

LAPPEENRANNAN TEKNILLINEN YLIOPISTO

Teknillinen tiedekunta

Sähkötekniikan koulutusohjelma

*Jarkko Nevalainen*

**SÄHKÖNSIIRTOVERKKOPROJEKTIN KUSTANNUSLASKENNAN  
KEHITTÄMINEN**

Työn tarkastajat:

Professori Jarmo Partanen

Tutkijaopettaja Jukka Lassila

## **TIIVISTELMÄ**

Lappeenrannan teknillinen yliopisto

Teknillinen tiedekunta

Sähkötekniikan koulutusohjelma

Jarkko Nevalainen

### **Sähkösiirtoverkkoprojektien kustannuslaskennan kehittäminen**

Diplomityö

2014

93 sivua, 33 kuvaa ja 7 taulukkoa.

Työn tarkastajat: Professori Jarmo Partanen ja TkT Jukka Lassila

Hakusanat: kustannuslaskenta, tarjouslaskenta, projektiliiketoiminta, voimajohtoliiketoiminta, sähköasemaliiketoiminta

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli lisätä tietoa asiakasyrityksen voimajohto- ja sähköasemaliiketoimintayksiköiden tarjouslaskennan nykytilasta, etsiä ongelmakohtia ja kehittää ratkaisuja ongelmiin. Työn tuloksena saatu tieto on kyseisille liiketoimintayksiköille tärkeää tulevaisuuden kannattavuuden ja jatkuvuuden kannalta.

Työn alun teoriaosuudessa esitellään Suomen sähkösiirtojärjestelmä, käydään läpi voimajohto- ja sähköasemarakentamisen perusteet sekä esitellään kirjallisuuskatsaus projektiliiketoiminnasta. Teoriaosuutta hyödynnetään myöhemmissä tarkasteluissa joissa pyrittiin löytämään kustannuslaskennan ongelmia.

Tutkimuksen tärkein tavoite oli löytää tämän hetkisen kustannuslaskennan ongelmakohtat. Tutkimukseen sisältyy tarjouslaskentaohjelmiston koekäyttö sekä sen analysointi.

Työn lopputuloksena todetaan, ettei tarkasteltu ohjelma ole sopiva voimajohto- tai sähköasematarjouslaskennan toteutukseen. Ohjelma on laskentatarkkuudeltaan hyvä, mutta ohjelman käyttö hidastaa ja vaikeuttaa sekä laskennan että projektin talouden seurannan suorittamista. Lopputuloksissa todetaan myös erinäisiä pienempiä kehityskohteita tarjouslaskennan sujuvoittamiseksi ja sen tarkkuuden parantamiseksi.

## **ABSTRACT**

Lappeenranta University of Technology  
Faculty of Technology  
Department of Electrical Engineering

Jarkko Nevalainen

### **Development of cost estimation methods in transmission network projects**

Master's thesis

2014

93 pages, 33 figures and 7 tables.

Examiners: Professor Jarmo Partanen and D.Sc. Jukka Lassila

Keywords: cost estimation, offer calculation, project business, transmission line business, substation business

The aim of this study was to increase knowledge of the situation of Customer Company's tender calculation process in high voltage line and substation business units. Study analyzes tendering process and develops solutions to problems. Information which is received through this study is important for both HVL and SS business units for increasing profitability and achieving continuity in business.

First part of the study's theory section presents Finnish electrical transmission system. Theory section also explains construction principles of high voltage lines and substations. It also briefly demonstrates basic theory of project-based business. Theory sections are utilized later in research of problem points in tendering process.

Most important aim of the study was to find problems in current tendering process. Also a review is presented of tender calculation program and analyzing usability of it in HVL and SS business units.

The outcome of the study is that reviewed program is not suitable for mentioned needs. It offers good accuracy but also slows down and complicates calculation of offers. Also economical monitoring of ongoing projects would have been affected. Results also indicates several smaller improvements in current tendering process and how to increase accuracy of tenders.

## **Alkusanat**

Diplomityö on tehty Empower PN Oy:lle sopimastamme aiheesta. Työn tarkastajina Lappeenrannan teknillisestä yliopistolta toimivat professori Jarmo Partanen ja tutkijaopettaja Jukka Lassila. Työn ohjaajina toimivat Empower PN Oy:ltä toimitusjohtaja Timo Kiiveri sekä liiketoimintayksikön johtaja Ville Malkamäki. Haluan kiittää heitä neuvoista ja kommentteista työn tekemisen aikana sekä tietysti työn tarkastamisesta.

Haluan kiittää perhettäni, opiskelutovereitani sekä muita ystäviäni avusta, seurasta ja kaikista hauskoista hetkistä opiskelujeni varrella. Haluan myös kiittää avovaihtoani tuesta ja jaksamisesta lopputyöni tekemisen aikana.

## **MÄÄRITELMIÄ**

### **Back-to-back -silta**

Back-to-back -sillalla voidaan yhdistää kaksi eritaajuuksista sähköverkkoa yhteen. Tarvittavat tasa- ja vaihtosuuntaukset tapahtuvat lähekkäin samalla asemalla.

### **Budjettihinta**

Arviohinta. Voidaan antaa asiakkaalle talousarvion pohjaksi. Ei ole sitova kuten tarjoushinta.

### **EBITDA**

Earnings before interest, taxes, depreciation and amortization. Tulos ennen korkoja, veroja, poistoja ja kuoletuksia. Vastaa suomalaisessa tilinpäätöskäytännössä käyttökate. Käyttökate kuvaa liikevaihdosta lyhytaikaisten muuttuvien ja kiinteiden kustannuksien jäljeltä jäävää osuutta.

### **ENTSO-E**

European Network of Transmission System Operators. Eurooppalaisten kantaverkkoyhtiöiden yhteistyöjärjestö.

### **CENELEC**

European Committee for Electrotechnical Regulators. Eurooppalaisia sähköalan standardeja laativa ja julkaiseva yhteistyöjärjestö.

### **Fraktiili**

Tilastotieteessä käytetty termi. Fraktiili rajaa tietyn prosenttimäärän havaintoja alapuolelleen.

### **Harus**

Teräsvaijeri, jolla pylväs ankkuroidaan maahan. Harukset lisäävät pylvään jäykkyyttä pitkittäis- ja poikittaissuunnassa.

### **HeadPower-yksiköt**

HeadPower Oy:n laatimat yksiköt helpottamaan sähkönjakeluverkkoon liittyvien töiden kilpailutusta. Yksiköiden kuvaukset määrittelevät tarkkaan mitä suoritteita yksiköt sisältävät ja mitä ne eivät sisällä.

## **HTLS**

High Temperature and Low Sag. Johdintyyppi jota voidaan käyttää normaalia suuremmilla käyttölämpötiloilla ja jonka riippuma kasvaa normaalia vähemmän johtimen lämpötilan noustessa.

## **Kassavirta**

Ilmoittaa kaiken rahan mikä virtaa kassaan tai kassasta pois.

## **Kate**

Taloustieteessä käytettävä termi. Kate on kannattavuuden suure jossa vähennetään tuotoista kustannuksia.

## **KVR**

Kokonaisvastuurakentaminen.

## **OPGW**

Optical Ground Wire. Ukkosköysi joka sisältää tiedonsiirtoon käytettyjä valokuituja.

## **Nordel**

Entinen pohjoismaisten kantaverkkoyhtiöiden yhteistyöjärjestö joka toimi vuosina 1962–2009. Vuonna 2009 sen toiminnot ja vastuut siirtyivät ENTSO-E:lle.

## **Perustamissyvyys**

Perustuselementin asennussyvyys tai paikalle valettavan perustuksen anturan alimman osan syvyys.

## **Pohjatutkimus**

Tutkimus joka tehdään maaperän koostumuksesta.

## **Portaali**

Yleensä sinkitystä teräksestä valmistettu päätepylväs.

## **Sähkönumero**

Sähkönumero on sähköisen talotekniikan alalla käytössä oleva kansallinen tuotekoodijärjestelmä.

## **Toiminnanohjausjärjestelmä**

Yrityksen tietojärjestelmä, joka voi sisältää useita toimintoja. Toiminnanohjausjärjestelmä voi sisältää esimerkiksi varastonhallintaa, laskutusta ja kirjanpitoa.

## **Tukieristin**

Eristin jolla voidaan tukea esimerkiksi johdin alhaalta päin.

**Ukkosköysi**

Voimajohtoja salamaniskuilta suojaava johdin joita asennetaan yleensä kaksi kappaletta. Asennetaan pylväisiin ylimmäiseksi. Vaikuttavat myös maadoitusjännitteiden suuruuteen jos ukkosjohtimet maadoitetaan joka pylväällä.

**Vapaasti seisova pylväs**

Ristikkorakenteinen pylväs joka kestää johtimista aiheutuvat voimat ilman harus-  
tuksia.

**YSE 98**

Rakennusalan yleiset sopimusehdot, joita käytetään yleisesti siirtoverkkoprojek-  
teissa.

## SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO.....	9
1.1. Tutkimuksen sisältö.....	9
1.2. Tutkimusmenetelmät ja tutkimuksen rakenne.....	10
1.3. Empower Oy .....	11
2. SÄHKÖNSIIRTOJÄRJESTELMÄ.....	13
2.1. Kantaverkko.....	13
2.2. Kantaverkon kehitysnäkymät.....	15
2.3. Voimajohtojärjestelmän kehityshankkeita.....	16
2.4. Sähköasemien kehityshankkeita .....	17
2.5. Ulkomaan yhteydet .....	17
2.6. Alueverkot.....	18
2.7. Sähkökaupan vaikutus kantaverkon kehitykseen .....	19
2.8. Sähkönsiirtojärjestelmän tulevaisuus.....	20
3. SUURJÄNNITEJOHDOT.....	22
3.1. Suunnittelu.....	23
3.1.1. Esi- ja yleissuunnittelu.....	23
3.1.2. Rakennesuunnittelu .....	25
3.2. Materiaalit .....	25
3.2.1. Perustukset.....	25
3.2.2. Pylväät.....	27
3.2.3. Johtimet .....	30
3.2.4. Varusteet ja eristimet .....	32
3.2.5. Kaapelit.....	34
3.3. Sähkönsiirtojohtojen rakentaminen .....	34
3.3.1. Perustustyöt.....	35
3.3.2. Pylväiden kasaus sekä varusteiden asennus .....	36
3.3.3. Pylväiden pystytys.....	36
3.3.4. Johtimien veto.....	37
4. SÄHKÖASEMAT .....	40
4.1. Suunnittelu.....	41
4.1.1. Esi- ja yleissuunnittelu.....	41
4.1.2. Sähköasemaprojektin sähköinen suunnittelu.....	42
4.1.3. Rakennesuunnittelu .....	43



4.2.	Kojeet, tarvikkeet ja rakenteet .....	43
4.2.1.	Pääpiirin laitteet .....	44
4.2.2.	Toisiopiirin laitteet .....	46
4.2.3.	Muut rakenteet ja järjestelmät .....	48
4.3.	Sähköaseman rakentaminen.....	48
4.3.1.	Maan- ja betonirakennustyöt .....	48
4.3.2.	Teline- ja portaali ja johdintyöt.....	50
4.3.3.	Valvomorakennus, releasennukset ja kaapeloinnit .....	50
5.	PROJEKTI.....	52
5.1.	Projektimalli.....	53
5.2.	Siirtoverkkoprojektin tarjoaminen .....	55
5.3.	Projekttiliiketoiminnan kustannusrakenne.....	57
5.4.	Riskienhallinta.....	60
5.4.1.	Riskien tunnistaminen .....	60
5.4.2.	Riskien arviointi.....	61
5.4.3.	Riskien hallinnan kehitys .....	63
6.	KUSTANNUSLASKENTA.....	65
6.1.	Kustannuslaskennan nykytila .....	65
6.2.	Broker Estimate-ohjelmisto .....	70
6.3.	Brokerin käyttö projektilaskennassa .....	74
6.4.	Brokerin käyttö kunnossapitolaskennassa.....	76
6.5.	Laskentatapojen vertailu .....	76
6.5.1.	Sähköasema .....	77
6.5.2.	Voimajohto .....	77
6.5.3.	Kunnossapito .....	79
6.6.	Maksuerätaulukon ja kassavirran optimointi .....	79
6.7.	Tarjouslaskennan kustannuksien seuranta.....	81
6.8.	Projektin kustannusseurannan toteutus.....	82
7.	JOHTOPÄÄTÖKSET .....	84
7.1.	Kustannuslaskentatapojen vertailu ja tulokset .....	84
7.2.	Tarjouslaskentaprosessin kehityskohdat .....	86
8.	YHTEENVETO .....	88
	LÄHTEET .....	90

## 1. Johdanto

Sähkönsiirtojärjestelmä on nyky-yhteiskunnissa äärettömän tärkeässä roolissa siirtäessä sähköä tuotannosta kulutukseen, vaikka onkin monille huomaamaton asia. Sähkönsiirtoverkko alkaa monin paikoin olla ikääntynyt ja vaatii korjaustoimenpiteitä tai uusimista. Tuulivoiman voimakas rakentaminen vaatii investointeja sekä siirtojohtoihin että sähköasemiin. Myös kasvaneet sähkönsiirron luotettavuusvaatimukset aiheuttavat siirtoverkkoyhtiöille tarvetta investointeihin.

Työn tilanteen yrityksen liiketoimintayksiköistä neljä harjoittaa sähköverkkoliiketoimintaa; tuulivoima-, sähköasema-, voimajohto- sekä jakeluverkkoliiketoiminta. Näistä kaksi, eli sähköasema ja voimajohtoliiketoiminnat toimittavat sähkönsiirtoprojekteja. Markkinaympäristön jatkuvassa muutoksessa on myös yrityksen muututtava ja kehitettävä toimintatapojaan. Tällä tutkimuksella osaltaan halutaan varmistaa sähkönsiirtoliiketoimintojen jatkuvuutta ja voitollisuutta.

### 1.1. Tutkimuksen sisältö

Tämän tutkimuksen tavoitteena on urakointiyrityksen sähkönsiirtojärjestelmäprojektien kustannuslaskennan tarkkuuden ja tehokkuuden parantaminen. Sähkönsiirtojärjestelmään kohdistuu tulevaisuudessa huomattavasti investointeja. Kustannuslaskennan tehokkaalla suorittamisella ja sen kehittämällä asiakasyritys pystyy löytämään markkinahintatason sekä hakemaan kasvua valitsemillaan toimialoilla.

Tutkimus rajoittuu sähkönsiirtojärjestelmän projektien kustannuslaskentaan. Tutkimus sisältää seuraavat osiot:

- monimutkaisemmat avorakenteiset sähköasemaprojektit – esimerkiksi kompaktit 110/20 kilovoltin sähköasemat on rajattu pois
- 110 ja 400 kilovoltin voimajohtojen rakennusprojektit – esimerkiksi muutaman pylvään muutostyöt on rajattu pois

Voimajohtoihin ja sähköasemiin paneudutaan rakentamisen ja rakentamisen kustannuslaskennan näkökantilta ja teoriasta on käsitelty vain tarpeellinen osa. Kaikkia yleistietoja ei ole tässä yhteydessä käsitelty. Muihin sähkönsiirtojärjestelmän osa-alueisiin ei ole tässä tutkimuksessa perehdytty. Osiltaan tutkimuksen tulokset ovat myös sovellettavissa muiden projektien kustannuslaskentaan.

Tutkimus lähtee liikkeelle analyysillä lähitulevaisuuden sähköverkko- ja sähköasemainvestoinneista. Tutkimuksessa teoriaosuudessa käydään läpi voimajohtojen ja säh-

köasemien tekninen toteutus ja rakentamistavat sekä yleisimmät materiaalit. Teoriaosuudessa perehdytään myös yleis- ja rakennesuunnitteluun sekä projektiliiketoimintaan. Alun teoriaosuutta voidaan jatkossa käyttää myös yrityksen siirtoverkkoprojek-teissa uusien työntekijöiden perehdytykseen.

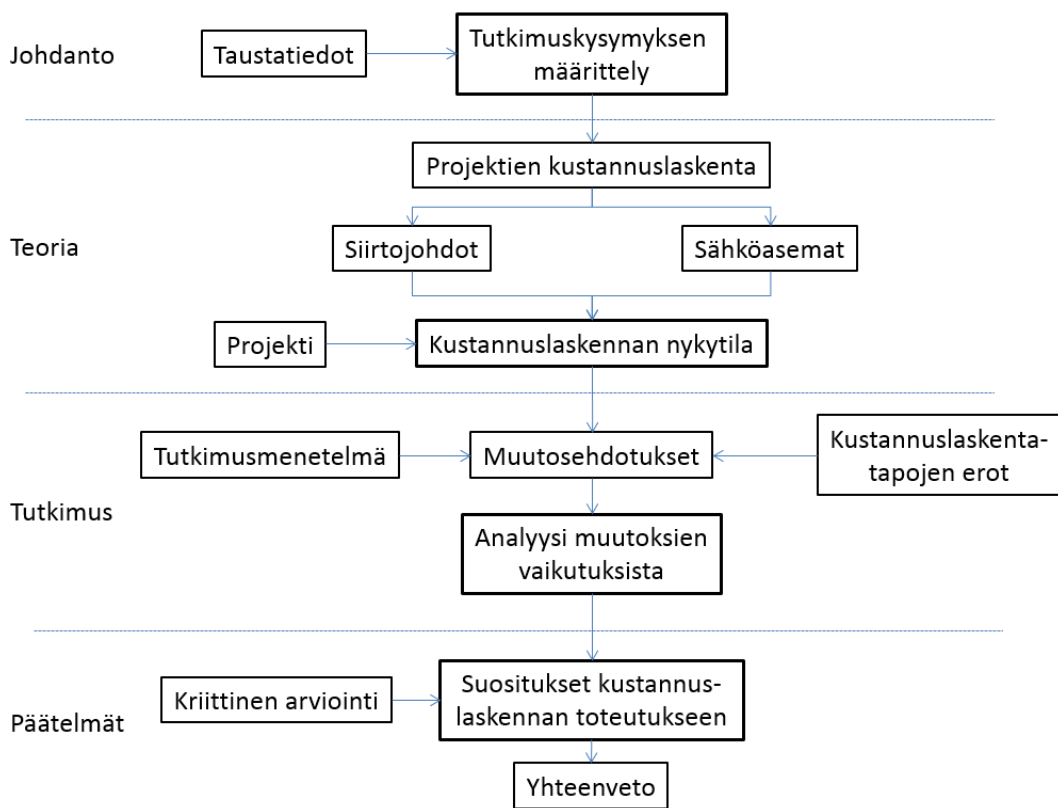
Empiirinen osuus keskittyy sähkönsiirtojärjestelmän projektien kustannuslaskennan vaihtoehtoisten toteutuksien testaamiseen ja muutosehdotuksien vaikutusten tutkimiseen. Empiirisessä tutkitaan myös muita kustannuslaskennan lopputulokseen vaikuttavia tekijöitä kuten riskitarkastelua ja kassavirran optimointia. Tutkimuksessa yritetään löytää parempaan lopputulokseen johtavia tapoja näiden toteutukseen.

## **1.2. Tutkimusmenetelmät ja tutkimuksen rakenne**

Tämä diplomityö on tyypiltään konstrukttiivinen tutkimus jonka tavoitteena on löytää selkeästi määritettyyn ongelmaan uusi ratkaisu. Tutkimuksessa tavoitteena on löytää vaihtoehtoinen, parempi tapa toteuttaa kustannuslaskenta ja sen jälkeinen projektin kustannusseuranta. Tutkimuksessa etsitään kustannuslaskentaprosessiin liittyviä epävarmuuksia ja ongelmia sekä pyritään löytämään niihin ratkaisuja. Näistä lähtökohdista on muodostettu tutkimuskysymykset:

- Onko Broker Estimate -tarjouslaskentaohjelmisto käyttökelpoinen siirtoverkko-  
projektien kustannuslaskennassa?
- Onko siirtoverkkoprojektien tarjouslaskentaprosessissa ongelma- tai kehityskoh-  
tia?

Tutkimuksen rakenne nähdään kuvasta 1.1. Tutkimuksen empiirisen osuuden tueksi käydään läpi siirtojohtojen ja sähköasemien teoriaa, projektitoiminnan teoriaa sekä muodostetaan kuva kustannuslaskennan nykytilasta. Empiirisessä osuudessa käsitellään tutkimuskysymyksissä määritettyjä ongelmia sekä analysoidaan mahdollisten muutosten vaikutuksia. Lopuksi analysoidaan tulokset ja tehdään johtopäätökset ja annetaan toimenpide-ehdotukset.



Kuva 1.1. Tutkimuksen rakenne.

### 1.3. Empower Oy

Empower Oy on monikansallinen yritys joka toimittaa rakentamis- ja asennuspalveluita, ylläpitopalveluita sekä käyttö- ja hallintapalveluita teollisuus-, energia- ja tietoliikenne-yrityksille. Päämarkkina-alueena on Itämeren alue. Toimintaa on kymmenillä paikkakunnilla Suomessa, Ruotsissa, Virossa, Latviassa ja Liettuassa. Empower työllistää noin 2 700 ihmistä kansainvälisesti, joista yli puolet Suomessa. Vuonna 2013 Empowerin liikevaihto oli noin 325 M€. (EMP 2014)

Empower jakautuu viiteen yksikköön: verkko-, teollisuus-, baltia-, tiedonhallinta- ja sähköverkkodivisioonaan. Tämä työ tehdään yhtiön sähköverkkodivisioonalle, joka yhtiöitettiin kesällä 2014 erilliseksi yritykseksi nimeltään Empower PN Oy. Sähköverkkoprojektien parissa Empowerissa työskentelee noin 230 henkilöä Suomessa ja noin 400 henkilöä Baltian alueella. Empowerin iskulause on: "Building a smarter society".

*Empowerin johtamisen periaatteet:*

- ole esimerkki
- luo voittaja-asette
- rakenna luottamusta

- viesti avoimesti
- ota vastuu

*Empowerin visio 2015:*

- Johtava palveluiden tuottaja valituilla markkinoilla
- Maantieteellinen ja liiketoiminnallinen laajentuminen rakentuvat asiakkuuksille ja strategisille kumppaneille
- Kansainvälisten markkinoiden hyödyntäminen liiketoiminnassa
- Oppiva organisaatio, innostava työympäristö ja vetovoimaisin työnantaja
- Halu kasvaa kannattavasti ja pääomatehokkaasti

## 2. Sähkönsiirtojärjestelmä

Sähkönsiirtojärjestelmän tehtävänä on yhdistää tuotanto ja kulutus toisiinsa. Verkon avulla sähkö voidaan siirtää pitkiäkin matkoja hyvällä hyötysuhteella, mikä mahdollistaa tuotannon toteuttamisen taloudellisesti järkevimmällä tavalla. Hyvän hyötysuhteen tavoittelu tarkoittaa häviöiden minimoimista eli tässä tapauksessa siirtojäännitteen nostoa. Nostettaessa jännitettä häviöt pienevät, mutta rakennuskustannukset toisaalta kasvavat.

Verkon kehityksen tavoitteena on parantaa sähkön siirron taloudellisuutta, luotettavuutta, kestävyyttä ja turvallisuutta. Taloudellisuuden ja luotettavuuden tavoittelu voivat olla ristiriitaisia tavoitteita. Taloudellisuutta haettaessa voidaan ajatella että verkkoon ei investoida enempää kuin on pakko. Luotettavuutta eli keskeytysaikojen minimointia tavoitellaan investoimalla varmempaan verkkoon. Kestävyyttä pidennetään käyttämällä laadukkaita ja luotettavia komponentteja. Turvallisuusvaatimus taas on ehdoton, sähkön siirto ei saa aiheuttaa vaaraa ihmisille tai materiaalille. (Elovaara ym. 2007)

Perinteisesti puhutaan sähkönsiirtoverkosta kun jännitetaso on yli 110 kV, Suomessa on käytössä kolme jänniteporrasta, 400 kV, 220 kV ja 110 kV. Jakeluverkoista puhutaan pienemmillä, esimerkiksi 20 kV tai 45 kV jännitteillä. Jakelumuuntamosta eteenpäin menevä verkko on pienjänniteverkkoa, jännitetaso on tällöin maksimissaan 1 kV. Tässä tutkimuksessa keskitytään korkeampiin jännitteisiin eli siirtoverkkoihin. (Elovaara ym. 2011a)

### 2.1. Kantaverkko

Suomen kantaverkko käsitti vuoden 2012 alussa yhteensä noin 14 600 kilometriä voimajohtoja ja 113 sähköasemaa. Kuva 2.1 esittää Suomen sähkönsiirtoverkkoa vuoden 2014 alussa jossa kantaverkko näkyvillä värillisenä. Verkko on osa yhteispohjoismaista synkronista voimansiirtojärjestelmää. (FG 2012b)

Suomen kantaverkosta ja sähkönsiirron ulkomaan yhteyksistä vastaa Fingrid Oyj. Fingrid Oyj:n pääomistaja on valtio (53,1 %), muut omistajat ovat Keskinäinen Eläkevakuutusyhtiö Ilmarinen (19 %) ja muut institutionaaliset sijoittajat (27 %). Muiden pohjoismaiden kantaverkkoyhtiöt ovat: Ruotsissa Svenska Kraftnet, Norjassa Statnett, Tanskassa Energinet.dk ja Islannissa Landsnett. (FG 2014d)



Kuva 2.1. Suomen voimansiirtoverkko. (FG 2014a)

Fingrid Oyj on perustettu vuonna 1996 Suomen Kantaverkko Oyj nimellä. Sähkömarkkinalaki tuli voimaan 1995 ja sen perusteella sähkön myynti ja siirto oli eriytettävä eri yhtiöihin. Vuonna 1997 yhtiö osti koko kantaverkon itselleen Imatran Voima Oy:ltä ja Teollisuuden Voimansiirto Oy:ltä. Näiden yhtiöiden 400 kV:n, 220 kV:n sekä tärkeimmät 110 kV:n siirtojohdot siirtyivät Suomen Kantaverkko Oyj:lle. Yhtiön operatiivinen toiminta alkoi 1.9.1997. (FG 2006)

Pohjoismaiset verkkoyhtiöt muodostivat aiemmin, vuoteen 2009 asti, yhteistyöjärjestön nimeltään NORDEL. Vuoden 2009 heinäkuussa NORDEL:n sulautui Euroopan-laajuisen yhteistyöjärjestöön nimeltä ENTSO-E (European Network of Transmission System Operators for Electricity). ENTSO-E:n tehtävänä on toimia Euroopan järjestelmävastavien yhteistoimintajärjestönä ja kehittää eurooppalaisia sähkömarkkinoita ja tehostaa kantaverkkoyhtiöiden yhteistyötä. Tulevaisuudessa ENTSO-E on foorumi koko Euroopan laajuisen verkon ja sähkömarkkinan rakentamiselle. (FG 2012b) (Elovaara ym. 2011a)

## **2.2. Kantaverkon kehitysnäkymät**

Kantaverkon kehitys siirtyy tällä hetkellä suurten maiden välisten yhteyksien rakentamisesta enemmän kotimaan verkon kehitykseen. Fenno-Skan 2 – yhteys valmistui 2012 ja EstLink 2 – yhteys 2013. Fingridin investointiohjelman suuruus vuosina 2010–2017 on 1,7 miljardia euroa. Sillä rakennetaan noin 3 000 kilometriä voimajohtoa ja 30 sähköasemaa. Vuosina 2012–2022 suunnitelmassa on rakentaa noin 1 500 kilometriä 400 kV voimajohtoa ja 1 000 km 110 kV voimajohtoa. Investointitaso kotimaan verkkoon 2014–2017 on noin 85–125 M€ vuodessa. (FG 2012b)

Kehityksen keskeisinä tavoitteina on: (FG 2012a)

- kantaverkko on turvallinen ja työturvallisuus on korkealla tasolla.
- varmistaa sähkönsiirron korkea käyttövarmuustaso.
- varmistaa siirtokapasiteetin on riittävyys
- ympäristövaikutuksien ja maankäyttökysymyksien huomioon ottaminen
- investointitoiminnan ja kunnonhallinnan kustannustehokkuuden varmistus

Vuonna 2022 kantaverkko koostuu seuraavasti: (FG 2012b)

- 6 300 kilometristä 400 kV voimajohtoa
- 1 200 km 220 kV voimajohtoa
- 8 000 km 110 kV voimajohtoa
- 128 kpl kytkinlaitoksia
- 70 kpl muuntolaitoksia
- 950 MW varavoimakapasiteettia



### 2.3. Voimajohtojärjestelmän kehityshankkeita



Kuva 2.2. Kantaverkon 400 kV kehityshankkeet vuosina 2012–2022. (FG 2012b)

Kuvassa 2.2 löytyy Suomen kantaverkon 400 kilovoltin verkon kehityshankkeet vuosina 2012–2022. Vuosina 2013-2014 valmistuneita projekteja on esimerkiksi Ylikkälä–Huutokoski, Nurmijärvi-Hyvinkää-Hikiä sekä Ulvila-Kristinestad. Ylikkälä–Huutokoski välille valmistui toinen 400 kilovoltin voimajohto. Nurmijärvi–Hyvinkää–Hikiä seudulle valmistui Hyvinkää–Hikiä välille 400 kV siirtojohto sekä Nurmijärvi–Hikiä välille 110 kV siirtojohto. Ulvila-Kristinestad rakennettiin osin 400 kV linjana ja osin 400+110 kV yhteisrakenteisena vanhan 220 kV voimalinjan tilalle. Valmistumassa olevia 110 kV kantaverkon saneeraushankkeita ovat muun muassa Tihisenniemi–Ontojoki ja Varkaus-Kontiolahti.

Käynnissä olevia hankkeita ovat Forssa–Hikiä ja Hirvisuo–Pyhänselkä. Hankkeet toteutetaan yhteensä 4 eri urakassa joiden kaikkien pitäisi valmistua vuonna 2016. Lähitulevaisuudessa investoitavaksi tulee Forssa-Lieto 2x110 kV voimalinjan korvaaminen 400+110 kV voimalinjalla. Linjan rakentaminen arvioidaan tapahtuvan vuosina 2015–17. Petäjävedeltä Pyhänselkään suuntautuvan 2x220 kV voimajohdon korvaaminen 400+110 kV voimajohdolla alkanee vuonna 2017. Samoin Kemnmaa-Pyhänselkä 400 kV johdon rakentamisen arvioidaan alkavan 2017. Muita mahdollisesti tarvittavia 400 kV

siirtojohtoja ovat Fennovoiman tai TVO:n neljännen ydinvoimalan liityntäjohdot. Näiden toteutus riippuu voimaloiden toteutumisesta ja aikataulu sijoittuu noin vuoteen 2020. (ENTSO-E 2012a)

#### **2.4. Sähköasemien kehityshankkeita**

Siirtoverkon kehitys vaatii myös sähköasemaprojektien toteutuksia joilla uudet tai uudistetut yhteydet kytketään vanhaan verkkoon. Vuosina 2013 ja 2014 valmistuneita projekteja ovat esimerkiksi Anttilan, Hikiän ja Ulvilan sähköasemat. Anttilan 400 kV sähköasema laajennettiin EstLink 2:n liittämiseksi Suomen kantaverkkoon. Hikiän 400/110/20 kV sähköasema laajennettiin ja uusittiin. Hankkeella mahdollistettiin uusien 400 ja 110 kV voimajohtojen liittäminen Hikiän sähköasemaan. Ulvilassa rakennettiin uusi 400/110/20 kV sähköasema. Länsirannikon 220 kV verkkoa ollaan korvaamassa 400 kV verkolla. Aseman uudistaminen mahdollisti Ulvila-Kristiinankaupunki 400 kV johdon kytkemisen kantaverkkoon ja se korvaa nykyisen vanhentuneen Ulvilan sähköaseman.

