

Saimaan ammattikorkeakoulu
Tekniikka Lappeenranta
Tietotekniikka
Viestintätekniikka

Antti Pöntinen

Sähköverkon maakaapeleiden sijaintitietojen hallinta Xcity-paikkatietojärjestelmällä

Opinnäytetyö 2012

Tiivistelmä

Antti Pöntinen

Sähköverkon maakaapeleiden sijaintitietojen hallinta Xcity -
paikkatietojärjestelmällä, 44 sivua

Saimaan ammattikorkeakoulu

Tekniikka Lappeenranta

Tietotekniikka

Viestintätekniikka

Opinnäytetyö 2012

Ohjaajat: lehtori Martti Ylä-Jussila, Saimaan ammattikorkeakoulu, verkosto-
suunnittelija Heikki Herranen, Lappeenrannan Energiaverkot Oy

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli suunnitella ja toteuttaa Lappeenrannan Energiaverkot Oy:lle Tekla Xcity -paikkatietojärjestelmän käyttöönotto. Paikkatietojärjestelmään on tarkoitus viedä kaikki maakaapeleiden sijaintikartta-aineisto sekä hallita kaapeleiden sijaintitietoja.

Projekti alkoi Xcity-järjestelmään tutustumisella ja sen toiminnallisuuksien opiskelulla. Uuden johtotietojärjestelmän määrityksiä varten tutkittiin jo käytössä olevia sähkön maakaapeliverkon komponenttien esitystapoja kartalla. Tavoitteena oli saada hyväksi havaitut esitystavat myös uuteen järjestelmään sekä mahdollisesti uudistaa ongelmakohtia. Lisäksi tavoite oli saada luotua hyvät ja selkeät tulostuspohjat asiakkaille annettaviin kaapelikarttatulosteisiin.

Lopputuloksena saatiin määriteltyä järjestelmä siten, että sillä voidaan alkaa hallita maakaapeleiden sijaintitietoja. Järjestelmää voidaan kartta-aineiston digitoitintyön jälkeen hyödyntää myös johtotietopalvelussa.

Asiasanat: Xcity, paikkatietojärjestelmä, maakaapeliverkko

Abstract

Antti Pöntinen

Spatial Information Control of Underground Electric Network with Xcity Geographical Information System, 44 Pages

Saimaa University of Applied Sciences

Technology Lappeenranta

Degree Programme in Information Technology

Communication Technology

Bachelor's Thesis 2012

Instructor(s): Mr Martti Ylä-Jussila, lecturer, Saimaa University of Applied Sciences, Mr Heikki Herranen, planner of electric network, Lappeenrannan Energiaverkot Oy

The purpose of this thesis was to design and bring into use Tekla Xcity geographical information system for Lappeenrannan Energiaverkot Oy. The main purpose of this system is to keep spatial information of underground electric network up to date.

The project was started with a study on Xcity and its functions. After old maps and presentation techniques had been studied, a new design of presentation technique could be made. The goal was to make it possible to import all old spatial information of underground electric network to a new system. Also there was a need to design new printing templates. These were meant to serve at customer service as clearer prints.

As a result of this project a new geographical information system is ready to use for storing spatial information on underground electric network. The system is also usable at customer service.

Keywords: Xcity, geographical information system, underground electric network

Sisällys

1	Johdanto.....	7
2	Lappeenrannan Energia Oy.....	8
2.1	Historia lyhyesti.....	9
2.2	Lappeenrannan Energia Oy.....	10
2.3	Lappeenrannan Energiaverkot Oy.....	10
2.4	Lappeenrannan Verkonrakennus Oy.....	10
2.5	Lappeenrannan Lämpövoima Oy.....	10
2.6	Kaukaan Voima Oy.....	11
3	Paikkatietojärjestelmät.....	11
3.1	Paikkatieto.....	12
3.2	Paikannusmenetelmät ja paikkatietojen kerääminen.....	12
3.3	Paikkatietojärjestelmien rakenne.....	13
3.4	Paikkatietojen tallennus paikkatietojärjestelmään.....	14
4	Xcity.....	14
4.1	Arkkitehtuuri.....	15
4.2	Toiminnot.....	15
4.3	Tietokantarakenne.....	16
4.4	Tietojen varmuuskopiointi.....	16
5	Projektin organisointi ja vaiheet.....	16
5.1	Organisaatio.....	16
5.2	Tavoitteet.....	17
5.3	Projektin vaiheet ja työmääräarviot.....	18
5.4	Määrittelyt.....	19
5.5	Testaus.....	19
5.6	Käyttöönotto.....	20
6	Johtotietojärjestelmä.....	20
6.1	Johtotietojen hyödyntäminen.....	21
6.2	Korvattava nykyinen järjestelmä.....	21
6.3	Korvattavan järjestelmän ongelmat.....	23
6.4	Uusi järjestelmä.....	23
6.4.1	Lajit.....	24
6.4.2	Lajien ominaisuustiedot.....	25
6.4.3	Suurjänniteverkko.....	28
6.4.4	Keskijänniteverkko.....	29
6.4.5	Pienjänniteverkko.....	30
6.4.6	Ulkovalaistusverkko.....	31
6.4.7	Liikennevaloverkko.....	32
6.4.8	Maadoitusverkko.....	33
6.4.9	Putket.....	33
6.4.10	Muut kohteet.....	34
6.4.11	Tiedostot.....	36
6.4.12	Tulostuspohjat.....	36
6.5	Uuden järjestelmän hyödyt.....	37
6.6	Ongelmat järjestelmän käyttöönoton jälkeen.....	38
7	Yhteenveto.....	38
7.1	Turku Energia Oy:n vastaava projekti.....	39
7.2	Mitä opin?.....	40
7.3	Jatkokehitysajatuksia.....	40

Kuvat.....	42
Taulukot.....	42
Lähteet.....	43

Termit

Digitointi	Paperilla olevan karttatiedon siirtämistä digitaaliseen muotoon
DMS	Distribution Management System, sähköverkoston käyttökijärjestelmä
GIS	Geographic Information System, paikkatietojärjestelmä
GPS	Global Positioning System, satelliittipaikannusjärjestelmä
Oracle Spatial	Eryteisesti paikkatietoa varten tehty versio Oracle tietokannasta
PowerGrid	Sähköverkoston hallintajärjestelmä verkoston ylläpitoon, suunnitteluun ja verkko-omaisuuden hallintaan
Rasterigrafiikka	Grafiikan piirtotapa, jossa kohteet koostuvat pikseleistä
Takymetri	Maastonmittauslaite, jolla mitataan säteittäisesti eri pisteiden sijainteja kojeeseen nähden
TIFF	Tagged Image File Format, kuvatiedostoformaatti
UPM	United Paper Mills, UPM-Kymmene Oyj, yksi maailman suurimpia metsäteollisuusyhtiöitä
UV-keskus	Ulkovalaistuskeskus
Vektorigrafiikka	Grafiikan piirtotapa, jossa kohteet piirretään esimerkiksi koordinaatistossa olevien sijaintipisteiden mukaan
Warppaus	Rasterikartan asemointi koordinaatistoon
XCI	Xcityn tiedostoformaatti karttatietojen siirtoon
Xcity	Paikkatietojärjestelmä, jossa paikkatiedot tallentuvat tietokantaan ja jota käytetään työasemakäyttöliittymän avulla

1 Johdanto

Sähköverkoston maakaapeleiden sijaintitietojen hallinta on eräs Lappeenrannan Energiaverkot Oy:n vastuualueisiin kuuluvista toiminnoista. Se on merkitsevä niin asiakaspalvelun kuin verkoston ylläpidon kannalta.

Asiakaspalvelun osalta se näkyy johtotieto- ja kaapelinnäyttöpalveluna. Asiakkaat voivat tilata kaapelikarttoja sekä kaapelinnäyttöjä, mikäli ovat aikeissa tehdä maankaivutöitä alueella, jossa kulkee mahdollisesti maanalaisia sähkökaapeleita.

Verkoston ylläpidossa näkyvin osa-alue on uusien verkostojen rakentamisessa, jolloin uuden verkoston sijaintitiedot pitää päivittää osaksi olemassa olevia kaapelikarttoja. Myös mahdolliset muutokset vanhaan verkostoon täytyy pitää kartoilla ajan tasalla. Vikatilanne maanalaisissa verkostoissa, energian jakeluverkon tyypistä riippumatta, vaatii lähes poikkeuksetta kaapelikartan ennen kaivamista, ettei aiheuteta lisää vahinkoa.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on suunnitella ja toteuttaa sähköisen paikkatietojärjestelmän käyttöönotto Lappeenrannan Energiaverkot Oy:lle. Järjestelmää tullaan hyödyntämään sähköverkoston maakaapeleiden sijaintitietojen hallinnassa. Paikkatietojärjestelmäksi on valittu Tekla Oyj:n kehittämä Xcity-järjestelmä, jonka käytöstä on tehty yhteiskäyttösopimus Lappeenrannan kaupungin kiinteistö- ja mittaus-toimen kanssa. Sillä on ollut järjestelmä käytössä jo ennestään ja se myös vastaa teknisestä ylläpidosta.

Lappeenrannan Energiaverkot Oy:ssa on tiedostettu jo jonkin aikaa tarve maakaapeliverkoston sijaintitietojen sähköiselle hallintajärjestelmälle. Kyseessä on kuitenkin kokonaisuudessaan pitkä ja vaativa projekti, kunnes päästään siihen pisteeseen, että kaikki maakaapeliverkot on digitoitu järjestelmään. Luonnollisesti tämänkaltaisen projektin käynnistäminen vaatii aikaa.

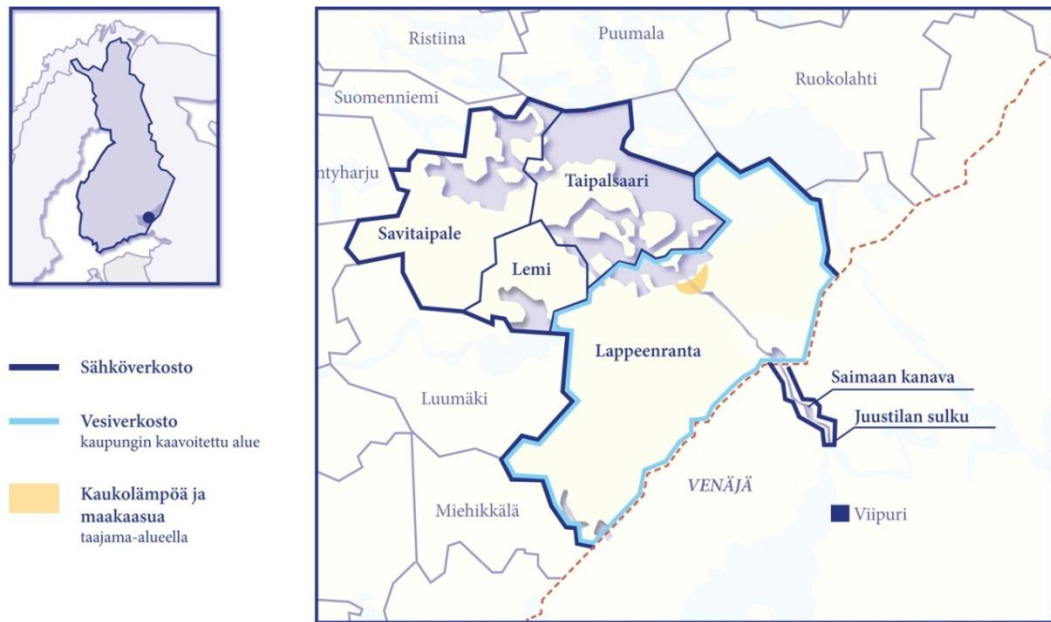
Käyttöönottoprojektin tavoitteena on saada paikkatietojärjestelmä käyttökuntoon ja määriteltyä siten, että sinne voidaan alkaa digitoida kartta-aineistoa, ilman että tarvitsee miettiä, millä tavoin se tehdään ja millä määrityksillä. Myös loppu-

käyttäjien opastaminen järjestelmän käyttöön on tärkeää. Järjestelmän määrittäykset suunnitellaan siten, että sinne on valmiudet digitoida kaikki kartoilta löytyvä informaatio Energiaverkkojen ja sovittujen yhteistyökumppaneiden maanalaisista kaapeleista.

Tämän raportin luvut yksi ja kaksi sisältävät johdannon, sekä lyhyen esittelyn Lappeenrannan Energia -konsernista ja sen toiminnoista. Kolmas luku käsittelee paikkatietojärjestelmiä ja niiden rakennetta yleisellä tasolla. Neljännessä luvussa keskitytään Xcity-järjestelmään, sen toimintaan ja rakenteeseen. Viides ja kuudes luku koskevat suoraan tätä projektia, viidennessä luvussa kuvataan projektin kulku ja kuudennessa luvussa johtotietojärjestelmä. Seitsemäs ja viimeinen luku on yhteenveto koko projektista, sekä loppumietintää ja mahdollisia jatkokehitysajatuksia.

