

Monitoimihallin sähkösuunnitelma



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö
Sähkö ja automaatio, insinööri (AMK) Valkeakosken kampus

Kevät, 2022

Antti Jalo

Sähkö ja automaatio

Tiivistelmä

Valkeakosken kampus

Tekijä Antti Jalo

Vuosi 2022

Työn nimi Monitoimihallin sähkösuunnitelma

Ohjaajat Timo Viitala

TIIVISTELMÄ

Yritys, jossa työskentelen tällä hetkellä, sai idean rakennuttaa uusi toimipiste, joka tulee toimimaan monitoimihallina. Rakennus on tarkoitettu uudeksi varastoksi ja toimistoksi. Tämän työn tarkoituksena oli suunnitella kohteeseen sähköt, joka kattaa valaistuksen, yleiskaapeloinnit, murtohälytysjärjestelmän, paloturvallisuuden ja muun sähköistyksen.

Raportissa käydään läpi muun muassa miten kohteen syöttökaapelin mitoitus toteutettiin, mitä lämmitysvaihtoehtoja kohteeseen asennettiin ja miten kohteen valaistus toteutettiin.

Avainsanat KNX, suojaus, valaistus

Sivut 29 sivua ja liitteitä 14 sivua

Electricity and automation

Abstract

Valkeakoski campus

Author Antti Jalo

Year 2022

Subject Electrical plan for a multi-purpose hall

Supervisors Timo Viitala

ABSTRACT

The company I currently work for got the idea to build a new multi-purpose hall which will serve as a new warehouse and office. The purpose of this work was to design electricity for the site, covering lighting, general cabling, burglar alarm system, fire safety and other electrification.

The report reviews, among other things, how the dimensioning of the supply cable of the site was carried out, what heating options were installed in the site and how the lighting of the site was implemented.

Keywords KNX, protection, lighting

Pages 29 pages and appendices 14 pages

Sisälllys

1	Johdanto	1
2	Sähköliittymän mitoitus	1
2.1	Liittymiskaapelin valinta	2
2.2	Johdon kuormitettavuus	3
2.3	Ylikuormitussuojaus	6
2.4	Oikosulkusuojaus	9
2.4.1	Oikosulkuvirran määrittely.....	10
2.5	Vikasuojaus	10
2.6	Jännitteenalenema.....	12
2.7	Selektiivisyys	14
2.8	Pääsulakkeet	14
2.8.1	Pääsulakkeiden mitoitus	14
2.8.2	Pääsulakkeiden valinta	15
2.8.3	pääsulakkeiden laskelma	15
3	Lämmitys	17
3.1	Lämmityksen valinta	17
3.2	Ilma-vesilämpöpumpun toiminta	18
3.2.1	Mitoitusperiaate.....	18
4	Valaistus ja sen ohjaus.....	19
4.1	Valaistuksen suunnittelu.....	19
4.2	Dialux 10.....	19
4.3	DALI	21
4.3.1	Yleiskuvaus	21
4.3.2	Komponentit	21
4.4	KNX.....	23
4.4.1	Yleiskuvaus	23
4.4.2	Komponentit	24
5	Turvallisuus.....	26
5.1	Savunpoisto.....	26
5.2	Kulunvalvonta ja palohälyttimet	27
6	Yhteenvedo	28
	Lähteet.....	29

Liitteet

- Liite 1 Asemapiirustus
- Liite 2 Korjauskertoimet
- Liite 3 Esimerkkejä eri tilojen valaistusvaatimuksista
- Liite 4 Dialux laskentatulokset
- Liite 5 Selektiivisyyden tarkistaminen
- Liite 6 Pohjapiirustus 1. & 2.krs

1 Johdanto

Tässä opinnäytetyössä käydään läpi monitoimihallin sähkösuunnitelman vaiheita ja mitä eri järjestelmiä ja laitteita käytetään hallin sähköistyksen toteuttamisessa. Suunnitelman pohjana käytetään paikallisen moduulirakennusyrityksen luomia kuvia 500 m² kokoisesta monitoimihallista, joka tulee olemaan tilaajan uusi toimipiste. Rakennukseen kuuluu varasto, työtilat ja oma toimisto muille yrityksen työntekijöille.

Yritys, jonka käyttöön kohde tuli, on Sähköasennus Karppelin Oy. Yritys perustettiin vuonna 2006 ja se sijaitsee Jokioisilla. Karppelin Oy on erikoistunut sähköurakointiin, automaatio- ja instrumentointiasennuksiin sekä teollisuuden kunnossapitoon. Yrityksellä on S2-sähköurakointioikeudet sekä AT-teleurakointioikeudet.

Karppelin Oy toimii Etelä-Suomen alueella, mutta päätoimialue on Forssan talousalue. Karppelin Oy:n asiakkaisiin kuuluvat voimalaitokset, teollisuuden laitokset, taloyhtiöt, rakennuttajat, lämpölaitokset, uudisrakentajat, erilaiset yritykset sekä yksityiset remontoijat.

2 Sähköliittymän mitoitus

Jotta kohteeseen saadaan sähköt, niin on ensimmäisenä mitattava kohteen sähköliittymä. Sähköliittymän mitoitus on erittäin tärkeää, sillä alimitoitus rajoittaa rakennuksen käyttöä ja ylimitoitus voi aiheuttaa ylimääräisiä rakennusvaiheen kuluja sekä käyttökuluja suunnitteluvaiheessa. Tarkoitus on kuitenkin saada liittymä tarpeeksi suureksi laajennusta varten, mutta ei tietenkään liian suureksi. (Sähköinfo Oy, 2020, s. 1)

Sähköliittymän mitoituksessa pyritään käyttämään kohteen huipputehon tarvetta, joka lasketaan oletetusta tai todellisesta tehon tarpeesta. Arvioimisessa on huomioitava muutostarpeet, saannin varmuus ja tulevaisuuden tehontarpeet. Huipputehohon vaikuttavat mm. varustetaso, LVI-laitteet, lämmitys ja valaistus. (Sähköinfo Oy, 2020, s. 3)

Asiat, jotka vaikuttavat eniten tehon laskennassa, ovat eri rakennusten koko, laitekanta ja käyttötarkoitus. Näin ollen samaa laskentakaavaa ei voida käyttää esimerkiksi toimistorakennuksen ja kerrostaloasunnon liittymän mitoituksessa, sillä niissä käytettävien sähkölaitteiden ohjausperiaatteet aiheuttavat tehovaihteluita. Toimistorakennuksissa LVI-laitteet ja valaistus ovat merkittävimmät energian kulutuskohteet. (Sähköinfo Oy, 2020, s. 7)

Kun on tiedossa koje-, valaisin- ja laiteluetteloista saatu laitteiden tarvitsema teho, niin sähköliittymän mitoitus saadaan laskettua seuraavalla yhtälöllä (Kaava 1.):

Kaava 1. Sähköliittymän mitoitus (Sähköinfo Oy, 2020, s. 6)

$$P_M = P_x * (P_{valaistus} + P_{LVIA} + P_{SLK} + P_{laitteet} + P_{muut})$$

P_M	= Mitoittava sähköteho
P_x	= Kerroin, jolla varaudutaan laajennuksista johtuvaan sähkötehon kasvuun
$P_{valaistus}$	= Valaisinluettelosta saatu yhteenlaskettu teho
P_{LVIA}	= LVIA-luettelosta saatu yhteenlaskettu teho
P_{SLK}	= Sähkölämmityskuorma
$P_{laitteet}$	= Laiteluettelosta saatu yhteenlaskettu teho
P_{muut}	= Muut mahdolliset suuren tehon kuormat.

2.1 Liittymiskaapelin valinta

Standardeissa, määräyksissä ja ohjeissa on annettu liittymisjohtojen poikkipintaa koskevat asiat, jotka on otettava huomioon kaapelin valinnassa:

- johdon kuormitettavuus
- jännitteenalenema
- jakeluverkkoyhtiön kaapelisuositus
- suojausehtoien toteutuminen.

Suosituksat ja vaatimukset verkossa käytettävistä kaapelityypeistä saadaan yleensä jakeluverkkoyhtiöiltä. Nämä vaatimukset voivat esimerkiksi olla, että poikkipinta-alat voivat

vaihdella yhtä kerrallaan, tai liittymässä käytetään vain PEX-eristeistä alumiinikaapelia, joka on ristisiiloitettua polyeteeniä. (Sähköinfo Oy, 2020, s. 12)

Kaapelin valintaan ja mitoittamiseen vaikuttavat myös kaapelin kokonaispituus sekä syöttävä jakeluverkko. Siksi on tärkeää, että suunnittelija tai itse liittynä lähettää sähköverkkoyhtiölle liittymiskaapelin mitoittamiseen tarvittavat tiedot tai olemassa olevia kuvia, kuten asemapiirustukset (Liite 1.). Liittymisjohdon kuormittavuuteen ja yleisesti vaadittuun kuormittavuuteen vaikuttavat seuraavat tekijät:

- liittymän huipputeho, eli näennäisteho
- yliaallot
- suojalaitteiden nimellisarvot
- liittymiskaapelin eristemateriaali
- ympäristön lämpötila
- kaapelin asennustapa
- rinnankytketyt johtimet
- poikkipinta-ala ja johdinmateriaali.

2.2 Johdon kuormitettavuus

Johdon kuormitettavuuden määrittää sen suurin sallittu lämpötila. Kun tämä suurin sallittu lämpötilan raja-arvo ylitetään, se voi aiheuttaa eristeiden vanhenemista, joka lyhentää kaapelin käyttöikä. Ylilämpötila saattaa aiheuttaa jopa tulipalon. Standardissa SFS6000-5-52 on esitetty taulukkoja, jossa nähdään mittatiedot, tyypit ja lämpötila-arvot (Taulukko 1.), joilla saadaan määritettyä kaapelien kuormitettavuus. Kuormitettavuuden määrittelyyn käytetään myös kaapelille sallittuja kuormitusvirtoja (Taulukko 2.). (Tiainen, 2010, s. 43)

Taulukko 1. Eristeaineiden suurimmat sallitut lämpötilat (SFS 6000-5-52, s. 14)

Eristetyyppi	Lämpötilan raja-arvo ^{a, d} °C
Termoplastinen (Polyvinyylikloridi PVC)	70 johtimessa
Silloitettu polyeteeni (PEX) ja eteenipropeenikumi (EPR)	90 johtimessa ^{b,}
Mineraali (PVC:llä päällystetty tai paljas ja kosketeltavissa)	70 vaipassa
Mineraali (paljas, ei kosketeltavissa eikä kosketuksissa palaviin materiaaleihin)	105 vaipassa ^{b, c}

^a Taulukossa 52.1 esitetyt suurimmat sallitut johtimen lämpötilat, joitten perusteella on annettu liitteessä 52A esitetyt taulukoidut kuormitettavuusarvot, ovat standardisarjojen IEC 60502 ja IEC 60702 mukaisia.

^b Jos johtimen lämpötila on yli 70 °C, on varmistettava että johtimeen liitetty laite soveltuu tämän seurauksena liittimessä esiintyvään lämpötilaan.

^c Mineraalieristeisille kaapeleille voidaan sallia korkeampia lämpötiloja sen mukaan kuinka hyvin kaapelit kestävät lämpöä. Sallittuihin lämpötiloihin vaikuttavat myös kaapelien liitokset, ympäristöolosuhteet ja muut ulkoisten tekijöiden vaikutukset.

^d Sertifioiduilla johtimilla tai kaapeleilla voi olla valmistajan määrittelyjen mukainen lämpötilan raja-arvo.

HUOM. 1 Taulukko ei sisällä kaikkia kaapelityyppejä.

HUOM. 2 Tämä ei koske jakelukiskojärjestelmiä, kiskokanavajärjestelmiä ja valaisimien kosketinkiskojärjestelmiä, joiden kuormitettavuudet antaa valmistaja standardien SFS-EN 61439-6 ja SFS-EN 61534-1 mukaisesti.

HUOM. 3 Muuntotyyppisten eristeiden lämpötilan raja-arvot annetaan kaapelin määrittelyssä tai ne antaa valmistaja.

