuulivoima-alueiden sekä yleiskaavoituksessa olevien tuulivoimahankkeiden yhteisvaikutusta.

Maakuntakaavaluonnoksen tuulivoima-alueita koskeva aineisto sekä maakuntakaavoituksen aineistot on saatu Keski-Suomen liiton kautta ja tiedot yleiskaavahankkeista on saatu suoraan hanketoimijoilta. Paikkatietorajaukset ovat paikoin digitoituja, jolloin niiden tarkkuus ei ole absoluuttinen.

Kaikki Keski-Suomen alueella toimivat, selvityksen tiedonkeruuvaiheessa tunnistetut hanketoimijat on pyritty tavoittamaan. Tietoa aktiivisista hanketoimijoista on koostettu eri lähteistä, kuten maakuntaliiton aineistoista, Fingridin verkkokiikarisovelluksesta ja tuulivoimayhdistyksen hankelistauksesta. On mahdollista, että jotain alueen aktiivisia toimijoita ei ole tavoitettu. Osa tuulivoimahankkeiden liittymispistetiedoista perustuu selvityksen tekijöiden parhaaseen arvioon. Tieto liittymispisteistä tarkentuu aina tuulivoimahankkeen edetessä esimerkiksi YVA-vaiheessa ja keskusteluissa verkkoyhtiön kanssa, kun verkkoyhtiö pohtii verkon kehittämistarpeita. Tässä selvityksessä tehty analyysi on viitteellinen ja perustuu selvityksen tekijöiden kokonaisarvioon. Se voi myös yksinkertaistaa todellisuutta, sillä mahdollisia

liittymispisteitä voi olla useita ja yhden liittymispisteen kapasiteetin loppuminen voi johtaa esimerkiksi tuulivoiman rakentamiseen toiselle alueelle.

Kappaleessa seitsemän tehdään yhteenveto sähkönsiirron kehitystapeista.

Kappaleessa kahdeksan käsitellään sähkönsiirron vaikutuksia. Kappale taustoittaa hankkeiden tyypillisiä ympäristövaikutuksia ja vaikutusten selvitysprosessia. Lisäksi tarkastellaan tarkemmin alueittain sähkönsiirron arvioidut merkittävimmät vaikutukset ja pohditaan keinoja niiden vähentämiseen.

Kappaleessa yhdeksän vedetään yhteen koko selvityksen tulokset.

3 Tausta: nykytilanne ja tunnistetut tulevat muutokset

Teollisuuden sähköistyminen, lämpöpumppujen lisääntyminen, uusiutuva vety, sähköautoistuminen ja uusiutuvan sähköntuotannon lisääntyminen lisäävät sähkön merkitystä energiasäätelyjärjestelmässä. Samalla sähkön siirto sekä tuotannon ja kulutuksen kohtaaminen vaativat uusia investointeja. Tähän suuntaan ohjaa myös lainsäädäntö sekä uusiutuvien energialähteiden kilpailukyyn paraneminen.

Tärkeitä vähähiilisyyteen ohjaavia lakeja ovat esimerkiksi kansallinen ilmastolaki¹, EU:n päästökauppa² sekä uusiutuvan energian direktiivi³. Jatkossa vaikuttavat lisäksi liikenteen osalta Fit for 55 lainsäädäntökokonaisuuteen sisältyvät ehdotukset päästökaupan laajentamisesta ja uusista ohjauskeinoista meri- ja lentoliikenteeseen sekä vähäpäästöisen tieliikenteeseen liittyen.^{4,5,6}

Keväällä 2022 julkaistiin Repower EU-lainsäädäntöpaketti, jolla pyritään vähentämään riippuvuutta Venäjän fossiilisista polttoaineista. Osa toimenpiteistä kohdistuu maakaasun saatavuuden varmistamiseen. Paketin yhteydessä komissio myös muun muassa ehdottaa, että uusiutuvan energian osuutta koskeva EU:n vuoden 2030 tavoite nostetaan nykyisestä 40 prosentista 45 prosenttiin. Lisäksi innovaatorahoitusta lisätään, mikä oletettavasti parantaa vihreän vedyn hankkeiden rahoitusmahdollisuuksia⁷.

Vuonna 2021 valmistuneessa Pohjois-Pohjanmaan tuulivoimaselvityksessä⁸ on käyty läpi sähköverkon kehittymiseen vaikuttavia ilmastopoliittisia tavoitteita, tuulivoimaskenaarioita, sähkön siirtotarpeita, sähköautoistumista, lämpöpumppuja, teollisuuden sähkönkulutusta ja sähköistymistä sekä vedyn merkitystä sähköverkolle. Selvityksestä saa taustatietoa yleisiin sähköistymiseen liittyviin trendeihin ja se

¹ Kansallinen ilmastolaki: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2022/20220423>

² Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2003/87/EY, kasvihuonekaasujen päästöoikeuksien kaupan järjestelmän toteuttamisesta yhteisössä ja neuvoston direktiivin 96/61/EY muuttamisesta: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/?uri=celex%3A32003L0087>

³ DIRECTIVE (EU) 2018/2001 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 11 December 2018 on the promotion of the use of energy from renewable sources: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv:OJ.L_.2018.328.01.0082.01.ENG

⁴ Proposal for a regulation of the European parliament and of the council on ensuring a level playing field for sustainable air transport

⁵ Proposal for a Regulation of the European Parliament and of the Council on the use of renewable and low-carbon fuels in maritime transport and amending Directive 2009/16/EC

⁶ Proposal for a regulation of the European Parliament and of the Council on the deployment of alternative fuels infrastructure, and repealing Directive 2014/94/EU of the European Parliament and of the Council

⁷ Euroopan komissio (2022). REPowerEU-suunnitelma: kohtuuhintaista, varmaa ja kestävä energiaa Euroopalle

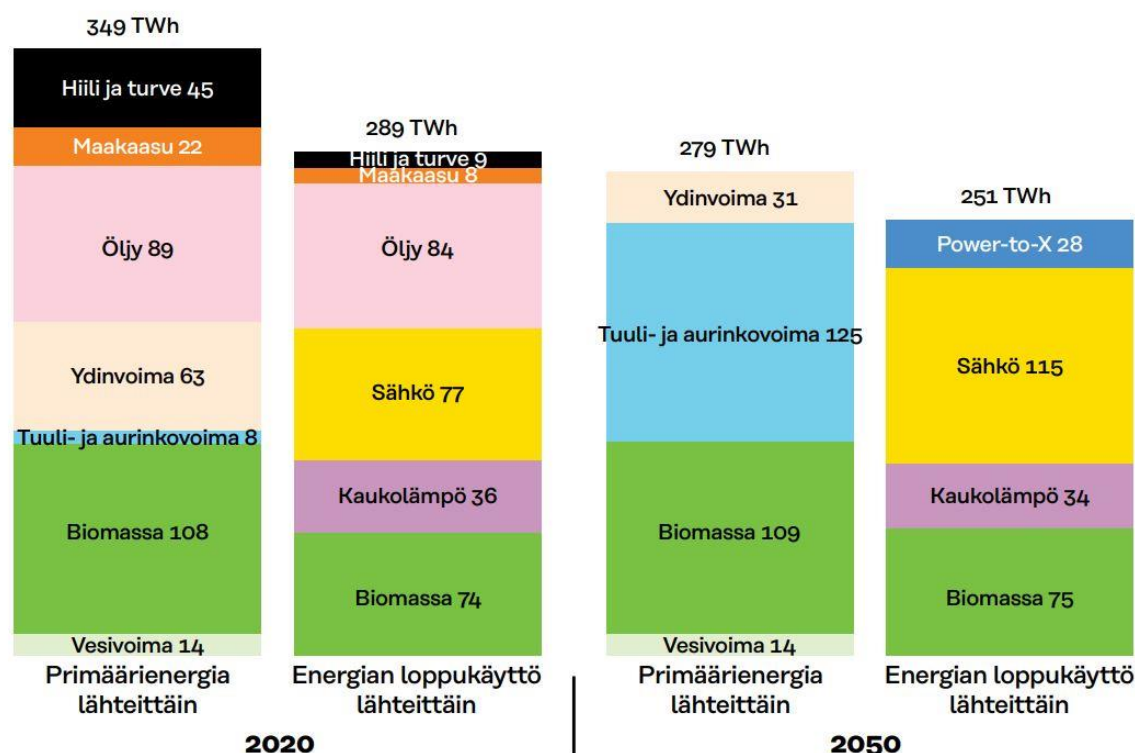
⁸ <https://www.pohjois-pohjanmaa.fi/kehittaminen/omat-hankkeet/tuuli-hanke/>

on olennaisilta osin edelleen ajankohtainen. Yhteenvetoselvityksiä aiheesta ovat tehneet myös mm. Fingrid⁹ ja Sitra¹⁰. Näiden selvitysten tietoja on hyödynnetty myös tämän selvityksen taustoituksessa.

Eri tulevaisuusskenaariot, kuten Fingrid verkkovisio ja Sitran sähköistymisen rooli Suomen ilmastotavoitteiden saavuttamisessa odottavatkin sähkönkulutuksen lisääntyvän lähivuosisikymmeninä selvästi Suomessa. Skenaarioissa tuulivoimantuotannon rooli kasvaa merkittävästi ja tuulivoiman tuotantokapasiteetti moninkertaistuu nykytilanteeseen verrattuna. Alla on esitetty kuvakaappaukset vuoden 2022 Fingridin sähköjärjestelmävision luonnoksesta¹¹. Kuvista nähdään, että merituulivoiman ja maatuulivoiman lisäyksen suhteen eri skenaariot eroavat. Tästä huolimatta kaikissa näissä skenaarioissa odotetaan sekä maatuulivoiman että merituulivoiman määrän merkittävää kasvua.

Tulevaisuudessa mahdollinen vedyn tuotanto sähkön avulla ja vedyn käyttö energian lähteenä on esillä skenaarioissa. Vedyn käytön ja sen tuotannon vaatiman sähkönkulutuksen määrissä on kuitenkin eroja skenaarioiden välillä. Eräs skenaarioiden vedyn tuotantoon liittyvä kysymys on se, käytetäänkö vetyä pääsääntöisesti Suomessa teollisuudessa, viedäänkö se lopputuotteina (esim. ammoniakki) vai viedäänkö vety putkia pitkin Suomen ulkopuolelle. Jälkimmäisissä tapauksissa vetyä tuotettaisiin siis myös vientiin.

Kuva 3: Primäärienergia ja energian loppukäyttö vuonna 2020 ja 2050 (TWh) suoran sähköistämisen skenaariossa



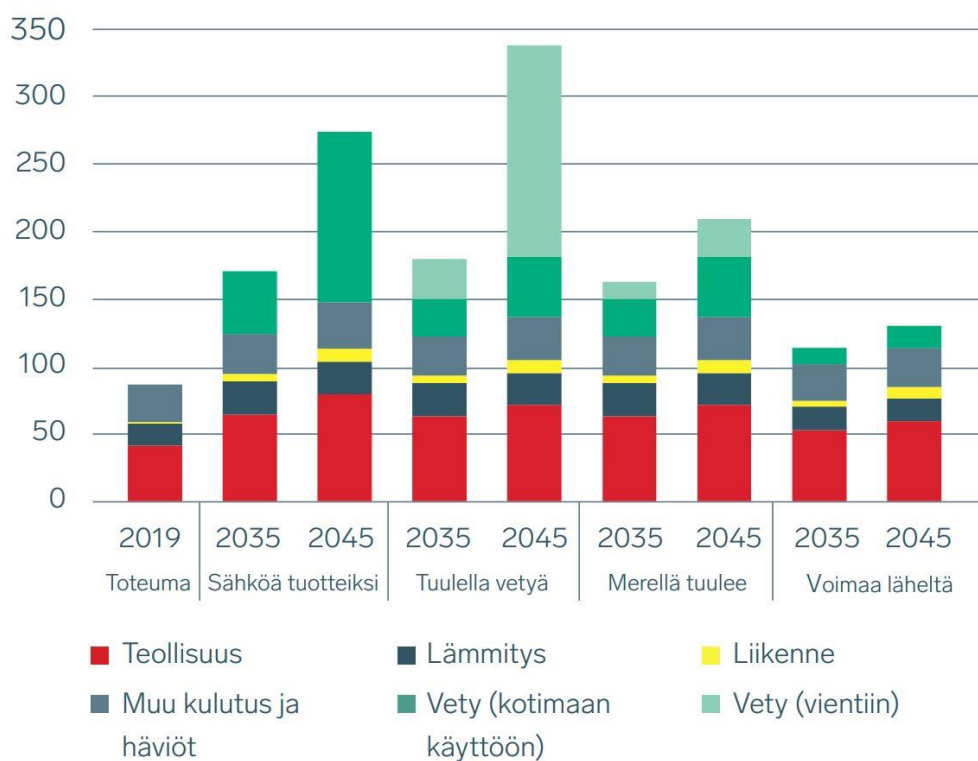
Lähde: Enerdatan POLES-mallin tulokset

Kuva 1. Kuvakaappaus SITRA:n sähköistymisen rooli Suomen ilmastotavoitteiden saavuttamisessa raportista. Kuvan perusteella tuulivoiman ja aurinkovoiman osuus kasvaa yli 10-kertaiseksi vuodesta 2020 vuoteen 2050 suoran sähköistämisen skenaariossa.

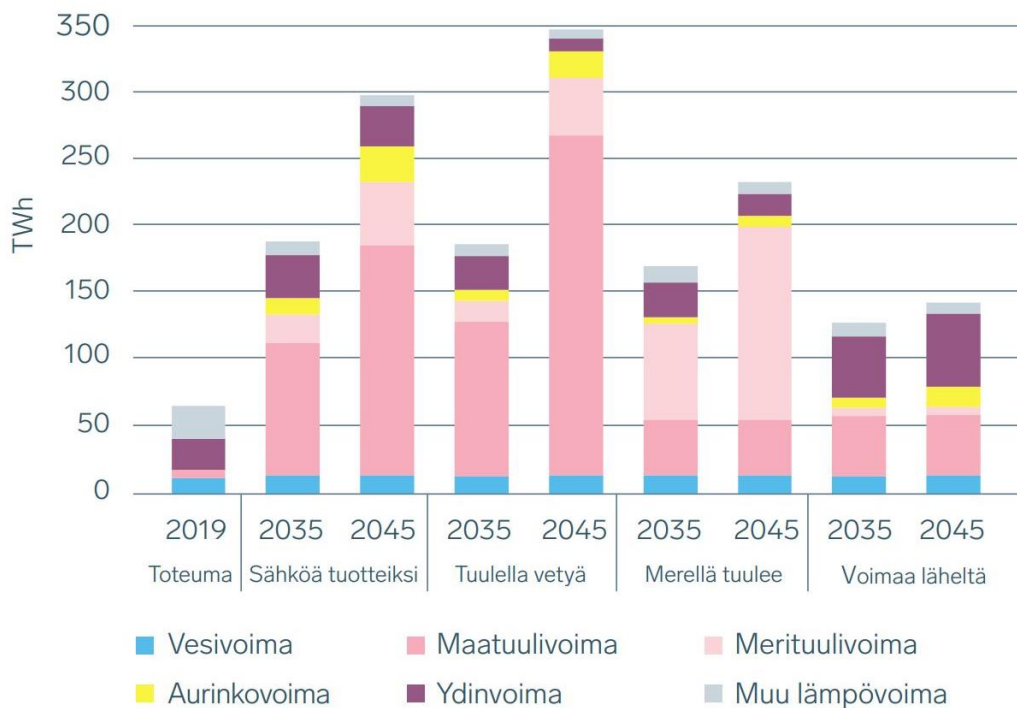
⁹ Verkkovisio - Fingrid

¹⁰ Sitra (2021). Sähköistymisen rooli Suomen ilmastotavoitteiden saavuttamisessa <https://www.sitra.fi/julkaisut/sahkoistamisen-rooli-suomen-ilmastotavoitteiden-saavuttamisessa/>

¹¹ Fingrid (2022). Fingridin sähköjärjestelmävisio 2022 – tulevaisuuden järjestelmän skenaarioluonnokset



Kuva 2. Fingridin sähköjärjestelmävision 2022 **luonnoksen** kuvaaja sähkön kulutuksesta. Kuvaaja esittää sähkön kulutuksen muutosta eri skenaarioissa. Kuvan perusteella vetytalous voi lisätä huomattavasti sähkön kulutusta. Lähde: Fingridin sähköjärjestelmävision 2022 luonnos 29.8.2022.



Kuva 3. Fingridin sähköjärjestelmävision 2022 **luonnoksen** kuvaaja sähkön tuotannosta. Kuvaaja esittää sähköntuotantomuotojen kasvuun liittyviä odotuksia eri skenaarioissa. Lähde: Fingridin sähköjärjestelmävision 2022 luonnos 29.8.2022.

Fingridin saamien hanketiedustelujen määrä on kasvanut syksyn 2021 n. 100 GW:sta kesäkuun yli 150 GW:iin tuulivoiman osalta ja 20 GW:iin aurinkoenergian osalta. Sen jälkeen määrä on edelleen kasvanut. Kaikkien hankkeiden toteutuminen ei ole realistista, mutta uusiutuvan energian hankepotentiaali Suomessa on massiivinen. Vertailuksi hanketiedustelujen määrään Suomen nykyinen sähköntuotannon huipputeho sisältäen tehoreservin on hieman yli 11 GW¹². Olkiluoto 3:n käyttöönoton odotetaan hieman nostavan tätä lukua. Vaikka kaikki hankkeet eivät todennäköisesti toteudu, on näköpiirissä sekä tuulivoiman että niiden edellyttämien sähkönsiirtoyhteyksien merkittävä lisääntyminen.

4 Keski-Suomen tuulivoiman ja energian käytön yleiskuva

Vuonna 2011 ”Keski-Suomen ilmastostrategia 2020” -dokumentissa linjattiin maakunnan alueella ilmastopäästöjen vähentämistavoitteeksi 23,5 % vuodesta 2011 vuoteen 2020. Pää tavoite jakautui alatavoitteiksi eri sektoreille. Maakunnallisen tavoitteen lisäksi alueen kunnilla on ollut ja on kuntakohtaisia tavoitteita. Ilmastostrategiaraportissa linjattiin tavoitteeksi, että uusiutuvan energian osuus nostetaan vuoteen 2020 mennessä vastaamaan 60 % maakunnan energiankulutuksesta.¹³

Tätä tavoitetta uusiutuvan energian osuuden nostamisesta tuettiin mm. ”Pienen ja keskisuuren tuulivoiman mahdollisuudet Keski-Suomessa” -raportissa vuodelta 2012. Tässä raportissa oli paikkatietopohjainen ei-analyysi tuulivoimalle soveltuvista alueista ja kohdetarkastelut.

”Keski-Suomen strategia 2025 ja 2050” -ympäristöselostuksen perusteella Keski-Suomen energian kokonaiskulutus oli vuonna 2019 21,9 TWh ja uusiutuvan energian osuus oli 66 %. Energian kulutus nousi 4,6 TWh vuoteen 2016 verrattuna. Toisin sanoen ilmastostrategiassa vuodelle 2020 asetettu tavoite uusiutuvan energian lisäämisestä saavutettiin.¹⁴

Oheisesta kuvaajasta nähdään, että vaikka uusiutuvien energialähteiden osuus maakunnan energiankäytöstä on huomattava, yli puolet energiankäytöstä tulee puusta joko puupolttoaineina tai mustalipeänä. Tuulivoiman osuus on selvästi alle prosentin lähtöenergiasta, kun tarkastellaan maakunnan sisällä tapahtuvaa tuotantoa. Tarkastelutavalla on merkitystä myös uusiutuvan energian kokonaisuuteen. Selvityksessä todetaan, että ”Mikäli huomioidaan myös alueelle tuodun sähkön uusiutuva energia, on uusiutuvan energian osuus 66 % energialähteistä ja 65 % loppukulutuksesta”

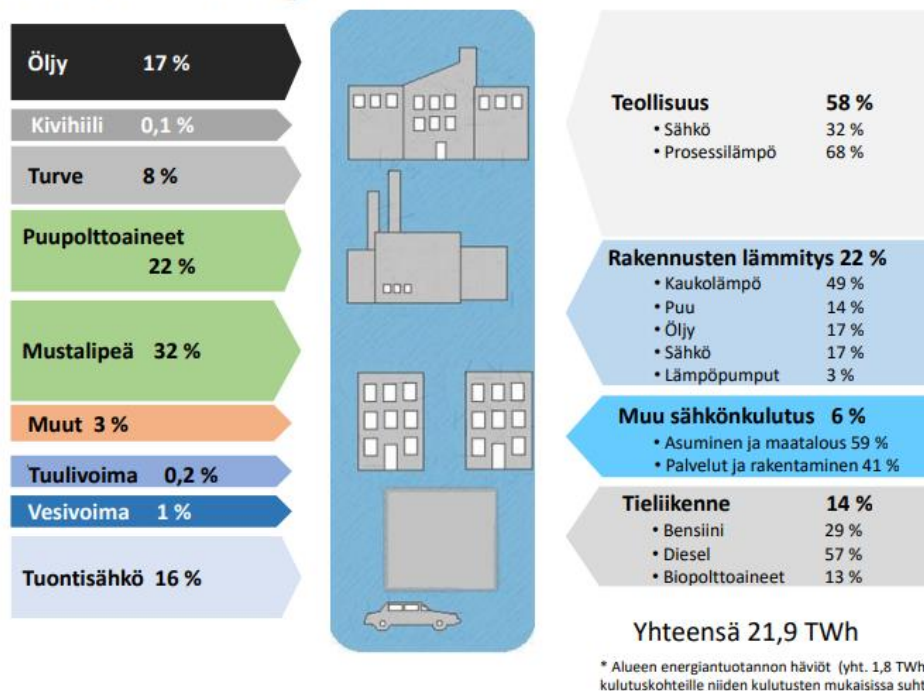
Kuvaajassa on eritelty myös energian kulutuskohteita. Sen pohjalta voi tulkita, että uusiutuvilla energialähteillä tuotetulla sähköllä ja esimerkiksi lämpöpumpuilla on mahdollista korvata edelleen mm. lämmityksen energiaa kaukolämmössä, öljylämmityksessä sekä tehostaa sähkölämmityksen energiankäyttöä. Lämmityksen lisäksi fossiilista energiaa voidaan korvata myös liikenteen sähköistymisellä. Näillä eri keinoilla voidaan vähentää esimerkiksi öljyn käyttöä energianlähteenä. Puuteollisuudessa puuta käytetään merkittävässä määrin energianlähteenä, jopa niin, että sitä riittää myös myyntiin. Tästä huolimatta myös teollisuudessa sähköistymisellä on roolinsa. Nämä eri tekijät yhdessä voivat vaikuttaa nykyisten voimajohtojen uusimistapaan sekä edellyttää verkon vahvistamista ja uusia siirtoyhteyksiä pitkällä aikavälillä.

¹² Energiavirasto (2022). Sähkön toimitusvarmuus vuonna 2021 2.12.2021

¹³ Keski-Suomen liitto (2011). Keski-Suomen ilmastostrategia

¹⁴ Keski-Suomen liitto (2021). Keski-Suomen ympäristöstrategia 2025 ja 2050 Ympäristöselostus

Keski-Suomen energiatase 2019



Kuva 4. Havainnekuva ”Keski-Suomen energiatase 2019” -selvityksestä. Tuulivoiman osuus Keski-Suomen energiasta oli 2019 vain 0,2 prosenttia.¹⁵

INKU-laskentasääntöjen perusteella Keski-Suomen kasvihuonekaasupäästöt ovat vähentyneet 35 prosenttia vuodesta 2007 vuoteen 2020. Samalla henkeä kohti lasketut päästöt ovat laskeneet 7,9 tonnista 5,6 tonniin co2e päästönä¹⁶. Keski-Suomen lisäksi päästöt ovat vähentyneet myös koko Suomen tasolla. Vähemmän sekä henkeä kohti että kokonaispäästöissä ovat prosentin tarkkuudella samat, jos tarkastellaan koko Suomea ja Keski-Suomea. Henkeä kohden lasketuissa päästöissä Keski-Suomen laskennalliset päästöt ovat olleet hieman Suomen keskiarvoa pienemmät lähtötilanteessa. Toisin sanoen Keski-Suomi on onnistunut päästöjen vähentämisessä samalla kun päästöt ovat vähentyneet myös koko Suomessa.¹⁷

Keski-Suomen strategiassa 2025-2050 on linjattu, että

- ”1 Saavutamme hiilineutraaliuden 2030 mennessä.
- 2 Vauhditamme kiertotaloutta.
- 3 Suojellemme luontomme monimuotoisuutta.”

Toisin sanoen tavoitteena on kasvihuonekaasupäästöjen vähentäminen edelleen ja tässä uusiutuvalla energialla on oma roolinsa. Hiilineutraaliustavoitteiden saavuttamiseksi on vuonna 2022 valmisteltu ”Hiilineutraali Keski-Suomi 2030” -tiekartta¹⁸.

Keski-Suomen ELY-keskus on julkaissut raportin ”Lainsäädäntö ja muu tuulivoiman sijoittamista koskeva ohjaus maakunnan tuulivoimahankkeiden suunnittelussa” vuonna 2021. Siinä on tarkasteltu tuulivoimaa

¹⁵ Benet, Keski-Suomen liitto (2020) Keski-Suomen energiatase 2019.

¹⁶ Keski-Suomen liitto (2022). Tietoa tiekartasta – Hiilineutraali Keski-Suomi 2030. <https://hiilineutraali.keskisuomi.fi/tietoa-tiekartasta/>

¹⁷ SYKE (2022) Kuntien ja alueiden khk-päästöt. hiilineutraalisuomi.fi <https://paastot.hiilineutraalisuomi.fi/>

¹⁸ Hiilineutraali Keski-Suomi 2030 <https://hiilineutraali.keskisuomi.fi/>

koskevaa lainsäädäntöä ja listattu maakunnan alueelta tunnistettuja suojeltavia kohteita. Raportti antaa yleiskuvan tuulivoiman sijoittamiseen liittyvistä tekijöistä maakunnan alueella. Soveltuvien osin sitä voi lukea myös laajemmin ajankohtaisena tuulivoiman lainsäädäntökatsauksena.

Käynnissä olevia selvityksiä muilla alueilla

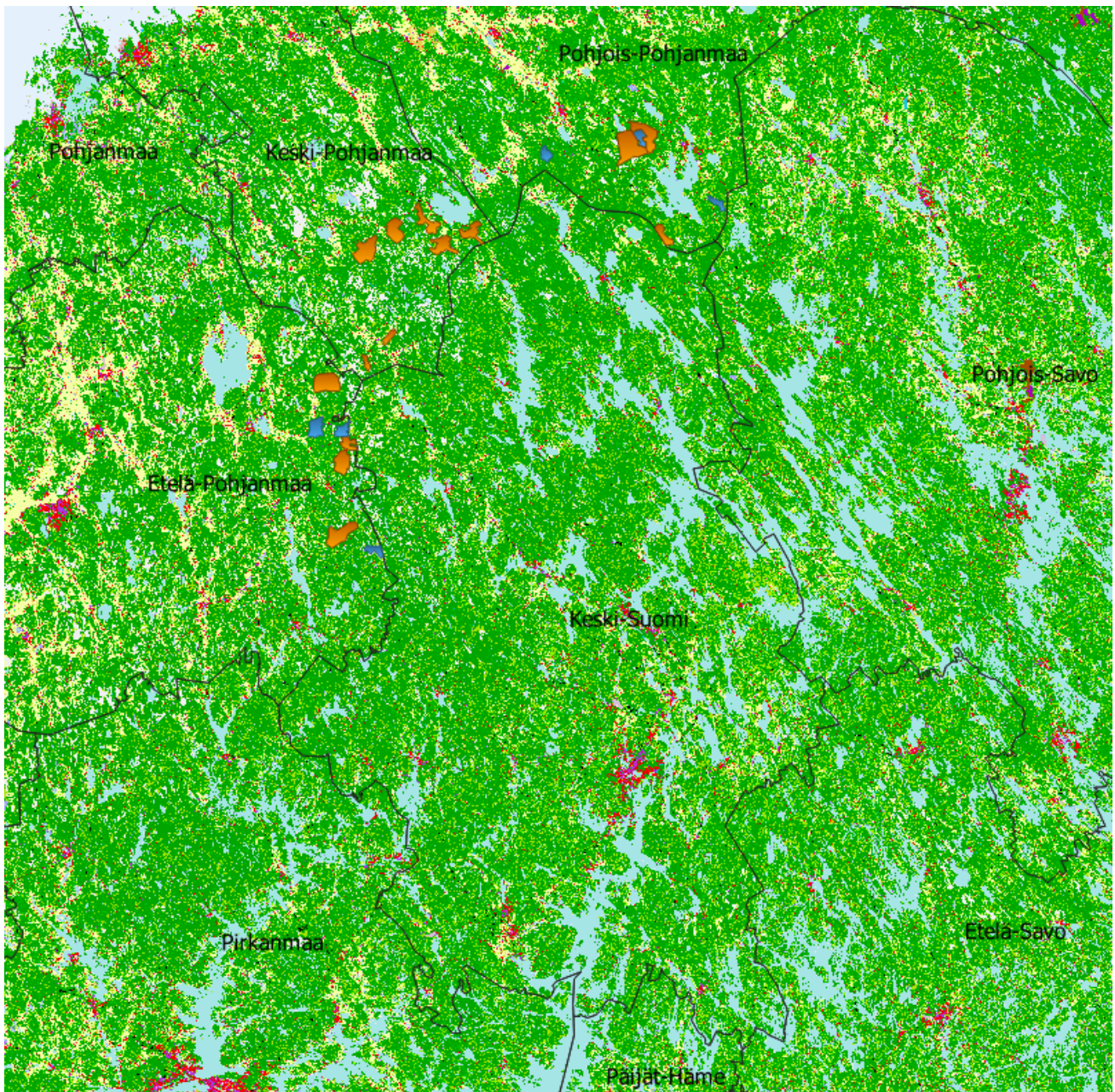
Ympäristöministeriö on myöntänyt avustusta tuulivoimaselvityksiin useissa maakunnissa ja kunnissa sekä myös yksittäisiin hankkeisiin vuodelle 2022. Samaan aikaan Keski-Suomen sähkönsiirtoselvityksen kanssa on käynnissä tuulivoimakaavoitukseen liittyviä taustaselvityksiä ainakin Etelä-Pohjanmaalla ja Pohjanmaalla, Pirkanmaalla, Kainuussa, Satakunnan liitossa, Pohjois-Savon liitossa ja Etelä-Karjalassa. Pohjois-Pohjanmaan selvitys on valmistunut jo vuonna 2021 samoin kuin Etelä-Pohjanmaan, Pohjanmaan ja Keski-Pohjanmaan yhteinen tuulivoimapotentialiselvitys. Etelä-Pohjanmaan ja Pohjanmaan sähkönsiirtoselvitys on valmistunut lokakuussa 2022.

Oheiseen karttaan on kuvattu maakuntarajat ja maankäyttö Keski-Suomen lähialueella. Kuvaan on merkitty oranssilla luvitettuja tai kaavoitettuja tuulivoiman yleiskaavahankkeita ja sinisellä muita tuulivoimahankkeita tai niitä, joiden vaiheesta ei ollut tietoa aineistossa (Kuva 5). Kuvasta voi myös puuttua tietoa tuulivoimahankkeista maakunnan raja-alueilla. Kuvasta voi huomata, että maakunnan rajojen läheisyydessä on jonkin verran vesialueita ja rakennettua ympäristöä, mutta myös alueita, jotka voivat olla tuulivoimalle soveltuvia. Kuvassa on suuri määrä eri maankäyttöluokitteluja, mutta karkeasti kuvattuna vihreällä ovat metsäalueet, vaaleana sinisellä vesialueet, keltaisella peltoalueet, punaisella asutus ja lilalla palvelu ja teollisuusalueet, harvapuustoiset alueet ovat vaaleammalla vihreällä kuin muu metsäalue.