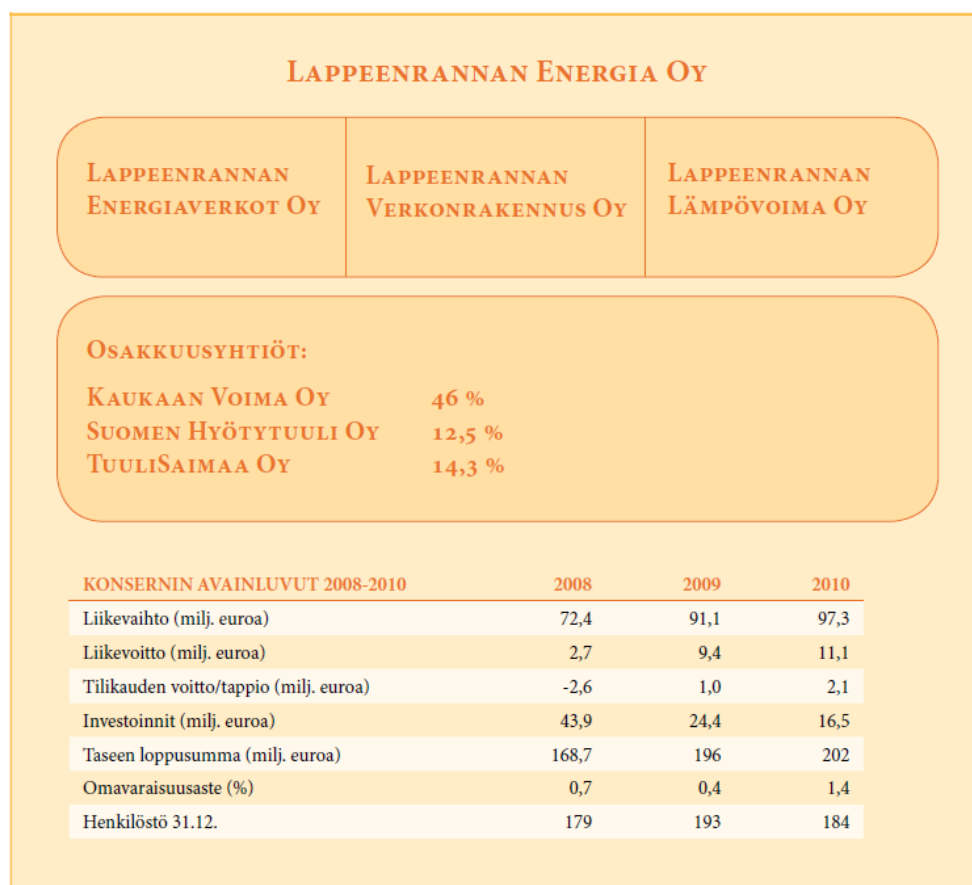
2 Lappeenrannan Energia Oy

Lappeenrannan Energia Oy on Etelä-Karjalan alueella toimiva energiayhtiö, joka palvelee asiakkaitaan kokonaisvaltaisesti sähköön, lämpöön ja vesihuoltoon liittyvissä asioissa. Yhtiön toimialue on esitetty kuvassa 2.1.



Kuva 2.1 Lappeenrannan Energia Oy:n toimialue (1)

Yhtiö muodostaa konsernin, jonka emoyhtiön, Lappeenrannan Energia Oy:n omistaa kokonaan Lappeenrannan kaupunki. Emoyhtiö omistaa kokonaan konsernin tytäryhtiöt, Lappeenrannan Energiaverkot Oy:n, Lappeenrannan Verkonrakennus Oy:n ja Lappeenrannan Lämpövoima Oy:n (2, s. 19). Konsernirakenne ja avainluvut on esitetty kuvassa 2.2.



Kuva 2.2 Lappeenrannan Energia Oy:n konsernirakenne ja avainluvut (1)

2.1 Historia lyhyesti

Lappeenrannan Energialla on pitkät, yli satavuotiset perinteet energiayhtiönä. Se on perustettu jo vuonna 1901. Vuosien mittaan toiminta on muuttunut ja laajentunut. Suuri muutos on ollut yhtiöittäminen eli siirtyminen kaupungin liikelaitosmallista osakeyhtiöksi ja osakeyhtiön toimintojen jakaminen omiin tytäryhtiöihin. (3.) Myös fuusiot, joissa Joutsenon Energia Oy ja Lappeenrannan Vesi Oy sulautettiin osaksi Lappeenrannan Energia –konsernia, ovat olleet suuria projekteja.

2.2 Lappeenrannan Energia Oy

Konsernin hallinnollisista asioista huolehtii emoyhtiön liiketoimintaan kuuluva konsernipalvelut, joka tuottaa kaikille konserniin kuuluville yhtiöille talous- ja hallintopalveluita.

Energiakauppa on toinen emoyhtiön liiketoimintayksiköistä. Yksikkö vastaa energian (sähkö, lämpö, maakaasu ja höyry) hankinnasta ja myynnistä. Sähkökaupassa suuressa roolissa on pohjoismainen sähköpörssi Nord Pool. Viime vuosina kuvaan on tullut myös päästökauppa, joka mahdollistaa kaupankäynnin päästöoikeuksilla. (4.) Myös markkinointi ja asiakaspalvelu kuuluvat energia-kaupan piiriin (3).

2.3 Lappeenrannan Energiaverkot Oy

Lappeenrannan Energiaverkot Oy omistaa, hallinnoi ja ylläpitää energianjakeluverkkoja yhtiön jakelualueella. Myös uusien verkostojen suunnittelu ja rakentaminen kuuluvat yrityksen toimialueeseen. Se myös huolehtii energian siirrosta asiakkaille. (3.)

2.4 Lappeenrannan Verkonrakennus Oy

Lappeenrannan Verkonrakennus Oy on urakointiyritys, joka nimensä mukaisesti rakentaa verkostoja. Sen palveluihin kuuluvat energia- ja ulkovalaistusverkkojen rakentaminen sekä kunnossapito. Mittarointi kuuluu myös yrityksen toimintaan. (3.)

2.5 Lappeenrannan Lämpövoima Oy

Lappeenrannan Lämpövoima Oy toimii energiantuottajana sekä vastaa tuotantolaitosten käytöstä ja kunnossapidosta. Suurin tuotantoyksikkö on Mertanien voimalaitos, jonka lisäksi yritys huolehtii viidestätoista lämpökeskuksesta ja kolmesta höyrykeskuksesta. (3.)

2.6 Kaukaan Voima Oy

Kaukaan Voima Oy ei suoranaisesti kuulu Lappeenrannan Energia -konserniin, mutta sillä on merkittävä asema konsernille. Lappeenrannan Energia omistaa Kaukaan Voima Oy:stä 46 %, toisena omistajana on Pohjolan Voima Oy 54 %:n osuudella. Kaukaan Voima Oy:n biovoimalaitos Kaukaan tehdasalueella tuottaa sähköä ja kaukolämpöä Lappeenrannan Energialle, sekä sähköä ja prosessihöyryä Kaukaan tehtaille. Laitoksen käyttötoimista huolehtii UPM. (3.)

3 Paikkatietojärjestelmät

Paikkatietojärjestelmistä käytetään kirjainlyhennettä GIS, joka tulee englanninkielisistä sanoista Geographic Information System. Paikkatietojärjestelmä on nimensä mukaisesti eri komponenteista muodostuva kokonaisuus eli järjestelmä (5; 6).

Kun kyseessä on jokin kohde tai ilmiö, joka voidaan sijoittaa kartalle ja maantieteellisellä sijainnilla on merkitystä, puhutaan asiasta, jonka hallintaan käytetään useasti paikkatietojärjestelmää (7). Paikkatietojärjestelmiä hyödynnetään yhteiskunnassa monilla tavoin ja myös hieman yllättävilläkin osa-alueilla. Tällainen on esimerkiksi Kuluttajatutkimuskeskus, joka hyödyntää järjestelmää osana erilaisia kuluttaja- ja palvelututkimuksia (7). Kuitenkin kun puhutaan paikkatietoja koskevista aiheista, ensimmäisenä käyttäjästä mieleen tulee varmasti Maanmittauslaitos, jonka näkyvintä toimintaa on kartta-aineiston tuottaminen.

Muita paikkatietojärjestelmien käyttäjiä ovat mm. kunnat, energiayhtiöt ja erityyppiset ympäristöön liittyvät tahot. Kunnat käyttävät järjestelmiä näkyvimmin kaavoitus- ja maanmittausosastoillaan. Energiayhtiöillä käyttö liittyy energiaverkostojen kohteiden sijaintiin ja ominaisuuksiin maastossa. Ympäristöön liittyvistä käyttäjistä esimerkiksi Metsähallitus hyödyntää järjestelmää mm. luonnonvarojen ajantasaisen tiedon ylläpitoon (8).

3.1 Paikkatieto

Paikkatieto koostuu kahdesta asiasta, sijaintitiedosta ja ominaisuustiedoista. Sijainti voi olla ilmaistu joko koordinaattitietona tai muuna sijainnin ilmaisevana tietona, kuten osoite. Ominaisuustiedot voivat sisältää kohteelle oleellista informaatiota, kuten mm. kiinteistön rakennusvuoden ja pinta-alan (9).

Paikkatieto voi perustua eri lähteisiin, kuten inhimilliseen tietoon tai mittauksiin. Inhimillinen tieto on ihmisten omiin kokemuksiin pohjautuvaa, johonkin paikkaan liittyvää tietoa (5; 10). Esimerkiksi lause ”Meidän talostamme 200 metrin päässä on T-risteys” on itsessään paikkatieto. Se sisältää tiedon sijainnista sekä ominaisuustiedon. Mittauksiin perustuva tieto on erilaisiin kartoituksiin perustuvaa, ja se on yleensä myös tarkempaa kuin ihmisten puhtaasti havaintoihin perustuva tieto. Kuvassa 3.1 on esitetty erään karttakohteen paikkatietolomake, jossa näkyy koordinaatti- sekä ominaisuustiedolle varatut kentät.

Tunnus	<input type="text"/>		
Ominaisuus 1	<input type="text"/>	Ominaisuus 2	<input type="text"/>
Ominaisuus 3	<input type="text"/>	Ominaisuus 4	<input type="text"/>
x	<input type="text" value="6772141.937"/>	Symbolin suunta	<input type="text" value="178.1222"/> gon
y	<input type="text" value="28510717.285"/>	Tekstin suunta	<input type="text" value="0.0000"/> gon
Z	<input type="text" value="0.000"/>	Tekstin siirtymä dx	<input type="text" value="0.000"/> m dy <input type="text" value="0.000"/> m
ZZ	<input type="text" value="0.000"/>		

Kuva 3.1 Erään karttakohteen paikkatietolomake

3.2 Paikannusmenetelmät ja paikkatietojen kerääminen

Perinteinen menetelmä maastotietojen kartoitukseen on ollut paperikartta, jolle maastossa olevan kohteen sijaintitieto käytiin paikanpäällä merkitsemässä. Tällöin kohteen sijainti määritettiin sitomalla se suorakulmaisella mittauksella johonkin maastossa jo sijaitsevaan kiintopisteeseen. Varsinaisille kartoille tämä maastossa tehty kartoituskuva siirrettiin käsityönä. Tietotekniikan ja erilaisten karttaohjelmistojen yleistyttyä, karttoja alettiin digitoida käsityönä sähköiseen muotoon. (11.)

Paikkatietojen kerääminen suoraan paikkatietojärjestelmään on tullut kannattavaksi vasta GPS-teknologian myötä (11). GPS-paikantimella kerätään maastosta koordinaattipisteitä ja paikantimesta ne siirretään myöhemmin paikkatietojärjestelmään. GPS tulee englanninkielen sanoista Global Positioning System, ja se on Yhdysvaltain puolustusministeriön kehittämä. Järjestelmän kehitystyö aloitettiin 1970-luvulla (12), mutta sen oli tarkoitus tulla vain sotilaskäyttöön. Siviilikäyttöön järjestelmä avautui 1980-luvulla. GPS:n etuja ovat sen toimintavarmuus esimerkiksi sääoloista riippumatta, järjestelmän käytön maksuttomuus ja toimivuus kellonajasta riippumatta (13).

Toinen mittalaite, jota voidaan paikannuksessa käyttää, on takymetri, jota käytetään yleensä maanmittauksessa. Mittaus perustuu mittalaitteen ja vastakappaleen eli prisman sijaintiin maastossa. Mittaamiseen käytetään apuna optiikkaa ja infrapunavaloa. Nykyaikaiset takymetrit osaavat laskea pisteen koordinaattimäärityksen automaattisesti. (14.)

Tietojen keräämisessä on tietenkin aina mahdollista myös ihmisten havaintojen pohjalta tehtävät paikkatietomerkinnot. Havaintoihin perustuvaa paikannusta ja tietojen keruuta on myös satelliitti- ja ilmakuvista tehtävä tulkinta. Näillä menetelmillä ei päästä yhtä tarkkoihin tuloksiin kuin mittalaitteilla, mutta jossain tilanteissa nämä vaihtoehdot ovat tyhjää parempia.