Johdon kuormitettavuudessa on otettava myös huomioon eri asennustavat, joita ovat A, C, D ja E. Näihin asennustapoihin on luokiteltu uppoasennus, pinta-asennus, maa-asennus ja ilmassa tehdyt asennukset. (Tiainen, 2010, s. 45)

Asennustavassa A, eli uppoasennuksessa, kaapelit ja johtimet asennetaan upotettuihin, lämpöeristettyihin putkiin, jotka voivat olla joustavia tai jäykkiä, metallista tai muovista valmistettuja. Upoasennuksissa seinissä on oltava säänkestävä lämpöeristys sekä säänkestävät ulko- ja sisäpinnat, jotka ovat puuta tai vastaavaa materiaalia. Näiden materiaalien lämmönjohtavuus on oltava vähintään 10 W/m². Upoasennuksissa on myös otettava huomioon, että putket sijaitsevat mahdollisimman lähellä sisäpintaa, mutta ne eivät saa kuitenkaan olla kosketuksissa sisäpinnan levyn kanssa. (Tiainen, 2010, s. 45)

Taulukko 2. Johtimien suurin sallittu jatkuva kuormitusvirta eri asennustavoilla (Tiainen, 2010, s. 45)

Johtimen poikkipinta mm ²	Kaapelien suurin sallittu jatkuva kuormitusvirta (A)			
	Asennustapa			
	A	C	D	E
Kupari				
1,5	14	18,5	26	19
2,5	19	25	35	26
6	31	43	57	45
10	41	60	77	63
16	55	80	100	85
25	72	102	130	107
35	88	126	160	134
50	105	153	190	162
70	133	195	240	208
95	159	236	285	252
120	182	274	325	292
150	208	317	370	338
185	236	361	420	386
240	278	427	480	456
Alumiini				
16	43	62	78	65
25	56	77	100	83
35	69	95	125	102
50	83	117	150	124
70	104	148	185	159
95	125	180	220	194
120	143	209	255	225
150	164	240	280	260
185	187	274	330	297
240	219	323	375	350
300	257	372	430	404

Asennustavassa C yksi- tai monijohdinkaapeli asennetaan puuseinään niin, että pinnan ja kaapelin väli on 0,3 kertaa pienempi kuin kaapelin halkaisija. ”*Samoja kuormitettavuusarvoja voidaan käyttää myös asennustavoissa, joissa kaapeli on kiinnitetty kivirakenteiseen seinään tai sen sisään.*” Kivirakenteella tarkoitetaan betonia, kipsiä, tiiltä tai vastaavia, eli muita kuin eristäviä materiaaleja. (Tiainen, 2010, s. 46)

Asennustapa D:llä tarkoitetaan kaapelin asennusta suoraan maahan tai metalliseen, muoviseen tai keraamiseen putkeen, joka on yhteydessä maahan. Putkeen asennettaessa on otettava huomioon, että asennussyvyys on 0,7 m ja lämpöresistiivisyys on 1,0 Km/W. (Tiainen, 2010, s. 46)

Asennustavassa E kaapeli asennetaan ilmaan. ”Kaapeli on tuettu siten, että lämmön haihtumista ei ole estetty. Auringon säteilyn tai muiden lähteiden aiheuttama lämpeneminen on otettava huomioon. On huolehdittava siitä, ettei normaali lämmönjohtuminen ole estetty. Käytännössä voidaan käyttää vapaasti ilmassa tapahtuvan asennuksen asennustavan arvoja, jos kaapelin ja minkä tahansa lähellä olevan tason välinen etäisyys on vähintään 0,3 kertaa monijohdinkaapelin halkaisija tai yksijohdinkaapelin koko halkaisija. Asennustapa E:ssä käytetään monijohdinkaapeleita ja asennustavoissa F ja G eri tavoin sijoitettuja yksijohdinkaapeleita.” (Tiainen, 2010, s. 46)

Pelkästään asennustavan tietäminen ei riitä mitoittaessa kaapelin kuormitettavuutta, vaan on otettava huomioon myös korjauskerroin. Korjauskerroin on otettava huomioon siksi, että asennettaessa kaapelia, sen läheisyydessä voi olla muita kaapeleita, jotka heikentävät kuormitettavuutta. Näiden lisäksi kuormitettavuuteen vaikuttaa myös maan lämmönjohtavuus. (Tiainen, 2010, s. 52) Jos esimerkiksi maan tai ympäristön lämpötila on arvoltaan eri kuin kuormitettavuustaulukoissa, tarvitaan korjauskertoimet, jotta voidaan arvioida kaapelin kuormitettavuus oikein ottaen huomioon vallitsevat olosuhteet. (Liite 2.) Kuormitusvirran ja siitä aiheutuvan lämpenemisen määrää ensisijaisesti johtimen poikkipinnan suuruus. (Tiainen, 2010, s. 43)

2.3 Ylikuormitussuojaus

Ylikuormitusvirta on virtapiirissä muulloin kuin vian aikana tapahtuva ylivirta. Ylivirta taas on virta, joka on mitoitusvirtaa suurempi. Kun puhutaan johtimista, niin mitoitusvirralla tarkoitetaan niiden kuormitettavuutta. Johtimen kuormitettavuudella tarkoitetaan suurinta virtaa, jolla sitä voidaan kuormittaa ilman, että suurin sallittu lämpötila ylitetään. (Tiainen, 2010, s. 27)

Jokaisessa virtapiirissä ylikuormitussuojauksen tarkoitus on ylikuormitusvirran katkaisu ennen kuin sen aiheuttava lämpötilan nousu aiheuttaa johtimien eristysten, liitosten ja ympäristön vahingoittumisen. Ylikuormitussuojina voidaan käyttää johdonsuojakatkaisijoita eli ”automaattisulakkeita”, tulppa- tai kahvasulakkeita tai tavallisia katkaisijoita, joiden tehtävä on katkaista syöttö kuormitetusta johtimesta. (Tiainen, 2010, s. 27)

Johdinta ylikuormituksesta suojaavan laitteen ominaisuuksien on SFS 6000:n mukaan täytettävä seuraavat ehdot:

Kaava 2.

$$I_B \leq I_N \leq I_Z$$

Kaava 3.

$$I_2 \leq 1,45 * I_Z$$

I_Z = johtimen jatkuva kuormitettavuus

I_2 = virta, joka varmistaa suojalaitteen toimimisen määritellyssä toiminta-ajassa

I_N = suojalaitteen nimellisvirta

I_B = virtapiirin mitoitusvirta.

“Virtapiirin mitoitusvirta voidaan määrittää tunnetun tai arvioidun kuormituksen perusteella. Jos kyseessä on yksittäinen laite, jonka teho tunnetaan, saadaan mitoitusvirta määriteltyä melko tarkkaan.” (Tiainen, 2010, s. 27)

Kaavassa (Kaava 2.) Ylikuormitussuojan nimellisvirran on oltava vähintään yhtä suuri kuin arvioitu kuormitusvirta ja johdon kuormitettavuus pitää olla suojalaitteen nimellisvirran suuruinen. Suojalaitteen nimellisvirralla tarkoitetaan virtaa, jonka laite pystyy johtamaan jatkuvasti sitä huonontumatta tietyissä olosuhteissa. (Tiainen, 2010, s. 28)

Kaavassa (Kaava 3.) määritellään yhteys suojalaitteiden toimintavirran ja johdon kuormitettavuuden välillä. Suojalaitteen pitää toimia tietyssä ajassa, yleensä viimeistään tunnin kuluessa, mikäli ylikuormitusvirta on 1,45-kertainen verrattuna johdon kuormitettavuuteen. (Tiainen, 2010, s. 28)

Vaikka näitä sääntöjä noudatettaisiin, niin niiden mukainen suojaus ei silti anna tietyissä tilanteissa täydellistä suojaa, jos ylivirta on pidemmän aikaa pienempi kuin I_2 . Siksi tämä pitää ottaa suunnittelussa huomioon ja toteuttaa sähköistys niin, ettei kohteessa esiinny pitkäaikaisia ylivirtoja. (Tiainen, 2010, s. 28)

Suojalaitteissa on yleensä eri toimintarajavirtoja, jonka vuoksi on tiedettävä, miten ylikuormitussuojan valinta eroaa sulakkeella ja johdonsuojakatkaisijalla. Standardissa SFS-EN 60 898 on määritelty B-, C, ja D-tyyppiset johdonsuojakatkaisijat, joiden ylikuormitussuojauksen mitoitus on yksinkertaista ja niiden terminen toimintarajavirta on suojalaitteen nimellisvirta kerrottuna 1,45:llä. Ylikuormitussuoja voidaan siis valita johdon kuormitettavuuden perusteella. (Tiainen, 2017, s. 137)

Johdonsuojakatkaisijan valinnassa on otettava huomioon sen katkaisukyky, laukaisukäyrä sekä nimellisjännite ja -virta. Suositeltavat nimellisvirrat johdonsuojakatkaisijoilla ovat 6, 8, 10, 13, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100 ja 125 A. (Tiainen, 2010, s. 29)

Kun halutaan käyttää johdonsuojakatkaisijoiden sijaan sulakkeita, niin ylikuormitussuojauksen toteuttaminen niillä vaatii erilaisen mitoituksen, koska sulakkeiden sulamisrajavirta on suurempi kuin sulakkeen nimellisvirta kerrottuna 1,45. Tämä johtaa myös siihen, että ylikuormitussuojaa ei voida valita johtimen kuormitettavuuden mukaan, vaan on käytettävä seuraavaa kaavaa. (Kaava 4.)

Kaava 4.

$$k \cdot I_n \leq 1,45I_z$$

k = sulakkeen nimellisvirran ja ylemmän sulamisrajan suhde

I_z = johtimen jatkuva kuormitettavuus

I_n = sulakkeen nimellisvirta. (Tiainen, 2017, s. 137)

Jos suojalaitteena käytetään gG-tyyppin sulaketta, eli tulppasulaketta, niin kaavan 3 kerroin k voidaan määrittää seuraavasti:

k = 2,1 kun $I_n \leq 4A$

k = 1,9 kun $4A < I_n < 16A$

k = 1,6 kun $I_n \leq 16A$. (Tiainen, 2017, s. 137)

Ylikuormitussuojaus pystytään toteuttamaan muillakin suojalaitteilla käyttäen niiden omia mitoittamisperiaatteita tai joissakin tapauksissa ylikuormitussuojaus voidaan jättää

käyttämättä. Tilanteessa, jossa on rinnankytkettyjä johtimia, ylikuormituksen mitoitus on omat ohjeensa, joita ei käydä läpi tässä opinnäytetyössä.

2.4 Oikosulkusuojaus

”Oikosululla tarkoitetaan hyvin pieni-impedanssista vikaa normaalitilanteessa eri potentiaalissa olevien jännitteisten osien välillä.” Oikosulku on siis tahallinen tai vahingossa tapahtuva kontakti yhden tai usean johtavan osan välillä, jossa potentiaalierot ovat nolla tai lähellä nollaa. (Tiainen, 2010, s. 65)

Standardin SFS 6000-4-43 kohdassa 434.5.1 kerrotaan, että suojalaitteen mitoituskatkaisukyky ei saa olla pienempi kuin asennuspaikassa oleva prospektiivinen oikosulkuvirta. Katkaisukyky saa olla pienempi, kun suojalaitteen syöttöpuolelle asennetaan toinen suojalaite, joka omaa riittävän katkaisukykyyn. Tässä tapauksessa niiden ominaisuudet on sovitettava yhteen niin, että niiden läpi kulkeva energia ei ylitä arvoa, jonka kuormituspuolen johtimet ja suojalaite kestävät vahingoittumatta. Kohdassa 434.5.2 kerrotaan, että jokaisessa virtapiirissä oikosulkuvirrat on katkaistava ajassa, jossa johtimet saavuttavat niiden suurimman sallitun lämpötilan.

Oikosulkusuoja on siis valittava niin, että se täyttää kohdissa 434.5.1 ja 434.5.2 kerrotut vaatimukset. Oikosulkusuojan valintaan on myös määritetty oma laskentakaava (Kaava 5.), jolla pystytään laskemaan enintään 5 sekuntia kestävien oikosulkujen aika t , joka kuvaa oikosulun kestoaikaa, jossa johtimen lämpötila nousee sen rajalämpötilaan.

