

Matias Wiena

SÄHKÖTILAN SÄHKÖSUUNNITTELU

SÄHKÖTILAN SÄHKÖSUUNNITTELU

Matias Wiena
Opinnäytetyö
Kevät 2018
Sähkötekniikan tutkinto-ohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Sähkö- ja automaatiotekniikka, sähkövoimatekniikka

Tekijä: Matias Wiena
Opinnäytetyön nimi: Sähkötilan sähkösuunnittelu
Työn ohjaaja: Pekka Rantala
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Syksy 2018
Sivumäärä: 51 + 29 liitettä

Opinnäytetyön tavoitteena oli tutustua sähkötilan sähkösuunnitteluun ja laitteistoon sekä toteuttaa Outokummun tehtaalle tulevaan uuteen sähkötilaan alustavat suunnitelmat. Suunnitelmat tehdään Outokumpu Oyj:lle, joka tilasi työn Etteplan Oyj:ltä. Etteplan Oyj antoi työn tehtäväksi opinnäytetyönä.

Suunnittelun aluksi perehdyttiin sähkötilan suunnitteluun sekä yleisesti sähkösuunnitteluun. Työssä käsitellään sähkötilaan tulevia laitteistoja ja niiden suunnittelua. Perehtymisen jälkeen alettiin laatimaan tilattuja sähkösuunnitelmia. Suunnitelmat tehtiin CADS Planner 17 Electric-ohjelmistolla.

Opinnäytetyö on jaettu kahteen osaan. Ensimmäisessä osassa käsitellään sähkötilaa ja sinne sijoitettavia laitteistoja. Toisessa osassa esitellään tähän tiettyyn sähkötilaan tehtyjä suunnitelmia, tehdyt kuvat jäävät kuitenkin vain toimeksiantajan käyttöön.

Asiasanat: sähkösuunnittelu, sähkötila, sähköistys, teollisuus

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Electrical engineering programme, Electrical power engineering

Author: Matias Wiina

Title of thesis: Electrical Designing of an Electric Equipment Room

Supervisor(s): Pekka Rantala

Term and year when the thesis was submitted: Autumn 2018

Pages: 51 + 29 appendices

The aim of the thesis was to familiarize myself with the electrical design and equipment of the electrical room and to implement preliminary plans for a new electrical room in Outokumpu. The contract was outsourced by Outokumpu Oyj, who ordered the designing from Etteplan Oyj. Etteplan Oyj assigned me to do the designing as my bachelor's thesis.

Designing plans first requires familiarization with the design of electric room and in general electrical design. The thesis handles the electrical space and the equipment to be placed there as well as their design. After getting familiar with the subject, the planning got started. Plans were made with CADS Planner 17 Electric software.

The thesis is divided into two parts. The first part handles the electrical equipment room and the equipment to be placed there. The second part introduces plans made to this particular electrical room. All the electrical pictures and layouts are however only left to the commissioner's use.

Keywords: electrical designing, electrical room, electrification, industry

ALKULAUSE

Haluan kiittää Etteplan Oyj:tä ja Outokumpu Oyj:tä mielenkiintoisesta ja haastavasta opinnäytetyöaiheesta. Työn aikana olen päässyt näkemään, millaista sähkösuunnittelijan työ on, sekä oppimaan paljon uutta sähkösuunnittelusta.

Erityiset kiitokset Etteplanin puolelle aluepäällikkö Mikko Ylä-Outiselle, osastopäällikkö Osmo Huhdalle ja sähkösuunnittelija Tero Toloselle, jotka mahdollistivat opinnäytetyön toteutumisen. Kiitokset myös opinnäytetyön ohjaajalleni Oulun ammattikorkeakoulun yliopettaja Pekka Rantalalle.

Iso kiitos läheisilleni ja ystävilleni tuesta ja kannustuksessa opinnoissani.

Oulussa 31.08.2018

Matias Jani Antero Wiena

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	1
ABSTRACT	2
ALKULAUSE	3
1 JOHDANTO	6
2 SÄHKÖTILA	8
2.1 Standardit	9
2.2 Muuntamo	10
2.3 Kojeistot	11
2.4 Kaapelointi	15
2.5 Jakelujärjestelmät	17
2.6 Suojaukset	18
2.6.1 Maadoitukset ja potentiaalintasaus	19
2.6.2 Oikosulku- ja maasulkusuojaus	22
2.6.3 Vikasuojaus	23
2.7 Muu laitteisto	24
2.7.1 UPS	24
2.7.2 Taajuusmuuttajat	26
2.7.3 ATK-verkko	27
2.7.4 Ilmanvaihto	29
2.7.5 Paloturvallisuus	30
2.7.6 Valaistus	31
3 SINTRAAMON PÖLYNPOISTON SÄHKÖTILAN RATKAISUT	34
3.1 Lähtötiedot	34
3.2 Muuntaja	35
3.3 Keskukset	36
3.4 Maadoitus	37
3.5 UPS	39
3.6 Taajuusmuuttajat	39
3.7 Kaapelointi	40
3.8 Kiskosto	42
3.9 Suojaukset	42

3.10 ATK-verkko	43
3.11 Ilmanvaihto	43
3.12 Paloturvallisuus	44
3.13 Valaistus	44
4 YHTEENVETO	46
LÄHTEET	47
LIITTEET	50

1 JOHDANTO

Tarve uuden sähkötilan rakentamiseen tuli lisääntyneestä pölynpoiston tarpeesta Outokummun tehtaalla. Tehtaalla syntyy valtavat määrät haitallista pölyä ja se on pyrittävä poistamaan turvallisesti ja aiheuttamatta haittaa ympäristölle. Ympäristöviranomainen valvoo Outokummun tehtaan päästöjä, joten tehtaan päästöt on hoidettava kunnolla. Tähän tarkoitukseen tarvitaan isoja pumppuja ja puhaltimia, joita varten tarvitaan uusi sähkötila.

Opinnäytetyön tavoitteena on tuottaa seuraavat piirustukset: sähköpisteet ja johdotus, maadoituskaavio, yleiskaapelointi, valaisinluettelo, pääkaaviot, piirikaaviot sekä turva- ja poistumisvalaistus. Suunnittelua lähdetään tekemään muuntajalta eteenpäin, sillä muuntajan ja sen sähkönsyötön suunnittelun toteutuksesta vastaa toinen yritys. Suunnittelua varten tutustutaan ensiksi sähkötilaan, sen suunnitteluun ja sinne tulevaan laitteistoon. Piirustusten teossa käytetään apuna Sähköinfon ST-kortistoja sekä vanhoja Outokummun sähköpiirustuksia. Suunnittelua ohjaavat standardit kuten SFS 6000 sekä Outokummun tehtaan omat standardit.

Outokumpu on ulkoistanut sähkösuunnittelun, joten sähkötilan suunnittelu on tilattu Etteplanilta. Outokummulta saatiin ohjeet tilan suunnitteluun sekä valmiit rakennuspiirustukset. Sähkötilasta oli suunniteltu tehtäväksi itsenäinen 2-kerroksinen rakennus, jossa alhaalla sijaitsee laite- ja muuntajatila ja ylhäällä keskustila.

Etteplan (kuva 1) on teollisten laitteistojen suunnitteluun ja teknisen tuoteinformaation ratkaisuihin ja -palveluihin erikoistunut asiantuntijayritys. Etteplanin suunnitteluosaaminen ja palvelutuotteet kattavat asiakkaan tuotteiden elinkaaren kaikki vaiheet. Etteplanin asiakkaat ovat alansa johtavia globaaleja yrityksiä, jotka toimivat esimerkiksi sähköntuotannossa, teräs-, ajoneuvo-, lentokone- ja puolustusväline-teollisuudessa ja voimansiirrossa sekä materiaalinkäsittelyssä. (1.)



KUVA 1. Etteplan Oyj logo (1)

Etteplanilla on laaja osaaminen automaatio- ja sähkösuunnittelussa, mekaniikkasuunnittelussa ja elektroniikan, sulautettujen järjestelmien kehittämisessä ja teknisen dokumentoinnin ratkaisuisissa ja palveluissa (1).

Etteplanilla työskentelee keväällä 2018 yli 3000 asiantuntijaa Suomessa, Ruotsissa, Kiinassa, Hollannissa, Puolassa ja Saksassa. Yrityksen liikevaihto oli 214,8 miljoonaa euroa vuonna 2017 (1).

Outokumpu Oyj:n (kuva 2) Tornion tehtaat on maailman integroiduin ruostumattoman teräksen tuotantolaitos. Tehdasalue koostuu kaikista terästuotannon osastoista: terässulattosta, kuumavalssaamosta ja kylmävalssaamosta. Tehdasalueella sijaitsee myös ferrokromitehdas, jonne tämän opinnäytetyön projekti kohdistuu, sekä satama, josta tuotteet viedään maailmalle. Tornion tehtaaseen kuuluu myös Keminmaassa sijaitseva Kemin kaivos. Kaivos takaa tärkeimmän raaka-aineen eli kromin saannin Tornion tehtaalle. (2).



KUVA 2. Outokumpu Oyj logo (2)

Tornion tehdasalueen pinta-ala on noin 600 hehtaaria. Omia työntekijöitä tehdasalueella vuonna 2018 työskentelee n. 2150. Tehtaan omien työntekijöiden lisäksi noin 300 urakoitsijaa ja yhteistyökumppania on töissä alueella. (2.)

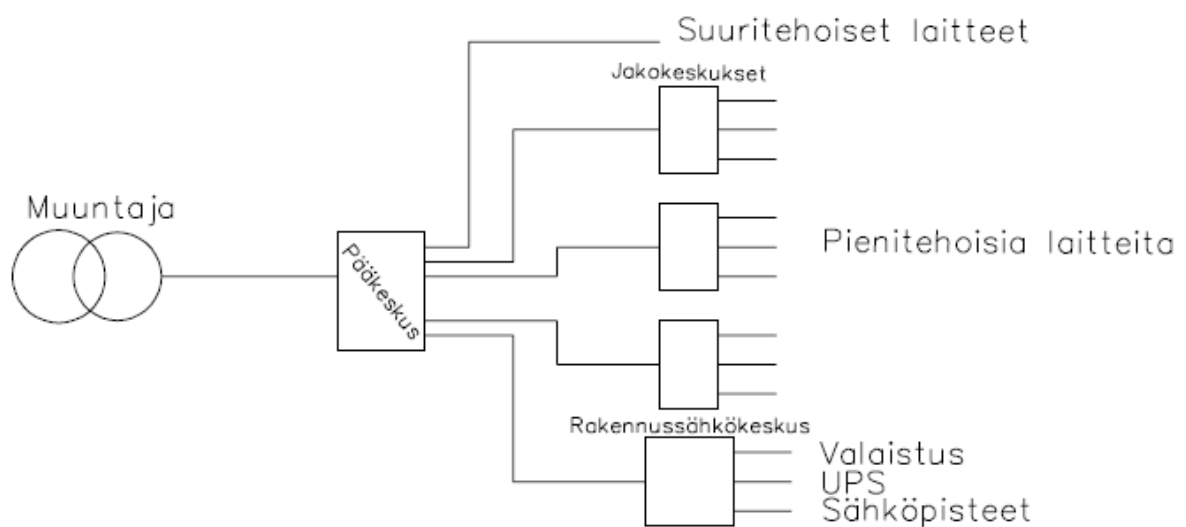
2 SÄHKÖTILA

Sähkötila on rakennus tai huone, johon pääsee vain sähköalan ammattilainen tai opastettu henkilö (3, s. 32). Sähkötilat on merkittävä kilvillä (kuva 3), jotka näkyvät ja ovat selkeitä. Tiloista on päästävää poistumaan ulos ilman avainta tai työkalua. (4, s. 18.)



KUVA 3. Sähkötilan kilpi (5)

Sähkötilaan sijoitetaan sähkönjakelukeskus tai -keskuksia. Sähkötilaan sijoitetaan yleensä myös muita sähkötekniisiä laitteita kuten taajuusmuuttajia tai varavoimakojeita. Sähkötilaksi voidaan kutsua myös kokonaista rakennusta, jonne voidaan sijoittaa myös muuntaja. Kuvassa 4 on esimerkki sähkötilan lohkokuvasta.



KUVA 4. Sähkötilan lohkokuva

Sähköturvallisuuslaki määrittelee yleiset vaatimukset ja turvallisuusmääräykset sähkölaitteiden ja laitteistojen suunnittelulle. Sähköturvallisuuslain 6§:n mukaan sähkölaitteet ja -laitteet on suunniteltava siten, että niistä ei koidu hengenvaaraa, terveydelle haittoja tai omaisuudella vaaraa. Sähkömagneettisten ja sähköisten häiriöiden on pysyttävä kohtuuden rajoissa. Laitteet eivät saa häiriintyä helposti sähköisesti tai sähkömagneettisesti. Laitteiden ja laitteistojen on täytettävä nämä ehdot tai niitä ei saa saattaa markkinoille, luovuttaa toiselle eikä ottaa käyttöön. (6, 6§.)

Sähkötilan suunnittelu aloitetaan tekemällä selvitys tehon tarpeesta ja arvioimalla energian kulutus. Alussa pitää myös tehdä tilavaraus tilaan tuleville sähkötekniikallaitteille. Tilatarpeita mietittäessä pitää huomioida myös, tuleeko tilaan oma muuntaja vai tuleeko syöttö jostain ulkoiselta muuntajalta. Perustietojen avulla voidaan alkaa määrittämään liityntäjohdon ja pääsulakkeiden kokoa.

2.1 Standardit

Sähkötilan suunnittelussa käytetään lukuisia eri standardeja sekä määräyksiä. Näillä pyritään tekemään tilasta turvallinen ja huoltovarma. Suomessa noudatetaan pääasiassa maailmanlaajuisia (IEC) tai eurooppalaisia (CENELEC) standardeja. Standardit eivät ole pakollisia, mutta jos niitä ei noudata, pitää pystyä todistamaan, että ratkaisut täyttävät turvallisuusvaatimukset. (7.)

Keskeisimmät standardit sähköalalle ovat SFS 6000, joka koskee pienjännitesähköasennuksia sekä SFS 6001, jossa käsitellään suurjännitesähköasennuksia. SFS vahvistaa standardit Suomessa, mutta Turvatekniikan keskus eli TUKES valvoo turvallisuusvaatimusten täyttymistä. (7.)

Sähkötilan suunnittelussa voidaan joutua käyttämään myös tilaajan omia standardeja tai ohjeita. Monella tehtaalla on esimerkiksi omat standardinsa, jotka pohjautuvat kuitenkin edellä mainittuihin standardeihin.

