

Salamasuojauksen riskianalyysi

Niilo Peuhu

Opinnäytetyö
Elokuu 2023

Sähkö- ja automaatiotekniikan insinööri
Sähkötekniikka

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Sähkö- ja automaatiotekniikka
Sähkötekniikka

PEUHU, NIILO:
Salamasuojauksen riskianalyysi

Opinnäytetyö 80 sivua, joista liitteitä 12 sivua
Elokuu 2023

Tässä opinnäytetyössä ohjeistettiin salamasuojauksen riskianalyysin laatiminen Dehn-riskinlaskentasovelluksella. Työ suoritettiin Sweco Finland Oy:lle. Työssä perehdyttiin teoriaan salaman ja ukkosen muodostumisesta, ylijännitteeseen sekä siltä suojautumiseen. Lisäksi käsiteltiin rakenteen salamasuojausmenetelmiä sekä riskianalyysiä. Työn tuloksena saatiin ohje Dehn-riskinlaskentasovelluksen käytölle sekä laadittiin esimerkkiprojektiin salamasuojauksen riskianalyysi. Riskianalyysi perustuu kohteen sijainnin ja rakenteen arviointiin sekä salamaniskusta aiheutuvien mahdollisten vahinkojen ja menetysten arvioimiseen eri osa-alueilla. Riskianalyysi antaa perustan salamasuojauksen toteutukselle, vaativuudelle ja tarpeellisuudelle.

Salamasuojauksen riskianalyysissä ensin valitaan kohde, johon riskianalyysi suoritetaan. Kohteeseen määritetään sen potentiaalinen alttius suoralle tai epäsuoralle salamaniskulle. Salamaniskun potentiaalisen iskukohtan arviointi perustuu useisiin tekijöihin, kuten rakennuksen materiaaliin, korkeuteen, pinta-alaan, ympäröiviin rakennuksiin sekä ukkosmyrskyjen esiintyvyyteen kyseisellä alueella.

Salamanisku rakenteeseen voi aiheuttaa vahinkoja rakenteelle, josta voi seurata menetyksiä tai tappioita. Riskianalyysissä lasketaan jokaista menetystä tai tappiota vastaava riski. Riskejä ovat vaara ihmishengelle, kriittiset vaikutukset huoltovarmuuteen tai tärkeiden palveluiden menetykset, kulttuurihistoriallisen materiaalin tuhoutuminen sekä taloudelliset menetykset. Riskianalyysissä tarkastellaan yleensä ihmishengen uhan ja huoltovarmuuden riskejä. Kaikilla kohteilla ei ole vaikutusta huoltovarmuuteen eikä kulttuurihistoriallista arvoa, joten niiden laskenta suoritetaan tarvittaessa. Taloudellisten häviöiden laskeminen vaatii taloudellista osaamista sekä kohteen taloudellisia tietoja. Taloudellisen kannattavuuden arviointi perustuu salamasuojauksen investointikustannuksien ja salamaniskusta aiheutuvien mahdollisten kokonaismenetyksien vertaamiseen. Tällä määrittäen, onko salamasuojauksen toteutus taloudellisesti perusteltua.

Riskianalyysin voi laskea joko käsin tai tietokoneohjelmistolla. Työssä esitetty riskinlaskentasovellus helpottaa ja nopeuttaa riskin laskentaa sekä riskianalyysin laatimista. Tämä työ toimii sähköalan ammattilaiselle ohjeistuksena ja apuna riskianalyysin laatimiseen Dehn-riskinlaskentasovelluksella.

Asiasanat: riskianalyysi, salamasuojaus, riskinlaskentasovellus

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Electrical and Automation Engineering
Electrical Engineering

PEUHU, NILO:
Risk Analysis for Lightning Protection

Bachelor's thesis 80 pages, appendices 12 pages
August 2023

The purpose of this thesis was to provide guidance on how to perform a risk analysis of lightning protection using the Dehn risk calculation application. The thesis was commissioned by Sweco Finland Oy.

The thesis presented the necessary theoretical information for the preparation and knowledge of the components of a risk analysis. The thesis gathered the theory of lightning and thunderstorm formation, overvoltage, and protection against it. In addition, thesis dealt with the lightning protection methods and risk analysis of the structure.

The thesis resulted a guideline for the use of the Dehn risk calculation application and a risk analysis of lightning protection for a sample project. The risk calculation application presented in the thesis facilitates and speeds up the risk calculation and the preparation of risk analysis. This thesis serves as a guide and aid for the electrical professional to prepare a risk analysis using the Dehn risk calculation application.

The risk of economic losses risk was not considered in the thesis. Calculating economic losses requires economic knowledge and economic data of the facility. It would be interesting to research the financial viability of a lightning protection systems.

Key words: risk analysis, lightning protection, risk calculation software

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	6
2	SALAMASUOJAUKSEN PERUSTEET JA SUUNNITTELU	7
	2.1 Salaman ja ukkosen muodostuminen	7
	2.2 Ukkospäivät Suomessa.....	11
	2.3 Suojaustasot	12
	2.3.1 Salamasuojausvyöhykkeet	12
	2.3.2 Salamasuojaukset	13
	2.4 Ylijännite	14
	2.4.1 Ylijännitteen muodostuminen ja tyyppi	14
	2.4.2 Ylijännitteeltä suojautuminen ja sisäinen salamasuojaus ...	15
	2.5 Ulkopuolinen salamasuojaus	17
	2.6 Potentiaalintasaus ja maadoituselektrodi	23
	2.7 ATEX-alueiden vaikutus salamasuojaukseen	27
3	RISKIANALYYSI.....	29
	3.1 Riskianalyysin termit ja komponentit	29
	3.2 Riskien tunnistaminen	32
	3.3 Riskien pienentäminen.....	32
	3.4 Sallittu riski ja perusmenetelmä.....	33
4	RISKIANALYYSIOHJELMISTO	35
	4.1 DEHN Risk Tool: Riskianalyysi ohjelmisto	35
	4.1.1 Ohjelman avausvalikko.....	35
	4.1.2 Riskinlaskennan avausvalikko	36
	4.1.3 Projektipainikkeet, ylävalikko	37
	4.1.4 Buildings – Rakennuksen tiedot	38
	4.1.5 Zones - Vyöhykkeet.....	39
	4.1.6 Supply lines – Syöttöjohdot	41
	4.1.7 Properties – Ominaisuudet	45
	4.1.8 Losses – Häviöt.....	48
	4.1.9 Costs – Kustannus arvio, taloudelliset häviöt	48
	4.1.10 Measures – Suojauksen valinta	50
	4.1.11 Lopputulos	52
	4.2 Esimerkkiprojekti Suomeen.....	54
5	POHDINTA	65
	LÄHTEET	67
	LIITTEET	69
	Liite 1. Esimerkkiprojektin riskianalyysin raportti	69

LYHENTEET JA TERMIT

LPL	Lightning protection level, Salamasuojautaso
LPS	Lightning protection system, Salamasuojausjärjestelmä
SPM	System protection measure, Sähkö- ja tietoteknisten järjestelmien suojaus
SPD	Surge protection device, Ylijännitesuoja
ATEX/EX	Atmosphere explosible, Räjähdyksivaarallinen ympäristö

1 JOHDANTO

Salama on voimakas sääilmiö, jossa pilviin syntyneiden sähkövarausten purkautuminen saa aikaan salamaniskun. Salama näkyy taivaalla kirkkaana valoilmionä ja ukkonen on salamaniskusta aiheutunut ääni-ilmiö. Salama voi esiintyä, joko pilven sisällä, pilvien välillä tai maan ja pilven välillä. Salamoita ja ukkosta voi esiintyä myös erilaisten sään ääri-ilmiöiden aikana, kuten valtavien metsäpalojen ja tulivuorenpurkausten tuhkapilvissä sekä lumimyrskyissä ja hurrikaaneissa.

Salamanisku tai sen johtuminen kiinteistöön voi aiheuttaa mittavia tuhoja kiinteistölle sekä henkilövahinkoja. Pahimmassa tapauksessa salama voi aiheuttaa suuria taloudellisia tappioita tai ihmishengen vaarantumisen. Salama voi aiheuttaa myös tuhoja kiinteistön sisällä oleviin laitteisiin. Salaman tuottama impulssiylijännite voi ylijännitteen tai kuumuuden takia tuhota komponentteja, aiheuttaa oikosulun tai polttaa kiinteistön kaapelointeja.

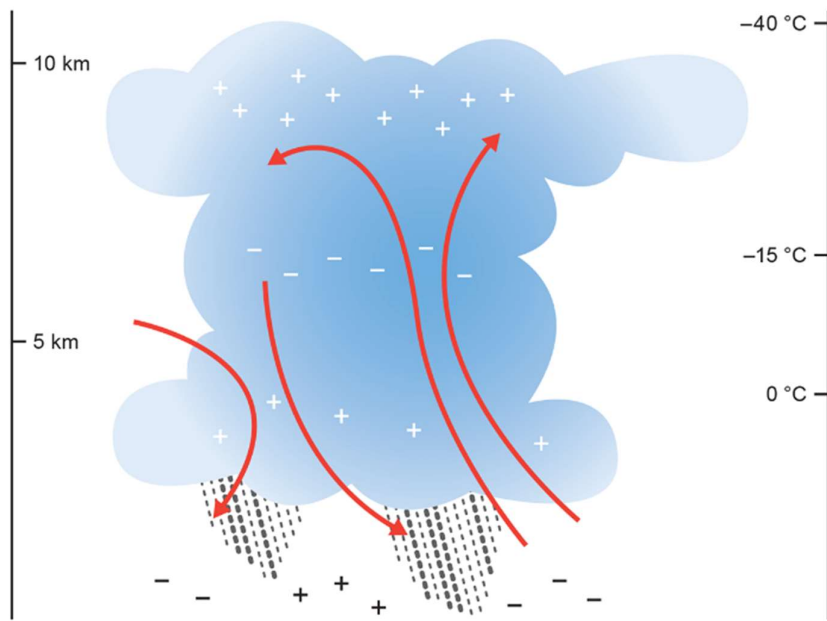
Kiinteistön salamasuojauksessa salaman aiheuttama virta johdetaan hallitusti maaperään maadoitusjärjestelmän avulla ja vaarallisen suuren salamanvirran kulkeutuminen suojattaviin laitteisiin estetään. Suojauksella pyritään myös estämään, ettei salama aiheuta vahinkoa kiinteistöön tai sen sisällä oleviin henkilöihin tai järjestelmiin. Salamasuojaustaso määritetään standardissa tai riskianalyysin avulla. Standardissa on tiettyihin kohteisiin suositeltu salamasuojaustaso, mutta Suomessa sijaitseviin kohteisiin vaatimus on korkea, joten on perusteltua laskea riskianalyysin avulla vaadittava suojaustaso. Salamasuojauksen tason perusteella suunnitellaan ja toteutetaan kiinteistön salamasuojaus. Salamasuojauksen määrittäminen perustuu standardisarjaan IEC 62305, joka on vahvistettu suomalaisiksi kansalliseksi standardiksi ja esiintyy näin työssä standardina SFS-EN 62305.

2 SALAMASUOJAUKSEN PERUSTEET JA SUUNNITTELU

Kappaleessa käydään riskianalyysin ymmärtämisen ja toteutuksen kannalta oleellinen teoriatieto. Luvussa 2.1 käsitellään salaman ja ukkosen muodostumisen periaate. Luvussa 2.2 esitetään Suomessa esiintyvien ukkospäivien määrä. Luvussa 2.3 esitetään salamasuojaus tasot ja vyöhykkeet. Luvussa 2.4 kerrotaan salamaniskusta aiheutuvan ylijännitteen muodostuminen, sen eri tyypit ja miten tältä pystytään suojautumaan kiinteistön sisäisesti. Luvussa 2.5 kerrotaan eri ulkopuolisista salamasuojauksen toteutustavoista ja menetelmistä sekä menetelmien käyttökohteista. Luvussa 2.6 kerrotaan, miten riskianalyysin kannalta potentiaalintasaus ja maadoituselektrodi tulee huomioida. Luvussa 2.7 kerrotaan ATEX-alueiden vaikutuksesta riskianalyysin tuloksiin sekä miten ATEX-alueet huomioidaan riskianalyysin laadinnassa.

2.1 Salaman ja ukkosen muodostuminen

Ukkospilvi on kuuropilvestä kehittyneempi versio. Ukkospilven rakenne esitetään kuvassa 1. Kuuropilvi muodostuu pystysuuntaisten lämpötilaerojen takia. Kuuma ilma pakkaantuu alas ja viileä ylös, jolloin lämpötilat kerrostuvat. Luonto pyrkii tasaamaan erot, jolloin syntyy pystyvirtaus, jossa lämpö ja kosteus kulkee ylöspäin. Tarpeeksi korkealla ilmankosteus tiivistyy vedeksi, jolloin syntyy pilvi. Tiivistyminen vapauttaa energiaa, jolloin pystyvirtaus kiihtyy ja pilvi kasvaa korkeutta. Kuuropilven huipun korkeuden alapuolella alkaa huurtumalla syntymään lumirakeita, jotka jäävät nousuvirtauksen kannattelemiksi. Nousuvirtauksen kuljettamat jääkiteet törmäilevät lumirakeisiin, jolloin jääkiteet varautuvat positiivisesti ja lumirakeet negatiivisesti. Lumirakeet ovat painavampia kuin jääkiteet, jolloin lumirakeet muodostavat negatiivisen varauksen pilven keskelle ja jääkiteet positiivisen keskuksen pilven ylä- ja alaosaan. Alaosaan muodostunut positiivinen varaus on heikompi kuin yläosaan muodostunut varaus. (Ilmatieteenlaitos 2023.)

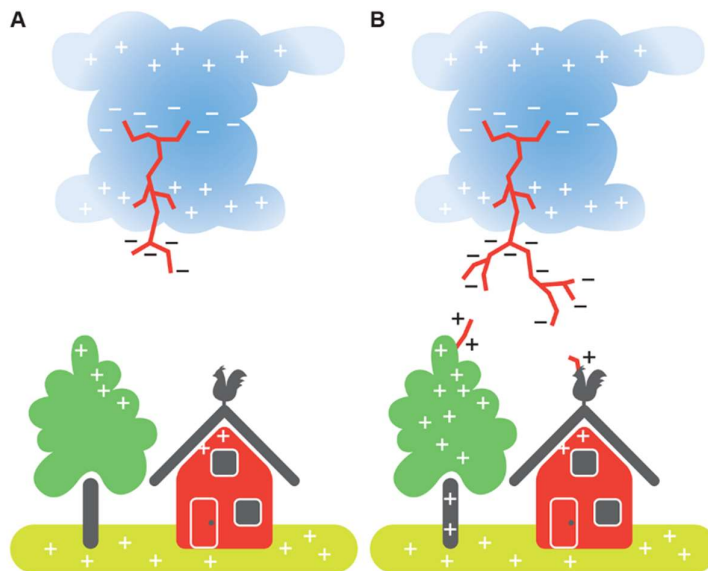


KUVA 1. Ukkospilven rakenne (Ilmatieteenlaitos 2023).

Kun pilvi on tarpeeksi varautunut eri potentiaaleihin ja ilmakehän läpilyöntikestävyys pottää, syntyy purkauksia. Purkaus voi tapahtua pilvien sisäisesti tai maan ja pilven välillä, joko negatiivisesti tai positiivisesti varautuneena salamana. (Ilmatieteenlaitos 2023.)

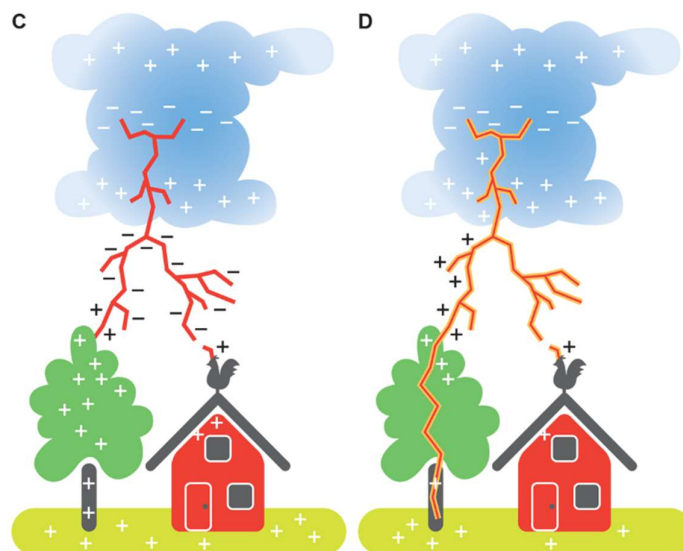
Pilvisalamassa purkaus alkaa alueiden välisestä alueesta. Alaspäin lähtevä purkaus on positiivisesti varautunut ja ylöspäin negatiivisesti. Näiden välille syntyy salamakanava, jota pitkin varaukset purkautuvat. Purkauksia tapahtuu kymmeniä ja pilvisalaman kesto on tyypillisesti noin puoli sekuntia. (Ilmatieteenlaitos 2023.)

Negatiivisesti varautunut maasalama alkaa samalla tavalla kuin pilvisalama. Salamannen negatiivinen pää eli esisalama suuntaa kohti positiivisesti varautunutta maata askelmaisesti ja haaroittuen. Kun salamannen jokin haara on noin 100 metrin etäisyydellä positiivisesti varautuneesta maan osasta tai osista, niistä alkaa muodostumaan vastaesisalama. Kun vastaesisalama ja esisalama on yhdistynyt maan ja pilven väliseksi salamakanavaksi, syntyy salama. Kuvissa 2 ja 3 esitettään negatiivisesti varautuneen maasalaman muodostuminen. (Ilmatieteenlaitos 2023.)

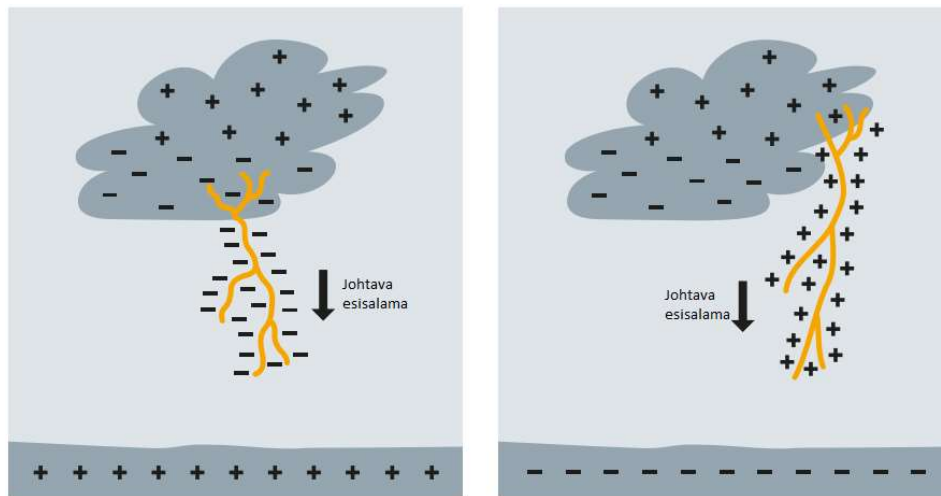


KUVA 2. Esi- ja vastaesisalaman muodostuminen (Ilmatieteenlaitos 2023).

Esisalaman ja vastaesisalaman yhdistyessä varautuneet elektronit purkautuvat. Elektronien purkautuessa salamavirta on noin 1–200 kA ja salamakanavan ytimen lämpötila nousee noin 20 000–30 000 Celsius-asteeseen. Kanavan kuumentuessa äkillisesti syntyy paineaalto, joka kuuluu kauempana jyrinänä ja salamankanavan lähellä kovana pamauksena. Salamankanavan valo syntyy äänen kanssa samanaikaisesti ja kanavassa hehkuva plasma näkyy valona. (Aro ym. 2015, 289; Ilmatieteenlaitos 2023.)

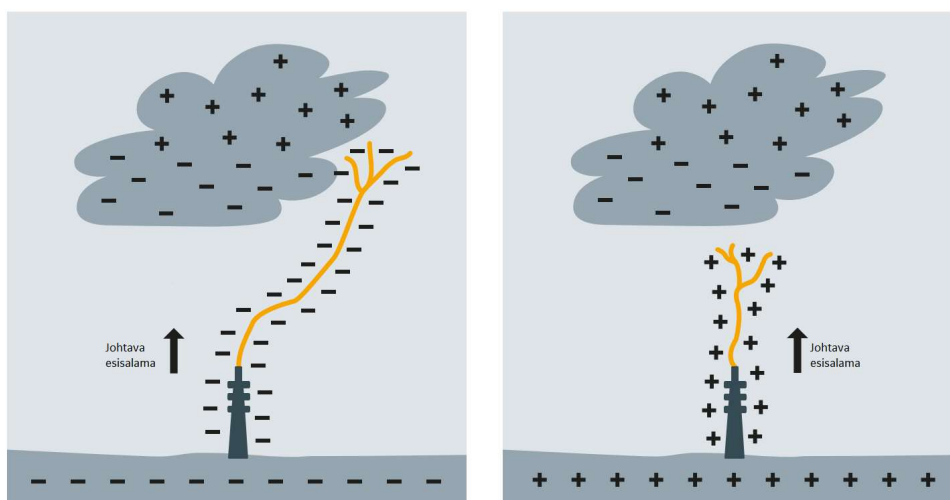


KUVA 3. Esisalaman ja vastaesisalaman yhdistys sekä salamakanavan muodostuminen (Ilmatieteenlaitos 2023).



KUVA 4. Ukkospilvestä maahan kohdistunut salama (DEHN + SÖHNE 2014, 16, muokattu).

