



Pienkiinteistön sähkösuunnitelma logiikkaohjauksella

Petri Hakala

OPINNÄYTETYÖ

Huhtikuu 2020

Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma

Automaatiotekniikka

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma
Automaatiotekniikka

HAKALA, PETRI:

Pienkiinteistön sähkösuunnitelma logiikkaohjauksella

Opinnäytetyö 60 sivua, joista liitteitä 5 sivua

Huhtikuu 2020

Opinnäytetyön tavoitteena oli omakotitalon sähköasennusten uusiminen ja lämmitysjärjestelmän parantaminen sekä lämmityksen automatisointi ohjelmoitavalla logiikalla. Työssä käsiteltiin omakotitalon sähkösuunnitteluun ja -asennukseen liittyviä lakimääräyksiä, joiden mukaan sähköjärjestelmien toteuttaminen ja muuttaminen on tehtävä. Työssä tutkittiin myös rakennusautomaatiojärjestelmien periaatteita ja laitteistoa sekä niiden suunnitteluun liittyviä asioita. Työn tavoitteena oli myös saada aikaan sähköjärjestelmää ohjaavan logiikan ohjelma.

Työssä käytettiin sähkösuunnitteluohjelmia, joilla piirrettiin järjestelmän sähkökuvat ja kytkentöihin liittyvät piirikaaviot. Sähköjärjestelmään liittyvään mitoituslaskentaan tarvittavia lähteitä saatiin SFS-standardeista. Näiden avulla saatiin laskettua asunnon sähköjärjestelmän vaatimat pääsulakkeet ja syöttöjohtimet sekä varmistettua laskemalla suunnitellun järjestelmän turvallinen ja määräysten mukainen toiminta. Ohjelmoitavan logiikan ohjaamiseen tarkoitettulla Soft Comfort -ohjelmalla saatiin kirjoitettua sähköjärjestelmän lämmityksen ja valaistuksen ohjaamiseen tarkoitettut ohjelmat.

Opinnäytetyön ohessa syntyneillä sähkökuvilla, piirikaavioilla ja logiikan ohjelmilla on tarkoitus tulevaisuudessa toteuttaa asunnon sähköistyksen uusiminen siihen vaadittavien lupien saamisen jälkeen.

ABSTRACT

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

HAKALA, PETRI:

Controlling the Electrics of a Building with a Programmable Logic Controller

Bachelor's thesis 60 pages, appendices 5 pages

April 2020

The aim of the thesis was to renew the electrical system of an old house and to improve the heating system, as well as to improve the automation of the heating by controlling it with a programmable logic controller.

The work included regulations and standards required by law related to electrical design and installation of electrical systems. These regulations define the construction and modification of electrical systems. Studying the principles and equipment of building automation systems was also part of the thesis. The aim of the work was also to be able to write a software program for the programmable logic controlling the electrical system.

Electrical design programs were used in the thesis to draw electrical diagrams of the system and circuit diagrams of the connections. SFS standards were used as sources for the calculations of the measurements concerning the electrical system. These were used to calculate the sizes of the main fuses and the supplying cables required for the electrical system of the apartment and to ensure the safe and proper operation of the planned system. The software used to write the programs controlling the heating and lighting of the electrical system controlled by the programmable logic was called Soft Comfort.

The electrical designs, the circuit diagrams and programs for the programmable logic made for the thesis are going to be used in the future to renew the electrical system after obtaining the required permits.

