



400 kV maakaapelin rakentaminen

Rakennuttamisen erityispiirteet

Ville Mäkinen

OPINNÄYTETYÖ
Joulukuu 2024

Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma
Infrarakentaminen

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma
Infrarakentaminen

MÄKINEN, VILLE:
400 kV maakaapelin rakentaminen
Rakennuttamisen erityispiirteet

Opinnäytetyö 57 sivua, joista liitteitä 1 sivu
Joulukuu 2024

Tässä opinnäytetyössä käsiteltiin Helsingin ja Vantaan alueille rakennettavaa 400 kilovoltin maakaapelia, joka on Suomen kantaverkkoyhtiö Fingridin rakennuttama Helsingin kaapeli. Fingrid toteuttaa hankkeen yhteistyössä Helsingin kaupungin ja Helen sähköverkon kanssa. Helsingin kaapeli on Suomen ensimmäinen kantaverkon 400 kV:n maakaapeliyhteys. Kaapeliyhteys on Vantaan Länsisalmen sähköasemalta Helsingin uudelle Vanhankaupungin sähköasemalle, ja se tulee palvelemaan pääkaupunkiseudun kasvavaa sähkönkulutusta ja edistämään vihreää siirtymää.

Opinnäytetyössä tutkittiin, mitä haasteita hankkeen yhteydessä on tullut vastaan ja millaisia ratkaisuja haasteisiin on löydetty. Opinnäytetyössä haastateltiin hankkeeseen eri rooleissa osallistuneita henkilöitä ja haastatteluiden perusteella kerättiin yhteen haasteita, ratkaisuja ja kehitysideoita. Kokemusta vastaavista hankkeista ei ole, joten kokemukset ja kehitysideat ovat apuna tulevaisuudessa. Tavoitteena oli löytää ja kerätä kehitettäviä asioita ja kohteita, sekä kokemuksia vastaavien hankkeiden rakennuttamiseen. Työ tehtiin Ramboll Finland Oy:n toimeksiannosta.

Opinnäytetyön teoriaosuuteen hankittiin tietoa kirjallisuudesta, hankkeen verkkosivuilta, haastatteluista, alan julkaisuista, ohjeista ja standardeista sekä toimeksiantajan materiaaleista. Teoriaosuudessa käydään läpi sähköverkon periaatteet, perehdytään Helsingin kaapelihankkeeseen sekä käydään läpi rakennuttamisen ja suunnittelun periaatteet. Tutkimuksellisessa osassa käydään läpi haastattelut ja niistä saatuja vastauksia. Haastatteluista saatiin kerättyä kokemuksia ja kehitettäviä asioita, joten työn tavoite saavutettiin.

Tulokseksi saatiin, että kehitettävää on vastaavien hankkeiden valmistelussa ja suunnittelussa. Valmisteluvaiheessa on pystyttävä ennakoimaan tulevia haasteita ja mietittävä ratkaisuja, jotka helpottavat hankkeen loppuun viemistä. Tästä hankkeesta saadut opit ja ratkaisut on dokumentoitava huolellisesti tulevaisuuden tarpeiden varalle. Kehitettävää on rakennuttamisen valmistelussa ja suunnittelun ohjauksessa, sekä tutkittavaa riittää aiheen parissa vielä tulevaisuudessa.

Asiasanat: maakaapeli, rakennuttaminen, 400 kV, kantaverkko, infra, suurjännite

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Construction Engineering
Civil Engineering

MÄKINEN, VILLE:
Construction of 400 kV Underground Cable
Special Features of Construction Management

Bachelor's thesis 57 pages, appendices 1 page
December 2024

This thesis examines the construction of a 400-kilovolt underground cable in the Helsinki and Vantaa areas, which is the Helsinki cable constructed by Finland's main grid company Fingrid. The Helsinki cable is Finland's first 400 kV power grid underground cable connection.

The thesis examined the challenges encountered during the project and the solutions found for these challenges. The goal was to identify and collect areas for improvement and experiences in managing similar projects.

The theoretical part addresses the fundamentals of the electrical grid, the Helsinki cable project, and examines the principles of construction and planning. The study was conducted by interviewing individuals involved in the project, such as contractor, designer, consulting engineer and client. From the interviews, both experiences and areas for improvement were collected, thus achieving the goal of the study.

The results indicate that there is room for improvement in the preparation and planning of similar projects. During preparation, it is necessary to anticipate future challenges and consider solutions that will facilitate the completion of the project.

The subject is still new, and the experience is limited. Thus, in the future, for instance the function and behavior of the cable could be studied further.

Key words: underground cable, construction management, 400 kV, main grid, infrastructure, high voltage

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	7
2	SÄHKÖVERKKO	8
2.1	Yleistä tietoa sähköverkosta	8
2.1.1	Kantaverkko	8
2.1.2	Jakeluverkot	11
2.2	Kantaverkon nykytilanne	12
2.2.1	Ilmajohdot	12
2.2.2	Maakaapelit	16
2.3	Kantaverkon kehittäminen	18
2.3.1	Maakaapelointi	20
2.4	Sähköverkon rakentaminen, maakaapelit	21
2.4.1	400 kV maakaapelin rakennusmenetelmät	22
3	HELSINGIN KAAPELI	27
3.1	Kaapelireitti	27
3.1.1	Kaavoitus	29
3.1.2	Ympäristöselvitys	30
3.1.3	Lupa-asiat	31
4	RAKENNUTTAMINEN	33
4.1	Hankinnan valmistelu	34
4.1.1	Urakka-asiakirjat	36
4.1.2	Urakkajako	37
4.1.3	Urakan sisältö	38
4.1.4	Urakkamuoto	39
5	SUUNNITTELU	41
5.1	Suunnittelun lähtökohdat	42
5.2	Reittisuunnittelu	43
5.2.1	Sähkötekniinen suunnittelu	43
5.2.2	Geotekniinen suunnittelu	44
5.3	Rakennussuunnittelu	45
5.3.1	Pohjanvahvistus	46
5.3.2	Jatkostilat	46
5.4	Työnaikainen suunnittelu	47
6	HAASTATTELUTUTKIMUS	48
6.1	Haastattelut	48
6.2	Kehitysideat haastatteluiden perusteella	49
6.2.1	Hankkeen valmistelu	50

6.2.2 Suunnittelu	51
6.2.3 Rakentaminen	52
7 POHDINTA	53
LÄHTEET	55
LIITTEET	57
Liite 1. Haastattelukysymykset.....	57

LYHENTEET JA TERMIT

ELY-keskus	Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus
HILMA	julkisten hankintojen tietopalvelu
HVDC	High-voltage direct current (suurjännitetasavirta)
kN	kilonewton
kV	kilovoltti
MW	megawatti
PE	polyeteeni
Poikkileikkaus	Rakenteen läpileikkaus. Poikkileikkaus näyttää, miltä rakenne näyttää, kun se "leikataan" poikki tietystä kohdasta.
YVA	Ympäristövaikutusten arviointi

1 JOHDANTO

Suomessa 400 kV maakaapeleita ei ole vielä käytössä ja vuonna 2024 rakenteilla on vain kaksi kappaletta, Fingrid Oyj:n Helsingin kaapeli ja Microsoftin rakennuttama 400 kV maakaapeliyhteys Espoosta Fingridin sähköasemalta Kirkkonummen Kolabackeniin rakennettavan datakeskuksen välille. Aihe on vielä uusi ja kokemuksia 400 kV maakaapeleista ei vielä ole.

Opinnäytetyössä käsitellään Suomen kantaverkkoyhtiö Fingridin rakennuttamaa Helsingin kaapelia, jota Fingrid toteuttaa yhteistyössä Helsingin kaupungin ja Helsingin sähköverkon kanssa palvelemaan pääkaupunkiseudun kasvavaa sähkönkulutusta ja edistämään vihreää siirtymää. Helsingin kaapeli on 400 kV:n maakaapeliyhteys Vantaan Länsisalmen sähköasemalta Helsingin uudelle Vanhankaupungin sähköasemalle.

Työssä perehdytään Fingridin hankkeeseen ja tutkitaan millaisia ongelmakohtia, on tullut vastaan, millaisia ratkaisuja niihin on löydetty ja mitä kehitettävää vastaavien hankkeiden valmistelussa ja rakentamisvaiheessa on. Tavoitteena on löytää ongelmakohdat ja vastoinkäymiset, joita on tullut eteen nykyisessä hankkeessa rakennuttamisen, suunnittelun ja rakentamisen aikana, ja löytää niihin ratkaisuja ja kehitysideoita haastatteluiden perusteella.

Opinnäytetyö koostuu teoriaosuudesta ja tutkimusosuudesta. Tutkimus on toteutettu haastatteluin, haastatellen hankkeeseen osallistuneita henkilöitä.

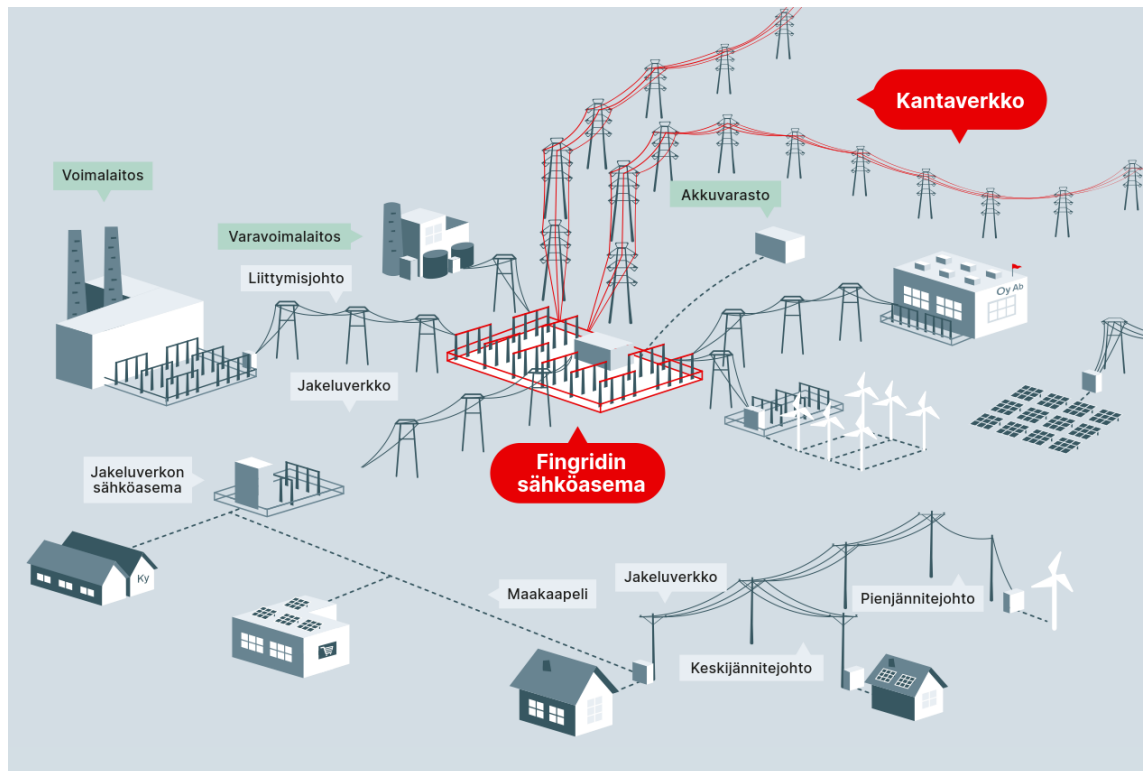
Opinnäytetyössä käsitellään sähköverkkoa yleisesti, kantaverkon nykytilannetta ja sen kehittämistä, sekä sähköverkon rakentamista. Lisäksi käsitellään mikä on Helsingin kaapeli, rakennuttamiseen sisältyviä asioita, hankkeen valmistelua, lupa-asioita ja suunnittelua. Tutkimusosuudessa käydään läpi haastattelut ja niiden tulokset, sekä käsitellään haastatteluiden perusteella tulleita kehitysideoita.

Työn toimeksiantaja on Ramboll Finland Oy. Ramboll on johtava kestävien kaupunkien ja yhteiskuntien suunnittelu- ja konsultointiyritys. Ramboll on sitoutunut kestävään kehitykseen ja innovatiivisten ratkaisujen edistämiseen rakennus-, infrastruktuuri-, ympäristö- ja energiasektoreilla.

2 SÄHKÖVERKKO

2.1 Yleistä tietoa sähköverkosta

Suomen sähköverkko koostuu kantaverkosta, voimalaitoksista, suurjännitteisistä jakeluverkoista, jakeluverkoista ja kuluttajista. Suomen sähköjärjestelmä on osa yhteispohjoismaista sähköjärjestelmää yhdessä muiden pohjoismaiden kanssa, sekä se on yhdistetty keski-Euroopan järjestelmään tasasähköyhteyksin. Suomesta on yhteys Ruotsiin ja Viroon tasasähköyhteydellä, joka yhdistää Suomen Baltian voimajärjestelmään. (Fingrid n.d.a.) Sähköjärjestelmän rakenne on esitetty kuviossa 1.



KUVIO 1. Periaatekuva Suomen sähköjärjestelmästä. (Fingrid yleisesite n.d.b.)

2.1.1 Kantaverkko

Kantaverkon hallinnasta vastaa Fingrid Oyj ja se koostuu Fingridin omistamista 110 kV, 220 kV ja 400 kV voimajohdoista, sähköasemista, varavoimalaitoksista sekä muusta laitteistosta. Fingridin sähkönsiirtoverkko on esitetty kuvassa 1. Kantaverkolla tarkoitetaan suurjännitteistä runkoverkkoa, jonka kautta valtaosa

Suomessa kulutetusta sähköstä siirretään. Kantaverkon tarkoitus on siirtää sähköä sähköyhtiöille alueverkkoihin, joista sähkö siirretään jakeluverkkoihin ja lopulta kuluttajille. Kantaverkon kautta siirretään noin 75 % kaikesta Suomessa siirretystä sähköstä. Kantaverkko on sähkön runkoverkko, johon on liittynyt suuret sähkön tuotantolaitokset, suurteollisuus sekä jakeluverkot. (Fingrid n.d.a.)

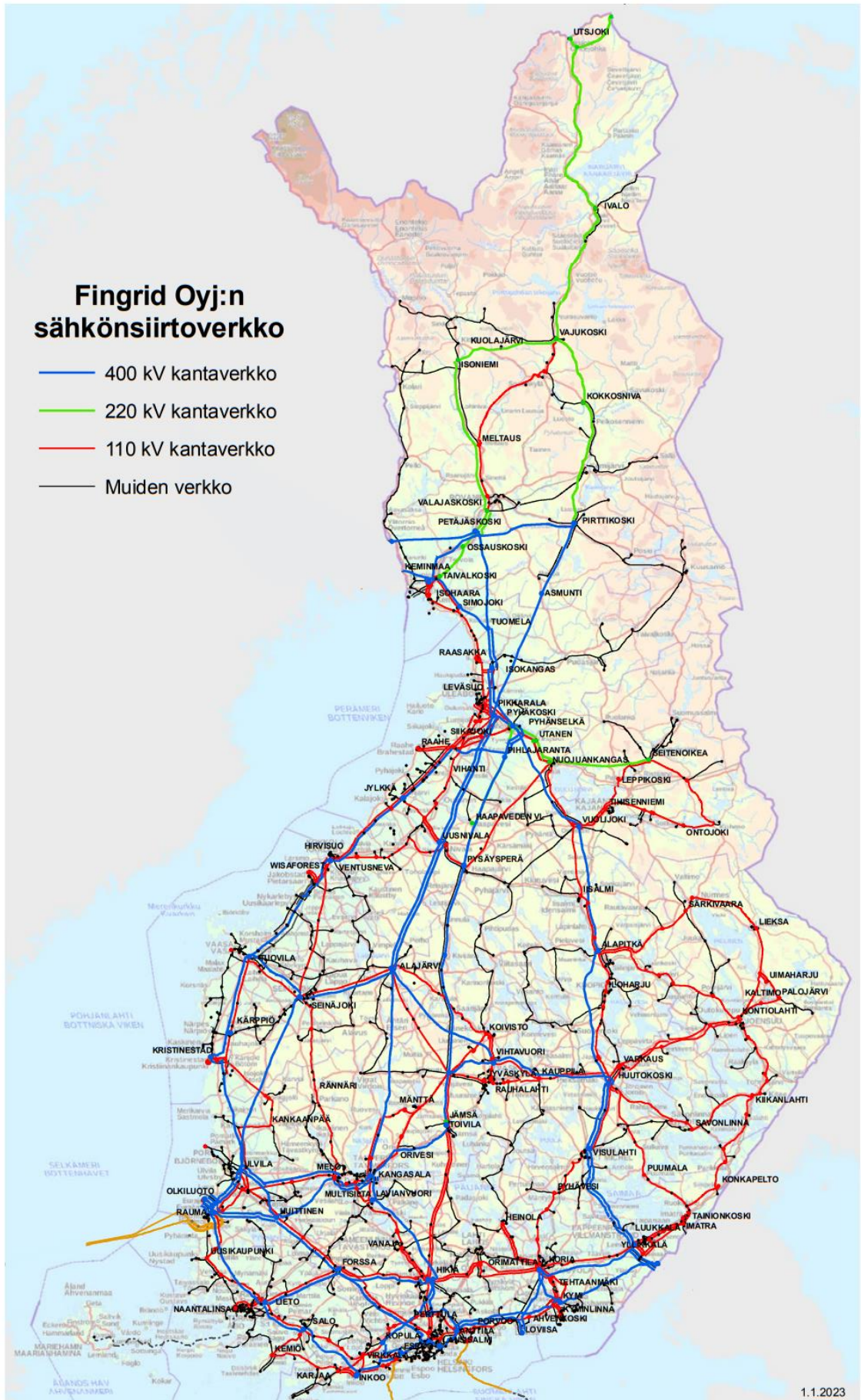
Kantaverkon voimajohtoja on noin 14 500 km ja 127 sähköasemaa. Kantaverkon lisäksi Suomessa on noin 320 km HVDC-kaapeleita, joiden omistus ja hallinnointi on jaettu Fingridin ja vastapuolen kanssa, sekä kantaverkkoon kuulumattomia alueverkoja, jotka omistavat eri sähköyhtiöt. Taulukossa 1. on esitetty kantaverkon voimajohtojen kokonaispituudet Suomessa. (Fingrid n.d.a.)

TAULUKKO 1. Voimajohtojen kokonaispituus Suomessa. (Fingrid 2023.)