Käynnissä olevia hankkeita ovat esimerkiksi Naantalinsalmen 110 kV kytkinaseman ja Lavianvuoren 400/110 kV muuntoaseman rakentaminen. Naantalinsalmen uusi 110 kV kytkinasema mahdollistaa Naantaliin suunnitellun uuden sähköaseman ja Ahvenanmaan HVDC-merikaapeliyhteyden kytkemisen kantaverkkoon. Lavianvuoren muuntoasemalla ja Lavianvuori-Tikinmaa voimajohdolla vahvistetaan Tampereen seudun sähkönsaantia. Tampereen seudun alueellinen sähkönkulutus on kasvussa ja sen takia muuntokapasiteettia tarvitaan lisää.

Uusien sähköasemien rakentamisen lisäksi toteutetaan vanhojen sähköasemien uusimisia, kuten Anttilassa, Hikiällä ja Ulvilassa. Ikääntyneitä ja huonokuntoisia sähköasemia uusitaan ja parannetaan siten sähkönsiirron käyttövarmuutta tai lisätään sähköasemille kenttiä uusien voimajohtojen liittämistä varten. Sähköasemien uusiminen on hyvin erityylinen projekti verrattuna uuden aseman rakentamiseen tai laajentamiseen. Jännitekatkojen saaminen voi olla vaikeaa joten työt ovat hitaita ja vaativia. Vuosien 2012 ja 2022 aikana pelkästään kantaverkkoon ollaan rakentamassa tai uusimassa 24 kappaletta 400 kV sähköasemia ja 20 kappaletta 100 kV sähköasemia. (FG 2012b)

#### **2.5. Ulkomaan yhteydet**

Suomesta on yhteyksiä ulkomaille neljään maahan, Ruotsiin, Norjaan, Viroon ja Venäjälle. Ulkomaan yhteyksistä uusin on toinen linja Viroon nimeltään EstLink 2. Voimajohto rakennettiin Suomen Anttilasta Viron Püssiin 450 kV tasasähköyhteytenä. Voimajohdon

siirtokapasiteetti on 650 megawattia joten yhteensä Suomen ja Viron välinen siirtokapasiteetti kasvoi yhteensä 1000 megawattiin.

Seuraava uusi ulkomaanyhteys avautuu Ahvenanmaan kautta Kraftnät Ålandin rakentamassa merikaapeli-yhteyden Suomeen. Suomen merikaapeliyhteys toteutetaan Jomalan ja Naantalin välisenä tasasähköyhteytenä. Yhteyden pituus on 160 kilometriä ja siirtokapasiteetti 100 megawattia. Se koostuu noin 8 kilometrin 110 kV siirtoyhteydestä Ahvenanmaalla, HVDC-aseamista Jomalassa ja Naantalissa sekä merikaapelista. Suomessa yhteys kytketään Suomen kantaverkkoon uuden Naantalinsalmen sähköaseman kautta. Yhteyden pitäisi olla käyttöönotettavissa vuonna 2015. Yhteys lisää Suomen ja Ruotsin välistä rajasiirtokapasiteettia 80 megawattia, koska Ahvenanmaalta on jo sen tehoinen vaihtovirtayhteys Ruotsiin. (FG 2012b)

Yhteyksissä Venäjän suuntaan tapahtuu myös kehitystä. Siellä on tarkoitus ottaa kahdensuuntainen tehonsiirto käyttöön vuonna 2015 alusta. Tähän saakka tehoa on voitu siirtää vain Venäjältä Suomeen. Kun vientimahdollisuus Venäjälle saadaan käyttöön, tehoa voidaan siirtää Suomesta Venäjälle maksimissaan 350 MW, eli yksi back-to-back tasavirtasilta tulee toimimaan kaksisuuntaisesti. Pidemmän aikavälin tavoitteena on uusi 400 kV yhteys Pohjois-Suomesta Pohjois-Ruotsiin. Tämän yhteyden toteuttamisen ENTSO-E on arvioinut 2020-luvulle, sen jälkeen kun etelä-pohjoissuuntaisia yhteyksiä on vahvistettu sekä Suomessa että Ruotsissa. (ENTSO 2012a) (FG 2014c)

## **2.6. Alueverkot**

Se osa 110 kilovoltin sähköjärjestelmästä joka ei kuulu Suomen kantaverkkoon, kuuluu joko alue- tai jakeluverkkoyhtiöille tai suurille sähkön kuluttajille. Alueverkkoyhtiöiden alueverkkoja käytetään sähkön siirtämiseen kantaverkosta jakeluverkkoon. Alueverkkoyhtiöillä on pelkästään 110 kV aluesiirtoverkkoa ja siihen liittyviä sähköasemia. Alueverkkoyhtiöitä on Suomessa 12 kappaletta. (EMV 2014)

Jakeluverkkoyhtiöillä voi jakeluverkon (yleisin jännitetaso 20 kV) ja pienjänniteverkon (400 V) lisäksi olla 110 kV siirtoverkkoa. Toisin kuin jakeluverkkoyhtiöillä, alueverkkoyhtiöillä ei ole maantieteellistä vastuualuetta. Jakeluverkkoyhtiöllä on maantieteellisellä vastuualueellaan verkkomonopoli ja sen takia liittämisen-, siirto- ja kehittämisvelvoitteet. Usein alueverkkoyhtiön toiminta-alue on suurempi kuin samalla alueella toimivan jakeluverkkoyhtiön, eli ne toimivat usean jakeluverkkoyhtiön alueella. (Elovaara ym. 2011a)

Alueverkkoyhtiöillä on Suomessa omistuksessa suuri määrä 110 kilovoltin sähkösiirtoverkkoa. Monet siirtojohdoista alkavat olemaan huonossa kunnossa ja niiden uusiminen

on ajankohtaista. Kuvassa 2.3 on nähtävänä huonokuntoisia voimajohtopylväitä. Vasemmalla on kuva lahonneesta ja verkotetusta 110 kV voimajohtopylvään toisesta jalasta, keskellä taipunut 110 kV voimajohtopylväs ja oikealla keskimäinen pylväs jalan katkeamisen jälkeen.

Myös monien sähköasemien uusinta on ajankohtaista. Alueverkkoyhtiöt tekevät myös investointeja verkkoon jatkuvasti, rakentavat uusia linjoja ja korjaavat vanhoja. Tarkkaa tietoa alueverkkoyhtiöiden tulevaisuuden investoinneista ei kuitenkaan ole. Tiedossa on esisuunnittelussa olleet hankkeet, joiden perusteella voidaan jollain tasolla haarukoida tulevien hankkeiden toteutusajankohtaa ja näin saavuttaa arvio tulevaisuuden markkinoista.



Kuva 2.3. Huonokuntoisia voimajohtopylväitä.

## 2.7. Sähkökaupan vaikutus kantaverkon kehitykseen

Kantaverkko toimii markkinapaikkana sähkökaupan sähköpörssille. Nord Pool Spot on Pohjois- ja Baltian-maiden kantaverkkoyhtiöiden omistama raaka-ainepörssi. Pörssissä muodostetaan hinta päivän jokaiselle tunnille markkinaosapuolien toimittamien osto- ja myyntitarjousten mukaan. Hinta muodostuu hinta-alueittain joita on tällä hetkellä 15 kappaletta. Suomi kokonaisuudessaan on yksi hinta-alue Nord Pool Spot –sähköpörssissä. (Partanen ym. 2012)

Hinta-alueiden välille muodostuvat hintaerot johtuvat sähkönsiirtokapasiteetin rajallisuudesta, eli muodostuu niin sanottuja pullonkauloja. Esimerkiksi Suomi on ollut yhteinen

hinta-alue Ruotsin kanssa 81 % ajasta vuonna 2013, mutta koko Pohjoismaat olivat yhteinen hinta-alue vain 24 % ajasta. Sähkömarkkinoiden häiriötön toiminta voidaan edistää pullonkauloja poistamalla. Tavoitteena on yksi hinta koko markkina-alueella. Tämä aiheuttaa investointipaineita pullonkauloina oleviin sähköverkon osuuksiin. Kuitenkin hetkelliset hintaerot on hyväksyttäviä, ettei verkkoon yli-investoida. (FG 2013) (Partanen ym. 2012)

Ensimmäisen kerran pohjoismaista verkkoa suunniteltiin kokonaisuutena Nordel-järjestön toimesta vuonna 2002. Aiemmin suunnitelmat oli tehty jokaiselle maalle erikseen tai kahden maan välisinä yhteyksinä. Tavoitteena oli löytää verkon kohdat joissa investoinnit hyödyttäisivät eniten koko pohjoismaista järjestelmää. Nykyisin suunnittelua tehdään koko Euroopan tasolla, ENTSO-E on julkaissut Euroopan laajuiset 10 vuoden kehitysuunnitelmansa vuosina 2010 ja 2012. Seuraava suunnitelma on tulossa vuoden 2014 lopussa. Kuitenkaan suunnittelu ei yksin välttämättä suuntaa investointeja sinne minne niitä eniten tarvittaisiin, verkkoyhtiöt voivat käyttää saamansa siirtorajoitustulot pitääkseen tariffihintansa alhaisena. Voidaankin tarvita sääntelyä tai muita kannustuskeinoja, jotta Euroopan laajuinen sähköverkko ja sähkömarkkinat saadaan luotua. (Elovaara ym. 2011a) (ENTSO 2012b)

## **2.8. Sähkönsiirtojärjestelmän tulevaisuus**

Nykyinen sähkönsiirtojärjestelmä on rakennettu yksittäisten maiden näkökulmasta niiden omiin tarpeisiin. EU:n aiheuttaman tavoitteet ajavat kuitenkin siirtoverkkojen kansainvälistymistä. Pohjoismaiset sähkömarkkinat ovat pohjoismaissa ajaneet rajayhteyksien kapasiteetin nostoa jo ennestään ja investoinnit jatkuvat tulevaisuudessakin. Suuremmissa mittakaavassa on suunnitteilla Euroopan laajuinen superverkko, jota pitkin voitaisiin siirtää sähköä Afrikan aurinkovoimaloista ja jättimäisistä merituulipuistoista. Pitkien etäisyyksien takia tekniikkana voi kyseeseen tulla myös HVDC-yhteydet. Tosin monen terminaalien HVDC-yhteydet vaativat eräitä uusia teknisiä ratkaisuja toteutusta varten, esimerkiksi suurjännite-tasasähkökatkaisijoiden käyttöön saamista. (Elovaara ym. 2011b)

Verkoston tullaan lisäämään älyä ja muodostetaan niin sanottuja älykkäitä sähköverkkoja. Tämä voi tarkoittaa esimerkiksi verkkojen ohjausjärjestelmien kehittymistä, verkon tehonjakomahdollisuuksien säädettävyyttä, digitaalisuuden lisääntymistä ja hajautetun tuotannon lisääntymistä sekä verkon siitä selviytymistä. Ympäristötietoisuuden lisääntyminen taas lisää kierrätysvaatimuksia. Nykyiselläänkin tosin muun muassa sähköverkkojen purkumateriaalit kierrätetään lähes kokonaisuudessaan. (Elovaara ym. 2011b)

Tulevaisuudessa sähkön merkittävyys tulee kasvamaan. Sähkön toimituksen luotettavuusvaatimukset ovat korkeat jo nyt, ja luotettavuus lisäämään tärkeyttään jatkossa. Sähköä tultaneen käyttämään muun muassa liikenteen energianlähteenä. Tämä saattaa mahdollistaa ajoneuvojen akkujen käytön tilapäisenä energianlähteenä. Akkujen käyttö energianlähteenä sekä hajautettu sähkön tuotanto vaatii investointeja varsinkin jakeluverkkojen suojauksiin, ne on alun perin suunniteltu yksisuuntaiseen sähkönsiirtoon.

Väestön kasvu ja väestön siirtyminen kaupunkeihin aiheuttavat energian tarpeen kasvua urbaaneilla alueilla. Suurempien tehojen siirto vaatii korkeampien jännitetasojen käyttöönottoa tai useampien siirtojohtojen rakentamista. Tilanpuute voi ajaa sähkönsiirtojärjestelmän siirtoa maan alle, mikä on huomattavasti kalliimpaa kuin perinteinen maanpäällinen rakentamistapa. (Elovaara ym. 2011b)

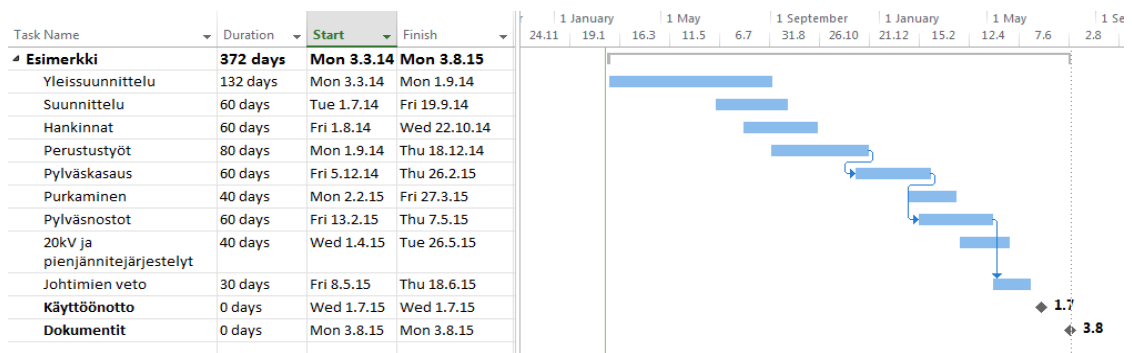
### 3. Suurjännitejohdot

Suurjännitejohtoja käytetään sähkönsiirrossa siirrettäessä suuria tehoja pitkiä matkoja, esimerkiksi syrjässä olevalta voimalaitokselta paljon sähköä kuluttavalle tehtaalle. Suurjännitejohdot ovat sähkönsiirtojärjestelmän runkoverkko.

Sähköenergian siirtämisessä suurjännitteisesti kustannustehokkain tapa on käyttää päällystämättömiä avojohdoteja. Avojohdolla tarkoitetaan ilmajohtoa, jonka jokainen johdin on kiinnitetty eristinketjuin pylväsrakenteisiin. Toisin sanoen, johtimen päällä ei ole eristävää materiaalia. Avojohtoon hyviä puolia on edullisuuden lisäksi korjauksen helppous. Huonona puolena on suuri tilantarve ja usein sopimattomuus ympäristöön. Siirtojohtojen rakentamista ohjaa Suomessa CENELEC:n laatimat standardit EN 50341 ja EN50341-3-7. (Elovaara ym. 2011b)

Sähköenergian siirtoon voidaan käyttää myös kaapeleita. Kaapelit voidaan asentaa maahan tai veteen. Ne voidaan asentaa myös esimerkiksi kaapelikanaviin tai kaapelihyllyille. Kaapelit ovat hyvin suojassa ympäristön häiriöitä vastaan sekä ne ovat ihmisille näkymättömissä. Kaapelit ovat huomattavasti kalliimpia rakentaa avojohdoteihin verrattuna, ne ovat myös kalliimpia korjata, sekä niiden kuormitettavuus laskee pituuden kasvaessa johtuen kaapelin varausvirran kasvusta. Suomessa on käytössä 110 kV vaihtosähkökaapeleita, mutta niitä valmistetaan ja käytetään 500 kV nimellisjännitteelle saakka. (Elovaara ym. 2011b)

Aikataulullisesti pienenkin voimajohtoon pätkän rakentaminen kestää useamman kuukauden, minimissään noin puoli vuotta. Tietysti muutaman pylvään projekteja pystytään toteuttamaan nopeamminkin. Jos ajatellaan kestoja esisuunnittelun alusta valmiiseen linjaan, puhutaan ajanjaksona minimissäänkin yli vuodesta. Kuvasta 3.1 nähdään projektiaikataulu jossa huomioitu myös yleissuunnittelun ottama aika huomioon ottamatta YVA:n vaatimaa aikaa. Tässä tapauksessa projektin kesto kokonaisuudessaan on noin 1,5 vuotta. Tämänlainen projekti olisi poikkeus normaaliin rakennustapaan jossa yleissuunnittelu toteutetaan erillisesti ennen rakennusprojektin aloitusta.



Kuva 3.1. Aikataulu projektista joka sisältää osittaisen yleissuunnittelun.

Voimalinjan rakentaminen tapahtuu vaiheittain ja useat eri vaiheet voivat olla käynnissä samaan aikaan. Isommissa projekteissa myös rakenteilla oleva linja voi olla jaettu osakokonaisuuksiin jotka rakennetaan sovitussa järjestyksessä. Näin esimerkiksi voimajohdon uusimisprojektissa linjasta ei tarvitse olla kuin osa jännitteettömänä kerrallaan ja sähköön syöttö linjan sähköasemille pystytään järjestämään säteittäisesti. Usein, varsinkin huippukulutuksen aikaan, sähköasemat pitää olla jännitteisiä alueellisen sähkötoimituksen varmistamiseksi.

### 3.1. Suunnittelu

Voimajohdon suunnittelu voidaan jakaa kahteen osa-alueeseen, esi- ja yleissuunnitteluun sekä rakennesuunnitteluun. Esi- ja yleissuunnittelu toteutetaan ennen voimajohdon rakentamisen kilpailutusta tarvittavien materiaalien saamiseksi. Esi- tai yleissuunnittelun toteuttaminen ei aina kuitenkaan johda voimajohdon rakentamiseen. Rakennesuunnittelulla tarkoitetaan tässä yhteydessä voimajohdon eri rakenteiden yksityiskohtaista suunnittelua.

#### 3.1.1. Esi- ja yleissuunnittelu

Esi- ja yleissuunnittelussa suunnitellaan tulevan voimajohdon reitti pylväspaikkoineen ja pylväineen annettujen reunaehtojen mukaan. Sen toteuttaminen alkaa alustavien reittivaihtoehtojen tutkimisella. Näistä valitaan paras, jota aletaan selvittää tarkemmin.

Valitusta reitistä selvitetään maanomistajat ja kiinteistöt ja myös informoidaan heitä tulevasta voimajohdosta. Yleissuunnittelussa hoidetaan erilaiset lupa-asiat ja selvitykset kuten ympäristöselvitys, rakentamislupa sekä mahdolliset lunastusluvut ja -toimitukset. Ympäristövaikutukset täytyy arvioida kaikista yli 15 kilometrin voimajohdoista joissa jännitetaso on 110 kV tai korkeampi. Ympäristövaikutusten arvioinnin eli YVA:n toteutukseen voi mennä aikaa yli vuosi.



Reitistä muodostetaan lentäen kartoittamalla 3D-malli josta saadaan maanmuodot selvästi esiin. Kartoitus voidaan tehdä myös maitse, tällöin mallista ei tule yhtä tarkka kuin lentäen. Kartoituksen perusteella voidaan muodostaa johdon profiili ja pylväsluettelo pylväspaikkoineen ja pylväskorkeuksineen.

Valituista pylväspaikoista tehdään maadoitusmittaukset sekä pohjatutkimukset. Maadoitusmittauksista lasketaan tarvittavan lisämaadoituksen tarve ja tehdään induktiovaarajänniteselvitys. Induktiovaarajänniteselvityksessä tarkastetaan, ettei missään vikatilanteessa voimajohdosta indusoidu sallittua suurempaa jännitettä televerkkoon. Pohjatutkimuksissa kartoitetaan maaperän koostumus perustuspaikoilta. Niiden perusteella pystytään arvioimaan maanmuokkauksen tarve pylväskohtaisesti.

Yleissuunnitteluun kuuluu myös rakentamisen tarjouspyyntöaineiston muodostaminen. Tarvittavan sähkösuunnittelun toteutus, esimerkiksi vuorottelun määrän ja paikkojen laskenta. Myös dokumenttien päivitys johdon rakentamisen jälkeen kuuluu usein yleissuunnittelu-urakkaan.

Jos uusi johto rakennetaan vanhalle johtokadulle, jää reittivaihtoehtojen kartoitus suunnittelusta pois. Työn määrä muuten on lähes sama, kuitenkin esimerkiksi pylväspaikat, -korkeudet ja profiili joudutaan määrittämään uudestaan.

Voimajohtoprojektin lopullinen yleissuunnitteluaineisto koostuu esimerkiksi seuraavista dokumenteista:

- Urakkaohjelma, tekninen erittely ja tekniset speksit - näistä selviää toimituksen sisältö ja tekniset yksityiskohdat
- Kaupalliset tiedot – taloudelliset ehdot, sopimusluonnos ja täytettävät hintalomakkeet (nämä tulevat suoraan tilaajalta)
- Yleistiedot rakennettavasta johdosta - sisältävät perustiedot toimituksesta mm käytettävät suunnittelustandardit ja mitoitusperusteet
- Lausunnot, eri virastot tai viranomaiset antavat lausunnot liittyen heidän toimialaansa toimitukseen liittyen
- Pylväsluettelo - sisältää muun muassa käytettävät pylvästyytit, perustustasot, jännepituudet, johtimien tyytit sekä risteämät ja muut huomautukset
- Kartat ja profiili - kartat eri mittakaavoissa ja voimajohdon profiili
- Pylväiden periaatekuvat - periaatekuvat toimitetaan yleissuunnitteluaineistossa, varsinainen pylväiden rakennesuunnittelu kuuluu usein voimajohtoprojektiin

- Maadoitussuunnitelmat - maadoitussuunnitelmista selviää lisämaadoituksen tarve pylväspaikoin
- Vaarajänniteselvitys - yleissuunnittelussa selvitetään että rakennettavasta voimajohdosta ei maasulussa indusoidu vaarallisia jännitteitä televerkkoon

### **3.1.2. Rakennesuunnittelu**

Rakennesuunnittelu on fyysisten rakenteiden suunnittelua. Suunnittelun tavoitteena on tuottaa valmis suunnitelma kyseisestä rakenteesta kuten pylväästä tai perustuksesta. Rakennesuunnittelu pitää sisällään myös rakenteiden lujuustarkastelun. Projektien rakennesuunnittelun määrä riippuu tilaajasta. Osalla tilaajista on olemassa oma pylväsperheensä jonka pylväitä pyritään käyttämään projektissa. Jos tilaaja ei toimita omia pylväsuunnitelmiaan, kuten tilanne yleensä on, pylväiden rakennesuunnittelu on osa KVR-urakkaa.

Pylvässuunnittelussa tuotetaan suunnitelmat projektissa tarvittavista pylväsrakenteista. Pylvässuunnittelu voidaan jakaa kahteen osa-alueeseen, putkipylväs- ja ristikkorakennesuunnitteluun. Suunnitelmien perusteella pylväät tilataan pylvästoimittajalta. Suunnitelmien oikeellisuus testataan usein sarjatuotannon ensimmäisen pylvään kohdalla koe-kausauksin tehtaalla, näin mahdolliset ongelmat huomataan ajoissa.

Myös perustussuunnittelu on osa rakennesuunnittelua. Perustussuunnittelussa valitaan tai suunnitellaan sopivat perustukset pylväille pylvään aiheuttamien voimien sekä perustamisolosuhteiden perusteella. Osa perustussuunnittelua on myös tarvittavien maanvahvistuksien määrän arviointi pohjatutkimuksien perusteella.

Voimajohtotoimitukseen liittyy myös muuta suunnittelua, suunnitelmien tarkastamista ja vanhojen dokumenttien päivityksiä jos ollaan tekemisissä vanhan johdon kanssa. Sisältyvää suunnittelua on muun muassa yleissuunnitteludokumenttien tarkastaminen, johdinkaavioiden tekeminen tai päivittäminen sekä pylväskohtainen materiaalisuunnittelu.

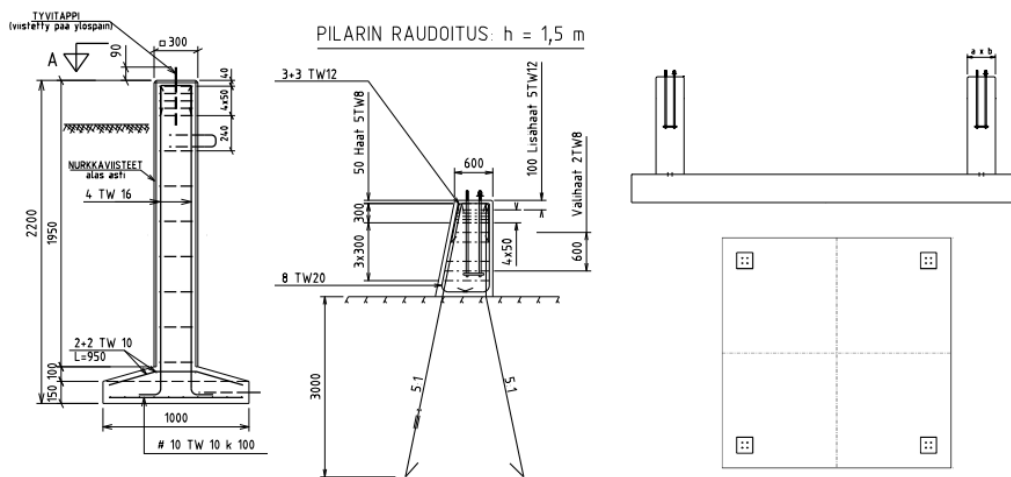
## **3.2. Materiaalit**

Sähkönsiirtojohtojen rakentamiseen tarvittavat tärkeimmät materiaalit ovat perustukset, pylväät, eristinvarusteet ja johtimet. Tässä kappaleessa käsitellään siirtojohtojen materiaaleja.

### **3.2.1. Perustukset**

Pylväiden perustukset siirtävät pylväisiin kohdistuvat voimat maahan. Voimajohtopylväillä käytössä on tehdasvalmisteisia elementtiperustuksia sekä paikalla valettavia pe-

rustuksia. Kalliolle rakennettaessa voidaan perustukset porata kallioon, jos kallio on riittävän hyvälaatuista. Kuvasta 3.7 löytyy erilaisia perustustyyppejä. Vasemmalla on elementtiperustus, keskellä valettava kalliopilari ankkurointeinen ja oikealla paikalla valettava perustus sivusta ja päältä.



Kuva 3.7. Perustustyyppejä.

Elementtiperustus koostuu laatasta jonka päälle valetaan pilari. Pilarin korkeus ja anturalaatan koko riippuvat käytetystä pylvästyypistä. Käytettävän pilarikorkeuden määrää syvyys josta kova maa oletettavasti löytyy. Anturan koon määrää pylvästä aiheutuvat voimat; mitä suurempi pylväs, sitä suurempi antura. Näin myös esimerkiksi kulmapylväiden elementit ovat suurempia kuin suoran paikan elementit.

Haruksien ankkurointi voidaan tehdä haruspilarilla tai haruslaatalla ja siihen kytketyillä vetotangoilla (kaksoissilmukoilla). Haruspilarit ovat hieman haruslaattaa kalliimpi vaihtoehto ja niitä käytetään yleensä vain kantaverkkoprojekteissa. Haruslaatta ja kaksoissilmukat voidaan nähdä kuvassa 3.4. Haruspilari on vastaavanlainen perustuspilariin nähden, pilari tosin valetaan vinoon laattaan nähden. Pilarirakenteen hyötynä on että maan alle ei jää metalliosia, kuten kaksoissilmukkaa.

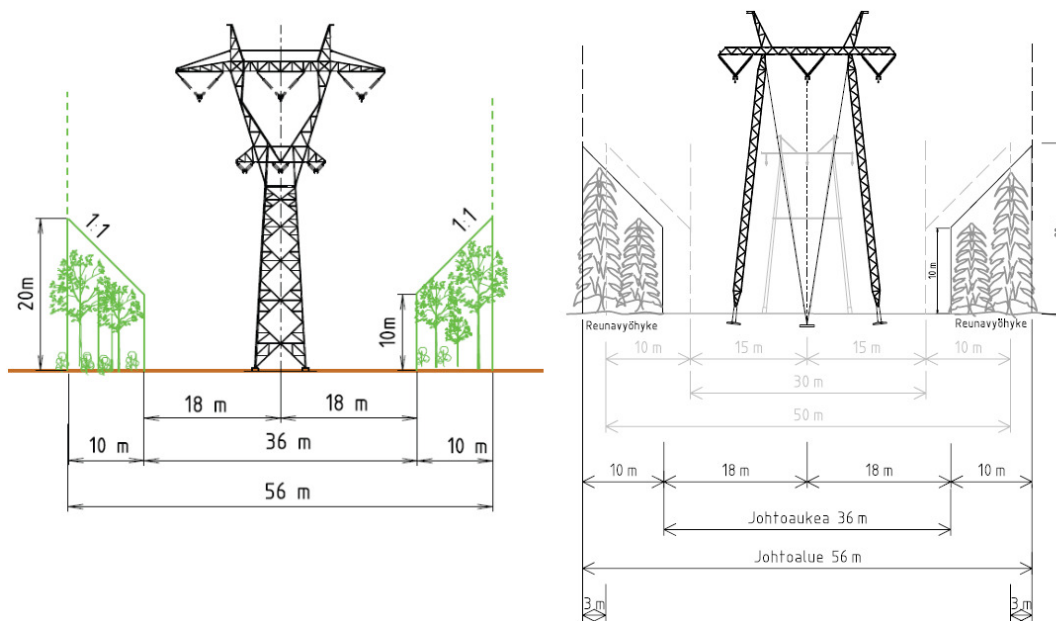
Vapaasti seisoville pylväille tehdään perustukset valamalla ne paikan päällä. Tavallisin perustustyyppi on yhtenäinen laatta jonka päälle valetaan pilarit pylvään jaloille. Pilareita tulee ristikkopylväälle neljä kappaletta, maisemapylväille mahdollisesti vain yksi. Perustuksen kokoon vaikuttavat pylvästä aiheutuvat voimat sekä pylväiden jalkojen väli. Suurimmilla pylväillä on taloudellisesti järkevää suunnitella ja rakentaa jaloille erillisperustukset.

### 3.2.2. Pylväät

Pylväitä käytetään voimajohtojen ripustamiseen ilmaan. Pylväät jaotellaan käyttöpaik-  
kansa mukaan. Suorilla osuuksilla käytetään kannatuspylväitä (ripustuspylväitä), näihin  
pylväisiin ei kohdistu merkittäviä sivuttais- tai pitkittäissuuntaisia rasituksia. Kulmapyl-  
väitä käytetään kun johto muuttaa suuntaa. Kulmapylväät ottavat vastaan suunnan muu-  
toksesta johtuvat sivuttaissuuntaiset voimat. Kiristyspylväillä muodostetaan johdolle  
jäykkä ripustus piste. Kiristyspylväillä molemmista suunnista tulevat johdot kiristetään  
nimelliskireyteensä eli ne toimivat kahden kiristysvälin välipylyväinä. Kiristävä kulmapyl-  
väs on kulmassa sijaitseva kiristyspylväs joka ottaa vastaan sekä pitkittäis- että sivut-  
taisvoimat. Päätepylväs on kiristyspylväs, johon johtimet tulevat vain toisesta suunnasta.  
Tällöin myös johtimista johtuvat voimat kohdistuvat vain toiselle puolelle, joten ne täytyy  
joko harustaa kestävämmiin tai rakentaa riittävän kestävästi ristikkorakenteisena. (Elo-  
vaara ym. 2011b)

Suomessa pylväsmateriaalina käytetään puuta ja sinkittyä terästä. Aikaisemmin on käy-  
tetty myös alumiiniseoksia. Muissa maissa on yleisessä käytössä betonipylyväät. Puuta  
on suomessa käytetty aina 220 kV jännitetasolle saakka. Puun etuna pylväsmateriaalina  
on edullisuus varsinkin matalissa pylväissä. Aiemmin helppo saatavuus on varmasti vai-  
kuttanut puun valintaan pylväsrakenteeksi. Puun kyllästyksessä tarvittaville materiaa-  
leille on määrätty rajoituksia, esimerkiksi aiemmin yleinen CCA-paineekyllästysaine on  
kielletty kokonaan. Tällä hetkellä useimmat siirtojohtoihin asennettavat puupylyväät ovat  
kreosootti-kyllästeisiä. Kreosootti on myrkyllistä sekä haitallista ympäristölle, ja sen  
käyttö onkin tarkasti rajoitettua. Korvaavana tuotteena käytetään kuparekyllästettä, mutta  
sen kestävydestä ei ole varmaa tietoa, joten käyttö on vähäisempää ainakin toistaiseksi.  
(Elovaara ym. 2011a)

Suomessa aiemmin käytettyjen alumiinipylyväiden käytöstä on luovuttu niiden kestävyys-  
dessä todettujen ongelmien vuoksi. Teräsbetonipylyväitä ei Suomessa ole yleisesti raken-  
nettu ilmeisesti niiden kalleuden ja painavuuden vuoksi. Tulevaisuudessa ainakin 110  
kV jänniteportaalle asti voi käyttöön tulla komposiittipylyväät. Niiden etuina ovat varsinkin  
keveys sekä myös mekaaninen lujuus.

