



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Klaus Jåfs

TUULIVOIMAPUISTON VERKKO- LIITYNTÄ

Voimajohtoreitin esisuunnittelu

Tekniikka
2021

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Klaus Jåfs
Opinnäytetyön nimi	Tuulivoimapuiston verkkoliityntä – voimajohtoreitin esisuunnittelu
Vuosi	2021
Kieli	suomi
Sivumäärä	48 + 3 liitettä
Ohjaaja	Asseri Laitinen

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on selvittää tuulivoimapuiston sähköverkkoon liittämisen suunnittelussa huomioitavat asiat ja suunnitella esiselvitysvaiheessa olevan tuulivoimapuiston voimajohtoreitti tapaustutkimuksena. Voimalaitoksen verkkoliitynnän suunnittelu edellyttää myös Suomen sähköverkon ja sähkömarkkinoiden toimintaperiaatteiden ymmärtämistä sekä voimalaitoksen liittymisprosessin tuntemusta. Tehokas verkkoliitynnän suunnittelu vaatiikin useiden eri asioiden huomioimista, aikataulujen tuntemusta ja vuorovaikuttamista eri tahojen kesken.

Opinnäytetyön teoriaosuudessa on käsitelty kaikkia eri aihealueita, jotka vaikuttavat oleellisesti tuulivoimapuiston sähkönsiirron suunnitteluprosessiin ja sen eri vaiheisiin. Fingrid on toiminut pääasiallisena lähteenä kantaverkkoa koskevissa viittauksissa, jotta kantaverkon tilasta ja toimintaperiaatteista on saatu ajankohtainen kuva.

Tutkimusosuus rajattiin tuulivoimapuiston sähkönsiirtoreittien esiselvitykseen. Keskeisimpiä tekijöitä voimajohtohankkeen suunnittelussa on eri prosessien onnistunut aikatauluttaminen ja sidosryhmien hallinta. Voimajohtoreittien esiselvityksen tuloksien jälkeen toinen mahdollinen liittymispiste ja kaksi reittivaihtoehtoa valikoituivat pois. Esiselvityksen tuloksia sovelletaan tuulivoimahankkeen ympäristövaikutusten arviointimenettelyssä ja edelleen voimajohtoreitin toteuttamissuunnittelussa.

ABSTRACT

Author	Klaus Jåfs
Title	Grid Connection of a Wind Farm
Year	2021
Language	Finnish
Pages	48 + 3 Appendices
Name of Supervisor	Asseri Laitinen

The aim of this thesis was to find out the issues to be considered in the planning of the connection of a wind farm to the electricity grid and to plan the transmission line route of the wind farm in the preliminary study phase as a case study. Planning the electricity connection of power plant requires knowledge of the connection process of the power plant, as well as an understanding of the operating principles of the Finnish electricity grid and the electricity market. Efficient grid connection design therefore requires consideration of several different things, knowledge of schedules and interaction between different parties.

The theoretical part of the thesis deals with all subject areas that have a significant impact on the electricity transmission planning process of a wind power plant and the phasing of the planning process. Fingrid has been the main source of references concerning the transmission grid in order to get an up-to-date picture of the state and operating principles of the grid.

The research part was limited to the pre-planning of the power transmission routes of the wind farm. The most important factors in the planning of a transmission line project are the successful scheduling of the various phases and the management of the stakeholders. Following the results of the transmission line route feasibility study, another possible connection point and two routes were selected out. The results of the feasibility study will be applied in the environmental impact assessment procedure of the wind power project and further in the implementation planning of the transmission line route.

Keywords Wind power, transmission line project, grid and grid connection

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

LYHENNE- JA TERMILUETTELO

1	JOHDANTO.....	9
1.1	Etha Wind Oy	10
2	TUULIVOIMA SUOMESSA	11
2.1	Tuuliolosuhteet Suomessa	11
2.2	Tuulivoima ja tuulivoimapuistot Suomessa.....	11
3	SÄHKÖVERKKO SUOMESSA	14
3.1	Pohjoismainen sähköjärjestelmä.....	14
3.2	Sähkönsiirto ja jakelu Suomessa.....	15
3.2.1	Kantaverkko ja voimajohdot.....	15
3.2.2	Voimajohtojen pylvästyypit.....	17
3.2.3	Johtoalue	18
3.3	Alue- ja jakeluverkot.....	19
3.4	Sähköjärjestelmän vastuunjako.....	20
4	VERKKOSUUNNITTELU.....	22
4.1	Energiamurros suunnittelun haasteena	22
4.1.1	Tuulivoiman vaikutukset verkkosuunnitteluun.....	23
4.2	Kantaverkon suunnittelu	23
4.2.1	Alueverkon suunnittelu	24
4.3	Voimalaitoksen verkkoliittynän ehdot, vaatimukset ja säännöt.....	26
4.3.1	Fingridin yleiset liittymisehdot, YLE2017	26
4.3.2	Voimalaitosten järjestelmätekniset vaatimukset, VJV2018.....	27
4.3.3	Tuulivoimalaitoksen tehonkorotus.....	28
5	TUULIVOIMAPUISTON VERKKOLIITTYNTÄ.....	29

5.1	Voimalaitoksen liittymisprosessi.....	29
5.2	Liittymistapa	29
5.2.1	Kytkinlaitosliityntä.....	30
5.2.2	Voimajohtoliityntä	30
5.2.3	Fingridin relesuojausohje tuotannon voimajohtoliitynnälle.....	32
5.3	Liitynnän suunnittelu	32
5.4	Toteutus ja käyttöönotto	33
5.5	Kantaverkkoon liittymisen kustannukset.....	33
6	VOIMAJOHDON SUUNNITTELUPROSESSI.....	35
6.1	Voimajohdon suunnitteluun vaikuttavat tekijät	35
6.2	Voimajohdon suunnittelun menetelmät	35
6.3	Paikkatieto voimajohdon reittisuunnittelussa.....	36
6.3.1	Paikkatietoa käsittelevät suunnitteluohjelmat.....	36
6.3.2	Paikkatietoaineisto	36
6.3.3	Paikkatietoaineistojen avoimia lähteitä.....	37
6.4	Voimajohdon suunnittelun vaiheet	38
7	VOIMAJOHTOHANKKEEN LUPAPROSESSI.....	39
7.1	Voimajohdon rakentamista koskeva ympäristölainsäädäntö	39
7.2	Ympäristöselvitys	39
7.3	Ympäristövaikutusten arviointimenettely, YVA	40
7.4	Voimajohtohankkeelta vaadittavat luvat.....	41
7.4.1	Voimajohdon rakennuslupa	41
7.4.2	Lunastus- ja tutkimuslupa	42
7.4.3	Lunastustoimitus	43
7.4.4	Lunastustoimituksen korvaukset.....	44
	LÄHDELUETTELO.....	45

KUVA- JA TAULUKKOLUETTELO

Kuva 1. Tuulivoimalat suomessa /4/	s.12
Kuva 2. Pohjoismainen sähköjärjestelmä /7/	s.14
Kuva 3. Suomen kantaverkko /13/	s. 16 ¹⁶
Kuva 4. Kaksoisjohtopylväs. /14/	s.18
Kuva 5. Johtoaukean, johtoalueen ja reunavyöhykkeen leveyksiä. /15/	s.19
Kuva 6. Alueverkon suunnittelualueet /21/	s. 25 ²⁵
Kuva 7. Voimalaitoksen tyyppiluokat ja liittymispisteen jännitetaso /24/	s. 27 ²⁷
Kuva 8. Verkkoliittymisen vaiheet ja tarvittavat tiedot /11/	s.29
Kuva 9. Verkkoliityntä kytkinlaitoksen kautta /11/	s. 30 ³⁰
Kuva 10. Verkkoliityntä 110 kv voimajohdolle /11/	s. 31 ³¹
Kuva 11. Fingridin hinnasto kantaverkkoliittymälle 2020 /29/	s. 34 ³⁴
Taulukko 1. Suomen Sähköjärjestelmän vastuualueet /9/	s.21

LYHENNE- JA TERMILUETTELO

Alueverkko	Kantaverkkoon kuulumattomat 110 kV johdot
Anemometri	Tuulen nopeutta mittaava laite
Estlink 1 & 2	Merikaapeliyhteydet Viroon
Fenno-Skan 1 & 2	Merikaapeliyhteydet Ruotsiin
Fingrid	Suomen kantaverkkoyhtiö
Jakeluverkko	Jakeluverkkoyhtiöiden omistamat alle 110 kV voimajohdot
Järvininja	Kantaverkon 400+110 kV voimajohtohanke Vaalasta Joroisille
Kantaverkko	400, 220 ja 110 kV voimajohtojen muodostama koko Suomen kattava siirtoverkko
kV	Sähköjännitteen yksikkö kilovoltti. Vastaa 1 000 voltia.
Metsälinja	Kantaverkon 400+110 kV voimajohtohanke Petäjävedeltä Muhokselle
MW	Sähkötehon yksikkö megawatti. Vastaa 1 000 kilowattia, joka vastaa 1000 wattia
QGIS	Ilmainen ja avoimen lähdekoodin paikkatieto-ohjelmisto
Sähkötase	Sähkötaseeseen kirjataan suunniteltu ja toteutunut kulutus tai tuotanto. Tarkoituksena sähkönkulutuksen ja -tuotannon tasapainottaminen.
Tasevastaava	Vastuussa suunnittelemansa sähkötaseen tasapainosta

Tunturilinja	Olemassa oleva 400/220 kV voimajohto Oulusta Norjan rajalle
TWh	Energian mittayksikkö terawattitunti. Vastaa 1 000 000 000 kilovattituntia. Voidaan ilmaista energian kulutusta tai tuotantoa.
VJV2018	Voimalaitosten järjestelmätekniset vaatimukset. Määrittelee sähköverkkoon liitettävän voimalan järjestelmätekniset vaatimukset
YLE2017	Fingridin yleiset liittymisehdot. Määrittelee sähköverkkoon liitettävän voimalan liittymisehdot

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on selvittää tuulivoimapuiston sähköverkkoon liittäminen vaatimuksia ja verkkoliittymän suunnittelussa huomioitavia asioita. Voimalaitoksen verkkoliittymän suunnittelu edellyttää myös Suomen sähköverkon ja sähkömarkkinoiden toimintaperiaatteiden ymmärtämistä sekä voimalaitoksen liittymisprosessin tuntemusta. Opinnäytetyön teoriaosuudessa on pyritty käsittelemään kaikkia eri aihealueita, mitkä vaikuttavat oleellisesti tuulivoimapuiston sähkönsiirron suunnitteluprosessiin.

Vakaa ja luotettava sähköverkko on toimivan yhteiskuntamme takia välttämättömyys. Sähköverkon yhteiskunnallisesta asemasta johtuen verkkotoiminnalla on useita eri huomioitavia sidosryhmiä, jotka vaikuttavat tuulivoimapuiston verkkoliittymän suunnitteluun. Jotta verkkoliittymän suunnitteluprosessi toimii tehokkaasti, on huomioitava kantaverkon kehityksen tavoitteita ja aikataulua, yksittäisten kantaverkkoon kuulumattomien voimajohtohankkeiden aikataulua sekä ymmärtää lainsäädäntöä ja viranomaistoimintaa aihepiirin ympärillä.

Huomioitavien aihepiirien laajuuden vuoksi työn tutkimusosuus on rajattu tuulivoimapuiston voimajohtoreitin esiselvitykseen. Esiselvitys on tehty vaasalaiselle tuulivoimakonsulttiyhtiö Etha Wind Oy:lle. Esiselvityksen kohteena on käytetty Jyväskylän kaupungin alueelle suunniteltavaa Salolan tuulivoimapuistoa. Hankkeen suunnittelu jatkuu edelleen ja hanke on edennyt keväällä 2021 yhteismenettelyyn ympäristövaikutusten arvioinnin ja kaavanlaadinnan osalta.

Tutkimusosuudessa on käsitelty neljää eri sähkönsiirron reittivaihtoehtoa ja reittien suunnitteluun vaikuttavia tekijöitä ja suunnittelumenetelmiä. Johtopäätökset on muodostettu vertailemalla eri reittivaihtoehtojen toteutusedellytyksiä. Tutkimustyössä on käytetty QGIS-karttaohjelmaa ja paikkatietoaineistoja sekä

kaava-aineistoja. Tutkimusosuudesta on muodostettu erillinen raportti (Liite 1. Esiselvitys Salolan tuulivoimapuiston voimajohtoreitin sijoituksesta.).

