

**SAVONIA**

ammattikorkeakoulu

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO  
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

# SALAMASIEPPAUSJÄRJESTELMÄN PROJEKTI

TEKIJÄ Riku Martikainen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Tutkinto-ohjelma Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma	
Työn tekijä(t) Riku Martikainen	
Työn nimi Salamasiippausjärjestelmän projekti	
Päiväys 17.5.2023	Sivumäärä/Liitteet 32
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani Caverion Suomi Oy	
<p>Tiivistelmä</p> <p>Tässä opinnäytetyössä tarkasteltiin ulkoisen salamasiippausjärjestelmän toimintaa ja rakentamisen vaiheita, sekä projektinhallinnan perusteita. Tehtävänä oli rakentaa KYS Puijon sairaalan katolle salamasiippausjärjestelmä. Salamasiippausosuudessa tavoitteena oli perehtyä ulkoiseen salamasiippausjärjestelmän toimintaan, komponentteihin ja suunnitteluun. Projektiosuudessa tavoitteena oli selvittää projektinhallinnan perusteet. Tavoitteena oli tehdä salamasiippausjärjestelmälle silmämääräiseen tarkasteluun sopiva tarkastuspöytäkirja.</p> <p>Salamasiippausosuudessa keskityttiin hakemaan tietoa ulkoisen salamasiippausjärjestelmän toiminnasta, komponenteista, suunnittelusta ja rakentamisesta. Tietoa haettiin kirjallisista lähteistä.</p> <p>Projektiosuudessa keskityttiin yleensä projektitoimintaan liittyviin aiheisiin, kuten resursointi, budjetti ja aikataulu. Opinnäytetyön tavoitteena oli luoda tekijälle ja lukijalle käsitys projektin kulusta salamasiippausjärjestelmän projektissa. Projektiosuudessa tietoa haettiin kirjallisista lähteistä ja sovellettiin omaa tietämystä ja kokemuksia.</p> <p>Työn tuloksena saatiin laadittua tarkastuspöytäkirja silmämääräistä tarkastelua varten. Perehdyttiin myös projektinhallinnan perusteisiin ja ulkoisen salamasiippausjärjestelmän toimintaan sekä rakenteeseen.</p>	
Avainsanat salamasiippaus, projekti, projektinhallinta	

Field of Study Technology, Communication and Transport	
Degree Programme Degree Programme in Electrical and Automation Engineering	
Author(s) Riku Martikainen	
Title of Thesis Lightning Arrester System Project	
Date May 17, 2023	Pages/Appendices 32
Client Organisation /Partners Caverion Suomi Oy	
<p><b>Abstract</b></p> <p>This thesis deals with the operation and construction phases of an external lightning arrester system, as well as the basics of project management. The purpose was to build a lightning arrester system on the roof of the KYS Puijon sairaala hospital. In the lightning protection part, the goal was to learn about the operation, components and design of the external lightning arrester system. In the project part, the goal was to learn the basics of project management. The goal was to make an inspection protocol suitable for visual inspection of the lightning arrester system.</p> <p>In the lightning protection section, the focus was on seeking information on the operation and construction of an external lightning arrester system. Information was sought from written sources. In the project part, information was sought from written sources and one's own knowledge and experiences were applied.</p> <p>As a result of the thesis, an inspection protocol was drawn up for visual inspection, and the basics of the project management and the operation and structure of the external lightning arrester system were familiarized with.</p>	
<p><b>Keywords</b></p> <p>lightning protection, project, project management</p>	

## SISÄLTÖ

1	JOHDANTO .....	7
2	ULKOINEN SALAMASIEPPAUSJÄRJESTELMÄ.....	8
2.1	Salaman syntyminen .....	8
2.2	Ulkoisen salamasiippausjärjestelmän toiminta .....	9
2.3	Suojausperusteet .....	9
2.4	LPL-suojaustasot.....	10
2.5	Suunnittelutavat .....	11
2.5.1	Verkkomenetelmä.....	11
2.5.2	Pallomenetelmä .....	12
2.5.3	Suojakulmamenetelmä.....	13
2.6	Komponentit.....	14
2.6.1	Sieppaustangot.....	14
2.6.2	Johtimet.....	15
2.6.3	Maadoitusjärjestelmä .....	16
3	PROJEKTIN KOHDE .....	18
4	PROJEKTIN TOTEUTUS.....	19
4.1	Työturvallisuus .....	20
4.2	Aikataulu .....	20
4.3	Budjetti .....	21
5	PROJEKTIN JOHTAMINEN .....	22
5.1	Projektin aloittaminen .....	23
5.2	Projektin aloittamisen riskit.....	24
5.3	Resursointi .....	24
6	PROJEKTIN SEURANTA .....	26
6.1	Viestintä.....	26
6.2	Työn toteutuminen.....	27
7	YHTEENVETO.....	29
8	POHDINTA.....	30
	LÄHTEET .....	31
	LIITEET .....	32
	LIITE 1. TARKASTUSPÖYTÄKIRJA .....	32

## KUVALUETTELO

KUVA 1. Rakennuksen salamasuojaus (Aro 2015, 310.) .....	9
KUVA 2. Alueiden suojaaminen verkkomenetelmällä (ST 53.16.01 2020, 9.) .....	12
KUVA 3. Pallomenetelmä (ST 53.16.01 2020, 7.).....	12
KUVA 4. Suojakulmamenetelmä (ST 53.16.01 2020, 8.).....	13
KUVA 5. Sieppaustanko (Martikainen 2023.) .....	14
KUVA 6. Kattojohtimen asennus pellin läpi vaneriin, alumiininen pyöröjohdin (Martikainen 2023.) .....	16
KUVA 7. Sairaalan vesikatto (Martikainen 2023.) .....	18

## Sanasto

LPL	Salamasuojautaso (Lightning protection level)
LPS	Salamasuojausjärjestelmä (Lightning protection system)
IsCon	Isolated Conductor (Suurjännitettä kestävä eristetty kaapelityyppi)
KTA	Keskituntiansio

## 1 JOHDANTO

Suomessa ukkoskausi sijoittuu toukokuusta syyskuuhun. Vuotuiset salamamäärät ovat Suomessa vähäisemmät kuin eteläisemmissä maissa, mutta Suomessa yksittäinen ukkonen voi ylittää hurjaan salamointiin. Keskimääräinen vuotuinen maasalamoiden lukumäärä Suomessa on noin 130 000. Ilmastomuutos vaikuttaa Suomen ukkosiin, vaikka muutosten suuruus on vielä epävarmaa. Tutkimusten mukaan ukkosten lukumäärä ei tule muuttumaan Suomessa, vaan voimakkaampien ukosten esiintyminen korostuu. (Ilmatieteenlaitos 2023.)

Ukkosen vaarana on salamointi, joka voi rikkoa tärkeää tekniikkaa tai rakennuksia osuessaan niihin. On syynä sitten voimakkaammat ukkoset tai halu suojata rakennuksia tai tekniikkaa varmuuden vuoksi, niin salamasuojausmenetelmät ovat yleistyneet Suomessa viimeisten vuosikymmenten aikana. Salamasuojausjärjestelmän tarkoituksena on suojata rakennuksia tai tekniikkaa salaman iskuilta ja niiden aiheuttamilta häiriöiltä. Opinnäytetyössä tarkastellaan ulkoisen salamasuojausjärjestelmän suunnittelua, komponentteja ja rakentamista sähköurakoitsijan näkökulmasta.

Salamasuojausjärjestelmään kuuluvat ulkoinen ja sisäinen salamasuojaus. Jos rakennukseen rakennetaan ulkoinen salamasuojaus, niin silloin on aina rakennettava sisäinen suojaus kipinäinnin, ylliyöntien, sekä elektroniikka- ja sähkölaitteiden häiriöiden ja rikkoontumisten estämiseksi. Tässä työssä selvitetään ulkoisen salamasuojauksen rakentamisen projektin vaiheita, kuten suunnittelua tavaran tilausta, rakentamista ja tarkastusta. Tässä työssä ei käsitellä sisäistä salamasuojausta.

Tässä työssä käydään myös läpi projektin vaiheita ja niihin liittyviä asioita, kuten aikataulutusta, resursointia, työturvallisuutta ja muita jokaiseen projektiin liittyviä asioita, sekä käydään läpi projektipäällikön tehtäviä. Tarkoituksena projektiosiossa on tarkastella normaaliin projektiin liittyviä aiheita ja perehtyä projektin vaiheisiin.

Tämän työn tavoitteena on esitellä salamasuojauksen perusteita ja tapoja, sekä käydä läpi salamasuojauksen rakentamiseen liittyviä työvaiheita, sekä oppia projektinhallinnan perusteita ja opiskella projektinhoidossa oleellisia aiheita, kuten resursointia, aikataulutusta ja työn johtamista. Lisäksi työn tavoitteena on luoda käyttöönottotarkastuspöytäkirja silmämääräiseen tarkastukseen.

## 2 ULKOINEN SALAMASIEPPAUSJÄRJESTELMÄ

Tässä osiossa käydään läpi ulkoisen salamasiappausjärjestelmän toimintaa ja komponentteja, sekä järjestelmän rakentamisen projektin vaiheita. Salamasuojausjärjestelmä on järjestelmä, jolla pyritään estämään tai vähentämään rakennukseen kohdistuvia salaman iskuja ja niistä aiheutuvia vikoja ja häiriöitä.

Salamasiappausjärjestelmään kuuluvat ulkoinen ja sisäinen salamasuojausjärjestelmä. Ulkoiseen salamasuojaukseen kuuluvat sieppausrakenteet, katto- ja alastulojohtimet sekä maadoitusjärjestelmä.

Sisäiseen salamasuojaukseen kuuluvat pohjakerrokseen rakennettava potentiaalitasaus, ylijännitesuojat ja magneettinen suojaus.

