

Laadun kehittäminen sähkönjakelu- verkkojen suunnittelussa

Ville Härkönen

Opinnäytetyö
Joulukuu 2020
Tekniikan ala
Insinööri (AMK), sähkö- ja automaatiotekniikka

Tekijä(t) Härkönen, Ville	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä Joulukuu 2020
	Sivumäärä 42	Julkaisun kieli Suomi
		Verkojulkaisulupa myönnetty: x
Työn nimi Laadun kehittäminen sähköjakaiverkkojen suunnittelussa		
Tutkinto-ohjelma Insinööri (AMK), sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma		
Työn ohjaaja(t) Pasi Puttonen, Vesa Hytönen		
Toimeksiantaja(t) Eltel Networks Oy		
<p>Tiivistelmä</p> <p>Eltel Networks Oy:n Pirkanmaan alueen toimipisteille ei ollut laadittuna kirjallista ohjeistusta sähköjakaiverkkojen suunnitteluprosessin kuvauksesta. Lisäksi kentälle jaettavien suunnitelmien sisällöissä oli jonkin verran eroavaisuuksia ja niistä haluttiin saada yhteneväisempiä.</p> <p>Toimeksiantajalta saadun tehtävän tavoitteena oli laatia ohjeistus, jossa suunnitteluprosessin eri vaiheet kuvataan ja kerätään hajallaan olevaa tietoa yhteen paikkaan helposti suunnittelijoiden saataville. Lisäksi ohjeistuksen liitteeksi oli määrä luoda esimerkkimallipohja, jonka avulla yhtenäistää kentälle jaettavien suunnitelmien sisältöä.</p> <p>Lähtötilannetta ja ohjeistuksessa käsiteltävää sisältöä aloitettiin selvittämään haastattelemalla suunnittelijoita. Haastatteluissa nousi esille useita näkökulmia, jonka seurauksena haastatteluista päädyttiin valitsemaan ohjeistuksen kannalta tärkeimmät käsiteltävät asiat.</p> <p>Tehtävän tuloksena saatiin toimeksiantajalle laadittua tiivis teos, johon on koottu hajallaan olevaa tietoa sähköjakaiverkon mitoituksesta, komponenttien sijoituslupien hakemisesta sekä kuvattu suunnitteluprosessin eri vaiheet. Esimerkkimallipohjassa on kuvattu mitä tietoja suunnitelman tulee pitää sisällään sekä huomiot, jotka auttavat töiden toteuttamista kentällä.</p> <p>Ohjeistusta ja sen liitteeksi laadittua esimerkkimallipohjaa ei olla jaettu vielä opinnäytetyötä tehdessä suunnittelijoiden käyttöön. Toimeksiantaja tulee jakamaan materiaalit Pirkanmaan alueen toimipisteiden suunnittelijoiden käyttöön ja esimerkkimallipohjan avulla suunnitelmien sisältöä pyritään yhtenäistämään toimipisteiden välillä.</p>		
Avainsanat (asiasanat) sähköjakaiverkko, sijoittaminen, suunnittelu, ohjeistus		
Muut tiedot (Salassa pidettävät liitteet)		

Author(s) Last name, First name Härkönen Ville	Type of publication Bachelor's thesis Number of pages 42	Date December 2020 Language of publication: Finnish Permission for web publica- tion: x
Title of publication Quality development in design of distribution network		
Degree programme Degree programme in Electrical and Automation Engineering		
Supervisor(s) Puttonen Pasi, Hytönen Vesa		
Assigned by Eltel Networks Oy		
Abstract <p>There was no existing documentation for the design process of electricity distribution networks at the Pirkanmaa offices of Eltel Networks Oy. In addition, there were differences in the plans distributed to the field and a need to unify the office and field documentation.</p> <p>The aim of the assignment received from the assignor was to draw up guidelines to describe various stages of the design process, as well as collect scattered information into a single place accessible to the designers. In addition, an example template was to be created as an appendix to the guidelines, which could then be used to standardize the content of the plans distributed in the field.</p> <p>The initial situation and the content covered in the guidelines were clarified by interviewing electricity distribution network designers. Several aspects emerged from the interviews, and because of this, the most important matters for the guidelines were focused on.</p> <p>As a result of the assignment, concise documentation was drafted compiling information on the dimensioning of the electricity distribution network, the application for component placement permits and the stages of the design process. The example template describes what information the plan should contain with notes helping to carry out the work in the field.</p> <p>The guidelines and the example template prepared as an appendix have not yet been distributed to designers for use. The assignor will distribute the materials for the use of the designers in the offices in the Pirkanmaa region, and the example template will be used to standardize the content of the plans between the various offices of Eltel Networks Oy.</p>		
Keywords/tags (subjects) distribution network, placement, design, guideline		
Miscellaneous (Confidential information)		

Sisältö

1	Johdanto	4
1.1	Eltel Networks Oy	4
1.2	Tausta ja tavoite	4
1.3	Tutkimusasetelma	5
1.3.1	Kehittämistutkimus	5
1.3.2	Laadullinen tutkimus	6
2	Sähköverkko.....	6
2.1	Sähköverkon rakenne.....	6
2.2	Jakeluverkon rakenne.....	8
3	Jakeluverkon komponentit	10
3.1	Muuntamot	10
3.2	Katkaisija.....	12
3.3	Erottimet	13
3.4	Jakokaappi	14
3.5	Jonovarokeytkin.....	15
3.6	Pylväsvarokeytkin	16
3.7	Kahvasulakkeet.....	16
3.8	Maakaapelit.....	17
3.8.1	Asennus	17
3.8.2	Mitoitus	18
3.9	Liittymisjohto.....	21
3.10	Pienjänniteverkon maadoitus	22
4	Sijoittamiseen vaikuttavat luvat ja lait	23
4.1	Sähkömarkkinalaki.....	24
4.2	Maankäyttö- ja rakennuslaki.....	26
4.3	Maantielaki.....	27
4.4	Yksityistielaki	28
4.5	Ratalaki	28
4.6	Vesilaki.....	29

	2
4.7 Luonnonsuojelulaki	29
4.8 Muinaismuistolaki	29
4.9 Sähköinen asiointi	30
5 Ohjeistuksen laatiminen	30
6 Tuloksien arviointi	31
6.1.1 Tutkimusvastaukset.....	32
7 Pohdinta.....	33
Lähteet	36
Liitteet	39
Liite 1. Ohjeistuksen sisällysluettelo.....	39

Kuviot

Kuvio 1. Sähköverkon rakenne	7
Kuvio 2. Säteittäisverkon rakenne	9
Kuvio 3. Rengasverkon rakenne	10
Kuvio 4. Pylväs- ja puistomuuntaja.....	11
Kuvio 5. Puistomuuntamon pienjännitekeskus.....	12
Kuvio 6. ABB MJS-jakokaappi.....	15
Kuvio 7. ABB ZLBM sarjan jonovarokeytkin	15
Kuvio 8. Lupamenettelyyn vaikuttavat omistusalueet ja lainsäädäntö	24

Taulukot

Taulukko 1. ZLBM jonovarokeytkimen mitoitus tiedot	16
Taulukko 2. gG-kahvasulakkeiden kokoja.....	17
Taulukko 3. Ilman konsentrista kosketussuojaa olevan maakaapelin suojaus eri asennussyvyyksillä	18

Taulukko 4. Pienin oikosulkuvirta, jonka mukaan jakeluverkon vikasuojaukseen käytetty ylivirtasuoja voidaan mitoittaa.....	19
Taulukko 5. AMKA riippukierrekaapelin kuormitettavuus ampeereina vapaasti ilmassa. PE-eristeiset alumiinijohtimet, johtimen lämpötila +70°C, ympäristön lämpötila 25°C.....	20

1 Johdanto

1.1 Eltel Networks Oy

Eltel Networks Oy on perustettu vuonna 2001. Nykyään Eltel toimii kaikissa Pohjoismaissa sekä Baltian maissa. Eltel työllistää 6 200 työntekijää, joista 1 500 Suomessa. Etelin keskeisimmät palvelut ovat sähkö- ja tietoliikenneverkkojen suunnittelu, rakentaminen ja kunnossapito. Etelin liikevaihto vuonna 2019 oli 1,1 miljardia euroa ja yhtiö on ollut listattuna Tukholman pörssissä vuodesta 2015. Suomessa Etelillä on toimipisteitä noin 60 ja opinnäytetyö toteutetaan yhteistyössä Pirkanmaalla toimivissa toimipisteissä (Etel yleisesittely. 2020).

Etel Networks Oy toimii Pirkanmaan alueella sähköverkkoyhtiö Elenian alueurakoitsijana ja rakentaa Elenian omistamaa jakeluverkkoa kokonaisvastuurakentamis periaatteella. Kokonaisvastuurakentamis-toimitus sisältää rakennuskohteen suunnittelun, rakentamisen ja työn dokumentoinnin Elenialle (Etel yleisesittely. 2020).

1.2 Tausta ja tavoite

Toimeksiantajalla ei tähän mennessä ole ollut kirjallista ohjeistusta käytössä suunnitteluprosessin kuvauksesta. Kentälle jaettavien suunnitelmien sisällössä on jonkin verran eroja. Ohjeistuksen myötä on tarkoitus, että suunnitelmat ovat jatkossa sisällöltään yhteneväisempiä ja hajallaan olevaa tietoa saadaan kerättyä kootusti yhteen paikkaan.

Suunnittelijat ovat jakaneet tietoaan lähinnä suullisesti tai hakeneet sitä itse internetistä. Jokaisella suunnittelijalla on itsellään omia muistiinpanoja ja ohjeita, joita on pyydettyäessä jaettu eteenpäin eli paljon niin sanottua puhumatonta tietoa on saatavilla, mutta ei yleisesti jaossa.

Opinnäytetyön tavoitteena on parantaa toimeksiantajan sähkönjakeluverkkojen suunnittelun laatua toteuttamalla ohjeistus suunnittelijoiden käyttöön. Ohjeistuksen

on tarkoitus yhtenäistää kentälle jaettavia suunnitelmia ja koota yhteen tällä hetkellä useista eri lähteistä saatavilla olevaa tietoa sekä toimia osana uuden suunnittelijan perehdytystä. Ohjeistuksen liitteeksi kootaan mallipohja kentälle toimitettavasta suunnitelmasta, josta käy ilmi tiedot ja huomiot, jotka valmiin suunnitelman täytyy pitää sisällään.

1.3 Tutkimusasetelma

Opinnäytetyö toteutetaan kehittämistutkimuksena käyttäen laadullista eli kvalitatiivista tutkimusotetta. Tutkimuksen luotettavuutta arvioidaan tarkastelemalla sen reliabiliteettia eli tutkitaanko oikeaa asiaa ja validiteettia eli laadullista onnistumista. Arvioidessa tutkimuksen luotettavuutta voidaan käyttää tutkimukseen soveltuvia arviointikriteerejä, joista kyseiseen tutkimukseen soveltuu vahvistettavuus ja ristiriidattomuus. Arvioidessa vahvistettavuutta aineisto annetaan luettavaksi taholle, jota tutkimus koskee ja tämä vahvistaa aineiston paikkansa pitävyyden. Aineisto ohjeistukseen kerätään useista eri lähteistä ja samalla, kun aineisto on tarkastettavana, vahvistuu luotettavuus, mikäli tarkastaja on samaa mieltä johtopäätöksistä eikä ristiriitoja synny (Kananen 2015, 111-114).

Kehittämistutkimuksessa tehtävät haastattelut käydään sähköpostikyselyinä ja avoimena keskusteluna aiheesta. Kyselyissä ja haastatteluissa pyritään selvittämään:

- Ohjeistuksen painopisteet
- Lupaprosessin sujuvuus
- Yleisiä ongelmakohtia suunnittelussa

1.3.1 Kehittämistutkimus

Kehittämistutkimuksen tavoitteena on edistää jotain olemassa olevaa kohdetta tai toimintamallia. Kehitettävä kohde voi olla mitä tahansa, tutkimuksen kannalta tärkeää on tutkittavan ongelman rajaaminen ja ongelmaan johtaneiden syiden tarkastelu (Jurvelin 2019). Opinnäytetyön tutkimuksessa kehitettävä kohde on suunnittelu-prosessi.