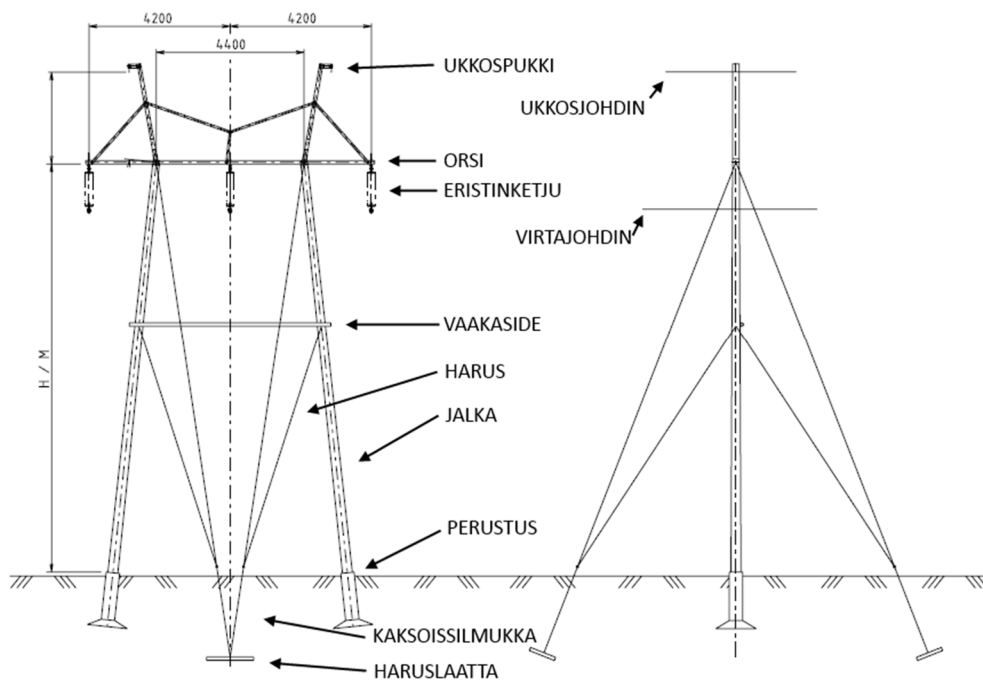


Kuva 3.3. Voimajohtoalueita.

Voimajohdot rakennetaan johtoalueille. Johtoalueet koostuvat itse johtokadusta (johtoaukeasta) ja reuna-alueesta (reunavyöhykkeestä). Kuvasta 3.3 voidaan nähdä erityyppisiä johtoalueita. Vasemmalla on vapaasti seisova 400+110 kV yhteisrakenteinen pylvä, oikealla vanhan linjan paikalle rakennettava 400 kV harustettu portaalipylvä. Verkko-yhtiöt saavat johtoalueelle rajoitetun käyttöoikeuden lunastus-menettelyllä, jossa määritetään korvauksen määrä joka verkkoyhtiön on omistajalle maksettava. Rajoitettu käyttöoikeus antaa verkkoyhtiölle oikeuden käyttää johtoaluetta, rajoittaa rakentamista, raivata puusto johtoaukealta sekä rajoittaa puuston pituus reuna-alueella siten ettei kaatuvat puut yllä jännitteisiin osiin. Johtokadun leveys on 110 kV johdolla yleensä 26–30 metriä ja 400 kV johdolla 36–42 metriä. Reuna-alue on aina 10 metriä leveä molemmin puolin johtoa, yhteensä 20 metriä. (FG 2007)

### **Harustetut pylväät**

Perinteinen suomalainen 110 kV voimalinja on rakennettu portaalipylväillä, jotka koostuvat puisista jaloista, tukiorresta (vaakasiteestä), orresta, ukkosulokkeista, haruksista ja perustuksista. Ne ovat kevytrakenteisia ja edullisia rakentaa. Harustettu portaalipylvä sopii hyvin Suomen tasaisiin korkeusolosuhteisiin. Kuva 3.4 esittää harustettua 1H-puupylvästä, joka on puisilla jaloilla varustettu harustettu kannatuspylväs.



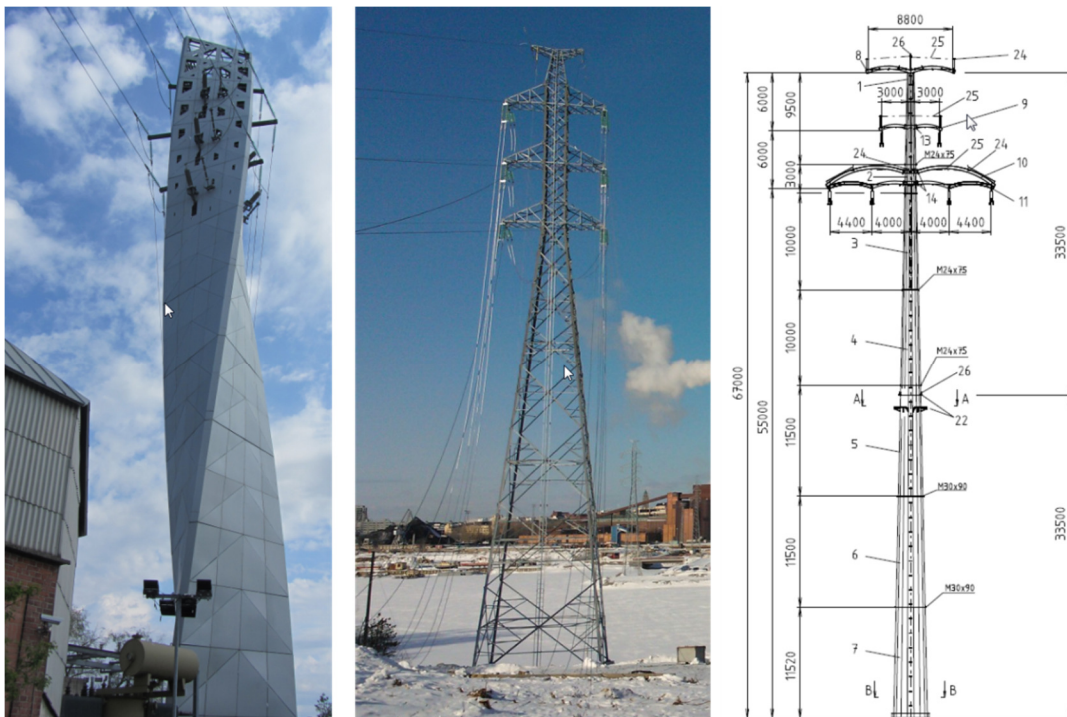
Kuva 3.4. Harustettu puupylväs 1H.

Suomessa rakennettavissa uusissa tai uusittavissa 110 kV voimajohtolinjoissa käytetään yleensä harustettuja teräsputkiportaaliypylviä. Pylväs on muodoltaan samanlainen kuin harustettu puuportaaliypylväs. Erona on, että materiaalina käytetään kauttaaltaan sinkittyä terästä. Teräsputkiypylväiden rakentaminen on kalliimpaa kuin puupylväiden, mutta kestoikä toisaalta pidempi. Teräsputkiypylväiden kuormitettavuus on myös suurempi. Suosituksena on, että kahden osajohtimen rakenteita ei tehtäisi puupylväillä. Teräsputkiypylväillä saadaan myös toteutettua korkeampia rakenteita, joten niillä onnistuu esimerkiksi 400/110 kV yhteisrakenteisen harustetun portaaliypylvään valmistaminen. Pelkällä 400 kV jännitetasolla yleisin käytettävä pylvästyyppe on ristikkorakenteinen harustettu pylväs. Tällainen pylväs on kevyempi ja materiaaleiltaan edullisempi kuin putkijalkainen, mutta toisaalta huomattavasti hitaampi kasata. Kuvassa 3.3 on oikealla ristikkorakenteinen harustettu pylväs.

### ***Vapaasti seisovat pylväät***

Vapaasti seisovia pylväitä käytetään Suomessa lähinnä erikoistapauksissa niiden kalliimman hinnan takia. Ne mahtuvat kapeammalle johtokadulle, joten niitä käytetään monesti ahtaissa paikoissa kuten kaupunki- ja taajama-alueilla. Vapaasti seisovilla pylväillä pystytään toteuttamaan kahden virtapiirin rakenne johtokatua leventämättä. Kuvassa 3.5 voidaan nähdä 110 kV vapaasti seisovia voimajohtopylväitä. Kaikki kolme pylvästä ovat kahden virtapiirin pylväitä.

Kuvassa 3.5 nähdään vasemmalla puolella maisemapylväs nimeltä Illusion. Maisemapylväillä yritetään vähentää maisemallisia haittoja sekä sovittaa voimajohdot paremmin kaupunkiympäristöön. Pylväistä pyritään muotoilulla luoda myös eräänlaisia maa-merkkejä. Maisemapylväitä rakennetaan paikkoihin, joissa liikkuu paljon ihmisiä, kuten kaupunkiympäristöön tai maanteiden varsille. Taiteellisiksi suunnitellut pylväät ovat kuitenkin huomattavasti kalliimpia kuin perinteiset pylväät. Muiden arvojen takia niitä kuitenkin rakennetaan harvaltaan sopiviin paikkoihin. Kuvasta löytyy keskeltä ristikkopylväs Helsingistä Mustikkamaalta ja oikealla suunnitelma maisemapylvästä Vaasan Vaskiluodosta.



Kuva 3.5. Vapaasti seisovia pylväitä.

### 3.2.3. Johtimet

Suurjännitejohdot koostuvat yleensä kolmesta jännitteellisestä johtimesta ja kahdesta ukkosjohtimesta. Vanhoissa johdoissa ukkosjohtimia voi olla myös yksi tai ei ollenkaan. Johtimet voivat koostua useista osa-johtimista ja linjalla voi olla kaksi virtapiiriä. Tällöin jännitteellisiä johtimia voi olla yhteensä esimerkiksi 12 (2 virtapiiriä, 2 osajohdinta, 3 vaihetta). Yleinen merkintätapa johtimien määrälle on esimerkiksi 2x3x2-Duck. Tässä ensimmäinen kerroin kertoo virtapiirien määrän, toinen vaiheiden määrän ja viimeinen johtimien määrän per vaihe. Käytettävän johtimen nimi on ilmoitettu viimeisenä. Useampia osajohdinta käytetään, koska niin saadaan suurempi kuormitettavuus johdolle. 110 kV jännitetasolla käytetään yhtä tai kahta johdinta. 400 kV jännitetasolla käytetään kahta tai kolmea.

Suurjännitejohtojen johtimina käytetään yleensä alumiinijohdinta jossa on teräsydin. Tällöin johtimen keskiosassa on pyöreitä terässäikeitä ja ympärillä pyöreitä alumiinisäikeitä. Teräksen tehtävänä on vahvistaa johdinta, pelkkä alumiinijohdin ei kestä pitkillä jänteillä ja suurella kireydellä omaa painoaan venymättä. Yleisin johtimien tyyppi on ACSR (Aluminium Conductor Steel Reinforced), jossa myös alumiini osallistuu johtimen kannatukseen. Johtimien poikkipinta-ala ilmoitetaan johtimen nimen yhteydessä, esimerkiksi ACSR Duck 305/39. Tällöin johtimen alumiinin pinta-ala on 305 mm<sup>2</sup> ja teräksen pinta-ala 39 mm<sup>2</sup>. Alumiinijohtimia käytetään lyhyillä jänneväleillä normaalia pienemmällä kireydellä sähköasemaliitynnöissä. Yleisimmät alumiinijohtimet ovat 1095Al ja 638Al.

Erikoistapauksissa voidaan käyttää HTLS-johtimia (High Temperature Low Sag). Nämä johtimet kestävät korkeampaa lämpöä ja silti riippumat jäävät pieneksi. HTLS-johtimilla saavutetaan suurempi kuormitettavuus samalla johtimen massalla kuin ACSR-johtimilla. HTLS-johtimia voidaankin käyttää esimerkiksi tapauksissa joissa olemassa olevan johdon kapasiteettia halutaan kasvattaa uusimatta rakenteita. Tällöin vanhan johtimen tilalle voidaan asentaa esimerkiksi ACSS-johtimet (Aluminium Conductor Steel Supported), jossa alumiini on niin sanotusti päästettyä eli pehmeää ja johtimen lujuudesta vastaa lähes täysin erikoisluja teräsydin. Tällaiset johtimet ovat Suomessa tulossa käyttöön Isohaara–Kittilänjärvi johdolle. Uutta tekniikkaa edustavat ACCC (Aluminium Conductor Composite Core) ja ACCR (Aluminium Conductor Composite Reinforced) joissa käytetään komposiittia lisäämään johtimen lujuutta. (Southwire 2012) (Elovaara ym. 2011b)

Johdintyyppit on nimetty, eri nimi tarkoittaa eri johtimen poikkipinta-alaa. Yleisin uusissa ja uudistettavissa 110 kV voimajohdoissa käytettävä johdin on Duck 305/39. Muita 110 kV käytössä olevia ACSR-tyyppisiä johtimia on esimerkiksi Hawk (242/39), Suursavo (106/25) ja Ostrich (152/25). 400 kV voimajohdot rakennetaan ACSR Finch 577/67 -johtimilla. Myös muita johdintyyppejä on olemassa ja kaikkia ei ole nimetty.

### ***Ukkosjohtimet***

Ukkosjohtimena käytetään yleensä ACSR Sustrong 106/25 -teräsalumiinijohdinta. Aiemmin käytössä olleita ukkosjohtimia ovat esimerkiksi Dotterel (89/52), Suursavo (106/25) ja Savo (42/25). OPGW-tyyppisessä (Optical Ground Wire) ukkosjohtimessa on sisäänrakennettuna yksi tai useampi muovinen putki, jotka sisältävät 8-48 optista kuitua. OPGW-johtimet sisältävät teräs ja alumiinisäikeitä, ollen näin teräsalumiinijohtimia. Yleinen ratkaisu on asentaa toiseksi ukkosjohtimeksi perinteinen Sustrong-johdin ja toiseksi 48-kuituinen OPGW-johdin.



Valokuituja voidaan käyttää johdon omistaman yrityksen oman datan siirtoon ja suojauskäytöksi toteuttamiseen sähköasemien välillä. Niitä voidaan myös vuokrata ulkopuoliselle yritykselle muun datan siirtoon. Koska optinen kaapeli itsessään on eriste, yhteyteen ei muodostu häiriöitä. Valokaapeli ei myöskään vaurioidu esimerkiksi salamaniskuissa.

#### **3.2.4. Varusteet ja eristimet**

Voimalinjan varusteilla tarkoitetaan tarvikkeita joita tarvitaan voimalinjan rakentamiseen. Eristinkiinnikkeillä eristinketju kiinnitetään pylväisiin ja kannatuspidikkeillä johdin eristinketjuun. Suojakämeillä johtimeen kiinnityskohdassa kohdistuva jännitys jaetaan pidemälle matkalle, joka on tarpeellista johdon kääntyessä. Liitoksilla johtimet liitetään yhteen, yleensä käytetään räjäytettäviä jatkoja jotka räjähtämällä sulattavat johtimien päät yhteen. Nippujohtimet kiinnitetään toisiinsa välisiteillä, ne pitävät johtonipun samassa muodossa ja johtimet tasaisella etäisyydellä toisistaan.

##### ***Eristimet***

Siirtojohtojen eristäminen tapahtuu yleensä kiinnittämällä lautaseristimiä (kappaeristimiä) yhteen. Eristinlautasien materiaalina on perinteisesti käytetty lasia tai posliinia. Nykyisin komposiittieristimien (moniaine-eristimien) hinnat ovat pudonneet niin paljon, että ne ovat korvaamassa lasieristimien käyttöä. Voimajohtolinjoilla pääsääntöisesti käytetään riippueristimiä, niissä eristinlautaset kiinnitetään ketjuiksi roikkumaan voimajohtopylväistä. Eristinlautasyksiköitä käytetään Suomessa yleensä 7 kappaletta 110 kV jännitetasolla ja 18–21 kappaletta 400 kV jännitetasolla. Sähköasemilla ja joissain erikoistapauksissa käytetään myös tukieristimiä, jotka tukevat johdinta yleensä alapuolelta. 110 kV voimajohtojen eristinketjun pituus on noin metri, 400 kV eristinketjun pituus on noin neljä metriä.

Komposiittieristimien käyttäminen on yleistynyt niiden hinnan pudotessa. Komposiittieristimien hyvänä puolena lasiin verrattuna on sen keveys ja mekaaninen kestävyys. Komposiittieristimen ydin muodostaa epoksi- tai polyesterimuovi. Sen ympärillä on silikonikumilieriö johon kiinnitetään silikonikumiset laipat. Komposiittieristimet ovat lasieristimiä huomattavasti kevyempiä. Keveys nopeuttaa ja helpottaa asennustyön suorittamista. (Elovaara ym. 2011b)

110 kV voimajohtolinjoilla käytetään pääsääntöisesti I-tyyppisiä eristinketjuja. Kulmapylväillä ja paikoissa joissa halutaan rajoittaa heilahteluja, esimerkiksi tilanpuutteen vuoksi, käytetään V-tyyppin ketjuja. Myös likaisissa olosuhteissa voidaan käyttää V-tyyppin ketjuja, sadevesi huuhtelee niistä likaa pois paremmin kuin I-tyyppin ketjuista. Kuvassa 3.6 on kaksi 400 kV pylvästä, vasemmalla on käytetty I-tyyppin ketjuja ja oikealla V-tyyppin ketjuja.

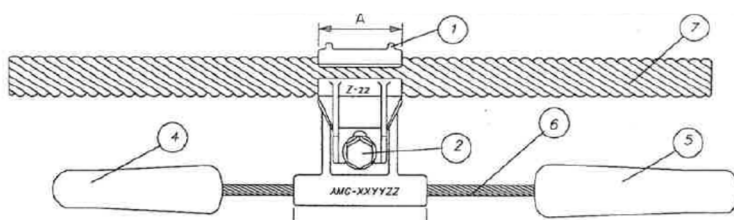
Vasemman puoleisessa on näkyvissä myös puolivuorottelu keskimmäisen ja vasemmanpuoleisen johtimen välillä.



Kuva 3.6. Voimajohtopylväitä.

### **Värähtelyn vaimentimet**

Siirtojohtoilla käytetään värähtelyn poistamiseen erityisiä värähtelyn vaimentimia. Yleisin näistä on niin sanottu Stockbridge-tyyppinen värähtelyn vaimennin (kuva 3.9). Värähtelyä johtimiin syntyy tuulen vaikutuksesta. Pahinta on tasainen johdinta vastaan kohisuorasti tuleva tuuli. Syntyvä värähtely on pystysuuntaista ja se voi aiheuttaa murtumia johtimen kannattimiin. Värähtelyn vaimennin muuntaa värähtelyn energian lämmöksi ja muodonmuutostyöksi. (Elovaara ym. 2011b)



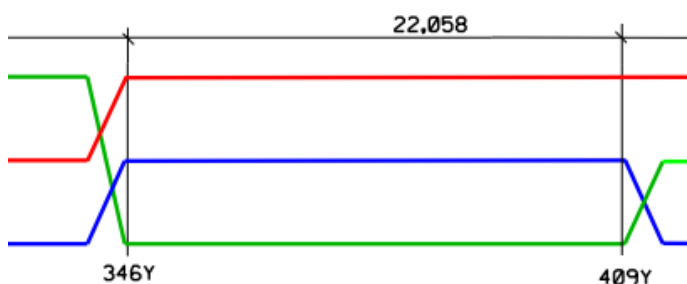
Kuva 3.9. Stockbridge-tyyppinen värinänvaimennin. (Elovaara ym. 2011b)

### **Vuorottelut**

Koska siirtojohtojen johtimet eivät ole sijoitettu kolmioon yhtä etäälle toisistaan, eri johtimien reaktanssit ja kapasitanssit poikkeavat toisistaan. Epäsymmetrian takia maassa ja ukkosjohtimissa kulkee epäsymmetriavirta, joka aiheuttaa muun muassa häiriötä galvanisesti toteutettuihin puhelinyhteyksiin. (Elovaara ym. 2011b)

Epäsyyntrian poistamiseksi johdoilla tehdään vuorotteluja, joissa vaiheiden paikkoja vaihdetaan. 110 kV linjalla vuorotteluja tehdään noin 10-15 kilometrin välein ja tavoitteena on että jokainen vaihejohdin on keskellä yhtä pitkän matkaa. Lyhyillä johdoilla vaiheet pyritään järjestelmään siten, että ne vähentävät muiden johtojen aiheuttamaa epäsymmetriaa.

Vuorottelu toteutetaan niin sanotuin vuorotteluketjuin. Vuorotteluketju on eristinketju, joka asennetaan johtimeen erottamaan sen eri puolet. Tällöin käyttämällä liittimiä ja johtimien pätkiä voidaan vaihtaa vaiheiden järjestys. Vuorottelu voidaan toteuttaa puolittaisena, jolloin 2 vaihdetta vaihtaa paikkansa tai kokonaisena, jolloin kaikki 3 vaihdetta vaihtaa paikkaansa. Kuvasta 3.10 voidaan johdinkaavion osa jossa esiintyy vuorottelu ennen pylvästä 349Y sekä puolivuorottelu pylvään 409Y jälkeen. Kuvasta 3.6 voidaan nähdä puolivuorottelu toteutettuna vasemmalla puolella.



Kuva 3.10. Vaihejärjestyskaavion osa.

### 3.2.5. Kaapelit

Voimakkaapelilla tarkoitetaan tehdasvalmisteista johtoa jonka vaipan sisällä on yksi tai useampi sähköenergian siirtoon tarkoitettu johdin. Nykyisissä kaapeleissa käytetään yleensä eristimenä muovia jopa 500 kV vaihtojännitteelle saakka. Aikaisemmin käytettiin paperieristystä. Ankariin olosuhteisiin tarkoitettut kaapelit armeerataan, eli ne päällystetään teräsnauhoin tai -langoiin. (Elovaara ym. 2011b)

Kaapeloinnin hyödyt koostuvat sen huomaamattomuudesta ja pienestä tilantarpeesta. Mutta kaapelointi siirtojännitetasoilla on hyvin kallista. (Molburd et al. 2004) Suomessa kaapelointia käytetään lähinnä tiheästi asutuilla alueilla tai sähköasemien läheisyydessä mahdollistamaan johtojärjestelyjä.

## 3.3. Sähkönsiirtojohtojen rakentaminen

Sähkönsiirtojohtoprojekti lähtee käyntiin projektin käynnistämisestä. Ennen ensimmäisen perustuksen asentamista on tehty useita viikkoja tai kuukausia suunnittelu-, hankinta- ja projektointityötä. Suunnittelu ottama aika riippuu erittäin paljon toteutettavasta

projektista. Työmaatukikohta täytyy perustaa ennen ensimmäisenkään materiaalin saapumista. Myös alihankkijat pitää sopia ennen töiden aloitusta. Yleensä alihankinnat ja materiaalit on kuitenkin kilpailutettu tarjousvaiheessa, joten niiden valinta käy yleensä kätevästi. Materiaalien toimitusajat ovat kuitenkin pitkiä, eikä kaikkia materiaaleja voida tilata ennen suunnittelun valmistumista. Kun projekti on saatu käynnistettyä ja materiaaleja työmaalle, voidaan aloittaa työt.

Sähkönsiirtolinjan rakentamisessa lähdetään liikkeelle elementtiperustusten asentamisesta paikoilleen ja valettavien perustusten valamisesta. Toinen vaihe on pylväiden kasaus pylväspaikoilla. Pylväät kasataan pylväspaikan perustustöiden valmistuttua. Pylväät pystytetään monesti limittäin pylväskasausten ollessa myös käynnissä erillisen työporukan toimesta. Kun uudet pylväät ovat pystyssä, on jäljellä johtimien vetäminen. Tämän jälkeen uusi johto-osa voidaan ottaa käyttöön ja siirtää projektin painopiste seuraavalle johto-osalle, jossa todennäköisesti ainakin perustustyöt ovat jo käynnissä. Tämä on vain eräs esimerkki voimajohdon rakentamisesta, rakentamisprojektit ovat aina yksilöllisiä.

Voimalinjan uusiminen tapahtuu samalla periaatteella. Perustustyöt voidaan monesti tehdä vanhan linjan ollessa jännitteinen ainakin useimmille paikoille. Myös pylväiden kasausvaiheessa vanha linja voi olla jännitteinen. Kolmannessa vaiheessa pudotetaan ja kerätään vanhan linjan johtimet sekä aloitetaan pylväiden purku. Kun alkuosa johtoa on purettu, voidaan alkaa nostaa uusia pylväitä pystyyn samalla kun vanhoja pylväitä puretaan. Pylväiden pystytyksen jälkeen tehdään johdintyöt. Kun johto-osa on saatu käyttöön, puretaan vanhat perustukset ja tehdään maisemoinnit.

### **3.3.1. Perustustyöt**

Voimajohdon asentaminen alkaa perustusten asentamisesta. Kuten mainittu kohdassa 3.2 käytetään harustetuilla pylväillä valmiita elementtiperustuksia. Vapaasti seisovien pylväiden perustukset valetaan paikan päällä.

Perustamistavat muulle kuin kalliolle ovat: maanvarainen perustaminen, paalutuksen päälle perustaminen ja massanvaihdolla tehtävä perustaminen. Maanvaraisessa perustamisessa kaivetaan perustukselle kuoppa ja perustus tehdään ohuen sorakerroksen päälle. Jos maan kantavuus ei riitä, voidaan huono maa aines kaivaa pois tai tehdä perustus paalujen päälle. Paalutuksessa käytetään puu- tai teräsbetonipaaluja. Paalujen päälle asennetaan betoninen paaluhattu jonka päälle itse perustus. Jos kantava maa aines löytyy pohjatutkimuksen mukaan vain vähän perustamissyvyyttä syvemmillä, voi-

daan perustus tehdä vaihtamalla huono maa-aines kantavaan maa-ainekseen suorittamalla massanvaihto. Massanvaihdon yhteydessä voidaan asentaa suodatinkangas tai rakentaa suojaseinät estämään vaihdetun maamassan sekoittumisen ympäröivään maamassaan. (EMP 2008a)

### **3.3.2. Pylväiden kasaussäilytys sekä varusteiden asennus**

Pylväiden kasaussäilytys tapahtuu pylväspaikoilla. Pylväsmateriaalit jaetaan ennen kasaussäilytystä pylväspaikoille, jolloin kasaussäilytyksen ei tarvitse käyttää aikaa tarvikkeiden siirtoihin. Teräsputkipylväiden ja puupylväiden kasaussäilytysryhmässä on kolme henkilöä ja osien siirtelyyn käytettävä kone, esimerkiksi kaivin- tai metsäkone. Vapaasti seisovien pylväiden kasaussäilytys tapahtuu yleensä kasaamalla pylväs nostopaikan viereen kokonaiseksi tai sopiviin osiin riippuen pylvään koosta. Vapaasti seisovien kasaussäilytysryhmässä on 2-3 henkilöä ja osien siirtelyyn tarvittava nostokone. (EMP 2008b) (EMP 2008d)

Ennen pylväiden pystytystä pylväisiin asennetaan johtopyörät jokaisen vaiheen eristinketjuihin kiinni. Ukkosjohtimien johtopyörät asennetaan ukkosulokkeisiin. Johtimet vedetään linjalle johtopyörä pitkin. Kun vetovälille on vedetty johtimet, johtimet siirretään ja kiinnitetään kannatuspidikkeisiin ja johtopyörät irrotetaan. (EMP 2013a)

### **3.3.3. Pylväiden pystytys**

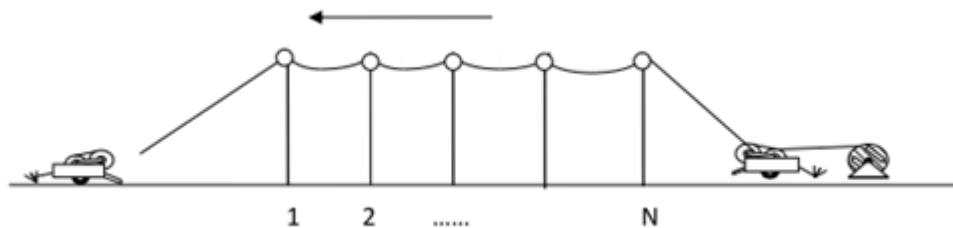
Harustettujen pylväiden pystytykseen on olemassa eritapoja. Yleisesti nykyään käytössä oleva tapa on vinssata pylväs pystyyn käyttämällä metsä-/kaivinkonetta johon on kiinnitetty hydraulikalla toimiva puomi. Tällöin pylväs on etukäteen kasattu perustusten kohdalle siten että se voidaan kiinnittää saranoilla perustukseen. Varmuuden vuoksi tarvitaan toinen kone ehkäisemään perustuksien lohkeamista. Perustuspilarit kiinnitetään esimerkiksi metsäkoneen runkoon vajereihin. Pylväs vinssataan pystyyn samalla vapauttaen vastakkaisen puolen haruksia kunnes se on suorassa. Nostoryhmään tarvitaan ainakin 4 henkilöä ja 2 konetta. (EMP 2008c)

Vapaasti seisovat pylväät nostetaan kokonaisena tai osissa valmiiksi valetun perustuksen päälle nosturilla. Lopuksi kiinnitetään turvatikkaat. Pystytyksessä tarvitaan ainakin 5 henkilöä ja 1 nosturi. Vapaasti seisova pylväs voidaan kasata myös suoraan pystyyn. Kasaussäilytys suoraan pystyyn on todella hidasta ja sitä käytetään vain erikoisissa olosuhteissa, esimerkiksi pylvään tullessa niin vaikeaan paikkaan ettei nosturia saada paikalle. Vapaasti seisovien pylväiden paikoille tehdään lähes aina tie betonin valua varten, joten nosturilla päästään yleensä paikalle. (EMP 2008e)

### 3.3.4. Johtimien veto

Voimajohdot rakennetaan yleensä kireänä veto-menetelmää käyttäen. Kantaverkkoa rakennettaessa sen käyttö on pakollista, alueverkkoyhtiöiden käytännöt vaihtelevat. Kireänä veto-menetelmä tarkoittaa sitä että vetäessä johtimia ne pidetään kireänä kelojen puolella olevalla koneella. Näin ne eivät kosketa maata tai mitään rakenteita. Jos johtimet vetäessä laahaavat maata, niihin tulee herkästi vaurioita. Katkenneet säikeet aiheuttavat epäjatkuvuuskohtia joissa esiintyy ehjää johdinta helpommin koronailmiötä. (Valli 2006)

Uutta voimajohtoa rakennettaessa kireänä veto-menetelmällä, vedetään ensin pilottiköydet. Pilottiköydet vedetään perinteisellä menetelmällä jossa köydet laahaavat maassa käyttäen esimerkiksi metsäkonetta. Asentajat nostavat pilottiköydet johtopyörille jokaisella tolpalla. Pilottiköysiä käyttäen vedetään paikalleen vetovaijerit. Johtimia uusittaessa voidaan käyttää vanhoja johtimia hyväksi. Niiden kunnosta ja uusien johtojen massasta riippuen niitä voidaan käyttää pilottiköysinä tai vetovaijereina. (Valli 2006)



Kuva 3.11. Kuvaus johtimien vedosta kireänä vetona. (EMP 2013a)

Kun vetovaijerit on saatu paikalleen, tapahtuu itse johtimien veto. Johtimet vedetään vetovälille vetokoneella, joka nähdään kuvassa 3.11 vasemmalla. Kelan päässä johdin kulkee jarrukoneen kautta, mikä jarruttaa johtimen vetoa ja näin pitää johtimen tai johtimet riittävän kieränä. Jarrukone ja kela löytyvät kuvasta oikealta. Vetokoneelta vetovaijeri palautetaan vetovälin alkuun pilottikoneella tai kelataan kelalle vetovaijerin kelauskoneella. Johdinnipun kaikki johtimet vedetään kerralla, tällöin käytetään vakauttavaa vetolaitetta, joka estää kiertymisen. (Valli 2006)

Kun johtimet on vedetty vetovälille ja kireys säädetty vetolaitteella, ne ankkuroidaan kiinni maahan. Sitten johtimet voidaan katkaista ja siirtyä vetämään seuraavaa vetoväliä. Jos kyseessä ei ole kiristyspaikka, jatketaan johtimet käyttäen räjäytettäviä jatkoksia ja kiristetään veto-osuuden loppuun vetolaitteella. Jos kyseisessä sijainnissa on kiristyspylväs, asetetaan riippuvuus ja kireys määritettyyn arvoon ja merkataan paikka johtimeen. Johdin löysätään, asennetaan kiristyspäätte merkattuun kohtaan sekä asennetaan johtimen pää kiristyspäätteineen orren U-pulttiin. (EMP 2013a)

Johtimen vedossa tarvittava työryhmän koko on 110 kV siirtoverkon projekteissa noin kuusi asentajaa ja kaksi konekuskia. Myös työmaapäällikkö yleensä osallistuu johtimen vetoon. Lisäksi saatetaan tarvita ylimääräisiä henkilöitä vartioimaan isoja ylityksiä, kuten valtateitä, jos sellaisia veto-osuudelta löytyy.

