



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Lumi Tuominen

PAIKKATIETOJÄRJESTELMIEN HYÖDYNTÄ-
MINEN SÄHKÖNSIIRTOVERKON NYKYTILAN
JA KEHITYSSUUNNITELMIEN
SELVITYKSESSÄ

Tekniikka
2021

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Lumi Tuominen
Opinnäytetyön nimi	Paikkatietojärjestelmien hyödyntäminen sähkösiirtoverkon nykytilan ja kehityssuunnitelmien selvityksessä
Vuosi	2021
Kieli	suomi
Sivumäärä	46
Ohjaaja	Asseri Laitinen

Opinnäytetyön aiheena oli selvittää sähkösiirtoverkon nykytila ja kehityssuunnitelmat paikkatietojärjestelmiä hyödyntäen Pohjanmaan, Keski-Pohjanmaan, Etelä-Pohjanmaan ja Pohjois-Savon maakuntien osalta. Opinnäytetyö on osa projektia, jonka tarkoituksena on toteuttaa taustaselvitystä maakuntakaavojen luomiseen, joista on hyötyä uusien tuulivoimapuistojen sijaintien suunnittelussa. Tuulivoimapuiston sijainti tulisi suunnitella niin, että uuden sähkölinjan pituus olisi mahdollisimman lyhyt, jotta tuulivoimapuisto olisi mahdollisimman kannattava. Opinnäytetyön toimeksiantaja oli FCG Finnish Consulting Group Oy.

Tässä työssä käytettiin avoimia aineistoja sähkösiirtoverkon nykytilan ja kehityssuunnitelmien selvityksessä. Kehityssuunnitelmien selvittämiseksi haastateltiin myös sähköverkkoyhtiöiden edustajia, jotta myös suunnittelussa olevat sähkösiirtoverkot ja mahdollinen vapaa sähkösiirtokapasiteetti voitiin ottaa mukaan tarkasteluun.

Opinnäytetyön tuloksena saatiin paikkatietoaineisto, jossa on koottuna nykyinen sähkösiirtoverkko edellä mainittujen maakuntien osalta. Aineistosta näkee voimalinjojen omistajat ja sijainnin, sekä sähkösiirtokapasiteetin. Sähkösiirtoverkon kehityssuunnitelmien tietoja voidaan myös hyödyntää aiemmin mainitussa FCG:n projektissa. Kehityssuunnitelmatietojen pohjalta muodostettiin karttakuvat, joista näkyy suunniteltu kehitystyö, sen sijainti ja suunniteltu toteutusvuosi. Aineistoja hyödynnetään maakuntakaavojen taustaselvityksenä tuulivoimarakentamisen näkökulmasta, jolloin muodostetun sähkösiirtoaineiston lisäksi otetaan huomioon muun muassa alueiden tuulen voimakkuus, linnuston muuttoreitit, yhdyskuntarakenne, asumisviihtyisyys, virkistyskäyttö sekä maisemavaikutukset. Näillä tiedoilla voidaan selvittää, missä potentiaaliset tuulivoima-alueet sijaitsevat.

Avainsanat Paikkatieto, paikkatietojärjestelmä, sähkösiirtoverkko, voimajohto, tuulivoimapuisto

ABSTRACT

Author	Lumi Tuominen
Title	Utilization of Geographic Information Systems in the Study of the Current Status and Development Plans of the Power Transmission Network
Year	2021
Language	Finnish
Pages	46
Name of Supervisor	Asseri Laitinen

The topic of the thesis was to find out the current state and development plans of the power transmission network utilizing geographic information systems in Ostrobothnia, Central Ostrobothnia, Southern Ostrobothnia and Northern Savonia. The thesis is part of a project that aims to produce a background study on the creation of provincial plans that will be useful in planning the locations of new wind farms. The location of the wind farm should be designed so that the length of the new power line is as short as possible to make the wind farm as profitable as possible. The thesis was commissioned by FCG Finnish Consulting Group Oy.

In this thesis, open materials were used to study the current state and development plans of the power transmission network. In order to find out the development plans, representatives of the electricity network companies were also interviewed, so that the planned power transmission networks and possible spare power transmission capacity could also be included in the review.

As a result of the thesis, a spatial data set was obtained, in which the current power transmission network for the above-mentioned provinces is compiled. The data shows the owners and location of the power lines, as well as the power transmission capacity. The information on the development plans for the power transmission network can also be utilized in the FCG project. On the basis of the development plan data, map images were generated showing the planned development work, its location and the planned year of implementation. The data is utilized as a background study of the provincial plans from the perspective of wind power construction, which, in addition to the power transmission data generated, considers, among other things, regional wind strength, bird migration routes, community structure, living comfort, recreational use and landscape effects. This information can be used to determine where potential wind power areas are located.

Keywords Geographic information, geographic information system, power transmission network, power line, and wind farm

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO.....	8
1.1	FCG Finnish Consulting Group Oy	9
1.2	Työn rajaus ja tavoitteet	9
2	SÄHKÖNSIIRTO SUOMESSA	10
2.1	Kantaverkko	12
2.2	Alue- ja jakeluverkot	14
3	PAIKKATIETOJÄRJESTELMÄT.....	16
3.1	Paikkatieto	16
3.2	Koordinaattijärjestelmät.....	17
3.3	Paikkatietoaineistot	18
3.4	Paikkatietoanalyysit	18
4	SÄHKÖNSIIRTOVERKON NYKYTILAN SELVITYS	20
4.1	Paikkatietoaineistot	20
4.2	Maakunnat.....	22
4.3	Puskurivyöhykkeen tekeminen.....	25
4.4	Sähkölínjat.....	28
4.5	Sähkölínjojen nimeäminen	31
4.6	Tulos.....	33
5	KANTAVERKON KEHITYSSUUNNITELMAT.....	36
5.1	Pohjanmaa, Keski-Pohjanmaa ja Etelä-Pohjanmaa	36
5.2	Pohjois-Savo.....	38
6	ALUEVERKKOYHTIÖIDEN HAASTATTELU	41
6.1	Caruna Oy.....	41
7	JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA	43
8	LÄHTEET	45

KUVA- JA TAULUKKOLUETTELO

Kuva 1. Maakaapelointityö	11
Kuva 2. Sähkönsiirto Suomessa	12
Kuva 3. Suomen kanta- ja alueverkko.....	14
Kuva 4. Ominaisuus- ja sijaintitieto paikkatiedossa	17
Kuva 5. WMS-muotoinen peruskartta kartat.kapsi.fi-sivustolta.....	20
Kuva 6. Maanmittauslaitoksen Avoimien aineistojen tiedostopalvelu	21
Kuva 7. Fingridin karttapalvelu	22
Kuva 8. Maakuntien valitseminen ominaisuustietotaulusta (QGIS).....	23
Kuva 9. Shapefile-tiedoston luominen valituista maakunnista paikkatietojärjestelmässä (QGIS)	24
Kuva 10. Peruskartta ja valitut maakunnat (QGIS)	25
Kuva 11. Vyöhyketoiminto (QGIS)	26
Kuva 12. Vyöhyketoiminnon käyttäminen (QGIS)	27
Kuva 13. Valmis puskurivyöhyke (QGIS)	28
Kuva 14. Sähkölinjat (QGIS)	29
Kuva 15. Leikkaa-työkalun käyttö (QGIS).....	30
Kuva 16. Pohjanmaan selvitysalueen sähkölinjat leikattuna vyöhykkeen mukaan (QGIS)	31
Kuva 17. Sähkölinjojen nimeäminen ominaisuustietotaulussa (QGIS).....	32
Kuva 18. Pohjanmaan selvitysalueen sähkölinjojen omistajat (QGIS-taitto)	34
Kuva 19. Pohjois-Savon selvitysalueen sähkölinjojen omistajat (QGIS-taitto).....	35
Kuva 20. Pohjanmaan selvitysalueen kantaverkon merkittävimmät kehityssuunnitelmat (QGIS-taitto)	38
Kuva 21. Pohjois-Savon selvitysalueen kantaverkon merkittävimmät kehityssuunnitelmat (QGIS-taitto)	40
Taulukko 1. Sähköverkon jännitetasojen luokittelu standardin SFS-EN 50160 mukaan.....	11

KÄSITELUETTELO

GPS	Global Position System, kansainvälinen paikannusjärjestelmä, joka on maailmalla yleisesti käytetty, satelliitteihin perustuva paikannusjärjestelmä
WGS84	World Geodetic System 1984, GPS-järjestelmän käyttämä koordinaattijärjestelmä
EUREF-FIN	Suomessa yleisesti käytössä oleva koordinaattijärjestelmä
Shapefile	Avoin vektoripohjainen tiedostomuoto, jota käytetään paikkatietojärjestelmissä tiedon tallentamiseen
WMS	Web Map Service, verkkokarttapalvelu, joka tarjoaa rasterimuotoisia kartta-aineistoja
Paikkatietojärjestelmä	GIS, Geographic Information System, ohjelma, jolla voidaan käsitellä tietoa, joka liittyy maantieteelliseen sijaintiin
SFS-EN 50160	Suomen standardisoimisliiton SFS ry:n, yleisen sähkönjakeluverkon jakelujännitteen ominaisuudet määrittävä standardi
Ominaisuustieto	Attribute data, käytetään paikkatietojärjestelmissä esimerkiksi kohteiden yksilöimiseen
Sijaintitieto	Spatial data, käytetään paikkatietojärjestelmissä kohteiden sijainnin määrittämiseen
ArcGIS	Esri Inc. kehittämä paikkatietojärjestelmä
QGIS	QGIS Development Team:n kehittämä paikkatietojärjestelmä
Puskurivyöhyke	Buffer, keinotekoinen alue, joka voidaan muodostaa paikkatietojärjestelmällä
Ominaisuustietotaulu	Attribute table, taulukko paikkatietojärjestelmässä, johon on listattu ominaisuustietoja kohteesta
Teams	Microsoft Teams, viestintä- ja yhteistyöalusta, jossa yhdistyy muun muassa työkeskustelu, videotapaamiset ja tiedostojen käsittely

HVDC

Suurjännitetasavirta, mahdollistaa pitkät etäisyydet sähkönsiirrossa esimerkiksi maiden välillä vähäisillä häviöillä

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön toimeksiantaja on FCG Finnish Consulting Group Oy, joka on yksi Suomen suurimmista konsultointiyrityksistä. Opinnäytetyö toteutetaan projektia varten, jossa on tarkoituksena selvittää sähkönsiirtoverkon nykytila ja kehityssuunnitelmat uusien tuulivoima-alueiden sijaintien suunnittelua varten. Selvityksen avulla voidaan muodostaa uusia maakuntakaavoja.

Liityntämahdollisuus sähkönsiirtoverkkoon on tärkeä edellytys suunniteltaessa uusia tuulivoima-alueita. On taloudellisesti kannattavaa suunnitella tuulivoima-alueita mahdollisimman lähelle jo olemassa olevaa sähkönsiirtoverkkoa, joten myös sähkönsiirtoverkon nykytilan selvitys on tärkeä osa projektia. Sähkönsiirtoverkon nykytilan ja kehityssuunnitelmien selvityksessä hyödynnetään paikkatietojärjestelmiä, sillä käsiteltävä tieto perustuu maantieteelliseen sijaintiin. Paikkatietojärjestelmien avulla maantieteelliseen sijaintiin perustuvaa tietoa voidaan käsitellä yhdellä ohjelmalla.

Sähkönsiirtoverkon nykytilan selvityksessä otetaan selville sähkönsiirtoverkon sijainti, omistajat ja sähkönsiirtokapasiteetti. Näiden lisäksi selvitetään myös käytettävissä oleva sähkönsiirtokapasiteetti, sillä lähellä sijaitseva sähkönsiirtoverkko ei automaattisesti tarkoita, että siihen olisi mahdollista liittyä. Käytettävissä oleva vapaa sähkönsiirtokapasiteetti selvitetään haastattelujen avulla.