3.3 Paikkatietojärjestelmien rakenne

Paikkatietojärjestelmä on eri osien muodostama kokonaisuus. Siitä käytetään usein virheellisesti nimitystä paikkatieto-ohjelmisto, vaikka on vain järjestelmän yksi osa. Muita paikkatietojärjestelmän muodostavia osia ovat varsinainen paikkatietoaineisto, tietokanta, laitteistot, erilaiset työkalut ja menetelmät sekä itse käyttäjät (5; 15). Laitteisto käsittää usein jonkinlaisen palvelin-asiakas tyyppisen kokoonpanon, jossa paikkatietoaineisto sijaitsee palvelimella. Sieltä aineistoa hyödynnetään verkon kautta työasemalla ajettavan paikkatieto-ohjelmiston kautta.

3.4 Paikkatietojen tallennus paikkatietojärjestelmään

Paikkatietoaineiston tallennuksessa käytetään hyväksi usein tietokantaa, jonne tallentuu kaikki paikkatieto-ohjelmistossa esitettävä karttatieto (6). Tiedot voivat olla joko vektori- tai rasterigrafiikkana (16).

Vektorigrafiikka-muotoinen aineisto muodostuu eri kohteista, jotka taas muodostuvat kohteen sijainti- ja ominaisuustiedoista. Kohteet kuvataan kartalla eri tavoin niiden rakenteen mukaan: yksittäinen kohde, esimerkiksi puu voidaan kuvata yksittäisellä pisteellä ja tie viivalla. Sijainti tulee suoraan geometriatiedoista, jotka on sidottu käytettävään koordinaatistoon. Pisteet ovat yksittäisiä pisteitä koordinaatistossa, kun taas viivat määräytyvät päätepisteiden avulla. Käyrissä viivoissa koordinaattipisteitä on enemmän. (16.)

Rasterigrafiikka-muotoinen tieto voi olla esimerkiksi skannattu paperikartta, jolloin siitä on muodostettu digitaalinen kuvatiedosto. Digitaalinen kuva muodostuu pikseleistä, joista jokainen tallentuu paikkatietojärjestelmään pienenä ruutuna. Kun järjestelmään tallennetaan pikseleistä koostuva digitaalinen karttakuva, siitä muodostuu ruutuverkko, jossa jokaisen ruudun sijainti ilmenee vastaavan rivin ja sarakkeen numerosta. Jokaisella pikselillä on myös ominaisuustieto, joka kertoo pikselin värin tai sävyn. Rasteriaineiston tarkkuus riippuu suoraan resoluutiosta eli mitä pienempää aluetta yksi pikseli kuvaa, sitä suurempi on resoluutio ja sitä suurempi aineiston tarkkuus. (16.)

Kartta-aineisto esitetään paikkatietojärjestelmässä tasoina, joissa erityyppiset karttakohteet voivat olla omilla tasoillaan. Tasoja voidaan sitten yhdistellä, ja esittää näin erilaisia yhdistelmäkarttoja (6). Jos esitetään esimerkiksi pelkät kiinteistörajat kuvaava vektorimallinen kartta, niin siihen voidaan lisätä näkymään vaikkapa rasterimallinen ilmakekuva, jolloin kartat näkyvät samanaikaisesti.

4 Xcity

Xcity-paikkatietojärjestelmä on Teklan kehittämä ja toimittama tietojärjestelmä. Vuonna 2011 sen virallinen nimi muutettiin muotoon Tekla Municipality GIS, mutta selvyysden vuoksi tässä dokumentissa siitä käytetään nimitystä Xcity. Jär-

jestelmä koostuu erilaisista toimialasovelluksista, jotka on tarkoitettu kuntien eri teknillisille sektoreille (17). Järjestelmää voi täydentää näillä sovelluskomponenteilla tarpeen mukaan.

4.1 Arkkitehtuuri

Järjestelmän arkkitehtuuri perustuu palvelin-asiakasmalliin, jossa ohjelmistot asennetaan kokonaisuudessaan palvelimelle ja työasemiin vain ohjelmiston käytön kannalta tarpeellisimmat osiot.

Xcity on monen käyttäjän järjestelmä, jossa käyttäjät kuuluvat eri käyttäjäryhmiin. Oikeuksien hallinta tapahtuu käyttäjäryhmien kautta eli oikeudet määritetään käyttäjäryhmälle, ja kaikki kyseisen ryhmän käyttäjät saavat ne käyttöönsä. Ryhmien kautta hallitaan kohteiden katselu-, muutos- ja poisto-oikeuksia. Eriksseen voidaan perustaa oikeusryhmiä, joilla määritetään käyttäjäryhmien lajikohtaiset oikeudet. (18, s. 177–178.)

Oikeuksia voidaan määritellä globaaleina, jolloin ne koskevat koko järjestelmää. Xcity kuitenkin sisältää yhteiskäyttöominaisuuden, joka mahdollistaa saman järjestelmän käytön kuntien tai eri osastojen kesken. Tällöin oikeuksia voidaan määritellä kunta- tai osastokohtaisina. Tietyt oikeudet ovat kuitenkin aina globaaleja. (18, s. 178.)

Järjestelmässä on erityinen Xtuote-liityntä muihin Teklan järjestelmien tietokantoihin, jolloin pystytään lataamaan ja käyttämään niihin tallennettuja viiva- ja pistekohteita (18, s. 197).

4.2 Toiminnot

Järjestelmään voidaan ladata ja tarkastella eri vektori- ja rasterityyppisiä karttoja. Rasterityyppisiä karttoja voidaan käyttää laajempina taustakarttakokonaisuuksina, sekä aluekohtaisina referenssikarttoina. Karttakohteiden näkyvyyksiä voidaan tarvittaessa muuttaa, jolloin pystytään tarkastelemaan vain haluttuja kohteita. Kartoilla voidaan liikkua vapaasti joko hiirellä siirtyen tai siirtymällä suoraan halutulle alueelle käyttäen nimi- ja aluehakuja. Kartoista voidaan ottaa tulosteita valmiiden sijoittelumallien avulla tai valitsemalla itse tulostettavat ele-

mentit. Karttatiedoista pystytään tekemään erilaisia kyselyitä, esimerkiksi ominaisuustiedoista.

Aineiston tallennus voidaan tehdä käsin digitoimalla, digitointipöydän avulla tai kartoitustietojen suoralla viennillä järjestelmään. Käsin digitoidessa, Xcity tarjoaa tarpeelliset työkalut viiva- ja pistetyyppisten kohteiden lisäämiseen. Kartoitustiedot tallennetaan suoraan tiedostotuonnilla, esimerkiksi Xcityn omassa XCI-tiedostoformaattissa.

4.3 Tietokantarakenne

Järjestelmä käyttää Oracle relaatiotietokantoja, joihin sijaintikohteet tallennetaan (18, s. 22). Karttakohteiden mahdollisten Oracle Spatial -standardin mukaisten geometriatietojen tallennus Xcity-tietokantaan on myös tuettu (18, s. 66).

4.4 Tietojen varmuuskopiointi

Tietokantapalvelimen varmuuskopiointista huolehtii palvelimen ylläpitäjä. Lappeenrannan Energiaverkot Oy käyttää Xcity-paikkatietojärjestelmää yhteiskäytössä Lappeenrannan kaupungin kanssa, joten varmuuskopiointista huolehtii tietohallinto, joka on Saimaan talous ja tieto Oy.

5 Projektin organisointi ja vaiheet

Tässä luvussa esitellään opinnäytetyön projektiorganisaatio ja tavoitteet omasta sekä tilaajan eli työnantajan näkökulmasta, projektin kulku, työmäärät sekä järjestelmän esiselvitys, määrittely, suunnittelu, testaus ja käyttöönotto.

5.1 Organisaatio

Projektiryhmään kuuluivat itseni lisäksi karttatietokäsittelijä Sanna Lehtonen ja johtokartoittaja Pertti Rikman. Projektin käytännön toteutukseen haluttiin mukaan sellaiset henkilöt, joita järjestelmä eniten koskettaa tulevaisuudessa.

Sanna Lehtonen toimii johtotietopalvelussa, josta asiakkaat voivat tilata ja hakea kaapelikarttoja maanalaisten kaapeleiden sijainnista. Hän tulisi olemaan

yksi niistä, jotka hyödyntävät järjestelmää eniten, koska kaapelikartat otetaan tulevaisuudessa sieltä tulosteina.

Pertti Rikman toimii johtokartoittajana, ja hän kartoittaa uusien maakaapeleiden sijainnin maastossa. Uudet kartoitustiedot viedään suoraan sähköisenä GPS-kartoituslaitteelta järjestelmään, jolloin ne ovat heti käytettävissä.

Lappeenrannan Energiaverkot Oy:n puolesta projektin ohjauksesta vastasi verkostosuunnittelija Heikki Herranen ja Saimaan ammattikorkeakoulusta lehtori Martti Ylä-Jussila. Organisaatio ja tehtäväjako on esitetty taulukossa 5.1.

Taulukko 5.1 Projektin organisaatio

Projektin organisaatio		
Nimi	Tehtävä	Vastuualue
Martti Ylä-Jussila	Opinnäytetyön ohjaaja	Projektin ohjaus
Heikki Herranen	Opinnäytetyön ohjaaja, työnantajan edustaja	Projektin ohjaus työnantajan puolesta
Antti Pöntinen	Karttatietosuunnittelija	Projektin läpivienti, suunnittelu, toiminnallinen määrittely, projektiin liittyvät dokumentit
Sanna Lehtonen	Karttatietokäsittelijä	Kehitysideat ja -ajatukset loppukäyttäjän näkökulmasta, testaus, palaute järjestelmästä
Pertti Rikman	Johtokartoittaja	Kartoitusten vienti järjestelmään, kehitysideat ja palaute järjestelmästä

5.2 Tavoitteet

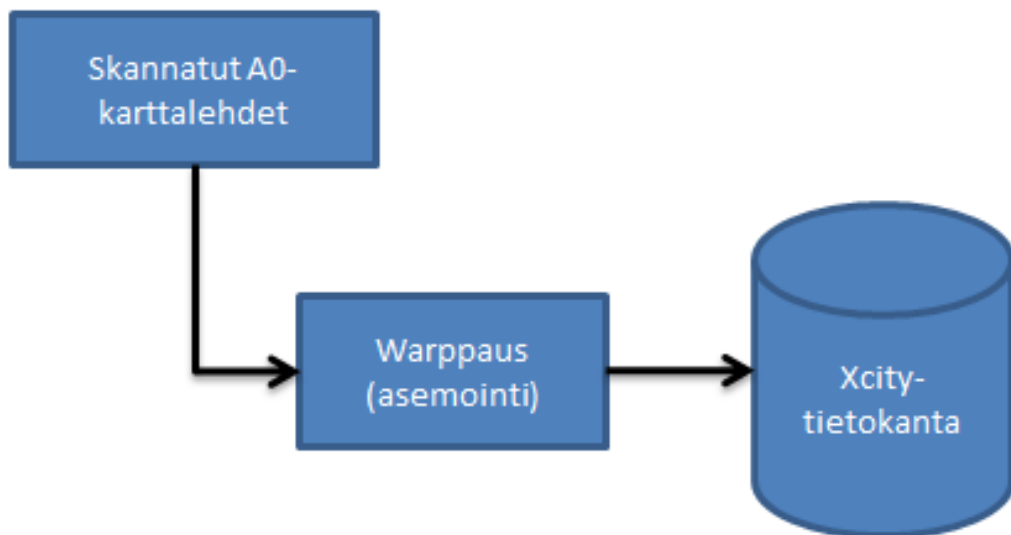
Työnantajan puolelta tavoitteeksi asetettiin paikkatietojärjestelmän saattaminen käyttökuntoon ja tarpeellisten määritysten tekeminen siten, että sinne voidaan alkaa digitoida kartta-aineistoa. Ajallisesti järjestelmän haluttiin olevan käyttökunnossa kesän 2012 alkuun mennessä.

Projektin kannalta tarkoitus oli tuottaa eri työvaiheista dokumentit, joista projektin kulun pystyy jälkikäteen toteamaan. Dokumentit koottiin omaan projektiansioon, joka tarvittaessa myöhemmin palvelee työnantajan käyttötarpeita.

Oma tavoitteeni oli oppia uutta paikkatietojärjestelmistä ja projektinhallinnasta, sekä tehdä hyvä opinnäytetyö. Aihe oli mielenkiintoinen ja varsinkin paikkatiedon ja paikkatietojärjestelmien osalta aihealue oli itselleni melko tuntematon. Sähköverkostoa tunsin entuudestaan PowerGridin parissa työskenneltyäni.

5.3 Projektin vaiheet ja työmääräarviot

Projekti aloitettiin marraskuun alussa 2011. Sanna Lehtonen oli ennen projektin aloitusta jo skannannut kartta-aineistoa sähköiseen muotoon. Skannatut A0-karttalehdet warpattiin eli asemoitiin, jotta niitä voitaisiin hyödyntää järjestelmässä. Karttalehtien sähköiseen muotoon saaminen oli tärkeää, koska tällöin niistä voitiin muodostaa Xcityn karttapohjalle taustakartta. Tämä oli ratkaisevaa jo testausvaiheessa, sekä käyttöönoton jälkeen alkaneessa aineiston digitoimisessa, koska kaapelit digitoidaan pääosin karttalehdistä koostetun taustakartan avulla. Skannattujen karttalehtien käsittelyprosessi on esitetty kuvassa 5.1.