Kaava 5.

$$t = \left(k * \frac{S}{I} \right)^2$$

t = oikosulun kesto aika (s)

k = kerroin, joka huomioi johtimen lämpötilakertoimen, lämmönvarauskykyyn, lämpötilan ja resistiivisyyden

I = oikosulkuvirta tehollisarvona

S = johtimen poikkipinta-ala. (SFS 600-4-43, 2017, s. 12)

2.4.1 Oikosulkuvirran määrittely

Kun valitaan oikosulkusuoja, on ensin tiedettävä pienin ja suurin oikosulkuvirta. Pienin oikosulkuvirta syntyy oikosulussa, joka tapahtuu suojattavan johtimen suojalaitteesta kaukaisimmassa päässä. Suurin oikosulkuvirta syntyy suojalaitteen jälkeen tapahtuvasta oikosulusta. Pienin oikosulkuvirta on selvitettävä, jotta voidaan varmistaa oikosulkusuojan riittävän nopea toiminta-aika. Suurimman oikosulkuvirran selvittämisellä varmistetaan, että suojalaite pystyy katkaisemaan oikosulkuvirran. (Tiainen, 2010, s. 75)

Kuten ylikuormitussuojauksessa, oikosulkusuojaus pystytään toteuttamaan johdonsuojakatkaisijoilla ja sulakkeilla. Käytettäessä johdonsuojakatkaisijoita oikosulkusuojina, on niiden kanssa käytettävä etusulakkeita. Oikosulkusuojauksen suojauslaitteina käytetään useimmiten tulppa- ja kahvasulakkeita. Kun suunnitellaan oikosulkusuojauksia, on otettava huomioon rinnan kytketyt johtimet. (Tiainen, 2010, ss. 67,78)

2.5 Vikasuojaus

Vikasuojausmenetelmällä tarkoitetaan syötön automaattista poiskytkentää, joka perustuu suljettuun vikavirtapiiriin valittavaan suojalaitteeseen. Vikasuojauksen tarkoituksena on estää vianaikaisen kosketusjännitteen aiheuttama vaara. Vikasuojaus saadaan toteutettua vikavirtasuojilla, jos oikosulkuvirta ei ole riittävä, ja muissa tilanteissa käytetään ylivirtasuojia. Standardissa SFS 6000-4-41 kerrotaan, että vikasuojaukseen käytetään TN-järjestelmässä suojalaitteina vikavirtasuojia ja ylivirtasuojia.

Jos on kyseessä TN-C-järjestelmä, niin vikavirtasuojia ei saa käyttää. TN-C-S-järjestelmässä vikavirtasuojien käyttö vaatii sen, että PEN-johdinta ei käytetä kuorman puolella. Tässä tilanteessa PE-johdin on yhdistettävä PEN-johtimeen vikavirtasuojan syötön puolella. (SFS 6000-4-41, 2017)

Jotta saadaan toimiva suojaus, on ensin määritettävä pienin yksivaiheinen oikosulkuvirta. Tämän laskemiseen käytetään kaavaa (Kaava 6.). Vaikka kaava onkin yksinkertaistettu ja

virhe on noin 10 %, niin sitä voidaan silti käyttää. Laskennallinen virhe ei pahenna arvoa, koska kaavalla saatu oikosulkuvirta on pienempi kuin oikea arvo.

Kaava 6.

$$I_k = \frac{c * U}{\sqrt{3} * Z}$$

I_k = oikosulkuvirta

U = pääjännite

c = kerroin 0,95, jolla otetaan huomioon jännitteenalenemat sulakkeissa, liittimissä, johtimissa jne.

Z = virtapiirin kokonaisimpedanssi, joka muodostuu muuntajan, jakelumuuntajan edeltävän verkon, ja muuntajan jälkeisten johtojen impedanssista. (Tiainen, 2010, s. 89)

Käytännön mitoituksessa tulee suunnittelun lähtötiedoksi selvittää pienin oikosulkuvirta liittymässä, jonka saa tietoon jakeluverkkoyhtiöltä. Käytännössä täytyy usein määrittää myös suurin sallittu johdon pituus, kun suojalaitetta edeltävän verkon oikosulkuvirta tai impedanssi Z_v on tiedossa. Tämä saadaan laskettua seuraavalla kaavalla (Kaava 7.)

Kaava 7.

$$l = \frac{\frac{c * U}{\sqrt{3} * I_k} - Z_v}{2 * z}$$

l = johdon pituus (km)

I_k = oikosulkuvirta, joka tietyssä ajassa aiheuttaa automaattisen poiskytkennän

z = suojattavan johdon impedanssi

Z_v = impedanssi ennen suojalaitetta

U = pääjännite

c = kerroin 0,95. (Tiainen, 2010, ss. 89-90)

SFS 6000-4-41 kohdassa 411.3.2 kerrotaan seuraavasti: *''Kun sattuu vika mitättömän pienen impedanssin kautta äärijohtimen ja jännitteelle alttiin osan tai suojajohtimen välillä,*

suojalaitteen on automaattisesti katkaistava syöttö piirin tai laitteen äärijohtimista vaaditussa ajassa”. TN-järjestelmissä suurin sallittu poiskytkentäaika on enintään 0,2 sekuntia vaihtojännitteellä ja 0,4 sekuntia tasajännitteellä, kun on 32 A suojalaitteella suojattu ryhmäjohdon tilanne, jossa $230\text{ V} < U_o \leq 400\text{ V}$. U_o on nimellinen vaihto- ja tasajännite maahan äärijohtimesta. Piireissä, joissa on suurempi suojalaite kuin 32 A, poiskytkentäaika saa olla korkeintaan jopa 5 sekuntia (SFS 6000-4-41, 2017, ss. 8-9)

Kohdassa 415.1 kerrotaan tilanteita, joissa vikavirtasuojia käytetään lisäsuojauksena. Standardin mukaan, jos vikavirtasuojia on mitoitusvirraltaan enintään 30 mA, niin sen käyttöä pidetään silloin lisäsuojauksena vaihtojännitepiireissä, jossa se toimii vika- ja perussuojauksen vioissa. (SFS 6000-4-41, 2017, ss. 21-22) Vikavirtasuojan käyttö ei ole hyväksyttävää, jos sen on yksinomainen suojausmenetelmä. Kohdan 411.3.3 mukaan vikavirtasuojaa on käytettävä lisäsuojauksena muun muassa:

- enintään 32 A ulkopistorasian tai siirrettävien laitteiden suojaukseen tai
- enintään 20 A maallikoiden käytössä olevien pistorasioiden suojaukseen.

Kohdassa 411.3.3 on myös määritelty tilanteet, joissa lisäsuojavaatimuksista voidaan poiketa, kun on kyseessä:

- pistorasia, jota käytetään opastetun henkilön tai ammattihenkilön valvomana kaupallisissa/teollisissa rakennuksissa tai
- erityiselle määrätylle laitteelle tarkoitettu pistorasia. (SFS 6000-4-41, 2017, s. 30)

2.6 Jännitteenalenema

Standardissa SFS 6000-5-52 kuormituspisteen ja liittymispisteen välillä oleville jännitteenalenemille on annettu seuraavat raja-arvot:

- pienjänniteasennuksessa, jossa syöttö tulee yksityisestä tehonlähteestä, jännitteenalenema ei saa olla suurempi kuin
 - 8 % muussa käytössä
 - 6 % valaistuksessa

- pienjänniteasennuksessa, jossa syöttö tulee jakeluverkosta, jännitteenalenema ei saa olla suurempi kuin
 - 5 % muussa käytössä
 - 3 % valaistuksessa

Huomautuksena myös, että joissakin tapauksissa suuri jännitteenalenema on hyväksyttävää. Näitä tilanteita esiintyy yleensä moottoreilla, kun ne käynnistetään, ja myös laitteissa, joissa on normaalia suurempi käynnistysvirta. Näissä tapauksissa edellytetään, että jännitteen vaihtelut pysyvät laitestandardeissa määritetyissä arvoissa. (Sähköinfo Oy, 2020, s. 67)

Jännitteenalenema voidaan laskea kolmella eri kaavalla: yksivaiheisella vaihtojännitteellä (Kaava 8.), kolmivaiheisella vaihtojännitteellä (Kaava 9.) ja tasajännitteellä (Kaava 10.). Suhteellinen jännitteenalenema lasketaan kaavalla (Kaava 11.).

Kaava 8.

$$\Delta U = I * 2 * l * (r \cos \varphi \pm x \sin \varphi)$$

Kaava 9.

$$\Delta U = I * l * \sqrt{3} * (r \cos \varphi \pm x \sin \varphi)$$

Kaava 10.

$$\Delta U = I * 2 * r * l$$

Kaava 11.

$$\Delta u = \Delta U / U_n * 100 \%$$

ΔU	= jännitteenalenema
l	= johtimen pituus (m)
I	= kuormitusvirta
x	= ominaisreaktanssi
r	= ominaisresistanssi
ϕ	= virran ja jännitteen välinen vaihekulma
U_n	= nimellisjännite

Δu = suhteellinen jännitteenalenema. (Tiainen, 2017, s. 242)

2.7 Selektiivisyys

"Suojalaitteiden selektiivisyydellä tarkoitetaan sitä, että suojalaite toimii ainoastaan sen varsinaisella suoja-alueella sattuvissa ylikuormitus- tai oikosulkutilanteissa." (Tiainen, 2010, s. 103) Selektiivisyys tarkistetaan suojalaitteiden ominaiskäyrien vertailulla. Selektiivisyys saavutetaan, kun jälkimmäisen suojalaitteen käyrä on sitä aiemman suojalaitteen käyrän alapuolella, ja niiden käyrät eivät leikkaa toisiaan ylivirran arvoilla. Kun tämä tilanne toteutuu, niin lähimpänä vikaa oleva suojalaite laukeaa ensimmäisenä. Täydellisen selektiivisyyden saavuttaminen ei ole tarpeen, sillä se saattaa johtaa ylimitoitukseen. (Tiainen, 2010, s. 103) Selektiivisyys pystytään tarkistamaan taulukolla (Liite 5.).

2.8 Pääsulakkeet

2.8.1 Pääsulakkeiden mitoitus

Pääsulakkeiden tarkoitus on suojata kohteen liittymiskaapelia. Tarvittavan pääsulakkeen mitoituksen ehtona on, että tiedetään kohteen mitoittava teho.

Mitoittava teho tämän opinnäytetyön esimerkkikohteen tapaisissa monitoimihalleissa saadaan yleensä lämmityksen, valaistuksen ja käytettävien sähkölaitteiden perusteella. Näiden yhteenlasketusta tehosta saadaan kokonaisteho P , jota käytetään pääsulakkeen mitoituksessa. Mitoituksessa on selvitettävä kokonaistehon lisäksi myös tasauskerroin k_1 , samanaikaisuuskerroin k_2 , tehokerroin $\cos \varphi$ ja kasvukerroin g . Mitoitus voidaan tehdä kaavalla (kaava 12.) tai kaavalla (kaava 13.), joissa S on näennäisteho, I_B on piirin suunniteltu virta ja U_p on verkon pääjännite.

Kaava 12. Näennäistehon kaava.

$$S = \frac{P}{\cos \varphi} * k * g$$

Kaava 13. Suunniteltu virta.

$$IB = \frac{S}{\sqrt{3} * U_p}$$

2.8.2 Pääsulakkeiden valinta

Kohteeseen on mietitty varaston ja toimiston lisäksi kaksi erillistä toimitilaa, jotka toimivat omina työpisteenään ja varastona, joten pääkeskuksen lisäksi asennetaan kaksi erillistä jakokeskusta tuoden niille oman sähkön ja sen mittauksen. Näiden keskusten lisäys ja epävarmuus siitä mitä kaikkia laitteita tiloissa tullaan tarvitsemaan, hankaloittaa tehontarpeen laskemista ja itse pääsulakkeiden valintaa.

Tässä opinnäytetyössä suunniteltavan kohteen tapauksessa tarkkaa kokonaistehon arvoa ei tiedetä. Rakennuksen tehontarpeen laskemiseksi listataan tärkeimpiä osa-alueita ja lasketaan niiden tarpeet yhteen. Lämmityksen, eli vesikattilan, vaatima teho tiedetään ja se on 37 kW. Lisäksi otetaan huomioon valaistuksen tehon tarve ja muut lämmitykset, joita ovat patterit ja yhdessä vessassa käytettävä sähköinen lattialämmitys. WC-tilan lattialämmitys on 0,4 kW, patterit ovat yhteensä 5 kW, valaistus on suurin piirtein 6 kW ja ilmanvaihto noin 10 kW. Vesikattilaa lukuun ottamatta esitetyt arvot eivät ole tarkkoja, vaan niissä käytetään varmallalla puolella olevia lukuarvoja. Kun nämä tehojen arvot lasketaan yhteen, saadaan kokonaistehoksi 58,4 kW. Kokonaistehossa on otettava huomioon myös hallissa käytettävät työkalut ja muut sähkölaitteet, joten kohteeseen valitaan hieman suuremmat pääsulakkeet.

2.8.3 pääsulakkeiden laskelma

Kokonaistehon ollessa tiedossa, voidaan jatkaa pääsulakkeiden mitoitusta käyttämällä aikaisempia kaavoja (Kaava 12. ja Kaava 13.). Näennäistehon laskemiseksi on ensin määriteltävä tasauskerroin k_1 , tehokerroin $\cos \varphi$, ja kasvukerroin g . Laskentaan käytettävien kertoimien arvot ovat:

- $\cos \varphi = 0,8$
- $g = 1,3$

- $k_1 = 0,6$

Arvot ovat muuten vakiot, mutta kasvukerroin on muutettavissa. Sen arvo muutetaan, jos halutaan suorittaa tarkemmat laskennat, mutta tässä tapauksessa käytetään arvoa 1,3, koska sillä saadaan järkevin arvo.