Sain vaikuttaa itse opinnäytetyöaiheen valintaan, ja toiveenani oli, että voisin käyttää paikkatietojärjestelmiä opinnäytetyössäni. Paikkatietojärjestelmien käyttö on mielestäni kiinnostavaa ja haluaisin myös tehdä töitä tulevaisuudessa paikkatietojärjestelmien parissa. Tämä on minulle hyvä tilaisuus kehittyä enemmän paikkatietojärjestelmien käytössä ja oppia uusia asioita tätä opinnäytetyötä tehdessä. Toinen minulle kiinnostava aihepiiri on tuulivoima, ja tämä työ sivuaa myös sitä osa-aluetta. Tuulivoima on kasvava energianlähde Suomessa, joten uskon, että se tulee olemaan entistä suurempi osa ympäristötekniikan alaa tulevaisuudessa.

1.1 FCG Finnish Consulting Group Oy

FCG Finnish Consulting Group Oy on yksi Suomen suurimmista konsultointiyrityksistä, joka toimii myös kansainvälisesti. FCG on osakeyhtiö, jolla on toimistoja Suomessa, Aasiassa, Oseaniassa, Euroopassa ja Afrikassa. FCG:llä on vuodessa yli 2500 projektia, joita on yli 70 maassa. FCG:n omistaa Kuntaliitto Holding Oy. /1/

Organisaatio jakautuu neljään osaamisryhmään, joita ovat kestävä kehitys, kaupungistuminen, talous ja sote, sekä digitalisaatio ja osaamisen kehittäminen. /1/ Tämä opinnäytetyö toteutetaan kaupungistuminen -osaamisryhmälle, kaupunkisuunnittelu -sektorille.

1.2 Työn rajaus ja tavoitteet

FCG:n opinnäytetyöhön liittyvä projekti koskee Pohjanmaan, Keski-Pohjanmaan, Etelä-Pohjanmaan ja Pohjois-Savon maakuntia. Sen vuoksi tämä opinnäytetyö keskittyy ainoastaan edellä mainittuihin maakuntiin. Tässä työssä Pohjanmaa, Keski-Pohjanmaa ja Etelä-Pohjanmaa muodostavat yhden selvitysalueen, josta työssä käytetään yksinkertaisemmin nimeä Pohjanmaa, ja Pohjois-Savo toisen selvitysalueen.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on selvittää sähkönsiirtoverkon nykytila ottaen huomioon kantaverkon kehityssuunnitelmat. Työtä varten toteutetaan myös haastatteluja alueverkkoyhtiöiden edustajille, jotta voitaisiin selvittää mahdollisia alueverkkoa koskevia kehityssuunnitelmia ja huomioida myös ne työssä. Työn tuloksena saadaan kokonaisvaltainen käsitys sähkönsiirtoverkon omistajista, sijainnista, siirtokapasiteetista ja kehityssuunnitelmista. Selvityksen avulla voidaan tunnistaa mahdolliset alueelliset rajoitteet ja ratkaisut niihin tuulivoimarakentamisen kannalta.

2 SÄHKÖNSIIRTO SUOMESSA

Suomen sähköjärjestelmä toimii osana pohjoismaista sähköjärjestelmää yhdessä Ruotsin, Norjan ja Itä-Tanskan kanssa. Pohjoismainen sähköjärjestelmä on myös linkitetty Venäjän ja Viron sähköjärjestelmiin tasasähköyhteyksien avulla. Tasasähköyhteydellä voidaan mahdollistaa sähkönsiirto erilaisten verkkojen välillä, jolloin erilaisten vaihtojänniteverkkojen välissä käytetään tasasähköä. Myös Suomen ja Ruotsin välillä meren alla kulkeva yhteys toimii tasasähköllä. /2,3/

Suomen sähköjärjestelmä kulkee pääasiassa ilmateitse, sillä maakaapelointi on kalliimpi toteuttaa ja maan alla kulkeva sähköjärjestelmä rajoittaa maan käyttöä. Kuitenkin kaupungeissa ja taajamissa kotitalouksiin kulkeva sähköverkko kulkee maan alla ilmatilan puutteen vuoksi. Maaseudulla usein helpoin vaihtoehto on vetää sähkö avojohdoilla kotitalouksiin, etenkin kun välimatkat ovat pidempiä. /4/

Maakaapelointi on huomattavasti toimintavarmempi ratkaisu kuin avojohdot, sillä avojohdot ovat alttiita muun muassa sääilmiöille ja ilkivallalle. Toisaalta, jos vikaa ilmenee, avojohdot ovat usein korjattavissa muutamassa päivässä, mutta maakaapeleiden vian korjaaminen voi pahimmassa tapauksessa kestää viikoista kuukausiin. Suurin syy pitkään korjausaikaan on, että maakaapeliviat ovat usein huomattavasti haastavampia paikantaa kuin avojohtoviat. Kuvassa 1 näkyy maakaapelointityö. /4,5/



Kuva 1. Maakaapelointityö. /6/

Sähköverkon jännitetasot luokitellaan Suomessa suur-, keski- ja pienjännitteisiin. Erilaisten olemassa olevien sähköjärjestelmien takia keski- ja suurjännitteen raja voi olla joissain tapauksissa poikkeava. Standardin SFS-EN 50160 mukaan sähköjärjestelmän jännitetasot luokitellaan taulukon 1 mukaisesti. /7/

Taulukko 1. Sähköverkon jännitetasojen luokittelu standardin SFS-EN 50160 mukaan.

Sähköverkon jännitetasojen luokittelu	
	Jännite (kV)
Suurjännite	>36
Keskijännite	1-36
Pienjännite	<1

Kuvassa 2 on havainnollistettuna Suomen sähköverkon rakenne kokonaisuudessaan.



Kuva 2. Sähkönsiirto Suomessa. /8/

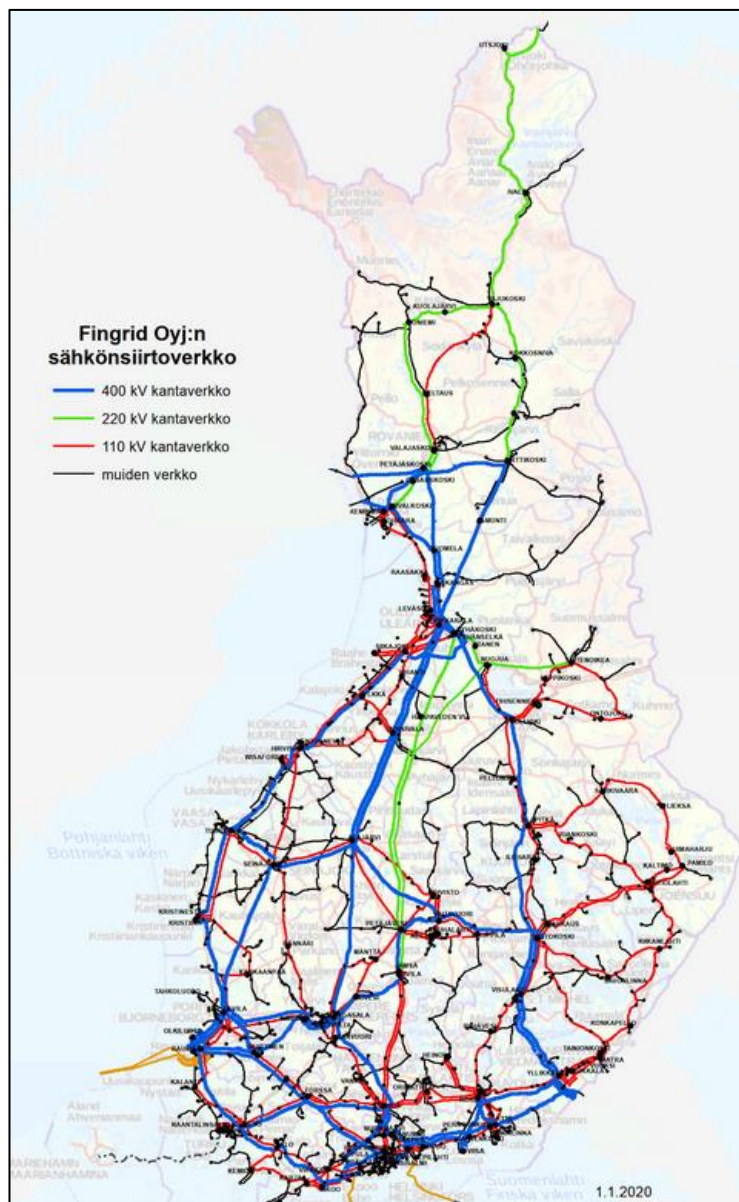
2.1 Kantaverkko

Valtakunnallista suurjännitteistä sähkönsiirtoverkkoa ylläpitää Suomessa kantaverkkoyhtiö Fingrid Oyj Energiaviraston valtuuttamana. Suomen kantaverkko perustettiin vuonna 1929. Suomen kantaverkkoon kuuluu noin 14 400 kilometriä voimajohtoja ja sähköasemia 116 kappaletta. Suurin osa Suomessa kulutetusta sähköstä siirretään kantaverkon kautta. /2/

Kantaverkko koostuu 400:n, 220:n ja tärkeimmistä 110:n kilovoltin voimajohtoista. 400 kV:n voimajohtoja on 5 100 kilometriä, 220 kV:n voimajohtoja 1 300 kilometriä, ja 110 kV:n voimajohtoja 7 300 kilometriä. Lisäksi kantaverkkoon kuuluu 269 kilometriä HVDC-kaapeleita, jotka ovat yhteisomistuksessa vastapuolen, esimerkiksi toisen valtion, kanssa. /2/

Kantaverkon jännitteet ovat suuria pitkien siirtoyhteyksien ja häviöiden ehkäisemisen vuoksi. Suuria jännitteitä on helpompi hallita kuin suuria sähkövirtoja, ja rakennus- ja ylläpitokustannukset ovat myös matalampia, kun käytetään suuria jännitteitä. /2/

Uusia 220 kV:n voimajohtoja ei ole enää tarkoitus rakentaa, vaan ne tullaan korvaamaan vähitellen 110 kV:n ja 400 kV:n voimajohtoilla. Esimerkiksi Pohjanmaan alueella 220 kV:n sähkösiirtoverkko ja muuntamot ovat rakennettu pääosin 1970-luvulla, joten ne ovat jo saavuttamassa käyttöikänsä lopun, ja ne tullaan vähitellen korvaamaan. Kuvassa 3 näkyy Suomen kanta- ja alueverkko kartalla. /9/



Kuva 3. Suomen kanta- ja alueverkko. /2/

2.2 Alue- ja jakeluverkot

Alueverkon muodostavat pääasiassa kantaverkkoon kuulumattomat 110 kV voimajohtodot. Alueverkot täydentävät Fingrid Oyj:n 110 kV kantaverkkoa. Suomen alueverkon kokonaispituus on noin 7 500 kilometriä. /2/

Jakeluverkot ovat keski- tai pienjänniteverkkoja, jotka toimivat joko 20, 10, 1 tai 0,4 kV jännitteillä. Jakeluverkon omistaa usein paikallinen sähköyhtiö. Kuitenkin

yhtä asiakasta palvelevat liittymisjohdot ja kiinteistöjen sisäiset sähköverkot voivat omistaa joku muu kuin jakeluverkkoyhtiö. Kotitaloudet ovat liittyneinä jakeluverkkoihin, joihin sähkö tulee 400 voltin sähkölinjoilla pylväsmuuntamoiden kautta. /2/

3 PAIKKATIETOJÄRJESTELMÄT

Paikkatietojärjestelmällä voidaan tuottaa, hallita ja analysoida tietoa, johon voidaan liittää maantieteellinen sijainti. Paikkatietojärjestelmiä on olemassa useita, mutta yleisimmät ovat QGIS- ja ArcGIS-paikkatietojärjestelmät.

Opinnäytetyössä käytettiin paikkatietojärjestelmänä QGIS-paikkatietojärjestelmää, sillä se oli luontevin vaihtoehto oman osaamiseni kannalta. QGIS-paikkatietojärjestelmä on myös ilmainen ja se oli jo valmiina omalla tietokoneellani. ArcGIS sen sijaan on maksullinen paikkatietojärjestelmä. Paikkatietoa siirrettiin kuitenkin Shapefile-tiedostomuodoilla, joten tuotetut aineistot ovat avattavissa ja käytettävissä millä tahansa paikkatietojärjestelmällä.

