

Timo Kärki

Verkonhaltijan ohjeistus keskijänniteverkkoon liittymiselle

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkötekniikan koulutusohjelma

Insinöörityö

22.11.2016

Tekijä Otsikko	Timo Kärki Verkonhaltijan ohjeistus keskijänniteverkkoon liittymiselle
Sivumäärä Aika	29 sivua 22.11.2016
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Sähkötekniikan koulutusohjelma
Suuntautumisvaihtoehto	Sähkövoimatekniikka
Ohjaajat	Asiakkuuspäällikkö Kaj Storås Lehtori Tuomo Heikkinen
<p>Insinööriyössä tutkittiin liittymistä sähköjakeluverkkoyhtiö Carunan 20 kilovoltin jakeluverkkoon.</p> <p>Työn ensisijaisena tavoitteena oli tehdä Carunan asiakkaiden ja sen henkilöstön käyttöön tarkoitettu ohje, josta selviää asiat, jotka liittymisen on huomioitava kun hän suunnittelee, hankkii ja rakentaa laitteiston, jolla liitytään keskijänniteverkkoon. Toissijaisena tavoitteena oli tutkia Carunan keskijänniteliittymien toimitusprosessia ja tehdä siihen kehitysehdotuksia.</p> <p>Keskijänniteverkkoon liityttäessä huomioitavia asioita ovat erityisesti laitteistolle asetettavat vaatimukset. Lait ja standardit asettavat vaatimukset kaikille sähkölaitteistoille, mutta näiden lisäksi verkkoyhtiöt voivat asettaa omia erityisvaatimuksiaan. Ohjeeseen tuli sisällyttää kaikki Carunan asettamat vaatimukset asiakkaiden keskijännitelaitteistoille. Osa näistä vaatimuksista oli määritelty ennen työn aloitusta ja osa määriteltiin työn yhteydessä. Uudet vaatimukset määriteltiin pääosin soveltamalla Carunan omien laitteistojen vaatimuksia. Lakien ja standardien asettamia vaatimuksia ei sisällytetty ohjeeseen yksityiskohtaisesti, vaan lukija pyritään ohjaamaan niiden dokumenttien suuntaan, joissa kyseiset vaatimukset esitetään.</p> <p>Työn lopputuloksena saatiin ohje, joka tulee ennen sen käyttöönottoa hyväksyttävä Carunan teknisillä asiantuntijoilla. Tämän jälkeen ohje julkaistaan Carunan verkkosivuilla. Työn tilaajan näkemys on, että ohje tulee edistämään keskijänniteliittymien asiakaskokemusta ja helpottamaan sen oman henkilöstön työtä.</p> <p>Työn aikana tutkittuun keskijänniteliittymien toimitusprosessiin tehtiin joitakin pieniä kehitysehdotuksia, joiden käyttöönotto olisi helppoa.</p>	
Avainsanat	sähköjakeluverkko, keskijännite

Author Title	Timo Kärki Instruction for Joining Medium Voltage Network
Number of Pages Date	29 pages 22 November 2016
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical Engineering
Specialisation option	Electrical Power Engineering
Instructor(s)	Kaj Storås, Manager, Network Services Tuomo Heikkinen, Senior Lecturer
<p>The primary objective of this study was to create an instruction for the use of Caruna's customers and employees on joining medium voltage distribution network. It was to include matters that have to be taken into account when designing, procuring and building an electrical installation used to join medium voltage network. The secondary objective was to study Caruna's process for delivering medium voltage connections and come up with development proposals for it.</p> <p>Matters that have to especially be taken into account include requirements for the electrical installation. Laws and standards stipulate requirements for all electrical installations but in addition distribution network operators can set special requirements for their customers' installations. The instruction was to include all these special requirements set by Caruna for medium voltage installations. Some of these requirements were defined before the start of this study and some were defined during it. New requirements were mostly defined by applying requirements for Caruna's own installations. In the instruction, requirements stipulated by laws and standards were not included in detail but the reader is instructed towards the document where the requirement in question is set.</p> <p>As conclusion the instruction was made. Before it becomes valid it must be approved by technical specialists at Caruna. After the approval it will be published in Caruna's web page. Caruna hopes that the instruction will improve customer experience and facilitate the work of its employees.</p> <p>Concerning the process for delivering medium voltage connections some minor development proposals, which would be easy to initialize, were made.</p>	
Keywords	electricity distribution network, medium voltage

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Caruna	2
3	Keskijänniteliittyä ja asiakkaan omistama laitteisto	3
3.1	Keskijänniteliittymän rakenne	3
3.2	Keskijänniteliittymien hinnoittelu	4
3.3	Laitteiston luokitus ja käytönjohtajuus	5
4	Keskijännitelaitteiston vaatimukset	5
4.1	Keskijännitekojeisto	6
4.2	Suojaus	8
4.2.1	Liittymiskaapeleiden ylijännitesuojaus	8
4.2.2	Liittyjän laitteiston suojaus	8
4.3	Energiamittaus	9
4.3.1	Mittamuuntajien vaatimukset	9
4.3.2	Mittamuuntajien asennus	11
4.4	Rakennus ja maadoitukset	11
4.5	Merkinnät sekä laitteistolla sijaitsevat ohjeet ja dokumentit	12
5	Keskijänniteliittymän rakentaminen Carunan verkkoon	14
5.1	Liittymän tilaus	14
5.2	Esisuunnittelu	15
5.3	Releasetteluiden määrittäminen	17
5.4	Verkonrakennus ja dokumentointi verkkotietojärjestelmään	18
5.5	Käyttöönotto	22
5.6	Carunan kohteeseen tekemä tarkastus	22
5.7	Käyttöönoton jälkeen	24
6	Jatkotoimet	25
6.1	Ohjeen julkaisu ja koulutukset	25
6.2	Asiakkaiden omistamien laitteistojen nykytila	26
7	Yhteenveto	26

1 Johdanto

Keskijänniteliittymällä tarkoitetaan verkonhaltijan asiakkaan omistamaa sähköliittymää, joka on liitetty verkonhaltijan keskijänniteverkkoon, useimmiten 20 kilovoltin jännitetasoon. Keskijänniteverkkoon liittyvillä asiakkailla on suuri sähkötehon tarve, jolloin pienjänniteliittymä ei ole taloudellisesti kannattava johtuen verkonhaltijoiden hinnoittelusta. Joissain tapauksissa keskijänniteverkkoon liitytään, jotta itse tuotettu sähkö voidaan siirtää jakeluverkkoon.

Liittyminen tapahtuu liittyjän omistamalla keskijännitekytkinlaitoksella, jonka laitteistolla jännite muunnetaan tarvittaessa haluttuun jännitetasoon. Liittyjä vastaa tämän kytkinlaitoksen käytöstä ja kunnossapidosta liittymispisteeseen asti, joka on usein verkonhaltijan syöttökaapeleiden kaapelipääteissä. Useat verkonhaltijat ovat tehneet keskijänniteliittymille ohjeet, joissa on käsitelty esimerkiksi liittyjän laitteiston vaatimuksia sekä liittymisprosessin toimintaohjeita. Caruna Oy:llä ja Caruna Espoo Oy:llä (myöhemmin Caruna) vastaavat ohjeet eivät ole olleet julkisia ja ne ovat olleet jopa henkilöstölle vaikeasti saatavissa. Usein liittyjän laitteiston soveltuvuus verkkoon liitettäväksi on katsottu tapauskohtaisesti.

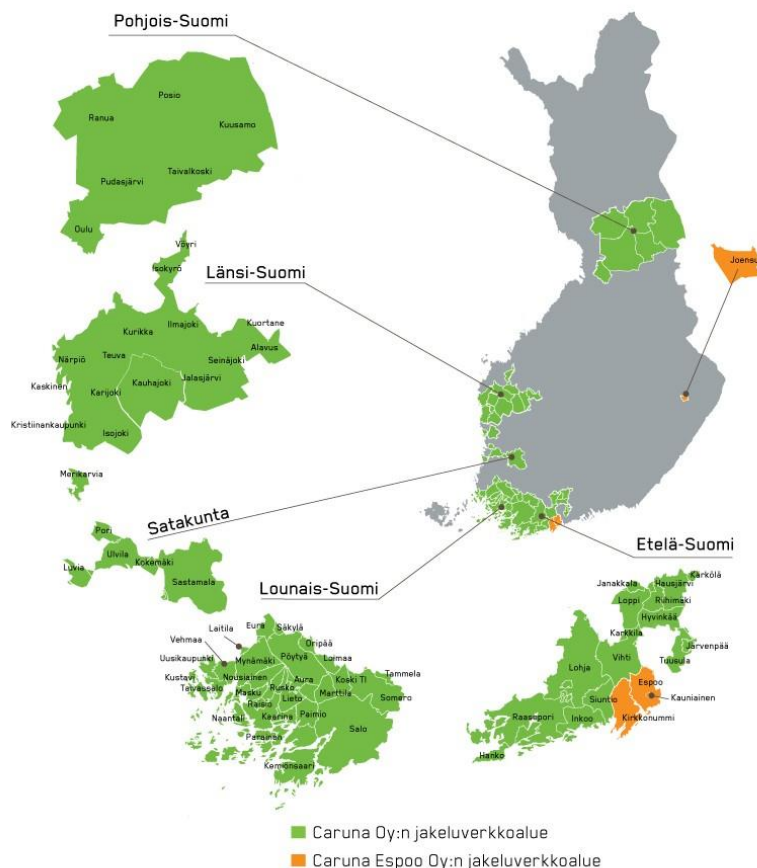
Insinööriyön ensisijainen tavoite on tehdä Carunan asiakkaille ja sen henkilöstölle ohjeistus keskijänniteverkkoon liittymiselle. Ohje sisältää Carunan asettamat vaatimukset asiakkaan laitteistolle. Siinä käsitellään myös vaatimuksia laitteiston käyttöönottoon ja käyttöön liittyen. Ohjeen avulla liittyjä pystyy suunnittelemaan, hankkimaan ja rakentamaan verkkoon liitettävän keskijännitelaitteiston, joka on turvallinen käyttää eikä aiheuta sähkönjakeluverkkoon häiriöitä. Ohje julkaistaan Carunan verkkosivulle, jossa se on saatavilla kaikille asiakkaille, jotka haluavat liittyä keskijänniteverkkoon sähkönkäyttäjiksi.