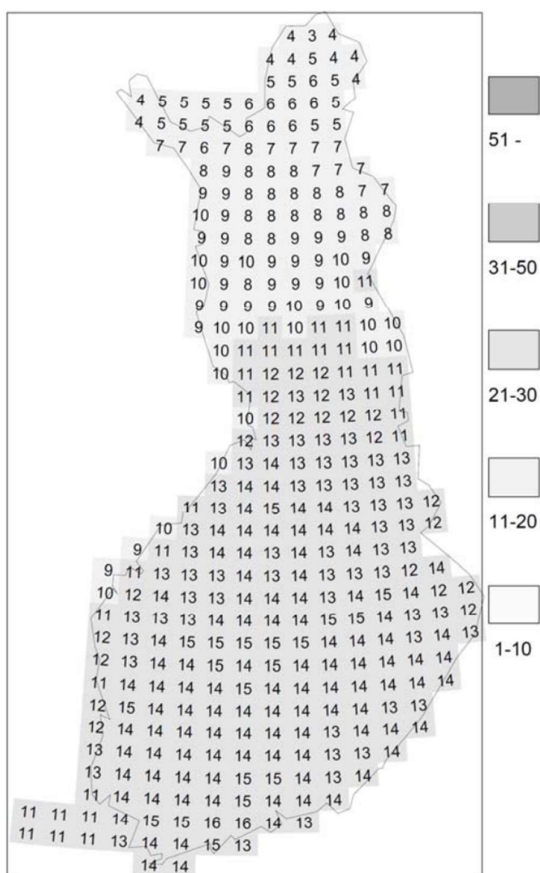
Salamoita on käytännössä 6 eri tyyppiä, joista 4 on maan ja pilven välisiä salamoita. Salamit voivat esiintyä myös pilvien sisäisesti ja niiden välillä. Maasalamat ovat joko kuvassa 4 esitettyjä ukkospilvestä maahan kohdistuvia tai kuvassa 5 esitettyjä maasta ukkospilveen kohdistuvia salamoita. Salaman varaus on joko negatiivinen tai positiivinen. Maasalamoista yleisin salamatyyppi on negatiivisesti varautunut maasalama. (DEHN + SÖHNE 2014, 145.) Ilmatieteenlaitoksen mukaan Suomessa kaksi kolmasosa salamoista on pilvien sisäisiä salamoita ja maasalamoista vain noin 15 % on positiivisesti varautuneita. Ukkospilvestä maahan kohdistuvia salamoita havaitaan enemmän kuin maasta ukkospilveen kohdistuvia. (Ilmatieteenlaitos 2023.)



KUVA 5. Maasta ukkospilveen kohdistunut salama (DEHN + SÖHNE 2014, 17, muokattu).

2.2 Ukkospäivät Suomessa

Riskianalyysin laatimista varten on määritettävä ukkospäivien määrä vuodessa. Ukkospäivien määrästä saadaan arvio maahan iskeytyvien salamoiden lukumäärästä neliökilometriä kohden vuodessa. Karkeasti tämä voidaan laskea jakamalla ukkospäivien lukumäärä kymmenellä. Kuvassa 6 esitetään, kuinka monta ukkospäivää Suomessa oli keskimäärin vuodessa vuosien 1998 ja 2014 välillä. Vaikka ilmastonmuutos on lisännyt ukkospäivien lukumäärää, ei muutos ole ollut niin konkreettinen, että sillä olisi ollut vaikutusta riskianalyysiin. (Mäkelä & Laurila 2015, 37.)



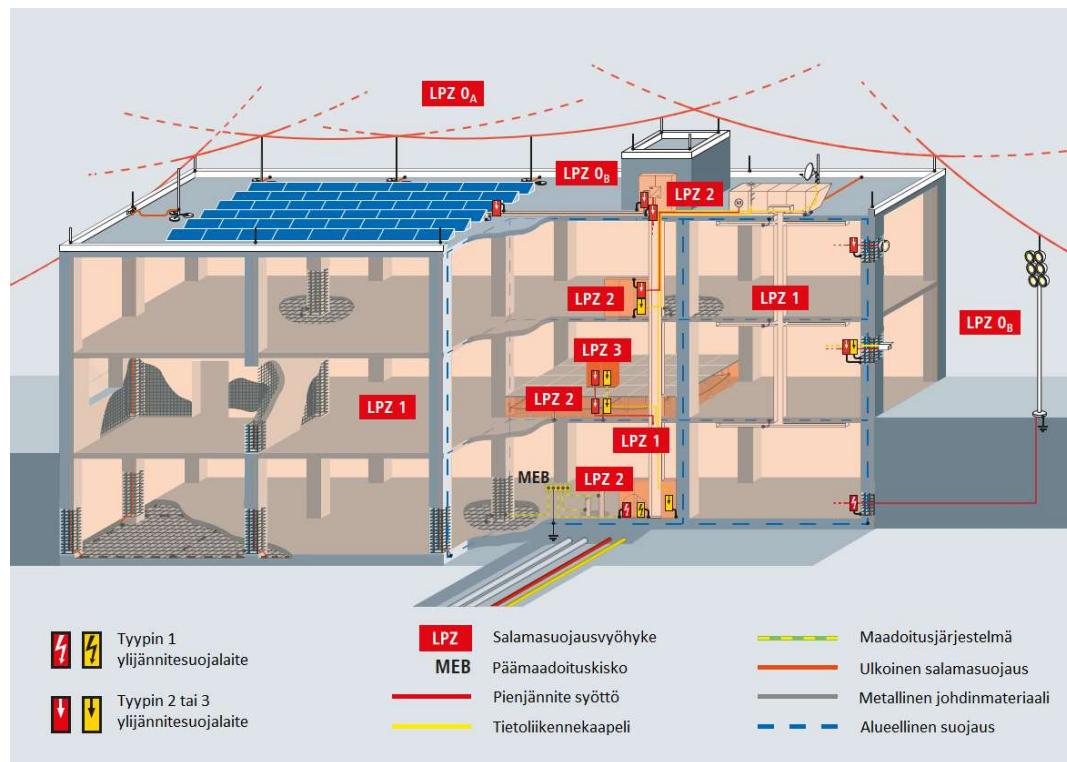
KUVA 6. Ukkospäivien keskiarvo ajalta 1998–2014 (Mäkelä & Laurila 2015, 37).

2.3 Suojaustasot

2.3.1 Salamasuojausvyöhykkeet

Salamasuojausvyöhykkeet (LPZ) jaetaan sisäisiin ja ulkoiisiin vyöhykkeisiin. Kuvassa 7 esitetään esimerkki salamasuojausvyöhykkeiden jaottelusta. Ulkoiset vyöhykkeet ovat vyöhykettä 0 ja sisäiset vyöhykkeitä 1 ja 2...n. Ulkoiset vyöhykkeet jaetaan LPZ 0_A ja LPZ 0_B vyöhykkeisiin. Salamasuojausvyöhykkeellä LPZ 0_A tarkoitetaan aluetta, joka on alttiina salaman suoralle iskulle. Vyöhykkeellä LPZ 0_B tarkoitetaan aluetta, joka on suojattu suorilta salamaniskuilta, mutta jossa uhkana on salaman aiheuttama sähkömagneettinen kenttä. Sisäiset vyöhykkeet jaetaan vyöhykkeisiin LPZ 1 ja LPZ 2...n. Salamasuojausvyöhykkeellä LPZ 1 tarkoitetaan vyöhykettä, jossa ylijännite on rajoitettu virranjako- ja eristysliitännöillä ja/tai vyöhykkeiden rajapinnassa olevilla ylijännitesuojilla. Salamasuojausvyöhykkeellä LPZ 2...n tarkoitetaan vyöhykkeitä, jossa ylijännitettä voidaan rajoittaa edelleen virranjako- ja eristysliitännöillä ja/tai vyöhykkeiden rajapinnassa olevilla ylimääräisillä ylijännitesuojilla. Tilasuojauksella voi vaimentaa salaman aiheuttamaa sähkömagneettista kenttää. (SFS-EN 62305-4 2010, 17.)

Sisäisiä vyöhykkeitä, kuten LPZ 3 vyöhykkeitä koskevat vaatimukset on määriteltävä suojattavien sähkö- ja elektroniikkajärjestelmien dielektrisen lujuuden mukaan. Kunkin sisemmän vyöhykkeen rajalle on luotava potentiaalintasaus kaikille tuleville metalliosille ja syöttölinjoille, joko suoraan tai sopivien ylijännitesuojalaitteiden (SPD) avulla. Vyöhykkeen raja koostuu suojatoimenpiteistä. Ukkosuojausvyöhykkeiden toteutuminen on tärkeä edellytys turvalliselle ja häiriöttömälle toiminnalle. (DEHN + SÖHNE 2014, 187–189.)



KUVA 7. Salamasuojausvyöhykkeiden jaottelu (DEHN + SÖHNE 2014, 188, muokattu).

2.3.2 Salamasuojaustasot

Salamasuojaukselle on määritelty 4 eri tasoa. Suojaustaso 1 on vaativin ja suojaustaso 4 on vaatimattomin. Lisäksi on suojaustaso 0 eli ei suojausta. Suojaustasoille määritetään vaatimukset taulukossa 1. Standardien suosittelemat suojaustasot eri kohteille:

- I Ydinvoimalat, puolustussovellukset ja konesalit.
- II Teollisuuden EX-tilat, tietoliikennemastot ja yli 100 m korkeat kerrostalot.
- III Sairaalat, kirkot, museot, julkiset rakennukset, koulut, konttorit, liikekeskukset, pumppuasemat, yli 10 kW valosähköjärjestelmä, hotellit ja yli 22 m korkeat kerrostalot.
- IV Muut riskiarvioinnin perusteella suojattavat kohteet.

(ST 53.16.01 2020, 6–7.)

TAULUKKO 1. Suojaustason (LPL) vaatimukset (ST 53.16.01 2017, 7).

Suojaustaso LPL	Salamanvirta (kA)	Sieppaustoden näköisyys (%)	Verkkomenetelmän silmäkoko (m)	Pallomenetelmän säde r (m)	Alastulojohtimien 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

Suomen kohteisiin on perusteltua laskea riskianalyyssillä vaadittava suojaustaso. Esimerkiksi toimistorakennuksiin suositellaan tason 3 salamasuojausta, mutta riskianalyyssin tuloksena vaaditaan normaalisti tason 4 suojaus tai ei suojausta ollenkaan.

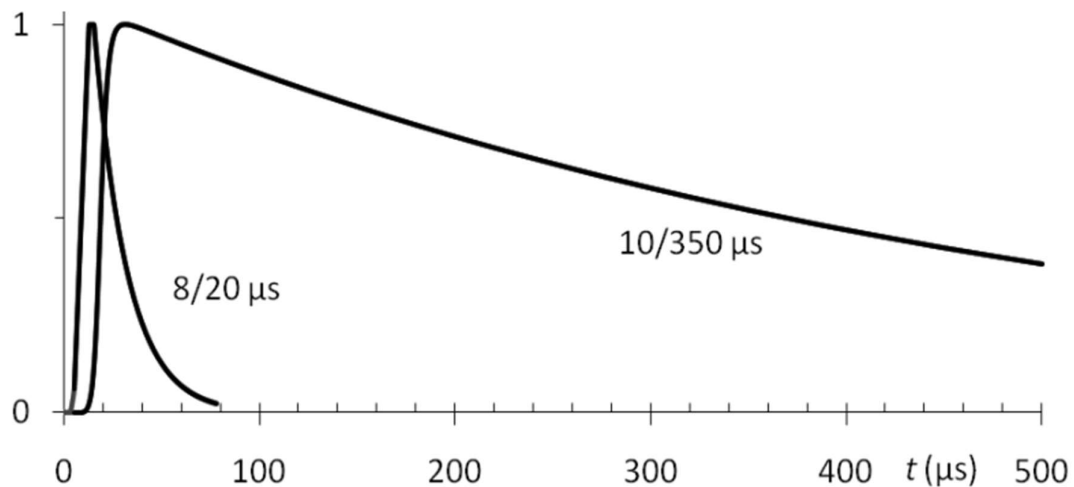
2.4 Ylijännite

2.4.1 Ylijännitteen muodostuminen ja tyyppi

Salamanisku aiheuttaa virtapulssin, jolla tarkoitetaan suurta hetkellistä salaman virtaa. Virtapulssi voidaan mallintaa lähes ideaalisena virtalähteenä. Sähköverkon kannalta se mallinnetaan jyrkkänä transienttilylijännitteenä, josta käytetään myös nimitystä ilmastollinen ylijännite tai impulssiyläjännite. Salaman virta voi päästä rakennuksen järjestelmiin johtumalla galvaanisesti tai indusoitumalla. Salamanvirta voi käytännössä kulkeutua rakennukseen neljällä eri tavalla. Suora salamanisku rakennukseen tai sen sähkö- tai tietoliikennelinjaan voi aiheuttaa galvaanisen kytketymisen rakennuksen järjestelmiin. Salamanisku kiinteistön tai sähkö- tai tietoliikennelinjan läheisyyteen voi indusoida sähkövirran esimerkiksi rakennuksen maadoitusjärjestelmään tai tietoliikennekaapeliin. Salamanisku jopa 2 kilometrin etäisyydellä voi indusoida virtapulsseja rakennuksen järjestelmiin. Ylijänniteitä voi esiintyä myös kytkentätoimenpiteissä. Salaman aiheuttamat ylijännitteet ovat kuitenkin voimakkaampia kuin kytkentätoimenpiteissä syntyvät, joten suojautuessamme salamalta suojaudumme myös kytkentätoimenpiteiden aiheuttamilta häiriöiltä. (FinnElectric 2014, 54–57; Aro ym. 2015, 287; ST 53.16 2018, 6–7.)

Salaman pulssin muoto on erilainen joka iskussa. Kuvassa 8 esitetään salamaniskusta aiheutuneiden salamavirtojen pulssimuotoja. Kuvassa 8 esiintyvällä 10/350 µs pulssilla kuvataan suoran salamaniskun pulssimuotoa, jossa pulssin

rintaosan nousuaika on $10 \mu\text{s}$ ja puoliintumisaika on $350 \mu\text{s}$. Tyypin 1 ylijännitesuojat ja ulkopuoliset salamasuojaurakenteet testataan tällä pulssilla. Pulssimuodolla $8/20 \mu\text{s}$ kuvataan indusoitumisesta, kauas iskeytyneestä salamasta tai kytkentätoimenpiteistä aiheutunutta pulssia. Tyypin 2 ja 3 ylijännitesuojat testataan tällä pulssilla. (OBO Bettermann Oy 2010, 11; ST 53.16 2018, 11–12.)



KUVA 8. Salamaniskun pulssimuodot (ST 53.16 2018, 12).

2.4.2 Ylijännitteeltä suojautuminen ja sisäinen salamasuojaus

Sisäisen salamasuojauksen tarkoitus on suojata rakennuksen sisäisiä järjestelmiä sekä estää salamavirran eteneminen sähköjakeluverkossa selektiivisen ylijännitesuojauksen ja tehokkaan maadoitusverkon avulla (ABB Oy 2015, 16). Sisäisellä salamasuojauksella tarkoitetaan eristyksiä, potentiaalintasausta, ylijännitesuojausta sekä mahdollista sähkömagneettista suojausta herkkien sähkö- ja elektroniikkalaitteiden suojaamiseksi (ST 53.16.01 2020,10). Ylijännitesuojaus esitetään standardissa SFS-EN 62305-4. Mikäli rakennuksessa on salamasuojajärjestelmä (LPS), on rakennukseen toteutettava myös ylijännitesuojaus (SFS 6000 4-44 2022, 11). Ylijännitteeltä suojautuminen on keskeistä rakennuksen järjestelmien kannalta, sillä toistuvasti ylijännitteille altistuneiden kaapeleiden ja laitteiden kunto ja luotettavuus huononee sekä jännitekestoisuus alenee. Tämä voi aiheuttaa laitteiden rikkoutumisen tai tulipalon. (ST 53.16 2018, 10.)

Ylijännitteeltä suojautumiseen sekä sen vaikutusten pienentämiseen on monia keinoja. Suojautumisen ja vaikutusten pienentämisen keinoja ovat:

- Ylijännitesuojat.
- Metallivaipattomien optisten kuitujen käyttäminen tiedonsiirrossa.
- Rakennuksen liittymisjohtojen ja putkistojen tuominen samasta rakennuksen kulmasta, johon asennetaan potentiaalintasauksen päämaadoitus-kisko.
- Signaali- ja tehojohtojen kuljettaminen erillään.
- Suojattujen ja suojaamattomien järjestelmien johtojen kuljettaminen erillään.
- Johdinsilmukoiden välttäminen asennuksissa.
- Laite-eristysten parantaminen.
- Hyvä potentiaalintasaus ja maadoitusjärjestelmä.

(ST 53.16 2018, 10.)

Eri käyttökohteisiin tarkoitettuja ylijännitesuojia ovat esimerkiksi jännitettä rajoittava portaaton säätö, kuten varistori tai virtaa rajoittava nopea itsestään palautuva elektroninen automaattisulake. Ylijännitesuojaus voidaan toteuttaa yhdellä komponentilla tai komponenttisarjalla. Komponenttien yhdistämisellä vähennetään haittavaikutuksia ja lisätään ylijännitesuojan suojaus- ja käyttöominaisuuksia. Ylijännitesuojia on kahdenlaisia, joko jännitettä rajoittavia tai jännitettä ja virtaa rajoittavia komponentteja. Näiden sovelluskohteet riippuvat käyttökohteesta ja suojattavasta järjestelmästä. (ST 53.16 2018, 10.) Ylijännitesuojien sijoituksesta ja ylijännitesuojien tyypeistä säädetään standardissa SFS 6000 5-53 kohdassa 534.4.1.

Sähkölaitteistojen suojaus tulee toteuttaa porrastetusti ja selektiivisesti. Ylijännitesuojauksessa otetaan huomioon suojattavan laitteen ylijännitekestoisuus. Tavallisesti kiinteistön suojaus toteutetaan kolmiportaisesti.

Ensimmäinen suojaporras:

- Karkea suoja
- Tyypin 1 suoja
- Kestää salamanvirtaa minimissään 12,5 kA (LPL III/IV)
- LPL II kestää salamanvirtaa minimissään 18,5 kA
- LPL I kestää salamanvirtaa minimissään 25 kA

- Sijoitus liittymispisteen lähelle. Esimerkiksi liittymisjohdon alkupäähän
- Johtaa valtaosan salamanenergiasta maadoitusjärjestelmään
- Osa potentiaalintausjärjestelmää.

Toinen suojaporras:

- Välisuoja
- Tyypin 2 suoja
- Madaltaa ylijännitteen kulutuspisteen jännitelujuustasolle
- Toteutus pääkeskus- ja jakokeskustasolla
- Eliminoi ensimmäisen suojasta indusoituneet jännitteet.

Kolmas suojaporras:

- Hienosuoja
- Tyypin 3 suoja
- Leikkaa ylijännitteen amplitudin kulutuspisteen jännitelujuustasolle
- Sijoitus kulutuspisteen yhteyteen
- Poistaa rakennuksen sisällä syntyneet ylijännitteet.

(FinnElectric 2014, 62–64, 72; ST 97.25 2018, 6.)

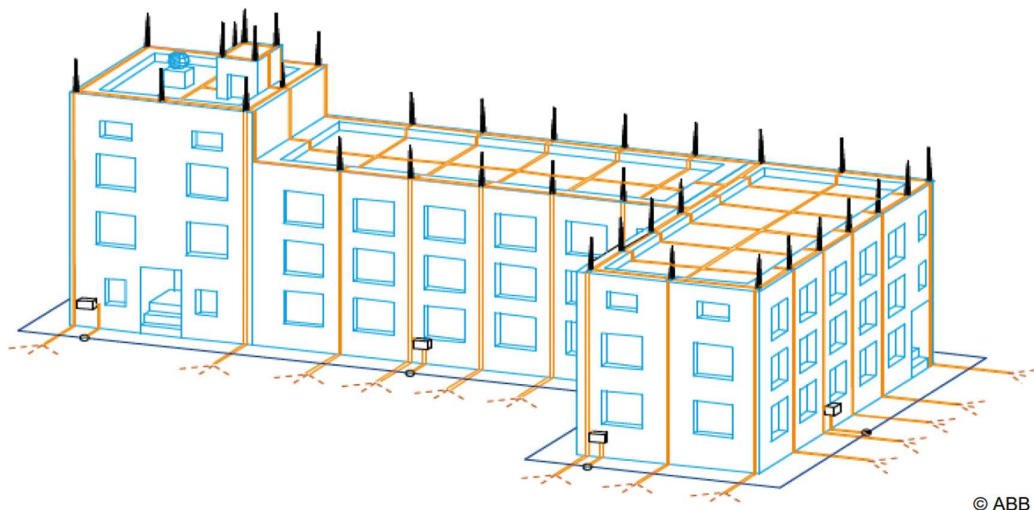
Ylijännitesuojat asennetaan mahdollisimman lähelle liittymispistettä tai kun siirytään salamasuojausvyöhykkeeltä toiselle. Sähköverkon kautta kulkeutuvilta kytkentä- ja impulssiylijännitteiltä tulee suojautua tyypin 2 ylijännitesuojilla. Jos rakennuksessa on ulkoinen salamasuojausjärjestelmä, on lisäksi käytettävä tyypin 1 ylijännitesuojausta tai tyypin 1 ja 2 yhdistelmäsuojaa. Herkkien laitteiden suojaamiseksi, on niiden läheisyyteen tarvittaessa asennettava tyypin 2 tai 3 ylijännitesuojalaitteita. (SFS 6000-5-53 2022, 26.) Salamapurkaussuojat suunnitellaan salamasuojaustason salamavirran huippuarvon mukaan (Annanpalo ym. 2020, 111). Taulukossa 1 esitetään salamavirran huippuarvot 200, 150 ja 100 kA. Käytännössä salamasuojaustaso määrittää ylijännitesuojan virran kestokapasiteetin.