Näiden arvojen jälkeen saadaan näennäistehoksi:

$$S = \frac{58,4 \text{ kW}}{0,8} * 0,6 * 1,3 = 56,94 \text{ kVA}$$

Kun näennäisteho on laskettu, voidaan laskea piirille suunniteltu virta I_B . Suunnitelluksi virraksi saadaan:

$$I_B = \frac{56,94 \text{ kVA}}{\sqrt{3} * 0,4 \text{ kV}} \approx 82,19 \text{ A}$$

Kun tiedetään piirin suunniteltu virta, voidaan kaavan (Kaava 2.) ehtojen mukaisesti valita oikea sulakekoko. Kaavan mukaan suunnitellun virran I_B täytyy olla pienempi kuin suojalaitteen mitoitusvirta I_n . Tämä tarkoittaa sitä, että sulakekoon on oltava mitoitusvirtaa suurempi. Pääsulakkeet valitaan tämän ehdon mukaisesti standardissa SFS 6000-5-52 taulukon Y.52.1 (Taulukko 3.) mukaisesti.

Taulukko 3. Johtimien kuormitettavuuden minimiarvot erilaisilla sulakkeen nimellisarvoilla. (SFS 6000-5-52:2017, s. 76)

gG tyyppisen sulakkeen nimellisvirta A	Johtien kuormitettavuuden minimiarvo A
6	8
10	13,5
16	18
20	22
25	28
32	35
35	39
40	44
50	55
63	70
80	88
100	110
125	138
160	177
200	221
250	276
315	348
400	441
500	552
630	695
800	883

Taulukon mukaan pääsulakkeiden kooksi saadaan 80 A, joka on tarkkaan mitoitettu koko. Tulevaisuuden kannalta ja laajennusta varten valitaan tässä tapauksessa 100 A pääsulakkeet. Tällä myös mahdollistetaan rakennuksen käyttötarkoituksen muuttuminen vaihtamatta liittymisjohtoa.

3 Lämmitys

3.1 Lämmityksen valinta

Koska kohde sisältää monta eri tilaa, joilla on omat käyttötarkoituksensa, on lämmityksen valinta mietittävä tarkkaan. Kohteen rakennuttaja ja tämän opinnäytetyön tilaaja on esittänyt rakennukselle kahta eri lämmitysvaihtoehtoa. Tämän rakennuksen kohdalla

valitaan lämmitysmuodoksi ilma-vesilämpöpumppu, koska se on ainoa ja edullisin vaihtoehto. Maalämpöpumppu olisi myös mainio lämmitysvaihtoehto, mutta rakennus sijaitsee pohjavesialueella, jolloin maalämmön käyttö ei ole mahdollista. Ulkoyksiköitä pitää asentaa kaksi, koska yksi yksikkö ei riitä koko rakennukseen. Yläkertaan ei saada asennettua putkia, joten yläkerran toimistoihin asennetaan tavalliset sähköpatterit, taukotilaan ilmalämpöpumppu ja WC-tilaan lattialämmitys, jonka termostaatti integroidaan KNX-järjestelmään. Rakennuksen toimistot ja taukotila lämmitetään eri tavoin, koska kohteessa halutaan testata eri lämmitystapojen kulutusta. Patterit ovat niin sanotusti "optiona" ja niitä saadaan mitattua erikseen ilmalämpöpumpun rinnalla. Toimistossa kävellään kengät jalassa, joten lattialämmitys ei ole tarpeen. Ilma-vesilämpöpumpun valintaan vaikuttaa sen hyötysuhde. Ilmalämpöpumppu tarjoaa lämmityksen lisäksi myös tilojen viilennysmahdollisuuden.

3.2 Ilma-vesilämpöpumpun toiminta

Ilma-vesilämpöpumppu toimii lähes samalla tavalla kuin tavallinen ilmalämpöpumppu, eli se ottaa lämpöenergiaa ulkoilmasta ja muuttaa sen sisätilan lämmitykseen. Ilma-vesilämpöpumppua voidaan käyttää lämmityksen lisäksi myös veden lämmitykseen. Ilma-vesilämpöpumppuja on kahta eri tyyppiä; split- ja monoblock-laite. Split-laite toimii samalla tavalla kuin ilmalämpöpumppu. Sillä on ulko- ja sisäyksikkö, joiden välillä kylmäaine kiertää. Monoblock-laitteessa molempien yksiköiden tekniikka sijaitsee ulkoyksikössä, jossa kiertää vain varaajan vesi. (Motiva Oy, 2021) Suunniteltavaan kohteeseen valitaan split-laite.

3.2.1 Mitoitusperiaate

Lähtökohtina laskennalle ja pumpun valinnalle ovat kohteen vuotuinen huipputehontarve ja energiankulutus. Ilma-vesilämpöpumpun valinnassa on otettava huomioon myös lämpötilat, sillä ilma-vesilämpöpumppu antaa tehoa 50 % vähemmän -20 asteen pakkasella kuin +7 asteessa. Jos lämmitysverkkoon menevä menoveden lämpötila on korkea, niin se heikentää pumpun hyötysuhdetta ja antotehoa. Sitä on siis järkevämpää käyttää lattialämmitykseen patterilämmityksen sijaan, koska silloin päästään paremmalla hyötysuhteella. (Motiva Oy, 2021)

4 Valaistus ja sen ohjaus

4.1 Valaistuksen suunnittelu

Lähtökohtana rakennuksen valaistuksen suunnittelulle on miettiä mihin hallin eri tiloja tullaan käyttämään ja minkä tyyppisiä valaisimia kohteeseen halutaan. Rakennus toimii työtilana, varastona, toimistona ja tilana, jossa asiakkailta on mukava olla. Tässä tapauksessa toimiston puolelle asennetaan design-valaisimia, led-nauhoja ja led-spotteja. Muihin tiloihin asennetaan tavallisia led-teollisuusvalaisimia. Suunnittelua vaikeuttaa se, että ei tiedetä, millä valaisimien ohjaus tullaan toteuttamaan. Ensiksi täytyy miettiä, toteutetaanko ohjaus DALI-järjestelmällä tai muulla, kuten esimerkiksi KNX:llä. Tai miksei sitten molemmilla?

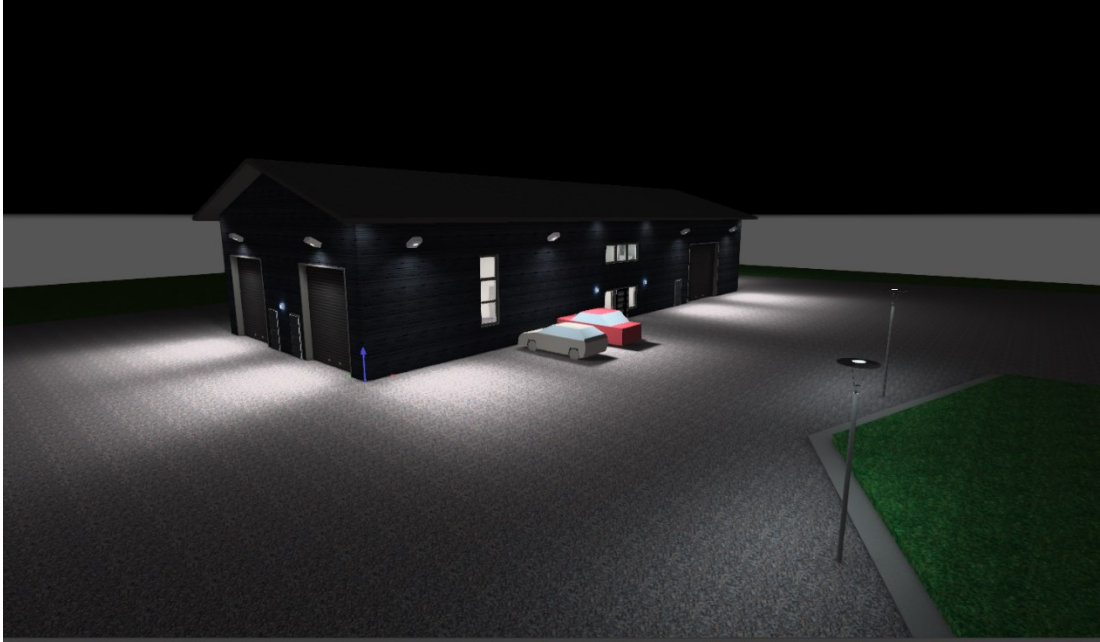
4.2 Dialux 10

Tämän opinnäytetyön tapauksessa käytetään valaistuksen suunnitteluun Dialux Evo 10 -nimistä suunnitteluohjelmaa. Dialux Evo on 3D-suunnitteluohjelma, jolla saadaan luotua kolmiulotteinen malli ja realistiset kuvat mistä tahansa rakennuksesta. Kuvat antavat visuaalisen havainnollistuksen siitä miltä huoneiden valaistus näyttäisi oikeasti. Samalla voidaan numeerisesti mitata kuinka paljon tehoa valaisimet kuluttavat ja kuinka hyvin huoneet valaistuvat milläkin kirkkaudella tai värilämpötiloilla. Ohjelmalla voidaan siis faktoihin perustuen määrittää ja mallintaa kuhunkin tilaan käyttöön liittyen ohjearvojen mukainen valaistus, jotka löytyvät standardista SFS-EN 12464-1.

Ohjelmasta voidaan tulostaa dokumentit, joista nähdään valaisimen kulutus ja kirkkaudet. Ohjelmalla luodut dokumentit löytyvät liitteestä (Liite 4.) eteenpäin. Kyseiset dokumentit koskevat vain osaa tiloista, eli liitteistä näkyvät vain taukotilan, varaston ja osan toimistoista. Kun verrataan saatuja tuloksia sisävalaistusstandardin SFS-EN 12464-1 taulukkoon (Liite 3.), niin tulokset vastaavat standardin arvoja.

Kuvasta (Kuva 1.) nähdään halli ja ulkovalot ja kuvasta (Kuva 2.) näkyy toisen kerroksen keittiö ja taukotila, joka yhdistää kerroksen toimistot ja WC-tilan.

Kuva 1. Hallirakennus



Kuva 2. Taukotila



4.3 DALI

4.3.1 Yleiskuvaus

DALI (Digital Adressable Lighting Interface) on standardoitu digitaalinen valonohjaus protokolla. Järjestelmän ovat kehittäneet Helvar, Tridnic, Philips ja Osram, jotka ovat Euroopan johtavia EL-liitäntälaitteiden valmistajia. (Fagerhult, 2020)

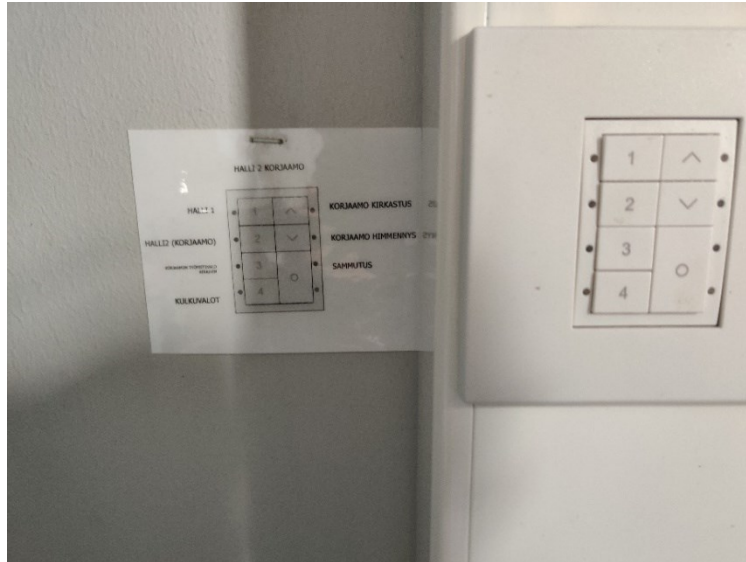
DALI-järjestelmän osoitteellinen digitaaliohjaus toimii 2-napaisella kaapeloinnilla eli väylänä. Se eroaa KNX-järjestelmästä ja muista väyläohjaus järjestelmistä niin, että DALI-järjestelmässä väylään ei tarvitse käyttää erillistä kaapelia. Esimerkiksi, kun normaalisti käytettäisiin valaisimen kytkentään 3x1,5 asennuskaapelia, niin DALI-järjestelmässä kaikki kytketään 5x1,5 asennuskaapelilla, jossa vaiheita L2 ja L3 käytetään väyläjohtimina DALI+ ja DALI-.

