



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Miikka Träskelin

Sähköverkon rakentamisen ja kunnos- sapidon laadunvalvonta

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Talotekniikka

Insinöörityö

20.4.2020

Tekijä Otsikko	Miikka Träskelin Sähköverkon rakentamisen ja kunnossapidon laadunvalvonta
Sivumäärä Aika	24 sivua + 2 liitettä 20.4.2020
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	talotekniikka
Ammatillinen pääaine	sähköinen talotekniikka
Ohjaajat	johtaja Toni Seppänen lehtori Matti Sundgren
<p>Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tuottaa palvelukuvaus ja prosessikaaviot sähköverkon rakentamisen ja kunnossapidon valvontaa varten. Tavoitteena oli saattaa toimeksiantajan käyttöön kilpailukykyinen tuote asiantuntijapalveluiden myynnin tueksi.</p> <p>Opinnäytetyötä varten kerättiin paljon tietoa suoraan alan asiantuntijoilta. Tämän lisäksi hyödynnettiin menneistä ja nykyisistä asiakassuhteista ja -kontakteista kertynyttä tietoa markkinan tarpeista. Saatu tieto jäseneltiin ensin palvelukuvaukseksi, jonka perusteella lähdettiin luomaan prosessikaavioita palvelukuvauksen tueksi.</p> <p>Opinnäytetyön lopputuloksena saatiin rakennettua selkeä palvelukuvaus ja prosessikaaviot sähköverkon rakentamisen ja kunnossapidon laadunvalvontaan. Lopputulos on valmis tuote hyödynnettäväksi markkinoinnissa, ja se tukee myös toimeksiantajan tavoitteita ja strategiaa.</p> <p>Tässä opinnäytetyöprosessissa luotu tuote on yksi tuote lisää laajaan portfolioon. Tätä tuotetta tullaan jatkokehittämään ja jalostamaan, ja raportin loppuosassa on käsitelty mahdolliset kehityskohteet palvelun ja tuotteen laajentamiseksi ja parantamiseksi.</p>	
Avainsanat	laadunvalvonta, sähköverkko, kunnossapito

Author Title Number of Pages Date	Miikka Träskelin Quality Control of Construction and Maintenance of Power Grids 24 pages + 2 appendices 20 April 2020
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Building Services Engineering
Professional Major	Electrical Engineering for Building Services
Instructors	Toni Seppänen, Director Matti Sundgren, Senior Lecturer
<p>The purpose of this thesis was to produce a service description and process diagrams for quality control of the construction and maintenance of the power grids. The goal was to provide the commissioning company with a competitive product to support the sales of expert services.</p> <p>A lot of the information for this thesis was collected directly from the experts of this field. In addition, information on market needs from past and current customer relationships and contacts was utilized. The information was first structured into a service description, which led to the creation of process diagrams to support the service description.</p> <p>The end-result of this thesis was a product which includes a service description and process diagrams for the quality control of the construction and maintenance of power grids. The product is a ready-to-use tool for marketing purposes, and it also supports the commissioning company's business goals and strategy.</p> <p>The product created in this thesis is another new product added to a large portfolio. This product will be further developed and refined, and the remainder of the thesis report addresses possible areas for improvement to expand and improve the service and product.</p>	
Keywords	Quality control, power grids, maintenance

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Sähköverkon rakentamiseen ja kunnossapitoon liittyvät standardit ja määräykset	2
2.1	Muuntamot	2
2.1.1	Turvallisuus	3
2.1.2	Sijoittelu	3
2.2	Pylväsnousut	5
2.3	Jakokaapit	5
2.4	Kaapelireittien syvyys- ja sijaintipoikkeamat sekä suojausrakenteet	6
2.5	Kunnossapitoraivaus	7
3	Rakentamisen ja kunnossapidon käytännön tarkastaminen (maastossa)	8
3.1	Muuntamot	8
3.2	Pylväsnousut	9
3.3	Jakokaapit	11
3.4	Kaapelireittien syvyys- ja sijaintipoikkeamat	11
3.5	Ympäristöhavainnot	12
3.6	Purkutyöt	13
3.7	Kunnossapitoraivaus	13
4	Insplan Oy:n laadunvalvontatyökalut	15
4.1	Palvelun nykytilanne	15
4.2	HSEQ-työkalut ja palvelut	15
4.2.1	Quentic	15
4.2.2	Buildie	16
4.2.3	HeadPower	16
4.2.4	Flyspect	17
5	Palvelukuvauksen ja prosessikaavion luominen	18
5.1	Tarpeiden kartoittaminen	18
5.2	Palvelukuvauksen sisällön luominen	18

5.3	Palvelut	19
5.3.1	Rakennuttamispalvelu	19
5.3.2	Projektivalvonta	19
5.3.3	Turvallisuuskoordinointi	20
5.3.4	Suunnittelupalvelu	20
5.4	Prosessikaavion luominen	21
6	Yhteenveto	22
	Lähdeluettelo	23
	Liitteet	
	Liite 1. Palvelukuvaus	
	Liite 2. Prosessikaaviot	

Lyhenteet

AMKA Alumiinijohtiminen riippukierrekaapeli

ELY-keskus Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus

GPS Global Positioning System. Maailmanlaajuisesti käytetty paikannusjärjestelmä

HSEQ Health, Safety, Environment & Quality. Turvallisuus- ja laadunvarmistusmittaus

KJ Keskijännite

PJ Pienjännite

1 Johdanto

Energiainfran alalla on käynnissä suuri murros, jossa verkkoyhtiöt siirtävät toimintojaan omille palveluyrityksilleen ja täysin uusille kumppaniyrityksille. Aikaisemmin verkkoyhtiö hoiti usein itse kaiken omaisuudenhallinnan, suunnittelutyön ja rakennuttamisen. Itse verkonrakentaminen on siirtynyt useilta verkkoyhtiöiltä joko omille urakointiyhtiöille tai ulkopuolisille urakointiyhtiöille jo selvästi aiemmin.

Täysin uusi liiketoiminta-ala vaatii täysin uusia toimintamalleja ja palveluita. Kilpailutuksella valittu kumppaniyritys voi ottaa hoitaakseen niin omaisuudenhallinnan, verkoston yleissuunnittelun, sähköteknisen suunnittelun, rakennuttamisen ja projektivalvonnan sekä turvallisuuskoordinoinnin.

Tähän uuteen markkinaan liittyen työn tarkoituksena oli luoda toimeksiantajalle Insplan Oy:lle kattava palvelukuvaus sähköverkon rakentamisen ja kunnossapidon laadunvalvontaan. Työssä käydään myös läpi palvelun nykytilaa ja selvitetään, miten sitä voitaisiin kehittää.