2.5 Ulkopuolinen salamasuojaus

Ulkopuolisen salamasuojauksen tehtävä on estää suora salamanisku rakenteisiin ja suojata rakennuksen sisällä olevat järjestelmät ja ihmiset salaman virralta. Järjestelmään kuuluu salamasiapparit, johdeverkot, alastulojohtimet ja maadoitusjärjestelmä, joiden avulla salaman virta johdetaan hallitusti maahan. Järjestelmä-

vaihtoehtoja on passiivinen ja aktiivinen salamasuojajärjestelmä. Ulkoisen salamasuojauksen suunnittelussa on huomioitava ulkoisen ja sisäisen järjestelmän suojaetäisyydet, jotta vaaralliset läpilyöntitilanteet vältetään. (ABB Oy 2018, 16; Annanpalo ym. 2020, 82.)

Passiivinen järjestelmä koostuu esimerkiksi verkostosta, salamasiappareista ja alastulojohtimista. Passiivisia järjestelmiä ovat myös ukkosköydet ja Franklin rods–menetelmä. Passiivinen järjestelmä on yleisin ja yksinkertaisin tapa toteuttaa salamasuojaus, mutta kallis johtuen suuresta määrästä johde- ja asennusmateriaalia. Lisäksi se on esteettisesti huono ratkaisu. Tyypillisesti käyttökohteena on teollisuusympäristöt ja yksinkertaiset rakennukset. Esimerkki passiivisesta salamasuojajärjestelmästä esitetään kuvassa 9. (FinnElectric 2014, 6–7; ABB Oy 2018, 18–21.)

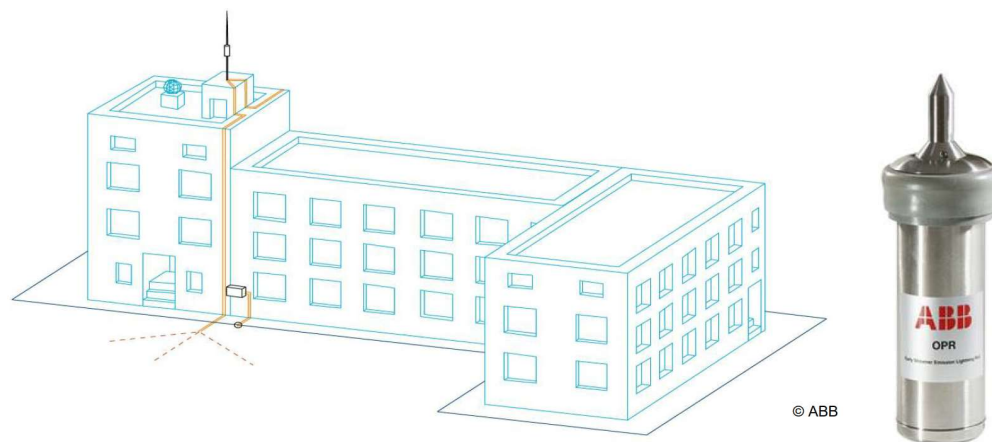


© ABB

KUVA 9. Passiivinen salamasuojajärjestelmä (ABB Oy 2018,18).

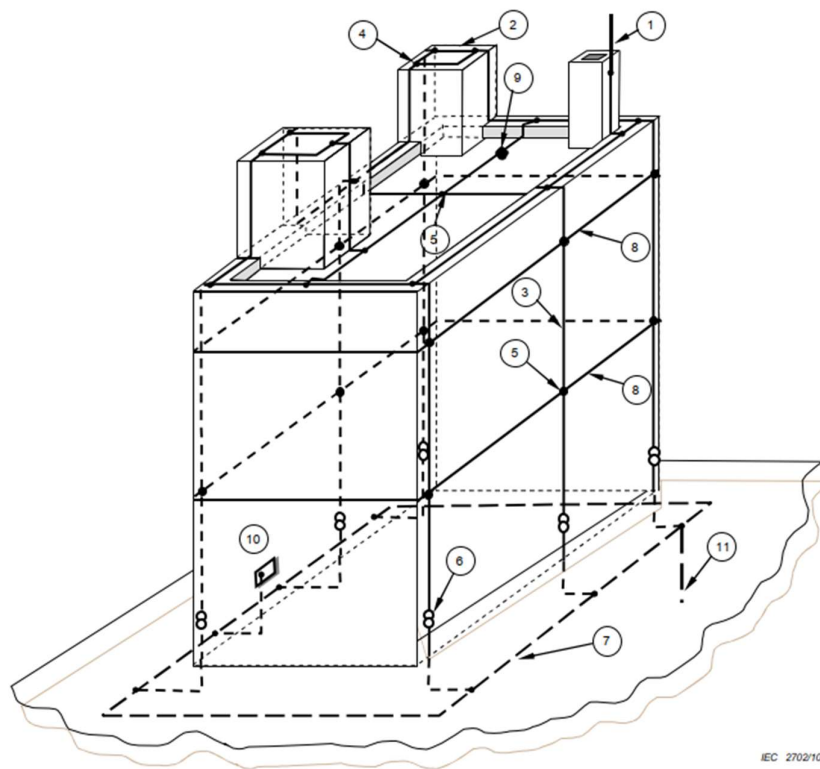
Aktiivinen salamasuojajärjestelmä koostuu aktiivimastosta ja alastulojohtimista. Järjestelmän toiminta perustuu aktiivisen komponentin aloittavaan koronapurkaukseen. Koronapurkaus vahvistaa vastapurkauskanavaa ja muodostaa salamalle pieni vastuksisen reitin maston kautta maahan. Masto muodostaa laajan suoja-alueen, joten myös johde- ja asennusmateriaalien kustannukset ovat huomattavasti pienemmät suuremmissa kohteissa. Aktiivinen järjestelmä on myös esteettisesti parempi vaihtoehto. Aktiivinen järjestelmä voidaan toteuttaa myös ”Stand alone”-järjestelmänä, jolloin aktiivinen salamamasto kiinnitetään erilliseen mastoon, joka sijoitetaan niin, että suojattava kohde jää suoja-alueen

sisäpuolelle. Aktiivisen järjestelmän huonona puolena on se, että se joudutaan tarkistamaan ukkosien jälkeen, koska aktiivikomponentti voi hajota salamaniskusta. Rikkinäinen komponentti toimii passiivisena järjestelmänä, jonka suoja-alue on huomattavasti pienempi. Tämä lisää aktiivisen järjestelmän huolto- ja ylläpitokustannuksia. Laajan suoja-alueen ja pienen esteettisen haitan vuoksi aktiivisen järjestelmän tyypillisiä käyttökohteita ovat hankalasti passiivijärjestelmällä suojattavat kohteet, laajat alueet sekä asuinrakennukset. (ABB Oy 2018, 22–23, 38). Esimerkiksi Tampereen Nokia areenan ja Helsingin Olympiastadionin salamasuojaus on toteutettu aktiivisella järjestelmällä. Esimerkki aktiivisesta salamasuojausjärjestelmästä esitetään kuvassa 10.



KUVA 10. Aktiivinen salamasuojausjärjestelmä (ABB Oy 2018,12, muokattu).

Ulkoisen salamasuojauksen suunnittelu voidaan toteuttaa käytännössä kolmella eri menetelmällä, joita ovat verkko-, suojakulma- ja pallomenetelmällä. Verkkomenetelmä on yksinkertaisin salamasuojausmenetelmä, jossa salamajohtimista muodostetaan verkko rakennuksen ympärille, joka yhdistetään maadoitukseen. Yhden ruudun poikkipinta-ala määritetään suojausluokan mukaan. Verkkoon liitetään mahdollisuuksien mukaan kaikki katolla olevat metalliset asennukset ja komponentit maadoituksen parantamiseksi. Verkkomenetelmä kiinteistöön esitetään kuvassa 11. (Annanpalo ym. 2020, 82; ST 53.16.01 2020, 6.)



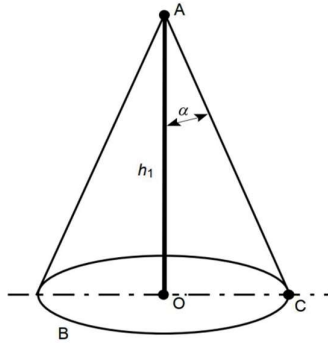
KUVA 11. Verkkomenetelmä kiinteistöön (SFS-EN 62305-3 2010, 104).

Kuvassa 11 esitetään esimerkki verkkomenetelmällä toteutetusta kiinteistön ulkoisesta salamasuojausjärjestelmästä. Kuvassa esiintyvät komponentit:

1. Salamasiieppari
2. Ulkoinen salamajohdin
3. Alastulojohdin
4. T-tyyppin liitos
5. Risti-tyyppin liitos
6. Testaus liitos
7. Tyyppin B-maadoituselektrodi
8. Potentiaalintasausrengas
9. Katolla sijaitseva kiinnityspiste
10. Maadoitusterminaali sisäisille järjestelmille
11. Tyyppin A-maadoituselektrodi.

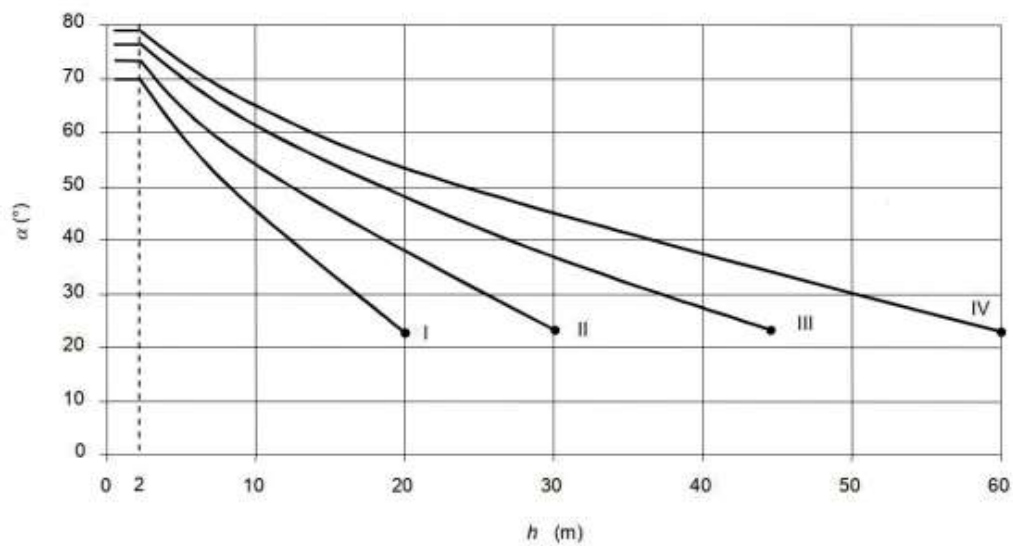
Suojakulmamenetelmä perustuu sieppaustangon kärjen alapuolelle muodostaman kartion suojusta. Sieppaustankojen korkeudella, paikalla ja lukumäärällä voidaan vaikuttaa suojattavaan alueeseen. Salamasuojaustaso ja sieppausrakenn-

teen korkeus h_1 määrittää suojauskulman α . Kuvassa 12 esitetään sieppausrakenteen kärki A, suojattava taso B ja suoja-alueen säde OC. (ST 53.16.01 2020, 8; Annanpalo ym. 2020, 84.)



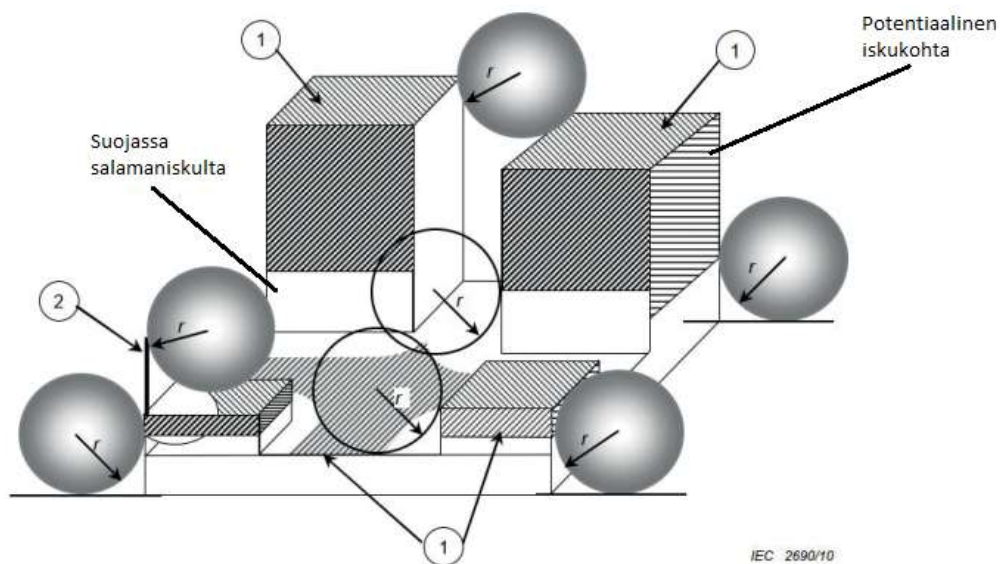
KUVA 12. Suojakulmamenetelmä. (ST 53.16.01 2020, 8).

Kuvassa 13 esitetään suojakulmamenetelmässä käytettävän suojakulman määrittäminen suojaustason ja sieppaustangon korkeuden suhteen. Käyrän loppupisteen jälkeen on hyödynnettävä verkko- tai pallomenetelmää. (ST 53.16.01 2020, 8.)

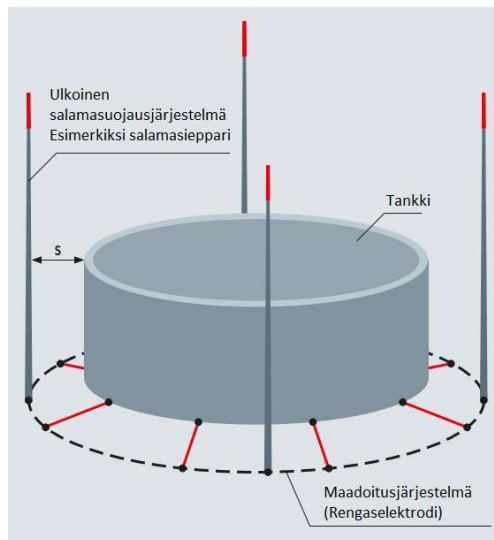


KUVA 13. Suojakulman määrittäminen siepparin korkeuden ja salamasuojaustason mukaan (ST 53.16.01 2017, 8, muokattu).

Pallomenetelmä on suojausmenetelmistä kattavin ja se soveltuu kaikkiin kohteisiin. Rakennuksen päällä pyöritetään käytännössä palloa ja kaikki pallon varjoon jäävät osat ovat rakennuksen suojassa salamaniskulta. Suojausmenetelmä perustuu salaman potentiaaliseen iskukohtaan sen lähestyessä maata. Kun suojaustasovaatimukset nousevat, pallon säde pienenee. Kuvassa 14 esitetään pallomenetelmällä määritetyt salaman potentiaaliset iskukohtat. Kuvassa 14 esitetään potentiaaliset iskukohtat varjostettuina alueina 1, masto tai salamasiieppari 2 ja suojaustason määrittämä pallon säde r . (ST 53.16.01 2020, 7.)



KUVA 14. Pallomenetelmä (ST 53.16.01 2017, 7, muokattu).



KUVA 15. Salamasiiepparin etäisyys s säiliöstä (DEHN + SÖHNE 2014, 438, muokattu).

Turvaetäisyys on huomioitava, jos sieppausjärjestelmän tai alastulojohtimen ja suojattavan rakenteen sisällä olevan johtavan metalli- tai sähköasennusten välinen etäisyys on riittämätön. Tällöin niiden välille voi syntyä vaarallisia lähialueita. Erotusetäisyys d ei saa olla pienempi kuin suojaetäisyys s ($d > s$). (DEHN + SÖHNE 2014, 438.) Erotusetäisyyden laskeminen esitetään standardissa EN 62305-3 liitteessä C.

2.6 Potentiaalintasaus ja maadoituselektrodi

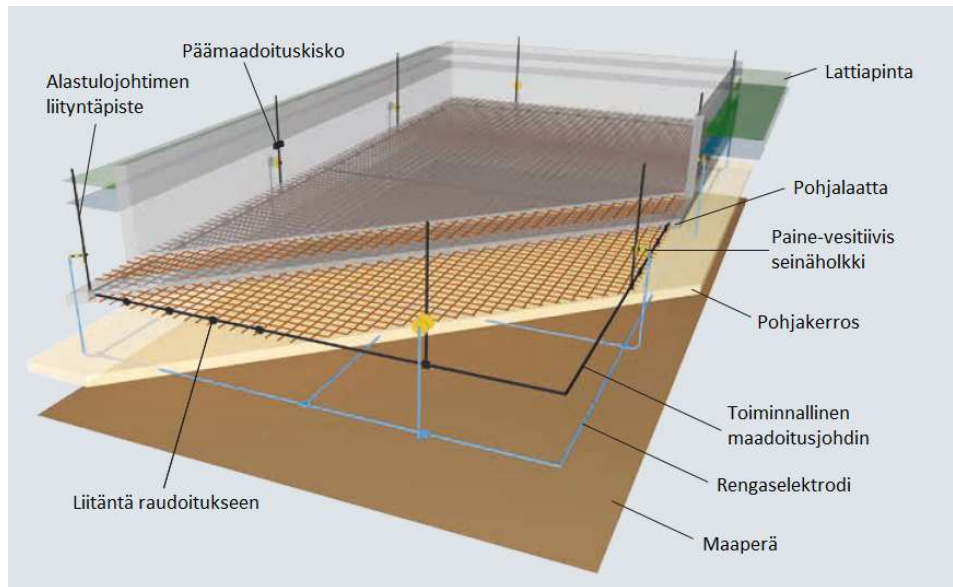
Potentiaalintasausjärjestelmän tehtävä on hajottaa salamanvirta maahan, niin että salamaniskusta aiheutunut potentiaalinen nousu rakennuksessa pysyisi mahdollisimman pienenä. Potentiaalinen nousua ei voida kokonaan ehkäistä, mutta tehokkaalla potentiaalintasauksella ja ylijännitesuojauksella voidaan vähentää vahinkoja. Rakennuksen johtavien rakenteiden hyödyntämistä suositellaan maadoituksen parantamiseksi. Liitokset järjestelmien ja rakenteiden välillä tulee tehdä riittävin ja tarkoituksenmukaisin liitoksien ja kytkösten. Eri materiaalien liitoksissa sekä materiaalien valinnassa on syytä huomioida materiaalien välinen korrosio. Esimerkiksi betoniteräs ja kupari voidaan liittää yhteen, koska betonissa olevan kalkin vuoksi betoniteräs ja kupari vastaavat jaloudeltaan toisiaan. (ST 53.16.01 2020, 14.)

Maadoituselektrodi on osa potentiaalintasausjärjestelmää. Jotta salamaniskun aiheuttamilta vaarallisilta ylijännitteiltä vältytään, on maadoituselektrodin mitoituksella ja muodolla väliä. Maadoituselektrodi toteutetaan kohteeseen, jossa on salamasuojaus standardin SFS-EN 62035-3 mukaisilla vaatimuksilla. (SFS-EN 62305-3 2010, 24.)

Maadoituselektrodi voidaan toteuttaa kahdella eri menetelmällä, jotka jaetaan A- ja B-tyyppin maadoituselektrodeihin. A-tyyppin maadoituselektrodi koostuu vaakatai pystysuorista maadoituselektrodeista, jotka eivät muodosta suljettua silmukkaa. Tyyppin A maadoituselektrodit kytketään alastulojohtimien päihin tai perustuksen maadoituselektrodiin. Tyyppin A maadoituselektrodien kokonaislukumäärä ei saa olla pienempi kuin 2. Tyyppin A maadoituselektrodeja ovat esimerkiksi maadoitussauvat. B-tyyppin maadoituselektrodi koostuu rakennuksen alla tai ympärillä olevasta suljetusta silmukasta, joka on kytketty perustuksen maadoitukseen. B-tyyppin maadoituselektrodi voi olla muodoltaan verkkomainen tai silmukkamainen. Alastulojohtimien lukumäärä ei saa olla pienempi kuin 2, ja niiden liittäminen maadoituselektrodiin on tehtävä aina kun se on mahdollista. Maadoituselektrodi on asennettava vähintään 0,5 metrin syvyyteen maahan. Tyyppin B rengaselektrodi asennetaan noin 1 metrin etäisyydelle rakennuksen ulkoseinästä. (SFS-EN 62305-3 2010, 25–26.)

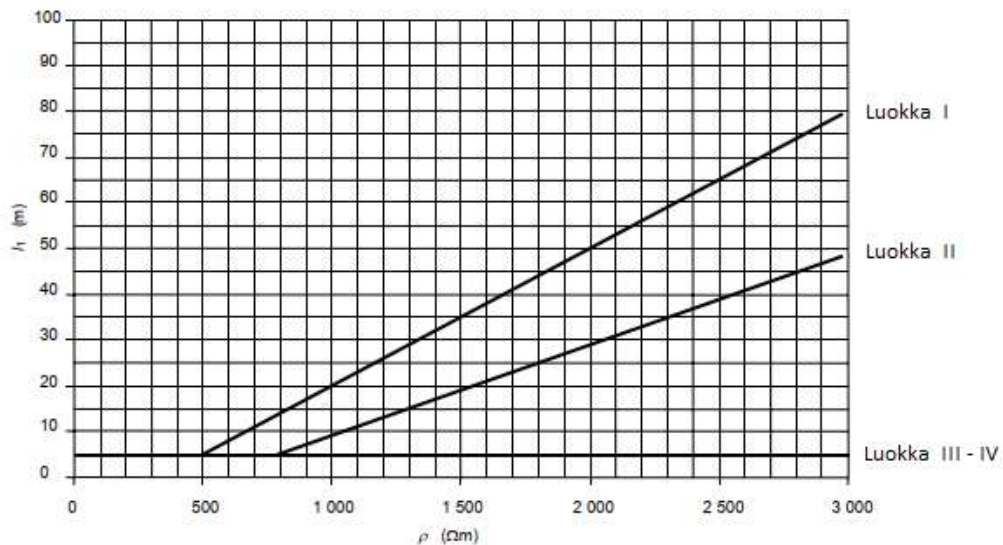
Standardin mukaan rakennuksen potentiaalintasausjärjestelmän resistanssin suositellaan olevan $< 10 \Omega$. Maadoituselektrodina toimii rakennuksen alle asennettava yhtenäinen verkkorakennelma johtavasta materiaalista, jonka silmukkokoko on $\leq 10 \times 10$ metriä. Verkkorakennelma kytketään perustuksen maadoitukseen. Verkkomenetelmän ehjyys voi olla vaikeasti saavutettavissa suurissa kohteissa esimerkiksi teollisuudessa rakennuksen tiheän paalutuksen vuoksi. Mikäli verkon asennus ei ole mahdollista esimerkiksi runsaan paalutuksen takia, tulee rakennuksen ympärille tehdä rengaselektrodi. Rengaselektrodi kytketään perustuksen maadoitukseen ja perustukseen tehdään $\leq 10 \times 10$ metrin verkko, jossa perustuksen rauditus ja perustuksen sisäinen elektrodi kytketään yhteen. Tällöin rakennuksen perustus toimii maadoituselektrodina rengaselektrodin kanssa. Jos kohteessa on salamasuojaus, maadoituselektrodin poikkipinta-ala tulee olla minimissään 50 mm^2 kuparia. Maadoituselektrodi voidaan toteuttaa myös esimerkiksi maadoitussauvoilla, mutta salamasuojauksen kannalta on parempi käyttää

tyypin B maadoitustapaa. Kuvassa 16 esitetään maadoituselektrodi, johon on liitetty rakennuksen alla oleva verkko ja perustuksen betoniteräs. (SFS-EN 62305-3 2010, 24, 30, 131; DEHN + SÖHNE 2014, 134, 129; ST 53.16.01 2020, 14.)