Työn toissijainen tavoite on tutkia prosessia, millä Carunan keskijänniteverkkoon liitytään. Nykyisiin toimintatapoihin tehdään kehitysehdotuksia.

2 Caruna

Caruna on Suomen suurin sähkönsiirtoon liiketoimintansa perustava yritys. Sillä on noin 650 000 yksityis- ja yritysasiakasta, mikä tarkoittaa noin viidenneksen osuutta Suomen paikallisesta sähkösiirrosta. Carunassa työskentelee noin 270 henkilöä ja yhtiön sähköverkkoonsa vuosittain tekemät investoinnit ovat noin 200 miljoonaa euroa. [1.]

Puhuttaessa Carunasta, tarkoitetaan kahta Energiaviraston verkkotoimiluvan omaavaa yritystä, Caruna Oy:tä ja Caruna Espoo Oy:tä [2]. Kuvassa 1 on esitelty Carunan jakelualueet. Caruna Oy:n sähköverkko sijaitsee Koillismaalla, Etelä-Pohjanmaalla, Satakunnassa sekä Lounais- ja Etelä-Suomessa. Caruna Espoo Oy omistaa sähköverkkoa Joensuun, Kirkkonummen, Espoon ja Kauniaisen alueilla.



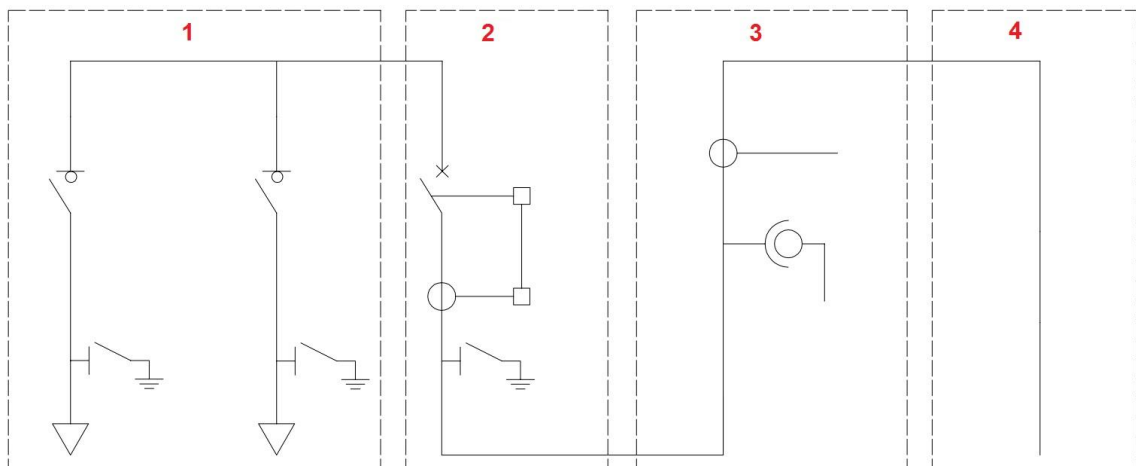
Kuva 1. Caruna Oy:n ja Caruna Espoo Oy:n jakelualueet [3].

Yhtiön omistajuus jakaantuu kahdelle kansainväliselle infrastruktuurisijoittajalle First State Investmentsille (40 %) ja Borealis Infrastructurelle (40 %), sekä suomalaisille eläkevakuutusyhtiöille Kevalle (12,5 %) ja Elolle (7.5 %) [1].

3 Keskiänniteliittymä ja asiakkaan omistama laitteisto

3.1 Keskiänniteliittymän rakenne

Carunan verkossa keskiänniteverkkoon liitytään tyypillisesti asiakkaan omistamalla muuntamalla. Nämä muuntamot ovat pääosin puistomuuntamotyyppisiä tai rakennuksessa sijaitsevia kiinteistömuuntamoita. Muuntamoiden lisäksi liittyminen voi tapahtua erillisellä kytkinlaitoksella, jossa sijaitsee tarvittavat keskiännitekytkinlaitteet sekä energiamittaus, ja asiakkaan omistama keskiänniteverkko jatkuu kytkinlaitokselta eteenpäin. Kuvassa 2 esitetään periaatteellinen pääkaaviomalli asiakkaan laitteistosta.



Kuva 2. Periaatteellinen pääkaaviomalli asiakkaan 20 kV:n laitteistosta: liityntäkennot (1), suojaava pääkytkinlaite (2), mittauskenno (3) ja mittauksen takainen verkko (4).

Liityntäkennoihin tuodaan verkonhaltijan omistamat liittymiskaapelit. Liittymispiste on kaapelipääteissä ja kunnossapitovastuu niistä on verkonhaltijalla, ellei toisin sovita. Liityntäkennoissa sijaitsee kuormanerottimet ja maadoituserottimet tai -kytkimet. Liityntäkennojen jälkeistä asiakkaan laitteistoa suojaaa yksi pääkytkinlaite, jolla koko asiakkaan sähköverkko voidaan erottaa Carunan verkosta. Kuvan 2 tapauksessa pääkytkinlaite on releohjattu katkaisija. Mittauskennoissa sijaitsevat kaikki energiamittaukseen vaadittavat laitteet (kuvaan 2 on piirretty ainoastaan jännite- ja virtamuuntaja).

Verkonhaltija voi asettaa laitteistolle teknisiä vaatimuksia [4, s. 3]. Liittyjä hankkii keskijänniteliittymän tarvittavan laitteiston pääosin itse. Jos kohteelle on jotain erikoisvaatimuksia, esimerkiksi jos kohteeseen halutaan verkon käyttöä edistävää verkostoautomaatiota, sovitaan tarvittavien laitteistojen hankinnasta erikseen ja usein Caruna maksaa asiakkaalle aiheutuvat lisäkustannukset. Laitteiston sähköverkkoon liittämiseen vaadittavan verkonrakennuksen tekee useimmissa tapauksissa verkonhaltijan sähköura-koitsija.

3.2 Keskijänniteliittymien hinnoittelu

Energiavirasto on määritellyt menetelmät, joiden mukaan verkonhaltijoiden tulee periä asiakkailtaan verkkoon liittymisestä aiheutuvat kustannukset eli niin sanotut liittymismaksut. Sähkön käytölle ja sähkön tuotannolle on määritelty omat tapansa. Menetelmät koskevat jakeluverkkoa (nimellisjännite pienempi kuin 110 kV) ja suurjännitteistä jakeluverkkoa (nimellisjännite 110 kV). Verkonhaltijat ovat näiden yleisten menetelmien avulla määritelleet omat menetelmänsä liittymismaksujen perimiselle, ja Energiavirasto on vahvistanut nämä menetelmät. [5; 6; 7, 3§.]

Keskijänniteliittymissä liittymismaksu koostuu verkon rakentamiskustannuksista ja kapasiteettivarausmaksusta. Verkon rakentamiskustannuksilla tarkoitetaan niitä kustannuksia, jotka aiheutuvat, kun uutta sähköverkkoa rakennetaan sitä varten, että asiakas voidaan liittää sähköverkkoon. Verkonhaltijat eivät saa sisällyttää liittymismaksuihin oman verkkonsa kehittämiskustannuksia. Kapasiteettivarausmaksulla katetaan liittymisen johdosta aiheutuva olemassa olevan verkon vahvistamistarve sekä varataan sähköverkosta liittyjän käyttöön liittymistehoja vastaava siirtokapasiteetti. Kapasiteettivarausmaksu tulee periä kaikilta liittyjiltä tasapuolisesti. Maksu on muotoa euroa/kVA tai euroa/MVA. [8, s. 8–9.]

Tuotantoliittymissä kapasiteettivarausmaksua ei peritä, jos liittymisteho on enintään 2 MVA. Mikäli liittymällä on tuotantoa ja kulutusta, sovelletaan suuremman osuuden määritysmenetelmää. Jos liittymää suurennetaan, peritään suurentamisesta aiheutuvien verkon rakentamiskustannusten lisäksi uuden ja vanhan näennäistehon erotuksen mukainen kapasiteettivarausmaksu. Mikäli tuotantoliittymissä 2 MVA:n raja ylittyy, peritään kapasiteettivarausmaksu 2 MVA:n ylittävältä osuudelta. [9, s. 1, s. 5.]

Caruna perii kulutusliittymissä verkon rakentamiskustannuksen Energiaviraston yksikköhintojen perusteella ja tuotantoliittymissä todellisina verkonrakennuskustannuksina.