Sekä maakuntarajoilla olevat että maakuntarajan läheisyydessä naapurimaakuntien puolella olevat potentiaaliset hankkeet voivat vaikuttaa maakunnan maankäyttöön esimerkiksi sähkönsiirtoyhteyksien vuoksi. Maakuntarajan lähellä Päijät-Hämeen puolella sijaitsee alueita, joiden soveltuvuutta tuulivoimatuotantoon on arvioitu Päijät-Hämeen tuulivoimaselvityksessä¹⁹. Selvitystyö on vielä kesken ja seuraavassa maakuntakaavassa osoitettavien alueiden osalta tilanne tarkentuu vielä kaavaprosessissakin.²⁰

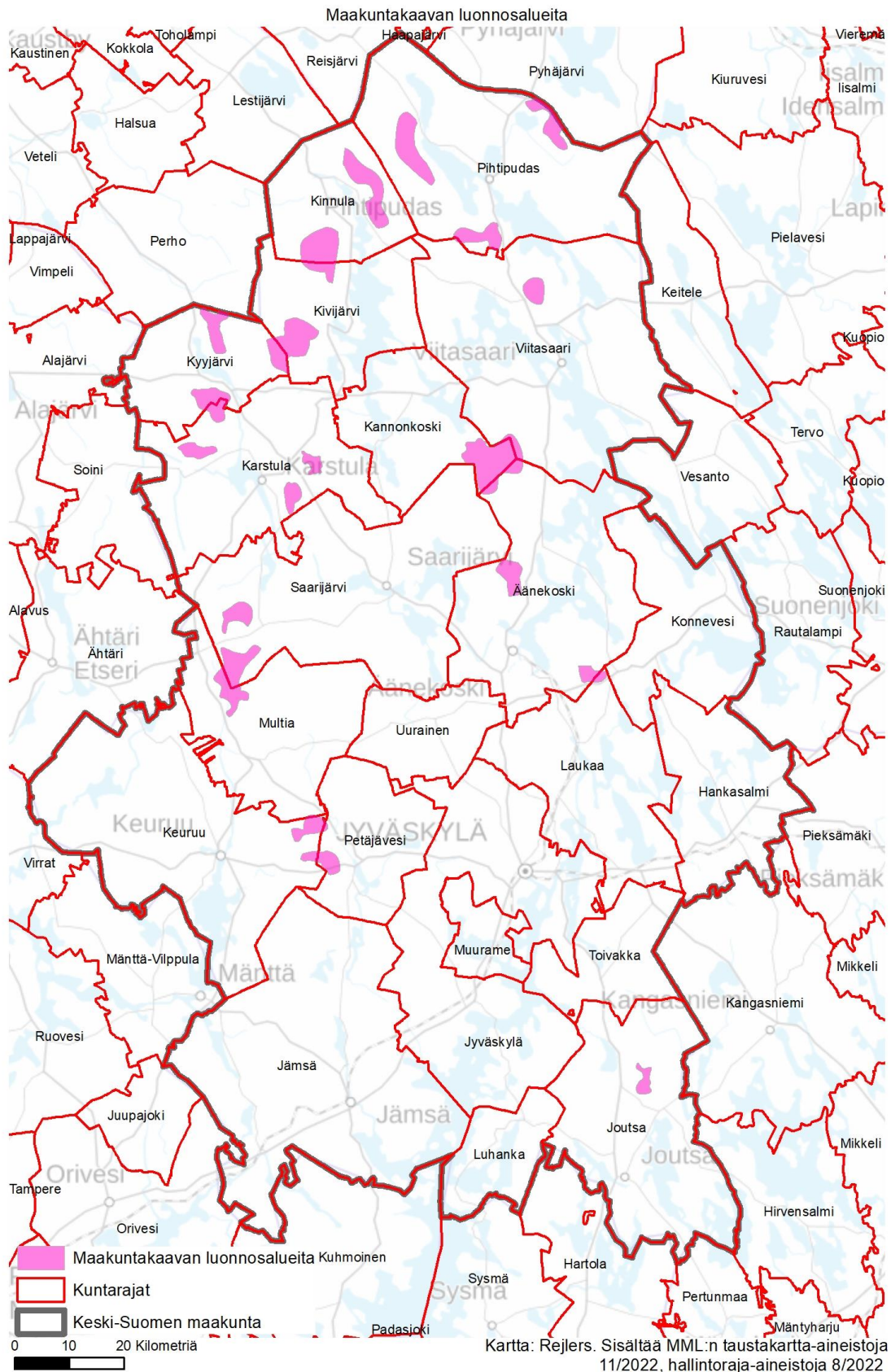
¹⁹ Päijät-Hämeen liitto (2022) <https://paijat-hame.fi/alueidenkaytto-ja-liikenne/tuulivoimaselvitys/>

²⁰ Ympäristöministeriö (2021). <https://valtioneuvosto.fi/-/1410903/ymparistoministeriolta-tukea-tuulivoimarakentamiseen>



Kuva 5. Keski-Suomi rajautuu useaan maakuntaan ja raja-alueilla on potentiaalisesti tuulivoimalle soveltuvaa maankäyttöä. Kuvaan on merkitty oransilla luvitettuja tai kaavoitettuja tuulivoiman yleiskaavahankkeita ja sinisellä muita tuulivoimahankkeita tai niitä, joiden vaiheesta ei ollut tietoa aineistossa. Kuvassa on suuri määrä eri maankäyttöluokitteluja, mutta karkeasti kuvattuna vihreällä ovat metsäalueet, vaaleana sinisellä vesialueet, keltaisella peltoalueet, punaisella asutus ja lilalla palvelu ja teollisuusalueet, harvapuustoiset alueet ovat vaaleammalla vihreällä kuin muu metsäalue. Sisältää MML:n hallintoraja-aineistoja ja SYKE:n tuottamia Corine maanpeiteaineistoja (ladattu 2/2022) ja maakuntaliittojen aineistoja. Kuva Rejlers Finland Oy.

Oheisessa kuvassa on kuvattu maakuntakaavan 2040 luonnoksen mukaisia tuulivoimatuotantoon soveltuvia alueita, joita tarkastellaan osana tätä sähkönsiirtoselvitystä. Kuvasta voi huomata, että tuulivoima-alueita on koko maakunnan alueella, mutta erityisesti ne painottuvat Keski-Suomen luoteisosaan (Kuva 6.)



Kuva 6. Maakuntakaavan 2040 luonnoksen mukaiset tuulivoimatuotantoon soveltuvat alueet ja niiden sijoittuminen kunnittain.

5 Sähköverkon kehittämissuunnitelmat ja haastattelujen yhteenvedot

5.1 Fingrid

Kantaverkkoyhtiö Fingridin verkkovisiosta⁹ ja kantaverkon kehittämissuunnitelmasta²¹ saa hyvän käsityksen Suomen kantaverkon kehittymisestä tulevaisuudessa. Fingridin toimesta on valmistumassa vuoden 2022 lopussa sähköjärjestelmävisio, jossa laajennetaan aikaisempaa verkkovisiota. Sähköjärjestelmävisiossa tullaan käsittelemään kantaverkon vahvistustarpeiden lisäksi sähkömarkkinoita ja sähköjärjestelmän hallintaa. Sähköjärjestelmävisio on kuitenkin vasta luonnosvaiheessa ja sitä on käsitelty vain lyhyesti kappaleessa kolme. Verkkovisiota ja kehittämissuunnitelmaa käsitellään seuraavaksi Keski-Suomen osalta. Lisäksi tässä kappaleessa esitellään sähköverkko- ja tuulivoimayhtiöiden haastattelujen tulokset ja avataan niissä läpikäytyjä aiheita.

5.1.1 Fingrid Verkkovisio

Fingridin verkkovisio tarkoittaa edellisessä kappaleessa taustoitettuja sähköverkon pitkän aikavälin kehittämistä ohjaavia trendejä. Verkkovisio mallintaa trendien vaikutuksia sähköverkkoon ja analysoi sähköverkon kehittämistarpeita erilaisissa skenaarioissa. Verkkovisio sisältää myös havainnollistukset siirtojohtotarpeista eri skenaarioissa. Vastaavia linjauksia ei ole vielä sähköjärjestelmävision luonnosvaiheessa ja siksi verkkovisio on hyvä lähtökohta tarkastelulle tässä selvityksessä.

Tuoreimmassa vuonna 2021 julkaistussa verkkovisiossa on määritetty neljä eri skenaariota. Skenaariot eroavat toisistaan sen mukaan, minkälaista tulevaisuuden kehitystä odotetaan ja mitä kukin visio edellyttäisi kantaverkon kehittämiseltä. Lisäksi verkkovisiossa on tarkasteltu näille eri skenaarioille yhteisiä tekijöitä. Verkkovisiota on tarkennettu sidosryhmäprosessilla.

Fingridillä on käytössä tarkempaa tietoa tulevista investointisuunnitelmista, kuin on mahdollista saada avoimista lähteistä. Esimerkiksi Fingridin saamien tuulivoiman hanketiedustelujen määrä on moninkertainen tuulivoimayhdistyksen hankelistaan nähden. Tuulivoimayhdistyksen hankelistan hankkeita oli vuonna 2021 n. 21 400 MW. Fingrid kertoi tätä selvitystä varten pidetyssä haastattelussa, että se on saanut hanketiedusteluja peräti noin 187 000 MW edestä. Lisäksi jotkin jatkossa sähkön kysyntään vaikuttavat varhaisen vaiheen hankkeet eivät ole vielä julkisia. Fingridin verkkovisio sisältää tarkkaa ja mallinnettua taustatietoa nykyisestä verkosta ja siitä, minkälaisia verkon kehittämistarpeita on tunnistettu. Yhteiskunnallinen ja sähköntuotannon kehitys on kuitenkin niin nopeaa, että se näkyy myös merkittävässä hajonnassa eri skenaarioiden välillä, mikä on myös tarkastelutavan vahvuus.

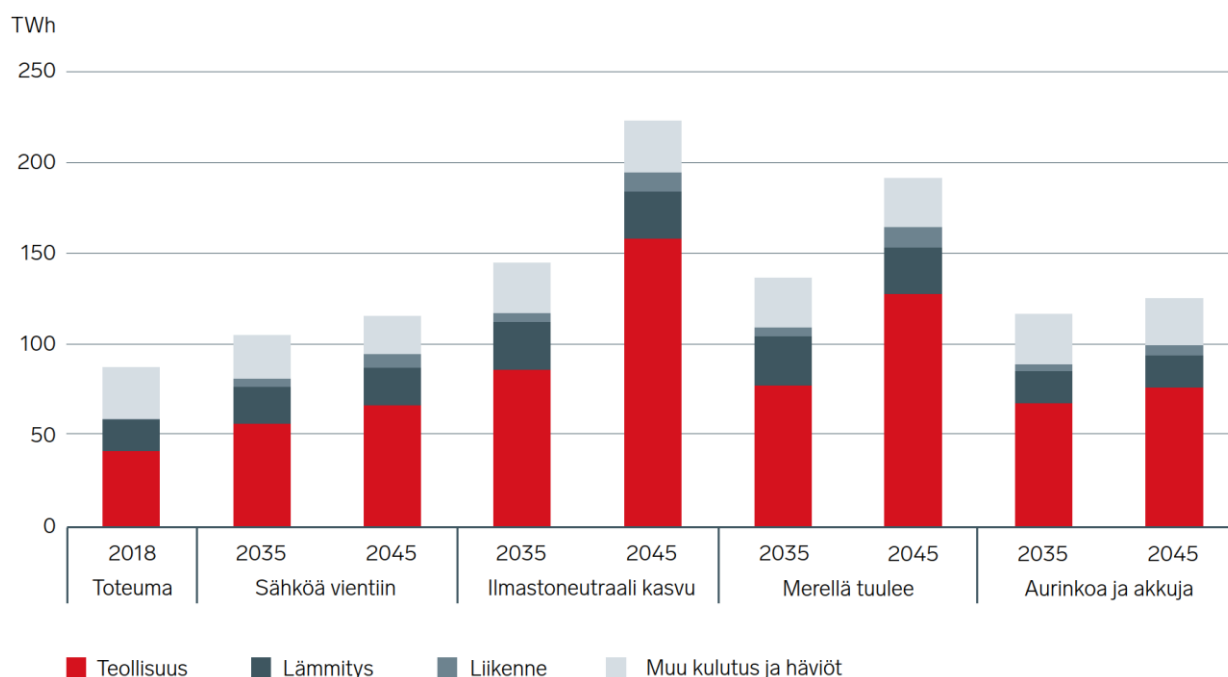
Fingridin saamaa hanketiedustelujen määrää voi suhteuttaa esimerkiksi Suomen nykyiseen alle 20 000 MW sähköntuotantokapasiteettiin. Silti osa tuulivoimahankkeista ja muista sähköverkkoon vaikuttavista investoinneista ei lopulta etene toteutukseen asti. Mahdollisia syitä tähän voivat olla esimerkiksi maankäytölliset syyt ja ympäristövaikutukset. Näitä ovat esimerkiksi vaikutukset asutukseen, linnustoon, maisemaan, poronhoitoon, matkailuun, uhanalaisiin lajeihin sekä teknistaloudelliset kysymykset.

5.1.2 Verkkovision skenaariot

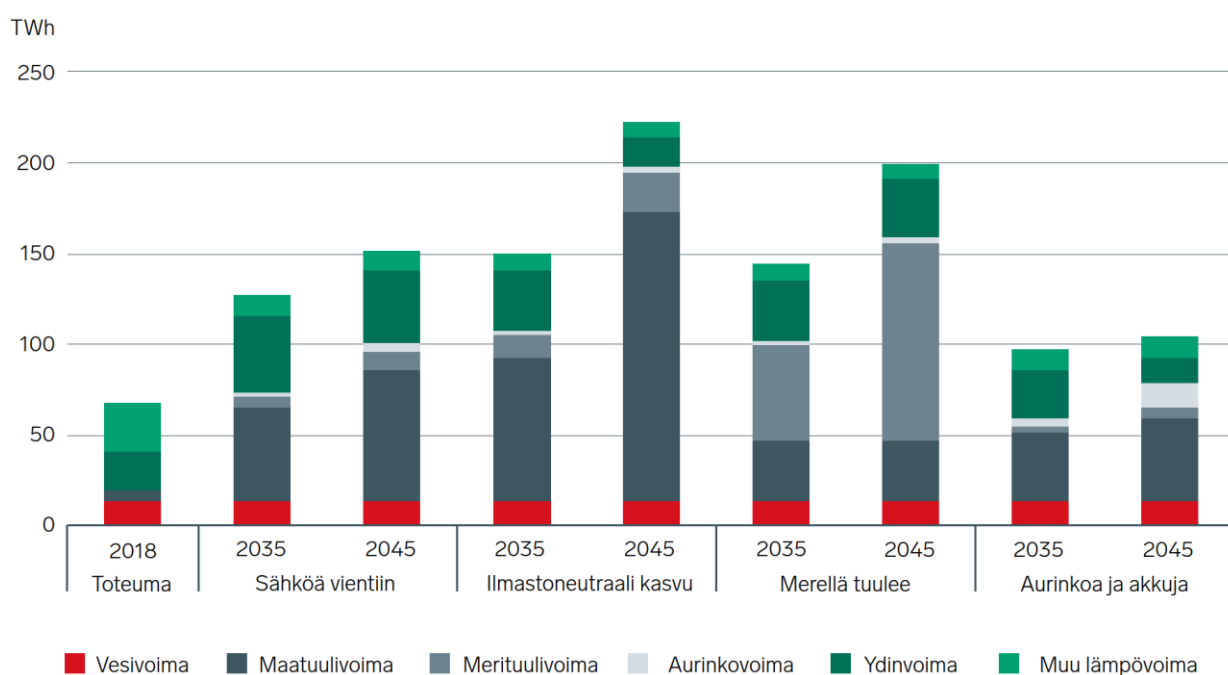
Kaikki Fingridin skenaariot lähtevät siitä oletuksesta, että sähkön kulutus ja tuotanto kasvavat selvästi nykytasosta. Skenaariot eroavat kuitenkin siinä, miten voimakasta kasvu on ja mikä sähköntuotantomuoto

²¹ [Fingrid. Kantaverkon kehittämissuunnitelma 2022-2031](#)

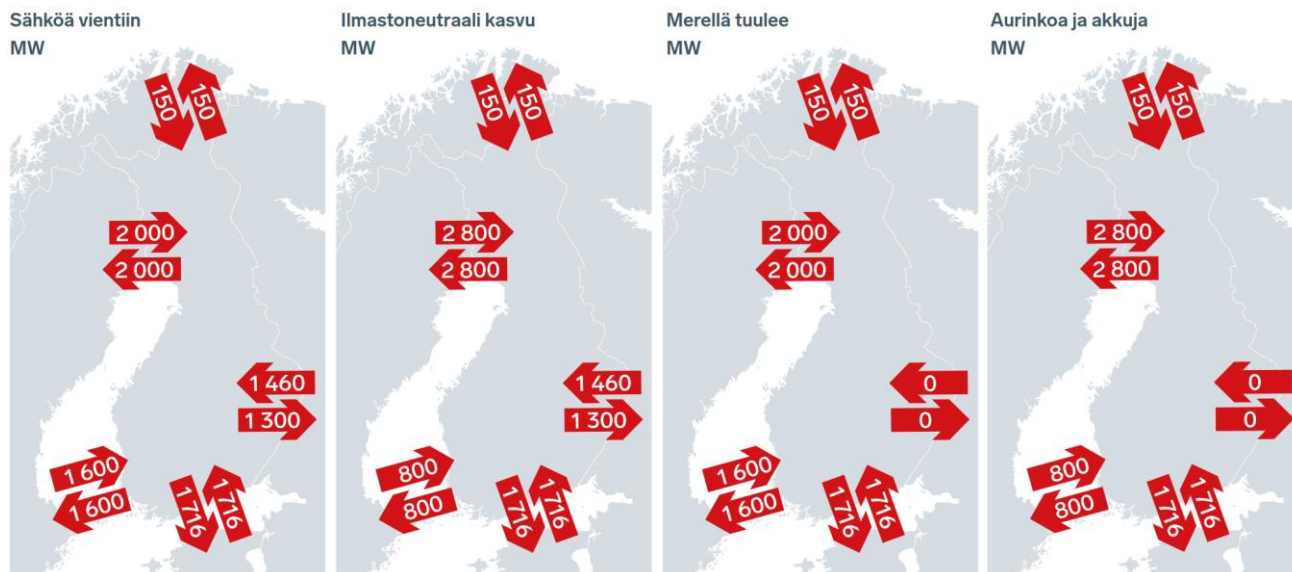
vastaa suurimmasta osasta kasvua. "Sähköä vientiin" ja "Ilmastoneutraali kasvu" -skenaarioissa suurin osa uudesta sähköntuotannosta on maatuulivoimaa. "Merellä tuulee" -skenaariossa jo vuonna 2035 ja erityisesti vuoteen 2045 tultaessa merituulivoiman merkitys on suurin. "Aurinkoa ja akkuja" -skenaariossa on laskettu eniten lisäystä aurinkovoiman tuotannolle. Huomionarvoista kuitenkin on, että tässäkin skenaariossa aurinkovoiman lisäys alittaa tuulivoiman lisäyksen sekä vuonna 2035 että vuonna 2045. Alla olevissa kuvissa on kuvattu sähkönkulutusta (Kuva 7) ja tuotantoa (Kuva 8) eri skenaarioissa.



Kuva 7. Sähkönkulutuksen kehittyminen eri skenaarioissa Fingridin verkkovision 1/2021 mukaan. Sähkönkulutus kasvaa kaikissa skenaarioissa, mutta vaihtelee niiden välillä.



Kuva 8. Sähkön tuotannon jakautuminen eri tuotantotapojen välillä Fingridin verkkovision 1/2021 eri skenaarioissa. Tuulivoimatuotanto ja sähköntuotanto kasvavat kaikissa skenaarioissa.



Kuva 9. Rajasiirtokapasiteetit Fingridin verkkovision 1/2021 eri skenaarioissa. Rajasiirtokapasiteeteissa on eroavaisuuksia Suomen ja Ruotsin, Suomen ja Viron sekä Suomen ja Venäjän välillä. Suomen ja Norjan välinen kapasiteetti on sama kaikissa skenaarioissa. Fingridin sähköjärjestelmävision skenaarioluonnosten 2022 mukaan Suomen ja Venäjän rajasiirtokapasiteetti poistuu kokonaan käytöstä vuoteen 2035 mennessä.

Taulukko 1. Kaupallinen siirtokapasiteetti Suomen ja muiden alueiden välillä 2021. Lähde: Fingridin verkkovision 1/2021.

Maa/alue	Maksimi tuontikapasiteetti (MW)	Maksimi vientikapasiteetti (MW)
Pohjois-Ruotsi	1500	1100
Etelä-Ruotsi	1200	1200
Viro	1016	1016
Venäjä	1300	320

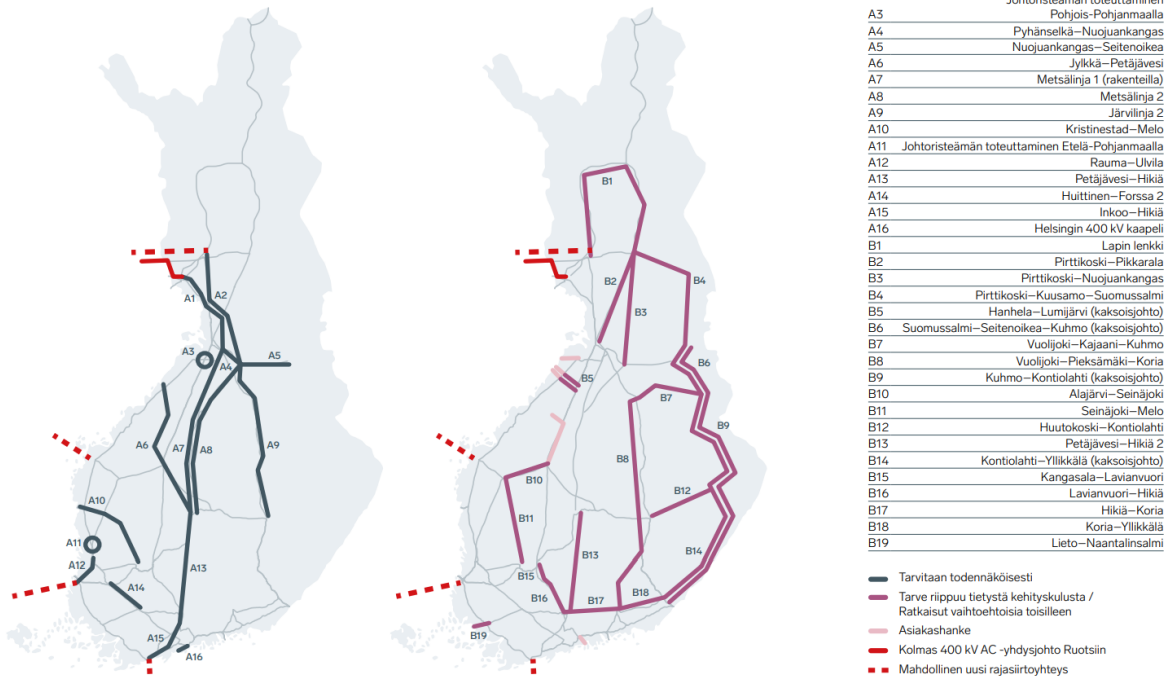
Taulukko 1 esittää Fingridin verkkovision 1/2021 mukaisen vuoden 2021 kaupallisen maksimituontikapasiteetin. Käytännössä kapasiteetti ei ole jatkuvasti tällä tasolla, vaan siihen kohdistuu ennalta suunniteltuja väliaikaisia muutoksia. Lisäksi Ahvenanmaan ja Naantalin välillä on 100 MW:n yhteys (jonka kapasiteettirajat tulisivat nopeasti vastaan, mikäli haluttaisiin tuottaa Ahvenanmaalla sähköä laajasti Manner-Suomeen) ja Norjaan on 220 kV vaihtosähköyhteys. Kuva 9 esittää rajasiirtokapasiteetit verkkovision eri skenaarioissa.

Fingrid lähtee siitä oletuksesta, että siirtokapasiteetti Pohjois-Ruotsiin kasvaa ja kapasiteetin lisäämistä suunnitellaankin jo. Lisäyksen määrä kuitenkin vaihtelee eri skenaarioissa. Etelä-Ruotsin ja Venäjän osalta skenaariot eroavat. Venäjän osalta tilanne on muuttunut, koska Venäjä on toistaiseksi lopettanut sähköntuonnin Suomeen keväällä 2022. Jo tätä ennen Olkiluodon ydinvoimalan käyttöönoton tiedettiin laskevan hieman suunnitellusti sähkön tuontia. Lisäksi keväällä 2022 Fingrid rajoitti tuontikapasiteettia 900 MW:iin Venäjältä toistaiseksi. Tämä tilanne voi elää jatkossakin.²²

²² Fingrid rajoittaa Venäjältä tulevan sähkön siirtokapasiteettia – varautuu ulkoisen häirinnän riskiin Nato-keskustelun aikana (yle.fi)

Kuva 10 esittää yhteenvedon eri skenaarioiden sisältämien verkon vahvistustarpeiden yhteistarkastelusta. Vasemmanpuoleisessa kuvassa nähdään tärkeimmät kaikissa skenaarioissa tarvittavat sähkönsiirtoyhteydet. Oikean puolen karttakuvassa nähdään puolestaan skenaarioiden kehityskuluista riippuvaiset verkon vahvistustarpeet.

Kuva 11 Yleiskuva tunnistetuista verkkovahvistustarpeista vuodelle 2035. Johtoreitit havainnollistavat sähkönsiirron tarvetta asemien välillä, eivätkä välttämättä vastaa todellisia johtoreittejä.



Kuva 10. Tunnistetut päävoimansiirtoverkon kehittämistarpeet vuodelle 2035. Vasemmalla on esitetty todennäköiset tarpeet. Oikealla tietystä kehityskulusta riippuvat verkkovahvistustarpeet. Lähde: Fingridin verkkovisiosta 1/2021

Keski-Suomen alueella sijaitsee useita isoja sähkön kulutuskeskittymiä, mutta sähköntuotantoa on vain vähän. Kantaverkon kehittämisessä merkittävin panos on pohjois-eteläsuuntaisten voimajohtojen ja uusien asemien rakentamisessa. Todennäköisiä vahvistustarpeita Keski-Suomen alueella ovat Jylkkä - Petäjävesi -voimajohto (A6), Metsälinja 1 (A7, valmistunut 2022), Metsälinja 2 (A8) ja Petäjävesi - Hikiä (A13). Kaikki todennäköiset voimajohdot vaikuttavat osaltaan pohjois-eteläsuuntaiseen siirtoon. Tämän lisäksi Jylkkä - Petäjävesi -voimajohdon tarkoituksena on siirtää rannikkoalueelta tuulivoimantuotantotehoa kulutuskeskuksille Keski-Suomeen. Metsälinja 1:n on valmistunut vuoden 2022 aikana. Jylkkä - Petäjävesi valmistuisi puolestaan vuonna 2027, Petäjävesi - Hikiä vuonna 2028 ja Metsälinja 2 vuonna 2030.

Potentiaalisena lisävahvistuksena on esitetty Petäjävesi - Hikiä 2 (B13) Aurinkoa ja akkuja -skenaariossa. Skenaariossa pohjois-eteläsuuntaisen siirron tarve kasvaa entisestään ja kyseiseen tarpeeseen vastaa Petäjävesi - Hikiä 2 -voimajohto.

Havainnollisuuden lisäämiseksi oheisiin karttoihin (Kuva 11 ja Kuva 12) on lisätty Keski-Suomen maakuntaraja. Kuviin kannattaa kuitenkin suhtautua hyvin viitteellisinä. Johtojen reitit eivät ole tarkkaa paikkatietoa, vaan kyseessä on enemmän periaatteellinen yhteystarve kuin suunniteltu reitti. Tarkkaan reittiin vaikuttavat mm. sähkönsiirtotarpeet alueella sekä ympäristöseikat.



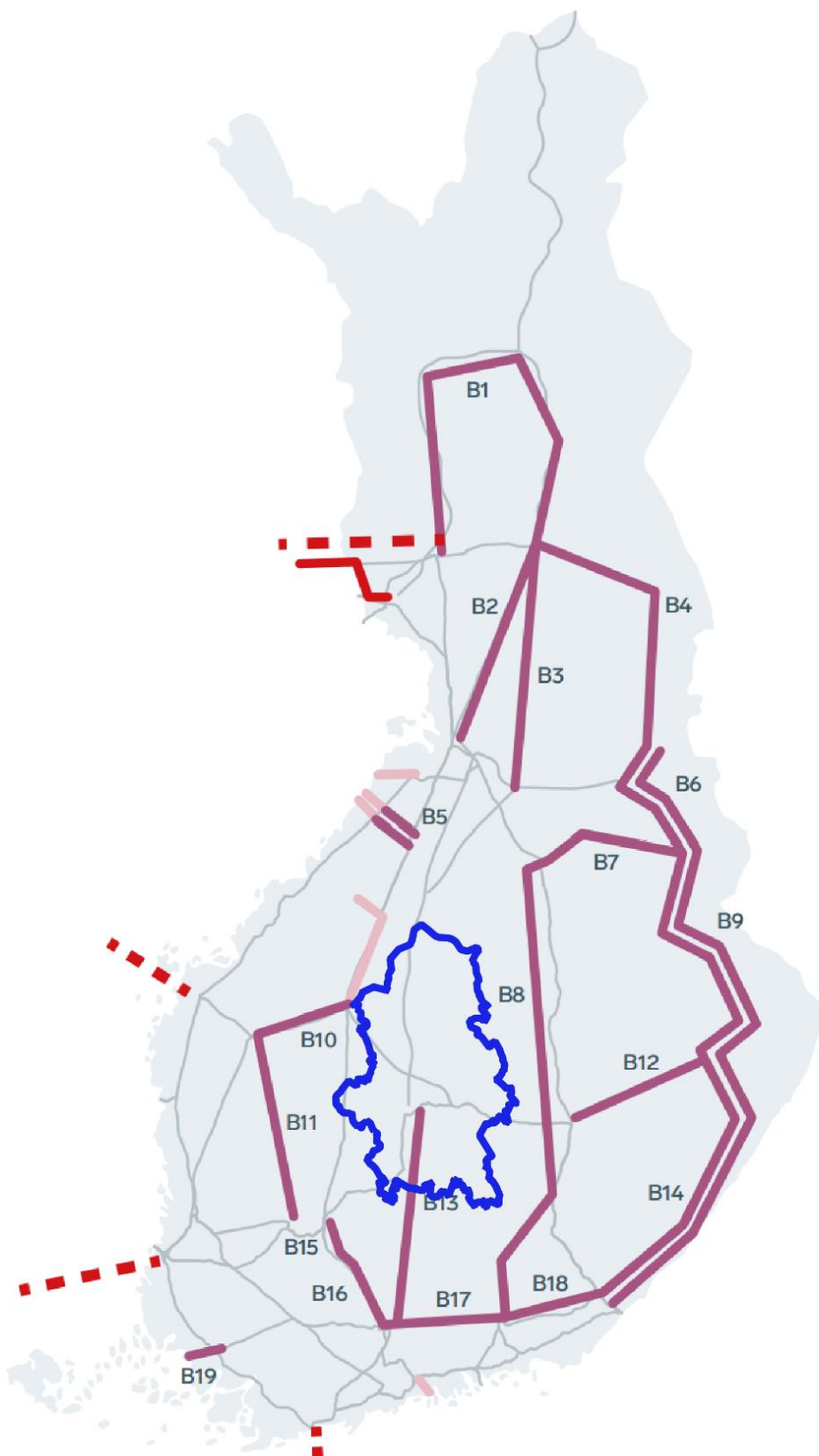
Kuva 11. Fingridin todennäköiset verkkovahvistustarpeet Keski-Suomen alueilla. Johtolinjaukset ovat yhteystarpeita, eivät johtoreittejä. Lähde: Fingridin verkkovisio 1/2021. Kuvaan on lisätty jälkikäteen sinisellä viivalla Keski-Suomen maakuntaraja.

Taulukko 2. Fingridin todennäköiset verkkovahvistustarpeet Keski-Suomen alueella. Tiedot koottu Fingridin verkkovisiosta 1/2021 ja kantaverkon kehittämissuunnitelmasta 2022-2031.

Verkkovahvistus	Johto	Arvioitu valmistuminen (jos tiedossa)	Verkkovision lisäksi myös kehittämissuunnitelmassa
A6	Jylkkä-Petäjävesi	2027	Kyllä
A7	Metsälinja 1	2022 (valmis)	Kyllä
A8	Metsälinja 2	2030	Ei
A13	Petäjävesi – Hikiä	2028	Kyllä

Taulukko 3. Fingridin mahdolliset verkkovahvistustarpeet todennäköisten verkkovahvistustarpeiden lisäksi Keski-Suomen alueella. Lähde: Fingridin verkkovisio 1/2021.

Verkkovahvistus	Johto	Esiintymisskenaario
B10	Petäjävesi – Hikiä 2	Merellä tuulee



Kuva 12. Fingridin mahdolliset verkkovahvistustarpeet Keski-Suomen alueella. Johtolinjaukset ovat yhteystarpeita, eivät johtoreittejä Lähde: Fingridin verkkovisio 1/2021. Kuvaan on lisätty jälkikäteen sinisellä viivalla Keski-Suomen maakuntaraja.

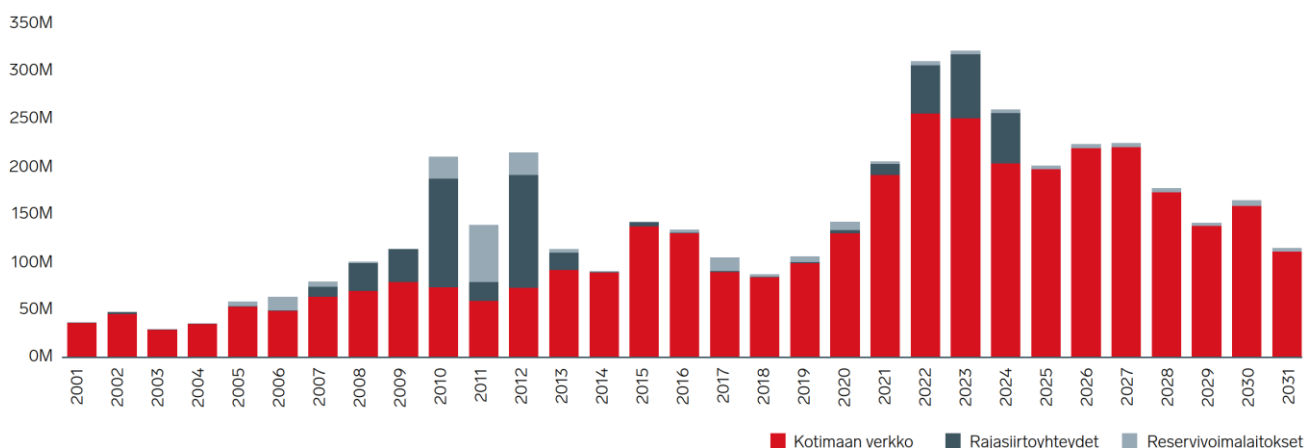
5.1.3 Kantaverkon kehittämissuunnitelmat

Kantaverkon kehittämissuunnitelma on tämän hetken näkemys Fingridin verkkoinvestoinneista noin 10 vuoden päähän. Kehittämissuunnitelma ottaa yksityiskohtaisemmin kantaa jo käynnissä oleviin ja suunniteltuihin verkkoinvestointeihin.

Fingridin vuosittaiset investoinnit ovat olleet 2010-luvulla noin 100 miljoonaa euroa vuodessa. 2000-luvun alussa investointitasot ovat olleet selvästi tätä pienempiä. 2020-luvulla investointitasot nousevat kuitenkin noin 200 miljoonaan euroon vuodessa niin, että kokonaisuudessaan seuraavan 10 vuoden aikana investoidaan noin 2,1 miljardia euroa. Fingridin arvion mukaan investointien määrä seuraavan 10 vuoden aikana on noussut jo 3 miljardiin euroon.

Kuva 13 esittää Fingridin investointitasot kantaverkkoon vuosina 2001-2031. Kuvan oikean reunan 2020-luvun loppupuoliskoa kuvaavat investointiluvut eivät sisällä vielä tunnistamattomia investointitarpeita.

Investoinnit verkoittain ja vuosittain



Kuva 13. Fingridin vuotuisten verkkoinvestointien rahallinen määrä 2001-2031. Lähde: Fingridin kantaverkon kehittämissuunnitelma 2022-2031. Investointimäärät ovat aiempaa suuremmat erityisesti vuosina 2021-2030

Noin 98 % Fingridin seuraavan 10 vuoden investoinneista koskee voimajohtoja tai sähköasemia. Kaikista investoinneista 75 % tulee olemaan uusinwestointeja ja 25 % korvausinvestointeja. Vielä tunnistamattomiksi investointitarpeiksi Fingrid nostaa asemalaajennuksien ja uusien muuntoasemien toteuttamisen tulevaisuudessa realisoituvien asiakastarpeiden vuoksi.