Key words: programmable logic controller, electrical engineering

SISÄLLYS

1. JOHDANTO.....	7
2 SÄHKÖSUUNNITTELU	9
2.1 Määräyksiä ja säännöstöjä.....	9
2.2 Mitoituslaskenta	13
2.3 Asunnon sähkösuunnittelu	16
2.4 Asunnon huippuvirta	19
2.5 Syöttöjohtimen mitoitus	20
2.6 Jännitteen alenema.....	21
2.7 Automaattinen poiskytkentä	22
3 RAKENNUSAUTOMAATIOJÄRJESTELMÄT	24
3.1 Automaatiojärjestelmän antureita	24
3.2 Rakennusautomaatiojärjestelmien käyttö	25
3.3 Määräykset ja standardit	27
3.4 Rakennusautomaatiojärjestelmät	28
3.5 Rakennusautomaatiojärjestelmien laitteisto	30
4 OHJELMOITAVA LOGIIKKA	32
4.1 Logiikan rakenne.....	32
4.2 Ohjelmointityökalu.....	34
4.3 Ohjauskytkennät	35
4.4 Lämmityksiä ohjaavat ohjelmat	38
4.5 Hälytysten ohjaus.....	45
4.6 Valaistuksen ohjaus	49
5 POHDINTA.....	53
6 LÄHTEET	55
7 LIITTEET	56
Liite 1. Kiinteistön lattialämmityksen sijoittelukuva.	56
Liite 2. Kiinteistön pistorasioiden ja valaistuksen sijoittelukuva.	56
Liite 3. Lämmityskuormien pudotuksen ohjaus.....	57
Liite 4. Valaistuksen ohjaus.	57
Liite 5. Lämmityskuormien pudotus.....	58
Liite 6. Lämmityskuormien ohjaus.	58
Liite 7. Lämmityksen ja hälytyksen ohjauksen ohjelmointia.	59
Liite 8. Valaistuksen ohjauksen ohjelmointia.	59

LYHENTEET JA TERMIT

4G	Neljännän sukupolven puhelinverkko (fourth generation)
AND	Ja-toimilohko
°C	Celsius-aste
CADS	sähkö- ja automaatio suunnittelun ohjelmisto
CMR2040	Logiikan kommunikointiyksikkö
CNT	Laskurilohkon tulo, johon tulevat signaalit lasketaan
COSφ	tehokerroin
DIR	Laskurilohkon tulo, jolla valitaan suunta (Direction)
EPLAN	sähkö- ja automaatio suunnittelun ohjelmisto
ETHERNET	Lähiverkkotekniikka
°F	Fahrenheit-aste
FBD	Toimilohkoilla tehtävä ohjelmointikieli (Function block diagram)
gG	Yleissulaketyyppi
GPS	Satelliittipaikannusjärjestelmä (Global Positioning System)
IEC	Kansainvälinen sähköalan standardointiorganisaatio (International Electrotechnical Commission)
I	virta, yksikkö ampeeri (A)
IP	Internetin tietoliikenneyhteyksien protokolla (Internet Protocol)
IP-luokka	Sähkölaitteen suojausluokka pölyä ja vettä vastaan
KNX	Avoin rakennusautomaatiostandardi
KTP400	Siemensin ohjauspaneeli
LAD	Tikapuukaaviolla tehtävä ohjelmointikieli (Ladder logic)
LOGO!	Siemensin ohjelmoitavan logiikan malli

MUX	Monituloinen toimilohko, jolla valitaan yksi lähtö
NTC	Vastus, jonka vastusarvo pienenee lämpötilan noustessa (Negative Temperature Coefficient)
OR	Tai-toimilohko
P	Teho, yksikkö watti (W)
PT100	Platinasta valmistettu lämpötila-anturi, jonka vastusarvo 0 °C:ssa on 100 Ω (Platinum 100)
PT1000	Platinasta valmistettu lämpötila-anturi, jonka vastusarvo 0 °C:ssa on 1000 Ω (Platinum 1000)
PTC	Vastus, jonka vastusarvo kasvaa lämpötilan noustessa (Positive Temperature Coefficient)
RTD	Lämpötila-anturi (Resistance Temperature Detector)
SFS	Suomen Standardisoimisliitto
ST	Sähkötieto
TDE	Tekstipohjainen ohjauspaneeli (text display)
TN-S	Sähkönjakelujärjestelmä, jossa on erillinen nolla- ja suojamaa
TRG	Relelohkon liipaisukäynnistys (Trigger)
U	Jännite, yksikkö voltti (V)
Z	Impedanssi, yksikkö ohmi (Ω)