Kuva 5.1 Skannattujen karttalehtien käsittelyprosessi

Alkuvaihe oli järjestelmän ja sen dokumentoinnin tutkimista. Suunnittelua, testausta, sekä määrittelyä tehtiin käytännössä osin samaan aikaan, koska suunniteltuja asioita saatettiin näin ollen testata käytännössä. Työn luonne mahdollisti tämän, koska järjestelmä oli teknisesti toiminnassa, ja tässä sitä muokattiin kaapelikarttojen piirtämistä ja esittämistä varten. Testaus kuitenkin jakautui itsessään kahteen vaiheeseen, jossa ensimmäisessä vaiheessa kokeiltiin eri piirtotekniikoita, taustakarttojen käyttöä, käytännön digitointia sekä kartta-aineiston piirtotapoja karttapohjalla. Toinen vaihe käsitti tehtyjen määritysten sekä tulos pohjien testausta. Työmääräarviot ja niiden toteutumispäivät on esitetty taulukossa 5.2.

Taulukko 5.2 Työmääräarviot ja niiden toteutumispäivät

Tehtävä	Arvioitu kesto (h)	Valmis
Teorian opiskelu	50	18.11.2011
Järjestelmän opiskelu	80	9.12.2011
Suunnittelu	50	27.1.2012
Testaus, vaihe 1	100	20.1.2012
Määrittelyt	40	17.2.2012
Testaus, vaihe 2	40	23.3.2012
Koulutus ja käyttöönotto	22	20.4.2012
Loppuraportti	102	4.5.2012
Yhteensä	484	

5.4 Määrittelyt

Määrittelyn aloitin suunnitteleamalla karttatietojen esittämistä siten, että esitystavat olisivat mahdollisimman hyvin yhteneviä olemassa olevien karttojen sekä järjestelmien kanssa. Lähtökohtana käytin PowerGrid-järjestelmän verkoston ulkoista esitystapaa, esimerkiksi eri kaapelityyppien värityksen osalta ja tarkoitus oli etsiä Xcityn karttakohteille samansuuntaiset ominaisuudet.

Määrittelyjä mietittiin kuitenkin enimmäkseen projektiryhmän kesken koko käyttöönottoprojektin ajan. Samalla järjestelmää tuli myös testikäytettyä, vaikka testijaksot olivat projektissa myös omana osanaan. Määrittelyssä kuvattiin, miten eri komponentit näkyisivät Xcityn karttapohjalla ja miltä niiden kuuluisi näyttää. Paljon keskusteltiin myös siitä, mitä aineistoa kartalle tultaisiin digitoimaan ja millä tavalla.

Toiminnallisessa määrittelyssä keskityttiin kaapelikarttojen osalta karttatiedon eli sähköverkon komponenttien ja maakaapeleiden esitystapaan sekä ominaisuustietoihin. Lisäksi määriteltiin digitoitavan aineiston rajausta, lähdeaineiston tallennusta sekä tiettyjä ohjeita digitoitintapaan. Lopulliset määrittelyt alkoivat olla valmiit helmikuun lopussa 2012.

5.5 Testaus

Testausta varten projektiin suunniteltiin oma erillinen työmääräarvio, vaikka testausta suoritettiin koko projektin ajan. Projektin kuluessa tapahtunut testaus liittyi aina senhetkisten suunnitelmien tai toimintojen testaamiseen, eivätkä nämä

olleet mitään ennalta suunniteltuja testitapauksia. Tätä varten projektiin aikataulutettiin omat testijaksot, joiden pohjalta testausdokumentointi on tehty. Kaikki suunnitellut testaukset tehtiin onnistuneesti.

5.6 Käyttöönotto

Virallinen käyttöönottopäivä oli aikataulutettu 2.4.2012, mutta totesimme jo testausjakson loppupuolella, että järjestelmä on valmis käytettäväksi. Käyttöönottoon liittyy vielä joidenkin käyttäjien, kuten kesän 2012 alussa tulevien ensimmäisten verkon digitoijien koulutuksia. Projektin voidaan siis sanoa valmistuneen jopa hieman etuajassa.

6 Johtotietojärjestelmä

Johtotietojärjestelmällä on merkittävä osa Lappeenrannan Energiaverkot Oy:n toiminnassa. Järjestelmän tietomäärä on suuri, koska sillä ylläpidetään yhtiön jakelualueen maanalaisten kaapeleiden sijainti- sekä ominaisuustietoja. Aineisto on muovi- ja paperikartoilla, joten niiden arkistointi vaatii oman tilansa. Kuvassa 6.1 on esitetty kartta-aineiston arkisto.



Kuva 6.1 Kartta-aineiston arkisto

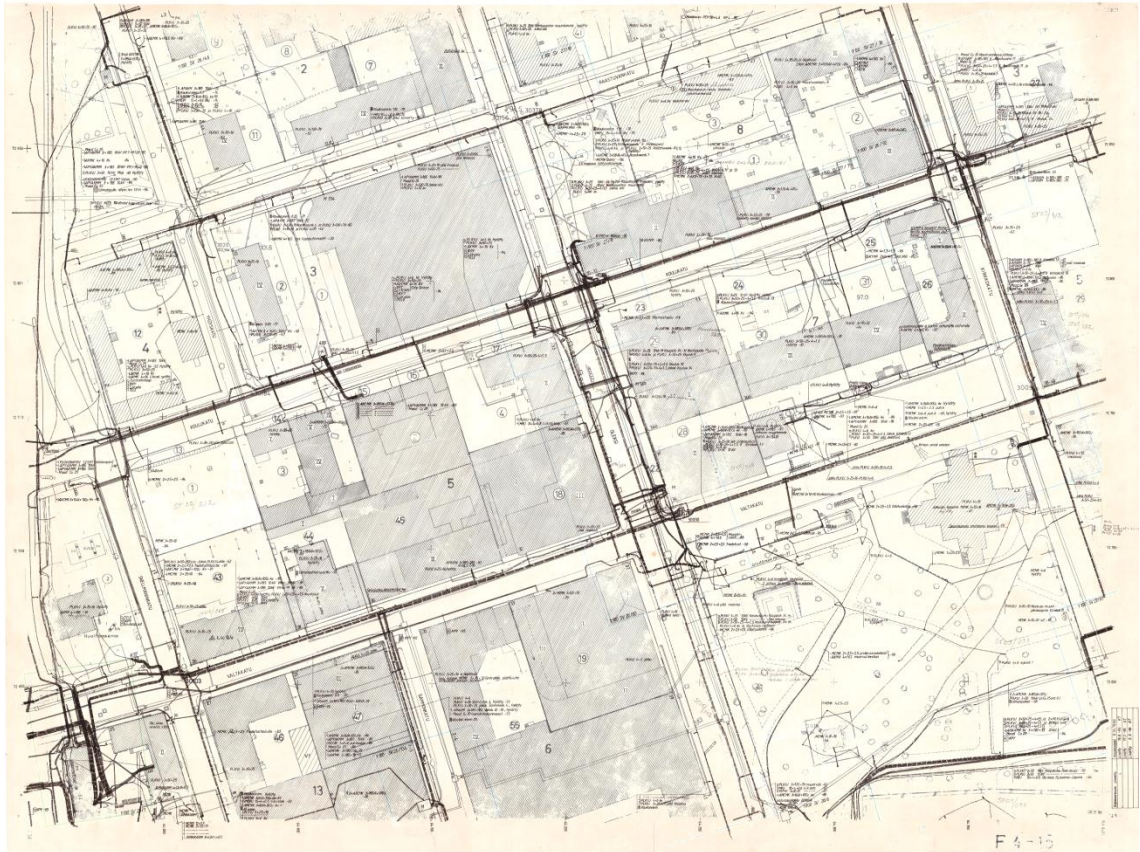
6.1 Johtotietojen hyödyntäminen

Johtotietoja hyödynnetään näkyvimmin johtotietopalvelussa, josta asiakkaat voivat tilata kaapelien sijaintikarttoja, kun halutaan tietää mahdollisten kaapelien sijainti maastossa ennen maan kaivamista. Konsernin sisällä tietoja käytetään, kun rakennetaan uutta verkostoa tai ylläpidetään olemassa olevaa verkostoa. Myös mahdollisissa vikatilanteissa tarvitaan ajantasaisia johtotietoja, jotta vika-paikalla kaivettaessa ei aiheuteta lisää vaurioita.

6.2 Korvattava nykyinen järjestelmä

Vanha, korvattava järjestelmä rakentuu perinteisten muovi- ja paperikarttojen varaan. Näiden lisäksi sähköverkosto on myös sähköisessä muodossa käytettävissä kahdessa eri järjestelmässä, PowerGrid ja DMS (Distribution Management System). Kumpikaan näistä ei oikein sovellu sähkökaapeleiden paikkatiedon ylläpitoon tai esittämiseen, vaan ovat enemmänkin sähköverkkoston ylläpitoon, suunnitteluun ja mallintamiseen soveltuvia järjestelmiä. PowerGrid-järjestelmässä on paikkatietojärjestelmän ominaisuudet, mutta sen kuvaustekniikka ei sovellu sijaintikartoilla käytettäväksi. Tästä huolimatta sitä on tähän asti hyödynnetty johtotietopalvelussa, koska tiettyjen alueiden kaapelitiedot selviävät tällä hetkellä siellä olevista verkkotiedoista.

Pääasiallisesti kaapelien sijaintikartat ovat kuitenkin A0-kokoisilla karttalehdillä, joihin on tähän asti päivitetty sähköverkkoston muutokset käsin. Lisäksi jokaiseen karttalehteen liittyy kansio, jossa on karttalehteen liittyvää lisätietoa, kuten esimerkiksi verkoston muutoskuvia, joita ei ole vielä ehditty päivittää karttamuoville. Kuvassa 6.2 on esimerkki yhdestä A0-karttalehdestä ja kuvassa 6.3 on kyseiseen karttalehteen liittyvät kansiot. Uudet verkostot kartoitetaan GPS-paikantimella, josta on tähän asti tehty paperikartat karttalehtikansioihin sekä päivitykset karttamuoveille.



Kuva 6.2 Esimerkki A0-karttalehdestä



Kuva 6.3 Kuvan 6.2 karttalehteen liittyvät kansiot

Johtotietopalvelusta asiakkaat tilaavat kaapelien sijaintikarttoja silloin, kun maata aiotaan kaivaa ja halutaan varmistua kaapeleiden sijainnista, jotta niitä osataan varoa. Kaapelitiedot etsitään ensin karttamuoveilta, paperikartoilta ja muu-

toskuvista, joita jokaista voi olla mahdollisesti useampia ja joissa kaikissa on hieman eri päivitykset. Ulkovalaistus on yleensä myös olla omalla karttamuovillaan. Näistä kaikista otetaan kopio siitä kohdasta, josta asiakas halusi kartan ja tämän lisäksi otetaan myös kuva PowerGrid-järjestelmästä. Lopulta asiakas saa lähtiessään mukaansa nipun, jossa saattaa olla kopio jopa kymmenestä eri kartasta.

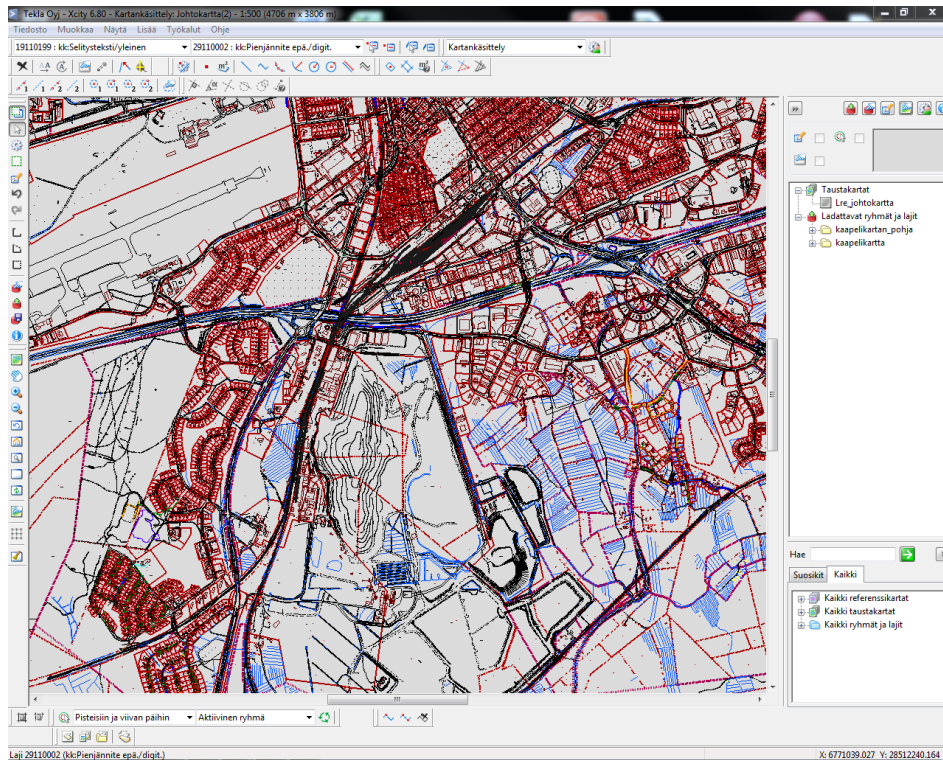
6.3 Korvattavan järjestelmän ongelmat

Korvattava vanha järjestelmä on pahasti ajastaan jäljessä. Aineiston määrä ja sen käsiteltävyys vaativat järjestelmän modernisoimista. Yksi suurista ongelmista on vanhan järjestelmän ylläpito, jossa verkostoon tehtävät muutokset on lopuksi tehtävä käsin karttamuoveille. Esimerkiksi kartoitukset tehdään samaan aikaan täysin ilman paperin käsittelyä aina siihen asti, kun tulee tarve saada ne päivitettyä karttamuoveille.