3.3 Laitteiston luokitus ja käytönjohtajuus

Keskijänniteliittyjän sähkölaitteisto liitetään verkonhaltijan keskijänniteverkkoon, jonka jännitetaso Carunan tapauksessa on useimmiten 20 kV, vaikkakin myös 10 kV:n ja 30 kV:n jännitetasojen verkkoa on. Tämä tarkoittaa sitä, että liittyjän sähkölaitteisto luokitellaan luokan 2C laitteistoksi. Laitteistolle tulee nimetä käytönjohtaja, jolla on jännitetasoa vastaava luokan 1 sähköpätevyys. Lisäksi, mikäli laitteistoon kuuluu enemmän kuin kolme enintään 20 kV:n jännitteistä muuntamoaa tai yli 1000 V:n kytkinlaitosta, on käytönjohtajan oltava työsuhhteessa laitteiston haltijaan tai heidän välillään on oltava laitteistoa koskeva kunnossapitosopimus. Käytönjohtaja huolehtii siitä, että

- sähkölaitteiston käytössä ja huollossa noudatetaan sähköturvallisuuslakia sekä sen nojalla annettuja säädöksiä ja määräyksiä, sekä
- käyttötöitä tekevät henkilöt ovat ammattitaitoisia ja riittävästi opastetut tehtäviinsä. [10, s. 3–5; 11, 5 §.]

4 Keskijännitelaitteiston vaatimukset

Ennen tämän insinööriyön aloitusta Caruna oli asettanut joitakin teknisiä vaatimuksia asiakkaiden keskijännitelaitteistoille. Dokumentit, joissa vaatimukset oli esitetty, olivat kuitenkin pääosin tarkoitettu ainoastaan organisaation sisäiseen käyttöön ja ne olivat vaikeasti saatavilla. Lisäksi vaatimuksia oli esitetty monessa eri dokumentissa. Insinööriyössä koottiin olemassa olevista ohjeistuksista ja tämän työn yhteydessä määritellyistä vaatimuksista yksi dokumentti, jossa pyrittiin käsittelemään kaikki oleelliset asiat. Ohjeessa käsiteltiin ainoastaan 20 kilovoltin laitteistot, koska muiden jännitetasojen keskijänniteverkkoa on hyvin vähän. Mikäli liittyjä liittyy 10 kV:n tai 30 kV:n jännitetasoon, tulee laitteistoa koskevat vaatimukset määrittää tapauskohtaisesti.

Sähköturvallisuuslain mukaan sähkölaitteisto ei saa aiheuttaa kenenkään hengelle terveydelle tai omaisuudelle vaaraa, siitä ei saa sähköisesti tai sähkömagneettisesti aiheutua kohtuutonta häiriötä, eikä sen toiminta saa häiriintyä helposti sähköisesti tai sähkömagneettisesti [12, 5 §]. Olennaisten vaatimusten katsotaan täyttyvän, jos laitteistot

suunnitellaan, rakennetaan ja korjataan soveltaen virallisen standardointielimen vahvistamia standardeja [13, 3-4 §]. Insinööriyössä tehdyn ohjeen tarkoitus ei siis ole korvata kyseisiä vaatimuksia, eikä olisi mahdollistakaan sisällyttää kaikkia vaatimuksia yhteen ohjeeseen. Lisäksi edellä mainittujen vaatimusten muuttuessa myös ohje tulisi päivittää. Ohjeessa keskitytään ainoastaan erityistä huomiota keskijänniteverkkoon liitettävässä laitteistossa vaativiin asioihin sekä erityisvaatimuksiin, joita Caruna vaatii.

4.1 Keskijännitekojeisto

Vaikka keskijännitekojeisto on useimmissa tapauksissa kokonaan liittyjän hankkima, rajoittuu merkittävä osa sen käytöstä ainoastaan Carunalle. Liittymiskaapelit tuodaan kahteen kojeiston kennoon, joiden hankinta kuuluu liittyjälle. Näissä liityntäkennoissa tulee olla kuormanerottimet ja maadoituserottimet tai -kytkimet ja ne on tarkoitettu yksinomaan Carunan käyttöön. Joissain tapauksissa liittymiskenoja voidaan vaatia useampia, jolloin Caruna korvaa niiden hankinnasta aiheutuvat kustannukset.

Keskijännitekojeiston tulee olla sähkönjakeluverkkoon sopiva. Tästä syystä keskijännitekojeistolle asetettiin samat sähköiset vähimmäisvaatimukset, joita Caruna käyttää omia laitehankintojaan tehdessään. Vähimmäisvaatimukset esitetään taulukossa 1.

Taulukko 1. Keskijännitekojeiston vähimmäisvaatimukset.

Käyttöjännite	24 kV
Nimellisjännite	20,5 kV
Jännitelujuus koestusvaatimus	125/50 kV
Kojeiston kotelointiluokka	IP3X
Nimellistaajuus	50 Hz
Ekvivalenttinen terminen 1s virran kesto	16 kA
Nimellisvirta	630 A
Dynaaminen oikosulkuvirran kesto	40 kA
Valokaarikoestusvaatimus (IAC)	ALRF 16 kA / 1s

Kojeiston eristysaineelle ei ole asetettu rajoituksia, vaan se voi olla ilma, SF6-kaasu, tyhjiö tai vastaava. SF6-eristeisissä kojeistoissa vaaditaan kaasunpainemittari.

Verkonhaltijan käyttöön tarkoitettujen kuormanerottimien vähimmäisvaatimukset esitetään taulukossa 2.

Taulukko 2. Liityntäkennojen kuormanerotimien vähimmäisvaatimukset

Kuormanerotimen nimellisvirta	630 A
Kapasiivisen virran katkaisukyky	30 A
Kuormanerotimen kytkentäkyky	30 kA
Kytkenäkykyiset maadoituserotimet, kytkenkyky	25 kA

Liityntäkennoihin tuotavat liittymiskaapelit ovat alumiinia tai kuparia, poikkipinta-alaltaan 50–300 mm². Kaapelit on voitava tuoda helposti kojeistoon ja kaapelien kytkentätilassa tulee olla riittävästi tilaa ja tarvittavat säädettävät kiinnityspaikat kaapeleille sekä kaikille komponenteille, jotka kytkentätilaan pitää sijoittaa. Kaapelit on voitava asentaa ja vaiheistaa turvallisesti.

Kojeiston käyttöön liittyville ominaisuuksille asetettiin erityisvaatimuksia, koska Carunan urakoitsijat saattavat työskennellä laitteistolla käyttöönoton lisäksi myös sen käytön aikana. Tärkeimpänä asiana on turvallisuus. Kojeston jokaisesta kennosta on pystyttävä toteamaan jännitteettömyys asennus-, käyttö- ja huoltotilanteissa. Lisäksi kaikki laitteistosta erotettavissa olevat osat on voitava työmaadoittaa ja työmaadoitetun tilan ovet ja luukut on voitava sulkea.

Kytkinlaitteiden turvallista käyttöä varten jokaisen kennon paneelista tulee selvitä kojeiden välinen kytketyminen ja niiden tunnuksat. Kojeston ohjausten, lukitusten ja asennosoitusten tulee olla yksiselitteisiä. Kojeston ja laitteiden toimintalogiikan ja toimintatilojen sekä lukitusten tulee täyttää standardien vaatimukset. Kohteessa tulee olla kojeiston käyttöön tarvittavat välineet. Kytkinlaitteiden ohjaimien ohjausvoimien ja toimintojen on oltava sellaisia, että laitteiden käyttö on vaivatonta.

Kojeistossa sijaitsevat liityntäkennojen kuormanerotimet ovat olleet pääosin paikallis-käyttöisiä, eikä Carunalla toistaiseksi ole mielenkiintoa lisätä verkostoautomaatiota asiakkaiden laitteistoissa. Kaukokäyttölaitteiston kunnossapitovastuu olisi verkonhaltijalla ja asiakkaiden laitteistot ovat haasteellisia muun muassa pääsyn ja ennakkohuoltojen kannalta. Verkostoautomaatiota on kuitenkin mahdollisuus lisätä kohteisiin tapauskohtaisesti, mutta tämän työn yhteydessä vaatimuksia ei sille määritelty.

4.2 Suojaus

4.2.1 Liittymiskaapeleiden ylijännitesuojaus

Carunan omistamia liittymiskaapeleita voidaan joutua suojaamaan ylijännitteeltä ylijännitesuojilla, jos esimerkiksi maakaapeli muuttuu ilmalinjaksi asiakkaan laitteistolta. Tämän vuoksi kojeiston liityntäkennojen kaapelitilassa tulee olla riittävästi tilaa ylijännitesuojille. Caruna on asettanut ylijännitesuojille vaatimukset, jotka ovat seuraavat:

- jatkuva käyttöjännite 20-22 kV
- nimellinen purkausvirta 10 kA
- jäännösjännite $\leq 76\text{kV}$
- purkauskäyttöluokka: kaapeliverkossa käytetään ensisijaisesti IEC purkauskäyttöluokkaa, IEC 60099 suojausluokka 2, voidaan käyttää myös suojausluokkaa 1.