Oma tavoitteeni opinnäytetyön aikana on ollut oppia ymmärtämään Suomen sähköverkon toimintaperiaatteita tuulivoima-alan näkökulmasta ja kehittää yhteiskunnan kannalta kestävää voimajohtohankeen reittisuunnittelua. Prosessin aikana olen myös oppinut paljon tuulivoiman ja sähköverkon merkityksestä yhteiskunnallisella ja paikallisella tasolla sekä hallituksen asettamien ilmastotavoitteiden saavuttamisessa. Oma kiinnostus ympäristön ja luonnon hyvinvointiin oli myös vaikuttava tekijä tutkimusosion rajaamisessa.

1.1 Etha Wind Oy

Etha Wind on vaasalainen tuulivoimakonsulttiyhtiö, joka on perustettu vuonna 2003 kaupallisen tuulivoiman rantautuessa Suomeen. Tuulivoimamarkkinoiden kehityksen seuraaminen ja ymmärtäminen on mahdollistanut yrityksen kasvamisen Suomen suurimmaksi tuulivoimakonsulttialan yhtiöksi. Etha Wind on siis ollut mukana kehittämässä Suomen tuulivoimasektoria sen syntymisestä asti. Yrityksen missio on ollut perustamisesta asti tuottaa kestävästi ja kannattavasti hiilineutraalia energiaa ympäristönäkökohdat huomioiden ja vastata yhteiskunnan kasvavaan energiantarpeeseen.

Yrityksen palvelut ovat laajentuneet ajan saatossa kokemuksen myötä. Tarjolla on lukuisia erilaisia tuulivoimaan liittyviä konsulttipalveluita, tuulivoimahankkeiden kehittämisen projektipalveluita aina hankealueen identifioimisesta rakennuslupien saamiseen asti. Tarjolla on myös ainutlaatuinen yhteistyömalli maan- ja metsänomistajille, jotka haluavat itse olla mukana tuulivoimahankkeiden kehittämisessä omistamilleen maa-alueille.

2 TUULIVOIMA SUOMESSA

2.1 Tuuliolosuhteet Suomessa

Suomessa vuodenajoilla on suuri vaikutus tuulisuuteen. Talvella pohjoisen pallonpuoliskon lämpötila- ja ilmanpaine-erot kasvavat, mikä näkyy tuulen voimistumisena. Suomessa merialueilla koetaankin eniten myrskyksi luokiteltuja tuulennopeuksia joulukuussa. Ilmatieteenlaitos mittaa ja tilastoi tuulen suuntaa 10 asteen suuntaluokissa. 0–10, 10–20, ..., 350–360. /1, 2/

Ilmatieteen laitoksella on Suomessa tuulen havainnointipisteitä 150 eri paikassa, joiden lisäksi myös noin 20 kotimaisen lentokentän tuulihavainnot ovat käytettävissä. Säähavainto-aseilla tuulen suuntaa ja voimakkuutta mitataan anemometrien avulla. Havainnointia tehdään 10 minuutin välein, joten tilastot ovat sangen kattavat. /1/

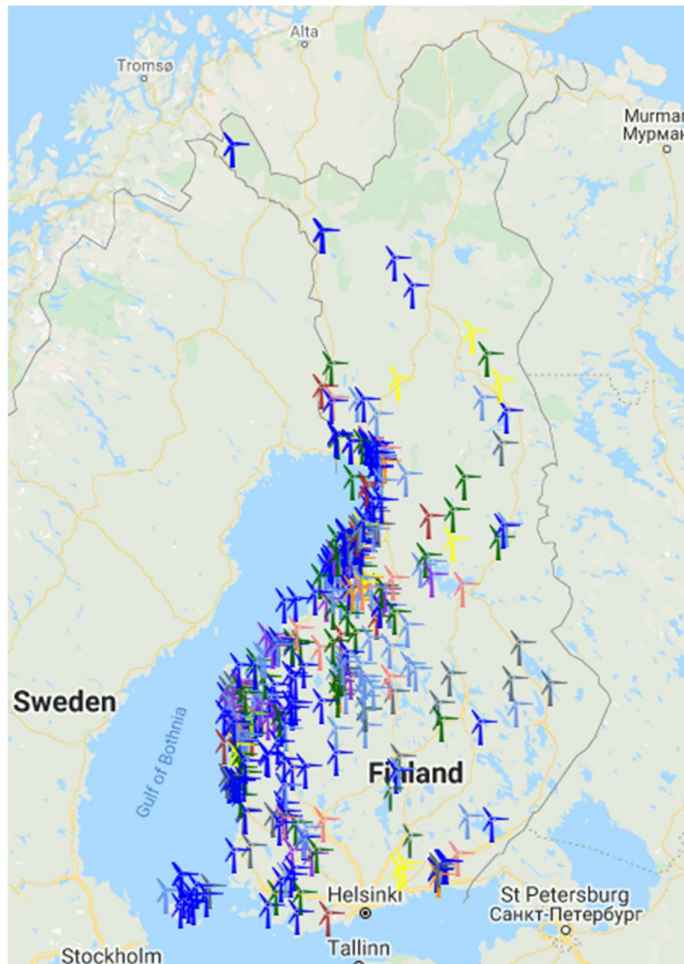
Ilmastonmuutoksen odotetaan voimistavan lähinnä syksyn ja talven tuulia noin 2–4 %, mutta muutoin Suomen tuuliolojen odotetaan pysyvän samankaltaisina ainakin lähitulevaisuudessa. /1/

Suomen rannikolla, merialueilla ja tunturissa tuulen nopeuden vaihtelut ovat suurimmillaan, kun taas sisämaassa vaihtelua on vähemmän. Sisämaassa mitatun tuulen vuosittainen keskinopeus on merkittävästi pienempi kuin merialueiden mitta-asemilla. /2/

2.2 Tuulivoima ja tuulivoimapaistot Suomessa

Suomen mittakaavassa tuulivoima on jokseenkin uusi energiantuotantomuoto, mutta uusien voimaloiden rakentaminen on lisääntynyt tasaisesti. Vuonna 2019 rakennettiin 56 uutta hanketta, joiden tuotantokapasiteetti yhteensä oli noin 243

MW. Saman vuoden loppupuolella Suomessa sijaitsevien 754 tuulivoimapuiston kokonaiskapasiteetti oli 2 284 MW (Kuva 1). Koko 2019 vuoden sähköntuotannosta tuulivoiman osuus oli noin 7 % ja se saavutettiin tuottamalla 5,9 TWh sähköä. /3/



Kuva 1. Tuulivoimalat Suomessa. /4/

Suomessa tuulivoiman rakentaminen on keskittynyt selkeästi Länsi-Suomen ja Pohjois-Pohjanmaan rannikoille ja Etelä-Lappiin. Itärajan tuntumassa ei

tuulivoimaa ole, koska Puolustusvoimat ei myönnä rakentamiseen lupaa. Tuulivoimalat haittaavat ilmatilan valvonnan tutkatoimintaa. Tuulivoimalat haittaavat ilmatilan valvonnan tutkatoimintaa, sillä ”tuulivoimaloiden pyörivät lavat muodostavat tutkan ja esimerkiksi lentokoneen väliin esteen, joka sotkee havaintoja.” /6/ Vuoteen 2019 mennessä Puolustusvoimat on evännyt hieman alle tuhannen tuulivoimalan rakentamisen, silti yli 8000 tuulivoimalalle on lupa myönnetty, vaikka kaikkia hankkeita ei toteutetakaan. /5/

Tuulivoimahankkeiden määrä jatkaa kasvamistaan Suomessa. Suunnitelmia on tehty jopa 3 400 tuulivoimalan rakentamisesta. Suunnitellun yli 200 hankkeen yhteenlaskettu tuotantokapasiteetti on yli 18 000 MW. Kaikki hankkeet eivät kuitenkaan koskaan pääse toteuttamisvaiheeseen asti. Vuoden 2020 helmikuussa oli aloitettu rakentamaan 1 300 MW:iin edestä tuulivoimaa ja 6 600:lle MW:lle oli kuntien myöntämät rakennusluvut ja kaava. Uusien tuulivoimaloiden rakentaminen keskittyy rannikolle Suomessa. Eniten hankkeita oli suunnitteilla Pohjois-Pohjanmaalle, 67 kappaletta. Suomen Tuulivoimayhdistyksen toimitusjohtaja Anni Mikkosen mukaan ”rakentamalla hankkeet, joilla jo on rakennuslupa ja kaava, nousisi tuulivoiman osuus 27 prosenttiin Suomen sähkönkulutuksesta.” /6/

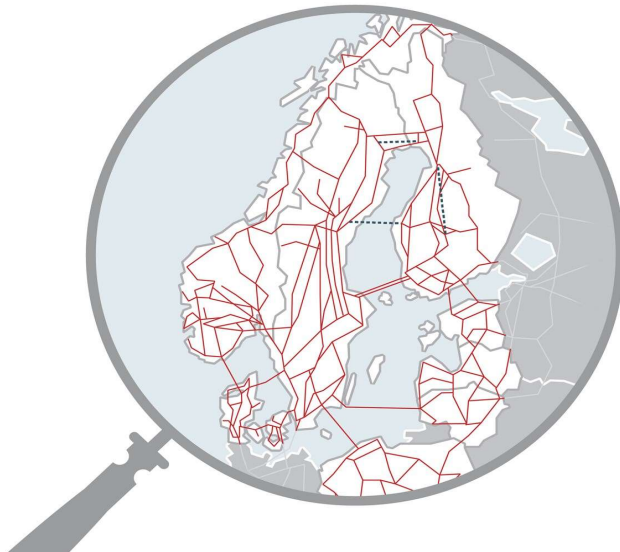
3 SÄHKÖVERKKO SUOMESSA

3.1 Pohjoismainen sähköjärjestelmä

Suomen sähköjärjestelmä kuuluu yhteispohjoismaiseen synkronijärjestelmään, johon kuuluu Suomen lisäksi Ruotsi, Norja ja Itä-Tanska (kuva 2). Pohjoismainen sähköverkko on liitetty useisiin muihin Keski-Euroopan maihin tasasähköyhteyden avulla. Tasasähköyhteys mahdollistaa sähkönsiirron erilaisten verkkojen välillä.

/7/

Suomeen tasasähköyhteys on tuotu Venäjältä Viipurista kolmella 400 kV -siirtoyhteydellä ja lisäksi kahdella 110 kV yhteydellä. Ivalosta ja Imatralla liittyvien 110 kV yhteyksien avulla voidaan Suomen sähköverkkoon liittää Venäjän puolella sijaitsevia vesivoimaloita. Viron sähköverkkoon liittyminen on toteutettu 350 MWEstlink1 sekä 650 MW Estlink2 yhteyksien avulla. /8, 9/



Kuva 2. Pohjoismainen sähköjärjestelmä. /7/

Tasasähköyhteydet Ruotsiin on toteutettu 400 MW Fenno-Skan 1 ja 650 Megawatin Fenno-Skan 2 -yhteyksien avulla, myös Ahvenanmaalle on olemassa 100 MW tasasähköyhteys. Tasasähköyhteyksien lisäksi Pohjois-Suomessa on kaksi 400 kV -vaihtosähköyhteyttä Ruotsiin ja yksi 220 kV- vaihtosähköyhteys Norjaan. /7/

3.2 Sähkönsiirto ja jakelu Suomessa

Suomessa sähköjärjestelmään kuuluu voimalaitoksia, kantaverkko, suurjännitteiset jakeluverkot, jakeluverkot ja sähköä kuluttavat laitteet. Voimalaitosten tuottama sähkö siirretään ensimmäisenä kantaverkkoon, joka kattaa koko Suomen. Kantaverkon jännite on 110, 220 tai 400 kilovoltia. Jännitteet ovat suuria, jotta energiahäviöt saadaan mahdollisimman pieniksi. Suomessa suurjänniteverkoksi kutsutaan sähkönsiirron runkoverkkoa, jonka nimellisjännite on 110, 220 ja 400 kV. /8, 9, 10/