Jännite	400 kV	220 kV	110 kV	HVDC- kaapelit
Pituus	5400 km	1000 km	7600 km	320 km

Suomen kantaverkon ylläpidosta ja toimivuudesta vastaavan Fingridin vastuulla ovat kantaverkon valvonta, verkon ylläpito, rakentaminen, kehittäminen, käytön suunnittelu, tasepalvelu ja sähkömarkkinoiden toiminnan edistäminen. Fingrid vastaa Suomen sähköjärjestelmän käyttövarmuudesta ja toimivuudesta. Kantaverkkoa valvotaan kantaverkkokeskuksessa ympäri vuorokauden. (Fingrid n.d.a.)

Sähkömarkkinalaki edellyttää, että kantaverkko on suunniteltava ja rakennettava, ja sitä on ylläpidettävä siten, että verkko täyttää EU:n lainsäädännössä ja kantaverkonhaltijalle sähköverkkoluvassa asetetut verkon luotettavuutta ja käyttövarmuutta koskevat ehdot ja vaatimukset. Kantaverkon toiminta ei saa häiriytyä sähköjohtojen päälle kaatuvista puista tai johtokadulla kasvavista puista. Lisäksi verkon siirtokapasiteetti on oltava riittävä, varmistaakseen kantaverkonhaltijan vastualueen säilyttämiseen yhtenäisenä sähkökaupan tarjousalueena. (Sähkömarkkinalaki 588/2013, 40 §.)



KUVA 1. Fingridin sähkösiirtoverkko. (Fingrid 2024.)

2.1.2 Jakeluverkot

Jakeluverkot liittyvät tyypillisesti kantaverkkoon 110 kV verkon kautta ja ne siirtävät sähköä alueellisesti 110 kV johdoilla. Jakeluverkot jaetaan jännitetason mukaan suurjännitteisiin, keskijännitteisiin ja pienjännitteisiin. Suurjännitteisen verkon nimellisjännite on yli 36 kV, keskijännitteisen verkon nimellisjännite on 1 kV–36 kV ja pienjännitteisen verkon nimellisjännite on korkeintaan 1 kV. Suurjännitteeseen jakeluverkkoon liittyvät suuret sähkönkäyttäjät, mm. teollisuus, suuret kaupat ja maatalous. Pienjännitejakeluverkkoon liittyvät kotitaloudet ja muut pienemmät sähkön käyttäjät. (Energiateollisuus, n.d.)

Sähkön tuotantopuolella suuret tuulivoimapuistot liittyvät kantaverkkoon tai suurjännitteeseen jakeluverkkoon ja pienemmät sähkön tuotantolaitokset kuten aurinkovoimalat liittyvät jakeluverkkoihin. Jakeluverkkoihin liittyvien tuotantolaitosten määrä on kasvava, erityisesti aurinkovoiman osalta. (Energiateollisuus, n.d.)

Jakeluverkoista Suomessa vastaavat jakeluverkkoyhtiöt. Eri jakeluverkko- ja alueverkkoyhtiöiden omistamat yhteensä yli 9 500 km 110 kV:n sähköverkkoa. Taulukossa 2. on esitetty viisi eniten 110 kV:n verkkoa omistavat jakeluverkkoyhtiöt, vuonna 2022. (Energiavirasto, 2022.)

TAULUKKO 2. Vuonna 2022 eniten 110 kV:n sähköverkkoa omistaneet yhtiöt. (Energiavirasto, 2022.)

Yhtiö	110 kV verkon pituus
Caruna Oy	1933 km
Elenia Verkko Oyj	1434 km
EPV Alueverkko Oy	837 km
Savon Voima Verkko Oy	519 km
Järvi-Suomen Energia Oy	454 km

2.2 Kantaverkon nykytilanne

Suomen kantaverkosta kaikki käytössä olevat voimajohdot ovat ilmajohtoja, pois lukien tasasähköyhteydet Ruotsiin ja Viroon, jotka ovat merikaapeleita. Kantaverkko on toteutettu ilmajohdoin teknisistä ja taloudellisista syistä. Ilmajohdot ovat maakaapeleihin verrattuna halvempia toteuttaa ja pitkällä matkalla ilmajohto soveltuu teknisesti paremmin tehon siirtoon kuin maakaapeli. Maakaapelin rakentaminen on noin kymmenen kertaa kalliimpaa kuin avojohdon. (Fingrid-lehti, 2016.)

2.2.1 Ilmajohdot

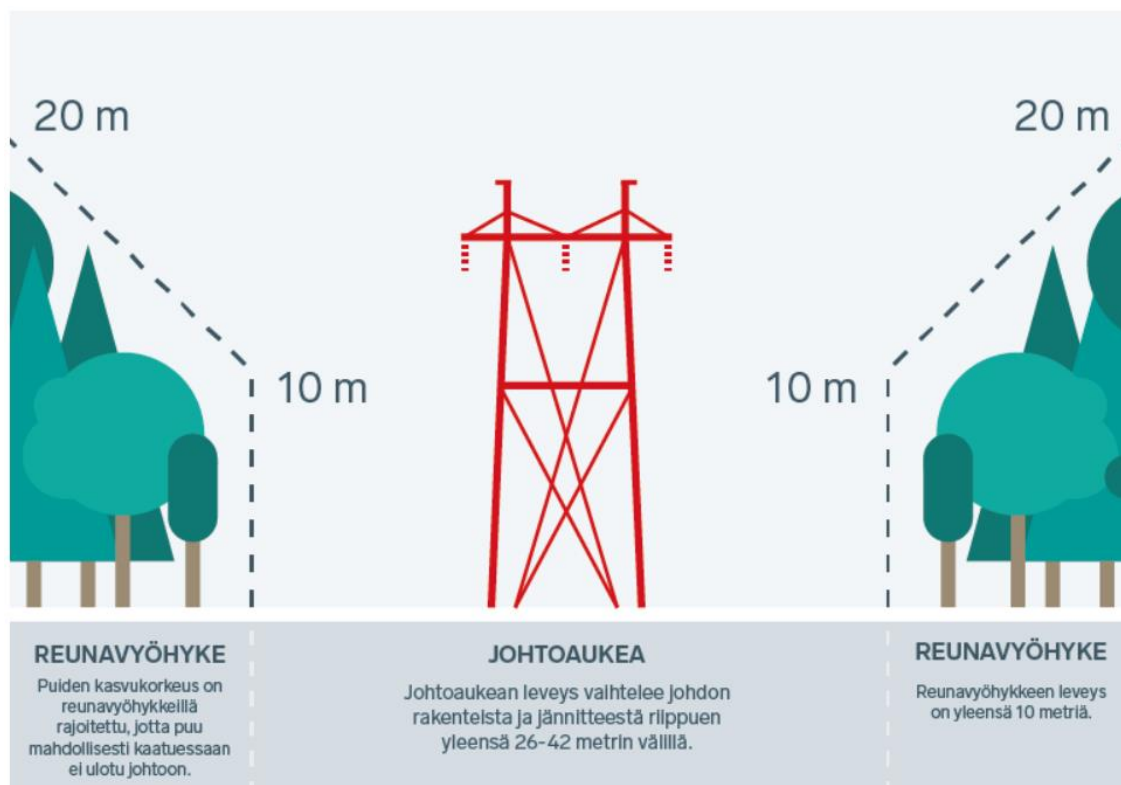
Ilmajohto on sähkönsiirtoon ja -jakeluun käytetty johto, joka kulkee ilmassa pylväiden varassa. Ilmajohdot suurjänniteverkossa ovat pääosin avojohdota. Avojohto tarkoittaa ilmajohtoa, jossa jokainen johdin on asennettu erilleen toisistaan. Avojohtoja on kahta eri luokkaa: päällystämättömät ja päällystetyt avojohdot. Päällystämätön avojohto on paljas johto, jonka johdinmateriaalina käytetään alumiinia, alumiiniseoksia ja teräsvahvisteista alumiiniseosta (kuva 2.). Päällystetyt johdot vastaavat muuten päällystämättömiä, mutta ne ovat eristetty muovisella erityskerroksella. Suomessa päällystämättömiä avojohdota käytetään suurjänniteverkoissa ja päällystettyjä avojohdota käytetään pien- ja keskijänniteverkoissa, koska ne voidaan asentaa lähemmäksi toisiaan eristyksen ansiosta ja ilmajohdot saadaan sijoitettua pienemmälle alueelle. (Korpinen 2017.)



KUVA 2. Päällystämätön teräsalumiini johdin. (Prysmian 2024.)

Ilmajohto ja pylväävät vaativat laajan johtoalueen, alueen keskellä on johtoaukea, jossa sijaitsee pylväävät ja ilmajohto, sekä johtoalueen reunoilla on noin 10 metriä leveä reunavyöhyke, jossa puut saavat kasvaa maksimissa 10 metriä korkeiksi

tietyä etäisyyden päässä johtoauekan reunasta. Kasvurajoituksella pyritään varmistamaan, että puut eivät kasva liian korkeiksi, jolloin kaatuessaan ne voivat vahingoittaa ilmajohtoa. Johtoauekan leveys vaihtelee johdon rakenteesta ja jännitetasosta riippuen, yleensä 26–42 metrin välillä. Johtoalueella on myös rakennusrajoitusalue, jonka leveys vaihtelee johtokohtaisesti. Kuviossa 2. on esitetty johtoalue. Ilmajohdon johtoalueen vaatimia suuri tila rajoittaa ilmajohtojen käyttöä tiheään rakennetuissa ympäristöissä. (Fingrid n.d.c.)



KUVIO 2. Johtoalue, keskellä johtoaueka ja reunoilla reunavyöhykkeet. (Fingrid n.d.c.)

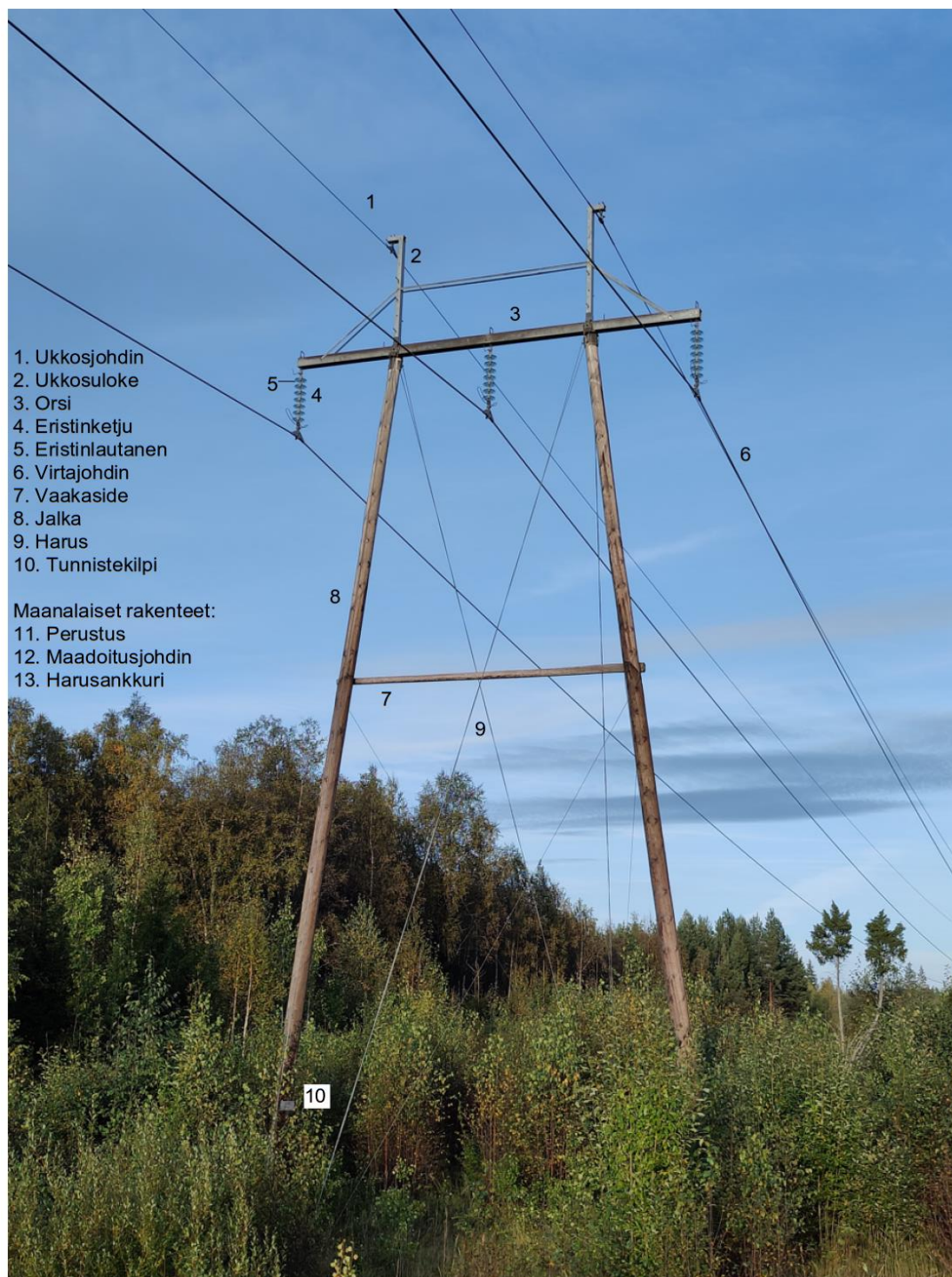
Ilmajohdon ripustamiseen käytetyt pylväät valmistetaan nykyään teräksestä tai puusta. Suomen kantaverkossa käytettävät uudet pylväät ovat kaikki teräksestä valmistettuja, aiemmin kantaverkossa 110 kV ja 220 kV jännitetasoilla on käytetty myös puupylväitä. 400 kV:n jännitetasolla käytetyt pylväät ovat aina olleet teräksestä valmistettuja. (Ala-Kokko 2018, 19–22.)

Pylväitä on käyttötarpeen mukaan erilaisia, muodoltaan ja ominaisuuksiltaan. Rakenteeltaan pylväitä on kahta päätyyppiä: vapaasti seisovat pylväät ja harustetut

pylväät. Vapaasti seisovat pylväät vaativat vähemmän tilaa ja pienemmän johtoalueen, koska ne nimensä mukaan seisovat vapaasti ilman haruksia. Harustetut pylväät ovat usein hieman matalimpia ja kevyempiä kuin vapaasti seisovat pylväät, joten ne ovat kustannuksiltaan hieman edullisempia. (Korpinen 2017.) Kuvassa 3. on vapaasti seisova pylväs ja kuvassa 4. on harustettu pylväs. Lisäksi Fingrid on kehittänyt peltopylvään, joka on suunniteltu niin, että sen aiheuttamat haitat maanviljelylle on minimoitu. Peltopylväitä käytetään 400+110 kV yhteispylväsrakenteella ja 400 kV jännitetasolla. 110 kV jännitetasolla peltoalueilla käytetään perusratkaisuna vapaasti seisovia pylväitä. (Fingrid n.d.c.)



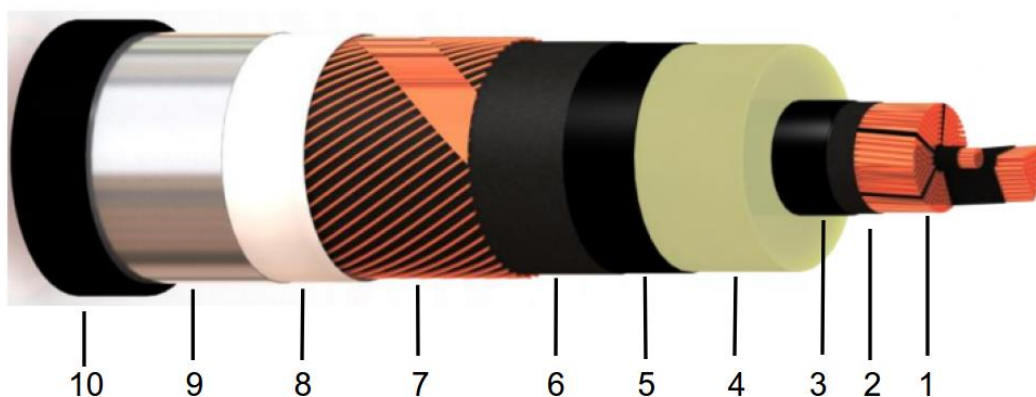
KUVA 3. Vapaasti seisova pylväs. (Ville Mäkinen 2024.)



KUVA 4. Harustettu puurakenteinen pylväs ja sen osat. (Ville Mäkinen 2024.)

2.2.2 Maakaapelit

Maakaapeli on kaapeli, joka on asennettu maan alle ja se on suojattu kosteudelta, korroosiolta ja mekaaniselta vahingoittumiselta vaipalla ja sen sisällä on yksi tai useampi sähköenergiaa kuljettava johdin (kuva 5.).



KUVA 5. 400 kV suurjännitekaapelin poikkileikkaus, 1 johdin, 2 johdinsuojanauhoitus, 3 johdinsuoja, 4 eriste, 5 hohtosuoja, 6 puolijohtava veden estävä teippi, 7 kosketussuoja, 8 kosketussuojanauhoitus, 9 alumiinilaminaatti, 10 ulkovaippa. (Demirer kablo 2023.)

Suurjännitteellisiä maakaapeleita käytetään sähköverkossa, kun ilmajohtoja ei voida käyttää, kuten kaupunkien ja muiden tiheään rakennettujen ympäristöjen alueella. Toistaiseksi Suomen kantaverkossa kaapeleita on ainoastaan Ruotsiin ja Viroon olevat tasasähköyhteydet merikaapelein. (Fingrid n.d.a.) Jakeluverkoissa keski- ja pienjännitteillä maakaapeleita käytetään laajalti ja jatkuvasti ilmajohtoja korvataan maakaapeloinnilla. Maakaapelointia jakeluverkoissa tehdään sen etujen vuoksi, joita ovat:

- maakaapelit ovat suojassa sääilmiöiltä ja ilkivallalta
- maakaapelit eivät vaikuta maisemaan, kuten ilmajohdot
- maakaapelit vaativat pienemmän johtoalueen kuin ilmajohdot
- maakaapelin luoma magneettikenttä on pienempi kuin ilmajohdon.

Maakaapeloinnilla on myös omat haasteensa, mm. rakennuskustannukset ovat kalliimmat kuin ilmajohdoilla, vaurioiden korjaaminen on haastavampaa ja maakaapeleiden tekniset ominaisuudet rajoittavat sähkönsiirtokykyä, etenkin pitkillä matkoilla. (Eolus 2024.)