Kehittämistutkimuksen ensimmäinen vaihe on ongelma-analyysi, jonka tarkoituksena on kartoittaa kehitettävän kohteen nykytila, tarpeet, mahdollisuudet ja haasteet. Tarpeiden kartoitus voidaan toteuttaa käyttäjäkyselynä tai se voi pohjautua tutkimustietoon. Seuraava vaihe on toimenpidesuunnitelman laatiminen, jonka pohjalta nykytilanteesta pyritään pääsemään tavoitetilaan. Toteutusta kokeillaan käytännössä ja siitä saatuja tuloksia arvioidaan valituin keinoin. Tuloksien pohjalta kehittämistutkimus voidaan toistaa ja parantaa sitä edellisestä, kunnes haluttu tavoitetila on saavutettu (Kananen 2015, 41-42).

1.3.2 Laadullinen tutkimus

Laadullisen eli kvalitatiivisen tutkimuksen aineisto voidaan jakaa primääri- ja sekundääriaineistoon. Primääriaineistoon kuuluu tutkittavaan kohteeseen havainnoinnein, haastatteluin ja kysymyksiin tuotettu aineisto. Sekundääriaineistoa ovat olemassa olevat dokumentit (Kananen 2015, 76).

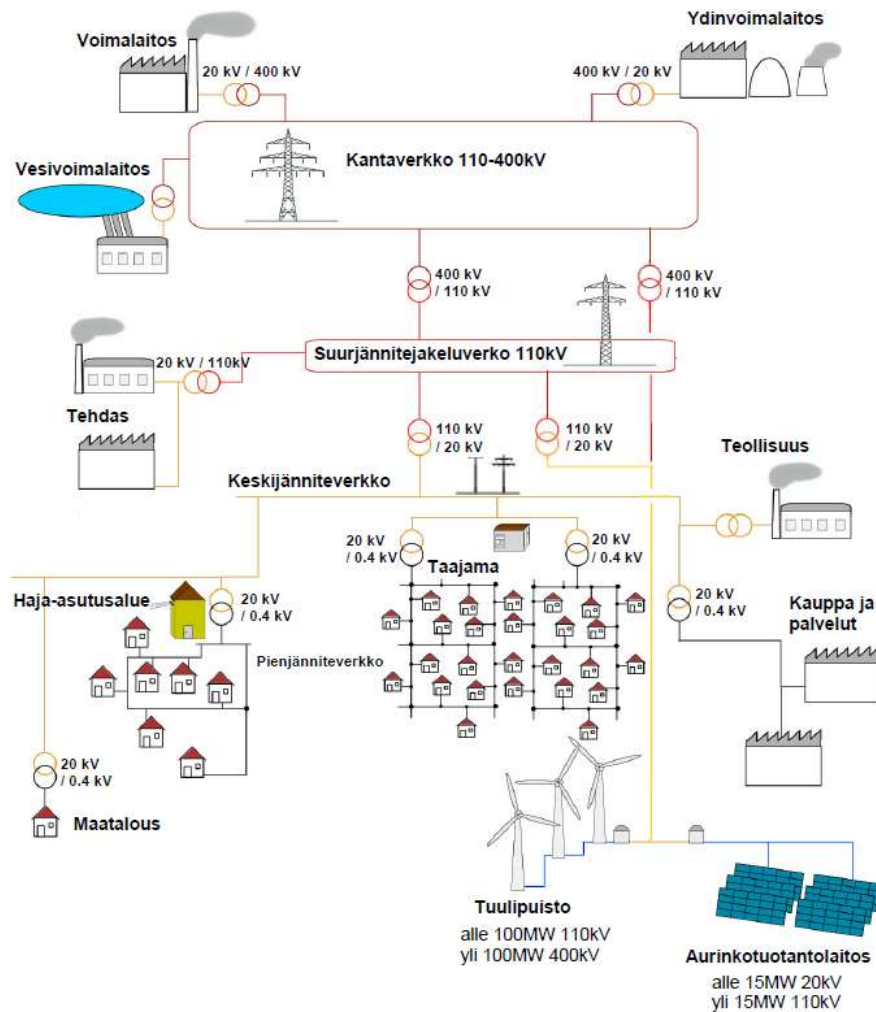
2 Sähköverkko

Opinnäytetyön kannalta on tärkeää käydä läpi sähköverkon rakenne painottuen jakeluverkkoihin, joiden suunnitteluprosessia toimeksiannossa on tarkoitus kuvata. Seuraavassa luvussa käsitellään yleisesti Suomen sähköverkon rakenne ja tapauskohtaisesti jakeluverkon rakennetta ja rakenteeseen vaikuttavia tekijöitä.

2.1 Sähköverkon rakenne

Sähköverkko koostuu voimalaitoksista, kantaverkosta 110 - 400 kV, suurjännitejakeluverkosta 110 kV ja jakeluverkosta, joka jaetaan 20 kV keskijännite ja 0.4 kV pienjänniteverkkoihin (Kuvio 1). Verkon omistajuus on jaettu alueellisille verkonhaltijoille, jotka omistavat siirto- ja jakeluverkkoja jännitetasolla 0.4 - 110 kV. Alueelliset verkot liittyvät Fingrid Oyj:n hallinnoimaan kantaverkkoon sähköasemilla (Suomen sähköjärjestelmä. N.d.). Jakeluverkko jaetaan lisäksi kahteen osaan keski- ja pienjänniteverkkoon. (Sähköverkko tutuksi. 2017.) Verkonhaltijat ovat veloitettuja liittämään

uusiuutuvan energian tuotantolaitokset verkkoon soveltuvalle jännitetasolla, joka vaihtelee tuotannon koosta riippuen. (Sähköopimukset. N.d.)



Kuvio 1. Sähköverkon rakenne (Riepl. S. 2007. muokattu)

Lähemmäksi kotitalouskuluttajia jakeluverkko tuodaan sähköasemalta yleisimmin 20 kV jännitetasolla keskijänniteverkolla, josta sen jännitetaso muunnetaan puisto-, pylväs- tai kiinteistömuuntamoilla 0.4 kV jännitteeksi pienjänniteverkkoon. Pienjänniteverkon rakenne pohjautuu sähkön käyttäjien määrään ja sijaintiin, sitä haaroitetaan tarvittaessa solmupisteissä kuten jakokaapeissa, joista sähköverkko jaetaan kuluttajille liittymisjohdoilla. (Sähköverkko tutuksi. 2017.).

Kuluttajat liittyvät verkkoon paikallisen verkkoyhtiön määrittämässä liittämiskohdassa, jännitetaso ja liittymäko riippuvat kuluttajan sähkönkäytön tarpeista. Kotita-

loudet liittyvät jakeluverkkoon 0.4 kV jännitetasolla. Liittämiskohdalta eteenpäin kuluttajan omistama liittymisjohto on kaapeloitu kuluttajan sähköpääkeskukseen, jossa sähkömittarilla mitataan sähkönkulutusta mittauksen takaisessa sisäverkossa (Sähköverkko tutuksi. 2017.).

Teollisuus, maatalous, kauppa, palvelut ja muu kulutus liittyvät jakelu- tai suurjännitejakeluverkkoon kulutuksen tarpeiden mukaisesti jännitetasolla 0.4-110 kV. (Suomen sähköjärjestelmä. N.d.)

2.2 Jakeluverkon rakenne

Keskijännitejakeluverkkoa syötetään 110 kV sähköasemien 20 kV lähdöistä. Verkon rakenne määräytyy pitkälti asutusalueen tyyppin mukaan. Haja-asutusalueella kuormitus on hyvin paikallista ja keskittyy sinne missä asutusta on, tällöin keskijänniteverkkoa rakennetaan säteittäisesti niin, että verkon runkojohdolta haaroitetaan verkkoa kulutustarpeiden mukaan (Lakervi, Partanen. 2008, 125).

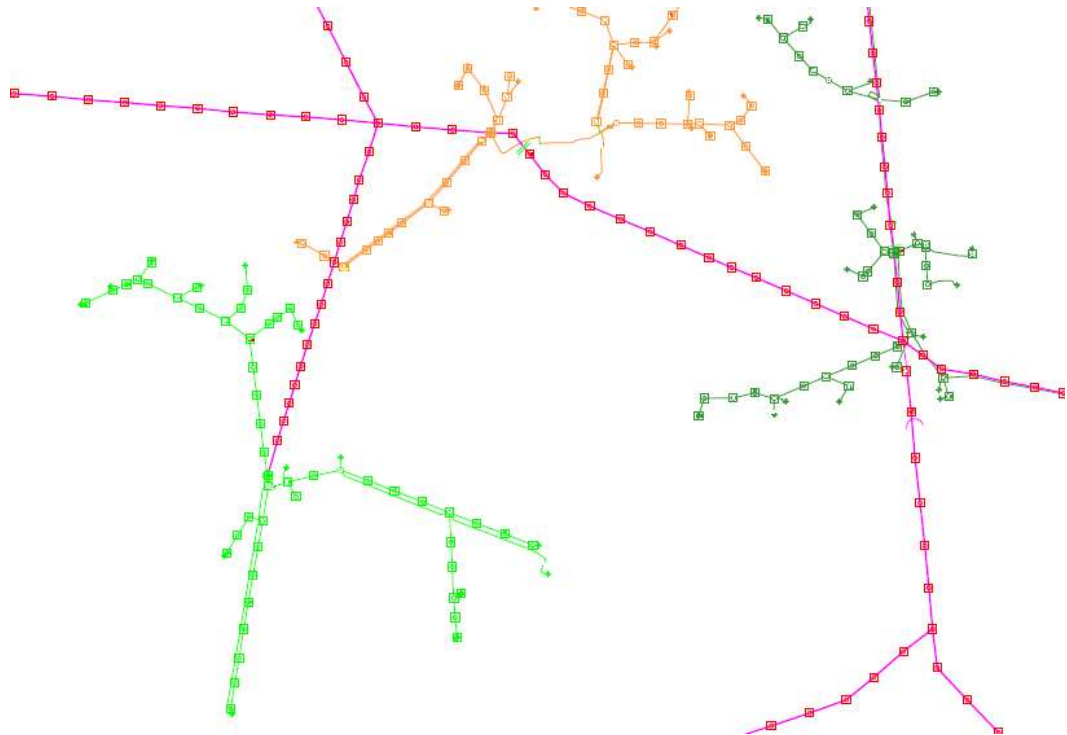
Asemakaava-alueella kaupungeissa ja taajamissa verkon kuormitus on jakautunut taiseisesti laajalle alueelle, jolloin keskijännitejakeluverkkoa rakennetaan rengasmaisesti. Rengasverkko voidaan rakentaa käyttäen samalla sähköasemalla toista lähtöä varasyöttöyhteytenä tai muodostamalla varasyöttö rengasyhteys toiselta sähköasemalta (Lakervi, Partanen. 2008, 125).

Keskijännitejakeluverkkoa rakennetaan fyysisesti rengasverkoksi, mutta sen toiminta on silti säteittäistä, jolloin huolto ja vikatilanteissa kytkentäjärjestelyin ohjataan varmentavia yhteyksiä käyttöön saavuttaen käyttökatkottomuus. (ABB:n TTT-Käsikirja 2000-07. 2000.)

Pienjännitejakeluverkkoa syötetään 20 kV jakelumuuntajien toisiopuolen 0.4 kV lähdöistä, jossa jakelumuuntajan syöttämä pienjänniteverkko muodostaa muuntopiirin. Haja-asutusalueilla muuntopiirit voivat asutusmuodon takia olla fyysisesti laajoja, mutta kuluttajia pieni lukumäärä muuntopiiriä kohden. Pienjännitejakeluverkko on teknistaloudellisesti järkevää rakentaa säteittäiseksi, sillä varmentavien yhteyksien

muodostamisella ei saavuteta huolto- tai vikatilanteessa merkittävää etua ja tilanteet koskettavat usein yksittäisiä tai korkeintaan muutamia kuluttajia (Lakervi, Partanen. 2008, 161-162).