Suomessa viranomaiset eivät yleensä ota kantaa rakennusten salamasuojauksiin, ellei kyseessä ole tietynlainen erityisrakennus. Suomessa on säännöksiä, jotka edellyttävät tietynlaisten rakennuksien salamasuojaukseen. Suojattaviin rakennuksiin kuuluvat esimerkiksi räjähteiden valmistukseen, käsittelyyn ja varastointiin käytettävät tilat, sekä palavia nesteitä sisältävät säiliövarastot. Sellaiset säiliöt, jotka sisältävät palavaa nestettä, kaasua tai räjähdysvaarallista pölyä, on maadoitettava salaman iskun varalta. Vaarallisten aineiden varastointipaikka on suojattava salamaniskun vaikutuksilta.

(ST 53.16.01 2020, 3.)

### 2.1 Salaman syntyminen

Ukkospilvi tarvitsee syntyäkseen ilmakehän epävakaisuutta, kosteutta ja jonkin pakotteen, joka käynnistää pilven kasvun. Ukkonen ei voi syntyä, jos jokin näistä kolmesta puuttuu. Trooppisessa ilmastossa on ukkosen syntymiselle parhaat olosuhteet. (Sähköinfo 2020, 9.)

Ukkospilvessä on aina paljon jäärakeita, joista suurin osa sijaitsee pilven yläosassa. Jäärakeet törmäilevät yhteen pilven sisällä aiheuttaen varauseroja. Varauserojen kasvaessa tarpeeksi suuriksi, ne purkautuvat salamana. Salama voi iskeä pystysuunnassa maahan asti maasalamana. Salama voi myös iskeä pilvien välillä, jos pilvien välinen varausero on kasvanut tarpeeksi suureksi. (Foreca 2023.)

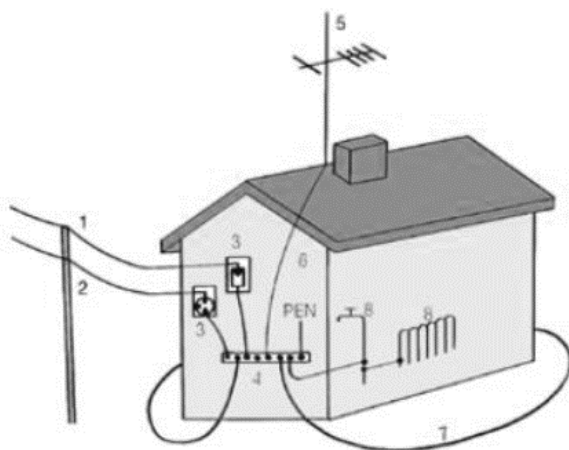
Salama syntyy pilvessä, jota kutsutaan ukkossoluksi. Ukkossolun läpimitta voi olla kilometrejä pitkä. Ukkossolussa ylös kohoava ilmavirtaus nostaa pieniä jääkiteitä, jotka törmäilevät lumirakeisiin ja vesipisaroihin. Jääkiteet varautuvat törmäyksen vaikutuksesta positiivisesti ja lumirakeet negatiivisesti. Tämä synnyttää ukkospilven yläosaan positiivisen varauksen ja alaosaan negatiivisen varauksen. Kun varausero kasvaa tarpeeksi suureksi, niin syntyy salama. (Tieteenkuvailehti 2023.)

## 2.2 Ulkoisen salamasieppausjärjestelmän toiminta

Salamasuojauksen tarkoituksena on siepata salama ja johdattaa se hallitusti suojattua reittiä pitkin maahan aiheuttamatta vaurioita suojatulle rakenteelle.

Ideaalisessa tapauksessa salamasuojausjärjestelmä estää salaman iskun osumisen rakennukseen, rakennuksen lähelle tai rakennukseen liitettyyn palvelujohtoon ja pienentää rakennuksen ja palvelujohtojen lähelle osuvien iskujen sähkömagneettiset vaikutukset merkityksettömän pieniksi. (ST.53.16.01 2020, 5.)

Alla olevassa kuvassa on kuvattuna rakennuksen salamasuojauksen pääosat.



KUVA 1. Rakennuksen salamasuojaus (Aro 2015, 310.)

1. Sähköjohto
2. Telekaapeli
3. Ylijännitesuoja
4. Maadoituskisko
5. Sieppausrakenne
6. Antenninmaadoitusjohdin
7. Rakennuksen maadoituselektrodi
8. Rakennuksen metalliosat

## 2.3 Suojausperusteet

Salaman iskut rakennuksiin voivat aiheuttaa rakennuksiin vaurioita, sytyttää tulipaloja, hajottaa tai häiritä rakennuksessa olevaan tekniikkaa, sekä olla ihmisille hengenvaaraksi. Salaman iskun aiheuttamat vauriot rakennuksille voivat olla erittäin vakavia ja hengenvaarallisia ja niiden korjaaminen voi olla erittäin kallista ja aikaa vievää työtä.

Rakennuksia suojataan salamasiippausjärjestelmillä, koska suojauksen rakentamisen kustannukset ovat paljon pienemmät kuin mahdollisen salaman iskun aiheuttamat kustannukset. Siippausjärjestelmä pienentää salaman iskun riskiä ja niistä aiheutuvia kustannuksia.

Salamasuojauksen riskiarviointia tulisi tehdä aina, kun on kyseessä kulttuurihistoriallisesti tärkeitä, kansantaloudellisesti arvokkaat tai muut ukkoselle alttiit tärkeitä toimintoja sisältävät kohteet. (OBO Bettermann 2019, 4.)

## 2.4 LPL-suojaustasot

Salamasuojausjärjestelmälle on neljä eri suojaustasoa (LPL), jotka on määritelty niiden vaatimustason mukaan IEC-standardissa (TAULUKKO 1). (ST 53.16.01 2020, 6.)

TAULUKKO 1. Standardien IEC 62305-1, DIN VDE 0185-305 ja VDS 2010 suosittelemat LPL-suojausluokat eri kohteille (ST 53.16.01 2020, 7.)

Suojaustaso LPL	Salamavirta (kA)	Siippausto- dennäköisyys (%)	Verkkomene- telmän silmä- koko (m)	Pallomenetel- män säde R (m)	Alastulojohti- mien väli (m)
I	3-200	98	5 x 5	20	10
II	5-150	95	10 x 10	30	10
III	10-100	88	15 x 15	45	15
IV	16-100	81	20 x 20	60	20

TAULUKKO 2. LPL-suojaustasojen selitykset (ST 53.16.01 2020, 7.)

LPL I	Kaikista vaativimmat salamankestovaatimukset. Suojaustason I käyttökohteita ovat ydinvoimalat, konesalit ja puolustussovellukset.
LPL II	Käyttökohteina Teollisuuden EX-tilat, tietoliikennemastot ja korkeat yli 100 m korkeat kerrostalot.
LPL III	Käyttökohteina ovat kirkot, sairaalat, koulut, julkiset rakennukset, toimistot, hotellit, museot, liikekeskukset, pumppuasemat, yli 22 m korkeat kerrostalot ja yli 22kW valosähköjärjestelmät.
LPL IV	Kaikista vähäisimmät salamankestovaatimukset. Suojaustasolle IV ei ole määritelty suoranaisia käyttökohteita, mutta niitä käytetään muun riskiarvioinnin perusteella suojattaviin kohteisiin.

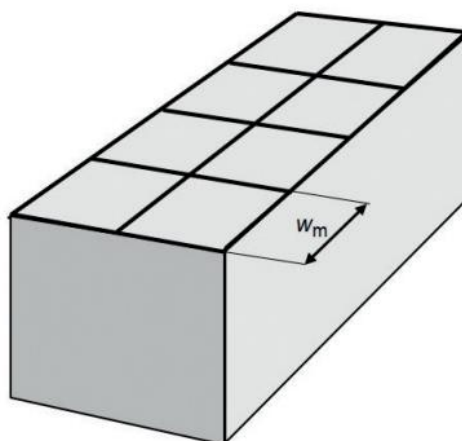
## 2.5 Suunnittelutavat

Salamavastaanottorakenteiden suunnitteluun on olemassa erilaisia menetelmiä. Salamanvastaanottorakenteiden suunnitteluun käytettäviä menetelmiä ovat verkko-, pallo- ja suojakulmamenetelmät. Niitä voidaan käyttää itsenäisesti tai soveltaa eri menetelmiä samaan järjestelmään.

### 2.5.1 Verkkomenetelmä

Verkkomenetelmä soveltuu tasaisten alueiden suojaukseen. Yksinkertaisessa tasaisen alueen verkkomenetelmäsuojauksessa katolla asetetut johtimet toimivat salamanvangitsijoina. Jos suojattava alue on tasainen, niin silloin ei tarvita muuta suojausmenetelmää. Jos alueella on korkeampia suojattavia kohteita, on verkkomenetelmää täydennettävä sieppaustangoilla, jotta suojattavat kohteet saataisiin suojattua halutun suojaustason mukaisesti. Sieppaustankojen sijoitus ja suojausalue määritellään käyttämällä pallo- tai suojakulmamenetelmää. (ST 53.16.01 2020, 9.)

Verkkomenetelmän suunnittelun silmäkoko on esitetty taulukossa 1.



IEC 2693/10

KUVA 2. Alueiden suojaaminen verkkomenetelmällä (ST 53.16.01 2020, 9.)

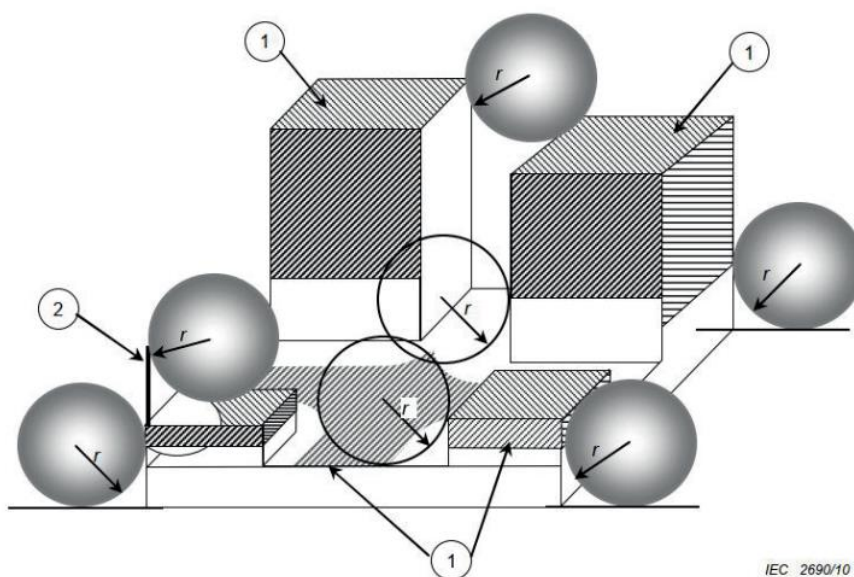
### 2.5.2 Pallomenetelmä

Pallomenetelmässä suojattavan rakennuksen yläpuolella pyöritellään suojaustason määrittelemän säteen omaavaa palloa. Kaikki ne kohdat joihin pallo osuu, ovat mahdollisia salamaniskukohtia. Kohdat, jotka jäävät pallon varjoon ovat suojattuja eivätkä vaadi suojausta. (ST 53.16.01 2020, 7.)