Globaalisti suurjännitemaakaapelointia käytetään pääasiassa lyhyillä sähkönsiirtoimatkoilla ja metropolialueilla. Maailmalta löytyy tapauksia myös pidemmistä suurjännitemaakaapeloinneista. Taulukossa 3. on maailman laajuisesti pisimmät vähintään 400 kV:n maakaapeloinnit.

TAULUKKO 3. Pisimmät vähintään 400 kV maakaapeloinnit. (Energinet 2018.)

Maa	Käyttöön- ottovuosi	Nimi	Virtapiirien määrä	Jännite (kV)	Kapasiteetti (MW)	Pituus (km)
Norja	2017	Kollsnes- Mongstad	1	420	300	30
Espanja- Marokko	1997	Spain-Morocco Interconnection	1	420	700	28
Espanja- Marokko	2006	Spain-Morocco Interconnection	1	420	700	33
Kiina	2009	Hainan-Guang- dong	1	525	740	32
Tanska	1997	Copenhagen	1	420	975	22
Kanada	1984	Bc Hydro-Van- couver	2	525	1200	38
Saudiara- bia	2006	GCCIA Intercon- nection	2	420	1200	51
Iso-Britan- nia	2005	St John's Wood	1	420	1600	26
Japani	2000	Shin-Toyosu Line	2	525	1800	40
Italia	2015	Sorgente-Rizzi- coni	2	420	2000	47
Alanko- maat	2015	Randstad	2	420	5280	20
Yhteensä						367

Tiedot maailmanlaajuisesti päättyneistä hankkeista osoittavat, että suurjännitemaakaapeleiden käyttö kasvaa, etenkin suurissa kaupungeissa kun kaupungit kasvavat ja laajenevat. Energinetin raportista käy ilmi, että tähän mennessä hankkeita on toteutettu pääasiassa kaupunkialueilla, osana vedenalaisia alituksia

tai ympäristön kannalta erityisen tärkeillä alueilla, jotka ovat myös olleet tärkeimpiä suurjännitemaakaapeleiden käyttöä edistäviä tekijöitä mm. Tanskassa. (Energinet 2018, 39–42.)

2.3 Kantaverkon kehittäminen

Kantaverkonhaltijan Fingrid Oyj:n velvollisuuksiin kuuluu kantaverkon kehittäminen. Sähkömarkkinalain mukaan sähköverkkoa sekä yhteyksiä muihin verkkoihin tulee ylläpitää, käyttää ja kehittää verkonhaltijan toimesta, turvatakseen riittävän hyvälaatuisen sähkön saannin verkkonsa käyttäjille. Lisäksi kantaverkonhaltijaa koskee sähkömarkkinalain luvun 5 säädökset. (Sähkömarkkinalaki 588/2013, 19 § ja 41 §.)

Sähkömarkkinalain 19 §:n 2 momentissa on säädetty seuraavat vaatimukset koskien verkonhaltijaa:

Sähköverkko on suunniteltava ja rakennettava ja sitä on ylläpidettävä siten, että:

- 1) sähköverkko täyttää sähköverkon toiminnan laatuvaatimukset ja sähkönsiirron sekä -jakelun tekninen laatu on muutoinkin hyvä;
- 2) sähköverkko ja sähköverkkopalvelut toimivat luotettavasti ja varmasti silloin, kun niihin kohdistuu normaaleja odotettavissa olevia ilmastollisia, mekaanisia ja muita ulkoisia häiriöitä;
- 3) sähköverkko ja sähköverkkopalvelut toimivat mahdollisimman luotettavasti normaaliolojen häiriötilanteissa ja valmiuslaissa (1552/2011) tarkoitetuissa poikkeusoloissa;
- 4) sähköverkko toimii yhteensopivasti sähköjärjestelmän kanssa ja se voidaan tarvittaessa liittää yhteen toisen sähköverkon kanssa;
- 5) sähköverkkoon voidaan liittää vaatimukset täyttäviä käyttöpaikkoja ja voimalaitoksia;
- 6) verkonhaltija kykenee muutoinkin täyttämään sille kuuluvat tai tämän lain nojalla asetetut velvollisuudet.

Kantaverkonhaltijan on laadittava kymmenvuotinen kehittämissuunnitelma, joka koskee kantaverkkoa ja sen yhteyksiä toisiin sähköverkkoihin. Kehittämissuunnitelma on päivitettävä kahden vuoden välein ja se on julkaistava. Ennen julkaisemista kantaverkonhaltijan on varattava verkon käyttäjille, asianosaisille viranomaisille sekä muille sidosryhmille mahdollisuus lausua mielipiteensä kehittämissuunnitelmasta. (Sähkömarkkinalaki 588/2013.)

Kehittämissuunnitelman on sisällettävä suunnitelma investoinneista, joiden toteutus täyttää 19 §:n 1 momentissa tarkoitetun verkon kehittämisvelvollisuuden ja kantaverkon toiminnan laatuvaatimukset, suunnitelma rajayhdysjohtoja koskevista investoinneista ja selvitys käytetyistä menetelmistä laatiessa kehittämissuunnitelmaa sekä suunnitelman perustana olevista ennusteista ja muista oletuksista, jotka koskevat sähkön kulutuksen ja tuotannon kehitystä. (Sähkömarkkinalaki 588/2013, 41 §.)

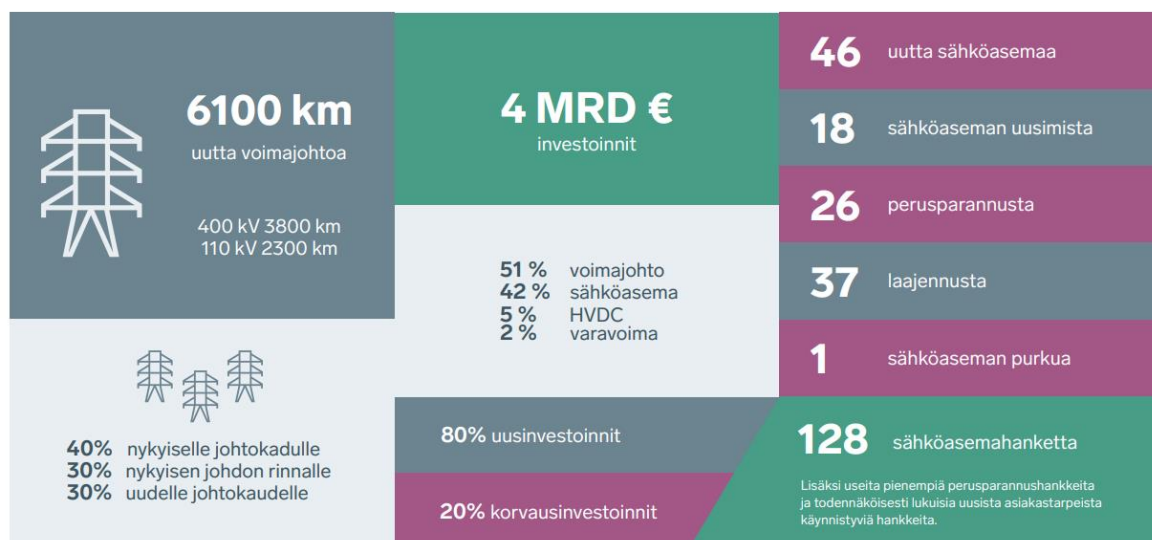
Fingrid kehittää kantaverkkoa ennakoiden asiakkaiden ja yhteiskunnan tarpeita. Kantaverkkoa kehittäessä ja suunnitellessa Fingridin lähtökohtia ovat asiakastarpeet, sähkömarkkinoiden toimivuuden edistäminen, käyttövarmuuden säilyttäminen, siirtokapasiteetin varmistaminen, kustannustehokkuus ja verkon ikääntymisen hallinta. Kantaverkkoa kehitetään pitkällä aikavälillä optimoiden teknistaloudellisuus, mutta varmistaen tulevaisuuden toimintaedellytykset. Kehittämistä varten laadittu kehittämissuunnitelma, joka koordinoidaan Itämerenalueen ja Euroopan kattavan verkkosuunnitelman kanssa. (Fingrid n.d.a.)

Fingridin keskeiset tavoitteet kantaverkon kehittämisessä ovat:

- Riittävä siirtokapasiteetti asiakkaiden ja yhteiskunnan tarpeisiin.
- Toiminta on tehokasta ja turvallista.
- Laatu on oikein mitoitettu.

Kuviossa 3. on esitetty Fingridin investointimääriä vuosina 2024–2033. Uusia 400 kV voimajohtoja rakennetaan noin 3800 km. 400 kV:n voimajohdot luovat vahvan pääsiirtoverkon, jota täydennetään 110 kV:n yhteyksillä, joita rakennetaan seuraavan kymmenen vuoden aikana noin 2300 km. Voimajohtojen lisäksi Fingrid toteuttaa 128 isoa sähköasemahanketta ja lisäksi useita pienempiä perusparannushankkeita ja lukuisia asiakastarpeista käynnistyviä hankkeita. (Fingrid 2023.)

2024–2033 lukuina



KUVIO 3. Fingridin kehittämissuunnitelman lukuja. (Fingrid 2023.)

2.3.1 Maakaapelointi

Suomen kantaverkossa ei toistaiseksi ole yhtään 400 kV:n maakaapelia, kantaverkossa voimajohtojen perusratkaisuna käytetään ilmajohtoja. Myös 110 kV:n jännitetasolla maakaapelointia käytetään tietyissä poikkeustapauksissa, kun maankäytöllisten rajoitusten takia ilmajohtojen rakentaminen on mahdotonta ja siirtoetäisyys on riittävän lyhyt, sillä kaapeli ei sovellu suurjännitteiseen sähkönsiirtoon pitkille matkoille. (Fingrid 2023.)

Fingrid on omalta osaltaan tutkinut maakaapelointia vaihtoehtona kantaverkon rakentamiseen. Kantaverkkoa ei ole kaapeloitu teknisistä ja taloudellisista syistä. Maakaapelien vähäistä käyttöä selittää mm. kaapeloinnin suuret rakennuskustannukset verrattuna avojohdoin, sekä maakaapelin elinkaari on lyhyempi kuin avojohdolla. Lisäksi kaapelivikojen paikallistaminen ja korjaaminen on huomattavasti hitaampaa kuin avojohdon vian korjaaminen, ja se vaatii enemmän kalustoa. Maakaapelilyhteys on usein pidempi kuin avojohdolla, koska kaapelin asennus vaatii maaston esteiden ja rakenteiden kiertämistä. Kun kaapelia asennetaan kaapelikaivantoon, se asennetaan noin 1,5 metrin syvyyteen, joten asentaminen vaatii maa-aineksen muokkaamista ja lisäksi se vaatii maan pinnalle alueen, jossa ei ole puita ja alueen käyttöoikeutta rajoitetaan. (Fingrid-lehti 2016.)

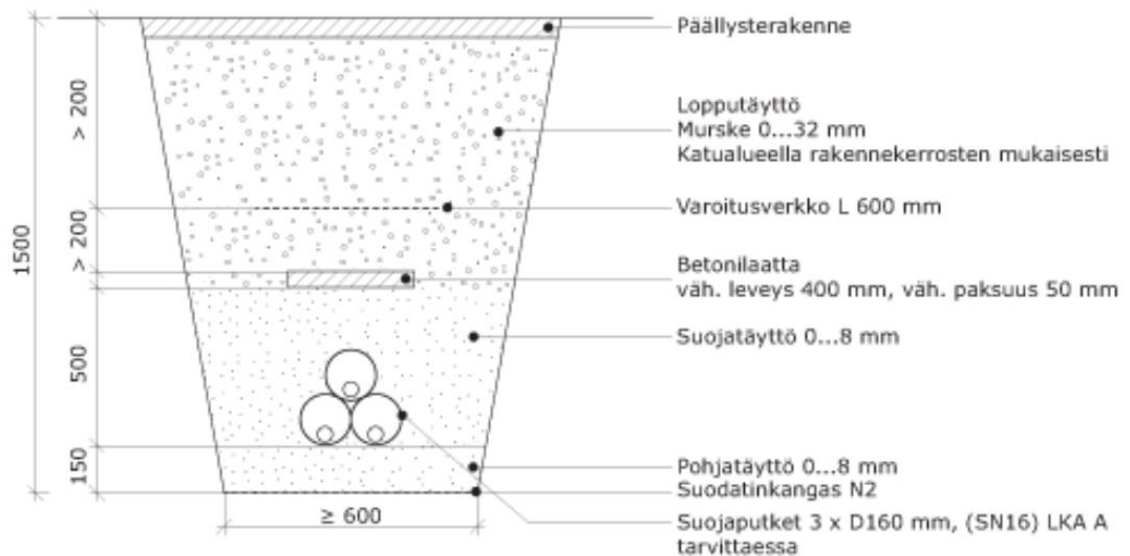
Maakaapeloinnilla on myös etunsa verrattuna avojohtoihin.

- Maakaapelin vaatima tilantarve on pienempi, kun ei tarvita pylväsrakenteita
- sen käyttövarmuus on parempi, koska se ei ole alttiina sään vaikutuksille
- jännitteelliset osat ovat suojattuna
- pienemmät sähkö- ja magneettikentät
- paremmat sähkötekniset ominaisuudet
- ei aiheuta visuaalista haittaa ympäristöön. (Ala-Kokko 2018, 41.)

2.4 Sähköverkon rakentaminen, maakaapelit

Maakaapelit voidaan asentaa monilla eri tavoilla, käyttökohteesta, ympäristöstä, maaperästä, kuormitettavuudesta ja käytettävissä olevasta tilasta riippuen. Kaapelit voidaan asentaa kaapelikaivantoon suojaamattomana tai suojattuna, porattuna maahan tai kallioon, vesistöön tai olemassa oleviin rakenteisiin kuten siltoihin. Kaapelien mekaaniseen suojaukseen on erilaisia vaihtoehtoja, kuten muoviset tai metalliset suojaputket, betonilaatat ja betonielementit. Suurjännitemaakaapelit asennetaan lähes poikkeuksetta aina vähintään suojaputkiin riippumatta asennussyvyydestä. (Hämäläinen 2013, 10–16.; Mäkinen 2023, 3–5.)

Yleisin asennustapa maakaapeleille on kaapelikaivanto. Kaapelikaivanto on tehtävä niin, että putkitukset tai kanavat voidaan rakentaa ja kaapelit voidaan asentaa suunnitelma-asiakirjojen mukaisesti. Kaapelikaivannon rakenne koostuu asennusalustasta, alkutäytöstä, kaapeleiden suojaputkista, kaapeleista, kaapeleiden mekaanisesta suojauksesta, lopputäytöstä, maadoituksesta sekä tarvittaessa tietoliikennekaapeleista ja kaapelin kunnonvalvonnan kaapeleista. Kaapelikaivannon kohdalla olevat pintarakenteet suunnitellaan ympäristön mukaan tai korvaamaan rakentamista edeltävä tilanne. Suurjännitekaapeleiden kaapelikaivannon kokonaissyvyudeksi suositellaan 1,5 m, jolloin kaapeleiden asennussyvyys on 1,3 m ja kaivannon leveys määräytyy asennettavien kaapeleiden ja suojauksen mukaan. Kaapelin suojaukseen käytetään betonilaattaa, massiivista muovilaattaa tai muuta kohteeseen suunniteltua ratkaisua ja kaapelikaivantoon asennetaan varoitusverkko, joka asetetaan vähintään 200 mm kaapelirakenteen yläpuolelle. Kuvassa 6. on esitetty 110 kV:n kaapelikaivanto, rakenteineen ja mittoineen. (InfraRYL 2024.)

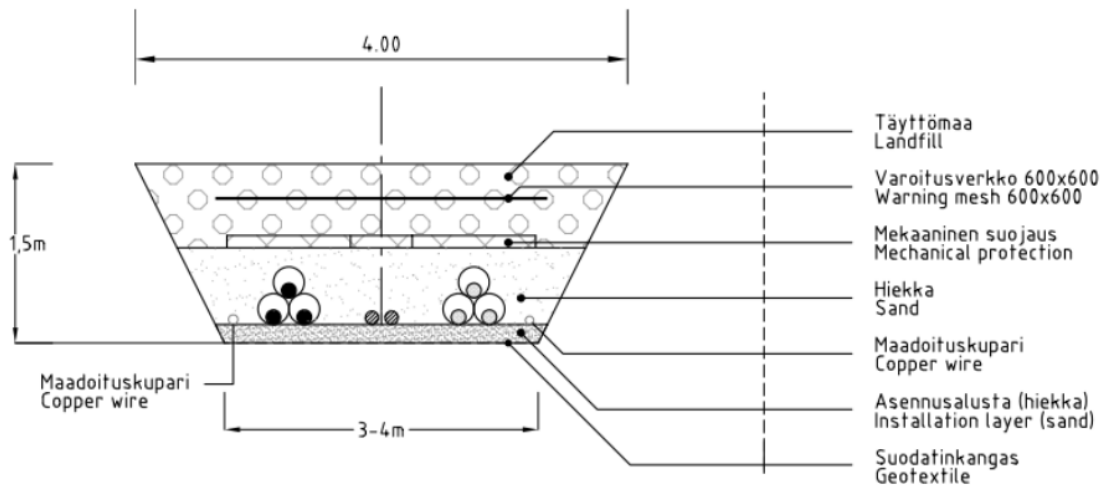


KUVA 6. 110 kV:n kaapelikaivanto, keskiraskas suojaus betonilaatoin. (InfraRYL 2024.)

2.4.1 400 kV maakaapelin rakennusmenetelmät

400 kV:n maakaapeleiden asennukseen ei ole vielä olemassa erillisiä ohjeita tai standardeja, vaan niiden asennukseen sovelletaan InfraRYL-ohjeita, SFS 6000 ja 6001 standardeja sekä hankekohtaisia suunnitelmia ja kaapelin valmistajan ohjeita.