3.1 Paikkatieto

Paikkatieto on tietoa, johon liittyy maantieteellinen sijainti. Paikkatieto koostuu ominaisuustiedosta ja sijaintitiedosta. Ominaisuustieto voi olla yksilöivää, ajoittavaa, paikantavaa tai kuvailevaa tietoa. Sijaintitieto voi olla koordinaatti-, geometria- tai topologiatietoa. Kuvassa 4 näkyy esimerkkejä erilaisista ominaisuus- ja sijaintitiedoista. /10/



Kuva 4. Ominaisuus- ja sijaintitieto paikkatiedossa. /10/

3.2 Koordinaattijärjestelmät

Paikkatietojärjestelmää käytettäessä täytyy huomioida, mitä koordinaattijärjestelmää käytetään. Käytettävän paikkatietoaineiston ja paikkatietojärjestelmän koordinaattijärjestelmien tulee olla samat. Koordinaattijärjestelmän avulla paikkatieto pystytään liittämään sijaintiin maapallon pinnalla. Erilaisia koordinaattijärjestelmiä on lukuisia ja jokaisella valtiolla on vähintään yksi koordinaattijärjestelmä. Monilla valtioilla on useita eri koordinaattijärjestelmiä, jotka voivat vaihdella jopa paikkakunnittain ja niitä voidaan käyttää eri tarkoituksiin. /11/

Suomalaisen paikkatietojärjestelmän käyttäjän kannalta kaksi tärkeintä tiedettävää koordinaattijärjestelmää ovat WGS84 ja EUREF-FIN. WGS84 on maailmanlaajuinen GPS-järjestelmän koordinaattijärjestelmä, ja EUREF-FIN on yleinen Suomessa käytetty koordinaattijärjestelmä. Tässä opinnäytetyössä käytettiin EUREF-FIN-koordinaattijärjestelmää. /11/

3.3 Paikkatietoaineistot

Paikkatietoaineistot ovat kartta- ja rekisteritietokokonaisuuksia, jotka on rajattu tiedon sijainnin ja ominaisuuksien perusteella. /10/ Paikkatietoaineistot tallennetaan omalle tietokoneelle tietokannaksi, jolloin ne voidaan avata paikkatietojärjestelmällä, ja niitä voidaan tarkastella joko tilastotaulukkona tai karttakuvana. Ominaisuustietoa kuvataan erilaisilla symboleilla, jolloin esimerkiksi tietä voidaan kuvata punaisella viivalla ja kevyen liikenteen väylää vihreällä viivalla. Käyttäjä pystyy myös itse muokkaamaan symboleita ja niiden värejä. /12/

Paikkatietoaineistot voivat olla joko rasteri- tai vektorimuotoisia. Rasterimuotoinen paikkatietoaineisto on kuvamuotoista aineistoa, joka muodostuu pikseleistä, jolloin pikselin koko määrää aineiston tarkkuuden. Esimerkiksi ilma- ja satelliittikuvat ovat tyypillisiä rasterimuotoisia paikkatietoaineistoja. Vektorimuotoinen paikkatietoaineisto koostuu pisteistä, viivoista tai polygoneista eli viivojen rajaamista alueista. /13/

Usein paikkatietojärjestelmiä käytettäessä helpottaa peruskartta, jonka avulla näkee helposti, että esimerkiksi koordinaattijärjestelmä on oikea. Myös sijaintia voi olla helpompi tarkastella peruskartan avulla, jossa on näkyvillä kaupunkien nimet. Peruskartta on myös hyvä lisätä tuotettaviin karttakuviin, jotta karttakuvan katsoja pystyy havainnollistamaan alueen helpommin.

3.4 Paikkatietoanalyysit

Paikkatietojärjestelmillä voidaan tehdä paikkatietoanalyysijä. Paikkatietoanalyysillä tarkoitetaan paikkatietojen tarkastelua tietokoneella pyrkimyksenä luoda tai testata paikkatietoja hyödyntäviä malleja jonkin ilmiön esittämiseksi. /10/

Paikkatietojärjestelmät sisältävät useita erilaisia analyysityökaluja, joita käyttäen voidaan käsitellä paikkatietoaineistoja halutulla tavalla. Spatiaaliset kyselyt ovat

esimerkki yksinkertaisesta paikkatietoanalyysimenetelmästä. Spatiaalisissa kyselyissä muodostuu usein keinotekoisia alueita, esimerkiksi puskurivyöhykkeitä, jotka liittyvät haluttuun teemaan. /10/

4 SÄHKÖNSIIRTOVERKON NYKYTILAN SELVITYS

Sähkönsiirtoverkon nykytila selvitettiin Pohjanmaan ja Pohjois-Savon selvitysalueiden osalta. Nykytilan selvityksen tuloksena saatiin aineisto, josta näkyy voima-johtojen sijainnit, omistajat ja sähkönsiirtokapasiteetit. Alla esitettävässä sähkönsiirtoverkon nykytilan selvityksessä keskityttiin ainoastaan Pohjanmaan selvitysalueeseen, sillä selvitysalueiden tutkiminen eteni samalla tavalla molemmissa selvitysalueissa.

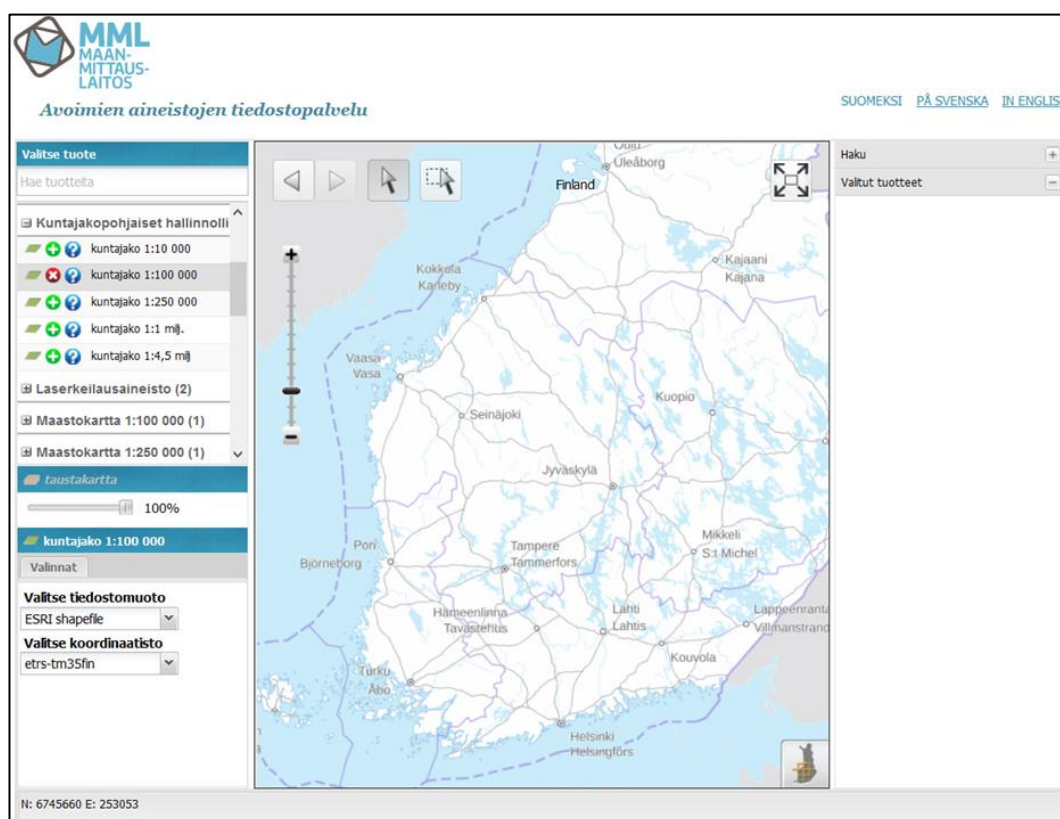
4.1 Paikkatietoaineistot

Tässä työssä paikkatietoaineistoina käytettiin avoimia aineistoja, jotka ovat kaikille saatavilla. Peruskartta saatiin rasterimuotoisena kartat.kapsi.fi-sivustolta, jossa on paljon hyviä peruskarttoja, ilmakuvia ja korkeusmalleja. Peruskartta ladataan WMS-muotoisena, joten sivulta kopioidaan vain linkki, joka syötetään suoraan paikkatietojärjestelmään. Kuvassa 5 näkyy kartat.kapsi.fi-sivustolta saatavilla oleva linkki peruskartan lataukseen.

Karttapalvelut	
WMS	
<i>Web Map Service on laajasti tuettu kartta-aineiston jakeluprotokolla. Esimerkiksi ESRI ArcGIS -tuotteet, Quantum GIS ja OpenJUMP tukevat WMS:n kautta jaettua dataa.</i>	
Aineisto	URL
Peruskarttarasteri	https://tiles.kartat.kapsi.fi/peruskartta?
Taustakartta	https://tiles.kartat.kapsi.fi/taustakartta?
Ortoilmakuva	https://tiles.kartat.kapsi.fi/ortokuva?
Kiinteistorajat	https://tiles.kartat.kapsi.fi/kiinteistorajat?

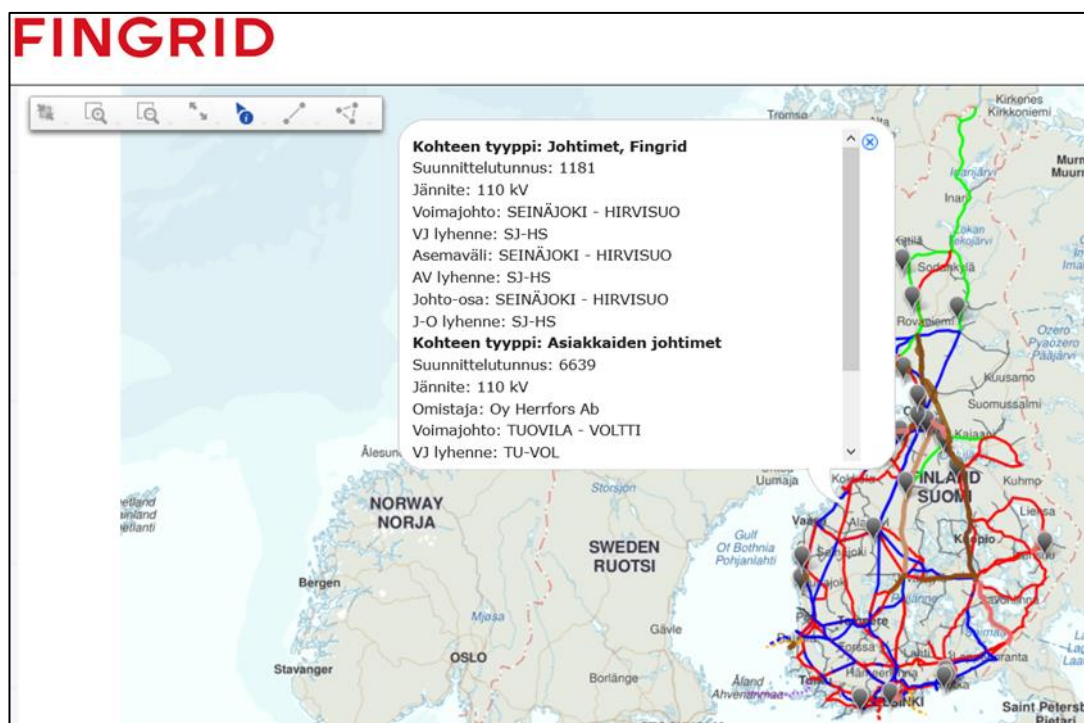
Kuva 5. WMS-muotoinen peruskartta kartat.kapsi.fi-sivustolta. /14/

Paikkatietoaineistoja saatiin myös Maanmittauslaitoksen Avoimien aineistojen tiedostopalvelusta, jonka maastotietokannasta saatiin paikkatietona Pohjanmaan ja Pohjois-Savon selvitysalueille voimajohdot ja niiden sijainnit. Maanmittauslaitoksen avoimista aineistoista valittiin myös ”kuntajakopohjaiset hallinnolliset aluejaot 1:100 000”, jolla pystyttiin rajaamaan helposti selvitysalueet maakuntien rajojen mukaan (kuva 6).