KUVA 16. Tyypin B maadoituselektrodi. Verkko maadoitus liitettyä perustuksen maadoitukseen (DEHN + SÖHNE 2014, 134, muokattu).

Kuvassa 17 esitetään maadoituselektrodin pituusvaatimus salamasuojausluokan ja maan resistiivisyyden mukaan. Pituus määrittää tyypin A maadoituselektrodille maadoituselektrodin vähimmäispituuden ja tyypin B maadoituselektrodille silmu-
kan säteen vähimmäispituuden. Kuvassa 17 esitetyt vähimmäispituudet voidaan jättää huomioimatta, jos maadoitusjärjestelmän maadoitusresistanssi on alle 10 Ω . (SFS-EN 62305-3 2010, 25–26.)



KUVA 17. Maadoituselektrodin pituus salamasuojaluokan mukaan (SFS-EN 62305-3 2010, 25, muokattu).

Maadoituselektrodin poikkipinta-alaan vaikuttaa käytännössä kolme standardia, jotka tulee ottaa huomioon maadoituselektrodin poikkipinta-alan valinnassa. Maadoituselektrodin poikkipinta-ala tulee valita suurimman poikkipinta-alavaatimuksen mukaan, joten valinnassa on tarkastettava kaikki nämä standardit. Pienjännite standardi SFS 6000 5-54 taulukko 54.1 maadoituselektrodin minimimitat sähköniskulta suojausta koskevien vaatimusten mukaisesti. Salamasuojauksen standardi SFS-EN 62305-3 taulukko 7 määrittää maadoituselektrodin minimimitat salamasuojauksen koskevien vaatimusten mukaisesti. Suurjännitestandardi SFS 6001 liite D määrittää maadoitusjohtimen ja maadoituselektrodin poikkipinta-alan alle 5 sekuntia kestäväillä vikavirroilla.

Rakennuksen julkisivujen ja seinien, lattioiden ja kattojen metallivahvistukset yhdistetään mahdollisuuksien mukaan, jolloin metallivahvistukset muodostavat rakennuksesta suojaavan häkin. Kun nämä suojattavan kohteen luonnolliset metalliosat liitetään oikeaoppisesti toisiinsa, magneettikenttä pienenee huomattavasti suljetun häkin ansiosta. Näin magneettikenttä voidaan helposti pienentää 10–300-kertaiseksi, ja EMC-suojauksen infrastruktuuri voidaan luoda pienin kustannuksin. (SFS-EN 62305-3 2010, 16–17.)

2.7 ATEX-alueiden vaikutus salamasuojaukseen

Alueet, joissa esiintyy palavia kaasuja, höyryjä tai pölyä, jotka voivat ilman kanssa muodostaa räjähdyskelpoisen seoksen, luokitellaan ATEX-ympäristöiksi tai -tiloiksi. ATEX-alueet luokitellaan eri vyöhykkeisiin. Esimerkiksi alueet, joissa esiintyy kaasuja, luokitellaan vyöhykkeisiin 0, 1, 2. EX-tiloihin törmää normaalisti teollisuudessa esimerkiksi lääketeollisuudessa, kemian-, elintarvike- ja puunjalostusteollisuudessa sekä laitoksissa, jossa käsitellään tai varastoidaan palavia tai syttyviä kaasuja tai nesteitä. (TUKES 2015, 5.)

Normaalisti kohdeyrityksessä kohdataan ATEX-ympäristö, joka sijaitsee prosessilaitoksen sisällä tai on jokin osa prosessia. Esimerkiksi putkistoissa liikkuvat palavat nesteet ja kaasut voivat vuodon aiheutuessa muodostaa EX-alueen. Biopolttoaineteollisuudessa hake- tai turvesäilöntäsiiloissa tai purkuasemilla esiintyy räjähtävää pölyä, joten tila luokitellaan EX-tilaksi.

Salama- ja ylijännitesuojaukseen korostuu ATEX-ympäristöissä, sillä riittämättömällä ja epäasianmukaisella suojauksella voi olla tuhoisia vaikutuksia. Standardin SFS-EN 62305-3 liitteessä E säädetään salamasuojaukseen räjähdysvaarallisessa ympäristössä. Standardia joutuu soveltamaan käyttökohteen mukaan. Standardin SFS-EN 62305-3 liite E suosittelee tason B maadoituselektrodia ja mahdollisimman matalaa maadoitusresistanssia, joka on kuitenkin $< 10 \Omega$. Hyvän maadoituksen ansiosta salamanvirta pääsee mahdollisimman helposti maahan ja täten pienentää räjähdys- ja turvallisuusriskiä. Liitteen kohdassa D.4 määritetään salamasuojauksen soveltamista rakenteille, jotka sisältävät räjähdysvaarallista materiaalia. Kohdassa D.5 määritetään salamasuojaukseen rakenteille, jotka sisältävät räjähdysvaarallisen tilan. Standardissa todetaan, että ylijännitesuojalaitteet on asennettava osana salamasuojauksjärjestelmää kaikkiin tiloihin, joissa on räjähdysvaarallisia aineita. Jos mahdollista, ylijännitesuojat on sijoitettava sellaisten tilojen ulkopuolelle, joissa on kiinteää räjähdysainetta. Räjähdysvaarallisen alueen sisälle sijoitettujen ylijännitesuojalaitteiden on oltava hyväksytyjä sille räjähdysvaaralliselle alueelle, jolle ne on asennettu. Ylijännitesuojaukseen tulee tehdä eri suojaustasolta siirryttäessä toiselle. Standardi asettaa vaatimukset alueille 0, 1, 2 ja 20, 21, 22 liitteen D kohdassa D.5.2-D.5.4. Kohta D.6 määrittää huollon ja tarkastusten vaatimukset. (SFS-EN 62305-3 2010, 52–58.)

Räjähdyksvaarallisten rakennusten salamasuojaus tulisi määrittää salamasuojaustason 2 mukaan. Salamien potentiaalisten iskukohtien määrittämiseen käytetään pallomenetelmää pienimmällä säteellä, joka on taulukon 2 mukaan 20 m. Riskianalyysin tuloksena tai poikkeustilanteissa voidaan valita toinen salamasuojaustaso kohteelle standardin vaatimukset huomioiden. Salamasuojaustaso asettaa alastulojohtimien, suojakulman, verkkomenetelmän silmukan koon sekä pallomenetelmän määrittämisen attribuutit. (SFS-EN 62305-2 2010, 23; DEHN + SÖHNE 2014, 437–438.)

ATEX-alueet vaikuttavat salamasuojaustasoon tiukentavasti. Riskianalyysissä tulee huomioida, onko ATEX-tila salamasuojatun rakennuksen sisällä vai onko se erillinen rakennus. Esimerkkitapauksena ATEX-ympäristön salamasuojauksen epäonnistumisesta oli kesäkuussa 2023 Lake Charlesissa sattunut tapaturma, jossa öljysäiliö syttyi tuleen salamieniskun vaikutuksesta. Aiheesta on hiidastettu valvontakamera video, jossa salama iskee säiliön katolla sijaitsevaan putkeen, minkä seurauksena säiliö syttyi tuleen. Tilanne olisi todennäköisesti pystytty välttämään oikeanmukaisella salamasuojajärjestelmällä.

Salamasuojauksen toteutukseen räjähdysvaarallisessa ympäristössä löytyy lisää kirjallisuudesta:

- SFS-EN 62305-3 liitteestä D
- Dehn+Söhne salamasuojausohjeesta kappaleesta 9₃₂
- SFS-EN 60079-14:205 Räjähdysvaaralliset tilat. Osa 14: Sähköasennusten suunnittelu, laitevalinta ja asentaminen
- SFS-käsikirja. 609, Rakennusten ja rakenteiden salamasuojaus.

3 RISKIANALYYSI

Osiossa käydään läpi riskianalyysin komponentit, sen määritelmä, riskien arviointi ja tunnistaminen sekä keinot riskien pienentämiseen. Osiossa 3.1 käydään läpi riskianalyysin termit ja komponentit. Osiossa 3.2 kerrotaan riskien tunnistamisesta. Osiossa 3.3 kerrotaan millä menetelmillä laskettua riskiä voidaan pienentää. Osiossa 3.4 esitetään sallittu riski sekä riskianalyysin kulkukaavio.

Standardin tai riskianalyysin avulla määritetään rakennukselle vaadittava salamasuojaustaso. Riskianalyysiä varten tarvitaan rakennuksen teknisiä tietoja, jotta riskianalyysistä saadaan tarpeeksi tarkka. Riskianalyysin voi suorittaa laskemalla sen käsin tai käyttämällä siihen tehtyä ohjelmaa. Työn luvussa 4 esitetään Dehn-riskinlaskentasovellus sekä esimerkkiprojektiin laadittu salamasuojauksen riskianalyysi. (SFS-EN 62305-2 2010, 1.)

3.1 Riskianalyysin termit ja komponentit

Riskianalyysin suorittamista varten määritetään ja tunnistetaan kohteeseen kohdistuvat vahingon aiheuttajat (Source of damage), aiheutetut vahingot (Types of damage) ja vahingosta aiheutuvat menetykset (Types of loss). Salamanisku voi tehdä vahinkoja rakennukseen muillakin tavoin kuin suoralla iskulla. Vahingonaiheuttajat erotetaan toisistaan iskupaikan perusteella:

- Suora isku rakennukseen, S1
- Isku rakennuksen läheisyyteen, S2
- Suora isku rakennuksen sähkö- tai tietoliikennelinjaan, S3
- Isku rakennuksen sähkö- tai tietoliikennelinjaan läheisyyteen, S4.

(SFS-EN 62305-2 2010, 16–17.)

Salamanisku voi aiheuttaa vahinkoja iskiessään johonkin edellä mainittuun kohteeseen. Vahinkoon vaikuttaa rakennuksen karakteristiikka, kuten rakenne, sisältö, käyttötarkoitus ja -aste sekä sen suojoimenpiteet ja tuottamat palvelut. Riskiarvioinnin kannalta on tärkeä erottaa perusvauriotyypit, jotka voivat aiheutua salamaniskusta:

- Sähköiskun aiheuttama vahinko ihmisille tai eläimille, D1
- Rakennuksen fyysiset vahingot, D2
- Sähkö- tai elektronisten laitteiden vikaantuminen tai vahingoittuminen, D3.

(SFS-EN 62305-2 2010, 17.)

Salamaniskusta aiheutuneet vahingot voivat aiheuttaa yksinään tai useamman vahingon yhdistelmänä seuraavia menetyksiä:

- Ihmishengen menetys tai vahingosta aiheutunut pysyvä haitta, L1
- Tarjottavien palveluiden menetys, L2
- Kulttuurihistoriallisen perinnön menetys, L3
- Taloudelliset häviöt (kiinteistön, sisällön tai toiminnan keskeytymisestä johtuvat taloudelliset tappiot tai menetykset), L4.

(SFS-EN 62305-2 2010, 17.)

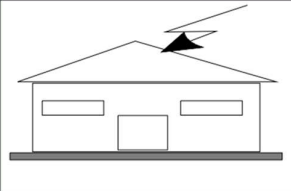
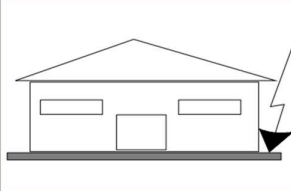
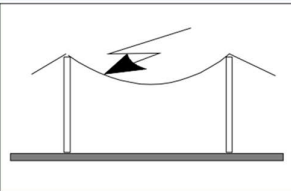
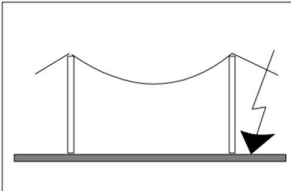
Henkilövahinkojen arvioiminen on yksi riskianalyysin tärkeimmistä osista. Analyysin tavoitteena on arvioida ihmisten alttius salamaniskun vaikutuksille ja suunnitella toimenpiteitä näiden riskien minimoimiseksi. Huoltovarmuuden tai tarjottavien palveluiden menetyksellä tarkoitetaan salamavaurioille alttiiden kriittisten infrastruktuurien ja järjestelmien vaikutusta kansalliseen huoltovarmuuteen. Kansalliseen huoltovarmuuteen voi vaikuttaa esimerkiksi voimalaitoksen vikaantuminen ja sen toiminnan keskeytyminen. Kulttuurihistoriallisella vahingolla tarkoitetaan esimerkiksi sitä, kun tulipalo tuhoaa kulttuurihistoriallisesti arvokkaita rakennuksia, taidearteita tai historiallisia dokumentteja. Taloudellisilla vahingoilla tarkoitetaan esimerkiksi sähkökatkoksesta, tulipalosta tai alasajosta johtuvaa taloudellista tappiota yritykselle tai yhteiskunnalle.

Kulttuurihistorialliset ja taloudelliset menetykset lasketaan tarvittaessa. Teollisuuskohteissa taloudellisten tietojen saaminen voi olla vaikeaa yrityssalaisuuksien vuoksi, jolloin taloudellisten häviöiden laskeminen ei onnistu. Lisäksi teollisuus- tai uudiskohteilla ei kulttuurihistoriallista arvoa lähtökohtaisesti ole, joten ne voidaan jättää riskianalyysin tarkastelun ulkopuolelle tarvittaessa.

Taulukossa 2 esitetään salamaniskukohdan yhteys vahinko- ja menetystyyppiin. Suora salamanisku rakennukseen S1 voi aiheuttaa sähköiskun ihmisille tai eläimille D1, rakennukseen fyysisen vahingon D2 tai sähkö- tai elektronisen laitteen

vikaantumisen tai vahingoittumisen D3. Isku rakennuksen läheisyyteen S2 voi aiheuttaa sähkö- tai elektronisen laitteen vikaantumisen tai vahingoittumisen D3. Suora isku rakennuksen sähkö- tai tietoliikennelinjaan S3 voi aiheuttaa sähköiskun ihmisille tai eläimille D1, rakennukseen fyysisen vahingon D2 tai sähkö- tai elektronisen laitteen vikaantumisen tai vahingoittumisen D3. Isku sähkö- tai tietoliikennelinja läheisyyteen S4 voi aiheuttaa sähkö- tai elektronisen laitteen vikaantumisen tai vahingoittumisen D3. Vahinkotyyppi D1 voi aiheuttaa ihmishengen menetyksen tai taloudellisen tappion vain sellaiselle kiinteistölle, jossa tuotantoeläimien menetys on mahdollista. Vahinkotyyppi D2 voi aiheuttaa jokaisen menetystyyppin L1, L2, L3 ja L4. Vahinkotyyppi D3 voi aiheuttaa ihmishengen menetyksen tai vahingosta aiheutuneen pysyvän haitan, jos kyseessä on räjähdysvaarallinen rakennus, sairaala tai muu rakenne, jossa sisäisten järjestelmien vikaantuminen vaarantaa välittömästi ihmishenkiä. Vahinkotyyppi D3 voi aiheuttaa myös tarjottavien palveluiden menetyksen ja taloudellisia häviöitä.

TAULUKKO 2. Vahingon lähteen aiheuttama vahingon ja menetyksen tyyppi salaman iskukohtan mukaan (SFS-EN 62305-2 2010, 18, muokattu).

Salamanisku		Rakenne	
Salaman iskukohta	Vahingon aiheuttaja	Vahingon tyyppi	Menetyksen tyyppi
	S1	D1 D2 D3	L1, L4 ^a L1, L2, L3, L4 L1 ^b , L2, L4
	S2	D3	L1 ^b , L2, L4
	S3	D1 D2 D3	L1, L4 ^a L1, L2, L3, L4 L1 ^b , L2, L4
	S4	D3	L1 ^b , L2, L4

^a Pelkästään kiinteistöille, joissa eläimen henki on uhattuna.

^b Ainoastaan räjähdysvaarallisiin rakenteisiin ja sairaaloihin tai muihin rakenteisiin, joissa sisäisten järjestelmien vikaantuminen vaarantaa välittömästi ihmishenkiä.

3.2 Riskien tunnistaminen

Riskianalyysin kannalta on tärkeää tunnistaa rakenteen piirteet, kuten:

- Rakenne itse
- Rakenteen sisäiset laitteet ja laitteistot
- Rakenteen sisältö
- Rakennuksen sisällä tai enintään 3 metrin päässä olevat henkilöt
- Ympäristö, johon rakenteen vaurioituminen vaikuttaa.

(SFS-EN 62305-2 2010, 22–23.)

Rakenteen piirre vaikuttaa riskiin ja riski vaikuttaa valittavaan suojauksen tasoon. Riskien tunnistamisella vältetään vahingot ja valitaan oikeanlainen suojaus rakenteeseen. Riskiä ei kuitenkaan koskaan saada kokonaan poistettua, joten mahdolliset riskitekijät on tärkeä tunnistaa.

3.3 Riskien pienentäminen

Riskin pienentäminen tulee tarpeeseen siinä vaiheessa, kun laskettu riski on suurempi kuin sallittu riski. Riskiä alennetaan, kunnes ollaan tilanteessa, jossa laskettu riski on pienempi kuin sallittu riski. Riskiä voidaan pienentää seuraavilla järjestelmillä ja menetelmillä:

- Suojalaitteet
- Maadoitusjärjestelmä
- Kaapelointireitit
- Paloilmoitin- ja sammutusjärjestelmät.

(SFS-EN 62305-1 2010, 19–20.)

Riskiä voidaan pienentää usealla eri tavalla. Riskin pienentäminen onnistuu esimerkiksi ylijännitesuojauksen lisäämisellä tai tehostamisella. Maadoitusjärjestelmää voidaan parantaa kasvattamalla alastulojohtimien määrää tai käyttämällä kaapelisuojavaipuja alastulojohtimia. Lisäksi maadoitusjärjestelmän parantamiseksi kaapelien suojavaipan poikkipinta-alaa voidaan kasvattaa tai yhdistää mahdolliset rakennuksen betonilaattojen raudoitukset maadoitusjärjestelmään. Kaape-

lointireiteissä huomioidaan kaapelien reititys. Rakennusvaiheessa vältetään rakennuksen sisäisten silmukoiden muodostamista. Lisäksi riskiin vaikuttaa, onko kyseessä ilma- tai maa-asennus. Paloilmoitin- ja sammutinjärjestelmien asentaminen alentaa riskiä. Lisäksi palokunnan paikalle saatavuus vaikuttaa riskiin.

3.4 Sallittu riski ja perusmenetelmä

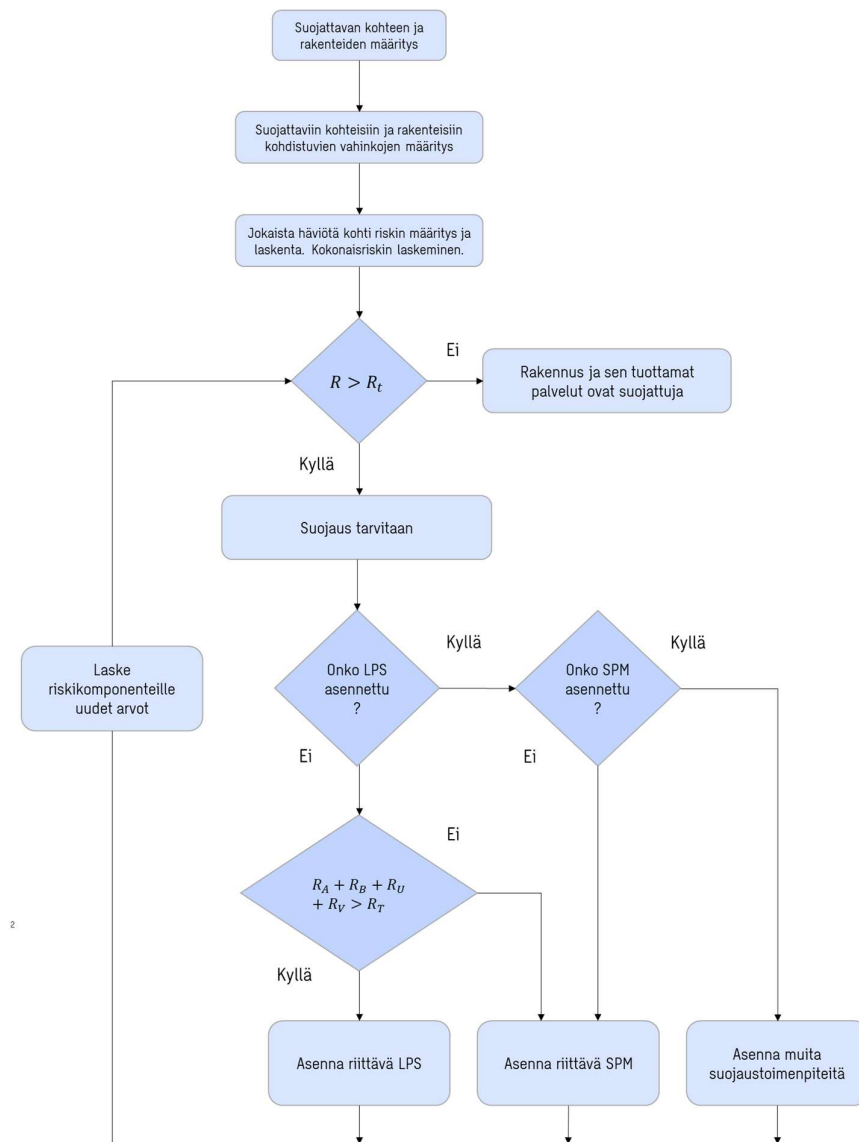
Riskianalyyssissä esitetään jokaiselle häviötyypille vastaava riskityyppi. Riskityypit tarvitaan todellista riskiä vastaavan riskityypin arvioimiseen. Riskityypit ovat:

- Ihmishengen menetys tai vahingosta aiheutunut pysyvä haitta, R_1
- Tarjottavien palveluiden menetys, R_2
- Kulttuurihistoriallisen perinnön menetys, R_3
- Taloudelliset häviöt, R_4 .