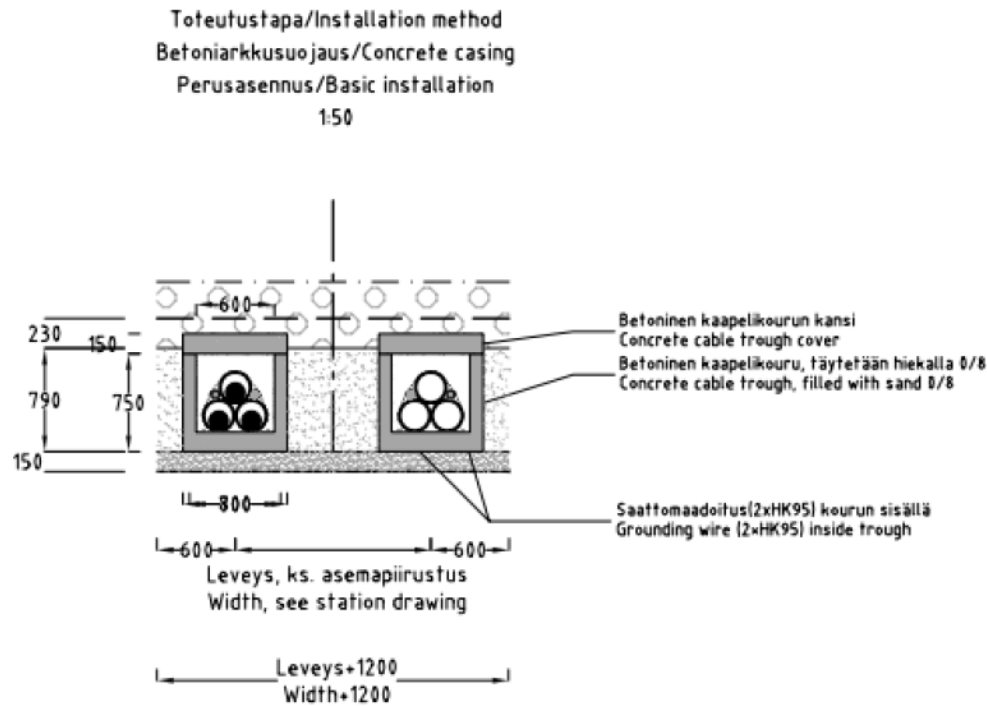
Pääperiaatteiltaan 400 kV:n maakaapelointia rakennetaan samalla tavalla kuin 110 kV:n maakaapelointia, mittakaava on vain suurempi ja rakentamisessa varmuuskertoimet ovat suurempia, koska kokemusta 400 kV:n maakaapeleista ja niiden rakentamisesta ei ole. Kaapelit suojataan vähintään suojaputkin ja betonilaatoin kuten kuvassa 7. on esitetty ja kuvassa 8. on rakennettuna kaapeliputkituksia. Kaapelisuojaputkien halkaisija on 250 mm, materiaali on PE eli polyeteenimuovi, väri keltainen ja putken rengasjäykkyys 16 kN/m^2 . Riittävän suuri rengasjäykkyys estää putkita painumasta kasaan, kun niiden päälle tulee kuormaa. Katu- tai kaupunkialueilla, joissa tarvitaan luotettavaa mekaanista suojausta kaikista suunnista, suojaukseen käytetään betoniarkkusuojausta, kuva 9. Kaapelit asennetaan suojaputkiin ja suojaputket asennetaan betoniseen suojakouruun, joka täytetään suojahiekalla ja arkun päälle asetetaan betoninen kansi. Suojarakenteiden päälle tulee vähintään 200 mm täyttöä, jonka jälkeen asennetaan varoitusverkko ennen lopputäyttöä. (Ramboll 2024.)



KUVA 7. Reittisuunnittelussa käytetty peruspoikkileikkaus. Kaapelit asennettu kolmioon ja suojattu betonilaatoin. (Fingrid 2022.)

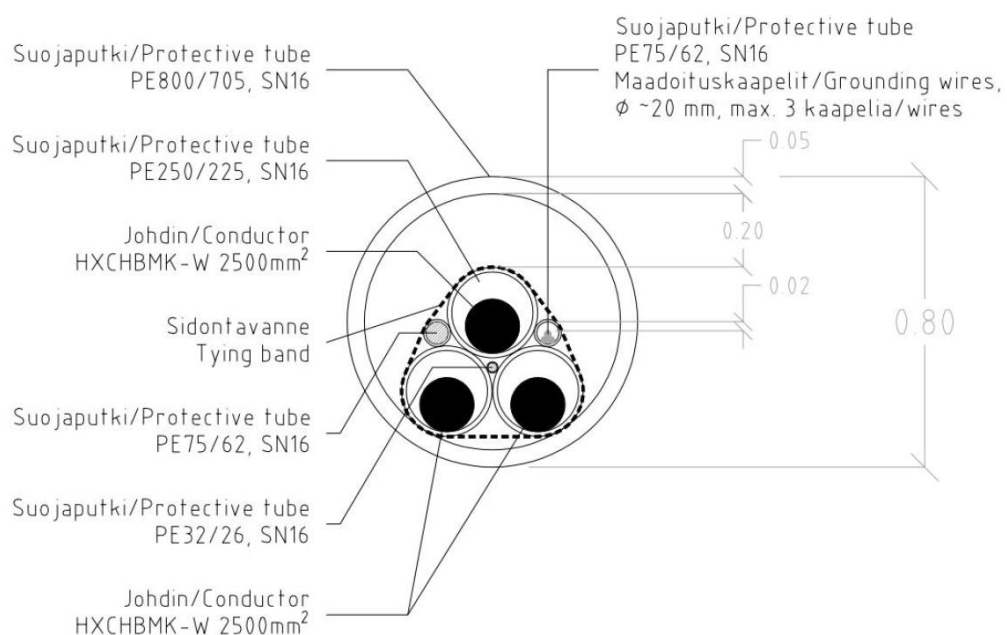


KUVA 8. Kaapeliputkituksia asennettu tuettuun kaivantoon. Putket ovat asennettu suojahiekkaan sekä suojattu betonilaatoin ja betonilaattojen yläpuolelle asennetaan varoitusverkko. (Ville Mäkinen 2024.)



KUVA 9. Poikkileikkaus betoniarkkusuojuuksesta. (Ramboll 2024.)

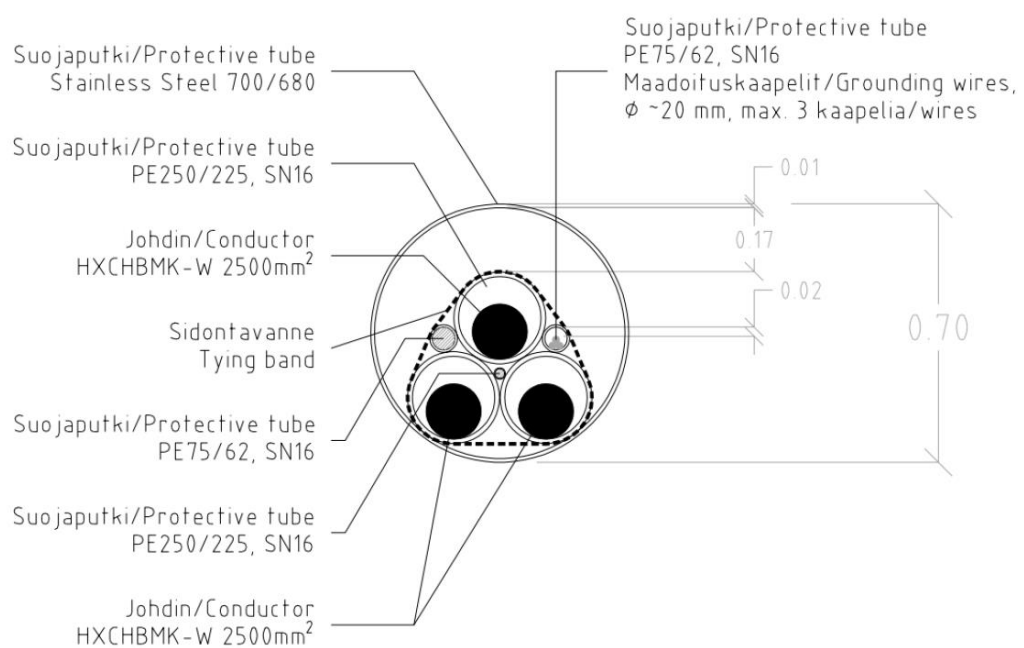
Alitusporauksissa kaapeleiden suojausputket asennetaan PE800 putkeen, joka injektoidaan täyteen sementtiä. Kaapelinsuojausputket sidotaan yhteen sidontavanteella ja maadoituksille sekä kunnonvalvontakaapeleille on omat suojausputket. Kuvassa 10. on esitetty poikkileikkaus PE-putkella tehtävistä alituksista ja kuvassa 11. on rakennettuna putkituksia. Kallioporauksissa kaapelinsuojausputket asennetaan ruostumattoman teräsputken sisään, kuva 12. (Ramboll 2024.)



KUVA 10. Poikkileikkaus alitusporaus, suojausputkena PE-putki. (Ramboll 2024.)



KUVA 11. Putkitukset alitusporauksessa. (Ville Mäkinen 2024.)



KUVA 12. Poikkileikkaus kallioporausta, suojaputkena teräsputki. (Ramboll 2024.)

Muoviset suojaputket yhdistetään sähköhitsausmuhveilla. Sähköhitsausmuhvi on kappale, joka hitsataan automaattisella sähköhitsauslaitteella. Muhvissa on sisällä vastuslangat, jotka kuumenevat sähkön ansiosta sulattaen putken ja muhvin muoviseokset yhteen, kuvassa 13. on sähköhitsausmuhvi 110 PE putkessa. Teräsputket yhdistetään hitsaamalla. (Ramboll 2024.)



KUVA 13. Sähköhitsausmuhvi 110 PE putkessa. (Ville Mäkinen 2024.)

3 HELSINGIN KAAPELI

Helsingin kaapeli on 400 kilovoltin maakaapeliyhteys Vantaan Länsisalmen sähköasemalta Helsingin uudelle Vanhankaupungin sähköasemalle. Helsingin kaapeli tulee olemaan ensimmäinen 400 kV:n maakaapeli Suomen kantaverkossa. Fingridin ja Helen Sähköverkko Oy:n verkkoselvitysten perusteella, yritykset ovat arvioineet, että viimeistään vuoteen 2035 mennessä uusi 400 kV:n kaapeliyhteys tarvitaan, mutta hanketta on aikaistettu. Hankeen suunnittelu on aloitettu vuonna 2020, rakentaminen on aloitettu 2024 ja kaapeliyhteys valmistuu vuonna 2026. Hankkeessa rakennetaan rakenteellinen varaus toiselle kaapeliyhteydelle. Kaapelireitin kokonaispituus on noin 12 km ja reitti sijoittuu nykyisten teiden, katujen tai reittien läheisyyteen. Poikkeuksena on Viikin peltojen kautta kulkeva osuus, joka ei noudata nykyisiä olemassa olevia reittejä. (Fingrid n.d.d.)

Fingrid, Helsingin kaupunki ja Helen sähköverkko toteuttavat Helsingin kaapelia palvelemaan pääkaupunkiseudun kasvavaa sähkönkulutusta ja edistämään vihreää siirtymää, samalla kaapelin rakentaminen korvaa nykyisiä Helen sähköverkon ilmajohtoja ja näin mahdollistaa Läntisen bulevardikaupungin alueen rakentamisen, kun tilaa vapautuu ilmajohtojen alueelta. Ilmajohtojen siirtäminen maakaapeleiksi pienentää bulevardikaupungin alueella sijaitsevien sähkönsiirtoyhteyksien siirtokykyä, mutta menetettävä siirtokapasiteetti korvataan uudella maakaapeliyhteydellä. Uudella 400 kV:n maakaapeliyhteydellä lisätään merkittävästi Helsingin sähkönsiirtokapasiteettia. Vuonna 2026, kun uusi maakaapelireitti valmistuu, on arvioitu saavutettavan noin 1000 MW lisä sähkön siirtokapasiteettiin. (Fingrid 2022.)

3.1 Kaapelireitti

Kaapelireitin reittisuunnittelu on aloitettu toukokuussa 2021 ja päätös rakennussuunnitteluun valitusta reitistä on tehty maaliskuussa 2022. Reittisuunnittelun lähtökohtana käytettiin Sitowisen tekemää rakennettavuusselvitystä vuosilta 2016–2018, jossa esitetyt reitin tarkasteltiin uudelleen. Kaapelireitin yleissuunnittelun osana on arvioitu rakentamisen teknistä toteutettavuutta sekä rakentamisen vai-

kutuksia maankäyttöön, liikenneturvallisuuteen, asutukseen, maisemaan, kulttuuriperintöön, luontoon ja virkistyskäyttöön. Ramboll Finland Oy on laatinut vuonna 2018 ympäristöselvityksen hankkeelle.

Kaapelireitin alkupiste on Viikinrannan energiakorttelin uuden sähköasemarakennuksen lounaispuolella, sähköasemalta reitti kulkee Hernepellontietä kaakkoon Viikintien risteykseen saakka ja kääntyy Viikintien suuntaisesti kohti koillista. Reitti jatkaa Viikintiellä kohti Maaherrantietä ja kääntyy Maaherrantien kohdalla kaakkoon kiertäen Natura-alueen, jonka jälkeen reitti siirtyy Viikin pelloille.

Kaapelireitti kiertää Viikin opetustilan ja tutkimustilan rakennusten alueen Viikin pelloilla. Peltojen salaojitus korjataan kaapelireitin rakentamisen yhteydessä. Viikin peltojen jälkeen reitti suuntaa itään Viikintien suuntaisesti. Reitillä oleva Viikinoja alitetaan suuntaporaamalla, jonka jälkeen reitti kääntyy pohjoiseen alittaen Viikintien sekä Raide-Jokerin raitiotien suuntaporauksella noin 6 m syvyydessä. Alituksen jälkeen kaapelireitti kulkee Ilmolanraitin väylän länsipuolta jatkaen Hailainvuorten vierellä kulkevan kevyen liikenteen väylän reunaa pitkin Kehä 1 varteen. Kehä 1 alitetaan suuntaporaamalla meluseinien porapaalujen välistä.

Kehä 1:n alituksen jälkeen reitti kulkee Kivikonlaidan itäpuolella lyhyen matkaa, jossa alitetaan uudelleen Viikinoja suuntaporaamalla. Viikinojan alituksen jälkeen reitti kääntyy Savikiekontielle, jossa se jatkaa kohti Kivikon urheilupuistoa. Urheilupuistossa kaapelireitti mukailee nykyistä puistonraittia ja kulkee koilliseen kohti 1. maailmasodan aikaisia linnoituksia. Reitti kulkee noin 150 metriä 1. maailman sodan aikaisen tykkätien viertä pitkin, tämän jälkeen reitti kulkee 1. maailman sodan aikaisten linnoitteiden läpi seuraten nykyistä raittia. Reitti seuraa nykyistä raittia erittäin tarkasti, jolla pyritään minimoimaan reittivalinnan ulkopuoliset vaikutukset.

Linnoitusalueen jälkeen reitti kääntyy Porvoonväylän suuntaiseksi ja alittaa Maratontien, joka alitetaan suuntaporaamalla noin 4 m syvyydessä. Reitti seuraa Porvoonväylää Långmossenin alueen läheisyyteen ja Porvoonväylä alitetaan suuntaporaamalla. Porvoonväylän pohjoispuolella reitti kulkee Helen sähköverkon 110kV ilmalinjan itäpuolella ja kääntyy pohjoiseen kohti Länsisalmen sähköasemaa. Kuvassa 14. on esitetty kaapelireitti. (Fingrid 2022.)



KUVA 14. Helsingin kaapeli, kaapelireitti Länssalmen sähköasemalta uudelle Vanhankaupungin sähköasemalle. (Fingrid n.d.d.)

3.1.1 Kaavoitus

Hankealueella on voimassa Helsingin kaupungin yleiskaava, joka on vahvistettu 2016 ja tullut voimaan 2018 sekä Helsingin maanalainen yleiskaava 2021. Vantaalla on voimassa kaksi yleiskaavaa: yleiskaava 2007 ja yleiskaava 2020. Uusi yleiskaava 2020 on tullut voimaan 11.1.2023 ja se kattaa miltei koko kaupungin alueen. Kaavasta on rajattu pois Länssalmi sekä kaksi Helsingin hallinto-oikeuden kumoamaa aluumerkintää. (Fingrid 2022.)

Suunniteltu kaapelireitti sijaitsee Helsingin ja Vantaan omistamilla asemakaavan mukaisilla katualueilla, suojaviheralueilla ja puistoalueilla, sekä valtion omistamilla tiealueilla. Helsingissä Viikinpeltojen reitillä ja Vantaalla Länssalmen sähköaseman ympäristössä on asemakaavoittamatonta aluetta. Hanke ei ole voimassa olevien tai vireillä olevien kaavojen vastainen. (Fingrid 2022.)

Viikinrantaan, Lähdeväylän eteläpuolelle tuli muutos korttelialueeseen ja uusi katuyhteys Hernepellontielle. Uusi katuyhteys toimii 400 kV maakaapelin sijoituspaikkana ja korttelialueelle rakennetaan uusi sähköasema, joka palvelee uutta 400 kV yhteyttä. Lisäksi katuyhteys toimii rakentamisen aikaisena kuljetusyhteytenä ja mahdollistaa huoltoyhteyden Fingridin uudelle sähköasemalle. Viikinrannan energiakortteli – asemakaavamuutos tuli voimaan 6.11.2023. (Fingrid 2022.)

Vantaan kaupungin alueella on valmisteilla Länsimäen kaavarunko 091700, se sijaitsee Länsimäentien ja Porvoonväylän liittymän ympäristössä. Asemakaavassa on osoitettu uusi asuinalue sekä uusia liikenneväyliä. Kaapelireitti on suunniteltu kulkevan kaavan suunnittelualueen läpi länsi–itäsuuntaisesti Porvoonväylän eteläpuolella siten, että vaikutus kaavarungon maankäyttösuunnitelmiin on mahdollisimman pieni. (Fingrid 2022.)

3.1.2 Ympäristöselvitys

Ramboll Finland Oy on laatinut vuonna 2018 ympäristöselvityksen hankkeelle. Ympäristöselvitys on laadittu, jotta voidaan arvioida hankkeen ympäristövaikutukset ja YVA-menettelyn tarve. Ympäristöselvityksessä kuvataan alustavasti suunnitellut reittivaihtoehdot kaapeliyhteydelle ja rakentamisesta aiheutuvat ympäristövaikutukset. (Fingrid 2018.)

Ympäristöselvityksen mukaan hankkeesta ei koidu laadultaan tai laajuudeltaan huomattavia vaikutuksia ympäristölle. Mahdollisten onnettomuuksien ja häiriötilanteiden riskit on arvioitu ympäristön ja ihmisten kannalta pieniksi ja näitä vähäisiä vaikutuksia voidaan ehkäistä tai lieventää ympäristöselvityksessä kuvatuin tavoin. Selvityksessä tunnistetut huomionarvoiset kohteet ja paikat huomioidaan jatkosuunnitteluvaiheessa ja rakentamisen aikana laatimalla kohdekohtainen ohjeistus vaikutusten lieventämiseksi ja kohteiden arvojen säilymisen varmistamiseksi. Ympäristöselvitykseen perustuen ELY-keskus teki päätöksen 3.4.2019, että hanke ei tarvitse YVA-menettelyä. YVA-menettely on ympäristövaikutusten arviointimenettely ja siihen liittyvä lainsäädäntö edellyttää YVA-menettelyn soveltamista hankkeisiin ja niiden muutoksiin, joilla on todennäköisesti huomattavia ympäristövaikutuksia. (Fingrid 2018.)