4.3.2 Komponentit

Koska DALI ei ole kohteen keskeisin järjestelmä, sitä varten ei tarvita niin paljoa komponentteja verrattuna KNX-järjestelmää. Tässä opinnäytetyössä suunniteltava rakennus on mahdollista toteuttaa niin, että kaikkia kohteen valaisimia ohjataan DALI-laitteilla. Poikkeuksellisesti vain kohteen korkeat tilat, eli varastot ja korjaamo, toteutetaan tällä järjestelmällä. Valaisimien ohjaus toteutetaan tavallisella näppäimistöllä (Kuva 3.), johon saadaan valittua mitä mikäkin painike tekee. Tarkemmin ilmaistuna jokaiselle painikkeelle saadaan määriteltyä syttyvät valot ja haluttu kirkkaus. Näitä näppäimistöjä asennetaan jokaisen sisäänkäynnin viereen, jotta samat valaisimet voidaan syyttää tai sammuttaa mistä tahansa.

Jotta näppäimistön tiedot saadaan valaisimille, sitä varten tarvitaan sisääntuloyksikkö. Tätä varten valitaan valaisimien ohjaukseen 942-sisääntuloyksikkö, jossa on 8 vapaata potentiaalivapaata sisääntuloa, joihin saadaan liitettyä ulkoisia kytkimiä tai antureita. (Helvar, 2020, s. 75)

Kuva 3. Näppäimistö Digidim ja tilanneohje.



Pelkällä näppäimistöllä ja sisääntuloyksiköillä ei saa ohjelmoitua tilanteita, joten tätä varten on mietittävä mitä komponentteja keskuksen puolelle tarvitaan. DALI-väylän aikaansaamiseksi tarvitaan tehonlähde tai reititin, jolla saadaan kaksi väylää. Näihin kumpaankin saadaan yhdistettyä ja ohjelmoitua 64 DALI-ohjaavaa ja/tai -ohjattavaa laitetta. Tähän tarkoitukseen valitaan 910-reititin (Kuva 4.). Laitte toimii erillisenä tai se voidaan yhdistää laajempaan Helvar DALI-järjestelmään Ethernet-verkon kautta. Tällä mahdollistetaan monipuolisemman järjestelmän rakentaminen. (Helvar, 2020, s. 47)

Kuva 4. Helvarin 910 reititin (Helvar, 2020, s. 47)



Vaikka tässä vaiheessa on jo selvää, miten valaistuksien ohjaus toteutetaan hallin eri tiloissa, koituu ongelmaksi toimiston sisustusvalojen himmennys, joka tarvitsee muuntajan. Jotta valojen himmennys saadaan toteutettua KNX-järjestelmällä, tulee kohteeseen asentaa juuri siihen tarkoitettut valaisimet. Tämä tarkoittaa, ettei tilaajan ostamia valaisimia voida käyttää. Tätä varten joudutaan käyttämään DALI-muuntajia ja niille KNX/DALI-ohjainta (Kuva 5.). Laitteen toiminta perustuu siihen, että ohjain yhdistetään KNX-väylään ja ohjain muuttaa signaalin DALI-väyläksi.

Kuva 5. DG/S1.64.5.1 (ABB, n.d.)



4.4 KNX

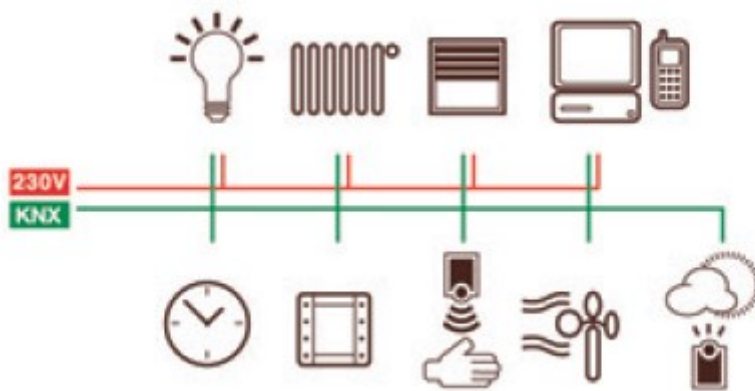
4.4.1 Yleiskuvaus

KNX on avoin ja maailmanlaajuinen standardi, joka on tarkoitettu kiinteistöjen ja kotien ohjaukseen. KNX on myös maailman yleisin automaattoratkaisu. Avoin standardi tarkoittaa sitä, että siihen perustuva tekniikka on hyödyksi kaikille rakennusprojektien osapuolille: sähkölaitevalmistajille, urakoitsijoille, suunnittelijoille ja rakennusten omistajille, eli käyttäjille. (Härkönen, 2019, s. 11)

KNX on väyläpohjainen järjestelmä, jossa voidaan ohjata sähköjärjestelmiä erilaisilla painikkeilla, tutkilla tai antureilla. Näitä järjestelmiä ovat esimerkiksi valaistus- ja turva, ilmastointi-, lämmitys-, ja jäähdytysjärjestelmät.

KNX poikkeaa tavallisista sähköasennuksista. Ohjauksyksiköiden ja virtalähteen välillä ei ole kovan sähkön kiinteää yhteyttä, eli kytkintä ei asenneta suoraan valaisimeen (Kuva 6.). Sen sijaan kaikki laitteet asennetaan väylään, joka toimii 29 voltilla ja kaikki järjestelmän laitteet voidaan ohjelmoida samalla ohjelmalla. Tämä mahdollistaa joustavan ja helpon asennuksen, eli muutokset voidaan suorittaa helposti muuttamatta kaapelointia. (MyKNX, 2018)

Kuva 6. Erillinen kaapelointi ohjauksille ja tehon syötölle. (Härkönen, 2019, s. 16)



4.4.2 Komponentit

Jotta rakennuksen laitteet saadaan kommunikoidaan keskenään, niin sitä varten tarvitaan useita keskuksen asennettavia yksiköitä. Nämä laitteet kytketään KNX-väylään ja niiden tarkoitus on ohjata niihin kytkettyjä antureita, valaisimia tai muita laitteita. On tärkeää muistaa, että jokaiselle laitetypille sopii vain tietynlainen yksikkö. Kohteeseen halutaan siis yksiköt valaistuksille, turvalaitteille, lämmitykselle sekä energiankulunvalvonnalle.

Valaistuksille on otettava käyttöön useita toimilaitteita, jotka koostuvat kahdesta erilaisesta yksiköstä. Nämä yksiköt ovat himmenninyksikkö UD/S6.210.2.1 ja releyksikkö SA/S B.16.5.2. Valaistuksen lisäksi on myös saatava ohjattua kohteen verhoja. Näiden ohjaus saadaan tehtyä niille tarkoitettulla toimilaitteella, joka on JRA/S 2.230.5.1 (Kuva 7.).

Kuva 7. VC/S4.2.1 (ABBb, n.d.)



Lämmitystä varten on käytettävä yksiköitä, joilla ohjataan venttiileitä tai lattialämmitystä. Näiden ohjauksen varten tarvitaan VC/S4.2.1. Yksikössä on neljä kanavaa, joilla saadaan ohjattua mitä tahansa lämmitykseen tai viilennykseen tarkoitettua laitetta.

Kohteeseen tullaan asentamaan erillisiä kulunvalvonnan laitteita ja palohälyttimiä, joita ei kytketä suoraan väylään. Tätä varten tarvitaan yksiköt, joilla saadaan luettua näiden tietoja. Ensimmäisenä tarvitaan I/O-yksikkö UK/S32.2, jolla saadaan määritettyä 32 eri painiketta tai anturia tuloksi tai lähdöksi. Tämän lisäksi tarvitaan erillinen UPS-akku AM/S 12.1, joka toimii samaan aikaan 12 V DC virtalähteenä. Jotta turvalaitteiden tiedot saadaan eteenpäin, niin tarvitaan turvapääte MT/S 4.12.2.M.

Energianvalvonnalle tarvitaan Energia-analysointilaite QA/S1.16.1, jota voidaan käyttää sähkön tai veden kulutustietojen keräämiseen. Tämän lisäksi tarvitaan yksikkö, joka lähettää nämä tiedot eteenpäin. Tähän voidaan ottaa käyttöön mittariyksikkö ZS/S1.1.

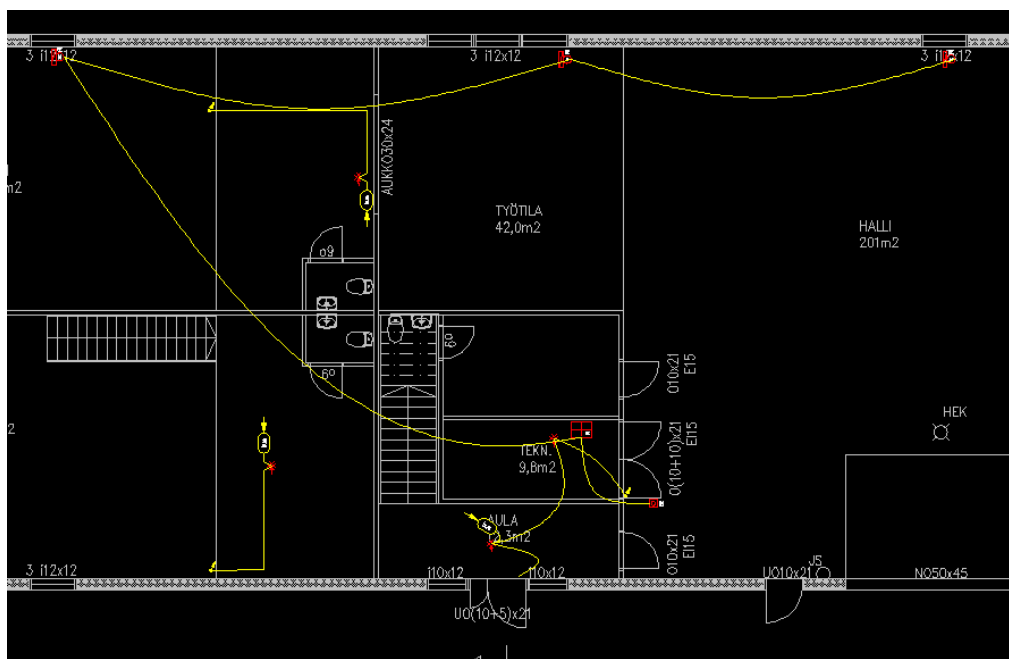
5 Turvallisuus

5.1 Savunpoisto

Savunpoistoa varten otetaan käyttöön Keraventin oma savunpoistojärjestelmä, johon kuuluvat keskus, painonapit ja ikkunoilla sijaitsevat avaajalaitteet. Kohteen varasto- ja korjaamotiloissa käytetään paloherkkiä kemikaaleja ja muita työkaluja, jotka voivat aiheuttaa tulipalon. Tällaisessa tilanteessa on tärkeää, että kohteeseen asennetaan savunpoistojärjestelmä ja palohälyttimet ovat omassa järjestelmässään. Palohälyttimiä käsitellään tämän opinnäytetyön kohdassa 5.2. Palotilanteissa savunpoistolaitteet pitävät poistumistiet vapaana savusta. Järjestelmän automatiikka ohjaa siis savunpoistoluukkuja, jotka ovat laadittu suunnitelman mukaan. Automatiikassa on itsenäinen virransyöttö, joka on valmiustilassa 72 tuntia verkkovirran ollessa pois tulipalon sattuessa. (Keravent, 2021)

Suunniteltavan kohteen savunpoistossa ei tarvitse ottaa mitään muuta huomioon kuin luukkujen määrä, jota tarvitaan osana kokonaiskuormituksen ja reittien määrittämistä. Painikkeiden määrä vaikuttaa siihen, kuinka monta laukaisulinjaa tarvitaan keskukseseen. Järjestelmän kaapelointi toteutetaan palon kestäväällä FRHF 5x1,5S asennuskaapelilla sekä 4x2x0,8 instrumentointikaapelilla ja kaapelien veto toteutetaan kuvan (Kuva 8.) mukaisesti.

Kuva 8. Savunpoiston kaapelointi.