Riskinlaskenta esitetään standardissa SFS-EN 62305-2 osiossa 4. Sallitun riskin määrittää toimivaltainen viranomainen tai standardi. Standardin SFS-EN 62305-2 osiossa 5.3 esitetään hyväksyttävän riskin RT-arvot ja siihen liittyvät huomiot. (SFS-EN 62305-2 2010, 20, 22.)

Riskianalyysi voidaan esittää lohkokaaaviona, joka esitetään kuviossa 1. Ensin tunnistetaan kohteen suojattavat rakenteet ja niiden karakteristiiikka. Seuraavaksi tunnistetaan ja määritetään suojattavien kohteiden vahinkotyyppit. Sitten määritetään ja lasketaan jokaiselle häviötyypille riski. Riskin ollessa pienempi kuin sallittu riski, todetaan rakennuksen ja sen tuottamien palveluiden olevan turvassa salamiskun aiheuttamilta vahingoilta. Suojaustarve arvioidaan vertaamalla riskejä R_1 , R_2 ja R_3 , sallittuun riskiin R_t . Seuraavaksi määritetään mitä suojauksia on ja tarvittaessa lisätään suojausta, kunnes riski on hallinnassa. (SFS-EN 62305-2 2010, 24.)

Kuviossa 1 esiintyvillä komponenteilla $R_A + R_B + R_U + R_V$ tarkoitetaan rakenteeseen kohdistuvaa vahinkoa, tulipaloa tai räjähdystä sekä henkilöön tai elävään olentoon kohdistunutta riskiä. Riskin voi aiheuttaa kosketus- tai askeljännite rakennuksen sisällä tai enintään 3 m etäisyydellä rakennuksesta ja vaarallinen kipinäntoimi esimerkiksi ulkoasennuksen ja metalliosien välillä. (SFS-EN 62305-2 2010, 19.)



KUVIO 1. Salamasuojauksen riskianalyysi lohkokaaavana (SFS-EN 62305-2 2010, 24, muokattu).

Suojauksen kustannustehokkuuden arviointi suoritetaan vertaamalla kokonaismenetyksen ja suojauksen kustannukset. Tällaisten kustannusten vertaaminen vaatii riskin R_4 komponenttien arviointia. (SFS-EN 62305-2 2010, 21.)

4 RISKIANALYYSIOHJELMISTO

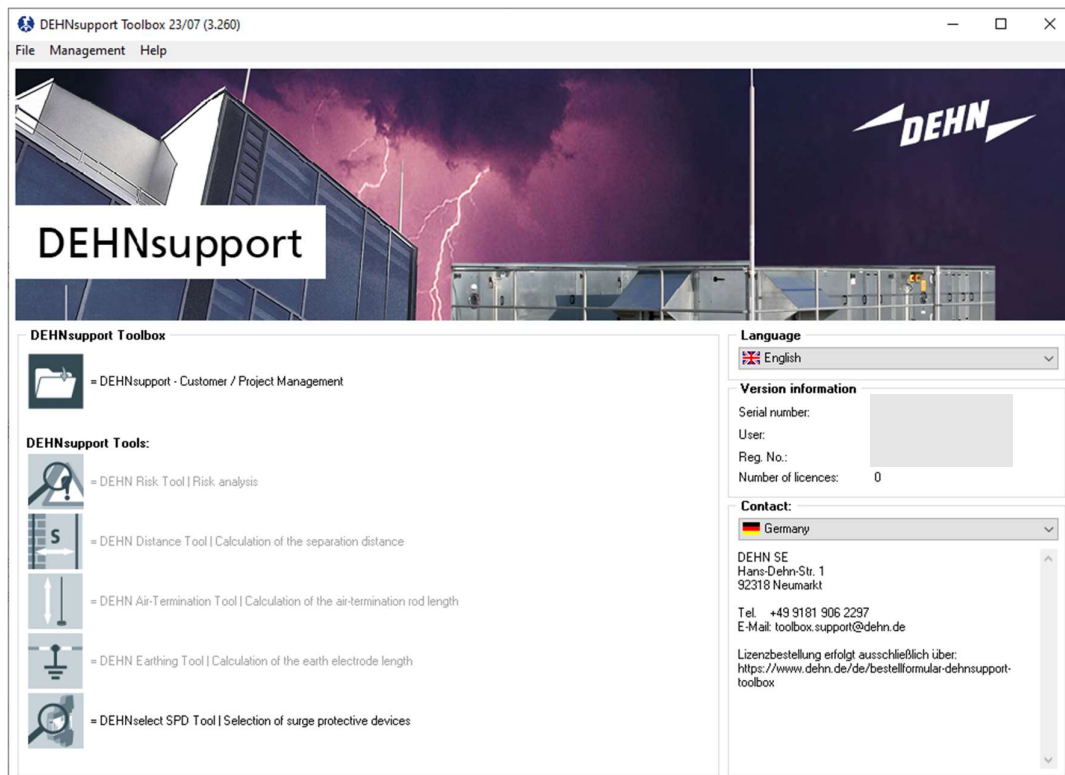
Luvussa esitetään riskianalyysin laskentaohjelmisto sekä analyysin laadinta esimerkkiprojektin avulla. Osioissa 4.1 käydään DEHNsupport Toolbox version 3.260- riskianalyysiohjelma läpi. Osiossa 4.2 esitellään riskianalyysin laatiminen esimerkin avulla. Lisäksi ohjelmalla pystyy laskemaan taloudelliset häviöt. Taloudellisten häviöiden laskeminen jätetään kuitenkin työnrajauksen ulkopuolelle tiedonpuutteen takia. Taloudellisten häviöiden laskeminen vaatisi myös taloudellista osaamista.

4.1 DEHN Risk Tool: Riskianalyysi ohjelmisto

Dehn-riskinlaskentasovelluksesta esitetään käyttöohje kohdeyrityksen käytössä olevassa suunnittelijan ohjeessa. Suunnittelijan ohje on laadittu sähköalan ammattilaisen käytettäväksi ja se on kattavampi ohjeistus Dehn-riskinlaskentasovelluksen käytöstä.

4.1.1 Ohjelman avausvalikko

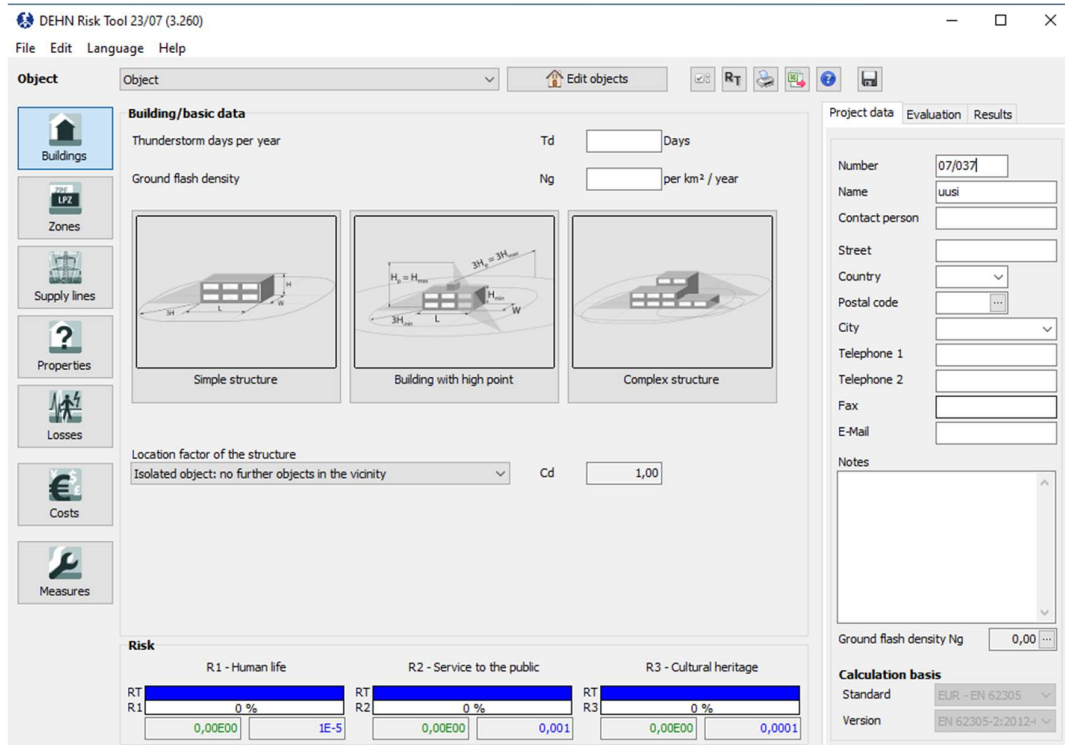
Kuvassa 18 esitetään ohjelman avausnäkyvä. Avausnäkyvästä voi luoda uuden riskin laskennan, avata projektienhallinnan välilehden ja käyttää muita ohjelman ominaisuuksia. Projektia luotaessa syötetään projektin tiedot sekä valitaan käytettävä standardi. Suomessa käytetään standardia EUR-EN 62305:2012–03.



KUVA 18. Dehn-riskinlaskentasovelluksen avausnäkyvä.

4.1.2 Riskinlaskennan avausvalikko

Kuvassa 19 esitetään riskinlaskennan avausvalikko. Kuvassa vasemmassa laidassa esitetään objektit, joiden tietoja muokataan riskianalyysin laatimiseksi. Keskellä on rakenteen perustiedot, oikealla projektin tiedot ja alhaalla standardin määrittämä riski sekä laskettu riski.



KUVA 19. Riskinlaskennan avausvalikko.

4.1.3 Projektipainikkeet, ylävalikko

Dehn Risktoolin ylävalikko esitetään kuvassa 20. Ylävalikon toiminnot:

1. "Edit objects"- valikosta voi luoda samaan projektiin useamman rakennuksen ja suunnitella niihin salamasuojaukset
2. Kyselylomakkeen "questionnaire" tulostus
3. Voi hallita ja vaihtaa mitä riskejä halutaan laskea
4. Tulostustoiminto, josta pystyy esikatselemaan raporttia
5. Pystyy viemään riskianalyysin laskentatulokset Exceliin
6. "Dehn Risk tool help" (ohjelman käyttöohje)
7. Projektin tallennus.



KUVA 20. Ylävalikon toiminnot.

4.1.4 Buildings – Rakennuksen tiedot

Kohteen tietojen asetus esitetään kuvassa 21. Kohteelle asetetaan ukkospäivien määrä vuoden aikana, maasalamoiden lukumäärä neliökilometriä kohden vuodessa sekä rakennuksen mitat ja ympäröivän ympäristön tyyppi. Mitat määritetään rakenteen leveyden, pituuden ja korkeuden mukaan. Suomen kohteille ukkospäivät esitetään luvussa 2.2 kuvassa 6.

The screenshot shows the DEHN Risk Tool interface for configuring a building object. The main window is titled "Object" and contains several sections:

- Building/basic data:**
 - Thunderstorm days per year (T_d): 20,0 Days
 - Three diagrams illustrating building types: Simple structure, Building with high point, and Complex structure.
 - Ground flash density (N_g): 2,00 per km² / year
 - Location factor of the structure: Object is surrounded by objects of the same height or smaller
 - Location factor (C_d): 0,50
- Project data:**
 - Number: Kesätyö
 - Name: Opinnäytetyö
 - Contact person: [Empty field]
 - Street: [Empty field]
 - Country: Suomi
 - Postal code: [Empty field]
 - City: [Empty field]
 - Telephone 1: [Empty field]
 - Telephone 2: [Empty field]
 - Fax: [Empty field]
 - E-Mail: [Empty field]
 - Notes: [Empty text area]
 - Ground flash density N_g : 2,00
- Calculation basis:**
 - Standard: EUR - EN 62305
 - Version: EN 62305-2:2012
- Risk:**
 - R1 - Human life: RT 135%, R1 1,36E-05, 1E-5
 - R2 - Service to the public: RT 0%, R2 0,00E00, 0,001
 - R3 - Cultural heritage: RT 0%, R3 0,00E00, 0,0001

KUVA 21. Kohteen tietojen asetus.

4.1.5 Zones - Vyöhykkeet

Valikossa oletusasetuksena on vain ulkoalue (LPZ 0) ja sisäalue (LPZ 1). Normaalisti teollisuudessa voimme näin olettaa, että laitos koostuu vain sisä- ja ulkoalueista. On kuitenkin mahdollista jakaa rakennus salamasuojaus vyöhykkeisiin (LPZ) ja vyöhykkeet yksittäisiksi alueiksi (individual zone). Rakennuksen jakaminen vyöhykkeisiin mahdollistaa riskin arvioinnissa kukin rakenteen erityispiirteiden huomioimisen sekä mahdollistaa asianmukaiset suojatoimenpiteet. Tämän avulla voidaan pienentää kokonaiskustannuksia. Vyöhykkeiden asetukset esitetään kuvassa 22 ja 23.

The screenshot shows the DEHN Risk Tool 23/07 (3.260) interface. The 'Object' is set to 'LAITOS'. Under 'Zones', the 'Classification' tab is active, showing 'One zone (outer zone, LPZ 0B / inner zone, LPZ 1)' selected. The 'Name' list contains 'LPZ 0B', 'LPZ 1', and 'LPZ 2'. A 3D model of a building is shown with red lightning bolts indicating lightning protection zones. The 'Risk' section at the bottom displays three bar charts for R1 - Human life, R2 - Service to the public, and R3 - Cultural heritage. The values for RT and R1/R2/R3 are shown below each chart.

Risk Category	RT	R1/R2/R3
R1 - Human life	1,36E-05	1E-5
R2 - Service to the public	0,00E00	0,001
R3 - Cultural heritage	0,00E00	0,0001

KUVA 22. Alueiden luokitus -välilehti.

DEHN Risk Tool 23/07 (3.260)

File Edit Language Help

Object LAITOS Edit objects

Zones

Classification Properties

L1 Human life

Time during which persons are present in the zone. L1tz 8 760 hours/year

Number of persons in the zone L1nz 0 persons

L2 Service to the public

Number of persons in the zone/unserved users L2nz persons

L3 Cultural heritage

Value of cultural heritage in the zone L3cc €

L4 Economic value

Value of animals in the zone L4ca €

Value of the zone L4cb €

Value of content in the zone L4cc €

Value of systems in the zone (including their activities) L4cs €

Risk

R1 - Human life R2 - Service to the public R3 - Cultural heritage

RT R1 135 % RT R2 0 % RT R3 0 %

1,36E-05 1E-5 0,00E00 0,001 0,00E00 0,0001

Project data Evaluation Results

Number Kesätyö

Name Opinnäytetyö

Contact person

Street

Country Suomi

Postal code

City

Telephone 1

Telephone 2

Fax

E-Mail

Notes

Ground flash density Ng 2,00

Calculation basis

Standard EUR - EN 62305

Version EN 62305-2:2012

KUVA 23. Vyöhykkeiden ominaisuudet -välilehti.

Jokaista vyöhykettä kohdin tulee asettaa omat arvot, mikäli rakennus koostuu useammasta alueesta. Jos rakennus koostuu vain sisä- ja ulkoalueista, asetetaan alueella olevien henkilöiden alueella oloajan arvo.

4.1.6 Supply lines – Syöttöjohdot

Syöttöjohtimen asetukset esitetään kuvassa 24. Standardin mukaan samaa reittiä ja samasta paikasta kulkevia kaapeleita voidaan käsitellä yhtenä kaapelina. Syöttöjohdot kohdassa voidaan syöttää suojattavan kohteen rakennuksen tulevien ja lähtevien johtojen (esim. sähkönsyöttö) ja niihin liittyvien sisäisten järjestelmien (esim. sähkönsyöttöjärjestelmä) ominaisuudet. Syöttöjohtimelle määritetään:

- tyyppi ja pituus
- linjan asennustyyppi
- kohteen ympäristö
- kohteen jännitesyöttö ja sijaitseeko kohteessa muuntajaa
- kaapelin suojavaipan resistiivisyys
- kaapelin kytkennän tai liitääntään liittyvät eristystoimenpiteet.

DEHN Risk Tool 23/07 (3.260)

File Edit Language Help

Object: LAITOS

Supply lines

Conductor 1

Conductor System connected Properties of internal systems

Line type: Power supply line

Conductor length: LL 500,00 m

Installation factor: Aerial Ci 1

Environment: Rural Ce 1,00

Transformer: HV power supply line (with HV/LV transformer) Ct 0,20

Conductor shielding: External: Shielded: 1 ohm/km < shield resistance (RS) <= 5 ohms/km

Connection of the conductor: No special conditions

Factor for shielding, earthing and isolation in case of flashes to a line: CLD 1

Factor for shielding, earthing and isolation in case of flashes near a line: CLI 1

Shielded internal systems: Xsys 0

Risk

R1 - Human life		R2 - Service to the public		R3 - Cultural heritage	
RT	138 %	RT	0 %	RT	0 %
R1	1,39E-05	R2	0,00E00	R3	0,00E00
	1E-5		0,001		0,0001

Project data Evaluation Results

Number: Kesätyö

Name: Opinnäytetyö

Contact person:

Street:

Country: Suomi

Postal code:

City:

Telephone 1:

Telephone 2:

Fax:

E-Mail:

Notes:

Ground flash density Ng: 2,00

Calculation basis

Standard: EUR - EN 62305

Version: EN 62305-2:20124

KUVA 24. Syöttöjohtimen attribuutit

Seuraavaksi esitetään esimerkkilasku syöttökaapelin suojavaipan resistanssin kilometriä kohden laskemisesta.

Esimerkiksi syöttökaapeli on AMCMK-HF 4 x 35/16 mm², jossa on 4 kuormitettua johdinta ja suojavaippa. Suojavaipan materiaali on kuparia ja sen paksuus on 16 mm². Lasketaan suojavaipan resistanssi kilometriä kohden kaavan 1 ja taulukon 3 arvojen avulla. Esimerkkilasku esitetään kaavassa 2.

$$R = \frac{\rho l}{A} = \frac{\text{Ominaisresistanssi } (\Omega\text{m}) \cdot \text{pituus } (m)}{\text{Poikkipinta - ala } (m^2)} \quad (1)$$

TAULUKKO 3. Alumiinin ja kuparin ominaisresistanssi (Mäkelä ym. 2015, 177).

	Ominaisresistanssi (20°C)
Alumiini	$0,0265 \cdot 10^{-6} \Omega\text{m}$
Kupari	$0,01678 \cdot 10^{-6} \Omega\text{m}$

$$\frac{R}{l} = \frac{\rho}{A} = \frac{0,01678 \cdot 10^{-6} \Omega\text{m}}{16 \cdot 10^{-3} m^2} = \frac{1,0488 \Omega}{1 km} = 1,0488 \approx 1,05 \frac{\Omega}{km} \quad (2)$$

Valitaan DEHN Riski toolista kaapelin suojavaipalle: "Shielded: 1 ohms/km < shield resistance (RS) ≤ 5 ohms/km", koska kaapelin suojavaipan resistanssi $1,05 \frac{\Omega}{km} > 1 \frac{\Omega}{km}$.

Syöttörakennuksen tiedot välilehti esitetään kuvassa 25. Syöttörakennukselle määritetään mitat sekä ympäröivän ympäristön tyyppi samalla tavalla kuin itse rakennelmalle. Esimerkiksi sähköaseman koon määrittämiseen voi hyödyntää Google Mapsin satelliitti tai "street view" -toimintoa, mikäli muita lähtötietoja sähköaseman mitoista ei ole.

DEHN Risk Tool 23/07 (3.260)

File Edit Language Help

Object: LAITOS

Supply lines

Conductor 1

System connected

Simple structure

Building with high point

Complex structure

Relative position of the connected system

Object is surrounded by objects of the same height or smaller

CDJ: 0,50

Risk

	R1 - Human life	R2 - Service to the public	R3 - Cultural heritage
RT	139 %	0 %	0 %
R1	1,39E-05	0,00E00	0,00E00
	1E-5	0,001	0,0001

Project data Evaluation Results

Number: Kesätyö

Name: Opinnäytetyö

Contact person:

Street:

Country: Suomi

Postal code:

City:

Telephone 1:

Telephone 2:

Fax:

E-Mail:

Notes:

Ground flash density Ng: 2,00

Calculation basis

Standard: EUR - EN 62305

Version: EN 62305-2:20124

KUVA 25. Syöttörakennuksen tiedot -välilehti.

Kohteelle määritetään sen sisäisten järjestelmien ominaisuudet kuten rakennuksen ylijännitesuojauksen tyyppi, kaapeloinnissa ja johdotuksessa huomioitavat asiat ja suojattavan järjestelmän jännitekestoisuus. Sisäisten järjestelmien valintäkymä esitetään kuvassa 26.