Toinen perusongelmista on aineiston hyödyntäminen johtotietopalvelussa, jossa hajautunut ja vaikeasti käytettävä kartta-aineisto lisää työkuormaa kohtuuttomasti. Koska johtotietopalvelu vastaa omalta osaltaan asiakaspalvelusta, kaikki ongelmat heijastuvat suoraan myös asiakkaiden suuntaan. Lisääntynyt työkuorma näkyy töiden ruuhkautumisena ja kiireenä sekä karttojen hajanaisuus huonona laatuna. Karttojen hankalan ylläpidettävyyden takia myös karttojen selkeys saattaa monesti olla kyseenalaista.

6.4 Uusi järjestelmä

Xcity-paikkatietojärjestelmän käyttöliittymä koostuu karttanäkymästä, työkalu- ja valikkoriveistä sekä ladatuista ja käytettävissä olevista karttakohteista. Kuvassa 6.4 on esitetty järjestelmän käyttöliittymä.



Kuva 6.4 Xcity–paikkatietojärjestelmän käyttöliittymä

Järjestelmän sisältö on vektoridataa ja koordinaatistoon sidottua. Kaikki käyttöliittymän kartta- eli työaluenäkymässä näkyvät kohteet ja niiden sijainti perustuvat koordinaatistoon. Kartalle voidaan ladata myös rasterimuotoisia kuvatiedostoja taustakarttoiksi, jotka asemoidaan koordinaatistoon.

6.4.1 Lajit

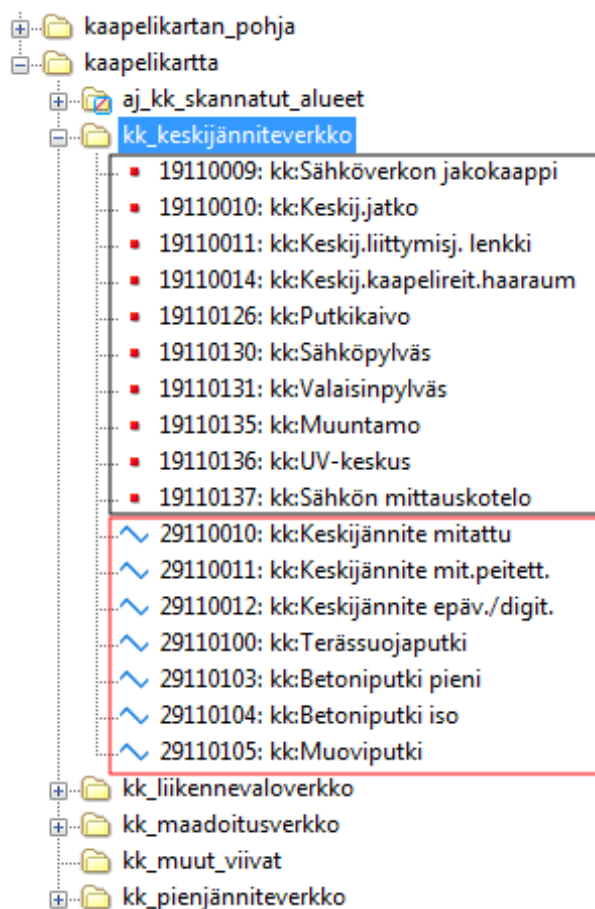
Karttakohteet ovat perustyyppiltään viiva- ja pistetyyppisiä. Viivatyypisillä kohteilla kuvataan maakaapeleita ja putkia. Pistetyyppiset ovat symboleita sekä selitetekstejä, jotka kuvaavat sähköverkoston muita kohteita, kuten esimerkiksi jakokaappia tai valaisinpylvästä. Perustyypeistä eli viiva- sekä pistetyypeistä muodostetaan lajityyppejä, joilla eri maakaapeliverkon komponentit erotellaan toisistaan. Taulukko 6.1 kuvaa lajityyppien rakenteen.

Taulukko 6.1 Lajityyppien rakenne

Tunniste	Lajin yksilöivä numero
Lajin nimi	Lajin nimi
Tyyppi	Kertoo onko laji viiva- vai pistetyyppinen
Ominaisuustiedot	Lajikohtaiset ominaisuustiedot

Lajit ryhmitellään omiin lajiryhmiinsä sen mukaan, mitä verkon osaa ne kuvaavat. Kuvassa 6.5 näkyy keskijänniteverkon komponentteja kuvaavat lajit, jotka on ryhmitelty omaan lajiryhmäänsä.

Kuvaan on myös merkitty pistetyyppiset lajit rajaamalla ne mustalla reunuksella ja viivatyypiset lajit punaisella. Kuvan lajeissa näkyy myös taulukon 6.1 mukaiset kentät lukuun ottamatta ominaisuustietoja. Esimerkiksi keskijännite lajiryhmän ensimmäinen rivi: pieni symboli rivin alussa kertoo kyseessä olevan pistetyyppinen laji, jonka tunnistenumeroiksi seuraava arvo kertoo 19110009 ja lajin nimi viimeisen kohdan mukaan on "kk:Sähköverkon jakokaappi".



Kuva 6.5 Keskijänniteverkon komponentteja kuvaavat lajit

6.4.2 Lajien ominaisuustiedot

Jokaiselle karttakohteelle voidaan lisätä ominaisuustietoja sen mukaan, mitä ominaisuustietokenttiä kohteen piirtoon käytetylle lajityypille on määritetty. Lajityypeillä on tietyt yhteiset sekä lajikohtaiset ominaisuustietokentät. Yhteisistä

kentistä merkittävimmät ovat kaapelien ominaisuustietokentät, jotka ovat samat kaikilla kaapelilajeilla. Nämä on lueteltu taulukossa 6.2.

Taulukko 6.2 Kaapelien ominaisuustietokentät

Asennusvuosi	Kaapelin asennusvuosi
Johtolaatu	Kaapelin tarkempi tyyppi
Jännitetaso	Verkon jännitetaso
Mittaustapa	Kaapelin sijaintitarkkuus, onko mitattu vai digitoitu
Omistaja/käyttötila	Kaapelin omistaja ja käyttötilanne

Omistaja/käyttötila-kentän arvo vaikuttaa tietyissä tapauksissa kaapelin esitystapaan kartalla riippumatta siitä, mitä lajityyppiä kaapeli on. Näitä tapauksia ovat

- jos omistaja on asiakas, kaapelin väri on vaaleansininen riippumatta lajista
- jos omistaja on asiakas ja käyttötila ”ei käytössä” tai ”hylätty”, kaapeli kuvataan vaaleansinisellä katkoviivalla riippumatta lajista
- jos käyttötila on ”ei käytössä” tai ”hylätty”, kaapeli kuvataan mustalla katkoviivalla riippumatta lajista.

Kuvassa 6.6 on esitetty kaapelin ominaisuustietolomake ja omistaja/käyttötilavalinnan vaikutus kaapelin esitystapaan on esitetty kuvassa 6.7. Omistaja/käyttötila-kenttä esiintyy myös muissa karttakohteissa, mutta näissä kentän arvo ei vaikuta esitystapaan kartalla.

Ominaisuudet

Perustiedot Attribuutit A-O

Asennusvuosi 0

Johtolaatu - Ei arvoa -

Jännitetaso 0.4 kV

Mittaustapa Takymetri

Omistaja/Käyttötila Lappeenrannan Energiaverkot Oy/Käytössä

OK Peru Ohje

Kuva 6.6 Kaapelin ominaisuustietolomake

—————	Omistaja: Asiakas, käyttötila: Käytössä
- - - - -	Omistaja: Asiakas, käyttötila: Hylätty/Ei käytössä
-----	Käyttötila: Hylätty/Ei käytössä

Kuva 6.7 Omistaja/käyttötila-valinnan vaikutus kaapelin esitystapaan

Putkien lajityypeillä on myös kaikilla samat ominaisuustietokentät, joilla putkelle määritellään halkaisija, putkessa kulkevien kaapeleiden määrä sekä omistaja. Omistaja-kentällä määritetään myös käyttötila samalla tavoin kuin kaapeleilla, mutta kentän valinnat eivät vaikuta putkien esitystapaan kartalla. Kuvassa 6.8 on esitetty putken ominaisuustietolomake.

Ominaisuudet

Perustiedot Attribuutit H-O

Halkaisija 0 mm

Johtojen lukumäärä (0 = tyhjä) 0 kpl

Omistaja Lappeenrannan Energiaverkot Oy/Käytössä

OK Peru Ohje

Kuva 6.8 Putken ominaisuustietolomake

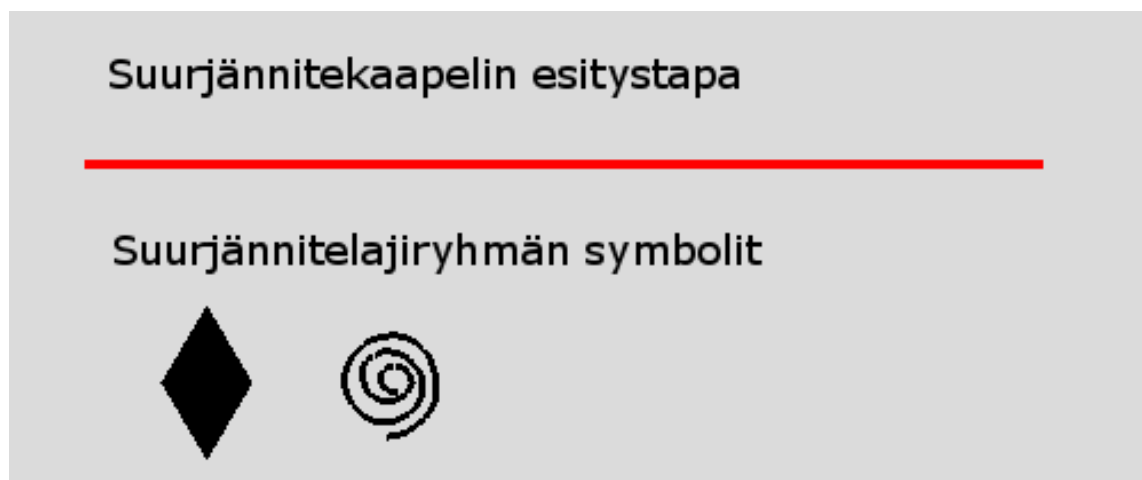
6.4.3 Suurjänniteverkko

Suurjänniteverkon kohteita kuvaavat lajit on esitetty taulukossa 6.3.

Taulukko 6.3 Suurjänniteverkon kohteita kuvaavat lajit

Laji	Perustyyppi	Selite
Suurjännite mitattu	viivatyyppi	Käytetään, kun kaapeli on kartoitettu mittaamalla kaivannosta ennen sen peittämistä
Suurjännite mit.peitett.	viivatyyppi	Käytetään, kun kaapeli on kartoitettu mittaamalla ja peitettynä
Suurjännite epäv./digit.	viivatyyppi	Käytetään, kun digitoidaan kaapeleita karttapohjalta
Suur. jatko	pistetyyppi	Kaapelijatkon symboli
Suur. liittymisj. lenkki	pistetyyppi	Kaapelilenkin symboli

Kaikki suurjännitekaapelilajit kuvataan kartalla punaisella värillä. Suurjännitelajiryhmän kohteet kartalla on esitetty kuvassa 6.9.