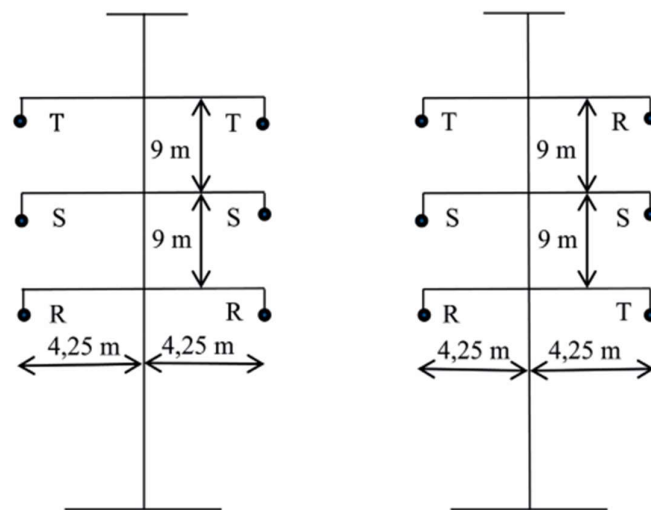
3.2.1 Kantaverkko ja voimajohtot

Suomessa sähkönsiirron runkona toimii kantaverkko, jonka toimivuudesta vastaa kantaverkkoyhtiö Fingrid. Kyseinen yritys omistaa kantaverkon ja on vastuussa käytön suunnittelusta, ylläpidosta, rakentamisesta, valvonnasta, sähkömarkkinoiden kehittämisestä ja toiminnan edistämisestä sekä tasepalvelusta. Kantaverkko mahdollistaa sähkönsiirron tuottajien ja kuluttajien välillä sekä kaupankäynnin energialla valtion rajojen ulkopuolelle. /8, 9/

Suoraan kantaverkkoon on liitetty suuremman kokoluokan voimalaitokset, tehtaat ja alueellisesti jakautuvat jakeluverkot. Kantaverkkoon kuuluu tällä hetkellä noin 14 400 kilometriä 400 kV, 220 kV ja 110 kV voimajohtoja, sekä 119 sähköasemaa (kuva 3). Fingrid omistaa myös 10 varavoimalaitosta, jotka ovat liittyneenä kantaverkkoon. Suomen kantaverkko on pääsääntöisesti toteutettu ilmaeristeisenä, eli voimajohtot ovat avojohtoja ja sähköasemat rakennettuna ulos. Eristettyjä

3.2.2 Voimajohtojen pylvästyypit

Voimajohtojen pylvästyypit ja pylväiden koko vaihtelee jännitteestä ja asennuspaikasta riippuen. Mitä korkeampi jännite, sitä suurempi pylväs on. Teräksisiä pylviä käytetään aina 400 kV voimajohdoille ja 110 kV pylväävät ovat yleensä puusta valmistettuja. Joskus myös 110 kV voimajohtojen kulkureitti vaatii korkeuden tai kestävyuden takia teräspylvään. Suomessa käytetään enimmäkseen harustettua portaalipylvästä, joissa virtajohdot kulkevat samalla korkeudella maasta. Pelloilla voidaan käyttää vapaasti seisovia haruksettomia portaalipylviä ja ahtaissa paikoissa, kuten kaupungeissa kaksoisjohtopylviä tai vapaasti seisovia teräspylviä. Kaksoisjohtopylväissä vaihejohtimet on asennettu eri korkeuksille maasta nähden ja niiden johtimet voivat olla peilisyymmetrisesti tai pistesyymmetrisesti asennettuja (kuva 4). /8, 14/

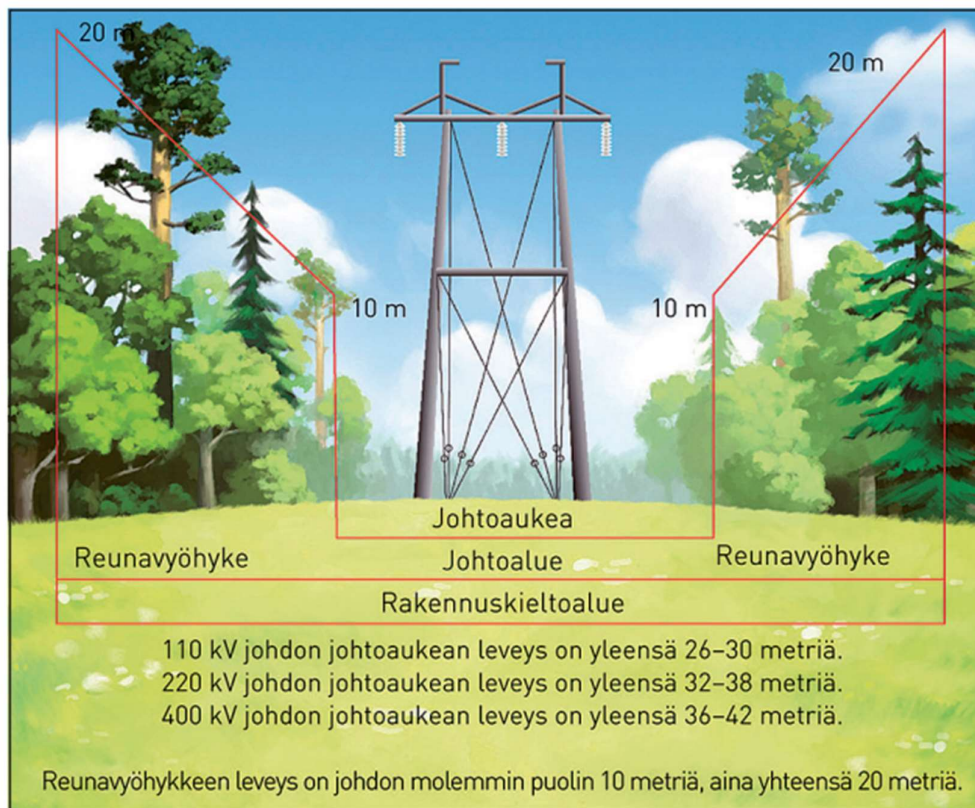


Kuva 4. Kaksoisjohtopylväs. /14/

Kuvassa ylhäällä on havainnollistettu Tannenbaum-tyyppisen kaksoisjohtopylvään johtimien etäisyyttä ja vaihejärjestystä. Vaiheiden johtimet (T, S ja R) voidaan asentaa peilisymmetrisesti (TSR TSR), kuten kuvassa vasemmalla tai pistesymmetrisesti (TSR RST), kuten kuvassa oikealla. /14/

3.2.3 Johtoalue

Voimajohdoille on määritelty johtoalue, joka käsittää johtoaukean ja sen molemmilla puolilla sijaitsevan reunavyöhykkeen (kuva 5). Käyttöoikeuden johtoalueeseen omistaa voimajohdon haltija ja se oikeuttaa raivaustöihin alueella, rajoittaa rakentamista alueella ja puiden kasvua reunavyöhykkeillä. /8/



Kuva 5. Johtoaukean, johtoalueen ja reunavyöhykkeen leveyksiä. /15/

Kuvassa 5 on lueteltuna eri jännitteisten voimajohtojen johtoaukeiden leveyksiä. Johtoaukean lisäksi reunavyöhyke kummallakin puolella johtoaukeaa on 10 metriä. Reunavyöhykkeellä puiden kasvupituutta on rajattu niin, että ne eivät kaatuessaan osu voimajohtoihin. /15/

3.3 Alue- ja jakeluverkot

Kantaverkkoon kuulumattomia suurjännitteisiä 110 kV voimajohtoja kutsutaan alueverkoksi. Alueverkot liittävät kantaverkon ja jakeluverkon toisiinsa. Paikalliset verkkoyhtiöt omistavat jakeluverkot, jotka ovat alle 110 kV ja niitä kutsutaan pienjännite- ja keskijänniteverkoiksi. Sähköasemilla kantaverkon jännite siirtyy 20 kilovoltin keskijänniteverkkoon ja seuraavaksi jakelumuuntamoilla jännite

tiputetaan 400 volttiin. Kaupungeissa ja taajamissa jakeluverkot on yleensä toteutettu maahan upotetuilla eristetyillä kaapeleilla, mutta maaseudulla myös avojohtoja käyttämällä. Teollisuus, kaupat, maatalous ja palvelut ovat kulutuksen ja sijainnin mukaan liitettynä kanta-, alue tai jakeluverkkoon. Kotitalouksiin sähkö siirretään pienjännitejohdoissa 400 voltin suuruisella jännitteellä. /8, 9/

3.4 Sähköjärjestelmän vastuunjako

Suomessa kantaverkon järjestelmävastaavana toimii Fingrid, jonka vastuualueisiin kuuluu huolehtia sähköjärjestelmän teknisten toimintojen ylläpidosta, käyttövarmuudesta ja Suomen sisäiseen tasevastuuseen sekä taseselvitykseen kuuluvista toiminnoista.

Fingrid huolehtii myös järjestelmävastuun toteutumisesta, mikä tarkoittaa kaikkien sähkömarkkinoilla toimivien osapuolien kohtelemista tasapuolisesti. Tasevastuun tarkoitus on huolehtia sähköntuotannon ja kulutuksen tasapainottamisesta vastuualueellaan. Taseselvityksellä pystytään pitämään kirjaa sähkömarkkinoilla toimivien osapuolten välisistä sähkön toimituksista. Nykyisessä kahden taseen mallissa eritellään kulutustase ja käyttötase toisistaan.

Fingrid vastaa Suomen sähköverkon tehotasapainon ylläpitämisestä ja valtiollisella tasolla taseselvityksestä. Sähkömarkkinoiden toimivuuden takaamiseksi sähköntuottajan on tärkeää huolehtia omasta sähkötaseestaan jatkuvasti, jotta sähköverkossa säilyy tasapaino kulutuksen ja tuotannon välillä. Käytännössä tuulivoimayhtiö ei pysty huolehtimaan omasta sähkötaseestaan yksin vaan tarvitsee siihen avointa toimittajaa (Fingrid), joka tasapainottaa tuulivoimayhtiön sähkötaseen. Tasevastaava huolehtii tuulivoimayhtiön tasevastuusta ja solmii Fingridin kanssa tasepalvelusopimuksen, jonka jälkeen Fingrid voi toimittaa tasesähköä tasevastaavalle. /16/

Alla esitetyssä taulukossa on eritelty vastuunjako verkonhaltija Fingridin, tasevastaavien, sähköjärjestelmään liitettyjen tuottajien, kuluttajien ja alue- ja jakeluverkon haltijoiden välillä (taulukko 1). /16, 17/

Taulukko 1. Suomen sähköjärjestelmän vastuualueet. /9/

Osapuoli	Verkon käyttö	Tasehallinta
Fingridin kantaverkkokeskus	Kantaverkon	-Suomen tehotasapainon hallinta
	-järjestelmävastuun hoito	-Reservien hallinta
	-verkon käyttö ja valvonta	-Fingridin verkon häviöihin kuluva sähkön hinta
	-häiriöiden hallinta	
	-siirtokeskeytysten suunnittelu ja koordinointi	
	-kytkentöjen johtaminen	
	-sähkömarkkinoihin vaikuttavista tapahtumista tiedottaminen	
-sähkömarkkinainformaation välittäminen, ml. siirtokapasiteetin julkaisu		
Fingridin aluetoimipaikat (Hämeenlinna, Oulu, Petäjävesi ja Varkaus)	Kantaverkon	
	-siirtokeskeytystarpeiden koordinointi	
	-siirtokeskeytysten suunnittelu	
	-asemalaitteiden ja voimajohtojen kunnonhallinta	
Palveluntoimittajat	Sopimuksen mukaisesti	
	-kantaverkon paikalliskäyttö	
	-kunnossapito- ja korjaustyöt	
Tasevastaavat		-Oman tuotanto- ja kulutustaseen hallinta
		-Säätösähkö-markkinoille osallistuminen
Reservinhaltijat		-Reservimarkkinoille osallistuminen.
		-Sovittujen reservien ylläpito.
Suurjännitteinen jakeluverkko	Alue tai jakeluverkon	-Kuormien irtikytkentä Fingridin pyynnöstä vakavissa häiriöissä ja sähköpulatilanteissa
	-verkon käyttö ja valvonta	
	-häiriöiden hallinta	
	-siirtokeskeytysten suunnittelu ja koordinointi	
	-kytkentöjen johtaminen	