Insplan Oy on valtakunnallinen projektinjohto- ja suunnittelutalo. Insplan Oy:n päätoimipiste sijaitsee Porvoossa. Muita toimipisteitä ovat Imatra, Joensuu, Seinäjoki, Turku ja Kuusamo. Tämän lisäksi Insplan Oy:ssä työskentelee useita etätöntehtäjiä, jotka tekevät töitä pääasiallisesti kotoa käsin. Tällaisia henkilöitä on Helsingissä, Espoossa, Tampereella, Hollolassa, Jyväskylässä ja Suonenjoella.

Insplan Oy on perustettu vuonna 2015, ja kasvu on ollut nopeaa. Vuoden 2019 lopussa Insplan Oy:ssä oli n. 50 työntekijää, joista selvästi suurin osa asiantuntijatehtävissä. Insplan Oy tarjoaakin ensisijaisesti sähkö-, tietoliikenne- ja katuvalaistusverkkojen koko elinkaareen liittyviä asiantuntijapalveluita. Vuoden 2019 lopussa suurin liiketoiminta-ala oli sähköverkot, jonka jälkeen toisena katuvalaistusverkot ja kolmantena tietoliikenneverkot. (10)

2 Sähköverkon rakentamiseen ja kunnossapitoon liittyvät standardit ja määräykset

Laitteistosta täytyy olla asennusta, käyttöönottoa, käyttöä, kunnossapitoa ja ympäristöasioita dokumentaatio, jonka kielestä ja laajuudesta päätetään toimittajan ja käyttäjän kesken. Tämä koskee jäljempänä käsiteltäviä laitteistoja kuten muuntamot ja jakokaapit. Lisäksi rakentamisen ja purkutöiden aikana on oltava käytettävissä riittävän tasoinen dokumentaatio asennusten ja purkutöiden suorittamista varten. (1, s. 49.)

Laitteiston osat tulee merkitä käytöstä johtuvien virheiden ja tapaturmien välttämiseksi. Kaikki tärkeät osat tulee merkitä. Tällaisia osia ovat esimerkiksi muuntajan kiskostot, kytkinlaitteet sekä johtimet. (1, s. 50.)

2.1 Muuntamot

Muuntamo on laitteisto, jolla muutetaan sähköverkon jännite sopivaksi. Suomessa tyyppillinen jakelumuuntaja muuntaa jakeluverkon 20 kV:n jännitteen 400 V:n pienjännitteeksi. Suomessa on joitakin verkkoyhtiöitä, jotka käyttävät 20 kV:n verkon ja 400 V:n verkon välissä 1 kV:n jakelujännitettä. Tästä on hyötyä, kun siirtomatkat 400 V:n järjestelmällä olisivat liian pitkiä. Joillain alueilla on myös käytössä 10 kV:n jakelujännite 20 kV:n verkon tilalla. (2)

Tyypilliseen puistomuuntamolaitteistoon kuuluu jakelumuuntaja, keskijännitekennosto (KJ-kennosto) ja pienjännitekennosto (PJ-kennosto). PJ-kennostossa sijaitsee muuntamon PJ-lähdöt. Laitteisto on koteloitu, ja mikäli se sijaitsee pohjavesialueella, sen alla saattaa olla pohjaveden suojausta varten muuntajaöljyn keruallas.

Tyypilliseen pylväsmuuntamolaitteistoon kuuluu jakelumuuntaja, joka on nostettu pylväiden varaan pois tavallisten ihmisten ulottuvista. KJ-ilmajohdot kytketään jomppikaapeleilla suoraan muuntajaan. Muuntajan PJ-puolelta viedään syöttökaapelit pylväsvarokeytkimille, jotka ovat tässä tapauksessa pylväsmuuntajan PJ-keskus.

2.1.1 Turvallisuus

Laitteiston jännitteiset osat ja sellaiset osat, joilla on vain toiminnallinen eristys, täytyy suojata tahattomalta kosketukselta. Jännitteisten osien jännitealueelle ulottuminen tulee myös estää. Laitteistoissa voi olla useita paljaita jännitteisiä osia, kuten kosketeltavat kiskostot, tai kaapelit, joiden metallivaipat tai kosketussuojat on poistettu. Lisäksi kaapelipäätteiden, eristimien, kondensaattorien ja muuntajien komponenttien kuorissa sekä pinnoissa voi olla vaaralliseksi luokiteltava jännite käytön aikana.

Kosketussuojauksen voi toteuttaa sähkölaitteen koteloinnilla, suojuksella tai sijoittamalla jännitteiset osat pois kosketusetäisyydeltä. Sähkötilojen ulkopuolella suojausmenetelmänä saa käyttää vain sijoittamista kotelointiin tai pois kosketusetäisyydeltä. (1, s. 63.)

2.1.2 Sijoittelu

Muuntamon sijoituspaikka täytyy olla huolellisesti valittu. Standardin mukaan tyypillinen öljyeristeinen öljytilavuudeltaan 200–2 000 litran muuntamo tulee sijoittaa vähintään 3 metrin päähän palonkestävistä rakennuspinnoista sekä toisista muuntamoista ja vähintään 8 metrin päähän syttyvistä rakennuspinnoista. Öljytilavuudeltaan 2 000–20 000 litran muuntaja täytyy sijoittaa 5 metrin päähän palonkestävistä rakennuspinnoista sekä toisista muuntamoista ja vähintään 10 metrin päähän syttyvistä rakennuspinnoista. (1, s. 70.)

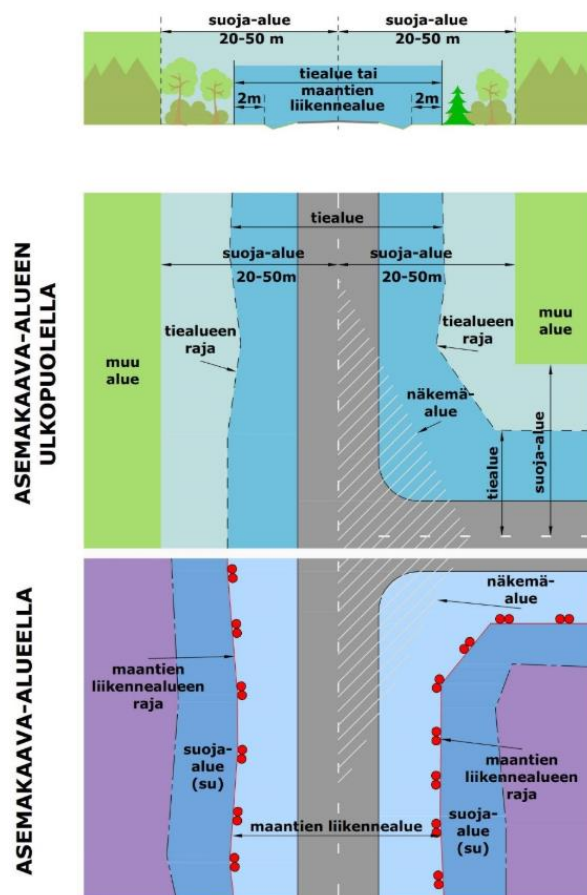
Lisäksi sijoittelussa tulee ottaa huomioon kyseisen kunnan rakennusjärjestys, jossa saattaa olla vaatimuksia esimerkiksi siitä, mille etäisyydelle rajoista ja rakennuksista muuntamon saa sijoittaa, ja vaaditaanko siihen naapureiden kuulemista. Tavanomaisia etäisyyksiä on vähintään 1 metri rajasta, ja jos muuntamo sijoitetaan alle 4–5 metrin päähän rajasta, pyydetään myös naapurilta lausunto muuntamon sijoitukselle.