Hyviä ohjeita standardien noudattamiseen, asennuksien toteutukseen ja suunnitteluun löytyy ST-kortistosta. Sähkötieto ry:n julkaisemat kortit sisältävät valtavasti tietoa koskien sähköasennuksia ja -turvallisuutta.

2.2 Muuntamo

Muuntamo on sähkötekniinen tila, jonne muuntaja sijoitetaan. Muuntaja on sähkölaite, jolla muunnetaan jännitteitä sekä virtoja kahden tai useamman käämityksen välillä (kuva 5). Muuntajat voidaan eristyksen perusteella jakaa kahteen luokkaan: öljyeristeisiin ja kuivamuuntajiin. Öljymuuntajissa muuntajaöljy toimii niin eristeenä kuin jäähdytysaineena. Kuivamuuntajissa eristeenä käytetään hartseja tai vastaavia aineita ja ilmaa. (8, s. 141.) Uuden muuntamon suunnittelussa pitää selvittää tehon tarve. Sen jälkeen selvitetään jakeluverkonhaltijalta sähkönsiirron hinnoittelu. Tilanteesta riippuen selvitetään sekä suurjännitteen että pienjännitteen hinnat. Tähän kuuluu myös liittymisehtojen ja liittymismaksujen selvitys arvioidulla huipputeholla. Verkonhaltijan ohjeet muuntamoa koskien on hyvä myös selvittää. (9, s. 2.)



KUVA 5. Öljyeristeinen muuntaja (kuva: Matias Wiina)

Huipputehoja tarkasteltaessa alle 500 kW:n liittymä on yleensä edullisempi toteuttaa pienjänniteliittymänä. Liittymän tehon ollessa 250 kW, on liittymästä hyvä suorittaa kannattavuuslaskelmat. Laskelmat tehdään muuntamon laskennallisen käyttöiän mukaan, joka on noin 15–30 vuotta. (9, s. 2.)

Sähkösuunnittelijan on muuntamon suunnitteluvaiheessa tehtävä seuraavia asioita:

- selvitettävä kuormituksen painopiste ottaen huomioon mahdolliset laajennukset
- selvitettävä rakennetaanko muuntamo muun rakennuksen yhteyteen vai rakennetaanko erillinen muuntamorakennus tai kevyempi puistomuuntamo
- laadittava muuntamon pääkaavio, maadoituskaavio ja mittauspiirikaavio
- laskettava suurjänniteverkon mitoitusosakuvirta ja maasulkuvirta
- selvitettävä muuntamon sähköiset arvot
- selvitettävä muuntamon tilantarve
- selvitettävä kojeistojen ja muuntajan kuljetustiet
- selvitettävä käyttöhenkilökunnan kulkureitti
- sijoitettava sähkökulutusmittarit tarvittaessa
- selvitettävä palotekniset vaatimukset
- laskettava muuntamon tarvitsema ilmanvaihto
- selvitettävä muuntamon aiheuttama melu ja häiritsevät magneettikentät (9, s. 3).

Sähkösuunnittelija laatii muuntamosta seuraavat piirustukset ja asiakirjat:

- asemapiirustus, josta selviää rakennusten, muuntamon, liityntäkaapeleiden ja mm. merkittävien maanalaisten johtojen ja laitteiden sijainti
- pääkaavio: yksiviivainen esitys, josta selviää muuntamon periaatteellinen järjestely, kojeiden ja laitteiden liittyminen toisiinsa sekä tärkeimmät tekniset tiedot
- maadoituskaavio sekä maadoituselektrodien rakenne ja sijainti
- sähköasennuspiirustus (1:50) siitä kerroksesta, jossa muuntamo sijaitsee
- muuntamon rakennepiirustus leikkauksineen, jossa on esitetty lattiakanavat, ovet, ilmanvaihtaukot ja -kanavat sekä kojeistojen sijoitus
- johtotiepiirustus liittymisjohtoja ja muita suurehkoja johtoja varten. Liittymisjohtojen kulku näytetään sekä rakennuksessa että rakennuksen ulkopuolella.
- kohteen sähköselostus, jossa on kerrottu tarvittavat suunnitelmapiirustuksia ym. dokumentteja täydentävät yksityiskohdat (9, s. 3).

2.3 Kojeistot

Kojeistoksi kutsutaan laitekokonaisuutta, jossa sijaitsee tarvittavat kytkentä-, suojaus-, ohjaus- ja valvontalaitteet (kuva 6). Kojeistot voidaan jakaa kolmeen ryhmään: suur-, keski- ja pienjännitekojeistoihin. Kojeistoista käytetään myös monesti nimitystä jakokeskus. (8, s. 117.) Jakokeskusten suunnittelua ohjaa standardisarjan SFS-EN 61439 julkaisut.



KUVA 6. Jakokeskus, jossa on käynnissä sähkönlaatumittaukset. (kuva: Matias Wiена)

Jakokeskuksen toiminta on kriittistä sähkönjakelun kannalta, joten keskuksat tilaankin yleensä sertifioidulta tehdasvalmistajalta. Keskus täytyy varustaa kilvellä, josta selviää valmistaja, malli ja mitoitusarvot. (10, s. 3.)

Keskus on voitava tehdä jännitteettömäksi. Erotus tehdään yleensä pääkytkimellä, joka sijoitetaan keskukseseen (kuva 7). Kytkin voidaan sijoittaa myös keskuksen välittömään läheisyyteen. Erotuslaitteen tulee olla helposti tunnistettavissa. Pienissä, alle 25 ampeerin keskuksissa, kytkin voidaan sijoittaa myös syöttävään keskukseseen. Tästä pitää kuitenkin löytyä ilmoitus erotettavassa keskuksessa ja jakokeskuksen käyttäjällä tulee olla pääsy siihen keskukseseen, missä kytkin sijaitsee. Yli 1000 A:n keskuksissa on voitava tehdä standardin SFS 6002 mukaan työmaadoitus. Lisäksi kaikki keskuksat tulee varustaa suojaohjaimella, jolla varmistetaan automaattisen poiskytkennän toiminta. Kaikki keskuksen jännitteelle alttiit osat on liitettävä suojaohjaimen. Jännitteelle alttiiksi osaksi kutsutaan

sähkölaitteen kosketettavaa osaa, joka ei ole normaalisti jännitteinen, mutta voi tulla jännitteiseksi eristyksen peittäessä. (10, s. 3–5.)



KUVA 7. Pääkatkaisija (kuva: Matias Wiena)

Keskuksen laitevalintaan vaikuttaa ylijänniteluokka. Taulukosta 1 nähdään vaatimukset laitteiden ylijännitekestoille. Keskuksessa kysymyksessä ovat ylijänniteluokat III ja IV. Erotuslaitteille on määritelty myös syöksykestoajännitteet, jotka löytyvät taulukosta 2. Näiden taulukoiden avulla määritetään erotuslaitteiden ja ilmaeristettyjen laitteiden minimiilmavälit (taulukko 3). (10, s. 4–5.)

TAULUKKO 1. Laitteiden ylijännitekestoisuus (10, s. 4.)

Asennuksen nimellisyännite V	Laitteille vaadittu hetkellinen ylijännitteen kesto kV			
Kolmivaihejärjestelmä	Laitteet asennuksen syöttöpisteessä (ylijänniteluokka IV)	Pää- ja ryhmäjohtojen laitteet (ylijänniteluokka III)	Kulutuskojeet (ylijänniteluokka II)	Erityisesti suojatut laitteet (ylijänniteluokka I)
230/400	6	4	2,5	1,5
400/690	8	6	4	2,5
1000	12	8	6	4

TAULUKKO 2. Erotuslaitteiden ylijännitteen kestävyys (10, s. 4.)

Asennuksen nimellisyännite		Erotuslaitteen hetkellisen ylijännitteen kestävyys (kV)	
Kolmivaihejärjestelmä (V)	Yksivaihejärjestelmä, jossa on keskipiste (V)	Ylijänniteluokka III	Ylijänniteluokka IV
	120–240	3	5
230/400, 277/480	120–240	5	8
400/690, 577/1000	120–240	8	10

TAULUKKO 3. Erotuslaitteiden minimi-ilmavälit (10, s. 5.)

Syöksyännitteen mitoituskestoarvot U_{imp} kV	Minimi-ilmaväli mm
2,5	1,5
4,0	3,0
6,0	5,5
8,0	8,0
12,0	14,0
Perustuen epähomogeenisen kentän olosuhteisiin ja likaantumistaseseen 3.	

Suunnittelijan on tuotettava tarpeeksi tietoa keskuksen ja laitteiden valintaa ja hinnanmäärittelyä varten. Kun keskustoimittajan kanssa on sovittu tilauksesta, suunnittelija täydentää dokumentoinnin lopullisilla tiedoilla laitevalinnoista ja ohjauksista. Tarvittavat liitännät voivat olla hankintavaiheessa luettelomuodossa. Tärkeitä dokumentteja ovat pääkaavio, piirikaavio ja ohjauskaaviot, josta selviää pääpiirien laitteet ja tunnuksiset sekä riittävästi tietoa ohjauspiirien tunnistamiseksi ja toteuttamiseksi. Pääkaaviosta tulee selvittää laitteiden erotusominaisuudet, tarvittavat kosketussuojausalueet sekä mahdolliset jännitetyön alueet. Valmistaja tarvitsee myös oikosulkulujuus ja suojalaitteiden toimintaa koskevat tiedot. Keskuksen valmistajalle on ilmoitettava sekä terminen että dynaaminen oikosulukestoisuus. Terminen kestoisuus ilmaisee kuinka suurta virtaa laite kestää ilman,

että se alkaa kuumenemaan liikaa. Dynaaminen kestoisuus taas kuvaa oikosulkuvirrasta johtuvien voimien mekaanista kestävyyttä. Pääkaaviota täydentävät piirikaaviot, ohjauskaaviot sekä johdotustiedot. Keskukselta täytyy laatia piirustukset myös keskuksen haltijaa varten ja niistä sijoitetaan kopio keskuksen läheisyyteen. (10, s. 3–4.)

2.4 Kaapelointi

Kaapeleiden valinnassa merkittävimmät tekijät ovat taloudellisuus ja riittävä kuormitettavuus. Näiden lisäksi pitää huomioida kaapeleihin kohdistuva mekaaninen rasitus sekä korroosiokestoisuus. Liian paksuilla kaapeleilla taloudellisuus heikkenee ja liian ohuilla kuormitettavuus heikkenee. Kaapelin kustannuksiin lasketaan hankintakustannusten lisäksi asennuskustannukset, häviökustannukset ja vuotuiset kunnossapitokustannukset. Kaapeliksi kannattaa valita normaalisti valmistettava suosituimmuuslajeihin kuuluva kaapeli (taulukot 5 ja 6). Suosituimmuuskaapeleihin kuuluvat muutamat poikkipinnaltaan yleisimmät kaapelit, joita on jatkuvasti tarjolla ja ovat edullisia käyttää. Suosituimmuuskaapeleiden käyttö on taloudellisesti kannattava ratkaisu. Kannattaa kysellä myös asiakkaalta, onko heillä yleisesti jotkin tietyt kaapelit käytössä, joita löytyisi suoraan varastosta. (11, s. 1.)

TAULUKKO 5. Suosituimmuuskaapelit yksijohdinkaapeleissa (11, s. 3).

Poikkipinta mm ²	U_0 / U				
	0,6 / 1 kV		6 / 10 kV	12 / 20 kV	
	AXMK	XMK	AHXCМК	AHXCМК	HXCМК
35					1x35
300	1x300	1x300		1x300	
800	1x800		1x800	1x800	

TAULUKKO 6. Suosituimmuuskaapelit monijohdinkaapeleissa (11, s. 3).

Poikkipinta mm ²	U_0 / U						
	0,6 / 1 kV					6 / 10 kV	12 / 20 kV
	MCMK	MCMK	AMCMK	AMCMK	AXMK	AHXAMK-W	AHXAMK-W
2,5	3x2,2+2,5	4x2,5+2,5S					
6	3x6+6	4x6+6S					
10	3x10+10	4x10+10S					
16	3x16+16	4x16+16S	3x16Al+10Cu		4x16S		
25					4x25S		
35	3x35+35	3x35+16+16S	3x35Al+10Cu	3x35Al+16Al+10CuS	4x35S		
70	3x70+35	3x70+35+35S	3x70Al+21Cu	3x70Al+35Al+21CuS	4x70S		3x70Al+35Cu
120	3x120+70	3x120+70+70S	3x120Al+41Cu	3x120Al+70Al+41CuS	4x120S		3x120Al+35Cu
185	3x185+95	3x185+95+95S	3x185Al+57Cu	3x185Al+95Al+57CuS	4x185S	3x185Al+35Cu	3x185Al+35Cu
240	3x240+120	3x240+120+120S	3x240Al+72Cu	3x240Al+120Al+72CuS	4x240S		3x240Al+70Cu
300					4x300S	3x300Al+35Cu	

Sähkölaitteiden ja kaapeleiden suunnittelussa kannattaa huomioida energian kulutus ja sen kasvuennuste, jännitteenalenemat sekä oikosulkuvirrat ja niiden mahdolliset kasvut. Kaapeleiden kuormitettavuutta laskettaessa on huomioitava monia asioita. Kuormitettavuuteen vaikuttavia asioita ovat kaapelin rakenne, ympäristön lämpötila, muiden lähellä sijaitsevien kaapeleiden lämmittävä vaikutus, maan lämpöresistiivisyys (maakaapeleita käytettäessä), asennustapa ja asennussyvyys. Kaapelivalmistajilla on kuormitettavuus-taulukoita, joiden avulla voidaan selvittää, kuinka suurella virralla kaapelia pystytään kuormittamaan. (8, s. 316.)

Suurien virtojen, eli yli 1000 A:n siirto edellyttää virtapiireiltä johdotuksen osalta poikkeavia ratkaisuja. Ratkaisuna voidaan käyttää rinnan kytkettyjä kaapeleita, suurvirtakaapeleita, avoimia tai yhtenäiskoteloituja kiskoja tai vaihe-erotettuja kiskostoja. Ratkaisuun vaikuttavat eniten nimellis- ja oikosulkuvirtojen suuruudet. Kiskostoilla virtaa siirrettäessä yleisimmät käyttökohteet ovat generaattorit, suuret muuntajat ja suuret kojeistot, joissa vaaditaan ehdotonta käyttövarmuutta. (12, s. 24.)