4.2.2 Liittyjän laitteiston suojaus

Caruna on määritellyt verkossaan noudatettavat suojausperiaatteet, joissa käsitellään myös asiakkaiden suojaukselle asetettavia vaatimuksia. Peruseriaate on, että koko asiakkaan laitteistoa suojaa yksi pääkytkinlaite, jonka toiminnan on oltava selektiivinen Carunan oman verkon suojausten kanssa. Pääkytkinlaitteen jälkeen asiakkaalla voi olla lisäsuojauksia oman verkkonsa selektiivisyyden takaamiseksi. Koko laitteistoa suojaava pääkytkinlaite voi olla tapauskohtaisesti joko varokekuormanerotin tai releohjattu katkaisija.

Varokekuormanerotimella voidaan suojata laitteisto, jonka liittymisteho on alle 2 MVA yhdellä muuntajalla ja laitteistolla on ainoastaan sähkön kulutusta. Varokekuormanerotimen tulee avautua kolminapaisesti sulakkeen toimiessa. Sulake mitoitetaan liittymistehon perusteella.

Tuotantolaitteistot, useamman muuntajan laitteistot ja vähintään 2 MVA:n laitteistot tulee suojata releohjatulla katkaisijalla. Katkaisijalta vaaditaan vähintään kaksiportainen ylivirtasuojaja ja vähintään yksiportainen suuntaamaton maasulkusuojaja. Mikäli asiakkaan oma keskijänniteverkko tuottaa maasulkuvirtaa yli 0,5 ampeeria tai keskijännitteistä sisäverk-

koa on yli 200 metriä, tulee katkaisija varustaa lisäksi laukaisevalla suunnatulla maasulkuuojalla. Tuotantolaitteistoille asetetaan erikoisvaatimuksia liittyen muun muassa yli- ja alijännitteeseen sekä yli- ja alitaajuuteen, mutta tuotantolaitteistojen suojauksiin ei tässä työssä perehdytty tarkemmin. Caruna antaa liittyjälle aina tapauskohtaisesti tarvittavat verkon tiedot sekä raamit suojausasetteluihin, joiden perusteella liittyjä määrittää tarkat asetellut itse. Liittyjän tulee huolehtia ennen laitteiston käyttöönottoa, että releet koestetaan.

Katkaisijalta vaaditaan seuraavat vähimmäisominaisuudet:

- symmetrinen katkaisukyky 16 kA
- kapasitiivisen virran katkaisukyky 30 A.

4.3 Energiamittaus

Caruna toimittaa ja asentaa kohteeseen energiamittarin, mutta muiden tarvittavien mittauslaitteiden hankinta ja asennus on asiakkaan vastuulla. Keskijänniteliittymissä energiamittaus toteutetaan keskijännitepuolelta epäsuoralla mittauksella. Mittaukselle oli asetettu vaatimukset ennen tämän insinöörityön aloitusta.

Vaatimuksissa on huomioitu ainoastaan tilanne, jossa liittymispisteen takana on vain yksi asiakas. Esimerkiksi kauppakeskuksilla voi olla keskijänniteliittymä, jonka takana on useita pienjännitekäyttäjiä. Jos mittauksia on ainoastaan yksi, ei pienjännitekäyttäjällä ole mahdollista kilpailuttaa sähkönmyyjäänsä, vaan kaikilla käyttäjillä myyjä on sama. Tämän vuoksi verkonhaltijoiden on tarjottava takamittausmahdollisuutta keskijänniteliittymissä. Takamittauksen vaatimuksia ei kuitenkaan otettu ohjeeseen mukaan sen poikkeuksellisuuden vuoksi.

4.3.1 Mittamuuntajien vaatimukset

Jokaiseen vaiheeseen on asennettava omat mittamuuntajat, joiden ominaisuudet valitaan mittaustarpeiden ja olosuhteiden perusteella. Energiamittaukseen tarkoitettuja mittamuuntajia ei saa käyttää laitteiston suojaukseen, vaan suojauksen mittausta varten tulee olla omat mittamuuntajat. Taulukossa 3 esitetään energiamittaukseen tarkoitettujen virtamuuntajien vähimmäisvaatimukset.

Taulukko 3. Virtamuuntajien vähimmäisvaatimukset.

Tarkkuusluokka	0,2S
Toision nimellisvirta	5 A / 1 A
Virta-alueen laajennuskerroin (jatkuva yli-kuormitustaso)	1,2
Mittarivarmuuskerroin (F_s)	5

Virtamuuntajan ensiön nimellisvirta mitoitetaan liittyjän nimellisen näennäistehon perusteella, jolloin arvoksi valitaan laskettua arvoa lähinnä oleva suurempi nimellisarvo. Jos on tiedossa, että liittymän tehontarve tulee tulevaisuudessa kasvamaan, on suositeltavaa että ensiövirta-alueita on kaksi. Mikäli toision nimellisvirtana aiotaan käyttää 1 A:n arvoa, sovitaan sen käytöstä tapauskohtaisesti Carunan kanssa.

Jotta virtamuuntajat toimivat tarkkuusluokassaan, tulee mittauspiirin toisiossa olla kuormitusta 25–100 prosenttia virtamuuntajien nimellistehosta. Kuormituksen muodostaa mittari, riviliitin ja mittausjohtimet. Taulukossa 4 esitetään sallittuja mittauspiirin toisiojohdotuksen pituuksia eri virtamuuntajien nimellisteholla, kun virtamuuntajan toisiosovitus on 5 A.

Taulukko 4. Mittauspiirin toisiojohdotuksen sallitut pituudet virtamuuntajien eri nimellistehoilla, kun sen nimellinen toisiovirta on 5A.

Virtamuuntajan nimellisteho (VA)	Toisiosovitus (A)	Sallittu toisiojohdotuksen kokonaispituus (S1+S2) 2,5 mm ² johtimella (metriä)
1,0	5	1,4–5,6
1,5	5	2,1–8,4
2,0	5	2,8–11,2
2,5	5	3,5–14,0
3,0	5	4,2–16,8
4,0	5	5,6–22,4
5,0	5	7,0–28,0

Tarvittaessa riittävän kuormituksen saavuttamiseksi mittauspiirissä voidaan käyttää lisävastuksia. Liittymistehon muuttuessa tulee vaikutus mittauspiirin toision kuormitukseen huomioida.

Jännitemuuntajien vähimmäisvaatimukset esitetään taulukossa 5.

Taulukko 5. Jännitemuuntajien vähimmäisvaatimukset

Tarkkuusluokka	0,2
Ensiön nimellisjännite	20 kV
Toision nimellisjännite	100 V

Jännitemuuntajien ensiöpiireissä ei saa käyttää erotinta tai suurjännitevarokkeita. Niissä tulee olla avokolmioapukäämit ja tähän piiriin on kytkettävä vaimennusvastus.

4.3.2 Mittamuuntajien asennus

Mittaukselle tarvitaan aina oma toisiojohdotus ja suoja-automaatti (2–10 A), johon ei saa kytkeä muita laitteita. Mittausjohdot tulee asentaa selvästi erilleen muista laitteistossa olevista johdoista.

Jännitemuuntajien ja liitäntöjen tulee sijaita energian kulkusuunnassa ennen virtamuuntajia. Mittamuuntajat tulee asentaa siten, että niiden arvokilvet voidaan lukea kojeiston ollessa jännitteinen. Vaihtoehtoisesti mittamuuntajien käytössä oleva muuntosuhde tulee olla merkattuna mittauskennoon selkeästi näkyville.

4.4 Rakennus ja maadoitukset

Carunalla tulee esimerkiksi vikatilanteiden varalta olla laitteistolle pääsy korvauksetta vuorokauden jokaisena aikana. Laitteistolle tulee täten olla selkeä ja esteetön reitti. Kiinteistöissä sijaitsevilla laitteistoilla on suositeltavaa, että laitteistolle pääsee suoraan ulkokautta, esimerkiksi hätäpoistumistien kautta. Tarvittaessa liittymä laatii kohteelle reititiohjeen, joka toimitetaan Carunalle laitteiston käyttöönoton yhteydessä. Ohjeessa tulee selvittää reitin lisäksi mahdollisen vartiointiliikkeen tiedot. Kohteen lukitusten tulee olla Carunan avainsarjassa, tai kohteessa tulee olla putkilukko, joka on sarjoitettu Carunan avaimille, ja josta löytyy avaimet laitteiston ja sille johtavan reitin kaikkiin lukkoihin.

Liittyjä vastaa, että tila soveltuu laitteistolle. Lämmityksen ja ilmanvaihdon tulee olla riittävä, jotta laitteisto ei lämpene liikaa ja sen rakenteille tai käytölle haitallista kosteuden tiivistymistä ei synny. Korkein sallittu lämpötila on 30 °C ja laitteiston tulee toimia ulkolämpötiloissa -40 °C ... + 40 °C.

Laitteiston käytettävyyden kannalta yleisvalaistuksen tulee olla riittävä. Lisäksi laitteistolla tulee olla käyttö- ja huoltotilanteita varten kaksiosainen 16 A:n maadoitettu pistorasiasia.

Jos laitteistossa on muuntajia, tulee niiden öljynkeruu huomioida standardin SFS 6001 Suurjännitesähköasennukset mukaisesti. Samassa standardissa asetetaan myös vaatimuksia tulipalolta suojautumiseen tapauksissa, joissa laitteistolla on muuntajia. Muuntajien vaihto ei saa aiheuttaa keskeytystä Carunan keskijänniteverkossa.