Kustannuslaskennan kannalta johtimen veto on hankalahko osa-alue. Että päästään hyvään lopputulokseen täytyy ottaa monia asioita huomioon kuten:

- vuodenaika
- maasto-olosuhteet kuten järvet ja joet
- ympäristö (kaupunkialue, metsä, maaseutu)
- vetopaikat ja koneiden niille pääsy
- risteävien rakenteiden ylitykset ja niiden tyyppi sekä määrä (kuten tiet, rautatiet, sähköjohdot)

### ***Ylitysten tekeminen***

Ylityksillä tarkoitetaan teitä, rautateitä, vesistöjä, muita sähköjohtoja sekä muita esteitä tai rakenteita joiden yli johtimet kulkevat. Ylityskohta suojataan rakenteilla, etteivät johtimet pääse vetovaiheessa putoamaan suojattavan kohteen päälle esimerkiksi pilottivaijerin irrotessa johtimesta. Usein suojauksessa käytetään siirrettäviä betonielementtejä, puupylväitä ja vaakaorsia pylväiden päissä. Mahdollisesti voidaan asentaa vielä verkkoorsien välille. Suojaus voidaan myös tehdä käyttämällä nostureita, jolloin vältetään kiinteiden rakenteiden tekemiseltä. (EMP 2013a)

Suojausten rakentamisen hinta riippuu hyvin paljon rakennettavasta seudusta. Jos rakenteet sijaitsevat metsissä tai pelloilla taajama-alueiden ulkopuolella, suojattavat kohteet ovat lähinnä hiekka- tai metsäautoteitä ja pienjännitejohtoja. Ylitysten tekeminen tulee tällöin suhteellisen edulliseksi. Jos rakennetaan lähelle taajama-alueita tai ylitetään moottori- tai rautateitä, kustannukset lisääntyvät huomattavasti.

### ***Välisiteiden ja värinänvaimentimien asennus***

Käytettäessä osajohtimia ne kiinnitetään toisiinsa välisiteillä. Välisiteiden asennus tapahtuu johtimien vedon ja sitomisen jälkeen. Välisiteiden asennus tapahtuu yleensä henkilökorista, joka rullaa johtimien varassa. Välisiteet asennetaan määrätyn välein, 110 kV verkossa noin 4-5 kappaletta pylväsväliin. 400 kilovoltin järjestelmässä välisiteitä asennetaan noin 5-6 kappaletta pylväsväliin. Välisiteiden tiheyden määrää välisiteiden valmistajan ohjeistus.

Värinävaimentimet asennetaan yleensä lähelle pylvästä pylvään molemmin puolin. Värinävaimentimien asentaminen tehdään yleensä samalla kuin johtimen sitominen, eli kun johtimet siirretään vetopyöriltä eristinketjujen kannatusvarusteisiin. (EMP 2013a)

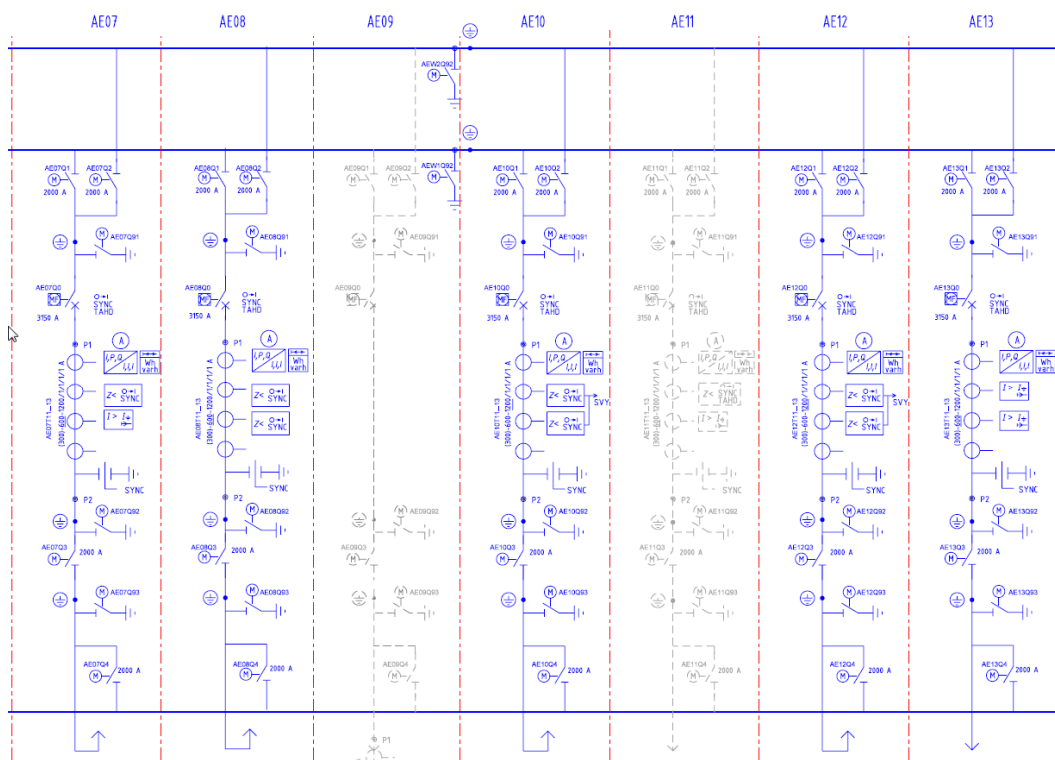


## 4. Sähköasemat

”Sähköasemalla tarkoitetaan sähköenergian siirto- tai jakeluverkon kohtaa, jossa voidaan suorittaa kytkentöjä, jännitteen muuntamista tai sähköenergian siirron keskittämistä tai jakoa eri johdoille.” (Elovaara ym. 2007) Tässä kappaleessa käsitellään sähköasemien materiaaleja sekä sähköasemaprojektin toteutusta.

Sähköaseman rakenteen määrittää sen käyttötarkoitus: onko sen tehtävänä jakaa sähköä, toimiiko se voimalan liitosasemana vai toimiiko se verkon kytkentä- tai muuntoasemana. Aseman rakenteeseen vaikuttaa myös sen sijainnin tärkeys, tärkeiden solmukohtien asemien laitteistot voidaan rakentaa moninkertaisena. (Elovaara ym. 2011b)

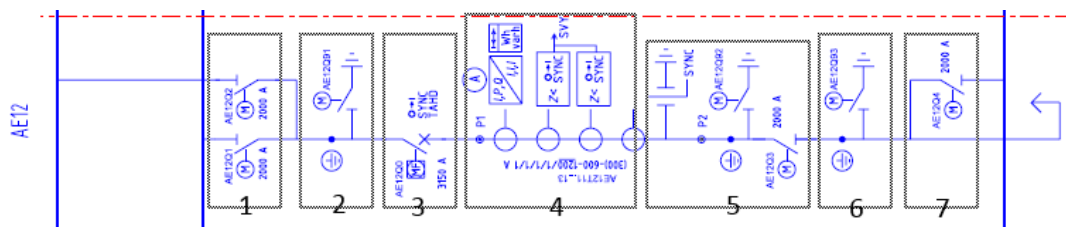
Vanhan käytössä olevan sähköaseman uusiminen on vaikeaa sekä suunnittelun, tarjoamisen ja rakentamisen kannalta, jos sen käyttöä ei voida keskeyttää. Käyttötilanteita muuttamalla uudistaminen voidaan kuitenkin toteuttaa. Uusiminen voidaan toteuttaa myös rakentamalla lähistölle uusi sähköasema ja poistaa vanha käytöstä uuden valmistuttua.



Kuva 4.1. Osa sähköaseman pääkaaviosta.

Kuvassa 4.1 nähdään kytkinaseman pääkaavio. Pääkaaviosta voidaan nähdä asemalle laitteet ja niiden sijoitukset. Seuraavassa kuvassa 4.2 on siitä tarkennettuna kenttä

AE12. Kuvista voidaan nähdä, että sähköaseman kiskojärjestelmä on kaksoiskisko-apu-kiskojärjestelmä. Kaksoiskiskot ovat kuvassa ylhäällä ja apukisko alhaalla. Kentät AE09 ja AE11 on piirretty katkoviivoin, nämä ovat varauksia ja niitä ei rakenneta heti.



Kuva 4.2. Sähköaseman yksi kenttä.

Kuvasta 4.2 nähdään yksi kenttä tarkemmin. Siitä voidaan nähdä kyseisen kentän laitteistot. Vasemmassa reunasta löytyy kokoojakiskot. Seuraavana ovat kiskoerottimet molemmille kiskoille kohdassa yksi. Kohdasta kaksi löytyy maadoituserotin. Kohdassa kolme on katkaisija. Kohdassa neljä on mittamuuntajat, sekä jännite- että virtamittamuuntajat. Kohdasta 5 löytyy johtoerotin jonka molemmin puolin löytyvät maadoituserottimet. Kohdasta kuusi löytyy toinen maadoituserotin ja kohdasta seitsemän kiskoerotin apukiskolle.

#### 4.1. Suunnittelu

Sähköasemien suunnittelu voidaan voimajohtojen tapaan jakaa esi- ja yleissuunnitteluun sekä rakennesuunnitteluun. Sähköasemien suunnittelua ohjaa standardi SFS 6001, joka sisältää ohjeistukset esimerkiksi jännitteisten osien vähimmäisetäisyyksille, erilaisille turvatoimenpiteille ja -etäisyyksille, maadoitusjärjestelmän vaatimuksille sekä apu- ja ohjausjärjestelmien vaatimuksille. (Elovaara ym. 2011b)

Sähköasemien suunnittelu on monimutkainen prosessi. Suunnittelu lähtee liikkeelle alueellisesta tarpeesta voimansiirron kapasiteetin, luotettavuuden tai muun syyn parantamisen takia. Suunnittelua ohjaavat esimerkiksi seuraavat syyt:

- aseman välittämän tehon tarve
- sijainti, ympäristö ja maisemanäkökohdat
- aseman tarpeen ajankohta
- taloudellisuus

##### 4.1.1. Esi- ja yleissuunnittelu

Sähköaseman esisuunnittelu lähtee tarpeesta saada lisäarvoa verkkoon määriteltyyn paikkaan. Suunnittelun käynnistämiseen ohjaavia syitä on lueteltu kohdassa 4.1. Esi-suunnittelu on lähinnä sähköistä suunnittelua jonka tuottaa tilaaja itse.

Esisuunnittelun valmistuttua ja haluttaessa jatkaa sähköaseman toteutusta, verkon omistaja voi tuottaa sähköaseman yleissuunnittelun itse tai vaihtoehtoisesti tilata sen suunnitelmia tuottavalta toimittajalta. Tulevan sähköaseman pääpiirteet suunnitellaan yleissuunnitteluvaiheessa. Suunnittelussa tuotetaan tarjouskyselyyn suorittamiseen tarvittavat materiaalit. Yleissuunnitteluvaiheessa tuotettaviin materiaaleihin kuuluu esimerkiksi:

- sijaintikartat
- maanrakennussuunnitelmat
- yleiskaavio, pääkaavio ja leikkauskuvat
- mahdolliset työ- ja keskeytysvaihejärjestykset
- muut sähköaseman toteutukseen liittyvät järjestelyt, esimerkiksi voimajohtoihin tai voimajohtokaapelointeihin liittyvät suunnitelmat
- mahdollisia lisädokumentaatioita kuten kameravalvontajärjestelmän suunnitelmat tai kulunvalvontasuunnitelmat

Yleissuunnitteluaineiston perusteella voidaan suorittaa sähköaseman rakentamisen kilpailutus. Lisäksi tarvitaan tilaajan tuottama kaupallinen osuus eli esimerkiksi tarjouspyyntö ja sopimusluonnos sekä tekniset spesifikaatiot. Lopulliset yleissuunnittelumateriaalit koostuvat pääsääntöisesti seuraavista materiaaleista:

- Hankekuvaus, sisältää yhteenvedon hankkeesta
- Kaupalliset tiedot – taloudelliset ehdot, sopimusluonnos ja täytettävät hintalomakkeet (tilaajalta)
- Kartat ja sijoituspiirros – tiedot sijainnista ja aseman kojeistojen sijoituksista
- Yleiskaavio
- Tekniset speksit (tilaajalta)

#### **4.1.2. Sähköasemaprojektin sähköinen suunnittelu**

Sähköasemien rakennusprojekteihin sisältyy merkittävä määrä sekä pääpiiri- että toisiosuunnittelua. Pääpiirisuunnittelun pääperiaatteet on lyöty yleensä lukkoon jo yleissuunnitteluvaiheessa. Tarvittavat pääpiirilaitteet on määritelty tarjouspyyntöaineistossa, tarjoajat määrittelevät tarjouksissaan käytettävien laitteiden valmistajat ja mallit. Projektin toteuttamisvaiheessa suunnitellaan muun muassa seuraavia asioita:

- tarkennetaan sähköaseman aluepiirustukset
- tarkennetaan käytettävät laitteet ja suunnitellaan niiden tarvitsemat rakenteet
- maadoitussuunnitelmat
- ukkossuojaussuunnitelmat

- leikkauskuvat

Toisiosuunnittelua sisältyy myös huomattavasti. Käytettäviä toisiolaitetuotteita ja niiden valmistajia ei yleensä ehdoteta vielä tarjousvaiheessa vaan niihin voidaan vielä vaikuttaa projektia käynnistettäessä. Projektia käynnistettäessä ja projektin aikana tarvittavaa toisiosuunnittelua seuraavassa listassa:

- pää- ja piirikaaviot
- signaalilistat
- lukitus- ja suojauskaaviot
- tietoliikennekaaviot
- jakokaappi-, relekaappi ja keskussuunnitelmat

Sähköistä suunnittelua tarvitaan myös apusähköjärjestelmissä. Apusähköjärjestelmistä tuotetaan muun muassa keskuskuvat ja -kaaviot, akusto- ja varaajasuunnitelmat sekä apusähkökaapelointisuunnitelmat.

#### **4.1.3. Rakennesuunnittelu**

Rakennesuunnittelulla tarkoitetaan rakenteiden suunnittelua sähköasemien laitteille. Rakennesuunnittelua voidaan ajatella tukitoiminta itse päätavoitteelle, eli sähköaseman sähköiselle toimivuudelle. Rakennesuunnittelu kuuluu pääsääntöisesti kokonaisuudessaan KVR-toimitukseen. Joissain tilanteissa tilaaja saattaa vastata itse tai kilpailuttaa erillisesti osan rakennesuunnittelusta, esimerkiksi päämuuntajan perustusrakenteet.

Sähköaseman rakennesuunnitteluun sisältyy erilaisten laitteiden tukirakenteiden ja niiden perustusten suunnittelu tilaajan spesifikaatioiden mukaisesti. Suunniteltavia rakenteita ovat yleensä portaalirakenteet, johtimien- ja laitteiden tukirakenteet, kaapelointireitit ja niiden rakenteet sekä öljynerotusrakenteet. Mahdollisesti myös maanrakennussuunnittelu kuuluu toimittajan suunnitteluun, siihen sisältyy esimerkiksi kenttien ja huoltoteiden maanrakennekerroksien suunnittelu ja rakennekerroksien salaojitukset. Myös valvomorakennuksen suunnittelu spesifikaatioiden mukaiseksi kuuluu toimitukseen.

#### **4.2. Kojeet, tarvikkeet ja rakenteet**

Sähköasemilla tarvitaan useita erilaisia kojeita joita käytetään eritarkoituksiin. Verkon ohjaukseen ja suojaukseen tarvitaan omat laitteensa. Ohjaus- ja suojalaitteiden ohjaukseen ja valvontaan taas tarvitaan erilaisia viestiyhteyksiä ja laitteita. Kojeistolla käsitellään kokonaisuus joka sisältää tarvittavat kytkentä-, suojaus-, ohjaus- ja valvontalaitteet. Jokainen koje on siis yksi kojeiston osa.

Kojeita voidaan jakaa kahteen ryhmään, primääripiirin (pääpiiri, ensiöpiiri) kojeisiin ja sekundaaripiirin (toisiopiiri) kojeisiin. Pääpiirin kojeet ovat osa voimansiirtoverkkoa, kuten esimerkiksi muuntajat tai katkaisijat. Toisiopiirin kojeet ovat muita laitteita, kuten suojaus- ja ohjauspiirit tai apusähköjärjestelmät.

Kytkinlaitteet ovat pääpiirin kojeita joiden tehtävä on tarvittaessa muuttaa verkon topologiaa, erottaa viallinen verkon osa ja tarvittaessa toimia verkon eri kohtien erotuksena. Tärkeimmät kytkinlaitteet suurvoiman siirrossa ovat katkaisijat, erottimet, kytkimet ja kuormanerottimet. (Elovaara ym. 2011b)

Suojaukseen käytettäviä toisiopiirin kojeita ovat releet, mittamuuntajat, katkaisijat, apuenergiälähteet, erilaiset keskuskeskukset ja tiedonsiirtoyhteydet. Nämä kojeet sijoitetaan yleensä sähköasemien yhteyteen. Riippuen tilaajan käytännöistä, suojalaitteiden toimitus saattaa kuulua sähköaseman kokonaistoimitukseen.

#### **4.2.1. Pääpiirin laitteet**

Pääpiirin eli ensiö- tai primääripiirin laitteet ovat osa sähkönsiirtoverkkoa. Niiden pääjännite on siis 110–400 kV. Tässä kappaleessa esitellään tärkeimpiä pääpiiriin kojeita.

##### ***Kokoojakiskojärjestelmä***

Kokoojakiskot ovat sähköasemilla olevia rakenteita, joita käytetään energian jakamiseen mahdollisimman tarkoituksen mukaisella tavalla. Kokoojakiskosta käytetään nimitystä pääkisko kun siihen liitytään katkaisijalla ja apukisko kun liityntä tapahtuu pelkästään erottimella. Myös kiskoton järjestelmä on mahdollinen esimerkiksi johdon pääteasemalla jossa on vain yksi muuntaja. (Elovaara ym. 2007)

Ulkokytkinlaitoksilla kokoojakiskot voidaan rakentaa köysi- tai putkikiskostoina. Putkikiskosten useiden hyvien puolien vuoksi nykyään käytetään lähes yksinomaan niitä. Sisäkytkinlaitoksissa kiskot rakennetaan tavallisesti lattakiskosta, U-kiskosta tai putkista. (Elovaara ym. 2011b)

Kokoojakiskojärjestelmiä on monia erityyppisiä. Päätyyppeinä voidaan ajatella olevan kiskoton järjestelmä, yksikiskojärjestelmä, kaksoiskiskojärjestelmä ja kaksoiskisko-apukiskojärjestelmä. Eri järjestelmät mahdollistavat erilaisia asioita – erilaisten kytkentämahdollisuuksien aikaansaaminen, luotettavuustason nostaminen tai huoltotoimenpiteiden mahdollistaminen sähkön siirron häiriintymättä.

Erilaiset kiskojärjestelmät vaativat samalla erilaiset määrät kojeita. Kojoiden lisääminen tietysti nostaa sähköaseman hintaa. Eri kohteisiin on harkittava tarkkaan paras sähköaseman kokoonpano ja kojeiden sijoitukset. Kojoiden sijoituksilla pystytään pienentämään niiden määrää, tosin samalla rajoitetaan sähköaseman käytettävyyttä ja lisätään kiskovian haittoja. (Elovaara ym. 2011b)

### ***Katkaisijat***

Katkaisija on koje jota käytetään virtapiirin avaamiseen tai sulkemiseen. Ne voivat toimia automaattisesti tai käsinohjauksesta. Tavallisin toiminta on katkaisijan avautuminen maa- tai oikosulkutilanteessa ylivirran vaikutuksesta. Tämän jälkeen sulkeutuminen voi tapahtua automaattisesti jälleenkytkentäreleistyksen käynnistämänä. (Elovaara ym. 2007)

Katkaisija pystyy vaurioitumatta sekä avaamaan että sulkemaan oikosulkupiirin, eli piirin jossa virta on moninkertainen katkaisijan nimellisvirtaan verrattuna. Kytkin ei tähän pysty, se pystyy katkaisemaan vain nimellisvirtansa. (Mörsky 1992) (Elovaara ym. 2007)

### ***Erottimet***

Erottimen tehtävänä on muodostaa turvallinen väli erotettavan virtapiirin ja muun laitoksen välille tai saada laitoksen osa jännitteettömäksi esimerkiksi työskentelyä varten. Turvallisuuteen liittyvien tehtäviensä vuoksi erottimen avausvälin on oltava erittäin luotettava ja avausvälin on oltava näkyvä tai siinä on oltava luotettava mekaaninen asennon osoitin. (Elovaara ym. 2011b)

Erottimia ei ole tarkoitettu kuormitetun virtapiirin avaamiseen tai sulkemiseen, eikä erottimilta kuormitusvirran katkaisu- tai sulkemiskykyä. Käytännössä erottimen sulkemiskyky on nopeasti ohjattuna muutaman ampeerin luokkaa. Katkaisupiiskalla varustettuna katkaisukyky voi nousta 15-25 ampeeriin. Turvallisuussyistä vaaditaan, että erotin pystytään lukitsemaan sekä auki että kiinni asentoihin. (Elovaara ym. 2011b)

### ***Erottavat katkaisijat***

Yleistymään päin ovat niin sanotut erottavat katkaisijat. Nämä ovat katkaisijoita, jotka täyttävät erottimille määrätyt avausväli vaatimukset. Huonona puolena on että erottavat katkaisijat voivat aiheuttaa tarpeen jännitetyölle katkaisijahuollon yhteydessä. Kun erottimia ei ole käytettävissä, katkaisija on näkyvästi erotettava irrottamalla jompit. Tarvetta jännitetyölle ei kuitenkaan välttämättä muodostu jos asema on duplex-rakenteinen. Tällöin tarvittava sähköaseman kisko saadaan jännitteettömäksi työn suorittamisen ajaksi tai siksi aikaa että laite saadaan erotetuksi kiskosta.

### ***Muuntajat***

Muuntaja on laite joka muuntaa, ja usein myös säätää, jännitteitä vaihtosähköjärjestelmässä kahden tai useamman käämityksen välillä sähkömagneettista induktiota hyväksi käyttäen. Erikoisrakenteinen muuntaja voi myös toimia kahden saman jännitteisen verkon välillä, jolloin se jännitteen vaihekulmaa muuntamalla säätää eri verkko-osien tehonjakoa. Muuntajissa käytetään eristämiseen paperia ja prespaania. Myös muuntajaöljy on eriste, mutta sen tehtävänä on myös lämmön siirto muuntaja-astian pintaan käämistä ja rautasydäimestä. (Elovaara ym. 2011b)

Useasti muuntajan hankinta ei kuulu sähköasemien rakennushankkeiden sisältöön ja aseman tilaaja hankkii sen itse. Kuitenkin poikkeuksiakin löytyy, joskus muuntajan toimitus sisältyy projektiin. Muuntaja on pääsääntöisesti sähköaseman kallein yksittäinen laite.

### ***Kompensointilaitteet***

Loistehotasapainon säilyttämiseen voimansiirtoverkoissa käytetään kompensointilaitteita. Erilaisia kompensointilaitteita ovat rinnakkaiskuristimet, rinnakkaiskondensaattorit ja sarjakondensaattorit. Näitä käytetään eritavoin loistehon kompensointiin ja ne voidaan sijoittaa sähköasemien yhteyteen. (Elovaara ym. 2011b)

Reaktoreita, eli rinnakkaiskuristimia, käytetään 400 kV johtojen kehittämän ylimääräinen loistehon kompensointiin pienen kuorman aikana. Reaktorit on Suomessa kytketty 400/110/21 kV:n muuntajien tertiäärikäämeihin. Reaktorien takia 400 kV johtoja ei tarvitse kytkeä irti verkosta pienen kuorman aikana. (Elovaara ym. 2011b)

Rinnakkaiskondensaattoriparistoja käytetään loistehon tuotantoon. Ne on kytketty 110 kV verkossa mahdollisimman lähelle loistehon kulutusta. Sarjakondensaattorit ovat kytketty pitkiin 400 kV johtoihin. Näin on saatu kasvatettua pitkien siirtojohtojen kapasiteettia ilman voimajohtoinvestointeja. (Elovaara ym. 2011b)

#### **4.2.2. Toisiopiirin laitteet**

Toisio- eli sekundaaripiirin laitteet eivät ole osa sähkönsiirtoverkkoa. Toisiopiirin laitteita käytetään esimerkiksi ensiöpiirin laitteiden ohjaamiseen. Tässä kappaleessa esitellään tärkeimpiä toisiopiiriin kojeita.

### ***Mittamuuntajat***

Mittamuuntajat ovat joko virran tai jännitteen mittaukseen tarkoitettuja erikoisrakenteisia muuntajia. Ne erottavat mittauspiirin galvaanisesti suurjännitteisestä virtapiiristä, muuttavat mitta-alan ja suojelevat mittareita ylikuormitukselta. Ne myös mahdollistavat mittareiden sijoittamisen kauas mittauspaikasta. (Elovaara ym. 2011b)

Mittamuuntajien on näytettävä mittaaman virta tai jännite mahdollisimman virheettömästi laitteen normaalilla kuormitusalueella. Virtamuuntajat sijoitetaan yleensä sähköasemilla lähdöille katkaisijan ja johtoerotimen väliin. Jännitemuuntajat sijoitetaan tavallisesti vain kiskoille. Uudemmissa sähköasemissa virtamuuntajat voidaan sijoittaa myös katkaisijalta katsoen myös kiskon puolelle. Laajoissa avorakenteissa sähköasemissa sekä jännite- että virtamittamuuntajat voidaan sijoittaa katkaisijan ja johtoerotimen väliin kuten kuvassa 4.2. (Elovaara ym. 2011b)

### ***Suojareleet***

Suojareleet ovat osa sähköverkon laitteiden suojausjärjestelmää. Releet liittyvät pääpiirikomponentteihin yleensä mittamuuntajien kautta. Hyvin toteutettu relesuojausjärjestelmä toimii selektiivisesti ja nopeasti. Se on myös aukoton, luotettava, riittävän herkkä ja toimii myös poikkeuksellisissa käyttötilanteissa. (Mörsky 1992)

Suojareleet havahtuvat, toimivat sekä palautuvat seuraamiensa suureiden muutoksien perusteella. Rele ei tee mitään kun seurattavat arvot ovat sille annettujen määrityksen sisäpuolella. Kun määritetty arvo ohitetaan, rele havahtuu ja toiminta-ajan jälkeen toimii, eli esimerkiksi antaa laukaisukäskyn katkaisijalle. Rele palautuu, jos seurattava arvo palautuu määrityksen sisäpuolelle. (Mörsky 1992)

Releitä ovat esimerkiksi ylivirtarele ja distanssirele. Ylivirtarele toimii, kun virta ylittää sille määritetyn asetteluarvon, mutta se ei havaitse virran suuntaa. Ylivirtarelettä käytetään yleensä säteittäisellä johdolla silloin kun pienin vikavirta on suurinta kuormitusvirtaa suurempi tai silmukoidun verkon varasuojana. Distanssireleitä käytetään silmukoidun verkon suojana, koska niillä pystytään havainnoimaan virran suunta. Silmukoidussa verkossa vikavirta voi tulla eri suunnista ja pienin vikavirta on usein pienempi kuin suurin kuormitusvirta. Rele pystyy päättelemään vian suunnan virran ja jännitteen vaiheensiirtokulman avulla ja toimii jos vika on sille määritetyllä suoja-alueella. Muita sähköasemille sijoitettavia releitä ovat esimerkiksi nollavirtareleet, differentiaalireleet, ali- ja ylijännitereleet ja taajuusreleet. (Elovaara ym. 2011b)



### ***Apuenergianlähteet***

Apuenergianlähteitä tarvitaan tyydyttämään aseman toiminnan kannalta tärkeiden laitteiden sähkön tarve vikatilanteiden aikana. Apuenergialla voidaan ohjata esimerkiksi katkaisijoita auki ja kiinni. Ensisijaisena apuenergianlähteenä käytetään pääsääntöisesti akustoa ja apuenergiajärjestelmän laitteet toimivat tasasähköllä. Akusto yleinen sijoituspaikka on valvomorakennuksessa. Akustolla ei voida sähköasemaa pitää toimintakykyisenä kuin tunteja tai maksimissaan päiviä. Tämän jälkeen tarvitaan muita sähkön lähteitä kuten paikalle tuotavia aggregaatteja.

#### **4.2.3. Muut rakenteet ja järjestelmät**

Muita sähköasemiin liittyviä rakenteita ja tarvikkeita, jotka usein sisältyvät KVR-toimitukseen on esimerkiksi:

- Sähköasemaa ympäröivät aidat
- Salaojitukset
- Asemarakennusten vesi- ja viemärirakenteet
- Muuntajien öljynerotusjärjestelmä
- Maadoitukset kojeille ja aidoille
- Ukkosmastot
- Toisiojärjestelmän johdotukset
- Palo-, rikosilmoitus-, kulunvalvonta- ja kameravalvontajärjestelmät

### **4.3. Sähköaseman rakentaminen**

Sähkönasemaprojekti lähtee käyntiin, samoin kuin siirtojohtoprojektikin, projektin käynnistämällä. Ennen työmaatoimintojen käynnistymistä tehdään suunnittelu-, hankinta- ja projektointityötä. Alihankkijoita ja materiaalityöntekijöitä pitää sopia ennen töiden aloitusta. Osa alihankinnoista ja materiaaleista on kilpailutettu tarjousvaiheessa, joten niiden valinta käy yleensä kätevästi. Materiaalien toimitusajat ovat pitkiä, esimerkiksi erottimissa noin puoli vuotta, joten tilaukset täytyy tehdä ajoissa. Kun projekti on saatu käynnistettyä ja materiaaleja työmaalle, voidaan työmaatoiminnot käynnistää.