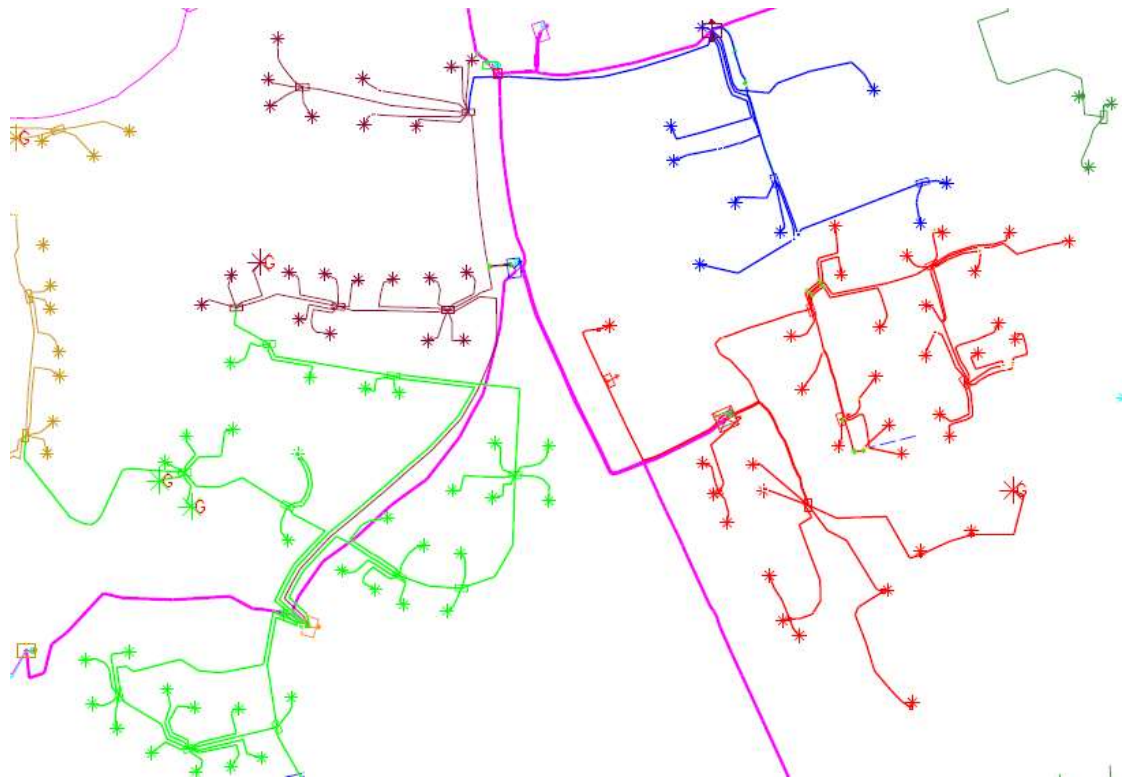
Kuviossa 2 on esitetty säteittäisverkon tyypillinen rakenne, jossa purppura väritys kuvaa keskijänniteverkkoa ja muilla väreillä kuvataan pienjänniteverkon muuntopiirejä.



Kuvio 2. Säteittäisverkon rakenne

Asemakaava-alueilla pienjännitejakoalueiden muuntopiirit ovat haja-asutusalueita selvästi fyysisesti pienempiä, mutta kuluttajia on huomattavasti enemmän muuntopiiriä kohden. Muuntopiirit ovat rakennettu jopa osaksi päällekkäin ja yhden muuntopiirin sisällä pienjänniteverkko voi olla rakennettu rengasmaisesti. Kahden säteittäisen muuntopiirin välillä on mahdollista rakentaa varasyöttöyhteys takaamaan varmentavan yhteyden huolto- ja vikatilanteita varten (Lakervi, Partanen. 2008, 162).

Kuviossa 3 on kuvattu rengasverkon rakennetta, jossa purppura väri kuvaa keskijänniteverkkoa, jolla yhdistetään muuntopiirien muuntamot rengasverkoksi. Pienjänniteverkon muuntopiirit ovat kuvattuna eri värein, jotka ovat rakennettu osittain renkaaseen mahdollistaen varasyöttöyhteyden muuntopiirien välillä.



Kuvio 3. Rengasverkon rakenne

3 Jakeluverkon komponentit

Jakeluverkon suunnittelussa on tunnettava verkon komponentit ja niiden valinnassa vaikuttavat olennaiset asiat, joita seuraavissa kappaleissa käsitellään.

3.1 Muuntamot

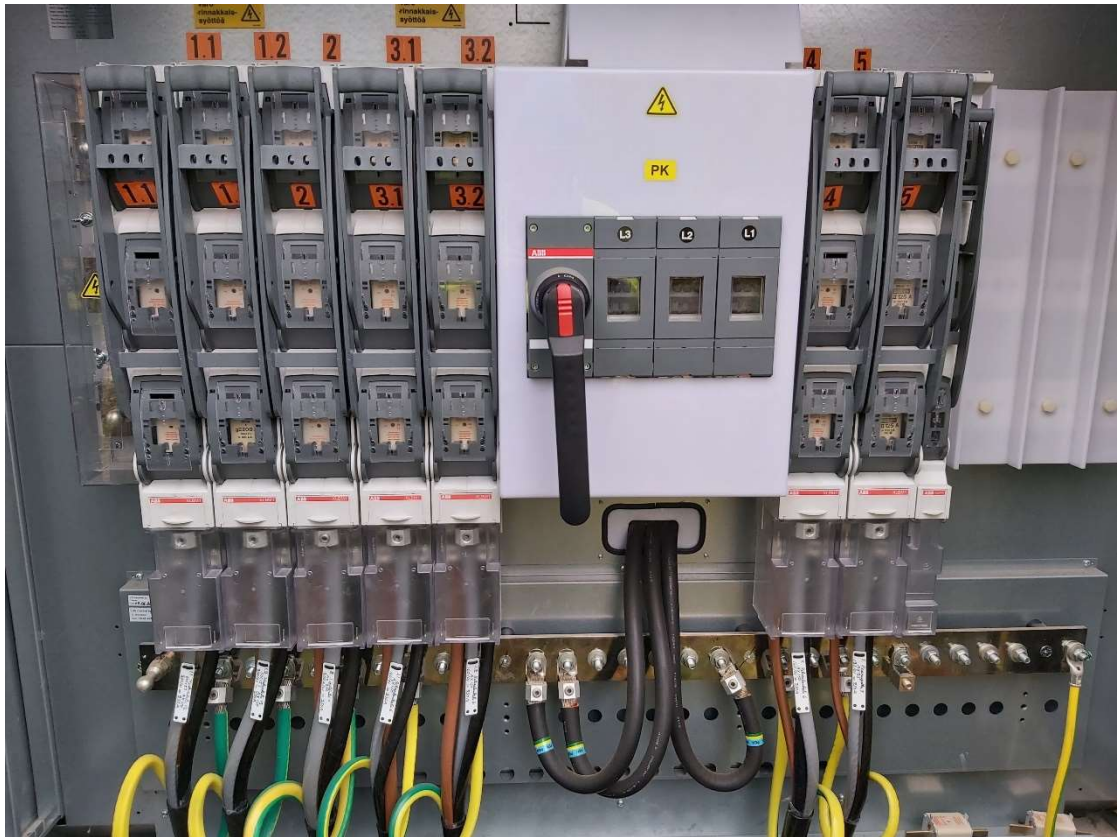
Muuntajat voivat olla asennettuna pylväisiin ja puistomuuntamoihin, kuten kuviossa 4 tai kiinteistöihin. Muuntamoiden kaapelointi riippuu käytetystä toteutustavasta. Keskijänniteilmajohdot tuodaan muuntajan kannelle kytkentäjohtoilla. Muuntajan ja ilmalinjan väliin asennetaan erotin, jolla muuntaja saadaan erotettua verkosta huolto- ja vikatilanteissa (Lakervi, Partanen. 2008, 157-158).



Kuvio 4. Pylväs- ja puistomuuntaja

Muuntajan pienjännitelähtöjen sijainti määräytyy muuntajan asennustavan mukaan. Pylväsmuuntamoissa pienjännitelähdöt ovat toteutettu pylväsvarokekytkimin, jotka asennetaan pylväisiin. Pylväsvarokekytkimiin tuodaan muuntajan kannen toisiopuolelta syöttökaapeli (Sähköverkon komponentit. N.d.). Vaihtoehtoinen sijainti pienjännitelähdöille on pylväsmuuntajan alapuolelle asennetussa jakokaapissa, johon muuntajakannen toisiopuolelta on kaapeloitu maakaapeli.

Puistomuuntamoiden sisällä on seinämin eroteltu keski- ja pienjännitepuoli sekä muuntajatila. Puistomuuntamon fyysinen koko määrittää suurimman sallitun muuntajan koon. Keskijännitemaakaapelit tuodaan keskijännitepuolella sijaitseviin kojeistoihin. Muuntajakone asennetaan omaan tilaansa, johon ensiöpuolen keskijännitekaapelit tuodaan kojeistosta esiasennetuilla kytkentäkaapeleilla. Muuntajan toisiopuolelta esiasennetut syöttökaapelit viedään pienjännitepuolella sijaitsevaan pienjännitekeskukseen (Kuvio 5). Syöttökaapelit kytketään keskuksen pääkytkimeen, joka toimii keskuksen ylivirtasuojana (Puistomuuntamot. N.d.).



Kuvio 5. Puistomuuntamon pienjännitekeskus

Kiinteistömuuntamoita käytetään teollisuudessa, kauppakeskuksissa ja kerrostoiloissa, ne sijaitsevat rakennuksen kellarissa sille erikseen varatussa tilassa. Muuntajan kannen ensiöpuolelle tuodaan keskijännitekaapelit rakennukseen tehdyssä johtokanavassa. Toisiopuolen pienjännitekaapelit kaapeloidaan erillisen pienjännitekeskuksen pääkytkimelle (Sähköverkon komponentit. N.d.).

3.2 Katkaisija

Katkaisijat ovat moottori-, paineilma- tai käsiohjattavia laitteita, joilla pystytään erottamaan kojeiston lähtö pois verkosta. Katkaisijoilla erottamisesta syntyvä valokaari saadaan ohjattua hallitusti perustuen katkaisijassa käytettävään eristinaineeseen. Eristysratkaisuja ovat SF6-kaasu-, tyhjiö-, öljy- sekä ilmatkaisijat. Katkaisijalla tehdään ensin kojeiston jännitteinen lähtö jännitteettömäksi, jonka jälkeen erottimella erotetaan kaapelit ja maadoitetaan lopuksi kojeisto maadoituserottimella (Electrical Circuit Breaker | Operation and Types of Circuit Breaker. 8.3.2020).

Katkaisijoiden ohjaus vikatilanteessa on toteutettu sähkö- ja kytkinasemilla suojaileilla, jotka mittaavat niihin ohjelmoituja asetusarvoja ja verkon vikaantuessa antavat katkaisijalle laukausignaalin tai hälytyksen. Relesuojauksen on toimittava selektiivisesti ja riittävän herkästi, jolloin vikatilanteessa mahdollisimman pieni osa verkkoa ohjataan jännitteettömäksi. Relesuojauksen tavoite on varmistaa käyttäjien ja sivulisten turvallisuus sekä vaurioiden minimointi (Älykäs sähköverkko kiinteistöissä. 2017).

3.3 Erottimet

Erottimia käytetään jakeluverkossa keskijännitepuolella. Erottimella pystytään ohjaamaan tietty osa verkkoa auki tai kiinni tilaan eli kytkemään irti tai liittämään verkko jännitteiseksi. Erottimella mahdollistetaan nähtävä avausväli jännitteisten osien välille. Erotin toimii täysin mekaanisesti eli ohjaus tapahtuu ihmisen tai motorisoidun etäohjauksen toimesta, etäohjattuja erottimia kutsutaan kaukokäyttö erottimiksi. Erottimilla ei ole katkaisu- tai sulkemiskykyä, jolloin vikatilanteessa erotin ei katkaisijan tavoin tee laukaisua tai kytkentää automaattisesti (ABB:n TTT-Käsikirja 2000-07. 2000.).

Katkaisupiiskaerotin

Katkaisupiiskaerottimet asennetaan pylväisiin ja niitä ohjataan pylvääseen asennettavalla käsiohjaimella. Katkaisupiiskaerotinta ohjattaessa erottimessa oleva liipaisin liukuu piiskaa pitkin säilyttäen virtatien mahdollisimman pitkään. Liipaisimen saavuttaessa piiskan pään erotinrakenteessa oleva jousi aukeaa erottaen virtatien. Katkaisupiiskaerottimella pystytään erottamaan 25 A kuorma keskijänniteverkon nimellisjännitteellä (Pylväserottimet. N.d.).

Kuormanerotin

Kuormanerotimella pystytään ohjaamaan verkon osa jännitteiseksi tai jännitteettömäksi sen nimellisviralla, tyypillisesti 630 A sekä johtamaan pieniä oikosulkuvirtoja. (ABB:n TTT-Käsikirja 2000-07. 2000.) Kuormanerotimia käytetään sähkö- ja kytkinasemien kojeistoissa sekä puistomuuntamoiden keskijännitepuolen kojeistoissa.