3.1.3 Lupa-asiat

Rakennushankkeet vaativat erilaisia lupia, ilmoituksia ja lausuntoja erinäisiltä tahoilta. Alla on kerrottu luvista ja lausunnoista, jotka ovat myönnetty tai annettu kaapelointihankkeelle. (Fingrid 2022.)

Maanmittauslaitos on myöntänyt hankkeelle tutkimusluvan 25.11.2021 kaapelireitin tarkempia tutkimuksia varten. Tutkimuslupa antaa oikeuden tehdä pohjatutkimuksia ja tarkemittauksia kaapelihankkeen suunnittelualueelle. (Fingrid 2022.)

Sähkömarkkinalaki vaatii rakentajaa hakemaan hankeluvan Energiamarkkinavirastolta, kun rakennetaan nimellisjännitteeltään vähintään 110 kilovoltin sähköjohtoa (Sähkömarkkinalaki 588/2013, 14 §). Energiamarkkinavirastolta on haettu sähkömarkkinalain mukainen hankelupa ja se on myönnetty 16.5.2022 (Fingrid 2022).

Rakentamisen mahdollistava lunastuslupa on haettava Valtioneuvostolta, sekä rakennusluvut on haettava Helsingin ja Vantaan kaupungeilta. Fingrid sai kaapelireitin johtoaluetta koskevan lunastuslupapäätöksen Maanmittauslaitokselta 1.11.2023. Haltuunottokokous on pidetty 27.11.2023. (Fingrid 2022.)

Lisäksi on haettava tarvittavat väylien alitusluvut, sijoitusluvut ja lupa tiealueella työskentelyyn ELY-keskukselta (Fingrid 2022).

Vesistöihin liittyen Uudenmaan ELY-keskukselta on pyydetty lausuntopyyntöä vesilain mukaisen vesiluvan hakemiseen. Uudenmaan ELY-keskus on antanut lausunnon 7.10.2022, että rakentaminen ei edellytä vesilain 3 luvun 2 § mukaista vesitalouslupaa. (Fingrid 2022.)

Muita tehtäviä tai haettavia lupia, lausuntoja ja ilmoituksia:

- lausunnot erinäisten kaapeleiden ja muun infrastruktuurin haltijoilta kaapelireitillä ja sen ympäristössä
- meluilmoitus, Helsingin ja Vantaan kaupungeille
- maisematyölupa, puiden kaatamista varten

- työnaikaiset liikennejärjestelyluvat
- työmaa-alueiden ja työmaateiden luvat ja sopimukset
- muinaismuistolain mukaiset neuvottelut Museoviraston ja Helsingin kaupungin kanssa
- risteämälausekset, 3. osapuolten kanssa mm. operaattorien kaapelit, kaasuputket, vesihuolto
- kaivuluvat. (Fingrid 2022.)

Rakentamisen aikana on haettu alueittain rakennuslupia ja maisematyölupia, jotka vaaditaan rakentamiseen. Rakentaminen voi alkaa vasta kun lupa on myönnetty.

4 RAKENNUTTAMINEN

Rakennuttaminen on rakennusinvestoinnin hankkimista markkinoilta eli rakentamisen teettämistä rakentamiseen erikoistuneilla yrityksillä ja henkilöillä. Rakennuttaminen on hankkeen eri vaiheiden tehtävien hallintaa. Siihen kuuluu laajimmillaan koko rakennushankkeen johtaminen alusta loppuun, sisältäen mm. kaavoitus asiat, rahoituksen järjestäminen, tontin tai alueen hankinta, yleissuunnittelu, ympäristö-, liikenne- ym. selvitykset, rakennussuunnittelu, urakkamuodon valinta, urakkakilpailu, urakan valvonta, urakan vastaanotto ja takuuajan seuranta ja tehtävät. Rakennuttamisen kokonaisuus pitää sisällään rakentamisen lisäksi myös rakennuskohteen kokonaistaloudellisuuden ja ympäristövaikutusten huomioon ottamiseen koko hankkeen elinkaaren ajan. Rakennuttajan on rakentamisen tuntemisen lisäksi hallittava myös talousvaikutukset, ympäristövaikutukset, lainsäädäntö ja hallintomenettelyt. (Louko 2014.)

Rakennuttaja on henkilö, jonka lukuun rakennustyö tehdään ja vastaanottaa työn lopputuloksen. Rakennuttaja on työn tilaaja, mutta tilaaja voi palkata rakennuttajakonsultin hoitamaan rakennuttajan tehtäviä. Rakennuttajan on huolehdittava, että rakennustyö suunnitellaan ja rakennetaan säännösten, määräysten ja myönnetyn rakennusluvan mukaisesti. Rakennuttajan keskeinen tehtävä on yhdistää hankkeeseen eri osapuolet ja ohjata ja koordinoida hanketta niin, että hankkeessa toimivilla on edellytykset toimia parhaansa mukaan. Rakennuttaja vastaa hankkeen toteutusedellytysten varmistamisesta ja selvittämisestä, hankkeen organisoinnista, viranomaislupien hankinnasta, hankkeen aikataulun laatimisesta, kustannus- ja rahoitussuunnitelman laatimisesta sekä suunnittelun ja rakentamisen järjestämisestä ja myös niiden ohjaamisesta ja valvonnasta. Tämä edellyttää laajaa osaamista ja rakennuttajan on hallittava projektinjohto, organisointi sekä aikataulujen, talouden ja riskien hallinta. Rakennuttajan tehtävissä korostuvat suunnitteluttamisen osaaminen, realistisen tavoitteen asettaminen, rakennettavan kohteen luonteen ymmärtäminen, sopimusosaaminen, toteutusmuotojen sekä sopimusmenettelyiden ja sopimusasiakirjojen hallinta. (Junnonen & Kankainen 2020, 13–17.)

4.1 Hankinnan valmistelu

Hankinnan valmistelu voidaan yleisesti jakaa kahteen eri vaiheeseen, sisäiseen ja ulkoiseen valmisteluun. Sisäinen valmistelu tapahtuu hankintayksikön sisällä, johon voi kuulua tarpeen kartoittaminen, asiakirjojen laadintaa, budjetin määrittäminen. Sisäisessä valmistelussa voidaan käyttää myös ulkopuolisia konsultteja. Ulkoinen valmistelu on hankintayksikön käymää vuoropuhelua markkinoilla olevien toimijoiden kanssa, sitä kutsutaan markkinakartoitukseksi. Se on olennainen osa suunnitelmassa hankintaa, ja se toteutetaan ennen hankintailmoituksen julkaisua. Markkinakartoitus voidaan tehdä monella tavalla, kuten julkaisemalla tietopyynnön HILMA-palvelussa, käymällä vuoropuhelua toimijoiden kanssa tai kutsumalla toimijoita esittelemään tuotteitaan ja palveluitaan. Hankintayksikkö saa markkinakartoituksen avulla tietoa, miten hankinta kannattaa kilpailuttaa ja miten hankinta määritetään tarjouspyyntöön. Markkinakartoituksen jälkeen laaditaan hankintailmoitus ja tarjouspyyntö. Kuviossa 4. on esitetty hankintamenettelyn eri vaiheet yksinkertaistettuna ja tiivistettynä. (Salokangas 2020, 105–111.)

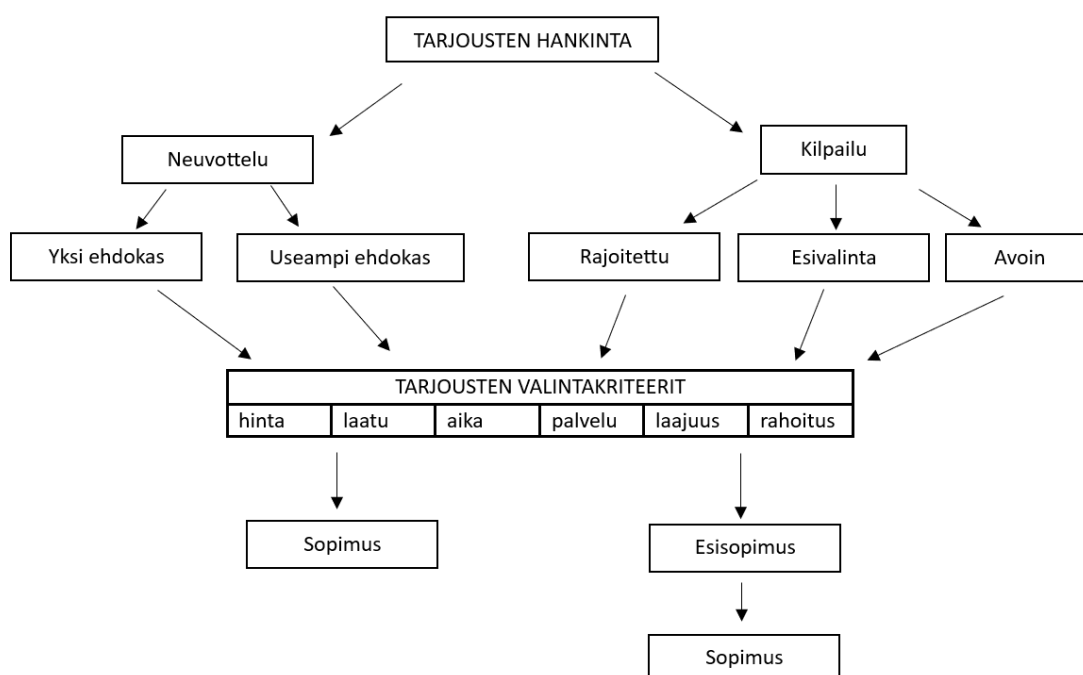


KUVIO 4. Hankintamenettelyn vaiheet. Muokattu lähteestä (Salokangas 2020, 110.)

Markkinakartoituksen jälkeen hankitaan tarjoukset, ne voidaan hankkia joko neuvottelumenettelyllä tai tarjouskilpailun avulla (kuvio 5.). Hankintatapa valitaan hankkeeseen sopivaksi sekä vallitsevan kilpailutilanteen ja olemassa olevien asiakirjojen mukaan. Hankintatapaan vaikuttaa tilaajan asema, onko tilaaja julkinen vai yksityinen. Julkisen tilaajan on noudatettava sille asetettuja toimintatapoja ja hankintalainsäädäntöä, kun taas yksityinen tilaaja voi toimia vapaammin.

Neuvottelumenettelyssä käydään yhden tai useamman tarjoajan kanssa neuvottelua urakasta, ja tällöin sopimuksen syntyminen on usein nopeampaa kuin tarjouskilpailussa, koska tarjousten laatimisen sijaan voidaan keskittyä sopimuksen laatimiseen. (Junnonen & Kankainen 2020, 64.)

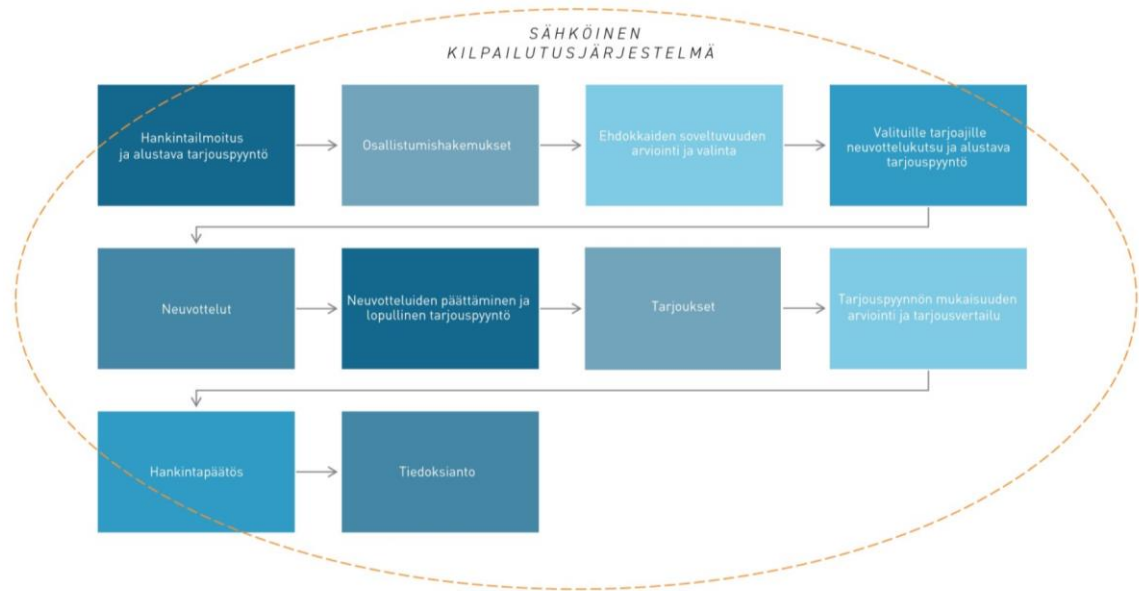
Tarjouskilpailussa hankitaan tarjoukset valintakriteerit täyttäviltä tarjoajilta. Kilpailu voi olla avoin, rajoitettu tai esivalinnan sisältävä, jossa tarjouspyyntö lähetetään vain esivalituille tarjoajille. Tilaaja määrittää esivalintakriteerit, joilla voidaan varmistaa, että tarjoajalla riittävät resurssit henkilöstön ja kaluston osalta, tekninen suorituskyky on riittävä sekä tarjoajalla on riittävä taloudellinen varmuus. Rajoitettu tarjouskilpailu käydään ennalta valittujen tarjoajien kesken. Avoimessa tarjouskilpailussa kaikki halukkaat tarjoajat voivat tehdä tarjouksen. (Junnonen & Kankainen 2020, 64.)



KUVIO 5. Tarjosten hankintatavan päätösketju. (Junnonen & Kankainen 2020, 64.)

Helsingin kaapelihankkeen hankinnan valmistelu aloitettiin tekemällä markkinakartoitus ja suorittamalla urakoitsijoiden esivalinta taloudellisten ja teknisten vaatimusten perusteella. Markkinakartoituksen jälkeen edettiin keskustelemaan ja neuvottelemaan esivalittujen urakoitsijoiden kanssa. Neuvotteluiden perusteella tarjouspyyntöä tarkennettiin ja laadittiin lopullinen tarjouspyyntö, joka julkaistiin HILMA-palvelussa. Kilpailutukseen koko urakka ositettiin pienempiin osiin riskienhallinnan takia ja varmistamalla parempi kilpailu niin, että keskisuuret urakoitsijat voivat osallistua tarjouskilpailuun tarjoamalla osan urakasta. Urakka oli jaettu rakennuslohkoittain pääurakoihin ja kaapelin hankinta sekä asennus oli oma urakka. Kilpailutus onnistui hyvin ja tarjouspyyntöön tuli useita tarjouksia ja kiinnostusta oli urakoitsijoiden keskuudessa. Tarjouskilpailun ratkettua valittiin

urakoitsija, jonka kanssa tehtiin urakkasopimus, Fingrid teki hankintapäätöksen ja valinnasta tehtiin tiedoksi tarjouskilpailuun osallistuneille. Hankkeen valmistelu ja kilpailutus eteni kuvion 6. mukaisesti. (Ramboll 2023.)



KUVIO 6. Erityisalojen hankintalain mukainen neuvottelumenettelyn prosessikuvaus. (Salokangas. 2020, 125.)

4.1.1 Urakka-asiakirjat

Urakka-asiakirjat käsittävät urakkaan liittyvät työkohtaiset asiakirjat ja yleiset asiakirjat. Urakan asiakirjat jaetaan kaupallisiin ja teknisiin asiakirjoihin. Kaupalliset asiakirjat sisältävät rakennushanketta koskevat taloudellisjuridiset tiedot, joiden perusteella tehdään urakkasopimus. Tekniset asiakirjat sisältävät työkohtaiset laatuvaatimukset ja selostukset, sopimuspiirustukset ja yleiset laatuvaatimukset sekä työselostukset. Ne esittävät rakennushankkeen teknisen laajuuden ja sisällön yksityiskohtineen. (Oksanen, Laine, Kaskinara. 2019. 45–47.)

YSE 1998 mukaiset sopimusasiakirjat ovat:

- A. Kaupalliset asiakirjat
 - a) Urakkasopimus;
 - b) Urakkaneuvottelupöytäkirja;
 - c) Nämä yleiset sopimusehdot;
 - d) Tarjouspyyntö ja ennen tarjouksen antamista annetut kirjalliset lisäselvitykset;

- e) Urakkaohjelma tai muut sopimuskohtaiset urakkaehdot;
 - f) Urakkarajaliite;
 - g) Tarjous;
 - h) Määrä- ja mittaluettelot;
 - i) Muutostöiden yksikköhintaluettelo.
- B. Tekniset asiakirjat
- j) työkohtaiset laatuvaatimukset ja selostukset;
 - k) sopimuspiirustukset;
 - l) yleiset laatuvaatimukset ja työselostukset.

Asiakirjat ovat edellä pätevyysjärjestyksessä, ellei urakkasopimuksessa ole muuta mainittu. (YSE 1998, 13§.)

Suomessa rakennusurakkasopimuksia ei ole säännelty lailla, joten on laadittu rakennusurakan yleiset sopimusehdot YSE 1998. Se muodostaa perustan suomalaiselle urakkasopimusjuridiikalle, jota käytetään yleisesti urakkasopimusten pohjana ja perustana. (Oksanen, Laine, Kaskinaro 2019, 14.)