4 VERKKOSUUNNITTELU

Suomen kantaverkon haltijana Fingrid osallistuu aktiivisesti uusien tuulivoimahankkeiden suunnitteluun ja kantaverkon kehittämiseen hankkeiden pohjalta. Hankkeen onnistumisen ja toteutumisen kannalta on tärkeää olla jo aikaisessa vaiheessa yhteydessä Fingridiin tuulivoimapuiston verkkoon liittymisasiossa. Näin varmistetaan suunnitelmien harkittu ja onnistunut toteutus niin, että sähköverkon toiminta ei häiriinny. Fingrid liittyy hankkeiden suunnittelu prosessiin suunnittelemalla tuulivoimapuiston liityntöjä, osallistumalla ympäristövaikutusten arviointiin, maakuntakaavoitustyöhön ja pitäen keskusteluyhteyttä yllä eri voimalaitosvalmistajiin. /18/

4.1 Energiamurros suunnittelun haasteena

Kantaverkon suunnittelussa joudutaan ottamaan huomioon energiamarkkinoiden jatkuva muutos. Sähkön tuotannossa ollaan siirtymässä hiilineutraaliin tuotantoon ja fossiilisille polttoaineille pyritään löytämään päästöttömiä vaihtoehtoja. Suurin haaste tällä hetkellä on lisääntyvä tuulivoimatuotanto ja tuulivoimakapasiteetin kasvattaminen. Tuulivoiman tuotantokapasiteetti tällä hetkellä on noin 6 terawattituntia ja sen odotetaan kasvavan, jopa viisinkertaiseksi vuoteen 2030 mennessä. Sähkömarkkinalain 9.8.2013/588 mukaan Fingrid on velvollinen liittämään verkkoon kaikki uudet tuulipuistot. Kaikki hankkeet eivät kuitenkaan päädy toteutettavaksi asti ja se muodostaa haasteita sähköverkon suunnitteluun. /19/

Suomessa sähköä käytetään eniten eteläisessä Suomessa, kun taas suurin osa tuulivoiman tuotannosta keskittyy Suomen länsi- ja pohjoisosiin. Kantaverkkoa joudutaan siis vahvistamaan, jotta tuotettu sähkö saadaan siirrettyä sinne, missä sille on tarvetta. Samaan aikaan ajetaan alas fossiilisia polttoaineita käyttäviä laitoksia, mikä vaikuttaa haasteellisesti saatavilla olevaan säätövoimaan, jota säästä riippuvainen tuulivoima vaatii. Suunnittelussa on myös jouduttu ottamaan huomioon uusi rajajohto pohjoisessa Suomen ja Ruotsin välillä, sekä Olkiluodon 3

ydinreaktorin valmistuminen ja mahdollinen Hanhikiven ydinvoimalan rakentaminen. /19/

4.1.1 Tuulivoiman vaikutukset verkkosuunnitteluun

Tuulivoimakapasiteetin jatkuvalla ja nopealla kasvulla, sekä sijoittumisella rannikolle ja Pohjois-Suomeen on suuri merkitys verkkosuunnitteluun. Tuulivoimatuotanto haastaa verkon siirtokapasiteettia, koska tuotanto vaihtelee suuresti vuorokaudenajan ja vuodenajan mukaan. Vaihtelut nollatehon ja nimellistehon välillä voivat tapahtua huomattavan nopeasti ja se edellyttää, että alueellinen verkko on mitoitettu pienimmän ja suurimman tuotantotehon mukaan. Yleisesti käytettyjä tuulen esiintymisen todennäköisyyslukuja ei voida hyödyntää alueellisessa verkkosuunnittelussa, koska alueellisesti sää ei välttämättä muutu yhtä paljon kuin koko Suomen mittakaavassa. Verkon normaalitilanteessa Suomen kantaverkko on mitoitettu niin, että kulutusta tai tuotantoa ei rajoiteta ja niinpä tuulivoimatuotannon rajoitusmekanismeja ei toistaiseksi ole tarvinnut käyttää. /20/

4.2 Kantaverkon suunnittelu

Kantaverkon kehittämiseen vaikuttavat kantaverkkoyhtiön velvollisuudet ja verkon tila ja korjaustarpeet. Kolmena päätavoitteena on, että sähköverkon siirtokapasiteetti pystyy vastaamaan asiakkaiden ja yhteiskunnan vaatimuksiin, sähköverkko on turvallinen ja laatu oikein mitoitettu. Jotta yllä mainitut tavoitteet saavutettaisiin, joutuu Fingrid verkonhaltijana tekemään yhteistyötä asiakkaiden, naapurimaiden kantaverkkoyhtiöiden, viranomaisten, maanomistajien ja muiden yhteistyökumppaneiden kanssa. /20/

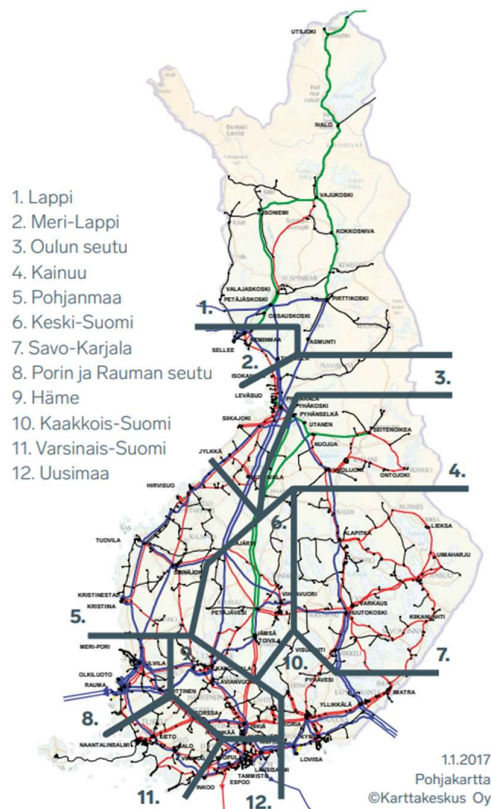
Kantaverkon suunnittelua tehdään asiakkaiden ja yhteiskunnan energiantarpeita ennustaen. Tärkeimpiä periaatteita ovat Itämeren alueen sähkömarkkinoiden kehittäminen, kantaverkon käyttövarmuustason ylläpito, verkon ikääntymisen hallinta ja taloudellisuus. /20/

Kantaverkkosuunnittelua tehdään pitkälle tulevaisuuteen taloudellisesti ja tekniset tarpeet huomioon ottaen. Fingrid koostaa ja ylläpitää verkon kehittämissuunnitelmaa yhteistyössä Itämeren alueen ja muun EU:n alueen kattavien verkkosuunnitelmien kanssa.

Kansallisesti kantaverkkosuunnittelu on jaettavissa kolmeen elementtiin. päävoimansiirtoverkon suunnittelu, alueellinen verkkosuunnittelu ja liityntöjen suunnittelu. Päävoimaverkonsuunnittelu kohdistuu lähinnä 220 kV ja 400 kV - verkkoon. Alueellinen verkkosuunnittelu taas kohdistuu lähinnä 110 kV verkkojen suunnitteluun ja kehitystarpeisiin. /20/

4.2.1 Alueverkon suunnittelu

Suomi on jaettu 12 suunnittelualueeseen, jotka on koottu maantieteellisen sijainnin ja sähkötekniisten perusteiden mukaan (kuva 6). Siirtokyvyn riittävyys alueittain varmistetaan 3–5 vuoden välein aluesuunnitelmilla. Suunnittelussa huomioidaan myös muiden yhtiöiden omistuksessa olevat suurjännitteiset jakeluverkot ja kehityssuunnitelmat.



Kuva 6. Alueverkon suunnittelualueet. /21/

Sähköverkko palvelee niin sähköntuottajia kuin kuluttajiaakin. Siksi onkin erittäin tärkeää, että kaikki alueen toimijat otetaan suunnittelussa huomioon. Suunnittelussa pyritäänkin käymään luottamuksellista vuoropuhelua sähkön tuottajien, suurteollisuuden ja asiakkaiden kanssa. Kantaverkkoyhtiön tekemä sähköverkon suunnittelu perustuu verkon kehittämistarpeisiin. Kehittämistarpeita muodostuu muun muassa ikääntyvän sähköverkon vahvistamisesta ja purkamisesta, siirtokapasiteetin lisäämisestä ja oikosulkuvirtojen hallinnasta /21/

Voimalaitoksen kantaverkkoon liittyminen on mahdollista vain, kun Fingridin yleiset liittymisehdot (YLE) ja voimalaitosten järjestelmätekniiset vaatimukset (VJV) täyttyvät. Myös liittymis- ja kantaverkkosopimus voimalaitosasiakkaan ja

Fingridin välillä vaaditaan. Yllä mainittujen lisäksi voimassa olevat verkkosäännöt muodostavat vaatimuksia sähköverkkoliittymöille /22/

4.3 Voimalaitoksen verkkoliittymän ehdot, vaatimukset ja säännöt

4.3.1 Fingridin yleiset liittymisehdot, YLE2017

Yleisellä liittymisehdolla varmistetaan liitettävän osapuolen laitteiston ja sähköverkon tekninen yhteensopivuus. Liittymisehdoissa huomioidaan sähköntuotanto erikseen ja niissä ehdoissa määritellään voimalaitoksen koon ja tekniikan perusteella verkkoon liittymistapa.

Voimalaitos liitetään Fingridin pääsääntöisesti kytkinlaitoksen katkaisijakenttään, pois lukien pienet alle 30 MW tuulivoimalapuistot, jotka voidaan liittää siirtokapasiteetin salliessa suoraan 110 kV Fingridin voimajohtoon. Suoraan voimajohtoon liitettävä yli 5 MW tuulivoimalaitos pitää varustaa eroon kytkennän viestiyhteydellä, jotta kantaverkon pikajälleenkytkentä olisi mahdollista. Jännitesäädöissä, loissähkön tuotannossa ja loistehoreservin ylläpidossa pitää noudattaa Fingridin ohjeita ja raja-arvoja.

Fingrid määrittelee uuden sähköliittymän liittymistavan ja -paikan. Kantaverkon liittymismaksu pitää sisällään muutokset kantaverkkoon, paitsi jos voimajohto tai kytkinlaitos rakennetaan uuteen paikkaan, milloinliittyjä on vastuussa omaan laitteistoonsa kohdistuvista muutoksista. Jos liittyjän omat tarpeet vaativat uusia rakenteita tai lisälaitteita niin kustannuksista sovitaan tapauskohtaisesti Fingridin kanssa.

Yleisessä liittymisehdossa määritellään myös toimintavaatimuksia sähkölaitteille ja muita määritelmiä, mitä tulee noudattaa rakennettaessa sähköasemia tai uutta verkkoa. /23/

4.3.2 Voimalaitosten järjestelmätekniset vaatimukset, VJV2018

Voimalaitoksien järjestelmäteknisiä vaatimuksia on päivitetty vuonna 2018 ja ne koskevat kaikkia voimalaitoksia, joiden hankintasopimus on tehty 19.5.2018 jälkeen. Asiakirjasta VJV2018 selviää voimalaitosten tyyppi- ja kokoluokat, sekä muut vaatimukset perustuen voimalaitoksen tekniikkaan ja kokoon (kuva 7).

Taulukko 3.1. Voimalaitosten tyyppiluokittelu mitoitustehon ja liittymispisteen jännitason perusteella.

Tyyppi-luokka	Liittymispisteen jännitetaso	Ehto	Voimalaitoksen mitoitusteho P_{max}
Tyyppi A	Liittymispisteen jännitetaso on alle 110 kV ¹	ja (*)	Voimalaitoksen mitoitusteho on vähintään 0,8 kW mutta alle 1 MW. ($0,8 \text{ kW} \leq P_{max} < 1 \text{ MW}$)
Tyyppi B	Liittymispisteen jännitetaso on alle 110 kV ¹	ja (*)	Voimalaitoksen mitoitusteho on vähintään 1 MW mutta alle 10 MW. ($1 \text{ MW} \leq P_{max} < 10 \text{ MW}$)
Tyyppi C	Liittymispisteen jännitetaso on alle 110 kV	ja (*)	Voimalaitoksen mitoitusteho on vähintään 10 MW mutta alle 30 MW. ($10 \text{ MW} \leq P_{max} < 30 \text{ MW}$)
Tyyppi D	Liittymispisteen jännitetaso on vähintään 110 kV	tai (+)	Voimalaitoksen mitoitusteho on vähintään 30 MW. ($P_{max} \geq 30 \text{ MW}$)

¹ Riippumatta liittymissopimuksen mukaisesta liittymispisteen jännitteestä, tyyppi A ja B voimalaitosten liittymispisteen jännitetasoksi katsotaan se jännitetaso, johon voimalaitoksen päämuuntaja liitetään tai jännitetaso, johon voimalaitos liittyy suoraan ilman päämuuntajaa.