Tien varsille sijoittaminen on pääsääntöisesti sallittua, kun noudatetaan sopivia turvetäisyyksiä. Tyypillinen etäisyys yksityistiestä on 2–3 metriä tien ojan ulkoreunasta muuntamon reunaan. Jotkin kunnat määrittelevät myös etäisyyden yksityistiestä, ja vaatimukset mikäli muuntamo sijoitetaan vaadittua etäisyyttä lähemmäksi tietä. Muuntamoa ei saa sijoittaa näkemäalueelle. (3)

Liikenneviraston hallinnoimilla teillä noudatetaan ELY-keskuksen antamia ohjeistuksia. Tyypilliset suojaetäisyydet maanteiden varsilla ovat seuraavat:

- seutu- ja yhdystiet 20 metriä
- valta- ja kantatiet 30 metriä
- moottori- ja moottoriliikennetiet 50 metriä.

Etäisyys lasketaan lähimmän ajoradan keskikohdasta muuntamon reunaan. ELY-keskukselta voi hakea poikkeuslupaa sijoittaa muuntamo lähemmäksi tietä, mutta tällöin mahdolliset siirtokustannukset esim. tien korjauksen tai laajentamisen vuoksi siirtyvät muuntamon omistajalle. Muuntamo ei saa sijoittaa näkemäalueelle. Suoja-alueen leveys pitää aina tarkistaa tierekisteristä, koska se voi vaihdella. (4) Kuvassa 1 on esitetty maantien tie- ja liikennealueen, suoja-alueen ja näkemäalueen rajaukset.



Kuva 1. Kuva 1. ELY-keskuksen ilmoittamat tie- ja liikennealueiden, suoja-alueiden ja näkemä-alueiden rajat asemakaava-alueella ja asemakaava-alueen ulkopuolella. (4)

2.2 Pylväs nousut

Kun kaapeli tuodaan pylvääseen ja viedään pylvästä pitkin ylös AMKA-johtoon kytkettäväksi, on kaapeli asennettava niin, että se haittaa mahdollisimman vähän pylvääseen kiipeämistä. Jos pylvääseen asennetaan myös telekaapeleita, on kaapelit asennettava vierekkäin. Kaikki kaapelit täytyy suojata metallikouruilla vähintään 2,0 m:n korkeudelle asti sekä 0,2 m:n syvyydelle maan alle. Kaapelit on kiinnitettävä pylvääseen kohokiinnikkeillä, jotka nostavat kaapelin tarpeeksi irti pylvästä, jotta siihen jää riittävästi tilaa pylväskengillä kiipeämistä varten. (5, s. 7.)

2.3 Jakokaapit

Jakokaapilla tarkoitetaan kaapelijakokaappia, joka on yleensä metallista tai esimerkiksi komposiitista valmistettu jakokeskus. Jakokaappiin tuodaan sähkö muuntajalta tai toiselta jakokaapilta maakaapelin tai ilmajohdon ja pylväs nousun kautta. Jakokaappeja käytetään pienjänniteverkossa mahdollistamaan standardien ja määräysten mukaisten suojausten toteutuminen sekä verkon kytkentöjen käytännöllinen ja turvallinen suorittaminen.

Tyypilliseen jakokaappiin tuodaan syöttöjohto maakaapelina. Maakaapeli on kytketty jakokaapin kiskoliitántään tai vaihtoehtoisesti jonovarokeytkimeen. Sähkö kulkee jakokaapin kiskon kautta muihin jonovarokeytkimiin, joihin on kytketty asiakkaiden sähköliittymiä. Kuvassa 2 on esitetty ABB:n jakokaappi, jossa eniten vasemmalla on kiskoliitántä edelliseltä jakokaapilta. Sen vieressä on jonovarokeytkin seuraavalle jakokaapille ja toinen pylväs nousulle. Neljä eniten oikealla olevaa pientä jonovarokeytkintä on tarkoitettu asiakkaiden liittymisjohdoille.



Kuva 2. Kuva 2. Kaapelijakokaappi, ABB MJS-K1.

Joidenkin verkkoyhtiöiden käytössä myös jakokaappeja, joiden kylkeen voidaan liittää mittauskeskusmoduuli. Tällaisessa tapauksessa jakokaapista lähtee syöttöjohto mittauskeskusmoduuliin, jossa on asiakkaan sähköliittymän sähkömittari.

2.4 Kaapelireittien syvyys- ja sijaintipoikkeamat sekä suojausrakenteet

Kaapelireittien sijaintipoikkeamat tarkastetaan maastossa. Kaivettu reitti käydään lävitse tarkalla GPS-mittalaitteella, ja sitä verrataan verkkotietojärjestelmiin tallennettuun suunniteltuun kaapelireittiin. Yleensä mittausdata viedään suoraan verkkotietojärjestelmään tarkasteltavaksi.

Maahan asennettavat kaapelit pitää olla sijoitettu riittävän syvälle tai ne täytyy olla suojattu mekaanisesti jollain muulla tavalla. Kaapeli suositellaan asennettavaksi niin, että kaapelin asennusalusta on 0,7 metrin syvyydessä. Jos maadoitettavalla, mekaanisella kosketussuojauksella varustettu kaapeli asennetaan alle 0,3 metrin syvyyteen, tulee kaapelille asentaa mekaaninen suojaus, esimerkiksi suojaputki. Jos kaapelilla ei ole

maadoitettavaa, mekaanista kosketussuojausta ja kaapeli asennetaan alle 0,7 metrin syvyyteen, se tulee aina suojata mekaanisesti. (6, s. 7.)

Jos kaapeli joudutaan asentamaan esimerkiksi kallion pinnalle, kaapeli pitää suojata luotettavasti kiinnitetyllä raskaan käytön suojaputkella, -kourulla tai muulla vastaavalla tavalla. Suojaukset pitää rakentaa niin, etteivät ne voi vahingoittaa kaapelia tai kaapelin vaippaa millään tavoin. (6, s. 7.)