Fingridin kehittämissuunnitelmassa Keski-Suomen suunnittelualueen erityispiirteeksi nostetaan suuret metsäteollisuuden kulutuskeskittymät. Kuormien kehitys onkin hankalasti ennustettavissa, koska alueella on lakkautettu teollisuuslaitoksia ja rakennettu uutta. Pääosa tuotetusta energiasta syntyy teollisuuden yhteydessä olevilta voimalaitoksilta. Tuulivoimaa on kuitenkin lisäksi suunnitteilla Keski-Suomen pohjoisosissa Alajärven sähköaseman ympäristössä. Kehittämissuunnitelman pääpainona on kasvava siirtotarve pohjois-eteläsuunnassa. Pohjois-Suomeen on valmistumassa mm. Aurora line vuonna 2025 ja lisää tuulivoimatuotantoa. Yksi alueen merkittävimpiä hankkeita onkin Metsälinja 1, joka on valmistunut vuonna 2022.

Muita viime aikoina valmistuneita hankkeita ovat

- Mäntän sähköasema uusittiin, vuonna 2016
- Petäjäveden kytkinlaitos uusittiin 400 kV laitteistoiseksi. Petäjäveden 110 kV uusittu jo aikaisemmin.
- Alajärven 400 kV kytkinlaitos, 2017 (samalla purettiin 220 kV kytkinlaitos ja Alajärvi - Petäjävesi, Alajärvi - Seinäjoki 110 kV käyttöön)
- Koivisto - Vihtavuori toinen siirtoyhteys, 2018
- Jyväskylän 110 kV sähköasema rakennettiin kaasueristeisenä, korvasi Keljon sähköaseman kantaverkon solmupisteenä, 2019. Samalla uudet voimajohtoyhteydet Jyväskylä - Petäjävesi ja Kauppila - Rauhalahdi.

Pidemmälle tulevaisuuteen sijoittuvat suunnitellut voimajohtohankkeet käytiin verkkovisiossa läpi. Näiden lisäksi uusia sähköasemia ja sähköasemien saneerauksia toteutetaan tuulivoiman ehdoilla. Fingrid jakaa hankkeet kahteen kategoriaan: tehdyt investointipäätökset (Taulukko 4) ja hanke suunnitteilla (Taulukko 5).

Taulukko 4. Fingridin tehdyt investointipäätökset Keski-Suomen maakuntaa koskien. Kullakin rivillä on investoinnin kohde ja valmistumisvuosi. Lähde: Fingridin kehittämissuunnitelma 2022-2031.

Tehdyt investointipäätökset:	
Kohde	Vuosi
Petäjävesi - Haapavesi VL	2019
Petäjävesi - Nuojua 220 kV johdot poistetaan osittain käytöstä	2022
400 kV johto Petäjävesi - Pyhänselkä	2022
Petäjäveden kytkinlaitoksen käyttöönotto 400 kV jännitteelle	2022
Petäjävesi - Jämsä 220 kV käyttöönotto 110 kV	2022
Jämsän aseman purku	2022
Toivilan sisäänveto	2021
Kauppilan kytkinlaitoksen uusiminen	2023
Huutokoski - Kauppila - Hämeenlahti 110 kV johdon uusiminen	2024

Taulukko 5. Fingridin suunnitteilla olevat hankkeet Keski-Suomen maakuntaa koskien. Kullakin rivillä on investoinnin kohde ja suunniteltu valmistumisvuosi. Lähde: Fingridin kehittämissuunnitelma 2022-2031.

Suunnitteilla olevat hankkeet:	
Kohde	Vuosi
Alajärvi - Toivila, 400 + 110 kV	2028
Vihtavuoren 400 kV kytkinlaitoksen perusparannus	2026
Mänttä - Petäjävesi 110kV voimajohdon uusiminen	2026
Rauhalahden 110kV kytkinlaitoksen uusiminen ja perusparannus	2026

Keski-Suomen alueella Fingridin investointipäätökset ovat suurimmilta osin valmistuneet tai valmistuvat seuraavan kahden vuoden aikana.

5.1.4 Teknologiset ratkaisut

Fingrid tuo kantaverkon kehittämissuunnitelmassa esiin monia erilaisia teknologisia ratkaisuja, joilla voidaan lisätä olemassa verkon siirtokapasiteettia kustannustehokkaasti. Näillä ratkaisuilla on mahdollista

parantaa joissakin määrin nykyisen verkon kapasiteettia ja tämän myötä myös liityntävalmiuksia ilman uusien voimajohtojen rakentamista. Tällaisia ratkaisuja ovat muun muassa Dynamic Line Rating, Power Oscillation Damping (POD) -säätöjärjestelmä, loistehon sarja- ja rinnakkaiskompensointi ja korkean lämpötilan johtimien käyttö.

Dynamic Line Rating (DLR) tarkoittaa voimajohdon todellisen kuormitettavuuden määrittämistä. Se ottaa huomioon ympäristön säätilan vaikutukset johdon kuormitettavuuteen. Static Line Rating (SLR) on perinteinen menetelmä, jossa johtojen kuormitettavuus on määritetty muuttumattomissa olosuhteissa. Sen käyttö on johtanut alimitoitettuun kuormitettavuuteen, koska on haluttu varmistua, ettei missään olosuhteissa johtojen suunniteltu maksimikäyttölämpötila ylittyisi. Suomen olosuhteissa DLR on keskimäärin jopa noin kaksi kertaa suurempi kuin SLR. Tämä mahdollistaa huomattavan lisäsiirtokapasiteetin saamisen niissä tilanteissa, joissa johdon kuormitettavuus rajoittaa siirtokykyä. DLR vaatii kuitenkin tarkempia selvityksiä sen toteuttamiskelpoisuudesta ja hyödynnettävyydestä.

Power Oscillation Damping (POD) -säätöjärjestelmä on otettu käyttöön Suomen Lapissa ensimmäisenä maailmassa. Tällä säätöjärjestelmällä pystytään tehokkaasti vaimentamaan verkossa esiintyviä tehoheilahduksia, mikä mahdollistaa suurempien tuotantomäärien liittämisen verkkoon.

Loistehon sarja- ja rinnakkaiskompensointia käytetään jo nykyisellään. Kompensointi mahdollistaa voimajohtojen siirtokapasiteetin lisäämisen. Esimerkiksi rinnakkaiskompensoinnilla pystytään lisäämään silmukoidussa verkossa siirtokapasiteettia, kun verkon jännitestabiilius rajoittaa siirtokykyä. Fingridin tavoitteena on selvittää rinnakkais- ja sarjakompensoinnin ratkaisujen yhtenäistämistä sekä rinnakkaiskompensoinnin tarkempaa tarvetta.

Korkean lämpötilan johtimilla voidaan kasvattaa siirtokapasiteettia perinteistä kevyemmillä johtimilla. Korkean lämpötilan johtimia voidaan käyttää tavanomaisia johtimia korkeammassa lämpötilassa ja siten myös suuremmalla kuormituksella ilman, että johtimien riippumat kasvavat liian suuriksi. Tällöin voidaan lisätä siirtokapasiteettia ilman pylväiden vaihtoa. Suomessa tämä toteutettiin ensimmäisen kerran Isohaara - Raasakka -voimajohdon Isohaaran puoleisessa päässä vuonna 2016.

5.1.5 Haastattelu

Fingridiä haastateltiin sähkönsiirron selvitystä varten. Haastattelussa pyrittiin selvittämään Fingridin tilanne Keski-Suomen alueella. Haastattelussa kysyttiin Fingridiltä seuraavia asioita:

- Yleinen suunnittelutilanne sähköverkon suhteen.
- Verkkovision ja kehittämissuunnitelman tausta Keski-Suomen sekä lähialueiden osalta.
- Voimajohto- ja sähköasemaliityntöjen yleisyys ja periaatteet.
- Voimajohtojen siirtokapasiteetti, sähköasemien muuntokapasiteetti ja sähköasemien liitettävyyys ja laajennettavuus.
- Nykyinen johtotieto ja kehittämissuunnitelmien paikkatieto.
- Verkkokiikarin hyödyntäminen selvityksessä.
- Sähköjärjestelmävision hyödyntäminen selvityksessä.

Fingridin haastattelussa nousi esiin erittäin suuri tuotantokyselyiden määrä. Tuulivoiman hankekehittäjät ottavat tyypillisesti yhteyttä Fingridiin aikaisessa vaiheessa hankekehitystä. Tämän myötä Fingridillä on ajantasainen ja paras tieto suunnitteilla ja käynnissä olevista tuulivoimahankkeista. Hankekyselyjä on tullut

kokonaisuudessaan Fingridille 187 GW:n edestä koko Suomea koskien. Fingridin mukaan on tärkeää, että tunnistettaisiin hyvissä ajoin ne hankkeet, jotka etenevät toteutukseen asti.

Fingrid korosti, että heillä on sähkömarkkinalakiin perustuva velvollisuus ja vastuu kehittää kantaverkkoaan ja liittää kulutusta ja tuotantoa. Fingrid joutuu suunnittelussa huomioimaan verkon kehittämistä koko Suomen osalta, minkä lisäksi kehitystyössä huomioidaan siirtoyhteydet, käyttövarmuus, sähkömarkkinat, rajasiirrot, kulutus ja miten kulutus ja tuotanto sijoittuvat toisiinsa nähden. Fingridin tuleva sähköjärjestelmävisio käsittelee tuulivoiman liittämistä ottaen syvemmin kantaa niin kulutukseen, kuin tuotannon kehittymiseen koko Suomen alueella. Lisäksi yhteistyötä jakelu- ja alueverkkoyhtiöiden kanssa pidettiin tärkeänä ja sitä tehdäänkin jatkuvasti.

Fingridin verkon kapasiteettitietojen arviot ovat saatavissa uudesta Verkkokiikari-sovelluksesta²³. Verkkokiikari-sovelluksen tiedot eivät kuitenkaan ole tarkkoja. Esimerkiksi voimajohtojen siirtokapasiteetteja ei ole huomioitu ja sovelluksen näyttämät liityntäpisteiden liityntäkapasiteetit ovat suuntaa antavia. Verkkokiikari-sovellusta pyritään päivittämään niin, että siellä näkyviä kapasiteetteja poistetaan sitä mukaan, kun liittymissopimuksia tehdään. Koska tuulivoiman kasvun myötä liittymistarpeita on runsaasti, on käynnissä kilpajuoksu vapaista liityntäkapasiteeteista ja ylipäättään hankkeiden toteuttamisesta tuulivoimatuotantoon soveltuville alueille. Keski-Suomen alueen osalta Verkkokiikari-sovelluksessa ei ollut haastatteluhetkellä lainkaan kapasiteettitietoja saatavilla, mutta tietoja päivitettiin selvityksen aikana. Asiasta keskusteltiin Fingridin kanssa jälkikäteen ja todettiin tietojen olevan osin puutteellisia eli kaikkia kapasiteettitietoja ei ole ehditty päivittää sovellukseen tai niitä ei ole saatavilla, vaikka suunnitelmia verkon kehityksestä alueella onkin. Verkkokiikarin kapasiteettitietojen on todettu olevan tiettyä tilannetta kuvaavia eivätkä ne sisällä 10 vuotta pidemmälle meneviä suunnitelmia eivätkä välttämättä kaikkia Fingridin kehittämissuunnitelmankaan aikajänteen kapasiteettilisäyksiä. Tiedot elävät jatkuvasti ja niihin on suhtauduttava viitteellisinä.

Fingridin verkon kehittäminen perustuu tarvepohjalle ja esimerkiksi tuulivoimahankkeiden edetessä Fingrid suunnittelee uutta verkkoa. Fingridin investointihankkeen hankekehys (Kuva 14) on kutakuinkin yhtä pitkä kuin tuulivoimahankkeiden. Ongelmaksi muodostuu kuitenkin kehitystarpeiden havainnointi tarpeeksi varhaisessa vaiheessa, sillä tuulivoimahankkeiden toteutumiseen liittyy epävarmuutta erityisesti hankekehityksen alkupuolella. Tämän vuoksi tuulivoiman lisääntymisen luomat verkon kehittämistarpeet saadaan usein katettua vasta useamman vuoden jälkeen. Yhtenä vaihtoehtoisena kehitysreittinä Fingrid nosti esiin, että tuulivoimapuistot voisivat rakentaa omia 400 kV liittymisjohtoja sähköasemille. Myöhemmin Fingrid voisi rengastaa nämä liittymisjohdot osaksi kantaverkkoa ja ottaa ne kantaverkon käyttöön. Fingrid kertoi lisäksi, että uudet julkistetut voimajohto- ja verkonvahvistushankkeet keräävät myös alueelle uusia tuulivoimainvestointeja.

²³ Fingridin verkkokiikari: <https://www.fingrid.fi/kantaverkko/liitynta-kantaverkkoon/verkkokiikari/>, Tilanne 21.10.2022.

Suunnittelu ja rakentaminen



Luvitusprosessi



Voimajohtohankkeen kesto kaikkine vaiheineen on noin 5–8 vuotta.

Kuva 14: Voimajohtohankkeen eteneminen, Fingrid Oyj. ²⁴

Fingrid tarkastelee uusien sähköasemien sijoittamiseen useita vaihtoehtoisia paikkoja. Asemapaikkoihin voivat vaikuttaa muun muassa maaperätekniset kysymykset, rakennettavuus, ympäristöarvot ja muuntajien kuljetusreittien löytyminen - tarvittavat muuntajat painavat useita satoja tonneja. Tyypillisesti 400 kV asemien etäisyydet ovat 50-100 km eikä niitä sähkötekniestä syistä voida sijoittaa liian lähelle toisiaan. Sähköasemia ja liittymispisteitä kaivattaisiin kuitenkin tiheämmin erityisesti pohjoisen Keski-Suomen alueella tuulivoimatuotannon kasvaessa. Liityntäpisteiden sijainnit määräytyvätkin isossa kuvassa lopulta kulutuksen ja tuotannon tarpeiden mukaan.

Haastattelussa kysimme Fingridin siirtoverkon riittävydestä Keski-Suomen osalta, koska asia oli tullut esille myös sähköverkkoyhtiöiden haastatteluissa. Sähköverkot on rakennettu pitkän ajan kuluessa kulloistenkin tarpeiden mukaan, minkä takia pohjoisessa Keski-Suomessa ei juurikaan ole kantaverkon liittymispisteitä ja itäisessä Keski-Suomessa kantaverkon voimajohtoja ei ole pohjois-etelä suunnassa. Luoteiseen Keski-Suomeen on suunnitteilla runsaasti liittymispisteitä kasvavan tuulivoimatarpeen seurauksena. Verkkovision B7 ja B8 hankkeet ovat toteutumassa ja auttavat kantaverkon liityntäpisteiden puutukseen itäisessä Keski-Suomessa. Hankkeet tulevat olemaan seuraavassa kehittämissuunnitelmassa mukana, eli hankkeiden toteutumisaika on noin 2031-2032.

²⁴ Fingrid (2022). Rakentamisen vaiheet. <<https://www.fingrid.fi/kantaverkko/rakentaminen/rakentamisen-vaiheet/>>

5.1.6 Fingridin verkkokiikari

Fingridillä on valmistunut kesän 2021 aikana liityntävalmiuksien kehittämisprojekti. Projektin tavoitteena oli selvittää, minkälaisia liittymistarpeita Fingridin asiakkailta on ja missä päin nämä liittymistarpeet sijaitsevat²⁵. Tämän työn lopputuloksena Fingrid on julkaissut Verkkokiikari-sovelluksen.

Tässä tarkastelussa Verkkokiikarista on kerätty selvityksen kannalta oleelliset liittymiskapasiteetit, ja ne on esitelty alla olevassa taulukossa 21.10.2022 tilanteessa (Taulukko 6). Verkkokiikarin kapasiteetit ovat paras saatavilla oleva arvio vapaista verkon liittymiskapasiteeteista. On kuitenkin huomioitava, että Verkkokiikarin kapasiteettitietoja päivitetään jatkuvasti suunnittelutilanteen muuttuessa ja tässä esitetyt kapasiteetit kuvaavat vain hetkellistä tilannetta.

Taulukko 6. Fingridin Verkkokiikari-sovelluksen mukaiset vapaat liityntäkapasiteetit sähköasemittain 21.10.2022 tilanteessa. Liityntäkapasiteetit on esitetty jännitetasoittain asemakohtaisesti: 110 kV ja 400 kV. Kapasiteetit sisältävät Fingridin investointisuunnitelman mukaisia kapasiteettien lisäyksiä, mutta tietoja kaikista investoinnista ei välttämättä ole mukana.

Asema:	Vapaa kapasiteetti: (MW)	
	110 kV	400 kV
Petäjävesi	180	180
Vihtavuori	400	400
Toivila	400	400
Alajärvi (Etelä-Pohjanmaa)	280	270

Taulukoon on kerätty kaikki Keski-Suomen kantaverkon asemat, joille verkkokiikarissa on esitetty kapasiteettitietoja. Tämän lisäksi Alajärven sähköasema on erityisesti nostettu esille, koska Keski-Suomen puolella tuulivoimahankealueita on runsaasti Alajärven sähköaseman läheisyydessä. Tällä hetkellä Keski-Suomen 400 kV asemat painottuvat etelämmäksi, samoin kuin suurin osa tuulivoimahankealueista.

Verkkokiikarissa esitetyt kapasiteetit ovat kuitenkin suuntaa antavia ja ne esittävät Fingridin investointisuunnitelmien mukaisia kapasiteetin lisäyksiä. Verkkokiikari ei ota kantaa kehityssuunnitelman aikajännettä pidemmälle. Verkkokiikari ei myöskään huomioi voimajohtojen siirtokapasiteetteja tai laajemmin eri verkon osien välisiä suhteita. Tämän seurauksena Keski-Suomen alueella vapautuvat kapasiteetit voivat vaikuttaa toisiinsa esimerkiksi niin, että toisella asemalla kulutettu kapasiteetti rajoittaa sitä, kuinka paljon viereiselle asemalle voidaan liittää tuulivoimaa. Tämän lisäksi kantaverkkoa kehitetään jatkuvasti ja siksi myös kapasiteettitiedot elävät.

Kantaverkon kehitys pohjautuu asiakkaiden suunnitelmiin ja sähkömarkkinoiden tarpeisiin. Esimerkiksi johtohankkeita ja uusia liityntäasemia suunnitellaan alueille, joille on realisoitumassa esimerkiksi paljon tuulivoimaa tai suuria kulutuskohteita. Toisaalta uuden kantaverkon voimajohtoon toteuttamiseen kuluu aikaa 5-10 vuotta, kun huomioidaan esiselvitykset, YVA ja muut prosessit, suunnittelu ja rakentaminen. Tämä tarkoittaa, että tunnistetusta verkon kehitystarpeesta valmiiseen voimajohtoon kuluu paljon aikaa. Tuulivoimahankkeiden toteutumiseen liittyy lisäksi epävarmuutta mm. ympäristöön ja kaavoitukseen liittyvistä syistä. Myös voimaloiden määrä voi muuttua hankkeen edetessä.

²⁵ Fingrid (2021). Liityntävalmiuksien kehittämisprojekti tehostaa kantaverkon suunnittelua ja rakentamista <https://www.fingridlehti.fi/liityntavalmiuksien-kehittamisprojekti-tehostaa-kantaverkon-suunnittelua-ja-rakentamista/?_cldee=bWFYanV0Lm1hYXR0YW5lbkBrMaW5ncmlkLmZp&recipientid=contact-a447843742c2e811a94d000d3a396ff4-ab05745b8030494fab118d00f6a754c1&esid=b49c54e3-aa0f-ec11-b6e6-000d3a3995b5>

Tarkkaa tai pitkälle ulottuvaa kapasiteettitietoa ei ole siis saatavilla ja tuulivoimatuotannon tarkka lisäys on vaikeasti ennustettavaa. Tällöin pelkkä saatavilla olevaan kapasiteettitietoon perustuva tuulivoima-alueiden liittymisedellytysten tarkastelu ei anna välttämättä todellista kuvaa kokonaistilanteesta. Kapasiteettitiedon lisäksi tuulivoiman liittymisedellytyksiä voidaan arvioida myös alueen etäisyydellä mahdollisiin liittymispisteisiin. Mitä lähempänä tuulivoima-alue sijaitsee mahdollista liittymispistettä, sitä paremmat mahdollisuudet sillä on ainakin teoriassa liittyä verkkoon. Lisäksi vaikutukset uuden verkon rakentamisesta ovat teoriassa sitä pienemmät, mitä lähempänä liittymispistettä tuulivoima-alue sijaitsee. Tietoa mahdollisista liittymispisteistä saadaan Fingridin nykyisten verkkotietojen avulla sekä lisäksi Fingridin erikseen toimittamasta suunniteltujen liittymispistealueiden materiaalista. Tässä materiaalissa ei ole kuitenkaan esitetty liittymispisteiden kapasiteettitietoja eikä niitä ole täten voitu huomioida tässä selvityksessä. Fingrid käy aktiivista keskustelua verkon kehittämisestä ja tarpeista asiakkaiden kanssa jatkuvasti. Lisäksi Fingrid tekee paljon yhteistyötä myös maakuntaliittojen kanssa. Tässä selvityksessä on myöhemmin esitelty sekä kapasiteettiarvioinnin että liittymispiste-etäisyysarvioinnin tuloksia.

5.2 Muut verkkoyhtiöt

Fingridin hallinnoimalla kantaverkolla on keskeisin rooli Keski-Suomen alueen sähkönsiirrossa erityisesti tuulivoiman osalta. Sähkönsiirtoselvityksessä selvitettiin kuitenkin myös Keski-Suomessa toimivien jakeluverkonhaltijoiden ja erityisesti suurjännitteisen jakeluverkonhaltijoiden näkemyksiä tuulivoimasta ja siihen liittyvästä sähkönsiirrosta. Erityisesti pienempiä tuulipuistoja on monissa tapauksissa mahdollista liittää Fingridiä pienempien toimijoiden 110 kV:n verkkoon. Voimajohtojen ympäristö- ja maankäyttövaikutukset ovat samanlaisia niiden omistajasta riippumatta. Maakuntarajojen ollessa hallinnollisia, ei niillä ole juurikaan merkitystä sähkönsiirron kannalta. Esimerkiksi Keski-Suomen alueella oleva tuulipuisto voidaan liittää sähköverkkoon myös alueen ulkopuolella. Sähköverkon ollessa laaja kokonaisuus, myös Keski-Suomen maakuntarajojen ulkopuolella tapahtuvalla sähköverkon kehityksellä voi olla vaikutusta Keski-Suomen alueen sähkönsiirtoon tuulivoiman osalta. Verkonhaltijoiden osalta myös tätä on pyritty huomioimaan tarpeellisin osin, mutta haastattelut ja kyselyt on rajattu pääsääntöisesti Keski-Suomen maakunnan alueelle.

Selvityksen kannalta merkittävimmät verkonhaltijat - peilaten erityisesti Keski-Suomen maakuntakaavan 2040 luonnoksen mukaisiin tuulivoimatuotantoon soveltuviin alueisiin ja nykyisten voimajohtojen sijaintiin - haastateltiin etäyhteyksin. Haastateltuja yhtiöitä olivat Elenia, Sähkö-Virkeät ja Järvi-Suomen Energia. Haastatteluissa yhtiöiden kanssa käsiteltiin muun muassa seuraavia asioita:

- Tuulivoimahankkeiden tilanne lyhyesti verkkoyhtiön alueella
- Mahdolliset liityntäpisteet ja nykyisen siirtokapasiteetin riittävyys tämän hetkisessä verkossa, mahdollinen kapasiteetin laajennettavuus
- Verkon kehittämis- ja vahvistamistarpeet sekä suunnitelmat
- Tuulivoiman liittymisperiaatteet
- Erityishaasteet tuulivoiman liittämässä verkkoon
- Synergiat ja tulevaisuuden näkymät verkon kehittämisessä muiden verkkoyhtiöiden tai toimijoiden kanssa.

Selvityksen kannalta pienemmässä roolissa oleville verkonhaltijoille lähetettiin aiheisiin liittyvä sähköpostikysely, johon vastaukset saatiin yhteensä kolmelta kuudesta verkkoyhtiöstä. Kyselyssä yhtiöiltä kysyttiin seuraavat kysymykset:

- Millä tavoin voimakas ja lisääntynyt tuulivoimarakentaminen näkyy teidän verkkoyhtiössänne?
- Vaikuttaako se teidän verkkoyhtiössänne verkon suunnitteluun ja kehittämiseen?
- Onko teidän verkossanne mahdollisia liittymispisteitä tuulivoimalle tai kapasiteettia ylipäättään liittää tuulivoimaa verkkoon? Vai onko mielestänne suoraan alueverkkoon liittäminen parempi vaihtoehto?
- Voisiko alueellista sähköverkkojen kehittämistä edistää jotenkin? Miten?

Pääosin keski- ja pienjännitteiseen jakeluverkkoon keskittyvien verkonhaltijoiden verkkoon ei pääsääntöisesti voida liittää tuulivoimaa maakunnallisesti merkittäviä määriä. Toisaalta esimerkiksi yksittäisten tuulivoimaloiden liittäminen voi olla mahdollista tapauskohtaisesti. Myös pääosin kaupunkiympäristössä toimiminen tai erilaiset suojavyöhykkeet ja suojelualueet voivat rajoittaa tuulivoiman rakentamista tietyillä alueilla ja näin rajata verkonhaltijan pois tuulivoiman liittämisen näkökulmasta, vaikka vapaata liittämiskapasiteettia teknisesti verkossa voisikin olla.

5.2.1 Verkkokapasiteetit

Maakunnallisesti merkittävän sähköntuotannon, erityisesti tuulivoiman, liittämisen kannalta merkittäviä suurjännitteisen jakeluverkon eli alueverkon haltijoita on Keski-Suomen alueella määrällisesti melko vähän. Keskeistä sähkönsiirron ja erityisesti uuden merkittävän sähköntuotannon näkökulmasta on kuitenkin tunnistaa, että kantaverkko ja sitä hallinnoiva Fingrid määrittää melko pitkälti, miten ja mihin uutta sähköntuotantoa voidaan liittää. Myös alueverkot ovat liittyneenä kantaverkkoon, jonka kautta suurin osa sähköstä siirretään kulutuskeskuksiin. Suurin osa muusta alueen suurjännitteisestä verkosta kuin kantaverkosta on Elenian omistuksessa varsinkin Keski-Suomen pohjoisosassa. Elenia onkin tuulivoiman liittämisen kannalta alueen merkittävin alueverkonhaltija. Lisäksi erityisesti Päijänteen itäpuolella Järvi-Suomen Energia on keskeinen alueverkkotoimija. Keski-Suomen, Etelä-Pohjanmaan ja Pirkanmaan rajaseudulla puolestaan Sähkö-Virkeillä on merkittävä määrä alueverkkoa. Myös Savon Voimalla on selvitykseen liittyvää alueverkkoa Keski-Suomen ja Pohjois-Savon rajan tuntumassa, mutta verkko on pääsääntöisesti Keski-Suomen maakunnan ulkopuolella lukuun ottamatta pientä osuutta Konnevedellä. Savon Voiman verkko ei näin vaikuta suoraan Keski-Suomen maakuntakaavoitukseen. Kartalla esitettynä Suomen suurjännitteisen sähköverkon tiedot ovat saatavissa esimerkiksi Fingridin karttapalvelusta.

Haastattelujen ja kyselyjen perusteella verkkoyhtiöille on tullut melko paljon tuotannon liittämiseen liittyviä kyselyitä erityisesti viime vuosina, kun muun muassa tuulivoimaloiden teknisen kehityksen myötä tuotanto on kannattavaa yhä useammilla alueilla. Parhailla tuulivoima-alueilla Keski-Suomen pohjois- ja länsiosissa huomattava osa alueverkkojen vapaasta kapasiteetista on jo myyty ja uuden tuotannon liittämiskapasiteetin saaminen alueverkkojen osalta edellyttäisi monin paikoin toimenpiteitä myös kantaverkossa. Haastattelu- ja kyselyhetkellä vapaata liittämiskapasiteettia alueverkonhaltijoilla on seuraavan taulukon (Taulukko 7) mukaisesti.

Listauksessa ei ole mukana lyhyitä voimajohtohaaroja, joita esimerkiksi Elenialla on alueella useita pääosin kantaverkon voimajohtoihin liittyneenä. Näihin voimajohtohaaroihin voidaan liittää maksimissaan vain pieniä määriä tuulivoimaa, tyypillisesti suuruusluokaltaan parikymmentä megawattia. Osa listatuista voimajohdoista sijaitsee ainakin osittain naapurimaakuntien puolella, mutta niihin voi mahdollisesti liittyä tuulipuistoja tulevaisuudessa Keski-Suomen puolelta. Näin on esimerkiksi Elenian Alajärvi - Perho - voimajohdolla, johon tulee liittymään tuulivoimaa myös Kyyjärven alueelta. Taulukossa ei ole myöskään huomioitu tarkasti sitä, miten vapaat kapasiteetit suhteutuvat kantaverkon liittymispisteisiin, jotka voivat

todellisuudessa rajoittaa vielä vapaata kapasiteettia. Taulukon vapaiden kapasiteettien megawattimäärät ovat enemmänkin suuntaa antavia kuin tarkkoja arvoja. Liittämistarkastelu on tehtävä kunkin hankkeen kohdalla tapauskohtaisesti kulloisenkin tilanteen mukaan, sillä hankekehitys on nopeaa ja tilanteet muuttuvat jatkuvasti.

Taulukko 7. Nykyisen verkon vapaat liittämiskapasiteetit Keski-Suomen alueverkoissa.

Verkkoyhtiö	Voimajohto	Vapaa kapasiteetti haastatteluhetkellä (MW noin)
Elenia	PETÄJÄVESI-NUUTTI	muutamia kymmeniä MW
	KOIVISTO-VIITASAARI	maksimissaan 150-200 MW riippuen sijainnista
	VIITASAARI-PIHTIPUDAS	ei vapaata kapasiteettia tällä hetkellä, etäisyys kantaverkkoon rajoittaa
	PIHTIPUDAS-PYHÄJÄRVI	ei vapaata kapasiteettia tällä hetkellä, etäisyys kantaverkkoon rajoittaa
	PYSÄYSPERÄ-PETÄJÄVESI	vapaa kapasiteetti jo myyty, pitkä johto eli etäisyys kantaverkkoon rajoittaa
	JYVÄSKYLÄ-MÄNTYLÄ	suuruusluokaltaan 30 MW
	VIHTAVUORI-TIKKAKOSKI	muutamia kymmeniä MW
	ALAJÄRVI-PERHO	ei juurikaan vapaata kapasiteettia ennen kehittämistoimien valmistumista
Äänekosken Energia/Elenia osaomistukset	KOIVISTO-KUMPUNIEMI(Suolahti)	muutamia kymmeniä MW
Sähkö-Verkeät	VIRRAT-PETÄJÄVESI	20-60 MW riippuen kuinka kaukana Petäjävedestä liittymispiste on
Järvi-Suomen Energia	KAUPPILA-JOUTSA-TAMMIJÄRVI	maksimissaan 70 MW riippuen sijainnista
	METSOLAHTI-TOIVAKKA (haara Fingridin johdosta)	30 MW
Savon Voima	KONNEVESI-VESANTO-KEITELE (pääosin Pohjois-Savon puolella)	maksimissaan 100 MW riippuen sijainnista

5.2.2 Verkkojen kehittäminen

Vaikka vapaa liittämiskapasiteetti joillain alueilla on vähissä, kehitetään alueverkkoja jatkuvasti. Yksi keskeinen tekijä verkkojen kehittämisen taustalla on juuri uusiutuvan sähköntuotannon, erityisesti tuulivoiman, liittäminen. Alueverkot ovat liittyneenä kantaverkkoon, jonka muodostamisessa mahdollisuuksissa ja rajoitteissa alueverkkoa voidaan kulloinkin kehittää. Kantaverkon kehittämistoimenpiteillä ja niiden lopullisella toteuttamistavalla on siis merkittävä vaikutus myös alueverkkojen kehittämiseen. Näin ollen tulevia alueverkkojen kehittämistoimenpiteitä on melko haasteellista ennakoida pitkälle tulevaisuuteen, mutta lähitulevaisuuden toimenpiteilläkin on joitain

vaikutuksia sähkönsiirron kannalta. Yleisesti voidaan todeta, että mikäli alueelle rakennetaan esimerkiksi uusi kantaverkon liittymispiste sähköaseman muodossa, myös alueverkkotoimijat ovat tyypillisesti kiinnostuneita rakentamaan yhteyksiä niihin, mikä tulisi huomioida muun muassa maankäytössä. Seuraavaan taulukkoon (Taulukko 8) on listattu alueverkkojen suunnittelemaa aivan lähimmän tulevaisuuden kehittämistoimenpiteitä.

Taulukko 8. Suunnitellut lähitulevaisuuden kehittämistoimenpiteet Keski-Suomen alueverkoissa.

Verkkoyhtiö	Voimajohto	Kehittämistoimenpiteet	Vapaa kapasiteetti toimenpiteen jälkeen (MW noin)
Elenia	KOIVISTO-VIITASAARI	johdon saneeraus ja parantaminen	ei tarkkaa vaikutusta, parantaa liitettävyyttä ja tuo toimitusvarmuutta
	LAUKAA-VIHTAVUORI	Laukaan voimajohtohaaran saneeraus omaksi lähdöksi Vihtavuoren asemalle	50-60 MW
	ALAJÄRVI-PERHO	toisen 110 kV johdon rakentaminen, valmistuu 2023	50-100 MW yhteensä molemmilla johdoilla
Äänekosken Energia/Elenia osaomistukset	KOIVISTO-KUMPUNIEMI (Suolahti)	LOUKEE-SUOLAHTI-osuuden saneeraus 2023	ei tarkkaa vaikutusta, mahdollistaa tehonsiirron kasvattamisen
Sähkö-Virkeät	-	ei päätöksiä, tulevaisuudessa nykyisen johdon saneeraus kuitenkin odotettavissa, jos tehdään liittymissopimus yhtään suuremmasta tuulipuistosta	-
Järvi-Suomen Energia	-	ei päätöksiä, iän puolesta nykyisten johtojen saneeraukset aikaisintaan ensi vuosikymmenellä	-
Savon Voima	-	tuotannon liittymiskyselyt sijainteineen pyritään huomioimaan alueverkon kehittämisessä	-

Haastatteluissa ja kyselyissä nousi esiin myös se, että yksittäisten tuulivoimaloiden nimellistehojen kasvaessa suunnitellut tuulivoimahankkeet ovat monissa tapauksissa nimellisteholtaan jopa satoja megawatteja. Tällöin 110 kV:n suurjännitteiseen jakeluverkkoon liittäminen ei ole enää teknisesti järkevää, vaan liittäminen 400 kV:n verkkoon on parempi ratkaisu. Tällöin kyseessä on suoraan kantaverkkoon liittäminen, eikä alueverkonhaltijoilla juurikaan ole roolia kyseisissä tapauksissa. Alueverkkojen

kehittämisen näkökulmasta haaste on myös se, että tällä hetkellä yleisesti valmiiden ja käyttöönotettavien useiden kymmenien megawattien nimellistehon hankkeidenkin tapauksissa yhteen 110 kV voimajohtoon voidaan liittää käytännössä tyypillisesti vain 1-3 tuulipuistoa. Olennaista on myös se, että verkkoja ei ole kehitetty eikä kehitetä jatkossakaan pelkästään tuulivoimaa varten, vaan kokonaisuudessa on huomioitava myös muut sähköntuotantomuodot sekä sähkönkulutus niin kanta-, alue- ja jakeluverkkotasollakin, joilla kaikilla on jossain määrin keskinäisiä vaikutuksia.