Kiinteistöissä sijaitsevilla laitteistoilla tulee huomioida rakentamismääräykset koskien muun muassa paloturvallisuutta. Hoitokäytävissä, kulkuteissä ja poistumisteissä tulee huomioida standardin SFS6001 vaatimukset. Kaikilla liittymiskaapeleilla tulee olla omat reitit. On suositeltavaa, että kaapelireittien pituus rakennuksen sisällä on mahdollisimman lyhyt ja suora. Kaapelireiteissä on huomioitava myös kaapeleiden pienin sallittu taivutussäde. Kiinteistön rakennuttaja huolehtii kokonaisuudessaan tilan soveltuvuudesta sähkölaitteistolle sekä siitä, että kaikki Carunan vaatimat laitteet mahtuvat tilaan.

Laitteiston maadoitukset tulee suunnitella ja mitoittaa standardien SFS6000 Pienjännitesähköasennukset ja SFS6001 Suurjännitesähköasennukset mukaisesti. Muista järjestelmistä tai muihin järjestelmiin siirtyvät jännitteet tulee huomioida standardin SFS 6001 mukaisesti. Caruna antaa liittyjälle verkon sähköisten arvojen perusteella tavoitteellisen maadoitusimpedanssin arvon Z_e , joka maadoituksen tulee täyttää. Maadoituksen riittävyys todennetaan mittauksin ennen käyttöönottoa. Mittauksesta täytetään pöytäkirja, joka toimitetaan Carunalle.

4.5 Merkinnät sekä laitteistolla sijaitsevat ohjeet ja dokumentit

Laitteiston merkinnät tulee tehdä luotettavasti, selvästi ja yksiselitteisesti siten, että erehdyksen vaaraa eikä turvallisuusriskiä ole. Merkintöjen ja kylttien pitää olla sään ja UV-säteilyn kestäviä. Vastuu merkintöjen asennuksesta ja ylläpidosta on liittyjällä.

Ulkoiset merkinnät sijoitetaan ensisijaisesti siten, että ne näkyvät kohteen tavanomaisista lähestymissuunnista. Seuraavat merkinnät vaaditaan:

- yksilöivät tunnukset (Caruna kertoo)
- asiakasmuuntamo-kyltti
- ”Hengenvaara / Livsfara” -kyltti jokaisessa tilaan vievässä reitissä
- laitteiston sisältäessä SF6-kaasua, merkitään tieto siitä tilan oviin.

Puistomuuntamotyyppisissä rakenteissa vaaditaan edellisten lisäksi seuraavat ulkoiset merkinnät:

- ”Hengenvaara / Livsfara” -kyltti jokaisella sivulla
- pohjavesialueesta kertova merkintä.

Aseman sisällä on oltava ensiapuohjeet suomeksi ja ruotsiksi. Ensiapuohjeen läheisyydessä tulee olla merkittävä kohteen osoitetieto.

Jokaisessa keskijännitekojeiston kennossa tulee olla kytkentäkaavio, josta selviää kojeiden keskinäinen kytkentä. Kojien merkinnät tulee tehdä niiden ohjaimien välittömään läheisyyteen niin, että väärinkäsityksen mahdollisuutta ei ole. Mikäli kennoissa ei ole tehdasvalmisteisesti laitteiden asennonosoitusmerkintöjä, tulee ne lisätä. Kaikki merkinnät pyritään tekemään kiinteisiin osiin. Kennokohtaisesti vaaditaan seuraavat merkinnät:

- yksilöivät tunnukset (Caruna kertoo)
- liittymiskennoihin tieto ”Eroittimia saa ohjata ainoastaan verkonhaltija.”
- muuntajalähdön sulakkeen koko, jos laitteistoa suojaavana pääkytkinlaitteena on varokekuormanerotin.

Laitteistolla tulee olla suomeksi ja ruotsiksi vähintään laitteiston pääkaavio sekä kaikkien laitteiden asennusohjeet, käyttöohjeet ja huolto-ohjeet. Laitteistolla tulee myös tarvittaessa olla käyttöturvallisuustiedote laitteistossa käytetyistä kemikaaleista.

5 Keskiänniteliittymän rakentaminen Carunan verkkoon

Tässä luvussa kuvataan verkonhaltijan näkökulmasta periaatteet, kuinka Carunan verkkoon tilataan, suunnitellaan, rakennetaan ja kytketään keskiänniteliittymä ja sen vaatima asiakkaan laitteisto. Kuvauksen lisäksi esitetään kehitysehdotuksia nykyisiin toimintatapoihin.

Liittymien tyyppi tuo hieman muutoksia toimintatapoihin. Esimerkiksi tilapäisliittymissä liittyjä rakennuttaa itse liittymiskaapelinsa Carunan valvonnassa, kun pysyvissä liittymissä Carunan urakoitsija tekee verkonrakennuksen.

5.1 Liittymän tilaus

Tilatessaan liittymän, asiakkaan tulevasta laitteistosta tarvitaan seuraavat tiedot:

- kohteen osoite
- liittymän koko (kVA)
- tieto siitä, onko kohteeseen tulossa mittauksen takaista keskiänniteverkkoa
- liittymissopimuksen omistaja (Y-tunnus ja tiedot)
- liittymislaskun maksaja (Y-tunnus ja tiedot)
- taho, kenen nimiin sähkö sopimus tehdään
- yhteyshenkilön tiedot
- käytönjohtajan tiedot
- liittymän toivottu kytkemisajankohta.

Liitteinä toimitetaan lisäksi kohteen lähestymiskartta, asemakuva, josta ilmenee laitteiston sijainti ja sähkönsyötön suunta, sekä laitteiston pääkaavio.

Toistaiseksi Carunalla ei ole käytössä keskiänniteliittymän tilaamiseen soveltuvaa sähköistä tilauslomaketta, joka voitaisiin täyttää ja palauttaa suoraan verkkosivun kautta. Liittyjä ottaa yhteyttä asiakaspalveluun, josta hänet ohjataan oikealle taholle, joka pyytää

liittyjältä tarvittavat tiedot. Edellä mainituilla tiedoilla sellainen olisi kuitenkin helppo toteuttaa.

Asiakkaan ilmoittamat tiedot ja palauttamat liitteet tutkitaan sekä tarkastetaan, että ne vastaavat ohjeen vaatimuksia. Tarvittaessa pyydetään lisätietoja kohteesta sekä järjestetään aloituspalaveri.

5.2 Esisuunnittelu

Usein esisuunnittelun tekee Carunan sähköurakoitsija, mutta se voidaan joissain tapauksissa tehdä myös Carunan toimesta toimistotyönä. Urakoitsijan tekemä esisuunnitelma tarkastetaan Carunalla. Esisuunnittelussa määritetään verkon sijainti, johon liitytään sekä liittymiseen vaadittavan verkonrakennuksen kustannus. Lisäksi arvioidaan liittymän toimitusaika. Esisuunnittelussa tehdään myös sähköinen suunnittelu.

Seuraavana on esimerkki verkonrakennuksen kustannuksista:

Asiakas haluaa uuden keskijänniteliittymän, jonka liittymisteho on 1000 kVA. Laitteisto tulee olemaan puistomuuntamotyyppinen. Kohteessa on pelkkää sähkön kulutusta. Näin ollen liittyjältä peritään liittymismaksuna Energiaviraston yksikköhintojen mukaiset verkonrakennuksen kustannukset. Kuvassa 3 esitetään esimerkkikohteen sijainti Carunan sähköverkkoon nähden.



Kuva 3. Esimerkkikohteen sijainti kuvakaappauksena Trimble NIS -verkkotietojärjestelmästä. Sininen katkoviiva kuvaa Carunan keskijännitekaapelia.

Lähin verkon piste on Carunan keskijännitekaapeli ja päätetään, että liittyminen tapahtuu tältä kaapelilta. Tulevan laitteiston etäisyys keskijännitekaapeliin on 50 metriä. Kaapeli on tyyppiä AHXAMK-W 3x185+35, ja se katkaistaan ja jatketaan siten, että se kulkee asiakkaan keskijännitekojeiston läpi. Tässä tapauksessa uudet keskijännitekaapelit tulevat olemaan samaa tyyppiä kuin olemassa oleva kaapeli. Verkon rakentamiseen käytetään siis:

- kaksi kaapelijatkosta
- kaksi 50 metrin pituista tyyppiä AHXAMK-W 3x185+35 keskijännitekaapelia
- yksi 50 metrin pituinen kaapelioja (oletetaan, että kaapelit sijoitetaan samaan ojaan ja maan kaivuolosuhde on helppo).
- kaksi maakaapelin kojeistopäätettä asiakkaan keskijännitekojeistolla.

Kustannusten laskentaa varten on luotu Excel-taulukko, johon täytetään rakennettavan sekä mahdollisesti poistuvan verkon tiedot, ja tuloksena saadaan verkonrakennuksen kustannus Energiaviraston yksikköhinnoin. Taulukossa 6 esitetään Energiaviraston yksiköt ja niiden hinnat edellä mainituille komponenteille sekä esimerkkitapauksessa aiheutuva kustannus [14, s. 109–111]. Tässä tapauksessa kustannukset on laskettu käsin.

Taulukko 6. Energiaviraston määrittelemät yksikköhinnat esimerkkitapauksen komponenteille, sekä kustannus esimerkkitapauksen määrillä.