Kuva 6. Maanmittauslaitoksen Avoimien aineistojen tiedostopalvelu. /15/

Paikkatietoaineistona käytettiin myös Fingrid Oyj:n avoimia aineistoja, joista sai voimajohtojen omistajat ja jännitteiden koot selville. Fingridin karttapalvelussa näkyy voimajohdon metatiedoissa omistajan nimi ja jännite, kuten kuvan 7 voimajohdon omistajana näkyy Oy Herrfors Ab, ja jännitteenä 110 kV. Kyseinen voimalinja kuuluu alueverkkoon, sillä 110 kV voimajohdon omistajana on aina Fingrid, jos voimajohto kuuluu kantaverkkoon.



Kuva 7. Fingridin karttapalvelu. /16/

4.2 Maakunnat

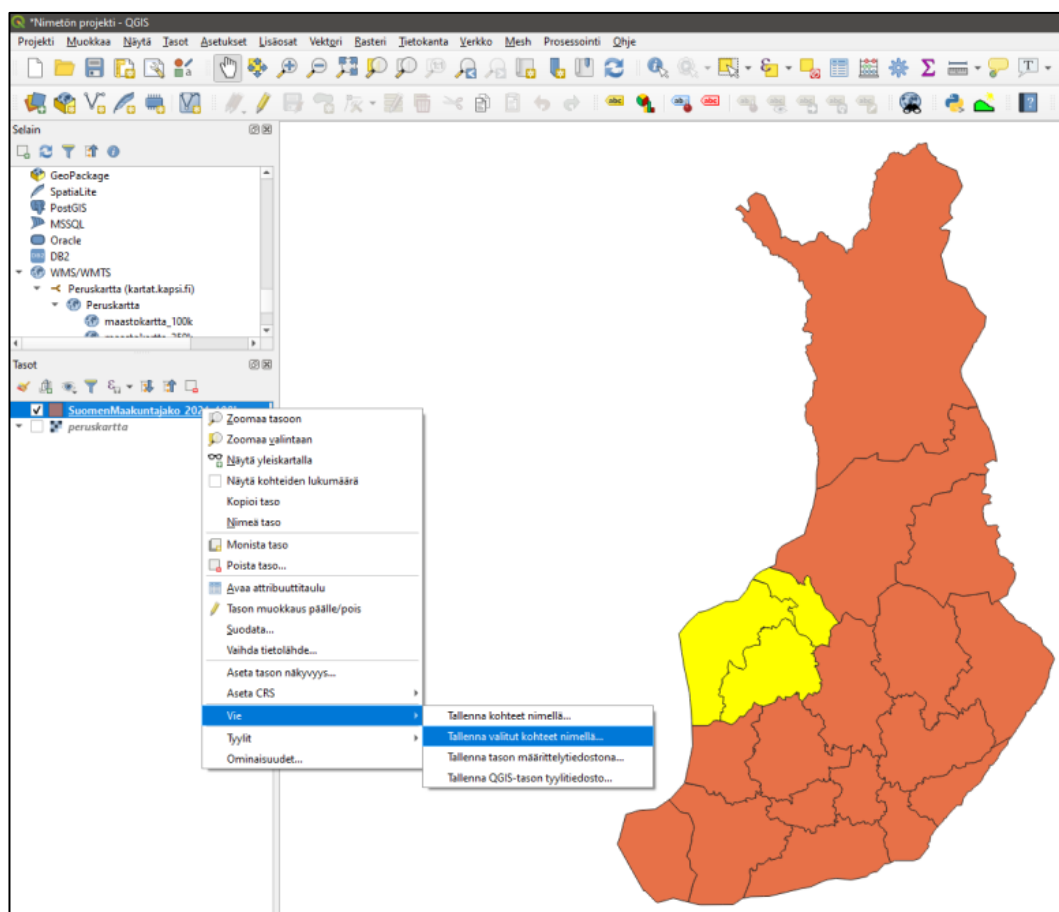
Kuntajako 1:100 000-aineisto siirrettiin QGIS-paikkatietojärjestelmään, ja valittiin ominaisuustietotaulusta Pohjanmaan, Keski-Pohjanmaan ja Etelä-Pohjanmaan maakunnat (kuva 8).

SuomenMaakuntajako_2021_100k :: Kohteita yhteensä: 19, Suodatettu: 19, Valittu: 3

	GML_ID	NATCODE	NAMEFIN	NAMESWE
1	1601010017	10	Etelä-Savo	Södra Savolax
2	1601010009	06	Pirkanmaa	Birkaland
3	1601010035	19	Lappi	Lappland
4	1601010019	11	Pohjois-Savo	Norra Savolax
5	1601010025	14	Etelä-Pohjanmaa	Södra Österbott...
6	1601010023	13	Keski-Suomi	Mellersta Finland
7	1601010037	21	Ahvenanmaan ...	Landskapet Åla...
8	1601010013	08	Kymenlaakso	Kymmenedalen
9	1601010007	05	Kanta-Häme	Egentliga Tavas...
10	1601010033	18	Kainuu	Kajanaland
11	1601010003	02	Varsinais-Suomi	Egentliga Finland
12	1601010027	15	Pohjanmaa	Österbotten
13	1601010015	09	Etelä-Karjala	Södra Karelen
14	1601010031	17	Pohjois-Pohjan...	Norra Österbott...
15	1601010011	07	Päijät-Häme	Päijänne-Tavast...
16	1601010021	12	Pohjois-Karjala	Norra Karelen
17	1601010029	16	Keski-Pohjanmaa	Mellersta Öster...
18	1601010005	04	Satakunta	Satakunta
19	1601010001	01	Uusimaa	Nyland

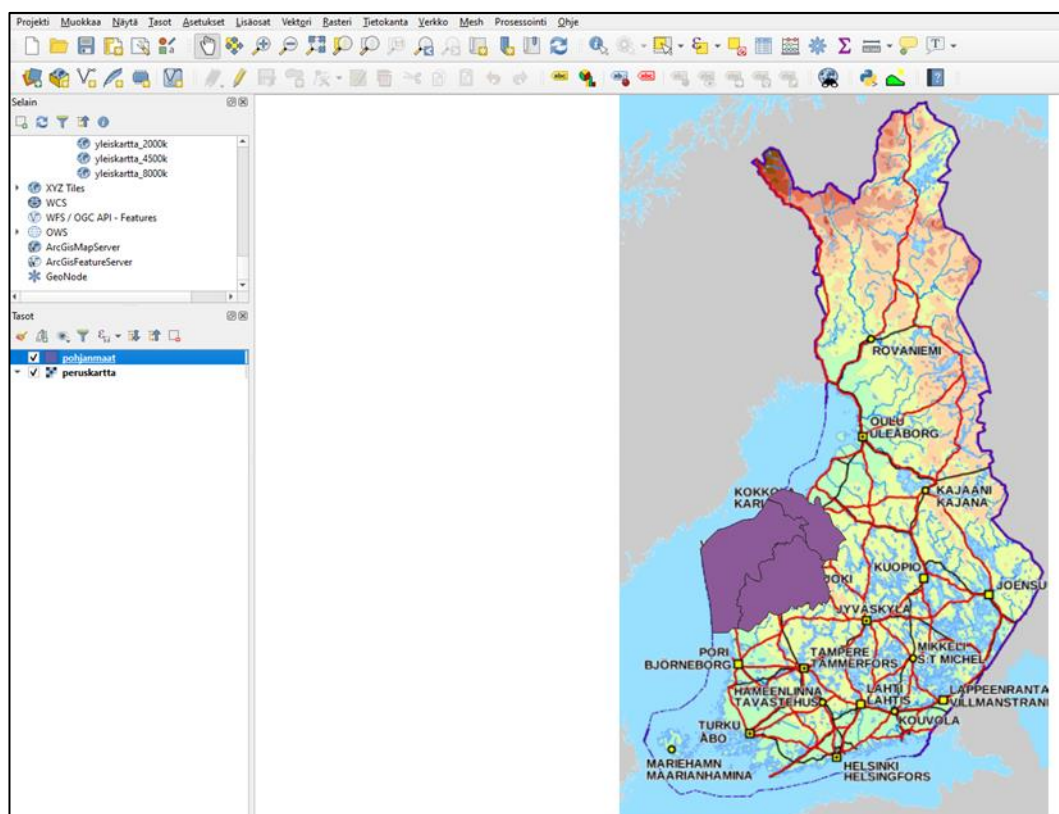
Kuva 8. Maakuntien valitseminen ominaisuustietotaulusta (QGIS).

Kun maakunnat olivat valittuina, pystyttiin tekemään uusi Shapefile-tiedosto valituille maakunnille, jotta saatiin kartalle näkyviin ainoastaan tarvittavat maakunnat (kuva 9). Maakunnat täytyi laittaa eri tiedostoon, jotta voitiin jatkossa käsitellä ainoastaan valittuja maakuntia. Kun valitut maakunnat olivat omana tiedostonaan paikkatietojärjestelmässä, poistettiin järjestelmästä taso, joka sisälsi kaikki maakunnat.



Kuva 9. Shapefile-tiedoston luominen valituista maakunnista paikkatietojärjestelmässä (QGIS).

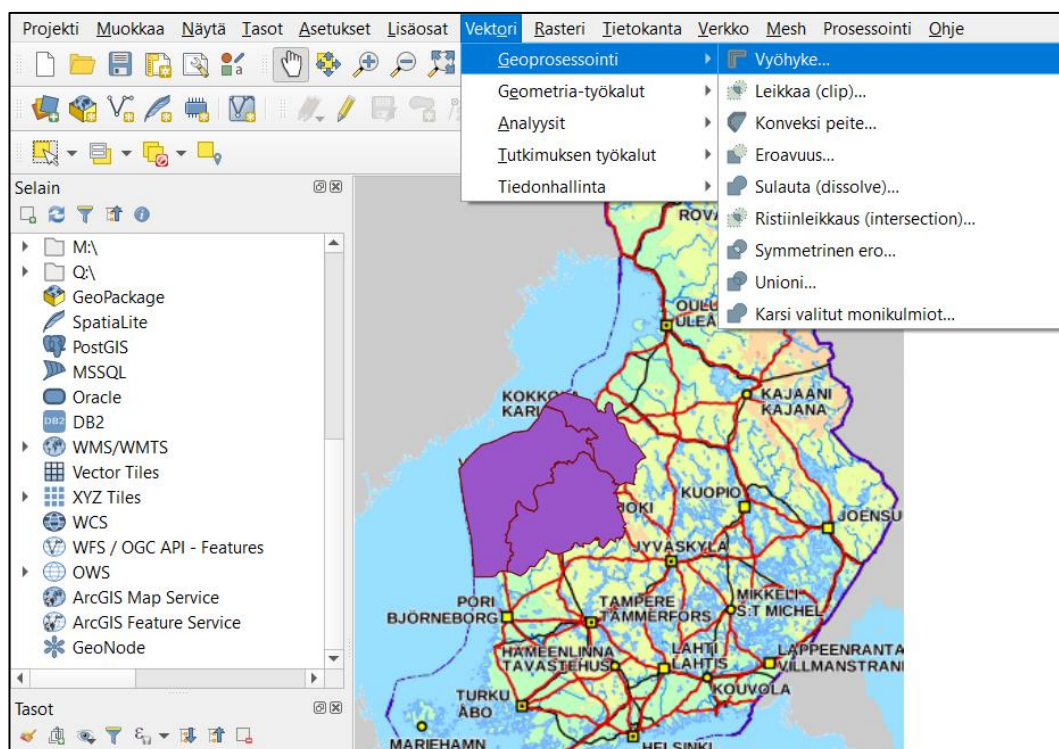
Kuvassa 10 on näkyvillä peruskartta ja valitut maakunnat; Pohjanmaa, Keski-Pohjanmaa ja Etelä-Pohjanmaa. Kuvasta on helppo hahmottaa, että valitut maakunnat ovat juuri siellä, missä pitääkin ja, että valittuna oleva koordinaattijärjestelmä on oikea.



Kuva 10. Peruskartta ja valitut maakunnat (QGIS).