Sähkönsiirron näkökulmasta on huomioitavaa, että varsinkaan pohjoinen Keski-Suomi ei ole sähkönkulutuksen suurimpia painopistealueita koko maan tasolla, vaan kulutus painottuu vahvimmin eteläiseen Suomeen. Myös eteläisemmässä Keski-Suomessa sähkönkulutuskeskittymiä on Jämsänjoen ympäristössä, Äänekoskella sekä Jyväskylän ympäristössä, mutta maakunnan potentiaalisimmat tuulivoima-alueet sijaitsevat pääosin niitä pohjoisempana ja lännempänä. Keski-Suomen tuulivoimahankkeiden lisäksi erityisesti Pohjois-Pohjanmaalla ja muissa Pohjanmaan maakunnissa on käynnissä merkittävä määrä tuulivoimahankkeita, ja jo käytössä olevaa tuotantokapasiteettia on kyseisillä alueilla enemmän kuin Keski-Suomessa. Koko Suomea ajatellen pohjoisemmassa tuotettu sähkö täytyy lopulta siirtää pääsääntöisesti eteläisempiin kulutuskeskittymiin. Keski-Suomen alueen läpi siirrettävät tehomäärät ovat suurempia kuin pelkästään Keski-Suomessa tuotetut. Tällä on keskeinen vaikutus erityisesti kantaverkon kehittämiseen Keski-Suomessa, mikä puolestaan välillisesti vaikuttaa alueverkkojen kehittämiseen.

Suurjännitteiset sähköverkkohankkeet ja tuulivoimahankkeet ovat kestoaltaan ajallisesti melko samassa muutamien vuosien suuruusluokassa, mutta haasteet muodostuvat ennen kaikkea niiden ajoituksesta. Suurjänniteverkkojen investoinnit ovat arvoltaan suuria eikä niitä voida vahvasti ennakoitua kevyin oletuksin tehdä, vaan verkkoja kehitetään pitkäjänteisesti suunnitelmien mukaisesti. Suunnitelmat toki mukautuvat jatkuvasti tarpeiden kehittyessä. Sähköverkkoa kehitetään tarveperusteisesti, joten tarpeiden, esimerkiksi tuulivoimahankkeiden, tulisi olla jossain määrin varmoja ennen kuin sähköverkon investointipäätös tehdään. Tällöin tuulivoimahanke on kuitenkin tyypillisesti jo pidemmällä kuin sähköverkon investointihanke. Tämän hetken tuulivoimahankkeiden suuri määrä asettaa myös haasteen liityntätarpeisiin vastaamiseen. Sähköverkon kehittymisestä saattaa muodostua hetkellinen alueellinen pullonkaula tuulivoiman yleistymiselle joillain alueilla. Toisaalta yksittäinen suuri sähköverkon investointi saattaa tuoda askelmaisesti merkittävän määrän uutta kapasiteettia, josta riittää monien tuulivoimahankkeiden tarpeisiin. Ajoituksellisten haasteiden osalta muun muassa lupakäytäntöjen sujuvoittaminen myös sähköverkon rakentamisen osalta onkin avainasemassa uusiutuvan energian kehityksen tukemisessa ja sitä myös monien verkkoyhtiöiden vastauksissa käsiteltiin.

5.2.3 Loistehon tuomat haasteet

Erityisesti pohjoisen Keski-Suomen osalta nousi esiin loistehon tuomat haasteet siirrettäessä suuria tehoja 110 kV:n jännitteellä pitkiä matkoja. Loisteho on verkossa edestakaisin siirtyvää sähkötehoa. Kokonaissähkötehon toinen osa on puolestaan pätöteho, joka on verkossa tuotannosta kulutukseen tarvittavaa, työtä tekevää tehoa. Loistehoa tarvitaan kuitenkin välttämättä vaihtosähköverkon toimintaan mm. jännitteen ylläpitämiseksi. Kun siirrettävät tehot ovat satoja megawatteja 110 kV:n jännitteellä, nousee voimajohdon loistehon kulutus suureksi, mikä syö johdon kapasiteettia työtä tekevältä pätöteholta. Tämä aiheuttaa haasteita pitkillä siirtoetäisyyksillä. Lisäksi loistehon kompensointi on vaikeaa, koska loistehoa tuottavia kondensaattoreita ei voida laittaa voimajohdoille tuulipuistojen päähän, sillä tuulipuistot säätävät jännitettä. Suurien tehojen siirron kannattavuusraja tulee 110 kV:lla nopeasti vastaan ja 250 MW

suuremmat tehot kannattaisi siirtää 400 kV:lla. 110 kV:n kaapeliverkossa loisteho-ongelmat olisivat vieläkin suurempia ja kaapelien sarjakompensointi nostaisi lisäksi entisestään kaapeloinnin hintaa.

Pitkällä aikavälillä todennäköinen ratkaisu ongelmaan on tuoda 400 kV:n verkko liityntäpisteineen lähemmäksi suuria tuulivoimatuotantoalueita pohjoisessa Keski-Suomessa. Tämä tarkoittaisi käytännössä investointeja kantaverkkoon kyseisellä alueella. Esimerkiksi vuonna 2022 valmistuneen Metsälinja 1 - johdon lisäksi yksi tai useampi kantaverkon sähköasema pohjoiseen Keski-Suomeen palvelisi todennäköisesti suorien tuulipuistoliitännöiden lisäksi myös alueverkkojen parempaa hyödyntämistä tuulivoiman näkökulmasta alueella. Nykyisellään alueverkoissa pitkät etäisyydet kantaverkkoon osaltaan rajoittavat tuulivoimalla tuotetun tehon siirtämistä ja näin tuulivoiman liittämistä.

5.2.4 Tuulivoiman liittämisperiaatteet ja liittymisjohdot

Tuulivoiman liittämisperiaatteet ja -käytännöt haastatteluissa verkkoyhtiöissä noudattavat hyvin pitkälti Fingridin vastaavia ja liittymisehtoina sovelletaan tyypillisesti Energiategollisuuden laatimia suurjännitteisen jakeluverkon liittymisehtoja tai vahvasti niihin pohjautuvia ehtoja. Tyypillisimmin liityntä tapahtuu verkonhaltijan voimajohdon varrelle erillisten kytkinlaitteiden kautta huomioiden kuitenkin suuntaajakytketyn tuotannon yläraja johdonvarsiliitännälle. Myös suoraan kytkinasemille 110 kV kiskoon liittyminen on pääosin mahdollista kapasiteettien sen salliessa ja sitä on käytetty suurempien tuulipuistojen tapauksissa.

Useiden tuulipuistojen yhteisten liittymisjohtojen aihetta käsiteltiin myös haastatteluissa. Ympäristövaikutusten ja maankäytön näkökulmasta ne voisivat monissa tapauksissa olla parhaita ratkaisuja. Hankekehittäjillä ei kuitenkaan muun muassa hankekehityksen nopeuden ja kustannusrakenteen vuoksi ole tällä hetkellä intressejä pyrkiä niiden rakentamiseen eikä toisaalta Energiaviraston tulkinta sähkömarkkina-alaista mahdollista verkonhaltijoille pelkkien tuotannon liittämiseksi tehtävien liittämiskohtojen rakentamista. Erilliset tuotannon liittymiskohtoja hallinnoivat yhtiöt voivat tulevaisuudessa tulla kysymykseen ja muuttaa tilannetta. Tällaisia järjestelyjä ei ainakaan vielä ole eivätkä esimerkiksi viranomaiset tällä hetkellä varsinaisesti ohjaa tai velvoita yhteisten liittymiskohtojen rakentamiseen.

Joissain haastatteluissa ja kyselyissä nousikin esille mahdollisuus muun muassa lainsäädännön kehittämisestä siihen suuntaan, että parempi yhteistyö verkonhaltijoiden ja tuulivoimatoimijoiden sekä myös muiden sähköntuottajien välillä verkon kehityksessä mahdollistettaisiin ja siihen ohjattaisiin. Muutenkin aktiivinen yhteistyö eri toimijoiden välillä koettiin optimaalista kokonaiskehitystä edistäväksi, joskin myös resursseja vieväksi. Esille nousi myös liittymiskyselyiden hyvin vaihteleva taso ja joissain tapauksissa myös puutteellinen käsitys verkonhaltijan roolista ylipäättään esimerkiksi liittymiskohtojen tai sähköntuotannon toteutuksen osalta. Yleisenä toiveena esitettiin, että ennen verkkoyhtiöille suunnattuja liittymiskyselyitä toimijoilla olisi käsitystä liittymisprosessista ja eri toimijoiden roolista sekä vähintään alustavia suunnitelmia hankkeesta esimerkiksi lupa-asioiden, koon ja tehojen osalta. Niin sanotusti turhat liittämiskyselyt hankkeista ilman minkäänlaista realistista toteutettavuutta tai lähtötietoja koettiin paikoin kuormittavaksi.

5.2.5 Muita esille nousseita asioita ja yhteenveto

Yleisen tason pohdintana haastatteluissa nousi esille epäsuhta nykyisen verkon kapasiteetin ja liittämiskyselyiden suuren määrän välillä. Näkökulmana oli erityisesti se, miten verkkoyhtiöiden tulisi reagoida ja varautua tulevaisuutta varten, jos liittämiskyselyitä on esimerkiksi kymmenkertaisesti nykyisen

verkon liittämiskapasiteettiin nähden. Sama asia koskee koko Suomea myös kantaverkkoyhtiö Fingridin osalta, mutta on hyvin tyypillinen tilanne myös hyvillä tuulivoimantuotantoalueilla toimiville alueverkonhaltijoille, joita myös Keski-Suomesta löytyy. Voimajohdot ovat suuren luokan infrahankkeita, joten investointien on oltava oikeiden tarpeiden mukaisia, mutta myös riittäviä niin suuruudeltaan kuin ajoitukseltaan huomioiden lyhyimmilläänkin useiden vuosien hankeprosessit. Toisaalta liiallinen ennakointi ja ylimitoitus aiheuttavat suuria turhia kustannuksia. Verkonhaltijan koosta riippuen alueverkoissa yksittäinen suuri investointi saattaa myös olla merkitykseltään verkonhaltijalle suurempi kuin kantaverkossa. Yhteiskunnan kannalta energiamurroksen keskellä verkoista ei saisi kuitenkaan muodostua pullonkaula paremman energiajärjestelmän saavuttamiselle.

Erityisesti pohjoisessa ja läntisessä Keski-Suomessa saattaa kuitenkin käydä niin, että siirto- ja liittämiskapasiteetista muodostuu hetkellinen pullonkaula uuden tuulivoimantuotannon liittämiseksi. Tuulivoimaloiden koon kasvaessa alueesta on tullut hankekehittäjien näkökulmasta potentiaalista aluetta ja useita tuulipuistoja ollaan alueella liittämässä myös alueverkkoihin tämän ja ensi vuoden aikana. Kantaverkon liittymispisteitä on alueella melko vähän tällä hetkellä, ja alueverkoissa etäisyydet kantaverkkoon ovat monin paikoin pitkiä, mikä rajoittaa tuulivoimatehon siirtoa johdoilla. Alueverkkojen osalta suuresta osasta alueen vapaasta liittämiskapasiteetista onkin jo tehty liittymissopimukset. Tulevaisuudessa tilanne pohjoisessa Keski-Suomessa saattaa parantua myös alueverkkojen osalta, mikäli kantaverkon liittymispisteitä tulee alueelle lisää. Tällä hetkellä alueverkoissa vapaat kapasiteetit alkavat olla vähissä. Vaikka verkkoihin pohjoisessa ja läntisessä Keski-Suomessa investoidaan nyt ja jatkossakin, uuden tuulivoiman rakentaminen saattaa tulevaisuudessa ohjautua myös itäisempään Keski-Suomeen. Näin myös alueverkkojen kehittämisen tarve tuulivoiman ja myös mahdolliseen muun sähköntuotannon, esimerkiksi aurinkovoiman, liittämiseksi saattaa jatkossa kohdistua myös sinne. Tuotannossa olevaa tuulivoimaa ei alueella vielä juurikaan ole, mutta alustavia liittämiskyselyitä on haastattelujen perusteella yhteensä useiden satojen megawattien edestä. Toisaalta merkittävimmin tuulivoiman liitettävyyttä Keski-Suomessa parantavat kantaverkon investoinnit tulevat kohdistumaan tämän hetken olemassa olevien kehittämissuunnitelmien perusteella enemmän luoteisosaan Keski-Suomea ensimmäisenä.

Keski-Suomessa tapahtuvan sähkönsiirron ja verkkojen kehityksen kannalta on huomioitava, että alueen läpi siirretään huomattavan suuria tehoja Pohjanmaan maakunnista ja Pohjois-Suomesta Etelä-Suomen kulutuskeskittymiin. Kyseiset pääosin kantaverkossa siirrettävät tehot tulevat todennäköisesti vielä kasvamaan tulevaisuudessa tuulivoimantuotannon kasvaessa. Vaikka sillä ei olekaan suoraa vaikutusta alueverkkoihin, kantaverkko ja sen liittymispisteet määrittävät aina lopulta, kuinka paljon ja mihin tuulivoimaa voidaan liittää myös alemmilla verkkotasoilla. Näin on erityisesti, mikäli siirto- ja liittämiskapasiteetista on alueella niukkuutta. Verkkojenkaan osalta ei kuitenkaan pidä liiaksi nojautua nykyisen verkon tarjoamiin liittymismahdollisuuksiin, vaan sähköverkon tehtävä on palvella asiakkaita, verkkoon liittyneitä kuluttajia ja tuottajia. Verkot rakentuvat sinne, missä niitä tarvitaan. Toisaalta maankäytölliset syyt voivat ohjata käyttämään esimerkiksi rinnakkaisia johtokäytäviä, jotta maankäyttö olisi tehokasta. Hankeprosessien ollessa kestoiltaan pitkiä myös ajoitukselliset näkökulmat on huomioitava.

5.3 Tuulivoimayhtiöiden haastattelut

Tässä selvityksessä tunnistetuille tuulivoimatoimijoille lähetettiin tietopyyntö toimijoiden hankkeita koskien. Moni toimijoista vastasi sähköpostilla, mutta heille annettiin mahdollisuus myös Teams-haastatteluun. Tuulivoimatoimijoita haastateltiin noin 40-90 minuutin etähaastatteluilla. Haastatteluissa kerrottiin selvityksen työprosessista, käytiin läpi toimijan hankkeita ja lisäksi tiedusteltiin näkemyksiä

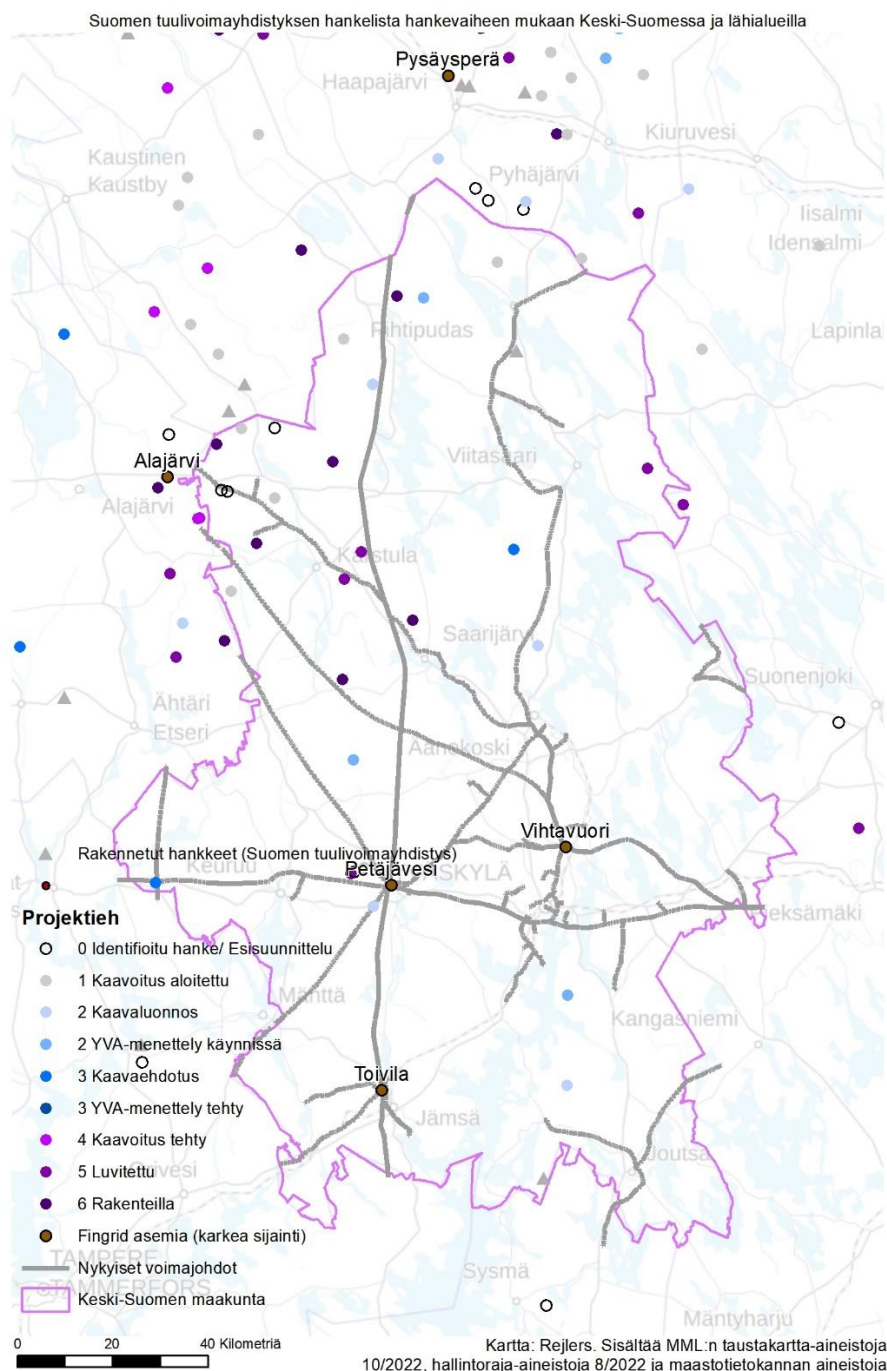
muista energiaratkaisuista. Muista energiaratkaisuista kysyttiin tietoja sekä haastatteluissa että kyselyissä, sillä niillä on vaikutuksia sähköverkon kehittämiseen. Koska tuulivoima oli työn varsinainen selvityskohde, keskustelut vaihtoehtoisista energiaratkaisuista olivat varsin vapaamuotoisia ja vastausmäärä pieni. Aiheeseen johdateltiin kysymällä toimijoilta näkemyksiä akkuprojektien laajuudesta ja niiden sijainnista suhteessa tuulivoimahankkeisiin, aurinkovoimasta sekä muista energiaratkaisuista.

Energiaratkaisujen osalta saatuja haastattelu- ja kyselytietoja on yhdistelty myös lokakuussa 2022 valmistuneesta Etelä-Pohjanmaan ja Pohjanmaan selvityksestä riittävän vastaajamäärän saamiseksi.

Osa tuulivoimatoimijoista piti aurinkovoimaa mahdollisuutena, joka vaatii lisäselvittämistä. Muutamassa tuulivoimahankkeessa aurinkovoiman osuus oli merkittävä jo nykyisessä hankelaajuudessa. Aurinkovoima korostui erityisesti entisillä turvetuotanto- ja suoalueilla. Sähkövarastojen osalta toimijoiden näkemykset painottivat pienempiä, enintään muutaman kymmenen MW:n sähkövarastoja. Niiden sijoittuminen olisi todennäköisimmin yleiskaavan EN-alueen lähelle, toisin sanoen lähelle nykyistä tuulipuiston puoleista sähköasemaa liittymisjohdon läheisyyteen, mutta kuitenkin riittävälle turvaetäisyydelle sähköasemasta. Toisena mahdollisena sijaintipaikkana mainittiin esimerkiksi jonkin Fingridin sähköaseman läheisyys. Yksittäisessä haastattelussa toivottiin, että kaavoituksella ei ainakaan estetä aurinkovoiman tai sähkövaraston toteuttamista. Lisäksi toivottiin, että esimerkiksi sähkövarasto olisi mahdollista toteuttaa kevyemmällä menettelyllä, vaikkapa rakennusluvalla. Toisaalta todettiin myös, että energian varastointikeinoja on monia, kuten lämpö ja vety.

5.4 Tuulivoimayhdistyksen aineistot hankkeiden kokonaiskuvasta

Oheisesta kartasta nähdään, että Keski-Suomen alueella ei ole merkittävässä määrin rakennettuja tuulivoimahankkeita. Rakennettuja tuulivoimahankkeita kuvataan harmaalla kolmiolla (Kuva 15). Maakunnan itäosissa on enemmän varhaisemman kaavavaiheen hankkeita. Karstulan läheisyydessä on muutama myöhäisen vaiheen hanke, samoin kuin maakunnan itärajalla. Maakunnan luoteisosassa on useampia pitkällä olevia hankkeita. Hankkeita on kehitteillä myös maakuntarajan ulkopuolella lähialueilla varsinkin pohjois- ja luoteispuolella. Luoteispuolella olevat hankkeet ovat keskimäärin pidemmällä kehityksessä kuin pohjoispuolen hankkeet. Lisäksi kartalle on lisätty nykyiset voimajohdot maakunnan alueella sekä suunnittelun näkökulmasta tärkeäksi tunnistettuja sähköasemia karkeassa tarkkuudessa.



Kuva 15 Suomen tuulivoimayhdistyksen hankkeet (aineisto päivitetty 3/2022 ja saatu 9/2022) Keski-Suomessa. Suunnittelussa olevat hankkeet painottuvat luoteis- ja pohjoisosaan maakuntaa.

6 Tuulivoimahankkeiden sähköverkkoon liittymistarkastelu

6.1 Laskentaperiaatteet sähköverkkoon liittymistarkastelussa

Tuulivoiman kasvava määrä vaatii tarkastelua sähköverkkoon liitettävyyden suhteen. Tässä kappaleessa tarkastellaan tuulivoimahankkeiden liittymismahdollisuuksia sähköverkkoon ja arvioidaan sähkönsiirtojärjestelmän tulevaisuudenkuvaa suunnittelualueella.

Tuulivoima-alueet Keski-Suomen alueella voidaan jakaa kahteen kategoriaan perustuen saatuun lähtötietoon. Ensimmäisenä lähteenä toimii Keski-Suomen maakuntakaavan 2040 luonnoksen mukaiset tuulivoimatuotantoon soveltuvat alueet. Toisena lähteenä käytetään nykyisiä yleiskaavahankkeita, joissa kaava on vireillä. Kuva 17 esittää näitä alueita Keski-Suomen alueella.

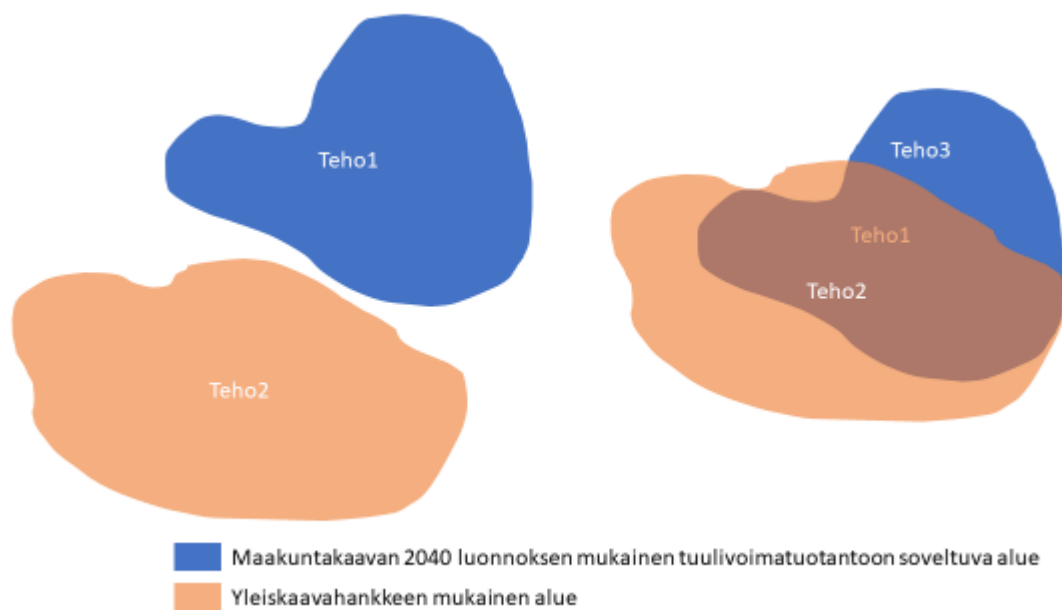
Yleiskaavahankkeet sisältää eri vaiheessa olevia hankkeita. Yleiskaavahankkeista on kysytty tuulivoimatoimijoilta tietoja tuulipuistojen suuruuksista ja potentiaalisista liityntäpisteistä. Analyysissä käytetään kyseisiä tietoja laskennan lähtötietona. Maakuntakaavan 2040 luonnoksen mukaisten tuulivoimatuotantoon soveltuvien alueiden laskenta on toteutettu käyttäen Keski-Suomen liiton tarjoamaa teoreettista hilamallia. Osa yleiskaavaan merkityistä tuulivoima-alueista on päällekkäin maakuntakaavan 2040 luonnoksen mukaisten tuulivoimatuotantoon soveltuvien alueiden kanssa. Maakuntakaavan luonnoksen alueista on määritetty yleiskaava-alueiden ulkopuolella olevat alueet ja pinta-alojen suhteiden avulla on määritetty teoreettinen voimalamäärä, joka olisi yleiskaava-alueiden ulkopuolella.

Tiedot maakuntakaavoitukseen liittyvistä tuulivoima-alueista ja hilamallilla lasketuista laskennallisista turbiinimääristä on saatu Keski-Suomen liitolta. Hilamalli perustuu tuulivoimaloiden sijoittelun teoreettiseen maksimiin (voimalakokonaiskorkeus 350 m) ja sitä on käytetty Tuulivoiman maisemavaikutusten arvioinnin ja näkyvyysanalyysien lähtökohta-aineistona maakuntakaavaa 2040 varten. Mallissa voimaloita on sijoitettu 700 x 1300 metrin etäisyyksille huomioiden vallitseva tuulensuunta. Yleiskaava-alueella on lisäksi käytetty tuulivoimayhtiöiden haastatteluissa saatuja tietoja. Yksittäisten hankkeiden kohdalla lopulliset toteutuvat tehot voivat muuttua, koska hankkeen voimalatyyppiin ja teknologiseen kehitykseen liittyy epävarmuuksia. Tuotantotehojen arvioinneissa on käytetty alla olevan taulukon (Taulukko 9) mukaisia arvoja eri voimalasijoitteluille. Käyttämällä vähimmäis- ja enimmäistehon mukaista tehoaluetta on pyritty tuomaan käytännön epävarmuutta näkyvämmäksi.

Taulukko 9. Potentiaalisten alueiden tehokaskennassa käytetty teoreettinen hilamalli

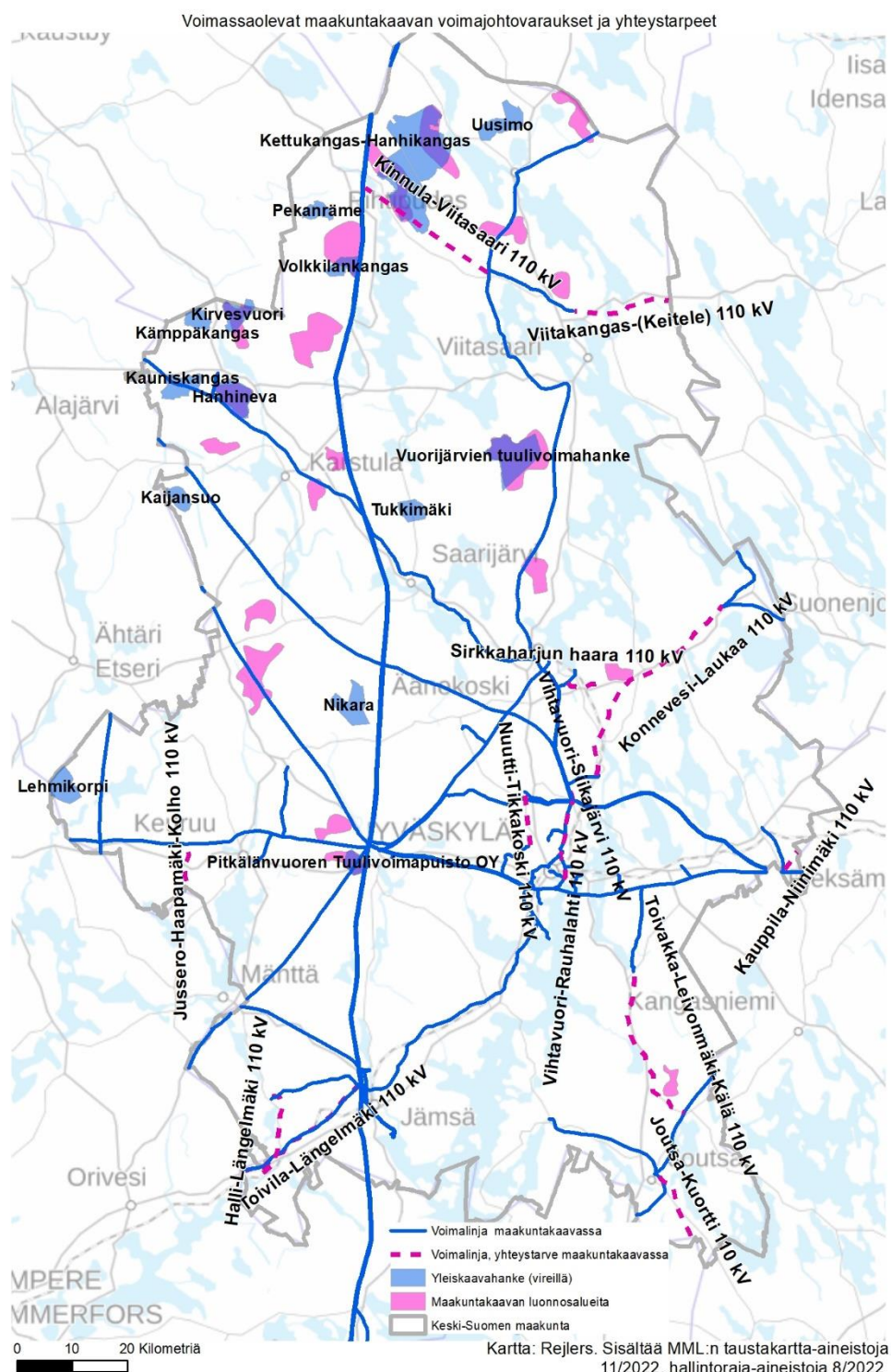
	Minimiteho (MW)	Maksimiteho (MW)	Etäisyys voimaloiden välillä hilamallissa
Maatuulivoima	6	7	700m / 1300m

Yleiskaavojen osalta tehoarvot pohjautuvat tuulivoimayhtiöiltä saatuihin arvioihin toteutuvista tuulivoimaloiden tuotantotehoista. Määritetty teoreettinen liittymispiste perustuu joko tämän selvityksen laatijan tulkintaan tai tuulivoimayhtiöltä saatuun tietoon. Tarkastelu voi yksinkertaistaa tilannetta ja siksi tuloksia pitäisi tulkita yleiskuvana. Mikäli alueella on ollut sekä maakuntakaavan 2040 luonnoksen mukainen tuulivoimatuotantoon soveltuva alue, että yleiskaavahankkeen mukainen alue, on huomioitu teho yleiskaavahankkeen mukaan ja laskettu maakuntakaavaluonnoksen alueen teho vain ylimenevältä osuudelta. Ylimenevien osuuksien teho on saatu vertaamalla osuutta koko alueen tehoarvioon ja poistaen tarkastelusta alueet, joille ei mahtuisi voimalaa. Tätä tarkasteluperiaatetta havainnollistaa Kuva 16. Tuulivoimahankkeiden tarkempi liittymispiste määräytyy mm. YVA-prosessissa ja voimajohdon yleissuunnittelussa sekä verkkoyhtiöiden ja tuulivoimayhtiöiden välisissä keskusteluissa ja voi muuttua hankkeen edetessä. Kaikkia vaihtoehtoisia skenaarioita liittymispisteistä, hankkeiden toteutumisesta tai verkon kehittämisestä ei pystytä huomioimaan. Tarkastelussa pyritään luomaan kokonaiskuvaa tilanteesta.



Kuva 16 Yleiskaavahankkeiden mukaisten alueiden vaikutus maakuntakaavaluonnoksen tuulivoima-alueiden teholaskentaan. Erillisinä alueina maakuntakaavaluonnoksen alueella on tehoarviona teho1 ja yleiskaavahankkeella teho2. Alueiden mennessä päällekkäin lasketaan näiden kahden alueen yhteistehoksi summa arvoista teho2 ja teho3. Teho2 on saatu tyypillisesti hankealueen hankekehittäjältä. Teho1 on puolestaan saatu teoreettisen hilamallin ja voimalehon avulla. Teho3 saadaan laskettua teho1-arvon sekä yleiskaava-alueen ulkopuolelle jäävän maakuntakaavaluonnoksen alueen pinta-alan ja maakuntakaavaluonnoksen alueen kokonaispinta-alan suhteen avulla.