Kuva 6.9 Suurjännitelajiryhmän kohteet kartalla

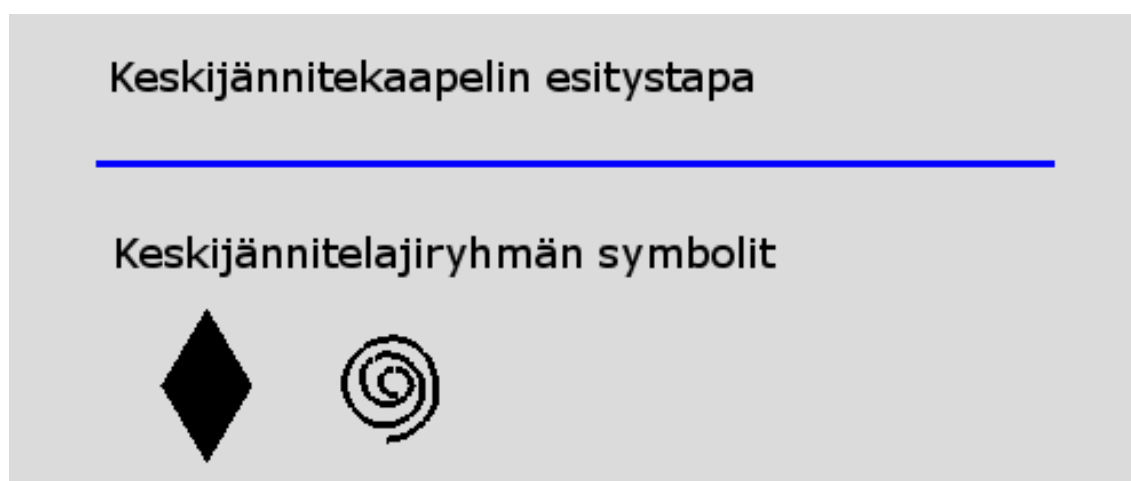
6.4.4 Keskijänniteverkko

Keskijänniteverkon kohteita kuvaavat lajit on esitetty taulukossa 6.4.

Taulukko 6.4 Keskijänniteverkon kohteita kuvaavat lajit

Laji	Perustyyppi	Selite
Keskijännite mitattu	viivatyyppe	Käytetään, kun kaapeli on kartoitettu mittaamalla kaivannosta ennen sen peittämistä
Keskijännite mit.peitett.	viivatyyppe	Käytetään, kun kaapeli on kartoitettu mittaamalla ja peitettynä
Keskijännite epäv./digit.	viivatyyppe	Käytetään, kun digitoidaan kaapeleita karttapohjalta
Keskij. jatko	pistetyyppe	Kaapelijatkon symboli
Keskij. liittymisj. lenkki	pistetyyppe	Kaapelilenkin symboli

Kaikki keskijännitekaapelilajit kuvataan kartalla sinisellä värillä. Keskijännitelajiryhmän kohteet kartalla on esitetty kuvassa 6.10.



Kuva 6.10 Keskijännitelajiryhmän kohteet kartalla

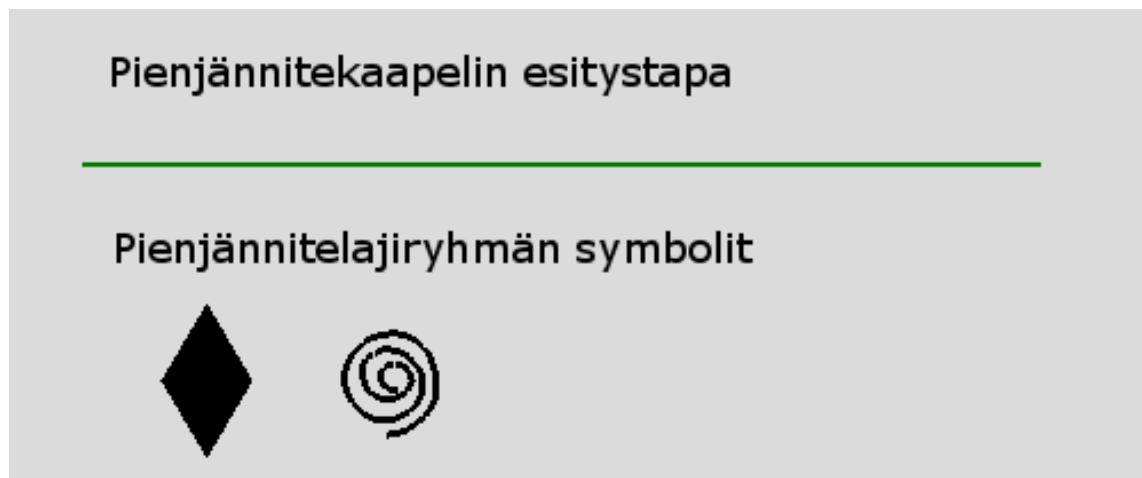
6.4.5 Pienjänniteverkko

Pienjänniteverkon kohteita kuvaavat lajit on esitetty taulukossa 6.5.

Taulukko 6.5 Pienjänniteverkon kohteita kuvaavat lajit

Laji	Perustyyppi	Selite
Pienjännite mitattu	viivatyyppe	Käytetään, kun kaapeli on kartoitettu mittaamalla kaivannosta ennen sen peittämistä
Pienjännite mit.peitett.	viivatyyppe	Käytetään, kun kaapeli on kartoitettu mittaamalla ja peitettynä
Pienjännite epäv./digit.	viivatyyppe	Käytetään, kun digitoidaan kaapeleita karttapohjalta
Pienj. jatko	pistetyyppe	Kaapelijatkon symboli
Pienj. liittymisj. lenkki	pistetyyppe	Kaapelilenkin symboli

Kaikki pienjännitekaapelilajit kuvataan kartalla vihreällä värillä. Pienjännitelajiryhmän kohteet kartalla on esitetty kuvassa 6.11.



Kuva 6.11 Pienjännitelajiryhmän kohteet kartalla

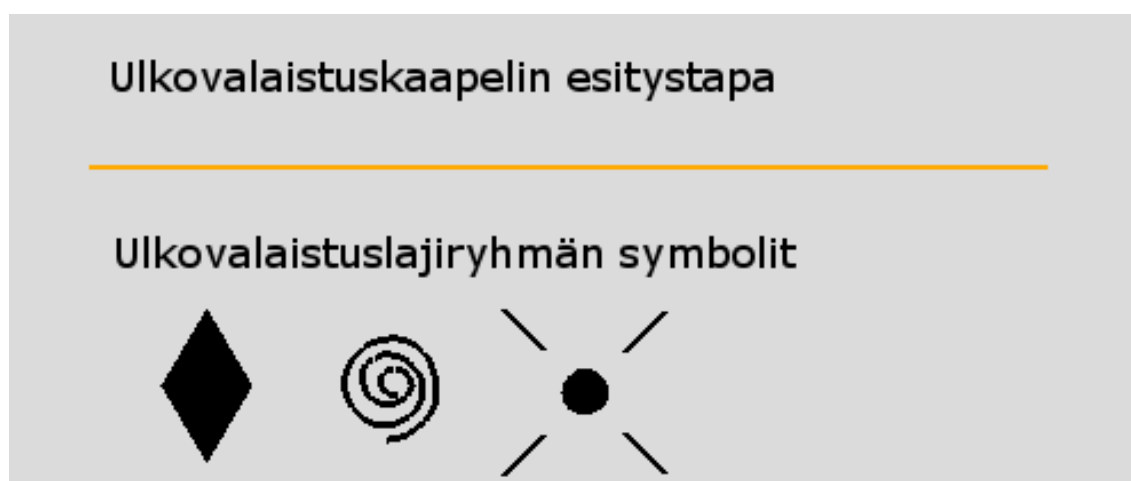
6.4.6 Ulkovalaistusverkko

Ulkovalaistusverkon kohteita kuvaavat lajit on esitetty taulukossa 6.6.

Taulukko 6.6 Ulkovalaistusverkon kohteita kuvaavat lajit

Laji	Perustyyppi	Selite
Ulkovalaistus mitattu	viivatyyppi	Käytetään, kun kaapeli on kartoitettu mittaamalla kaivannosta ennen sen peittämistä
Ulkovalaistus mit.peitett.	viivatyyppi	Käytetään, kun kaapeli on kartoitettu mittaamalla ja peitettynä
Ulkovalaistus epäv./digit.	viivatyyppi	Käytetään, kun digitoidaan kaapeleita karttapohjalta
Ulkov. jatko	pistetyyppi	Kaapelijatkon symboli
Ulkov. liittymisj. lenkki	pistetyyppi	Kaapelilenkin symboli
Valaisinpylväs	pistetyyppi	Valaisinpylvään symboli

Kaikki ulkovalaistuskaapelilajit kuvataan kartalla oranssilla värillä. Ulkovalaistuslajiryhmän kohteet kartalla on esitetty kuvassa 6.12. Valaisinpylväällä on ominaisuustietona pylvään materiaali, jolle voidaan antaa arvoksi joko metalli tai puu.



Kuva 6.12 Ulkovalaistuslajiryhmän kohteet kartalla

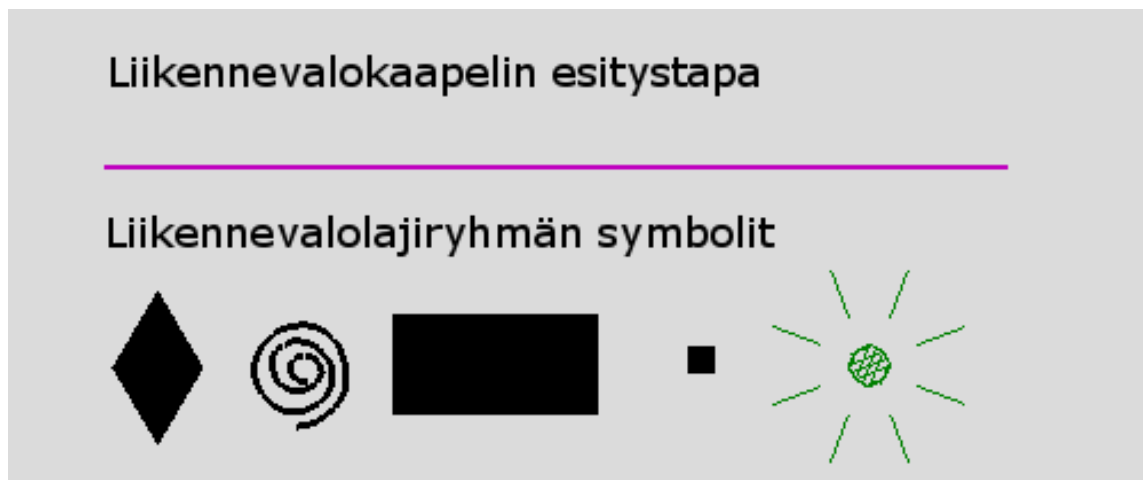
6.4.7 Liikennevaloverkko

Liikennevaloverkon kohteita kuvaavat lajit on esitetty taulukossa 6.7.

Taulukko 6.7 Liikennevaloverkon kohteita kuvaavat lajit

Laji	Perustyyppi	Selite
Liikennevalok. mitattu	viivatyyppe	Käytetään, kun kaapeli on kartoitettu mittaamalla kaivannosta ennen sen peittämistä
Liikennevalok. mit.peitett.	viivatyyppe	Käytetään, kun kaapeli on kartoitettu mittaamalla ja peitettyinä
Liikennevalok. epäv./digit.	viivatyyppe	Käytetään, kun digitoidaan kaapeleita karttapohjalta
Liik. jatko	pistetyyppe	Kaapelijatkon symboli
Liik. liittymisj. lenkki	pistetyyppe	Kaapelilenkin symboli
Liikennevalo jakokaappi	pistetyyppe	Liikennevalojakokaapin symboli
Liik. tunnistinrasia	pistetyyppe	Liikennevalotunnistinrasian symboli
Liikennevalotolppa	pistetyyppe	Liikennevalotolpan symboli

Kaikki liikennevalokaapelilajit kuvataan kartalla violetilla värillä. Liikennevalolajiryhmän kohteet kartalla on esitetty kuvassa 6.13. Liikennevalojakokaapilla on ominaisuustietona omistaja ja käyttötila.



Kuva 6.13 Liikennevalolajiryhmän kohteet kartalla

6.4.8 Maadoitusverkko

Maadoitusverkon kohteita kuvaavat lajit on esitetty taulukossa 6.8.

Taulukko 6.8 Maadoitusverkon kohteita kuvaavat lajit

Laji	Perustyyppi	Selite
Maadoitus mitattu	viivatyyppe	Käytetään, kun kaapeli on kartoitettu mittaamalla kaivannosta ennen sen peittämistä
Maadoitus mit.peitett.	viivatyyppe	Käytetään, kun kaapeli on kartoitettu mittaamalla ja peitettynä
Maadoitus epäv./digit.	viivatyyppe	Käytetään, kun digitoidaan kaapeleita karttapohjalta

Kaikki maadoituskaapelilajit kuvataan kartalla ruskealla katkoviivalla. Maadoituslajiryhmän kaapeli kartalla on esitetty kuvassa 6.14.