Jos veteen asennetaan kaapeli, jolla ei ole maadoitettavaa, mekaanista kosketussuojausta, se tulee suojata rannan osuudella 2 metrin syvyyteen asti alaveden korkeudesta mitattuna. Kaapeli voidaan myös kaivaa pohjaan. (6, s. 7.)

2.5 Kunnossapitoraivaus

Kunnossapitoraivauksella tarkoitetaan ilmajohtoverkon osien pitämistä puustosta ja muusta kasvustosta vapaana. Ilmajohtoverkkoa raivataan säännöllisesti n. 5–8 vuoden välein. Koska ilmajohtoverkkoa tarkastetaan säännöllisesti, on raivaustarpeet usein dokumentoitu verkkoyhtiön omaisuudenhallintajärjestelmiin. Näitä tietoja hyödynnetään urakoiden budjetoinnissa ja kilpailuttamisessa sekä raivauskiertojen ajoittamisessa.

Keskijännitteisessä ilmajohtoverkossa johtokatuja leveydet vaihtelevat käytetyn johdintyyppin, jännitetason ja orsimallin mukaan. Tyypillinen puunrungoista vapaa alue on 6–10 metriä leveä ja oksista vapaa alue 7,5–3,5 metriä leveä. (7) Esimerkiksi 20 kV:n avojohdolla jännitteisen johtimen pienin sallittu etäisyys alapuolella olevasta puusta on 1,22 metriä. Hedelmäpuiden kohdalla pienin sallittu etäisyys on 4,22 metriä. (8, s. 17.) Johtokatuja leveyksistä on olemassa suosituksia myös maksullisessa HeadPower -palvelussa, jossa on eriteltyä erilaisten orsien ja johdintyyppien vaatimat vapaat etäisyydet.

3 Rakentamisen ja kunnossapidon käytännön tarkastaminen (maastossa)

Tarkastustyössä on huomioitava työturvallisuuteen liittyvät asiat. Näitä ovat mm. oikeanlainen varustus (huomiovaatteet, kypärä, suojalasit) ja esim. auton pysäköinti niin, ettei se aiheuta vaaraa muille tielläliikkuville.

Rakentamisen käytännön tarkastamisen eri osa-alueet soveltuvat sellaisinaan myös kunnossapitotöiden tarkastamiseen. Kunnossapitotyöt eroavat varsinaisesta rakentamistyöstä siten, että ne ovat tyypillisesti pienempiä töitä, esimerkiksi yksittäisiä pylväänvaihtoja tai jakokaapin asennuksia.

3.1 Muuntamot

Muuntamotarkastuksen keskeisiä osia ovat muuntamon KJ- ja PJ-kennostojen tarkastus, muuntajatilán ja muuntajakoneen tarkastus sekä muuntamon ulkoisen kunnan ja ympäristön tarkastus. Lisäksi tarkastetaan käyttöönottopöytäkirjat.

Muuntamon KJ- ja PJ-kennostojen tarkastuksessa kiinnitetään huomiota dokumentaation oikeellisuuteen. Esimerkiksi kaikki lähtöjen ja maadoitusten merkinnät pitää olla tehty oikein. Lisäksi tarkastetaan, että merkinnät vastaavat verkkotietojärjestelmän ja muuntamokaavion merkintöjä ja että muuntamokaavio sekä ensiapuohje ovat saatavilla tulostettuna.

Dokumentaation ja merkintöjen tarkastuksen jälkeen tarkastetaan muuntamon komponenttien kunto. Kaapeleiden osalta tarkastetaan, että eristeet ovat ehjiä ja että johtoja ei ole kuorittu liikaa. Liian paljon kuorittu johto aiheuttaa sähköiskun vaaran, kun jännitteinen johdin on kosketeltavissa. Lisäksi tarkastetaan, että vedonpoisto on asennettu oikein ja että KJ-kennon puolelta löytyy erotinavain tai -kahva.

Muuntajatilaa tarkastettaessa varmistetaan, että muuntajakone on ehjä ja siinä ei ole näkyviä öljyvuotoja ja että muuntajan kannella tai muuntajatilassa ylipäättään ei ole ylimääräistä pölyä ja/tai roskia. Lisäksi tarkastetaan, että KJ-muuntajapäätteet ovat ehjiä

ja oikein asennettu ja että KJ-sulakkeen ilmaväli on sallituissa rajoissa (laitekohtainen arvo).

Muuntamon ulkoisen kunnon osalta tarkastetaan, että muuntamon tunnus on näkyvässä ja että ilmanottoaukot ovat avoinna. Lisäksi katsotaan, että ympäristö on siisti ja merkitään talteen tiedot mahdollisista graffiteista.

Edellä mainitut tarkastuskohdat merkitään esimerkiksi paperiseen tai sähköiseen tarkastuspöytäkirjaan tai suoraan verkkotietojärjestelmän takuutarkastustyölle. Toimintatapa vaihtelee verkkoyhtiöittäin ja riippuu myös jonkin verran käytetystä verkkotietojärjestelmästä.

3.2 Pylväsnousut

Pylväsnousulla tarkoitetaan rakennetta, jossa maakaapeli on nostettu ja kiinnitetty pylvääseen ja kytketty pylväessä riippuvaan ilmajohtoon. Kuvassa 3 on esitetty KJ-pylväsnousu. Pylväsnousujen osalta olennaista on kaapeli- ja ilmajohtoasennuksien työn jäljen ja kunnon arviointi sekä ympäristön siisteyden havainnointi.



Kuva 3. Kuva 3. KJ-pylväs nousu ja pääteharukset.

Pylväs nousun tarkastuksessa varmistetaan, että pylväs on oikein asennettu, sen maatayttö on oikein tehty ja että maadoituksen suoja putki sekä kaapelin suojarauta on oikein asennettu. Kaapeli ei saa näkyä maan ja kaapelinsuojaraudan välistä, ja lisäksi kaapelinsuojarauta on asennettava riittävän korkealle asti. Kaapeleiden ja muiden komponenttien eristysten tulee olla ehjiä eikä paljaita johtimia saa olla esillä. Lisäksi tarkastetaan, että kaapeli ja maadoitusjohdin on kiinnitetty pylvääseen asianmukaisesti ja että pylväs hattu sekä yhteiskäyttönauhat on asennettu oikein. Pylvään tuenta tarkastetaan ja varmistetaan, että se on oikein tehty. Väärin tehty tuenta aiheuttaa pylvään kallistuman pian asennuksen jälkeen.