1. JOHDANTO

Opinnäytetyö muodostui tarpeesta tehdä sähkösuunnitelma vanhan omakotitalon lämmitysjärjestelmän uusimiseksi ja järjestelmän käytettävyyden parantamiseksi. Asunnon nykyiset lämmityspatterit vaihdetaan lattialämmityskaapeleiksi paremman lämpömukavuuden vuoksi. Lämmityksen ohjaus toteutetaan ohjaimella asunnon lämmitystä ohjelmoitavalla logiikalla. Logiikalla toteutettavalla ohjauksella voidaan lisätä automatiikkaa ja parantaa asunnon energiatehokkuutta. Lämmitysjärjestelmän uusimisen lisäksi tarkoitus on uusia myös muu sähköistys, kuten valaistus ja pistorasiat. Näiden lisäksi sähköjärjestelmään lisätään tulevaisuudessa tarvittava sähköauton latauspistorasia.

Opinnäytetyössä on tarkoitus käydä läpi sähköasennuksiin liittyviä määräyksiä, joita täytyy huomioida jo sähkösuunnittelussakin. Sen lisäksi työssä on tarkoitus piirtää asunnon sähköistuksen suunnittelukuvat sähkösuunnitteluohjelmalla sekä tehdä sähköjärjestelmän suojaukseen ja mitoitukseen liittyviä laskelmia. Työn tavoitteena on myös tehdä ohjelmoitavan logiikan ohjelmat, joilla asunnon lämmityksen ja valaistuksen ohjaukset toteutetaan.

Työssä tehtävällä logiikan ohjauksella on tarkoitus lisätä lämmityksen automatiikkaa ja siten helpottaa asunnon kuluttaman kokonaissähkötehon vähentämistä. Tämä lisäisi asunnon energiatehokkuutta pienentyneen kulutuksen takia. Energian säästön lisäksi logiikan käytöllä ohjauksessa voidaan pienentää kiinteistön huipputehoa, lämmityksen aiheuttamien sähkökuormien vuorottelulla. Tällä voidaan vaikuttaa kiinteistön suojalaitteiden ja kaapeloinnin mitoitukseen. Lisäksi mahdollisia tulevaisuudessa kuukausittaisen huipputehon mukaan tehtäviä sähkölaskuja voidaan pienentää.

Opinnäytetyön ensimmäinen osa koostuu laissa annettujen sähköasennuksiin liittyvien määräysten ja standardien läpikäymisestä. Toisena osana työtä on sähkökuvien piirto ja sähköjärjestelmän mitoitukseen liittyvät laskelmat. Näillä selvitetään asunnon suojauksen eli pääsulakkeiden ja sähköjärjestelmää syöttävän kaapeloinnin koko sekä suojauksen riittävän nopean toiminnan toteutuminen.

Kolmantena osana työssä käydään läpi rakennusautomaatiojärjestelmiin liittyviä yleisiä periaatteita ja laitteita. Työn viimeisessä osassa esitellään ohjelmoitavan logiikan komponentteja. Lisäksi siinä käydään läpi lämmityksen ja valaistuksen ohjauksiin liittyviä kytkentöjä ja niiden piirikaavioita sekä logiikan ohjaamiseen tarkoitettuja ohjelmia.

Työssä käydään läpi ainoastaan asunnon sähköasennuksiin liittyvää suunnittelua ja varsinainen sähköasennus laitteistoinen ja logiikan hankinta on jätetty tulevien sähköasennusten tekemisen yhteyteen. Työn jatkuminen tulevaisuudessa liittyy koulutuksen mahdollistaman sähköpätevyyksien hankkimisen jälkeen toteutettavassa sähköasennuksissa.