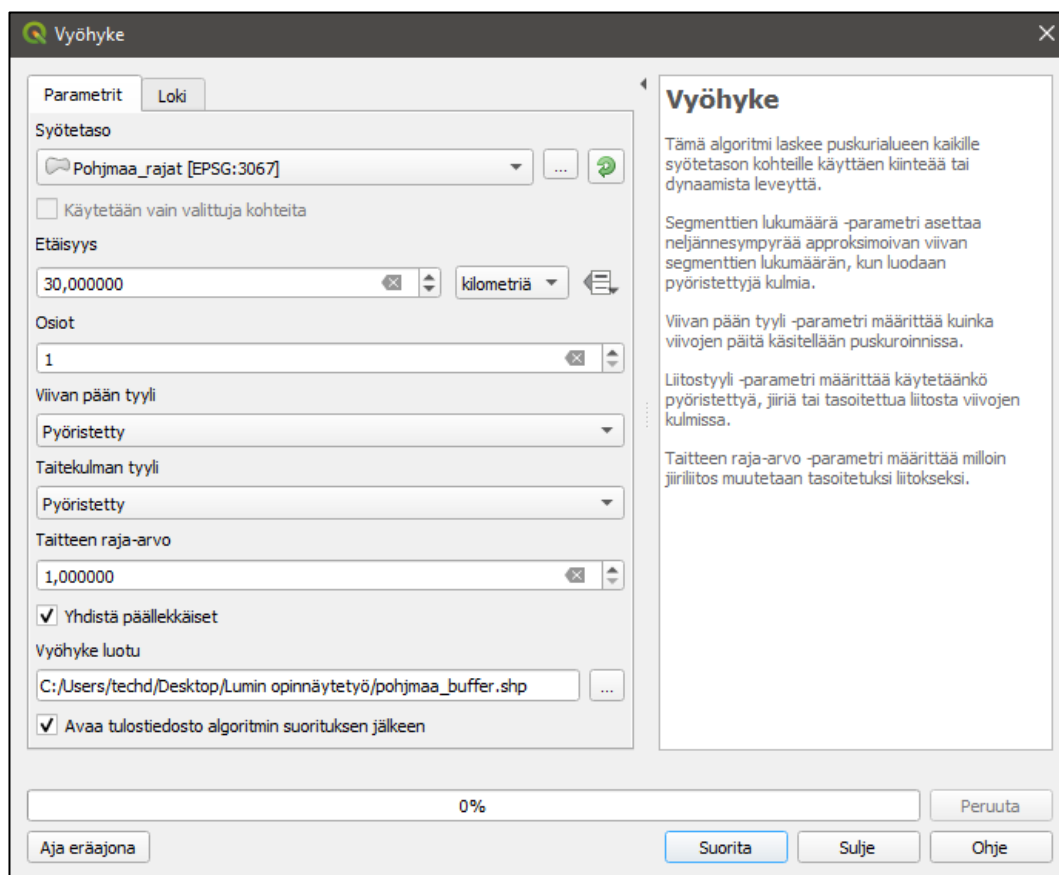
4.3 Puskurivyöhykkeen tekeminen

Seuraavaksi maakuntien ulkorajoille tehtiin 30 kilometrin puskurivyöhyke, jolla voitiin varmistaa, että juuri maakuntien ulkopuolelle ei jää hyödynnettävissä olevia sähkölinjoja. Yli 30 kilometrin päässä olevat sähkölinjat eivät olisi olleet enää taloudellisesti kannattavan matkan päässä, joten siksi valittiin puskurivyöhykkeen kooksi 30 kilometriä. Puskurivyöhyke tehtiin vyöhyketoiminnolla, joka löytyy valikkotyökalupalkista (kuva 11).



Kuva 11. Vyöhyketoiminto (QGIS).

Puskurivyöhykettä tehdessä etäisyydeksi muutettiin 30 kilometriä, ja yhdistettiin päällekkäiset vyöhykkeet. Vyöhyketasosta luotiin Shapefile-tiedosto, joka tallennettiin omaan tiedostonaan (kuva 12).



Kuva 12. Vyöhyketoiminnon käyttäminen (QGIS).

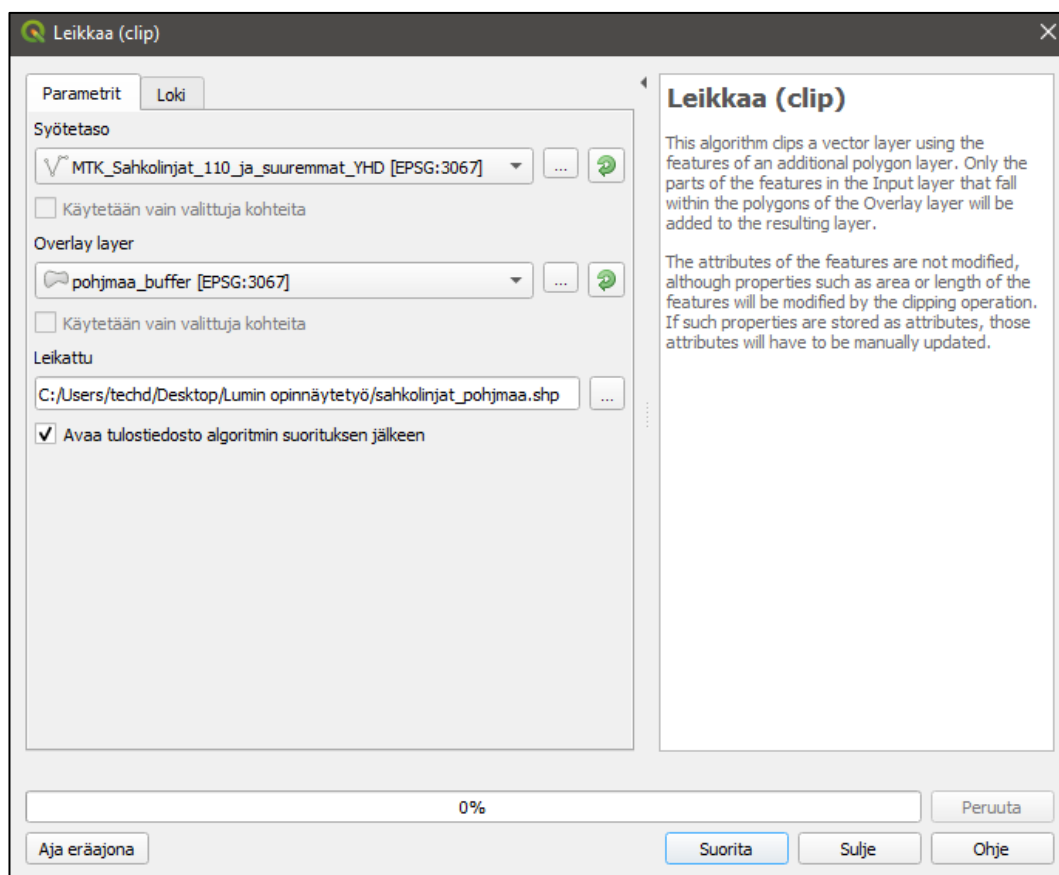
Kuvassa 13 näkyy valmis 30 kilometrin puskurivyöhyke, jonka päällä on näkyvillä valitut maakunnat.



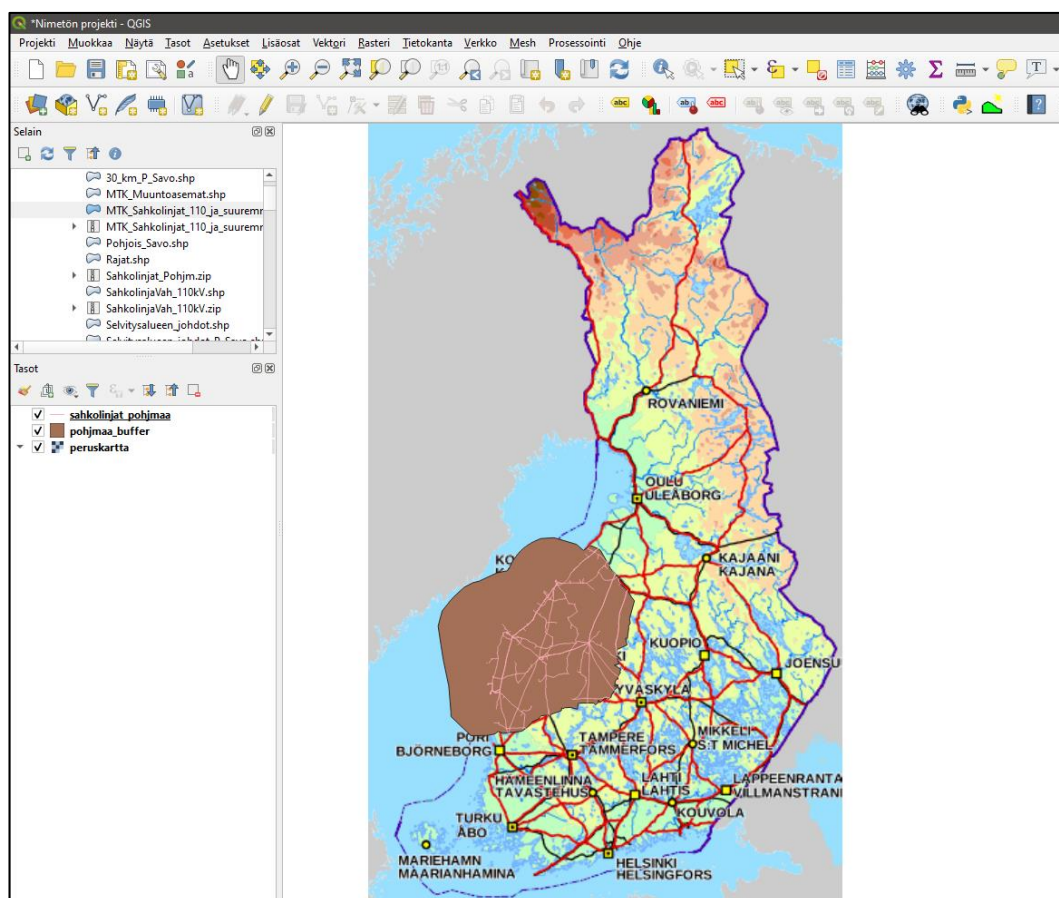
Kuva 13. Valmis puskurivyöhyke (QGIS).

4.4 Sähkölinjat

Seuraavaksi paikkatietojärjestelmään lisättiin Suomen sähkölinjat. Aineisto täytyi leikata maakuntien mukaan leikkaa (clip) -työkalulla, jotta saatiin vain tarvittavat sähkölinjat käsittelyyn. Kuvissa 14, 15 ja 16 näkyvät Suomen sähkölinjat ja niiden leikkaus maakuntien mukaan.



Kuva 15. Leikkaa-työkalun käyttö (QGIS).



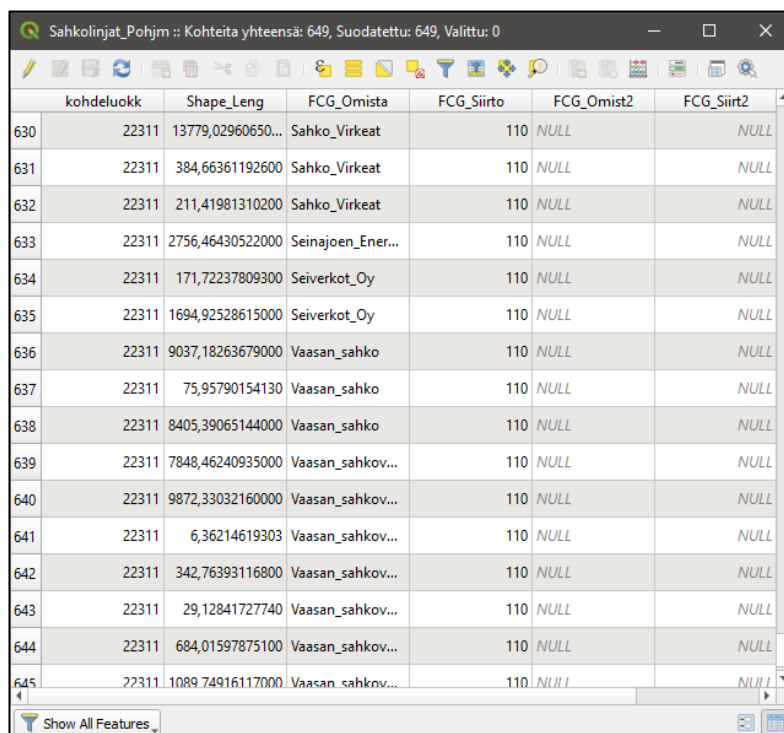
Kuva 16. Pohjanmaan selvitysalueen sähkölinjat leikattuna vyöhykkeen mukaan (QGIS).