Pallomenetelmässä käytettävän pallon säde on esitetty taulukossa 1.

Pallomenetelmää käytetään rakennuksiin, jotka eivät ole tasaisia ja niissä on paljon erilaisia muotoja tai silloin, kun muiden suunnittelumenetelmien käyttö ei ole mahdollista. (ST 53.16.01 2020, 7.)

Kuvassa 3 havainnollistetaan pallomenetelmän käyttöä. Kuvassa numerolla 1 osoitettu alue on alue, joka vaatii salamasuojausta ja on suojattava salamaniskulta. Numerolla 2 osoitetaan sieppaustankoa ja sen luomaa suojakulmaa. (ST 53.16.01 2020, 7.)

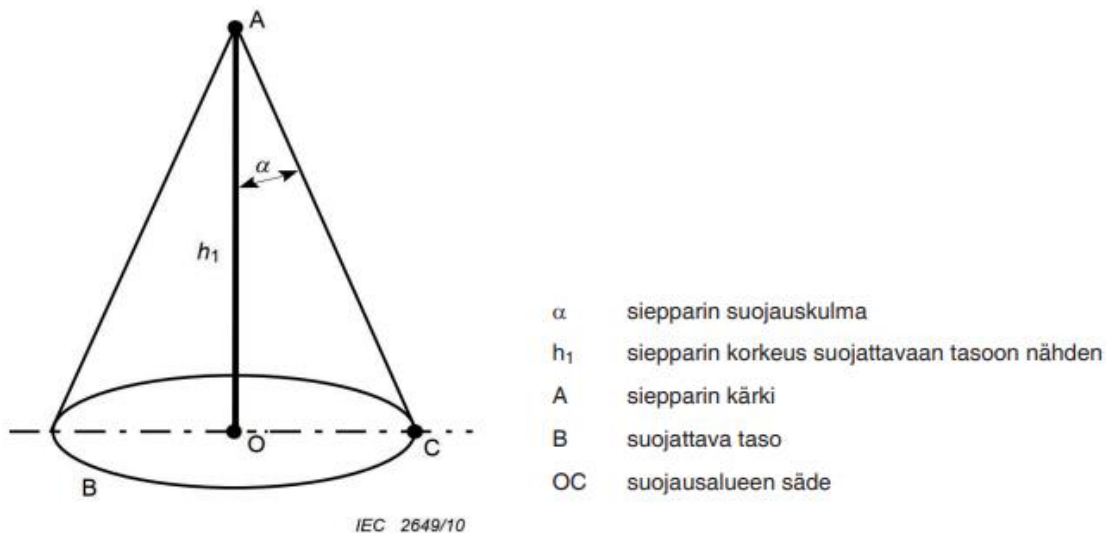


IEC 2690/10

KUVA 3. Pallomenetelmä (ST 53.16.01 2020, 7.)

### 2.5.3 Suojakulmamenetelmä

Suojakulmamenetelmä perustuu salamasiemparin tai muun korkean rakenteen muodostaman suoja-kulman suojaavaan vaikutukseen. Suojakulma määräytyy käytettävän suojaustason ja sieppausra-kenteen mukaan. Kuvassa 4 kuvataan suojakulmamenetelmän periaatetta. (ST 53.16.01 2020, 8.)



KUVA 4. Suojakulmamenetelmä (ST 53.16.01 2020, 8.)

TAULUKKO 3. Suojauskulma suojausluokan mukaan (OBO Bettermann 2010, 95.)

Salamasuojausluokka	Suojakulma $\alpha$ sieppaustangoille 3 metrin pituuteen asti
II	70°
II	72°
III	76°
IV	79°

## 2.6 Komponentit

Tässä osiossa esitellään tyypillisiä ulkoiseen salamasuojajärjestelmään käytettäviä komponentteja ja niiden käyttötarkoituksia. Ulkoisessa sieppausjärjestelmässä, voidaan hyödyntää myös olemassa olevia, rakennuksen omia metallirakenteita. Yleisimpiä sieppausjärjestelmän komponentteja ovat sieppaustangot, johtimet, kiinnikkeet ja laajennuskappaleet. Sieppausjärjestelmän johtimet ja sieppaustangot voivat olla eristettyjä, jolloin niitä voidaan asentaa muiden rakenteiden lähelle tai jopa rakennuksen sisäpuolelle.

Salamanvangitsija on komponentti, jonka tehtävänä on siepata rakennusta kohti iskevä salama ja johtaa se alastulojohtimia pitkin maahan. Salamanvangitsijoita voiva olla sieppaustangot, salamaköydet, antennimastot tai kattojohtimet, jotka on asennettu verkoksi. Yleisimpiä näistä ovat sieppaustangot ja johtimet.

### 2.6.1 Sieppaustangot

Sieppaustangot ovat ulkoisen salamasuojauksen oleellisimpia osia, koska niillä nimensä mukaisesti pyritään sieppaamaan rakennusta kohti tai sen lähelle iskeviä salamoita, joista salamanisku johdetaan hallitusti johtimia pitkin maahan vahingoittamatta suojattua rakennusta tai järjestelmää. Sieppaustankoja on eristettyjä ja eristämättömiä malleja.

Eristämättömät sieppaustangot

Eristämättömät sieppaustangot ovat tyypillisesti jalustalla seisovia korkeita (yleensä alumiinisia) tan-koja, joita käytetään silloin, kun tangon lähellä ei ole johtavia rakenteita.



KUVA 5. Sieppaustanko (Martikainen 2023.)

## Eristetyt sieppaustangot

Eristetyt sieppaustangot ovat tankoja, joissa on suurjännitteitä kestävä eristävä kuori tai vaippa. Eristettyjä sieppaustankoja käytetään asennuksissa, joissa ei ole mahdollisuutta saavuttaa riittävää eristysväliä suojattaviin johtaviin rakenteisiin. Eristetty rakenne mahdollistaa sieppaustankojen asentamisen kiinnikkeillä suoraan johtaviin ja maadoitettuihin rakenteisiin ja niiden lähelle.

### 2.6.2 Johtimet

Kattojohtimet johtavat salaman iskun virran alastulojohtimille ja sitä kautta maahan. Salamasiippausjärjestelmissä suositellaan käytettävän yksisäikeisiä johtimia, koska ne kestävät paremmin salamavirran tuottamaa lämpöä, kuin monisäikeiset johtimet. (ST 53.16.01 2020, 14.)

Kattojohtimien tehtävänä on johtaa salamaniskun virta alastulojohtimille. Kattojohtimia rakennettaessa on muistettava pitää riittävä suojaväli maadoitettuihin laitteisiin ja rakenteisiin. Liian pieni suojaväli voi salaman iskiessä aiheuttaa valokaaren kattojohtimen ja suojattavan rakenteen välille, jolloin osa salamavirrasta voi siirtyä maadoitettuihin rakenteisiin. Jos riittävää suojaväliä ei pystytä muuten rakentamaan, on käytettävä eristettyä johdinta tai tukitankoja riittävän eristykseen saavuttamiseksi. Tukitangoilla johdinta voidaan korottaa ja tällä tavoin saavuttaa riittävä suojaetäisyys. Eristetty johdin on niin eristävä, että sillä ei tarvita erillisiä suojaetäisyyksiä. (ST 53.16.01 2020, 8.)(Sähköinfo 2020,61.)

Alastulojohtimet johtavat sieppausrakenteiden sieppaaman salamavirran kattojohtimilta maahan. Alastulojohtimien välimatkat määritellään LPL-suojastason mukaan, mutta vähintään 20 metrin välein. Tehokkaassa suojausjärjestelmässä alastulojohdinten välimatkat ovat enintään 10 metriä. Yleisimpiä alastulojohdintyypppejä ovat kupariset tai alumiiniset latta- tai pyöröjohtimet. Alastulojohtimina voidaan myös käyttää eristettyä johdinta tai rakennuksen luontaisia komponentteja, kuten syöksytorvia tai metallisia julkisivuja. Alastulojohtimia liitettäessä maadoitukseen on huomioitava alastulojohtimen ja maadoitusjohtimen metallit korroosion takia. Eri metallit, kuten kupari ja alumiini eivät saa olla suoraan liitettynä toisiinsa, koska ne muodostavat galvaanisen parin, joka nopeuttaa korroosiota. Näissä tapauksissa on käytettävä kaksimetaliliitintä, jotta korroosiota ei pääsisi syntyämään. (Sähköinfo 2020, 61.)

Alastulojohtimia on oltava vähintään kaksi, jos suojattava rakennus on pieni. Suuremmissa kohteissa on oltava enemmän alastulojohtimia. Alastulojohtimien lukumäärä määräytyy suojausluokan mukaan. (Sähköinfo 2020, 61.)

Luonnollisina alatulojohtimina sallitaan myös seuraavat ratkaisut:

- Kestävät ja sähköisesti johtavat metallirakenteet, jotka vastaavat mitoiltaan normaalin alatulojohtimen mittoja
- Rakennuksen metallikehikot
- Rakenteessa olevat, yhteen sidotut metallirakenteen, kuten betonin raudoitukset. (Sähköinfo 2020, 61.)