Komponentti	Yksikkö	Yksikköhinta	Määrä	Kustannus
20 kV jatkos	kpl	1 700 €	2	3 400 €
20 kV maakaapeli 185 mm ²	km	36 200 €	0,1	3 620 €
Maakaapelioja - helppo olosuhde	km	10 700 €	0,05	535 €
20 kV kojeistopääte	kpl	1 100 €	2	2 200 €

Verkonrakennuksen kokonaiskustannus on Energiaviraston yksikköhinnoin siis 9755 euroa. Tämä summa sekä liittymistehoa vastaava kapasiteettivarausmaksu peritään liittyjältä liittymismaksuna.

Esisuunnittelun tulos ilmoitetaan liittyjälle ja laaditaan liittymissopimus, jonka liittyjä allekirjoittaa ja palauttaa. Kohteen sijainnin ollessa nyt selvillä, voidaan vaadittu maadoitusimpedanssi Z_e määrittää ja ilmoittaa liittyjälle. Myös suojaavien releiden asetellut voidaan määrittää ja verkonrakennus tilata.

5.3 Releasetteluiden määrittäminen

Asiakkaiden laitteistojen suojausten tulee olla selektiiviset sähkönjakeluverkon suojausten kanssa. Mikäli asiakkaan laitteistoa tulee suojaamaan varokekuormanerotin, varmistetaan, että sen sulakkeen mitoitus vastaa kohteen näennäistehoa.

Releohjatun katkaisijan tapauksessa liittyjälle annetaan suojauksen kannalta tarvittavat verkon tiedot sekä releasetteluille raamit, joiden rajoissa asiakkaan suojaus on Carunan suojausten kanssa selektiivinen. Näiden tietojen perusteella asiakas määrittelee itse omat releasettelunsa. Seuraavassa esitetään esimerkkiraamit, jos kyseessä olisi kohde, jossa energiamittauksen takaista keskijänniteverkkoa ei olisi merkittävästi.

Asettelyehdotus, ylivirtasuojaja $3I_{>}$ (aikalaukaisu), $3I_{>>}$ (momenttilaukaisu):

- $3I_{>} = 1,5\text{--}2,5 \times I_n$ (asiakkaan muuntajien yhteenlaskettu nimellisvirta).
- $t_{>} = 0,3 \text{ s}$.
- $3I_{>>} = 10\text{--}12 \times I_n$ (asiakkaan muuntajien yhteenlaskettu nimellisvirta).
- $t_{>>} = 0,0 \text{ s}$.

Asettelyehdotus, suuntaamattoman maasulkusuojaja $I_{0>}$ (aikalaukaisu):

- $I_{0>} = 1\text{--}2 \text{ A}$ (enintään syöttävän johtolähdön asetteluarvo).
- $t_{>} = 0,3 \text{ s}$.

Joissain tapauksissa asiakkaan laitteistolla voi olla vaikutuksia myös jakeluverkon suo-
jaukseen. Esimerkiksi sähköaseman syöttävän johtolähdön katkaisijan releen moment-
tilaukaisulle voidaan joutua asettamaan hidastusta, jos asiakkaan laitteiston kolmivaihei-
nen vikavirta on niin suuri, että sähköaseman rele havahtuu vian tapahtuessa.

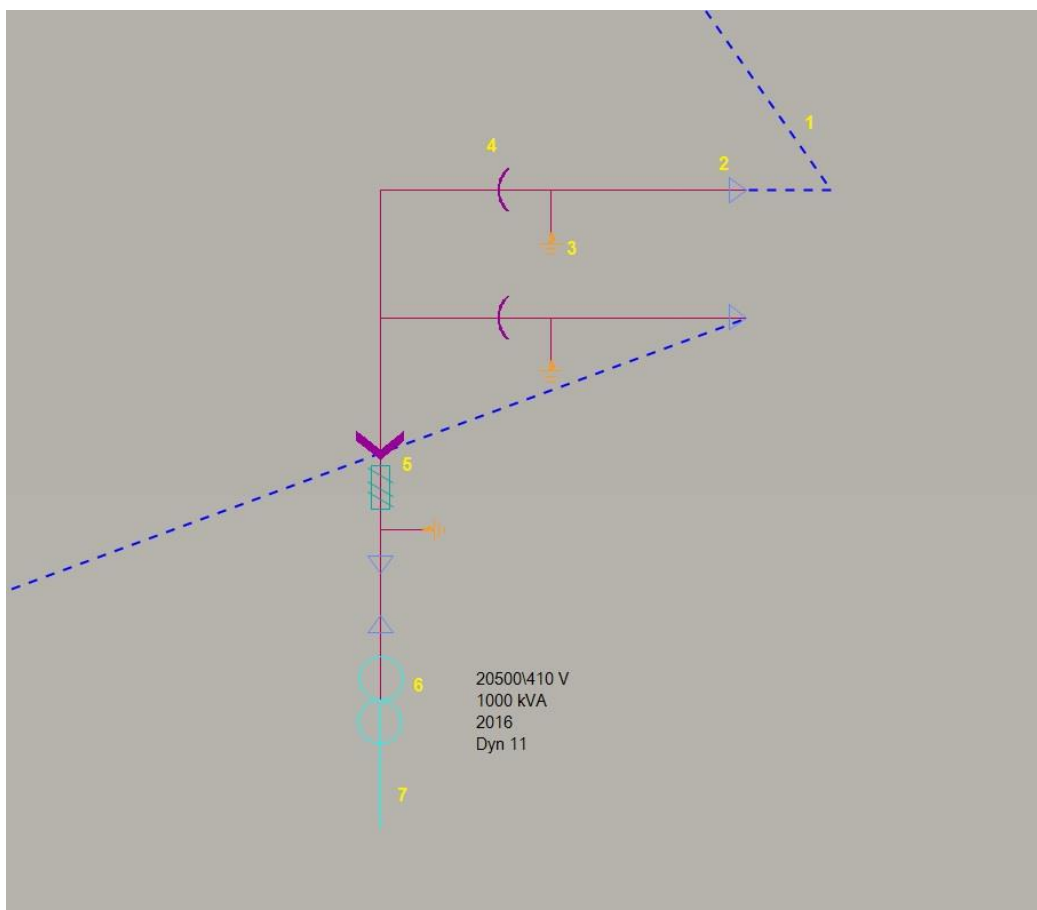
5.4 Verkonrakennus ja dokumentointi verkkotietojärjestelmään

Carunan urakoitsija tekee kohteeseen esisuunnittelua tarkemman maastosuunnittelun,
jossa päätetään lopullisesti muun muassa kaapelien reitit. Maastosuunnittelussa urakoit-
sija tekee Trimble NIS -verkkotietojärjestelmään suunnitelman, jonka perusteella verkko
lopulta rakennetaan. Valmis maastosuunnitelma tarkastetaan Carunalla, ja kun se on
hyväksytty, voi urakoitsija aloittaa verkonrakennuksen.



Kuva 4. Esimerkki asiakkaan laitteiston dokumentoinnista. Tässä tapauksessa kyseessä on muuntamo. Järjestelmään on dokumentoitu keskijännitekaapeleiden jatkokset (1), keskijännitekaapelit (2) sekä muuntamo (3).

Kuvassa 4 on esitetty esimerkki laitteiston verkkokarttadokumentaatiosta. Tämän lisäksi asiakkaan laitteiston pääkaavio dokumentoidaan järjestelmään osittain. Kuvassa 5 on esimerkki pääkaavion dokumentaatiosta.

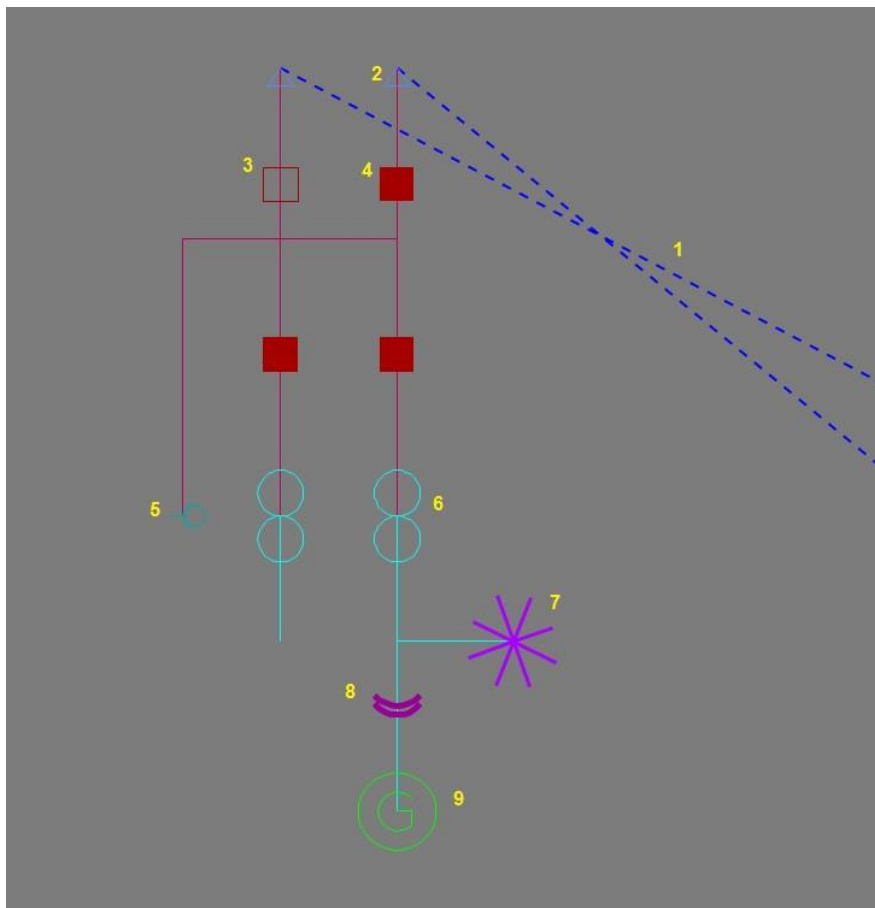


Kuva 5. Esimerkki asiakkaan omistaman muuntamon pääkaavion dokumentaatiosta Trimble NIS:ssä. Komponenttien tunnukset ja nimet on piilotettu. Dokumentoituna on keskijännitekaapelit (1), niiden kaapelipäätteet (2), maadoituserottimet (3), kuormanerotitimet (4), muuntajaa suojaava varokekuormanerotin ja sen sulake (5), muuntaja (6) sekä asiakkaan verkko (7).