#### **4.3.1. Maan- ja betonirakennustyöt**

Maanrakennustöiden toteutukseen on periaatteessa kaksi tapaa; joko tilaaja tilaa maanrakennustyöt erillisenä urakkana etukäteen tai ne sisällytetään sähköaseman toimituksen KVR-urakkaan. Yleisempi tapa toteuttaa sähköaseman rakentaminen on toistaiseksi ollut jälkimmäinen tapa.

Perinteisellä tavalla rakennettaessa, aloitetaan maanrakennustöillä. Maata poistetaan suunnitelmien mukaiset määrät ja tehdään tarvittavat murske- ja sorapedit. Tarvittaessa

pehmeää maata joudutaan myös paaluttamaan. Jos tilaaja on itse toteuttanut maanrakennustyöt, alkaa sähköaseman rakennusprojektiin työt työmaalla perustustöillä.

Betoni- eli perustustyöt sisältyvät aina sähköaseman toteutusurakkaan. Kaikki pääpiirin kojeet vaativat perustukset. Laiteperustuksina käytetään yleensä tehdasvalmisteisia teräsbetonielementtejä. Joissain tapauksissa laiteperustuksetkin on valettu paikan päällä jos tämä tapa on todettu kustannustehokkaammaksi. Suuret perustukset tehdään paikalla valuna, kuten portaalipylväiden tai ukkosmastojen perustukset. Myös muuntajaperustus valetaan paikan päällä. Mahdolliset muuntajan suojaseinät voidaan toteuttaa elementteinä tai paikalla valuna. Valvomorakennuksen perustukset ja lattiat toteutetaan myös usein valamalla. Käytettävät työmenetelmät on mietittävä hankekohtaisesti, millä tavalla mikäkin perustus olisi kustannustehokkainta toteuttaa.

Betonikourut, joihin sähköaseman johdotukset pääosin asennetaan, tehdään valamalla tai käytetään valmiita elementtejä. Kuvasta 4.3 voidaan nähdä sähköaseman perustuksia valmiina ja kuvan 4.4 vasemmasta reunasta betonista johtokourua jossa johdotuksia tehtynä. Johtokouruilta kojeelle menevä johto-osa asennetaan putkiin. Putket asennetaan perustuksien asennus- tai valuvaiheessa ennen perustuskuoppien täyttöjä. Kun putkitukset asennetaan, tehdään tarvittavat maadoitukset samalla.

Maanrakennus- ja perustustyöt vastaavat merkittävästä osasta sähköasemien kustannuksia. Kuvasta 5.6 voidaan nähdä, että kyseisessä esimerkissä sähköaseman maa- ja perustustöiden kustannukset olivat yhteensä 45 % sähköasematoimituksen kustannuksista.



Kuva 4.3. Sähköaseman portaalien ja kojeistojen perustuksia valmiina ankkuripultteineen.

### **4.3.2. Teline- ja portaali ja johdintyöt**

Kun maanrakennus- ja perustustyöt on saatu tehtyä riittävän pitkälle, jatkuu rakentaminen sähköasemakentällä teline- ja portaalikasauksin. Kasaukset suoritetaan paikan päällä lähellä asennuskohtaa. Yksittäiset telineet kasataan yleensä kokonaiseksi ja nostetaan kerralla pystyyn. Isommissa rakenteissa, kuten portaaleissa tai useamman kojeen telineissä kasaus suoritetaan osiin ja osat yhdistetään toisiinsa nostovaiheessa. Kuvan 4.4 oikeasta yläkulmasta voidaan nähdä portaalin pystyosuuksien nostoja. Portaalin vaa-kaosuudet kiinnitetään pystyosuuksien nostojen jälkeen.

Samanaikaisesti teline- ja portaalitöiden kanssa tehdään erottimien ja katkaisijoiden kasauksia. Nostojen ja kojekasauksien valmistuttua tehdään kojeiden asentamiset. On suotavaa että mahdollisimman paljon nostoja on suoritettu ennen kojeiden asentamisia, etteivät arvokkaat laitteet vaurioitu nostojen aikana. Samanaikaisesti kojeiden asentamisen kanssa voidaan suorittaa tukieristimien ja kiskostojen asennuksia.

Kun portaalitöitä, sekä kojeiden asennustyöt sekä testaukset on tehty, voidaan aloittaa johtimien kääntäminen asemalle. Usein asemien ukkossuojausjohtimien asentamiset kannattaa tehdä ennen johdintöiden aloittamista, etteivät johtimet ole tiellä ukkosjohtimia asennettaessa. Johtimien käännöistä ja käyttöönotosta tehdään tarkat aikataulut ja suunnitelmat missä järjestyksessä ja millä aikataululla johdintöitä suoritetaan. Johdintöistä ja johdinmateriaaleista on kerrottu tarkemmin kappaleessa 3. Mahdolliset suurjännitemaakaapeleiden käyttöönotot tehdään myös tässä vaiheessa.

### **4.3.3. Valvomorakennus, releasennukset ja kaapeloinnit**

Samanaikaisesti muiden perustustöiden aikaan, kunhan valvomorakennuksen perustustyöt ovat valmistuneet, alkaa itse valvomorakennuksen rakentaminen. Valvomorakennus koostuu yleensä rele- ja apusähköhuoneesta, akkuhuoneesta, WC:stä ja eteistilasta. Vaikka käytetään nimitystä valvomorakennus, ei sähköasemien yhteydessä enää paikallista valvomoa ole, vaan niitä valvotaan keskitetysti etäyhteyksin. Valvomorakennuksesta voidaan vikatilanteissa hoitaa sähköaseman toimintaa, suurien sähkökatkosten aikana sähköasemat miehitetään kantaverkkoyhtiön suunnitelmien mukaisesti.

Kaapelinvetotyöt asemarakennukselta kojeille tapahtuvat seuraavassa vaiheessa tai samanaikaisesti telinekasauksien ja -nostojen kanssa. Kaapelit vedetään valvomorakennuksen relehuoneesta kaapelihyllyjä, kaapelikouruja ja putkituksia pitkin kojeille.

Relekaappien kasauksia ja koestuksia voidaan alkaa tekemään sitä mukaa kun materiaalityöt saapuvat. Valvomorakennuksen rakentamisen ollessa riittävän pitkällä,

sekä relekaappien kasausten ja koestuksien valmistuttua relekaapit toimitetaan työmaalle. Relekaappien kytkentä voidaan aloittaa samalla kuin valvomorakennuksen muita töitä viimeistellään. Kuitenkin kaapelinvetotyöt kojeille on tehtävä ennen relekaappien kytkentöjä. Tarvittavia toisilaitteita ja järjestelmiä on kuvattu kohdassa 4.2.2. ja 4.2.3.



Kuva 4.4. Sähköaseman rakentamisen eri työvaiheita.

Kuvassa 4.4 voidaan vasemmalla nähdä johtokourua, jossa osa kojeille menevistä johdotuksista valmiina. Taustalta voidaan nähdä telineitä ja osa portaalia, kokoojakiskoja ei ole kuvassa vielä asennettu. Kuvan oikeasta yläkulmasta nähdään portaalin pystytämisen pystyttämistä. Oikealla alhaalta löytyy johdotusten toinen pää valvomorakennuksen relehuoneessa.

Sähköaseman valmistuttua fyysisesti, on tehtävänä vielä lopputyöt. Sähköasematoimintaan voi sisältyä muun muassa suojausten mittauksia ja testauksia, toiminnallisia koestuksia, vasta-aseilla tehtäviä töitä sekä käyttöhenkilökunnan koulutuksia. Kun nämäkin on tehty, voidaan sähköasema lopullisesti luovuttaa asiakkaalle.

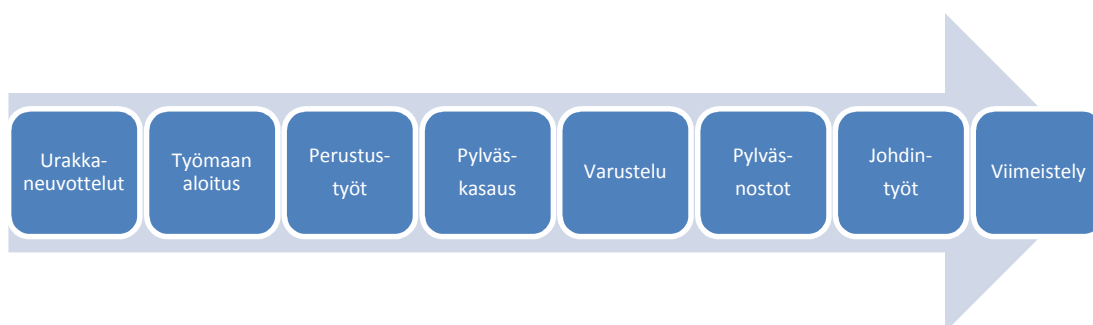
## 5. Projekti

Projekti on työskentelymuoto ja tapa toteuttaa haluttu toimeksianto tai muutos. Projektilla voidaan määritellä muun muassa seuraavasti: ”Projekti on ennalta määritettyyn päämäärään tähtäävä, monimutkaisen ja toisiinsa liittyvien tehtävien muodostama ajallisesti, kustannuksiltaan ja laajuudeltaan rajattu ainutkertainen kokonaisuus.” (Artto ym. 2006) Projektin suomalaisena synonyyminä voi käyttää hanketta.

Projektin päämäärällä tarkoitetaan sen tavoitetta, se voi olla esimerkiksi tuotos, muutos, kehitystyö tai tutkimustulos. Projekti on myös ainutkertainen. Projekti on myös ajallisesti ja taloudellisesti rajallinen, mikä ohjaa resurssien käyttöä projektissa. Projekti siis eroaa toistuvasta toiminnasta. Projekteja perustetaan toteuttamaan tarpeita joihin ei voida vastata normaalilla toiminnalla. Toistuvaa toimintaa voidaan kuvata sanoilla pysyvyys, jatkuvuus ja ennustettavuus kun taas projektia kuvaavat joustavuus, uudistuminen ja muutos. (Artto ym. 2006)

Projekti pitää sisällään useita eri prosesseja. Prosessi, kuten projektikin, on kokonaisuus jota halutaan johtaa. Prosessin erona projektiin on sen jatkuvakestoisuus. Prosessi on kiinteästi operatiivista toimintaan kun taas projekti on erillinen projektiorganisaatio. Jatkuvia prosesseja siirtoverkkoliiketoiminnassa ovat esimerkiksi tarjouslaskenta- ja suunnitteluprosessi. Näiden toiminta on jatkuvaa, mutta palveltavat projektit vaihtuvat ja niitä on yleensä useita käynnissä samaan aikaan.

Rakennusprojektin toteutus sisältää useita erilaisia prosesseja, kuten tarjousprosessi, suunnitteluprosessi, hankintaprosessi, toteutusprosessi ja raportointiprosessi. Prosessit voivat muodostua erilaisista aliprosesseista. Kuvassa 5.1 nähdään voimajohtotyömaan toteutusprosessi. Eri aliprosessit voivat olla käynnissä päällekkäin. Voidaan myös ajatella että esimerkiksi pylväskasausprosessi on käynnissä jatkuvasti, asentajat vain siirtyvät työmaalta toiselle toteuttamaan sitä. Käytännössä asia ei ole näin yksinkertainen, vaan samat asentajat toteuttavat eri työvaiheita sisältyen näin useisiin prosesseihin.



Kuva 5.1. Voimajohtotyömaan toteutusprosessin aliprosessit.

Projektin ainutkertaisuus ja monimuotoisuus aiheuttaa ongelman tarjouslaskennan yksinkertaistamiselle ja toteuttamiselle ohjelmallisesti. Laskennan jaottelu sopivan pieniin osaprosesseihin mahdollistaa laskennan toteuttamisen erilaisille projekteille. Tarjouslaskennan toteutus erillisellä ohjelmalla onnistuu paremmin kun laskentakokonaisuudet ovat pieniä. Kaikista erikoisimpiin projekteihin ohjelman muokkaaminen ei ole tarkoituksen mukaista eikä järkevää. Esimerkkinä tällaisesta projektista voi mainita muutamien maisemapylväiden rakennusprojektit.

### **5.1. Projektimalli**

Projekteilla on perinteisesti ollut merkittävä jalansija Empowerin liiketoiminnassa. Perinteisesti projektit on toteutettu työn kautta opitulla mallilla. Projektimäärien, henkilöstön ja sidosryhmien lisääntyessä on otettu käyttöön projektimalli, jota käytetään kaikissa projekteissa toteutusmaasta tai koosta riippumatta. Malli skaalautuu projektin koon mukaan, eli se on kevyt pienissä projekteissa ja perusteellisempi suuremmissa ja monimutkaisemmissa projekteissa yleisperiaatteiden pysyessä kuitenkin samana. Yksittäisen projektin lisäksi pitää pystyä hallitsemaan kaikkia projekteja strategisella tasolla. Tällöin puhutaan projektisalkun hallinnasta. (EMP 2008f)

Empower Oy:ssä on käytössä Projekti-instituutin ABC-projektimalli. Projektimallin nimi viittaa projektien luokitteluun kolmelle tasolle A, B ja C. Projektin luokituksen tavoitteena on määrittää tarkoituksen mukaiset johtamiskäytännöt projektin tarpeiden mukaan. Tavoitteena on, ettei projektinjohto kasva liian massiiviseksi, kuitenkin siten että projektille varmistetaan riittävä johtamisen, seurannan ja suunnittelun taso. (EMP 2008f)

Luokittelu tehdään analysoimalla tarjouslaskentavaiheessa projektin monimutkaisuus ja koko. Luokittelun tuloksena projektille määritetään luokka:

- A Hyvin monimutkainen ja ainutkertainen projekti
- B Tyypillinen projekti
- C Yksinkertainen ja suoraviivainen projekti

Luokan mukaan määritetään projektille käytettävät johtamisdokumentit ja päätöksentekopisteet. Luokittelun perusteella projektiin osallistujilla on selkeä käsitys tavasta miten projektia viedään eteenpäin.

#### ***Projektin elinkaari ja päätöksentekopisteet***

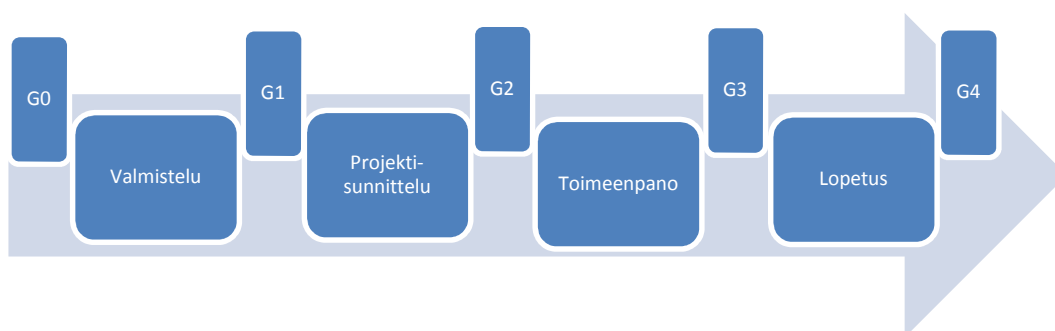
”Projektin elinkaarella tarkoitetaan vaiheiden ketjua, jossa ideat ja projektiin kohdistuvat odotukset ja mahdollisuudet tunnistetaan, projekti toteutetaan ja sen tuloksia ja käyttöä

tuetaan” (Arto ym. 2006) Empowerissa projektin elinkaari määritellään yrityksen sisäisen projektimallin mukaan.

Projektimalli määrittää projektille koosta riippuen 4-5 päätöksentekopistettä eli porttia (gate). Ensimmäinen päätöksentekopiste on tarjoamispiste G0. Tämä on päätöksentekopisteistä suurin, siinä päätetään että käynnistetäänkö lähdetäänkö tuottamaan tarjous kyseiseen projektiin. Sähkönsiirtojärjestelmään liittyvät tarjoukset ovat pääsääntöisesti suuria ja jo tarjouslaskennan käynnistäminen tarkoittaa merkittävien kulujen syntymistä yritykselle. Projektin elinkaaren päätöksen tekopisteiden sijoittuminen nähdään kuvasta 5.2. (EMP 2008f)

G0-päätöksen tekee salkunhallinta asiakkuusprosessin esityksestä. Eli tarjouslaskenta tekee tutustumisen materiaaliin ja esittelee sen liiketoimintayksikön vetäjälle joka tekee päätöksen. Tärkein kysymys tässä vaiheessa on syy miksi laskenta tehtäisiin, eli projektin tavoitteet. Näitä voi olla esimerkiksi sopiva sijainti, ajankohta, kate tai strategian mukaisuus. (EMP 2008f)

G1a ja G1b ovat viimeiset tarjouslaskentavaiheen päätöksentekopisteet. G1a on päätös jättää tarjous ja G1b on päätös allekirjoittaa sopimus asiakkaan kanssa. G1a pisteessä laskenta käydään läpi taloudellisine lukuineen liiketoimintayksikön johdon kanssa joka hyväksyy tai on hyväksymättä tarjouksen jätön. Lopullinen hinnoittelu päätetään myös tässä vaiheessa. Tarjouksen koostaa riippuu kuinka laajasti sitä käydään läpi ja kuinka korkealta hyväksyminen tarjoamiselle on saatava. G1b pisteessä voidaan vielä käydä riskienhallinnan kannalta tarjousta läpi, mutta pääsääntöisesti asiat käydään läpi jo ennen tarjouksen jättämistä. (EMP 2008f)



Kuva 5.2. Projektin elinkaari sisältäen päätöksentekopisteet.

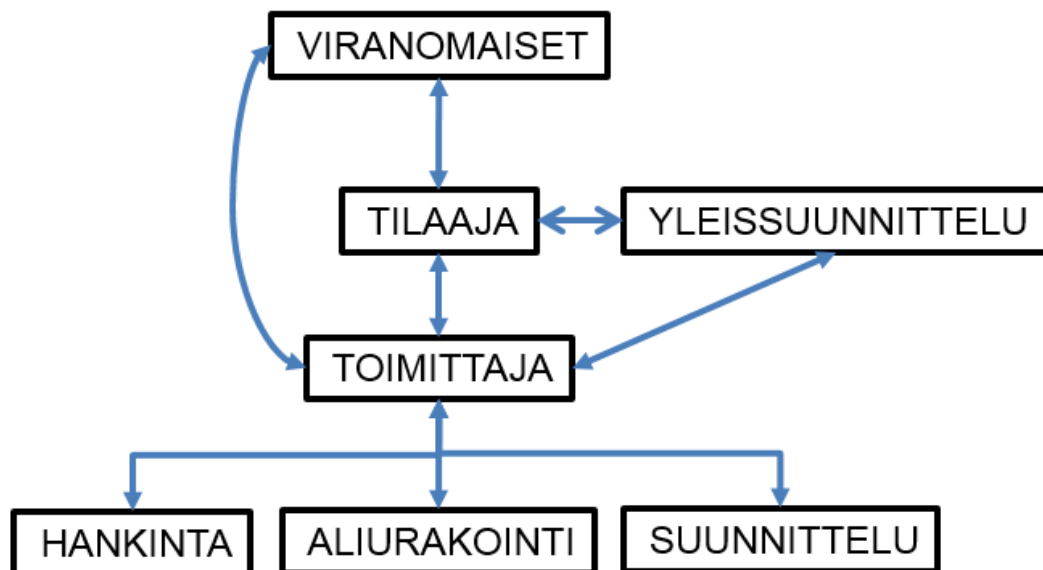
G2 pisteessä hyväksytään projektisuunnitelma. Projektipäällikkö esittää hyväksyntää projektin omistajalle tai ohjausryhmälle riippuen projektin koosta. Projektisuunnitelma sisältää projektin resursointiin, aikataulutukseen, budjettiin ja ohjaukseen liittyvät asiat.

Tämän jälkeen voidaan siirtyä itse toteutukseen jota projektipäällikkö johtaa projektisuunnitelman mukaisesti. G3 pisteessä hyväksytään projektin lopputulos. Eli käytännössä luovutetaan projekti asiakkaalle. Tämän jälkeen tehdään projektin loppukatselmuksset pisteessä G4 ja projekti suljetaan. Pisteessä G4 hyväksytään loppuraportti sekä tarkastellaan muun muassa että täyttyivätkö projektille asetetut tavoitteet ja mitä projektin toteutuksen aikana opittiin. (EMP 2008f)

## 5.2. Siirtoverkkoprojektin tarjoaminen

Siirtoverkkoprojektit toteutetaan yleensä kokonaisvastuurakentamisena. Niin sanotussa KVR-urakassa tai ”avaimet käteen”-urakoinnissa toimittaja huolehtii kokonaisuudessaan rakennuskohteen toteuttamisesta. Myös suunnittelu (pois lukien jo toteutettu esisuunnittelu) sekä projektinjohto kuuluvat kokonaisuuteen. Kokonaisvastuurakentamisessa on siis kaksi sopijaosapuolta, rakennuttaja ja urakoitsija. Urakoitsija voi solmia edelleen suunnittelu- ja aliurakointisopimuksia. (Alhola 1994)

Siirtoverkkoihin liittyvät rakennusprojektit ovat monitahoisia, ne sisältävät ulkoisia riippuvuuksia, toisistaan riippuvaisia osaprojekteja, prosesseja joiden resursseja käyttävät myös muut projektit sekä useita alihankkijoita. Valmistumisaika on usein kriittinen tilaajalle ja näin myös projektin toteuttajaorganisaatiolle, ja sitä korostetaan sakkopykälän. Aikataulun tarkka suunnittelu ja siinä pysyminen onkin tärkeää. Projektipäällikön osaminen on avainasemassa projektin fyysisen ja taloudellisen onnistumisen kannalta.



Kuva 5.3. Voimajohtoprojektin osapuolet suomalaisessa rakennustavassa.



Kuvassa 5.3 nähdään siirtoverkkoprojektin osapuolien suhteet suomalaisessa mallissa. Tilaaja tilaa yleissuunnittelun usein kilpailutuksen perusteella. Esisuunnittelun valmistuttua voidaan kilpailuttaa itse rakentamisprojekti esisuunnittelun materiaaleilla. Projektin rakentajaorganisaatio on usein yhteyksissä sekä tilaajaan että viranomaisiin, mahdollisesti myös esisuunnittelun tehneeseen yritykseen. Toimittaja vastaa myös oman organisaationsa osastojen välisistä yhteyksistä sekä alihankintakontakteista.

Siirtojohtoprojektin kustannuslaskenta voidaan jakaa esimerkiksi seuraaviin kokonaisuuksiin:

- suunnittelu – suunnitteluun sisältyy yleensä toimituksen rakenne-, perustus- ja johdinsuunnittelu sekä loppudokumentointi
- projektointi – projektointiin sisältyy työmaanjohto, hankinta, laadunvarmistus ja luvitus
- maanrakennustyöt – perustusmateriaalit, maapohjan vahvistukset sekä perustustyöt
- pylvästyöt – pylväiden kasaukseen ja nostoon liittyvät työt
- johdintyöt – johdinten veto ja siihen liittyvät työt kuten värinän vaimentimien ja välisiteiden asentaminen
- muut työt – esimerkiksi tukikohtakulut, työmaan perustamiskulut ja viimeistelytyöt
- vanhan purkaminen – vanhan linjan purkuun liittyvät työt ja materiaalien hävitys

Vastaavasti sähköasemaprojektin kustannuslaskenta voidaan jakaa esimerkiksi seuraaviin kokonaisuuksiin:

- suunnittelu – pää- ja toisiopiirisuunnittelu, rakennesuunnittelu sekä loppudokumentointi
- projektointi – projektointiin sisältyy työmaanjohto, hankinta, laadunvarmistus ja luvitus
- maanrakennustyöt – perustusmateriaalit, maapohjan vahvistukset sekä perustustyöt
- pylväs- ja telinetyöt – pylväiden sekä telineiden kasaukseen ja nostoon liittyvät työt
- laitteet – ulos kentälle tulevat laitteet kuten katkaisijat ja erottimet
- releet – valvomorakennuksessa sijaitsevat laitteita ohjaavat releet
- apujärjestelmät – tarvittavat apujärjestelmät
- asennukset – asennustyöt
- koestukset – käyttöönottoon liittyvät koestustyöt

Luettelon kokonaisuuden jakautuvat vielä erikseen pienempiin osakokonaisuuksiin. Laskenta suoritetaan osakokonaisuuksittain ja myös kulut kirjataan mahdollisimman tarkasti osakokonaisuuksille, pääkustannuslajeille ei kirjata mitään kuluja. Tällöin pystytään suhteellisen tarkasti vertaamaan tarjouslaskentaa toteutuneisiin kustannuksiin.

Kuten mainittu, tilaaja on toteuttanut yleissuunnittelun ennen rakennusprojektin kilpailutusta. Näiden materiaalien perusteella toimittajat laativat tarjouksensa. Siirtojohtoyleissuunnittelumateriaalien sisällön voi nähdä kohdassa 3.1.1 ja sähköasemien yleissuunnittelumateriaalin kohdassa 4.1.1.

### **5.3. Projektiliiketoiminnan kustannusrakenne**

Projekteja johdetaan taloudellisesti itsenäisesti, projekteilla on omat taloudelliset tavoitteensa joiden saavuttaminen tarkistetaan projektin päätyttyä. Tässä tutkimuksessa on keskitytty toimitusprojekteihin, eli projekti tehdään asiakkaalle kiinteällä hinnalla. Projektin kustannuslaskennan ja kustannusseurannan sekä -ohjauksen onnistuminen onkin erittäin tärkeää projektin onnistumisen sekä projekteja toteuttavan yrityksen kannalta. (Pelin 2011)

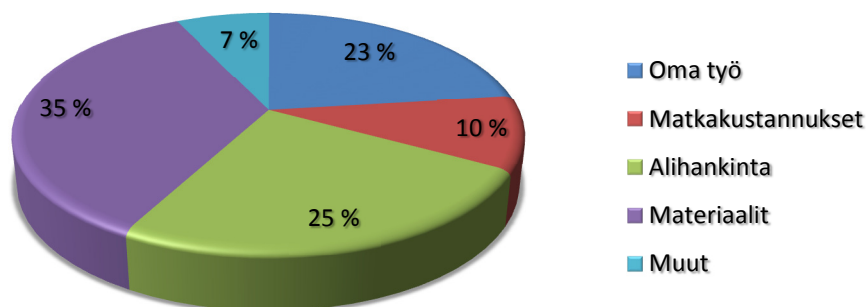
Projektin kustannuslaskennan voidaan ajatella olevan projektin budjetoinnin perusta. Budjetoinnin muita osia on sen toteutus ja tarkkailu. Projektin budjetti voidaan määritellä seuraavasti: budjetti on mahdollisimman edullisen taloudellisen tuloksen sisältävä ja määrättyä ajanjaksona toteutettavaksi tarkoitettu rahamääräinen, joskus määrällisestikin ilmaistu toimintasuunnitelma. Eli kustannuslaskennan voidaan ajatella olevan budjetoinnin osa. (Neilimo ym. 2009)

Yritysten kustannukset jaotellaan katetuottoajatteluun perustuvassa kustannusjaossa kiinteisiin ja muuttuviin kustannuksiin. Kiinteitä kustannuksia ovat kustannuksia joihin ei juurikaan voida vaikuttaa lyhyellä aikavälillä kuten vuokrat, sähköt ja vakuutukset. Muuttuvia kustannuksia taas ovat kustannukset joihin voidaan vaikuttaa lyhyellä aikavälillä, kuten palkat, alihankinnat ja materiaalit. (Neilimo ym. 2009)

Toinen tapa esittää kulut on jakaa ne välittömiin ja välillisiin kustannuksiin. Välittömät kustannukset ovat usein muuttuvia kustannuksia jotka voidaan vaikeuksista kohdistaa kyseiselle tuotteelle. Välilliset kustannukset ovat kustannuksia joita ei voida helposti jakaa eri tuotteille. Välilliset kustannukset voidaan edelleen jakaa muuttuviin yhteiskustannuksiin kuten energia ja kiinteisiin yhteiskustannuksiin kuten vuokrat. (Neilimo ym. 2009)

Aiheuttamisperiaatteen mukaisesti kulut jaetaan erillis- ja yhteiskustannuksiin. Erilliskustannuksien voidaan osoittaa syntyvän nimenomaan tietyn tuotteen tai hankkeen tuottamisesta. Jos hanke ei toteudu, erilliskustannukset jäävät pois. Yhteiskustannuksiin ei sen sijaan vaikuta vaikka tuotteita ei tuoteta tai hanke ei toteudu. (Neilimo ym. 2009)

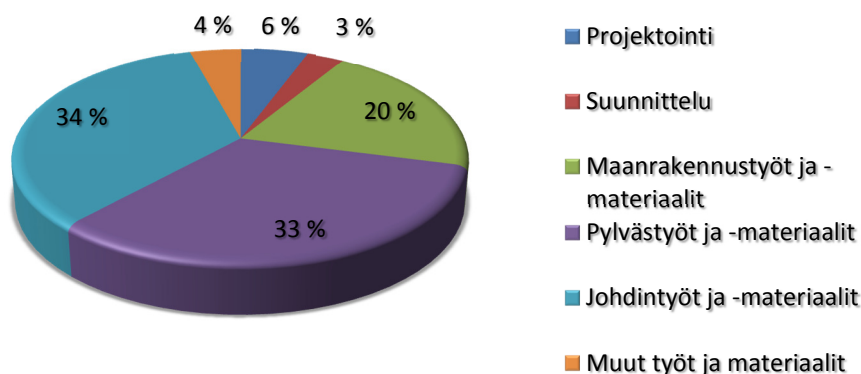
## Projektin kustannukset



Kuva 5.4. Erään projektin kustannukset jaoteltuna kustannuslajeittain.

Kuvan 5.4 projektin muuttuvat kustannukset jakaantuvat noin kolmanneksen osuuksiin materiaaleihin, alihankintaan ja omaan työhön. Huomattavaa on kuitenkin, että projektit eroavat niin paljon toisistaan, että prosentiosuudet voivat vaihdella huomattavasti. Suurimmat epävarmuuden kohdistuvat usein omaan työhön ja alihankintoihin, jotka vastaavat yhteensä tässä tapauksessa 58 % projektin arvosta, riskitarkastelussa onkin syytä painottaa kyseisiä osa-alueita. Alihankintojen kilpailutus on erittäin tärkeässä osassa projektin onnistumisen kannalta.

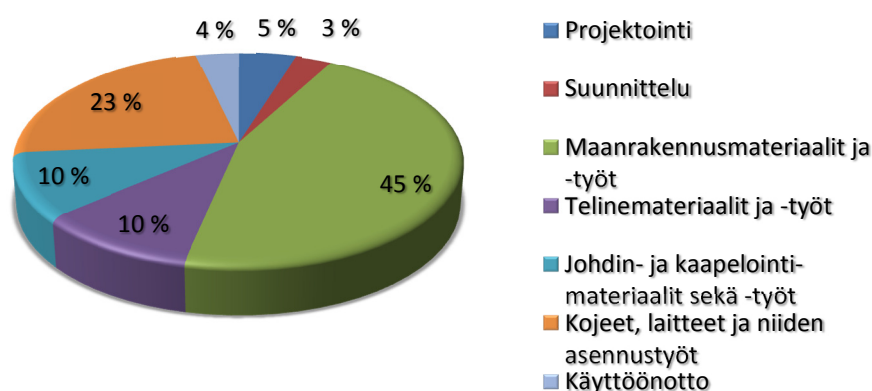
## Projektin kustannukset työlajeittain



Kuva 5.5. Erään voimajohtoprojektin kustannukset jaoteltuna työlajeittain.