Kuva 6.14 Maadoituslajiryhmän kaapeli kartalla

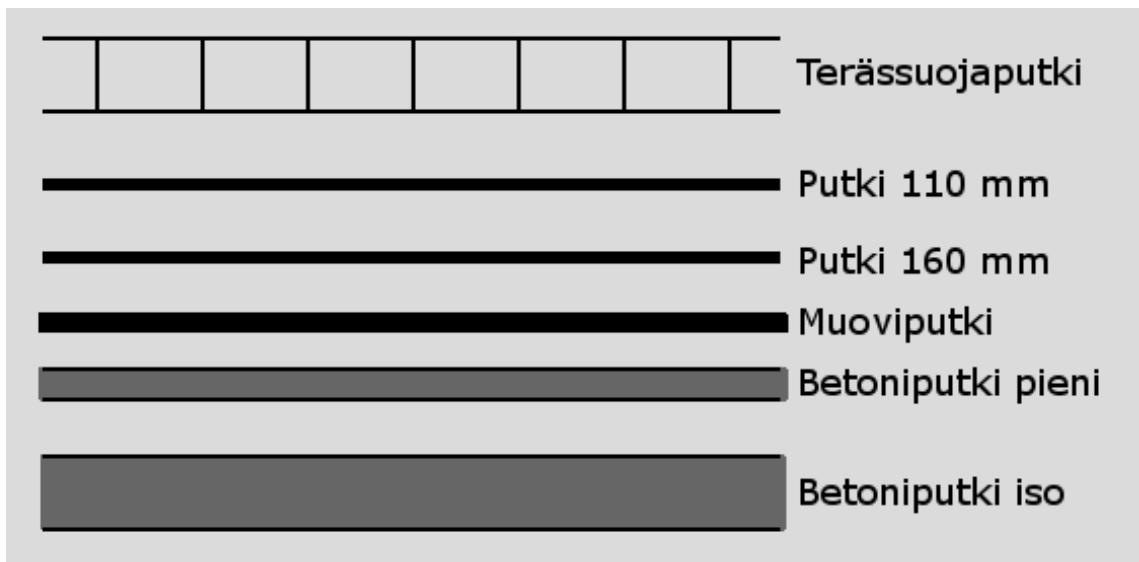
6.4.9 Putket

Putkia kuvaavat lajit on esitetty taulukossa 6.9.

Taulukko 6.9 Putkia kuvaavat lajit

Laji	Perustyyppi
Terässuojaputki	viivatyyppe
Putki 110 mm	viivatyyppe
Putki 160 mm	viivatyyppe
Muoviputki	viivatyyppe
Betoniputki iso	viivatyyppe
Betoniputki pieni	viivatyyppe

Putket kuvataan kartalla harmaina ja mustina viivoina. Putkilajiryhmän kohteet kartalla on esitetty kuvassa 6.15.



Kuva 6.15 Putkilajiryhmän kohteet kartalla

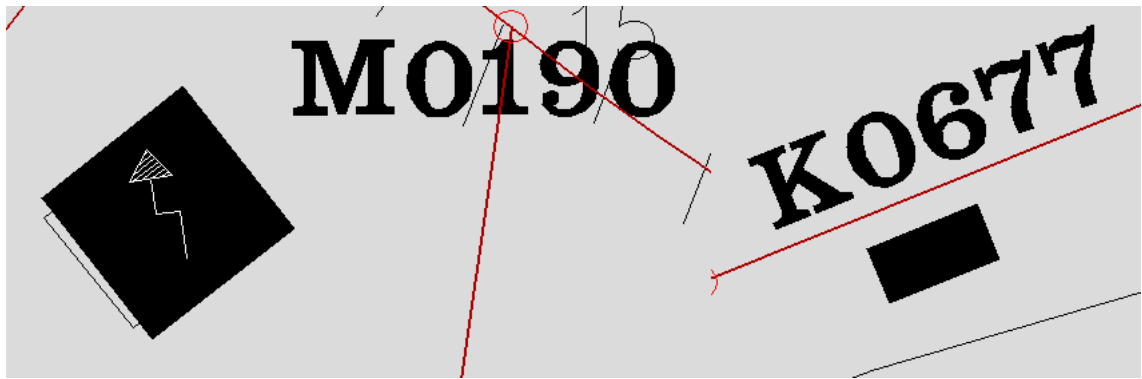
6.4.10 Muut kohteet

Muita sähköverkon kohteita kuvaavat lajit on esitetty taulukossa 6.10.

Taulukko 6.10 Muita sähköverkon kohteita kuvaavat lajit

Laji	Perustyyppi
Muuntamo	pistetyyppi
Sähköverkon jakokaappi	pistetyyppi
Sähköpylväs	pistetyyppi
Putkikaivo	pistetyyppi
UV-keskus	pistetyyppi
Sähkön mittauskotelo	pistetyyppi

Muuntamoilla ja jakokaapeilla on käytössä ominaisuustietona tunnus, joka yksilöi kohteen ja näyttää tiedon kartalla. Kuvassa 6.16 on esitetty muuntamon ja jakokaapin symboli sekä niihin liittyvät tunnukset kartalla. Muuntamolla on ominaisuustietona muuntamon tyyppi, jolla voidaan ilmaista, onko kyseessä kiinteistö-, koppi- vai pylväsmuuntamo. Jakokaapilla on ominaisuustietona omistaja ja käyttötila. Näiden lisäksi vielä sähköpylväällä on ominaisuustietona pylvään materiaali, jolle voidaan antaa arvoksi joko metalli tai puu.



Kuva 6.16 Muuntamo ja jakokaappi kartalla

Muiden taulukossa 6.10 lueteltujen lajityyppien symbolit on esitetty kuvassa 6.17.



Kuva 6.17 Muiden lajityyppien symbolit

6.4.11 Tiedostot

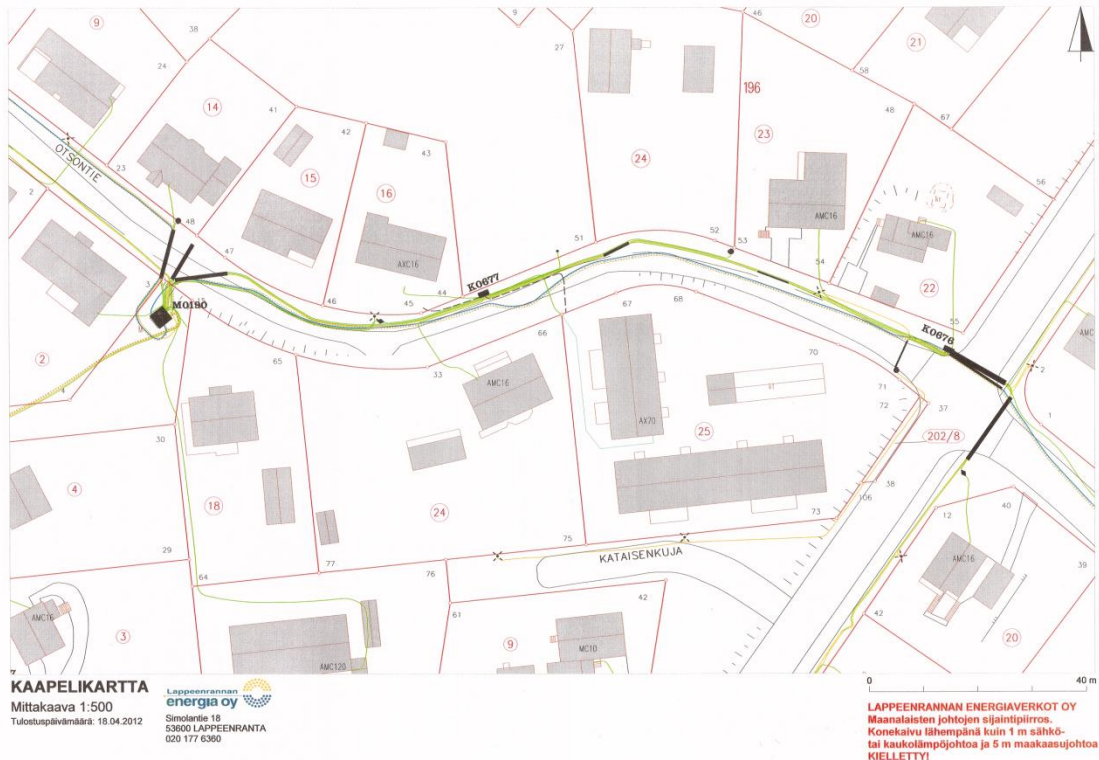
Sähköiseen muotoon skannatut kartta-aineistot, joita järjestelmässä käytetään tarvittaessa taustakarttoina, tallennetaan yhtiön tiedostopalvelimelle. Skannattua aineistoa tarvitaan varsinkin digitoinnin yhteydessä. Myös kartoitustiedostot tallennetaan samalle palvelimelle. Skannattu aineisto tallennetaan TIFF-formaatissa ja kartoitukset Xcityn XCI-formaatissa.

6.4.12 Tulostuspohjat

Tulostuspohjat ovat sijoittelumalleja, joissa on määritelty valmiiksi kaikki tulosteeseen tulevat elementit. Mallin käyttö ei kuitenkaan sido siinä olevaan ulkoasuun, vaan tulosteeseen tulevia elementtejä pystyy muokkaamaan mallin lataamisen jälkeen. Alkuperäistä mallipohjaa ei kuitenkaan pysty korvaamaan suoraan muokatulla versiolla. Koska mallipohja on tehty johtotietopalvelun tarpeen pohjalta, niin siinä on sellaisia elementtejä, joita aiemmin lisättiin käsin asiakkaalle annettaviin kaapelikarttoihin varsinaisen kartan lisäksi. Tällaisia elementtejä ovat

- mittakaavaluku ja –jana
- päivämäärä, joka tässä tapauksessa on tulostuspäivä
- yhtiön yhteystiedot
- huomioteksti kaivamisen varoetäisyyksistä.

Sijoittelumalleja on suurimmasta A0-koosta pienimpään A4-kokoon. Kaikki koot ovat sekä pysty- että vaakamalleina. Oletusmittakaava kaikissa malleissa on 1:500, joka on yleisin mittakaava kaapelikartoissa. Kuvassa 6.18 on esimerkkinä kaapelikartta A3-koon vaakatulosteena eräästä kartan kohdasta.



Kuva 6.18 Esimerkki kaapelikarttatulosteesta

6.5 Uuden järjestelmän hyödyt

Suurimpia uuden järjestelmän tuomia hyötyjä on karttojen ylläpito, joka tulee helpottumaan merkittävästi. Kun kaapelitietoja tarvitsee päivittää tai olemassa olevissa tiedoissa huomataan virhe, korjaaminen sujuu nopeasti, ilman papereiden tai muovien selailua. Uusien verkostojen rakennuksen yhteydessä maakaapelit kartoitetaan GPS-paikantimella, josta saatavat tiedot voidaan viedä suoraan paikkatietojärjestelmän tietokantaan. Kaikki uudet kartoitustiedot ovat sen jälkeen heti käytettävissä.

Asiakaspalvelu paranee, koska karttoja ei tarvitse lähteä arkistosta etsimään, vaan ne pystytään hakemaan koneen näytölle ja tulostamaan siitä valmiit kartat. Myös asiakkaalle annettavan materiaalin määrä vähenee, kun samalta kartalta selviää useamman verkostotyyppin kaapelien sijainnit. Annettavien karttojen ulkoasu selkeytyy, kun kartat eivät ole kopioita esimerkiksi muovikartoista, joissa näkyvät useiden päivityskertojen jättämät jäljet.

6.6 Ongelmat järjestelmän käyttöönoton jälkeen

Suurimmat ongelmat käyttöönoton jälkeen liittyvät väliaikaisesti lisääntyvään työmäärään: työtä tulee vanhan ja uuden järjestelmän päällekkäisyydestä, jota ei voi täysin välttää. Tämä johtuu siitä, ettei paikkatietojärjestelmän tietokannassa alkuvaiheessa ole paljon aineistoa. Täysin päällekkäisyyden aiheuttamat ongelmat poistuvat vasta, kun vanha kartta-aineisto saadaan digitoitua uuteen järjestelmään. Yhtiön sisällä uudesta järjestelmästä ja sen hyödyntämisestä pitää tiedottaa tarpeeksi, jottei synny tilanteita, jossa vanhasta materiaalista ei löydetä tarvittavaa tietoa, eikä tiedetä, että ne löytyvät paikkatietojärjestelmästä.

7 Yhteenveto

Asiakkaan tavoitteena oli paikkatietojärjestelmän saattaminen käyttökuntoon kesän 2012 alkuun mennessä. Tämä tavoite saavutettiin, ja projekti voitiin päätätä jopa hieman suunniteltua aiemmin. Xcity-paikkatietojärjestelmä saatiin määriteltyä siten, että kartta-aineiston digitointia voidaan tehdä täysipainoisesti. Testijakson perusteella todettiin, että aineiston vienti järjestelmään toimii, kuten pitääkin, niin digitoinnin kuin kartoitusten osalta.

Kokonaisuutena projekti meni hyvin, vaikka alkutilanne oli melko haastava, niin pienen alkuihmettelyn jälkeen asiassa päästiin hyvin eteenpäin. Projektiryhmän yhteistyö toimi hyvin ja asioista keskusteltiin paljon yhdessä. Mietittiin, mitä kaikkea tietoa järjestelmään oikein haluttiin ja keskusteltiin muutenkin yleisesti, siitä mitä vaatimuksia kartta-aineiston käsittelylle oli. Yhteistyö Lappeenrannan kaupungin kiinteistö- ja mittausstoimen kanssa toimi hyvin, mikä oli käyttöönotto-vaiheessa erittäin tärkeää. Teknisiä ongelmia järjestelmän kanssa ei onneksi juurikaan ollut.