### Eristämättömät johtimet

Salamasuojauksessa käytetään erilaisia suuria jännitteitä kestäviä kaapeleita. Yleisimpiä rakennuksien salamasuojaukseen käytettäviä kaapelityyppejä ovat eristämättömät latta- tai pyörökaapelit, jotka ovat yleisesti valmistettu teräksestä, alumiinista tai kuparista (KUVA 8).



KUVA 6. Kattojohtimen asennus pellin läpi vaneriin, alumiininen pyöröjohtin (Martikainen 2023.)

### Eristetyt johtimet

Eristetyt johtimet ovat johtimia, joissa on eristävä kuori ja/tai vaippa. Eristettyjä johtimia voidaan käyttää sellaisissa asennuksissa, joissa ei ole muuten mahdollista saavuttaa riittävää eristystä rakennuksen rakenteista tai laitteista.

#### 2.6.3 Maadoitusjärjestelmä

Maadoituksen tehtävänä on johtaa ja hajottaa salamaniskun virta maahan ja estää ylijännitteiden synty. Maadoituksen tehtävänä on tehdä salaman iskun aiheuttama potentiaalinen nousu mahdollisimman vähäiseksi. Potentiaalinen nousua ei voida kokonaan estää, mutta sitä voidaan pienentää tehokkaalla maadoitusjärjestelmällä. Maadoitusjärjestelmä on käytännössä useasti maahan upotettu kuparijohtin, joka on asennettu vaatimusten mukaisesti tarpeeksi laajalle alalle. Salamasuojauksen maadoituselektrodin asennussyvyys on oltava vähintään 0,5 m. Jos suojattava rakennus sijaitsee paljaalla kalliolla, eikä ole mahdollista upottaa elektrodia maahan, niin on käytettävä kallion pinnalle asennettavia maadoituselektrodeja. (Sähköinfo 2020, 62.)

Suomessa salamasuojajärjestelmän maadoituselektrodiksi hyväksytään sähköverkkoliitännän maadoituselektrodi, jos perusmaadoitusta, rengasmaadoitusta tai perustuksen alle sijoitettua rengaselektrodirakenne ei voida tehdä. Jos työn kohteena on vanha rakennus, niin paras ratkaisu on lisätä maahan rakennuksen kiertävä elektrodi. Rakennuksen perustuksen raudoitus suositellaan liitettävän salamasuojaukseen, jos liittäminen onnistuu ilman perustuksen rikkomista.

Salamasuojauksen näkökulmasta on suositeltavaa, että rakennuksessa käytettäisiin yhtä, kaikkien järjestelmien yhteistä maadoitusjärjestelmää. Samaan maadoitusjärjestelmään voidaan liittää salamasuojaus-, tietoliikenne- ja sähköjärjestelmät.

Maadoituselektrodille on kaksi eri rakenteellista tyyppiä: A ja B. A-typin elektrodi on säikeittäinen ja siinä jokaisella alatulojohtimella on oma elektrodinsa, joka on asennettu, pysty- tai vaakasuuntaan. A-typin elektrodien lukumäärä täytyy olla vähintään kaksi, mutta mitä enemmän elektrodeja on, sitä parempi maadoitus on. A-typin elektrodia käytetään, kun maan ominaisresistanssi on alhainen ja suojattava kohde on kooltaan pieni.

B-typin elektrodilla tarkoitetaan rakennuksen ympärille asennettua rengaselektrodia tai rakennuksen perustuksen sisään rakennettua rengaselektrodia. Rakennuksen ympärille asennetusta rengaselektrodista vähintään 80 % täytyy olla asennettuna maan pinnan alle. Rengaselektrodin maadoitusominaisuuksia voidaan parantaa silmukoimalla. Jos käytetään rakennuksen ympäri kiertävää maadoituselektrodia asennettaessa on huomioitava, että rengaselektrodi on asennettava vähintään 1 metrin päähän rakennuksen seinistä. Tyypin B maadoituselektrodi sopii käytettäväksi myös kallioiseen maastoon.

Suosituksissa kehoitetaan käyttämään perusmaadoituselektrodia tai B-typin rengaselektrodia. (Sähköinfo 2020, 62-64.)

### PROJEKTIN KOHDE

Projektissa toteutettiin rakennuksen katolle salamasuojajärjestelmä aikaisemmin laaditun suunnitelman pohjalta. Projektin kohteena oli Kuopion yliopistollisen sairaalan Uuden Sydämen vesikatto. Rakennuksen katolle rakennettiin sieppausjärjestelmä estämään ja vähentämään rakennukseen mahdollisesti osuvia salaman iskuja sekä niistä aiheutuvia vikoja ja häiriöitä. Katolla oli paljon rakenteita, jotka voisivat hajota salaman iskun seurauksena. (KUVA 7.) Rakennuksen toisen päädyn sieppausjärjestelmä oli rakennettu jo aikaisemmassa rakennusvaiheessa. Projektin kohteena oleva järjestelmä liitettiin siihen. Katto oli suurelta osin tasainen vesikatto, mutta siellä oli paljon muita rakenteita ja paljon aurinkopaneeleita, jotka oli myös suojattava. Projektin kohteena oleva järjestelmä rakennettiin käyttämällä pääosin samoja komponentteja kuin aiemmin rakennetussa järjestelmässä. Uusi järjestelmän osa oli laajempi ja erimuotoinen kuin aiemmin valmistunut osa.

Kohde oli sairaalarakennus, joten suunnitelmissa noudatettiin sairaaloihin käytettävää LPL-suojaustasoa III. Suojaustason mukaisesti alastulojohtimien välimatkojen täytyi olla vähintään 15 metriä. Alastulojohtimet kiinnitettiin rakennuksen ulkoseinään kannakkeilla yhden metrin välein. Alastulojohtimien ja maadoituselektrodien liitoskohtaan seinän alaosaan rakennettiin metallinen suojakouru. Maadoituselektrodit oli asennettu maahan aikaisemmassa vaiheessa, ja ne olivat valmiiksi maan yläpuolella valmiina liitettäväksi alastulojohtimiin.

Katolle rakennettuun sieppausjärjestelmään kuului 17 sieppaustankoa ja kattojohtimia. Kattojohtimet oli suunniteltu katolle verkkomenetelmän mukaisesti silmukoimalla. Katto oli tasainen, mutta siellä oli paljon aurinkopaneeleita ja muita rakenteita, joten järjestelmässä täytyi olla sieppaustankoja suojauksen varmistamiseksi. Sieppaustangot oli sijoiteltu suunnitelmiin katon kulmiin ja reunalle tasaisin välimatkoin, sekä tasaisesti ympäri kattoaluetta. Uusi sieppausjärjestelmä yhdistettiin kattojohtimilla aiemmin rakennettuun järjestelmään useasta kohdasta.



KUVA 7. Sairaalan vesikatto (Martikainen 2023.)

## 4 PROJEKTIN TOTEUTUS

Kahta täysin samanlaista rakennusprojektia ei ole massakaan ja projektien elinkaareen liittyy useasti suunnittelemattomia yllätyksiä tai muutoksia. Projektit voivat olla hyvinkin erilaisia, vaikka käytössä olisi samat suunnitelmat. Projektien onnistuminen vaatii tiimityötä ja hyvää kommunikaatiota työryhmän sisällä.

Projekti on terminä hyvin yleinen ja sillä voidaan tarkoittaa rakennusprojektia, suunnittelua tai vaikka koulutehtävää. Projektien lopputuotteet voivat olla esimerkiksi jokin tuote, suunnitelma, rakennus tai ohjelma. Projekti on lyhyesti selitettynä joukko ihmisiä ja resursseja, jotka on koottu tilapäisesti yhteen suorittamaan heille annettua tiettyä tehtävää. Projekteilla on annettu budjetti ja aikataulu, jonka puitteissa projekti on suoritettava. (Ruuska 2012, 19-20.)

Projektina salamasiippausjärjestelmä oli melko yksinkertainen, koska projekti sisälsi vain yhden järjestelmän ja aikataulu oli joustava. Salamasiippausjärjestelmää rakennettaessa on kuitenkin huomioitava muitakin järjestelmiä ja rakenteita, kuten aurinkovoimaloita. Rakennusprojekteissa on yleistä, etteivät suunnitelmat vastaa täysin oikeata tilannetta kentällä. Järjestelmää rakennettaessa jouduttiinkin tekemään hieman erilaisia ratkaisuja kuin suunnitelmissa oli esitetty. Esimerkkinä tähän projektiin on alue, jossa ei olisi ollut mahdollista asentaa eristämätöntä johdinta aurinkopaneelien, metallirakenteiden ja katolla kulkevien kaapelihyllyjen takia. Suunnitelmien mukainen asennustapa ei olisi täyttänyt eristysväli vaatimuksia. Ongelman ratkaisuksi vaihdettiin eristämätön johdin eristettyyn johtimeen, jotta eristysväli vaatimukset saatiin täytettyä.

Sieppausjärjestelmän projekti aloitettiin tutustumalla rakennusten ulkoiseen salamasuojaukseen. Ensimmäisenä tehtävänä oli selvittää järjestelmän rakenne ja tarvittavat komponentit. Järjestelmän suunnitelmat saatiin valmiina työmaalle. Suunnitelmien saavuttua alettiin kuvista tutkimaan tarvittavia komponentteja ja määriä. Projektin komponenttien valinnassa käytettiin apuna aiemmin valmistunutta järjestelmän osaa. Uudessa järjestelmässä käytettiin samoja komponentteja, kuin aiemmin valmistuneessa järjestelmässä. Tarvittavien komponenttien laskenta suoritettiin käsin, suoraan suunnitelmista laskemalla. Kattojohdinten pituudet laskettiin paperikuvista käyttämällä rullattavaa mitaustyökälua, johon pystyttiin asettamaan kuvan mittasuhteet ja sillä tavoin saamaan oikeat mitamäärät suoraan ilman laskemista. Alastulojohtimien mitoittamisen apuna käytettiin rakennuksen korkeustietoja. Alastulojohtimiin otettiin varalle kaksisataa metriä ylimääräistä kaapelia, koska mitat saatiin arvioimalla rakennuksen julkisivun korkeutta. Kun tarvittavien komponenttien määrät olivat laskettu, aloitettiin tavarantoimittajien tarjouksien kilpailutus. Sopivin tarjous hyväksyttiin ja tehtiin tilaus, jossa sovittiin tavaroiden toimituspäivämäärä.