Kuvassa 5.5 käsitellään voimajohtoprojektia. Kyseinen projekti on rakennettu uudelle johtokadulle joten purkutöitä ei ole ollut. Nähdään että johdintyöt ja pylvästyöt ovat tässä projektissa olleet samansuuruiset keskenään ja vastanneet 67 % projektin kustannuksista. Projektioinnissa on syytä keskittyä näiden osa-alueiden valmisteluun ja suunnitteluun sekä riskikartoituksen tekemiseen hyvin että projekti saadaan onnistumaan.

## Projektin kustannukset työlajeittain



Kuva 5.6. Sähköasemaprojektin kustannukset jaoteltuna työlajeittain.

Kuvan 5.6 perusteella nähdään erään sähköasemaprojektin kustannusrakenne työlajeittain. Kyseisessä projektissa maanrakennustyöt ovat kuuluneet toimitukseen. Niiden onnistuminen on avainasemassa koko projektin onnistumisessa, ne vastaavat 45 % koko projektin arvosta. Tarvikkeiden kilpailutus on myös erittäin tärkeää sähköasemaprojekteissa. Esimerkiksi tässä projektissa materiaalit ovat vastanneet 29 % projektin arvosta.

Projektin valmistuttua tehdään loppuraportoinnin osana yhteenveto projektin kustannuksista ja kannattavuudesta. Käytännössä tämä tapahtuu projektimallin pisteessä G4. Jälkilaskelman tehtävänä on selvittää projektin taloudellinen tulos ja kannattavuus, analysoida mahdolliset poikkeamat ja niiden syyt, täyttää kirjanpidolliset vaatimukset sekä antaa tuleviin kustannuslaskelmiin perustietoja.

Kuvista 5.5 ja 5.6 nähdään että projektointi- ja suunnittelukulut vastaavat alle 10 % projektien kuluista riippumatta projektityypistä. Projektioinnissa ja suunnittelussa onnistuminen vaikuttaa kuitenkin suuresti koko projektin sekä tekniseen että taloudelliseen lopputulokseen.

## **5.4. Riskienhallinta**

Riskillä tarkoitetaan tapahtumaa, jolla on tietty toteutumisen todennäköisyys ja vaikutus projektin aikatauluun, kustannuksiin tai laajuuteen. Riskit voidaan jaotella luonteensa mukaan erilaisiin riskityyppeihin, kuten puhtaat riskit, liiketoimintariskit, rahoitusriskit ja alueelliset riskit. (Artto ym. 2006)

Riskin suuruus määräytyy sen todennäköisyyden ja vaikutuksen yhteisvaikutuksesta. Riskien hallinnalla tarkoitetaan riskitekijöiden tunnistamista, niiden vaikutusten arviointia ja riskienhallintastrategian valitsemista. Riskitilannetta seurataan ja riskien hallintaa tehdään koko projektin ajan. Suunnitellaan ennaltaehkäiseviä toimenpiteitä ja pannaan niitä käytäntöön.

Puhtailla riskeillä tarkoitetaan epäsuotuisia tapahtumia kuten onnettomuuksia tai vahinkoja. Puhtaan riskin toteutumisen todennäköisyys on usein pieni, mutta kustannukset korkeat. Niiden vaikutuksiin voidaan suojautua vakuutuksin. Puhtaat riskit eivät ole merkittävässä osassa siirtoverkkoprojektien riskeihin varautumisessa. (Artto ym. 2006)

Rahoitusriskit liittyvät projektin rahoitukseen. Näihin voidaan suojautua rahoitusmarkkinainstrumentein. Rahoitusriskeihin voidaan varautua myös suunnittelemalla maksupositiohjelma sopivaksi kuluihin nähden ja sopimalla ulkomailta tilattavien materiaalien toimituksien maksuohjelmat riskittömiksi. (Artto ym. 2006)

Alueelliset riskit ovat alueelle ominaisia maantieteellisen tai poliittisen alueen riskejä. Näitä ovat esimerkiksi terrorismin tai sodan uhka. Koska asiakasyrityksen toiminta sijoittuu lähinnä Itämeren alueelle, ei alueellisia riskejä ole. (Artto ym. 2006)

Liiketoimintariskit ovat siirtoverkkoprojektien merkittävimmät riskit. Liiketoimintariskeillä tarkoitetaan kaikkia muita projektiin liittyviä riskejä, mitkä eivät mahdu aikaisempiin kolmeen kategoriaan. Liiketoimintariskeihin ei juuri voida suojautua esimerkiksi vakuutuksin, mutta niihin voidaan vaikuttaa projektihallinnan keinoin. Esimerkkinä liiketoimintariskeistä voidaan käyttää maaperäolosuhteita; niissä on aina epävarmuutta vaikka maaperätutkimukset olisi tehty hyvin. Maaperäolosuhteissa voi piillä myös positiivinen riski, eli että maaperäolosuhteet ovatkin paremmat kuin oletetut. (Artto ym. 2006)

### **5.4.1. Riskien tunnistaminen**

Riskien tunnistamiseen on olemassa erilaisia tapoja, erityyillisissä projekteissa voi olla hyödyllistä käyttää eri tapoja tunnistaa riskit. Riskejä voidaan tunnistaa esimerkiksi tarkistuslistojen perusteella, ideoimalla työryhmissä, mallintamalla tai tutkimuksilla.

Tarkistuslistojen perusteella riskit tunnistetaan käyttämällä kokemusperäisestä tiedosta koottua tietokantaa. Huonona puolena on, että jos käytetään pelkkää listaa, voi se vähentää projektikohtaista ajattelua. Eli mitä riskejä juuri kyseisessä projektissa voi tulla eteen ja kuinka todennäköisiä ne ovat. Voidaan myös käyttää kysymyslistoja, näissä vastataan kokemusperäisesti tuotettuihin kysymyksiin ja vastausten perusteella saadaan riskit tunnistettua yksilöllisemmin.

Ideoimalla ja käymällä projektia läpi sopivasti kootussa ryhmässä voidaan riskit kohdistaa juuri kyseessä olevaan projektiin ja sen toimintaympäristöön. Ryhmässä pitää olla riittävästi kokemusta projektin alalta.

Riskien mallintamisella tai kuvaamisella tarkoitetaan riskien esittämistä siten että riskien kokonaisuus saadaan havainnollistettua. Tämä voidaan toteuttaa esimerkiksi sijoittamalla riskit matriisiin jossa sarakkeisiin ryhmitellään riskin vaikutusalue, esimerkiksi aikataulu tai resurssit, ja riveille mihin riski liittyy, esimerkiksi projektiin tai ulkoisiin olosuhteisiin.

Tutkimusten tai laajojen analyysien ja selvitysten tekeminen toteuttaminen tarjottavasta projektista on perusteltua jos asiantuntemusta kyseisen tyyppisestä projektista tai kohdemaasta ei vielä ole. Tällöin voidaan käyttää ulkopuolista organisaatiota tekemään riskikartoitus.

Siirtoverkkoprojektit ovat monesti samantyyliisiä ja riskikomponentit, mitä niissä esiintyy, ovat samankaltaisia. Vain suuruusluokat vaihtelevat projektien välillä. Normaalit riskit niissä pystytään tunnistamaan kokeneen työmaapäällikön tai projektipäällikön kokemusten perusteella käyttämällä tarkistus- tai kysymyslistoja. Jos projekti eroaa normaalisti toteutettavista projekteista, on järkevää listojen lisäksi käydä projektia läpi ideoimalla sitä ryhmissä ja käyttämällä myös erilaisia riskien kuvaamistekniikoita.

#### **5.4.2. Riskien arviointi**

Riskien arviointiin on olemassa kaksi tapaa, kvantitatiivinen ja kvalitatiivinen arviointi. Kvantitatiivisella tarkoitetaan määrällistä arviointia jossa riskin todennäköisyys ja merkittävyys ilmaistaan numeerisesti. Kvalitatiivisessa eli laadullisessa arvioinnissa riskien todennäköisyys ja merkittävyys kuvaillaan sanallisesti. Näistä suositeltavampi tapa on kvantitatiivinen tapa. Kvantitatiivinen tapa voidaan toteuttaa esimerkiksi arvioimalla riskin todennäköisyys ja riskin merkittävyys asteikolla 1-3, jossa 1 = pieni ja 3 = suuri.

Riskit voidaan arvottaa kvantitatiivisesti halutulle suurelle kolmen pisteen avulla, minimin, todennäköisimmän arvon ja maksimin avulla. Tällöin voidaan kokonaisriskin suuruutta laskea PERT (Program Evaluation and Review Technique) -menetelmällä. PERT-menetelmässä nämä kolme arvoa tulkitaan vinon todennäköisyysjakauman parametreiksi josta voidaan määrittellä beta-jakauman erikoistapaus seuraavalla tavalla. (Arto ym. 2008)

1. Tunnistetaan ja kuvataan riskit toisistaan riippumattomasti.
2. Arvioidaan kunkin riskin minimi, todennäköisin arvo ja maksimi esimerkiksi kustannuksena.
3. Lasketaan beta-jakauman erikoistapauksen perustuksena olevan oletuksen pohjalta kunkin riskin odotusarvo (M), keskihajonta (S) ja varianssi (S<sup>2</sup>).

$$M = \frac{\text{Minimi} + 4 \times \text{Todennäköisin arvo} + \text{Maksimi}}{6} \quad (5.1)$$

$$S = \frac{\text{Maksimi} - \text{Minimi}}{6} \quad (5.2)$$

4. Lasketaan kokonaisriski siten että kokonaisriskiä kuvaavan todennäköisyysjakauman keskiarvo ja varianssi ovat yhteenlaskettujen riskien keskiarvojen ja varianssien summa.

Taulukosta 5.1 nähdään riskit mallinnettuna nykyisellä tavalla (keskimäinen sarake, merkitty Riski) ja PERT-menetelmällä. Käytössä olevalla menetelmällä riskien arvoksi olisi määritetty 80 000 €. Jos käytettäisiin kolmen pisteen arvoitusta ja todennäköisyysjakaumaa riskien 50 % fraktiiliksi saadaan 62 500 €. 90 % fraktiilillakin riskien arvoksi muodostuisi 76 066 €. Tällöin todennäköisyys sille, että tämä summa ylitetään, on 10 %.

Taulukko 5.1. Riskien mallinnusta. 90 % fraktiili.

	Minimi	Todennäköinen	Maksimi	Riski	Odotusarvo	Hajonta	Varianssi
Riski A	- €	5 000 €	15 000 €	5 000 €	5 833 €	2 500 €	6250000
Riski B	- 5 000 €	10 000 €	50 000 €	15 000 €	14 167 €	9 167 €	84027778
Riski C	- €	10 000 €	45 000 €	10 000 €	14 167 €	7 500 €	56250000
Riski D	5 000 €	20 000 €	30 000 €	20 000 €	19 167 €	4 167 €	17361111
Riski E	- €	5 000 €	10 000 €	5 000 €	5 000 €	1 667 €	2777778
Riski F	- €	- €	25 000 €	25 000 €	4 167 €	4 167 €	17361111
Yhteensä				80 000 €	62 500 €	13 566 €	184027778

### 5.4.3. Riskien hallinnan kehitys

Riskien suuruuden arvottaminen on tehtävä projektia tarjottaessa ja kustannuslaskentaa tehdessä. Monien riskien rahallinen arvottaminen on hyvin hankalaa tai mahdotonta laskea. Tällä hetkellä riskien todennäköisyyden arviointi suoritetaan kvantitatiivisesti asteikolla 1-5. Riskin rahallisen arvon vertailu tehdään myös kvantitatiivisesti samalla asteikolla. Projektin koosta riippuu riskin vaikutus kokonaisuuteen, eli mikä rahallinen määrä vastaa mitäkin luokkaa.

Luvut kertomalla saadaan riskin indeksiluku, jonka perusteella arvioidaan mitä kyseisen riskin vähentämiseksi tehdään. Jos indeksiluku on pieni, ei välttämättä tehdä mitään. Mitä suuremmaksi indeksiluku kasvaa, sitä enemmän täytyisi toimenpiteitä suorittaa riskin toteutumisen välttämiseksi.

Riskien arvottamisen kustannuslaskentavaiheessa suoritetaan tarjouslaskentaprosessissa. Riskien todennäköisyys ja arvo määritetään henkilökohtaisesti arvioiden. Riskien arvottamisessa olisi kehittämisen varaa.

Riskien hallinnan kehittämiseksi ensimmäinen tärkeä edistysaskel olisi riskien dokumentoinnin kehittäminen. Riskit arvioidaan tarjouslaskentavaiheessa, mutta riskien toteutumisista on vaikea seurata. Riskit eivät kirjaudu riskikustannuksiksi projektille vaan ne sekoittuvat muihin saman työvaiheen kustannuksiin. Riskien dokumentoinnilla saataisiin kokemuspohjaista tietoa yleisiin riskikomponentteihin jotka ovat läsnä monissa projekteissa. Riskien toteutuessa kustannukset voitaisiin kirjata esimerkiksi erilliselle työnumerolle tai vähintään kirjata käsin muistiin. Riskien toteutumisen kustannukset voitaisiin myös raportoida helpommin kun niistä on tarkempaa dataa selvillä. Dokumentoinnilla saataisiin hyötyä pienellä projektinjohdon työmäärän lisäyksellä.

Toinen kehitysehdotus on riskien tunnistamisen ja arvioinnin toteutus useamman ihmisen toimesta. Suurimmissa tarjouslaskennoissa näin tehdäänkin, mutta pienissä ja keskikokoisissa projekteissa tämä jää usein tekemättä. Tarjouslaskentavaiheessa, ainakin keskikokoisissa projekteissa, olisi syytä pitää kokous tarjouslaskijan, mahdollisen työmaapäällikön ja projektipäällikön kanssa projektin riskeistä. Käydä läpi tarjouslaskentamateriaali ja kuunnella henkilöiden omaan kokemukseen perustuvat arviot riskien todennäköisyyksistä ja määristä. Sekä mahdollisesti jättää joku suuririskinen osa-alue tarjouksen kiinteän hinnan ulkopuolelle jos tarjouspyynnön perusteella sellainen on mahdollista. Tosin esimerkiksi julkisissa hankinnoissa näin ei voida tehdä. Näin pienillä kustannuksilla saatetaan väistää isotkin ongelmat projektin toteutuksen aikana.



PERT-menetelmän käyttöönotto riskien arvioinnissa on myös perusteltua. Riskien arviointi kolmella pisteellä keskiarvon asemesta tarkoittaa riskien kokonaisarvoa. Kuten taulukosta 5.1 nähdään, että riippumatta valitusta fraktiilista voidaan todeta riskivaruksen olleen tarjouslaskennassa turhan suuri kyseisessä tapauksessa.

## 6. Kustannuslaskenta

Kustannuslaskenta on urakointiyrityksen tärkeimpiä toimintoja. Kustannuslaskennan ja tarjousten hinnoittelun onnistuminen määrittää yrityksen tulevan työtilanteen ja sitä kautta taloudellisen tilanteen.

Tarjouslaskenta voidaan ajatella yrityksessä koko ajan käynnissä olevana prosessina. Se alkaa tarjouspyynnön vastaanottamisesta ja päättyy valmiin tarjouksen lähettämiseen asiakkaalle. Tarjouslaskija sisältyy myös yrityksen muihin prosesseihin, esimerkiksi asiakkuusprosessiin eli myyntityöhön. Tarjouslaskija on myös mukana projektin käynnistämässä, eli kun toimitusprosessi käynnistyy.

Tarjouslaskentaohjelmistoja pelkästään rakennusalalle löytyy markkinoilta useita. Empowerilla on käytössä Broker Estimate -niminen ohjelma esimerkiksi jakeluverkkoyksikössä. Se on todettu hyväksi työkaluksi, joten ohjelma haluttiin koekäyttää myös siirtoverkkoprojektien tarjouslaskennassa. Tosin tällä hetkellä Broker Estimatella tehtävä tarjouslaskenta eroaa hyvin paljon siirtoverkkoprojektien tarjouslaskennasta.

Muita sähköalan tarjouslaskentaohjelmistoja on esimerkiksi Ecom ja Admicom. Näiden ohjelmistojen toiminnollisuudet ovat suunniteltu enemmänkin talotekniikan sähköurakointiyritysten tarpeisiin, eikä niihin perehdytä tässä tutkimuksessa. Tarjouslaskenta on voitu sisällyttää myös projektinhallintajärjestelmiin, kuten Fujitsun C7-järjestelmään. Tämä tutkimus ei ota kantaa myöskään tämän kaltaisiin järjestelmiin.

### 6.1. Kustannuslaskennan nykytila

Itse laskenta tehdään nykyisellään periaatteessa käsin. Eli käytetään projektityyppiin (sähköasema tai voimajohto) räätälöityä taulukkolaskentataulukkoa, jolla perusteella saadaan kulut laskettua erillisenä materiaaleille, työlle, matkakuluille, alihankinnalle ja muille kuluille. Tarjoushinta saadaan lisäämällä kustannushintaa päätetty riskitaso ja toivottu katetaso.

Tarjouslaskenta toteutetaan kohdassa 5.2 lueteltujen osa-alueiden perusteella erillisiksi välilehdiksi. Osa-alueet kootaan yhteenvetosivuksi, jossa löytyvät projektin kustannukset jaoteltuna riveillä osa-alueisiin ja sarakkeilla kustannuslajeihin. Tätä yhteenvetosivua käytetään projektin seurannassa, siihen saadaan kopioitua tiedot suoraan toiminnanohjausjärjestelmästä.

Tarjouslaskenta on nykyisellään ryhmätyötä projektien monipuolisuudesta johtuen. Tarjouslaskentaryhmään kuuluu yleensä noin 3-8 ihmistä tarjouslaskennasta, suunnittelusta, hankinnasta ja toteutuksesta. Ryhmän koko ja siihen kuuluvien ihmisten osaaminen riippuu tarjottavan projektin koosta ja monimutkaisuudesta.

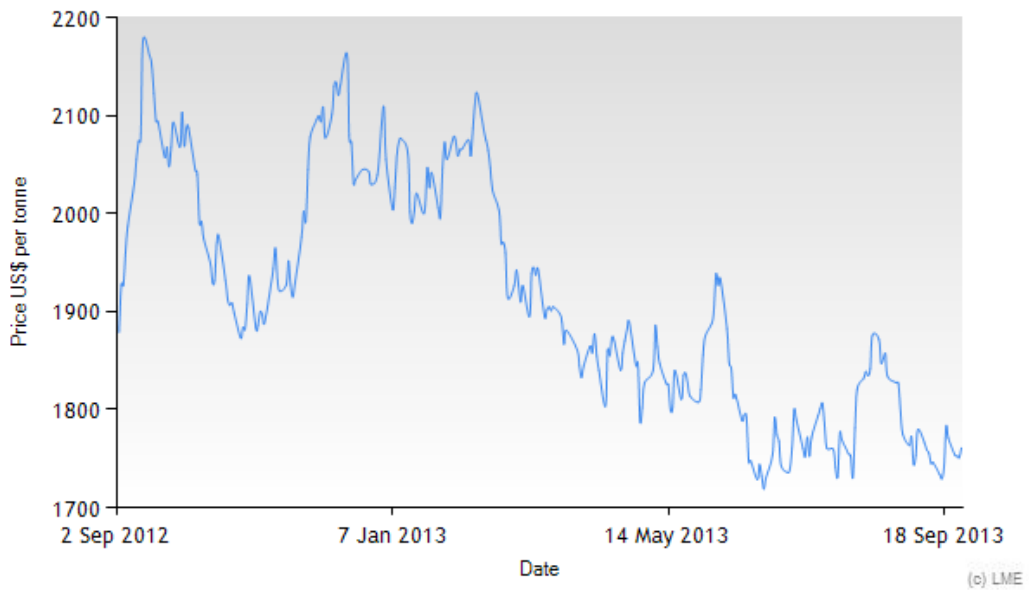
### ***Yksikköhintataulukon hinnoittelu***

Tarjouksen liitteeksi vaaditaan lähes järjestään yksikköhintataulukko, minkä hintoja käytetään lisä- ja muutostöiden hinnoittelussa. Yksikköhintaluettelon hinnoittelu on ongelmallista koska sitä sovelletaan erilaisissa tapauksissa. On eriasia tehdä uusi 10 m<sup>3</sup> perustus kuin kasvattaa valmiiksi lasketun perustuksen kokoa 10 m<sup>3</sup>. Tällöin onkin järkevää sekä urakoijan että tilaajan kannalta sopia että yksikköhintataulukkoa käytetään vain pienten muutosissa, esimerkiksi kun määrät muuttuvat +/-10 %.

Yksikköhintaluetteloa käytetään monesti myös yhtenä osa-alueena tarjouksien vertailussa. Tilaaja on voinut määrittää kullekin yksikölle määrän mikä huomioidaan tarjouslaskennassa. Tällä haetaan sitä että toimittajat hinnoittelevat yksikköhintaluettelonsa muun tarjouksen katteen mukaisesti.

### ***Maailmanmarkkinahinnat***

Metallien markkinahintojen muuttuminen näkyy suoraan ostohinnoissa johtimissa ja teräspylväissä. Tästä johtuen jo muutaman kuukauden vanhoihin johdintarjouksiin hintoihin ei voi luottaa, vaan hinnat tarvikkeille on kyseltävä lähes joka projektiin erikseen. Kuvasta 6.1 nähdään alumiinin hinnan vaihtelun vuoden aikajanalla olleen noin 450 dollaria / tonni. Tämä vastaa noin 20 % hintavaihtelua. Yli 10 prosentin hintavaihtelut ovat yleisiä lyhyelläkin aikavälillä.



Kuva 6.1. Alumiinin hinta dollareina vuoden aikajanalla London Metal Exchange johdannaispörsissä.

Kuvassa 6.2 nähdään teräksen hintakehitys vuoden aikajanalla. Teräksen hinta on halvimmillaan ollut alle 100 dollaria tonnilta ja kalleimmillaan noin 350 dollaria tonnilta. Hintavaihtelu on todella suurta ja teräksen hinnan osuus teräspylvään hinnasta on merkittävä.



Kuva 6.2. Teräksen hinta dollareina vuoden aikajanalla London Metal Exchange johdannaispörsissä.

Kiinteän tarjouksen kysyminen esimerkiksi suurista teräsmääristä on lähes pakollista, ensinnäkin että tarjouksesta tulee kilpailukykyinen ja toisaalta että projekti voidaan toteuttaa tarjotulla hinnalla. Projektit voivat kestää useita vuosia. Jos tarjouslaskenta-aikana tehdyt tarjoukset eivät ole kiinteitä, voi materiaalien hinnat kasvaa metallien hinnoista johtuen kymmeniä prosentteja.

### ***Volyymin merkitys***

Tilauksen suuruus vaikuttaa myös hintaan. Suurempi tilaus houkuttaa valmistajia enemmän ja tarjouskilpailu on tiukempaa. Yksi tapa volyymien hyödyntämiseen olisi tilata suuria määriä kerralla ja varastoida niitä. Ongelmana on, että tällöin sidotaan yrityksen käytönpääomaa kassasta varastoarvoon. Myös tarvikkeet, mitä eri projekteissa kuluu, ovat erilaisia keskenään. Sekä projektien tarvitsevat tarvikemäärät ovat suuria. Käytännössä varastointi ei ole järkevää muuten kuin pienissä määrissä ja yleisimmissä tarvikkeissa joita tarvitaan nopein aikatauluin esimerkiksi kunnossapidossa. Mutta jos projekteja ollaan käynnistämässä useita samaan aikaan, voi olla kannattavaa niputtaa niiden tilaukset yhteen. Tilauksien niputtamisella samaan voidaan saada tarvikkeet edullisemmin ja parantaa siten kilpailukykyä.

Taulukko 6.1. Tarvikkeiden hintavertailu.

	Teräs-putkipylväs	Harusköysi 52 mm <sup>2</sup>	OPGW 48 kuituinen	T-liitin Duck/Duck	U120BL lasieristin	2-Duck ki-ristysketju
Suuri projekti	1	1	1	1	1	1
Pieni projekti	1,07	1,00	1,06	1,53	1,07	1,44

Taulukosta 6.1 nähdään tarvikkeiden suhteutettu hintavertailu kahden erikokoisen projektin tarvikkeista. Hinnat on kyselty projekteihin saman kuukauden aikana. Nähdään että pienen projektin hinnat ovat selvästi kalliimpia.

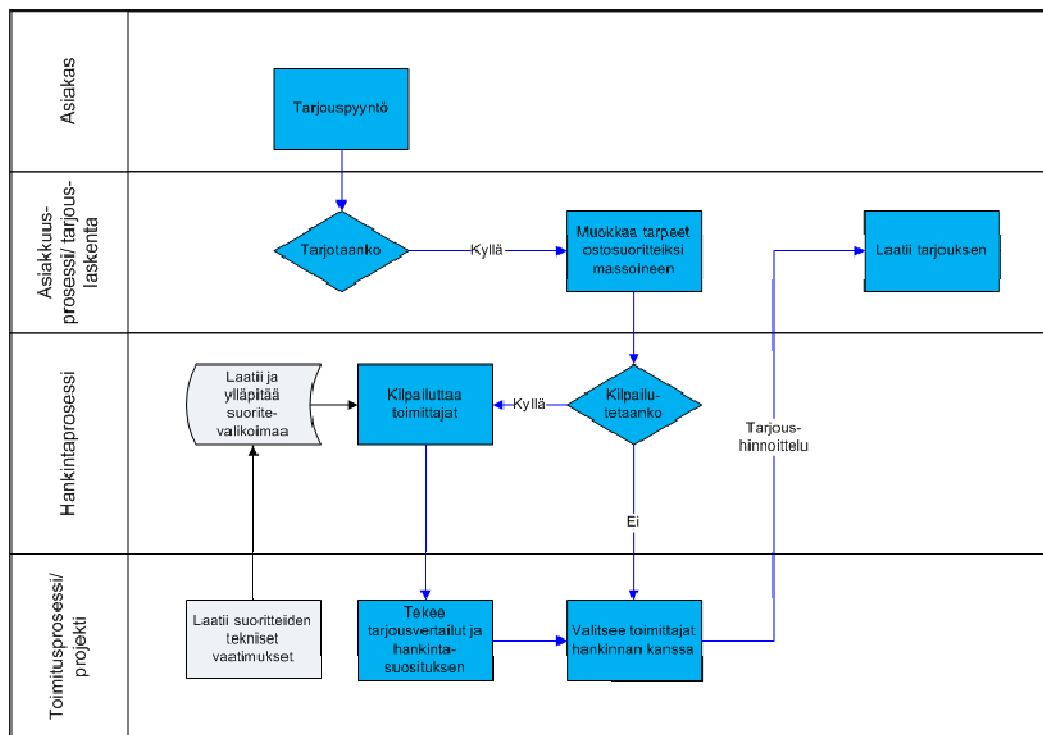
Pelkästään näiden kuuden yksittäisen tarvikkeen määrällä painotetuksi hintaeroksi tulee 7 prosenttia. Tämä tarkoittaa kyseisessä tarkastelussa yli 170 000 euron eroa jos lasetaan suuren projektin tarvikkeet pienen projektin hinnoilla. Kyseinen tarkastelu sisältää noin 28 % suuren projektin tarvikkeista. Täydellistä vertailua ei voida tehdä, koska suuren projektin tarvikkeet eroavat suurelta osin pienen projektin tarvikkeista.

### ***Hankintojen kilpailutus***

Kilpailukykyisen tarjouksen tekemiseksi hankintojen kilpailutus on tehtävä jo tarjoamisvaiheessa useassa tapauksessa. Jos käynnissä on useampi samaa kokoluokkaa oleva

tarjouslaskenta samaan aikaan, ei ole välttämätöntä samoja tarvikkeita molempiin kilpailuttaa. Lisäksi kun kilpailutus on tehty jo tarjouslaskentavaiheessa, tapahtuu projektin käynnistäminen jouhevammin, jos projekti saadaan toteutettavaksi.

Kuvan 6.3 vuokaaviosta nähdään miten hankinta nitoutuu projektiin jo tarjouslaskentavaiheessa. Kun asiakkuusprosessissa päätetään lähteä tarjoamaan projektia, tarjouslaskenta muokkaa tarpeet massalistoiksi. Massalistojen perusteella hankinta joko kilpailuttaa tarvikkeet ja tekee hintavertailut tai sitten käytetään tiedossa olevien toimittajien hintoja. Toimitusprosessi otetaan mukaan kun päätetään ketä toimittajaa käytetään. Päätehtyn tarjoajan hintatiedot otetaan käyttöön tarjouslaskennassa.



Kuva 6.3. Tarjouslaskennan vuokaavio prosesseineen. (EMP 2013b)

Kun tarvikkeet kilpailutetaan jo tarjouslaskentavaiheessa, on projektin käynnistäminen huomattavan paljon jouhevampaa kuin jos tarvikkeiden kilpailutus aloitettaisiin siinä vaiheessa kun projekti on saatu. Näin päästään suoraan neuvottelemaan tilauksista tarvikkeiden toimittajien kanssa, eikä tarvitse käyttää aikaa tarjouskilpailun järjestämiseen.

Alihankintojen kilpailutuksen suhteen toimintatapa on samanlainen. Pääperiaatteena on, että suurimmat alihankinnat kilpailutetaan tarjouslaskentavaiheessa. Näin pienennetään tarjouksen epävarmuutta, minimoidaan riskiä (sekä positiivista että negatiivistä) ja varmistetaan osaltaan projektin jouhevaa käynnistymistä.