6.2 Hankkeet ja tarkastelualueet



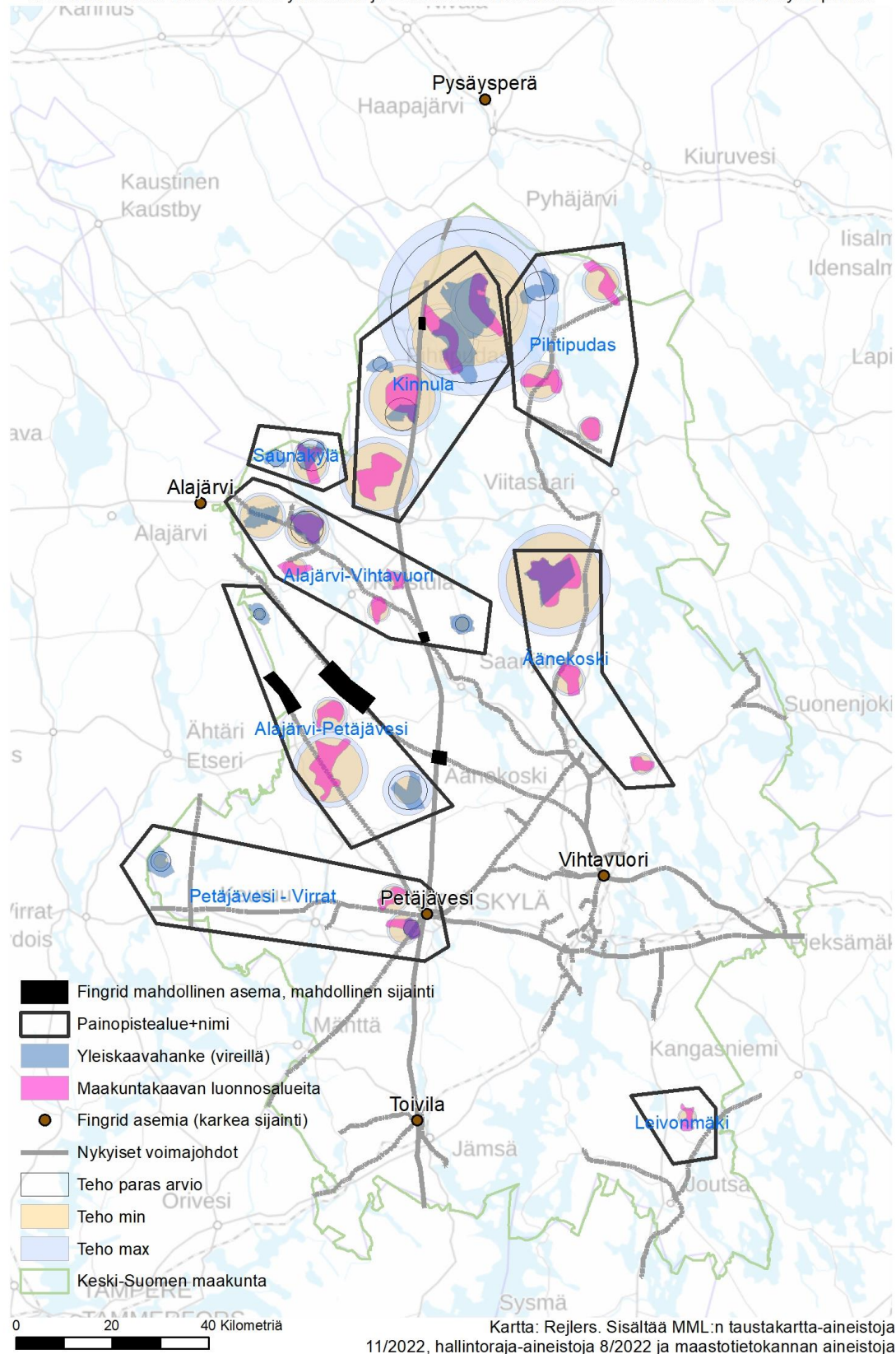
Kuva 18. Voimassa olevan maakuntakaavan voimajohtot ja yhteystarvevaraukset. Voimassa olevassa maakuntakaavassa on 110 kV johtovarauksia, jotka menevät joidenkin tuulivoimahankealueiden läheltä.

Sähköverkkojen kehittämistarpeiden selvittämistä varten tässä selvityksessä muodostettiin kahdeksan tuulivoiman painopistealuetta Keski-Suomen alueelle. Alueet muodostettiin maantieteellisen sijainnin, olemassa olevan sähköverkon ja tulevien sähköasemapaikkojen sekä tuulivoimapuistojen suunniteltujen liittymispisteiden perusteella. Painopistealueet ja suunniteltujen hankkeiden määrät ja koot on havainnollistettu tämän kappaleen kartoilla (Kuva 19 ja Kuva 20) sekä tuotu esiin niitä seuraavissa taulukoissa. Näissä kuvissa yksittäiset hankealueet on rajattu suuremmiksi kokonaisuuksiksi eli painopistealueiksi. Alueet sisältävät sekä maakuntakaavan 2040 luonnoksen mukaisia tuulivoimatuotantoon soveltuvia alueita että yleiskaavahankealueita. Kuvissa näytetään lisäksi sekä yksittäisten hankkeiden että koko painopistealueiden yhteenlasketut tuotantotehoarviot ympyröin tai palkein. Lisäksi kuviin on tuotu sähköverkon olemassa olevat ja tiedossa olevat, suunnitellut liityntäpisteet sekä olemassa olevat voimajohdot liityntämahdollisuuksien havainnollistamiseksi. Voimassa olevan maakunta-kaavan mukaisista voimajohtoista on tehty oma kartta. Nykyisessä maakuntakaavassa on yhteystarvevarauksia, joiden toteutuminen on epävarmaa (Kuva 18). Toteutuessaan ne voisivat mahdollisesti parantaa joidenkin hankkeiden liittymisedellytyksiä, vaikka verkkoa voidaankin kehittää eri syistä.

Alueiden potentiaalista tuulivoimatuotannon tehoa tarkastellaan painopistealueittain, samoin kuin sen suhtautumista sähköverkkojen vapaaseen kapasiteettiin. Lisäksi tarkastellaan painopistealueen tuulivoima-alueiden etäisyyttä lähimpään teoreettiseen liityntäpisteeseen ja voimajohtoon. Teoreettinen liityntäpiste on kunkin tuulivoima-alueen osalta lähin suurjännitteisen verkon olemassa oleva osa tai suunniteltu liityntäpiste ellei tarkempaa liityntäpistetietoa ole selvityksessä käynyt ilmi. Verkon kapasiteettitietojen ollessa jokseenkin puutteellisia, voidaan etäisyydestä tarkastelua käyttää tuulivoima-alueiden liittämismahdollisuuksien arvioinnissa. Mitä lähempänä teoreettista liittymispistettä tai voimajohtoa alue sijaitsee, sitä pienemmillä vaikutuksilla tuotanto on ainakin teoriassa alueelta verkkoon liitettävissä. Tämä perustuu olettamukseen, että verkkoyhtiöt kehittävät verkkoaan tulevaisuudessa tuulivoiman mukaan tarveperusteisesti siten, että uutta liityntäkapasiteettia saadaan luotua. Käytännössä joissain tilanteissa liittyminen voi tapahtua myös kauemmas kuin lähimpään pisteeseen, mutta lähin piste antaa karkeaa yleiskuvaa siirtoetäisyyksistä.

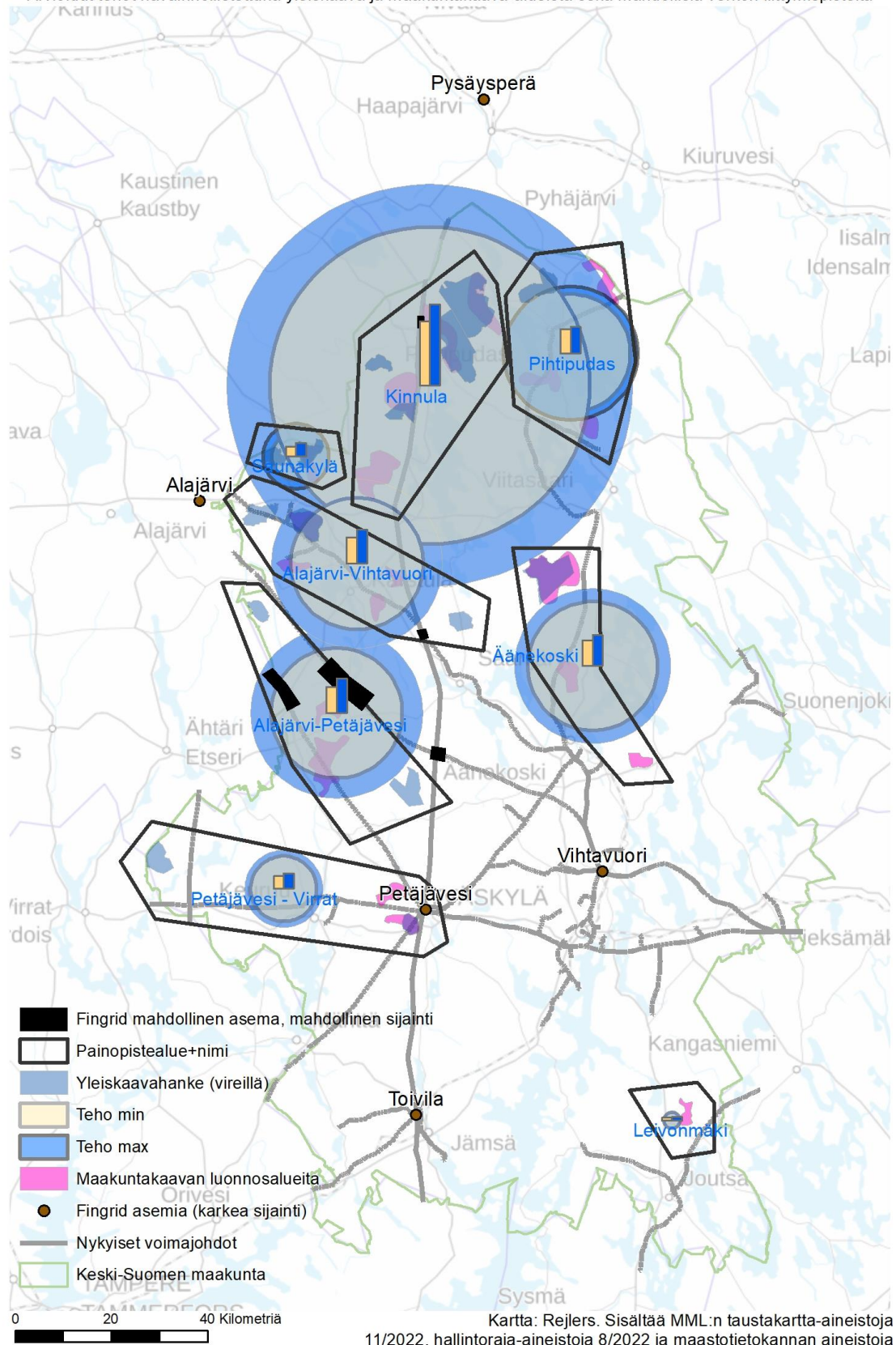
Huomionarvoista on, että käytännössä tuulivoiman liittymistavan ja paikan määrittäminen suurten, kymmeniä tai satoja megawatteja käsittävien, tuulivoimahankkeiden osalta edellyttää tuulivoiman hanketoimijan ja kantaverkon haltijan välistä vuoropuhelua ja verkkosuunnittelua.

Arviodut tehot havainnollistettuna yleiskaava ja maakuntakaava-alueista sekä mahdollisia verkon liittymispisteitä



Kuva 19 Yksittäisten maakuntakaavan 2040 luonnoksen mukaisten tuulivoimatuotantoon soveltuvien alueiden ja yleiskaavahankkeiden laskennassa käytetyt tehot havainnollistettuna ympyrällä alueen ympärillä. Mikäli yleiskaavahankkeesta on saatu vain paras arvio, se on kuvattu ympyrällä. Kuvan perusteella maakunnan alueella on useita tuulivoiman hankekeskittymiä.

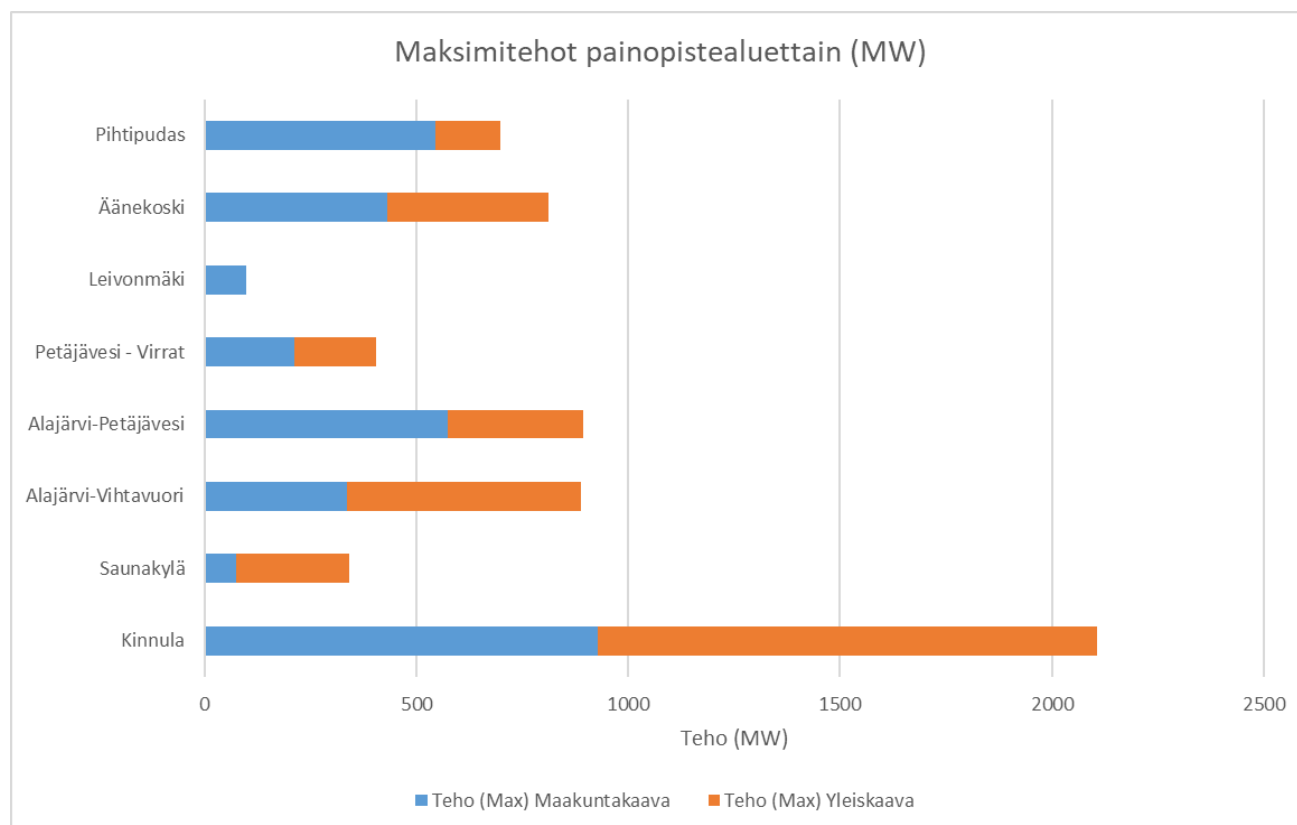
Arvioidut tehot havainnollistettuna yleiskaava ja maakuntakaava-alueista sekä mahdollisia verkon liittymispisteitä



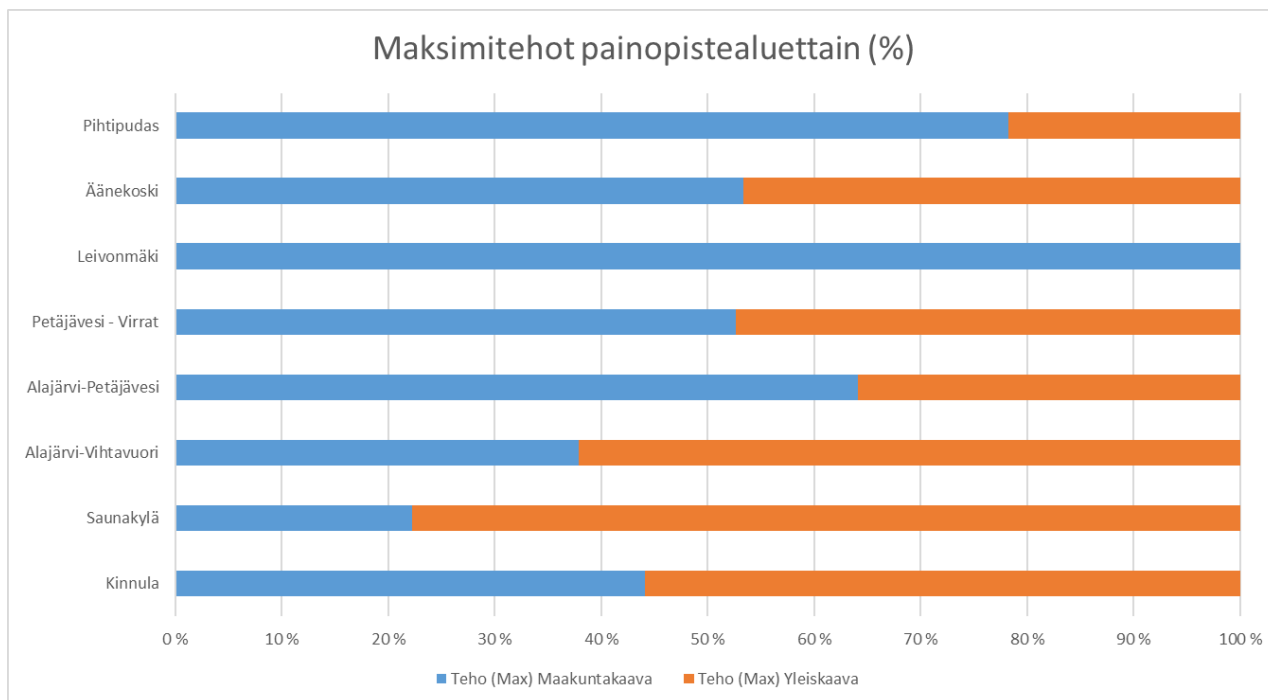
Kuva 20 Painopistealuekohtaiset tehot havainnollistettuna sekä palkeilla että ympyrän koolla. Merkittävin tehokeskittymä suunnitelluista hankkeista on Kinnulan muodostetulla painopistealueella alueella ja pienin Leivonmäessä. Muissa teho asettuu näiden väliin.

Taulukko 10. Tarkastelualueet, potentiaalisten tuulivoima-alueiden määrä ja arvio hankkeiden yhteistehosta.

Alueen numero:	Painopistealue:	Alueiden määrä:	Teho: Min-Max (MW)
1	Pihtipudas	4	620-698
2	Äänekoski	4	675-811
3	Leivonmäki	1	84 - 98
4	Petäjävesi - Virrat	4	343-405
5	Alajärvi-Petäjävesi	4	682-895
6	Alajärvi-Vihtavuori	7	690-888
7	Saunakylä	3	251-342
8	Kinnula	8	1663-2108
	Yhteensä	35	5246 - 6977



Kuva 21. Painopistealueiden maksimiteltojen vertailu eri lähtötietolaineistojen mukaisesti.



Kuva 22. Prosentuaalinen painopistealueiden maksimitehojen vertailu eri lähtötietoa-aineistojen mukaisesti.

Oheisista kuvista voidaan havaita, että maakuntakaavan 2040 luonnoksen mukaiset tuulivoima-alueet vastaavat noin 51 % potentiaalisesta tuulivoimatehosta, ja täten mahdollistavat huomattavan kehityksen alueella (Kuva 21 ja Kuva 22).

Yhteensä Keski-Suomen alueella on 35 potentiaalista tuulivoima-aluetta, joiden kokonaisteho voi olla jopa 7 GW. Tämä vastaa lähes kaksinkertaisesti koko Suomen rakennettua tuulivoiman kapasiteettia, joka ylittää 4 GW raportin kirjoitushetkellä. Yksittäisten maakuntien alueella hankkeita on tiedossa vielä enemmän. Lisäksi rakentaminen on kiihtynyt viime vuosina, niin että vuosimuutokset ovat merkittäviä ja odotetaan määrän kasvavan merkittävästi. Lisäksi on esisuunnitteluvaiheen hankkeita, jotka eivät sisälly arvioihin. Hankkeet voivat myös supistua hankekehityksen aikana.

Petäjävesi - Virrat painopistealueella on yhteensä 4 tuulivoima-aluetta, joista 2 on yleiskaavassa mainittuja hankkeita ja 2 maakuntakaavan luonnoksen tuulivoima-alueita. Yleiskaavan hankkeita ovat Pitkälänvuoren Tuulivoimapuisto 88 MW ja Lehmikorpi 104 MW. Pitkälänvuoren tuulivoimapuiston hankealue on liittymässä toimijan mukaan Petäjäveden sähköasemalle. Lehmikorven liityntäpiste puolestaan on Sähkö-Virkeät Oy:n 110 kV voimajohto hankealueen vieressä. Petäjävedeen liittyvän yleiskaavahankkeen kanssa päällekkäin on merkitty maakuntakaavaluonnoksen alue. Maakuntakaavan luonnoksen tuulivoima-alueiden arvioidut koot ovat yhteensä 183-213 MW.

Keskimäärin alueiden etäisyys lähimmästä asemasta on 14 km, kun taas lähimpään voimajohtoon on noin 3 km. Erityisesti Pitkälänvuoren tuulivoimapuistolla ja sen pohjoispuolella olevalla ”Penkkisuon” maakuntakaavan luonnoksen tuulivoima-alueella on hyvät liitännäismahdollisuudet Petäjäveden sähköasemaan. Voimajohdot olisivat suhteellisen lyhyitä ja Petäjäveden noin 360 MW:n liitännäiskapasiteetti mahdollistaisi kyseisten hankkeiden liittämisen. Sähkö-Virkeät Oy:n johdossa ei kuitenkaan ole tarpeeksi vapaata kapasiteettia liittää Lehmikorven hanketta. Alueen lähellä kulkee myös Fingridin 400 kV voimajohto, mutta liitettävyydestä kyseiseen voimajohtoon ei ole tarkkaa tietoa.

Alajärvi - Petäjävesi painopistealueella on 4 tuulivoima-alueita, joista 2 on yleiskaava-alueita ja 2 maakuntakaavan luonnokseen merkittyjä tuulivoima-alueita. Yleiskaavan hankkeita ovat Nikara 200 MW ja Kaijansuo 60 MW. Nikaran hankealue on liittymässä toimijan mukaan Petäjäveden asemalle tai Fingridin uudelle mahdolliselle sähköasemalle "Uurainen". Kaijansuon tuulivoimahankealue on liittymässä toimijan mukaan Fingridin Alajärvi - Petäjävesi -voimajohtoon. Maakuntakaavan luonnoksen tuulivoima-alueiden arvioidut koot ovat yhteensä 492-574 MW. Näiden lisäksi Alajärvi - Petäjävesi -voimajohdon läheisyydessä on tunnistettu aurinkoenergiapotentiaalia turvetuotantoalueilla, mutta se ei sisälly tehoarvioihin.

Keskimäärin alueiden etäisyys lähimmästä sähköasemasta on 13 km, kun taas lähimpään voimajohtoon on matkaa noin 4 km. Alajärvi - Petäjäveden painopistealue jääkin alueen kahden merkittävän voimajohdon väliin, joten etäisyys lähimpään voimajohtoon on lyhyt. Lisäksi Fingrid suunnittelee painopistealueen lähiseudulle potentiaalisesti jopa kolmea uutta sähköasemaa, joista 2 olisi 400 kV ja yksi 110 kV. Alueella tulee olemaan potentiaalisesti runsaasti liittymismahdollisuuksia ja riippuen Fingridin tulevan Alajärvi - Toivila (2028) -voimajohdon sijainnista liittymismahdollisuudet voivat vielä parantua entisestään. Petäjäveden aseman tämän hetkisten kapasiteettitietojen valossa Nikaran tuulivoimahanke ei mahtuisi liittymään Petäjäveden sähköaseman lähistöllä olevien hankkeiden lisäksi. Tämän lisäksi "Uuraisen" sähköaseman toteutuessa olisi se huomattavasti lähempänä painopistealuetta.

Alajärvi - Vihtavuori painopistealueella on 7 tuulivoima-alueita, joista 3 on yleiskaava-alueita ja 4 maakuntakaavaluonnoksen tuulivoima-alueita. Yleiskaavahankkeita ovat Tukkimäki n. 72 MW, Kauniskangas n. 250 MW ja Hanhineva n. 170 MW. Kauniskankaan osalta YVA-selostuksessa on tarkennettu arvioksi 13 tai 15 voimalaa ja aurinkovoimaa yli 200 ha, mikä vastaisi enintään n. 300 MW tehoa. Tukkimäen hankealue on liittymässä toimijan mukaan Fingridin mahdolliseen sähköasemaan "Saarijärvi". Hanhinevan ja Kauniskankaan tuulivoima-alueet ovat liittymässä toimijoiden mukaan Fingridin Alajärven sähköasemaan Etelä-Pohjanmaan maakunnan puolella. Maakuntakaavaluonnoksen tuulivoima-alueiden arvioidut koot ovat yhteensä 288-336 MW. Yksi maakuntakaavaluonnoksen tuulivoima-alueista menee päällekkäin Hanhinevan hankkeen kanssa, niin että yleiskaava-alueiden ulkopuolelle jäävät alueet eivät ole merkittäviä.

Keskimäärin alueiden etäisyys lähimmästä asemasta on 17 km, kun taas lähimpään voimajohtoon on matkaa noin 3 km. Alajärvi - Vihtavuori -alue on keskittynyt Fingridin 110 kV voimajohdon ympärille. Alueelle on rakentumassa potentiaalisesti yksi uusi sähköasema Metsälinjan ja Alajärvi - Koivisto -voimajohdon varteen ja alueen lähimmät sähköasemat jakautuvat Alajärven sähköaseman ja potentiaalisen "Saarijärven" sähköaseman välillä. Alue sijaitsee lähimpänä Alajärven sähköasemaa ja sen seurauksena asema voikin olla merkittävä liitännä paikka alueella, sillä se mahdollistaisi liittymisen suoraan 400 kV jännitteeseen. Liittymisjohdot olisivat huomattavasti lyhyempiä, jos alueen hankkeet voitaisiin liittää suoraan alueen halki kulkevaan voimajohtoon. Yleensä liitännäkapasiteetit 110 kV voimajohdoille on enimmillään muutamia kymmeniä megawatteja, ja hankealueiden koot ovat huomattavasti suurempia. Alajärven sähköaseman selvityshetken arvio vapaasta kapasiteetista on yhteensä 550 MW, mikä ei riitä Saunakylän ja Alajärvi-Vihtavuori painopistealueiden liittämiseen. Lisäksi Etelä-Pohjanmaan alueella on suunnitteilla tuulivoimahankkeita, joiden liityntäpiste on Alajärven sähköasema, joten potentiaalinen liityntäpiste voi rajoittaa tuulivoima-alueiden hyödyntämistä. Alajärven tilanteen kokonaisuutta on tarkemmin tarkasteltu Pohjanmaan ja Etelä-Pohjanmaan tuulivoiman sähkönsiirtoselvityksessä, joka valmistui vuonna 2022.

Äänekosken painopistealueella on 4 tuulivoima-aluetta, joista 1 on yleiskaavaan merkitty alue ja 3 maakuntakaavaluonnoksen alueita. Yleiskaavaan merkitty hanke on Vuorijärvien tuulivoimahanke, jonka arvioitu koko on 304-378 MW. Maakuntakaavaluonnoksen tuulivoima-alueiden arvioidut koot ovat yhteensä 371-433 MW.

Keskimäärin alueiden etäisyys lähimmästä asemasta on 28 km, kun taas lähimpään voimajohtoon on noin 6 km. Äänekosken painopiste sijaitsee Elenian Koivisto - Viitasaari 110 kV voimajohdon läheisyydessä. Kyseisellä johdolla on vielä 150 – 200 MW vapaata kapasiteettia, mikä ei riitä kattamaan alueen tarvetta. Lähimmät 400 kV asemat sijaitsevatkin kohtalaisen kaukana ja liityntäjohtojen pituudet ovat keskimäärin painopistealueita vertaillen kolmanneksi pisimpiä. Alueella on kuitenkin merkittävästi tuulivoimapotentialiaa, joten ei ole poissuljettua, etteikö alueella voitaisi rakentaa pitkiäkin voimajohtoja, kun Elenian kapasiteetti on käytetty. Pitkien voimajohtoyhteyksien yhteydessä korostuvat näiden aiheuttamat vaikutukset. Tuulivoimapuistojen liityntäjohtojen vaikutuksia on käsitelty tarkemmin tämän selvityksen luvussa 8.

Saunakylän painopistealueella on 3 tuulivoima-aluetta, joista 2 on yleiskaava-alueita ja 1 maakuntakaavaluonnoksen tuulivoima-alue. Yleiskaavaan merkityt hankkeet ovat Kirvesvuori 160 MW ja Kämppekangas 86 MW. Molemmat hankealueet ovat liittymässä toimijoiden mukaan Elenian Alajärvi - Perho 110 kV -voimajohto. Vaihtoehtoisesti Kirvesvuoren hanke saattaa liittyä Fingridin Alajärven sähköasemaan. Maakuntakaavaluonnoksen tuulivoima-alueen arvioitu koko on 65-76 MW.

Keskimäärin alueiden etäisyys lähimmästä asemasta on 22 km, kun taas lähimpään voimajohtoon on noin 10 km. Alue sijaitsee laskennallisesti kaukana Keski-Suomen maakunnan puolella sijaitsevista voimajohdoista, mutta Elenian Alajärvi - Perho -voimajohdolle etäisyys on huomattavasti pienempi. Elenian Alajärvi-Perho voimajohdolle on valmistumassa 2023 myös toinen 110 kV yhteys, mutta kokonaisuudessaan vapaata kapasiteettia on vain 50 - 100 MW. Se ei riitä kaikille alueen hankkeille, joten potentiaalisin liityntä voi rajoittaa hankkeiden kokoa.

Kinnulan painopistealueella on 8 tuulivoima-aluetta, joista 4 on yleiskaava-alueita ja 4 maakuntakaavaluonnoksen tuulivoima-alueita. Yleiskaavaan merkityt hankkeet ovat Volkkilankangas 170 MW, Hanhikangas - Kettukangas 800 MW ja Pekanräme 72 MW. Kaikki hankealueet ovat liittymässä toimijoiden mukaan Fingridin mahdollinen uusi sähköasema ”Kinnula”. Maakuntakaavan luonnoksen tuulivoima-alueiden arvioidut koot ovat yhteensä 797-923 MW.

Keskimäärin alueiden etäisyys lähimmästä asemasta on 15 km, kun taas lähimpään voimajohtoon on matkaa noin 7 km. Kinnulan sähköaseman toteutuessa alue vaikuttaa erittäin potentiaaliselta tuulivoiman liittämisen suhteen, kuitenkin tällä hetkellä hankkeilla ei ole liittymismahdollisuuksia Kinnulan painopistealueella. Riippuen uuden aseman kapasiteetista kohtalaisen lyhyillä johdoilla saataisiin suuria tuulivoimapuistoja liitettyä 400 kV sähköasemaan. ”Kinnulan” sähköasemaan kohdistuu jo suuri paine Kinnulan painopistealueen vaikutuksesta. Tämän lisäksi Pihtiputaan painopistealueen hankkeet voivat pyrkiä liittymään Kinnulan asemaan, jos merkittäviä verkonparannuksia ei tapahdu Pihtiputaan alueella. Verkkokiikarissa uusien 400 kV asemien koot ovat olleet enimmillään 1300 MW, mikä voi tarkoittaa, että liityntäkapasiteetista tulee alueella kilpailua. Arvio ei perustu tietoon Kinnulan aseman todellisesta kapasiteetista, mutta alueen kaiken tuulivoimapotentialin hyödyntäminen voi vaatia lisää verkon kehitystä.

Pihtiputaan painopistealueella on 4 tuulivoima-aluetta, joista 1 on yleiskaava-alue ja 3 maakuntakaavaluonnoksen tuulivoima-alueita. Yleiskaavaan merkitty hanke on Uusimon tuulivoimapuisto ja sen arvioitu koko on noin 152 MW. Toimijan mukaan liittymispiste riippuu Fingridin tulevaisuuden suunnitelmista. Jos verkkoa kehitetään lähempänä hankealuetta, voitaisiin alue liittää lähempänä olevaan sähköasemaan. Muutoin todennäköisin liittymispiste olisi Pysäysperän sähköasema Pohjois-Pohjanmaan maakunnan alueella. Maakuntakaavaluonnoksen tuulivoima-alueiden arvioidut koot ovat yhteensä 468-546 MW.

Keskimäärin alueiden etäisyys lähimmästä sähköasemasta on 33 km, kun taas lähimpään voimajohtoon on matkaa noin 5 km. Alue sijaitsee kauimpana Fingridin verkosta Keski-Suomen alueella, minkä seurauksena alueen potentiaaliset liityntäpisteet voivat olla muiden maakuntien puolella, jos kantaverkko kehittyy lähialueilla. Pihtiputaan painopistealueen lähin Fingridin asema tämän hetkisillä suunnitelmilla olisi ”Kinnulan” mahdollinen uusi sähköasema, vaikkakin painopistealueen pohjoisimpien hankkeiden liittymistä voi rajoittaa potentiaalinen vesistön ylitys. Pysäysperän asemaan pohjoisimpien hankkeiden etäisyys olisi keskimäärin noin 43 km. Eteläisimmät hankkeet eivät todennäköisesti liity pohjoisen suuntaan, koska hankkeiden keskimääräinen etäisyys on yli 60 km. Mikäli hankkeet liittyisivät ”Kinnulan” sähköasemaan kasvaisi liityntäkapasiteetintarve Kinnulan alueella entisestään. Pihtiputaan alueen halki kulkee Elenian voimajohto, jolla ei ole vapaata kapasiteettia, koska etäisyys lähimpään kantaverkon liityntäpisteeseen on pitkä. Fingridin hankkeet B7 ja B8 saattavat vapauttaa kapasiteettia voimajohdolla vuosien 2031 ja 2032 aikana. Liittymiskapasiteettia Pohjois-Pohjanmaan alueella on analysoitu tarkemmin Tuuli-hankkeen sähkönsiirtoselvityksessä (2021).

Leivonmäen painopistealueella on 1 tuulivoima-alue, joka on maakuntakaavaluonnokseen merkitty tuulivoima-alue. Tämän alueen arvioitu koko on 84 - 98 MW.

Keskimäärin alueen etäisyys lähimmästä asemasta on 53 km, kun taas lähimpään voimajohtoon on noin 5 km. Alue on kohtalaisen suuri, mutta se ei todennäköisesti tule liittymään kantaverkon sähköasemaan Keski-Suomen puolella. Johdonvarsiliitynnän rajana pidetään noin 60 MW kokoista hanketta, joten alueen potentiaalisin liityntä saattaa rajoittaa alueen potentiaalista tuotantotehoa. Lisäksi alueen lähimmälle voimajohdolle voidaan liittää maksimissaan 70 MW tuulivoimaa riippuen etäisyydestä Kauppilan asemaan.