Nimellisvirran ollessa 1000–1600 A ja oikosulkuvirran ollessa alle kaapelin kestokyvyn voidaan käyttää suurvirtakaapeleita. Suurvirtakaapelit ovat oiva ratkaisu silloin, kun on tarve tehdä pitkiä vetoja tai kulkureitti on haastava. Niillä pystytään siirtämään oikein tuntuina jopa useamman tuhannen ampeerin virtoja. Avoimet ja yhtenäiskoteloidut kiskostot ovat käytössä aina 8000 ampeeriin asti ja ne kestävät jopa 300 kA:n oikosulkuvirtoja. Kun kiskoston nimellisvirta on enemmän kuin 8000 A, käytetään vaihe-erotettuja kiskostoja, näiden nimellisvirran kestokyky on parhaimmillaan 30 kA. (12, s. 24.)

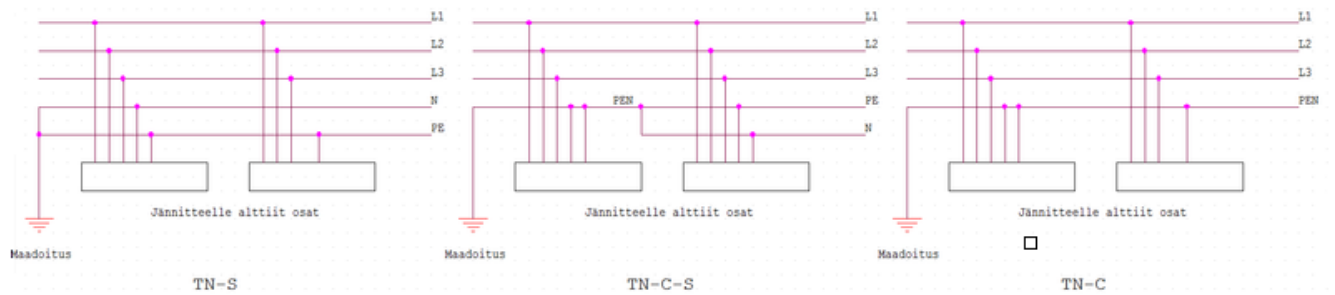
Kiskostojen mitoituksessa huomioon otavat asiat ovat: onko käytössä tasa- vai vaihtovirta, minkälainen tuuletus on kohteessa, vaiheiden osakiskojen sijainti toisiinsa nähden, kiskon pinnan säteilykerroin, kiskon metallilaji, sallittu kiskoston lämpenemä ja ympäristön lämpötila. Nämä seikat vaikuttavat korjauskertoimeen, jolla pystytään laskemaan kiskoston kuormitettavuus. (12, s. 24.)

Kiskoston oikosulkukestävyys ja varsinkin dynaamisen oikosulkukestävyys mitoitus on vaativa tehtävä. Termistä oikosulkukestävyyttä määritettäessä on tiedettävä johtimen alkulämpötila ja oikosulun kesto-aika. Paljaille alumiini- ja kuparijohtimille sallitaan loppulämpötilaksi 200 °C ja alumiiniseokselle 170 °C. Mitoitettaessa dynaamista oikosulkuvirtaa voimat lasketaan siten, että oletetaan virran kulkevan kahdessa vierekkäisessä vaihejohtimessa. Tällä tavalla saadaan laskettua hieman korkeampi arvo, joka on hyvä turvallisuussyistä. VDE-normissa 0103 ja IEC-standardissa 60865 on yksityiskohtaiset ohjeet kiskostojen mitoitusta varten. (12, s. 31.)

2.5 Jakelujärjestelmät

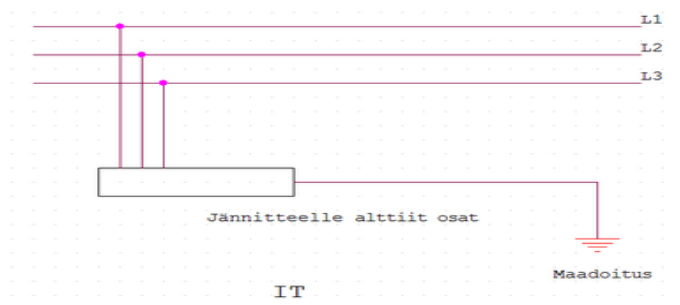
SFS 6000:n mukaan pienjännitejakelujärjestelmissä käytetään kolmea erilaista jakelujärjestelmää: TN-järjestelmää, TT-järjestelmää ja IT-järjestelmää. Yleisin Suomessa käytetty on TN-järjestelmä. Yleensä kaikki jakeluverkot, joilla toimitetaan sähköä kuluttajille, ovat TN-järjestelmiä. IT-järjestelmää käytetään kriittisissä erikoisjärjestelmissä kuten prosessiteollisuudessa ja sairaaloissa lääkintä-IT-järjestelmissä. Suomessa ei käytetä TT-järjestelmää, mutta Etelä-Euroopassa se on yleinen. TT-järjestelmässä yksi piste on maadoitettu ja kaikki jännitteelle alttiit osat on maadoitettu erikseen maadoituselektrodin avulla. (13, s. 3.)

TN-jakelujärjestelmässä maadoitus tehdään suoraan teholähteen tähtipisteessä. Jännitteelle alttiit osat maadoitetaan samaan pisteeseen suojajohtimilla. TN-järjestelmää on kolme erilaista, jotka erotetaan nolla- ja suojajohtimen järjestelyn perusteella (kuva 8). (13, s. 3.)



KUVA 8. TN-järjestelmät (14).

IT-järjestelmässä virtapiirin osia ei kytketä suoraan maahan, vaan järjestelmä on erotettu maasta (kuva 9). Laitteiden jännitteiset osat on kuitenkin maadoitettu. IT-järjestelmän suurin etu on se, että ensimmäinen vian aiheuttama virta on niin pieni, että se ei aiheuta katkosta. Virta on hyvin pieni, koska virtapiiri on erotettu maasta. Toisesta viasta virta pitää kytkeä pois, jonka jälkeen tilanne vastaa TN-järjestelmän vikaa. (13, s. 4.)



KUVA 9. IT-järjestelmä (14).

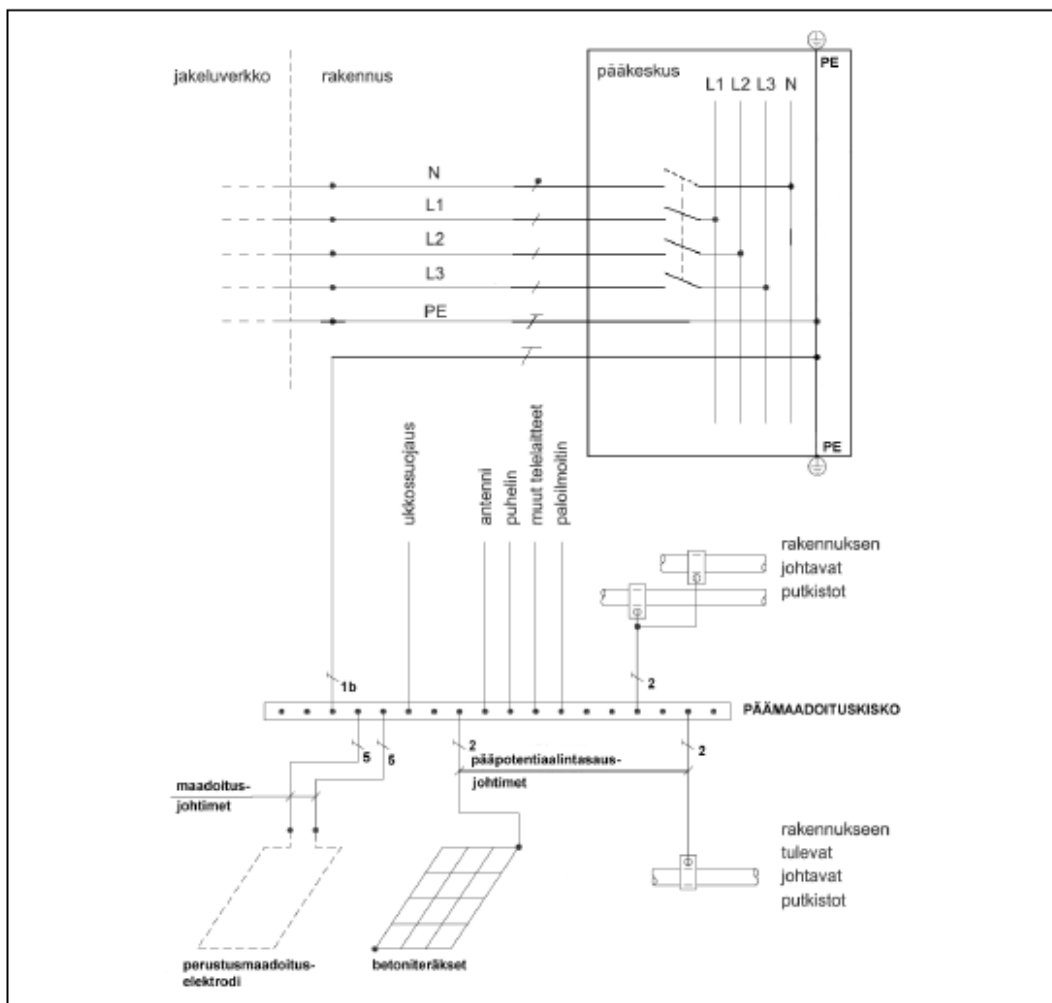
2.6 Suojaukset

Sähköverkkojen vioilta laitteita ja käyttäjiä suojaa mittamuuntajista, suojareleistä ja katkaisijoista muodostuva kokonaisuus. Yleisimmät viat sähköverkossa ovat oikosulku- ja maasulku. SFS 60050-448 rajaa tarkasti suojausjärjestelmän sisältämään suojauslaitteet, mittamuuntajat, johdotuksen, laukaisupiiriin, teholähteet, mahdollisen tiedonsiirtojärjestelmän sekä jälleenkytkentäautomatiikan, jättäen kuitenkin katkaisijat ulkopuolelle. Eri laitteiden yhteistoimintaa tarvitaan, jotta suojaus toimii ja vikaantuneet osat saadaan irrotettua verkosta. Saman standardin mukaan suojauksen tarkoitus on havaita verkossa tapahtuneet viat, jotta ne voidaan korjata. (8, s. 335–336.)

Vikojen poistaminen verkosta on erityisen tärkeää. Sähköverkon viat voivat aiheuttaa vahinkoa sekä ihmisille että laitteille. Verkonsuojauksessa muodostetaan vika-virtapiirejä, jolloin tiettyjä osia verkosta voidaan poistaa ilman, että muu verkko häiriintyy.

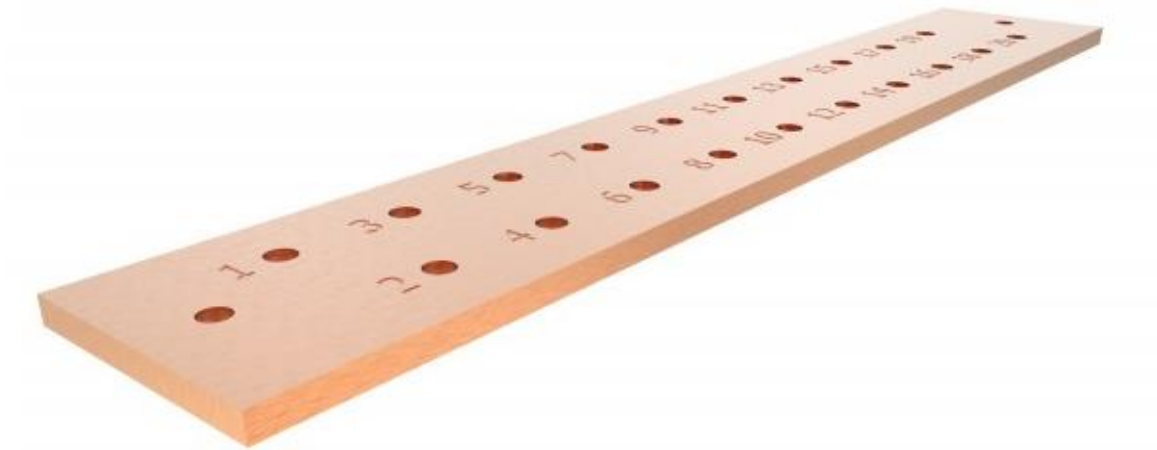
2.6.1 Maadoitukset ja potentiaalintasaus

Maadoituksella pyritään luomaan sähköasennuksista turvallisia ja luotettavia käyttöä. Periaatteena maadoituksessa on, että sillä saadaan luotua johtava yhteys maahan ja saadaan toteutettua suojaus sähköiskulta sekä häiriösuojaus. Syötön automaattinen poiskytkentä toteutetaan myös maadoitusjärjestelmän suojajohtimilla. Automaattisen poiskytkennän tehtävä on kytkeä virtapiiriin viallinen osa pois virtapiiristä ennen kuin vahinko ehtii tapahtua. (13, s. 2.) Kuva 10 on esimerkkikuva toteutetusta maadoituksesta ja potentiaalintasauksesta.



KUVA 10. Maadoitusjärjestelmän yleinen toteutus TN-S-järjestelmässä (13, s. 9).

Maadoituselektrodilla saadaan yhteys maahan, mutta sitä käytetään myös potentiaalintasaukseen. Suositusten mukaan maadoituselektrodi sijoitetaan perustuksiin tai perustusten alle renkaan muotoon. Pienissä rakennuksissa pärjää yleensä yhdellä, mutta suuremmissa se voidaan jakaa korkeintaan 10 x 20 m silmukoihin. Betoniteräkset suositellaan liitettäväksi perusmaadoituselektrodiin. (13, s. 4.) Kuvassa 11 on esimerkki siitä, millainen maadoituskisko voi olla.



KUVA 11. Maadoituskisko (15).

Päämaadoituskiskon ja maadoituselektrodin välistä johdinta kutsutaan maadoitusjohtimeksi. Yleensä maadoituselektrodina käytettyä johdinta vain jatketaan maadoitusjohtimena, mutta SFS 6000-5-54:n taulukosta löytyy tällekin johtimelle minimimitat (taulukko 7). TN-järjestelmässä maadoitusjohtimessa ei kulje virtaa yhden vian tapauksessa, joten se voidaan mitoittaa potentiaalintasausjohtimen kanssa saman kokoiseksi. (13, s. 5.)

TAULUKKO 7. Maadoituselektrodin minimimitat ja materiaalit (16, s. 8).