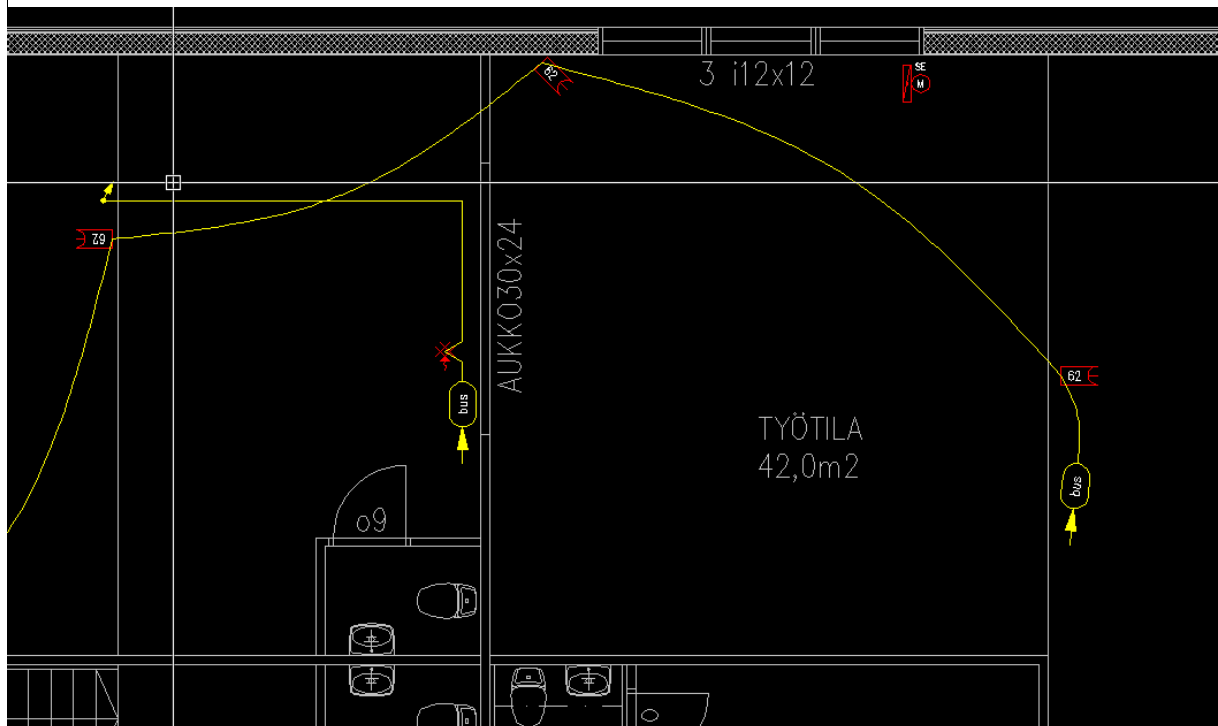


5.2 Kulunvalvonta ja palohälyttimet

Kulunvalvonta ja palohälyttimet toteutetaan molemmat väyläkytkennällä eli kaikki laitteet kytketään kentällä rinnan. Toinen mahdollinen toteutustapa on Prodexin FIREscape-paloturvallisuusjärjestelmä, jonka toiminto perustuu siihen, että kaikki laitteet kytketään väylään. Kytkettäviä laitteita ovat varoittimet, summerit ja poistumistiemerkit. Tätä järjestelmää ei suunniteltavan kohteen tapauksessa käytetä, joten sen toimintaa ja periaatteita ei käsitellä tässä raportissa. Järjestelmän hylkäyksen perusteena on, että sitä ei saa integroitua KNX-järjestelmään, joka on kohteen keskeinen järjestelmä.

Edellisen kappaleen mukaisin perustein kohteen paloturvallisuusjärjestelmä suunnitellaan sellaisilla laitteilla, jotka saadaan helposti integroitua KNX-väylään. Näiden laitteiden kaapelointi toteutetaan suunnitelman (Kuva 9.) mukaisesti MHS 3x2x0,5 instrumentointikaapelilla ja laitteiden toinen pää kytketään teknisessä tilassa sijaitseviin KNX-väylälaitteisiin, joista kerrotaan tarkemmin tämän raportin kohdassa 4.4.2.

Kuva 9. Palohälyttimet ja liikeilmaisimet 1.krs.



6 Yhteenveto

Opinnäytetyön tavoitteena oli luoda tilaajalle sähkösuunnitelma, jonka avulla tilaaja voi toteuttaa uuden toimipisteen sähköistyksen. Kuvat saatiin piirrettyä ja ovat nähtävillä liitteessä (Liite 6.). Hallin sähköistys tuli valmiiksi ja lopputuloksena yrityksen käytössä on nyt uusi toimipiste. Työ on tietysti vielä hieman kesken muutosten takia, mutta silti onnistunut.

Työn toteutus kokonaisuudessaan oli haastava. Suunnittelua vaikeutti se, ettei työn tilaajalla ollut vielä täysin tiedossa, mitä järjestelmiä kohteeseen halutaan ja piirustusten tekoa vaikeutti oma suunnittelukokemattomuus. Haasteina oli työn teossa itse ohjelmien toimintojen opettelu ja miten Cadmatic tai Dialux Evo 10 toimii, sillä näiden ohjelmien käyttöä ei käyty koulussa niin syventävästi.

Lähteet

ABB. (n.d.). *DG/S1.64.5.1*. Noudettu osoitteesta

<https://new.abb.com/products/fi/2CDG110273R0011/dg-s1-64-5-1>

ABBb. (n.d.). *VC/S4.2.1*. Noudettu osoitteesta

<https://new.abb.com/products/2CDG110217R0011/vc-s4-2-1>

Ensto. (2011). Noudettu osoitteesta Sisävalaistusstandardi SFS-EN 12464-1-2011:

<https://www.ensto.com/fi/materiaalit/suunnittelutyokalut/valaistusopas/sisavalaistussstandardi-sfs-en-12464-1-2011/>

Fagerhult. (2020). *DALI – standardisoitu digitaalinen valonohjausprotokolla*. Noudettu

osoitteesta <https://www.fagerhult.com/fi/valonohjaus/e-sense-customised/dali/>

Hakola, K. (2014). *Docplayer*. Noudettu osoitteesta <https://docplayer.fi/12251976->

[Johdonsuojakatkaisijat.html](https://docplayer.fi/12251976-Johdonsuojakatkaisijat.html)

Helvar. (2020). *Valaistuksenohjausjärjestelmät katalogi 2020*. Espoo: Helvar.

Härkönen, K. (2019). KNX-järjestelmän perusteet. *ST-käsikirja 23*. Sähköinfo Oy.

Keravent. (2021). Noudettu osoitteesta <https://www.keravent.fi/fi/keravent/>

Motiva Oy. (2021). *Ilma-vesilämpöpumppu*. Noudettu osoitteesta

https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/lampopumput/lampopumpputeknologiat/ilma-vesilampopumppu

MyKNX. (2018). *ETS 5 eCampus*. Noudettu osoitteesta

<https://wbt5.knx.org/mod/page/view.php?id=1>

SFS 6000-1. (2017). *Pienjännitesähköasennukset. osa 1: Peruseriaatteet, yleisten ominaisuuksien määrittely ja määritelmät*. SESKO ry.

SFS 6000-4-41. (2017). *Pienjännitesähköasennukset. Osa 4-41: Suojausmenetelmät. Suojaus sähköiskulta*. SESKO ry.

SFS 6000-5-52:2017. (2017). *Pienjännitesähköasennukset. Osa 5-52: Sähkölaitteiden valinta ja asentaminen. Johtojärjestelmät*. SESKO ry.

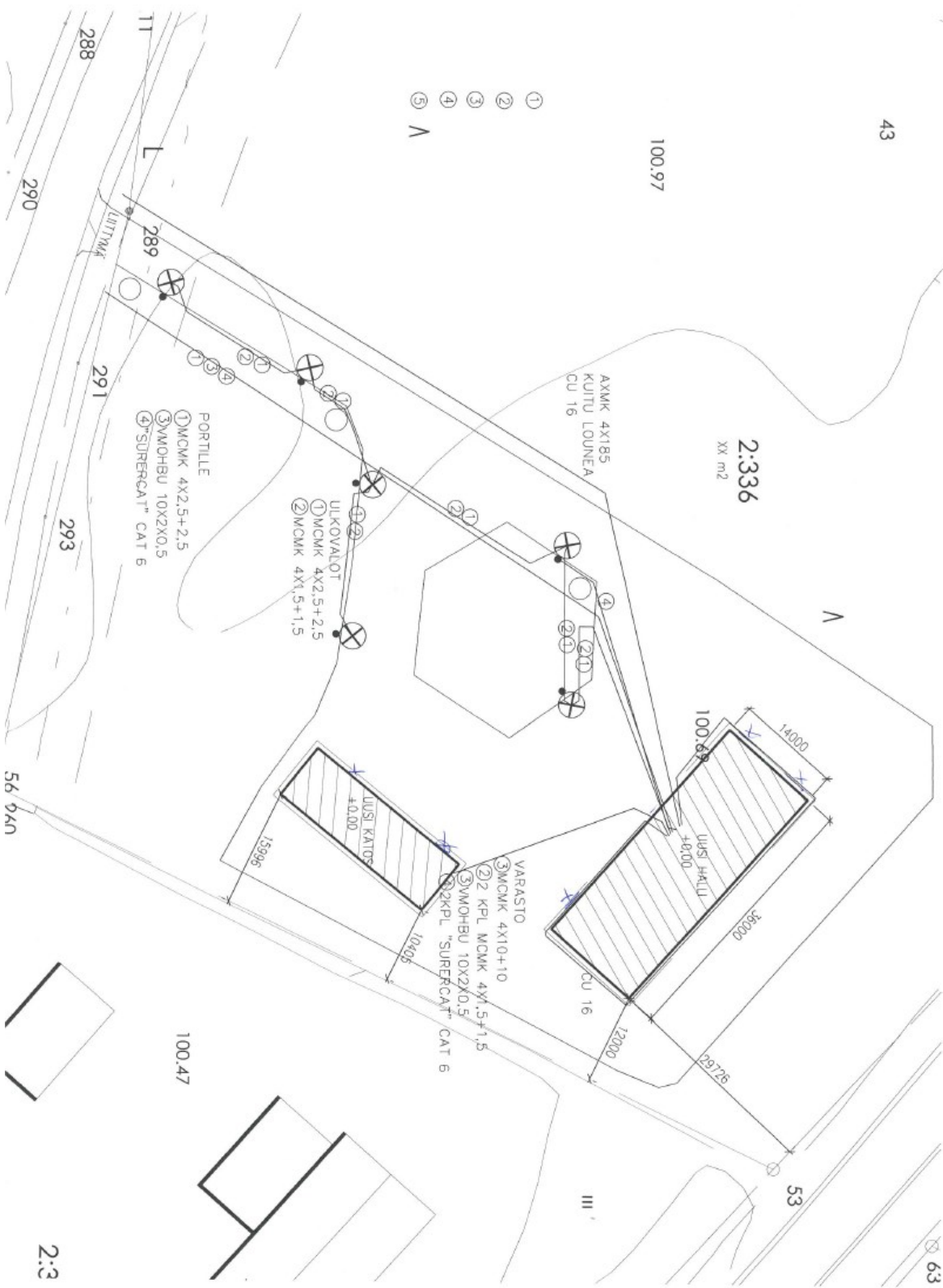
SFS 600-4-43. (2017). *Pienjännitesähköasennukset. Osa 4-43: Suojausmenetelmät. Ylivirtasuojaus*. SESKO ry.

Sähköinfo Oy. (2020). Rakennuksen sähköverkon ja pienjänniteliittymän mitoittaminen. *ST 13.31*. Sähkötieto Ry.

Tiainen, E. (2010). *Johdon mitoitus ja suojaus*. Espoo: Sähköinfo Oy.

Tiainen, E. (2017). *D1 Käsikirja rakennusten sähköasennuksista*. Espoo: Sähköinfo Oy.