Dokumentaation osalta tarkastetaan, että kaapelin lähdön osoite ja ilmajohton lähdön numero on merkitty oikein ja vastaa verkkotietojärjestelmää sekä jakokaappi- ja muuntamokaavioita. Lisäksi katsotaan, että kaikki pylväs rakenteet on oikein dokumentoitu. Pylväs varokeykimissä pitää olla merkittynä sulake koko.

3.3 Jakokaapit

Jakokaappi on jakokeskus, johon kytketään yleensä yksi tai useampi runkojohto kisko- tai jonovarokeytkinliitoksiin. Jakokaapin kiskoon asennetaan jonovarokeytkimiä, joihin voi kytkeä yhdestä kahteen sulakesuojattua liittymiskaapelia. Jakokaappien osalta olennaista on asennustyön, merkintöjen ja dokumentaation sekä ympäristön havainnointi.

Jakokaapin rakennetarkastuksessa varmistetaan, että jakokaappi on oikein asennettu, se on tukevasti ja suorassa paikallaan ja sen maatäyttö on tehty oikein. Jakokaapissa on tyypillisesti merkittynä täyttöraja, johon asti jakokaapin ulkopuolisen maanpinnan täytyy ylittää. Lisäksi tarkistetaan, että mahdollinen aurauskeppi on kiinnitetty kunnollisesti ja että jakokaapin ovi on kiinni ja lukossa.

Jakokaapin kytkentöjen osalta tarkastetaan, että väliaikaiset kaapelin ulosottoaukot ovat kiinni, johtimien eristeet ovat ehjiä eikä paljaita johtimia ole esillä ja kaapeleiden vedonpoistot on tehty oikein. Lisäksi tarkastetaan kaikki jakokaapin merkinnät. Jakokaapin ulkopuolella täytyy olla selvästi merkittynä jakokaapin tunnus. Jakokaapin sisäpuolella pitää olla merkittynä kaikki lähtöjen sulakekoot, tunnukset ja osoitteet ja maadoitusten osoitteet. Niiden täytyy vastata kaaviota ja verkkotietojärjestelmää, ja kaavion tulee myös löytyä jakokaapin sisältä.

3.4 Kaapelireittien syvyys- ja sijaintipoikkeamat

Kaapelireittien syvyys- ja sijaintipoikkeamat mitataan kaivuutyön jälkeen. Suunnitelma- ja työkuvien punakynäversioihin on merkitty vajaatäytöt ja putkitukset, joiden paikkansapitävyys tarkistetaan jälkimittauksella. Jälkimittauksen tarkoitus on varmistaa, että kaapelit on suojattu ja dokumentoitu oikein.

Kaapelireitit sovitaan aina maanomistajien kanssa johtoalueen käyttöoikeussopimuksella. Kaapelin sijaintitietomittauksella varmistetaan, että kaapeli on asennettu sopimuksessa määritettyyn paikkaan. Liian suuret poikkeamat korjataan joko siirtämällä johto oikeaan paikkaan tai tekemällä maanomistajan kanssa päivitetty johtoalueen

käyttöoikeussopimus. Jälkimmäisessä tapauksessa joudutaan myös päivittämään verkotietojärjestelmän dokumentaatio.

Mittaustyö voidaan suorittaa tarkalla GPS-laitteella ja kaapelitutkalla mittaamalla. Mittaustyön voi tehdä myös yhdistelmälaiteella, jonka avulla saadaan samanaikaisesti sekä kaapelin tarkka sijainti ja kaapelin syvyystieto. Laitteella tutkataan maahan asennetun kaapelin sijainti, ja sen jälkeen laite mittaa asennussyvyyden ja paikkatiedon.

3.5 Ympäristöhavainnot

Ympäristöhavaintoihin kuuluu työmaan kunnan silmämääräinen tarkastus. Tarkastuksessa varmistetaan, että työmaa on siisti ja asianmukaisessa kunnossa ja että maanrakennuksessa ei ole puutteita.

Työmaan siisteyden osalta tarkastetaan, että kaapelijätteet ja muut roskat on viety pois työmaalta ja että kaikki muut ylimääräiset tarvikkeet ja komponentit sekä niiden pakkausmateriaalit ja ylijäämät on kerätty pois. Lisäksi varmistetaan, että kaikki verkosta purettu materiaali on viety pois työmaalta.

Maanrakennuspuutteiden osalta tarkastetaan, että kaivuujälki on yleisesti ottaen siistiä ja että maanrakennuksen jäljet on ennallistettu kunnolla. Teiden ja ojien luiskien pitää olla kunnolla ennallistettu, ja ojaan ei saa jäädä patoja. Lisäksi rumpuputkien kohdalla varmistetaan, että vesi virtaa kunnolla ja että kaivuutyön jäljiltä ei ole jäänyt tukoksia. Teiden, purojen ja ojien alituksien osalta katsotaan, että niissä ei ole liian suurta painumaa tai nyppylää ja että tie on koneiden kulkemisen jäljiltä ajettavassa ja alkuperäisessä kunnossa.

Sähköverkon uusien komponenttien osalta tarkistetaan, että asennetut muuntamot, jakokaapit, pylvää ym. laitteet ja komponentit on asennettu suoraan. Lisäksi varmistetaan, että maatyttö on tehty oikeilla materiaaleilla ja täyttöä on oikea määrä. Erityisesti jakokaappien ja muuntamoiden osalta täyttöä ei saa olla liikaa, ja pylvasasennuksien ja pylvasnousujen osalta ei myöskään liian vähän.

3.6 Purkutytöt

Purkutöiden osalta tarkastetaan ympäristön siisteys ja koneiden jättämät jäljet. Purkutöitä tehdään usein eri reitillä kuin missä kaapelin kaivuu tapahtuu, joten purkutöiden jäljiltä jää helposti painumia ja muita korjattavia jälkiä. Lisäksi varmistetaan, että kaikki purkumateriaalit on kerätty työmaalta pois.

Sähköisten kytkentöjen purkutöiden osalta tarkastetaan, että jäljelle jäävä verkko on kytketty oikein ja että verkkoon ei ole jätetty huonokuntoisia komponentteja käyttöön. Lisäksi erityistä huomiota kiinnitetään liittymäasiakkaiden ns. varastettuihin nollajohtoihin. Tällä tarkoitetaan tilannetta, jossa asiakas on ottanut verkkoyhtiön johdosta nollajohtimen kytkennän omaan mittarin takaiseen verkkoonsa. Tällaisissa tapauksissa asiakkaan tulisi itse asentaa nollajohto mittarintakaiselle verkolleen. Mikäli sitä ei ole asennettu, täytyy asiakkaan mittarin takainen verkko olla kytketty irti.

3.7 Kunnossapitoraivaus

Kunnossapitoraivausten osalta valvontaa suorittaa usein tilaaja itse, ja tilaaja saattaa myös edellyttää urakoitsijaa valvomaan ja raportoimaan oman työnsä jälkeen. Kunnossapitorauksen valvonnassa keskitytään valvomaan pääasiassa työn dokumentointia, laatua ja ympäristöä.