Materiaali	Poikkipinta-ala mm ²	Halkaisija \emptyset mm	Minimipaksuus mm ^a	Korroosiosuojauskerroksen paksuus μm
Kupari	16		1,6	–
Kuumasinkitty teräs	90	10	3	45
Ruostumaton teräs	90	10	3	–
Betoniin upotettu teräs	90	10	3	– ^b
Kuparivaipalla varustettu teräs		15		2000
Sähköisesti kuparilla päällystetty teräs		14 (vaaka- tasossa 10)		250 (vaakaelektrodilla 70)

^a Nauhan tai levyn paksuus tai köyden yksittäisen langan halkaisija \emptyset
^b Betoniin upotetulla perustusmaadoituselektrodilla ei tarvita korroosiosuojausta

Laitteiden suojajohtimet voidaan mitoittaa joko laskemalla oikosulkuvirran avulla tai äärijohtimen poikkipinnan mukaan. Apuna mitoituksessa käytetään SFS 6000-5-54:n taulukkoa (taulukko 8). Keskuksien maadoituksessa käytetään apuna laitestandardia SFS-EN 60539-1. Sen mukaan suojamaadoitus tehdään äärijohtimen poikkipinnan perusteella, oikosulkuvirran perusteella tai testaamalla. (13, s. 5.)

TAULUKKO 8. Suojajohtimen minimipoikkipinnat (16, s. 11).

Äärijohtimen poikkipinta S mm ² kuparia	Vastaavan suojajohtimen minimipoikkipinta mm ² kuparia	
	Suojajohdin on samaa materiaalia kuin äärijohtimen	Suojajohdin on eri materiaalia kuin äärijohtimen
$S \leq 16$	S	$\frac{k_1}{k_2} \times S$
$16 < S \leq 35$	16^a	$\frac{k_1}{k_2} \times 16$
$S > 35$	$\frac{S}{2}^a$	$\frac{k_1}{k_2} \times \frac{S}{2}$

jossa
 k_{10n} äärijohtimen materiaalista ja eristyksestä riippuva kertoimen k arvo, joka on esitetty taulukossa A.54.1 tai SFS 6000-4-43 taulukoissa
 k_{20n} kertoimen k arvo, joka on esitetty taulukoissa A.54.2 – A.54.6.
^a PEN-johtimen poikkipinnan pienentäminen on sallittu vain noudattamalla nollajohtimen mitoituksen sääntöjä (ks. SFS 6000-5-52).

Potentiaalintasauksen tarkoituksena on saada jännitteelle alttiit osat ja muut johtavat osat yhteen, samaan potentiaaliin. Muuksi johtavaksi osaksi kutsutaan sähköasennukseen

kuulumatonta osaa, jossa voi esiintyä tietty potentiaali, yleensä maan potentiaali. Osat liitetään suojajohtimilla maadoituskiskon kautta potentiaalintasausjärjestelmään. Muita johtavia osia voivat olla esimerkiksi putket, kanavat ja rakennuksen runkorakenteet, joissa voi esiintyä maan potentiaali. (13, s. 5.)

Potentiaalintasaus jaetaan kahteen luokkaan, toiminnalliseen ja suojaavaan potentiaalintasaukseen. Suojaava voidaan jakaa vielä pää- ja lisäpotentiaalintasaukseen. Lisäpotentiaalintasaukseen voidaan käyttää tärkeissä kohteissa, joissa halutaan edelleen parantaa turvallisuutta. Monesti potentiaalintasauksella halutaan poistaa häiriöitä, jolloin sitä kutsutaan toiminnalliseksi potentiaalintasaukseksi. (13, s. 5.)

Dokumentoitaessa maadoituksia noudatetaan yleisiä vaatimuksia. Kytkennoistä tehdään kaaviot, joissa esitetään päämaadoituskisko, lisämaadoituskiskot, maadoitus- ja potentiaalintasausjohtimet, tarpeelliset suojajohtimet ja poikkipinnat. Tunnukset merkataan kiskoihin ja johtimiin tai niiden välittömään läheisyyteen. Suojaustarkoitukseen käytettyjen johtimien väri on kelta-vihreä. (13, s. 6.)

2.6.2 Oikosulku- ja maasulkusuojaus

Oiko- ja maasulku ovat vikatilanteita, joita aiheuttavat esimerkiksi salamaniskut, pylvään katkeaminen, erottimen murtuminen tai johtimen katkeaminen. Oikosulussa vaihejohtimet joutuvat keskenään yhteyteen ja muodostavat johtavan yhteyden. Maasulku syntyy, kun virtapiirin johdin joutuu yhteyteen maan tai maahan yhteydessä olevan laitteiston osan kanssa. (8, s. 340.)

Oikosulku voi olla 2- tai 3-vaiheinen. Tyypillisesti 3-vaiheinen oikosulku syntyy ukkosen aiheuttamana. 2-vaiheinen oikosulku syntyy kahden vaiheen päästessä kosketuksiin toistensa kanssa. Oikosulkusuojauksen tavoitteena on suojata johtoja ja laitteita lämpenemisen aiheuttamalta vikaantumiselta. Oikosululta voidaan suojautua erilaisilla katkaisijoilla, joita ohjataan releillä. Releet tarkkailevat verkon tilaa ja seuraavat sen sähköisiä arvoja. Käytössä on esimerkiksi ylivirtareleitä, differentiaalireleitä ja distanssireleitä. Releiden tehtävänä on antaa ohjauksikäsky katkaisijoille kytkeä oikosulkuvirta pois ennen kuin johtimen eriste sulaa. (8, s. 340.)

Maasulku aiheuttaa huonojen maadoitusolosuhteiden ja resistiivisyyden takia vaarallisia kosketus- ja askeljäännitteitä. Maasulkusuojauksessa käytetään ylivirtareleitä, joilla mitataan nollavirtaa. Nollavirraksi nimitetään vaiheiden summavirtaa ja nollavirtaa mittaavia releitä kutsutaan nollavirtareleiksi. Suojaukseen voidaan käyttää myös distanssireleitä ja maasulkureleitä, jotka havaitsevat maasulkuvirran suunnan. (8, s. 340–341.)



KUVA 12. Ylivirtarele (17).

2.6.3 Vikasuojaus

Vikasuojauksessa suojaudutaan vaaralliselta jännitteeltä. Jännite voi esiintyä esimerkiksi sähkölaitteen rungossa eristysvian seurauksena. Vikasuojauksen tulee toimia nopeasti ennen kuin se ehtii aiheuttaa vaaraa käyttäjälle (taulukko 9). Vikasuojauksessa käytetään syötön automaattista poiskytkentää. Poiskytkentäaika 230 V:n jännitteellä ryhmäjohdolle on 0,4 s ja pääjohtoilla 5 s. Automaattinen poiskytkentä toteutetaan erilaisilla suojalaitteilla. Tällaisia laitteita ovat esimerkiksi sulakkeet, johdonsuojakatkaisijat ja vikavirtasuojat. (18.)

TAULUKKO 9. TN-järjestelmän pisimmät sallitut poiskytkentäajat. (18.)

Taulukko 41.1	TN-järjestelmässä suurin sallittu poiskytkentäaika	
Nimellisjännite maahan U_0/V	Ryhmäjohdon suojalaite < 32 A	Pääjohdot, Ryhmäjohdon suojalaite > 32 A
50 ... 120	0,8	5 s
120 ... 230	0,4	5 s
230 ... 400	0,2	5 s

Poiskytkentään vaadittava oikosulkuvirta saadaan laskettua seuraavalla kaavalla:

$$I_{kRK} = \frac{c \cdot U}{Z_{vRK} \sqrt{3}} \quad \text{KAAVA 1}$$

$U =$ verkon pääjännite

$I_{kRK} =$ oikosulkuvirta ryhmäkeskuksella

$Z_{vRK} =$ oikosulkuvirtapiirin impedanssi

$c =$ kerroin, joka ottaa huomioon jännitteen aleneman keskuksissa (18).

2.7 Muu laitteisto

Sähkötilaan voidaan sijoittaa monesti myös lisälaitteita. Tilaan saatetaan sijoittaa esimerkiksi varavoimalaitteisto, jos sähkönsyötön säilyminen on kriittistä. Taajuusmuuttajia sijoitetaan usein myös tilaan, sillä niillä saadaan säädettyä helposti erilaisia puhaltimia ja pumppuja. Laitteiden tilaa seurataan ja ohjataan nykyään usein etäältä, joten ATK-verkko alkaa olemaan yleinen. LVI-laitteisto sijoitetaan monesti samaan tilaan keskuksen kanssa, jotta kaapelinvetomatkat lyhenevät ja häiriöt pienenevät varsinkin taajuusmuuttajakäytöissä. Jokaiseen sähkötilaan on sijoitettava paloturvallisuuslaitteistoa, joka on määrätty Suomen rakentamismääräyskokoelmassa.

2.7.1 UPS

UPS-järjestelmää (Uninterruptible Power System) käytetään turvaamaan sähköverkkoa jännitekatkoksilta ja sähkönlaadun heikkenemiseltä. UPS-laitteistolla pyritään turvaa-

maan jatkuva sähkönsyöttö. UPS-varmistetut sähköverkot ovat erityisen herkkiä sähköverkon häiriöille ja ne tarvitsevat varmistetun sähkönsyötön. UPS-laitteiston toimintaperiaatteena on, että se suodattaa syötettävästä jännitteestä sähköverkon häiriöt ja tarjoaa tasaisen jännitteen. Energiaa laite pystyy tuottamaan muutamista sekunneista useisiin tunteihin, riippuen laitteistosta. Energianlähteenä on yleensä joko kemiallinen akusto tai liike-energiaa varastoiva vauhtipyörä. (19, s. 1.)

Valittaessa UPS-järjestelmää täytyy valita varmennustaso. Varmennustasoon vaikuttavat kuormien ja käyttäjien tarpeet. Keskeytyksestä aiheutuva haitta ja kustannukset ohjaavat myös valintaa. UPS-laitteiston odotetaan turvaavan sähkönsyöttö, kun kaikki muut järjestelmät ovat pettäneet. On olemassa 4-portainen Tier-luokitus, jota voidaan käyttää apuna laitteiston valinnassa. Tier-luokitus kuvaa laitteiston luotettavuutta ja vikasietoisuutta. Valittaessa järjestelmää voidaan vaikuttaa huomattavasti UPS-laitteiston luotettavuuteen ja käytettävyyteen. Taulukosta 4. voidaan nähdä erilaisia kokoonpanoja ja niiden luotettavuusprosentteja. 1+1 on luotettavin järjestelmä, sen luotettavuus on 100 %. 1+1 järjestelmässä on kaksi UPS-laitetta, joista toinen on varalla, joten jos toinen hajoaa, on toinen aina käytettävissä. (19, s. 3–4.)

TAULUKKO 10. UPS-laitoskokoonpanojen luotettavuusprosentteja (19, s. 4).

Järjestelmätyyppi	Luotettavuus
1+0	83
1+1	100
2+1	93
3+1	85
4+1	77
5+1	68
5+2	89

Mitoitettaessa UPS-laitetta tai -laitosta mitoittavana tekijänä on ensisijaisesti kuorman suuruus. Kuormitusta ei kannata mitoittaa siten, että sitä jouduttaisiin kuormittamaan 100 %:lla. Alle 20 %:n kuormitusaste ei ole myöskään hyötysuhteen kannalta järkevää, vaan kuormitusaste, johon pyritään, on 40–80 %. Erikoissovelluksissa tärkeimmäksi mitoitus-suureeksi otetaan usein UPS-laitteen kyky syöttää oikosulkuvirtaa akkukäytöllä. (19, s. 9.)

2.7.2 Taajuusmuuttajat

Taajuusmuuttajat (kuva 13) ovat mahdollistaneet sen, että pienillä häviöillä voidaan 50 Hz:n verkosta muodostaa oma moottorilähtö, jonka taajuus on jatkuvasti ohjattavissa. Taajuusmuuttajat perustuvat puolijohdepohjaisiin tehokytkeäkomponentteihin, joiden avulla voidaan taajuutta säätää. Lähtötaajuus voidaan valita hyvin vapaasti, mutta yleensä se vaihtelee moottoreille ”normaalilla” alueella, joka on 20–50 Hz. Talotekniikassa tämä mahdollistaa energiatehokkuuden huomattavan parantamisen. Yli 50 Hz:n taajuudet eivät kuitenkaan ole mahdottomia, sillä niitä voidaan käyttää suoraikäyttöisissä puhallinsovelluksissa. Näissä sovelluksissa on kuitenkin käytössä PM-moottoreita eli keskomagneettimoottoreita, jotka mahdollistavat yli 50 Hz:n taajuudet. (20, s. 2.)



KUVA 13. Taajuusmuuttajia IV-tilassa (21.)

Moottorikäyttöjen suunnittelussa ja niiden mahdollisessa taajuusmuuttajaohjauksessa energiatehokkuutta voidaan arvioida muutamalla kriteerillä. Toinen on prosessin toimintasteen vaihtelu. Esimerkiksi hyvin monessa julkisessa rakennuksessa ilmanvaihdon tarve vaihtelee suuresti vuorokauden aikana. Näissä kohteissa ilmanvaihdon säädöllä saadaan aikaan suuria säästöjä, sillä jo ilmavirran pudottaminen 20 %:lla laskee tarvittavan tehon puoleen. Toisena kriteerinä voidaan pitää prosessin toimintapisteen optimointia. Esimerkiksi pumppukäytöissä virtauksen säätö saatetaan toteuttaa kuristamalla linjasäätöventtiileillä, jolloin pumpun sähköteho ei juurikaan putoa. Taajuusmuuttajakäytöllä saataisiin säädettyä virtaamaa, jolla saataisiin pumpun sähkötehoa laskettua ja voitaisiin luopua kuristussäädöstä. (22, s. 3.)

Taajuusmuuttajia voidaan varustaa väyläliitännällä. Väyläliitännöillä voidaan lukea muuttajan parametritaulukoita ja myös muokata niitä. Ohjauksissa ja lukituksissa kannattaa kuitenkin toiminnot toteuttaa suoraan liityntäpisteiden kautta, mutta seuranta on hyvä toteuttaa väyläliitännällä. Esimerkiksi huollon ja kunnossapidon ajoitusta voidaan seurata konfiguroidun verkon ja palveluohjelman käyttöliittymän avulla. (22, s. 5.)