DEHN Risk Tool 23/07 (3.260)

File Edit Language Help

Object: LAITOS

Buildings

Zones

Supply lines

Properties

Losses

Costs

Measures

Supply lines

Conductor 1

Conductor System connected Properties of internal systems

Coordinated SPD protection: No SPD pSPD: 1

Type of internal wiring: Unshielded cable – routing precaution in order to avoid large loops KS3: 0,2

Rated impulse withstand voltage of system to be protected (kV): Uw <= 1.0 kV Uw: 1

Failure of internal systems due to flashes to a line PLD: 0,9

Failure of internal systems due to flashes near an incoming line PLI: 1

Risk

	R1 - Human life	R2 - Service to the public	R3 - Cultural heritage
RT	139 %	0 %	0 %
R1	1,39E-05	0,00E00	0,00E00
	1E-5	0,001	0,0001

Project data Evaluation Results

Number: Kesätyö

Name: Opinnäytetyö

Contact person:

Street:

Country: Suomi

Postal code:

City:

Telephone 1:

Telephone 2:

Fax:

E-Mail:

Notes:

Ground flash density Ng: 2,00

Calculation basis

Standard: EUR - EN 62305

Version: EN 62305-2:2012-4

KUVA 26. Sisäisten järjestelmien ominaisuudet.

4.1.7 Properties – Ominaisuudet

Rakennuksen ominaisuuksien asetukset esitetään kuvassa 27. Tarkastellaan rakennuksen ominaisuuksia, joihin vaikuttaa maaperän aines ja lattiamateriaali, salamaiskulta suojautumisen ja suojapalvelun toimenpiteet.

DEHN Risk Tool 23/07 (3.260)

File Edit Language Help

Object: LAITOS

Properties

Factors | Shielding

Contact resistance

External characteristics of the ground/floor
Asphalt, linoleum, wood R >= 100 kOhms rta 1E-5

Internal characteristics of the ground/floor
Agriculturally used area, concrete R <= 1 kOhm rtu 0,01

Electric shock

Protection against electric shock (lightning strike in structure)
No measures pta 1

Protection against electric shock (lightning strike in supply line)
Electrical insulation ptu 0,01

Fire

Fire precautions
Fire extinguishers, manual fire alarm system, hydrants, fire-proof co rp 0,5

Reduction factor of risk of fire or explosion
Normal risk of fire rf 0,01

Risk

R1 - Human life		R2 - Service to the public		R3 - Cultural heritage	
RT	1,39E-05	RT	0,00E00	RT	0,00E00
R1	1,39E-05	R2	0,001	R3	0,0001

Project data Evaluation Results

Number: Kesätyö

Name: Oppinnytetyö

Contact person:

Street:

Country: Suomi

Postal code:

City:

Telephone 1:

Telephone 2:

Fax:

E-Mail:

Notes:

Ground flash density Ng: 2,00

Calculation basis

Standard: EUR - EN 62305

Version: EN 62305-2:2012-4

KUVA 27. Rakennuksen ominaisuudet.

Palokuorma vaikuttaa olennaisesti tulipalon riskiin. Palokuorman vaikutus tulipalon riskiin esitetään taulukossa 4.

TAULUKKO 4. Palokuorman vaikutus tulipalon riskiin (SFS-EN 62305-2 2010, 51).

Tulipalon riski	Palokuorma	Paloriskin rakenne
Matala	< 400 MJ/m ²	Ominaispalokuorma on < 400 MJ/m ² tai vain vähän palavaa materiaalia
Normaali	400 MJ/m ² - 800 MJ/m ²	Ominaispalokuorma on 400 MJ/m ² - 800 MJ/m ²
Korkea	> 800 MJ/m ²	Kohteet, joiden rakenteet on tehty palavista materiaaleista, katto on valmistettu palavasta materiaalista tai palokuorma on yli 800 MJ/m ²

Rakennuksen suojausten asetukset esitetään kuvassa 28. Rakennuksen salamansuojausmenetelmiä ei huomioida tässä vaiheessa riskianalyysiä, joten rakennusta käsitellään käytännössä ilman salamansuojausta. Riskianalyysin raporttiin saadaan korostetusti näkyviin laskettu riski ilman suojausta ja suojauksen kanssa, kun asetetaan kohteeseen tarvittava salamansuojaus riskianalyysin ”measures” vaiheessa. Mikäli kohteeseen lasketaan esimerkiksi olemassa olevan salamansuojausjärjestelmän parantamista, voi tähän kohtaan laittaa sen hetkisen salamansuojausjärjestelmän tason. Potentiaalintasaus- ja maadoitusjärjestelmän taso määräytyy salamansuojaustason mukaan.

DEHN Risk Tool 23/07 (3.260)

File Edit Language Help

Object: LAITOS

Properties: Factors, Shielding

Lightning protection system/equipotential bonding (all zones)

Lightning protection system (LPS)

No protection by LPS pB 1

Lightning equipotential bonding

No equipotential bonding pEB 1

Spatial shielding

External spatial shielding (all zones)

No shielding KS1 1

Mesh size KS1W m

Internal spatial shielding

No shielding KS2 1

Mesh size KS2W 0,00 m

Risk

R1 - Human life		R2 - Service to the public		R3 - Cultural heritage	
RT	138 %	RT	0 %	RT	0 %
R1	1,39E-05	R2	0,00E00	R3	0,00E00
	1E-5		0,001		0,0001

Project data Evaluation Results

Number Kesätyö

Name Opinnäytetyö

Contact person

Street

Country Suomi

Postal code

City

Telephone 1

Telephone 2

Fax

E-Mail

Notes

Ground flash density Ng 2,00

Calculation basis

Standard EUR - EN 62305

Version EN 62305-2:2012

KUVA 28. Rakennuksen suojauksen ominaisuudet.

”Spatial shielding” (alueellinen suojaus) kohdassa määritetään, onko rakennuksella ulkoista tai sisäistä suojausta. Tällä tarkoitetaan sitä, että esimerkiksi betonilaattojen teräsrakenteet liitettäisi yhteen oikeaoppisesti, jolloin rakennuksen rungosta muodostuisi häkki, joka suojaisi rakennusta.

4.1.8 Losses – Häviöt

Häviötekijöiden asetukset esitetään kuvassa 29. Jokaista häviötä kohden määritetään häviötekijät. Kohdassa tarkastellaan sisäisen ja ulkoisen kosketus- tai askeljännitteen vaaraa, tulipalon tekijöitä, kohteen paniikin tasoa ja ylijännitteestä aiheutuvaa haittaa. Lisäksi tarkastellaan lisävahingon laskemista. Tämä tulee tarpeeseen, jos salamaniskun aiheuttamat vahingot voivat vaikuttaa myös läheisiin rakenteisiin tai ympäristöön. Esimerkiksi jos vahingon seurauksena voi kemiallisia tai radioaktiivisia päästöjä päätyä ympäristöön.

DEHN Risk Tool 23/07 (3.260)

File Edit Language Help

Object: LAITOS

Losses

Buildings: L1 Human life, L2 Service to the public, L3 Cultural heritage, L4 Economic value

Zones: Factor for external touch and step voltage (Typical value: L1La: 0,01)

Supply lines: Factor for internal touch and step voltage (Typical value: L1Lu: 0,01)

Properties: Factor for fire (Industrial, commercial: L1Lf: 0,02)

Losses: Kind of special hazard (Low level of panic (e.g. a structure limited to two floors and the num): L1hz: 2)

Costs: Damage factor for overvoltage (No loss: L1Lo: 0)

Measures: Calculate additional loss

Time during which persons stay outside the structure: L1te: 8.760 hours/year

Persons injured outside the structure: L1lfe: 100,00 %

Risk

R1 - Human life: RT R1: 138 % (1,39E-05, 1E-5)

R2 - Service to the public: RT R2: 0 % (0,00E00, 0,001)

R3 - Cultural heritage: RT R3: 0 % (0,00E00, 0,0001)

Project data: Evaluation Results

Number: Kesätyö

Name: Opinnäytetyö

Contact person:

Street:

Country: Suomi

Postal code:

City:

Telephone 1:

Telephone 2:

Fax:

E-Mail:

Notes:

Ground flash density Ng: 2,00

Calculation basis: Standard: EUR - EN 62305, Version: EN 62305-2:20124

KUVA 29. Häviötekijät.

4.1.9 Costs – Kustannus arvio, taloudelliset häviöt

Taloudellisten häviöiden laskemiseksi vaaditaan kohteen taloudellisia tietoja sekä taloudellisten tietojen asiantuntemusta. Ohjelmalla pystyy laskemaan, onko taloudellisesti kannattavaa laittaa salamasuojaus rakennukseen. Työnrajausten takia tämän laskeminen jätetään työn ulkopuolelle, sillä sitä ei lähtökohtaisesti projekteissa lasketa. Taloudellisten häviöiden laskeminen olisi kannattavaa, jotta saataisiin laskettua riski taloudellisille tappioille ja näin selville salamasuojauksen toteuttamisen kannattavuus. Riskianalysissä ei tarkastella salamasuojauksen

taloudellista kannattavuutta vaan menetyksiä ja häviöitä, jotka määrittävät koh-
teen salamasuojaustason. Taloudellisen häviön kustannukset esitetään kuvassa
30.

Economic value (L4)

Cost assessment

Object: LAITOS

Interest rates	i	<input type="text"/>	%
Maintenance rates	m	<input type="text"/>	%
Amortisation time	at	<input type="text"/>	years
Amortisation rates	a	<input type="text"/>	%
Value of animals in the zone	L4ca	<input type="text"/>	€
Value of the zone	L4cb	<input type="text"/>	€
Value of content in the zone	L4cc	<input type="text"/>	€
Value of systems in the zone (including their activities)	L4cs	<input type="text"/>	€
Total value of the structure	L4ct	<input type="text" value="0"/>	€
Annual costs of a total loss	CL	<input type="text" value="0"/>	€

With protection/target state

Costs of protection measures	CP	<input type="text"/>	€
Annual costs of total loss with protection	CRL	<input type="text" value="0"/>	€
Annual costs of protection	CPM	<input type="text" value="0"/>	€
Annual savings	S	<input type="text" value="0"/>	€

Close

KUVA 30. Taloudellisten häviöiden kustannusarvio.

4.1.10 Measures – Suojauksen valinta

Suojauksen valinnan asetukset esitetään kuvassa 31. Kohdassa suoritetaan kohteen suojauksen suunnittelu ja selvitetään millä suojaustoimenpiteillä saadaan riski alle sallitun riskin. Jos kohteen tietojen määrittämisen jälkeen kohteen laskettu riski on alle sallitun riskin, ei kohteeseen tarvitse toteuttaa suojausta. Kohdassa pystytään muuttamaan aikaisemmin asetettuja attribuutteja riskin pienentämiseksi. Salamasuojaustaso määrittää potentiaalintasausjärjestelmän tason sekä vaatii ylijännitesuojauksen, jos rakennukseen asennetaan ulkoinen salamasuojausjärjestelmä. Kuvan 31 alanurkassa esitetään laskettu riski ja sallittu riski. RT on sallitun riskin taso ja R1 on ihmishenkeä kohti aiheutunut lasketun riskin taso. Vihreä indikoi, että laskettu riski on alle sallitun riskin ja prosentti osuus kertoo, kuinka monta prosenttia laskettu riski on sallitusta riskistä. Ylävalikosta symboleista S1, S2, S3 ja S4 voi valita eri vahinkotyyppeihin vaikuttavat tekijät. Oikeasta ylänurkasta pystytään valitsemaan, mitä riskiä halutaan muokata, nähdään riskien tulokset sekä pystytään asettamaan suojauksen kokonaishinta.

Select measures

Object: LAITOS Edit objects

Type of risk: R1 - Human life

Measurement icons: S1 (RA, RB, RC, RM), S2 (RU, RV, RW), S4 (RZ)

With protection/target state

Lightning protection system (LPS)

Class of LPS IV 0,2

Lightning equipotential bonding
Equipotential bonding for LPL III or IV 0,05

External spatial shielding (all zones)
No shielding 1

Mesh size m

External characteristics of the ground/floor
Asphalt, linoleum, wood $R \geq 100 \text{ k}\Omega\text{ms}$ 1E-5

Internal characteristics of the ground/floor
Agriculturally used area, concrete $R <= 1 \text{ k}\Omega\text{m}$ 0,01

Protection against electric shock (lightning strike in structure)
No measures 1

Protection against electric shock (lightning strike in supply line)
Electrical insulation 0,01

Fire precautions
Fire extinguishers, manual fire alarm system, hydrants, fire-proof co 0,5

Internal spatial shielding
No shielding 1

Mesh size m

Conductor 1

Conductor shielding
External: Shielded: shield resistance (RS) $\leq 1 \text{ ohm/km}$

Connection of the conductor
No special conditions

Factor for shielding, earthing and isolation in case of flashes to a line 1

Factor for shielding, earthing and isolation in case of flashes near a line. 1

Coordinated SPD protection
LPL III or IV 0,05

Type of internal wiring
Unshielded cable – routing precaution in order to avoid large loops 0,2

Risk

With protection/target state

RT

R1

Bar chart: Total

Close

KUVA 31. Suojauksen valitseminen.

4.1.11 Lopputulos

Lopputuloksiin päästään valitsemalla ylävalikosta ”print”, jolloin avautuu kuvan 32 mukainen näkymä. Raportti voidaan laatia lyhyenä tai pitkänä raporttina. Liitteessä 1 esitetään riskianalyysin lyhyt raportti. Pitkään raporttiin voidaan valita, mitä raportissa esitetään. Raporttiin voidaan kiinnittää analyysin kyselylomake, joka sisältää ohjelmassa esitetyt kysymykset kohteeseen liittyen sekä valitut vaihtoehdot. Kohdasta ”preview” päästään tarkastelemaan raporttia. Raportin muokkaaminen onnistuu ”preview” -muodossa.

The screenshot shows a 'Print' dialog box with the following sections:

- Calculation basis:** 'Unprotected building' dropdown set to 'LAITOS'; 'Protection option 1' dropdown set to 'With protection/target state'.
- Language:** 'English'.
- Content of printout (please select):** 'Type of printout' dropdown set to 'Short'. A grid of checkboxes includes:
 - Contents
 - Description of risk components
 - Calculation formulas
 - Information on risk analysis
 - Graphic display of components
 - Description of calculation parameters
 - Legal obligations
 - Graphic display of risks
 - Key for formula symbols
- Responsible person/project manager (optional):** Text field containing 'Opinnäytetyö Niilo Peuhu'.
- Company logo:** Two text fields for file paths, both set to 'C:\Users\fissap\Downloads\SWECO-Logo.jpg'.

Buttons at the bottom: 'Preview' and 'Cancel'.

KUVA 32. Riskianalyysin raportin avaaminen.

Riskianalyysin tavoitteena on tunnistaa kaikki riskit, jotka kohdistuvat rakennusta, ihmisiä ja laitteistoja kohtaan. Riskien tunnistamisen seurauksena lasketaan kokonaisriski, jota verrataan sallittuun riskiin. Jos laskettu riski on suurempi kuin standardin määrittämä sallittu riski, niin riskiä on pienennettävä erilaisilla kei-

noilla, esimerkiksi asentamalla salamasuojajärjestelmä tai sen tasoa nostamalla. Jotta loppuraportissa saadaan korostettua riskiä ilman salamasuojauksia ja salamasuojauksen kanssa, syötetään vasta "measures" eli suojaukset kohdassa rakennuksen suojaustoimenpiteet. Kuvassa 33 esitetään tilanteet, joissa on tilanne ilman suojausta ja suojauksen kanssa. Punainen väri indikoi, että riski on liian suuri ja vihreä väri taas, että riski on hyväksytyllä tasolla.

Risk analysis for assessing the risk for structures according to
EN 62305-2:2012-03



5. Risk assessment

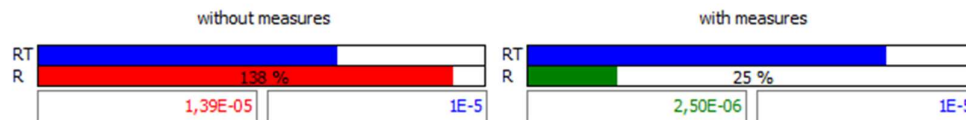
As described in 4.1, the following risks according to 5. were assessed. The blue bar shows the tolerable risk value and the green / red bar shows the risk determined.

5.1 Risk R1, Human life

The following risk was determined for persons outside and inside the structure LAITOS:

Tolerable risk R_T : 1,00E-05
Calculated risk R1 (unprotected): 1,39E-05

Calculated risk R1 (protected): 2,50E-06



To reduce the risk, it is necessary to take measures as described in 6.

KUVA 33. Ilman suojausta ja suojauksen kanssa laskettu riski.

Kuvassa 34 esitetään suojaustoimenpiteet, joilla saatiin reducedoitua 138 prosentin riski 25 prosenttiin. Tämä tarkoittaa sitä, että ilman suojausta riski on liian suuri ja kuvan 34 suojaustoimenpiteillä saadaan laskettua riski hyväksytylle tasolle. Suojaustoimenpiteinä kohteeseen laitetaan tason 4 salamasuojajärjestelmä, tason 3 tai 4 potentiaalintasausjärjestelmä ja tason 3 tai 4 ylijännitesuojaus. Tähän listautuu kaikki muutokset mitä asetetaan suojauksen parantamiseksi.

6. Selection of protection measures

The risk was reduced to an acceptable level by selecting the following protection measures.

This selection of protection measures is part of the risk management for the object LAITOS and is only valid in connection with this object.

Measures With protection/target state:

Area	Measures	Factor
pB:	Lightning protection system (LPS) Class of LPS IV	2.000E-01
pEB:	Lightning equipotential bonding Equipotential bonding for LPL III or IV	5.000E-02
	<u>Conductor 1:</u>	
pSPD:	Coordinated SPD protection LPL III or IV	5.000E-02

KUVA 34. Suojaustoimenpiteet.

4.2 Esimerkkiprojekti Suomeen

Osiossa käydään läpi esimerkiprojektin riskianalyysi sekä esitetään millä perusteilla kyseiset valinnat on tehty. Kyseinen kohde pidetään nimettömänä, eikä riskianalyysissä esitettyjen tietojen perusteella kohdetta pysty tunnistamaan. Kohdeesta lasketaan vain ihmishengen menetykseen tai vahingosta aiheutuneeseen pysyvään haittaan kohdistuvariski R1. Kohde ei tuota palveluita, joiden menetys vaikuttaisi huoltovarmuuteen eikä uudiskohteella ole kulttuurihistoriallista arvoa. Taloudellisten tappioiden laskeminen olisi hyödyllistä, mutta sen laskemiseen vaadittavia tietoja ei yrityssalaisuuksien takia julkaista.

Kohteen tiedot esitetään kuvassa 35. Kuvan 6 ja paikkatiedon mukaan kohteessa on 15 salamapäivää vuodessa, josta ohjelma laskee maasalamoiden määrän. Kohde on kompleksinen rakennelma, joka esitetään kuvassa 36. Projektin pinta-ala on rakennettu 7 eri komponentista, jotka on kohdistettu X ja Y koordinaateilla rakennukseksi. Kohteen ympäristö koostuu saman korkuisista tai korkeammista rakennelmista sekä sijoittuu lähiö tyyppiselle alueelle.

DEHN Risk Tool 23/07 (3.260)

File Edit Language Help

Object: LAITOS

Building/basic data

Thunderstorm days per year T_d 15,0 Days

Ground flash density N_g 1,50 per km² / year

Simple structure | Building with high point | Complex structure

Location factor of the structure
Object is surrounded by objects of the same height or smaller C_d 0,50

Risk

R1 - Human life: RT 1,46E-05, R1 1E-5

R2 - Service to the public: RT 0,00E00, R2 0,001

R3 - Cultural heritage: RT 0,00E00, R3 0,0001

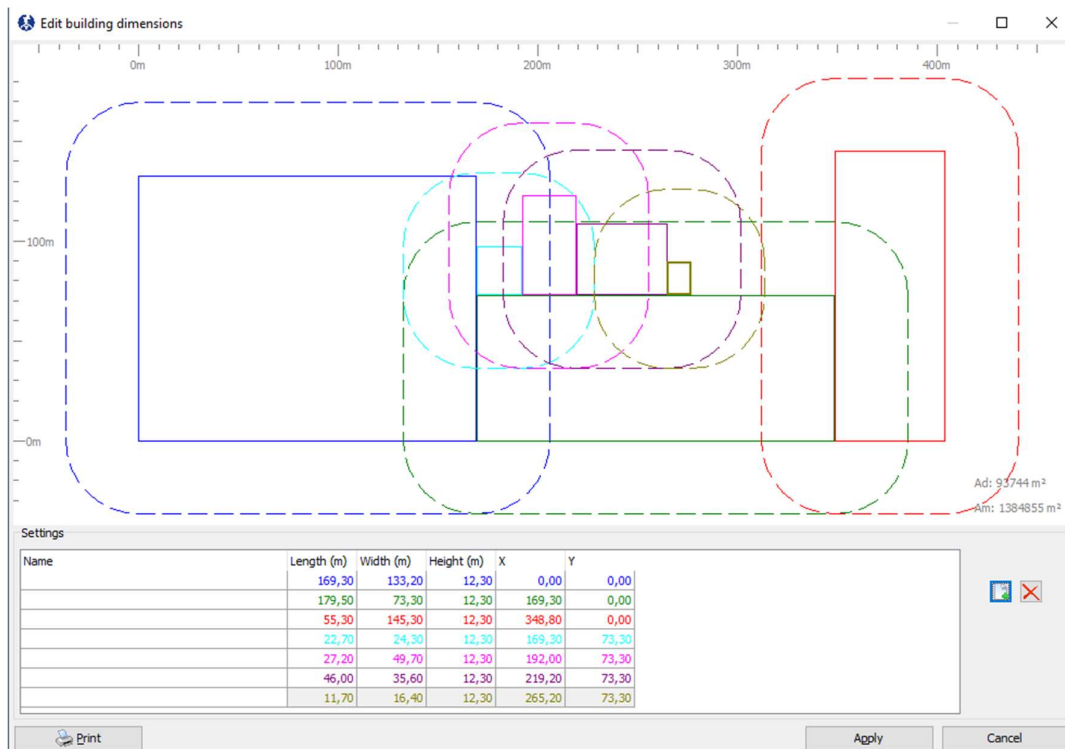
Project data

Number: SYKSY/2023
Name: Esimerkki CASE
Contact person: Niilo Peuhu
Street:
Country: Suomi
Postal code:
City:
Telephone 1:
Telephone 2:
Fax:
E-Mail:
Notes:
Ground flash density N_g : 1,50

Calculation basis

Standard: EUR - EN 62305
Version: EN 62305-2:20124

KUVA 35. Kohteen tiedot.