Kuva 7. Voimalaitoksen tyyppiluokat ja liittymispisteen jännitetaso. /24/

Voimassa olevat järjestelmätekniset vaatimukset koskevat kaikkia Suomen voimajärjestelmään kytkettyjä yli 0,8 kW voimalaitoksia. Vaatimukset poikkeavat toisistaan voimalaitoksen liittymistavan, mitoitustehon ja liittymispisteen jännitteen perusteella. Liittyjän vastuuksi jää vaatimusten toteutuminen ja niiden ylläpitäminen.

Liittymisessä tulee myös ottaa myös huomioon mahdolliset tulevaisuuden investoinnit ja voimalan tuotantokapasiteetin kasvaminen. Voimalaitoshankkeissa, jotka rakennetaan vaiheittain, vaatimukset määräytyvät lopullisen mitoitustehon mukaan. /24/

4.3.3 Tuulivoimalaitoksen tehonkorotus

Jos tuulivoimalan konvertterin ohjausta muutetaan niin, että pätövirtarajaa nostetaan loisvirtarajan kustannuksella, tulee seuraavat asiat huomioida ja toteuttaa.

Jos liittymissopimuksessa mainittu suurin sallittu tehon syöttö sähköverkkoon muuttuu, niin tulee sopimus päivittää Fingridin ja liittymispisteen verkonhaltijan välillä. Muutosten jälkeen Voimalaitosten järjestelmätekniset vaatimukset VJV2018 -asiakirjan mukaiset vaatimukset tulee täytyä. Voimalaitoksen dokumentaatio tulee päivittää muuttuvien teknisten ominaisuuksien osalta ja loistehokapasiteetilaskelmat tulee uusia päivitettyillä tiedoilla. /22/

5 TUULIVOIMAPUISTON VERKKOLIITTYNTÄ

5.1 Voimalaitoksen liittymisprosessi

Kantaverkkoon liittyminen on pitkä prosessi, joka etenee vaiheittain (kuva 8). Asiakas toimittaa Fingridille liittymistiedot, minkä pohjalta Fingrid selvittää liittymismahdollisuudet. Jos suunniteltu liittymispiste sijaitsee jakeluverkkoyhtiön alueella, joutuu jakeluverkkoyhtiö varmistamaan liittymän liitettävyyden kantaverkkoon Fingridiltä. /11/

Liityntähankkeen vaihe	Asiakkailta tarvittavat tiedot
Liitettävyyys	Asiakkaan yhteystiedot Liitynnän perustiedot ja alustava sijainti Muuntajan ja haarajohdon tiedot
Suunnittelu	Sijoitus- ja leikkauspiirustukset Aluekartta Pääkaavio Energiamittauksen tiedot Maadoitukset Sijaintikoordinaatit Haarajohdon tiedot Relesuojaus- ja viestiyhteystiedot
Toteutus ja käyttöönotto	Aikataulu Loppudokumentit ja sähköiset arvot Käyttöönottotarkastukset Kytkenän suunnittelu

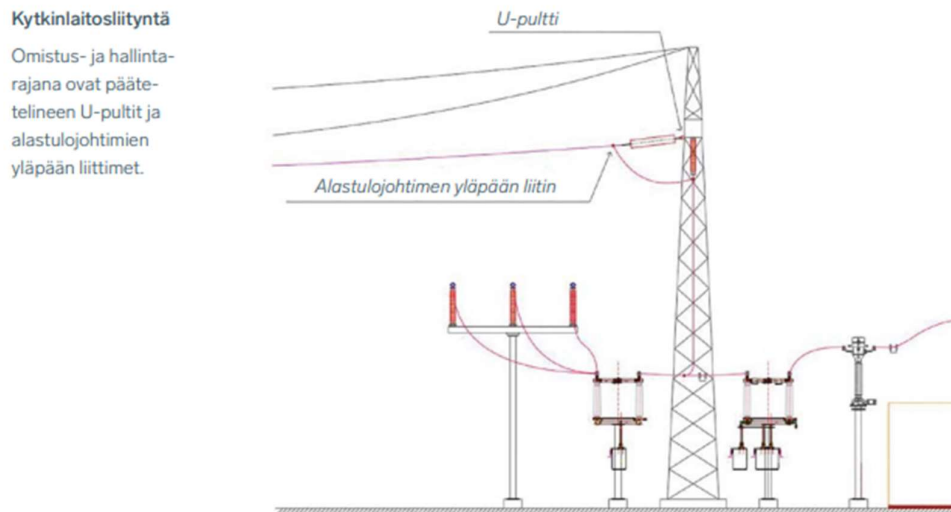
Kuva 8. Verkkoliittymisen vaiheet ja tarvittavat tiedot. /11/

5.2 Liittymistapa

Liittymistapa selvitetään yhdessä liittyvän asiakkaan ja Fingridin välillä. Liittymistapaan vaikuttaa hankkeen koko, sijainti ja kantaverkon tila. Molemmat sopijapuolet vastaavat oman verkon suunnittelusta, liitynnän rakentamisesta ja kunnossapidon kustannuksista. Perusteellisella valmistelulla saavutetaan liittymispisteen teknisten vaatimusten toteutuminen ennen varsinaista suunnittelua ja maa-alueen hankkimisprosessia. /11/

5.2.1 Kytkinlaitosliityntä

Kytkinlaitosten lähelle suunniteltavat sähköliittymät liitetään pääsääntöisesti kytkinlaitokseen eikä voimajohtoon (kuva 9). Kytkinlaitosliityntää käytettäessä liittymisen kantaverkkoon tapahtuu 110 kV, 220 kV tai 400 kV kytkinlaitoksen kautta. Asiakkaan vastuulle jää mahdollisesti vaadittavien liittymisjohtojen suunnittelusta ja toteuttamisesta koituvat kustannukset. Sähköteknisten syiden takia teholtaan 250 MW ja sitä suuremmat liittymät on aina liitettävä 400 kV kytkinlaitoksen kautta. Alle 250 MW liittymät voidaan kytkeä 110 kV tai 220 kV kytkinlaitoksien kautta. /11/



Kuva 9. Verkko-liityntä kytkinlaitoksen kautta. /11/

5.2.2 Voimajohtoliityntä

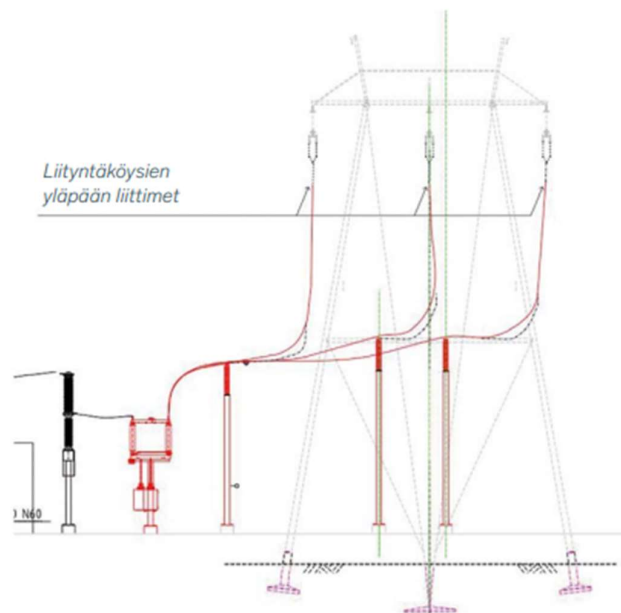
Suomen maantieteellisestä profiilista johtuen voimajohdot ovat pitkiä ja kytkinasemia on harvassa. Tapauskohtaisesti liittymisen suoraan 110 kV voimajohtoon on mahdollista, jos johtimen siirtokapasiteetti ja tekniset ehdot

täyttyvät. Voimajohdon siirtokapasiteetti pitää tarkistaa aina kantaverkkoyhtiötä eli Suomessa Fingridiltä. Käyttövarmuuden ylläpitämiseksi 220 kV ja 400 kV voimajohtoihin ei hyväksytä voimajohtoliityntöjä.

Voimajohtoliittymä toteutetaan kantaverkon 110 kV voimajohtoon sähköaseman tai haarajohdon avulla (kuva 10). Kantaverkkoon 110 kV voimalinjaan liitettyä koneellisesti ilmastoitua muuntajaa voi suurimmillaan kuormittaa 30 MW asti, eikä tätä kapasiteettia voi ylittää. Ilman koneellista ilmanvaihtoa muuntajan suurin sallittu nimellisteho on 25 MVA. Voimajohtoliityntää voi poikkeuksellisesti käyttää enintään 30 MW tuulivoimalaitoksissa, joissa verkkoon syötetty oikosulkuvirta ei ylitä yli 1,2 kertaisena voimalaitoksen nimellisvirta-arvoa. Tuotantoa liitettäessä kantaverkkoon on verkon suojauksen toimivuudesta oltava varmuus. Suojausperiaatteet on luokiteltu voimalaitoksen tyyppin ja tehon mukaan, ja ne löytyvät Fingridin asiakasliityntöjen relesuojauksen sovellusohjeesta. /11/

110 kV voimajohtoliityntä

Liittymispisteenä ja omistusrajana ovat asiakkaan liityntäköysien yläpäähän liittimet kantaverkon johdossa.



Kuva 10. Verkkoliityntä 110 kV voimajohdolle. /11/

5.2.3 Fingridin relesuojausohje tuotannon voimajohtoliitynnälle

Kantaverkon voimajohdot on suojattu häiriöiden varalta pikajälleenkytkennällä. Voimajohdon pikajälleenkytkennän onnistunut suorittaminen vaatii siihen kytketyn yli 1 MW voimalaitoksen erottamisen verkosta suojarelelaukaisun jälkeisenä jännitteettömänä väliaikana.

1–5 MW voimalaitoksille eroonkytkentäreleistys tehdään paikallisesti ja releistykseen tulee sisältää seuraavat komponentit. Ylä-, keski- tai generaattorijännitettä mittaavat ali- ja ylitaajuusreleet, 110 kV jännitettä mittaava $U_0 >$ -releen ja pitopiirin, joka päästää taajuusreleen laukaisun läpi, vaikka jännitereleen toimintaehto palautuisikin nopeasti.

Eroonkytkennän viestiyhteyttä (EVY) vaaditaan kaikilta 5–30 MW voimalaitoksilta. Eroonkytkennän viestiyhteyden avulla pystytään toteuttamaan voimalaitoksen etälaukaisu. Etälaukaisusignaali varmistetaan vastaanottoehdon kautta ja näin vältetään voimalaitoksen irtikytkentä inhimillisen virheen tai viestiverkon vian takia. Vastaanottoreleistys käsittää seuraavat komponentit: $3U <$ rele, joka toimii, jos yksikin pääjännite laskee alle asettelun, 110 kV jännitettä mittaava $U_0 >$ -rele ja pitopiiri, joka päästää taajuusreleen laukaisun läpi, vaikka jännitereleen toimintaehto palautuisikin nopeasti. /25/

5.3 Liitynnän suunnittelu

Sähköliittymää suunniteltaessa asiakas toimittaa laatimansa suunnitelmat ja tekniset tiedot Fingridille kommentointia varten. Hankkeissa, joissa liittyminen verkkoon vaatii voimajohdon rakentamista, on suunnittelu hyvä aloittaa mahdollisimman varhaisessa vaiheessa. Suunnitteluvaiheen edetessä tulee asiakkaan toimittaa Fingridille aluekartta, sijaintikoodit, sijoitus- ja leikkauspiirustukset, pääkaavio, maadoitukset, tiedot haarajohdosta, relesuojaustiedot ja viestiyhteystiedot.