Kaikille komponenteille voidaan dokumentoida kuvissa näkyvien tietojen lisäksi erinäisiä teknisiä tietoja. Vaikka asiakkaalla olisi useita muuntajia, dokumentoidaan ne usein yhtenä muuntajana, jolloin niiden näennäistehot lasketaan yhteen. Tilanteita, joissa liittymispisteen takainen verkko tuottaa merkittävästi maasulkuvirtaa, on luotu järjestelmään kaapelityyppi nimeltään maasulkuvirran generointikaapeli, jolle voidaan syöttää verkon tiedot ilman, että verkkoa tarvitsee dokumentoida kokonaisuudessaan.

Carunalla on oman verkkonsa dokumentoinnista olemassa tarkat ohjeet. Keskijänniteliittymien liittymiskaapelit ovat verkonhaltijan omaisuutta ja niistä dokumentoidaan kaikki tarvittavat tiedot. Asiakkaiden laitteistojen dokumentaatiosta ei puolestaan ole olemassa selvää ohjeistusta. Vaikka asiakkaan laitteisto ei yleisesti kosketa verkonhaltijaa, olisi niistä kuitenkin hyvä dokumentoida tärkeitä tietoja. Esimerkkikaavion tapauksessa ei tie-

detä, minkälaista kulutusta asiakkaan verkossa on. Mikäli varokeuormanerotimen tilalla olisi katkaisija, ei pelkän kaavion perusteella voitaisi tietää, onko kohteessa esimerkiksi sähkön tuotantoa. Joissain tapauksissa tuotanto voi tosin olla dokumentoitu verkko-tietojärjestelmään generaattorina, kuten havaitaan kuvasta 6.



Kuva 6. Trimble NIS -esimerkkikaavio asiakkaan laitteistosta, jossa on sähkön tuotantoa. Komponenttien tunnuksien ja nimien on piilotettu. Kaaviosta on dokumentoitu keskijännitekaapelit (1), kaapelipäätteet (2), katkaisija auki-asennossa (3), katkaisijat kiinni-asennossa (4), jännitemuuntaja (5), muuntajat (6), liittymän symboli (7), kuormanerotin auki-asennossa (8) ja sähkön tuotanto yhtenä generaattorina (9).

Releasetteluja ei aina dokumentoida verkkotietojärjestelmään, vaan tiedot niistä kerätään aluekohtaisiin Excel-tiedostoihin. Asiakkaiden releiden tiedot ovat kuitenkin puutteellisia. Kuvan 6 kohteessa olevien katkaisijoiden releitä ei ole dokumentoitu verkkotietojärjestelmään, eivätkä niiden asetukset ole muuallakaan tiedossa. Ei voida siis olla varmoja, onko asiakkaan suojaus selektiivinen verkon suojausten kanssa: jos asiakkaan laitteistossa tapahtuu vika, ei tiedetä, erottaako asiakkaan katkaisija vian, vaan mahdollisesti suojaus toimii vasta syöttävän verkon katkaisijalla.

Seuraavassa on ehdotus tulevaisuudessa dokumentoitavista vähimmäistiedoista:

- 20 kV:n pääkaavio dokumentoidaan kokonaisuudessaan. Komponenteilta vaaditaan samat ominaistiedot kuin Carunan omilta komponenteiltakin.
- Liittymispisteen takainen maasulkuvirta dokumentoidaan tarvittaessa maasulkuvirran generointikaapelilla.
- Liittymällä mahdollisesti oleva pientuotanto dokumentoidaan generaattorina.
- Katkaisijoiden releet dokumentoidaan asetteluineen.

5.5 Käyttöönotto

Asiakkaan laitteistoin rakentaneen urakoitsijan tulee tehdä kohteelle käyttöönottotarkastus, josta täytetään pöytäkirja. Jos kohteessa on suojaavia releitä, tulee niille tehdä koestukset ennen käyttöönottoa. Myös koestuksista täytetään pöytäkirjat, joista tulee selvittää käyttöön otettavat releasettelut. Pöytäkirjat käyttöönottotarkastuksesta ja relekoestuksista palautetaan Carunalle.

Asiakkaan sähköurakoitsija tekee yleistietolomakkeella kytkentäpyynnön Carunalle. Kohteen kytkemisestä verkkoon tehdään tilaus. Samalla tilauksella asennetaan energiamittari ja tarkastetaan, että asiakkaan mittauslaitteisto täyttää sille asetetut vaatimukset. Mittauslaitteiston tarkastusta ei kuitenkaan voida tehdä, jos kohteella ei ole heti käyttöönoton jälkeen sähkön kulutusta. Näin ollen liittyjän mittausratkaisu voidaan joutua tarkastamaan myöhempänä ajankohtana erillisellä tilauksella.

Caruna tai Carunan sähköurakoitsija laatii kytkentäsuunnitelman, jolla laitteisto kytketään verkkoon. Suunnitelma tarkastetaan vielä Carunalla ennen sen toteutusta. Asiakkaan laitteisto kytketään verkkoon kytkentäsuunnitelman mukaisesti Carunan käyttökeskuksen johtamana.

5.6 Carunan kohteeseen tekemä tarkastus

Caruna on ulkoistanut projektinvalvontapalvelut kolmannelle osapuolelle. Jatkossa olisi tarkoitus, että Carunan omien verkonrakennushankkeiden lisäksi myös asiakkaiden uu-

sia laitteistoja tarkastettaisiin soveltuvin osin. Näiden tarkastuksien tarkoitus on varmistaa, että laitteisto on turvallinen käyttää, eikä se aiheuta häiriötä sähköjakeluverkon toimintaan. Tarkastuksen tarkoitus ei ole varmistaa kokonaisuudessaan, että laitteisto täyttää standardien ynnä muiden vaatimukset, vaan se kuuluu laitteiston käyttöönotto- ja varmennustarkastuksiin. Mikäli kuitenkin Carunan tarkastuksessa havaitaan joku vakava virhe, jota ei ole esimerkiksi käyttöönottotarkastuksessa huomattu, tulee asiaan puuttua ja tarvittaessa laitteiston käyttöönottoa siirtää, jotta virhe voidaan korjata.

Tarkastuksia varten Carunalla on käytössä verkkoselainpohjainen raportointipalvelu, jossa tarkastaja täyttää tarkastuskohdetta vastaavan pöytäkirjan, jolle voidaan liittää myös valokuvia. Tarkastuksen jälkeen palvelussa on Carunan henkilöstölle nähtävissä täytetty pöytäkirja ja sen liitteet. Erilaisille tarkastuskohteille on luotu erilaisia pöytäkirjapohjia. Seuraavana kuvataan esimerkkinä puistomuuntamon tapauksessa tarkastettavat asiat:

- muuntamon ulkopuolinen rakenne ja merkinnät
- muuntamon maanrakennustyöt
- muuntajatilän maadoitukset
- muuntajatilän kaapelit
- muuntajatila yleinen
- keskijännitekojeisto
- keskijännitekojeiston merkinnät ja vertaus kaavioon
- pienjännitekojeisto
- pienjännitekojeiston merkinnät ja vertaus kaavioon
- pienjännitetilän maadoitukset
- keskitin
- sisäpuolinen rakenne
- käyttöönottopöytäkirjat ja tarvittavat lomakkeet.

Esimerkin mukainen pöytäkirja ei ole soveltuva asiakkaan laitteistojen tarkastamiseen aiemmin mainituista syistä ja asiakkaiden laitteistoja varten tulisi järjestelmään luoda

uusi pöytäkirja. Seuraavana esitetään ehdotus asiakkaan laitteiston tarkastuslomakkeen sisällöstä.

- liittymiskaapelit
- pääsy laitteistolle
- ulkoiset merkinnät
- keskijännitekojeiston ominaisuudet
- keskijännitekojeiston merkinnät
- energiamittaus
- tila (lämmitys, ilmanvaihto, valaistus, pistorasia)
- kohteessa sijaitsevat ohjeet.

Carunan sähköurakoitsija on rakentanut laitteiston liittymiskaapelit. Niistä tarkastettaisiin seuraavat asiat:

- mahdolliset kaapelijatkot, jos maatäyttöä ei vielä ole tehty
- mahdolliset kaapelipäätteet (jos rakennettu kaapeli lähtee Carunan muuntamolta tai sähköasemalta)
- kaapelin syvyys, jos maatäyttöä ei vielä ole tehty
- kaapelien merkinnät, jos ne on mahdollista tarkastaa
- jälkityöt (siisteys, ym.).