4.5 Sähkölinjojen nimeäminen

Sähkölinjat olivat vektorimuotoinen tiedosto, johon sisältyi noin 650 osaa Pohjanmaan selvitysalueen osalta. Pohjois-Savon sähkölinjat koostuivat noin 300 osasta. Yksi osa käsittää aina yhden viivan, joka niin sanotusti katkesi aina, kun sähkölinjat ristesivät keskenään tai sähkölinjojen välissä oli muuntamo. Sähkölinjat täytyi nimetä manuaalisesti, joten se vei aikaa useita tunteja. Sähkölinjoja olisi voinut myös yhdistää paikkatietojärjestelmällä, mutta se ei olisi oikeastaan säästänyt aikaa, koska myös yhdistäminen olisi ollut hidasta, ja olisi pitänyt olla tarkka, että yhdistettävissä sähkölinjoissa on sama sähkönsiirtokapasiteetti ja omistaja. Tästä syystä nimettiin sähkölinjat suoraan yhdistämättä niitä ensin.

Sähkölinoja nimettäessä käytettiin apuna Fingrid Oyj:n aineistoa, jossa oli nähtävillä sähkölinjan omistaja ja sähkönsiirtokapasiteetti. Valitettavasti Fingrid Oyj:llä ei ollut antaa aineistoa paikkatietomuotoisena, joten tieto täytyi kopioida manuaalisesti paikkatietojärjestelmän ominaisuustietotauluun. Työ tapahtui merkitsemällä ominaisuustietotauluun jokaisen sähkölinjan kohdalle sähkölinjan omistajan nimi ja sähkönsiirtokapasiteetti. Lopuksi aineistosta oli helppo nähdä, mitkä sähkölinjoista kuului Fingrid Oyj:lle ja missä oli yksityinen omistaja.

Kuvassa 17 on ominaisuustietotaulu, jossa on näkyvillä voimalinjojen omistajien nimet ja sähkönsiirtokapasiteetti. FCG_Omista -sarakkeessa näkyy omistajan nimi ja FCG_siirto -sarakkeessa sähkönsiirtokapasiteetti valitulla voimalinjalla. Muutama voimalinja oli aineistossa niin lähellä toisiaan, että ne sulautuivat aineistossa yhdeksi linjaksi, vaikka tosielämässä linjoja on kaksi aivan vierekkäin eri omistuksessa. Tätä varten tein FCG_Omist2 ja FCG_Siirt2 -sarakkeet, jotta myös sähkölinjojen mahdollinen toinen omistaja tuli huomioitua selvityksessä.



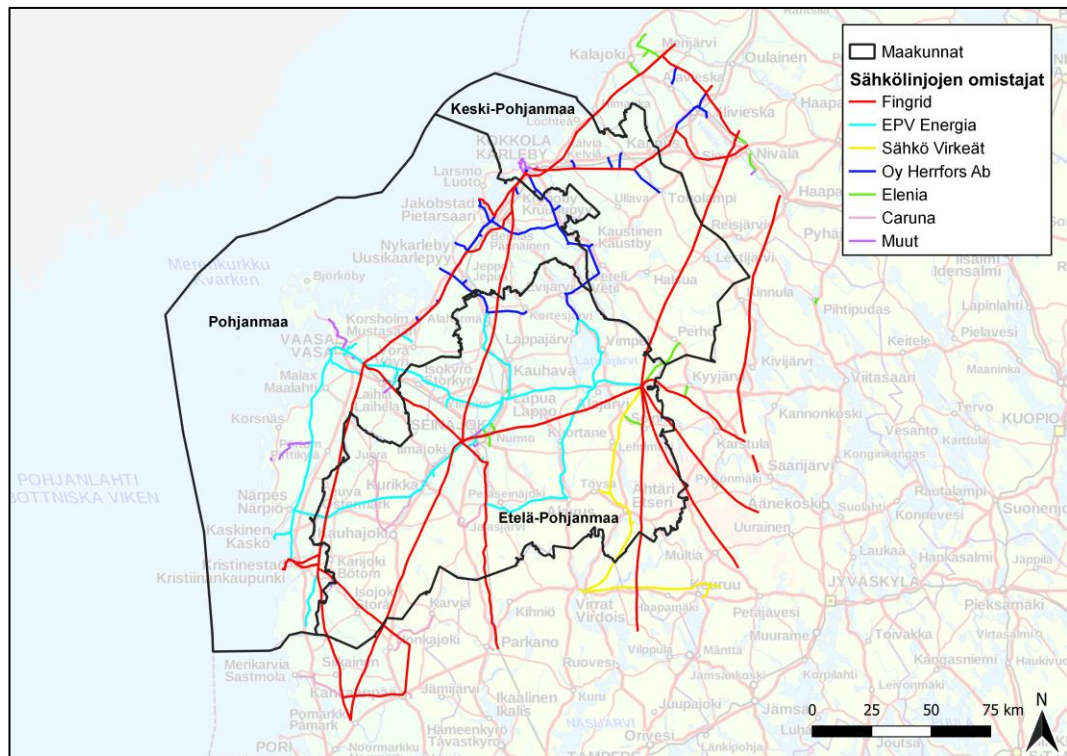
kohdeluokk	Shape_Leng	FCG_Omista	FCG_Siirto	FCG_Omist2	FCG_Siirt2
630	22311	13779,02960650...	Sahko_Virkeat	110	NULL
631	22311	384,66361192600	Sahko_Virkeat	110	NULL
632	22311	211,41981310200	Sahko_Virkeat	110	NULL
633	22311	2756,46430522000	Seinajoen_Ener...	110	NULL
634	22311	171,72237809300	Seiverkot_Oy	110	NULL
635	22311	1694,92528615000	Seiverkot_Oy	110	NULL
636	22311	9037,18263679000	Vaasan_sahko	110	NULL
637	22311	75,95790154130	Vaasan_sahko	110	NULL
638	22311	8405,39065144000	Vaasan_sahko	110	NULL
639	22311	7848,46240935000	Vaasan_sahkov...	110	NULL
640	22311	9872,33032160000	Vaasan_sahkov...	110	NULL
641	22311	6,36214619303	Vaasan_sahkov...	110	NULL
642	22311	342,76393116800	Vaasan_sahkov...	110	NULL
643	22311	29,12841727740	Vaasan_sahkov...	110	NULL
644	22311	684,01597875100	Vaasan_sahkov...	110	NULL
645	22311	1089,74916117000	Vaasan_sahkov...	110	NULL

Kuva 17. Sähkölinojen nimeäminen ominaisuustietotaulussa (QGIS).

4.6 Tulos

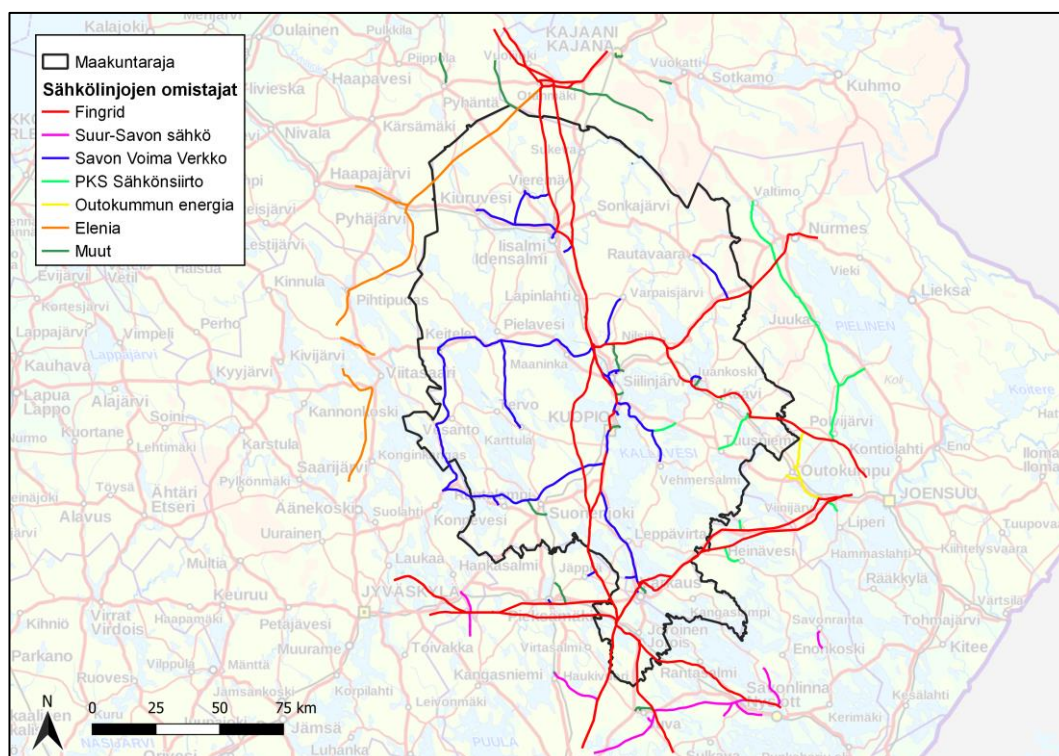
Tuloksena sähkönsiirtoverkon nykytilan selvityksestä saatiin kattava kuva Fingrid Oyj:n sekä eri alueverkkoyhtiöiden omistamista voimajohdoista ja niiden sähkönsiirtokapasiteeteista. Pohjanmaan, Keski-Pohjanmaan ja Etelä-Pohjanmaan selvitysalueen osalta tärkeimmät toimijat ovat Fingrid Oyj ja EPV Energia Oy. Pohjois-Savon selvitysalueen osalta tärkeimmät toimijat ovat Fingrid Oyj ja Savon Voima Verkko Oy.

Nykytila-aineistosta muodostettiin QGIS-ohjelmalla taitto, jossa on näkyvillä voimajohtojen omistajat, sekä voimajohdot ja niiden sijainti maakuntarajoihin nähden (kuva 18). Taittoa varten tehtiin omat Shapefile-tiedostot jokaisen omistajan voimajohdoista, jotta pystyttiin luokittelemaan voimajohdot eri väreillä ja tekemään selite niin, että voimajohtojen omistajat näkyivät siinä erikseen. Taittoa selkeyttääkseni lisäsin siihen maakuntarajat, pohjoisnuolen ja mittakaavajanan. Taustalla olevaan peruskarttaan lisättiin myös läpinäkyvyyttä, jotta voimajohtojen värit erottuvat paremmin peruskartasta.



Kuva 18. Pohjanmaan selvitysalueen sähkölinjojen omistajat (QGIS-taitto).

Myös Pohjois-Savon selvitysalueen osalta tehtiin tyyliltään samankaltainen taitto, joka on näkyvillä alla olevassa kuvassa 19.



Kuva 19. Pohjois-Savon selvitysalueen sähkölinjojen omistajat (QGIS-taitto).

Sähkösiirtoverkon nykytilan selvityksessä muodostuneen aineiston avulla on helppo hahmottaa, missä minkäkin sähkösiirtoyhtiön voimalinjat sijaitsevat ja kuinka suuri sähkösiirtokapasiteetti on. Kuitenkin vapaana olevan sähkösiirtokapasiteetin selvittämiseksi on tärkeää haastatella vielä sähköyhtiöiden edustajia, sillä vapaana oleva sähkösiirtokapasiteetti voi olla vähissä, vaikka voimalinjan sähkösiirtokapasiteetti olisikin suuri. Tuotettua sähkösiirtoverkon nykytilan paikkatietoaineistoa hyödynnetään FCG Finnish Consulting Group Oy:n projektissa liittyen maakuntakaavojen suunnitteluun tuulivoimapuistojen mahdollisten sijaintien osalta.

5 KANTAVERKON KEHITYSSUUNNITELMAT

Suomen kantaverkon kehityssuunnitelmien selvittämiseksi käytettiin Fingrid Oyj:n internetsivuilta löytyvää avointa materiaalia. Tällä hetkellä sieltä löytyy muun muassa kantaverkon kehittämissuunnitelma vuosille 2019–2030, sekä luonnos kantaverkon kehittämissuunnitelmasta vuosille 2022–2031, joita molempia pystyttiin hyödyntämään tässä selvityksessä.