Fingrid toimittaa suunnittelun tueksi asiakkaalle tiedot maasulku- ja oikosulkuvirroista sekä suojauksen perusvaatimuksista. Asiakas suunnittelee itse sähköliittymän Fingridiltä saamiensa tietojen ja vaatimusten mukaan, sekä vastaa omien sähköasemalaitteistojen asentamisesta. Fingridin vastuulle jää energiamittarin toimitus ja sähköenergian mittausta. /11, 26/

5.4 Toteutus ja käyttöönotto

Suunnitelmien hyväksymisen jälkeen liittymän rakentaminen voidaan aloittaa. Asiakkaan kustannettavaksi jää liittymän rakentaminen, käyttö ja kunnossapito. Liittymän rakentamisesta koituvista sähkönsiirron keskeytyksistä on sovittava mahdollisimman varhaisessa vaiheessa. Liittymän kytkentätarpeesta tulee tehdä ilmoitus vähintään 21 vuorokautta ennen aiottua kytkentäpäivää. Kantaverkon käyttöasiantuntijat varmistavat ja ilmoittavat asiakkaalle tarkan kytkentäpäivän. /27/

Asiakkaan asentamalle sähkölaitteistolle tehdään Fingridin toimesta käyttöönottokatselmus. Käyttökatselmuksen yhteydessä Fingridin käyttöasiantuntija tutustuu ja tarkistaa uuden liittymän niin, että se on toteutettu sovitulla tavalla. Jännite voidaan kytkeä laitteistoon, kun käyttöönottokatselmuksen pöytäkirja on valmis. /11/

5.5 Kantaverkkoon liittymisen kustannukset

Suomen lainsäädännön mukaan yli 2 MW tuotantolaitosten on itse kustannettava verkon vahvistamiseen liittyvät kustannukset, jotka yksinomaan rakennetaan uutta tuotantolaitosta varten. Verkkoyhtiöön on hyvä olla yhteydessä siis jo hankkeen suunnitteluvaiheessa, jotta verkon vahvistamisesta koituvista kustannuksista saadaan selvyys projektin alkuvaiheessa. Suurille tuulivoimapuistoille kustannuksista harvoin muodostuu estettä, mutta pienten ja keskikokoisten alle 20 MW puistojen kohdalla kustannukset voivat kohota kohtuuttoman korkeiksi. /28/

Fingrid veloittaa uusista kantaverkkoliitymistä kiinteän liittymismaksun ja se sisältää liittymissopimuksessa mainitun siirtokapasiteetin siirto-oikeuden kantaverkkoon (kuva 11). Maksut perustuvat kantaverkon rakentamiseen toteutuneista kuluista.

Jakeluverkkoyhtiöiden liittymismaksut vaihtelevat sijainnin ja jakeluverkkoyhtiön mukaan. /29/

Kantaverkon liittymismaksut 2020

Liittyminen nykyiseen 400 kV kytkinlaitokseen:	2,0 M€
Liittyminen nykyiseen 220 kV kytkinlaitokseen:	1,2 M€
Liittyminen nykyiseen 110 kV kytkinlaitokseen:	0,6 M€
<p>> Mikäli liityntää varten rakennetaan uusi kantaverkon kytkinlaitos, vastaa liittyjä kytkinlaitoksen rakentamiskustannuksista kokonaisuudessaan.</p>	
Liittyminen kantaverkon 110 kV voimajohtoon:	0,6 M€

Kuva 11. Fingridin hinnasto kantaverkkoliitymälle 2020. /29/

6 VOIMAJOHDON SUUNNITTELUPROSESSI

6.1 Voimajohdon suunnitteluun vaikuttavat tekijät

Voimajohtosuunnitteluun vaikuttavat monet eri tekijät aina paikalliselta tasolta valtakunnalliseen tasoon asti. Voimajohtohankkeet identifioidaan sähköverkon kehitystarpeen perusteella eri toimijoiden toimesta. Suunnittelussa pyritään ottamaan huomioon jo aikaisessa vaiheessa kaikki voimajohtohankkeen reitillä sijaitseva vakituinen asutus, loma-asutus, luontoarvot, maisema-alueet, muinaismuistot, kulttuuriperintöalueet ja rakennusperintörekisteriin kirjatut rakennukset. Valtioneuvoston päätöksessä Valtakunnallisista maankäyttötavoitteista 14.12.2000 on kirjattuna, että suunnittelussa tulee pyrkiä hyväksikäyttämään ensisijaisesti jo olemassa olevia johtokäytäviä. Muuten voimajohtoreitin suunnittelua ohjaa käytännössä siihen kohdistuva ympäristölainsäädäntö ja voimajohtoreitillä sijaitsevat yllä mainitut tekijät. /30, 31/

Vaikka suunnittelussa pyritään löytämään teknistaloudellisesti järkevin vaihtoehto toteuttaa hanke mahdollisimman pienillä ympäristövaikutuksilla, niin joissain tapauksissa kaikkia tekijöitä ei aina pystytä huomioimaan niille säädettyjen ehtojen ja suojaetäisyyksien mukaisesti. Poikkeaminen suunnitteluperiaatteista monimutkaistaa kuitenkin prosessia, kustannukset nousevat ja hankkeen valmistuminen saattaa viivästyä toteutettavien lisäselvitysten ja poikkeamien vaatimien lupaprosessien kautta. Huolellisella suunnittelulla pystytäänkin vähentämään hankkeesta koituvia ympäristövaikutuksia, välttämään ylimääräisiä kuluja ja varmistamaan hankkeen toteuttamiskelpoisuus. /30, 31/

6.2 Voimajohdon suunnittelun menetelmät

Voimajohtosuunnittelua tehdään monella eri tasolla Suomessa. Valtakunnallisen sähkönsiirtotarpeen mukaiset kantaverkon voimajohdot ja rakennussuunnitelmat ovat merkittynä maakunta-, yleis- ja asemakaavoihin.

Fingrid kehittää ja suunnittelee Suomen kantaverkkoa jatkuvasti tulevaisuuden energiansiirtotarpeita ennustaen. Viimeisimmässä verkkovisio julkaisussa käsitellään Suomen kantaverkon kehittymisvaihtoehtoja ja tulevaisuuden energian tuotantomuotoja, millä pystyttäisiin saavuttamaan Suomen hallituksen asettamat tavoitteet hiilineutraalista Suomesta 2035. /32/

Kantaverkkoon kuulumattomia voimajohtohankkeita suunnitellaan jatkuvasti tuulivoimaa ja muita energian tuotantomuotoja kehittävien yritysten sekä siirto- ja jakeluverkoista vastaavien sähköyhtiöiden toimesta. /32, 33/

6.3 Paikkatieto voimajohdon reittisuunnittelussa

6.3.1 Paikkatietoa käsittelevät suunnitteluohjelmat

Suunnittelun apuna käytetään paikkatietoaineistoja sekä niiden käsittelyyn tarkoitettuja karttaohjelmia, kuten QGIS ja ArcGIS. QGIS-karttaohjelma on avoimeen lähdekoodiin perustuva ilmainen paikkatietoa käsittelevä ohjelmisto, kun taas ArcGIS on maksullinen. /34/

Paikkatieto-ohjelmat käsittelevät paikkatietoaineistoja topologisessa ympäristössä. Topologia muodostuu kerrosmaisesti rakentuvista tasoista. Topologisessa järjestyksessä alimpana oleva paikkatieto esitetään käyttöliittymässä alimpana tasona. Käytössä on useita eri koordinaattijärjestelmiä, kuten WGS84 ja EUREF-FIN. Koordinaattijärjestelmä määrittelee paikkatiedon sijoittumisen ja siksi onkin tärkeää, että paikkatieto ja ohjelmassa käytetty koordinaattijärjestelmä ovat samoja. WGS84 on käytössä GPS sovelluksissa ja Googlen karttapalvelussa. EUREF-FIN on Suomessa käytetty yleinen koordinaattijärjestelmä. /35, 36/

6.3.2 Paikkatietoaineisto

Paikkatietoaineisto sisältää kohteensa tietoja ja kohteen sijainnin. Paikkatiedot voivat sisältää esimerkiksi yhteiskunnan infraa, maastotietoja ja erillisiä alueellisia

kokonaisuuksia, kuten kansallispuistoja ja yhteiskuntarakenteita. Paikkatiedolla voidaan kuvata myös ilmiöitä ja erilaisia toimintoja. Paikkatietoaineistosta on hyötyä ainoastaan silloin, kun se on viimeisimmän tiedon mukaista, siksi paikkatiedon lähteen tulee olla luotettava. /37, 38, 39, 40/

Paikkatietoaineistoa on saatavilla rasteri- ja vektorimuotoisena, joista molemmat sisältävät erilaista paikkatietoa. Rasteriaineistot ovat pikselimuotoista dataa. Yleisimpiä rasterimuotoisia paikkatietoaineistoja ovat kartat, ilmakuvat ja maaston korkeustiedot. Vektorianeistot ovat pisteitä, viivoja tai polygoneja. Pistemäinen paikkatieto voi esittää esimerkiksi mitä tahansa paikkaa tai esiintymää. Viivamainen paikkatieto voi esimerkiksi esittää hallinnollisia alueita tai kiinteistöjen rajoja. Polygon eli monikulmion muotoinen paikkatieto voi esittää mitä tahansa aluetta. /39, 41, 42/

6.3.3 Paikkatietoaineistojen avoimia lähteitä

Suunnittelun apuna käytetään eri virastojen ja laitosten ylläpitämää paikkatietoaineistoa. Monet aineistoista ovat ilmaisia ja ne ovat julkisesti saatavilla kaikille. Alla on lueteltuna eri tahojen ylläpitämiä avoimia paikkatietoaineistoja.

Suomen ympäristökeskuksen (SYKE) ylläpitämän avoimen LAPIO-karttakäyttöliittymän kautta voidaan ladata avointa tietoa ja dataa kestävään ympäristö- ja yhteiskuntarakentamiseen. /38/

Maanmittauslaitoksen (MML) ylläpitämästä avoimesta latauspalvelusta voidaan ladata esimerkiksi maanmittauslaitoksen karttoja, ilmakuvia, tietoa kiinteistönmuodostuksesta sekä maastotietokanta-aineisto, joka sisältää esimerkiksi kaikki alueen suot, pellot, maanottoalueet, sähköjohdot, tiet, asutuksen, jne. /39/

Suomen museoviraston kotisivuilta on ladattavissa avointa aineistoa suunnittelu- ja tutkimuskäyttöön. Aineistot pitävät sisällään kulttuuriympäristöjen tietoaaineistot ja muinaismuistolain mukaiset kohteet. /43/

6.4 Voimajohdon suunnittelun vaiheet

Voimajohtohankkeen esisuunnittelu voidaan aloittaa, kun mahdolliset liittymispisteet ovat selvinneet. Voimajohtoreitille muodostetaan esisuunnitteluvaiheessa vaihtoehtoisia reittejä mahdollisiin liittymispisteisiin. Esisuunnitelman tarkoitus on käsitellä erilaisia reittivaihtoehtoja, niiden ympäristövaikutuksia ja arvioituja kustannuksia. Voimajohtohankkeen esisuunnittelun perusteella valitaan toteutettava voimajohtoreitti, jonka jälkeen toteutetaan tarvittavat ympäristöselvitykset tai mahdollinen YVA-menettely. Kun maastontutkimuslupa on myönnetty ja ympäristöselvitykset tai mahdollinen YVA-menettely on valmistunut, voidaan aloittaa voimajohtoreitin yleissuunnittelu. Yleissuunnittelun aikana suoritetaan maastotutkimuksia, suunnitellaan pylväsrakenteet ja merkitään pylväiden paikat. /44/

Tämän opinnäytetyön tutkimusosuudessa (liite 1. Esiselvitys Salolan tuulivoimapuiston voimajohtoreitin sijoituksesta) on käsitelty Salolan tuulivoimapuiston sähkönsiirron toteuttamisvaihtoehtoja. Esisuunnitelma pitää sisällään neljä eri reittivaihtoehtoa ja niiden varrella sijaitsevia suunnitteluhaasteita ja toteuttamisen kustannusarvioita. Liitteessä käsitellään vielä erikseen voimajohtohankkeen esisuunnitteluun vaikuttavia tekijöitä, menetelmiä ja aineistoja. /46/