Varokekuormanerotin

Varokekuormanerotin on varustettu suurjännitesulakkein. Yhdenkin sulakkeen toiminta laukaisee kuormanerotin auki-ohjausmekanismin ja erottaa verkon osan. Laukaisu tapahtuu sulakkeen palaessa, jolloin sulakkeen yläosassa sijaitseva nasta ponnahtaa ylös, jonka seurauksena ohjausmekanismi toimii ja ohjaa erottimen auki tilaan. (ABB:n TTT-Käsikirja 2000-07. 2000.)

Maadoituserotin

Maadoituserotimella pystytään maadoittamaan tietty verkon osa ohjaamalla maadoituserotin kiinni, jolloin vaiheet oikosuljetaan ja yhdistetään maan potentiaaliin. Tällä tavalla mahdolliset oikosulkuvirrat ja virrat, jotka syntyvät johtimien varautumisesta ohjataan maahan. (ABB:n TTT-Käsikirja 2000-07. 2000.)

3.4 Jakokaappi

Jakokaapeissa, kuviossa 6, haaroitetaan ja toteutetaan sulakesuojaus pienjänniteverkon tarpeiden ja mitoituksen mukaan. Jakokaapeissa käytetty kiskostojärjestelmä määrittää kiskon suurimman sallitun nimellisvirran ja minkä tyyppisiä jonovarokeytkimiä sekä kiskoliittimiä jakokaappeihin voidaan asentaa. Valmistajat määrittävät myös voidaanko jakokaappeihin suorittaa kytkentöjä jännitetyönä. Jakokaappeja on saatavilla eri kokoisina, jolloin jakokaapin kokoluokkaa valittaessa on otettava huomioon jakokaappiin asennettavien komponenttien lukumäärä. Komponenteille on määritetty niiden varaama moduulin vakiomitta ja laskemalla komponenttien varaamien moduulien lukumäärä yhteen saadaan selville jakokaapin tilatarve (Kabeldon-pienjännitejakelujärjestelmät. 2020).



Kuvio 6. ABB MJS-jakokaappi (MJS-kaapelijakokaapit. N.d.)

3.5 Jonovarokeytkin

Kaapelit kytketään jakokaapeissa ja puistomuuntamoiden pienjännitekeskuksissa jonovarokeytkimiin tai jakokaapeissa suoraan vaihekiskoille kiskoliittimillä. Jonovarokeytkimillä, kuviossa 7, mahdollistetaan sulakesuojaus sekä näkyvä erotusväli huolto- ja vikatilanteissa. Jonovarokeytkimiä on saatavilla eri kokoisina riippuen siihen kytkettävän kaapelin poikkipinta-alasta ja virrasta. Yleisimmät käytetyt kokoluokat ovat 160 A, 250 A, 400 A ja 630 A. Jonovarokeytkimen kokoluokka määrittää myös siihen asennettavan kahvasulakkeen tai oikosulkuveitsen kokoluokan (MJS-kaapelijakokaapit. N.d.).



Kuvio 7. ABB ZLBM sarjan jonovarokeytkin (Inline II. N.d.)

Taulukossa 1 on esitetty ABB:n ZLBM sarjan jonovarokeytkinten mitoitus tiedot, jotka vaikuttavat käytetyn kytkimen valintaan.

Taulukko 1. ZLBM jonovarokeytkimen mitoitus tiedot (MJS-kaapelijakokaapit. N.d.)

Jonovarokeytkin	Mitoitusvirta	Kaapeli koko	Sulakekoko
ZLBM00	160 A	2.5-95 mm ²	NH00
ZLBM1	250 A	70-240 mm ²	NH1
ZLBM2	400 A	70-240 mm ²	NH2
ZLBM3	630 A	70-240 mm ²	NH3

3.6 Pylväsvarokeytin

Pylväsvarokeytimet asennetaan pylväisiin ja niitä käytetään pylväsmuuntamoiden lähtöinä sekä pienjännite ilmalinjojen sulakesuojauksessa. Pylväsvarokeytimillä mahdollistetaan sulakesuojaus sekä huolto- ja vikatilanteissa näkyvä erotusväli. Niitä on saatavilla eri kokoisina riippuen siihen kytkettävän kaapelin poikkipinta-alasta ja virrasta. Yleisimmät käytetyt kokoluokat ovat 160 A ja 400 A. Myös pylväsvarokeytimissä käytettävä kokoluokka määrittää siihen asennettavan kahvasulakkeen kokoluokan (Pylväskytkimet. N.d.).

3.7 Kahvasulakkeet

Sulakkeilla aikaan saadaan luotettava erotuskohta vika- ja huoltotilanteissa. Sulakkeen toiminta perustuu sulakkeessa olevaan metallilankaan, joka ylivirran aiheuttaman lämpiämisen seurauksena katkeaa ja aikaan saa avoimen virtapiirin. Sulake palaa ylivirran suuruuden ja sen kestoajan seurauksena (Sulakkeet. 2008.).

Sulakkeita on saatavilla eri käyttökohteisiin soveltuvuuden mukaan. Kahvasulakkeiden kirjaintunnuksilla kuvataan sulakkeen toimintaa. Jakeluverkossa käytetään gG-tyyppin kahvasulakkeita suurien kuormitus- ja oikosulkuvirtojen takia, sillä niillä voidaan toteuttaa ylikuormitus- ja vikasuojaus ja ne soveltuvat johdon suojaukseen. Kahvasulakkeita on 6 eri kokoa varokeykalojen nimellisvirtojen mukaan, jotka esitetty taulukossa 2 (Sulakkeet. 2008.).

Taulukko 2. gG-kahvasulakkeiden kokoja (Sulakkeet. 2008.)

Kahvasulakkeen koko	Sulakkeen mitoitusvirta-alue	Varokeytikimen nimellisvirta
00	6 ... 125 A	125 A
0	10 ... 160 A	160 A
1	10 ... 250 A	250 A
2	160 ... 400 A	400 A
3	315 ... 630 A	630 A
4	400 ... 800 A	1000 A

3.8 Maakaapelit

Jakeluverkon suunnittelussa olennainen osa on kaapelireittien ja komponenttien teknistaloudellinen suunnittelu ja mitoituksen laskenta siihen tarkoitettulla verkosto-ohjelmalla. Luodun suunnitelman pohjalta maastossa tarkastellaan reittien toteutettavuutta ja sovitaan kaapelien ja muiden komponenttien sijoittamisesta maa-alueiden omistavien tahojen kanssa. Seuraavissa kappaleissa käsitellään pienjänniteverkon maakaapelien asennuksen ja mitoituksen vaatimuksia.

3.8.1 Asennus

SFS-6000 osassa 8 määritellään vaatimukset suojauksesta ja asennuksesta maahan sijoitettaville kaapeleille. Maahan sijoitettavan kaapelin on oltava tyypiltään tarkoitukseen sopiva ja kaapelin vaipan on oltava mekaanisesti riittävän vahva. Soveltuvia kaapelityyppejä ovat esimerkiksi MCMK, AMCMK tai AXCMK, joissa kaikissa on maadoitettava konsentrisen kosketussuoja sekä AXMK, jossa ei ole konsentrista kosketussuojaa. Myös muita standardin HD 603 vaatimukset täyttäviä kaapeleita voidaan käyttää, mikäli kaapeli soveltuu Suomen asennusolosuhteisiin ja asennuksessa noudatetaan valmistajan antamia ohjeita (SFS-6000-8-814:2017, 5.).

Kaapeleita asentaessa tulee ottaa huomioon valmistajan antamat ohjeet kaapelien vetovoiman kestoisuudesta, taivutussäteistä ja käsittelylämpötiloista sekä muista mahdollisista valmistajan antamista ohjeista. Standardissa SFS 6000-5 52 on esitetty korjauskerrointaulukot kaapelin kuormitettavuuteen vaikuttavista tekijöistä asennuk-

sessä kuten rinnakkaisten kaapelien lukumäärä, asennustapa ja ympäristön lämpötila. Mikäli asennus poikkeaa suunnittelussa käytetyistä korjausarvoista, on kaapelin kuormitettavuus tarkastettava uudelleen (SFS-6000-8-814:2017, 5-6).

Asentaessa kaapelia maahan täytyy kaapeliojan olla sellainen, ettei kaapeli vaurioidu terävistä tai isoista kivistä. Kaapeli peitetään hienojakoisella suojahiekalla tai suojataan suojaputkella tai -kourulla. Kaapelien asennussyvyys suositus on kaikille kaapelityypeille 70cm maanpinnasta kaapeliojan pohjaan. Konsentrisen kosketussuojan omaavia kaapeleita voidaan asennuksen suorittajan ja kaapelin haltijan harkinnan mukaan asentaa lähemmäs maanpintaa, kuitenkin niin, että asennussyvyden ollessa alle 30cm tulee kaapeli aina suojata mekaanisesti. Kaapeleita, joissa ei ole konsentrista kosketussuojaa tulee aina suojata taulukossa 3 esitetysti. Kaapeli tarkastetaan ennen kaapeliojan peittoa silmämääräisesti ja ennen käyttöönottoa kaapelin eristysresistanssi mitataan, jolloin varmistutaan kaapelin eheydestä. Kaapeliojaan suositellaan asentaa varoitusnauha vähintään 20cm kaapelin yläpuolelle kertomaan kaapelin sijainnista (SFS-6000-8-814:2017, 7.).

Taulukko 3. Ilman konsentrista kosketussuojaa olevan maakaapelin suojaus eri asennussyvyyksillä (SFS 6000-8-814:2017, 7)

Kaapelin tai suojaputken asennussyvyys h	Standardin SFS-EN 50626-1 mukaisen iskun- ja puristuskestävyyden mukaan	Standardin SFS-EN 50520 mukaisen iskunkestävyyden mukaan
$h \geq 0,7\text{m}$	Varoitusnauha	Varoitusnauha
$0,5\text{m} < h < 0,7\text{m}$	L 450	Suojalevy, -kouru tai -nauha
$0,3\text{m} \leq h \leq 0,5\text{m}$ piha- ja puistoalueet	N 750	Suojalevy, -kouru tai -nauha
$0,3\text{m} \leq h \leq 0,5\text{m}$ muut alueet	N 450	Suojalevy, -kouru tai -nauha

3.8.2 Mitoitus

Maakaapelit tulee vikasuojata syötön automaattisella poiskytkennällä sijoittamalla ylivirtasuojaus kaapelin syötön puoleiseen päähän, jolla mahdollistetaan oikosulun poiskytkentä. Standardissa SFS 6000-4-41 on määritelty poiskytkentä ajaksi 5 s, mutta maakaapelien asennustavan takia jakeluverkon runkojohdoille voidaan jakelu-

verkon haltijan harkinnan mukaan sallia pidempi poiskytkentä aika. Suojaukseen va-
littavan sulakkeen on täytettävä runkojohdoilla taulukon 4 vaatimukset pienimmälle
yksivaiheiselle oikosulkuvirrälle. Liittymisjohtojen vikasuojauksen tulee täyttää 5 s
poiskytkentä aika. (SFS-6000-8-801:2017, 6-7).

Taulukko 4. Pienin oikosulkuvirta, jonka mukaan jakeluverkon vikasuojaukseen
käytetty ylivirtasuojaja voidaan mitoittaa (SFS-6000-8-801:2017, 7)

Ylivirtasuojaja gG-typin sulake	Pienin yksivaiheinen oiko- sulkuvirta jakeluverkossa
$I_N \leq 63 \text{ A}$	$2,5 \times I_N$
$I_N > 63 \text{ A}$	$3,0 \times I_N$

Maakaapelit asennetaan tyypillisesti palonkestävästi, jolloin ylikuormitussuojausta ei
standardissa vaadita, mutta se on silti suositeltavaa tarkistaa. Kaapelin kuormitetta-
vuuden tarkastamisella vältytään ylikuormittamasta kaapelia, jonka seurauksena kaa-
pelin käyttöikä lyhenee ja lämpenevä kaapeli voi aiheuttaa kaapelivaurion. Mikäli
maakaapeli ei ole asennettu koko matkalta palonkestävästi täytyy se olla ylikuormi-
tussuojattu. Kaapelien kuormitettavuudet ovat saatavilla kaapelivalmistajien taulu-
koista. Kaapelin kuormitettavuuteen vaikuttaa kaapelin poikkipinta-ala, asennustapa
ja asennustavasta riippuvaiset seikat kuten ympäristön lämpötila, asennussyvyys ja
maan lämpöresistiivisyys sekä rinnalla kulkevien kaapelien lukumäärä (SFS-6000-8-
801:2017, 8). Kaapelin kuormitettavuus lasketaan yhtälöllä 3.

$$I_Z = I_{Zp} \cdot k_1 \cdot k_2 \dots \cdot k_x \quad (3)$$

jossa,

I_Z = kaapelin todellinen kuormitettavuus (A)

I_{Zp} = peruskuormitettavuus (A)

$k_{1\dots x}$ = asennusolosuhteista riippuvat korjauskertoimet (SFS 6000-5-52)

AMKA ilmajohtojen mitoituksessa täytyy ottaa huomioon myös ylikuormitussuojaus.
Kuormitettavuudet on esitetty taulukossa 5, jossa on esitetty yleisimmin käytössä

olevat ilmajohtolajit. Mitoituksessa on käytettävä todellista kuormitettavuutta, jota ei saa ylittää (SFS 6000-8-801:2017, 8.).