2 SÄHKÖSUUNNITTELU

2.1 Määräyksiä ja säännöstöjä

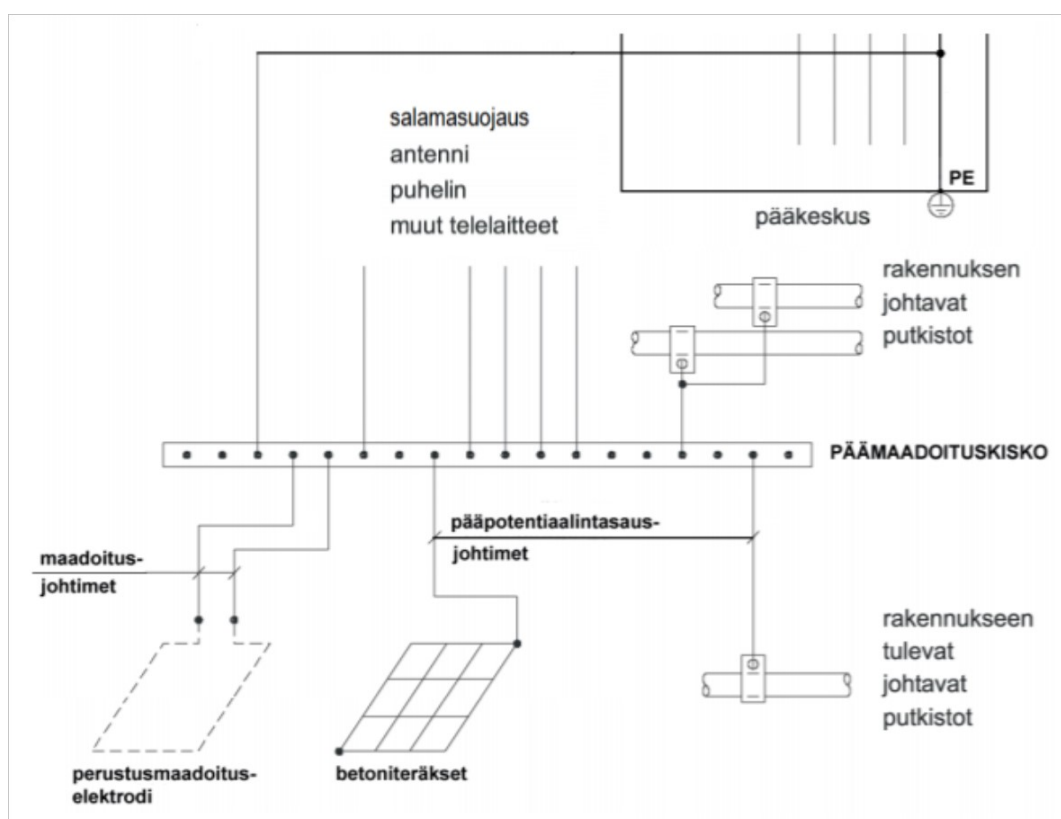
Pienkiinteistössä toteutettava sähkö saneerauksen määräykset riippuvat muutostöiden laajuudesta. Mikäli vanhaan asuntoon tehdään riittävän vähäisiä korjaus- ja muutostöitä, jolloin vanhojen sähköasennusten käyttötarkoitusta ei muuteta, voidaan asennukset tehdä korjaustöinä, jolloin sähköasennusten ei tarvitse noudattaa uusimpia sääntöjä vaan ne voidaan toteuttaa rakennuksen valmistumisen aikaan vallinneita sääntöjä noudattaen. (SFS 6000-8-802:2017, s.6)