7 VOIMAJOHTOHANKKEEN LUPAPROSESSI

7.1 Voimajohdon rakentamista koskeva ympäristölainsäädäntö

Sähköverkon kehittäminen ja rakentaminen on sidottu Sähkömarkkinalain 9 §:n mukaan, jossa verkonhaltijan velvollisuuksista todetaan seuraavalla tavalla; ”Verkonhaltijan tulee pyynnöstä ja kohtuullista korvausta vastaan liittää verkkoonsa tekniset vaatimukset täyttävät sähkönkäyttöpaikat ja sähköntuotantolaitokset toiminta-alueellaan (liittämisvelvollisuus).” Liittämisvelvollisuus edellyttää, joka tapauksessa sähköverkonhaltijalta melko monimutkaista lupamenettelyä. Lupamenettelyä vaaditaan, koska voimajohdon rakentaminen vaatii poikkeuksetta lunastusluvan kautta tapahtuvaa maa-alueiden pakkolunastusta ja käyttöoikeuden rajoittamista määräämättömän ajan eteenpäin. /31, 47/

7.2 Ympäristöselvitys

110 kV voimajohdon rakentamisen lupamenettely on hieman kevyempi kuin 220 kV ja 400 kV voimajohtojen. 110 kV voimajohdon rakentaminen ei yleensä vaadi ympäristövaikutusten arviointimenettelyä, kuten suurempi jännitteisillä johdoilla, vaan ympäristövaikutuksia arvioidaan teetettävän ympäristöselvityksen perusteella. /31/

Voimajohtojen rakentaminen perustuu osittain edelleen 19.4.2004 Energiamarkkinaviraston julkaisemaan ohjeeseen ”110 kV sähköjohdon rakentamislupa – neuvottelumenettely ja ympäristöselvitys”. Ohjetta on päivitetty viimeksi 20.12.2006. Kyseisessä ohjeessa määritellään ympäristöselvityksen sisältö. Ympäristöselvitys on mahdollista tehdä myös verkkoa rakentavan tahon toimesta, jos yrityksellä on tarvittavaa ympäristöosaamista ja hankkeen koko ja tyyppi sen mahdollistavat. Ympäristöselvitys voidaan aloittaa reittivaihtoehdon varmistuttua ja liittymispisteen vaatimien teknisten ratkaisujen selvittyä. /47/

Ympäristöselvityksen tulee sisältää seuraavat asiat:

- Hankkeen perustiedot, jotka sisältävät hankkeen nimen ja yhteyshenkilöiden yhteystiedot.
- Hankkeen, pylvästyyppien ja johtorakenteiden kuvaus sekä tilantarve.
- Johtoreitin alueellinen tarkastelu, joka pitää sisällään muut hankkeet ja niiden aikataulut kyseisellä alueella. Mahdolliset yhteisvaikutukset tulee myös selvittää.
- Voimajohtoreitin soveltuvuus alueen maankäytöllisiin tavoitteisiin ja kaavoitukseen.
- Johtoreitin vaikutukset suojeltuihin ja arvokkaisiin alueisiin.
- Maisemalliset vaikutukset paikallisella, maakunnallisella ja valtakunnallisella tasolla.
- Selvityksessä käytetyn aineiston lähteet. /47/

7.3 Ympäristövaikutusten arviointimenettely, YVA

Ympäristövaikutusten arviointimenettelyllä pystytään varmistamaan hankkeen ympäristövaikutusten ja ihmisten kohdistuvien vaikutusten arviointi riittävällä tasolla, kun hankkeen kokoluokka tai ympäristövaikutukset oletetaan merkittäviksi. YVA-menettelyssä selvitetään sen hetkisen lainsäädännön mukaan muun muassa voimajohtohankkeen reitillä sijaitsevat uhanalaiset kasvi- ja eläinlajit, luonnonsuojelualueet, luonnonsuojelu- ja metsälain mukaiset kohteet, alueen kaavoitus, maakuntakaavamerkinnät ja muinaismuistolain mukaiset kohteet. YVA-menettelyn tulee myös sisältää hankkeen vaikutusalueilla tehtävät maastotutkimukset, kuten arkeologiset selvitykset ja luontoselvitykset. /31, 48/

Ympäristövaikutusten arviointimenettelyä valvotaan ja ohjataan ELY-keskuksien toimesta, mutta vaadittavien selvitysten toteuttaminen ja kustannukset jäävät

hanketta toteuttavan tahon vastuulle. YVA-menettely toteutetaan kahdessa vaiheessa. Ensimmäisessä vaiheessa hankevastaavana toimiva taho toimittaa arviointiohjelman, missä käsitellään hankkeen eri toteutusvaihtoehtoja ja suunnitellaan toteutettavia vaikutusten arviointeja. Toisessa vaiheessa hankevastaava luovuttaa hankkeen arviointiselostuksen, missä on käsitelty toteutettujen arviointien tuloksia. /31, 46/

Mikäli voimajohdon jännitetaso on vähintään 220 kV ja voimajohtoreitin pituus vähintään 15 kilometriä, hankkeeseen sovelletaan YVA-menettelyä YVA-aseuksen 5 §:n mukaisesti. Alueellinen ELY-keskus voi kuitenkin esittää YVA-menettelyn vaatimista Ympäristöministeriölle niistäkin hankkeista, mitkä eivät kuulu määriteltyjen kriteerien puolesta YVA-lain piiriin (Laki ympäristövaikutusten arviointimenettelystä 252/2017 4§, 6 §. Valtioneuvoston asetus ympäristövaikutusten arviointimenettelystä 277/2017 6 §). /49/ /50/ Tällaisesta hankkeelta vaadittavasta harkinnanvaraisen YVA-menettelyn soveltamisesta tulee sopia neuvottelumenettelyssä paikallisen ELY-keskuksen kanssa, joka toimii YVA-menettelyn yhteysviranomaisena. Mikäli hankkeelta vaaditaan YVA-menettelyä, tulee hankkeen toimijan laatia ympäristöselvitykset YVA-lain ja asetuksen mukaisesti ja YVA-selostus tulee olla liitettynä energiamarkkinavirastolle toimitettavaan voimajohtohanketta koskevaan lupahakemukseen /49, 51/

7.4 Voimajohtohankkeelta vaadittavat luvat

7.4.1 Voimajohdon rakennuslupa

Suomen sähkömarkkinalaissa (588/2017) 14 § todetaan, että vähintään 110 kV voimajohtimen rakentaminen vaatii hankeluvan hakemista Energiavirastolta, joka on Suomen sähkömarkkinaviranomainen. Valtion rajan ylittävä vähintään 110 kV voimajohtimen rakentamiseen lupaa pitää hakea suoraan työ- ja elinkeinoministeriöltä. Luvan saamiseksi tulee sähköjohdon rakentaminen pystyä perustelemaan sähkön siirron turvaamisella tai valtion rajaa ylitettäessä, että hanke

on sähkömarkkinoiden edistyksen kannalta asianmukainen. Rakennusluvassa ei voimajohtimen reittiä ole määritelty eikä luvan myöntäminen edellytä 17 §:n mukaista voimajohtimen reitin aluevarausta tai kunnan suostumusta.

Sähkömarkkinalain (588/2017) 17 §:n mukaan vähintään 110 kV voimajohdon rakentaminen vaatii kunnan suostumuksen, jos voimajohtoa ollaan rakentamassa muualle kuin kaavassa varatulle alueelle tai jos aluevarausta ei kaavassa ole. /43/

7.4.2 Lunastus- ja tutkimuslupa

Voimajohtimen rakentamiseen vaadittava lunastuslain (5.5.2017/264) 5 §:n mukaisen lunastusluvan myöntää valtioneuvosto yleisistunnossaan. Jos lunastuslupaa ei vastusteta tai kysymys on vähemmän tärkeästä yleisen tai yksityisen edun lunastuksesta, niin lupahakemuksen käsittelee Maanmittauslaitos.

Lunastuslain (5.5.2017/264) 9 §:n 4 momentissa todetaan:

”Jos lunastus tapahtuu voimansiirtolinjan, maakaasuverkoston tai muun näihin verrattavan yrityksen rakentamista varten, voidaan kiinteän omaisuuden omistajien ja käyttöoikeuden haltijoiden kuuleminen järjestää siten, että hakija varaa niille omistajille ja haltijoille, joiden etua ja oikeutta asia koskee, mahdollisuuden lausua mielipiteensä hankkeesta kussakin kunnassa järjestettävässä kokouksessa. Jos hakemuksessa tarkoitettu yritys koskee jonkin kunnan aluetta vain vähäiseltä osin, voidaan tällaisessa kunnassa sijaitsevan kiinteän omaisuuden omistajien ja käyttöoikeuden haltijoiden kuuleminen kuitenkin järjestää samalla kertaa toisessa kunnassa järjestettävässä kokouksessa. Kokouksesta on annettava tieto kussakin kunnassa sillä tavoin kuin kunnalliset ilmoitukset kunnassa julkaistaan. Kokouksen pöytäkirja on liitettävä lunastushakemukseen. Kuultavalle, joka haluaa liittää kirjallisen lausumansa pöytäkirjaan, on varattava siihen mahdollisuus kokouksessa, tai jos hän sitä vaatii, kokouksen jälkeen määräjassa, joka ei saa olla 14 päivää lyhyempi.”

Lunastusluvasta tulee selvittää, mitä omaisuutta lunastuslupa koskee. Vähemmän tärkeiltä osiltaan voidaan lunastuksen kohde jättää myös lunastustoimituksessa

määrättäväksi, jos lunastus koskee 4 §:n momentissa mainittua voimajohtimen rakentamiseen lunastettavia alueita. /35/

Tutkimuslupa voidaan myöntää lunastuksen kohteeksi joutuvan alueen tutkimiseen ennen lunastuksen toimeenpanemista. Tutkimus tulee suorittaa varoen ja siinä tulee välttää tarpeettomien haittojen ja vahinkojen syntymistä. Tutkimusluvan myöntää Maanmittauslaitos. /52/

7.4.3 Lunastustoimitus

Lunastuslaki oikeuttaa hankkimaan omistus- tai käyttöoikeuden maa- tai vesialueeseen ja rajoittaa kiinteistön käyttöoikeuksia. Voimalinja- ja maakaasuputkilunastukset toteutetaan käyttöoikeuden lunastamisena tiettyyn alueeseen. Molemmissa tapauksissa lunastajana toimii energia-alan yritys. Lunastus perustuu lunastuslupaan, jota haetaan valtioneuvostolta tai Maanmittauslaitokselta. Lunastusluvan hakijan tulee itse kuulla asianosaisia kirjallisesti tai erikseen järjestetyssä kuulemiskokouksessa ennen kuin lunastuslupahakemus käsitellään. Luonnonsuojelualueilla ja Natura2000 -alueilla lunastusluvan myöntää ympäristöministeriö. /15, 53/

Vähemmän tärkeät lunastettavat kohteet, joista ei ole valitettu, käsitellään lunastustoimikunnan kokouksissa. Lunastustoimitus toteutetaan kolmessa eri vaiheessa ja ne ovat alkukokous, arviointikatselmus ja loppukokous. Toimituksesta ilmoitetaan kirjeellä, jonka lisäksi kutsu voidaan julkaista esimerkiksi sanomalehdessä.