Liite 1: Asemapiirustus



Liite 2: Korjauskertoimet (Tiainen, Johdon mitoitus ja suojaus, 2010, s. 53)

Ympäristön lämpötila °C	Korjauskertoimet johtimen eristeen mukaan	
	PVC	PEX ja EPR
10	1,15	1,11
15	1,10	1,07
20	1,05	1,04
25	1,00	1,00
30	0,94	0,96
35	0,88	0,92
40	0,82	0,88
45	0,75	0,84
50	0,67	0,79
55	0,58	0,73
60	0,47	0,68
65	-	0,62
70	-	0,56
75	-	0,48
80	-	0,39

Maan lämpötila °C	Korjauskertoimet johtimen eristeen mukaan	
	PVC	PEX ja EPR
0	1,13	1,10
5	1,09	1,06
10	1,05	1,03
15	1,00	1,00
20	0,95	0,96
25	0,90	0,93
30	0,85	0,89

Liite 3: Esimerkkejä eri tilojen valaistusvaatimuksista. (Ensto, 2011)

Tila	Valaistusvoimakkuus (lx)	UGR-indeksi	Tasaisuus $U_0(E_{min}/E_m)$	R _a -indeksi	Huom!
Liikennealueet ja käytävät	100	28	0,4	40	Lattiatasolta 150 lx, mikäli reitillä on ajoneuvoja
Portaikot, liukuportaat, liukukäytävät	100	25	0,4	40	
Hissit	100	25	0,4	40	Hissin edessä vähintään 200 lx
Lastausalueet	150	25	0,4	40	
Kahvihuoneet	200	22	0,4	80	
Talotekniset tilat	200	25	0,4	60	
Varastotilat	100	25	0,4	60	200 lx, jos työskentely on jatkuvaa
Elektroniikkapajat, testaus, säätö	1500	16	0,7	80	
Kuulamylyt ja sellutehtaat	200	25	0,4	80	
Toimisto, kirjoittaminen	500	19	0,6	80	
Kassa-alue	500	19	0,6	80	
Odotusaulat	200	22	0,4	80	
Keittiö	500	22	0,6	80	Keittiön ja ravintolan välillä tulisi olla sopeutumisvyöhyke.
Pysäköintialueet	75	-	0,4	40	Valaistusvoimakkuus lattiatasolta
Luokkahuoneet	300	19	0,6	80	Valaistuksen tulisi olla säädettävä
Auditorio	500	19	0,6	80	Valaistuksen tulisi olla säädettävä eri A/V-tilanteisiin

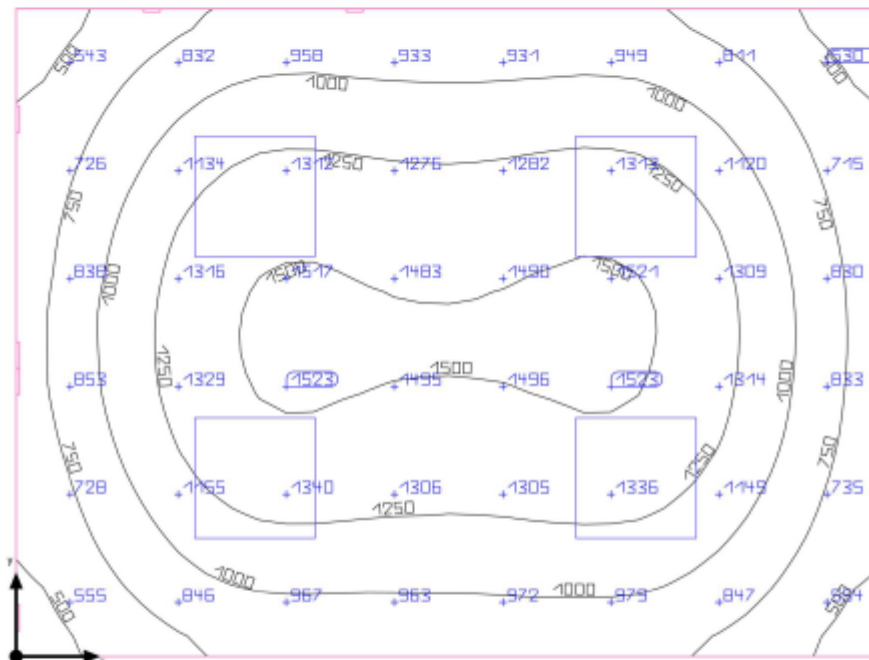
Liite 4: Dialux laskentatulokset

Halli Karpelin

DIALux

Rakennus 1 - Kerros 2 - Tila 11 (Valaistustilanne 1)

Yhteenveto



Halli Karpellin

DIALux

Rakennus 1 · Kerros 2 · Tila 11 (Valaistustilanne 1)

Yhteenveto

Tulokset

	Koko	Laskettu	Ohje	Kunnossa	Hakemisto
Käyttötaso	$E_{\text{valaistus}}$	1072 lx	≥ 500 lx	✓	WP11
	g_1	0.33	-	-	WP11
Kulutussuureet	Kulutus	390 kWh/a	maks. 450 kWh/a	✓	
Tila	Ominaisliitäntäteho	12.22 W/m ²	-	-	
		1.14 W/m ² /100 lx	-	-	

Käyttöprofiili: DIALux-esiasetus, Valko (toimisto)

Valaisinluettelo

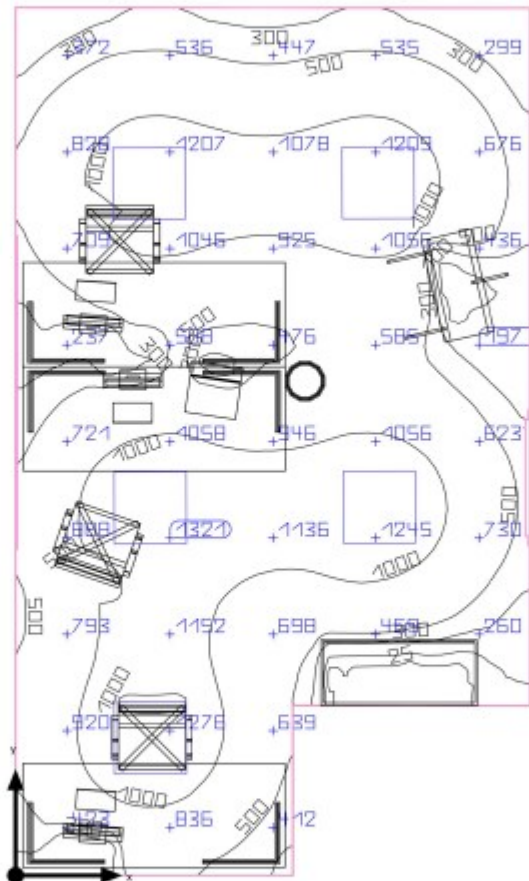
Kpl	Valmistaja	Tavaranimero	Tuotteen nimi	P	Φ	Valotehokkuus
4	FEILO SYLVANIA		Quadro UGR16 600x600 DALI 4600 LM 840 /0	35.7 W	4562 lm	127.8 lm/W

Halli Karpelin

DIALux

Rakennus 1 · Kerros 2 · Tila 14 (Valaistustilanne 1)

Yhteenveto



Pohjapinta-ala: 23.87 m² | Heijastussuhteet: Katto: 70.0 %, Seinät: 50.0 %, Lattia: 13.4 % | Alenemakertoin: 0.80 (yleiskäyttöinen) |
 Tilan vapaa korkeus: 2.300 m | Asennuskorkeus: 2.390 m

Halli Karpellin

DIALux

Rakennus 1 · Kerros 2 · Tila 14 (Valaistustilanne 1)

Yhteenveto

Tulokset

	Koko	Laskettu	Ohje	Kunnossa	Hakemisto
Käyttötaso	$E_{\text{kohtikuori}}$	736 lx	≥ 500 lx	✓	WP14
	g_1	0.000	-	-	WP14
Kulutussuureet	Kulutus	490 kWh/a	maks. 850 kWh/a	✓	
Tila	Ominaisliitäntäteho	7.48 W/m ²	-	-	
		1.02 W/m ² /100 lx	-	-	

Käyttöprofiili: DIALux-esiasetus, Valko (toimisto)

Valaisinluettelo

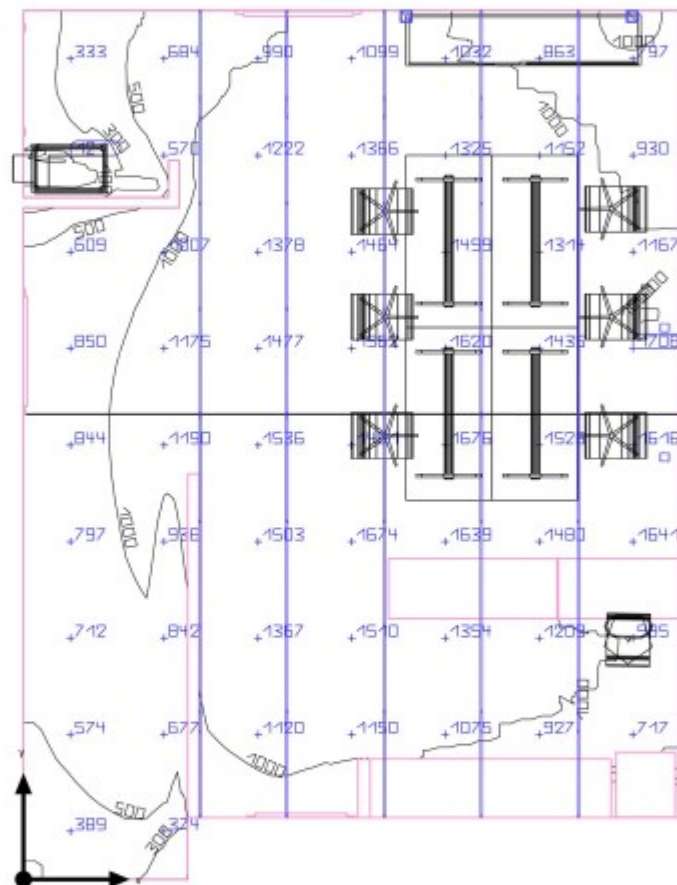
Kpl	Valmistaja	Tavaranimero	Tuotteen nimi	P	Φ	Valotehokkuus
5	FEILO SYLVANIA		Quadro UGR16 600x600 DALI 4600 LM 840 /0	35.7 W	4562 lm	127.8 lm/W

Halli Karppelin

DIALux

Rakennus 1 · Kerros 2 · Tila 17 (Valaistustilanne 1)

Yhteenveto



Pohjapinta-ala: 46.18 m² | Heijastussuhteet: Katto: 58.1 %, Seinät: 14.3 %, Lattia: 13.5 % | Alenemakerroin: 0.80 (yleiskäyttöinen) |
 Tilan vapaa korkeus: 2.922 m - 3.900 m | Asennuskorkeus: 1.962 m - 3.884 m

Halli Karpellin

DIALux

Rakennus 1 · Kerros 2 · Tila 17 (Valaistustilanne 1)

Yhteenveto

Tulokset

	Koko	Laskettu	Ohje	Kunnossa	Hakemisto
Käyttötaso	$E_{\text{soihtuosa}}$	1132 lx	≥ 500 lx	✓	WP17
	g_1	0.020	-	-	WP17
Kulutussuureet	Kulutus	2350 kWh/a	maks. 1650 kWh/a	✗	
Tila	Ominaisliitäntäteho	18.68 W/m ²	-	-	
		1.65 W/m ² /100 lx	-	-	

Käyttöprofiili: DIALux-esiasetus, Vakio (toimisto)

Valaisinluettelo

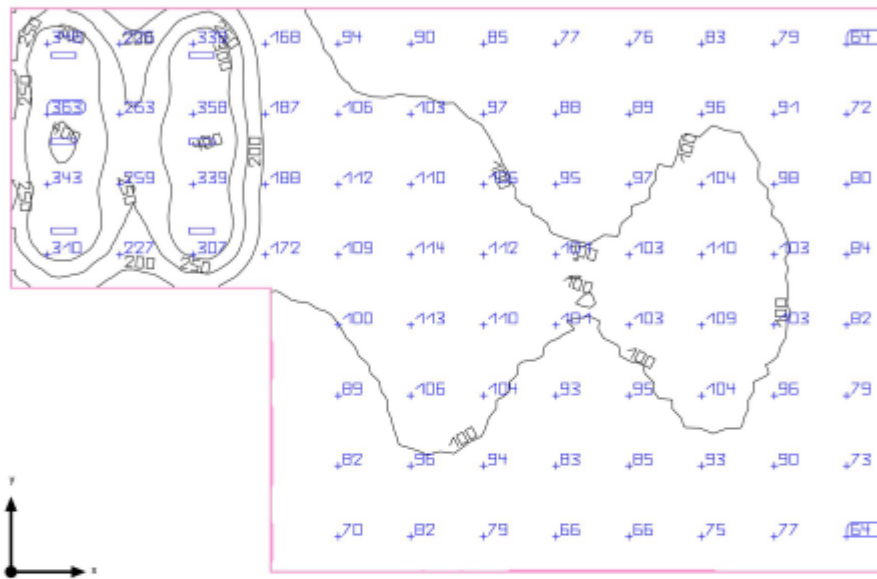
Kpl	Valmistaja	Tavaranimero	Tuotteen nimi	P	Φ	Valotehokkuus
20	FEILO SYLVANIA		START Flex 840 11750lm /0	16.9 W	2122 lm	125.6 lm/W
18	FEILO SYLVANIA		START Flex 840 11750lm /0	16.9 W	2341 lm	138.5 lm/W
2	FEILO SYLVANIA		START Flex 840 11750lm /0	16.9 W	2341 lm	138.5 lm/W
5	FEILO SYLVANIA		START Flex 840 11750lm /0	16.9 W	2341 lm	138.5 lm/W
2	SIMES	S.6650	MINILOFT WALL	35.0 W	402 lm	11.5 lm/W
2	SYLVANIA	3081029	INVERTO DIRECT NW ASYM BLACK	16.0 W	1612 lm	100.8 lm/W

Halli Karpelin

DIALux

Rakennus 1 · Kerros 1 · Tila 13 (Valaistustilanne 1)

Yhteenveto



Halli Karppelin

DIALux

Rakennus 1 · Kerros 1 · Tila 13 (Valaistustilanne 1)

Yhteenveto

Tulokset

	Koko	Laskettu	Ohje	Kunnossa	Hakemisto
Käyttötaso	Éiköhtisuus	126 lx	≥ 500 lx	✗	WP13
	g ₁	0.43	-	-	WP13
Kulutussuureet	Kulutus	[300 - 480] kWh/a	maks. 8300 kWh/a	✓	
Tila	Ominaisliitäntäteho	0.74 W/m ²	-	-	
		0.59 W/m ² /100 lx	-	-	

Käyttöprofiili: DIALux-esiasetus, Vakiö (toimisto)

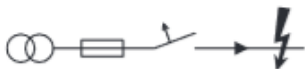
Valaisinluettelo

Kpl	Valmistaja	Tavaranimero	Tuotteen nimi	P	Φ	Valotehokkuus
6	Alpilux Oy	AMSL60	Monix Slim LED AMSL60	29.2 W	2834 lm	97.1 lm/W

Liite 5: Selektiivisyyden tarkistaminen. (Hakola, 2014, s. 9)

Selektiivisyys

Johdonsuojakatkaisijan ja sen etusulakkeen selektiivisyys oikosulkutapauksessa



Ylivirtasuojauksessa selektiivisyys saavutetaan, kun vikakohtaa lähinnä oleva suojalaite laukaisee ensin ilman, että edellä olevat suojalaitteet toimivat.