Mikäli kuitenkin sähköasennukset ovat kuitenkin niin laajoja, ettei niitä katsota pelkiksi korjaustöiksi, täytyy vanhankin rakennuksen sähköjä uusiessa noudattaa nykyisiä, vallitsevia määräyksiä. Kyseisessä suunnitelmassa on tarkoitus vaihtaa olemassa olevat lämmityspatterit, pesutilojen lattialämmitystä lukuun ottamatta, lattialämmityskaapeleiksi. Tämän lisäksi on tarkoitus uusia vanhoja sähköasennuksia ajanmukaisemmiksi ja turvallisemmiksi. Koska tällaisessa tapauksessa tapahtuu lämmitysasennusten suhteen tietynlainen käyttötarkoituksen ja olosuhteiden muutos sekä muun sähköistyksen suhteen muutoksia, on sähköasennukset katsottava korjauksia suuremmiksi muutostöiksi ja tällöin asennusten yhteyteen vaaditaan vallitsevan standardin SFS 6000 mukaisia vaatimuksia suojausmenetelmistä. (SFS 6000-8-802:2017, s. 6)

Näihin suojausmenetelmiin kuuluu perussuojaus, jolla estetään kosketuksiin pääsy sähkölaitteiden jännitteisiin osiin. Perussuojaukseen kuuluu johtimien ja kaapeleiden kuorien eristykset ja sähkölaitteiden kansien ja koteloiden riittävän IP-luokituksen käyttäminen. (SFS 6000-4-41:2017, s. 6)

Lisäksi suojausmenetelmässä vaaditaan vikasuojauksia, joka useimmin toteutetaan syötön automaattisella poiskytkennällä. Vikasuojauksia voidaan myös toteuttaa lisäeristyksellä, käyttämällä sähkölaitteessa vaarattomampaa pienoisjännitettä tai suojaerotusmuuntajaa. (SFS 6000-4-41:2017, s. 6)

Vikasuojaukseen liittyy tärkeänä osana suojamaadoitus, johon kaikkien sähkökytkentöihin liittyvien laitteiden sähköä johtavat suojat ja kuoret, joista vikatilanteessa on mahdollista saada sähköisku, on asennettava kiinni. Tämä tehdään standardin SFS 6000-5-54 määräysten mukaisten johtojen kanssa, kytkemällä kunkin sähköryhmän maadoitusjohto keskuksen päämaadoituskiskoon (kuva 1). Tuomalla kaikki eri ryhmien suojamaadoitukset ja tämän lisäksi rakennuksessa olevat rakenteelliset sähköä johtavat osat (johtavat putkistot ja kanavat, raudoitukset ja rakennuksen ympärille vedetty maadoituselektrodi) samaan päämaadoituskiskoon, tasataan mahdollisia vaaralliseksi muodostuvia potentiaalieroja rakenteiden eri osien välille. (SFS 6000-4-41:2017, s. 7)

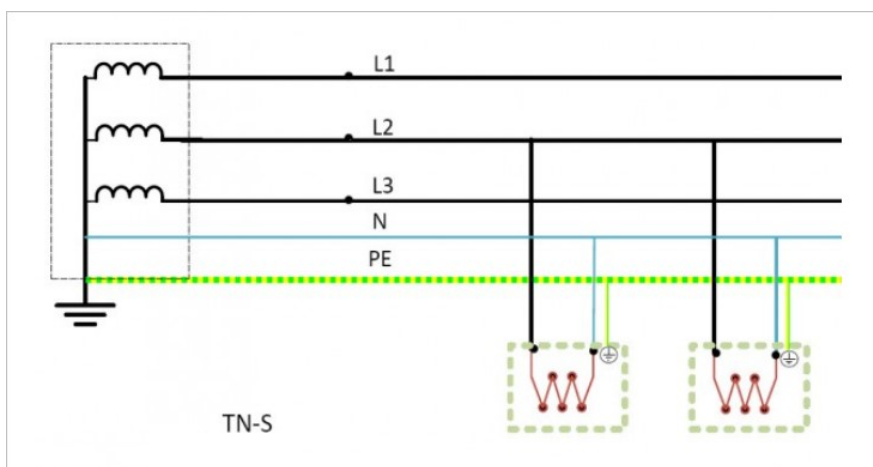


Kuva 1. Kiinteistön potentiaalintasaus (ST-kortti 53.21 2018).