Fingrid Oyj kehittää Suomen kantaverkkoa jatkuvasti asiakkaiden ja yhteiskunnan tarpeiden mukaisesti. Kehittämissuunnitelmassa esitetään kantaverkon kehitystarpeet ja tulevat investoinnit noin seuraavalle kymmenelle vuodelle, ja uusi kehittämissuunnitelma laaditaan kahden vuoden välein. Kehittämissuunnitelma sovitetaan yhteen Itämeren alueen kehittämissuunnitelman ja Euroopan unionin kymmenvuotisen verkkosuunnitelman kanssa huomioiden Fingridin asiakkaiden kanssa laatimat alueelliset verkkosuunnitelmat. /9/

Sähköntuotanto muuttuu jatkuvasti hiilineutraalimmaksi ja kantaverkon tulee sopeutua muutoksiin. EU:n tavoitteena on olla hiilineutraali vuoteen 2050 mennessä ja Suomen tavoitteena vuoteen 2035 mennessä. Tavoitteiden saavuttamiseksi vaaditaan toimenpiteitä myös energia-alalta. Uudet suuret ydinvoimalaitokset ja säästä riippuvaiset sähköntuotantomenetelmät, kuten tuulivoima ja aurinkovoima, ovat lisääntymässä ja fossiiliset sähköntuotantomenetelmät vähenemässä. Sähköntuotannon arvioidaan myös kasvavan tulevaisuudessa, koska fossiilisia polttoaineita korvataan sähköllä esimerkiksi liikenteen, lämmityksen ja teollisuuden osalta. /9/

5.1 Pohjanmaa, Keski-Pohjanmaa ja Etelä-Pohjanmaa

Fingrid Oyj:n kantaverkon kehittämissuunnitelma 2019–2030 on jaettu 12 alueeseen, joista yksi on Pohjanmaan suunnittelualue. Siihen kuuluu Pohjanmaa, Keski-

Pohjanmaa, Etelä-Pohjanmaa ja lisäksi osa Pohjois-Pohjanmaata. Suunnittelualueella on noin 450 000 asukasta ja sähkön kulutus on keskittynyt pääasiassa suurimpien kaupunkien lähistölle. /9/

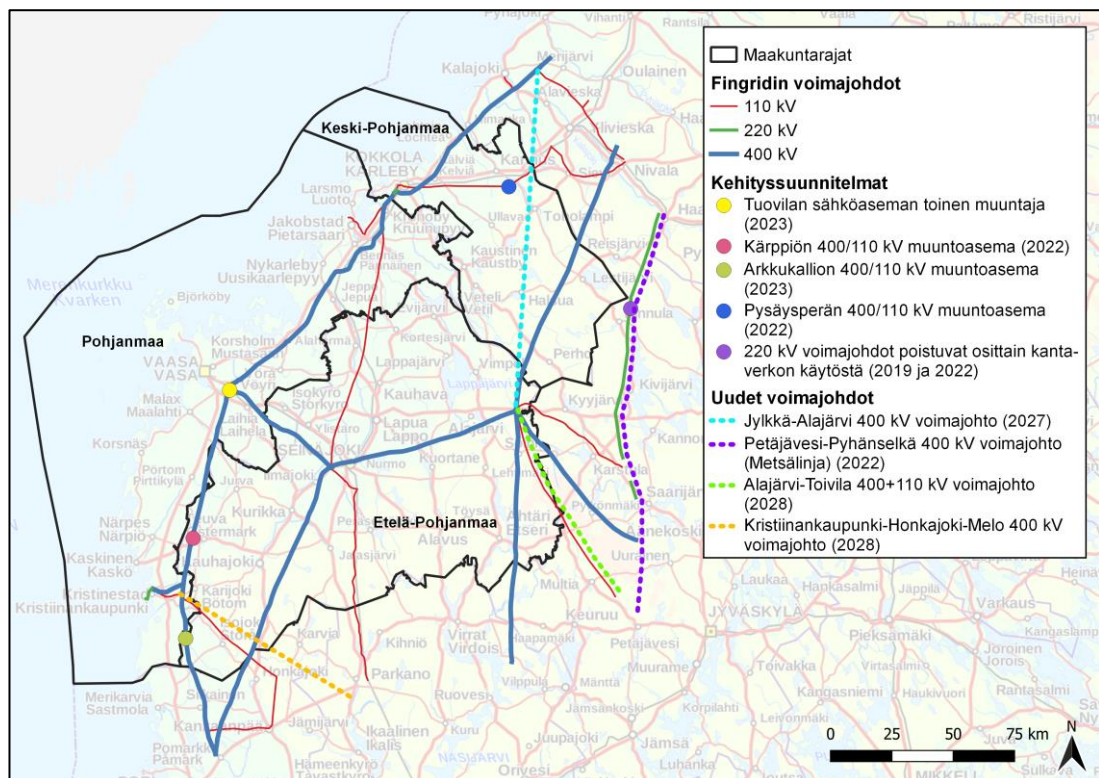
Pohjanmaalla Närpiössä ja sen lähialueilla, kasvihuoneviljely on merkittävä sähkönkulutuslaji, sillä suuri osa koko Suomen kasvihuoneviljelystä keskittyy juuri Närpiön alueelle. Pohjanmaan suunnittelualueen suurimmat teollisuuslaitokset sähkönkäytön näkökulmasta ovat Kaskisten kemihierretehdas, Pietarsaaren paperi- ja sellutehtaat, sekä Kokkolan sinkkitehdas. Lisäksi Vaasassa, Kokkolassa ja Seinäjoella sijaitsee sähköä tuottavia vastapainevoimalaitoksia, sekä Vaasassa ja Kristiinankaupungissa lauhdevoimalaitoksia. /9/

Vuonna 2016 valmistui 400 kV voimalinja Porista Oulunjoelle, joka kulkee Pohjanmaan suunnittelualueen läpi. Rannikkolinjaksi kutsutun voimalinjan ympärille on rakentunut viime vuosina runsaasti tuulivoimaa ja sitä on edelleen suunnitteilla reilusti rannikkoalueille hyvien olosuhteiden vuoksi. Tästä syystä Fingrid Oyj:n mukaan on mahdollista, että 400 kV rannikkolinjaa täytyy vahvistaa vielä seuraavan kymmenen vuoden aikana lisää. /9/

Pohjanmaan selvitysalueen merkittävimpiä kehityssuunnitelmia ovat Tuovilan sähköaseman toisen muuntajan rakennus (v.2023), sekä Kärppiön (v.2022), Arkkukallion (v.2023) ja Pysäysperän (v.2022) 400/100 kV muuntoasemien rakennus. Jylkkä-Alajärvi, Petäjävesi-Pyhänselkä, Alajärvi-Toivila ja Kristiinankaupunki-Honkajoki-Melo väleille on myös suunniteltu uusia voimajohtoja. /17/

Fingridin kehittämissuunnitelmien pohjalta kirjattiin merkittävimpiä kantaverkon kehityssuunnitelmia nykytila-aineistoon. Pohjanmaan selvitysalueen kehityssuunnitelmista tehtiin QGIS-ohjelmalla taitto, jotta voitiin havainnollistaa kartalla missä kehityssuunnitelmakohteet sijaitsevat (kuva 20). Taitossa on näkyvillä maakuntien rajat, Fingridin kantaverkon voimajohdot, kehityssuunnitelmat ja kehityssuunnitelmien mukaiset uudet voimajohdot. Uudet voimajohdot näkyvät kuvassa katkoviivoilla ja muut kehityssuunnitelmat ympyräsymboleilla.

Kehityssuunnitelmakohteet lisättiin aineistoon tekemällä jokaisesta kohteesta uusi Shapefile-tiedosto. Shapefile-tiedostosta tehtiin joko pistemuotoinen (kehityssuunnitelmat) tai viivamuotoinen (uudet voimajohtot), ja se lisättiin tasona paikkatietojärjestelmään. Tasoja muokkaamalla saatiin lisättyä pistekohteet ja viivakohteet. Viivakohteet piirrettiin suunnitelluille voimajohtoalueille ja pistekohteet lisättiin pisteinä suunnitelluille kehityskohdealueille. Myös tätä taittoa varten lisättiin peruskartan läpinäkyvyyttä, mittakaavajana ja pohjoisnuoli.



Kuva 20. Pohjanmaan selvitysalueen kantaverkon merkittävimmät kehityssuunnitelmat (QGIS-taitto).

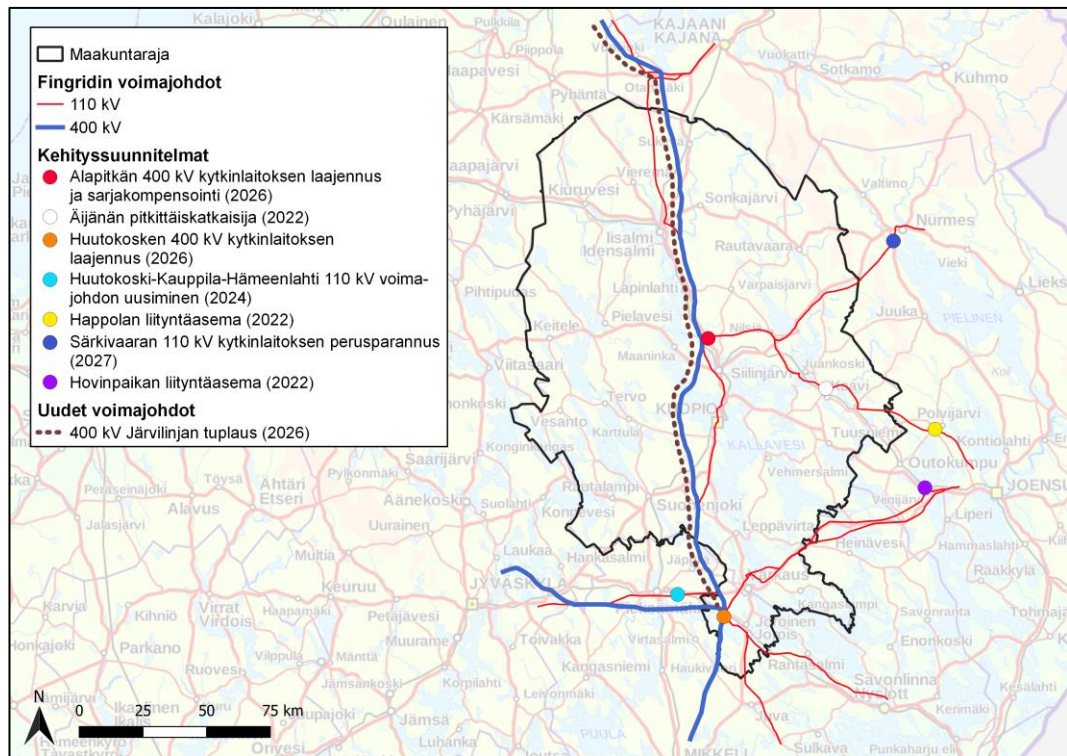
5.2 Pohjois-Savo

Fingrid Oyj:n kantaverkon kehittämissuunnitelman 2019–2030 yksi 12 suunnittelualueesta on Savo-Karjalan suunnittelualue, johon Pohjois-Savo kuuluu. Savo-Karjala suunnittelualueella kulutus- ja tuotantokeskittymät sähkön osalta sijaitsevat kaukana toisistaan ja välimatkat ovat pitkiä. Suunnittelualueella asuu noin 550 000 ihmistä, Pohjois-Savossa noin 248 000 ihmistä. /9/

Savo-Karjala suunnittelualueella ei uskota olevan suurta kasvua asukasmäärissä, eikä siten myöskään sähkönkulutuksen merkittävässä kasvussa, joten alueelle ei ole suunnitteilla uusia investointeja seuraavan kymmenen vuoden aikana. Kanta-verkko on kuitenkin ikääntymässä 110 kV puupylväsrakenteisten voimajohtojen osalta, joten niitä joudutaan uusimaan. /9/

Pohjois-Savon selvitysalueen merkittävimpiä kehityssuunnitelmia ovat Alapitkän 400 kV kytkinlaitoksen laajennus ja sarjakompensointi (v.2026), Äijänän pitkittäiskatkaisija (v.2022), Huutokosken 400 kV kytkinlaitoksen laajennus (v.2026), Huutokoski-Kauppi-Hämeenlahti välille 110 kV voimajohdon uusiminen (v.2024), Happolan liityntäasema (v.2022), Särkivaaran 110 kV kytkinlaitoksen perusparannus (v.2027) ja Hovinpaikan liityntäasema (2022). Lisäksi suunnitelmissa on rakentaa toinen 400 kV voimajohto nykyisen Järvilinjaksi kutsutun voimajohdon viereen vahvistamaan sitä (v.2026).