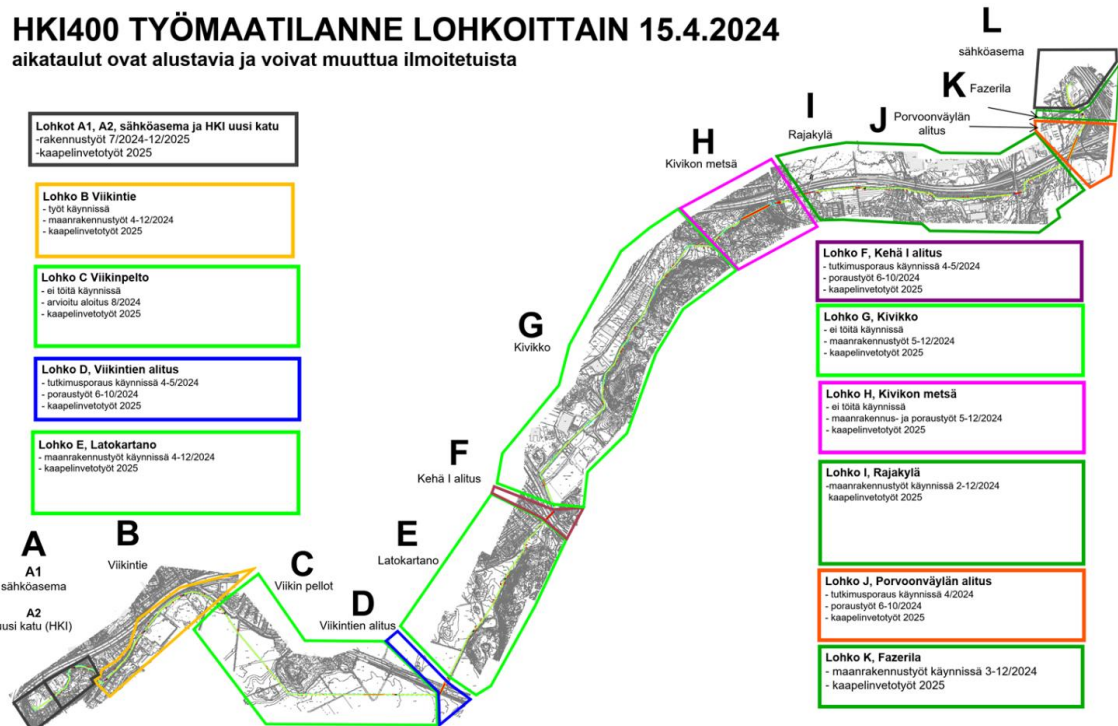
Helsingin kaapelihankeen urakka-asiakirjat ovat YSE:n mukaiset, mutta niiden pätevyysjärjestys on määrätty urakkasopimuksessa YSE:stä poikkeavaksi, urakkaan sopivammaksi. Urakka-asiakirjat eivät ole julkisesti saatavilla. (Ramboll 2023.)

4.1.2 Urakkajako

Urakka voidaan jakaa useampaan pienempään urakkaan, esimerkiksi työn luonteen tai maantieteellisen sijainnin mukaan. Jakamalla urakan useaan osaan tilaaja voi hyötyä tehokkaammalla kilpailuttamisella kokonaisuuksien osalta, mutta jaetussa urakassa tilaaja on vastuussa eri urakoiden yhteensovittamisesta, joka voi tuottaa haasteita mm. aikataulujen yhteensovittamisessa. (Oksanen, Laine, Kaskinaro 2019, 77–78.)

Helsingin 400 kV maakaapelin rakennusurakka on jaettu kahteen erityyppiseen urakkaan, pääurakat sekä kaapelin hankinta ja asennusurakka. Pääurakoihin kuuluu 12 rakennuslohkoa A–L, joista neljä on alitusporausurakoita (kuva 15.). Kaapelin hankinta ja asennus on omana urakkakokonaisuutena.

Rakennuslohkojaolla on jaettu koko urakka-alue pienemmiksi urakoiksi rakennusympäristöjen ja urakoiden sisällön mukaan, koska jokainen lohko on erilainen rakennustekniikan suhteen. Lohkojaolla saavutetaan etuja, mm. parempi urakkakilpailu, rakennusvaiheessa työkoneilla ei tarvitse kulkea pääväylien yli ja riskienhallinta on helpompaa pienessä urakassa. Tarjoavat urakoitsija voivat halutesaan tarjota yhtä tai kaikkia rakennuslohkoja. (Ramboll 2023.)



KUVA 15. Rakennuslohkot ja työmaatilanne lohkoittain 15.4.2024. (Fingrid n.d.d.)

4.1.3 Urakan sisältö

Yleisesti urakan sisältö vaihtelee rakennettavan kohteen mukaan ja urakan varsinainen sisältö määräytyy sopimusasiakirjojen mukaan. Urakkaan kuuluvat kaikki työsuoritteet, sisältäen työt, toimenpiteet ja hankinnat, jotka edellytetään tehtäväksi sovitun työtuloksen aikaansaamiseksi. (YSE 1998, 1§.)

Rakennuslohkot sisältävät kaikki lohkon työsuoritteet, lukuun ottamatta kaapelin asennusta. Lohkot B, C, E, G, I ja K ovat kaapelireitin rakentamisurakoita, lohkot D, F, H ja J ovat alitusporaus tai kallioporaus urakoita ja lohkoilla A ja K tehdään kaapelireitin lisäksi sähköasemien ja kadun rakennustöitä (Ramboll 2023.)

Rakennuslohkoja on yhdistetty tarjousvaiheessa lohkopaketeiksi laajemmiksi kokonaisuuksiksi, urakkalohkopaketit ovat B, C+E+G sekä I+K.

Lohkopaketti B sisältää Viikintien alueen kaapelilinjatyt ja kolme jatkostilaa.

Lohkopaketti C+E+G sisältää Viikin peltoalueen kaapelilinjatyt ja kolme jatkostilaa, Hallainvuoren alueen kaapelilinjatyt ja neljä jatkostilaa sekä Kivikon metsän alueen kaapelilinjatyt ja kahdeksan jatkostilaa.

Lohkopaketti I+K sisältää Rajakylän alueen kaapelilinjatyt ja seitsemän jatkostilaa ja Porvoonväylän pohjoispuolisen alueen kaapelilinjatyt ja yksi jatkostila. (Ramboll 2023.)

Kaapelin hankinta ja sen asennus on oma urakka, se sisältää suunnitelmien mukaisen kaapelin hankinnan ja sen asentamisen suunnitelmien mukaisesti rakennetulle kaapelireitille. (Ramboll 2023.)

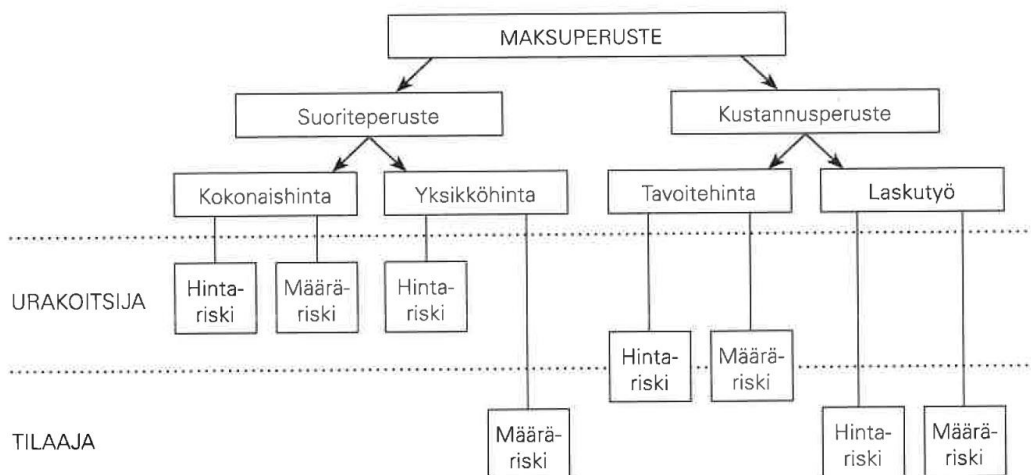
4.1.4 Urakkamuoto

Urakkamuoto tarkoittaa rakennushankkeen osapuolten ja sopimusten organisoitua. Jokaiseen hankkeeseen tilaaja valitsee kohteeseen soveltuvan ja tilaajan tavoitteita tukevan urakkamuodon. Urakkamuotoja on jaoteltu urakoitsijan suoritusvelvollisuuden, urakan maksuperusteen ja urakoitsijoiden välisten suhteiden mukaan. Eri urakkamuotoja ovat;

- kokonaisurakka,
- KVR-urakka,
- jaettu urakka,
- sivu-urakan alistamismenettely,
- projektinjohtourakka,
- elinkaariurakka,
- allianssiurakka,
- kokonaishintaurakka,
- yksikköhintaurakka,
- laskutyöurakka,
- tavoitehintaurakka. (Oksanen, Laine, Kaskinaro 2019, 73–92.)

Helsingin kaapelin rakennusurakan urakkamuoto on kokonaisurakka ja maanrakennusurakoitsija toimii päätoteuttajana urakka-alueellaan, urakka muodostetaan yhdestä tai useammasta rakennuslohkosta. Kokonaisurakassa tilaaja ja urakoitsija tekevät sopimuksen ja urakoitsija vastaa rakennustyöstä kokonaisuudessaan urakkasopimuksen ja suunnitelma-asiakirjojen mukaisesti. Urakoitsija voi tehdä aliorakointisopimuksia, jotka tilaaja hyväksyy. Tilaaja on sopimussuhteessa suunnittelijoihin ja tilaaja vastaa suunnitelma-asiakirjoista sekä suunnittelun ohjaamisesta. Tilaaja voi myös käyttää rakennuttajakonsulttia hoitamaan tilaajan tehtäviä (Junnonen & Kankainen 2020, 32–36.)

Helsingin kaapeli - urakoiden maksuperusteena on yksikköhintaurakka, jossa on kokonaishintainen osuus. Yksikköhintaurakassa työ on jaettu mitattaviin osiin, joille urakoitsija on tarjonnut yksikköhinnan. Jaetut ja lasketut määrät listataan määräluetteloon ja urakan hinta muodostuu toteutuneiden määrien ja yksikköhintojen perusteella. Urakoitsija saa työsuorituksensa korvauksen toteutuneiden määrien mukaan, joten tilaajalla on kustannusriski toteutuvien yksiköiden määrästä ja urakoitsijalla on riski, että yksikköhinnat on mitoitettu oikein. Kokonaishintainen osuus tarkoittaa, että urakassa on määritetty sovituille työtulokselle kiinteä hinta. Tässä urakassa kokonaishintainen osuus pitää sisällään mm. työmaateiden rakentamisen, hallinnollisia kuluja ja muita kuluja, joita on vaikea, mahdollonta tai tarpeetonta jakaa mitattaviin yksiköihin. Kokonaishinnan alittuessa urakoitsija saa erotuksen voittona, ja rakennuskustannusten ylittyessä kustannukset koituvat urakoitsijalle. (Oksanen, Laine, Kaskinara 2019, 86–88.) Kuviossa 7. on esitetty riskit määräytyen maksuperusteen mukaan.



KUVIO 7. Urakkahinnan maksuperusteen mukaan määräytyvät riskit (Junnonen & Kankainen 2020, 63.)

5 SUUNNITTELU

Suunnittelu on rakennuskohteen laatuun ja onnistumiseen vaikuttava keskeinen tekijä. Tavoitteena suunnittelussa on löytää oikeat ratkaisut, jotka täyttävät rakennushankkeelle asetetut tavoitteet. Suunnittelussa tehdyt ratkaisut vaikuttavat merkittävästi hankkeen kustannuksiin ja rakennuskustannukset määräytyvät lähes kokonaan suunnitteluvaiheessa, vaikka kustannukset toteutuvat vasta rakennusvaiheessa. Kustannuksiin vaikuttaminen suunnitteluvaiheessa on mahdollista suunnitteluratkaisujen kautta, mutta rakentamisen aikana kustannuksiin vaikuttaminen on vaikeaa ja rajallista, siksi suunnittelussa on keskityttävä myös kustannusten hallintaan. Tilaaja ohjaa suunnittelua ja määrittää hankkeelle tavoitteet ja rajaukset, joiden mukaan suunnittelua tehdään. (Junnonen & Kankainen 2020, 43, 58.)

Suunnittelu etenee vaiheittain ja tarkentuu suunnittelun edetessä. Suunnittelu alkaa esiselvitysvaiheesta, jossa tutkitaan hankkeen tarvetta ja vaikutuksia. Esiselvityksen jälkeen laaditaan useimmiten yleissuunnitelma, joka tarkkuudeltaan vastaa yleiskaavatasoista tai asemakaavatasoista maan käytön suunnittelua. Yleissuunnitelmassa määritetään rakennettavan kohteen likimääräinen sijainti ja sen vaatima tilantarve suhteessa ympäristöön. Yleissuunnitelmaa seuraa rakennettavan kohteen mukaan tiesuunnitelma, aluesuunnitelma, reittisuunnitelma tai muu suunnitelma, jossa rakennettavan kohteen sijainti määritetään ja yksityiskohtia tarkennetaan. Suunnittelun viimeinen vaihe on rakennussuunnittelu, jossa suunnitellaan yksityiskohtaisesti, miten hanke rakennetaan. Rakennussuunnitelmassa esitetään rakennusosat mittoineen ja materiaaleineen sekä mitä laatutasoa rakennettavan kohteen on valmiina vastattava. Rakennussuunnitteluun sisältyy myös erilaiset osasuunnitelmat mm. suunnitelmakartat, pituus- ja poikkileikkaukset, pohjanvahvistussuunnitelmat, kuivatussuunnitelmat, valaistussuunnitelmat, liikenteenohjaussuunnitelmat ja ympäristösuunnitelmat. Jokainen suunnitelma kuvaa miten kohde rakennetaan tietyn suunnittelualan kohdalla. (Junnonen & Kankainen 2020, 55–58.)

5.1 Suunnittelun lähtökohdat

Helsingin kaapelin reittisuunnittelukokonaisuus sisältää reitti-, sähkö- ja geosuunnittelun. Reittisuunnittelun lähtökohdana oli tarkastella uudelleen aiemmin tehdyn rakennettavuusselvityksen mukaiset reitit, sekä suunnittelussa käytiin myös esisuunnittelun aikana hylätyt reittivaihtoehdot ja haettiin vaihtoehtoisia reittejä erityisen haasteellisille osuuksille. Kaapelireitin teknistä suunnittelua on ohjannut seuraavat periaatteet:

- Ympäristölle tai ihmisille ei aiheudu vaaraa kaapelireitin rakentamisesta tai käytöstä.
- Reitti on teknisesti toteutettavissa ja toimiva.
- Suunnittelussa noudatetaan rakennettavuusselvityksessä ja ympäristöselvityksessä esitettyjä reittejä sekä näiden lisäksi etsitään parempia vaihtoehtoisia reittejä.
- Nykyisten olemassa olevien rakenteiden siirrot minimoidaan.
- Kaapelireitti suunnitellaan mahdollisimman suoraksi, jolloin rakennustyöstä aiheutuva haitta on pienempi ja pysyviä jatkosrakenteita on vähemmän. Lisäksi kaapelin asentamista vaikeuttaa jyrkät kaarteet.
- Jatkostiloja tulee noin 500 m välein tai kaapelireitin jyrkkiin kulmiin.
- Louhimista pyritään välttämään ja tiet sekä kadut alitetaan suuntaporaimalla.
- Kaivantojen auki pitämistä vältetään asentamalla suojaputket, joihin kaapelit vedetään. Suojaputket asennetaan myös valmiiksi toiselle virtapiirille, jotta myöhemmin kaapelit on mahdollista asentaa niin, että reittiä tarvitsee kaivaa auki mahdollisimman vähän.
- Korjauksissa kumpi vain virtapiiri voidaan korjata toisen piirin ollessa käytössä. (Fingrid 2022.)

Suunnittelussa on hyödynnetty 2018 valmistunutta ympäristöselvitystä. Ympäristöselvityksessä esiin tulleita suunnittelua ohjaavia tekijöitä on mm. kaapelireitin varrella tai läheisyydessä olevat asutukset, herkätkohteet, suojelualueet, virkistysalueet, pohjavesialueet, geologisesti arvokkaat alueet, arkeologiset kohteet ja niiden rajoitukset sekä liito-oravien elinympäristöt. Lisäksi kaivantovesien käsittely, happamien sulfaattimaiden ja pilaantuneiden maiden käsittely sekä muiden rakennushankkeiden yhteensovitus on ohjannut kaapelireitin suunnittelua.

Suunnittelun lähtötietoina on käytetty erilaisia selvityksiä, kartta-aineistoja, viranomaisneuvotteluita, vanhoja pohjatutkimuksia ja alueella vuonna 2022 tehtyjä pohjatutkimuksia, mittauksia, kartoituksia ja kuvauksia. (Fingrid 2022.)

5.2 Reittisuunnittelu

Reittisuunnittelussa tarkasteltiin rakennettavuusselvityksen mukaiset reitit, sekä tarkasteltiin vaihtoehtoisia reittejä haasteellisille osuuksille. Suunnittelun aikana todettiin lähtötietojen, geometriasuunnittelun ja viranomaisneuvotteluiden perusteella, että toteuttamiskelpoisia reittikokonaisuuksia on kaksi. Reitti 1 joka kulkee Viikin peltojen ja Kivikon ulkoilupuiston rakentamattomilla alueilla ja reitti 2 joka kulkee Lahdenväylää välillä Vantaanjoki–Malmin hautausmaa. Molemmat reitit kulkevat samaa linjausta Kehä 1–Länsisalmen sähköasema välillä. Reittisuunnittelun perusteella valittiin tarkempaan rakennussuunnitteluun reitti 1, joka on esitelty tämän opinnäytetyön kappaleessa 4.1. (Fingrid 2022.)

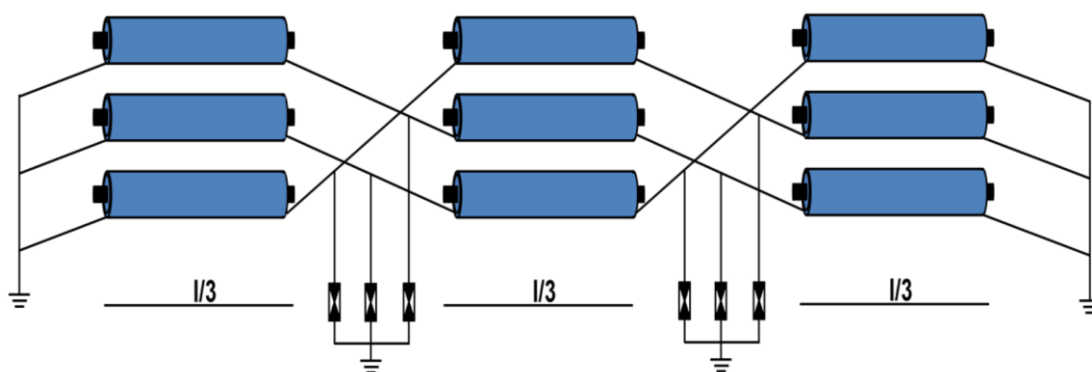
5.2.1 Sähkötekniinen suunnittelu

Kaapeleiden kuormitettavuuteen vaikuttaa moni tekijä, joten materiaalien määrittämisellä on suuri vaikutus, miten kaapeleita voidaan kuormittaa. Kaapeleiden ympärillä olevat materiaalit vaikuttavat sähkö- ja magneettikenttään ja lämmönjohtavuuteen, joka vaikuttaa kaapeleiden suorituskykyyn. Materiaaleja valittaessa on huomioitava myös maaperä ja ympäristö mihin kaapeleita rakennetaan. (Ramboll 2024.)