Taajuusmuuttajien mitoitus perustuu prosessin tehovaateisiin ja moottorikäyttöjen häviöihin. Näiden avulla saadaan laskettua tarvittava teho ja virta. Joskus tällaista tietoa ei ole saatavilla ja mitoitus tehdään moottorin kilpiarvojen avulla. Virransyöttökyky taajuusmuuttajalle valitaan vähintään moottorivirran suuruiseksi. Pienitehoiset moottorit, esimerkiksi nestejäähdyttimien ja lauhduttimien puhallinmoottorit, joutuvat käynnistämään ison hitausmassan. Tässä tilanteessa voidaan taajuusmuuttaja joutua ylimitoittamaan tai käyttämään ”rampia”. Rampin käyttäminen tarkoittaa taajuuden hyvin hidasta nostoa, jolloin vastusmomentti saadaan pidettyä pienenä. (22, s. 5.)

Taajuusmuuttaja ja moottori tulisi sijoittaa mahdollisimman lähelle toisiaan häiriöiden minimoimiseksi. Näiden kahden ollessa lähekkäin voidaan turvakytkin sijoittaa taajuusmuuttajan syöttökaapeliin eikä häiriösuojattua kaapelia tarvitse katkaista missään vaiheessa. Yleisimmin taajuusmuuttajat koteloidaan joko IP21- tai IP54 -luokan koteloon. Taajuusmuuttajat sijoitetaan yleensä IV-konehuoneeseen, missä moottorit sijaitsevat, joten niitä on suojattava ympäristön rasituksilta. (22, s. 6.)

Taajuusmuuttajat aiheuttavat yliaaltoja ja suuria jännitteen nousunopeuksia, joten niitä voidaan pitää voimakkaina häiriönlähteinä. Häiriöitä voidaan pienentää suodattamalla ja käyttämällä suojattuja kaapeleita ja komponentteja. Erittäin herkissä laiteloissa ei taajuusmuuttajia kannatakaan käyttää. Häiriöitä voidaan myös pienentää käyttämällä integroituja taajuusmuuttajia, joissa taajuusmuuttaja on rakennettu pumpun kytkentäkotelon yhteyteen. (22, s. 7.)

Sähkösuunnitelmissa esitetään ryhmäkeskuksen piirikaavio, kaapeloinnit ja toimintakuvaus.

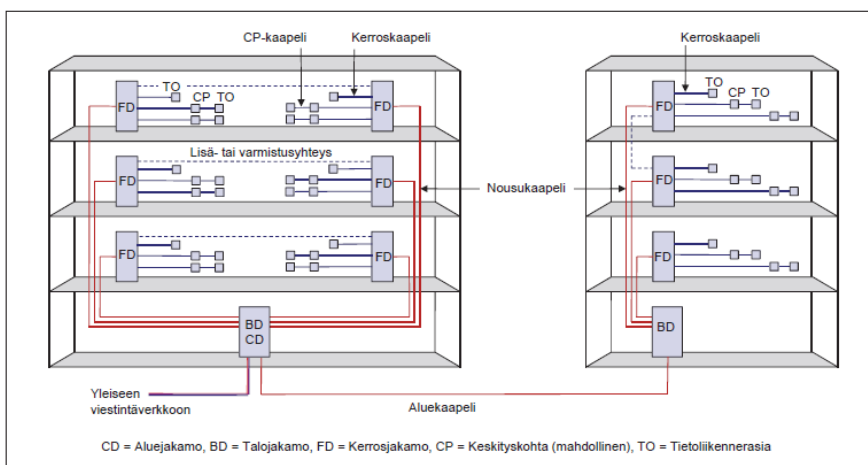
2.7.3 ATK-verkko

ATK-verkko eli tietoliikenneverkko toteutetaan yleiskaapeloinnilla. Tietoliikenteellä tarkoitetaan esimerkiksi datan siirtoa, puheen siirtoa tai turvallisuusjärjestelmien tiedonsiirtoa.

Yleiskaapelointi on järjestelmäriippumaton ja helposti muunneltavissa, joten se on erittäin hyvä ratkaisu kaapelointia suunniteltaessa. Yleiskaapelointijärjestelmässä käytetään nousukaapeleina yleensä valokaapeleita ja kerroskaapeleina parikaapeleita. Yleisin standardi, jota noudatetaan yleiskaapelointia suunniteltaessa, on SFS-EN 50173-1, joka on E-luokan mukainen järjestelmä. Tässä luokassa käytetään kategorian 6 kaapeleita ja kytkentäkomponentteja. Kyseisen standardin mukaan suunnitellulla yleiskaapelointijärjestelmällä ylletään jopa 1 Gbit/s-siirtonopeuteen parikaapeleilla. (23.)

Jakamosuunnittelulla pyritään seuraaviin asioihin: kaapeleiden pituuden minimointiin ja selventämiseen, kytkentäpaneelien helppokäyttöisyyteen ja helppoon huollettavuuteen, turvaamaan tietoliikennelaitteiden sähkönsyöttö ja potentiaalintasaus sekä saamaan jakamon laitteille sopivat olosuhteet. Jakamoiden tulee olla kosteudelta suojattuja, puhtaita ja lämmön tulee pysyä tasaisena. Valaistus pitää olla myös hyvä helppokäyttöisyyden ja huollettavuuden vuoksi. Lämpötila tulee olla +15–25 °C ja tarvittaessa tulee käyttää jäähdytystä. (24, s. 8.)

Aluejakamo ja talojakamo sijaitsevat monesti samassa tilassa (kuva 14). Jos rakennuksia on vain yksi, voi olla, että aluejakamo ei ole ollenkaan. Talojakamoon voidaan päättää nousukaapelit ja mahdolliset aluekaapelit. Talojakamoon sijoitetaan yleensä tietoliikennelaitteita, kuten Ethernet-kytkimiä. Talojakamoihin asennetaan monesti kaapit, joihin asennetaan kaikki lähiverkon laitteet ja muut tarvittavat sähköpistorasiapaneelit. (24, s. 9–10.)



KUVA 14. Toimitila- tai teollisuuskiinteistön rakenneperiaate (24, s. 4).

Suunniteltaessa kannattaa valita kategorian 6 komponentteja, jotta päästään riittävään suorituskykyyn. KytKentäpaneelit ja tietoliikennesasiat kannattaa valita samaa kategoriaa. Työpisteisiin suositellaan asennettavaksi kaksiosaiset tietoliikennesasiat ja tarvittaessa optinen kojerasia. Rasioiden sijoittelussa kannattaa ottaa huomioon myös mahdolliset tilojen uudelleen järjestelyt ja tilan erityisvaatimukset. Kaapelointi voidaan toteuttaa joko suojaamattomana tai suojattuna, mutta suojaamattomissa häiriöriskit kasvavat huomattavasti. Langattomat verkot on hyvä myös huomioida sijoitettaessa tietoliikennesasioita. Tarvittaessa on asennettava tukiasemia, jotta kuuluvuus pysyy hyvänä. (24, s. 12–14.)

2.7.4 Ilmanvaihto

Ilmanvaihdoilla pyritään poistamaan liika lämpö ilmastoitavasta tilasta ja tarvittaessa pitämään tila riittävän kuivana ja lämpimänä. Ilmanvaihdoilla voidaan myös pitää ilmanlaatu riittävän hyvänä ja estetään tilan likaantuminen. Sähkösuunnittelijan on hyvä tehdä alustavat laskelmat ja antaa tiedot LVI- ja rakennussuunnittelijoille mahdollisimman aikaisessa vaiheessa. (25, s. 2.)

TAULUKKO 11. Eri tilojen sallitut lämpötilat (25, s. 3).

Tila	Maksimi-lämpötila	Minimi-lämpötila	Käyttö-lämpötila	Huomautuksia	Ylipaine	Suodatustarve
Muuntajatilat luokka 01	Huom. 1a	Huom. 2	20 °C	100 % jatkuva kuormitus	Huom. 3	
Muuntajatilat luokka 10K1	Huom. 1a	Huom. 2	20 °C	88 % jatkuva kuormitus	Huom. 3	
Muuntajatilat luokka 20K1	Huom. 1a	Huom. 2	20 °C	77 % jatkuva kuormitus	Huom. 3	
Muuntajatilat luokka 30K1	Huom. 1a	Huom. 2	20 °C	63 % jatkuva kuormitus	Huom. 3	
Päikeskustila	40 °C	5 °C	15...28 °C	Suosittelava kosteus 20 % – 85 %	Huom. 3	Huom. 4 tai 5
Kaapelitilat tai vastaavat	40 °C	5 °C	10...30 °C	Kaapelien kuormitus!		Huom. 6
Moottorigeneraattoritila	35 °C	5 °C	10...30 °C			Huom. 6
Akustotilat	25 °C	15 °C	20 °C	SFS-EN 50272-2 Tarkista tilan räjähdysvaarallisuus		Huom. 6
UPS-tilat	30 °C	15 °C	20 °C		Huom. 3	Huom. 4 tai 5
Automaatiotilat yleensä	30 °C	15 °C	25 °C	Suosittelava kosteus 20 % – 75 %	Huom. 3	Huom. 4 tai 5
Tietokonetilat yleensä	27 °C	20 °C	22 °C	toleranssi yksi aste Suositeltava kosteus 45 % – 55 % huom 7	Huom. 3	Huom. 4 tai 5
Inverteri- ja tasavirtakäytöt	25 °C	15 °C	18...22 °C		Huom. 3	Huom. 4 tai 5
Erillinen kompensointitila	40 °C	5 °C	15...25 °C			Huom. 4 tai 5

- Lämpötilat positiivisia lukuja.
- Huom. 1. IEC 61 330 mukainen koteloitiluokka.
- Huom. 1a. Maksimiarvon määrää muuntajan lämpeneminen.
- Huom. 2. Mitä alhaisempi sen parempi. Ympäriällä olevat tilat otettava huomioon.
- Huom. 3. Tarvittaessa pieni ylipaineistus ympäristöön nähden. Suosituksena on 20 Pa ylipaine.
- Huom. 4. Mekaaninen suodatus.
- Huom. 5. Tarvittaessa kemiallinen suodatus.
- Huom. 6. Harkinnan mukaan.
- Huom. 7. Energian säästön takia voidaan käyttää korkeampia lämpötiloja. Tiloihin sijoitettavien laitteiden maksimi käyttölämpötila tulee tällöin sallia korotetun lämpötilan.

Ilmanvaihdon ja jäähdytystarpeen määrittelyssä pitää huomioida laitteiden lämmönluovutus, lämmönsiirtyminen ulos tai sisään, mahdolliset henkilöt sisällä ja toivottu lämpötila (taulukko 11).

Muuntajatiloiissa, joissa on vain pienempi muuntaja, 500–800 kVA, voi riittää pelkästään luonnollinen ilmanvaihto. Kuormitushuipun osuessa kesäaikaan, tai kun muuntajaa kuormitetaan tasaisesti jatkuvasti ympäri vuorokauden, pitää käyttää poistopuhallinta. Koneellinen ilmanvaihto on yleensä käytössä rakennukseen sijoitetuissa muuntajatiloiissa tai kiviaineisissa puistomuuntamoissa. Ilmanvaihto on viisaampaa toteuttaa sisään puhalluksella, sillä saadaan estettyä likaantumista. Tuloilma pyritään ottamaan mahdollisimman puhtaasta paikasta ja ohjataan muuntajan alaosaan. Tarvittava jäähdytysilman määrä voidaan laskea kaavalla 2. (25, s. 4.)

$$V = \frac{0,78 \times P_h}{\Delta t} \text{ [m}^3\text{/s]}$$

KAAVA 2

P_h = kokonaishäviöt mitoitusteholla, kW

Δt = tulo- ja poistoilman lämpötilaero, °C

Pääkeskustiloissa ja muissa kytkinlaitostiloissa lämmöntuotto ei ole kovinkaan suurta. Lämpöä tiloissa tuottavat sulakkeet, johdonsuojakatkaisijat, kojeet ja kiskostot. Lämmöntuottoa saadaan pienennettyä tarvittaessa näissä tiloissa vaihtamalla esimerkiksi sulakkeet johdonsuojakatkaisijoiksi. Tällä tavalla saadaan lämmöntuottoa pienennettyä huomattavasti, esimerkiksi kun vaihdetaan 63 A:n sulake 63 A, B- tai C-tyypin johdonsuojakatkaisijaan, häviöt pienenevät nimelliskuormalla 35 %. Häviöt vaihtelevat kuitenkin suuresti kuormituksen mukaan, sillä sulakkeiden ja johdonsuojakatkaisijoiden lämpeneminen on verrannollinen kuormitusvirran neliöön. (25, s. 7.)

2.7.5 Paloturvallisuus

Kaikkien rakennusten kuten myös sähkö- ja muuntajatilojen paloturvallisuuden suunnittelu pohjautuu enimmäkseen ympäristöministeriön rakentamismääräys E1:een (26).

Paloilmoitin on yksi oleellisimmista laitteista paloturvallisuuden kannalta, etenkin silloin kun se ohjaa muita turvajärjestelmiä palon aikana. Sen toiminta voi perustua savun, lämmön, liekkien tai palokaasujen havaitsemiseen. SFS 6000-5-56-standardista löytyvät laitteen vaatimukset. (27, s. 68.)

Rakentamisluvan ehtona voi olla, joskus myös sammutuslaitos. Tilat joudutaan joskus varustamaan automaattisella sammutuslaitoksella. Perinteinen automaattinen sammutuslaitos on sprinklerit. Sprinklerijärjestelmä on kuitenkin huono sähkötilaan, koska siellä on runsaasti sähkölaitteita. Sähkötiloihin sopiikin paremmin kaasusammutusjärjestelmät, jotka on hyvä huomioida ilmastointia suunniteltaessa. (27, s. 68.)

Ilmanvaihdon pysäytys ja savunpoisto ovat myös huomioitavia asioita paloturvallisuutta suunniteltaessa. Tiloihin voidaan myös asentaa äänentoistolaitteisto, joilla pystytään ilmoittamaan vaaratilanteesta ja antamaan toimintaohjeita. Kaikkien paloturvallisuuslaitteiden toiminta pitää turvata myös tulipalon aikana, joten niiden syöttöjohtojen täytyy olla palonkestäviä. Turvalaitteet eivät yleensä ole myöskään vikavirtasuojattuja, jotta niiden toiminta on varmempaa hätätilanteessa. (27, s. 73.)

2.7.6 Valaistus

Valaisimen valintaan tyypillisinä kriteereinä käytetään kotelointiluokkaa, asennustapaa, valonlähdettä (taulukko 11), fyysistä kokoa ja ulkonäköä. Erityistapauksissa voidaan kohteeseen suunnitella ja asentaa aivan projektikohtaiset erikoisvalaisimet, joita ei ole muualla käytössä. Valituista valaisimista luodaan valaisinluettelo, jossa kerrotaan kaikki tarpeellinen tieto valaisimista. ST-kortti 57.45, Valaisimen valinnan perusteet, auttaa valaisimen valinnassa. (28, s. 7.)