Taulukko 5. AMKA riippukierrekaapelin kuormitettavuus ampeereina vapaasti ilmassa. PE-eristeiset alumiinijohtimet, johtimen lämpötila +70°C, ympäristön lämpötila 25°C (SFS-6000-8-801:2017, muokattu)

Johtimen nimellinen poikkipinta (mm ²)	Kuormitettavuus vapaasti ilmassa (A)
1x16+25	75
3x16x35	70
3x25+35	95
3x35+50	115
3x50+70	140
3x70+95	180
3x120+95	250

Kaapelin mitoituksessa on kiinnitettävä huomiota jännitteenalenemaan. Jännitteenalenemalla tarkoitetaan kaapelin alku- ja loppupään jännitteiden välistä erotusta. Siihen vaikuttaa merkittävästi kaapelin poikkipinta, pituus ja kaapelissa siirrettävä teho. Kuluttajan liittymispisteessä jännitteenalenema muodostuu jakelumuuntajaa edeltävästä keskijännite johto-osuudesta, jakelumuuntajasta sekä sen ja käyttöpaikan välisestä johto-osuudesta (Lakervi, Partanen. 2008, 38).

Standardissa on määritelty sallituksi jännitetason vaihteluksi verkon normaaleissa käyttöolosuhteissa $\pm 10\%$. Pienjänniteverkon nimellisjännitteen ollessa 230 V tämä tarkoittaa sitä, että jännitetaso saa vaihdella välillä 207 – 253 V. Jännitetason äkilliset vaihtelut aiheutuvat tyypillisesti jakeluverkon häiriötilanteista sääolosuhteiden, kolmansien osapuolten tai vian seurauksena sekä verkon osien erottamisesta ja jälleen kytkennästä. Jatkuva jännitetason poikkeama nimellisjännitteestä aiheutuu kaapelien kuormituksessa tapahtuvasta jännitteenalenemasta (SFS-EN 50160:2010+A1:2015+A2:2019+A3:2019, 14-15).

Verkkoyhtiöillä on määritetty kuluttajan pääkeskuksella sallitulle jännitteenalennemalle standardia tiukemmat jännitteenalenneman arvot, jotka riippuvat kuluttajaa edeltävän verkon rakenteesta ja kunnosta.

Jännitteenalennema voidaan laskea SFS 6000-5-52 liitteen 52G mukaisella yhtälöllä 5.

$$u = b\left(\rho_1 \frac{L}{S} \cos\varphi + \lambda L \sin\varphi\right) I_B \quad (5)$$

jossa,

u = absoluuttinen jännitteenalennema (V)

b = kerroin (3-v piirit 1) (1-v piirit 2)

ρ_1 = johtimen resistiivisyys

L = johtojärjestelmän pituus (m)

S = johtimen poikkipinta (mm²)

$\cos\varphi, \sin\varphi$ = tehokerroin

λ = johtimen reaktanssi mΩ/m

I_B = suunniteltu virta

Prosentuaalinen jännitteenalennema saadaan laskettua yhtälöllä 6.

$$\Delta u = 100 \frac{u}{U_0}$$

jossa,

Δu = prosentuaalinen jännitteenalennema

u = absoluuttinen jännitteenalennema (V)

U_0 = vaihejännite (V)

3.9 Liittymisjohto

Liittymisjohdoksi kutsutaan kuluttajan omistamaa osuutta sähköliittymää syöttävästä syöttökaapelista, joka on verkkoa syöttävän runkokaapelin yksittäinen haara. Verkkoyhtiö määrittää liittämiskohdan tapauskohtaisesti. Liittämiskohdasta kaapelin omistussuhde vaihtuu verkkoyhtiöltä kuluttajalle. Verkkoyhtiö määrittää myös liittymis-

johdon mitoituksessa käytettävän kaapelin poikkipinnan. Kuluttajan hankkiessa liittymisjohdon verkkoyhtiöltä sisältyy toimitukseen ainoastaan kaapeli. Kuluttajan sähköurakoitsija vastaa kaapelin kaivuutyöstä, mahdollisista kaapelin suojaustarpeista sekä tarvittavista kiinnikkeistä. Liittymisjohto kaapeloidaan liittämiskohdasta kuluttajan sähköpääkeskukseen, jossa sijaitsee liittymän pääsulakkeet ja verkkoyhtiön omistama sähkömittari (Tietoa sähköverkkoon liittymisestä. N.d.).

SFS 6000-8-801 on määritelty jakeluverkon maadoituksista siten, että jakeluverkossa täytyy olla maadoitus enintään 200 metrin päässä johtohaaran loppu päästä. Käytännössä tämä määrittää suurimmaksi sallituksi liittymisjohdon pituudeksi 200 metriä, sillä verkkoyhtiöt eivät ota huomioon kuluttajan omia maadoituselektrodeja.

Liittymisjohdon lopussa syntyvän yksivaiheisen oikosulun poiskytkennän eli vikasuojauksen tapahtuessa enintään 5 sekunnissa riittää liittymisjohdon ylikuormitussuojaksi liittymän pääsulakkeet ja oikosulkusuojauksena toimii liittymää edeltävän pienjänniteverkon sulakesuojaus. (Lakervi, Partanen. 2008, 204).

3.10 Pienjänniteverkon maadoitus

Maadoittamisen tarkoitus on saada aikaan johtava yhteys maahan, jonka avulla saavutetaan sähköasennuksen käyttötarkoituksen mukaan turvallisuutta ja toimintaa koskevat vaatimukset. Maadoitus johtaa häiriö- tai vikatilanteessa muodostuvat virrat maahan sekä aikaan saa tasapotentiaalinen sähköä johtavien osien ja maan välillä estäen vaarallisten kosketusjännitteiden syntyminen (SFS-6000-5-54:2017, 7).

Jakeluverkossa pienjännite puolella käytetään TN-järjestelmän mukaista maadoitustapaa TN-C, jossa jakeluverkon tähtipiste yhdistetään suoraan maahan ja nolla- ja suojajohtimena käytetään samaa johdinta (PEN). Samaan tähtipisteeseen yhdistetään myös potentiaalintasausta varten jännitteelle alttiit osat. TN-C-järjestelmä mahdollistaa yksinkertaisen suojauksen yksivaiheisessa oikosulussa, jolloin suojaus voidaan toteuttaa käyttämällä sulakkeita tai katkaisijoita (ST 53.21. 2012, 4).

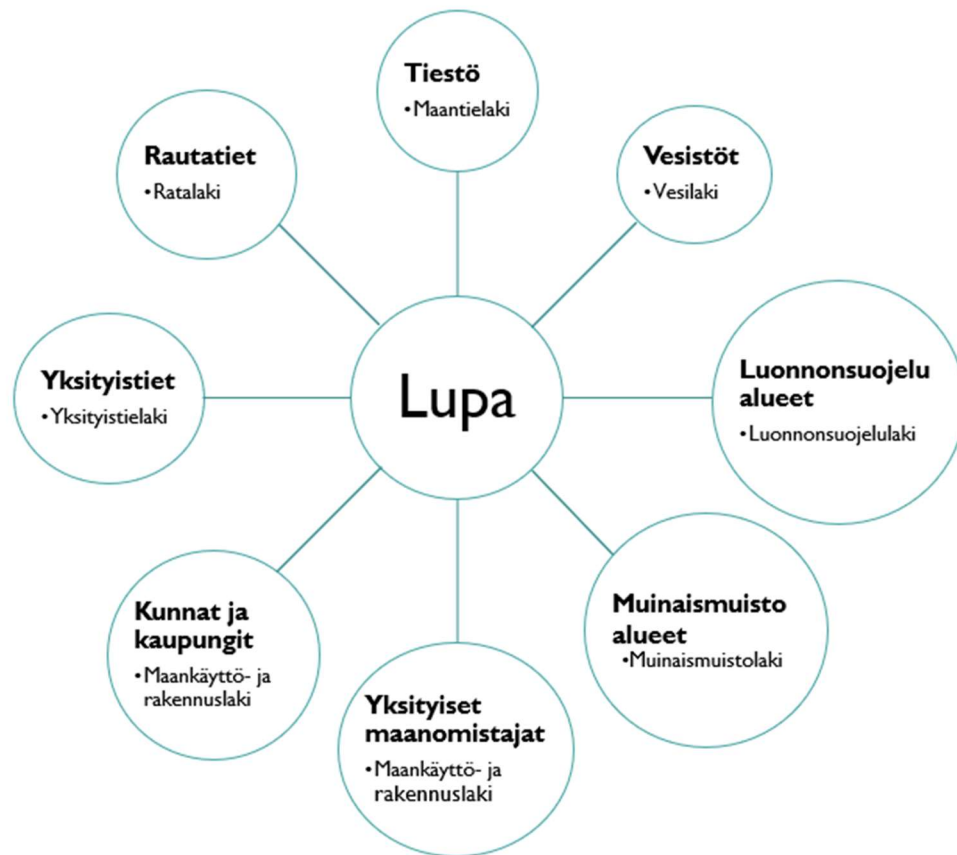
TN-C järjestelmän haittapuolena on PEN-johtimen katkeamisen seurauksena syntyvä vaaratilanne, jossa kuluttajan suojamaadoitetun laitteen koteloon pääsee syntymään kosketusjännite. Kosketusjännite muodostuu kuluttajan sähköpääkeskuksella eriytetyn nolla- ja suojajohtimen ja laitteen sisäisen impedanssin seurauksena (Sähköturvallisuus. N.d.). Edelle kuvattua tilannetta kutsutaan nollaviaksi ja se syntyy yleisimmin pienjännite ilmajohdoissa käytetyn nollajohtimen katketessa.

4 Sijoittamiseen vaikuttavat luvat ja lait

Suunnittelussa usein ajallisesti pisin vaihe on suunnitellun jakeluverkon kaapeloinnin ja komponenttien sijoituslupien solmiminen maa-alueiden omistajien kanssa. Lupienhakuprosessiin vaikuttaa olennaisesti hanketta koskevien yksityisten maanomistajien määrä sekä viranomaistahoilta haettavien sijoituslupien lupamuoto. Suunnittelun alussa selvitetään hanketta koskevien maa-alueiden omistussuhteet ja käynnistetään sijoituslupien hakuprosessi. Suunnittelijan on tunnettava eri maanomistussuhteissa sijoittamisen taustalla vaikuttavat lait ja käytettävät sopimusmuodot, joita käsitellään tässä luvussa.

Sijoittaessa sähköverkon komponentteja tarvitaan aina kyseisen maa-alueen omistajan lupa sijoittamiseen. Lupamenettelyt riippuvat maa-alueen omistajasta ja tyypistä. Kuviossa 8 on esitetty omistusalueita ja niiden taustalla vaikuttava lainsäädäntö. Sijoittamisesta pyritään sopimaan ensisijaisesti sopimusteitse maa-alueen omistajan kanssa laatimalla kirjallisen sopimuksen maa-alueelle sijoitettavista kaapeleista ja

muista laitteista. (Maankäytössä pyritään minimoimaan haitat maanomistajalle. N.d.).



Kuvio 8. Lupamenettelyyn vaikuttavat omistusalueet ja lainsäädäntö (Maankäytössä pyritään minimoimaan haitat maanomistajalle. N.d. muokattu)

Kirjallinen sopimus tai lupa vaaditaan aina, kun maahan kaivetaan uusia rakenteita. Rakenteisiin luetaan kaapelit, putket, jako- ja haaroituskaapit, muuntamot sekä pylvää ja harukset. Myös tapauksissa, jossa olemassa olevaa ilmalinjaa vahvistetaan lisäämällä pylväisiin rinnakkainen johto, vaaditaan kirjallinen lupa, mikäli ilmalinjan johtokatua täytyy raivata tai rakenne vaatii uusia haruksia (Salmela 2020.).