Yhteenveto painopistealueista

Yhteenvetona voidaan todeta Keski-Suomen osalta, että tällä hetkellä pääosa liitântäkapasiteetista sijaitsee kaukana tuulivoima-alueista. Tällä hetkellä olemassa olevia liityntäpisteitä ovat Toivila, Vihtavuori ja Petäjävesi. Toivilan sähköaseman suunnalle ei kuitenkaan ole suunniteltu yhtään tuulivoima-aluetta ja vain yksi tuulivoima-alue sijaitsee lähimpänä Vihtavuoren sähköasemaa. Petäjäveden sähköaseman sijainti on hieman muita parempi ja se on lähin potentiaalinen liityntäpiste 3 tuulivoima-alueelle. Länsi ja Luoteisosissa Keski-Suomea on yleisesti ottaen vahva kantaverkko, joskin liittymispisteitä on vähän. Vahva verkko mahdollistaa kuitenkin osaltaan hankkeiden liittämistä ja liittämisedellytysten kehittämistä. Uudet potentiaaliset asemanpaikat tulevat parantamaan liityntäedellytyksiä entisestään tulevaisuudessa, mutta tällä hetkellä liityntämahdollisuudet ovat rajallisia.

Alajärven sähköasema on merkittävä mahdollistaja Saunakylän ja Alajärvi-Vihtavuoren painopistealueiden liittämiseksi. Alajärven sähköaseman kapasiteetti ei riitä tällä hetkellä kaikille hankkeille ja on huomioitava, että Etelä-Pohjanmaan alueella on tälle sähköasemalle muitakin halukkaita liittyjiä. Alajärven

sähköasemalle on rakentumassa merkittäviä voimajohtoliityntöjä, Jylkkä - Alajärvi ja Alajärvi - Toivila, jotka voivat tulevaisuudessa parantaa liittymismahdollisuuksia. Kinnulan painopistealueella liityntämahdollisuudet tulevat olemaan hyvä, mikäli ”Kinnulan” mahdollinen uusi sähköaseman toteutuu. Kuitenkaan tällä hetkellä alueella ei ole ollenkaan liityntäpisteitä, minkä seurauksena alueen hankkeet voivat liittyä vasta aseman rakentumisen jälkeen. Lisäksi ”Kinnulan” sähköasemaan kohdistuu huomattavaa painetta, koska asema on teoreettisesti lähin kantaverkon 400 kV asema noin 2800 MW tuulivoimaa. Keskimäärin luoteen ja Kinnulan alueilla joudutaan rakentamaan noin 15 km mittaisia voimajohtoja, ja potentiaalisten alueiden tuotantotehot ovat suuria.

Lisäksi haasteellisia alueita liitettävyyden kannalta ovat koillisessa Elenian voimajohdon alueella olevat painopistealueet Pihtipudas ja Äänekoski. Molemmilla Pihtiputaan ja Äänekosken alueilla on verrattain pitkä matka lähimpään kantaverkon sähköasemaan. Äänekosken lähimmät tuulipuistot kuitenkin voisivat liittyä Vihtavuoren sähköasemalle tai Elenian Koivisto - Viitasaari 110 kV voimajohdolle, joissa on vielä liitântäkapasiteettia jäljellä. Lisäksi, jos tulevaisuudessa tuulivoimaloiden teknologinen kehitys mahdollistaisi myös maakunnan kaakkoisen osan käytön, rajoittaisi kantaverkon liityntäpisteiden puute muidenkin kuin olemassa olevan Leivonmäen alueen tehoa.

7 Sähköverkon kehittämistarpeet

Keski-Suomen alueella on vapaata liityntäkapasiteettia jäljellä alueen 400 kV sähköasemilla. Nykyinen liityntäkapasiteetti sijaitsee kuitenkin maantieteellisesti eri alueella kuin potentiaaliset tuulivoima-alueet, joten tuulivoimahankkeiden liittäminen edellyttää sähköverkon kehittämistä. Maakunnan suurimmat sähköasemat Vihtavuori, Petäjävesi ja Toivila sijaitsevat etelä- ja keskiosissa Keski-Suomea, kun taas tuulivoima potentiaali painottuu vahvasti pohjoisosaan Keski-Suomea. Tämän lisäksi Keski-Suomen maakunta jakautuu kantaverkon osalta kahteen selvään alueeseen. Itäisessä osassa Keski-Suomea kulkee vain muutama kantaverkon voimajohto itä-länsi suunnassa, kun taas läntisessä osassa Keski-Suomea voimajohtoja kulkee paljon pohjois-eteläsuunnassa. Tuulivoiman liitettävyyden kannalta tämä aluejako eriyttää potentiaalisia alueita ja läntisellä puolella etäisyydet lähimpään potentiaalisesti tulevaan kantaverkon asemaan ovat huomattavasti lyhyempiä.

Tuulivoimapuistojen koot ovat kasvaneet ja tulevat tulevaisuudessa todennäköisesti entuudestaan kasvamaan. Tuulipuistojen 400 kV:n verkkoliitynnät tulevat yleistymään. Näistä syistä liittyminen tapahtuu useimmiten Fingridin kantaverkkoon. Jos 110 kV:n jännitetasolla siirretään suuria tehoja pitkiä matkoja, loistehon kulutus muodostuu haasteeksi. 400 kV:n verkon käyttäminen vastaa tähän ongelmaan. Muun muassa näistä syistä Fingridillä on erittäin merkittävä rooli tuulivoiman mahdollistajana Suomessa. Lisäksi koko Suomea ajatellen sähköntuotanto ja -kulutus tulevat sijoittumaan jatkossa yhä enemmän eri alueille, minkä vuoksi erityisesti pohjois-eteläsuuntaisen sähkönsiirron tarve kasvaa.

Tällä hetkellä Fingridillä on valmistumassa runsaasti hankkeita Keski-Suomen alueella, joiden tarkoituksena on tehostaa pohjois-eteläsuuntaista siirtokapasiteettia. Tulevat suunnitteilla olevat voimajohtohankkeet tulevatkin parantamaan pohjois-eteläsuuntaista siirtoa edelleenkin, mutta samalla ne tulevat palvelemaan alueen kehittyvää tuulivoimatilannetta. Alueelle merkittävin tuulivoimaa mahdollistava voimajohto tulee olemaan tuleva Metsälinja 2. Sen varrelle suunnittelut mahdolliset sähköasemat parantaisivat merkittävästi liityntämahdollisuuksia alueella. Fingrid nosti esiin haastattelussa, että potentiaaliset asemapaikat määritetään johdon varrella perustuen mm. liityntätarpeeseen. Fingrid pyrkii siis ennakoimaan tuulivoiman kehitystä verkon kehityksessään. Tällöin voidaan olettaa uusien liityntäjohtojen rakentamisesta

aiheutuvien kokonaisvaikutusten pienevän, sillä sekä potentiaaliset tuulivoima-alueet että kantaverkko kummatkin ovat aktiivisessa kehittämisvaiheessa ja ennakointi on mahdollista.

Alueverkkojen osalta kehittämistarpeita ohjaa osin kahdesta eri suunnasta tulevat ajurit, joiden muodostamien tarpeiden ja rajoitteiden perusteella verkonhaltijat voivat verkkoa kehittää huomioiden sähkömarkkinalain mukaiset verkon liittämisen ja kehittämisvelvollisuudet. Kehittämistä ohjaa sähköntuotannon kehitys, erityisesti tuulivoimahankkeiden kehitys, sekä sähkönkulutuksen kehitys niin jakeluverkoissa kuin suurjänniteverkossakin. Toisaalta kehittämistä ohjaa ja mahdollistaa Fingridin kantaverkon kehittäminen, mikä saattaa myös alueverkkojen haltijoiden näkökulmasta asettaa rajoitteita verkkojen kehittämiselle ja tuulivoiman liittämislle.

Varmistuneita lähitulevaisuuden verkkojen kehittämishankkeita seuraavat suurjännitteisen jakeluverkon kehittämistoimenpiteet riippuvatkin lopulta vahvasti siitä, miten yksittäiset kantaverkon kehittämiseksi tehtävät hankkeet lopulta toteutuvat ja mitä ne mahdollistavat. Myöhempiä suurjännitteisen jakeluverkon kehittämistarpeita on melko haasteellista ennakoida, sillä ne riippuvat edelleen kantaverkon kehittämisestä ja toisaalta tuulivoima- ja muiden hankkeiden etenemisestä. Kantaverkon liityntäkapasiteetti jossain pisteessä voi kasvaa esimerkiksi uuden sähköaseman, uuden voimajohdon tai muun investoinnin seurauksena. Yleisenä oletuksena on, että muut verkonhaltijat pyrkivät hyödyntämään kasvaneen liittymiskapasiteetin rakentamalla omia voimajohtoyhteyksiä kyseisten pisteiden läheisyyteen. Tällä on maankäyttövaikutusta sähköaseman lähialueella ja se voi vaikuttaa aseman sijaintiin, vaikka yleisesti pyritäänkin hyödyntämään yhteisiä johtokäytäviä.

Sähköverkkojen kehittämisvalintoihin vaikuttaa merkittävästi myös kunkin toimijan jo olemassa olevat verkot, jotka on rakennettu vuosikymmenten pitkälti sähkönkulutuksen ehdoilla erityisesti alempia jännitetasoja palvelemaan. Verkko ei tällöin monesti ole laajamittaisen tuotannon liittämisen kannalta optimaalinen. Ilmiö on nähtävissä erityisesti itäisen Keski-Suomen alueella, sillä etäisyydet 400 kV:n kantaverkkoon ovat pitkiä ja alueverkot melko pieniä tehonsiirtokapasiteetiltaan. Läntisen ja pohjoisen Keski-Suomen alueella sopivia tuulivoima-alueita on useita ja liittymissopimuksia myös alueverkkoihin onkin solmittu viime vuosina runsaasti. Nykyinen vapaa kapasiteetti alueen alueverkoissa alkaa olla vähissä, sillä verkot on rakennettu aikanaan pitkälti vain kulutusta varten, ja tuleva uusi liittämiskapasiteetti myös alueverkoissa riippuu pitkälti kantaverkon toimenpiteistä. Fingridin Metsälinja 2 ja sen varrelle suunnitellut potentiaaliset sähköasemat määrittävät pitkälti myös alueverkkojen hyödyntämistä alueella. Eteläisessä Keski-Suomessa olisi enemmän vapaata liittämiskapasiteettia erityisesti kantaverkon puolesta, sillä sähkönkulutuskin on alueella suurempaa, mutta potentiaalisia tuulivoima-alueita ei juurikaan ole johtuen muista tekijöistä, muun muassa asutuksesta, maisema-alueista ja muista erityyppisistä alueiden suojaetäisyyksistä. Alueverkoissa tuulivoiman kannalta valmista liityntäkapasiteettia Keski-Suomessa on siis jonkin verran painottuen tällä hetkellä enemmän itäiseen Keski-Suomeen, mutta yhteensä jo muutaman sadan megawatin tuulivoiman liittäminen potentiaalisimmilla tuulivoima-alueilla aiheuttaa todennäköisesti merkittävää verkkoinvestointien tarvetta.

Verkkojen kehittämisvastuu on säädetty sähkömarkkinalaissa verkkoyhtiöiden vastuulle ja kehitystä tehdään jatkuvasti tarpeisiin perustuen. Kehittämistarpeiden ja niiden ajoituksen tunnistamista vaikeuttaa esimerkiksi tuulivoimahankkeiden toteuttamisjärjestyksen tunnistaminen. Mikäli uusiutuvan energian kehitystä halutaan ohjata yhteiskunnan kannalta optimaalisella tavalla, esimerkiksi juuri maakuntakaava voisi olla ohjaava tekijä tuulivoimakehittämisessä muodostamatta toteutettavuuden kannalta mahdottomia reunaehtoja toimijoille. Ohjausta voitaisiin toteuttaa esimerkiksi hankkeiden priorisoinnin ja eri toimijoiden

välisen koordinoinnin kautta, jolloin esimerkiksi ajoituksellisia haasteita useiden vuosien investointiprojekteissa olisi helpompaa sovittaa yhteen. Toisaalta energia- ja sähköjärjestelmä Suomessa on huomattavasti maakuntatasoa laajempi kokonaisuus eikä sitä voida myöskään kehittää vain maakuntatason asioita optimoiden. Erityisesti kantaverkkoyhtiö Fingridin on katsottava verkon kehitystä myös koko Suomen näkökulmasta. Kantaverkon kehitys puolestaan määrittää pitkälti myös alueverkkojen kehitysmahdollisuuksia, joten erityisesti sen kehityksen vaikutus tuulivoiman kehittymiseen sähkönsiirron näkökulmasta on merkittävä.

8 Vaikutusten arvio ja vaikutusten vähentäminen

Yleisiä huomioita vaikutuksista

Yksittäisen 110 kV voimajohdon ympäristövaikutukset arvioidaan yleensä Energiateollisuuden ohjeen mukaisella ympäristöselvityksellä, johon liittyy tyypillisesti viranomaisneuvottelu ja maastotöitä. Selvityksessä arvioidaan mm. voimajohdon vaikutuksia maisemaan, luontoon, arkeologisiin kohteisiin ja asutukseen. Laissa ympäristövaikutusten arviointimenettelystä (YVAL 252/2017) todetaan hankkeet, joilta edellytetään YVA-lain mukaista arviointimenettelyä. Menettelyä edellytetään, kun kyseessä on vähintään 220 kilovoltin maanpäälliset voimajohdot, joiden pituus on yli 15 kilometriä. Toisin sanoen kaikki yli 15 km pituiset 220 kV ja kaikki 400 kV voimajohdot käyvät läpi ympäristövaikutusten arviointiprosessin, mutta tyypillisesti myös 110 kV liityntäjohdot sisällytetään tuulipuiston ympäristövaikutusten arviointimenettelyyn. Selvityksissä tunnistettuja haitallisia vaikutuksia pyritään vähentämään suunnittelun ja rakentamisen aikaisilla ratkaisuilla. Hankkeiden välillä on eroa siinä, mihin tärkeimmät vaikutukset kohdistuvat.

Käytännössä tuulipuistojen liityntäjohdot rakennetaan pääsääntöisesti ilmajohtoina. Rakentaminen maakaapelina tulee kyseeseen lähinnä tiiviisti asutuilla keskusta-alueilla. Kaapelien teknisenä haasteena on korkeampi kustannus, lyhyempi käyttöikä ja hankalampi viankorjaus. Lisäksi rakentamisen aikana kaivuuta tarvitaan laajemmalta alueelta kuin ilmajohdon rakentamisessa. Tuulipuiston sisäinen sähkönsiirto kuitenkin toteutetaan tyypillisesti maakaapelointina matalammalla jännitetasolla.

Voimajohtojen merkittävimmät haitalliset vaikutukset kohdistuvat metsiin, niiden lajistoon ja maisemaan (ml. kulttuuriympäristöön), sillä johtoaukealta poistetaan puusto. Reuna-alueelta poistetaan puusto niin, että kun etäisyys johdon keskilinjasta kasvaa, puiden pituus kasvaa. Tavoite on varmistaa sähköjohdon säävarmuus ja turvallisuus. Yleensä 110 kV johtoaukea on johdon keskilinjasta molemmiin puolin sivulle 13 metriä ja 400 kV johtoaukea enimmillään 21 metriä, jonka lisäksi tulee 10 metrin reuna-alue, jolta puustoa lyhennetään. Mikäli johdot ovat vierekkäin, voi niiden välinen etäisyys olla tapauskohtaisesti hieman lyhyempi ja tämä vähentää myös metsävaikutuksia johtoalueella. Mikäli useampia virtapiirejä voidaan viedä samaan pylvärakenteeseen tämä vähentää myös maankäyttövaikutusta verrattuna kahteen erilliseen johtoon.

Voimajohdoilla on määritetty rakennuskieltoalue, jonka sisäpuolelle rakennuksia tai rakennelmia ei lähtökohtaisesti saa sijoittaa. Rajoitus määritetään lunastusluvassa. Pääosin rakennusraja asetetaan uusilla johdoilla reuna-alueen ulkoreunaan eli 110 kV johdoilla usein 23 metriin ja 400 kV johdoilla enimmillään 31 metriin. Rakennusraja vaikuttaa rakentamiseen johdon lähellä. STUK suosittelee johtojen sijoittamista suhteessa asuinrakennuksiin ja muihin pitkäaikaiseen oleskeluun tarkoitettaviin tiloihin, niin että, että magneettikenttä ei ylitä 0,3–0,4 mikrotesslaa (μT). Ajan kuluessa useampia johtoja saatetaan

rakentaa rinnakkain. Valtakunnalliset alueidenkäyttötavoitteet ohjaavat rakentamaan olemassa oleviin johtokäytäviin. Näin johtojen yhteisvaikutuksesta voidaan päätyä lähemmäs asutusta kuin on tavoiteltu ensimmäisellä johdolla. Siksi varsinkin uusilla johdoilla on tarkoituksenmukaista välttää sijoittamista lähelle asutusta, koska ensin rakennettu johto voi vaikuttaa epäsuorasti myös muiden johtojen sijaintiin.

Peltoalueilla tärkein vaikutus on se, että pylväsrakenteet varaavat tilaa peltoalueelta ja haittaavat täten maanviljelyä. Pylvässuunnittelulla ja sijoittelulla voidaan vähentää tätä vaikutusta. Pelloilla johdoilla voi olla myös vaikutusta lintuihin, mikäli johto sijaitsee esimerkiksi lähellä levähdysaluetta. Suoalueella kasvillisuus on usein matalaa, joten puiden poiston sijaan suora vaikutus koostuu pylväsrakenteiden ja -perustusten rakentamisesta. Varsinkin luonnontilaisten tai lähellä luonnontilaa olevien soiden osalta vaikutuksia voidaan vähentää pylvässijoittelulla, niin että pylväitä ei sijoiteta luontoarvoiltaan tärkeimmille alueille. Linnustovaikutukset voivat korostua tapauskohtaisesti ja niitä voidaan myös vähentää huomioesteillä (esim. ns. lintupallot).

Tuulipuistot edellyttävät sähkönsiirtoa. Siksi sähkönsiirron vaikutuksia ei voi erottaa niihin kytkeytyvistä tuulipuistoista. Tuulivoima on useimpien tutkimusten perusteella keskeisiä teknologioita ilmastonmuutoksen torjunnan vastaisessa työssä lähivuosikymmeninä. Ilmastonmuutoksella on puolestaan vaikutusta yhteiskuntiin ja elinympäristöihin ja yksittäisiin lajeihin, jolloin tuulipuiston siirtojohdoilla on epäsuoria positiivisia vaikutuksia. Sähköjohdot mahdollistavat myös häiriöttömän sähkönsiirron ja jatkossa enenevässä määrin myös lämmityksen ja teollisuuden prosessien toiminnan, mitkä ovat välttämättömiä osia nykyaikaista yhteiskuntaa. Lisäksi riittävä eri alueiden ja maiden välinen siirtokyky tasaa sähkön hintavaihteluja ja auttaa hyödyntämään tuotetun sähkön ja vähentää säätövoiman tarvetta.

Yhteisrakentamisella on merkittävä vaikutus voimajohtojen tilantarpeeseen. Yhteisrakentamisen hyötynä on, että useampi tuulivoimapuisto liittyy sähköasemalle samalla pylväsrakenteella. Näin vältetään rinnakkaiset tai risteävät johdot, vaikka johdon leveys tai rakenteen korkeus voikin kasvaa hieman. Riittävän aikainen yhteydenpito korostuu yhteisrakentamisessa, jotta voidaan sovittaa suunnitelmia yhteen ja varmistetaan että johdot on suunniteltu verkkoyhtiön määritelmien mukaan. Joissain tilanteissa myös kantaverkon vahvistaminen uusilla 400 kV siirtojohdoilla tai asemilla voisi lyhentää tuulivoiman liittymisjohtojen tarvetta. Tämä korostuu alueilla, joilla ei ole juuri kantaverkkoa, mutta olisi potentiaalia tuulivoimalle. Riittävä liittymiskapasiteetti myös vähentää hankekehityksen kiirettä.

Voimajohtorakentamisen vaikutukset kasvihuonekaasupäästöihin ja metsiin

Osana työtä tehtiin paikkatietoanalyysi, jossa laskettiin puuston keski-ikä karkeille linnuntietä arvioiduille liittymisreiteille hyödyntäen LUKE:n tuottamaa rasteriaineistoa metsien iästä vuodelta 2019. Laskennan lähtötiedoista poistettiin nolla-arvo, joita voivat olla esim. vesistöt tai alueet, joilla on rakennettua ympäristöä kuten teitä.

Analyysin perusteella puuston ikä vaihteli 38 ja 65 vuoden välillä eri reiteillä, keskiarvon ollessa 53 vuotta, kaikki reiteille osuvat metsäalueet huomioiden. Käytännössä vaihtelua saattoi olla melko lähekkäin olevillakin reiteillä, joten tuloksia on hankala esittää alueellisesti, varsinkin kun liittymisreitit olivat teoreettisia. Kaikille reiteille osui iäkästään yli 100 vuotiasta puustoa, mutta mediaani oli hieman yli 50 vuotta laskettuna reittien keskiarvosta. Paikallinen vaihtelu puuston iässä oli suurta ja vierekkäin saattoi

olla iäkästä ja vasta hakattua metsää. Vaihtelu oli niin suurta, että tietojen esittäminen vanhoista metsistä maakuntatasolla on haastavaa. Käytännön karttatarkastelussa huomattiin, että iäkkäin yli 100-vuotias metsä sijoittui hajanaisesti ympäri maakuntaa. Metsäkeskuksen raportin mukaan Keski-Suomen metsistä yli 100 vuotiaita on 9 % pinta-alasta.²⁶

Vanhin metsäalue painottui maakunnan alueella kuitenkin tyypillisesti luonnonsuojelualueille tai alueille, joilla oli useita tai laajoja luonnonsuojelualueita lähetyvillä. Tällaisia alueita, joilla oli muita alueita enemmän vanhaa metsää, olivat esim. Pyhä-Häkin kansallispuiston lähialueet, Jyväskylän lounaispuolella luonnonsuojelualueiden lähialueet sekä Salamanperän luonnonpuiston ja Kivijärven väliset alueet. Näilläkin alueilla oli kuitenkin paikallista vaihtelua puuston iässä, joten maakuntatason relevanttien johtopäätösten teko on haastavaa, varsinkin kun reitit ja liittymissuunnat tarkentuvat suunnittelun edetessä. Tarkemmin puuston ikää on mahdollista tarkastella interaktiivisesti paikkatietoikkuna karttapalvelussa. Suosituksena on, että tarkemmassa suunnittelussa herkkien kohteiden lähellä tarkastellaan myös puuston ikärakennetta, jotta se voidaan huomioida mahdollisuuksien mukaan reittivalinnoissa esimerkiksi niin, että vaikutuksia luonnonsuojelualueiden välillä oleviin iäkkäisiin metsiin vähennetään, jolloin säilytetään ekologisia käytäviä, vaikka alueilla ei olisi suoraa suojelustatusta. Lajistoon kohdistuvat vaikutukset johtuvat suorista elinympäristömuutoksista (puuston poisto) sekä elinympäristöjen pirstoutumisesta (metsäympäristöissä juuri sähkölinjoilla merkittävä rooli) ja itse sähköjohdoista aiheutuvasta törmäysriskistä linnoille. Riittävä suojaetäisyys herkimpiin kohteisiin mahdollistaa metsän säilymisen myös mahdollisissa muissa myöhemmissä alueen voimajohtohankkeissa. Tarkastelun tulokset puuston iästä vahvistavat toisaalta käsitystä, että metsä on suurelta osin metsätalouskäytössä.

Sähkönsiirron vaikutuksia voidaan hallita toteuttamalla hankkeet suuremmissa laajuuksissa. Esimerkiksi viiden 10:n voimalan 110 kV puiston liittymisjohtojen yhteisvaikutus maankäyttöön olisi suuruusluokkaa enintään 230 m leveyssuunnassa, jos kaikki johdot toteutetaan omiin johtokäytäviin. Kun taas saman tehon tuottavalla yhdellä 50 voimalan puistolla, joka liitetään 400 kV johdolla vaikutus maankäyttöön on suuruusluokka 60 metriä leveyssuunnassa. Lisäksi korkeampi jännite vähentää siirtohäviöitä. Pidempi siirtoyhteys ei johda suurempaan maankäyttövaikutukseen, jos sillä pystytään toteuttamaan merkittävän kokoinen tuulipuisto, eli siirtojohdon pituutta pitäisi suhteuttaa hankkeen laajuuteen sen sijaan, että tarkastellaan pelkästään siirtojohdon pituutta. Mikäli hanke on pienekö ja siirtojohto on pitkä suhteelliset vaikutukset sähkönsiirrosta tuotettua sähkötehoa kohden ovat suuremmat.

Voimajohtojen vaikutuksesta hiilinieluihin ei raportin tekohetkellä tullut tietoon tutkimuksia. Asiasta käydään kuitenkin vilkasta keskustelua ja tietoa aihepiiristä puuttuu, joten raportissa pyrittiin keräämään taustatietoa ja pohdintoja aiheesta. Lisäarvioita on tulossa esimerkiksi Fingridin YVA-selvityksistä, kun ne valmistuvat.

Mikäli vertailuskenaarioksi otetaan tilanne, jossa voimajohtoa ei rakennettaisi, ei voida olettaa, että puiston ja sähköaseman välinen puusto kokonaisuudessaan jäisi esimerkiksi suojelun piiriin. Todennäköisesti merkittävä osa puustosta joka tapauksessa olisi metsätalouskäytössä, eli hakkuu aikaistuu rakentamishetkeen ja metsän jatkokäyttöön kohdistuu rajoitteita, jos metsäalueelle tehdään voimajohto. Jonkinlaisia päästöjä metsään sitoutuneesta hiilestä olisi odotettavissa useimmissa tapauksissa kuitenkin myöhemmin, vaikka voimajohtohanke ei toteutuisi. Metsän kasvatusperiaatteilla ja sillä, hakataanko metsä ylipäänsä, olisi vaikutusta tarkkaan nieluvaikutukseen vaihtoehtoskenaariossa.

²⁶ [Keski-Suomen metsäohjelma 2021-2025 \(metsakeskus.fi\)](https://metsakeskus.fi)

Voimajohtohankkeissa voi olettaa, että vaikutukset metsiin ovat pienet suunnittelu- ja maastotutkimusvaiheessa. Tällöin poistetaan puustoa esimerkiksi keskilinjän merkintää varten. Suurin vaikutus tulee rakentamisvaiheessa, jolloin puustoa poistetaan johtoaukealta (esim. 13 m + 13 m 110 kV johdolla) ja lisäksi reuna-alueilta 10 m + 10 m. Johtoaukealle puusto poistetaan niin lyhyeksi, että sillä voi enintään kasvattaa joulukuusia. Reuna-alueella taas puustoa lyhennetään, niin että se ei kaadu johdolle eli suurimmat vaikutukset kohdistuvat heti johdon keskilinjän läheisyyteen ja pienevät etäisyyden kasvaessa, jolloin puut voidaan jättää pidemmiksi reuna-alueen ulkoreunaa kohti ja reuna-alueille jää mahdollisuuksia puiden kasvuun melko korkeiksi. Usein metsänomistajan kanssa sovitaan, poistetaanko puusto kokonaan myös reuna-alueelta ensimmäisen hakkuun yhteydessä. Yksittäisissä tapauksissa puita voidaan poistaa myös reuna-alueen ulkopuolelta, mikäli ne ovat erityisen pitkiä ja aiheuttavat kaatuessaan vikaantumisriskin johdolle. Mikäli reitti sijoittuu muualle kuin metsäalueille esimerkiksi rakennetulle alueelle, vesistön päälle, peltojen kohdalle tai avosoille, ei vaikutusta metsiin ole, sillä johdot kulkevat tällaisen maankäytön yläpuolella ja nämä eivät tyypillisesti aiheuta vikaantumisriskiä johdolle.

Voimajohdon käytön aikana puustoa harvennetaan keskimäärin 6 vuoden välein, pääsääntö on, että puut ja pensaat eivät ole yli kolme metriä korkeita raivauksen jälkeen.²⁷ Mikäli voimajohdon tarve lakkaa tulevaisuudessa, käyttöoikeuden rajoitus voidaan purkaa ja alue palauttaa muuhun käyttöön esim. metsäksi.

Koska voimajohtojen hiilinieluihin liittyvää tutkimusta ei tullut tietoon raportin tekohetkellä ja oletettavasti laskentamalleja ei ole kehitetty nimenomaan voimajohtorakentamisen arviointiin, metsien nieluvaikutusten arviointi on hyvin viitteellistä.

Esimerkkilaskelma YVA-arvioinnista

Fingridin Petäjäkoski - Nuojunkangas -voimajohdolla on arvioitu hiilinieluvaikutuksia osana ympäristövaikutusten arviointiprosessia. Voimajohdon toisen reittivaihtoehdon pituus on 215 km ja toisen 210 km, josta uutta maastokäytävää on 150 km. Uudessa maastokäytävässä 400+110 kV johtoalueen leveys oli yhteensä 62 metriä, josta 20 metriä oli reunavyöhykkeitä. Voimajohdon kulkiessa toisen johdon rinnalla, alue oli kapeampi. Toisin sanoen kyseessä oli merkittävä kantaverkon vahvistus, joka ulottuu useamman maakunnan alueelle. Johto oli leveämpi kuin monet tuulivoiman liittymisjohdot, jotka ovat usein toteutettu vielä 110 kV jännitteellä ja lisäksi pidempi kuin useimmat tuulivoiman liittymisjohdot, jotka ovat tyypillisesti enintään kymmeniä kilometrejä. Eri reittivaihtoehdot huomioiden vuosittaiseksi hiilinieluvaikutus oli raportissa noin miinus tuhat tonnia. Tämä jakaantui puuston hiilinieluvaikutukseen, joka menetetään poistuvan puuston myötä ja reunavyöhykkeen puuston käsittelyn vaikutukseen. Poistuvan puuston vaikutus oli -0,6 tuhatta tonnia/co₂/v ja reunavyöhykkeen puuston käsittelyn vaikutus -0,3 – 0,4 tuhatta tonnia co₂/v. Johtoalueelta poistuvan puuston hiilivarastoksi arvioitiin -55 - -62 tuhatta tonnia co₂/v. Materiaalien päästövaikutuksiksi arvioitiin noin 110 tuhatta tonnia co₂eq. Selvityksessä arvioitiin myös, että hankkeen elinkaaren aikana energiahäviön väheneminen tuo enintään noin 25 tuhannen tonnin myönteisen vaikutuksen päästöissä huomioiden päästökertoimien lasku tulevaisuudessa. Tämä vastaa noin 23 prosenttia kyseessä olevan voimajohdon rakentamisen aikaisista päästöistä.²⁸

²⁷ Kasvuston käsittely - Fingrid

²⁸ Arviontiselostus Petäjäskoski-Nuojunkangas. <https://www.fingrid.fi/globalassets/dokumentit/fi/kantaverkko/maankaytto-ja-ymparisto/petajaskoski_nuojunkangas_voimajohtohanke_yva-selostus_2021_www-sivulle-id-292081.pdf>

Tyypillisesti tuulipuistojen liityntäjohdot ovat enintään muutamia kymmeniä kilometrejä. Tavoitteena on mahdollisimman lyhyt johto. Mikäli hanke on suuri, voi olla teknistaloudellisesti mahdollista toteuttaa pidempikin johto ja mahdollisesti 400 kV jännitetasollakin. Johdon pituus ja vaikutukset onkin hyvä suhteuttaa hankkeen laajuuteen myös kasvihuonekaasupäästöihin liittyvässä laskennassa. Tämän raportin analyysin perusteella keskimääräinen etäisyys tarkastellun tuulivoima-alueen ja sähköaseman välillä olisi noin 20 km linnuntietä, kun otetaan huomioon sekä vireillä olevat yleiskaava-alueet että maakuntakaavan 2040 luonnoksen mukaiset tuulivoimatuotantoon soveltuvat alueet. Käytännössä osassa hankkeita etäisyys voi olla lyhyempi, jos esimerkiksi pienehkö hanke toteutetaan johdonvarsiliityntänä. Ympäristövaikutusten vähentämiseksi tehtävät reittimuutokset, maaston huomiointi (esim. vesistöt) ja valtakunnallisten alueidenkäyttötavoitteiden ohjausvaikutus johtojen varsille rakentamiseen voi pidentää reittiä keskimääräisestä n. 20 km teoreettisesta reitistä. Lyhin etäisyys tuulivoima-alueilta lähimpään voimajohtoon olisi vain noin 5 km. Mikäli verkkoa vahvistetaan lähelle nykyistä voimajohtoa eikä tarvitse liittää asemalle asti, etäisyys voi olla siis lyhyempi kuin 20 km.

Keskimääräinen hankekoko olisi noin 160 MW. Mahdollisesti hankkeita voitaisiin toteuttaa myös yhteisrakentamisena, mutta sitä ei huomioida tässä laskentaesimerkissä. Lisäksi jos johto rakennetaan toisen rinnalle, niin osa reuna-alueesta on jo aiemman johdon johtoaluetta, mikä myös vähentää maankäyttövaikutusta. Myöskään tätä ei huomioida laskentaesimerkissä.

Näillä taustayleistyksillä huomioiden voidaan tehdä laskentaa varten karkea oletus, että puistot liittyisivät lähimpään sähköasemaan 110 kV jännitteellä ja 20 km pituisella johdolla. Tällöin johtoalueen maankäyttö olisi noin 92 hehtaaria, josta lähes puolet olisi reunavyöhykettä. Laskentaesimerkissä oletetaan, että koko tämä alue olisi puustoista aluetta.

”Tilastokeskuksen julkaisee kertoimia Suomen keskimääräisen sähköntuotannon CO₂-päästöille. Näistä laskettu kolmen viimeisen tilastovuoden (2018-2020) keskiarvo, jossa yhteistuotanto on jaettu energiamenetelmällä, on 89 kg CO₂/MWh.” Marginaalisähkölle päästökerroin on jopa 600 kg CO₂/MWh.²⁹

Jos käytetään laskennassa arvioitua keskimääräistä puistotehoa 160 MW, tämä tarkoittaisi vuodessa 40 % kapasiteettikertoimella noin 550 000 MWh sähköntuotantoa per tarkasteltu puisto. Tällöin päästövähennelmä suhteessa Suomen sähköntuotannon keskipäästöihin puiston omat päästöt huomioiden olisi (89*550 000) eli noin 49 000 tonnia. Käytännössä huomioimalla laskennassa päästöt eri perusteella (esim. marginaalisähkön korvaus) lukema olisi suurempi, samoin kuin jos keskimääräisestä sähköstä poistettaisiin tuulivoiman osuus. Se, miten tuulivoiman oma hiilijalanjälki huomioidaan ei muuta tuloksien suuruusluokkaa, tuulivoiman hiilijalanjälki on noin 11 gCO₂-ekv/kWh^{30 31} eli 11 kg /MWh, vaikka eri lähteissä on hieman eri arvioita.