Sovittuna tavaroiden saapumispäivänä tilausta ei näkynyt työmaalla. Sen takia soitettiin tukkuun, jonka kautta tavarantoimittajien tilaus oli tehty. Saatiin selville, että tilaus ei ole missään vaiheessa mennyt tukkurilta tavarantoimittajalle. Asiaa selviteltiin muutaman päivän ajan ja tämän sekaannuksen vuoksi tavaraa saapui pienissä erissä työmaalle seuraavan kuukauden ajan. Tämä tietenkin vaikutti järjestelmän rakentamisen aikatauluun. Työt päästiin aloittamaan suunniteltua myöhemmin.

## 4.1 Työturvallisuus

Työturvallisuuden ylläpitäminen on rakennustyömaan tärkeimpiä asioita. Rakennustyömaiden työturvallisuutta ohjaa työturvallisuuslaki sekä valtioneuvoston asetus työturvallisuudesta. Työturvallisuuslain tarkoituksena on parantaa työolosuhteita ja ylläpitää työntekijöiden työkykyä, sekä ennalta ehkäistä tapaturmia ja muita työstä aiheutuvia terveyshaittoja. Rakennuskohteessa ja siellä tehtävistä töistä täytyy tunnistaa mahdolliset riskit ja vaarat. Työkohteessa on noudatettava pääurakoitsijan työturvallisuussääntöjä, työturvallisuuslakia ja oman yrityksen turvallisuusmääräyksiä. (Finlex 2002.)

Projektista ja töistä on laadittava työturvallisuussuunnitelma. Työturvallisuussuunnitelmassa on tultava ilmi mitä riskejä työssä on, ja kuinka niiltä vältetään tai riskiä pienennetään tasolle, jolloin työn voi suorittaa. Työturvallisuussuunnitelmaa laadittaessa on otettava huomioon työympäristö, työolosuhteet, työn kuva ja kuinka työt ja työvaiheet voidaan ajoittaa niin, ettei niistä aiheudu vaaraa työmaan työntekijöille tai ulkopuolisille ihmisille.

Projektin kohteesta tehtiin työturvallisuussuunnitelma, jossa käy ilmi kaikki oleellimmat riskien su-pistamis- ja suojautumismenetelmät. Projektin työalueena olivat sairaalarakennuksen vesikatto, ulkoseinät ja sairaalan ulkoseinien lähialue. Katolla työskennellessä on käytettävä turvavaljaita, jotka on testattu ja tarkastettu asianmukaisesti. Salamasuojajärjestelmän alastulojohtimet tuotiin maadoituselektrodiin rakennuksen ulkoseinää pitkin, joten työssä oli käytettävä nostinta. Nostimella työskennellessä on käytettävä suojavaljaita ja varmistettava nostimen alla olevan maan tai tien kestävyys ennen työn aloittamista. Koska työ suoritetaan ulkona, on työturvallisuutta mietittäessä otettava huomioon myös mahdolliset säätilan aiheuttamat haasteet ja esteet. Salamasuojajärjestelmää ei saa rakentaa ukkosen aikana salaman iskun vaaran vuoksi.

Järjestelmän rakennuksen aikana valvottiin turvavälineiden asianmukaista käyttöä. Suojavälineiden käytön tarkoituksena tehdä työskentelystä turvallista ja niillä voidaan minimoida työntekijälle sattuvat vahingot. Työturvallisuudesta ei pidä tinkiä rakennustyömailla.

## 4.2 Aikataulu

Työn aiheena olevalle projektille ei laadittu erillistä tarkkaa aikataulua, vaan töiden ajoitus sovittiin sopimaan isomman projektin aikatauluun sopivaksi. Salamasieppausjärjestelmän projekti on osa isompaa projektikokonaisuutta ja rakennusaikaa oli jäljellä reilusti, joten työt voitiin suorittaa joustavalla aikataululla. Työn aiheena oleva projekti eroaa normaalista itsenäisestä projektista, sillä yleensä jokaisen projektin alussa suunnitellaan projektin työvaiheet ja aikataulut. Tässä tapauksessa huomioitiin vain järjestelmän rakennuksen aikataulu sopimaan projektin yleisaikatauluun.

Aikataulusta selviää mitä työtehtäviä on tehtävä, kenen vastuulla ne ovat, milloin työ suoritetaan, työmäärä ja paljonko työhön on varattu aikaa. Hyvällä aikataulutuksella varmistetaan projektin valmistuminen ajallaan ja helpotetaan työn etenemistä ja seuraavien vaiheiden aloittamista. Aikatauluun kannattaa merkitä tarkasti kaikki projektin kannalta kriittisimmät tehtävät. Aikataulusta on hyvä saada selville tärkeät työvaiheet, joiden toteutuminen on avain asemassa projektin onnistumisen kannalta ja ovat välttämättömiä seuraavien vaiheiden toteutuksen kannalta. (Pelín 2020, 100.)

Projektin aikataulu laaditaan vaiheittain. Ensimmäisenä tehtävänä on laatia tehtäväluettelo. Tehtäväluettelon tarkoituksena on eritellä kaikki eri työtehtävät. Tehtäväluettelon pohjalta suoritetaan työmäärien ja kestojen arviointi, jotta nähtäisiin, että aikataulu varmasti riittää tehtävien suorittamiseen. Seuraavaksi täytyisi selvittää tehtävien suoritusjärjestykset ja riippuvuudet. Sitten tulisi suorittaa resurssien allokointi suoritettaville tehtäville. (Pelin 2020, 100.)

Kun kaikki edelliset vaiheet on suoritettu tai arvioitu kokemuspohjalta, niin voidaan laatia aikataulu aikajanalle. Aikataulua ja resursseja on analysoitava, onko aikataulu paikkansa pitävä. Kun kaikki on todettu oikeaksi ja toimivaksi suunnitelmaksi, niin jäljelle jää aikataulun hyväksyntä ja siihen sitoutuminen. (Pelin 2020, 100.)

Vaikka tehtävien työmäärät on kertaalleen arvioitu oikein tai edes lähelle sitä, voivat tilanteet muuttua kesken projektin tehtävien muutosten takia. Tämän takia ennakointi tulevista vaiheista on erittäin tärkeää. Jos saadaan tieto suunnitelluista muutoksista etukäteen, niin on hyvä varmistaa, että työmaan muiden töiden aikataulutetut suoritukset eivät jäisi laahaamaan muutosten takia.

#### 4.3 Budjetti

Projektin taloudellinen hallinta ja kustannusten ohjaus ovat projektin pääasioita. Ilman rahaa ei ole projektia. Projektin alkuvaiheessa, ennen toteutusvaihetta, on oltava tiedossa projektin toteutuksen kokonaiskustannukset. Projektin kokonaiskustannusten summa on kuitenkin arvio, jonka ei tulisi paljoo erota toteutuvista kustannuksista. Kokonaiskustannusarviota käytetään projektin kustannusvalvonnassa vertailukohteena toteutuneisiin kustannuksiin. (Pelin 2020, 157-158.)

Kun projektin budjetti on tiedossa, voidaan alkaa miettimään komponenttien tilausta ja projektin aikataulutusta ja resursointia. Aikataulua ja resursseja miettiessä on pidettävä mielessä, kuinka paljon resursseja voidaan käyttää ylittämättä budjettia. Yleensä pieni työntekijöiden aliresursointi johtaa parempaan tehokkuuteen, sillä kaikilla on koko ajan tekemistä ja kustannukset ovat pienemmät. Mitä nopeammin projekti halutaan viedä läpi, sitä enemmän resursseja siihen tarvitaan ja kustannukset nousevat reilusti korkeammiksi, kuin pidemmällä aikataululla suoritettava sama työ. (Pelin 2020, 157-159.)

Työn aiheena olevalle projektille ei ollut suunniteltu mitään tarkkaa budjettia. Työhön varattava budjetti arvioitiin tarvikkeiden laskennan jälkeen. Salamasiippausjärjestelmän rakentamisen budjetti oli arvioitu parhaan sen hetkisen tiedon mukaan, joten se ei aivan pitänyt paikkaansa. Varoja oli silti varattu projektille tarpeeksi ja kaikki komponentit ja asennustöistä syntyneet kustannukset saatiin sopimaan arvioituun budjettiin.

## 5 PROJEKTIN JOHTAMINEN

Salamasiippausjärjestelmän rakennusprojektissa työn johtamisen rooli oli melko pientä. Työnjohtaminen on kuitenkin monipuolista työtä, sillä tavaran tilaaminenkin on tavallaan työnjohtamista. Järjestelmän rakentamisen vastuu annettiin allekirjoittaneelle ja sitä kautta toimin projektinhoitajana ja vastasin töiden etenemisestä. Työnjohtaminen projektin aikana koostui tavaran tilaamisesta, tavaroiden nostamisaikataulujen sopimisesta, toimimisena eräänlaisena asiantuntijana, sekä järjestelmän tarkastuksesta. Projektin kustannuksia seurattiin projektin aikana ja tarkasteltiin kustannusten sopimista järjestelmän rakentamiseen varattuun arvioituun budjettiin.

Projektin alussa projektille valitaan johtoryhmä. Joissain projekteissa voi olla erikseen tilaajan oma johtoryhmä sekä toimittajan johtoryhmä. Johtoryhmän tehtävänä on määritellä projektille tekniset, kustannukselliset ja ajalliset tavoitteet.

Projektin johtoryhmät muut tehtävät:

- Projektipäällikön nimeäminen
- Projektipäällikön laatiman projektisuunnitelman hyväksyminen
- Varmistaa, että projektissa on käytössä sen vaatimat henkilö- ja muut resurssit
- Projektin kannalta keskeisten päätösten teko
- Projektin tuloksen hyväksyminen
- Projektin lopettamisen päättäminen. (Pelin 2020, 55.)