TAULUKKO 11. Valonlähteiden ominaisuuksia (28, s. 7).

Valonlähteen nimitys	Elinikä (h)	lm/W	Syttyminen	Kylmät tilat	Kuumat tilat	Himentäminen
Hehkulamppu 60 W	1 000	12	heti	OK	OK	helppoa
Perus-T5-loistelamppu 35 W	19–24 000	104	nopea	ei	ei	mahdollista
PL-lamppu 18 W, GX24q-2-kanta	13 000	66	nopea	ei	ei	ei
Halogeenilamppu 40 W, G9-kanta	2 000	12	heti	OK	OK	helppoa
Monimetallilamppu 35 W, G12	12 000	94	hidas	OK	OK	useimmiten ei
Led	20–70 000	50–110	heti	OK	ei	mahdollista

Valonlähteen valinta on tärkeää valaistuksen kannalta. Se vaikuttaa moneen asiaan kuten huoltoväliin, syttymisnopeuteen, lämpenemiseen, kustannuksiin ja häviöihin (28, s. 7).

Valaistuksen ohjaus voidaan toteuttaa joko automaattisesti tai manuaalisesti. Ohjaustapa valitaan tilan ja käyttötavan mukaan. Liiketunnistimilla varustetut valaisimet sopivat tilaan, jossa oleskellaan vähän aikaa, esimerkiksi kulkutiloihin. Manuaaliohjaus sopii esimerkiksi juuri sähkötilaan, jossa valot saadaan helposti kytkettyä päälle ja pois. Kuvassa 15 on matalaan sähkötilaan sopiva teollisuusvalaisin.



KUVA 15. I-Valo Marco LED teollisuusvalaisin (29).

Valaisinjärjestelmän energiatehokkuus on tärkeä asia, varsinkin nykyaikana, kun ympäristöasiat ovat koko ajan esillä. Valaistuksen energiatehokkuutta onkin suunniteltu kuvaamaan LENI-indeksi (kaava 3.). Energiatehokkuuteen vaikuttaa mitä valonlähdettä käytetään ja kuinka energiatehokas se on, kuinka hyvä hyötysuhde liitännälaitteella on, minkälaista ohjaustapaa käytetään, kuinka paljon päivänvaloa hyödynnetään, ympäristöolosuhteet ja valaisimen hyötysuhde. LENI-indeksiä laskettaessa pyritään kaikki nämä huomioidaan. (28, s. 9.)

$$\text{LENI} = W_{\text{kok}}/A$$

KAAVA 3

LENI = rakennuksen sisävalaistuksen kokonaisenergian kulutusta kuvaava indeksi (kWh/m²/vuosi)

W_{kok} = valaistuksen vuotuinen kokonaisenergiankulutus, johon huomioidaan valaistukseen käytetyn energian lisäksi valaistuksen ohjaus- ja liitännälaitteiden lepokulutus sekä turvavalaisuksen akkujen lataamiseen kuluva energia (kW/vuosi)

A = laskentaan huomioitujen valaistujien sisätilojen kokonaispinta-ala (m²).

Valaistussuunnittelun tavoitteena on, että tila valaistaan standardien, käyttäjien ja omistajien tavoitteiden mukaan. Valaistuksen suunnitteluun on käytävissä erilaisia ohjelmia. Dialux on esimerkiksi yleisesti käytetty suunnitteluohjelma. Toteutus tehdään yhdessä arkkitehdin ja muiden suunnittelijoiden kanssa sovituin reunaehdoin. (28, s. 10.)

Turva- ja poistumisvalaistus on olennainen osa rakennusten turvallisuuslaitteistoa. Pelastuslaki (468/2003) 32 § 3 määrää, että rakennusten uloskäytävät ja kulkureitit tulee merkitä ja valaista asianmukaisesti. Poistumisvalaisimet (kuva 15) on hyvä kytkeä keskitettyyn valvontaan, jotta niiden vikaantumisen paikallistaminen on nopeaa. Keskitetysti syötettävien valaisimien syöttö on säilytettävä tulipalon aikana riittävän pitkään, joten syöttö on suojattava palolta. Valaistusjärjestelmä voidaan toteuttaa myös yksikkövalaisinjärjestelmänä, joten vikatilanteessa vain yksi valaisin vikaantuu. Poistumisvalaistuksen toteutukseen löytyy yksityiskohtaiset ohjeet SFS 600-5-56:sta. (27, s. 72.)



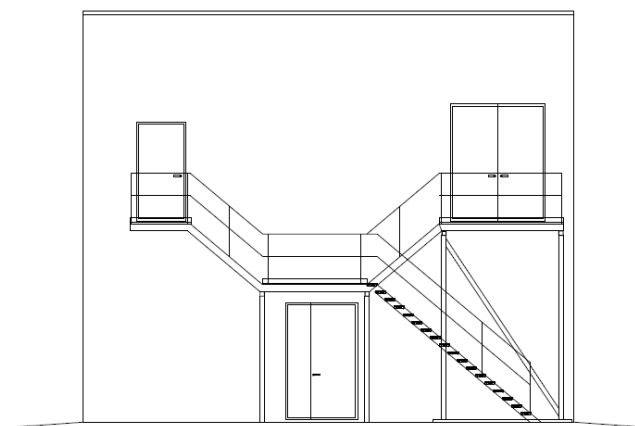
KUVA 15. Poistumisvalaisin

3 SINTRAAMON PÖLYNPOISTON SÄHKÖTILAN RATKAISUT

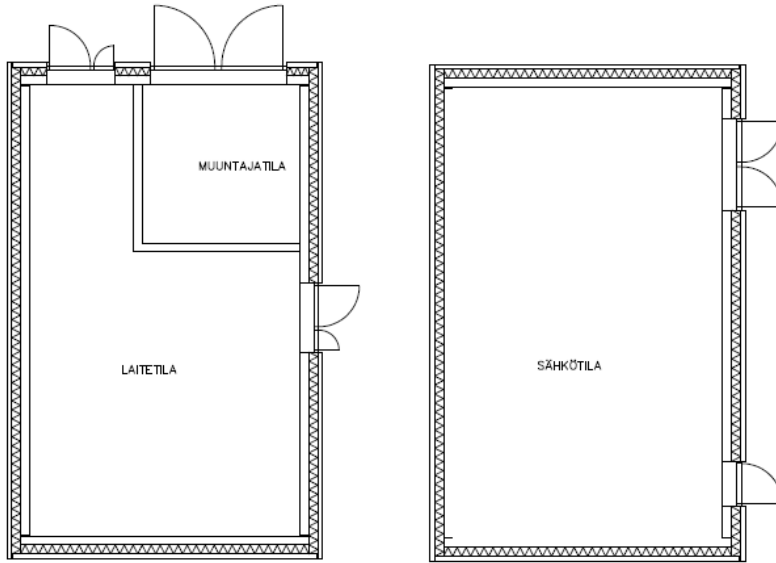
Outokummulle tehtävää sähkösuunnittelua ohjaa voimakkaasti tehdasstandardit. Standardeista löytyy laajat ohjeet suunnitteluun, esimerkiksi käytettävät kaapelit ja niiden mitoitus, maadoitusohjeet, jakelukeskusten rakennevaatimukset ja mitoitusperusteet jne. Suunnittelua varten käytettävissä on olemassa paljon valmiita dokumentteja, joista on hyvä katsoa malliesimerkkejä toteutuksista samantyyliisiin tiloihin.

3.1 Lähtötiedot

Suunniteltu sähkötila rakennetaan Tornion Outokummun ferrokromitehtaalle. Rakennuksesta on suunniteltu 2-kerroksinen, jossa toiseen kerrokseen kulku tapahtuu ulkokautta (kuva 16). Alakertaan sijoitetaan laitetila, jonne sijoitetaan rakennuksen LVI-laitteet. Muuntajatilaa sijoitetaan myös alakertaan, mutta erotetaan laitetilasta väliseinillä. Yläkeran keskustilaan tulevat keskuskeskukset sekä muut tarpeelliset sähkönjakelussa käytettävät laitteet. Arkkitehdiltä saatiin pohjapiirustukset suunnittelua varten (kuva 17). Outokummulta saatiin ohjekuva mahdollisesta laitteiden sijoittelusta, määrästä ja koosta. LVI-suunnittelijalta puolestaan saatiin luettelo ja piirustukset tilaan tarvittavista LVI-laitteista.



KUVA 16. Sähkötilan julkisivu



KUVA 17. Sähkötilan pohjapiirustus, vasemmalla alakerta, oikealla yläkerta

3.2 Muuntaja

Muuntajan valinta ei kuulunut työhön, sillä sen on valinnut ja suunnitellut toinen yritys. Muuntajaksi oli valikoitunut ABB:n 3150 kVA:n kolmivaihe kuivamuuntaja. Kuvassa 18 näkyy muuntajan tarkemmat tiedot.

ABB		KOLMIVAIHE KUIVAMUUNTAJA - 50Hz - LUONNOLLINEN JÄÄHDYTYK	
VALMISTUSNUMERO: 1LES100834		STANDARDI IEC 60076-11	
TYYPPI	DTE 3150/24	YLÄJÄNNITE	
VALMISTUSVUOSI	2007	Link.	JÄNNITE (V)
TEHO (kVA)	3150	3-4	21000
IMPEDANS. 75°C (%)		4-5	20500
MELU dB(A)	< 83	5-6	20000 90.93
LÄMPENEMÄ YJ/AJ (K)	100 / 100	6-7	19500
ERISTYSTAPA YJ/AJ	F / F	7-8	19000
MATERIAALI YJ/AJ	AL / AL	ALAJÄNNITE	
KYTKENTÄTUNNUS YJ/AJ	Dyn11	JÄNNITE (V)	VIRTA (A)
PAINO (Kg)	7560	400	4546.63
PALOLUOKKA	F1		
ILMASTOLUOKKA	C1		
YMPÄRISTÖLUOKKA	E2		
SUOJAUSLUOKKA	IP00		
MAX. OIKOSULKUAIKA (s)	2	MAX. JÄNNITE / ERISTYSTASO	
		YJ (24kV) LI125 PF50/AJ (1.1kV) LI- PF3	

KUVA 18. Muuntajan kilpiarvot

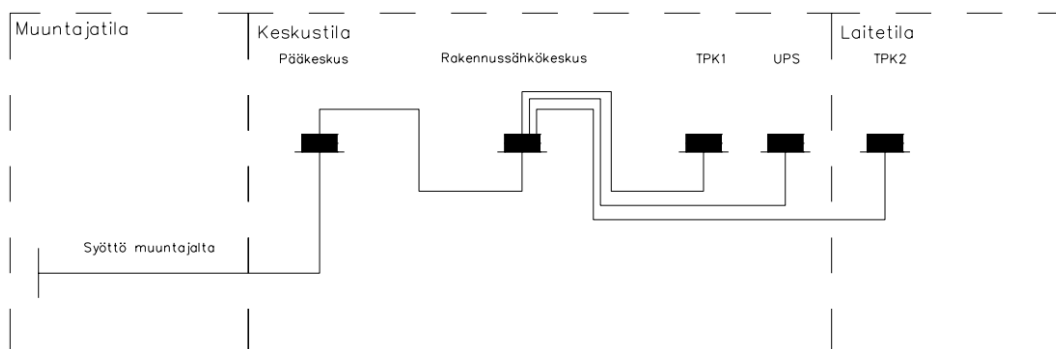
3.3 Keskuksset

Keskustilaan sijoitetaan pääkeskus, jonne tulevat kaikki isoimmat lähdöt puhaltimien moottoreita varten. Pääkeskukselta syötetään myös rakennussähkökeskusta. Pääkeskuksen nimellisvirraksi on mitoitettu 5000 A ja oikosulkukestoisuudeksi määritettiin 50 kA termistä oikosulkuvirtaa ja 120 kA dynaamista oikosulkuvirtaa. Pääkeskuksen syöttö tulee muuntajalta kiskosillalla. Keskuksen kotelointiluokaksi valittiin IP 34. Lisäksi pääkeskus varustetaan verkkoanalysaattori DIRIS A40:llä, jolla saadaan mitattua virtaa, jännitettä, energian kulutusta ja laatua (kuva 19).



KUVA 19. Verkkoanalysaattori DIRIS A40 (30.)

Rakennussähkökeskus hoitaa syötön rakennuksen valaistusryhmille, ilmanvaihtolaitteille sekä pistorasioille. Rakennussähkökeskukseen asennetaan 5 kVA:n ohjausjännitemuuntaja, joka antaa 230 V:n ohjausjännitteen. Rakennussähkökeskukselta lähtee syöttö myös työpaikkakeskuksille ja UPS-keskukselle (kuva 20). Nimellisvirta rakennussähkökeskukselle on 630 A ja nimellisjännite 400 V. Rakennussähkökeskuksen oikosulkukestoisuuksiksi määritettiin 50 kA terminen oikosulkukestoisuus ja 105 kA:n dynaaminen oikosulkukestoisuus. Keskuksen kotelointiluokka on IP 34. Kuvassa 21 näkyy rakennussähkökeskuksen syöttö ja keskuslähtöjä.