Tässä kappaleessa arvioitiin, että keskimääräisen maakunnan alueella olevan puiston voimajohdon maankäyttövaikutus on alle 100 hehtaaria lähimmälle asemalle liityttäessä. Mikäli muu maankäyttö, rinnalla kulkevat johdot ja reuna-alueet huomioidaan mahdollisesti selvästi vähemmän. Vaikutus on oletettavasti vähäisempi reuna-alueella. Koska oheiseen laskentaan liittyy epävarmuuksia mm. johtoreitin

²⁹ CO₂-päästökertoimet - Motiva

³⁰ JesseChristensenen.pdf (tuni.fi)

³¹ Tuulivoiman yleisopas (ely-keskus.fi)

osalta ja metsän osalta, on tuloksia pyöristetty ja käytetty varovaisia oletuksia. Tavoite on tunnistaa suuruusluokkia.

Yleisesti metsien hiilinieluja käsittelevistä lähteissä arvioidaan, että negatiivinen vaikutus hiilinieluihin on suurin avohakkuun jälkeen. Hakkuun jälkeisenä aikana hiilinielu pienenee ja mahdollisesti noin 20 vuoden päästä metsä siirtyy hiilen sitojaksi puiden kasvaessa pidemmiksi. Mikäli hakkuu johtaisi tilanteeseen, jossa metsä ei sitoisi ollenkaan hiiltä, menetetty biologinen nielu metsistä olisi enintään Keski-Suomen metsän vuosikasvun verran eli noin 7 kuutiota hehtaarilta, mikä vastaisi noin 7 tonnin hiilinielua vuodessa/hehtaarilta hiilidioksidina ilmoitettuna. Eli 700 tonnia/v. 100 hehtaarin alueelta. Todennäköisesti vaikutus on kuitenkin vähemmän, koska metsä kasvaa reuna-alueella edelleen pituutta 10-20 metriin. Reuna-alueen metsä kasvaa myös paksuutta, vaikka pituutta rajoitettaisiin helikopterileikkuulla. Tosin helikopterileikkuu latvoista vähentää tukkipuun määrää hieman latvasta alaspäin tapahtuvan vahingoittumisen myötä, mutta ei vaikuta puun järeimpiin osiin. Vaihtoehtoisesti reuna-alueella voidaan tehdä poimintahakkuita.³² Lisäksi myös enintään 3 metristä kasvillisuutta sisältävällä johtoaukealla kasvu sitonee hieman hiiltä. Vaikka puusto poistettaisiin kokonaan myös reuna-alueelta, puustoon alkaa varastoitua uudestaan hiiltä ainakin osittain takaisin. esim. Fingrid YVA:ssa on käytetty arviona 40 vuoden iässä reuna-alueella puuston tilavuutena 70m³/ha³³, mikä olisi noin puolet metsätalousmaan keskitilavuudesta Keski-Suomessa.

Menetetty hiilivarasto vastaisi enintään puuston hiilimassaa. Keski-Suomessa metsätalousmaalla tämä on 142 kuutiota hehtaarilla³⁴, mikä vastaisi suunnilleen yhtä monta tonnia hiilidioksidipäästöiksi muutettuna hehtaarilla. Eli enintään n. 14 000 tonnia CO₂, mikäli myös reuna-alue hakattaisiin. Mikäli tämä varasto vähenisi, väheneminen ei toistuisi samassa mitassa vuosittain.³⁵ Lisäksi hakatun puuston jatkokäyttökohde vaikuttaa siihen, mitä muita kasvihuonekaasupäästövaikutuksia syntyy, kun metsään sitoutunut hiili siirtyy toiseen käyttökohteeseen. Mahdollisia käyttökohteita ovat esimerkiksi sellu, poltto, puutuotteet jne. Karkeasti puutuotteena hiili pääosin sitoutuu käyttökohteeseen, samoin kuin bihiilenä maaperään. Energiakäytössä hiili vapautuu ilmakehään (jos ei oteta väliaikaisesti talteen esimerkiksi synteettisten polttoaineiden tuotantoon), tosin laskennallisesti puun poltto on päästötöntä. Tämä johtaa eri tulkintoihin päästöistä riippuen laskennan rajauksista. Käyttövaiheen päästöt jätettiin pois tästä selvityksestä, koska asiaa on tarkasteltu varastojen näkökulmasta ja halutaan välttää kaksoislaskenta käyttövaiheessa ja maankäytön osalta.

Oletettavasti maaperän suhteellinen vaikutus biologiseen hiilenvaihtoon metsämaalla on suurin ensimmäisen 10 vuoden aikana hakkuusta, kun metsän kasvu on vähäistä ja ei riitä kompensoimaan hajoavaa hiiltä.³⁵ Vaikka maaperä huomioitaisiin, todennäköisesti ei puhuta usean tuhannen tonnin päästöistä koko voimajohdon alueella vuosittain, mutta asiasta tarvittaisiin lisätietoa. Mikäli alueen käyttörajoitus voimajohtorakentamiseen myöhemmin lakkaa, pystyy metsä kasvamaan normaalisti.

³² Tapio, Fingrid. Suurjännitejohtojen, 110–400 kV, reunametsien hoito

https://www.fingrid.fi/globalassets/dokumentit/fi/julkaisut/suurjannitejohtojen_reunametsien_hoito.pdf

³³ Järvinlinjan vahvistaminen Vaalasta Joroisille: 400 + 110 kilovoltin voimajohtohanke Ympäristövaikutusten arviointiselostus

2021 <https://www.fingrid.fi/globalassets/dokumentit/fi/kantaverkko/maankaytto-ja-ymparisto/jarvinlinjan-yva-selostus-www-versio.pdf>

³⁴ LUKE (2021). Metsien kasvuvauhti hidastui, mutta puuston tilavuus suureni. <https://www.luke.fi/fi/uutiset/metsien-kasvuvauhti-hidastui-mutta-puuston-tilavuus-suureni>

³⁵ Suomen ilmastopaneeli (2022). METSÄT JA ILMASTO: HAKKUUT, HIILINIELUT JA PUUN KÄYTÖN KORVAUSHYÖDYT

<https://www.ilmastopaneeli.fi/wp-content/uploads/2022/05/ilmastopaneelin-raportti-3-2022-metsat-ja-ilmasto-hakkuut-hiilinielut-ja-puun-kayton-korvaushyodyt.pdf>

Metsä on suurelta osin metsätalouskäytössä ikärakenteen perusteella ja lisäksi reittejä ei lähtökohtaisesti suunnitella suojelualueille. Koska metsä on suurelta osin metsätalouskäytössä vaihtoehtoisessa skenaariossa hiilivarasto ei myöskään olisi pysyvä, vaikka toki yksittäisten kiinteistöjen osalta on mahdollista, että metsä ei ole metsätalouskäytössä. Voi olettaa, että hakkuu aikaistuu rakentamishetkeen ja näin aikaistaa hiilivaraston vähenemistä.

Jos arviota, että päästö on vähemmän kuin useita tuhansia tonneja hiilidioksidiksi muutettuna suhteuttaa tyypillisen tuulipuiston tonnimääräiseen päästövähennykseen vuodessa, voi huomata että metsän hiilinieluvaikutus on selvästi pienempi kuin päästövähennys 49 000 tonnia.

Mahdollinen poikkeustilanne, jossa hiilinielun vaikutus on pieni suhteessa kokonaispäästöjen vähenemiseen, voi olla erittäin pitkä johto yksittäisellä voimalalla. Tällaisia hankkeita ei kuitenkaan oletettavasti toteudu teknistaloudellisista syistä. Tämä on karkea arvio ja vaatisi lisätietoa ja laskennan kehittämistä, jotta arviota voitaisiin tarkentaa huomioimaan tarkemmin vaikutukset eri ikäisillä metsillä ja maankäytöllä sekä puuaineksen jatkokäyttö ja toteutuvat päästöt vaihtoehtoskenaarioissa. Lisäksi mikäli puiston voimalamäärä on suuri, voimajohtoon suhteellinen ilmastovaikutus laskee, koska puiston päästövähennys kasvaa. Suurista puistoista liittymisjohto tehdään usein suoraan 400 kV jännitteellä, jolloin useita keskisuuria puistoja voidaan mahdollisesti toteuttaa yhteisrakentamisella liittäen ne 400 kV jännitteellä kantaverkkoon tai jopa myöhemmäksi kantaverkon osaksi yhteistyössä Fingridin kanssa.

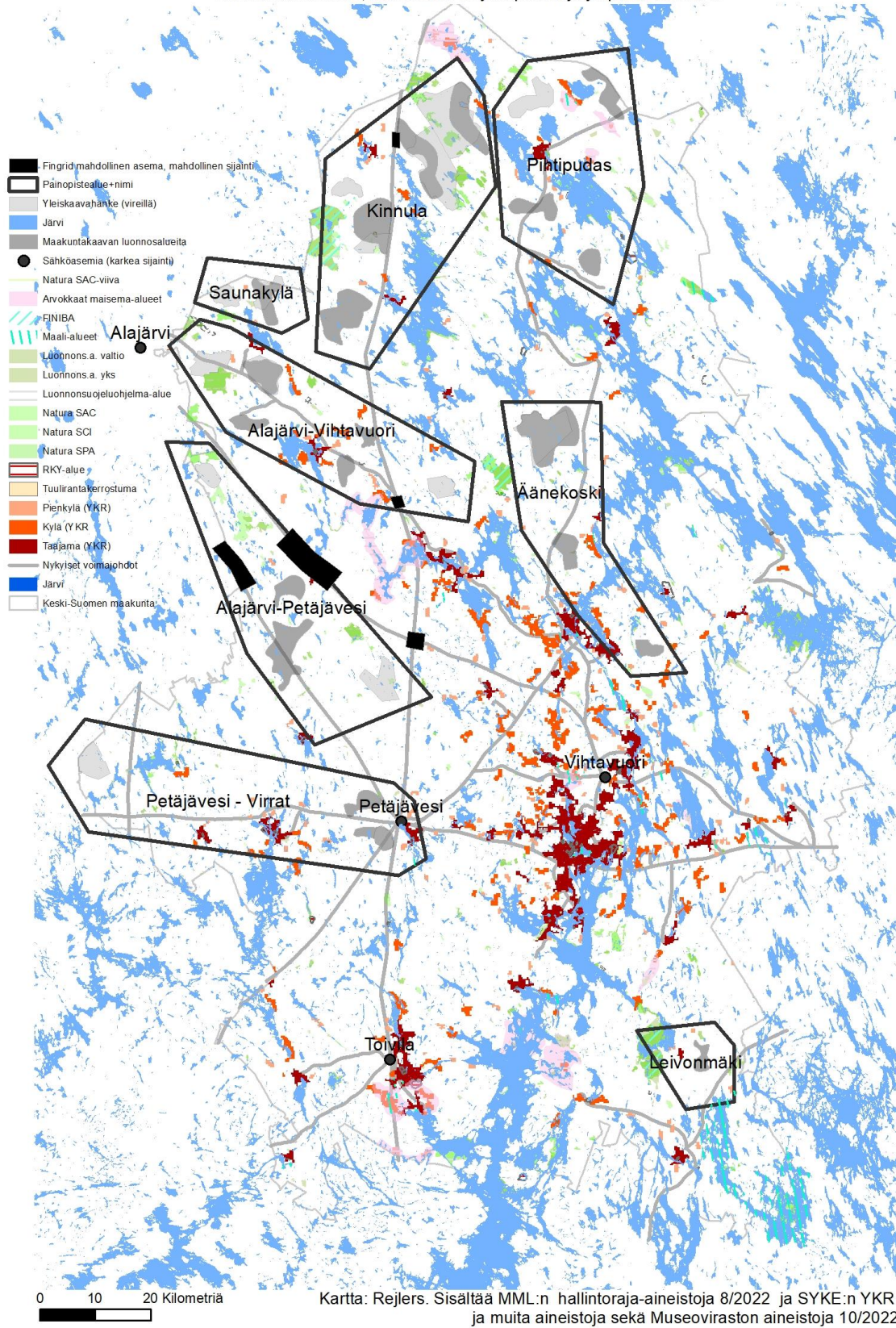
Joka tapauksessa karkea johtopäätös tarkastelusta on, että voimajohto aikaistaa päästöjä metsäalueelta ja voi myös vapauttaa metsään sitoutunutta hiiltä. Hiilen vapautumiseen vaikuttaa jatkokäyttö. Tuulipuiston suuri kasvihuonekaasupäästövähennys, joka perustuu siihen, että se korvaa fossiilista energiaa, ylittää kuitenkin selvästi nielun vuosittaisen pienenemisen voimajohtorakentamisesta. Vaikka metsään sitoutunut hiili huomioitaisiin, se ei muuta kokonaiskuvaa, koska keskimääräinen tarkasteltu tuulipuisto vähentää jo alle yhdessä vuodessa enemmän päästöjä kuin mitä metsään on sitoutunut hiiltä. Arviota voi tarkentaa edelleen esim. tässä kappaleessa kerättyjä karkeita tietoja hyödyntäen Keski-Suomen osalta tai asiaa voi selvittää erillisessä projektissa monimutkaisemmalla laskentamallilla ja lähtötiedolla tai tekemällä perustutkimusta aiheesta.

Tarkempi tarkastelu hankkeiden liittymisjohtojen vaikutuksista

Ympäristövaikutusten arvioinnin avuksi tehtiin arvio mahdollisista tuulivoiman painopistealueiden liittymissuunnista aiemmin esitellyn tehoyhteenvetokuvaajan päälle (Kuva 23). Kartalle tuotiin erilaiset ympäristöaineistot, joilla on vaikutusta yleispiirteiseen suunnitteluun (Kuva 24). Näitä ovat asutuksen keskittymät SYKE:n YKR aineistosta, luonnonsuojelu ja Natura-alueet ja valtakunnallisesti arvokkaat maisema-alueet ja Birdlifen arvokkaat lintualueet. Niistä maakunnan alueella ei ollut yhtään kansainvälisestä tärkeää lintualueita (IBA), mutta kansallisesti ja maakunnallisesti tärkeitä oli. Osaa kohteista, kuten pistemäisiä muinaisjäänneksiä ja arvokkaita kallioalueita ei huomioitu esitysmittakaavan ja seudullisen tarkastelun takia. Luettavuuden takia aineistoja on jaoteltu kahteen karttaan. Jälkimmäiseen ympäristöaineistokarttaan (Kuva 25) on koottu mahdollisesti suunnitteluun vaikuttavia asioita, kuten pohjavesialueita, maakunnallisesti suuren maisemaherkkyiden alueita ja maisemaan sidottuja muinaisjäänneksiä sekä hiljaisia alueita. Lisäksi on tehty kartta metsäpeurojen tihentymäalueista, johon koottu eri vuodenaikojen tihentymäkartat päällekkäin. Kartta ei ole yhtä kattava kuin metsäpeuraraaportin kartat. Oheiset huomiot perustuvat karttatarkasteluun ja tekijöiden arvioon, eivätkä tarkkoihin tietoihin hankkeiden liittymissuunnitelmista ja suunnitelluista johtoreiteistä.

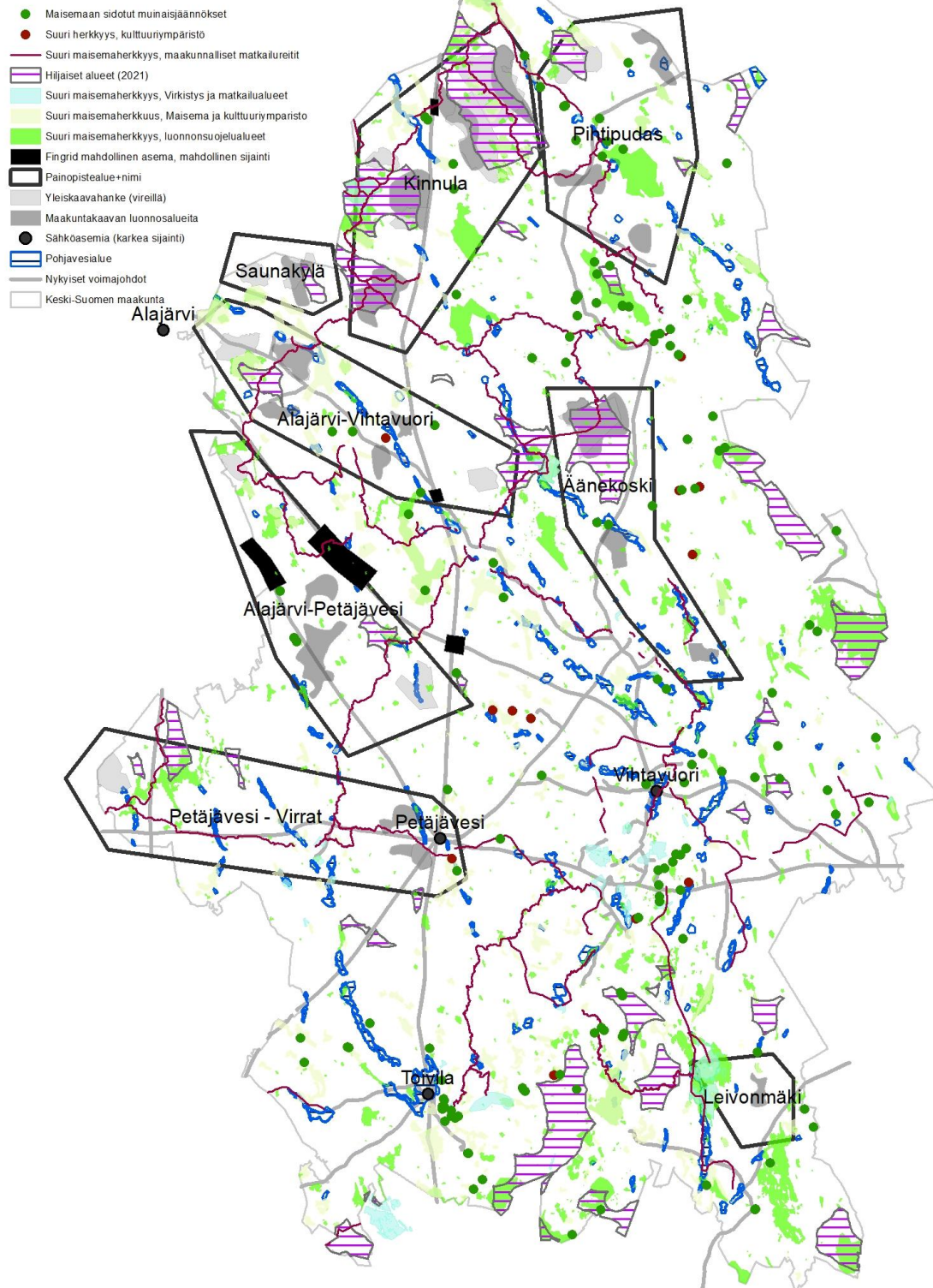
56

Tuulivoimahankeet, mahdolliset liittymispisteet ja ympäristöaineistot



Kuva 24. Tuulivoiman painopistealueet ja ympäristöaineistot.

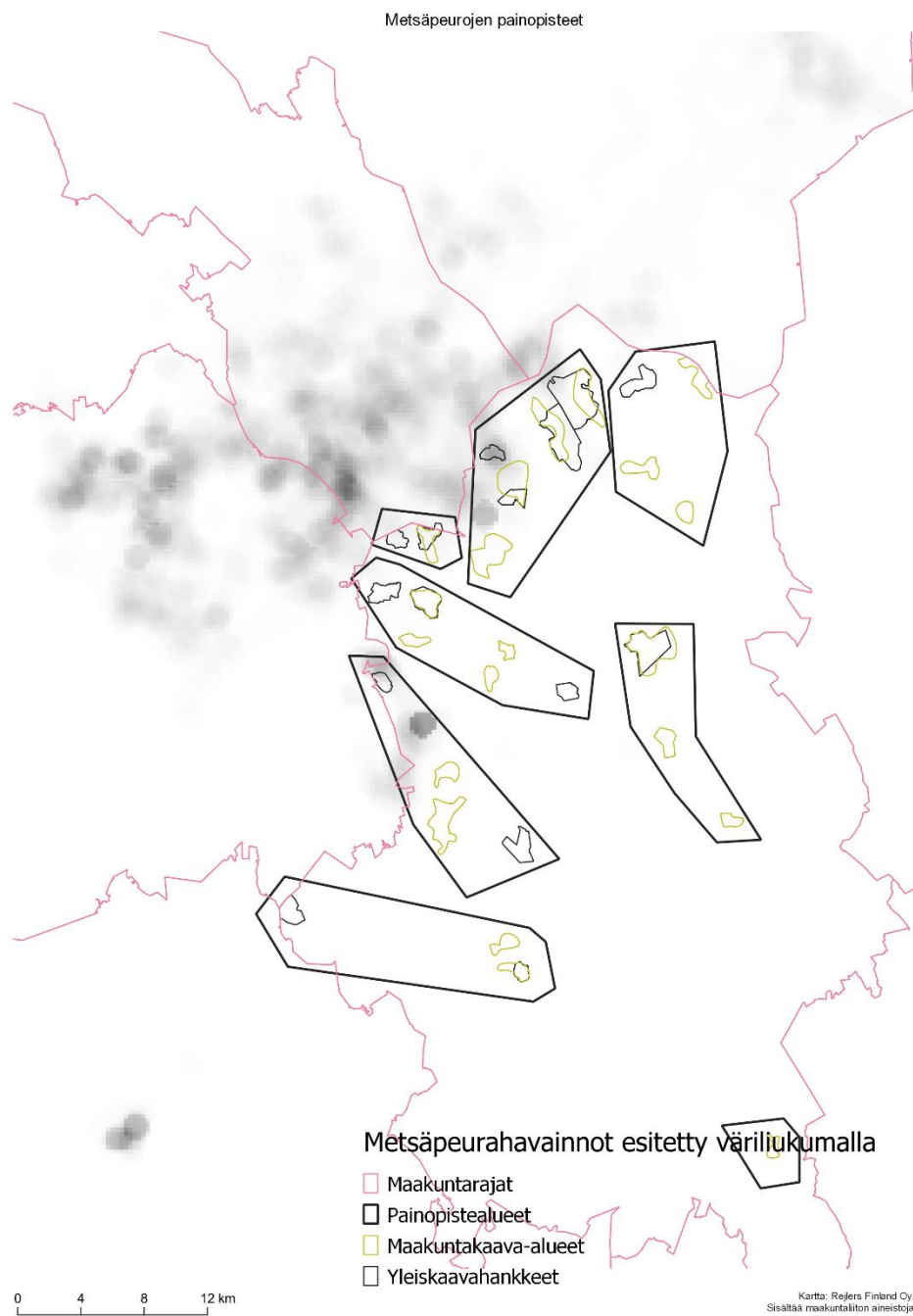
Tuulivoimahankkeet, mahdolliset liittymispisteet ja ympäristöaineistot



0 10 20 Kilometria

Kartta: Rejlers. Sisältää MML:n hallintoraja-aineistoja 8/2022, maakuntaliiton aineistoja ja Museoviraston aineistoja 10/2022 ja SYKE:n aineistoja 10/2022

Kuva 25 Maakunnalliset maisemaan liittyvät aineisto, hiljaiset alueet ja pohjavesialueet. Lähteet: Maiseman herkkyysaineistot: Tuulivoiman maisemavaikutusten selvittäminen Keski-Suomessa, vaihe I, Keski-Suomen maiseman ominaispiirteet ja herkkyystarkastelu, Ramboll Oy 19.1.2022
Maisemaan sidotut muinaisjäännökset, Keski-Suomen museo, Miikka Kumpulainen 5.11.2021



Kuva 26 Metsäpeurojen tihentymäalueet. Muutamalla alueella on havaittu metsäpeurojen tihentymiä. Lähde: Metsäpeura-aineisto: Selvitys Keski-Suomen tärkeimmistä metsäpeura-alueista osana Suomenselän metsäpeurakantaa, LUKE 2022 Antti Paasivaara, selvitys Keski-Suomen maakuntakaavaa 2040 varten.

Tarkastelualueittain Kinnulan painopistealueella tärkeimmät tunnistetut vaikutukset kohdistuvat suojelualueisiin, vaikka niitä voitaneen väistää tarkemmassa suunnittelussa. Alueella on myös jonkin verran iäkstä metsää. Lisäksi jonkin verran vaikutuksia voi kohdistua asutukseen, mutta todennäköisesti myös asutusta voidaan väistää tarkemmassa suunnittelussa, sillä alue on verrattain harvasti rakennettu. Alueella on potentiaalia yhteisrakentamiselle lähekkäisten tuulivoima-alueiden takia, joista osaa myös kehitetään hankekokonaisuuksina. Maakotilla saattaa olla vaikutusta suunnitteluun. Kinnulan alueella on länsi ja pohjoisosissa metsäpeurahavaintoja. Havaintoja on tehty myös ainakin kahdelta mahdolliselta tuulipuistoalueelta. Havainnoissa on jonkin verran vuodenaikaisvaihtelua varsinkin pohjoisosissa. Sähkönsiirron vaikutuksiin vaikuttaa myös toteutuva reitti. Vaikutuksia voisi mahdollisesti vähentää rakentamalla lisääntymiskauden ulkopuolella. Kinnulan alueella on lisäksi pohjavesialueita, joita pitää suojata rakentamisvaiheessa, arvokkaita maisemakohteita ja hiljaisia alueita. Todennäköisesti vaikutukset hiljaisiin alueisiin ovat suurimmat rakentamisvaiheessa sekä myöhemmin harvoin kunnossapidon aikana.

Pihtiputaan painopistealueella vesistöjen merkitys korostuu. On mahdollista, että niiden ylityksen sijaan rakentaminen kohdistuu maakannaksille, jolloin voi tulla painetta rakentamiseen tiheästi asetuilla alueilla. Alueella on myös pienialaisia suojelualueita sekä valtakunnallisesti arvokkaita maisema-alueita. Mikäli voimajohtorakentaminen suuntautuu Kinnulan sijaan pohjoisen suuntaan, on liityntäjohtosuunnassa luonnonsuojelualueita, joita voinee välttää reitin sijoittelulla. Mikäli rakentaminen suuntaa Kinnulan suuntaan, on rakentamisella todennäköisesti vaikutuksia luonnonsuojelualueisiin. Tuulipuiston sähköaseman paikalla on merkitystä ja toteuttaminen voi olla haastavaa, jos tätä ei huomioida. Vaikutus maisema-alueisiin tarkastellaan suunnitteluprosessissa. Maakotilla saattaa olla vaikutusta suunnitteluun. Lisäksi alueella on suuren maisemaherkkyuden kohteita ja maisemaan sidottuja muinaisjäänköksiä sekä hiljainen alue.

Saunakylän alueella tunnistettuja ympäristövaikutuksia on rajallisesti, liittymispisteestä riippuen etäisyydet voivat olla kohtuullisen pitkiä. Alueella on jonkin verran metsäpeurahavaintoja, mutta ne ovat rajallisella alueella eikä kyseessä ole erityisen suuri keskittymäalue. Suurin osa vaikutuksista on todennäköisesti varsinaisen painopistealueen ulkopuolella liittymisjohdon varrella esimerkiksi luonnonsuojelualueiden lähialueilla. Mahdollisesti yhteisrakentamisella voitaisiin vähentää vaikutuksia.

Äänekosken painopistealueella, olettaen, että rakentaminen suuntautuu länteen, tärkein yleispiirteinen ympäristövaikutus kohdistuu luonnonsuojelualueeseen, joka saatetaan kiertää molemmilta puolilta eri hankkeiden toimesta. Kyseessä on myös Birdilifen tärkeäksi lintualueeksi määrittelemä alue. Mikäli pystytään toteuttamaan yhteisrakentamista, voi tämä vaikuttaa kiertosuuntiin. Muina toimenpiteinä, joita voi harkita vaikutusten vähentämiseksi, ovat kiertoetäisyys ja lintupallojen käyttö. Liittymisjohdon pituuden vuoksi yhteisrakentaminen voisi säästää myös kustannuksia. Tuulivoima-alueet ovat kuitenkin hieman hajallaan yhteisrakentamista ajatellen. Vaikutuksia on todennäköisesti myös maisemaan sidottuihin luonnonsuojelualueisiin ja pohjavesialueisiin, jotka pitää suojata rakentamisen aikana. Tuulivoima-alueiden sähköaseman sijainti saattaa vaikuttaa vaikutuksiin luonnonsuojelualueisiin, joten sähköasemasijoittelulla voidaan luultavasti vähentää liittymisjohdon vaikutuksia suojelualueiden länsireunoilla. Alueen lähellä on myös jonkin verran iäkstä metsää.

Alajärvi-Vihtavuoren painopistealueella on paikoin tiheää asutusta erityisesti vesistön läheisyydessä. Vesistön ja asutuksen kierto riittävältä etäisyydeltä voi vähentää vaikutuksia, mikäli rakentaminen

suuntautuu itä-länsi suuntaisesti. Mikäli alueella toteutuu useita hankkeita, riittävän etäisyyden käyttö ensimmäiseksi rakennettavassa liityntäjohdossa korostuu ja voi vaikuttaa myöhemmin toteutuviin reittivalintoihin sekä yhdyskuntarakenteen laajenemismahdollisuuksiin. Alueella saattaa olla myös yhteisrakentamispotentiaalia lähekkäisten hankealueiden takia, vaikka paikoin liittymisjohdot voivat olla myös verrattain lyhyitä. Maakotilla saattaa olla vaikutusta suunnitteluun. Alajärvi-Vihtavuoren alueella on jonkin verran metsäpeurahavaintoja, mutta ne ovat rajallisella alueella eikä kyseessä ole erityisen suuri keskittymäalue. Alueella olevat pohjavesialueet tulee suojata rakentamisen aikana, jos reitti kulkee niiden kohdalta, mahdollisesti myös reittisuunnittelulla voidaan välttää vaikutukset pohjavesialueeseen.

Alajärvi-Petäjävesi painopistealueella on luonnonsuojelualueita, mutta pääosin ne eivät sijoitu tuulipuistojen ja mahdollisten sähköasemasijaintien väliin. Yleisellä tasolla voi sanoa, että sähkönsiirtomahdollisuuksia on alueella verrattain lyhyillä etäisyyksillä. Koska alueella menee jo nykyisin voimajohtoja vaikutukset todennäköisesti korostuvat niiden lähellä, mutta tähän vaikuttavat myös tarkemmat suunnitteluratkaisut ja sähkönsiirron kehittyminen ja ajoittuminen. Maakotilla saattaa olla vaikutusta suunnitteluun. Alajärvi-Petäjävesi alueella on tehty metsäpeurahavaintoja eri vuodenaikoina. Mikäli hankkeet liittyvät alueen lähimpiin mahdollisiin sähköasemasijainteihin, tämä todennäköisesti vähentää vaikutusta. Todennäköisesti suurimmat vaikutukset ajoittuvat voimajohdon rakentamisvaiheeseen.

Petäjävesi-Virrat painopistealueella on yksittäisiä pienialaisia suojeltuja luontokohteita. Vesistöjen läheisyydessä on asutuskeskittymiä, joiden huomiointi riittävillä suojaetäisyyksillä suunnittelussa vähentää vaikutuksia. Alueen länsilaidalla on suuren maisemaherkkyuden luonnonsuojelualue, johon saattaa kohdistua vaikutuksia. Mikäli hankkeet liittyvät Petäjävedelle ovat etäisyydet verrattain lyhyitä. Koska alueella on jo useita voimajohtoja vaikutukset todennäköisesti korostuvat johtojen varsilla.

Leivonmäen alueella on suojelualueita. Mikäli hanke voidaan liittää paikallisesti, vaikutukset ovat vähäisiä. Muussa tapauksessa edellytetään tyypillistä pidempää siirtojohtoa verrattain pienelle hankkeelle, mikä lisää kokonaisvaikutuksia. Pitkän siirtojohdon vaikutukset kohdistuisivat luonnonsuojelualueiden lähialueille sekä asutukseen. Läheinen suojelualue on samalla myös Birdlifen luokittelema kansallisesti arvokas lintualue. Vesistön ylitys voi vaikuttaa suunnitteluun.

Ympäristökohteiden, johtojen ja mahdollisten liittymispisteiden paikkatietotarkastelun johtopäätöksenä on, että voimajohtohankkeilla ei todennäköisesti ole ehdottomia esteitä rakentamiselle todennäköisten liittymispisteiden ja alueiden välillä, mutta suunnittelun läpivienti ja lainsäädäntö edellyttää ympäristökohteiden huomiointia. Mikäli puistoja voidaan toteuttaa yhteisrakentamisella, tällä voi yksittäisissä tilanteissa olla merkitystä toteutuviin vaikutuksiin, mikäli esimerkiksi alueella on asutusta verrattain pienillä alueilla vesistöjen välillä. Riittävillä suojaetäisyyksillä voidaan vähentää vaikutuksia monissa tilanteissa, koska hankkeet voivat toteutua eri aikaan. Osaa vaikutuksista voidaan vähentää tarkemmassa suunnittelussa pylvässiijoittelulla, lintupalloilla tai muilla huomioesteillä ja rakentamisen aikaisella ohjeistuksella esim. pohjavesialueiden ja suojeltujen muinaisjäännöskohteiden osalta. Koordinointi eri hankkeiden välillä ja eri skenaarioiden pohtiminen sekä yhteydenpito viranomaisiin korostuvat. Yksittäisissä tilanteissa sähköaseman paikka voi vaikuttaa vaikutuksiin huomattavasti, jos aseman ja tuulipuistoalueen välillä on laaja luonnonsuojelualue, on tärkeää huomioida liittymisjohdon reitti myös puiston suunnittelussa ja puiston sähköaseman tai asemavaihtoehtojen sijoittelussa, johon otetaan kantaa myös yleiskaavoituksessa.

9 Yhteenveto, johtopäätökset ja suositukset

Yhteiskunnan sähköistyminen ja ilmastotavoitteet luovat tarvetta tuulivoimatuotannon merkittävälle lisäämiselle Suomessa. Tavoitteet ja muutokset näkyvät myös yksittäisten maakuntien tasolla muun muassa kaavoitustyössä. Keski-Suomen maakuntakaava 2040 käsittelee seudullisesti merkittävää tuulivoiman tuotantoa, hyvinvoinnin aluerakennetta ja liikennettä. Keski-Suomen maakuntakaavassa 2040 tullaan osoittamaan uusia seudullisesti merkittävään tuulivoimatuotantoon soveltuvia alueita. Tuulivoima-alueen toteutuminen edellyttää muun muassa, että hankkeella on edellytykset liittyä sähkönsiirron alueverkkoihin ja edelleen kantaverkkoon tai suoraan kantaverkkoon. Maakuntakaavan valmisteluvaiheessa on katsottu tarpeelliseksi selvittää sähkönsiirron toteutusmahdollisuudet Keski-Suomen maakuntakaavan 2040 luonnoksessa osoitetuista, seudullisesti merkittävistä tuulivoima-alueista kantaverkkoon. Näin voidaan varautua sähköverkon kapasiteetin kasvutarpeisiin ja uusiin sähköverkon voimajohtotarpeisiin ja arvioida maakuntakaavaluonnoksen mukaisten tuulivoima-alueiden toteuttamiskelpoisuutta.