Dokumentoinnin osalta katsotaan, että raivatuksi dokumentoidut osuudet on tosiallisestikin raivattu, ja että raivatuksi ei ole merkitty sellaisia alueita, joissa ei ole ollut raivaustarvetta. Lisäksi voidaan varmistaa, että raivauskarttoihin merkityt sähkönjakelun keskeytystä vaativat kohteet on merkitty oikein, ja että ne todella vaativat sähkönjakelun keskeytyksen. Kuvassa 4 suunnitellaan haastavaa kohdetta, jossa sähkönjakelun keskeytys jaettiin kahdelle päivälle ja tien varren kaikki puut kaadettiin pois.



Kuva 4. Kuva 4. Haastavan reunapuiden raivauksen suunnittelu sähköjakelun keskeytyksellä

Työn laadun osalta tarkistetaan, että johtoaukot ovat tilaajan vaatimassa leveydessä ja että pohja on raivattu tilaajan ohjeiden mukaan. Johtoaukkojen ja johtoalueen pohjien leveydet vaihtelevat hieman tilaajittain. Pääasiassa leveys riippuu johdon jännitetasosta, johtimen tyypistä ja orren mallista.

Ympäristön osalta varmistetaan, että raivausjätteet on jätetty asianmukaisesti paikalleen ja mahdolliset tielle kaatuneet tai tippuneet jätteet on siirretty metsän puolelle. Mahdolliset koneiden jäljiltä löytyvät öljyvuodot merkitään raporttiin, mikäli niitä löytyy. Mikäli tarkastuskäynnillä törmätään työntekijään ja/tai urakoitsijaan, voidaan suorittaa myös kaluston tarkastusta ja tarvittavien korttien, koulutusten ja lupien voimassaolon tarkastus.

4 Insplan Oy:n laadunvalvontatyökalut

4.1 Palvelun nykytilanne

Tällä hetkellä Insplan Oy:n käytössä on neljä hieman toisistaan eroavaa HSEQ-työkalua. Osaa näistä ei ole rakennettu laadunvalvontaa silmällä pitäen, vaan ne on tarkoitettu alun perin muuhun käyttöön. Osa on puhtaasti laadunvarmistustyökaluja.

Laadunvarmistuspalvelua myydään tällä hetkellä eri verkkoyhtiöille sekä valtion toimijoille. Ulos myytävät laadunvarmistuspalvelut liittyvät tällä hetkellä käytännössä kokonaan rakentamisen laadunvalvontaan. Myös kunnossapidon laadunvalvontaa on kehitetty ja testattu paljon, mutta toistaiseksi sitä ei ole myyty palveluna ulospäin, vaan sitä on suoritettu omissa urakoissa omasta ja tilaajan tahdosta.

4.2 HSEQ-työkalut ja palvelut

4.2.1 Quentic

Quentic on suosittu HSEQ-ohjelmisto, jolla on paljon käyttäjiä. Se on usean tilaajan suosiossa, koska siihen voi joustavasti räätälöidä omia lomakkeistoja erilaisia tarkastuksia varten.

Quentic on melko helppokäyttöinen, ja sille löytyy niin selainkäyttöliittymä kuin mobiililaitteversiokin. Jälkimmäinen toimii sekä Android- että iOS-laitteilla. Mobiilikäyttöliittymä on hyvin toteutettu ja selkeä. Selainkäyttöliittymä sen sijaan on hieman sekava ja vaatii käyttäjältään paljon perehtymistä sen toimintaan.

Quenticin hinnastossa peruskäyttäjän lisenssimaksu on 39 €/käyttäjä/kk. (9) Lisäksi lomakkeistojen rakentaminen maksaa: yksityinen lomake, jota muut palvelun tilaajat eivät voi käyttää, maksaa 500 € kappaleelta. Yleinen lomake, johon muutkin palvelun tilaajat pääsevät käsiksi, maksaa 250 € kappaleelta. (10)

Insplan Oy:llä on Quenticissa tällä hetkellä yksi käyttäjä sekä useita tilaajien jakamia lomakkeistoja, joiden avulla laadunvarmistusta tehdään. Omien lomakkeistojen tekeminen on harkinnan alla.

Insplan Oy käyttää Quenticia tällä hetkellä omissa HSEQ-piloteissaan sekä Elenian sähköverkon raivaustöiden laadunvalvonnassa. Jälkimmäisessä projektissa tarkastellaan oman työn laatua tilaajan vaatimuksesta. Myös Elenia käyttää Quenticia samassa projektissa.

4.2.2 Buildie

Buildie on uusi HSEQ-työkalu, joka on ollut markkinoilla muutaman vuoden. Buildie ei ole vielä kovinkaan laajalti käytössä ainakaan energiainfra-alalla, mutta ominaisuuksiensa puolesta sillä on hyvät edellytykset toimia tässäkin ympäristössä.

Buildien mobiili- ja selainkäyttöliittymät ovat todella selkeitä ja helppokäyttöisiä. Käyttäjä voi helposti luoda palveluun ns. projektipankin, jossa jokainen projekti on kansioitu, ja kaikki projektiin liittyvät mittaukset ja tarkastukset sekä raportit löytyvät kansion sisältä. Lisäksi projekteille voi asettaa käyttörajoituksia, jolloin työkalu soveltuu myös salassapitosopimusten alaisten töiden dokumentoimiseen, tarkastamiseen ja raportoimiseen.

Buildien hinnastossa peruskäyttäjän lisenssimaksu on 49 €/käyttäjä/kk. Lisäksi palvelun vuosimaksu on 2 000 €. Lisäksi tyyppilliseen palvelun käyttöönottoon liittyy muita kustannuksia sekä räätälöityjä toiminnallisuuksia, joiden toteuttaminen maksaa n. 1 000–2 000 €.

4.2.3 HeadPower

HeadPower on infraverkkoalan urakoitsijoille ja tilaajille suunnattu toiminnanohjausjärjestelmä. Laadunvalvontaan liittyen HeadPowerista on saatavilla esimerkkeinä paljon erilaisia mittauspöytäkirjoja sekä HSEQ-poikkeamien raportointilomakkeistoja.

Insplan Oy käyttää HeadPower-lomakkeita Nivos Oy:n projekteissa HSEQ-poikkeamien raportoimiseen. Samoissa projekteissa käytetään tällä hetkellä päällekkäin Quentic-lomakkeistoja oman sisäisen testauksen takia.