4.1 Sähkömarkkinalaki

Sähkömarkkinalain (SML 588/2013) 19 § veloitetaan verkonhaltijaa käyttämään, ylläpitämään ja kehittämään omistamansa verkon laatua ja sen luotettavuutta myös

häiriötilanteissa ja poikkeusoloissa sekä verkkoon kohdistuvissa ilmastollisissa ja mekaanisissa tilanteissa (L. 9.8.2013/588).

Sähkömarkkinalaissa on määritelty laatuvaatimukset, jotka verkonhaltijan on täytettävä annettuihin päivämääriin mennessä.

SML 588/2013 51 § määrittää jakeluverkon laatuvaatimuksista seuraavanlaisesti:

1) verkko täyttää järjestelmävastaavan kantaverkonhaltijan asettamat verkon käyttövarmuutta ja luotettavuutta koskevat vaatimukset;

2) jakeluverkon vioittuminen myrskyn tai lumikuorman seurauksena ei aiheuta asemakaava-alueella verkon käyttäjälle yli 6 tuntia kestävää sähkönjakelun keskeytystä;

3) jakeluverkon vioittuminen myrskyn tai lumikuorman seurauksena ei aiheuta muulla kuin 2 kohdassa tarkoitettulla alueella verkon käyttäjälle yli 36 tuntia kestävää sähkönjakelun keskeytystä.

Jakeluverkonhaltija voi määrittää käyttöpaikkaan sovellettavan tavoitetaso 1 momentin 3 kohdasta poiketen paikallisten olosuhteiden mukaisesti, jos:

1) käyttöpaikka sijaitsee saarella, johon ei ole siltaa tai vastaavaa muuta kiinteää yhteyttä taikka säännöllisesti liikennöitävää maantielauttayhteyttä; tai

2) käyttöpaikan vuotuinen sähkönkulutus on ollut kolmen edellisen kalenterivuoden aikana enintään 2 500 kilowattituntia ja 1 momentin 3 kohdan vaatimuksen täyttämisen edellyttämien investointien kustannukset olisivat käyttöpaikan osalta poikkeuksellisen suuret sen muista käyttöpaikoista etäisen sijainnin vuoksi. (Sähkömarkkinalaki 588/2013, 51§.)

Sähkömarkkinalain 119 § veloitetaan täyttämään yllä esitetyt laatuvaatimukset toimintavarmuuden parantamiseksi portaittain siten, että jakeluverkon käyttäjistä pois lukien vapaa-ajan asunnot 50% vaatimukset toteutuivat 31.12.2019, 75% 31.12.2023 ja 100% 31.12.2028 mennessä. (L. 9.8.2013/588).

Sähkömarkkinalain velvoittama toimintavarmuuden kehitys on käynnistänyt verkonhaltijoilla laajoja maakaapelointi hankkeita sekä keskijännite ilmalinjojen siirtoja

maanteiden varsille. Hankkeiden toteutusta edeltää aina suunnitteluvaihe ja siihen kuuluva sijoituslupien hakuprosessi.

4.2 Maankäyttö- ja rakennuslaki

Maankäyttö – ja rakennuslain 161 § velvoittaa yksityisen maanomistajan- tai haltijan sallimaan kaapeleiden ja niihin liittyvän laitteiston sijoituksen omistamalleen maa-alueelle sekä kuntien ja kaupunkien omistamilleen yleisille katu- ja maa-alueille, mikäli sijoittamiselle ei ole vaihtoehtoisia tapoja tai vaihtoehtoiset sijoitustavat aiheuttavat kohtuuttomia kustannuksia. Sijoittaminen on tapahduttava kuitenkin niin, ettei siitä aiheudu tarpeetonta haittaa eikä sijoittaminen vaikeuta alueen kaavoitusta (L. 5.2.1999/132.).

Sijoittaessa kaapeleita ja muita verkon komponentteja yksityisen maanomistajan omistamalle maalle solmitaan kirjallinen sopimus käyttäen verkkoyhtiön valmista sopimus pohjaa. Sopimuksen täytyy olla yksiselitteinen ja molempien sopijaosapuolten välillä on oltava yhteisymmärrys siitä mitä toimenpiteitä hankkeessa tullaan tekemään. Sijoittamispäätösten hakeminen rakennuslautakunnasta on todella harvinaista ja yleensä suunniteltua kaapelointireittiä muuttamalla pystytään välttämään sijoituspäätösten haku (Salmela. 2020).

Sijoitettaessa kaapeleita ja niihin liittyvää laitteistoa kuntien tai kaupunkien omistamille katu- ja yleisille alueille tulee kyseiseltä kunnalta tai kaupungilta hakea katu- ja sijoituslupaa. Tällä tavoin kunta tai kaupunki pystyy valvomaan omistamillaan alueilla tehtäviä töitä ja antamaan määräyksiä, jolla vähentää haittoja liikenteen sujuvuudelle, turvallisuudelle ja olemassa oleville maanalaisille rakenteille (Katu- /sijoituslupa. N.d.).

Sijoittaessa muuntamoita kunnan tai kaupungin omistamalle yleiselle maa-alueelle tai yksityisen maanomistajan omistamalle maa-alueelle täytyy kyseiseltä kunnalta hakea sijoittamiseen toimenpidelupaa. Käytäntö voi vaihdella myös kunta kohtaisesti, jol-

loin tietyissä tapauksissa riittää ilmoitusmenettely. Toimenpideluvan ja ilmoitusmenettelyn hakeminen edellyttää, että yksityisen maanomistajan kanssa on sijoittamisesta tehty kirjallinen sopimus ennen luvan hakemista (L. 5.2.1999/132.).

4.3 Maantielaki

Maantielaki määrittelee maanteiksi sellaiset tiet, jotka ovat Väylän hallinnoimia yleisiä teitä. Maantiet voidaan jakaa valta-, kanta-, seutu- tai yhdysteiksi riippuen liikenteen merkityksestä. Maantien tiealueeseen luetaan mukaan mahdolliset kevyenliikenteenväylät, levähdyspaikat ja muut levikkeet. Tiealueen lisäksi maanteilla on aina maantien tyyppin mukaan suoja-alue, joka ylittää tiealueen rajalta 20 – 50 metriin. Suoja-alueelle sijoitettavien rakenteiden, kuten puistomuuntamon sijoittamiselle vaaditaan erillinen perusteltu poikkeuslupa (L. 23.6.2005/503).

Maantielain 42 § velvoittaa kaapeleiden ja niihin liittyvän laitteiston sijoituksesta haettavan lupaa tienpidonviranomaiselta, kun sähköverkon komponentteja sijoitetaan tienpitoviranomaisen hallinnoimalle tiealueelle. Tällaisia alueita ovat kaikki yleiset tiet (Määräys johtojen ja rakenteiden sijoittamisesta maantien tiealueelle. 2018.).

Sijoittamisessa on huomioitava, ettei siitä aiheudu haittaa tiestön ylläpidolle. Lupaa haettaessa on otettava huomioon myös tulevat tiehankkeet ja yhteisrakentamisperiaatteet, mikäli useamman johdonhaltijan on tarkoitus sijoittaa kaapeleita samalla alueella. Kaapelit tulee lähtökohtaisesti sijoittaa samalle puolen tietä ja välttää tien molemmin puolinen sijoittaminen. Verkonhaltija on myös velvollinen siirtämään tiealueelle sijoitettuja laitteita, mikäli ne haittaavat tiestön ylläpitoa (Määräys johtojen ja rakenteiden sijoittamisesta maantien tiealueelle. 2018.).

Sijoituslupia haetaan Pirkanmaan ELY-keskukselta, jossa käsitellään kootusti koko Suomen hakemukset. ELY-keskukselta palautuva lupapäätös sisältää luvan sijoittamiselle, työskentelylle tiealueella sekä luvan nopeusrajoituksen alentamiseen, jos työskentely tiealueella edellyttää sitä (Sijoituslupa, sähkö, tele, kaukolämpö ja maakaasu. N.d.).

4.4 Yksityistielaki

Yksityistielaisissa yksityistie määritellään tieksi, joka palvelee kulkuyhteytenä kiinteistölle, joka ei sijaitse yleisen tien varrella. Yksitystien asioista päättää tiekunnan toimitsija tai hoitokunta, jos tiekuntaa ei ole perustettu päättävät yksityistien osakkaat yhdessä. Yksitysteillä on sen maanteiden tapaan määritetty tiealue, jos tiealue ei ole tiedossa voidaan sen katsoa olevan maastossa fyysisesti tienkäyttöön tarkoitettua aluetta, josta osapuolet ovat samaa mieltä (L. 13.7.2018/560.).

Yksitystielain 30 § velvoittaa kaapeleiden ja niihin liittyvän laitteiston sijoituksen sallimisen yksityistien tiealueelle. Sijoittamisesta sovitaan tiekunnan toimitsijan tai hoitokunnan kanssa. Toimitsijan tai hoitokunnan tehtävänä on tiedottaa tieosakkaita sijoittamisesta tiekunnassa sovitulla menetelmällä. Jos yksityistielle ei ole perustettu tiekuntaa sijoituksesta sovitaan yksityistien osakkaiden kanssa yhteisesti (L.13.7.2018/560.).

4.5 Ratalaki

Ratalaissa on määritelty rata-alueelle sijoitettavien kaapeleiden ja niihin liittyvän laitteiston sijoituksen luvanvaraisuudesta. Sijoituslupa täytyy hakea rataverkon haltijalta eli Väylävirastolta tai yksityisraiteen haltijalta. Haltija voi sallia sijoittamisen, mikäli se ei aiheuta vaaraa liikenteelle eikä haittaa rautatien ylläpitoa. Verkkoyhtiö on myös velvollinen poistamaan tai siirtämään kaapelit sekä niihin liittyvän laitteiston rata-alueelta, mikäli ne haittaavat rautatien ylläpitoa tai aiheuttavat vaaraa liikenteelle (L. 2.2.2007/110.).

Rautateillä on myös määritelty näkemä- ja suoja-alue samoin kuin maanteille. Suoja-alue on 30 – 50 metriä radan keskilinjasta, ellei sitä ole erikseen kavennettu. Näkemäalueella tarkoitetaan aluetta tasoristeyksessä, josta on näköyhteys radalle. Suoja- ja näkemäalueelle rakentaminen vaatii aina Väyläviraston poikkeusluvan (L. 2.2.2007/110.).

4.6 Vesilaki

Vesilaki määrittää vesistöihin ja pohjavesiin vaikuttavien toimenpiteiden luvanvaraisuuden. Vesilaki velvoittaa vesiluvan hakemiseen kaapelin sijoittamisesta vesistöön Aluehallintoviranomaiselta, jos hanke täyttää vesiluvan edellyttämät seikat. Mikäli kaapeli alittaa vesistössä esimerkiksi yleisen kulkuväylän on aina haettava vesilupaa. ELY-keskukselta voidaan pyytää lausuntoa vesiluvan tarpeesta epäselvissä tapauksissa (Vesilupa. 29.7.2013).

4.7 Luonnonsuojelulaki

Luonnonsuojelulaille pyritään säilyttämään luonnon monimuotoisuus, maisema-arvo sekä ympäristön kestävä käyttö. Sijoittaessa kaapeleita ja muita verkon komponentteja luonnonsuojelualueelle on haettava ELY-keskukselta poikkeamislupaa luonnonsuojelualueiden rauhoitusmääräyksistä poikkeamiseen. ELY-keskus voi myöntää luvan, mikäli sijoittaminen ei vaaranna huomattavasti suojellun luontotyyppin suojelutavoitteita tai suojele aiheuttaa yleisen edun kannalta suurta haittaa (L.20.12.1996/1096).

Luonnonsuojelulain 27 § mukaan ELY-keskus pystyy lakkauttamaan tai lieventämään suojelua yksityisen omistamalla maa-alueella, jos suojelualueen luontoarvot katsotaan vähentyneen, esimerkiksi tapauksissa, joissa luonnonsuojelualueen rajausta on tehty kiinteistökohtaisesti (L.20.12.1996/1096).

4.8 Muinaismuistolaki

Muinaismuistolain tarkoituksena on valvoa kiinteiden muinaisjäännösten säilymistä luonnossa. Kiinteisiin muinaisjäännöksiin luetaan erilaisia maastossa esiintyviä muodostumia kuten ihmisten tekemät kivimuodostelmat ja asuinjäännökset. Kiinteisiin muinaisjäännöksiin ei saa muinaismuistolain nojalla aiheuttaa minkäänlaista haittaa eikä niihin saa kajota ilman lupaa, tämä koskee myös toimia muinaisjäännöksen välittömässä läheisyydessä (L.17.6.1963/295).