Projekteille valitaan projektipäällikkö, joka vastaa siitä, että projektille asetetut tavoitteet saavutetaan käytössä olevilla resursseilla. Projektipäällikön on osattava toimia esimiehenä projektiryhmälle. Projektiryhmä koostuu projektiin nimetyistä asiantuntijoista ja osajista, jotka vastaavat projektin toteutusvaiheen töistä. Esimiehen rooli sisältää työryhmän organisointia, avustamista ja tarvittavien työkalujen ja materiaalien hankkimista. Projektipäällikkö toimii usein keskeisimpänä linkkinä asiakkaan edustajien ja toimijan välillä, joten hänellä on oltava hyvät sosiaaliset ja kommunikointitaidot. Projektipäällikön on myös osattava toimia asiantuntijana, oli sitten kyse erilaisista järjestelmistä tai projektihoidollisista asioista. Projektin koko vaikuttaa siihen, kuinka paljon projektipäällikkö osallistuu projektin sisällön tekemiseen ja määrittelyyn. (Pelin 2020, 266–267.)

Projektipäällikön taitoalueet voidaan jaotella seuraavasti:

- Johtamistaidot
- Projektihallinnan taidot
- Projektiin liittyvän tekniikan osaaminen. (Pelin 2020, 267.)

Projektipäällikkö toimii projektin johtajana ja hänen toimenkuvaansa kuuluu ohjausprosessien tehtävien hoitaminen. Projektipäälliköllä ei aina ole aikaa hoitaa kaikkia töitä itse, joten hänen täytyy osata delegoida töitä työryhmän jäsenille. Delegoimalla töitä muille projektipäällikkö saa aikaa hoitaa muita töitään, kuten neuvotteluja yms. Harvalla ihmisellä on aikaa hoitaa kaikkia projektipäällikön töitä itse, joten delegointi on välttämätön taito. Samalla kun projektipäällikkö delegoi tehtäviä työryhmän jäsenille, hän osoittaa heille luottamustaan. Tällaisen luottamuksen osoittaminen voi moti-

voida alaisia tekemään töitä ja ottamaan enemmän vastuuta. Työtehtäviä voidaan delegoida yksilöille tai työryhmille. Työryhmille delegoinnin hyvä puoli on, että työryhmän sisältä voi nousta uusia ideoita ja näkökulmia, joita projektipäällikkö ei ole itse ajatellut. Samalla työryhmä pysyy ajan tasalla toisten tekemisistä ja projektin edistymisestä.

Projektipäällikön koordinoitaitaidot korostuvat eniten isoissa projekteissa, joissa on haasteena työryhmän jäsenten työn seuraaminen. Hyvän koordinoinnin avulla varmistetaan työryhmän yhteistyön sujuminen moitteetta. Jos koordinointi on puutteellista, on vaarana, että työtehtäviä jää hoitamatta, töitä tehdään päällekkäin tai työt eivät etene oikeassa tahdissa. Puutteellisen koordinoinnin seuraukset voivat näkyä resurssien käytössä ja aikataulussa, jos työt eivät suju tehokkaasti ja suunnitelmallisesti. Jos työryhmän koordinoinnissa on ongelmia projektin aikana, niin sen näkyy väijäämättä projektin lopputuloksessa negatiivisesti. (Ruuska 2012, 137–139.)

Projektinjohtaminen on tulosjohtamista. Projektille asetetaan sisällölliset, ajalliset ja taloudelliset tavoitteet. Projekti on onnistunut, kun kaikki suunniteltu on tehty ja suoritus sopii aikatauluun ja kustannuksiin.

## 5.1 Projektin aloittaminen

Projektin alussa käytiin läpi vastuualueet ja työt yhdessä esimiehen kanssa. Projektin alussa selvitetiin pohjatyönä, minkälaisesta järjestelmästä on kyse ja minkälaisen rakennusaikataulun kyseinen projekti tarvitsee. Suunnitelmien valmistuttua päästiin näkemään millainen järjestelmän rakenne tulee olemaan ja mitä tarvikkeita työ vaatii. Projektin alussa on yleisesti oltava tiedossa mitä tehdään, projektiin varattu budjetti ja aikataulu. Kun edellä mainitut asiat ovat tiedossa, voidaan alkaa suunnittelemaan resursointia, eli selvitetään mitä resursseja on käytettävissä (työntekijät, työvälineet ja komponentit). Resurssoinnin aikana varmistetaan, että projektin toteutusvaiheessa on saatavilla siihen tarvittavat resurssit. Projektin budjetti ja aikataulu rajaavat, kuinka paljon resursseja on oltava käytössä projektin toteutusvaiheessa.

Projektityötä aloittaessa tulee kiinnittää huomiota seuraaviin seikkoihin:

- Projektin tavoitteiden määrittely
- Projektiryhmän jäsenten tehtävien määrittely
- Projektihallinnan menettelyjen suunnittelu
- Projektin suunnitelman tekeminen. (Pelin 2020, 63.)

Projektitoiminnassa voidaan erottaa toisistaan ohjausprosessi ja toteutusprosessi. Toteutusprosessi tähtää suoraan projektin tuloksen syntymiseen. Työ tarvitsee ohjausta, jotta tulos saadaan aikaiseksi mahdollisimman taloudellisesti ja tehokkaasti.

Projektin ohjausvaihe pitää sisällään seuraavat:

- Projektin käynnistysvaihe, jossa asetetaan projektille tavoitteet.
- Organisointivaihe, jossa projektin johtoryhmä valitsee työmaapäällikön
- Suunnitteluvaihe, jonka aikana laaditaan tarkempi projektisuunnitelma.
- Toimeenpano, ja ohjausvaihe

- Päätämismvaihe, jossa projektin tuloksen valmistuttua projektipäällikkö laatii loppuraportin ja esittää raportin tulokset. (Pelin 2020, 71–73.)

## 5.2 Projektin aloittamisen riskit

Salamasiippausjärjestelmän rakentamisen projektia aloittaessa huomioitiin projektin onnistumiseen vaikuttavat riskitekijät. Isoimpana riskinä projektille oli tarvittavien materiaalien saatavuus. Projektin aloittamisen ajankohtana oli yleisenä ongelmana materiaalien saatavuus. Maailmantilanteen vuoksi hankinnat tehtiin hyvissä ajoin, koska materiaalien saatavuusongelmat olivat yleisiä. Vaikka komponenttien tilaus tehtiin hyvissä ajoin, niin tukkurin teknisten ongelmien vuoksi tilaus ei mennyt perille tavarantoimittajalle. Huomioimamme riski siis toteutui, mutta materiaalit tulivat silti hyvissä ajoin ennen järjestelmän luovutusta. Työryhmän sisäisiä riskejä ei katsottu olevan ollenkaan, sillä työryhmä oli jo entuudestaan tuttu ja kaikki olivat motivoituneita tekemään työt aikataulun mukaisesti.

Projektien alussa on monia suden kuoppia, joihin on helppo pudota. Jos työryhmä ei ole entuudestaan tuttu, eikä toisten työtahtia tai motivaatiota tunne. Siitä voi syntyä ongelmia, kun työntekijöiden energiat eivät kohtaa. Uudet projektin työntekijät eivät välttämättä tunne projektityöskentelyn menetelmiä, joten projektipäälliköllä tai muilla työntekijöillä voi kulua paljon aikaa muiden opastamiseen. Riskien analysointia on hyvä tehdä projekti alusta loppuun saakka, sillä projekteissa tulee lähes aina esille odottamattomia yllätyksiä. (Pelin 2020, 63.)

## 5.3 Resursointi

Projektin resursointi oli yksinkertaista, sillä työntekijät olivat jo tiedossa ja toteutuksen aikataulu oli joustava. Tarvittavat työvälineet saatiin työmaalle jo hyvissä ajoin enne toteutusvaiheen alkua. Ongelmana olivat järjestelmän komponentit, jotka saapuivat alkuperäisestä aikataulusta myöhässä, mutta siitä ei aiheutunut suurta haittaa aikataulun joustavuuden takia. Resursointi voisi olla ongelmallisempaa isommassa projektissa, jossa työvaiheita on monta ja tarvitaan useampia erilaisia järjestelmäasiantuntijoita ja työvälineitä. Resursoinnissa on hyvä kiinnittää huomiota, ettei työhön varata esimerkiksi liikaa työntekijöitä, jolloin työn tuottavuus voi pienentyä. Yleensä pieni työntekijöiden aliresursointi voi olla hyvinkin asia, että työn kustannukset ja työn teho pysyvät tuottavalla tasolla.

Työtehtävän kesto riippuu siitä, kuinka iso työmäärä tehtävässä on, ja kuinka paljon siihen on käytettävissä olevia resursseja. Mitä enemmän resursseja, niin sitä nopeammin työ saadaan tehtyä, mutta sitä enemmän työnsuorittaminen kustantaa.

Toimintaverkkoaikataulu antaa projektin resurssilaskennalle hyvän perustan. Toimintaverkossa kuvataan

- Tehtävät
- Tehtävien kesto/työmäärä
- Tehtäväkohtaiset resurssitarpeet
- Tehtävien suorittamisen järjestys. (Pelin 2020, 143-144.)

Resursointi on tärkeää aikataulutuksen kannalta, sillä luotettavan aikataulun tekemiseksi pitää olla tieto käytettävissä olevista resursseista. Jos aikataulua laatiessa ei ole tietoa saatavilla olevista resursseista, niin on hankala saada tehtyä luotettavaa aikataulutusta. Resurssit pitävät sisällään raha-resurssit, työntekijät, työkonet , sekä työhön tarvittavat materiaalit. (Pelin 2020, 142.)

Resursointi ja aikataulutus sitoutuvat projekteissa hyvin vahvasti toisiinsa. Resursseja suunniteltaessa on tärkeää varmistaa resurssien saatavuus oikeaan aikaan, jotta olemassa oleva aikataulu ei ala laahaamaan ja voidaan välttää kiire ja mahdolliset myöhästymisestä aiheutuvat lisäkustannukset. (Pelin 2020, 141.)