4.2.4 Flyspect

Flyspect on Comtiki Oy:n kehittämä web-pohjainen järjestelmä, jonka pääasiallinen käyttötarkoitus ja suunnittelun lähtökohta on ollut kehittää toimiva järjestelmä sähköverkon vikojen paikantamiseen helikopterista käsin. Sovellus toimii lähes missä tahansa internet-selaimessa.

Flyspect on hyvin joustava, sillä siihen voidaan ladata käytännössä mitä tahansa tietokanta- tai taulukkopohjaista aineistoa. Näin Flyspectiin saadaan vietyä esimerkiksi mistä tahansa verkkotietojärjestelmästä sähköverkkoyhtiön verkon sijaintitiedot koordinaatteineen ja piirrettyä jännevälit ja muut komponentit graafisesti kartalle. Flyspectiin voidaan myös viedä mitä tahansa muitakin viiva- tai pistetietoja monissa eri formaateissa, joten käyttökohteita riittää. Myös tietojen vieminen eteenpäin onnistuu helposti.

Tällä hetkellä Flyspectiä käytetään alkuperäisessä käyttötarkoituksessaan, eli lentotarkastuksissa. On mahdollista, että Flyspectiä voitaisiin viedä eteenpäin ja ottaa sitä käyttöön pienimuotoisissa asiakasprojekteissa työnohjaukseen tai HSEQ-poikkeamien raportointiin.

5 Palvelukuvauksen ja prosessikaavion luominen

5.1 Tarpeiden kartoittaminen

Rakentamisen ja kunnossapidon laadunvalvontaan liittyen ensisijaisena työnä Insplan Oy:lle oli tarkoitus luoda palvelukuvaus sekä prosessikaaviot suunnittelun ja rakentamisen asiantuntijapalveluiden osalta. Palvelukuvauksen sisällöstä suuri osa liittyy rakentamisen ja kunnossapidon laadunvalvontaan, vaikka palveluiden jaottelu ei mene aivan tämän otsikoinnin mukaan. Palvelukuvauksessa käydään myös läpi yleisellä tasolla Insplan Oy:n toimintamallit ja käytettävät työkalut sekä ohjelmistot palveluiden tuottamisen suhteen.

Palvelukuvauksen rakentaminen aloitettiin rajaamalla neljä keskeisintä ja halutuinta palvelua. Näitä ovat

- rakennuttamispalvelu
- projektivalvonta
- turvallisuuskoordinointi
- suunnittelupalvelu.

5.2 Palvelukuvauksen sisällön luominen

Rakennuttamispalvelun ja projektivalvonnan sekä turvallisuuskoordinoinnin palvelukuvauksesta kirjoitettiin luonnos, jota käytiin haastatteluissa läpi ja täydennettiin tarvittavilta osin. Suunnittelupalvelun palvelukuvaus luotiin käyttäen kokemusta Insplan Oy:n aikaisemmista projekteista. Insplan Oy:n projektireferensseihin kuuluu mm. yleissuunnittelu ja sähkötekniinen suunnittelu sekä maastosuunnittelu suoraan verkkoyhtiöille. Lisäksi sähkötekniistä suunnittelua ja maastosuunnittelua on tehty merkittävässä määrin alikonsultointina verkkoyhtiöiden kilpailuttamille pääurakoitsijoille. Insplan Oy suunnittelee tällä hetkellä yli 1 000 km jakeluverkkoa vuodessa. Palvelukuvaus käytiin yhdessä läpi, ja siihen ei nähty tarpeelliseksi tehdä lisäyksiä ja muutoksia.

Kaikkien haastatteluiden pohjalta luotiin dokumentti, jossa on kuvaavat otsikot palvelusuoritteille ja lisäksi tarkentavat sisältökuvaukset. Tässä kohtaa tehtiin päätös, että myös Tilaaja voi vaikuttaa sisältökuvauksen sisältöön, jotta siinä voidaan ottaa huomioon Tilaajan erityistarpeet, jotka eivät aina ole tiedossa palvelua tarjotessa.

Palvelukuvaus käytiin läpi yhdessä toimeksiantajan kanssa. Ensimmäisestä versiosta saatu palaute oli hyvää, ja sen perusteella tehtiin pieniä muutoksia ja lisäyksiä. Korjattu versio käytiin uudelleen läpi ja päätettiin ottaa myyntikäyttöön heti.

Suunnittelun ja rakentamisen asiantuntijapalveluiden keskeisessä osassa on itse Tilaaja ja Tilaajan tarpeet. Kaikki verkkoyhtiöt eivät tarvitse kaikkia palveluita, ja osalla verkkoyhtiöitä saattaa olla omia ajatuksia tilattavien palveluiden suhteen. Tämän vuoksi kaikkien palveluiden osalta suunnitellaan yhdessä Tilaajan kanssa

- mitkä palvelut otetaan käyttöön, missä laajuudessa valitut palvelut otetaan käyttöön ja käyttöönottettujen palvelun osien sisältökuvauksen sopiminen
- ehdotetun prosessikaavion räätälöinti
- Tilaajan järjestelmien ja käytäntöjen vaatimat perehdytykset.

5.3 Palvelut

5.3.1 Rakennuttamispalvelu

Rakennuttamispalvelu sisältää kokonaisvaltaisen projektinhallinnan tilauksen tekemisestä loppuselvitykseen ja työn päättämiseen. Rakennuttamispalvelun palvelukuvausta voidaan hyödyntää myös huolto- ja kunnossapitohankkeissa. Rakennuttamispalvelun sisältöä voidaan muokata Tilaajan tarpeiden mukaisesti.

5.3.2 Projektivalvonta

Projektivalvontapalvelu sisältää työkohteiden projektivalvonnan ja suunnittelun projektivalvonnan. Projektivalvontapalvelun sisältöä voidaan muokata Tilaajan tarpeiden mukaisesti. Palvelukuvauksessa muokattavia asioita voivat olla esimerkiksi valvonnan tiheyden määrittely, pistokoeluontoisen valvonnan määrittely ja eri valvontakäyntien sisällön

määrittely. Insplan voi toimittaa oman ehdotuksensa hyväksi havaituista määrittelyistä, joita muokataan yhdessä Tilaajan kanssa.

Tarkastus- ja vastaanottopöytäkirjat sekä raportit toimitetaan ensisijaisesti sähköisessä muodossa. Olennaisena osana työmaan rakentamisen aikaista projektivalvontaa on rakentamisen laadunvalvonta.