KUVA 20. Rakennuksen nousukaavio

RIVI- LIITIN	KAAVIO dokum.n:o	NIMITYS	TEHO [kW]	SULAKE/ VAROKE[A]	JOHTO [mm ²]
		MAADOITUSJÖHDIN			MK70 KEVI
		NOUSUJOHTO			2xMCMK
		PÄÄKYTKIN 630A, VIRTAMITTAUS			4x185+95
		JÄNNITEMITTAUS		6/125	
		OHJAUSJÄNNITEMUUNTAJA 5KVA		25/125	
		OHJAUSJÄNNITE 230V		25/125	
		TYÖPAIKKAKESKUS K9712		125/125	AMCMK 4x70+21
		UPS NORMAALI SYÖTTÖ		50/125	MCMK 4x10+10
		UPS OHITUS SYÖTTÖ		40/125	MCMK 4x10+10

KUVA 21. Osa rakennussähkökeskuksen pääkaaviosta

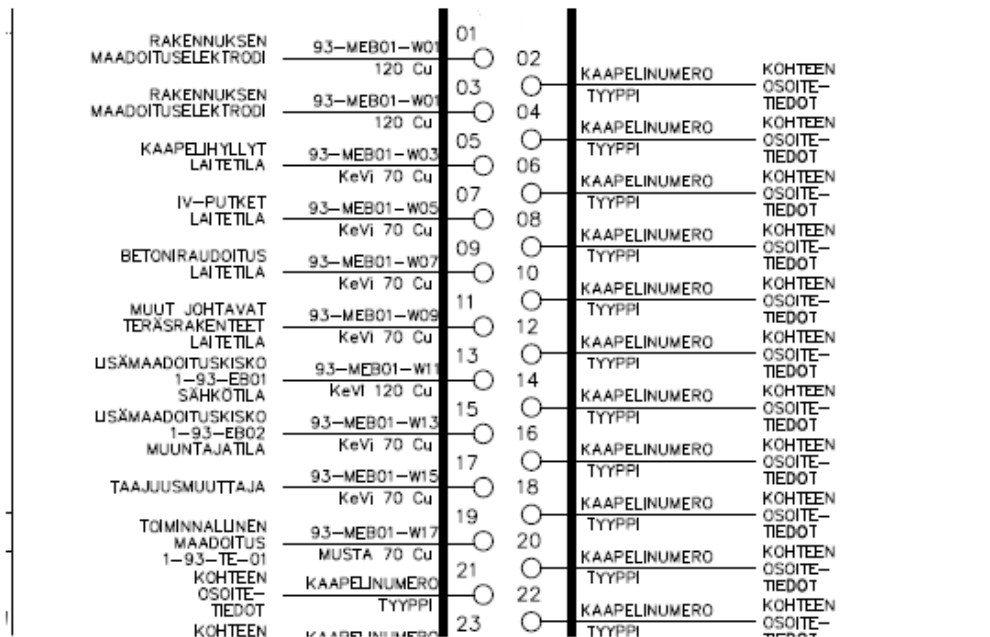
Työpaikkakeskuksia suunniteltiin 2 kpl, ensimmäiseen kerrokseen ryhmäkeskus ja toiseen kerrokseen tulee varaus ryhmäkeskukselle. Keskuksien pääsulakkeiden kooksi tulee 125 A. Tarkemmat tiedot keskuksien varustetasosta eivät vielä työn aikana selvinneet.

Keskuksista tehdyt dokumentit kuten kansilehdet, pääkaaviot ja piirikaaviot ovat liitteinä.

3.4 Maadoitus

Maadoitus toteutettiin SFS 6000-5-54:n ja kortin ST 53.21 mukaan. Outokummun omat standardit vaikuttivat myös johtimien valintaan. Kaikissa keskuksissa, johdoissa ja sähkölaitteissa käytettiin TN-S-järjestelmää.

Rakennukseen tulee yksi päämaadoituskisko, kaksi lisämaadoituskiskoa sekä toiminnallinen maadoituskisko. Toiminnalliseen maadoituskiskoon liitetään automaatiojärjestelmän kaappi. Päämaadoituskisko sijoitetaan muuntajatilaa ja lisämaadoituskiskot laitettiin keskustilaan. ATK-verkon jakokaappiin sijoitettiin myös potentiaalintasauskisko. Kaikki lisäkiskot yhdistetään päämaadoituskiskoon (kuva 22).



KUVA 22. Osa pääkiskon maadoituskaaviosta

Rakennuksen maadoituselektrodiksi valittiin 120 mm²:n kupariköysi. Maadoituselektrodi liitettiin rakennuksen päämaadoituskiskoon. Maadoituselektrodi suunniteltiin asennettavaksi perustusten alle.

Päämaadoituskiskoon liitetään maadoituselektrodin lisäksi muuntajan runko, 400 V:n kiskosillan runko, lattian betonirauditus, potentiaalintasauskiskot sekä molemmat lisämaadoituskiskot. Kaikki maadoituskiskot liitetään myös rakennuksen betoniraudoitukseen.

Maadoituksista tehtiin maadoituskaaviot ja perusmaadoituskuvat, jotka ovat liitteinä.

3.5 UPS

Keskustilaan asennetaan UPS-keskus, jota syöttää rakennussähkökeskus. Nimellisvirraksi keskukselle mitoitettiin 125 A ja nimellisjännitteeksi 400 V. Keskuksen oikosulkukestoisuudeksi mitoitettiin 5 kA termistä ja 7,5 kA dynaamista oikosulkuvirtaa ja pääsulakkeen kooksi valittiin 50 A. Keskuksen kotelointiluokaksi valittiin IP 44. UPS-keskuksella pyritään turvaamaan seuraavien kohteiden sähkönsyöttö: turvavalokeskus, paloilmoinnikeskus, VAK eli valvonta-alakeskus, ATK-jakamo, pääkeskuksen ohjausjännite ja automaatiojärjestelmä (Kuva 23). UPS-keskuksen pääkaavio ja kansilehti ovat liitteinä.



F1	05	Turvavalokeskus	B10A	MMJ 3x2,5S
F1	06	Paloilmoinnikeskus	B10A	MMJ 3x2,5S
F1	07	VAK	B10A	MMJ 3x2,5S
F1	08	ATK-Jakamo	B10A	MMJ 3x2,5S
F1	09	Keskus K97 ohj. jännite	B10A	MMJ 3x2,5S
F1	10	Automaatiojärjestelmä	B10A	MMJ 3x2,5S
F1	11	VARALLA	B10A	
F1	12	VARALLA	B10A	
F1	13	VARALLA	B10A	
F1	14	VARALLA	B10A	
F1	15	VARALLA	C6A	

KUVA 23. Osa UPS-keskuksen pääkaaviosta

3.6 Taajuusmuuttajat

Kaikkien taajuusmuuttajien koon tarvetta ja mallia ei vielä tullut työn aikana selville. Tiedossa oli vain, että niitä on tulossa n. 10 kappaletta ja ainakin neljä on isoja n. 355 kW:n tehoisia. Niille tehtiin tilavaraus ja varattiin lähdöt pääkeskukseen.

Rakennuksen oman tuloilmapuhaltimen taajuusmuuttaja voitiin valita, koska puhaltimen koko oli tiedossa. Taajuusmuuttajaksi valikoitui ABB ACS580 (Kuva 24), jonka tehoalue on 0,75–250 kW.



KUVA 24. ABB ACS580 Taajuusmuuttaja (31).

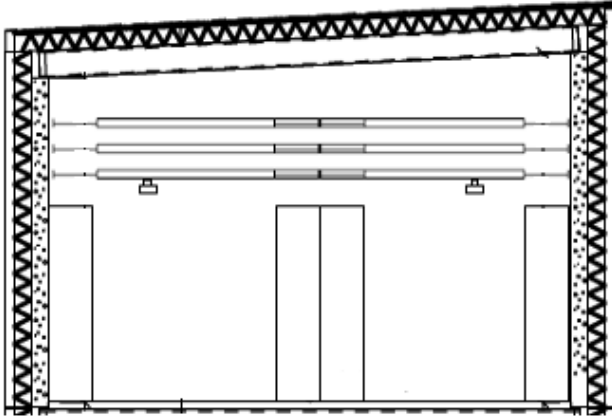
Jos isompien taajuusmuuttajien kooksi tulee 355 kW, on ABB:llä tarjota ACS550-vakio-taajuusmuuttaja, jossa säätövara on 0,75–355 kW, joka siten käy tähän tilanteeseen. Kyseisessä taajuusmuuttajassa on vektori- ja skalaariohjaus, sisäinen EMC-suodatin, Modbus-kenttäväyläliittymä ja suotokuristin, jolla saadaan vähennettyä yliaaltoja. (31).

3.7 Kaapelointi

Kaapeleiden valinnassa noudatettiin Outokummun tehdasstandardia. Kaapeleiden mitoitukseen käytettiin apuna samantyylistä vanhemmista keskuksista syntyneitä dokumentteja. Näiden dokumenttien avulla saatiin hieman arvioita mahdollisista nimellis- ja oikosulkuvirroista.

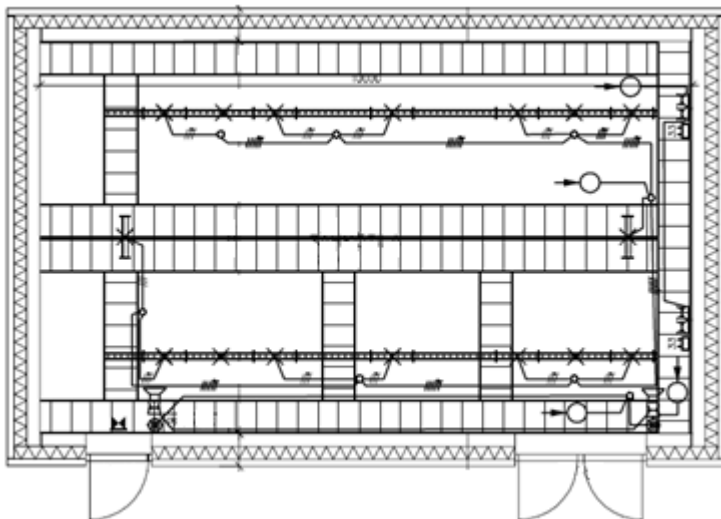
Keskuksien syötöt toteutetaan MCMK-tyypin kaapeleilla. Asennuskaapeleina, esimerkiksi valaistuksen ja ilmastointilaitteiden johdotuksessa, käytetään MMJ-tyyppisiä kaapeleita. Taajuusmuuttajille menevissä syötöissä käytetään häiriösuojattuja MCCMK-tyypin kaapeleita. Ohjaus- ja viestikaapeleina käytetään JOMAK- ja NOMAK -tyypin kaapeleita. Palohälytyskaapelit toteutetaan KLMA-tyypin kaapeleilla. Maadoitusjohtimina käytetään MK 70 mm²:n kelta-vihreää kaapelia tai kelta-vihreää 70 mm²:n kuparia. Kaapelireitit toteutetaan kulkemaan hyllyjä pitkin. Keskustilaan sijoitetaan joka puolelle kolme hyllyä päällekkäin liiallisen lämpenemisen estämiseksi (Kuva 25.). Laitetilan lattiaan asennetaan

lähtöjä varten kahdet asennusputket, joiden halkaisija on 50 mm² ja muuntajatilaa tulee myös kahdet asennusputket, mutta liittymisjohdolle tulee 200 mm²:n putkea. Läpivienti yläkertaan tulee kahdesta kohtaa lattian läpi. Putkiläpivientejä varten täytyy olla sähköreikäkuvat, jotka toimitetaan rakennusurakoitsijalle. Sähköreikäkuva on liitteenä.



KUVA 25. Leikkauskuva keskustilasta

Kuvassa 26 on tasopiirustus, jossa on suunniteltuja johdotuksia ja sähköpisteitä. Hyllyjen paikat saattavat vielä hieman muuttua asennusvaiheessa, kun ne sovitetaan LVI-putkien kanssa yhteen.



KUVA 26. Keskustilan tasopiirustus

3.8 Kiskosto

Lopullista ratkaisua kiskosiltaan ei vielä työn aikana tehty, koska tarkkaa puhaltimien määrää ja kokoa ei ollut vielä päätetty. Arvioitu mitoitusvirta oli 5000 A. Norelcolla on tarjota tällaiselle mitoitusvirralle kiskosilta. Tehdasvalmisteinen NorBus 5000 kiskosiltajärjestelmä (kuva 27) on suunniteltu juuri jakelumuuntajan ja kojeiston väliseen kytkentään. Kyseisellä kiskosillalla on koteloitu rakenne. Kotelo on tehty kuumasinkitystä teräslevystä tai alumiinilevystä. Kiskot on mahdollista tehdä joko alumiinista tai kuparista. NorBus 5000:sta löytyy joustavat liitokset muuntajan päähän ja vakioitu liitännä Norelcon NorPower 5000 kennokojeistojärjestelmään (32.)



KUVA 27. Norelco, NorBus 5000, kiskosilta (32.)

3.9 Suojaukset

Sähkönsyötön suojauksessa käytettiin selektiivisyysperiaatetta. Pääkeskuksen pääkytkimen kooksi tuli tässä vaiheessa 5000 A. Pääkeskukseen asennettiin VAMP-valokaarisuojausjärjestelmä. Rakennussähkökeskuksen pääkytkimeksi tuli 3-napainen kytkinvaroke, jonka nimellisvirta on 630 A (kuva 28). Työpaikkakeskuksen kytkimen kooksi tuli 125 A ja UPS-keskuksen 50 A. Pääkeskukseen varataan isoja sulakkeellisia lähtöjä sekä pienempiä johdonsuojakatkaisijalla varustettuja lähtöjä. Myös muutama vikavirtasuojalla varustettu lähtö varataan keskukseen. Rakennussähkökeskukseen varataan etukojeella varustettuja ryhmiä. Etukojeiden mitoitusvirraksi tuli 250 A.



KUVA 28. ABB 3-napainen kytkinvaroke (33.)

Etteplanilla on käytössä ABB:n e-design ohjelma, jolla pystytään laskemaan oikosulkuvirtoja. Tätä ohjelmaa voitiin käyttää hyödyksi arvioitaessa suojalaitteiden kokoa. Pääkaavioon on merkitty suunnitellut koot suojalaitteille ja pääkaviot ovat liitteinä.

3.10 ATK-verkko

Tilaan asennetaan ristikytkentäkaappi, jossa on 19 tuuman kiinnityskiskot ja korkeus 42U. Se varustetaan lukittavalla ovella, suodattimella, tuulettimella ja termostaatilla. Kaapin liittymiskaapeliksi valittiin 24 SML-valokuitukaapeli ja lähdöt toteutetaan UTP 4x2x0,5 CAT6A-tietoverkkokaapelilla. Kaappiin sijoitetaan 24-liittiminen RJ45-paneeli, 24-liittiminen valokuitupaneeli, 2 kpl ohjauspaneeleita, 7-osainen pistorasiapaneeli sekä maadoituskisko. Keskustilaan asennetaan 3 kpl 2-osaisia RJ45-tietoliikennesasioita ja laitetilaan 2 kpl samoja rasioita. Rasioiden paikat näkyvät tasopiirustuksessa, joka on liitteenä.