Kajoamislupaa haetaan Museovirastolta. Museovirasto voi myöntää kajoamisluvan muinaismuistolain nojalla, mikäli muinaisjäännöksen säilyttäminen koskemattomana aiheuttaa sijoittamiselle muinaisjäännöksen merkitykseen nähden kohtuutonta haittaa. Mikäli sijoittamiselle on myönnetty jonkun muun lain nojalla sijoituslupa, edellytetään silti kajoamislupaa (Kajoamisluvan hakeminen. N.d).

4.9 Sähköinen asiointi

Viime vuosien aikana moni viranomainen kuten Elinkeino, liikenne- ja ympäristökeskus, Aluehallintovirasto ja kunnat ovat sähköistäneet asiointipalveluitaan, joiden kautta sijoituslupahakemuksia tehdään. Tämä muutos on sujuvoittanut ja nopeuttanut hakemusten luomis- käsittely- ja palautusaikoja. Palveluihin kehitetyillä työkaluilla hakemuksiin tarvittavien tietojen kerääminen on helpottunut ja käytettävä aineisto yhtenäistynyt (Salmela 2020.). Lisäksi sähköisen palvelun myötä hakuprosessiin on tullut parannus viranomaisten ja hakijan väliselle vuorovaikutukselle palvelujen tarjoaman viestinnän ansiosta, jolloin täydennettävät tiedot ja kysymykset saadaan toimitettua joustavasti. (Uusitalo 2020.)

5 Ohjeistuksen laatiminen

Aloin kartoittamaan lähtökohtia ohjeistukselle lähettämällä sähköpostitse kysymyksiä suunnittelijoille. Kysymysten avulla pystyin selvittämään nykyisiä puutteita, ongelmakohtia ja parannusehdotuksia suunnitteluprosessissa. Kysymykset lähetettyä useampi suunnittelija soitti vastatakseen kysymyksiin ja keskustelu eteni vapaaksi keskusteluksi ohjeistuksesta, suunnittelusta sekä opinnäytetyön aiheesta. Kirjoitin keskusteluista itselleni muistiin aiheita, joiden käsittelyä ohjeistuksessa pohdin yhdessä ohjaajan kanssa. Suunnittelijat kokivat yleisesti ohjeistuksen tervetulleeksi ja esille nousi mahdollisuus uusiin näkökulmiin sekä toimintatapoihin, kun suunnitteluprosessia kuvataan kirjallisena.

Ohjeistusta laatiessa peilasin omakohtaisia kokemuksia tarpeista ja kysymyksistä mitä aloittelevalle suunnittelijalle nousee esiin. Koen, että tämä auttoi myös ohjeistuksen laatimisessa sillä olin itse havainnoinut tällä tavalla toimeksiannon lähtötilannetta.

Ohjeistuksen kirjoittamisesta pidettiin keskimäärin kahden viikon välein seurantapa-lavereja, joissa ohjaajan kanssa keskustelimme haastatteluihin valittavista suunnitte-lijoi-ista, haastatteluissa esiin nousseista asioista ja ohjeistuksen sisällöstä.

Tarve kentälle lähetettävien suunnitelmien yhtenäistämistä nousi esiin kesäloma-kaudella sijaistuksien yhteydessä. Eri toimipisteiden sisällä vakituisesti työskentelevät henkilöt ovat omaksuneet toimipisteellä käytössä olevat esitystavat suunnitelmien sisällössä, mutta esimerkiksi sijaistustilanteissa eroavaisuudet voivat aiheuttaa se-kaannuksia. Yhteneväinen sisältö helpottaa suunnitelmien tulkitsemista ja tuo ajal-lista säästöä niin asentajien, suunnittelijoiden, työnjohdon kuin dokumentoinnin työ-vaiheissa. Ohjeistuksen lisäksi laadin esimerkkimallipohjan, jota voidaan hyödyntää esimerkkinä suunnitelman selkeästä ja yhtenevästä sisällöstä. Mallipohjassa on tuotu esille tiedot mitä suunnitelman tulee pitää sisällään, jotta suunnitelmista saadaan yh-teneväisiä sekä suunnitelmissa olennaisesti vaikuttavat huomiot, jotka auttavat hah-mottamaan kentällä työn läpi vientiä.

6 Tuloksien arviointi

Opinnäytetyön tarkoituksena oli luoda ohjeistus toimeksiantajan suunnittelijoiden käyttöön, johon on koottu hajallaan olevaa tietoa ja jonka liitteeksi tehdyn mallipohja esimerkin avulla yhtenäistää kentälle jaettavien suunnitelmien sisältöä. Ohjeistus toi-mii myös osana uuden suunnittelijan perehdytysprosessissa.

Ohjeistuksessa käydään läpi uuden suunnittelijan tarvitsemat tunnukset ja valtuudet käytössä oleviin järjestelmiin, esitellään yleisesti käytössä olevat ohjelmat ja laitteet sekä kerrotaan tärkeimmät mitoitusperusteet, ohjeistuksen sisällysluettelo on esi-

tetty liitteessä 1. Ohjeistukseen on koottu myös viranomaisilta ja yksityisiltä maanomistajilta haettavien lupien ja sopimusten hakuprosessit sekä esitelty suunnittelu-prosessin vaiheet ja eri vaiheissa huomioon otettavat asiat ja toimet.

Ohjeistukseen koottavaa tietoa oli saatavilla useista eri lähteistä, mikä hankaloitti tiedon keräämistä ja arviointia siitä mitä ohjeistukseen oli järkevää sisällyttää. Arvioin lähteiden luotettavuutta ja tarkastin tiedon laatua vertaamalla lähteitä ristiin. Tuloksena syntyi tiivis opas, jota suunnittelija pystyy hyödyntämään.

Ohjeistuksen laatimisen yhteydessä pidettiin seurantapalavereja ohjaajan kanssa, joiden pohjalta ohjeistuksessa käsitellyn sisällön reliabiliteetti eli onko työssä tutkittu oikeita asioita, toteutui. Validiteetti tarkastelun eli laadullisen onnistumisen tarkastelun toteutin vertailemalla työni tiedon yhdenmukaisuutta eri lähteiden väliseen teoriaan sekä haastatteluista saatujen tietojen oikeellisuutta vertaamalla niitä lähteistä saatuun teoriaan. Lopuksi ohjaaja tarkasti ja kommentoi valmiin teoksen ja vahvisti näin siinä käsitellyt asiat oikeellisiksi samalla toteuttaen ristiin vertailun oman tarkasteluni ja ohjaajan välillä teoksen sisällöstä.

6.1.1 Tutkimusvastaukset

Opinnäytetyössä esitettyihin kysymyksiin pyrin saamaan vastauksia haastatteluista ja vastausten pohjalta pystyin hahmottamaan suunnitteluprosessin nykytilannetta ja löytämään mahdollisia kehityskohteita ja asioita, joita tuoda esiin ohjeistuksessa. Yleisiksi ongelmakohtiksi nähtiin usein äkkinäiset ulkoiset muutokset suunnitelmissa, kuten reittimuutokset, joihin ei suoranaisesti pystytä itse vaikuttamaan, jotka tapahtuessaan aiheuttavat lisää työtä varaten aikaa pois muista resursseista. Jossain määrin myös hajallaan oleva tieto ja yhteneväisen linjauksen puute suunnitelmien sisällöstä koettiin ongelmalliseksi ja ohjeistuksella toivottiin tarjoavan tähän ratkaisua.

Toinen esiin noussut ongelmakohta oli verkon kokonaiskuvan unohtuminen suunnittelussa yksittäisiä osia sekä paikallistuntemuksen puute. Tällöin vaarana on alimitoitaa verkkoa, jota tulevaisuudessa täytyy saneerata aiheuttaen lisäkustannuksia ja re-

surssien kuluttamista. Paikallistuntemuksen puute voi aiheuttaa tilanteita, joissa kuntien ja muiden infran rakentajien hankkeita ei ole osattu ottaa huomioon. Ohjeistuksessa tuodaan esille kokonaiskuvan tarkastelun tärkeyttä. Paikallistuntemus kasvaa ajan myötä ja hyvällä verkostoitumisella muihin toimijoihin sekä kuntiin on merkittävä rooli suunnittelijan työssä.

Lupaprosessien sujuvuutta on viime vuosien aikana viety eteenpäin siirtämällä paperihakemukset sähköiseen muotoon poistaen paperipostin viiveen ja nopeuttaen hakemuksissa tarvittavien aineistojen keräämistä palveluihin kehitetyillä työkaluilla. Hankalaksi nähtiin edelleen kuntien väliset erot lupahakemusten edellyttävässä aineistossa ja se, että osa kunnista ei ole sähköistänyt lupaprosessia. Kuntien kanssa on pyrittävä vaalimaan molemmiin puolista tiedottamista ja yhteistyötä.

Ohjeistuksen painopistettä oli vaikea määrittää, sillä haastatteluissa nousi esiin useita näkökulmia. Haastatteluista poimittiin ohjeistuksen kannalta tärkeimmät asiat, jotka käsiteltiin ohjeistuksessa. Samalla rajattiin selkeät suuntaviivat, jotta ohjeistus ei paisuisi tarkoituksettoman laajaksi. Ohjeistuksesta ei tehty tässä vaiheessa tarkoituksella tarkkaa käsikirjamaista teosta, jossa keskitytään yksityiskohtaisesti jokaiseen prosessin vaiheeseen vaan siinä prosessia on kuvattu niin, että lukijalle jää selvä käsitys kunkin osa-alueen keskeisistä asioista.

7 Pohdinta

Opinnäytetyössä pääsin mielestäni asetettuihin tavoitteisiin ja toimeksiantajalle tehty ohjeistus vastasi omia ja toimeksiantajan odotuksia. Ohjeistuksesta tuli selkeästi jäsennelty ja tiivis teos. Ohjeistus soveltuu mielestäni parhaiten suunnittelijalle, joka on aloittamassa suunnittelijan työtehtävissä tai siirtyy toisen verkkoyhtiön alueelta. Ohjeistuksen avulla aloittava suunnittelija pystyy hahmottamaan suunnittelu-prosessin vaiheet ja osaa ottaa huomioon eri viranomaistahot, joilta lupia tulee hakea eri maanomistussuhteissa. Ohjeistusta pystyy hyödyntämään myös kokenut suunnittelija, sillä se tarjoaa mahdollisuuden uusiin näkökulmiin tuomalla suunnittelun vaiheet kirjallisena esille. Lisäksi lupahakemuksien hakuohjeet löytyvät kootusti

yhdestä paikasta, josta suunnittelija voi harvemmin haettavien lupien ohjeet tarkastaa. Ohjeistuksen liitteeksi laaditulla esimerkkimallipohjalla on tarkoitus jatkossa yhtenäistää suunnitelmien sisältöä.

Opinnäytetyöhön lähteitä kertyi paljon, sillä tietoperustassa käsitellään ohjeistuksessa kuvatun suunnitteluprosessin kohdetta eli jakeluverkkoa ja jakeluverkon komponenttien sijoittamiseen vaikuttavia lakeja. Merkittävä osa lähteistä koostuu standardeista ja lainsäädännöstä. Myös tietoa jakeluverkon rakenteesta oli saatavilla kohtuullisen paljon, pyrin arvioimaan lähteiden luotettavuutta ja valitsemaan niistä ajantasaiset lähteet.

Ohjeistus ja esimerkkimallipohja tullaan jakamaan aluksi Pirkanmaan alueen toimipisteille, jolloin ohjeistukseen voi tulla suunnittelijoilta parannusehdotuksia. Suunnitelmien yhtenäistymistä pystytään tarkastelemaan vasta myöhemmin, kun mallipohja on käyty läpi suunnittelijoiden kanssa. Ohjeistuksen ajantasaisuutta täytyy seurata ja tarkastaa ajoittain uusien standardijulkaisujen, tilaajan vaatimusten ja lupaprosessien muuttuessa. Tätä varten tulen säilyttämään muokattavan pohjan, jotta mahdolliset muutokset ja parannusehdotukset voidaan päivittää.

Yhtenä jatkokehityksenä ohjeistusta tehdessä nousi esiin ohjeistuksessa käsitellyn lupienhakuohjeiden esittäminen erillisenä Powerpoint diasarjana, jolloin hakuohjeet saadaan esitettyä erillisenä dokumenttina ja niitä ohjeistuksesta useimmin tullaan tarkastamaan. Vastaavasti toimeksiantajalla on mahdollisuus jatkojalostaa nyt luodusta ohjeistuksesta itselleen yksityiskohtaisemman teknisen käsikirjan, jonka runkona ohjeistusta voidaan käyttää.