Syötön automaattisella poiskytkennällä tarkoitetaan vikatilanteessa tapahtuvaa jännitteen katkaisua joko koko keskuksen tai yksittäisen sähköryhmän osalta kullekin osalla vaaditussa ajassa. Vikatilanteessa jännitteisen johtimen ja suojamaadoituksen välille syntyy oikosulku ja tämän oikosulun virran arvon on oltava kunkin tilanteen vaatimusten mukaisesti riittävän suuri, jotta suojaava laite, sulake tai

johdonsuoja-automaatti, pystyy toimimaan vaatimusten mukaisesti. Suojalaitteen toiminta ja sen poiskytkentään kuluva aika riippuvat suojattavan ryhmän rakenteesta, johdinkoosta ja johtimien pituudesta, sekä suojalaitteen tyypistä ja nimellisarvoista

Tavallisessa pienkiinteistöjen TN-S -sähköjärjestelmässä (kuva 2), jossa jännite on vaihe- ja nollajohtimen välillä 230 V, suojalaitteen poiskytkennän suurin sallittu aika on 0,4 s lukuun ottamatta keskusta syöttävien pääjohtojen tai yli 32 A:n virralla syötettäviä sähkölaitteita. Näissä sallittu enimmäisaika on 5 sekuntia. (SFS 6000-4-41:2017, s. 9)



Kuva 2. TN-S -järjestelmä (TAMK Talotekniikka 2020).

Perus- ja vikasuojauksen lisäksi suureen osaan sähköasennuksia vaaditaan lisäsuojana vikavirtasuojaa, jonka toimintavirta saa olla enintään 30 mA ja sen on nykyään oltava sekä vaihto- että tasasähkölle sopivaa mallia, A-tyyppiä. Vikavirtasuojasta ei tarvitse asentaa pistorasiaryhmään, joka syöttää tiettyä yksittäistä laitetta, jonka jännitteen katkaisu voi aiheuttaa haittaa, esimerkiksi jääkappi tai pakastin, saunan kiuasta tai jonka virta on yli 32 A. Asuinrakennuksen muut valaisin- ja pistorasiaryhmät sekä lämmityskaapelit vaativat vikavirtasuojan (ST-kortti 53.12, s. 6 - 7)

Sähköasennusten muutostyö kuten uudetkin sähköasennukset vaativat asennuksen ja laitteiston käyttöönottotarkastuksen tekemisen standardin SFS-600-6

mukaisesti. Tehtävät asennukset voidaan ottaa käyttöön, kun tarkastuksen jälkeen on varmistuttu, että ne ovat standardien mukaiset ja oikein tehty. Tarkastuksiin kuuluu jo asennustöiden tekovaiheessa havainnointi ja tarkastelu sekä sähköasennuksille tehtävät mittaukset niin jännitteettöminä kuin jännitteellisinä. Tarkastuksen tekijän täytyy myös omalta osaltaan täyttää lain vaatimat edellytykset tarkastusten tekemiseksi. Hänen on koulutukseltaan ja ammattitaidoltaan oltava tarpeeksi ammattitaitoinen ja tunnettava kyseisiin asioihin liittyvät lait, standardit ja määräykset. (ST-käsikirja 33, s. 9)

Havainnoimalla tehtäviin tarkastuksiin kuuluu muun muassa sähkö- ja palosuojauksen riittävyyden varmistaminen, laitteiston komponenttien oikeiden valintojen, sijoittelun ja asennuksen varmistaminen, laitteiston merkintöjen selkeyden varmistaminen ja maadoitusjärjestelmän oikeallisuuden ja riittävyyden varmistaminen. (ST-käsikirja 33, s. 11 - 13)