5.7 Käyttöönoton jälkeen

Käyttöönoton jälkeen laitteiston haltijan tulee huolehtia, että kohteelle tehdään varmennustarkastus kolmen kuukauden kuluessa, kun kyseessä on luokan 2C sähkölaitteisto. Varmennustarkastuksen saa tehdä Turvallisuus- ja kemikaaliviraston valtuuttama tarkastaja tai valtuutettu tarkastuslaitos. Sähkölaitteiston rakentanut tai rakentamisesta vastannut sähköurakoitsija voi tosin tehdä varmennustarkastuksen, mikäli sillä on siihen erikseen myönnetty oikeus. [10, s. 6–7.]

Laitteistolle tulee lisäksi laatia kunnossapito-ohjelma, johon sisältyy laitteiston turvallisuuden ja toiminnan varmistamiseksi tehtävät toimenpiteet. Kunnossapito-ohjelman toteutumista seurataan määräaikaistarkastuksilla, joiden määrätty väli on luokan 2C laitteistolla 10 vuotta. Sähkölaitteiston haltija huolehtii, että tarkastukset tehdään määrättyin välein. [10, s. 5, 8.]

Carunalla on oikeus suorittaa verkon käyttötoimenpiteiden vaatimia kytkentöjä liittäjän laitteistossa. Liittäjän tulee puolestaan ilmoittaa Carunalle muutokset laitteiston käyttöjohtajuudessa. Liittäjä ei saa tehdä laitteistossa omatoimisesti kytkentöjä, eikä myöskään releasetteluita saa muuttaa ilman yhteydenpitoa Carunaan.

6 Jatkotoimet

6.1 Ohjeen julkaisu ja koulutukset

Insinööriyössä tehty ohje pitää vielä ennen sen voimaantuloa hyväksyttää Carunalla teknisillä asiantuntijoilla. Tämän jälkeen ohje julkaistaan Carunan verkkosivuilla, jossa se on luettavissa keskijänniteliittyjille ja heidän sähköurakoitsijoilleen. Luultavasti ohjeen voimaantulon jälkeen myös liittyjiltä tulee kommentteja ohjeen sisältöön liittyen ja sitä tulee tarvittaessa päivittää.

Carunan verkkosivujen keskijänniteliittymistä kertova informatiivinen osio päivitetään. Siinä tullaan kertomaan muun muassa tilanteista, joissa keskijänniteliittymän hankintaa on syytä pohtia. Lisäksi kerrotaan liittymän hankintaan liittyvät vaiheet sekä opastetaan liittijää lakien asettamista vaatimuksista koskien sähkölaitteistoa.

Keskijänniteliittymistä järjestetään koulutukset niiden parissa työskenteleville Carunan ja sen sähköurakoitsijoiden henkilöstölle. Koulutuksissa käydään ohjeesta verkonhaltijan näkökulmasta erityistä huomiota vaativat vaatimukset läpi sekä kerrataan keskijänniteliittymien toimitusprosessin vaiheet ja roolit.

6.2 Asiakkaiden omistamien laitteistojen nykytila

Carunan verkossa on verkkotietojärjestelmän dokumentoinnin perusteella asiakkaiden omistamia keskijännitelaitteistoja 813 kappaletta, joista kaikki on dokumentoitu järjestelmään muuntamoina. Uusia asiakkaiden omistamia keskijännitelaitteistoja liitetään Carunan verkkoon keskimäärin noin 15 kappaletta vuosittain. Suurin osa näistä keskijänniteliittymistä on kulutusliittymiä, joissa ei ole sähkön pientuotantoa.

Insinöörityössä tehdyn ohjeen ja luvun 5 huomioiden avulla taattaisiin melko hyvin se, että uudet verkkoon liitettävät asiakkaiden keskijännitelaitteistot olisivat asianmukaisia ja Carunalla olisi asianmukaiset tiedot laitteistoista. Vanhoilta laitteistoilta ei pääosin voida edellyttää uusia vaatimuksia, mutta jonkunlainen ongelma on se, että monien laitteistojen dokumentaatio ei ole luotettavaa. Tämä voi johtaa ongelmatilanteisiin esimerkiksi verkon häiriöissä, kun häiriön aiheuttaja voi olla asiakkaan laitteisto ilman, että Caruna tietää vian aiheuttajaa.

Jos asiakkaiden laitteistoista halutaan saada tiedot päivitettyä, tulisi ensin toimistotyönä kartoittaa vähintään ne kohteet, joissa pääkaavion osalta dokumentointi on puutteellinen, releasettelut eivät ole tiedossa tai kiinteistössä sijaitsevien laitteistojen reittiohjetta ei ole. Kun nämä kohteet ovat tiedossa, voisi puuttuvia tietoja selvittää ensisijaisesti laitteistojen käytönjohtajilta ja vasta sen jälkeen tarvittaessa selvittää tiedot käymällä laitteistolla ja tekemällä dokumentoinnit verkkotietojärjestelmään.

7 Yhteenveto

Insinöörityön tarkoituksena oli laatia yleinen ohje, jossa käydään läpi asiakkaiden 20 kilovoltin laitteistoja koskevat Carunan asettamat vaatimukset ja jonka perusteella keskijänniteliittyjä tietää, mitä asioita laitteistosta tulee näiden vaatimusten lisäksi huomioida. Työn lopputuloksena saatiin tehtyä kyseinen ohje.

Työn yhteydessä saatiin myös tehtyä joitakin kehitysehdotuksia, joiden avulla varmistetaan, että asiakkaiden laitteistot ovat verkonhaltijan näkökulmasta asianmukaisia ja Caruna saisi laitteistoista tarvittavat tiedot dokumentoitua. Kehitysehdotukset esitetään työn tilaajan kyseisten asioiden vastuuhenkilöille.

Keskijänniteliitymissä on laitteistojen teknisten asioiden osalta erittäin paljon huomioitavaa erilaisista asioista ja ohjeen teossa tarvittiin huomattavasti apua eri tahoilta. Työssä tehdystä ohjeesta olisi voinut tehdä yksityiskohtaisemman, mutta tämä olisi johtanut siihen, että ohjeen julkaisija ottaisi itselleen vastuuta siitä, että laitteisto täyttää lakien ja standardien vaatimukset. Tämä vastuu kuuluu aina sähkölaitteiston haltijalle.

Lähteet

- 1 Caruna. 2016. Caruna yritysesitys 2016. Yrityksen sisäinen dokumentti.
- 2 Sähköverkon haltijat. Verkkodokumentti. Energiavirasto. <<https://www.energiavirasto.fi/sahkoverkon-haltijat>>. Luettu 20.10.2016.
- 3 Carunan jakeluverkkoalueet. Verkkodokumentti. Caruna. <https://caruna-cms-prod.s3-eu-west-1.amazonaws.com/styles/full/s3/suomi_kartta_jakelualueet_caruna_rgb_fi2.jpg?2dZX5Q5VJaylCacOTjk3arTXeVlJEJs&itok=uVKGTbyh>. Luettu 20.10.2016.
- 4 Energiateollisuus ry:n suosittelemat liittämisehdot LE 2014. Verkkodokumentti. Energiateollisuus ry. <http://energia.fi/files/1052/Liittämisehdot_LE_2014_20160118.pdf>. Luettu 20.10.2016.
- 5 Päätökset sähkönkäyttöpaikkojen liittämisestä perittävien maksujen määrittämistä koskevien menetelmien vahvistamisesta. Energiavirasto. 27.1.2011.
- 6 Päätökset tuotannon liittämisestä perittävien maksujen määrittämistä koskevien menetelmien vahvistamisesta. Energiavirasto. 27.1.2011.
- 7 Sähkömarkkinalaki. 588/9.8.2013.
- 8 Päätökset sähkönkäyttöpaikkojen liittämisestä perittävien maksujen määrittämistä koskevien menetelmien vahvistamisesta, liite 1: Menetelmät verkonhaltijan sähkönkäyttöpaikkojen liittämisestä perittävien maksujen määrittämiseksi. Energiavirasto. 27.1.2011.
- 9 Päätökset tuotannon liittämisestä perittävien maksujen määrittämistä koskevien menetelmien vahvistamisesta; liite 1: Menetelmät verkonhaltijan tuotannon liittämisestä perittävien maksujen määrittämiseksi. Energiavirasto. 27.1.2011.
- 10 Ohje S4-2011 Sähkölaitteistot ja käytönjohtajat. 2011. Verkkodokumentti. Turvallisuu- ja kemikaalivirasto. <http://www.tukes.fi/Tiedostot/julkaisut/Tukes_ohjeS42011.pdf>. Luettu 20.10.2016.
- 11 Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös sähköalan töistä. 516/5.7.1996.
- 12 Sähköturvallisuuslaki. 410/14.6.1996.
- 13 Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös sähkölaitteistojen käyttöönotosta ja käytöstä. 517/14.6.1996.

- 14 Energiavirasto. Valvontamenetelmät neljännellä 1.1.2016 - 31.12.2019 ja viidennellä 1.1.2020 - 31.12.2023 valvontajaksolla. 2015. Verkkodokumentti. Energiavirasto. <https://www.energiavirasto.fi/documents/10191/0/Liite_2_Valvontamenetelm%C3%A4t_S%C3%A4hk%C3%B6jakelu.pdf/c48d64d7-4364-4aa1-a91b-9e1cf1167936>. Luettu 20.10.2016.