Eduskuntaan on jätetty lakialoite LA 17/2020, 13.5.2020 Sähkömarkkinalakia koskevista muutoksista. Aloitteessa ehdotetaan useita muutoksia voimassa olevaan sähkömarkkinalakiin, joilla kohtuullistaa verkkoyhtiöiden investointikustannuksia ja tällä tavoin pienentää nousseita sähkönsiirtohintoja. Lakialoite mahdollistaisi paremmin sähkönkäyttäjien keskinäisen yhteistuotannon ja uusiutuvilla energialähteillä sekä pientuotannolla tuotetun sähkön jakelun sähkönkäyttäjien välillä. Lisäksi aloitteessa

ehdotetaan muutoksia haja-asutusalueella sijaitseville käyttöpaikoille vaadittuun nykyiseen 36 tunnin keskeytyksen tavoitetasoon. Käytännössä säteittäisverkon johtohaaralla sijaitsevat kuluttajat voisivat tehdä verkkoyhtiön kanssa sopimuksen korvausta vastaan matalammasta säävarmuuden tasosta, kuin nykyinen 36 tuntia. Nähtäväksi jää millaisia muutoksia lakialoite toteutuessaan aiheuttaisi verkkoyhtiöillä sähköverkkojen kehittämisvelvollisuuksien muuttuessa ja muuttaisiko se nykyisten laajojen kaapelointihankkeiden luonnetta.

Lähteet

ABB:n TTT-Käsikirja 2000-07. 2000. Kytkinlaitteet ja eristimet, luku 12. Verkkojulkaisu. Viitattu 24.10.2020

ABB:n TTT-Käsikirja 2000-07. 2000. Sähköasemat, kojeistot ja muuntamot, luku 13. Verkkojulkaisu. Viitattu 24.10.2020

Eltel yleisesittely. 2020. Eltel Networks Oy:n yleisesittely powerpoint. Viitattu 29.8.2020

Electrical Circuit Breaker | Operation and Types of Circuit Breaker. 8.3.2020. Artikkelin Electrical4U verkkosivuilla. Viitattu 19.10.2020

Inline II. N.d. Artikkelin ABB:n verkkosivuilla. Viitattu 15.11.2020.
<https://new.abb.com/low-voltage/fi/tuotteet/varokekytkimet/inline-ii>

Jurvelin, J. 2019. Tutkimus ja kehittäminen opiskelumateriaali. Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Viitattu 29.8.2020

Kabeldon-pienjännitejakelujärjestelmät. 2020. ABB:n verkkopainos tuoteluettelosta. Viitattu 31.10.2020. <https://search.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=9AKK107680A0165&LanguageCode=fi&DocumentPartId=&Action=Launch>

Kajoamisluvan hakeminen. N.d. Artikkelin Museoviraston verkkosivuilla. Viitattu 4.10.2020. <https://www.museovirasto.fi/fi/kulttuuriymparisto/ärkeologinen-kulttuuriperinto/ärkeologisen-kulttuuriperinnon-suojelu/kajoamisluvan-hakeminen>

Kananen, J. 2015. Kehittämistutkimuksen kirjoittamisen käytännön opas. 41. – 42. Jyväskylän ammattikorkeakoulun julkaisuja 212. Viitattu 29.8.2020

Katu- /sijoituslupa. N.d. Oriveden kaupungin hakuohje ja lupaehdot. Viitattu 8.11.2020. https://orivesi.fi/wp-content/uploads/2020/05/Kaivu_ ja_sijoituslupaehdot.pdf

L.20.12.1996/1096. Luonnonsuojelulaki. Säädstietopankki Finlexin sivuilla. Viitattu 1.10.2020. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1996/19961096#L3P27>

L. 5.2.1999/132. Maankäyttö- ja rakennuslaki. Säädstietopankki Finlexin sivuilla. Viitattu 22.9.2020. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990132>

L. 23.6.2005/503. Maantielaki. Säädstietopankki Finlexin sivuilla. Viitattu 22.9.2020. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2005/20050503>

L.17.6.1963/295. Muinaismuistolaki. Säädstietopankki Finlexin sivuilla. Viitattu 1.10.2020. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/1963/19630295>

L. 2.2.2007/110. Ratalaki. Säädstietopankki Finlexin sivuilla. Viitattu 28.9.2020. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2007/20070110#L3P36>

L. 9.8.2013/588. Sähkömarkkinalaki. Säädstietopankki Finlexin sivuilla. Viitattu 22.9.2020. <https://finlex.fi/fi/laki/alkup/2013/20130588#Lidp447474960>

L. 13.7.2018/560. Yksityistielaki. Säädstietopankki Finlexin sivuilla. Viitattu 28.9.2020. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2018/20180560#Pidp446485408>

Maankäytössä pyritään minimoimaan haitat maanomistajalle. N.d. Artikkelit Energia-teollisuuden verkkosivuilla. Viitattu 10.9.2020 <https://energia.fi/energiasta/energia-verkot/maankaytto>

MJS-kaapelijakokaapit. N.d. ABB:n verkkopainos tuoteluettelosta. Viitattu 31.10.2020. https://search.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=MJS_ZLBM1FI%2017-10&LanguageCode=fi&DocumentPartId=&Action=Launch

Määräys johtojen ja rakenteiden sijoittamisesta maantien tiealueelle. 12.10.2018. Väyläviraston määräys LIVI/44/06.04.01/. Viitattu 15.11.2020. https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lm_2018_tiealueen_johdot_web.pdf

Puistomuuntamot. N.d. Harju Elekterin verkkopainos tuoteluettelosta. Viitattu 31.10.2020. https://www.satmatic.fi/ckeditor/plugins/fileman/Uploads/Esitteet/puistomuuntamot/Puistomuuntamot%20HEKA_HEJA%202017.pdf

Pylväserottimet. N.d. Eurolaitteen tuote-esittely, verkkopainos. Viitattu 5.11.2020. https://www.eurolaite.fi/fileadmin/user_upload/eurolaite/pdfs/pylvaserottimet-pitka.pdf

Pylväskytkimet. N.d. Enston verkkosivujen tuotekatalogi. Viitattu 1.11.2020. <https://www.ensto.com/fi/tuotteet/ilmajohtoverkot/pienjanniteratkaisut/pj--tarvikkeet/pylvaskytkimet/>

Riepl, S. 2007. Rough and general scheme of the power supply in Germany. Creative Commons lisensoitu. Viitattu 22.9.2020 <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/ed/Stromversorgung.png>

Salmela, S. 2020. Suunnittelija. Eltel Networks Oy. Haastattelu 12.11.2020

SFS-EN 50160:2010+A1:2015+A2:2019+A3:2019. Yleisestä jakeluverkosta syötetyn sähkön jänniteominaisuudet. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS ry. Viitattu 1.12.2020

SFS-6000-4-43:2017. Pienjännitesähköasennukset, Osa 4-43. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS ry. Viitattu 12.11.2020

SFS-6000-5-54:2017. Pienjännitesähköasennukset, Osa 5-54: Sähkölaitteiden valinta ja asentaminen. Maadoittaminen ja suojojohdot. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS ry. Viitattu 13.11.2020

SFS-6000-8-801:2017. Pienjännitesähköasennukset, Osa 8-801: Täydentävät vaatimukset. Jakeluverkot. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS ry. Viitattu 1.11.2020.

SFS-6000-8-814:2017. Pienjännitesähköasennukset, Osa 8-814: Täydentävät vaatimukset. Kaapelien asentaminen maahan tai veteen. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS ry. Viitattu 1.11.2020.

Sijoituslupa sähkö, tele, kaukolämpö ja maakaasu. N.d. Artikkelin ELY-keskuksen verkkosivuilla. Viitattu 15.11.2020. <https://www.ely-keskus.fi/sahkojohdon-telekaapelin-kaukolampojohdon-ja-maakaasuputken-sijoittaminen>

ST 53.21. 2012. ST-kortisto. Espoo: Sähköinfo Oy. Viitattu 13.11.2020

Sulakkeet. 12.5.2008. Tampereen ammattikorkeakoulun verkko-oppimateriaali. Viitattu 1.11.2020. <http://www2.amk.fi/Ensto/www.amk.fi/opintojak-sot/0705016/1204792797383/1210594480264/1210594509783/1210594789763.html>

Suomen sähköjärjestelmä. N.d. Artikkelin Fingridin verkkosivuilla. Viitattu 11.9.2020 <https://www.fingrid.fi/kantaverkko/sahkonsiirto/suomen-sahkojarjestelma/>

Sähkösopimukset. N.d. Artikkelin tuulivoimayhdistyksen verkkosivuilla. Viitattu 22.10.2020. <https://tuulivoimayhdistys.fi/tietoa-tuulivoimasta-2/tietoa-tuulivoimasta/tuulivoimahanke/sahkosopimukset>

Sähköverkko tutuksi. 2017. Artikkelin Elenian verkkosivuilla. Viitattu 11.9.2020 <https://www.elenia.fi/sahko/turvallisuus>

Sähköverkon komponentit. N.d. Sähkön tuotanto opiskelumateriaali. Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Viitattu 31.10.2020

Tietoa sähköverkkoon liittymisestä. N.d. Elenian yleisohje sähköverkkoon liittymisestä. Viitattu 5.11.2020. <https://www.elenia.fi/sites/www.elenia.fi/files/Yleisohje%20s%C3%A4hk%C3%B6urakoitsijalle.pdf>

Uusitalo. J. 2020. Suunnittelija. Eltel Networks Oy. Haastattelu 13.11.2020

Vesilupa. 29.7.2013. Artikkelin Ympäristöhallinnon verkkosivuilla. Viitattu 1.10.2020 https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Asiointi_luvat_ja_ymparistovaikutusten_arviointi/Luvat_ilmoitukset_ja_rekisterointi/Vesilupa/Tarvitaanko_lupa

Älykäs sähköverkko kiinteistöissä. 6.9.2017. ABB:n webinaari esitys. Viitattu 22-10.2020 https://new.abb.com/docs/librariesprovider113/fi_buildingspace_webinars/valokaarisuojaus-ja-relesuojaus.pdf?sfvrsn=2b074d14_2

Liitteet

Liite 1. Ohjeistuksen sisällysluettelo



Sisällysluettelo

1	Työsuhteen alkaessa.....	2
1.1	Tarvitavat koulutukset, oikeudet ja tunnukset.....	2
2	Järjestelmiin tutustuminen.....	2
2.1	MWF Blå Cockpit.....	2
2.2	Trimble NIS.....	3
2.3	GPS.....	4
2.4	Trimble Utility to Go (UTG).....	4
3	Mitoitusperusteet.....	4
4	Luvat.....	5
4.1	Yksityiset maanomistajat.....	5
4.2	Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus.....	6
4.2.1	Lausunto Natura arvioinnin tarpeesta.....	6
4.2.2	Lausunto vesiluvan tarpeesta.....	6
4.2.3	Poikkeamisluvat maantien suoja- tai näkemäalueelle rakentamiseksi.....	7
4.2.4	Luonnonsuojelulain mukaiset poikkeamisluvat.....	7
4.3	Aluehallintovirasto.....	8
4.4	Kunta.....	8
4.4.1	Toimenpidelupa.....	8
4.4.2	Katu- ja sijoituslupa.....	9
4.5	Kaava-alueet.....	9
4.6	Metsäyhtiöt.....	9
4.6.1	UPM.....	9
4.6.2	Metsähallitus.....	9
4.6.3	Finsilva.....	9
4.7	Museoviranomainen.....	10
4.8	Rautatiealue.....	10
4.9	Fingrid.....	10
4.10	Yksityistie sopimukset.....	11
4.11	Yhteiset vesialueet.....	11
4.12	Katselmukset.....	12
4.12.1	Kunnat.....	12
4.12.2	Viranomaiset (ELY, AVI).....	12
4.13	Kaasuputket.....	12
5	Suunnittelun vaiheet.....	12
5.1	Projektin katselmointi.....	12
5.2	Asiakaskontaktit.....	12
5.3	Sähköinen suunnittelu (SäSu).....	13
5.4	Määräluettelo.....	13
5.5	Maastosuunnittelu (MaSu).....	14
5.6	Luvitus.....	14
5.7	Yhteisrakentamisprojektit.....	15
5.8	Materiaalien tilaus.....	15
5.9	Tikutus.....	16
6	Suunnitelmapaketti.....	16