”Hyväkään aikataulu ei auta, ellei tarvittavia voimavaroja ole käytettävissä tarvittavana ajankohtana” (Pelin 2020, 139.)

Työntekijöiden työpanosta suunniteltaessa kannattaa muistaa, että vuoden kaikki arkipäivät eivät ole työpäiviä. Henkilöresursseja miettiessä on hyvä pitää mielessä arkipyhien, lomien ja sairauspoissaolojen vaikutus käytettävissä olevaan työvoimaan ja aikatauluun. Esimerkiksi sairauspoissaoloja ei voida ennustaa, mutta niihin voidaan varautua. On olemassa monta erilaista laskukaavaa vuosittaisen työpäivien arviointiin.

Työntekijän vuosittaiseen työpäivien laskentaan voidaan käyttää alla olevaa laskelmaa:

- Vuodessa 365 päivää
- Viikonloppu päivät 104 päivää
- Lomat 30 päivää
- Koulutus yms. 10 päivää
- Kokoukset, seminaarit yms. 15 päivää
- Työpäivien maksimimäärä 200 päivää

Lisäksi:

- Sairauspoissaolot 10 päivää
- Matkapäivät yms. 10 päivää
- Projektiin käytettävissä olevien työpäivien keskimääräinen määrä: 180 päivää

(Ruuska 2012, 197.)

## 6 PROJEKTIN SEURANTA

Projektin seurannalla pyritään estämään suunnittelemtomia yllätyksiä. Seurannalla ei tarkoiteta pelkästään toteutuneen työn vertaamista suunnitelmiin. Projektin seurannalla tarkoitetaan projektin eri osa-alueiden seuraamista, kuten kustannuksia, aikataulua, työn toteutusta ja resurssien riittävyyttä. Projektiseurannan on tarkoitus olla ennakoivaa ja reagoivaa. Projektin aikana tulee aina eteen tilanteita, jotka vaativat korjaavia toimenpiteitä. Seurannalla pyritään tunnistamaan epäkohdat ajoissa, jotta niihin voidaan reagoida nopeasti. (Forsberg 2004, 210-211.)

Rakennusprojekteissa on hyvä tehdä omantäytäntarkastusta. Omantäytäntarkastus tarkoittaa tehdyn työn tarkastamista, että työt ovat tehty standardien ja suunnitelmien mukaisesti. Tarkastuksia tehdessä keskitytään asennusten oikeellisuuteen ja ulkonäköön. Tarkastuksissa pidetään kirjaa töiden puutteista ja muista huomioista, sekä otetaan kuvia valmiista asennuksista. Puutteet, kuvat ja muut huomiot dokumentoidaan. Projektin aiheena olevaan järjestelmään tehtiin tarkastus ja todettiin asennusten oikeellisuus ja puutteet. Järjestelmän puutteet kirjattiin muistiin ja ne korjataan, niille varatun aikataulun mukaisesti.

### 6.1 Viestintä

Projektin aikana viestintää pidettiin yllä sähköpostin, tekstiviestin, sekä puhelujen avulla. Eli siis käytettiin aivan normaaleja viestintäkanavia, koska ne ovat selkeitä ja helppoja käyttää ja niiden avulla saa ratkottua lähes jokaisen ongelman. Tekstiviesti tai sähköposti ei aina ole paras vaihtoehto, jos jokin viestinnän osapuolista ei ole tottunut viestimään kirjoitetulla tekstillä. Silloin paras vaihtoehto on yleensä puhelinsoitto. Puhelun avulla voidaan esittää helpommin lisäkysymyksiä ja saada vastauksia nopeammin, jos toinen osapuoli ei tarkistakaan viestejään säännöllisesti.

Viestintä on projekteissa tehokas työväline, että voimavara. Viestinnällä hallitaan projektin eri sidosryhmiä, vaiheita ja tiedotetaan projektin asioista muille työntekijöille tai toimijoille. Toimiva viestintä on yksi tärkeimmistä projektityöskentelyn onnistumiskriteereistä. Projektin sisäisen viestinnän suunnittelu on tärkeä osa projektisuunnittelua. Projekteissa voidaan tehdä erillinen viestintäsuunnitelma, jossa sovitaan mitä viestimiskanavia käytetään ja kuinka viestitään eri tahojen kanssa. Projektin koko vaikuttaa viestinnän toteuttamismalleihin. (Ruuska 2012, 212.)

Vaikka projektin raportointi on osa projektin seuranta, on se myös viestintää. Projektin aliuraakoitsijat tekevät pääuraakoitsijalle tilanneraportteja työmaan etenemisestä. Tilanneraporttiin voi kuulua työryhmän miesvahvuus, työtehtävien eteneminen aikatauluun verraten ja huomioita työn etene- misen kannalta kriittisistä asioista. (Pelin 2020, 290-291.)

Projekteista tehdään usein myös projektiraportteja. Projektiraportti voisi sisältää seuraavia asioita:

- Lyhyehkön kuvauksen projektin yleistilanteesta
- Projektin päivitetty aikataulu
- Projektin kustannustilanne, joka sisältää budjetti, laskutus, tunnusluvut, ennusteen
- Laatutilanne, eli lisätyö, muutokset sopimuksissa, poikkeamat suunnitelmissa
- projektin toteutuneet ja potentiaaliset riskit
- Päätösehdotukset.

Raportointia suoritetaan organisaatiossa alhaalta ylöspäin. Organisaation johdon ongelmana on usein se, että heille tuodaan liikaa informaatiota, jolloin heidän keskittymisensä olennaisiin asioihin saattaa heiketä. Ylöspäin raportoidessa on hyvä pitää raportointi lyhyehkönä, jotta johtoryhmä saa helposti tietoonsa kaiken projektin kannalta olennaisen tiedon. Tietenkin poikkeuksena voidaan pyynnöstä tehdä yksityiskohtainen raportti, mutta useimmin projektin yleiskatsaus riittää asioiden eteenpäin viemiseksi. Yksityiskohtaisen tiedon tarve on suurin alimmilla tasoilla, joilla tehdään työtä paikan päällä ja ratkotaan yksittäisiä ongelmia. Raportointi on helpompaa, jos on mahdollista käydä itse paikan päällä kohteessa, jos tämä ei ole mahdollista, niin voidaan tietoja kysyä muilta työntekijöiltä. (Pelin 2020, 290-291.)

## 6.2 Työn toteutuminen

Projekti aloitettiin tutustumalla salamasuojausjärjestelmän toimintaan ja komponentteihin. Työn aloitus venähti hieman, sillä salamasiippausjärjestelmän suunnitelmat eivät vielä olleet valmiit. Suunnitelmien valmistuttua laskettiin kuvista tarvittavat komponentit ja johtimet. Massalaskennan jälkeen kilpailutettiin eri toimittajia ja pyydettiin tarjouksia materiaaleista. Kilpailutuksen päätteeksi komponenteista tehtiin tilaus parhaan tarjouksen tehneen toimittajan tarjouksen mukaisilla hinnoilla ja määrillä.

Tavarantoimituksessa oli kuitenkin ongelmia tukun ja valmistajan välillä. Sovitulla toimitusviikolla tavaroita ei Asiaa tiedusteltiin tukusta. Selvisi, että tilaus ei ole missään vaiheessa lähtenyt valmistajalle. Tästä alkoi jälkiselvittely, jonka seurauksena tavaroita saatiin pienissä erissä työmaalle niin paljon kuin valmistajalla oli varastossa. Loput saapuivat myöhemmin, koska kaikkia komponentteja ei ollut saatavilla Suomessa. Lopulta kaikki materiaalit saatiin työmaalle ja vielä työmaan aikataulun mukaisesti.

Tässä projektissa ei ollut ennalta määriteltyä tarkkaa budjettia, sillä salamasiippausjärjestelmä on suhteellisen pieni osa isompaa projektia. Projektin budjetiksi määriteltiin silti 16 000 euroa. Siihen sisältyy materiaali, työkoneet ja työkustannukset. Projektin materiaalikustannukset, työntekijäkustannukset ja nostimien vuokrat mahtuivat projektin budjettiin.

Salamasuojausjärjestelmää rakennettiin kolmen asentajan voimin vaihtelevasti. Töihin tuli välillä taukoja, koska kaikkia materiaaleja ei ollut vielä saapunut ja seinäkannakkeiden määrän laskemisessa oli tehty virhe, joten sekin viivästytti työn tekemistä. Järjestelmän rakentaminen aloitettiin katon reunalla kulkevista johtimista, jotka asennutettiin rakennusliikkeellä, sillä johtimet kiinnitettiin reuna- ja seinäkiinnikkeiden läpi vaneriin ja heillä oli sen tekemiseen tarvittavat välineet. Sähköasentajien työn jälkeen tehtiin projektiin kuuluvia tarkastuksia.

Järjestelmästä tuli suunnitelmien mukainen, lukuun ottamatta sairaalan katolla kulkevien kaapelihyllyjen ylityksiä. Tavarantoimitusvaiheessa päätettiin kaapelihyllyjen ylitys korvata eristetyllä johtimella. Eristetyllä johtimella kaapelihyllyt pystytettiin alittamaan ja suojaeristys täyttämään ilman korkeita kothotussauvoja.

Projektin aikana jouduttiin tekemään lisätilaus tavaroiden laskentavaiheessa tehdyn virheen vuoksi. Alastulojohtimien seinäkiinnikkeitä kului enemmän kuin aluksi oli laskettu.

Salamasuojausprojektin työhön käytettävän ajan määrittelemiseksi jaettiin järjestelmän hinta urakkasähkömiehen keskituntiansiolla, josta saadaan suoraan järjestelmän rakentamiseen käytettävä tuntityömäärä. Tämä menetelmä on vain suuntaa antava, eikä tarkka laskelma.