Tuulivoima-alueiden ja näiden liityntäedellytysten selvittämiseksi tässä selvityksessä pyydettiin tuulivoimayhtiöitä tietoa hankkeiden arvioiduista liittymistehoista sekä alustavista liittymispisteistä. Lisäksi tarkasteltiin tuulivoimayhdistyksen tietoja selvitysalueelle sijoittuvista hankkeista. Selvityksessä myös haastateltiin sähköverkkoyhtiöitä ja selvitettiin verkkojen kapasiteettitietoja ja kehityssuunnitelmia. Raportissa käsitellään tarkemmin myös Fingridin julkaisemia suunnitelmia sähköverkon kehittämisestä seuraavan 10 vuoden aikana ja pidemmän aikavälin näkymiä kuvaavaa verkkovisiota, sillä kantaverkkoyhtiön toimenpiteiden rooli on hyvin keskeinen tuulivoimatuotannon kasvun kannalta.

Nopean ja voimakkaan tuulivoimarakentamisen kasvun seurauksena vaaditaan myös vahvistuksia kanta- ja alueverkoilta Suomessa. Keski-Suomen alueella verkon kehityksen painopisteeksi nousee kasvavan pohjois-etelä suuntainen sähkönsiirron parantaminen uusien johtoyhteyksin. Samalla voidaan luoda edellytyksiä myös tuulivoiman liittämiseksi. Aktiivinen ja laajamittainen tuulivoimarakentaminen painottuu tällä hetkellä läntiseen ja pohjoiseen Suomeen ja samanaikaisesti myös fossiilisiin polttoaineisiin perustuvaa sähköntuotantoa poistuu käytöstä lähellä eteläisen Suomen kulutuskeskittymiä. Seurauksena sähkönsiirtotarpeet Suomen sisällä kasvavat erityisesti kantaverkkotasolla. Kantaverkkoyhtiö Fingrid kehittää kantaverkkoa ja tekee suuria investointeja jatkuvasti tällä hetkellä ja myös tulevaisuudessa. Verkkoinvestoinnit, erityisesti uudet 400 kV voimajohdot, ovat suuren mittaluokan infrahankkeita. Niiden toteuttaminen on nopeimmillaankin useiden vuosien prosessi, johon vaikuttaa monia taustatekijöitä. Sähkönsiirtokapasiteetista saattaa näin muodostua hetkellinen ja väliaikainen pullonkaula tuulivoimakapasiteetin lisääntymiselle. Kantaverkkoyhtiön näkökulmasta haastavaa on erityisesti tunnistaa toteutuvat tuulivoimahankkeet, ja tätä kautta realisoituvat verkon kehitystarpeet riittävän ajoissa.

Kaikkia sähköverkkoja kehitetään jatkuvasti ennen kaikkea tarpeiden eli sähköntuotannon ja -kulutuksen kehityksen perusteella, joita pyritään ennakoimaan mahdollisuuksien mukaan. Verkonhaltijoita koskeekin lain määräämät kehittämis- ja liittämiselvellysvelvollisuudet. Kantaverkon tasolla kehitystä ja investointeja ohjaa tällä hetkellä ja myös lähitulevaisuudessa erityisesti tuulivoiman kehitys. Tuulivoiman ja sähköverkkojen kehitys Keski-Suomessa vaikuttaisi tällä hetkellä etenevän rinnakkain. Näin ollen Fingridin tulevissa investoinneissa voidaankin todennäköisesti huomioida maakunnan potentiaaliset tuulivoima-alueet. Toisaalta verkko ja sen kehitys myös ohjaavat tuulivoimaa tietyille alueille saatavilla olevan liittymiskapasiteetin perässä. Käytännössä lyhyellä aikavälillä saatetaan olla hetkellisesti jossain määrin tilanteessa, jossa verkon kehitys määrittää tuulivoiman kehitystä eikä päinvastoin. Keski-Suomessa

varsinaista pulaa vapaasta kapasiteetista ei vielä ole, mutta tuulivoimasuunnittelu on juuri tällä hetkellä vilkasta erityisesti alueen pohjois- ja länsiosissa, minkä vuoksi muutaman vuoden sisällä sähköverkkojen kapasiteetista tuulivoiman liittämisen näkökulmasta saattaa tulla hetkellistä alueellista niukkuutta. Mutta merkittäviä kantaverkon verkkoinvestointeja alueelle on jo suunnitteilla, ennen kaikkea Metsälinja 2 sekä uusia kantaverkon sähköasemia, mitkä valmistuessaan parantavat tilannetta merkittävästi.

Tuulivoimaa on jossain määrin mahdollista liittää myös alueverkkoihin, joskin nykyverkon kapasiteetit ovat melko rajallisia, koska verkot on aikanaan rakennettu pääosin kulutusta varten. Lisäksi erityisesti pohjoisessa Keski-Suomessa pitkät etäisyydet kantaverkkoon rajoittavat alueverkkojen hyödyntämismahdollisuuksia tuulivoiman liittämässä. Myös alueverkkoja kehitetään jatkuvasti tarpeiden mukaan jo lain asettamien velvoitteiden perusteella. Sähköverkkojen nykytilanteeseen tulee suhtautua hetkellisenä tilanteena, joka tulee varmasti muuttumaan. Kaikkia investointisuunnitelmia vuoteen 2040 asti ei ole tiedossa tai edes suunniteltuna, vaan ne ovat hyvin vahvasti riippuvaisia Fingridin kantaverkon suunnitelmista ja toimenpiteistä. Yleisellä tasolla voidaan todeta, että kantaverkko ja sen liittymispisteet määrittävät aina lopulta, kuinka paljon ja mihin tuulivoimaa voidaan liittää myös alemmilla verkkotasoilla. Tuulipuistojen nimellistehojen kasvaessa useiden satojen megawattien luokkaan niiden liittäminen 400 kV:n jännitetasoon eli suoraan kantaverkkoon tulee myös yhä yleisemmäksi.

Fingridillä on kokonaisvastuu kantaverkon ja sähkönsiirron kehittämisestä Suomessa ja ensisijainen koordinoituvastuu kokonaisuudesta. Kehittämistä tehdään myös Fingridin ja muiden toimijoiden yhteistyönä, mutta tällöin varhainen yhteydenpito korostuu. Energiasuunnittelun kehitykseen liittyen Fingridin vastuu koskee ennen kaikkea sähköjärjestelmää. Koko energiasuunnittelun osalta esimerkiksi yhteiskunnallisten tai ympäristöllisten vaikutusten koordinointi ei kuulu Fingridin ydintehtäviin, vaan esimerkiksi maakuntakaavoilla, muulla kaavoituksella ja erilaisilla luvituksilla on niissä olennainen rooli. Käytännössä Fingridillä on tällä hetkellä esimerkiksi kehittämistoimenpiteidensä kautta erittäin suuri rooli siinä, missä järjestyksessä tuulivoiman kehitys Suomessa voi edetä. Lisäksi energiantuotannon ja -kulutuksen painopisteiden siirtyminen Suomessa yhä kauemmas toisistaan aiheuttaa omat haasteensa järjestelmälle. Se luo tarpeen rakentaa huomattavasti lisää sähkönsiirtoinfrastruktuuria, mistä aiheutuu muun muassa ympäristöllisiä ja maankäytöllisiä vaikutuksia, joita myös tässä raportissa on arvioitu yleisellä tasolla.

Selvityksen analyysivaiheessa selvitettiin sähköverkkojen ja tuulivoima-alueiden välistä suhdetta. Sähköverkkoyhtiöiltä saatuihin tietoihin perustuen selvitettiin olemassa olevien ja suunniteltujen sähköasemien sijainnit karkealla tasolla. Keski-Suomen maakuntakaavan 2040 luonnoksen mukaisista tuulivoimatuotantoon soveltuvista alueista sekä yleiskaavoitusprosessissa olevista tuulivoiman hankealueista muodostettiin maantieteellisen sijainnin ja todennäköisen sähköverkon liittymispisteen perusteella tuulivoiman painopistealueita. Yhden painopistealueen alle määritettiin useampi samalla alueella oleva yksittäinen tuulivoima-alue.

Tuulivoima-alueille määritettiin vähimmäis- ja enimmäisteho. Tehot määritettiin yleiskaavahankkeiden lähtötietojen sekä tuulivoima-alueiden arvioituun voimalamäärään ja yksittäisten voimaloiden arvioituun vähimmäis- ja enimmäistehoon perustuen. Kunkin painopistealueen osalta esitettiin arvioitun kokonaistehon jakautuminen yleiskaavahankkeiden sekä maakuntakaavan 2040 luonnoksen mukaisten tuulivoimatuotantoon soveltuvien alueiden välillä. Kokonaistehoon otettiin mukaan myös mahdolliset arviot aurinkovoiman tuotannosta samalla hankealueella.

Tässä tarkastelussa ei huomioitu rakennusvaiheessa olevia tai täysin luvitettuja tuulivoimahankkeita, sillä näiden katsottiin olevan jo huomioitu sähköverkkoliityntöjen näkökulmasta. Hankkeet, joiden yleiskaava ei ole tullut vireille, jätettiin pois tarkastelusta. Haasteena tarkastelussa oli tarkkojen, kattavien ja pitkälle ulottuvien kapasiteettitietojen saatavuus. Mitä pidemmälle ajassa mennään, sitä vaikeampaa on verkon liityntäkapasiteettien ja toisaalta tuulivoiman tuotantomäärien tarkka arviointi. Liittymismahdollisuuksia arvioitiin muodostettujen painopistealueiden mukaisesti. Kunkin painopistealueen osalta arvioitiin todennäköisimmän liittymispisteen vapaata kapasiteettia. Tämän lisäksi selvitettiin painopistealueen ja tuulivoima-alueiden keskimääräistä etäisyyttä lähimpään teoreettiseen sähköverkon liittymispisteeseen. Mikäli teoreettisia verkon liittymispisteitä on tuulivoima-alueen lähellä, ovat liittymisedellytykset ainakin teoriassa paremmat kuin tilanteessa, jossa etäisyyttä liittymispisteisiin on runsaasti. Tämä perustuu olettamukseen, että Fingrid ja muut verkkoyhtiöt pyrkivät kehittämään verkkojaan siten, että kehityksellä vastataan tuulivoiman kasvavaan liittymiskapasiteettitarpeeseen.

Yhteenvetona voidaan todeta Keski-Suomen tuulivoiman liitettävyyden osalta, että tällä hetkellä pääosa liityntäkapasiteetista sijaitsee kaukana tuulivoima-alueista. Osalla alueista lännessä ja pohjoisessa potentiaaliset liityntäpisteet ovat Keski-Suomen alueiden ulkopuolella. Länsi ja Luoteisosissa Keski-Suomea on kuitenkin vahva kantaverkko, mikä osaltaan mahdollistaa liittämisen. Verkon kehittämistä tullaan tarvitsemaan Keski-Suomen alueella, jotta kaikki kapasiteetti saataisiin liitettyä verkkoon. Erityisesti uusien liittymisasemien rakentaminen mahdollistaa olemassa olevan kantaverkon paremman hyödyntämisen. Tällä hetkellä liittymisedellytykset ovat kuitenkin rajallisia ja ainoastaan muutamilla hankkeilla on hyvät lähtökohdat liittyä sähköverkkoon. Kantaverkkoyhtiö Fingridin pääasiallisena tarkoituksena Keski-Suomessa on vahvistaa pohjois-etelä suuntaista siirtoa. Samalla siirron vahvistaminen mahdollistaa myös tuulivoiman liittämisen Keski-Suomen alueella. Esimerkiksi Metsälinja 2 ja sen varrelle tulevat potentiaaliset asemat määrittävät monin paikoin Keski-Suomen alueella olevien hankkeiden lähimmän liittymispisteen ja ajankohdan. Tarkempi painopistealue kohtainen tarkastelu on yhteenvetotaulukossa kappaleessa 9.1 (Taulukko 11).

Selvityksen keskeisenä lopputuloksena muodostettiin päivitetty näkemys Keski-Suomen maakunnan alueen tuulivoima-alueista, näiden liitettävyydestä sähköverkkoon sekä siirtoyhteyksiin liittyvistä vaikutuksista. Maakuntakaavan 2040 luonnoksen tuulivoimatuotantoon soveltuvien alueiden rinnalle tuotiin yleiskaavavaiheessa olevat hankealueet ja näin ollen täsmennettiin ja laajennettiin aiempaa maakuntakaavan luonnoksen aineistoa. Tunnistetuista alueista muodostettiin edelleen laajempia tuulivoiman painopistealueita, joiden liitettävyyttä ja siirtoyhteyksien vaikutuksia arvioitiin sähköverkkojen tietojen ja erilaisten ympäristöaineistojen avulla.

Ympäristötarkastelun perusteella tunnistettiin paljon ympäristökohteita maakunnan alueelta. Suunnittelun läpivienti ja lainsäädäntö edellyttävät ympäristökohteiden huomiointia. Mikäli tuulipuistojen sähkönsiirtoa voidaan toteuttaa yhteisrakentamisella, tällä voi yksittäisissä tilanteissa olla merkitystä toteutuviin vaikutuksiin, mikäli esimerkiksi alueella on asutusta verrattain pienillä alueilla vesistöjen välillä. Riittävillä suojaetäisyyksillä voidaan vähentää vaikutuksia monissa tilanteissa, koska hankkeet voivat toteutua eri aikaan. Osaa vaikutuksista voidaan vähentää tarkemmassa suunnittelussa pylvässijoittelulla, lintupalloilla tai muilla huomioesteillä ja rakentamisen aikaisella ohjeistuksella esim. pohjavesialueiden ja suojeltujen muinaisjäännöskohteiden osalta. Koordinointi eri hankkeiden välillä ja eri skenaarioiden pohtiminen sekä yhteydenpito viranomaisiin korostuvat. Yksittäisissä tilanteissa sähköaseman paikka voi vaikuttaa vaikutuksiin huomattavasti, jos aseman ja tuulipuistoalueen välillä on laaja luonnonsuojelualue, on tärkeää

huomioida liittymisjohdon reitti myös puiston suunnittelussa ja puiston sähköaseman tai asemavaihtoehtojen sijoittelussa, johon otetaan kantaa myös yleiskaavoituksessa.

9.1 Yhteenvetotaulukko tuulivoima-alueiden liitettävyydestä ja vaikutustarkastelusta

Yhteenvetotaulukossa käydään painopistealuekohtaisesti alueen merkittävimmät huomiot tuulivoima-alueiden sähköverkkoon liittymisestä. Analyysissä tarkasteltiin mahdollisia kapasiteetteja, aikajännettä ja liittymisen aiheuttamia vaikutuksia ympäristölle. Huomiot liitettävyydestä -osiossa on käyty läpi painopistealueiden potentiaaliset liittymispisteet, niiden mahdolliset kapasiteetit ja aikataulutiedot sekä yleinen arvio riittäväyydestä alueelle. Tarkkoja aikataulutietoja ei kaikista hankkeista ole saatavilla, mutta yleistä aikajanaa tuulivoima-alueiden liittämisen toteuttamiseksi pyritään tuomaan esille. Vaikutukset -osiossa käsitellään potentiaalisten liittymisjohtojen vaikutuksia tämän hetken tietojen pohjalta. Tarkastelut on toteutettu vaihtoehtoisin potentiaalisin liityntäpisteisiin. Taulukossa esitellyt huomiot perustuvat selvityksessä valmistuneisiin analyysiin ja arvioihin tulevaisuudesta.

Taulukko 11: Painopistealuekohtainen yhteenvetotaulukko tuulivoimahankkeiden liitettävyydestä sähköverkkoon ja vaikutuksista Keski-Suomen alueella.

Painopistealue:	Huomiot liitettävyydestä	Huomiot vaikutuksista
Petäjävesi - Virrat	Petäjäveden asemalla on tarpeeksi kapasiteettia liittää kaikki aseman lähellä olevat hankealueet. Lehmikorven tuulivoimahanke on suunniteltu liittyvänsä 110 kV voimajohtoon. Hankealueen viereisellä voimajohdolla ei kuitenkaan ole tarpeeksi kapasiteettia liittää kyseistä hanketta, joten se voi rajoittaa hankkeen kokoa tai vaihtoehtoisesti johtoyhteys saneerataan.	Yksittäisiä pienialaisia suojeltuja luontokohteita. Vesistöjen läheisyydessä on asutuskeskittymiä, riittävät etäisyydet suunnittelussa vähentävät vaikutuksia. Alueen länsilaidalla suuren maisemaherkkyuden luonnonsuojelualue, johon saattaa kohdistua vaikutuksia. Etäisyydet verrattain lyhyitä hankkeiden liittyessä Petäjävedelle. Alueella useita voimajohtoja, vaikutukset todennäköisesti korostuvat nykyisten johtojen varsilla.
Alajärvi-Petäjävesi	Hankealueella vahva kantaverkko ja hankkeista pienin voi liittyä kantaverkkoon. Muut tuulivoima-alueet ovat niin suuria, että ne tarvitsevat liityntäaseman eikä niillä ole vielä edellytyksiä liittyä kantaverkkoon kokonaisuudessaan. "Uraisen" ja "Ulvon" asemien valmistuminen määrittää muiden tuulivoima-alueiden liittymisen.	Luonnonsuojelualueita, mutta pääosin ne eivät sijoitu tuulipuistojen ja sähköasemasijaintien väliin. Sähkönsiirto voidaan yleisesti toteuttaa verrattain lyhyin etäisyyksin. Koska alueella kulkee jo nykyisin voimajohtoja vaikutukset todennäköisesti korostuvat niiden lähellä. Maakotilla voi olla vaikutusta suunnitteluun. Alajärvi-Petäjävesi alueella on tehty metsäpeurahavaintoja eri vuodenaikoina. Hankkeiden liittyessä lähimpiin mahdollisiin sähköasemasijainteihin vaikutukset todennäköisesti vähenevät. Todennäköisesti suurimmat vaikutukset ajoittuvat voimajohdon rakentamisvaiheeseen.

Painopistealue:	Huomioidut liitettävyydestä	Huomioidut vaikutuksista
Alajärvi-Vihtavuori	Alue jakaantuu Alajärven sähköaseman läheisiin alueisiin ja "Saarijärven" sähköaseman lähellä oleviin alueisiin. Alajärvellä potentiaalista liityntäkapasiteettia on tälläkin hetkellä ja osa hankkeista voisi potentiaalisesti liittyä jo nyt. Kuitenkaan kapasiteetti ei riitä kaikille alueen hankkeille. Itäisen osan tuulivoima-alueilla ei potentiaalista liityntäpistettä vielä ole ja ne voivat liittyä vasta "Saarijärven" sähköaseman valmistuttua, jotta liityntäjohtosta ei tulisi huomattavan pitkä.	Paikoin tiheää asutusta erityisesti vesistön läheisyydessä, riittävä etäisyys suunnittelussa kohteet kiertäen vähentää vaikutuksia. Alueella voi olla yhteisrakentamispotentiaalia lähekkäisten hankealueiden vuoksi tai vähintään voidaan käyttää yhteisiä johtokäytäviä. Maakotilla voi olla vaikutusta suunnitteluun. Alueella jonkin verran metsäpeurahavaintoja rajallisella alueella, kyseessä ei ole erityisen suuri keskittymäalue. Alueella olevat pohjavesialueet huomioitava suunnittelussa ja rakentamisen aikana.
Äänekoski	Äänekosken alueella on potentiaalista kapasiteettia jäljellä Elenian voimajohtolla. Kapasiteetti ei kuitenkaan kokonaisuudessaan riitä kaikille hankkeille, ja kapasiteetista voi muodostua kilpailua. Lähin asema pohjoisemmilla hankkeilla on Fingridin potentiaalinen "Saarijärven" sähköasema, jonka aikataulu voi vaikuttaa kyseisten hankkeiden liitettävyyteen. Kaikilla hankealueilla liityntäjohtot lähimpään sähköasemaan ovat merkittävästi pidempiä, kuin voimajohtoon.	Liityntäjohtojen suuntautuessa länteen, tärkein yleispiirteinen ympäristövaikutus kohdistuu luonnonsuojelualueeseen (samalla Birdlifen tärkeä lintualue). Alueen kierto on suositeltavaa ja useamman hankkeen toteutuessa alueella on yhteisrakentamispotentiaalia, joskin tv-alueet hieman hajallaan. Vaikutuksia voidaan vähentää myös riittävällä kiertoetäisyydellä ja lintupallojen käytöllä. Vaikutuksia on todennäköisesti myös maisemaan sidottuihin luonnonsuojelualueisiin. Pohjavesialueet tulee ottaa huomioon suunnittelussa ja rakentamisen aikana. Tuulivoima-alueiden sähköaseman sijainti saattaa vaikuttaa vaikutuksiin luonnonsuojelualueisiin, joten sähköasemasijoittelulla voidaan luultavasti vähentää liittymisjohton vaikutuksia suojelualueiden länsireunoilla.
Saunakylä	Saunakylän alueella kapasiteettia on vain 50 - 110 MW vuonna 2023, jolloin Kämpäkankaan hanke voisi potentiaalisesti liittyä kokonaisuudessaan. Vaihtoehtoisesti lähin liittymispiste on Alajärven sähköasema, jolla on vielä potentiaalista kapasiteettia. Alajärven sähköaseman lähialueilla on kuitenkin monia muita tuulivoima-alueita myös maakuntarajan toisella puolella. Tulevaisuudessa tarvitaan verkon kehittämistä, jotta alueen tuulivoimapotentiaali voitaisiin täydellisesti hyödyntää.	Saunakylän alueella tunnistettuja ympäristövaikutuksia on rajallisesti, liittymispisteestä riippuen etäisyydet voivat olla kohtuullisen pitkiä. Alueella on jonkin verran metsäpeurahavaintoja, mutta ne ovat rajallisella alueella eikä kyseessä ole erityisen suuri keskittymäalue. Suurin osa vaikutuksista on todennäköisesti varsinaisen painopistealueen ulkopuolella liittymisjohton varrella esimerkiksi luonnonsuojelualueiden lähialueilla. Mahdollisesti yhteisrakentamisella voitaisiin vähentää vaikutuksia.

Painopistealue:	Huomioidut liitettävyydestä	Huomioidut vaikutuksista
Kinnula	Kinnulan painopistealueella on todella paljon potentiaalisia tuulivoima-alueita. Tällä hetkellä alueella ei kuitenkaan ole liittymispisteitä eikä kapasiteettia. Alueelle on suunnitteilla ”Kinnulan” sähköasema, joka on lähin asema Kinnulan painopistealueen lisäksi Pihtiputaan painopistealueen tuulivoimahankkeille. Aseman valmistuminen määrittää potentiaaliset liittymisajankohdat alueen hankkeille. Kokonaisuudessaan ”Kinnulan” asemalle voisi muodostua jopa 2800 MW tuulivoiman liitännätarve (Kinnula & Pihtipudas), jolloin aseman kapasiteetista voi olla kilpailua, ja välttämättä kaikki hankkeet eivät pysty liittymään.	Tärkeimmät tunnistetut vaikutukset kohdistuvat suojelualueisiin ja uhanalaiseen lajistoon, vaikka niitä voitaneen väistää suunnittelussa. Lisäksi jonkin verran vaikutuksia voi kohdistua asutukseen (verrattain harvaa), joka todennäköisesti voidaan väistää suunnittelussa. Alueella potentiaalia yhteisrakentamiselle lähekkäisten tuulivoima-alueiden takia, joista osaa kehitetään hankekokonaisuuksina. Maakotilla voi olla vaikutusta suunnitteluun. Kinnulan alueella on länsi ja pohjoisosissa metsäpeurahavaintoja. Toteutuviin vaikutuksiin voidaan vaikuttaa tarkemmalla reittisuunnittelulla ja rakentamisen ajoituksella. Pohjavesialueet tulee ottaa huomioon suunnittelussa ja rakentamisen aikana. Alueella myös joitakin arvokkaita maisemakohteita ja hiljaisia alueita. Vaikutukset näihin ovat rajalliset.
Pihtipudas	Pihtiputaan alueella ei ole liityntäpisteitä tai vapaata kapasiteettia. Lähin potentiaalinen asema kaikille alueen hankkeille tulee olemaan ”Kinnulan” sähköasema. Alueen läpi kulkee Elenian voimajohto, jolle voi potentiaalisesti vapautua kapasiteettia Fingridin B7 ja B8 hankkeiden myötä vuosien 2031 ja 2032 aikana. Alueen liityntäjohtot ”Kinnulan” asemalle tulevat kuitenkin olemaan merkittävästi pidemmät kuin Kinnulan painopistealueen hankkeilla ja alueen pohjoisemmille tuulivoima-alueille voi muodostua este liittyä ”Kinnulan” sähköasemalle vesistön ylityksen takia. Vaihtoehtoisena liittymispisteenä pohjoisille tuulivoima-alueille voisi olla myös Pysäysperän sähköasema.	Vesistöjen merkitys korostuu, joskin on mahdollista, että ylityksen sijaan rakentaminen kohdistuu maakannaksille. Tämä voi aiheuttaa painetta rakentamiseen tiheästi asetuilla alueilla. Alueella on myös pienialaisia suojelualueita sekä valtakunnallisesti arvokkaita maisema-alueita. Liityntäjohtojen suuntautuessa pohjoiseen kohdataan luonnonsuojelualueita, joita voinee välttää reitin sijoittelulla. Kinnulan liityntäsuunnassa sähkönsiirron reitit haastavia uhanalaisen lajiston kannalta ja rakentamisella voi olla vaikutuksia luonnonsuojelualueisiin. Tuulipuiston sähköaseman paikalla on merkitystä vaikutusten kannalta. Maakotilla voi olla vaikutusta suunnitteluun. Lisäksi alueella on suuren maisemaherkkyiden kohteita ja maisemaan sidottuja muinaisjäännöksiä sekä hiljainen alue.
Leivonmäki	Leivonmäen alueella on vain yksi potentiaalinen tuulivoima-alue. Hankealue on mahdollista liittää osittain jo olemassa olevaan sähköverkkoon, mutta voimajohtoon kapasiteetti voi rajoittaa hankkeen kokoa. Tulevaisuudessa verkon kehittämisellä voi olla vaikutusta siirtokapasiteetteihin johdolla, mikä voi potentiaalisesti mahdollistaa jopa suuremman liityntätehon tulevaisuudessa.	Alueella suojelualueita. Mikäli hanke voidaan liittää paikallisesti, vaikutukset ovat vähäisiä. Muussa tapauksessa edellytetään tavanomaista pidempää siirtojohtoa verrattain pienelle hankkeelle, mikä lisää kokonaisvaikutuksia. Pitkän siirtojohtoon vaikutukset kohdistuisivat luonnonsuojelualueiden lähialueille sekä asutukseen. Vesistön ylitys voi vaikuttaa suunnitteluun.

10 Lähteet

Lähteet ovat raportin mukaisessa järjestyksessä. Kuvalähteet ovat kuvien yhteydessä.

1. Kansallinen ilmastolaki: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2022/20220423>
2. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2003/87/EY, kasvihuonekaasujen päästöoikeuksien kaupan järjestelmän toteuttamisesta yhteisössä ja neuvoston direktiivin 96/61/EY muuttamisesta: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/?uri=celex%3A32003L0087>
3. DIRECTIVE (EU) 2018/2001 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 11 December 2018 on the promotion of the use of energy from renewable sources: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv:OJ.L_.2018.328.01.0082.01.ENG
4. Proposal for a regulation of the European parliament and of the council on ensuring a level playing field for sustainable air transport
5. Proposal for a Regulation of the European Parliament and of the Council on the use of renewable and low-carbon fuels in maritime transport and amending Directive 2009/16/EC
6. Proposal for a regulation of the European Parliament and of the Council on the deployment of alternative fuels infrastructure, and repealing Directive 2014/94/EU of the European Parliament and of the Council
7. Euroopan komissio (2022). REPowerEU-suunnitelma: kohtuuhintaista, varmaa ja kestävää energiaa Euroopalle
8. Reijlers (2021). Kestävä tuulivoimarakentaminen Pohjois-Pohjanmaalla TUULI-hanke
Sähkönsiirtoselvitys: <https://www.pohjois-pohjanmaa.fi/kehittaminen/omat-hankkeet/tuuli-hanke/>
9. Fingrid (2021). Verkkovisio: [Verkkovisio - Fingrid](#)
10. Sitra (2021). Sähköistymisen rooli Suomen ilmastotavoitteiden saavuttamisessa
<https://www.sitra.fi/julkaisut/sahkoistamisen-rooli-suomen-ilmastotavoitteiden-saavuttamisessa/>
11. Fingrid (2022). Fingridin sähköjärjestelmävisio 2022 – tulevaisuuden järjestelmän skenaarioluonnokset:
https://www.fingrid.fi/globalassets/dokumentit/fi/tiedotteet/ajankohtaista/fingrid_sahkojarjestelmavisio_2022_skenaarioluonnokset-final-korjattu-29.8.pdf
12. Energiavirasto (2022). Sähkön toimitusvarmuus vuonna 2021 2.12.2021:
<https://energiavirasto.fi/documents/11120570/12722768/S%C3%A4hk%C3%B6n+toimitusvarmuus+vuonna+2021.pdf/6f44505f-e004-25a4-78b7-1ff1a1610e8e/S%C3%A4hk%C3%B6n+toimitusvarmuus+vuonna+2021.pdf?t=1638513974909>
13. Keski-Suomen liitto (2011). Keski-Suomen ilmastostrategia: https://keskisuomi.fi/wp-content/uploads/2020/11/22669-_Keski-Suomen_ilmastostrategia_sahkoinen-1.pdf
14. Keski-Suomen liitto (2021). Keski-Suomen ympäristöstrategia 2025 ja 2050 Ympäristöselostus:
<https://strategia.keskisuomi.fi/wp-content/uploads/sites/3/2022/05/K-S-strategian-ymparistoselostus.pdf>
15. Benet, Keski-Suomen liitto (2020) Keski-Suomen energiatase 2019: <https://keskisuomi.fi/wp-content/uploads/sites/3/2021/01/Keski-Suomen-energiatase-2019.pdf>
16. Keski-Suomen liitto (2022). Tietoa tiekartasta – Hiilineutraali Keski-Suomi 2030:
<https://hiilineutraali.keskisuomi.fi/tietoa-tiekartasta/>
17. SYKE (2022) Kuntien ja alueiden khk-päästöt. Hiilineutraalisuomi.fi
<https://paastot.hiilineutraalisuomi.fi/>
18. Hiilineutraali Keski-Suomi 2030: <https://hiilineutraali.keskisuomi.fi/>

19. Päijät-Hämeen liitto (2022): <https://paijat-hame.fi/alueidenkaytto-ja-liikenne/tuulivoimaselvitys/>
20. Ympäristöministeriö (2021): <https://valtioneuvosto.fi/-/1410903/ymparistoministeriolta-tukea-tuulivoimarakentamiseen>
21. Fingrid (2021). Kantaverkon kehittämissuunnitelma 2022–2031: [Kantaverkon kehittämissuunnitelma 2022-2031](#)
22. YLE (2022): [Fingrid rajoittaa Venäjältä tulevan sähkön siirtokapasiteettia – varautuu ulkoisen häirinnän riskiin Nato-keskustelun aikana \(yle.fi\)](#)
23. Fingridin verkkokiikari: <https://www.fingrid.fi/kantaverkko/liitynta-kantaverkkoon/verkkokiikari/>, Luettu 21.10.2022
24. Fingrid (2022). Rakentamisen vaiheet: <https://www.fingrid.fi/kantaverkko/rakentaminen/rakentamisen-vaiheet/>
25. Fingrid (2021). Liityntävalmiuksien kehittämisprojekti tehostaa kantaverkon suunnittelua ja rakentamista <https://www.fingridlehti.fi/liityntavalmiuksien-kehittamisprojekti-tehostaa-kantaverkon-suunnittelua-ja-rakentamista/?_cldee=bWFYanV0Lm1hYXR0YW5lbkBmaW5ncmlkLmZp&recipientid=contact-a447843742c2e811a94d000d3a396ff4-ab05745b8030494fab118d00f6a754c1&esid=b49c54e3-aa0f-ec11-b6e6-000d3a3995b5>
26. Alueelliset metsäohjelmat: [Keski-Suomen metsäohjelma 2021-2025 \(metsakeskus.fi\)](#)
27. Fingrid. Kasvuston käsittely: <https://www.fingrid.fi/kantaverkko/kunnossapito/voimajohtot/kasvuston-kasittely/>
28. Fingrid: 1 Arviontiselostus Petäjäskoski-Nuojuankangas. <https://www.fingrid.fi/globalassets/dokumentit/fi/kantaverkko/maankaytto-ja-ymparisto/petajaskoski_nuojuankangas_voimajohtohanke_yva-selostus_2021_www-sivulle-id-292081.pdf>
29. Motiva (2022). Vuosittaiset päästökertoimet: https://www.motiva.fi/ratkaisut/energiankaytto_suomessa/co2-paastokertoimet.
30. Christensen J. (2020). Tuulivoiman hyödyntämisen ympäristövaikutukset, Kandidaatintyö, Tampereen yliopisto, Informaatioteknologian ja viestinnän tiedekunta: <https://trepo.tuni.fi/bitstream/handle/10024/122072/JesseChristensen.pdf?sequence=2>
31. ELY-keskus: [Tuulivoiman yleisopas \(ely-keskus.fi\)](#)
32. Tapio, Fingrid. Suurjännitejohtojen, 110–400 kV, reunametsien hoito https://www.fingrid.fi/globalassets/dokumentit/fi/julkaisut/suurjannitejohtojen_reunametsien_hoito.pdf
33. Järvilinjan vahvistaminen Vaalasta Joroisille: 400 + 110 kilovoltin voimajohtohanke Ympäristövaikutusten arviointiselostus 2021: <https://www.fingrid.fi/globalassets/dokumentit/fi/kantaverkko/maankaytto-ja-ymparisto/jarvilinjan-yva-selostus-www-versio.pdf>
34. LUKE (2021). Metsien kasvuvauhti hidastui, mutta puuston tilavuus suureni . <https://www.luke.fi/fi/uutiset/metsien-kasvuvauhti-hidastui-mutta-puuston-tilavuus-suureni>
35. Suomen ilmastopaneeli (2022). METSÄT JA ILMASTO: HAKKUUT, HIILINIELUT JA PUUN KÄYTÖN KORVAUSHYÖDYT <https://www.ilmastopaneeli.fi/wp-content/uploads/2022/05/ilmastopaneelin-raportti-3-2022-metsat-ja-ilmasto-hakkuut-hiilinielut-ja-puun-kayton-korvaushyodyt.pdf>