Kiireellisissä tapauksissa lunastettava omaisuus on mahdollista saada käyttöön jo lunastustoimituksen alettua. Ennen kuin ennakkohaltuunotto voidaan toteuttaa, on pidettävä katselmus lunastettavan omaisuuden luetteloimiseksi. /15, 53/

7.4.4 Lunastustoimituksen korvaukset

Lunastettavasta omaisuudesta koituvista taloudellisista menetyksistä maksetaan yleensä käyvän hinnan korvaus. Myös ne, joilta ei lunasteta omaisuutta, voivat saada korvausta kärsimistään haitoista ja vahingoista. Kaikkien asianosaisten tulee esittää omat korvausvaatimuksensa, koska lunastustoimikunnan on vaikea tuntea kaikkia menetyksiä, mitä lunastuksesta koituu. /53, 54/

Ennakkohaltuunottoa koskeissa korvauksissa ne määräytyvät haltuunottoajankohdan mukaan. Lunastustoimituksesta maksettavat korvaukset määräytyvät viimeisen kokouksen ajankohdan hintatason mukaan. Loppukokouksessa julistetaan myös päätös lunastuksesta ja siitä selviää lunastettava omaisuuskorvauksineen. Jos lunastustoimitukseen ollaan tyytymättömiä, voivat asianosaiset valittaa siitä maa- ja metsätalouden 30 päivän kuluessa. /53, 54/

Kun lunastustoimitus on valmis ja korvaukset maksettu voi hakija ottaa lunastettavan omaisuuden haltuunsa. Lunastustoimituksesta tehdään merkinnät myös kiinteistörekisteriin, kun toimitus katsotaan päättyneeksi. /53, 54/

LÄHDELUETTELO

- /1/ Suomen luonto. Tuulen syntyminen. <https://suomenluonto.fi/uutiset/miten-tuuli-syntyy> viitattu 22.4.2020
- /2/ Tuuliatlas. Suomen tuuliolosuhteet. <http://www.tuuliatlas.fi/tuulisuus/index.html> viitattu 22.4.2020
- /3/ Tuulivoimayhdistys. Tuulivoimahankkeet. <https://www.tuulivoimayhdistys.fi/hankelista> viitattu 23.4.2020
- /4/ Etha Wind. Suomen tuulivoimapuistot. <https://www.ethawind.com/suomen-tuulivoimapuistot/> viitattu 23.4.2020
- /5/ YLE. <https://yle.fi/uutiset/3-11045496> viitattu 28.4.2020
- /6/ Tekniikka & Talous. Tuulivoima jyllää Suomessa. <https://www.tekniikkatalous.fi/uutiset/tuulivoima-jyllaa-suomessa-suunnittelupoydilla/cdc2fb9c-af15-4a21-8e62-dc04560d9427> viitattu 28.4.2020
- /7/ Fingrid. Pohjoismainen sähköjärjestelmä. <https://www.fingrid.fi/kantaverkko/sahkonsiirto/pohjoismainen-sahkojarjestelma-ja-liitynnat-muihin-jarjestelmiin/> viitattu 28.4.2020
- /8/ STUK. Sähkön siirto ja jakelu. <https://www.stuk.fi/aiheet/sahkonsiirto-ja-voimajohto/sahkonsiirto-ja-jakelu> viitattu 28.4.2020
- /9/ Fingrid. Suomen sähköjärjestelmä. <https://www.fingrid.fi/kantaverkko/sahkonsiirto/suomen-sahkojarjestelma/> viitattu 28.4.2020
- /10/ Wikipedia. Suomen sähköverkko. <https://fi.wikipedia.org/wiki/S%C3%A4hk%C3%B6verkko> viitattu 4.5.2020
- /11/ Fingrid. Kantaverkkoon liittyjän opas. https://www.fingrid.fi/globalassets/dokumentit/fi/palvelut/kulutuksen-ja-tuotannon-liittaminen-kantaverkkoon/kantaverkkoon-liittyjan-opas_fi_final-id-138816.pdf viitattu 13.5.2020
- /12/ Fingrid. Metsälinja. <https://www.fingrid.fi/sivut/ajankohtaista/tiedotteet/2019/metsalinjan-urakka-jatkuu/> viitattu 30.4.2020
- /13/ Fingrid. Kantaverkon laajentaminen. <https://www.fingrid.fi/kantaverkko/kehittaminen/Kantaverkon-laajeneminen/> viitattu 30.4.2020
- /14/ STUK. Voimajohtojen sähkökentät. <https://www.julkari.fi/bitstream/handle/10024/134763/stuk-tr25.pdf?sequence=1&isAllowed=y> viitattu 28.4.2020
- /15/ Maanmittauslaitos. Voimajohtoalueen lunastus. https://www.maanmittauslaitos.fi/sites/maanmittauslaitos.fi/files/old/e1061_voimajohtoalueen_lunastus_0114.pdf viitattu 22.5.2020
- /16/ Fingrid. Sähkötase. <https://www.fingrid.fi/sahkomarkkinat/tasepalvelut/taseselvitys/> viitattu 29.4.2020
- /17/ Fingrid. Tasemallin kuvaus. <https://www.fingrid.fi/sahkomarkkinat/tasepalvelut/tasemallin-kuvaus/> viitattu 29.4.2020

- /18/ Fingrid. Tuulivoimaesite.
https://www.fingrid.fi/globalassets/dokumentit/fi/julkaisut/fingrid_tuulivoimaesite.pdf viitattu 29.4.2020
- /19/ Fingrid. Tuulivoiman kasvu haastaa verkon suunnittelijat.
<https://www.fingridlehti.fi/tuulivoima-verkon-suunnittelijat/> viitattu 29.4.2020
- /20/ Fingrid. Kantaverkon kehittäminen. 29.4.2020
- /21/ Fingrid. Kantaverkon kehittämissuunnitelma 2017-2027.
<https://www.fingrid.fi/globalassets/dokumentit/fi/kantaverkko/kantaverkon-kehittaminen/kantaverkon-kehittamissuunnitelma-2017-2027.pdf> viitattu 30.4.2020
- /22/ Fingrid. Tuulivoimalaitoksen tehon korottaminen.
<https://www.fingrid.fi/globalassets/dokumentit/fi/palvelut/kulutuksen-ja-tuotannon-liittaminen-kantaverkkoon/tuulivoimalaitoksen-tehonkorotuksen-vaatimukset-ja-menettelytavat.pdf> viitattu 5.5.2020
- /23/ Fingrid. YLE2017
<https://www.fingrid.fi/globalassets/dokumentit/fi/palvelut/kulutuksen-ja-tuotannon-liittaminen-kantaverkkoon/yleiset-liittymisehdot-yle2017.pdf> viitattu 5.5.2020
- /24/ Fingrid. VJV2018
<https://www.fingrid.fi/globalassets/dokumentit/fi/palvelut/kayttovarma-sahkonsiirto/vjv2018.pdf> viitattu 30.4.2020
- /25/ Fingrid. Relesuojausohje.
https://www.fingrid.fi/globalassets/dokumentit/fi/palvelut/sahkomarkkinainformatio/kantaverkon-ja-asiakasliityntojen-relesuojausohje_final.pdf viitattu 13.5.2020
- /26/ Fingrid. Liittyminen kantaverkkoon.
<https://www.fingrid.fi/kantaverkko/liitynta-kantaverkkoon/> viitattu 13.5.2020
- /27/ Fingrid. Verkkoliitynnän kytkenä.
<https://www.fingrid.fi/kantaverkko/liitynta-kantaverkkoon/#kytkenta> viitattu 14.5.2020
- /28/ Tuulivoimayhdistys. Sähkö sopimukset.
<https://www.tuulivoimayhdistys.fi/tietoa-tuulivoimasta/tietoa-tuulivoimasta/tuulivoimahanke/sahkosopimukset> viitattu 30.4.2020
- /29/ Fingrid. Liittymismaksut.
<https://www.fingrid.fi/globalassets/dokumentit/fi/palvelut/kayttovarma-sahkonsiirto/kantaverkon-liittymismaksut-2020.pdf> viitattu 14.5.2020
- /30/ Valtioneuvosto. Valtioneuvoston päätös valtakunnallisista alueidenkäyttöä-voitteista 17.12.2017.
<https://valtioneuvosto.fi/paatokset/paatos?decisionId=0900908f80577688> viitattu 27.1.2021
- /31/ J.Elovaara & L.Haarla. Sähköverkot 1. s458-459 viitattu 27.1.2021
- /32/ Fingrid. Verkkovisio 2035.
https://www.fingrid.fi/globalassets/dokumentit/fi/sahkomarkkinat/fingrid_verkkovisio.pdf viitattu 27.1.2021
- /33/ Suomen Valtioneuvosto. Hallitusohjelma 2035.
<https://valtioneuvosto.fi/marinin-hallitus/hallitusohjelma/hiilineutraali-ja-luonnonmonimuotoisuuden-turvaava-suomi> viitattu 27.1.2021

- /34/ Suomen tilastokeskus. Paikkatieto-ohjelmat
https://tilastokoulu.stat.fi/verkkokoulu_v2.xml?course_id=tkoulu_teemak&lesson_id=1&subject_id=3&page_type=sisalto viitattu 28.1.2021
- /35/ QGIS-karttaohjelma Topologia.
https://docs.qgis.org/3.16/en/docs/gentle_gis_introduction/topology.html viitattu 14.2.2021
- /36/ OuluGIS. Paikkatiedot ja koordinaattijärjestelmä.
<https://www oulu.fi/oulugis/fi/koordinaattijarjestelmat.html> viitattu 14.2.2021
- /37/ Suomen tilastokeskus. Paikkatieto.
<https://www.stat.fi/meta/kas/paikkatieto.html#:~:text=Paikkatieto%20on%20tieto a%20kohteesta%2C%20jonka,tai%20ilmi%C3%B6t%C3%A4%2C%20jolla%20 on%20sijainti.> viitattu 14.2.2021
- /38/ Suomen Ympäristökeskus. Paikkatiedot. https://www.syke.fi/fi-FI/Avoin_tieto/Paikkatietoaineistot viitattu 14.2.2021
- /39/ Suomen maanmittauslaitos. Latauspalvelu.
<https://www.maanmittauslaitos.fi/asioi-verkossa/avoimien-aineistojen-tiedostopalvelu> viitattu 27.1.2021
- /40/ Maanmittauslaitos. Paikkatietojen ja karttakäyttöliittymien käytettävyys.
<https://www.maanmittauslaitos.fi/tutkimus/teematietao/paikkatietojen-kaytettavyys> viitattu 27.1.2021
- /41/ Maanmittauslaitos, tuotekuvaukset
<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20170277> viitattu 27.1.2021
- /42/ Paikkaoppi. Rasteri ja vektorimuotoinen paikkatietoaineisto
<https://www.paikkaoppi.fi/fi/rasteri-ja-vektorimuotoinen-paikkatietoaineisto/> viitattu 27.1.2021
- /43/ Suomen museovirasto. Kulttuuriympäristön paikkatietoaineisto.
<https://www.museovirasto.fi/fi/palvelut-ja-ohjeet/tietojarjestelmat/kulttuuriympariston-tietojarjestelmat/kulttuuriympaeristo-en-paikkatietoaineistot> viitattu 28.1.2021
- /44/ Fingrid. Näin etenee voimajohtohanke.
https://www.fingrid.fi/globalassets/dokumentit/fi/julkaisut/fingrid_nain_etenee_voimajohtohanke_2020.pdf viitattu 28.1.2021
- /46/ ELY. Ympäristövaikutusten arviointimenettely. <https://www.ely-keskus.fi/ymparistovaikutusten-arviointi> viitattu 28.1.2021
- /47/ Energiamarkkinavirasto. Energiamarkkinaviraston ohje "110 kV sähköjohdon rakentamislupa - neuvottelumenettely ja ympäristöselvitys".
<https://docplayer.fi/1984038-Ohje-19-4-2004-110-kv-sahkojohdon-rakentamislupa-neuvottelumenettely-ja-ymparistoselvitys.html> (Päivitetty 20.12.2006) viitattu 28.1.2021
- /48/ L 17.6.1963/295 Muinaismuistolaki. Finlex.
<https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1963/19630295> viitattu 29.1.2021
- /49/ L 252/2017 Laki ympäristövaikutusten arviointimenettelystä. Finlex.
<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20170252> viitattu 29.1.2021
- /50/ L 5.5.2017/264. Laki kiinteän omaisuuden ja erityisten oikeuksien lunastuk-sesta. Finlex. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1977/19770603> viitattu 22.5.2020

/51/ A 277/2017 Valtioneuvoston asetus ympäristövaikutusten arviointimenettelys-tä <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20170277> viitattu 29.1.2021

/52/ L 588/2013 Sähkömarkkinalaki. Finlex. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2013/20130588?search%5Btype%5D=pika&search%5Bpika%5D=L%20386%2F1995%20> viitattu 7.5.2020 viitattu 22.5.2020

/53/ Lunastus ja korvaustoimitukset. https://www.maanmittauslaitos.fi/sites/maanmittauslaitos.fi/files/attachments/2019/09/14_Lunastus_ja_korvaustoimitukset%202019-09.pdf viitattu 22.5.2020

/54/ Maanmittauslaitos. Lunastustoimitus. https://www.maanmittauslaitos.fi/sites/maanmittauslaitos.fi/files/old/e1007_lunastustoimitus.pdf viitattu 22.5.2020