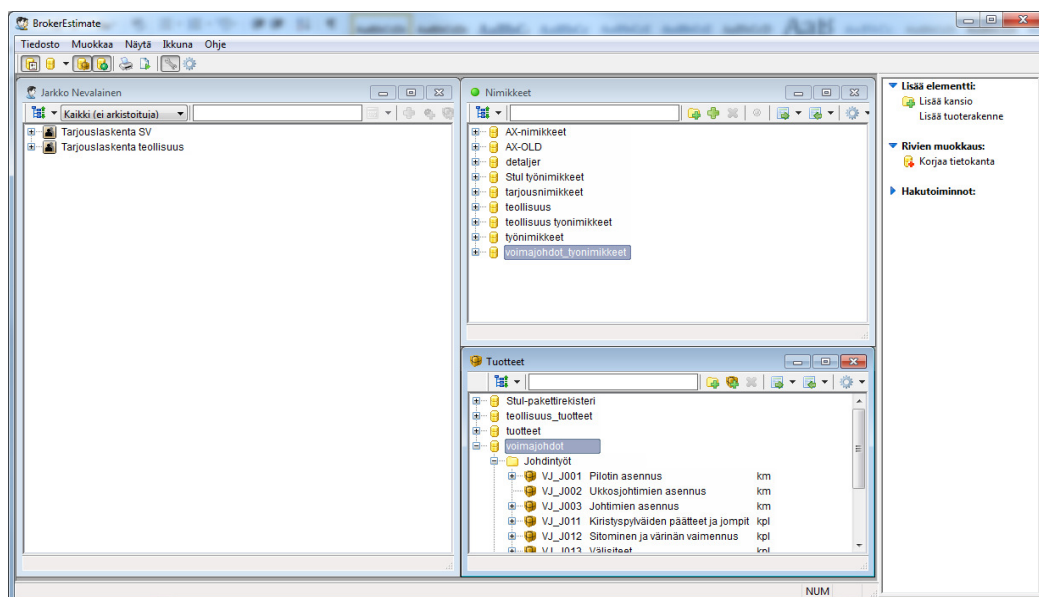
## Projektin katetaso

Projektin katetasoa voidaan tarkastella erilaisilla mittareilla. Tärkeimmät seurattavat mittarit asiakasyrityksen projektiliiketoiminnassa on projektikate sekä käyttökate. Kun projektin liikevaihdosta (laskutuksesta) vähennetään muuttuvat kustannukset, eli palkat, palkkojen sivukustannukset, alihankinnat ja materiaalit, saadaan laskettua katetuotto eli projektikate. Kun myyntikatteesta vähennetään kiinteät kustannukset, eli projektin osuus yrityksen yhteisistä kuluista kuten vuokrasta, saadaan myyntikate eli EBITDA. (Neillimo ym. 2009)

Katetaso määritetään projektikohtaisesti. Huomioon otettavia kohtia on muun muassa projektin kiinnostavuus ja sen sopivuus projektisalkkuun. Merkitystä on myös projektin koolla. Erikokoiset projektit kuluttavat eritavalla yrityksen yhteisiä resursseja, kiinteitä kuluja, jolloin niiden projektikatekin täytyy olla eri tasoa. Pienten projektien organisaation kuormittavuus esimerkiksi hankinnoissa on samaa suuruusluokkaa kuin keskikokoisen projektin, tällöin pienen projektin liikevaihdosta täytyy mennä suurempi osuus kiinteisiin kuluihin kuin keskisuudessa tai suuressa projektissa. Toinen vaihtoehto toteuttaa kyseinen toiminto on laskuttaa kaikki mahdolliset kulut projektilta, myös esimerkiksi hankinnan tunnit. Tällöin katetasot voidaan pitää lähempänä toisiaan.

## 6.2. Broker Estimate-ohjelmisto

Broker Estimate (myöhemmin Broker) on Oy Mercus Software Ltd:n tekemä yksikköhinnitteluperusteinen tarjouslaskenta- ja projektinhallintaohjelmisto. Ohjelmisto on alun perin tehty pelkästään tarjouslaskentaa varten ja siitä löytyykin monipuolisesti ominaisuuksia tarjouslaskentaa varten. Kuvassa 6.4 voidaan nähdä Brokerin perusnäköymä.



Kuva 6.4. Broker Estimate -ohjelman perusnäköymä.

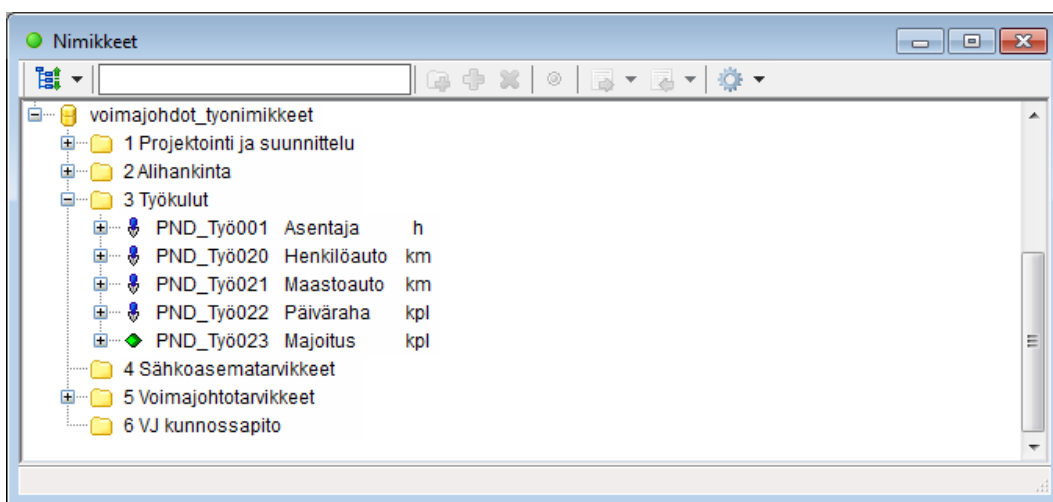
Brokerin päänäkymässä voidaan nähdä vasemmalla puolella tarjouslaskennan laskentaruutu. Keskeltä ylhäältä löytyvät nimikkeet ja alhaalta tuotteet. Oikeassa reunassa on käytettävät työkalut. Näkymä on muokattavissa halutuksi. Tarjouslaskenta tapahtuu vetämällä komponentteja joko nimikkeistä, tuotteista tai vanhoista tarjouksista uuteen tarjoukseen, joka siis löytyy tarjouslaskentaruudun alta. Myös erilaisia osakokonaisuuksia vanhoista tarjouksista voidaan käyttää uuden tarjouksen luomisessa.

Ohjelmaan saadaan päivitettyä automaattisesti jakeluverkkolaskennassa käytettävät HeadPower-yksiköt sekä muun muassa talotekniikassa käytettäviin sähkönumeroihin perustuvat hinnastot eri tukkureilta.

### **Brokerin nimikkeet**

Brokerissa nimikkeeksi käsitetään kaikki työ, alihankinta ja tarvikkeet. Yksittäinen nimike voi sisältää useita hintatietoja esimerkiksi eri toimittajilta ja niitä voi linkittää keskenään vastaaviksi. Tästä on hyötyä talotekniikan urakointilaskennassa, jolloin saadaan automaattisesti hintatiedot monilta toimittajilta. Pystytään myös haluttaessa käyttämään kätevästi vastaavia mutta halvempia tuotteita.

Valmiita nimikkeitä siirtoverkkolaskentaa varten ei ollut, joten kaikki yksiköt täytyi luoda. Eli kaikille tarvikkeille, alihankintayksiköille ja työsuoritteille muodostettiin tarkoituksenmukainen yksikkö. Kuvassa 6.5 voidaan nähdä muutamia erillisiä nimikkeitä.



Kuva 6.5. Brokerin nimikkeitä.

Nimikkeiden ja tuotteiden luontia varten Brokerissa on ominaisuus jolla näitä pystytään tuomaan taulukkolaskentaohjelmasta puoliautomaattisesti. Taulukkolaskentaohjel-

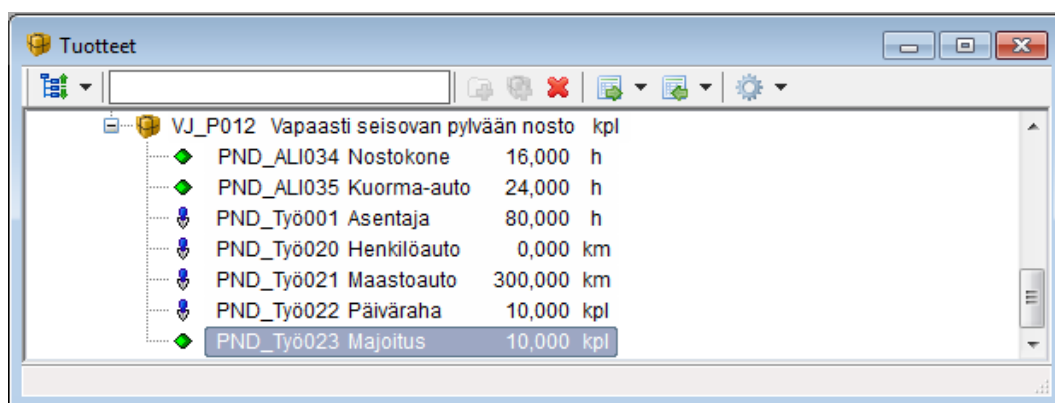


massa laitetaan eri sarakkeisiin halutut tuotavat tiedot ja ohjelma lukee ne automaattisesti kun sille kerrotaan missä sarakkeesta löytyy mikäkin tieto. Ominaisuus on kätevä, tosin hieman ongelmallinen. Useasti ominaisuus varaa tietokoneen leikepöydän käyttöönsä eikä leikepöydälle pysty tällöin kopioimaan dataa mistään ohjelmasta. Tämä ratkeaa vain käynnistämällä ohjelma uudestaan. Kuitenkin kyseinen ominaisuus nopeuttaa huomattavasti nimikkeiden ja tuotteiden luontia.

### **Brokerin tuotteet**

Brokerissa pystytään ohjelmoimaan valmiita kokonaisuuksia tuotteiksi, jotka voivat sisältää muun muassa työtä, tarvikkeita, alihankintaa tai kaikkia näitä. Tuotteita hallinnoimalla voidaan toteuttaa erilaisia keskiarvoperusteisia laskentoja kuten esimerkiksi johtimien veto 1-duckina per kilometri tai vapaasti seisovan pylvään kasaus.

Tuotteeseen voidaan sijoittaa rajoittamaton määrä kustannuskomponentteja. Eli periaatteessa voitaisiin tehdä laskenta vain valmiiksi määritetyillä tuotteilla, jotka sisältäisivät kaiken tarvittavan työn suunnittelusta ja työnjohdosta lähtien. Toinen lähestymistapa on muodostaa yksinkertaisempia tuotteita ja suorittaa laskenta näiden perusteella.



Kuva 6.6. Esimerkkituote Brokerissa.

Kuvassa 6.6 nähdään esimerkkituote jolla saadaan laskettua yhden vapaasti seisovan ristikkorakenteisen pylvään pystytyksen kustannus. Rakenteeseen sisältyy kuvan osoittamat määrät tietynlaisia työsuorituksia eli nimikkeitä. Osa suorituksista on alihankintaa ja osa omaa työtä, alihankinta merkitään vihreällä salmiakilla ja oma työ tummana hahmona.

### **Laskentaruutu**

Kuvassa 6.4 löytyy laskentaruutu kuvan vasemmasta reunasta. Sieltä löytyvät kaikki yrityksen tarjouslaskennat jaoteltuna. Tarjousta klikkaamalla saadaan tarjouksen tiedot

esiin. Tässä esimerkissä kuvan 6.7 mukaiset. Vasemmalla ylhäältä nähdään ensimmäisellä rivillä vihreällä pallolla merkattuna tarjouksen materiaalit. Seuraavalla rivillä on oman työn arvo, sitten alihankinnan ja lopuksi muut kustannukset. Alimpana löytyy summariivi kustannuksille. Oikealta puolelta löytyy ohjelman laskemia lisätietoja, kuten työtunti- ja alihankintamäärät.

The screenshot shows a software window titled "Tarjouksen tiedot" (Bid Information). It contains several sections:

- Header:** "000616 Esimerkkilaskenta" (Example Calculation)
- Form Fields:**
  - Luontipvm: 19.2.2014
  - Jättöpvm: (empty)
  - Voimassa: (empty)
  - Hinnasto: (empty)
  - Laskennassa: (dropdown menu)
  - Tilan pvm: 19.2.2014
  - Valmistuu: (empty)
  - Todenn. %: 0
- Table:** A table with columns: Netto, %, Tavoitehinta, % Kate, Kate, Brutto.
 

	Netto	%	Tavoitehinta	% Kate	Kate	Brutto
	1 302 103,07		1 302 103,07			1 302 103,07
	540 799,75		540 799,75			540 799,75
	793 096,56		793 096,56			793 096,56
	12 500,00		12 500,00			12 500,00
Σ	2 648 499,38		2 648 499,38			2 648 499,38
- Lisätietoja:** A section for additional information, currently empty.
- Tietue Arvo:** A list of items and their values.
 

Tietue	Arvo
Työtunnit yht.	102 386,93
Omat työtunnit	99 059,84
Alihankinnan kesto	3 214,60
Työn keston kerroin	1,00
Työn lopullinen kesto	99 059,84
Mat. kerroin	1
Työkerroin	1
Alih. kerroin	1
Muut kust. kerroin	1
Valuutta	
EUR	1
Laskentatarikuu	0.01
Asiakkaan tilausnumero	
BSM projekti	
Sopimus nro	
Tulosyksikkö	
Asiakaskohderyhmä	
Projektityyppi	
Laskutusaste	
- Buttons:** "Loppusivu", "Optimoinnit", "Päivitä", "Tallenna", "Peruuta".

Kuva 6.7. Tarjouksen tiedot.

Tarjouksen loput määrittelyt suoritetaan loppusivun kautta. Loppusivu on taulukkolaskennasta tuttu taulukko, joka voidaan muokata erityyillisille laskennoille sopivaksi. Siihen pystytään tuomaan tietoa laskennasta ja sillä voidaan syöttää tietoa laskentaan. Tässä tapauksessa halutaan saada laskentadata ulos ohjelmasta katteettomana ja jaoteltuna halutulla tavalla. Että laskennan tulos saadaan ulos Brokerista halutussa muodossa, täytyy laskennan loppusivu rakentaa soveltuvaksi. Aiemmin käytössä olleet pohjat eivät tähän sovellu ja loppusivu täytyikin koodata uusiksi.

Tavoitteena loppusivun ulkoasussa oli selkeys ja yksinkertaisuus. Kun suurimman osan laskentakomponenteista on sisällytetty nimikkeisiin ja tuotteisiin, ei loppusivulla tarvitse syöttää kuin muutamia tietoja. Mahdollisuus katelaskennan suorittaminen haluttiin säilyttää myös tässä, joten katetiedot voi syöttää loppusivulla. Matkapituudet vaihtelevat projekteittain, joten niiden syöttö jätettiin tähän vaiheeseen, ettei yksiköihin tarvitse tehdä muutoksia joka projektissa, joka olisi suuritöistä ja ongelmallista. Muut korvaukset on sisällytetty tuotteisiin. Muodostettu loppusivun hinnoitteluvälilehti nähdään kuvasta 6.8.

Asiakas	Tarjousnro	Tarjouksen nimi	Laskija	Aloitettu	
	000616	Esimerkkilaskenta	Jarkko Nevalainen	0.00.00	
Lasketut tarvikkeet netto			1 302 103,07 €		
Laskettu työ netto			419 079,44 €		
Laskettu alihankinta netto			766 130,31 €		
Lasketut asentajatunnit yht.			68 919,29 h		
TARJOUKSEN HINNOITTELU					
	BROKER	KATE %	NETTO €	KATE €	BRUTTO €
TYÖ		0,0	419 079,4	0,0	419 079,4
MATERIAALI		0,0	1 302 103,1	0,0	1 302 103,1
ALIHANKINTA		0,0	766 130,3	0,0	766 130,3
MATKAKULUT		0,0	555,0	0,0	555,0
MUUT KUSTANNUKSET		0,0	0,0	0,0	0,0
YHTEENSÄ			2 487 867,8	0,0	2 487 867,8
				ALV 23%	572 209,6
				TARJOUSHINTA SIS. ALV:N 23%	3 060 077,4

Kuva 6.8. Brokerin loppusivun hinnoittelu-välilehti.

### Loppuraportointi

Brokerista saadaan laskennan yhteenveto tallennettua ja tulostettua raportointityökalun avulla. Raportointityökalusta löytyy kymmenen erilaista raportointitapaa, osa vain sisäiseen käyttöön ja osa voitaisiin luovuttaa suoraan tarjouksessa esimerkiksi liitteenä. Raportointityökalulla saadaan aikaiseksi riittävän seikkaperäiset raportit eli siihen ei tarvinnut tehdä muutoksia.

Kassavirran mallintamiseen ja katetasojen tarkasteluun ei haluta muutoksia vanhaan tapaan verrattuna joka on käytössä koko divisioonassa. Eli Brokerin raportointityökalusta saadut kustannuslaskelman tiedot syötetään erilliseen tarjouksen läpikäyntitaulukkoon. Tällä taulukolla muodostetaan G1a päätöksentekopisteessä tarvittavat hinnoitteluperiaatteet, kassavirta ja riskikartoitus. Tämä käydään läpi liiketoimintayksikön johdon kanssa, tehdään tarvittavat muutokset ja hyväksytään tai hylätään tarjouksen jättäminen.

### 6.3. Brokerin käyttö projektilaskennassa

Siirtoverkkoprojektien tarjouslaskentojen vanha osa-aluejako on johdonmukainen, selkeä ja todettu toimivaksi ja sitä ei ole syytä muuttaa. Osa-aluejaon oikeastaan määräävät projektin seurannan tarpeet. Eli minkälaisiin alueisiin työtunnit ja materiaalit saadaan ja halutaan järkevästi eriteltä. Brokerin käyttöä laskennan apuvälineenä lähdettiin suunnittelemaan tältä perustalta. Laskennan osa-alueet on pääpiirteittäin esitelty kohdassa 5.2.

Tarvikkeiden ja alihankintojen hintavertailut tehdään edelleen taulukkolaskennalla. Siellä saadaan muodostettua kokonaishinnat tarvikelajeittain. Nämä kokonaishinnat pystytään

sitten syöttämään Brokerin laskentaan oikeaan paikkaan. Tarvikkeiden hinnat pystyttäisiin syöttämään myös yksitellen Brokerin nimikkeisiin, mutta lopputuloksen kannalta ei ole eroa ja yksittäin syöttäminen olisi huomattavasti hankalampaa. Brokerissa kilpailutus pystytään tekemään myös automaattisesti. Siirtoverkkoprojekteissa tästä ei ole hyötyä, koska tavarantoimittajilla tai urakoijilla ei ole Broker käytössä tai valmiutta sen käyttöön.

Tarjousten syöttö onnistuu myös puoliautomaattisesti. Käytännössä tämä tapahtuu imaisemalla taulukko-muotoinen data ohjelmaan, jolloin kullekin tarviketyypille tallennetaan tarjoajan hinta kyseiseen projektiin. Näin voitaisiin eri tarviketoimittajien hintavertailut tehdä Brokerissa yksittäisen tarvikkeen tarkkuudella. Tällekin ominaisuudelle ei ole sikäli tarvetta, koska tarvikkeet tai alihankinnat ostetaan aina kokonainen tuoteryhmä samalta toimittajalta. Vaikka yksittäinen tarvike olisi toiselta toimittajalta halvempi, sitä ei voida sieltä ostaa, kuten talotekniikassa tehtäisiin. Tarjotut hinnat ovat kokonaistoimituksille, eivätkä päde yksittäiselle osalle. Eri toimittajien tarvikkeet eivät lisäksi ole välttämättä keskenään yhteensopivia. Lisäksi tarjousten puoliautomaattinen syöttö on melkoisen työllistävää, hintavertailujen tekeminen taulukkolaskennalla on ehdottoman perusteltua. Pienempiä tarjouksia varten Brokeriin muodostettiin keskimääräiseen hinnoitteluun perustuvat yksiköt yleisimmille tarvikkeille.

Tarjouslaskennan toteutus alkaa muodostamalla uusi tarjous kyseessä olevan asiakkaan alle. Tämän jälkeen tarjous positioidaan kohdan 5.1 mukaisesti. Tarjouslaskentaa suoritetaan hyödyntämällä nimikkeitä ja tuotteita, tarvittava osa siirretään tarjouksen alle sopivaan positioon. Myös vanhojen tarjouksien kokonaisuuksia voidaan hyödyntää. Kun kaikki työvaiheet on laskettu, eli nimikkeet ja tuotteet siirretty tarjouksen alle on tarjouslaskenta lähes valmis. Loppusivun kautta syötetään vielä tarvittavat kulkemiset. Tarjouksen yhteenveto saadaan nyt raportoitua ulos esimerkiksi pdf:ksi tai paperille ja siirtää laskentadata eteenpäin.









Itse tarjouslaskennan tekeminen Brokerilla on kätevää. Usein tarjouksissa toistuvat samat elementit ja osa-alueiden kopioiminen vanhoista tarjouksista on nopeaa. Yksittäisten hintojen muokkaaminen on taas hankalaa tehdä käsin, jokainen hinnan korjaus vaatii nimikkeen käsin etsimisen, oikean toimittajan valitsemisen ja usean hiiren klikkauksen. Mutta tämä ei muodostu ongelmaksi kun hintavertailut suoritetaan taulukkolaskentaa hyväksi käyttäen ja siirretään könttähintoina Brokeriin.

#### 6.4. Brokerin käyttö kunnossapitolaskennassa

Kunnossapitotarjouskyselyitä annetaan pääasiassa kahta eri tyyppiä. Yleisin tapa kysyä hintoja on yksikköhintainen kysely jossa ei tiedetä tarkkaan tai ollenkaan korjattavien yksiköiden määriä. Toinen vaihtoehto on kysellä kunnossapito paketteina, tällöin kunnossapitokohteiden määrä ja sijainti on tiedossa.

Kyseltävät kunnossapitoyksiköt eroavat jonkun verran verkkoyhtiöiden välillä, mutta yhteensä noin sadalla kunnossapitoyksiköllä voidaan hoitaa pääsääntöisesti kaikki tarjoukset. Nämä yksiköt ohjelmoimalla Brokeriin, pystytään muodostamaan sekä yksikköhintainen tarjous että laskemalla kunnossapitopaketeille hinta. Kuvasta 6.9 nähdään esimerkkejä yksittäisistä voimajohtojen kunnossapitotöistä. Vastaavilla yksikköhintatöillä voidaan muodostaa koko kunnossapitotarjous.

Kunnossapitotarjouksiin sisältyy monesti myös varallaoloa ja tarkastustöitä. Nämä kyselyt ovat usein yksilöllisiä ja niiden hinnoittelu sekä laskennan toteutustapa on suunniteltava joka kerta uudestaan. Nämä laskelmat ovat usein suhteellisen yksikertaisia toteuttaa taulukkolaskentaohjelmalla eikä ole hyötyä suorittaa niitä monimutkaisemmin Broker Estimatussa. Niiden ohjelmointi ohjelmaan jätettiin tässä tutkimuksessa tekemättä edellä mainitusta syystä.

 VJ_KUPI084	Pylväät, Ukkosulokkeen U-pultin vaihto	kpl
 VJ_KUPI085	Pylväät, Ukkosulokkeen vaihto 110 - 220 kV	kpl
 VJ_KUPI086	Pylväät, Suurten kilpien asennus/vaihto	kpl
 VJ_KUPI087	Pylväät, Pienten kilpien asennus/vaihto	kpl
 VJ_KUPI088	Pylväät, Linnunpesän poisto	kpl
 VJ_KUPI100	Harukset, Yläharusköyden vaihto 110 kV	kpl
 VJ_KUPI101	Harukset, Alaharusköyden vaihto 110 kV	kpl
 VJ_KUPI102	Harukset, Kalliolenkin vaihto	kpl

Kuva 6.9. Esimerkkejä voimajohtojen kunnossapitoyksiköistä.

Kunnossapitolaskennan kannalta Broker toimii melko hyvin. Tarjouspaketin kokonaishinnan saa laskettua suhteellisen kätevästi; yksikköjä on nopea lisätä laskentaan ja määrien asettaminen käy sinänsä ihan kätevästi.

#### 6.5. Laskentatapojen vertailu

Tuloksien vertailua varten tehtiin kolme erillistä laskelmaa, yksi sähköasemaprojekti, yksi voimajohtoprojekti ja yksi voimajohtojen kunnossapitolaskelma. Vertailutuloksissa tulee ottaa huomioon, että nämä Broker Estimaten yksiköt on tehty kyseistä projektia varten, eli suoritteet sisältävät kyseiseen projektiin sopivat määrät työtä, päivärahoja, majoitusta

ja alihankintaa. Projektit ovat kuitenkin yksilöllisiä, joten yksiköiden muokkaamista tarvitaan projektikohtaisesti että saadaan luotettava laskutulos. Voimajohdoista tehtiin kahden projektiin laskenta joissa molemmissa käytettiin ensimmäisen projektiin rakennettuja tuotteita. Tällä pyrittiin vertailemaan pystytäänkö samoja yksiköjä käyttämään kaikissa laskennoissa.

### 6.5.1. Sähköasema

Sähköaseman kustannuslaskennan esimerkilaskelman tekoon käytettiin keskisuurta projektia. Projekti oli suhteellisen monimutkainen 110 kV kytkinlaitos joka sisälsi paljon erityylistä rakentamista ja näin myös erilaista laskentaa. Tässä projektissa maanrakennustyöt eivät sisällyneet toimitukseen, maanrakennus-rivi taulukossa 6.5 sisältää pelkästään perustustyöt.

Taulukko 6.5. Sähköasemaprojektin laskentatapojen vertailu.

	Perinteinen laskenta	Broker Estimate	Ero	Ero %
Projektointi	233 250 €	234 075 €	825 €	0,35 %
Suunnittelu	112 500 €	105 618 €	- 6 882 €	-6,12 %
Maanrakennus	951 023 €	951 024 €	1 €	0,00 %
Pylväsmateriaalit	193 849 €	193 849 €	- 0 €	0,00 %
Johdin- ja kaapelimateriaalit	337 467 €	337 467 €	- €	0,00 %
Laitteet	771 901 €	755 144 €	- 16 757 €	-2,17 %
Releet	288 481 €	288 481 €	- €	0,00 %
Apujärjestelmät	178 200 €	178 200 €	- €	0,00 %
Asennukset	650 213 €	650 213 €	- €	0,00 %
Koestukset	139 950 €	139 950 €	- €	0,00 %
Yhteensä	3 856 833 €	3 834 019 €	- 22 814 €	-0,59 %

Taulukosta 6.5 nähdään että laskentatarkkuudeltaan Broker Estimate soveltuu myös sähköasemaprojektien kustannuslaskentaan. Sähköasemaprojektien laskentatavan erot verrattuna voimajohtoprojektien tarjouslaskentaan mahdollistaa samojen laskentayksiköiden käyttämisen eri projekteissa. Eli sähköasematarjousta laskiessa ei tarvitse tehdä muutoksia valmiiksi muodostettuihin paketteihin.

### 6.5.2. Voimajohto

Voimajohtolaskennan esimerkkiprojektina käytettiin keskikokoista 110 kV projektia joka oli riittävän monimuotoinen ja sisälsi monen tyyppisiä rakenteita. Laskenta oli aiemmin

tehty perinteisesti ja tässä yhteydessä se tehtiin uudestaan käyttäen Broker-tarjouslaskentaohjelmistoa. Taulukosta 6.2 on esitetty vertailun tulokset.

Taulukko 6.2. Voimajohtoprojektin laskentatapojen vertailu.

	Perinteinen laskenta	Broker Estimate	Ero	Ero %
Projektointi	65 545 €	64 614 €	- 930 €	-1,42 %
Suunnittelu	25 924 €	25 922 €	- 1 €	-0,01 %
Maanrakennus	453 913 €	453 913 €	0 €	0,00 %
Pylvästyöt	643 771 €	641 428 €	- 2 343 €	-0,36 %
Johdintyöt	564 605 €	566 237 €	1 632 €	0,29 %
Muut työt	77 836 €	76 641 €	- 1 195 €	-1,54 %
Purkamiset	47 505 €	47 822 €	317 €	0,67 %
<b>Yhteensä</b>	<b>1 879 098 €</b>	<b>1 876 578 €</b>	<b>- 2 520 €</b>	<b>-0,13 %</b>

Taulukosta 6.2 nähdään, että ohjelman laskentatarkkuus on hyvää luokkaa kokonaisuuden kannalta tässä tapauksessa. Erot ovat pieniä tai olemattomia. Nähdään että laskentatarkkuuden perusteella ohjelma toimii hyvin, jos laskettavat yksiköt ovat muodostettu oikein.

Taulukko 6.3. Toisen voimajohtoprojektin laskentatapojen vertailu.

	Perinteinen laskenta	Broker Estimate	Ero	Ero %
Projektointi	82 447 €	72 929 €	- 9 518 €	-11,54 %
Suunnittelu	25 510 €	24 662 €	- 848 €	-3,32 %
Maanrakennus	381 836 €	380 993 €	- 844 €	-0,22 %
Pylvästyöt	371 064 €	409 325 €	38 260 €	10,31 %
Johdintyöt	250 880 €	247 539 €	- 3 341 €	-1,33 %
Muut työt	53 205 €	54 360 €	1 155 €	2,17 %
<b>Yhteensä</b>	<b>1 164 942 €</b>	<b>1 189 807 €</b>	<b>24 864 €</b>	<b>2,13 %</b>

Taulukosta 6.3 nähdään toisen voimajohtoprojektin laskenta, joka on tehty hyväksikäyttämällä edellistä laskentaa varten luotuja yksiköitä. Nähdään että erot ovat huomattavasti suurempia. Vaikka kokonaisuudessa laskentatulosten ero jää 2,13 prosenttiin, on suurimmat erot prosenteissa 11,54 % ja 10,31 %. Näin suuret heitot tarjouslaskennassa

eivät ole hyväksyttävissä. Tästä nähdään että yksiköt olisi vähintäänkin tarkistettava jokaisen laskennan yhteydessä ja tarvittaessa tehtävä sopivat muutokset.

### 6.5.3. Kunnossapito

Kunnossapitolaskennan esimerkkiprojektina käytettiin suurehkoa voimajohtojen kunnossapitolaskentaa, jossa oli useita kymmeniä yksikköjä. Koska yksiköt pystyttiin muodostamaan Brokeriin täysin samalla tavalla kuin taulukkolaskennassa, eroja ei muodostu rahallisesti ollenkaan. Vaikka tiedossa oli että eroa ei pitäisi olla, tehtiin vertailu tarkistuksen takia. Taulukosta 6.4 voidaan nähdä esimerkkiprojektin lopputulokset satunnaisilla yksiköiden volyyymeillä, yksiköiden määrä esimerkissä oli 47 kappaletta. Siitä nähdään että laskentatulokset on sama riippumatta laskentavälineestä.

Taulukko 6.4. Kunnossapitolaskennan vertailu.

	Perinteinen laskenta	Broker Estimäte	Ero	Ero %
Alihankinta	103 100 €	103 100 €	0 €	0,00 %
Materiaalit	48 760 €	48 760 €	0 €	0,00 %
Työt	303 359 €	303 359 €	0 €	0,00 %
<b>Yhteensä</b>	<b>455 219 €</b>	<b>455 219 €</b>	<b>0 €</b>	<b>0,00 %</b>

Kunnossapitolaskennan päätavoite on kuitenkin määrittää kysytyille yksiköille yksikköhinnat tai kunnossapitopakettitarjouksen tapauksessa hinnoitella korjaustapaukset yksilöllisesti. Kun yksikköhintojen sisältö (eli sen sisältämät määrät työtunteja, alihankintaa ja niin edelleen) on määritetty, on sinällään sama että millä ohjelmistolla yhteenlaskua suorittaa. Ohjelmien käytettävyys ja toimivuus on ratkaisevassa asemassa.

Sähköasemien kunnossapidosta ei erillistä laskelmaa tehty. Sähköasemien kunnossapidot kilpailutetaan hyvin samanlaiseen tapaan kuin voimajohtoilakin. Ei ole nähtävissä asioita mikä muuttaisi voimajohtokunnossapitolaskennan tuloksia, vaan niitä voidaan soveltaa suoraan sähköasemakunnossapitolaskennan suorittamisessa.

### 6.6. Maksuerätaulukon ja kassavirran optimointi

Jos asiakas ottaa huomioon rahoituksesta aiheutuvat kulut tarjousvertailussa, eli laskee rahoituskulut maksetuille erille projektin loppuun kaavan 6.1 mukaisesti. Eli jokaiselle maksuerälle lasketaan korkokulut projektin loppuun asti. Tällöin kassavirran optimoinnilla voidaan saavuttaa selkeää etua. Varsinkin isoissa ja pitkissä projekteissa aikataulun ja maksuerien tarkalla suunnittelulla parannetaan mahdollisuuksia pärjätä tarjouskilpailussa. Rahoituskuluja voidaan tietysti pienentää pitämällä kassavirta negatiivisena.