5.3.3 Turvallisuuskoordinointi

Insplan toimittaa Tilaajalle nimetyn turvallisuuskoordinaattorin halutuille hankkeille. Tilaajan kanssa käydään yhdessä läpi hankkeiden määrä ja laajuus, jotta saadaan tarpeen mukaan oikea määrä nimettyjä turvallisuuskoordinaattoreita. Nimetyn turvallisuuskoordinaattorin työnkuvaan kuuluu valtioneuvoston asetuksen mukaiset tehtävät, yleisesti ottaen työturvallisuus- ja ympäristöpoikkeamien koordinointi. (11)

Kaikilla nimetyillä henkilöillä on muun ammattitaidon ja koulutuksen lisäksi turvallisuuskoordinaattorin koulutus, jonka sisältöön kuuluu

- lait ja asetukset
- suunnittelu
- vastuut ja velvollisuudet
- asiakirjat ja dokumentointi
- turvallisuuskoordinaattorin ja pääurakoitsijan yhteistyö
- viranomaisyhteistyö

5.3.4 Suunnittelupalvelu

Suunnittelupalvelu sisältää Tilaajan tarpeiden mukaisesti sähkötekni- sen suunnittelun, maastosuunnittelun tai molemmat palvelut. Jos Tilaaja haluaa vain toisen palveluista, sovitaan Tilaajan kanssa erikseen palvelukuvausten sisällöstä ja jaosta sähkötekni- sen suunnittelun ja maastosuunnittelun välillä. Tämä jako koskee enimmäkseen sidosryh- mien kanssa toimimista ja sitä, minkä tasoinen sähkötekni- nen suunnitelma halutaan to- teuttaa maastosuunnittelun pohjaksi.

5.4 Prosessikaavion luominen

Prosessikaavion luominen aloitettiin luonnostelemalla visuaalista ilmettä. Edellä mainituista haastatteluista poimittiin tarpeellisia asioita prosessikaavion pohjaksi ja apuna käytettiin myös verkkoyhtiöiden kanssa toimimisesta kertynyttä kokemusta. Prosessikaavion toteutuksen tavoitteena oli selkeä ja helposti muokattavissa oleva malli, josta saadaan räätälöityä tarkasti asiakkaan tarpeisiin vastaava kokonaisuus.

Prosessikaavioiden työstämisen aikana päätettiin, että Insplan Oy:n omaan prosessikaavioon ei tuoda erikseen käytettävien järjestelmien nimiä. Käytettävät järjestelmät täydennetään valmiiseen prosessikaavioon yhteistyössä asiakkaan kanssa, jotta kaaviosta tulee luotettava ja selkeä. Lisäksi maksueriin liittyvät asiat päätettiin jättää pois, sillä ne sovitaan usein erillisellä sopimuksella. Nämä täydennetään prosessikaavioon tarpeellisilta osin.

Prosessikaaviot tehtiin sähköiseen muotoon, jotta ne ovat helposti muokattavissa. Prosessikaavioiden luomisessa käytettiin hyödyksi jo luotua palvelukuvausta, josta pystyi valitsemaan oleelliset osat kuhunkin kaavioon. Prosessikaaviot käytiin läpi toimeksiantajan kanssa ja päätettiin, että niitä ei tarvitse hienosäätää.

6 Yhteenveto

Tämän opinnäytetyön lopputuloksena luotiin palvelukuvaus ja prosessikaaviot sähköverkon rakentamisen ja kunnossapidon laadunvalvontaan. Lopputuotetta ehdittiin myös laajentaa jo opinnäytetyöprosessin aikana käsittämään esimerkiksi suunnittelupalvelut.

Verkkoyhtiöt ovat olleet hyvin kiinnostuneita palvelukuvauksen mukaisista palveluista. Insplan Oy:llä on kirjoitushetkellä neuvottelut käynnissä useamman tilaajan kanssa suunnittelun ja rakennuttamisen asiantuntijapalveluiden tarjoamisesta.

Tuotetta on tarkoitus kehittää jatkossa aktiivisesti. Tuote on tarkoitus monistaa konseptina myös muille sähkö- ja tietoliikenneinfran aloille. Tämän kaltaisille palveluille on jo kysyntää esimerkiksi erikokoisissa kunnissa kunnan omaan sähkö- ja tietoliikenneinfraan liittyen. Kuntien osalta tuote helpottaa ja suoraviivaistaa budjetointia ja helpottaa hankkeiden yhteensovittamista, valvontaa ja turvallisuuskoordinointia.

Kasvupotentiaali Insplan Oy:n asiantuntijaorganisaatiolle on suuri, ja tähän palveluun panostetaan jatkossa entistäkin enemmän. Uusien asiakkuuksien myötä ansaittujen referenssien ansiosta yritykselle avautuu mahdollisuus toteuttaa palvelua myös Suomen suurimmille verkkoyhtiöille. Tämän työn kirjoittamisen aikana Insplan Oy sai myös merkittävän pääomasijoittajan vähemmistöosakkaaksi, joka tukee kasvua ja antaa varmuutta myös asiakkaille toiminnan jatkuvuudesta ja kannattavuudesta.

Lähdeluettelo

- 1 SFS 6001:2018. Suurjännitesähköasennukset. 2018. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.
- 2 Sähköverkkojen rakenne. Verkkoaineisto. Energiateollisuus. < <https://energia.fi/energiasta/energiaverkot/sahkoverkot> >. Luettu 11.3.2020.
- 3 Muuntamoiden yleisohje. 2017. Verkkoaineisto. Lohjan kaupunki. < <http://kaupunki.lohja.fi/Liitetiedostot/Rakennusvalvonta/MUUNTAMOT%20YLEISOHJE.pdf> >. Päivitetty 14.3.2017.
- 4 Maanteiden suoja-alueelle rakentaminen. Verkkoaineisto. Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. < <https://www.ely-keskus.fi/web/ely/suoja-ja-nakemaaluelle-rakentaminen> >. Luettu 4.7.2018.
- 5 Verkostosuositus YJ 1:08. 2008. Sähköverkonhaltijain sekä televerkko-operaattorien pylväiden ja maadoitusten yhteiskäyttöä koskeva toimintaohje. Helsinki: Adato Energia
- 6 SFS 6000-8-814:2017. Pienjännitesähköasennukset. Osa 8-814: Täydentävät vaatimukset. Kaapelien asentaminen maahan tai veteen. 2017. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.
- 7 Sähköverkon kunnossapito – Kysymyksiä ja vastauksia. Verkkoaineisto. Elenia. < https://www.elenia.fi/sahko/kunnossapito_ukk >. Luettu 26.3.2020.
- 8 Verkostosuositus RJ 1:14. 2014. Ilmajohtotekniikan peruskäsitteitä. Helsinki: Adato Energia
- 9 Nordsafety – Hinnasto. 2018. Verkkoaineisto. Nordsafety. < <https://www.nordsafety.fi/hinnasto> >. Luettu 29.6.2018.
- 10 Temmilä, Joni. 2018. Projektipäällikkö, Insplan Oy. Porvoo. Haastattelu 20.6.2018.
- 11 Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta. 2009. 26.3.2009/205.