Kaapeleiden kuormitettavuuden osalta on tavoiteltu 1000 MW per virtapiiri eli yhteensä 2000 MW, mutta reittisuunnittelussa tehtyjen tarkasteluiden mukaisesti käytettävissä olevaan tilaan voidaan toteuttaa noin 1200–1600 MW eli 600–800 MW per virtapiiri tehonsiirtokykyinen kaapeliyhteys. Kaapeleiden tehonsiirtokapasiteettiin vaikuttavia tekijöitä on asennustapa, asennussyvyys, virtapiirien keskinäinen etäisyys ja kaapeleiden ympärillä lämpöä tuottavat rakenteet. Rakennussuunnittelussa määritetään kaapeleiden lopullinen kuormitettavuus. Pienentämällä kuormitettavuusvaatimusta saadaan kaapelireitinleveyttä kapeammaksi, jotta se voidaan teknisesti toteuttaa suunnitellulle reitille. (Fingrid 2022.)

Yleissuunnittelussa on tehty laskelmia, joissa on arvioitu kaapeleiden aiheuttamaa magneettikenttää ja indusoitumista reitin kanssa yhdensuuntaisiin metallisiin rakenteisiin. Laskelmien perusteella kaapelireitin magneettikenttä ei aiheuta ympäristölle sosiaali- ja terveysministeriön asetuksen (1045/2018) 3 §:ssä määritetyn toimenpidetason raja-arvon ylittäviä voimakkuuksia. Rakennussuunnittelussa tarkennetaan laskelmia ja täydennetään kattamaan myös mahdollisten vikatilanteiden aiheuttamat muutokset, sekä kaapelireitin poikkileikkaukseen lisätään maadoitusjohtimia, jotka pienentävät indusoituvaa jännitettä ja magneettikenttää. (Fingrid 2022.)

Kaapeleiden korkea jännite ja suuret virrat aiheuttavat jännitteen indusoitumista kaapelin kosketussuojaan. Indusoitumista tapahtuu etenkin pitkillä matkoilla ja se vaikuttaa kaapelin suorituskykyyn ja kuormitettavuuteen. Jännitteen indusoitumista voidaan ehkäistä vaippavuorottelulla (cross bonding). Vaippavuorottelussa kaapeleiden kosketussuojat yhdistetään ristiin vuorotellen vaiheiden välillä. Vuorottelemalla kosketussuojien jännitteet kompensoivat toinen toisiaan ja jännitteiden summa on nolla, näin jännitteet eivät vaikuta kaapelin suorituskykyyn ja kuormitettavuuteen. (Hämäläinen 2013, 22–24.) Kuvassa 16. on esitetty vaippavuorottelun periaate.



KUVA 16. Vaippavuorottelu. (Hämäläinen 2013, 23.)

5.2.2 Geotekninen suunnittelu

Kaapelireitin alueella on tehtypohjatutkimuksia ja suunnittelun aikana maaperätutkimuksia tarkennetaan rakennettavalla alueella. Suunnittelussa reitti on jaettu erilaisiin alueisiin pohjamaan mukaan. Kaapelireitin alueen maaperä on vaihtelevaa, reitillä on kalliota, moreenia, silttiä, hiekkaa, täyttömaata, savea ja turvetta.

Paikoin reitin alueella kallio on maan pinnassa, mutta savialueilla voi olla jopa 35 metriä paksu savikerros maan pinnan ja kallion pinnan välissä. Kaapelireitin maa-perä vaikuttaa merkittävästi rakennuskustannuksiin ja toteutustapaan.

- Pehmeillä maalajeilla, kuten savella kaivantoa pitää mahdollisesti tukea, joka hidastaa työtä ja nostaa kustannuksia.
- Turve- ja liejualueilla on tehtävä pohjanvahvistuksia, esimerkiksi pilaristabilointia, jossa pohjamaahan sekoitetaan sementtiä ja kovettuessaan sementti vahvistaa pohjamaan kantavuutta. Tällä vähennetään riskiä, että kaapelirakenteeseen tulee painumia.
- Kallioalueilla on tehtävä louhintaa, joka hidastaa rakentamista ja nostaa kustannuksia.
- Kaapelireitin kulkiessa ahtaassa kaupunkiympäristössä on paljon katualueita, jossa kaivanto on tehtävä tuettuna.

Edullisin pohjamaan tyyppi rakentamisen etenemisen ja kustannusten kannalta on helposti kaivettavat ja kasassa pysyvät maalajit, kuten hiekka, moreeni ja sora. (Fingrid 2022.)

5.3 Rakennussuunnittelu

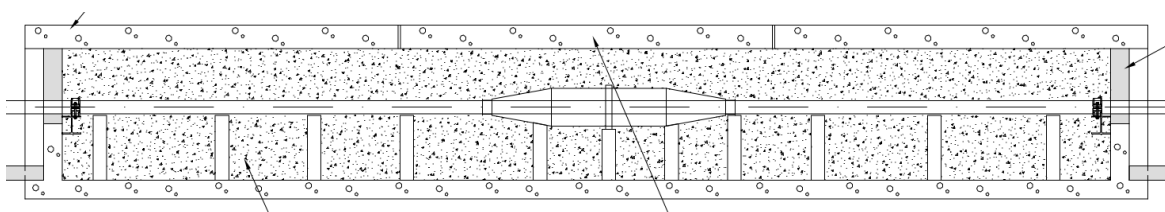
Rakennussuunnittelu on suunnittelun vaihe, jossa suunnitellaan rakennettava kohde toteutettavaan muotoon. Rakennussuunnittelussa määritetään materiaalit, mitat, yksityiskohdat ja mitä laatutasoa valmis lopputulos vastaa, sekä tehdään kustannusarvio rakennettavasta kohteesta. Rakennussuunnitteluun kuuluu eri osasuunnitelmat tekniikkalajeittain ja suunnitelmia tehdään yhteistyössä, jotta suunnitelmat ovat yhteensopivia keskenään. Rakennussuunnittelun edetessä suunnitelmia tarkennetaan ja suunnitelmien vaikutuksia verrataan ja yhteensovitetään olemassa olevaan ympäristöön, rakenteisiin sekä muihin suunnitteilla oleviin hankkeisiin, lisäksi haetaan tarvittavat rakennusluvut ja muut vaadittavat luvat. Rakennussuunnittelun tuloksena syntyy suunnitelmat, joiden mukaan kohde rakennetaan. (Fingrid 2022.)

5.3.1 Pohjanvahvistus

Kaapelireittiä suunniteltaessa on täytynyt miettiä maaperän vahvistamista, etenkin jatkostilojen paikoilla. Kaapelireitti ja jatkostilat ei voi painua, koska silloin putkien ja kaapeleiden liitokset voivat vahingoittua. Maaperän ollessa kantavuudeltaan riittämätön eli maaperä ei kannattele sen päälle tulevaa kuormaa vaan se painuu, tarvitsee maaperää vahvistaa. Vahvistamiseen on erilaisia menetelmiä, Helsingin kaapelireitin yhteydessä on tehty pilari- ja massastabilointia. Pilaristabiloinnissa maahan porataan kaira määriteltyyn syvyyteen, ja sitä nostaessa maahan sekoitetaan kalkki- ja sementtipohjaista sideainetta, joka kovettuessaan muodostaa pilareita ja vahvistaa maaperää. Massastabiloinnissa maahan sekoitetaan sideainetta vaakasuorassa alue kerrallaan, ja kovettuessaan maahan muodostuu laattamainen lujittunut alue. Menetelmiä voidaan myös yhdistää, jolloin ensin tehdään pilaristabilointi ja sen päälle massastabilointi. (Ramboll 2024.)

5.3.2 Jatkostilat

Jatkostilat ovat betonisia rakenteita, joissa kaapeleiden jatkokset tehdään. Ne ovat maan varaan perustettuja teräsbetonista valmistettuja rakenteita, joiden sisällä on tila kaapeleille ja kaapeleiden jatkoksille (kuva 18.). Jatkostilat ovat noin 12 metriä pitkiä ja noin 3 metriä leveitä. Jatkostilat täytetään suojahiekalla ja sen seinissä on reikiä, joiden kautta kosteus pääsee myös jatkostilan sisälle luoden samankaltaiset olosuhteet jatkostilan sisälle kuin jatkostilan ulkopuolella on. Lisäksi kaapeleiden tuottama lämpö pääsee myös haihtumaan reikien kautta. Kaapelit haaroitetaan noin 10 m ennen jatkostilaa kolmiomuodostelmasta tasoon, jotta jatkosten asentaminen onnistuu. Jatkostilojen yhteydessä on tekniikkakaivo, missä maakaapeleiden yhteydessä kulkevien muiden kaapeleiden jatkot ja kytkennät tehdään. (Ramboll 2024.) Kuvassa 17. on poikkileikkaus jatkostilasta.



KUVA 17. Leikkaus jatkostilasta. Kaapelin alla on korokkeet, jotta kaapeli on suorassa. Jatkostilan täyttö on suojahiekkaa. (Ramboll 2024.)



KUVA 18. Jatkostila asennettuna tuettuun kaivantoon. (Ville Mäkinen 2024.)

5.4 Työnaikainen suunnittelu

Työnaikainen suunnittelu on olennainen osa rakennushankkeessa, joka voi muuttua ja tarkentua rakentamisen aikana. Työnaikaisella suunnittelulla voidaan auttaa ja tukea rakentamisen etenemistä, kun rakentamisessa usein tulee muutoksia tai jotain esteitä vastaan, niin suunnittelu pystyy miettimään vaihtoehtoisia ratkaisuja, jotta rakentamista voidaan jatkaa. Usein myös tulee asioita vastaan, joita ei ennen rakentamista ole tiedetty, joten suunnitelmia tarvitsee tarkentaa tai muuttaa.

Helsingin kaapeli – hankkeessa on työn aikana suunniteltu mm. jatkostilojen rakennesuunnitelmia, jatkostilojen uusia pohjanvahvistussuunnitelmia, erilaisia poraussuunnitelmia koeporauksia varten, kaapeleiden suojaputkien suunnitelmia ja suojakourujen suunnitelmia. Töiden edetessä suunnittelu tarkentuu ja tulee yksityiskohtaisemmaksi. Töiden aikana on myös suunniteltu työmaan ja työmaaliikenteen suunnittelua urakoitsijan ja suunnittelijan yhteistyössä, jotta työt pysyvät jatkuvasti käynnissä ja ylimääräisiltä töiden keskeytymisiltä vältytään. Lisäksi on suunniteltu sähköasemien sisäisiä suunnitelmia ja muita erinäisiä suunnitelmia, jotka liittyvät käynnissä olevaan hankkeeseen. (Ramboll 2023.)

6 HAASTATTELUTUTKIMUS

Tuotettaessa tieteellistä ja luotettavaa tietoa tarvitaan tutkimusmenetelmiä, joiden tiedonhankinta on järkipäätä ja systemaattista. Tutkimusmenetelmät voidaan jakaa kvantitatiiviseen eli määrälliseen ja kvalitatiiviseen eli laadulliseen tutkimusmenetelmään. Määrällinen tutkimus edellyttää, että ilmiö tunnetaan ja laadullisessa menetelmässä ilmiötä ei tunneta, joten pyritään tunnistamaan ongelma. (Kananen 2019, 25–27.) Tehtäessä määrällistä tutkimusta, yleisimmin tutkimusaineisto kerätään kyselylomakkeella. Sen lisäksi aineistoa voidaan kerätä systemaattisilla havainnoilla tai valmiiden rekisterien ja tilastojen käyttämisellä. (Vilkkä 2021, 94.) Laadullisessa tutkimuksessa tutkimusaineistoa voi olla esineet, ihmisen puheet, nauhoitteet, dokumenttiaineistot, kirjeet, kirjoitelmat ja sanoma-, aikakausi- ja ammattilehdet. Yleisimmin tutkimusaineistoksi valitaan haastattelu. (Vilkkä 2021, 122.)

Tämän opinnäytetyön tutkimusmenetelmä on haastattelututkimus eli laadullinen tutkimus. Tutkimusaineisto kerättiin haastatellen aiheeseen liittyviä asiantuntijoita.

6.1 Haastattelut

Helsingin kaapelihankkeen onnistumista ja sen ongelmakohtia kartoitettiin haastattelemalla hankkeeseen osallistuneita henkilöitä. Haastateltavat henkilöt ovat olleet Helsingin kaapeli hankkeessa erilaisissa rooleissa tilaajan ja urakoitsijan puolelta. Haastateltavia olivat tilaajan edustaja, rakennuttajakonsultin edustaja, suunnittelijan edustaja, urakoitsijan edustaja ja asiantuntija. Haastateltavien eri rooleilla on haluttu saada eri näkökulmia hankkeeseen liittyen. Haastateltavia henkilöitä oli 4 kappaletta. Haastattelut pidettiin Microsoft Teamsin välityksellä. Haastattelussa kysyttiin haastateltavilta noin 10 kysymystä liittyen hankkeeseen ja sen eri vaiheisiin. Haastatteluilla pyrittiin löytämään hankkeen ongelmakohtia ja kehitystarpeita vastaavien hankkeiden toteuttamiseen.

Haastattelut nauhoitettiin ja litteroitiin haastateltavan suostumuksella ja haastattelut käsitellään tässä työssä nimettömästi. Haastatteluista tehtiin koosteet, jotka lähetettiin haastateltaville oikoluettavaksi ennen opinnäytetyön julkaisemista.

Haastatteluiden mukaan hankkeen aloitus- ja valmisteluvaihe on mennyt hyvin ja rakentaminen on alkanut hyvässä yhteishengessä ja jatkuu edelleen. Hankkeen onnistumisena mainittiin hyvä yhteishenki kaikkien osapuolien välillä ja hyvä yhteistyö on kantanut hanketta alusta alkaen.

Suunnittelun osalta koettiin, että suunnitelmat olivat hyvällä tasolla, mutta suunnitelmat eivät olleet valmiit ennen kuin rakentaminen aloitettiin ja suunnitelmia tehdään samalla kun rakentaminen etenee, joka toisinaan hidastaa tekemistä. Suunnittelussa onnistuttiin priorisoimaan ja käyttämään resursseja tehokkaasti niin, että saatiin valmiiksi se, mikä oli kiireellisin asia tietyllä hetkellä. Hankkeen suurimpana haasteena yleisesti on koettu lupa-asiat, ne ovat hidastaneet projektin etenemistä alusta alkaen. Suurella hankkeella tarvitaan paljon erilaisia lupia, joten lupien hidas käsittely ja lupien hitaasti saaminen on vaikeuttanut projektin etenemistä merkittävästi. Suunnittelussa haasteena koettiin projektin ainulaatuisuus. Monimutkaisen ja uudentyypisen kaapeliprojektin tekniset vaatimukset asettivat haasteita suunnitteluun, kun ei ole olemassa valmiita malleja tai aiempaa kokemusta vastaavasta hankkeesta. Erityisesti sähköteknisen asiantuntemuksen tarve korostui suunnittelussa ja käytettävien materiaalien määritykset olivat haasteellisia, kun aiempaa kokemusta ei ollut.

Rakentaminen päästiin aloittamaan hieman toivottua myöhemmin, johtuen lupien puuttumisesta. Rakentamiseen liittyen ei ole ollut suurempia haasteita lupa-asioita lukuun ottamatta, ja rakentaminen on edennyt hyvin ja tiiviissä yhteistyössä suunnittelun kanssa. Rakentamisen aikana on suunnitelmia tarkennettu ja muutettu tarpeen vaatiessa ja yhteistyö on sujunut luontevasti urakoitsijan, rakennuttajan ja suunnittelijan välillä.

6.2 Kehitysideat haastatteluiden perusteella

Haastatteluissa keskusteltiin mitä kehitettävää olisi vastaavan hankkeen toteuttamiseen tulevaisuudessa, ja mitä opittiin Helsingin kaapeli hankkeen rakentamisessa, suunnittelussa ja rakentamisessa. Ideoista voi olla hyötyä, jos vastaavia hankkeita kehitellään ja suunnitellaan.

Hankkeen valmisteluun liittyen kehitettävää on lupien hakemisessa ja siihen kehitysidea olisi, että ennen kuin varsinaista lupaa haetaan, käytössä voisi olla ennakkopäätös tai -lausunto, jonka mukaan lupa haetaan ja myönnetään. Suunnitteluun kehitettävää löytyi materiaalien määräyksestä ja sähkötekniisten yksityiskohtien suunnittelu jo aikaisessa vaiheessa. Kun suunnittelussa on mukana sähkötekniikan asiantuntija heti alusta alkaen, saadaan suunnitelmat tehtyä kerralla toimiviksi ja toteutettavaksi. Lisäksi hankkeen huolellinen dokumentointi on avuksi tulevaisuudessa, kun vastaavasta rakennustekniikasta ei ole paljoa kokemusta.

6.2.1 Hankkeen valmistelu

Hankkeen valmistelun aikana tuli uusia asioita vastaan, joista ei ollut kokemusta ennen 400 kV:n maakaapelointia. Moni asia liittyi suunnitteluun ja suunnittelun ohjaamiseen, kuten ohjearvojen määrittämiseen. Valmisteluvaiheessa suunnittelun käynnistäminen riittävän aikaisin on tärkeää, jotta suunnitelmat ehtivät valmistumaan ennen rakentamisen aloittamista. Jos rakentaminen aloitetaan ennen kuin suunnitelmat ovat valmiina, tulee tilanne, jossa rakentajat odottavat suunnitelmia, jotta pääsevät jatkamaan, ja se hidastaa merkittävästi rakentamista.