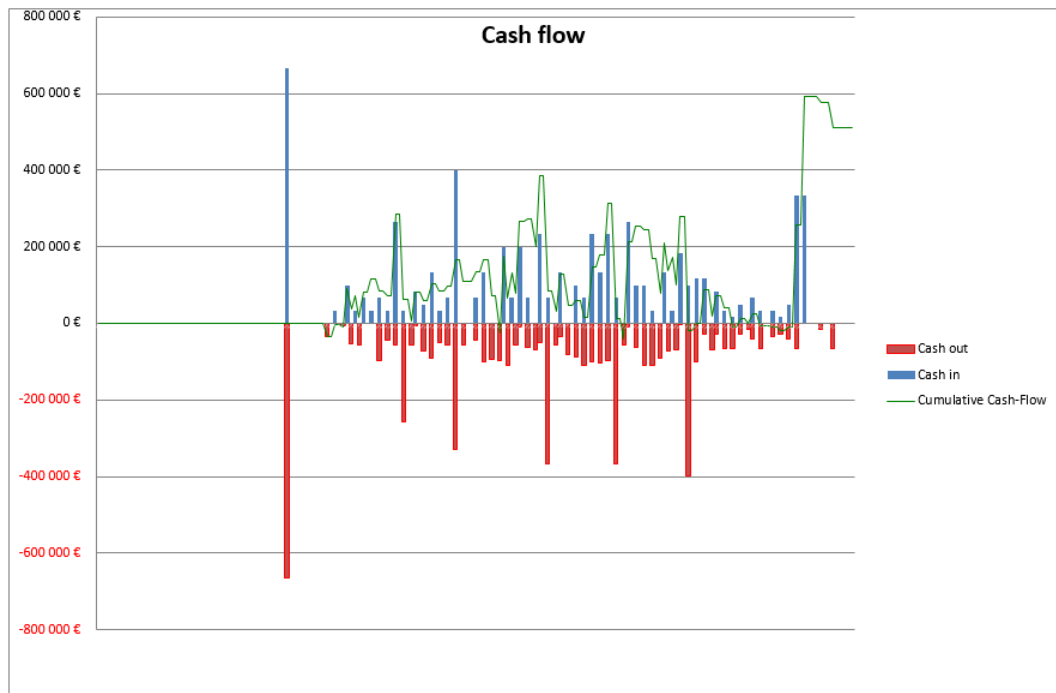
Yrityksen omaa rahoitusta helpottaa kuitenkin projektien kassavirtojen pysyminen mahdollisimman suurelta osin positiivisena.

$$Rahoitus = \sum \left[ \text{Maksuerä} * \frac{\text{korke}\%}{365} * (\text{valmistumis}pvm - \text{laskutus}pvm) \right] \quad (6.1)$$

Suurimmat asiakkaat, eli valtioiden kantaverkot, ottavat rakennusaikaiset rahoituskustannukset huomioon tarjouksien vertailussa. Useiden kymmenien miljoonien arvoisten projektien laskennalliset rahoituskulut yleisesti käytetyllä 6 % laskentavuosikorolla voi nousta miljooniin euroihin. Tietysti rahoituskustannukset lasketaan kaikille tarjouskilpailuun osallistujille, mutta erot voivat olla silti huomattavia. Esimerkiksi eräässä Svenska Kraftnätin kilpailutuksessa pienimmän ja suurimman rahoituskustannuksen erotus vastasi noin 3,1 prosenttia kyseisen tarjouskilpailun voittaneen yrityksen vertailuhinnasta.

Kassavirran optimointi voidaan suorittaa aikataulutamalla projekti jo tarjousvaiheessa tarkasti. Työvaiheiden ajankohtien suunnittelu on tärkeässä osassa. Jos projektin osa-alue voidaan siirtää myöhemmin tehtäväksi, saadaan rahoituskustannuksia pienennettyä ja täten kilpailukykyä tarjousvertailussa parannettua. Tarkalla aikataululla pystytään ajoittamaan kulut tarkasti oikeaan ajankohtaan ja kulujen perusteella muodostamaan maksuerät sekä ajoittamaan niiden ajankohdat sopivasti. Näin pystytään muodostamaan projektille kassavirta mikä pysyy positiivisena koko projektin ajan. Toisaalta laskutusta ei pidä yrittää saada liian etupainotteiseksi, etupainotteisuus kasvattaa rahoituskustannuksia.

Kuvassa 6.10 on tasapainoisesti suunniteltu kassavirta. Sinisellä merkityt palkit ovat tuloja ja punaiset palkit menoja. Kumulatiivinen kassavirta on esitetty vihreällä viivalla. Voidaan todeta että kassavirta pysyy pääsääntöisesti positiivisena. Kohdat, jolloin se on negatiivinen, ovat lyhyitä sekä määrät ovat pieniä.



Kuva 6.10. Tasapainoinen projektin kassavirta.

Kassavirtaa ja laskentaa tehdessä suuriin ja pitkiin projekteihin voi olla syytä ottaa huomioon inflaatio ja kulujen kasvu. Työn hinta ei ole kahden vuoden päästä enää sama kuin nykyään, kasvu voi olla useita prosentteja. Inflaation eli kuluttajahintojen vuosimuutoksen suuruus oli 1,1 % huhtikuussa 2014. (TK 2014)

Eräs tärkeä indikaattori siirtoverkkoprojekteille on maanrakennuskustannusindeksi. Maanrakennuskustannukset voivat vastata usean kymmenen prosentin osuutta kustannuksista. Laskennassa on huomioitava kustannusten kasvu, jos ei saada solmittua kiinteitä hintoja koko toimituksen ajalle. Huomiointi voidaan tehdä esimerkiksi indeksien avulla. Maanrakennuskustannukset ovat kasvaneet 12,8 % vuodesta 2010. (TK 2014)

### 6.7. Tarjouslaskennan kustannuksien seuranta

Nykyisellään tarjouslaskennan kustannuksien seuranta ei pysty erittelemään projekti-kohtaisesti. Isoissa tarjouslaskennoissa voisi olla järkevää ottaa käyttöön tarjouslaskennan alatyönumeroita, joihin kulut voisi tiliöidä.

Isoissa tarjouslaskennoissa kulut ja resurssitarpeet kasvavat suuriksi, seurannasta saatavia tietoja voitaisiin käyttää G0-päätöksenteon tukimateriaalina. Tällöin olisi tiedossa laskennasta aiheutuva kustannus sekä resurssimäärät mitä laskenta sitoo pois muiden projektien käytöstä. Monesti samat resurssit ovat jo muiden projektien käytössä täysin

työllistettyinä. Tarjouslaskennoilla on yleensä kiire ja se saattaa aiheuttaa muiden projektien syrjäyttämistä ja niiden mahdollisia myöhästymisiä. Jos nähdään että tarjottavaksi tullut projekti ei sovi strategiaan tai voittamisen todennäköisyys on pieni, voi olla järkevää jättää tarjous laskematta.

Normaalikokoiset, tai pienetkin tarjouslaskennat, voivat sitoa yllättävän suuria määriä resursseja ja aiheuttaa näin kustannuksia. Suunnittelutunteja tarjouslaskennan tarvitsemien materiaalien tuottamiseen menee monesti useita kymmeniä. Tarjouslaskija käyttää tunteja myös useita kymmeniä. Lisäksi vielä hankinta kilpailuttaa materiaalit. Siihenkin menee aikaa useita päiviä että kaikki tarjouskyselyt on tehty ja lähetetty sekä että tarjoukset on käyty läpi ja vertailut tehty.

Pienenkin tarjouslaskennan toteuttamiseen menee useita tuhansia euroja rahaa. Taulukosta 6.6 voidaan nähdä karkeasti lasketut kulut erikokoisille tarjouslaskennoille. Suuren tarjouksen tuottaminen voi aiheuttaa kuluja 20 000 – 30 000 euroa.

Taulukko 6.6. Tarjouslaskennasta aiheutuvat arvioidut kustannukset.

	Pieni (<0,5M€)	Keskisuuri (0,5-5M€)	Suuri (>5M€)
Hankinta	- €	1 600 €	4 800 €
Suunnittelu	640 €	1 600 €	6 400 €
Tarjouslaskenta	1 600 €	4 800 €	9 600 €
Maastokartoitus	595 €	675 €	2 760 €
Projektointi	- €	680 €	3 400 €
<b>Yhteensä</b>	<b>2 835 €</b>	<b>9 355 €</b>	<b>26 960 €</b>

Pienen tarjouksen laadinnassa ei yleensä kilpailuteta materiaaleja tai käydä projektia läpi tulevan työn johdon kanssa, joten hankintaan ja projektointiin ei muodostu kuluja. Yleisin projektityyppi on keskisuuret projektit. Karkeasti laskettuna keskisuuren tarjouksen tuottaminen maksaa yritykselle vajaat 10 000 euroa. Toisaalta varsinkin suunnittelun osalta voidaan ajatella, että mitä pidemmälle ja paremmin suunnittelu tehdään tarjousvaiheessa, sitä vähemmän tekemistä on projektia käynnistäessä. Eli voitetuissa projekteissa suunnitteluun investoidut rahat saadaan takaisin.

### 6.8. Projektin kustannus seurannan toteutus

Tarjouslaskennan tuottaman laskentadataa käytetään budjetoinnin pohjana. Laskentadatan siirtäminen pois laskentaohjelmasta onkin pakollista projektin toteutusvaiheessa, jollei laskentaohjelmassa pystytä tekemään kustannus seurantaa.

Broker Estimate ohjelma ei sisällä projektin kustannusseurannan toteuttamista. Jos ohjelma otetaan käyttöön, projektin jälkiseurannalle pitää kehittää toinen toteutus. Hyvä tapa on jatkaa taulukkolaskentaohjelmiston käyttöä sen toteuttamiseen. Taulukkolaskennan hyviä puolia ovat sen helppokäyttöisyys, ohjelmien yleisyys ja taulukkojen visuaalisesti yksinkertainen esitystapa. Jos projekti saadaan toteutukseen, esimerkiksi tarjouslaskija voi siirtää kustannuslaskelman taulukkolaskelmaan alityönumeroittain. Tällöin Brokeria ei tarvitse kouluttaa koko projektihenkilöstölle ja projektien kustannusseuranta voidaan toteuttaa riittävän tarkalla tasolla.

## 7. Johtopäätökset

Tutkimuksen tavoitteena oli kehittää asiakasyrityksen tarjouslaskentaa siirtoverkkoprojekteissa. Tarkemmin haluttiin tarkastella Broker Estimate ohjelman käyttöönottoa. Tässä kappaleessa käsitellään tutkimuksen tulokset ja jatkotoimenpidesuositukset.

### 7.1. Kustannuslaskentatapojen vertailu ja tulokset

Tutkimuksen ensimmäinen osuus oli tutkia sopiiko Broker Estimate -ohjelma siirtoverkkoprojektien kustannuslaskentaan. Ohjelma oli aiemmassa käytössä muilla yrityksen osastoilla ja siksi tuttu yritykselle. Tavoitteena oli myös tutkia onnistuuko laskenta ohjelman avulla pienemmillä tiedoilla kyseisten projektien toteuttamisesta.

Työssä tehtiin vertailuna kolme erilaista projektilaskentaa, kaksi voimajohdoista ja yksi sähköasemista sekä yksi vertailulaskenta kunnossapidosta. Vertailujen tuloksena huomattiin, että laskentatarkkuudeltaan Broker on pätevä myös siirtoverkkoprojektien tarjouslaskennan toteutukseen. Brokeria on myös suhteellisen helppo alkaa käyttämään kun sinne on syötetty tarvittavat työyksiköt ja materiaalihinnat.

Tutkimuksen tuloksena tultiin lopputulokseen että ohjelma ei sinällään suoraan sovi siirtoverkkolaskennan suorittamiseen. Ohjelman tapa suorittaa laskelma nimikkeiden ja tuotteiden avulla aiheuttaa sen, että käytettävät tuotteet jouduttaisiin jokaisessa laskelmassa tarkistamaan ja korjaamaan kyseistä laskemaa vastaaviksi. Jos korjauksia ei tehdä, laskennan lopputulos ei muodostu oikeaksi. Tarkastuksien ja muutoksien suorittamisen työmäärä on suuri ja virheiden vaara ilmeinen. Jos työ kuitenkin halutaan tehdä, on Broker käyttökelpoinen työkalu kustannuslaskennan toteuttamiseen.

Työssä tehtiin yksi kunnossapidon vertailulaskenta. Tuloksena oli, että Broker soveltuu laskentatarkkuudeltaan hyvin kunnossapitokokonaisuuksien laskentaan. On kuitenkin huomattava, että tämän tyyppinen laskenta on käytännössä vain kertomista ja yhteenlaskua joten oli odotettavissa että eroja ei voi muodostua. Itse kunnossapitoyksiköiden muodostamiseen Broker toimii välttävästi, muodostus on hieman monimutkaisempaa ja hitaampaa kuin taulukkolaskentaohjelmistossa.

Kun tutkimusta lähdettiin tekemään, eräs näkökanta johon tutkimuksen haluttiin ottavan kantaa, oli että voidaanko ohjelman avulla muodostaa kustannuslaskentaa pienemmillä tiedoilla itse rakentamisesta kuin taulukkolaskentaohjelmistoilla. Ohjelman käyttäminen vaatii kuitenkin vähintään saman määrän tietoa itse rakentamisen suorittamisesta kuin

vastaavien laskelmien suorittaminen taulukkolaskentaohjelmistolla. Itseasiassa ohjelmasta virheiden havaitseminen on vaikeampaa kuin taulukkolaskentaohjelmistosta, joten voidaan sanoa että tietoa ja kokemusta pitää olla jopa enemmän.

Tutkimuksen lopputulos ohjelmasta oli, että se on sinällään laskentatarkkuudeltaan hyvä, mutta käytettävyydeltään huono. Kun taulukkolaskentaohjelmassa muokkaa esimerkiksi hintaa tai määrää, tarvitsee muuttaa yhden solun arvoa. Brokerissa saman tekeminen vaatii usean klikkauksen tekemistä ja mahdollisesti osa-alueen poistoa tarjouksesta ja sen sinne uudestaan lisäyksen.

### ***Muita huomiota Broker Estimate-ohjelmistosta***

Tutkimuksen yhteydessä tehtiin tutkimuksen suorittamisen yhteydessä myös muita huomioita ohjelman toimivuudesta sekä hyvistä ja huonoista puolista. Huomioita tehtiin seuraavista asioista:

- Eräs tutkimuksessa eteen tullut ongelma oli, että toimisto-ohjelmistoissa yleinen kumoa tai undo-toiminto puuttuu. Tämän sinällään yksinkertaisen toiminnon puuttuminen voi aiheuttaa virhetapauksessa paljonkin työtä.
- Ohjelmassa on jonkun verran bugeja. Se kaatui useita kertoja tutkimusta tehdessä. Onneksi ohjelma kuitenkin tallentaa kaiken datan heti kun se on syötetty eli sitä ei pääse katoamaan.
- Tab-näppäimellä siirtyminen seuraavaan täytettävään soluun ei täysin toimi. Väliillä kursori hyppää jonnekin taustalle ja ohjelman joutuu käynnistämään uudestaan käyttöä jatkaakseen.
- Jonkun verran ominaisuuksia puuttuu. Esimerkki: on muodostettu hintayksikkö vaikkapa työmaakopille kuukausihinnalla. Ohjelmassa on mahdoton lisätä samalla kululajille kahta yksikköä työmaakoppeja kuukausihinnalla. Tämä voidaan kiertää luomalla uusi nimike tai tuote, joka sisältää kaksi työmaakoppia.
- Eräs suuri ongelma mikä tuli esiin oli että hinta ei välttämättä päivity olemassa olevaan tarjoukseen. Jos olet luonut tarjouksen ja huomaat että jotain hintaa ei ole päivitetty, joutuu hinnan päivitettyään kaikki tämän tyyppin yksiköt poistamaan tarjouksesta ja lisäämään uudelleen.

Lisäksi ohjelmassa pisti silmään virheiden teon suuri mahdollisuus ja niiden huomaamisen vaikeus. Varsinkin ulkopuolisen on todella vaikea saada selkoa laskelman sisällöstä sekä vaikea huomata virheelliset määrät tai hinnat. Kustannuslaskennan avoimuus kärsii tällöin selkeästi tai sitten ohjelma pitäisi kouluttaa myös laskelmien tarkastajille ja käyttäjille kuten projektipäälliköille.

## 7.2. Tarjouslaskentaprosessin kehityskohdat

Tutkimuksen toisena tavoitteena oli tutkia yleisemmin tarjouslaskentaprosessin toimintaa siirtoverkkoprojekteissa ja tehdä huomioita sekä kehitysehdotuksia tarvittaessa.

Ensimmäinen tehty huomio on, että tarvikkeiden kilpailutus ja oikeiden toimittajien valinta on elintärkeää jo tarjousvaiheessa. Hintojen heittely on suurta ja vanhojen tarjousten hinnat eivät välttämättä pidä paikkaansa lyhyenkään ajan kuluttua. Tämä voi aiheuttaa markkinahintatason kadottamista kumpaankin suuntaan. Liian kalliilla hintatasolla projektit jäävät saamatta ja liian halvalla hintatasolla projektit katoavat putoavat jopa tappiolle. Hankintoja on myös syytä niputtaa aina kun mahdollista. Kun määrät suurenevat, hinnat yleensä putoavat.

Toinen huomio liittyy riskiarviointeihin. Riskiarviointien suorittaminen on ollut hyvällä tasolla jo aikaisemmin. Riskejä on kartoitettu ja arvioitu tarjousvaiheessa, sekä niihin on tehty varaukset projekteja käynnistettäessä. Riskiarviointia voidaan kuitenkin vielä parantaa. Yksinkertaisella kolmen pisteen PERT-arvioinnilla voidaan parantaa riskiarviointia. Tämä arviointitapa ottaa huomioon sen mahdollisuuden että joku riski voi realisoitua todella suurena, pienenä tai jopa positiivisena. Riskien raportointia voitaisiin myös kehittää. Riskin realisoituessa, sen kulut selvittämällä saataisiin arvokasta tietoa tarjouslaskennan käyttöön. Tutkimuksessa on otettu kantaa myös riskien tunnistamisen monipuolistamiseen. Käyttöön voitaisiin ottaa esimerkiksi kysymyslistat riskien tunnistamiseksi. Tutkimus suosittelee PERT-menetelmän käyttöönottoa ja paneutumista riskien raportointien selvitykseen sekä riskien tunnistukseen.

Kolmas huomio liittyy kassavirtaan ja aikataulutukseen. Tutkimuksen tuloksena huomattiin, että varsinkin pitkäkestoisissa projekteissa rahoituskustannukset voivat nousta merkittäviksi. Näissä projekteissa aikataulutus ja maksuerät on syytä suunnitella tarkasti että rahoituskustannukset saadaan minimoitua kassavirran pysyessä yhä positiivisena. Rahoituskustannusten minimoinnilla edesautetaan kilpailussa pärjäämistä.

Neljäs huomio liittyy yrityksessä käytössä olevaan projektimalliin ja varsinkin projektimallin G0 päätöksen tekopisteeseen. G0 pisteessä päätetään lähdetäänkö tarjoamaan kyseistä projektia. G0-pisteen tärkeyttä tulisi korostaa entisestään ja lähteä tarjoamaan vain projekteja jotka halutaan voittaa.

Viides huomio tehtiin tarjouslaskennan kustannuksia selvittäessä. Tällä hetkellä ei ole tarkkaa seuranta kuinka kustannuksia pystyttäisiin määrittämään. Voisi olla järkevää

toteuttaa kustannusseuranta esimerkiksi muutamasta tarjouslaskennasta. Näin saataisiin tietoa muun muassa G0-päätöksen tueksi.



## 8. Yhteenveto

Tässä diplomityössä käsitellään sähköasema- ja voimajohtoprojektien kustannuslaskennan toteuttamista ja sekä asiakasyrityksen tarjouslaskentaprosessin toimivuutta. Tarkastelu haluttiin tehdä, että nähdään onko yrityksen siirtoverkkoliiketoimintojen prosesseissa, työskentelytavoissa tai käytettävissä työkaluissa kehittämisen varaa.

Työn teoriaosuuden aluksi käydään läpi Suomen sähkönsiirtojärjestelmää. Kappaleessa on esitetty katsaus siirtoverkon nykytilasta sekä analysoitu syitä miksi sähkönsiirtojärjestelmää kehitetään ja halutaan kehittää, sekä selvitetty lähitulevaisuuden suuria hankkeita.

Työn kolmannessa ja neljännessä luvussa käsitellään itse sähkönsiirtojärjestelmän rakentamista. Kolmas luku sisältää osiot siirtojohtojen suunnittelusta, niiden eri rakenteista kuten perustuksista, pylväistä, johtimista ja muista tarvittavista osista. Osiossa käsitellään myös tapoja miten siirtojohtoja rakennetaan. Neljäs luku käsittelee sähköasemia. Siinä käsitellään sähköasemasuunnittelua, sähköasemien erilaisia rakennustapoja, sähköaseman rakenteet sekä sähköasemilla tarvittavat kojeet ja laitteet. Osioista saa kattavat perustiedot sähkönsiirtoverkkojen ja sähköasemien rakentamisesta sekä lähitulevaisuuden tilasta.

Siirtoverkkoliiketoiminta on pääsääntöisesti projektiluonteista. Työ ottaa kantaa projekteissa tällä hetkellä käytössä olevaan projektinjohtomalliin. Siirtoverkkoprojektien kustannusrakennetta analysoidaan ja esitetään näkökantoja mihin alueisiin kustannuslaskennan on syytä keskittyä. Työssä huomioidaan myös riskinhallinnan tärkeys, riskien huomioiminen ja riskinhallinta osaltaan varmistaa että projektit saadaan onnistumaan halutulla tavalla. Tutkimus sisältää kustannuslaskennan kehittämistoimenpiteitä. Siinä esitellään tutkittava Broker Estimate ohjelmisto ja käsitellään sen käyttämistä ja ominaisuuksia. Työssä käsitellään myös muita kehitysehdotuksia tarjouslaskentaprosessin parantamiselle.

Tutkimuskysymykset, johon tutkimuksen haluttiin vastaavan, olivat seuraavat:

- Onko Broker Estimate käyttökelpoinen siirtoverkkoprojektien tarjouslaskennassa?
- Onko tarjouslaskentaprosessissa ongelma- tai kehityskohtia?

Tutkimuksen vastauksena ensimmäiseen tutkimuskysymykseen todetaan että Broker Estimate ohjelmaa ei ole syytä ottaa käyttöön siirtoverkkolaskennassa. Broker Estimate

ei ole käytettävyydeltään ja toimivuudeltaan riittävä siirtoverkkoprojektien tarjouslaskennan toteutukseen.

Vastauksena toiseen tutkimuskysymykseen työssä todettiin että suurempia ongelma- tai kehityskohteita ei löytynyt. Suurin epäkohta, mihin esitettiin parannusehdotuksia, on riskien arviointi sekä tunnistaminen. Pienempiä epäkohtia olivat G0-päätöksentekopisteen käytön lisääminen ja lisätietojen hankkiminen päätöksen tueksi, aikataulutuksen ja kasvavirran optimoinnin tärkeys suurissa tarjouskilpailuissa sekä alihankintojen ja materiaalien kilpailutuksen tärkeys.

Tutkimuksella saavutettiin vastaukset esitettyihin tutkimuskysymyksiin.

## Lähteet

- (Alhola 1994) Alhola, Olavi. 1994. Suomen Sähköurakoitsijaliitto ry. Tarjouslaskennasta urakkasopimukseen, ydinasiat kannattavalle urakointitoiminnalle. 252s. Kustantaja Sähköurakoitsijaliiton Koulutus ja Kustannus Oy. Espoo
- (Artto ym. 2006) Artto K., Martinsuo M. ja Kujala J. 2006. Projektiliiketoiminta. 416s. WSOY Oppimateriaalit Oy, Helsinki.
- (Elovaara ym. 2007) Elovaara J. ja Laiho Y. 2007. 6. painos. Sähkölaitostekniikan perusteet. 487s. Oy Yliopistokustannus, HYY Yhtymä. Helsinki.
- (Elovaara ym. 2011a) Elovaara J. ja Haarla L. 2011. Sähköverkot I, Järjestelmätekniikka ja sähköverkon laskenta. 520s. Oy Yliopistokustannus, HYY Yhtymä. Helsinki.
- (Elovaara ym. 2011b) Elovaara J. ja Haarla L. 2011. Sähköverkot II, Verkon suunnittelu, järjestelmät ja laitteet. 551s. Oy Yliopistokustannus, HYY Yhtymä. Helsinki.
- (EMP 2008a) Empower Oy. 2008. Harustettujen pylväiden perustustyöt. Sisäinen ohje. 9s.
- (EMP 2008b) Empower Oy. 2008. Harustettujen pylväiden kasaus. Sisäinen ohje. 4s.
- (EMP 2008c) Empower Oy. 2008. Harustettujen pylväiden pystytys. Sisäinen ohje. 6.s
- (EMP 2008d) Empower Oy. 2008. Vapaasti seisovien pylväiden kasaus. Sisäinen ohje. 4s.
- (EMP 2008e) Empower Oy. 2008. Vapaasti seisovien pylväiden pystytys. Sisäinen ohje. 5s.
- (EMP 2008f) Empower Oy. 2008. Projektinjohtamisohje. 27s. Perustuu Projektinjohtamiskeskittämisen ABC-projektimalliin.
- (EMP 2013a) Empower Oy. 2013. Työohje johtimien asennukseen. Sisäinen ohje. 17s.

- (EMP 2013b) Empower Oy. Nieminen Pertti. 2013. Hankintaprosessi. Sisäinen ohje. 2s.
- (EMP 2014) Empower Oy. 2014. Empower Group General Presentation. Sisäinen esitys. 11s.
- (EMV 2014) Energiamarkkinavirasto. Sähköverkon haltijat. [Viitattu 17.10.2014] Saatavissa: <http://www.energiavirasto.fi/sahkoverkon-haltijat>
- (ENTSO 2012a) ENTSO-E. 2012. Regional Investment Plan Baltic Sea. 146s. Saatavissa: [https://www.entsoe.eu/fileadmin/user\\_upload/library/SDC/TYNDP/2012/120705\\_BS-RegIP\\_2012\\_report\\_FINAL.pdf](https://www.entsoe.eu/fileadmin/user_upload/library/SDC/TYNDP/2012/120705_BS-RegIP_2012_report_FINAL.pdf)
- (ENTSO 2012b) ENTSO-E. 2012. 10-Year Network Development Plan 2012. 219s. Saatavissa: [https://www.entsoe.eu/fileadmin/user\\_upload/library/SDC/TYNDP/2012/TYNDP\\_2012\\_report.pdf](https://www.entsoe.eu/fileadmin/user_upload/library/SDC/TYNDP/2012/TYNDP_2012_report.pdf)
- (FG 2006) Fingrid Oyj. Fingrid Oyj:n lehti 3/2006. [Viitattu 14.8.2013] Saatavissa: [http://www.fingrid.fi/fi/ajankohtaista/Ajankoh- taista%20liitteet/Yritysolehdet/2006/fingrid\\_3\\_06.pdf](http://www.fingrid.fi/fi/ajankohtaista/Ajankoh- taista%20liitteet/Yritysolehdet/2006/fingrid_3_06.pdf)
- (FG 2007) Fingrid Oyj. 2007. Fingrid johtokartasto 2008. 336s. Affecto Finland Oy, Helsinki.
- (FG 2012a) Fingrid Oyj. Siirtokapasiteetin varmistaminen, kantaverkon kehittämisen ja kunnonhallinnan periaatteet. [viitattu 19.8.2013] Saatavissa: [http://www.fingrid.fi/fi/verkkohankkeet/voimajohtoliitteet/Siirtokapasiteetin\\_varmistaminen.pdf](http://www.fingrid.fi/fi/verkkohankkeet/voimajohtoliitteet/Siirtokapasiteetin_varmistaminen.pdf)
- (FG 2012b) Fingrid Oyj. Kantaverkon kansallinen 10-vuotissuunnitelma. [viitattu 20.8.2013] Saatavissa: [http://www.fingrid.fi/fi/verkkohankkeet/voimajohtoliitteet/Kantaverkon\\_kansallinen\\_10-vuotissuunnitelma\\_12-2012.pdf](http://www.fingrid.fi/fi/verkkohankkeet/voimajohtoliitteet/Kantaverkon_kansallinen_10-vuotissuunnitelma_12-2012.pdf)

- (FG 2013) Fingrid Oyj. Hinta-alueiden yhtenäisyys [viitattu 5.11.2013] saatavissa: <http://www.fingrid.fi/fi/sahkomarkkinat/markkinaintegraatio/hinta-alueiden-yhtenaisyyys/Sivut/Hinta-alueiden-yhten%C3%A4isyys.aspx>
- (FG 2014a) Fingrid Oyj. Voimansiirtoverkko. [viitattu 15.10.2014] Saatavissa: <http://www.fingrid.fi/fi/yhtio/esittely/voimansiirtoverkko/Sivut/default.aspx>
- (FG 2014b) Fingrid Oyj. EstLink 2 on lisännyt huomattavasti Itämeren alueen sähkön siirtoa. [viitattu 27.5.2014] Saatavissa: <http://www.fingrid.fi/fi/ajankohtaista/tiedotteet/Sivut/EstLink-2-on-lis%C3%A4nnyt-huomattavasti-lt%C3%A4meren-alueen-s%C3%A4hk%C3%B6n-siirtoa.aspx>
- (FG 2014c) Fingrid Oyj. Sähkönvienti mahdollista Suomesta Venäjälle joulukuusta lähtien. [viitattu 7.11.2014] Saatavissa: <http://www.fingrid.fi/fi/ajankohtaista/tiedotteet/Sivut/Sähkönvienti-mahdollista-Suomesta-Venäjälle-joulukuusta-lähtien.aspx>
- (FG 2014d) Fingrid Oyj. Fingrid yhtiöesittely: Fingrid välittää. Varmasti. [viitattu 13.11.2014] Saatavissa: <http://www.fingrid.fi/fi/yhtio/esittely/Sivut/default.aspx>
- (Molburg et al. 2007) Molburg J.C., Kavicky J.A. ja Picel K.C. 2007. The Design, Construction, and Operation of Long-Distance High-Voltage Electricity Transmission Technologies. 72s. Argonne National Laboratory, Chicago.
- (Mörsky 1992) Mörsky, Jorma. 1992. 2. painos. Relesuojaustekniikka. 459s. Otatieto Oy, Helsinki.
- (Neilimo ym. 2009) Neilimo K. ja Uusi-Rauva E. 2009. 6.-9. painos. Johdon laskentatoimi. 366s. Edita Prima Oy, Helsinki.
- (Partanen ym. 2012) Partanen J., Viljainen S., Lassila J., Honkapuro S., Tahvanainen K., Karjalainen R., Annala S. ja Makkonen M. 2012. Sähkömarkkinat – opetusmoniste. 88s. Lappeenrannan teknillinen yliopisto.

- (Pelin 2011) Pelin, Risto. 2011. Projektihallinnan käsikirja, 7. painos. 400s. Otavan Kirjapaino Oy, Keuruu.
- (Southwire 2012) Southwire Company, LCC. Guide for Installation of ACSS & ACSS/WE Conductor. 21s.
- (TK 2014) Maanrakennuskustannusindeksi. Tilastokeskus. [viitattu 20.5.2014] Saatavissa:  
[http://www.stat.fi/til/maku/2014/04/maku\\_2014\\_04\\_2014-05-19\\_tie\\_001\\_fi.html](http://www.stat.fi/til/maku/2014/04/maku_2014_04_2014-05-19_tie_001_fi.html)
- (Valli 2006) Valli, Juha-Matti. 2006. Voimasiirtojohtojen asennus kireänävetomenetelmällä. 33s. Tampereen ammattikorkeakoulu.