KUVA 36. Esimerkkikohteen pohjapinta-ala.

Kohde on teollisuuskohte, joten sen salamasuojausalueet määritetään vain ulkoalueeksi (LPZ 0B) ja sisäalueeksi (LPZ 1), kuvan 37 mukaisesti. Kohteessa on myös henkilöitä vuoden jokaisena päivänä ja kellonaikana, joten asetetaan, että kohteessa on henkilöitä 8760 tuntia vuodessa kuvan 38 mukaisesti.

DEHN Risk Tool 23/07 (3.260)

File Edit Language Help

Object LAITOS Edit objects

Zones

Classification Properties

One zone (outer zone, LPZ 0B / inner zone, LPZ1)

Several zones

Name

- LPZ 0B
- LPZ 1

Risk

R1 - Human life		R2 - Service to the public		R3 - Cultural heritage	
RT	1,46E-05	RT	0 %	RT	0 %
R1	1E-5	R2	0,00E00 0,001	R3	0,00E00 0,0001

Project data Evaluation Results

Number SYKSY/2023

Name Esimerkki CASE

Contact person Nilo Peuhu

Street

Country Suomi

Postal code

City

Telephone 1

Telephone 2

Fax

E-Mail

Notes

Ground flash density Ng 1,50

Calculation basis

Standard EUR - EN 62305

Version EN 62305-2:2012+

KUVA 37. Esimerkkikohteen salamasuojausalueet.

DEHN Risk Tool 23/07 (3.260)

File Edit Language Help

Object LAITOS Edit objects

Zones

Classification Properties

L1 Human life
Time during which persons are present in the zone. L1tz 8 760 hours/year
Number of persons in the zone L1nz persons

L2 Service to the public
Number of persons in the zone/unserved users L2nz persons

L3 Cultural heritage
Value of cultural heritage in the zone L3cc €

L4 Economic value
Value of animals in the zone L4ca €
Value of the zone L4cb €
Value of content in the zone L4cc €
Value of systems in the zone (including their activities) L4cs €

Risk

R1 - Human life R2 - Service to the public R3 - Cultural heritage

RT R1 1,46 % 0,00E00 0,001 0,00E00 0,0001

Project data Evaluation Results

Number SYKSY/2023
Name Esimerkki CASE
Contact person Niilo Peuhu
Street
Country Suomi
Postal code
City
Telephone 1
Telephone 2
Fax
E-Mail

Notes

Ground flash density Ng 1,50

Calculation basis
Standard EUR - EN 62305
Version EN 62305-2:20124

KUVA 38. Esimerkkikohteen alueiden ominaisuudet.

Kuvassa 39 esitetään sähkönsyötön asetukset. Esimerkkikohteessa on 8 keskijännitesyöttöä, jotka tulevat samasta sähköasemasta, joten niitä voidaan käsitellä yhtenä syöttönä rakennukselle. Kohteen syöttökaaviosta nähdään, että syöttökaapeli on keskijännite maakaapeli, jonka maadoitusjohtimen poikkipinta-ala on 35 mm^2 , se on materiaaliltaan kuparia ja sen pituus on 390 metriä. Kaapelin kytkennässä ei ole eritystekijöitä ("No special conditions"). Lasku kaapelin maadoitusresistanssista kilometriä kohden esitetään kaavassa 3.

$$\frac{R}{l} = \frac{\rho}{A} = \frac{0,01678 \cdot 10^{-6} \Omega \text{m}}{35 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2} = \frac{0,479 \Omega}{1 \text{ km}} \approx 0,48 \frac{\Omega}{\text{km}} \quad (3)$$

Kohteen syöttökaapelin maadoitusresistanssi on $0,48 \frac{\Omega}{\text{km}}$. Valitaan DEHN Riski toolista kaapelin suojavaipalle: "Shielded: Shield resistance (RS) $\leq 1 \text{ ohms/km}$ ", koska kaapelin suojavaipan resistanssi $0,48 \frac{\Omega}{\text{km}} < 1 \frac{\Omega}{\text{km}}$.

DEHN Risk Tool 23/07 (3.260)

File Edit Language Help

Object LAITOS Edit objects

Supply lines

Conductor 1 Edit conductors

Conductor System connected Properties of internal systems

Line type
Power supply line

Conductor length LL 390,00 m

Installation factor
Buried Ci 0,5

Environment
Suburban Ce 0,50

Transformer
HV power supply line (with HV/LV transformer) Ct 0,20

Conductor shielding
External: Shielded: shield resistance (RS) <= 1 ohm/km

Connection of the conductor
No special conditions

Factor for shielding, earthing and isolation in case of flashes to a line CLD 1

Factor for shielding, earthing and isolation in case of flashes near a line. CLI 1

Shielded internal systems Xsys 0

Risk

	R1 - Human life	R2 - Service to the public	R3 - Cultural heritage
RT	146 %	0 %	0 %
R1	1,46E-05	0,00E00	0,00E00
	1E-5	0,001	0,0001

Project data Evaluation Results

Number SYKSY/2023

Name Esimerkki CASE

Contact person Nilo Peuhu

Street

Country Suomi

Postal code

City

Telephone 1

Telephone 2

Fax

E-Mail

Notes

Ground flash density Ng 1,50

Calculation basis

Standard EUR - EN 62305

Version EN 62305-2:2012

KUVA 39. Esimerkkikohteen sähkösyöttö.

Kohteen sähkösyöttö tulee sähköasemalta. Sähköasema mallinnetaan suorakulmion malliseksi rakennukseksi, jonka ympäristössä on saman korkuisia tai matalampia rakenteita kuvan 40 mukaisesti. Sähköaseman mittoja ei tiedetä, joten asetetaan sen mitat olettaen, että se on 20 metriä leveä ja pitkä sekä sen korkeus on 10 metriä kuvan 41 mukaisesti.

DEHN Risk Tool 23/07 (3.260)

File Edit Language Help

Object: LAITOS

Supply lines: Conductor 1

System connected

System connected options: Simple structure, Building with high point, Complex structure

Relative position of the connected system: Object is surrounded by objects of the same height or smaller, CDJ: 0,50

Risk:

	R1 - Human life	R2 - Service to the public	R3 - Cultural heritage
RT	145 %	0 %	0 %
R1	1,46E-05	0,00E00	0,00E00
	1E-5	0,001	0,0001

Project data: SYKSY/2023, Esimerkki CASE, Nilo Peuhu, Suomi, 1,50

Calculation basis: EUR - EN 62305, EN 62305-2:2012-4

KUVA 40. Esimerkkikohteen sähköaseman attribuutit sekä rakennustyyppin määrittely.

Edit building dimensions

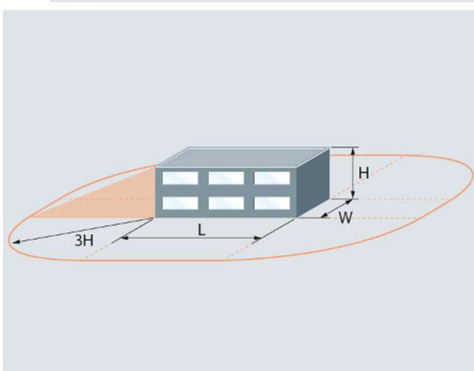
Building dimensions:

Length: LJ 20 m

Width: WJ 20,00 m

Height: HJ 10,00 m

Dimensions View



Print Apply Cancel

KUVA 41. Esimerkkikohteen sähköaseman mitat.

Asetetaan kohteen sisäisten järjestelmien ominaisuudet kuvan 42 mukaisesti. Kohteeseen ei määritetä tässä vaiheessa ylijännitesuojalaitetta ja suojattavan kohteen ylijännitekestoisuus asetetaan parhaalle tasolle. Sisäisessä kaapeloinnissa on vältetty suurien silmukoiden tekemistä rakennusvaiheessa.

DEHN Risk Tool 23/07 (3.260)

File Edit Language Help

Object LAITOS Edit objects

Buildings

Zones

Supply lines

Properties

Losses

Costs

Measures

Supply lines

Conductor 1 Edit conductors

Conductor System connected Properties of internal systems

Calculate conductor in this zone

Coordinated SPD protection
No SPD pSPD 1

Type of internal wiring
Unshielded cable – routing precaution in order to avoid large loops KS3 0,2

Rated impulse withstand voltage of system to be protected (kV)
Uw <= 1.0 kV Uw 1

Failure of internal systems due to flashes to a line PLD 0,6

Failure of internal systems due to flashes near an incoming line PLI 1

Risk

R1 - Human life		R2 - Service to the public		R3 - Cultural heritage	
RT	1,46E-05	RT	0,00E00	RT	0,00E00
R1	1E-5	R2	0,001	R3	0,0001

Project data Evaluation Results

Number SYKSY/2023

Name Esimerkki CASE

Contact person Nilo Peuhu

Street

Country Suomi

Postal code

City

Telephone 1

Telephone 2

Fax

E-Mail

Notes

Ground flash density Ng 1,50

Calculation basis

Standard EUR - EN 62305

Version EN 62305-2:2012-4

KUVA 42. Esimerkkikohteen sisäisten järjestelmien ominaisuudet.

Asetetaan kohteen rakenteelliset ominaisuudet kuvan 43 mukaisesti. Kohteessa on betonipohja ja -lattia. Kohteessa käytetään eristettyjä kaapeleita. Tulipalon ehkäisyä varten kohteessa on palovaroitin- ja palonsammutusjärjestelmä, palopositit sekä suunnitelma palon torjumiseksi. Kohde ei ole räjähdysvaarallinen tila ja sen palokuorma on normaali.

DEHN Risk Tool 23/07 (3.260)

File Edit Language Help

Object LAITOS Edit objects

Properties

Buildings

Zones

Supply lines

Properties

Losses

Costs

Measures

Factors Shielding

Contact resistance

Soil / floor properties

Agriculturally used area, concrete R <= 1 kOhm rt 0,01

Electric shock

Protection against electric shock (lightning strike in structure)

No measures pta 1

Protection against electric shock (lightning strike in supply line)

Electrical insulation ptu 0,01

Fire

Fire precautions

Fire extinguishers, manual fire alarm system, hydrants, fire-proof co rp 0,5

Reduction factor of risk of fire or explosion

Normal risk of fire rf 0,01

Risk

R1 - Human life R2 - Service to the public R3 - Cultural heritage

Risk	R1 - Human life	R2 - Service to the public	R3 - Cultural heritage
RT	146 %	0 %	0 %
R1	1,46E-05	0,00E00	0,00E00
	1E-5	0,001	0,0001

Project data Evaluation Results

Number SYKSY/2023

Name Esimerkki CASE

Contact person Nilo Peuhu

Street

Country Suomi

Postal code

City

Telephone 1

Telephone 2

Fax

E-Mail

Notes

Ground flash density Ng 1,50

Calculation basis

Standard EUR - EN 62305

Version EN 62305-2:20124

KUVA 43. Esimerkikohteen ominaisuudet.

Kohteeseen ei tässä vaiheessa analyysiä määritetä salamasuojausta, potentiaalintasausta eikä kohteeseen ole määritetty tilakohtaista suojausta kuvan 44 mukaisesti. Kohteen suojaus asetetaan vasta "Measure" eli suojaukset kohdassa.

DEHN Risk Tool 23/07 (3.260)

File Edit Language Help

Object: LAITOS

Properties

Buildings

Zones

Supply lines

Properties

Losses

Costs

Measures

Factors

Shielding

Lightning protection system/equipotential bonding (all zones)

Lightning protection system (LPS)

No protection by LPS p8 1

Lightning equipotential bonding

No equipotential bonding pEB 1

Spatial shielding

External spatial shielding (all zones)

No shielding KS1 1

Mesh size KS1W m

Internal spatial shielding

No shielding KS2 1

Mesh size KS2W m

Risk

R1 - Human life

RT 145 %

R1 1,46E-05 1E-5

R2 - Service to the public

RT 0 %

R2 0,00E00 0,001

R3 - Cultural heritage

RT 0 %

R3 0,00E00 0,0001

Project data

Number SYKSY/2023

Name Esimerkki CASE

Contact person Nilo Peuhu

Street

Country Suomi

Postal code

City

Telephone 1

Telephone 2

Fax

E-Mail

Notes

Ground flash density Ng 1,50

Calculation basis

Standard EUR - EN 62305

Version EN 62305-2:2012-4

KUVA 44. Esimerkkikohteen suojauksen ominaisuudet.

Häviöiden määrittäminen esitetään kuvassa 45. Kohteessa on mahdollista, että ihminen altistuu kosketus tai askeljännitteelle, koska kohteessa on henkilöitä ympäri vuoden. Kohde on teollisuuskohteeseen ja vaaratilanteen sattuessa paniikin vaara on pieni, sillä henkilöstö on perehdytetty kohteeseen, poistumisreitteihin ja kohteen riskeihin. Ylijännitteestä voi aiheutua laiterikkoutumisia, mutta se ei aiheuta välitöntä vaaraa ihmishengelle.

KUVA 45. Esimerkkikohteen häviöiden määrittäminen.

Suojaustoimenpiteet esitetään kuvassa 46. Kohteeseen asetetaan luokan 4 salamasuojaus, jonka avulla saadaan riski hyväksytylle tasolle. Kohteen salamasuojaustaso määrittää potentiaalintausjärjestelmän tason ja vaatii rakennukseen ylijännitesuojauksen. Kohteen potentiaalintausjärjestelmän taso on joko LPL 4 tai LPL 3 mukainen. Ylijännitesuojaus toteutetaan vähintään karkealla suojauksella tason LPL 4 tai LPL 3 mukaisesti.

Select measures

Object: LAITOS

Type of risk: R1 - Human life

With protection/target state

Lightning protection system (LPS)

Class of LPS IV pB 0,2

Lightning equipotential bonding

Equipotential bonding for LPL III or IV pEB 0,05

External spatial shielding (all zones)

No shielding KS1 1

Mesh size KS1W m

External characteristics of the ground/floor

Asphalt, linoleum, wood $R \geq 100 \text{ k}\Omega$ rta $1\text{E-}5$

Internal characteristics of the ground/floor

Agriculturally used area, concrete $R \leq 1 \text{ k}\Omega$ rtu 0,01

Protection against electric shock (lightning strike in structure)

No measures pta 1

Protection against electric shock (lightning strike in supply line)

Electrical insulation ptu 0,01

Fire precautions

Fire extinguishers, manual fire alarm system, hydrants, fire-proof co rp 0,5

Internal spatial shielding

No shielding KS2 1

Mesh size KS2W m

Conductor 1

Conductor shielding

External: Shielded: shield resistance (RS) $\leq 1 \text{ ohm/km}$

Connection of the conductor

No special conditions

Factor for shielding, earthing and isolation in case of flashes to a line CLD 1

Factor for shielding, earthing and isolation in case of flashes near a line. CLI 1

Coordinated SPD protection

LPL III or IV pSPD 0,05

Type of internal wiring

Unshielded cable – routing precaution in order to avoid large loops KS3 0,2

Risk

With protection/target state

RT

R1 28 %

2,89E-06 1E-5

Close

KUVA 46. Esimerkkikohteen suojausten asetus.

Suojausten valinnassa voi myös valita muita tekijöitä, jotta riski saadaan hallintaan. Kohteen raportti esitetään liitteessä 1. Liitteessä 1 esitettävässä salamasuojauksen riskianalyysin raportissa halutaan korostaa sivun 7 ja sivun 8 asiasisältöä. Sivulla 7 esitetään riskit ilman suojausta ja suojauksen kanssa. Kuvioista huomataan, että kohteeseen on toteutettava salamasuojaus. Sivulla 7 ja 8 esitetään, millä suojaustoimenpiteillä saatiin laskettu riski pienemmäksi kuin laskettu riski. Kohteeseen asennetaan tason 4 salamasuojausjärjestelmä, jolla riski on vaaditulla tasolla. Salamasuojausjärjestelmä asettaa, että kohteeseen on asennettava vähintään tason 4 tai 3 maadoituselektrodi sekä tason 4 tai 3 ylijännitesuojaus.

5 POHDINTA

Työssä tutustuttiin salaman ja ukkosen muodostumiseen, salamasta aiheutuneeseen ylijännitteeseen ja siltä suojautumiseen. Lisäksi työssä perehdyttiin salamasuojausmenetelmiin ja riskianalyysin komponentteihin sekä suoritettiin esimerkkiprojektiin salamasuojauksen riskianalyysi. Laaja kirjallisuus aiheesta helpotti lähteiden hankkimista, mutta vaikeutti työn rajaamista. Työn teoriaosuudessa esitellään tarpeellinen tieto riskianalyysin komponenttien ja eri riskien ymmärtämistä varten. Työstä rajattiin ulkopuolelle taloudellisten häviöiden riskin laskeminen ja riskianalyysin laskeminen manuaalisesti. Taloudellisten häviöiden riskin laskemisen mahdollisuus ja sisältö on kuitenkin hyvä tunnistaa. Riskin laskeminen olisi vaatinut enemmän taloudellista ymmärrystä ja laajempaa tutkielmaa aiheeseen liittyen. Taloudellisen riskin laskeminen määrittäisi salamasuojausjärjestelmän taloudellisen kannattavuuden. Taloudellinen kannattavuus saataisiin vertaamalla mahdollisia salaman aiheuttamia tappioita salamasuojausjärjestelmän kokonaiskustannuksiin. Projekteissa taloudellisen riskin laskemista varten saatavien tietojen saaminen on vaikeaa tai mahdotonta, joten riskin laskenta ei onnistu.

Riskianalyysin tekeminen oli loppujen lopuksi hyvin suoraviivaista, kunhan projektista oli tarvittavat tiedot sen laatimiseen. Riskin olisi voinut laskea myös käsin standardin avulla, mutta se jäi tämän työn rajauksen ulkopuolelle. Ohjelmiston englanninkielisyys ja tiettyjen termien kääntäminen ja ymmärtäminen suomeksi oli haasteellista, sillä termeille ei aina löytynyt suomenkielisiä vastineita. Ohjelmaan löytyy käyttöohje, mutta se ei ole kovin yksityiskohtainen sovelluksen käyttöä varten. Käyttöohje tukee kuitenkin sovelluksen käyttöä tämän työn ja suunnittelijan ohjeen ohella. Esimerkki tukee riskianalyysin laatimista ohjelmalla ja suunnittelijan ohjeessa esitetyt termien suomennokset nopeuttavat ja helpottavat riskianalyysin laatimista ja sen ymmärtämistä kokonaisuutena. Esimerkkiprojektin avulla riskianalyysi, sen komponentit ja niiden tarkoitukset tuli tutuiksi. Teoriaan tutustuminen helpotti termien ymmärtämistä ja riskien tunnistamista analyysissä. Esimerkkiprojektissa ei taloudellisten vahinkojen riskiä laskettu tiedon puutteen ja yrityssalaisuuksien vuoksi.

Dehn-laskentasovelluksella vyöhykkeiden hyödyntäminen on haasteellista, koska vyöhykkeiden tilavuutta ei sovelluksessa voi asettaa. Esimerkiksi kohteessa olevan EX-tilan tilavuudella on vaikutus riskiin, mutta EX-tilan tilavuutta ei voi määrittää sovelluksessa. Ohjelmassa EX-tilaan voi määrittää vain EX-luokan. EX-tilaksi luokitellaan esimerkiksi vuototilanteessa teollisuuslaitoksessa olevan putkiston laippaliitoksen kohta. Sovelluksessa tässä tilanteessa tulisi asettaa koko vyöhyke/tila EX-tilaksi, joka kasvattaisi riskin aivan liian suureksi. Sovelluksella ei pysty myöskään suorittamaan riskianalyysiä esimerkiksi aurinkovoimalalle, koska riskianalyysin laatiminen alkaa rakennuksen määrittämisellä. Uusiutuvan energiantuotannon lisääntyessä tulisi kehittää sovellus, jolla voisi laatia riskianalyysin esimerkiksi aurinkovoimalalle. ST-kortiston mukaan yli 10 kW valosähköjärjestelmälle tulee tehdä tason III salamasuojaus, mutta onko tämä perusteltua jokaiselle yli 10 kW kohteelle Suomessa.

Lisäksi tulevaisuudessa tulisi pohtia täytyykö ilmastonmuutos huomioida merkittävänä tekijänä riskianalyysin laadinnassa ja kehittää esimerkiksi suojausjärjestelmälle jokin varmuuskerroin, että järjestelmä olisi vaatimusten mukainen koko rakennuksen elinkaaren ajan. Ilmastonmuutos lisää sään ääri-ilmiöitä, joka vaikuttaa myös kohteen ukkospäivien määrään. Tällä hetkellä ukkospäivien lisääntymisen vaikutuksella on ollut niin pieni vaikutus riskiin, että sitä ei ole huomioitu.

Yrityksen tulisi jatkossa tarkastella ATEX-alueiden vaikutusta riskianalyysiin sekä pystyä suorittamaan riskianalyysi jokaisella kohteella. Standardin tai riskianalyysin avulla määritetään kohteen salamasuojaustaso. Suomessa käytettävä standardisarja on eurooppalainen ja Euroopassa sääolosuhteet on Suomeen verrattuna vaativampia. Täten salamasuojauksen kustannusten minimoimiseksi tulisi jatkossa pystyä suorittamaan riskianalyysi kaikkiin kohteisiin.