Lisäksi lupa-asioiden kanssa on ollut koko hankkeen ajan erinäisiä haasteita, suurimpana haasteena on ollut viive lupien saamiseen, haasteita on pyritty ratkomaan haasteiden ilmaantuessa. Ratkaisua tähän ei suoraan ole löydetty, mutta lupien saamista edesauttaa niiden hakeminen riittävän aikaisin ja oikeilla tiedoilla. Myös tietämys siitä, mitä lupia tarvitaan minkäkin tyyppiseen rakentamiseen helpottaa huomattavasti tarvittavien lupien hakemista, kun osataan hakea oikeita lupia heti eikä vain yksi kerrallaan. Yleisesti lupaprosessi voi olla hidas ja aikaa vievä, kun kaikkia tarvittavia lupia ei voi hakea ennen kuin on saatu lunastuslupa. Lupien saaminen voi olla toisistaan riippuvaista, jolloin yksittäisen luvan saaminen voi venyä pitkäksi. Lupaprosessia voisi nopeuttaa esimerkiksi lupien ennakkopäätöksellä tai ennakkolausunnolla, jonka perusteella lupaa haettaessa prosessi olisi nopeampi.

Hankkeen myötä on tullut paljon uusia dokumentteja, tietoa ja ohjeita koskien suurjännitteisten maakaapeleiden rakentamista, jotka ovat hyvin tärkeitä tulevaisuudessa, mikäli vastaavia maakaapeleita rakennetaan. Niiden säilyttäminen ja arkistointi on tehtävä huolellisesti, jotta ne ovat löydettävissä ja käytettävissä myöhemmin. Hankkeesta aikanaan laadittava loppuraportti on tärkeä oppimisen kannalta, koska se kasaa yhteen hankkeen asioita ja siinä vastaan tulleita haasteita ja onnistumisia.

Helsingin kaapelihankeessa valmistelussa asiat haluttiin pitää yksinkertaisena, ilman mitään erikoisia urakkamuotoja tai hankalia sopimusteknisiä asioita. Tällä varmistettiin, että hanke on mahdollisimman yksinkertainen sopimusten ja toteutusmuodon osalta ja kaikki osapuolet voivat keskittyä hankkeen toteuttamiseen.

6.2.2 Suunnittelu

Kaapelireitin suunnittelussa tuli lukuisia uusia asioita vastaan ja sitä kautta paljon uuden oppimista ja kehitysideoita. Koska vastaavia hankkeita ei ole tehty ja suunniteltu, niin suunnittelun aikana tuli monta haastetta vastaan, joihin löytyi ratkaisu.

Suunnittelun kannalta kehitettävää on rakennus- ja sähkötekniisten asioiden kannalta, kuten käytettävien materiaalien valinta ja niiden vaikutukset kaapelin toimintaan. Materiaalien määrittäminen oli haasteellista, koska aiempaa kokemusta ei ollut vastaavasta 400 kV:n maakaapelista ja millaisia sähkö ja magneettikenttiä se aiheuttaa ympärilleen, sekä miten käytettävät materiaalit vaikuttavat sähkö- ja magneettikenttiin.

Kaapelireitin suunnittelun aikana on tarpeen olla mukana sähkötekniikan asiantuntija, joka voi ohjata ja neuvoa kaapelireitin suunnittelua sähkötekniseltä kannalta koko suunnittelun ajan. Näin voitaisiin välttää suunnitteluratkaisuja, jotka ovat huonompia sähkötekniikan kannalta, vaikka ne voivat olla toimivia ratkaisuja rakennusteknisesti.

Suunnittelun aikana opittiin uusia asioita erityisesti maakaapelin asettamista vaatimuksista, sekä miten ahtaassa kaupunkiympäristössä voidaan rakentaa suurjännitekaapelia ja miten kaapelin tekniset vaatimukset vaikuttavat kaapelireitin

valintaan ja sen erinäisiin teknisiin ratkaisuihin. Jatkuvasti suunnittelun aikana on etsitty ja opiskeltu lisää tietoa miten erilaiset asiat saadaan ratkaistua.

Suunnittelun aikana pohdittiin ohjearvoja ja suunnitteluohjeita 400 kV:n maakaapelin toteuttamiseen, koska valmiina ei ollut mitään ohjetta miten vastaavia kaapeleita suunnitellaan ja rakennetaan. Ohjearvoja ja ohjeita kehitettiin yhdessä tilaajan ja kaapelin valmistajan kanssa hankkeen reunaehdoista noudattaen. Suunnittelun loputtua voidaan kasata yhteen suunnittelun ohjearvot ja ohjeet, miten tässä hankkeessa kaapelireittiä ja teknisiä ratkaisuja suunniteltiin, ja ne ovat tulevaisuudessa apuna, kun suurjännitemaakaapeleita toteutetaan ja suunnitellaan.

6.2.3 Rakentaminen

Rakentamisen kehittämiseen hankkeen aikana ei ole tullut merkittäviä kehitysideoita tai ajatuksia. Rakentamisen näkökulmasta hanke on tavallista rakentamista, ja on verrattavissa esimerkiksi vesihuollon rakentamiseen, käsiteltävät materiaalit ja tarvikkeet hieman eroavat. Kaivantojen tekeminen ja kaapelinsuojaputkien asentaminen vastaa hyvin paljon vesihuollon rakentamista. Alitusporaukset ja suuntaporaukset ovat hieman tavanomaisesta rakentamisesta poikkeavaa, mutta poraukset toteuttavat niihin erikoistunut urakoitsija, jolla on siihen tarvittava kalusto ja ammattitaito.

Kaapeleiden suojaputkien rakentamista suunnitellessa urakoitsija suunnitteli rakentavasta putkituksen 12 metrin putkista, mutta kaapeliputkien valmistaja esitti, että on mahdollista valmistaa putket 22 metriä pitkinä. Urakoitsija päätyi rakentamaan suojaputkitukset 22 metrin putkista, joka vähentää putkien saumoja noin puolella, verrattaen 12 metrin putkiin. Putkien yhdistämiseen urakoitsija ehdotti, että putkien hitsaukseen käytettäisiin sähköhitsausmuhvia puskuhitsauksen sijaan, joka on helpompi ja varmempi tapa yhdistää putket kuin puskuhitsaus. Pidentämällä suojaputkien pituutta, hitsattavien saumojen määrä vähenee, joten epäonnistuneen hitsauksen riski vähenee ja putken rakenne on yhtenäisempi. Pidemmällä putkella myös työn eteneminen on nopeampaa, mutta pidempi putki on vaikeampi käsitellä ahtaissa paikoissa. Valitut työmenetelmät nopeuttavat työn tekemistä ja työn lopputulos on laadukkaampi.

7 POHDINTA

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tunnistaa ja löytää niitä ongelmakohtia, joita hankkeen aikana on ilmennyt. Haasteet ovat koskettaneet niin suunnittelu-, rakentamis- kuin lupaprosessejakin. On selvää, että uuden tekniikan käyttöönottoon ja rakentamiseen liittyy aina kehitettävää ja epävarmuustekijöitä, jotka on pyrittävä ennakoimaan mahdollisimman tarkasti.

Työssäni olen keskittynyt Suomen ensimmäisen 400 kV maakaapeliyhteyden, Fingridin Helsingin kaapelin, valmistelun ja rakentamisen seurantaan. Projektin ainutlaatuisuus ja uutuusarvo Suomen energia-alalla ovat tehneet siitä sekä haastavan, että opettavaisen kohteen. Helsingin kaapelihankkeen toteuttamisesta saadut kokemukset tarjoavat arvokasta tietoa ja oppeja tuleville vastaaville projekteille, erityisesti kun huomioidaan, että laajoja 400 kV maakaapelihankkeita ei ole aikaisemmin Suomessa toteutettu.

Haastattelut antoivat arvokasta tietoa paitsi projektin kulusta ja sen eri vaiheista, myös siitä, millaisilla käytännöillä ja prosessien parannuksilla tulevaisuuden projekteja voidaan ohjata kohti onnistunutta toteutusta. Haastattelut toimivat keskeisenä tiedonlähteenä hankkeen onnistumisiin ja haasteisiin liittyen, sekä tarjosivat konkreettisia kehitysehdotuksia hankkeen eri vaiheita varten.

Suunnittelu ja valmistelu ovat olennaisia alueita onnistumisen kannalta, mutta ne ovat myös alueita, joissa useat ongelmat ovat ilmenneet. Suunnitelmien saaminen valmiiksi ja tarvittavien lupien hankkiminen rakentamisen alkaessa on kriittistä projektin aikataulussa pysymisen kannalta. Tämä edellyttää riittävän aikaisen suunnittelun käynnistämistä ja hyvää lupaprosessin hallintaa. Lupaprosessiin huolellinen valmistautuminen edesauttaa lupien saamista ajallaan.

Tekniseltä osaamiselta vaaditaan laajaa asiantuntemusta ja etenkin sähkötekniikan alan asiantuntijan integrointia osaksi suunnitteluprosessia. Kehitysehdotukset ohjearvojen ja suunnitteluohjeiden luomisessa ovat erityisen arvokkaita, sillä ne tukevat standardien ja parhaiden käytäntöjen kehittämistä tälle uudelle alueelle.

Rakentamisen osalta hankkeen toteutus muistuttaa monilta osin perinteisiä infra-hankkeita, kuten vesihuollon rakentamista. Kaikesta huolimatta, hankkeen uniikin luonteen ja erityisvaatimusten vuoksi joitakin erityismenetelmiä on käytetty, työn tehostamiseksi.

Projekti on tuonut esille myös dokumentaation, tiedonhallinnan, ja loppuraportoinnin merkityksen tietämyksen jakamisen ja tulevan suunnittelutyön kannalta. Hankkeesta saatu tieto, kuten suunnittelun ohjeavot, työmenetelmäsuositukset, ja saadut opit, ovat korvaamattomia resursseja vastaavien projektien suunnittelijoille ja toteuttajille.

Lisäksi olennaista on myös ymmärtää, kuinka tärkeää on tehokas ja avoin viestintä hankkeen kaikkien sidosryhmien välillä. Tämä auttaa paitsi mahdollisten ongelmien ratkaisemisessa, myös lisää hankkeen läpinäkyvyyttä ja luottamusta sidosryhmien välillä.

Helsingin kaapelihankkeen kokemukset korostavat eri osapuolten välisen yhteistyön ja kommunikaation merkitystä, jossa yhteinen ymmärrys ja selkeä koordinaatio ovat avainasemassa. Kehittämällä ja vakiinnuttamalla näitä käytäntöjä voitaisiin vastaisuudessa parantaa vastaavien hankkeiden tehokkuutta ja onnistumista.

LÄHTEET

Ala-Kokko, J. 2018. Suurjänniteverkon maakaapelointi. Sähkötekniikan koulutusohjelma. Oulun ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö. Viitattu 12.9.2024. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201804235244>

Demirer kablo. 2023. Pdf-dokumentti. Ei julkisesti saatavilla. Viitattu 13.9.2024

Eolus. 2024. Maakaapeli vai ilmajohto? Toimivimman ratkaisun valinta on monen tekijän summa. Verkkosivu. Viitattu 13.9.2024. https://eolus.fi/mfn_news/maakaapeli-vai-ilmajohto-toimivimman-ratkaisun-valinta-on-monen-tekijan-summa/

Energiateollisuus. N.d. Sähköverkot. Verkkosivu. Viitattu 11.9.2024. <https://energia.fi/energiatietoa/energiaverkot/sahkoverkot/>

Energiavirasto. 2022. Verkkotoiminnan tunnusluvut. Verkkosivu. Viitattu 11.9.2024. <https://energiavirasto.fi/verkkotoiminnan-julkaisut>

Energinet. 2018. Report. Technical issues related to new transmission lines in Denmark. Pdf-dokumentti. Viitattu 13.9.2024. <https://energinet.dk/media/t2hnu0v/technical-issues-related-to-new-transmission-lines-in-denmark.pdf>

Fingrid. 2018. Ympäristöselvitys. Helsingin 400 kilovoltin kaapeliyhteys. Pdf-dokumentti. Viitattu 24.9.2024. <https://www.fingrid.fi/globalassets/dokumentit/fi/kantaverkko/maankaytto-ja-ymparisto/helsingin-kaapelin-ymparistoselvitys-19.12.2018.pdf>

Fingrid. 2019. Kantaverkon kehittämisen ja kunnonhallinnan periaatteet. Pdf-dokumentti. Viitattu 16.9.2024. <https://www.fingrid.fi/globalassets/dokumentit/fi/kantaverkko/kantaverkon-kehittaminen/kantaverkon-kehittamisen-ja-kunnonhallinnan-periaatteet.pdf>

Fingrid. 2022. Raportti maakaapelin reittisuunnitelmasta. Helsingin 400 kilovoltin kaapeliyhteys välillä Viikinrannan energiakortteli – Vantaan Länsisalmi. Pdf-dokumentti. Viitattu 20.9.2024. https://www.fingrid.fi/globalassets/dokumentit/fi/kantaverkko/verkon-rakentaminen/helsinki/hki400_reittisuun_suunnitelma-selostus_julkaisuversio.pdf

Fingrid. 2023. Kantaverkon kehittämissuunnitelma 2024–2033. Pdf-dokumentti. Viitattu 17.9.2024. https://www.fingrid.fi/globalassets/dokumentit/fi/kantaverkko/kantaverkon-kehittaminen/fingrid_kehittamissuunnitelma_2024-2033.pdf

Fingrid. N.d.a. Kantaverkko ja sen kehittäminen. Verkkosivu. Viitattu 10.9.2024. <https://www.fingrid.fi/kantaverkko/kehittaminen/>

Fingrid. N.d.b. Fingridin yleisesite: Kohti puhdasta sähköjärjestelmää. Pdf-dokumentti. Viitattu 10.9.2024. https://www.fingrid.fi/globalassets/dokumentit/fi/julkaisut/fingrid_yleisesite.pdf

Fingrid. N.d.c. Kunnossapito. Voimajohdot. Verkkosivu Viitattu 12.9.2024.
<https://www.fingrid.fi/kantaverkko/kunnossapito/voimajohdot/johtoalue/>

Fingrid. N.d.d. Helsingin kaapeli. Verkkosivu. Viitattu 23.9.2024.
<https://www.fingrid.fi/kantaverkko/rakentaminen/hankkeet/helsingin-kaapeli/#tiedotteet-ja-artikkelit>

Fingrid-lehti. 2016. Miksi Fingrid ei kaapeloit?. Verkkosivu. Viitattu 11.9.2024.
<https://www.fingridlehti.fi/miksi-fingrid-ei-kaapeloit/>

Hämäläinen, I. 2013. 110 kV kaapeleiden asennusratkaisut katurakenteessa. Sähkötekniikan koulutusohjelma. Sähkövoimatekniikka. Tampereen ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö. Viitattu 18.9.2024. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201305148271>

Junnonen, J-M., Kankainen, J. 2020. Rakennuttaminen. 6. päivitetty painos. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Kananen, J. 2019. Opinnäytetyön ja pro gradun pikaopas. Avain opinnäytetyön ja pro gradun kirjoittamiseen. Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu.

Korpinen, L. 2017. Sähkön siirto- ja jakeluverkot. Pdf-dokumentti. Viitattu 12.9.2024 http://leenakorpinen.com/archive/svt_opus/3sahkon_siirto_ja_jakelu-verkot.pdf

Luoko, O. 2014. Hyvä rakentaminen alkaa viisaasta rakennuttamisesta. Rakennuslehti. Verkkosivu. Viitattu 26.9.2024. <https://www.rakennuslehti.fi/blogit/hyva-rakentaminen-alkaa-viisaasta-rakennuttamisesta/>

Mäkinen, J. 2023. Sähköasemien maakaapeloidut lähestymisjohdot 110 kV verkossa. Sähkötekniikan koulutusohjelma. Tampereen yliopisto. Kandidaattityö. Viitattu 18.9.2024. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:tuni-202304254361>

Oksanen, A., Laine, V., & Kaskiaro, K. 2019. Urakkasopimukset: rakennusurakan yleiset sopimusehdot YSE 1998. 2. uudistettu painos. Helsinki: Kauppakamari.

Prysmian. 2024. Teräsalumiinijohdin. Verkkosivu. Viitattu 12.9.2024.
<https://www.sahkonumerot.fi/0120152/>

Ramboll. 2023. Projektisuunnitelma. Word-dokumentti. Ei julkisesti saatavilla. Viitattu 8.10.2024

Ramboll. 2024. Suunnitelmapaketti. PDF-dokumentti. Ei julkisesti saatavilla. Viitattu 28.10.2024

Salokangas, K. 2020. Erityisalojen hankintalaki. Helsinki: Edita Publishing Oy.

Sähkömarkkinalaki 9.8.2013/588. Viitattu 11.9.2024. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2013/20130588#O2L2P7>

Vilka, H. 2021. Tutki ja kehitä. 5. päivitetty painos. Jyväskylä: PS- kustannus.

LIITTEET

Liite 1. Haastattelukysymykset

Rakennuttaminen

1. Kerro hankkeen taustaa. Miten hanke aloitettiin?
2. Mitä asioita oli tiedossa/otettu huomioon aloitusvaiheessa?
3. Mitä asioita ei ollut tiedossa aloitusvaiheessa ja mitä olisi pitänyt olla tiedossa?
4. Oliko urakan valmistelussa jotain erityistä? Poikettiinko ns. normaalitavasta?
5. Mitä haasteita tuli eteen? Löytyikö niihin ratkaisuja?
6. Miten hankkeen valmistelu onnistui?
7. Mitä kehitettävää vastaavien kohteiden valmistelussa ja rakennuttamisessa olisi?
8. Mitä opittiin? / Vapaa sana.

Suunnittelu

1. Kerro suunnittelun taustaa. Miten suunnittelu aloitettiin?
2. Mitä lähtötietoja oli suunnittelun aloituksessa? Puuttuiko jotain lähtötietoja?
3. Hankittiinko suunnittelun aikana lisää lähtötietoja?
4. Oliko suunnittelussa jotain erityistä?
5. Mitä haasteita tuli eteen? Löytyikö niihin ratkaisuja?
6. Mitä rakentamisen aikana on suunniteltu?
7. Miten suunnittelu onnistui?
8. Mitä kehitettävää tällaisten kohteiden suunnittelussa on?
9. Mitä opittiin? / Vapaa sana.

Rakentaminen

1. Oliko urakan sisällössä jotain erityistä?
2. Oliko tarjouspyyntöaineistossa kaikki tarvittava tieto?
3. Oliko suunnitelmat riittävällä tasolla rakentamisen alettua?
4. Miten rakentamiseen valmistauduttiin?
5. Mitä haasteita tuli eteen? Löytyikö niihin ratkaisuja?
6. Miten suunnittelu ja hankkeen valmistelu on onnistunut?
7. Onko suunnitelmat olleet hyvät?
8. Mitä kehitettävää vastaavien kohteiden rakentamiseen/suunnitteluun on?
9. Mitä opittiin? / Vapaa sana.