Eniten päänvaivaa aiheutti se, että aina ei ollut täyttä selvyyttä kartta-aineistoista ja kaapeliverkkotyypeistä, joita järjestelmään oli tarkoitus saada, koska asiasta ei ollut olemassa sopimuksia. Projektin aikana järjestelmän piti päivittyä uuteen versioon, mutta meistä riippumattomista syistä tämä jäi valitettavasti myöhempään vaiheeseen. Uudessa versiossa olisi ollut mahdollisuus

tehdä poikkileikkauksia ominaisuustiedoista ja saada karttapohjalle tietoa esimerkiksi kaapelityypeistä. Tätä toimintoa olisin käyttöönottovaiheessa mieluusti koekäyttänyt.

7.1 Turku Energia Oy:n vastaava projekti

Projektiin alusta asti tiedettiin että Turku Energia Oy oli toteuttanut vastaavan projektin, joten sieltä tiedustelin heidän projektinsa kulkua, jotta saisin yleiskuvan vertailupohjaksi meidän projektiimme. Turku Energia Oy:stä minulle vastasi Sirpa Kannisto, jonka kanssa keskustelin asiasta.

Turussa työ aloitettiin vuonna 1992, ja kaiken aineiston he olivat saaneet tietokantaan 2005. Turussa oli 1:500 mittakaavassa olevaa aineistoa A0-karttalehtinä 1300 kappaletta. Kanniston mukaan ongelmia oli alkuvaiheessa vaikka kuinka paljon. Yksi ongelma oli itse Xcity, joka ei silloin ollut vielä läheskään niin kehittynyt kuin mitä se nyt on. Toinen iso ongelma oli pohjakartan puute, mitä Turun kaupungilla ei ollut valmiina järjestelmässä, vaan siellä jouduttiin käyttämään skannattuja pohjakarttoja digitointipöydän kautta. Karttapohjan valmistuttua huomattiin, että skannatun aineiston perusteella digitoidussa kartta-aineistossa oli paljon heittoja, joita jouduttiin korjailemaan.

Kannisto kertoo myös ongelmista asiakaspalvelussa digitointityön aikana, kun uudet kaapelit vietiin suoraan tietokantaan ja osa vanhasta aineistosta oli vielä joko osittain digitoitu tai kokonaan tekemättä. Tällöin saattoi tulla tilanne, että asiakkaalle jouduttiin etsimään karttaa useista eri lähteistä ja arkistoista, jolloin asiakas lähti jopa kymmenen karttakopion kanssa.

Turussa kohdattiin siis samoja ongelmia, joita meillä ilmeni, mutta meillä ne eivät muodostuneet kovin isoksi esteeksi, mikä johtui suurelta osin juuri Xcityn kehittymisestä ja siitä, että meillä on käytössä ajantasainen virastokarttapohja. Osa ongelmista on kyllä sellaisia, jotka olivat tiedossa ja joita ei voi välttää, kuten käyttöönoton jälkeinen vanhan ja uuden järjestelmän päällekkäisyys. Turussa joudutaan Kanniston mukaan edelleen korjailemaan ja kartoittamaan vanhaa aineistoa uudestaan, ja luulen, ettei siitä täysin meilläkään päästä eroon.

7.2 Mitä opin?

Paikkatietojärjestelmistä en aiemmin tiennyt kovin paljon. Toki joitain perusasioita tiesin sekä paikkatieto- ja paikannustekniikasta, mutta tarkempaa tietoa toimintaperiaatteista tai paikkatiedoista ei ollut. Uutta asiaa tuli oikeastaan aika paljonkin, niin karttatekniikoista, paikannuksesta kuin paikkatietojärjestelmistä.

Kartta-aineiston esitys- ja piirtotavoista tuli esille joitain uusia asioita, lähinnä miten mikin asia kannattaa esittää. Paikannuksen ja paikkatietojärjestelmän välinen yhteys oli uusi asia, eli miten maastossa paikannetut kohteet käytännössä viedään järjestelmään. Paikkatietojärjestelmien toimintaperiaate tuli tutuksi yleisellä tasolla sekä siltä osin, miten kartta-aineisto siinä esitetään ja missä muodossa järjestelmä sitä käsittelee. Myös paikkatietokäsite itsessään oli aiemmin hieman epämääräinen, mutta projektin aikana tuli selväksi, mistä asioista se koostuu.

Projektinhallinnasta tuli hyvää käytännön kokemusta, eli projektiin liittyvistä dokumenteista, aikataulutuksesta sekä yleisesti projektin läpiviennistä. Työn luonne oli suunnitteluprojekti, joka sinällään oli mielenkiintoinen ja hyvä kokemus. Huomasin myös, että tämä projekti poikkesi melkoisesti esimerkiksi ohjelmistoprojektista, vaikka dokumentit nimityksiltään samoja termejä noudattavatkin.

7.3 Jatkokehitysjatoksia

Projektin aikana tulee pakosti aina ajatuksia mieleen, miten meneillään olevan työn kohdetta voisi kehittää ja mitä muita käyttömahdollisuuksia sille olisi. Näin oli myös tämän projektin kohdalla.

Samaan järjestelmään kannattaa tulevaisuudessa lisätä muita verkostotyyppisiä, jotka nyt jäivät ulkopuolelle. Esimerkiksi tietoliikennekaapeloinnit ovat varmasti järjestelmään tulossa, ja asia jäikin projektin päättyessä selvitystyön alle. Kaukolämpöverkot ovat toistaiseksi omassa järjestelmässään, mutta tämäkin olisi mahdollista sisällyttää samaan paikkatietojärjestelmään sähkön kanssa.

Käytön ja ylläpidon kannalta ehdottomasti harkinnan arvoinen asia on Xcityn hyödyntäminen mobiililaitteissa, kuten älypuhelimissa, kannettavissa tietoko-

neissa ja tableteissa. Tällöin kartoitukset ja paikannukset voitaisiin tehdä suoraan järjestelmään jo maastossa, jolloin se vähentäisi toimistotyön määrää entisestään. Tähän on ainakin Xcityn toimittajalla, Teklalla valmiudet olemassa.

Kuntatasolla harkinnan arvoinen asia on laajentaa Xcityn käyttö myös seutukuntiin, ottamatta kantaa mahdollisiin kuntaliitoksiin. Järjestelmässä on itsessään laajat kuntarekisteriosiot ja käyttöoikeustasot tukevat seutukuntakäyttöä. Lappeenrannan Energia Oy konsernin kannalta tämä olisi jopa suotavaa, koska konsernin jakelualue ulottuu myös Lappeenrannan ympäristökuntiin, Taipalsaa-
relle, Lemille ja Savitaipaleelle.

Kuvat

Kuva 2.1 Lappeenrannan Energia Oy:n toimialue (Lappeenrannan Energia Oy 2011).....	8
Kuva 2.2 Lappeenrannan Energia Oy:n konsernirakenne ja avainluvut (Lappeenrannan Energia Oy 2011).....	9
Kuva 3.1 Erään karttakohteen paikkatietolomake	12
Kuva 5.1 Skannattujen karttalehtien käsittelyprosessi	18
Kuva 6.1 Kartta-aineiston arkisto	20
Kuva 6.2 Esimerkki A0-karttalehdestä	22
Kuva 6.3 Kuvan 6.2 karttalehteen liittyvät kansiot.....	22
Kuva 6.4 Xcity–paikkatietojärjestelmän käyttöliittymä	24
Kuva 6.5 Keskijänniteverkon komponentteja kuvaavat lajit.....	25
Kuva 6.6 Kaapelin ominaisuustietolomake	27
Kuva 6.7 Omistaja/käyttötila-valinnan vaikutus kaapelin esitystapaan.....	27
Kuva 6.8 Putken ominaisuustietolomake	27
Kuva 6.9 Suurjännitelajiryhmän kohteet kartalla	28
Kuva 6.10 Keskijännitelajiryhmän kohteet kartalla	29
Kuva 6.11 Pienjännitelajiryhmän kohteet kartalla.....	30
Kuva 6.12 Ulkovalaistuslajiryhmän kohteet kartalla	31
Kuva 6.13 Liikennevalolajiryhmän kohteet kartalla	32
Kuva 6.14 Maadoituslajiryhmän kaapeli kartalla	33
Kuva 6.15 Putkilajiryhmän kohteet kartalla	34
Kuva 6.16 Muuntamo ja jakokaappi kartalla	35
Kuva 6.17 Muiden lajityyppien symbolit	35
Kuva 6.18 Esimerkki kaapelikarttatulosteesta.....	37

Taulukot

Taulukko 5.1 Projektin organisaatio	17
Taulukko 5.2 Työmääräarviot ja niiden toteutumispäivät	19
Taulukko 6.1 Lajityyppien rakenne.....	24
Taulukko 6.2 Kaapelien ominaisuustietokentät	26
Taulukko 6.3 Suurjänniteverkon kohteita kuvaavat lajit	28
Taulukko 6.4 Keskijänniteverkon kohteita kuvaavat lajit	29
Taulukko 6.5 Pienjänniteverkon kohteita kuvaavat lajit.....	30
Taulukko 6.6 Ulkovalaistusverkon kohteita kuvaavat lajit	31
Taulukko 6.7 Liikennevaloverkon kohteita kuvaavat lajit.....	32
Taulukko 6.8 Maadoitusverkon kohteita kuvaavat lajit	33
Taulukko 6.9 Putkia kuvaavat lajit.....	33
Taulukko 6.10 Muita sähköverkon kohteita kuvaavat lajit	34

Lähteet

1. Lappeenrannan Energia Oy 2011. Esittelydiasarja. Luettu 30.3.2012
2. Lappeenrannan Energia Oy 2011. Vuosikertomus 2010. <http://www.lappeenrannanenergia.fi/pdf/vuosikertomus2010.pdf>, s. 19. Luettu 30.3.2012
3. Lappeenrannan Energia Oy:n verkkosivut, Lappeenrannan Energia – konserni. <http://www.lappeenrannanenergia.fi/> Luettu 30.3.2012
4. Energiateollisuus, Päästökauppajärjestelmä. <http://www.energia.fi/energia-ja-ymparisto/ilmastonmuutos/paastokauppa>. Luettu 2.4.2012
5. Internetix, GE4 Aluetutkimus, Paikkatietojärjestelmät. http://opinnot.internetix.fi/fi/materiaalit/ge/ge4/4._paikkatietojarjestelmat_eli_gis/4_1_mika_on_gis?C:D=1465029&m:selres=1465029. Luettu 10.4.2012
6. PaikkaOppi, 2.1 Paikkatietoa on kaikkialla – paikkatiedon perusteet. http://www.paikkaoppi.fi/Oppitunnit_ ja_ projektimallit/Oppituntikononaisuudet/2.1. Luettu 10.4.2012
7. Kuluttajatutkimuskeskus, Paikkatietojärjestelmä. <http://www.kuluttajatutkimuskeskus.fi/tutkimus/paikkatietojarjestelma>. Luettu 10.4.2012
8. Metsähallitus, Paikkatietojärjestelmä. <http://www.metsa.fi/sivustot/metsa/fi/Luonnonvarat/Tietojarjestelmat/Paikkatietojarjestelma/Sivut/Paikkatietojarjestelma.aspx>. Luettu 10.4.2012
9. Esri, Mitä ovat paikkatieto ja GIS. http://www.esri.fi/referenssit/mita_paikkatieto_on/. Luettu 10.4.2012
10. Wikipedia, Paikkatieto. <http://fi.wikipedia.org/wiki/Paikkatieto>. Luettu 10.4.2012
11. Wikman, E. 2002. Paikkatiedon keruu maastossa. Maankäyttö 2/2002. http://www.maankaytto.fi/arkisto/mk402/mk402_197_wikman.pdf. s. 32-33. Luettu 11.4.2012
12. Wikipedia, GPS. <http://fi.wikipedia.org/wiki/GPS>. Luettu 10.4.2012
13. Garmin, What is GPS. <http://www8.garmin.com/aboutGPS/>. Luettu 10.4.2012
14. Wikipedia, Takymetri. <http://fi.wikipedia.org/wiki/Takymetri>. Luettu 10.4.2012

15. Jolma, A. & Vellonen H. 2012. 2.6.6 Paikkatietojärjestelmä. Ympäristösuunnittelun tietotekniikka. <http://geoinformatics.tkk.fi/doc/books/ympsut/tmp/fi-FI/html/ch02s06s06.html>. Luettu 11.4.2012
16. PaikkaOppi. 2.2 Rasteri- ja vektorimuotoinen paikkatietoaineisto. http://www.paikkaoppi.fi/Oppitunnit_ja_projektimallit/Oppituntikonaisuudet/2.2. Luettu 11.4.2012
17. Tekla, Tuotteet ja sovellukset. <http://www.tekla.com/fi/products/tekla-solutions-for-infrastructure-and-energy-industries/Pages/Default.aspx#tekla-municipality-gis>. Luettu 13.4.2012
18. Tekla 2011, Tekla Xcity Pääkäyttäjän käsikirja. s. 66-197. Luettu 13.4.2012