Työssä päästiin tavoitteisiin. Työn tuloksena saatiin esimerkkiprojektiin riskianalyysi sekä kohdeyrityksen käyttöön suunnittelijalle suunnattu ohje Dehn-riskinlaskentasovelluksen käytöstä. Tätä opinnäytetyötä ja kohdeyrityksen käytössä olevaa suunnittelijan ohjetta käytetään jatkossa sähköalan ammattilaisen apuna Dehn-riskinlaskentasovelluksella laadittavaan salamasuojauksen riskianalyysiin.

LÄHTEET

ABB Oy. 2018. Webinaarisarja Älykäs sähköverkko kiinteistöissä, Aktiivinen salamasuojaus. PDF-dokumentti. Viitattu 4.7.2023. https://new.abb.com/docs/librariesprovider113/fi_buildingspace_webinars/aktiivinen-salamasuojaus_060618-webinaari.pdf?sfvrsn=39483314_2.

Annanpalo, J., Ikävalko, M., Koponen, J., Mäkelä, A., Ristilä, J., Sjögren, H., Taimisto, S., Elovaara, J., Lavikainen, R., Koivisto, P. & Ylinen, T. 2020. Rakennusten salama- ja ylijännitesuojaus. 4. uusittu painos. Espoo: Sähköinfo Oy.

Aro, M., Elovaara, J., Karttunen, M., Nousiainen, K. & Palva, V. 2015. Suurjännitetekniikka. 4. korjattu ja täydennetty painos. Espoo: Otatieto Oy.

DEHN+SÖHNE. 2014. Lightning Protection Guide. 3rd updated Edition. English version. Neumarkt, Germany: DEHN + SÖHNE GmbH + Co.KG.

FinnElectric. Väisälä, T. 2014. Rakennusten salama- ja ylijännitesuojaus. PDF-dokumentti. Viitattu 4.7.2023.

Ilmatieteenlaitos. 2023. Perustietoa ukkosesta. Verkkosivu. Viitattu 4.7.2023. <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/perustietoa-ukkosesta>.

Mäkelä, A. & Laurila, T. 2015. Salamahavainnot 2014. PDF-dokumentti. Viitattu 14.7.2023. Helsinki: Ilmatieteenlaitos.

Mäkelä, M., Soininen, L., Tuomola, S., Öistämö, J., & Kulmala, M. 2019. Tekniikan kaavato. Matematiikan, fysiikan, kemian ja lujuusopin peruskaavoja sekä SI-järjestelmä. 17. painos. Tampere: AMK kustannustekniikka Tammertekniikka Oy.

OBO Bettermann Oy. 2010. TBS - Salama- ja ylijännitesuojat. Tuoteluettelo. Helsinki: OBO Bettermann Oy. Luettu 2.8.2023. https://www.obo.fi/fileadmin/DMS/Produktkataloge/02_TBS/Katalog-TBS_fi_2010.pdf.

SFS-EN 62305-1. 2010. Protection against lightning – part 1: General principles. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS ry. Luettu 19.7.2023. Vaatii käyttöoikeuden. <https://online.sfs.fi/fi/>.

SFS-EN 62305-2. 2010. Protection against lightning – part 2: Risk management. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS ry. Luettu 19.7.2023. Vaatii käyttöoikeuden. <https://online.sfs.fi/fi/>.

SFS-EN 62305-3. 2010. Protection against lightning – part 3: Physical damage to structures and life hazards. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS ry. Luettu 19.7.2023. Vaatii käyttöoikeuden. <https://online.sfs.fi/fi/>.

SFS-EN 62305-4. 2010. Protection against lightning – part 4: Electrical and electronic systems. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS ry. Luettu 19.7.2023. Vaatii käyttöoikeuden. <https://online.sfs.fi/fi/>.

SFS 6000-4-44. 2022. Suojausmenetelmät. Suojaus jännitehäiriöiltä ja sähkömagneettisilta häiriöiltä. 5. painos. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS ry. Luettu 3.7.2023. Vaatii käyttöoikeuden. <https://online.sfs.fi/fi/>.

SFS 6000-5-53. 2022. Sähkölaitteiden valinta ja asentaminen. Erottaminen, kytkentä ja ohjaus. 5. painos. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS ry. Luettu 3.7.2023. Vaatii käyttöoikeuden. <https://online.sfs.fi/fi/>.

SFS 6001. 2018. Suurjännitesähköasennukset. 5. painos. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS ry. Luettu 3.7.2023. Vaatii käyttöoikeuden. <https://online.sfs.fi/fi/>.

ST 53.16. 2018. Rakennusten sähkö- ja tietoteknisten järjestelmien ylijännitesuojaus. ST-kortisto. Espoo: Sähköinfo Oy. Vaatii käyttöoikeuden. <https://severi.sahkoinfo.fi/>.

ST 53.16.01. 2020. Rakennusten salamasuojaus. ST-kortisto. Espoo: Sähköinfo Oy. Vaatii käyttöoikeuden. <https://severi.sahkoinfo.fi/>.

ST 97.25. 2018. Sähkötekniikan järjestelmien kuntotutkimus. Ylijännite- ja salamasuojausjärjestelmä. ST-kortisto. Espoo: Sähköinfo Oy. Vaatii käyttöoikeuden. <https://severi.sahkoinfo.fi/>.

TUKES, Turvallisuus- ja kemikaalivirasto. 2015. ATEX, Räjähdyksivaarallisten tilojen turvallisuus – opas. PDF-dokumentti. Viitattu 10.7.2023. <https://tukes.fi/documents/5470659/6406815/ATEX+r%C3%A4j%C3%A4hdysvaarallisten+tilojen+turvallisuus/310d29f5-57bc-431a-90e5-27bf0b6e0f8d?version=1.0t>.

LIITTEET

Liite 1. Esimerkkiprojektin riskianalyysin raportti

1(12)

**Date: 14.7.2023****Project No.: SYKSY/2023****Lightning protection
Risk management**Created according to international standard:
IEC 62305-2:2010-12Considering the country-specific annexes for:
EN 62305-2:2012-03**Summary of measures for
reducing damage caused by lightning effects,
resulting from the risk management
concerning the following project:****Project / object description:**

Esimerkki CASE

Suomi

Customer / principal:

Niilo opinnäytetyö

Risk assessment by:Opinnäytetyö
Niilo Peuhu

Contents

1. **Abbreviations**
2. **Normative basics**
3. **Risk and sources of damage**
4. **Project data**
 - 4.1. Selection of risks to be considered
 - 4.2. Geographic and building parameters
 - 4.3. Division of the structure into lightning protection zones/zones
 - 4.4. Supply lines
 - 4.5. Risk of fire
 - 4.6. Measures to reduce the consequences of a fire
 - 4.7. Special hazards in the building for persons
5. **Risk assessment**
 - 5.1. Risk R1, Human life
 - 5.2. Selection of protection measures
6. **Legal obligation**
7. **General information**
8. **Definition**

1. Abbreviations

a	Amortisation rate
a _t	Amortisation period
c _a	Value of animals in a zone in currency
c _b	Value of a zone of the structure in currency
c _c	Value of the contents of a zone in currency
c _s	Value of the systems in a zone (including their activities) in currency
c _t	Total value of the structure in currency
C _D ;C _{DJ}	Location factor
C _L	Annual costs of the total loss without protection measures
C _{PM}	Annual costs of the selected protection measures
C _{RL}	Annual costs of the residual loss
EB	Lightning equipotential bonding
H	Height of the structure
H _P	Highest point of the structure
i	Interest rate
KS ₁	Factor relevant to the shielding effectiveness of a structure (external spatial shielding)
KS _{1W}	Mesh size of the shielding of a structure
KS ₂	Factor relevant to the shielding effectiveness of a structure (external spatial shielding)
KS _{2W}	Mesh size of the shielding within a structure
L ₁	Loss of human life
L ₂	Loss of service to the public
L ₃	Loss of cultural heritage
L ₄	Loss of economic value
L	Length of the structure
LEMP	Lightning electromagnetic impulse
LP	Lightning protection (consisting of a lightning protection system (LPS) and LEMP protection measures)
LPL	Lightning protection level
LPS	Lightning protection system
LPZ	Lightning protection zone (zone where the lightning electromagnetic environment is defined)
m	Maintenance rates
N _D	Frequency of dangerous events caused by lightning strikes to a structure
N _G	Ground flash density
P _B	Probability that a lightning strike to a structure causes physical damage
P _{EB}	Lightning equipotential bonding
P _{SPD}	Coordinated SPD system
R	Risk
R ₁	Risk of loss of human life in a structure
R ₂	Risk of loss of service to the public
R ₃	Risk of loss of cultural heritage
R ₄	Risk of loss of economical value in a structure
R _A	Risk component (injury to living beings - Lightning strike to the structure)
R _B	Risk component (physical damage to a structure - Lightning strike to the structure)

R_C	Risk component (failure of internal systems - Lightning strike to the structure)
R_M	Risk component (failure of internal systems - Lightning strike near the structure)
R_U	Risk component (injury to living beings - Lightning strike to a connected supply line)
R_V	Risk component (physical damage to a structure - Lightning strike to a connected supply line)
R_W	Risk component (failure of internal systems - Lightning strike to a connected supply line)
R_Z	Risk component (failure of internal systems - Lightning strike near the connected supply line)
R_T	Tolerable risk (maximum value of the risk which can be tolerated for the structure to be protected)
r_f	Reduction factor considering the fire risk in a structure
r_p	Reduction factor considering the measures to reduce the consequences of a fire
S_M	Annual savings
SPD	Surge protection device
SPM	LEMP protection measures (measures to reduce the risk of failure of electrical and electronic equipment due to LEMP)
t_{ex}	Duration of the presence of a dangerous explosive atmosphere
W	Width of the structure
Z	Zones of a structure

2. Normative basics

The EN 62305 standard series consists of the following parts:

- EN 62305-1:2011-02 - "Protection against lightning - Part 1: General principles"
- EN 62305-2:2012-03 - "Protection against lightning - Part 2: Risk management"
- EN 62305-3:2011-02 - "Protection against lightning - Part 3: Physical damage to structures and life hazard"
- EN 62305-4:2011-02 - "Protection against lightning - Part 4: Electrical and electronic systems within structures"

3. Risk and sources of damage

In order to avoid damage resulting from a lightning strike, specific protection measures must be taken for the objects to be protected. The risk management described in the EN 62305-2:2012-03 standard includes a risk analysis which allows to determine the lightning protection requirements of a structure. The aim of the risk management is to reduce the risk to an acceptable level by taking protection measures.

The following risk analysis according to EN 62305-2:2012-03 for the project Esimerkki CASE - object LAITOS shows the necessity of protection measures. The risk potential for the structure is determined and, if necessary, measures to reduce the risk have to be taken. The result of the risk analysis not only specifies the class of LPS, but also provides a complete protection concept including the necessary LEMP protection measures.

As a result, an economically reasonable selection of protection measures suitable for the properties and use of the structure is ensured.

4. Project data

Risk analysis for assessing the risk for structures according to
EN 62305-2:2012-03



4.1 Selection of risks to be considered

Due to the type and use of the structure, object LAITOS, the following risks were selected and considered:

Risk R_1 : Risk of losses of human life; R_T : 1,00E-05

The tolerable risks R_T were defined by selecting the risks.

The aim of a risk analysis is to reduce the risk to a acceptable level R_T by an economically sound selection of protection measures.

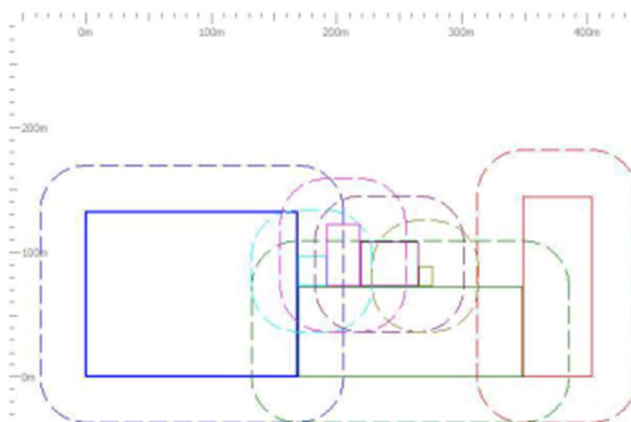
4.2 Geographic and building parameters

The ground flash density N_g is the basis for a risk analysis according to EN 62305-2:2012-03. It defines the number of direct lightning strikes in 1 / year / km². A value of 1,50 lightning strikes / year / km² was determined for the location of the structure LAITOS by means of the ground flash density map. As a result, there is a calculated number 15,00 thunderstorm days per year for the location of the project.

The dimensions of the building are decisive for the risk of a direct strike. The collection areas for direct / indirect lightning strikes are determined based on these dimensions.

Based on the dimensions of the structure, there are the following calculated collection areas:

Collection area for direct lightning strikes:	95 809,00 m ²
Collection area for indirect lightning strikes: (near the structure)	1 384 855,00 m ²



The environment surrounding the structure is an important factor for determining the number of possible direct / indirect lightning strikes. This is defined as follows for the structure LAITOS:
Relative location C_{db} : 0,50

If the ground flash density is referred to the size and the environment of the structure, a frequency of:

- direct strikes to the structure $ND = 0,0719$ strikes / year,
- indirect strikes to the structure $NM = 2,0773$ strikes / year,

is to be expected.

4.3 Division of the structure into lightning protection zones/zones

The structure LAITOS was not divided into lightning protection zones / zones.

L1tz – Time during which persons are present in the zone.:

8 760 hours/year

L1nz – Number of persons in the zone:

0 persons

4.4 Supply lines

All incoming and outgoing supply lines of the structure to be considered must be taken into account in the risk analysis. Conductive pipes do not have to be considered if they are connected to the main earthing busbar of the structure. If this is not the case, the risk of incoming pipes should be considered in the risk analysis (observe that equipotential bonding is required!).

The following supply lines were considered for the structure LAITOS in the risk analysis:

- Conductor 1

Parameters such as

- Type of conductor (overhead line / buried conductor)
- Conductor length (outside the building)
- Environment
- Connected structure
- Type of internal wiring (shielded / unshielded)
- Minimum rated impulse withstand voltage (dielectric strength of terminal equipment) were determined for every defined conductor.

On this basis, the risk for the structure and its content resulting from lightning strikes to and near the supply lines was determined and assessed in the risk analysis.

4.5 Risk of fire

The risk of fire in a structure is an important factor for determining the required protection measures. The risk of fire for the structure LAITOS was defined as follows:

- Normal risk of fire

4.6 Measures to reduce the consequences of a fire



The following measures were selected to reduce the consequences of a fire:

- Fire extinguishers, manual fire alarm system, hydrants, fire-proof compartments, protected escape routes

4.7 Special hazards in the building for persons

Due to the number of persons, the possible risk of panic for the structure LAITOS was defined as follows:

- Low level of panic (e.g. a structure limited to two floors and the number of persons not greater than 100)

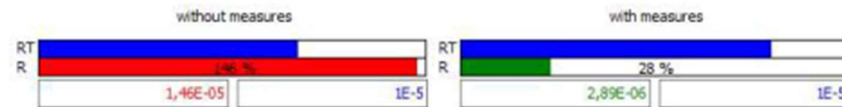
5. Risk assessment

As described in 4.1, the following risks according to 5.were assessed. The blue bar shows the tolerable risk value and the green / red bar shows the risk determined.

5.1 Risk R1, Human life

The following risk was determined for persons outside and inside the structure LAITOS:

Tolerable risk R_T :	1,00E-05
Calculated risk R1 (unprotected):	1,46E-05
Calculated risk R1 (protected):	2,89E-06



To reduce the risk, it is necessary to take measures as described in 5.

5.2 Selection of protection measures

The risk was reduced to an acceptable level by selecting the following protection measures.

This selection of protection measures is part of the risk management for the object LAITOS and is only valid in connection with this object.

Measures With protection/target state:

Area	Measures	Factor
pB:	Lightning protection system (LPS) Class of LPS IV	2.000E-01

Risk analysis for assessing the risk for structures according to
EN 62305-2:2012-03



pEB:	Lightning equipotential bonding Equipotential bonding for LPL III or IV	5.000E-02
------	--	-----------

Conductor 1:

pSPD:	Coordinated SPD protection LPL III or IV	5.000E-02
-------	---	-----------

Risk analysis for assessing the risk for structures according to
EN 62305-2:2012-03



6. Legal obligation

The risk analysis performed refers to the information provided by the operator and/or proprietor of the building or expert which has been assumed, assessed or defined on site. Please note that this information must be verified after assessment.

The procedure of the DEHNsupport software for calculating the risks is based on the EN 62305-2:2012-03 standard.

Please note that all assumptions, documents, illustrations, drawings, dimensions, parameters and results are not legally binding for the person performing the risk analysis.

Place, date

Stamp, signature

7. General information

7.1 Components of the external lightning protection system

Lightning protection components used for the construction of the external lightning protection system must comply with the mechanical and electrical requirements defined in the EN 62561-x standard series. This standard series is for example divided into following parts:

- EN 62561-1:2012	Requirements for connection components
- EN 62561-2:2012	Requirements for conductors and earth electrodes
- EN 62561-3:2012	Requirements for isolating spark gaps
- EN 62561-4:2011	Requirements for conductor fasteners
- EN 62561-5:2011	Requirements for electrode inspection housings and earth electrode seals

7.1.1 EN 62561-1:2012 Requirements for connection components

The requirements for connection components such as clamps are defined in EN 62561-1. For the installer of lightning protection systems this means that the connection components are to be selected for the load (H or N) to be expected at the place of installation. Therefore, a clamp for load H (100 kA) is to be used e.g. for an air-termination rod (100% lightning current) and a clamp for load N (50 kA) e.g. for a mesh or an earth entry (lightning current already distributed). The suitability for these applications must be proven by the manufacturer.

7.1.2 EN 62561-2:2012 Requirements for conductors and earth electrodes

The EN 62561-2 specifies concrete requirements for conductors, such as air-termination and down conductors as well as earth electrodes. These are defined as follows:

- Mechanical properties (minimum tensile strength and elongation),
- Electrical properties (maximum resistivity) and
- Corrosion protection properties (artificial aging).

The EN 62561-2 standard also specifies the requirements for earth electrodes and earth rods. In this context, the material, geometry, minimum dimensions as well as the mechanical and electrical properties are important. These normative requirements are relevant product features, which must be documented in the manufacturers' documents and product datasheets.

7.1.3 EN 62561-3:2012 Requirements for isolating spark gaps

Isolating spark gaps can be used to galvanically isolate an earth-termination system. EN 62561-3 specifies that isolating spark gaps must be dimensioned in such a way that the components, if installed according to the manufacturer's instructions, are reliable, durable and safe for persons and nearby installations.

7.1.4 EN 62561-4:2011 Requirements for conductor fasteners

The EN 62561-4 standard specifies the requirements and tests for metal and non-metal conductor fasteners used with air-termination and down conductors.

7.1.5 EN 62561-5:2011 Requirements for electrode inspection housings and earth electrode seals

All earth electrode inspection housings and earth electrode seals must be designed in such a way that they are reliable and safe for persons and the environment when used as intended. EN 62561-5 specifies the requirements and tests for earth electrode inspection housings (e.g. pressure load) and for earth electrode seals (e.g. leak test).

8. Definition

Coordinated SPD system

SPDs properly selected, coordinated and installed to form a system intended to reduce failures of electrical and electronic systems.

Isolating interfaces

Devices which are capable of reducing conducted surges on lines entering the LPZ. These include isolation transformers with earthed screen between windings, metal-free fibre optic cables and opto-isolators. Insulation withstand characteristics of these devices are suitable for this application intrinsically or via SPD.

LEMP (lightning electromagnetic impulse)

All electromagnetic effects of lightning current via resistive, inductive and capacitive coupling, which create surges and electromagnetic fields.

LP (lightning protection)

Complete system for protection of structures against lightning, including their internal systems and contents, as well as persons, in general consisting of an LPS and SPM.

LPL (lightning protection level)

Number related to a set of lightning current parameters values relevant to the probability that the associated maximum and minimum design values will not be exceeded in naturally occurring lightning.

LPS (lightning protection system)

Complete system used to reduce physical damage due to lightning flashes to a structure.

EB (lightning equipotential bonding)

Bonding to LPS of separated metallic parts, by direct conductive connections or via surge protective devices, to reduce potential differences caused by lightning current.

SPD (surge protection device)

Device intended to limit transient overvoltages and divert surge currents; contains at least one non-linear component.

Node

Point on a line from which onward surge propagation can be assumed to be neglected. Examples of nodes are a point on a power line branch distribution at an HV / LV transformer or on a power substation, a telecommunication exchange or an equipment (e.g. multiplexer or xDSL equipment) on a telecommunication line.

Physical damage

Damage to a structure (or to its contents) due to mechanical, thermal, chemical or explosive effects of lightning.

Injury to living beings

Permanent injuries, including loss of life, to people or to animals by electric shock due to touch and step voltages caused by lightning.

Risk R

Value of probable average annual loss (humans and goods) due to lightning, relative to the total value (humans and goods) of the structure to be protected.

Zone of a structure ZS

Part of a structure with homogeneous characteristics where only one set of parameters is involved in assessment of a risk component.

Risk analysis for assessing the risk for structures according to
EN 62305-2:2012-03



LPZ (lightning protection zone)

Zone where the lightning electromagnetic environment is defined. The zone boundaries of an LPZ are not necessarily physical boundaries (e.g. walls, floor and ceiling).

Magnetic shield

Closed, metallic, grid-like or continuous screen enveloping the structure to be protected, or part of it, used to reduce failures of electrical and electronic systems.

Lightning protective cable

Special cable with increased dielectric strength and whose metallic sheath is in continuous contact with the soil either directly or by use of conducting plastic covering.

Lightning protective cable duct

Cable duct of low resistivity in contact with the soil (concrete with interconnected structural steel reinforcements or metallic duct).