Pohjois-Savon selvitysalueen kehityssuunnitelmista tehtiin QGIS-ohjelmalla taitto, jotta voitiin havainnollistaa kartalla missä kehityssuunnitelmakohteet sijaitsevat (kuva 21). Taitossa on näkyvillä maakunnan rajat, Fingridin kantaverkon voimajohdot, kehityssuunnitelmat ja kehityssuunnitelmien mukaiset uudet voimajohdot. Uudet voimajohdot näkyvät kuvassa katkoviivoilla, ja muut kehityssuunnitelmat ympyräsymboleilla. Taitto on tyyliltään samankaltainen kuin Pohjanmaan selvitysalueen taitto (kuva 20) ja toteutettiin vastaavalla tavalla.



Kuva 21. Pohjois-Savon selvitysalueen kantaverkon merkittävimmät kehityssuunnitelmat (QGIS-taitto).

6 ALUEVERKKOYHTIÖIDEN HAASTATTELU

Alueverkkoyhtiöiden kehityssuunnitelmien selvittämiseksi FCG:n toimesta toteutettiin haastatteluja, jotka käytiin yhdessä alueverkkoyhtiöiden edustajien kanssa. Haastattelujen avulla saatiin selville eri alueverkkoyhtiöiden kehityssuunnitelmia ja vapaa sähkönsiirtokapasiteetti, joista on hyötyä tuulivoimapuistojen mahdollisten sijaintien kartoittamisessa.

Haastattelut toteutettiin etäyhteyksien avulla. Suurin osa haastatteluista toteutettiin puhelimen välityksellä, jolloin en valitettavasti päässyt osalliseksi niihin. Pääsin kuitenkin osallistumaan Caruna Oy:n haastatteluun, joka toteutettiin Teams-kokouksena.

6.1 Caruna Oy

Caruna Oy:n haastattelu koski Pohjanmaan, Keski-Pohjanmaan ja Etelä-Pohjanmaan selvitysalueita. Pohjois-Savon selvitysalueen osalta Caruna Oy:llä oli vain noin 963 metriä voimajohtoa alueella, joten Pohjois-Savon selvitysalueeseen ei keskitytty tässä haastattelussa. Fingrid Oyj ja EPV Energia Oy ovat suurimmat toimijat Pohjanmaan, Keski-Pohjanmaan ja Etelä-Pohjanmaan selvitysalueella. Carunan mukaan he seuraavat paljon kantaverkkoyhtiö Fingridin kehitystilannetta, joka on määrittävä tekijä useille alueverkkoyhtiöille. Carunalla ei myöskään ole näkyvissä yhtä merkittäviä kehityssuunnitelmia tai visioita esimerkiksi 10 vuoden päähän, kuin Fingridillä. /17/

Haastattelun aikana syntyi keskustelua tuulivoimahankkeiden runsaasta kasvusta. Tuulivoimalat ovat kehittyneet hyvin nopeasti viime vuosina. Tällä hetkellä valmiit tuulivoimalat ovat teholtaan noin 3–5 MW, mutta nykyään aletaan puhumaan jo 8–10 MW:n tuulivoimalahankkeista. Nykyään suunnitellaan myös entistä laajempia tuulivoimapuistokokonaisuuksia, jotka sisältävät määrällisesti enemmän tuulivoimaloita. /17/

Carunan mukaan suuremmat tuulivoimahankkeet menevät alueverkkoyhtiöillä usein pienempien edelle, koska on kustannustehokkaampaa panostaa suuriin hankkeisiin, sillä voi olla, että yhdelle voimalinjalle voidaan laittaa vain yksi tuulivoimapuisto. /17/

Carunan voimajohtojen vapaa sähkönsiirtokapasiteetti on melko täynnä, sillä tälläkin hetkellä on paljon tuulivoimahankkeita käynnissä selvitysalueella. Kokonaiskapasiteettiä vie myös jo rakennetut tuulivoimapuistot, joista suurin osa on alle 10:n tuulivoimalan puistoja. Vapaan kapasiteetin arvioimista hankaloittaa se, että kapasiteetti vaihtelee erittäin usein sähköasemilla, joten saatu tieto vanhenee nopeasti. /17/

7 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

Tässä opinnäytetyössä tutkittiin sähkösiirtoverkon nykytilaa ja kehityssuunnitelmia paikkatietojärjestelmiä hyödyntäen Pohjanmaan, Keski-Pohjanmaan, Etelä-Pohjanmaan ja Pohjois-Savon maakuntien osalta. Sähkösiirtoverkon nykytilan tutkiminen perustui Maanmittauslaitoksen avoimiin aineistoihin, sekä Fingrid Oyj:n avoimeen tietoon voimalinjojen omistajista ja sähkösiirtokapasiteetista. Tuloksena saatu aineisto oli täten yhdistelmä Maanmittausmittauslaitoksen ja Fingrid Oyj:n tietoja, joista ei ollut valmiina yhdistettyä aineistoa. Sähkösiirtoverkon nykytilan selvittämiseen käytettiin paikkatietojärjestelmää, joka kehitti omaa osaamistani paikkatietojärjestelmien käytössä.

Kantaverkon kehityssuunnitelmat selvitettiin Fingridin julkisten kantaverkon kehittämissuunnitelmien avulla. Kehityssuunnitelmien selvitystyö sisälsi tutkimustyötä ja tiedon hankintaa. Alueverkon kehityssuunnitelmat ja mahdollinen vapaana olevan sähkösiirtokapasiteetin määrä selvitettiin alueverkkoyhtiöiden edustajien haastattelujen avulla. Vapaana oleva sähkösiirtokapasiteetti oli hankala selvittää, koska esimerkiksi Caruna Oy:n mukaan vapaana oleva sähkösiirtokapasiteetti vaihteli erittäin usein, ja siitä oli mahdotonta antaa mitään konkreettisia lukuja.

Kantaverkon kehityssuunnitelmista muodostettiin molempien selvitysalueiden osalta QGIS:llä karttakuvat, joissa näkyy nykytila-aineiston rinnalla merkittävimmät suunnitellut kehityskohteet ja toteutusvuodet. Karttakuvat auttavat kehityssuunnitelmien sijaintien havainnoimisessa.

Tämä opinnäytetyö sisälsi myös yleistä tietoa Suomen sähkösiirtoverkosta ja paikkatietojärjestelmistä, jonka toivon auttavan lukijoita ja selkeyttävän, mistä tässä opinnäytetyössä oli pohjimmiltaan kysymys. Tutkimustyö sähkösiirtoverkon toiminnasta ja paikkatietojärjestelmistä edisti myös omaa oppimistani ja ymmärrystä aiheista.

Olen tyytyväinen tässä opinnäytetyössä tuotettuun aineistoon, ja se on yritykselle hyödyksi, kun tarkastellaan sähkönsiirtoverkon nykytilaa ja kehityssuunnitelmia. Tuulivoimapuistojen mahdollisten sijaintien selvittämiseksi on tärkeää tietää, missä lähimmät sähkölinjat sijaitsevat ja voivatko ne olla hyödyksi tuulivoimapuistolle.

8 LÄHTEET

/1/ FCG Finnish Consulting Group Oy. Tietoa meistä. Yleistä tietoa FCG:stä yrityksenä. Viitattu 5.3.2021. <https://www.fcg.fi/tietoa-meista>

/2/ Fingrid Oyj. Sähkönsiirto ja kantaverkon käyttö. Yleistä tietoa Fingrid Oyj:n internetsivuilla sähkönsiirtoverkosta. Viitattu 25.2.2021. <https://www.fingrid.fi/kantaverkko/sahkonsiirto/>

/3/ Sähkötekniikan ja energiatehokkuuden edistämiskeskus STEK ry. Sähkönsiirto. Perustietoa sähköstä. Viitattu 4.4.2021. <https://stek.fi/perustietoa-sahkosta/sahkonsiirto/>

/4/ Brink, P. 2016. Miksi Fingrid ei kaapeloi? Viitattu 4.4.2021. <https://www.fingridlehti.fi/miksi-fingrid-ei-kaapeloj/>

/5/ Koskinen, P. 2015. Sähkölinjoja kaivetaan maan alle suojaan myrskyltä. Artikkel. Viitattu 21.4.2021. <https://yle.fi/uutiset/3-8403852>

/6/ Alentola, K. YLE. Sähkön toimitusvarmuus on parantunut. Artikkelin kuva. Viitattu 7.3.2021. <https://yle.fi/uutiset/3-9478507>

/7/ SFS-EN 50160. Yleisestä jakeluverkosta syötetyn sähkön jänniteominaisuudet. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto. 2020. 9 s.

/8/ Säteilyturvakeskus. Sähkönsiirto- ja jakelu. Yleistä tietoa Säteilyturvakeskuksen internetsivuilla sähkönsiirrosta- ja jakelusta. 2021. Viitattu 28.2.2021. https://www.stuk.fi/documents/12547/103407/Sahkonsiirto_piiirros.pdf/1216a642-2cba-4543-9aa4-838871405c87

/9/ Fingrid Oyj. Kantaverkon kehittämissuunnitelma 2019-2030. Viitattu 5.3.2021, 10.9.2021 ja 11.11.2021. https://www.fingrid.fi/globalassets/dokumentit/fi/kantaverkko/kantaverkon-kehittaminen/kantaverkon_kehittamissuunnitelma-2019-2030.pdf

/10/ OuluGIS, Paikkatiedon infrastruktuuri Oulun yliopistoon. Paikkatietojärjestelmän (GIS) perusteet ja määritelmä. Yleistä tietoa paikkatietojärjestelmästä. Viitattu 23.9.2021. https://www oulu.fi/virtualgis/osa1_01d.htm

/11/ OuluGIS, Paikkatiedon infrastruktuuri Oulun yliopistoon. Koordinaattijärjestelmät. Yleistä tietoa koordinaattijärjestelmästä. Viitattu 7.7.2021. <https://www oulu.fi/oulugis/fi/koordinaattijarjestelmat.html>

/12/ Paikkaoppi. Tutustu paikkatietoaineistoihin. Yleistä tietoa paikkatiedosta Opetushallituksen rahoittamasta kehityshankkeesta. Viitattu 15.5.2021. <https://www.paikkaoppi.fi/fi/paikkatiedon-perusteet/>

/13/ Paikkaoppi. Rasteri- ja vektorimuotoinen paikkatietoaineisto. Yleistä tietoa paikkatietoaineistoista. Viitattu 23.9.2021. <https://www.paikkaoppi.fi/fi/rasteri-ja-vektorimuotoinen-paikkatietoaineisto/>

/14/ Kartat.kapsi.fi. Kapsi Internet-käyttäjät ry:n tuottama palvelu. Avoimia paikkatietoaineistoja. Viitattu 29.9.2021 <https://kartat.kapsi.fi/>

/15/ Maanmittauslaitos. Avoimien aineistojen tiedostopalvelu. Viitattu 20.5.2021 <https://www.maanmittauslaitos.fi/asioi-verkossa/avoimien-aineistojen-tiedostopalvelu>

/16/ Fingrid Oyj. Fingrid karttapalvelu. Palvelu, jossa näkyy Suomen kantaverkko kartalla. Viitattu 20.5.2021 <https://fingrid.navici.com/platform/?tab=feedback>

/17/ Fingrid Oyj. Kantaverkon kehittämissuunnitelma 2022-2031 luonnos. Viitattu 12.11.2021. <https://www.fingrid.fi/globalassets/dokumentit/fi/palvelut/kayttovarma-sahkonsiirto/fingridin-kantaverkon-kehittamissuunnitelma-2022-2031.pdf>

/18/ Caruna Oy. Haastattelu 1.6.2021