Käyttöönottotarkastuksen mittauksiin kuuluu jännitteettömänä tehtävinä maadoitusjärjestelmän ja – johtojen jatkuvuuden ja vastusarvon mittaaminen. Tällä mittauksella selvitetään, että suojajohtimet ovat kunnolla liitettynä maadoitusjärjestelmään eikä niillä ole liian suurta vastusta suojauksen oikean toiminnan varmistamiseksi vikatilanteessa. Jännitteettömänä mitataan myös eristysresistanssi, joka mitataan vaihe- sekä nollajohtimien ja maadoituksen väliltä. Mittauksessa järjestelmään syötetään nimellisjännitettä korkeampaa mittausjännitettä ja resistanssin riittävän suurella arvolla, yli 1,0 MΩ, varmistutaan johtavien reittien eristeiden riittävyys. (SFS 6000-6:2017, s. 9)

Lämmityskaapeleille tehdään erikseen jännitteettömänä vaihe- ja nollajohtimen väliltä silmukavastusarvo ja johtimien ja vaipan väliltä eristysvastusmittaus ennen ja jälkeen asennuksen. Mittauksilla todetaan vastusarvon säilyminen ja mahdolliset suojavaipan rikkoutumiset asennuksen aikana. (ST-käsikirja 33, s. 29)

Jännitteisenä tehtäviä mittauksia ovat automaattisen poiskytkennän tarkistus, jossa mitataan johtimien sekä ryhmän suojien eri kokoja kohti muutamasta koh-

dasta virtapiirien impedanssit ja oikosulkuvirrat ja todetaan annettujen taulukkoarvojen perusteella suojaehtojen täytyminen. Tämä asia tulee käsiteltävä tarkemmin kohdassa 2.7. (ST-käsikirja 33, s. 30)

2.2 Mitoituslaskenta

Asunnon syöttökaapelin mitoitusta varten täytyy ensimmäiseksi selvittää sähköjärjestelmän suojalaitteen eli pääsulakkeiden koko, joka riippuu asunnon sähkökuorman huipputehosta. Tämän lisäksi on selvitettävä asennusolosuhteiden vaikutus johtimen kokoon. Sen lisäksi lasketaan jännitteenalenema ja sen mahdollinen vaikutus johdinkokoon.

Asunnon huipputehon laskennassa on otettava huomioon eri lämmitys-, valaistus- ja käyttölaitteiden muodostamat kojekuormat. Lämmityskuormaan kuuluu sähkölämmityksen lisäksi saunan sähkökiuas ja sähköinen lämminvesivaraaja. Valaistukselle laskettava kuorma riippuu asunnon pinta-alasta. Neliömetriä kohden valaistuksen tehoksi lasketaan 10 wattia. Lisäksi tulee laskennassa ottaa huomioon asuntotyyppistä ja lämmitysmuodosta riippuva kodin sähkölaitteista muodostuva kojekuorma. (ST 13.31, s. 4)

Huipputeho saadaan laskettua edellisten kuormien avulla kaavalla:

$$P_h = P_{l\ddot{a}m} + P_{kk} + P_{val} + P_{kiuas} + P_{lvv} + P_{varaus} \quad (1)$$

Kaavassa $P_{l\ddot{a}m}$ on sähkölämmityskuorma, P_{kk} kojekuorma, P_{val} valaisinkuorma, P_{kiuas} sähkökiukaan muun kuorman kanssa vuorottelematon osuus, P_{lvv} sähköinen lämminvesivaraaja ja P_{varaus} auton latausta ja lämmitystä varten varattu laskennallinen kuorma.

Huippuvirta saadaan tämän avulla laskettua kaavalla:

$$I_h = \frac{P_h}{\sqrt{3} \cdot U} \quad (2)$$

Kaavassa P_h on asunnon huipputeho ja U on sähköjärjestelmän pääjännite. Edellä lasketun huippuvirran perusteella valitaan asunnon suojalaitteen kuormitusarvo taulukosta 43.1 (D1-2017, s. 138). Tämän kuormitusarvon perusteella määritetään ryhmäkeskuksen syöttöjohtimien suojalaitteen koko.