3.11 Ilmanvaihto

LVI-suunnittelija oli tehnyt alustavat laitelistat ja sijoitukset tilaan tulevista laitteista. Laitetilaan sijoitetaan tuloilmakone, joka varustetaan taajuusmuuttajasyötöllä. Taajuusmuuttajaksi valittiin hyvien vakio-ominaisuuksien vuoksi ABB ACS580. Tuloilmakoneella hoidetaan muuntajatilän ilmanvaihto. Laitetilaan asennetaan myös 30 kW:n vakioilmastointikone, joka hoitaa laitetilan ja keskustilan ilmastoinnin. Tuloilman lämmitys toteutetaan esilämmittimellä ja jälkilämmittimellä, joiden molempien kokonaisteho on 27 kW. Toisen kerroksen tasolle ulkoseinään asennetaan kaksi lauhdutusyksikköä, joiden kummankin teho on 15,2 kW. Jokaisen LVI-laitteen syöttö tapahtuu rakennussähkökeskuksesta ja

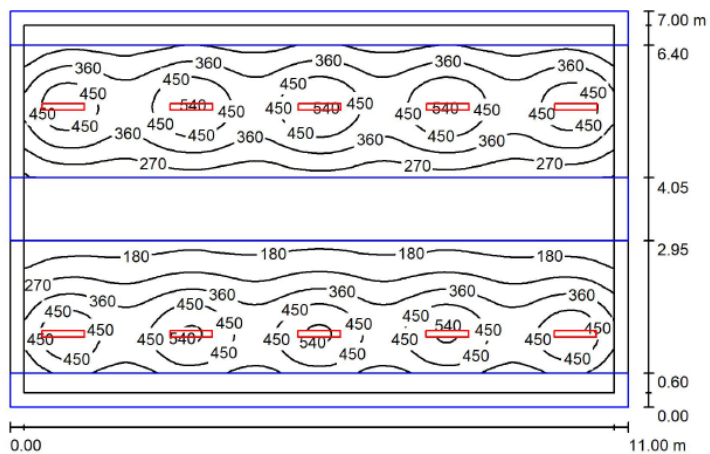
kaikki lähdöt varustetaan etukojeella. Kaikkiin muihin paitsi tuloilmakoneeseen asennetaan keskukseen 0-1 kytkin. Tuloilmakoneelle tulee johdonsuojakatkaisija, muiden lähdöt varustetaan myös kontaktorilähdöllä ja ohjauskytkimellä. Sijoitus- ja johdotuskuvat ovat liitteinä.

3.12 Paloturvallisuus

Rakennuksen paloluokka on P1, eli se on kaikkein vaativimmassa paloluokassa. Palokuormaryhmä on yli 1200 MJ/m², joten osastoinnin pitää olla luokkaa EI 120. Tilan savunpoisto toteutetaan painovoimaisesti ovien kautta. Muuntajan tilan ovien ylä- ja alaosaan asennetaan säleiköt. Alkusammutuskalustona tilaan sijoitetaan 12 kg 55 233BC-käsisammuttimet. Rakennukseen asennetaan poistumisvalaistus, turvavalistus ja merkkivalaistus, joiden toiminta turvataan myös palotilanteissa. Ylä- sekä alakerta varustetaan viidellä osoitteellisella savunilmaisimella, mallia Siemens FDO 241. Tasopiirustuksissa ovat palonilmaisimien sijainnit ja kaapelointireitit. Keskustilaan ja laitetilaan asennetaan myös hätäkuulutusjärjestelmä. Kaiuttimiksi valikoituivat Bosch LBC 3491/12-kaiuttimet.

3.13 Valaistus

Valaistussuunnittelussa käytettiin apuna DIALUX-ohjelmaa. Ohjelman avulla saatiin mitoitettua valaistus riittäväksi työskentelyyn. Valaisimien suunnittelussa tuli huomioida LVI-putkien sijoitus. Valaisinkiskot kiinnitettiin kaapelihyllyihin. Sisävalaistus toteutettiin I-Valon MARCO LED-30W suljetuilla teollisuusvalaisimilla. Keskustilan valaistussuunnittelussa jouduttiin hieman varomaan LVI-putkia, eikä valaistusta saatu ideaaliksi (Kuva 29). Ulkovalaistus puolestaan toteutettiin I-Valon VIVO LED-150W-valaisimilla.



KUVA 29. Keskustilan valaistuksen voimakkuus laskettuna DIALUX-ohjelmalla.

Turvavalaistus toteutetaan Autrosafen AST300-sarjan 8W-LED-valaisimilla ja poistumisvalaisimet Autrosafen ASO 3200 4W-LED-valaisimilla. Valaisimien sijoitukset näkyvät ta-sopiirustuksessa, joka on liitteenä.

4 YHTEENVETO

Työn tavoitteena oli perehtyä sähkötilan ja sen laitteiston suunnitteluun ja niiden tehtäviin. Perehtymisen jälkeen tehtiin alustavat suunnitelmat Outokummun tehtaalle tulevaan uuteen sähkötilaan. Opinnäytetyöhön on koottu yleistä asiaa sähkötilan suunnittelusta sekä tehty alustavat piirustukset Outokummun tehtaalle tulevaan sähkötilaan.

Työssä tarkasteltiin sähkötilaa sekä siellä sijaitsevia laitteita. Laitteiston tarkastelu aloitettiin muuntajasta, jolla muunnetaan jännite sopivaksi. Toisena käsiteltiin kojeistoja, joista syötöt lähtevät tarvittaviin pisteisiin. Kojeeistoissa sijaitsevat myös sähkönsyötön kannalta tärkeät suojalaitteet. Kaapeleiden ja kiskoston mitoitus tarkasteltiin. Eri jakelujärjestelmiä kuten TN-S, TN-C ja IT avattiin hieman. Suojauksien osalta perehdyttiin maadoitukseen ja potentiaalintasaukseen, oikosulku- ja maasulku- sekä vikasuojaukseen. Mahdollisista sähkötilaan sijoitettavista laitteista tutustuttiin UPS-laitteisiin, taajuusmuuttajiin, ATK-verkkoon, Ilmanvaihtoon sekä paloturvallisuuslaitteistoon. Lopuksi perehdyttiin valaistuksen suunnitteluun.

Työssä tuotettiin piirustuksia CADS Electric 2017 -ohjelmistolla. Piirrettiin keskuskaaviot, pääkaaviot, nousukaaviot, piirikaaviot, maadoituskaaviot ja tasopiirustukset, joista näkyvät johdotukset, sähköpisteet, ATK-verkko, paloilmaisimet ja valaistus. Dialux ohjelmalla tehtiin valaistuslaskelmia. Microsoft Exceliä käytettiin tulosten kirjaukseen ja luetteloiden tekkoon. Itse työn raportointi tehtiin Microsoft Wordilla. Suunnitelmien teossa noudatettiin eri standardeja kuten SFS 6000 ja Outokummun tehdasstandardeja. Työssä oli myös suuri apu Sähköinfor ST-kortistosta.

Opinnäytetyössä tehdyt alustavat suunnitelmat toimitetaan Outokummulle ja niistä aletaan myöhemmin muokkaamaan lopullisia piirustuksia rakentamista varten. Rakennuksen ja sähkötilan rakentaminen on tarkoitus aloittaa kesän lopulla tai syksyllä 2018. Tuotettua teoriaosuutta voidaan käyttää hyödyksi myöhemmin saman tyylisissä tulevilla suunnittelukohteissa.

LÄHTEET

1. Etteplan Oyj, Etteplan lyhyesti. 2018. Saatavissa: <https://www.etteplan.com/fi/etteplan-lyhyesti>. Hakupäivä 16.4.2018
2. Outokumpu Oyj, Tornion tehtaot. 2018. Saatavissa: <http://www.outokumpu.com/fi/yri-tys/outokumpu-suomessa/tornion-tehtaot/Sivut/default.aspx>. Hakupäivä 16.4.2018
3. SFS 6000-1:2017. Pienjännitesähköasennukset. Yleisvaatimukset. Helsinki: SESKO ry.
4. ST 35. 2015. Sähkö- ja tietoteknisten järjestelmien tilavaraukset. Espoo: Sähkötieto ry.
5. ST-tukku. 2018. Saatavissa: <https://www.st-tukku.net/sahkotila-paasy-asiattomilta-kielletty-5kpl-p-3133.html>. Hakupäivä 4.6.2018
6. Sähköturvallisuuslaki. 2016. Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2016/20161135#Lidp450482336>. Hakupäivä 19.4.2018
7. Sähköala.fi, Standardit. Saatavissa: http://www.sahkoala.fi/ammattilaiset/tekni-setmaaraykset/fi_FI/standardit/. Hakupäivä 18.4.2018
8. Elovaara, Jarmo – Haarla, Liisa 2011. Sähköverkot II. Helsinki: Otatieto.
9. ST 53.11. 2017. Kuluttajamuuntamot. Espoo: Sähkötieto ry.
10. ST 53.43. 2014 Jakokeskuksen suunnittelu. Espoo: Sähkötieto ry.
11. ABB:n TTT-käsikirja. 2000. Sähköjohtojen mitoittaminen. Saatavissa: http://www.oamk.fi/~kurki/automaatiolabrat/TTT/19_1_S%84hk%94johtojen%20mitoittaminen.pdf. Hakupäivä 3.5.2018
12. ABB:n TTT-käsikirja. 2000. Kiskostot. Saatavissa: http://www.oamk.fi/~kurki/automaatiolabrat/TTT/19_2_Kiskostot.pdf. Hakupäivä 4.5.2018
13. ST 53.21. 2018. Rakennusten sähköasennusten maadoitukset ja potentiaalintasaukset. Espoo: Sähkötieto ry.

14. Jakelujärjestelmät, Wikipedia. 2018. Saatavissa: <https://fi.wikipedia.org/wiki/Jakeluj%C3%A4rjestelm%C3%A4>. Hakupäivä 5.6.2018
15. Ounevagroup kotisivut. Maadoituskiskot. Saatavissa: <http://www.ounevagroup.fi/fi/ouneva-products/tuotteet/maadoitustarvikkeet/maadoituskiskot/>. Hakupäivä: 5.6.2018
16. SFS 6000-5-54:2017. Pienjännitesähköasennukset. Sähkölaitteiden valinta ja asentaminen. Maadoittaminen ja suojaohjaimet. Helsinki: SESKO ry.
17. Sähkönumerot, ylivirtarele TeSys, Schneider Electric. 2018. Saatavissa: <https://www.sahkonumerot.fi/3860705/>. Hakupäivä 5.6.2018.
18. Virtuaaliammattikorkeakoulu, Kiinteistön sähköverkko aineisto. 2018. Saatavissa: <http://www2.amk.fi/digma.fi/www.amk.fi/opintojak-sot/030503/1133959973706/1133960593128/1133960784321/1133960811132.html>. Hakupäivä 5.6.2018
19. ST 52.35.02. 2010. UPS-laitteella varmennetun sähköjakelujärjestelmän suunnittelu ja toteutus. Espoo: Sähkötieto ry.
20. ST 715.00. 2018. Taajuusmuuttajakäytöt. Yleistä. Espoo: Sähkötieto ry.
21. Danfoss kotisivut, Taajuusmuuttajat. 2018. Saatavissa: <http://drives.danfoss.fi/danfoss-drives/what-is-an-ac-drive/#/>. Hakupäivä 6.6.2018
22. ST 715.10. 2018. Taajuusmuuttajakäytöt rakennusautomaatiossa. Suunnittelu. Espoo: Sähkötieto ry.
23. Sähköala.fi, Yleiskaapelointijärjestelmät. 2018. Saatavissa: http://www.sahkoala.fi/kiinteistoala/tietoliikenneverkot/fi_FI/yleiskaapelointi/. Hakupäivä 2.5.2018.
24. ST 681.10. 2018 Toimitilakiinteistöjen yleiskaapelointijärjestelmät, suunnitteluohje. Espoo: Sähkötieto ry.
25. ST 53.61. 2017. Sähkötilojen ilmanvaihto ja jäähdytys. Espoo: Sähkötieto ry.

26. E1 Suomen rakentamismääräyskokoelma 2011. Ympäristöministeriön asetus rakennusten paloturvallisuudesta. Saatavissa: https://www.finlex.fi/data/normit/37126/E1_2011-fi.pdf. Hakupäivä: 2.5.2018
27. ST-käsikirja 39. 2016. Kaapelit ja paloturvallisuus. Espoo: Sähkötieto ry.
28. ST 58.04. 2017. Ohjeita valaistuksen suunnitteluun ja toteutukseen. Espoo: Sähkötieto ry.
29. I-Valo kotisivut. Marco teollisuusvalaisin. 2018. Saatavissa: <https://www.i-valo.com/verkkokauppa/fin/client/index/209>. Hakupäivä 7.6.2018
30. Socomecin Diris A40 analysaattori (pdf). 2018. Saatavissa: <http://kkt.fi/wp-content/uploads/Analysaattori-Diris-A40-tai-A41.pdf>. Hakupäivä 6.6.2018
31. ABB kotisivut. 2018. Saatavissa: <https://new.abb.com/drives/fi/pienjannitetaajuusmuuttajat/vakiotaajuusmuuttajat>. Hakupäivä 17.5.2018
32. Norelco kotisivut. 2018. Saatavissa: <http://www.norelco.fi/tuotteet/norbus-5000-kiskosillat/>. Hakupäivä 18.5.2018
33. Sähkönumero.fi, ABB kytkinvaroke. 2018. Saatavissa: http://www.sahkonumerot.fi/3661518/?ws_info=false. Hakupäivä 7.6.2018

LIITTEET

Liite 1 Tasopiirustus

Liite 2 Kansilehti K97

Liite 3 Kansilehti K971

Liite 4 Pääkaavio K97_S1

Liite 5 Pääkaavio K97_S2

Liite 6 Pääkaavio K97_S3

Liite 7 Pääkaavio K971_S1

Liite 8 Pääkaavio K971_S2

Liite 9 Pääkaavio K971_S3

Liite 10 Piirikaavio_tyypikuva1_K97

Liite 11 Piirikaavio_tyypikuva2_K97

Liite 12 Piirikaavio_tyypikuva3_K97

Liite 13 Piirikaavio_tyypikuva1_K971

Liite 14 Piirikaavio_tyypikuva2_K971

Liite 15 Piirikaavio_tyypikuva3_K971

Liite 16 Perusmaadoitus

Liite 17 Maadoituskaavio pääkisko_S1

Liite 18 Maadoituskaavio pääkisko_S2

Liite 19 Maadoituskaavio EB01

Liite 20 Maadoituskaavio EB02

Liite 21 Maadoituskaavio FE01

Liite 22 ATK-verkko

Liite 23 Turva- ja poistumisvalaistus

Liite 24 UPS-keskus kansilehti

Liite 25 UPS-keskus pääkaavio

Liite 26 Valaisinluettelo

Liite 27 Hätäkuulutusjärjestelmä

Liite 28 DIALux-laskelmat

Liite 29 Sähköreiät