Työajaksi saatiin noin 300 tuntia. Työhön käytettiin vaihtelevasti kolmea tai kahta asentajaa, joten ajallisesti järjestelmän rakentamiseen varattiin aikaa 150 tuntia eli 19 työpäivää. Laskelma on vain arvio, koska järjestelmän rakentamiseen ei käytetty koko ajan kolmea asentajaa. Todellisuudessa järjestelmän rakentaminen tehtiin osissa, koska kaikkia tarvittavia komponentteja ei ollut saapunut aikataulun mukaisesti työmaalle. Laskelman epätarkkuutta lisää myös se, että vesikaton reunojen kattojohtimet asennutettiin rakennusliikkeellä. Tarkoituksena laskennalla oli antaa arvio järjestelmän rakentamiseen käytettävästä ajasta.

Projektin aiheena olevalle salamasiippausjärjestelmälle suoritettiin silmämääräinen tarkastus. Tarkastuksessa varmistettiin, että järjestelmä oli rakennettu suunnitelmien ja määräysten mukaisesti. Tarkastuksen aikana todettiin, että järjestelmän komponentit ovat ehjiä, liitokset ovat luotettavia ja eristysvälit ovat riittäviä. Tarkastuksessa huomioitiin kahden alastulojohtimen liitoksen puutteet. Maadoituselektrodit olivat jääneet maanrakennustöissä asfaltoinnin alle ja ne liitetään alastulojohtimiin, kun maa sulaa.

Salamasuojausjärjestelmälle tehtiin käyttöönottotarkastuspöytäkirja, joka on esitetty liitteessä 1. Pöytäkirja on rakennettu yksinkertaiseksi ja helpoksi käyttää ja sitä on helppo tarvittaessa muokata. Pöytäkirjaan merkitään tarkastetut kohdat. Pöytäkirjan loppuun merkitään, onko tarkastettava järjestelmä ohjeiden mukaisesti rakennettu. Pöytäkirja on rakennettu silmämääräistä tarkastusta varten.

Uusi järjestelmä on nyt yhdistetty aiemmin valmistuneeseen järjestelmään ja on muutamia alastulojohtimien liitoksia vaille valmis.

## 7 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tarkoituksena oli perehtyä ulkoiseen salamasiippausjärjestelmään ja samalla oppia projektihallinnan perusteita. Työssä käytiin läpi ulkoisen salamasuojausjärjestelmän komponentteja, toimintaa ja suunnittelumenetelmiä. Ulkoisen sieppausrakenteiden tarkoitus on siepata salama ja johtaa se alastulojohtimia pitkin maahan vahingoittamatta suojattavaa rakennetta. Alastulojohtimien välimatkat määritetään suojattavan rakenteen suojausluokan mukaan. Maadoitusjärjestelmänä voidaan Suomessa käyttää sähköverkon maadoituselektrodia, jos perusmaadoitusta tai rengasmaadoitusta ei voida rakentaa.

Ulkoisen salamasuojauksen suunnittelumenetelmiä ovat verkkomenetelmä, suojakulmamenetelmä ja pallomenetelmä. Suunnittelun aikana niitä voidaan yhdistellä tarpeen mukaan suojattavan rakenteen muodosta riippuen.

Työn aikana tarkoituksena oli luoda projektille aikataulu, työturvallisuussuunnitelma sekä käyttöönototarkastuspöytäkirja. Tarkkaa aikataulua ei erikseen tehty, mutta järjestelmän rakentamisen aikataulu sovitettiin työmaan luovutusaikatauluun. Työturvallisuussuunnitelma tehtiin viralliselle pohjalle, jota käytetään isompienkin projektin työturvallisuussuunnitelmissa. Käyttöönototarkastuspöytäkirja laadittiin yrityksen omalle pohjalle, jotta sitä voitaisiin käyttää tulevilla projekteilla. Pöytäkirja tehtiin yksikertaiseksi käyttää ja helpoksi muokata.

Järjestelmän toteutusvaiheessa tutustuttiin jokaiseen rakennusprojektiin liittyviin käsitteisiin, kuten aikataulu, resursointi, budjetti ja työturvallisuus. Työssä keskityttiin projektinhallinnan peruseräisiin ja käytiin läpi, kuinka tämän projektin aikana tehtiin kyseiset asiat.

Työn aikana oli haasteita. Haasteet koostuivat materiaalien toimitusongelmista sekä laskentavaiheen laskentavirheestä.

Järjestelmä saatiin valmiiksi ja toimintaan pois lukien kahta alastulojohdinta, joita ei voitu vielä liittää maadoituselektrodiin.

## 8 POHDINTA

Ulkoisen salamasuojajärjestelmän rakentaminen oli minulle uusi asia ja minulla oli melko rajallinen tieto sen komponenteista. Perustoimintaperiaate oli minulle selkeä, mutta suojaeristykset ja välit olivat minulle uusia asioita. Ylijännitesuojausta ei työssäni käsitelty, enkä siihen keskittynytkään työni aikana. Opinnäytteeni aihe antoi minulle hyvän tilaisuuden keskittyä salamasuojaukseen ja sen periaatteisiin. Työn aikana sain hyvän ymmärryksen ulkoisen salamasuojauksen periaatteista ja komponenteista.

Työ oli aiheena hyvä harjoitusprojekti ja se antoi hyvän ymmärryksen projektin vaiheista ja kuinka projektia viedään eteenpäin pienistä vastoinkäymisistä huolimatta. Laskentavaiheessa tehdystä virheestä sain hyvän opetuksen siitä, kuinka tärkeässä roolissa laskentavaihe on projektissa. Pieneltä vaikuttava laskentavirhe voi olla merkittävässä roolissa projektin onnistumisessa. Pienemmissä projekteissa, joissa on pieni budjetti ja vähän resursseja, pienetkin virheet ja lisätilaukset voivat näkyä isosti projektin lopputuloksessa. Isommissa projekteissa riskinä taas on virheiden kertyminen. Virhe voi kohdistua työhön, jota suoritetaan useampaan kertaan. Laskentavirheeni ei kuitenkaan ollut tässä projektissa kriittinen projektin onnistumisen kannalta. Tietenkin työn toteutus myöhästyi, koska tavarat loppuivat kesken, mutta työ saatiin tehtyä aikataulun mukaisesti.

Projektin hallinta on laaja käsite ja minulla on siitä vielä paljon opittavaa, koska en ole kuitenkaan ollut itsenäisen projektin vetäjänä, sillä tämä projekti oli osana suurempaa kokonaisuutta. Normaalissa projektissa on kuitenkin enemmän liikkuvia osia ja kaikki työvaiheet ovat yleensä laajempia ja vaativat isompaa roolia työnjohtajana. Toivottavasti työstäni on apua aloitteleville työnjohtajille ja antaa näkemystä siihen, millaisia vaiheita projekteissa voi tulla vastaan.

## LÄHTEET

Aro, Martti. 2015. Suurjännitetekniikka 4. Painos. Helsinki. Otatieto.

Foreca.fi. mikä on salama ja miten se syntyy?. <https://www.foreca.fi/s%C3%A4%C3%A4pedia/g31mrhef>. Viitattu 20.3.2023.

Martikainen, Riku. 2023. Kuva 5 & Kuva 6. Kuopio.

OBO Bettermann. 2010. Tuotekatalogi. Esite. [https://www.obo.fi/fileadmin/DMS/Produktkataloge/02\\_TBS/Katalog-TBS\\_fi\\_2010.pdf](https://www.obo.fi/fileadmin/DMS/Produktkataloge/02_TBS/Katalog-TBS_fi_2010.pdf). Viitattu 9.2.2023.

OBO Bettermann. 2019. Rakennusten salama- ja ylijännitesuojaus. Esite. [https://www.obo.fi/fileadmin/DMS/Broschueren/02\\_TBS/Rakennusten\\_salama-\\_ja\\_ylijaennitesuojaus.pdf](https://www.obo.fi/fileadmin/DMS/Broschueren/02_TBS/Rakennusten_salama-_ja_ylijaennitesuojaus.pdf). Viitattu 12.3.2023.

Pelin, Risto. 2020. Projektihallinnan käsikirja. 8. Painos. Helsinki. Projektijohtaminen Oy Risto Pelin.

Ruuska, Kai. 2012. Pidä projekti hallinnassa. 7.painos. Helsinki. Talentum Media Oy.

ST 53.16.01. Rakennusten salamasuojaus. Sähkötieto ry.

Sähköinfo. 2020. Rakennusten salama- ja ylijännitesuojaus. 4. Painos. Espoo. Sähköinfo Oy

Tieku.fi. Miten salama syntyy?. <https://tieku.fi/luonto/saa/salamat>. Viitattu 26.3.2023.

Työturvallisuuslaki 738/2000. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2002/20020738>. Viitattu 16.3.2023.

## LIITEET

## LIITE 1. TARKASTUSPÖYTÄKIRJA

<b>Caverion</b>	
<b>ULKOISEN SALAMASUOJAUSJÄRJESTELMÄN KÄYTTÖÖNOTTOTARKASTUS</b>	
<b>1. TYÖKOHDE</b>	
Asiakas	
Osoite	Puhelin
<b>2. SÄHKÖURAKOITSIJA</b>	
Nimi	
Osoite	Puhelin
<b>3. TARKASTUKSEN KOHDE</b>	
Tiedot tarkastuksen kohteesta:	
<input type="checkbox"/> Kannakkeet <input type="checkbox"/> Liitokset <input type="checkbox"/> Suojaeristys <input type="checkbox"/> Sieppausrakenteet	<input type="checkbox"/> Alastulojohtimet <input type="checkbox"/> Lisäpainot <input type="checkbox"/> Muu asennus, mikä? _____
<b>4. KÄYTETYT MITTALAITTEET</b>	
<input type="checkbox"/> PROFITEST 0100S II, HT COMBITEST 2019, BEHA Unitest Expert <input type="checkbox"/> Eristysvastusmittari, merkki:  <input type="checkbox"/> Muu, merkki:	
<b>5. TARKASTUKSEN TULOS</b>	
Kohdan SFS 6000 ja SFS-EN 62305 mukainen turvallisuustaso	
<input type="checkbox"/> Saavutettu <input type="checkbox"/> Ei saavutettu, puutteet korjattava _____ mennessä	
<b>6. LIITTEET</b>	Liitteitä kpl
<b>7. TARKASTUKSEN TEKIJÄ</b>	
Nimi	Allekirjoitus
Paikka ja aika	