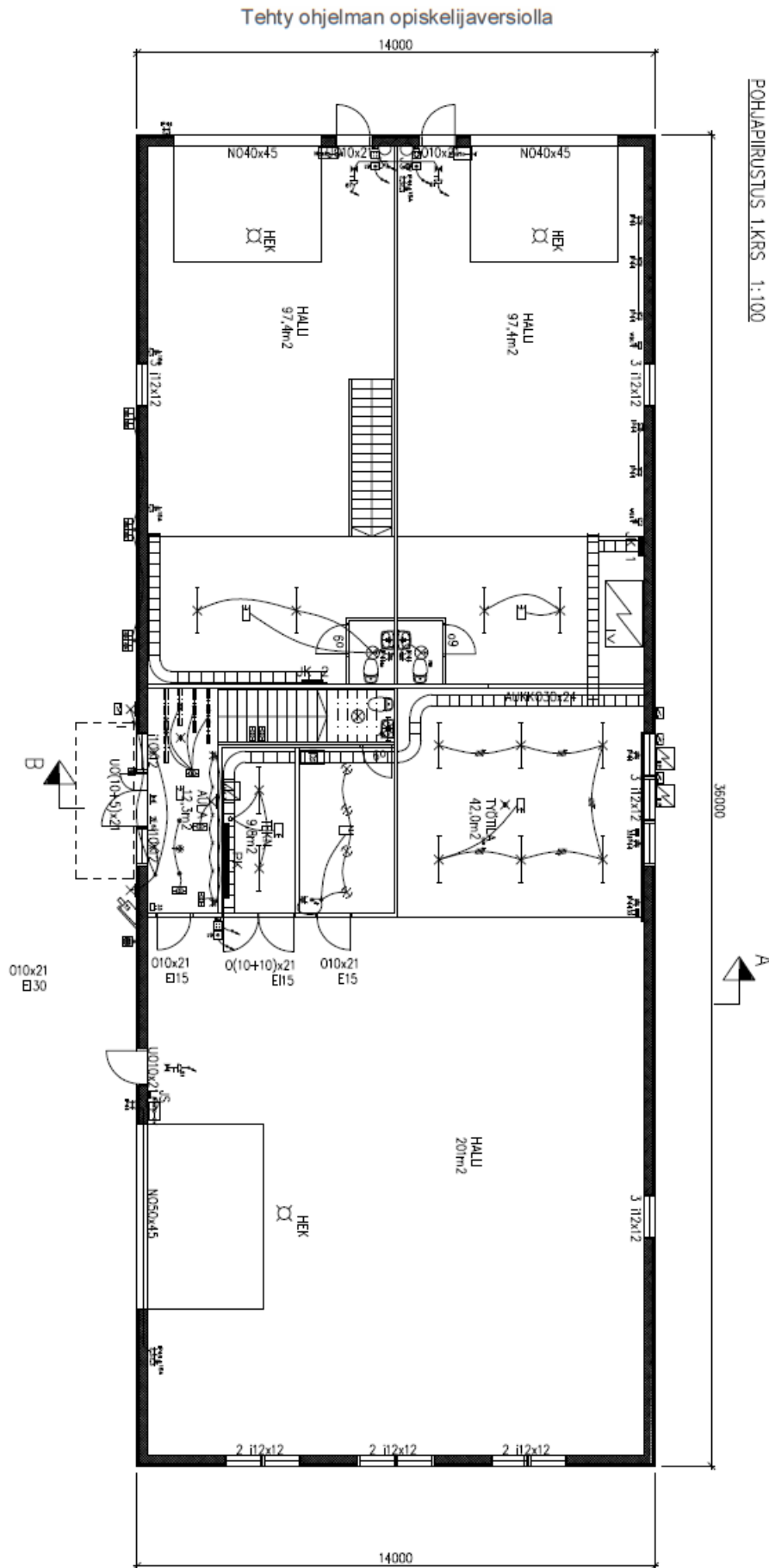
Ylivirtasuojauksen selektiivisyys määräytyy peräkkäin asennettujen johdonsuojakatkaisijoiden läpäisyarvojen I^2t mukaan (katso kaavio s. 703)

Oikosulkuselektiivisyys etusulakkeeseen nähden

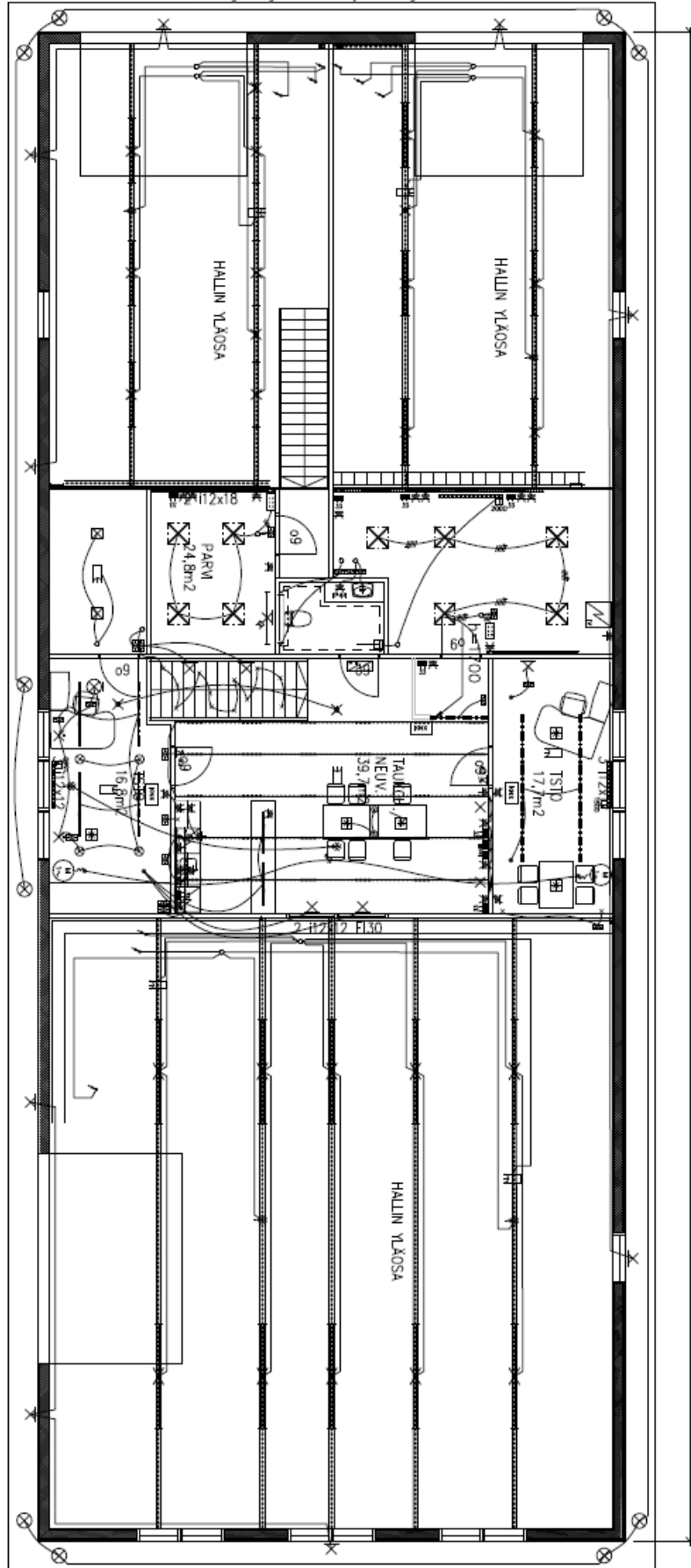
(Selektiivisyys on voimassa annettuihin oikosulkuvirtoihin kA asti)

Sarja	Nime lis- katk. kyky	I_n	Sulake gL / gl NH00									Sulake gL / gl Diazed						
			25 A	32 A	35 A	40 A	50 A	63 A	80 A	100 A	125A	160A	25 A	35 A	50 A	63 A	80 A	100 A
MBS MBN	6 kA	6 A	0,58	0,94	1,2	1,5	2,1	2,7	4	T	T	T	1,1	2,4	4,7	6	6	6
		10 A	0,5	0,8	1	1,2	1,7	2,2	3,1	T	T	T	0,9	1,7	3	6	6	6
		13 A	0,42	0,67	0,85	1,05	1,4	1,9	2,6	5,3	T	T	-	1,5	2,8	5,1	6	6
		16 A	0,42	0,67	0,85	1,05	1,4	1,9	2,6	5,3	T	T	-	1,4	2,6	4,9	5,8	6
		20 A	0,35	0,54	0,7	0,9	1,2	1,6	2,2	4,4	T	T	-	-	2,3	4,1	5	6
		25 A	-	0,54	0,7	0,9	1,2	1,6	2,2	4,4	T	T	-	-	2,1	3,8	4,1	6
		32 A	-	-	-	0,8	1,1	1,5	2	4	T	T	-	-	1,9	3,2	3,8	6
		40 A	-	-	-	-	1,1	1,5	2	4	T	T	-	-	-	2,8	3,1	5,8
		50 A	-	-	-	-	-	1,3	1,9	3,7	T	T	-	-	-	-	2,3	5,2
		63 A	-	-	-	-	-	1,9	3,7	T	T	-	-	-	-	-	4,3	
MCS MCN	6 kA	0,5 A	1,1	1,9	2,7	3,8	T	T	T	T	T	T	-	-	-	-	-	-
		1 A	0,85	1,4	1,8	2,5	4	5,5	T	T	T	T	-	-	-	-	-	-
		2 A	0,85	1,4	1,8	2,5	4	5,5	T	T	T	T	-	-	-	-	-	-
		3 A	0,68	1,1	1,4	1,8	2,7	3,8	5,6	T	T	T	-	-	-	-	-	-
		4 A	0,68	1,1	1,4	1,8	2,7	3,8	5,6	T	T	T	-	-	-	-	-	-
		6 A	0,58	0,94	1,2	1,5	2,1	2,7	4	T	T	T	1	2	4,5	6	6	6
		10 A	0,5	0,8	1	1,2	1,7	2,2	3,1	T	T	T	0,7	1,4	3,2	6	6	6
		13 A	0,42	0,67	0,85	1,05	1,4	1,9	2,6	5,3	T	T	-	1,1	2,6	4,8	5,7	6
		16 A	-	0,67	0,85	1,05	1,4	1,9	2,6	5,3	T	T	-	1	2,4	4,6	5,2	5,5
		20 A	-	-	0,7	0,9	1,2	1,6	2,2	4,4	T	T	-	-	2,1	4,4	4,8	5,5
		25 A	-	-	-	0,9	1,2	1,6	2,2	4,4	T	T	-	-	1,8	3,4	3,8	4,7
		32 A	-	-	-	-	-	1,5	6	4	T	T	-	-	-	2,8	3,5	4
		40 A	-	-	-	-	-	1,5	6	4	T	T	-	-	-	1,9	2,8	3,8
		50 A	-	-	-	-	-	-	6	3,7	T	T	-	-	-	-	-	3,5
63 A	-	-	-	-	-	-	6	3,7	T	T	-	-	-	-	-	-		

Liite 6: Pohjapiirustus 1. & 2.krs



Tehty ohjelman opiskelijaversiolla



POHJAPIIRUSTUS 2.KRS 1:100

36000