Syöttävän johtimen kokoa laskettaessa täytyy selvittää kaapeleiden kuormitettavuus, ottaen huomioon olosuhteet, jotka johtimiin vaikuttavat. Näitä ovat asennustapa ja asennusreitti. Tätä varten lasketaan kunkin erilaisen asennusreitiosion kuormitusvirta-arvot ja niiden perusteella johtimien sallitut poikkipinta-alat. Näistä valitaan se osio, joka on kuormitettavuudeltaan heikoin ja mitoitetaan johtimen poikkipinta-ala sen mukaan.

Käytettäessä yleisiä, määräyksissä annettuja olosuhteiden mukaisia arvoja, saadaan johtimien kuormitettavuuden arvo kaapeloinnin maahan kaivetulta osuudelta korjauskertoimiseen kaavalla:

$$I_{zk} = \frac{I_z}{k_t \cdot k_\delta} \quad (3)$$

Kaavassa k_t on korjauskerroin maanlämpötilan mukaan, k_δ on korjauskerroin maan lämpöresistiivisyyden mukaan (SFS 6000-5-52:2017, s. 51). Taulukosta B52.1 saadaan johtimen poikkipinta-ala ja sitä vastaava kuormitettavuus (SFS 6000-5-52:2017, s. 41).

Asunnonsyöttökaapelin asennustavasta riippuva kuormitettavuusvirta saadaan kaavalla:

$$I_{zk} = \frac{I_z}{k_t} \quad (4)$$

Kaavassa k_t on korjauskerroin ilman lämpötilan mukaan (SFS 6000-5-52:2017, s. 50). Taulukosta 52.1 saadaan asennustavan mukainen johtimen poikkipinta-ala ja sen kuormitettavuus

Laskemalla jännitteenalenema, varmistetaan vielä, ettei sillä ole vaikutusta johdinkokoon. Jännitteen alenema ei kuitenkaan ole määräyksenä vaan ainoastaan suosituksena ja sillä voidaan arvioida kiinteistöön tulevan jännitteen laatua. Jännitteenalenema liittymispisteen ja minkä tahansa kuormituspisteen välillä pitäisi olla alle 3 % valaistuskäytössä, muussa käytössä 5 %. Jännitteenalenema saadaan laskettua kaavalla:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot I \cdot l \cdot (r \cdot \cos\varphi + x \cdot \sin\varphi) \quad (5)$$

Kaavassa I on kuormitusvirta, l on johdinpituus, joka saadaan liittymispisteestä kauimmaiseen kuormituspisteeseen mittaamalla, r syöttävän johtimen ominaisresistanssi ja x ominaisreaktanssi, jotka saadaan taulukosta 41.6 (D1-2017, s. 96). Vaihesiirtokulma (φ) saadaan laskettua lausekkeesta $\cos\varphi = 0,95 \Rightarrow \varphi = 18^\circ$. Tässä $\cos\varphi$ on asuinkiinteistöissä käytetty tehokertoimen arvo.

Pääkeskusta syöttävän verkon oikosulkuvirta saadaan taulukosta 41.5 viiden sekunnin poiskytkentäajalla (D1-2017, s. 94). Verkon impedanssi saadaan laskettua kaavalla

$$Z_v = \frac{c \cdot U}{\sqrt{3} \cdot I_k} \quad (6)$$

Kaavassa c on kerroin, jolla otetaan huomioon jännitteen aleneminen järjestelmässä, U on pääjännite ja I_k on verkon oikosulkuvirta (D1-2017, s. 95). Kun verkon impedanssi on laskettu, voidaan keskukselta kauimpana olevan sähkölaitteen oikosulkuvirta laskea kaavalla

$$I_k = \frac{c \cdot U}{\sqrt{3} \cdot (Z_v + 2 \cdot l \cdot z)} \quad (7)$$

Kaavassa c on kerroin, jolla otetaan huomioon jännitteen aleneminen järjestelmässä, U on pääjännite ja Z_v on verkon impedanssi, l on johtimen pituus ja z on johtimen ominaisresistanssi (D1-2017, s. 95).

Lisäksi määrittelemällä suurin sallittu johtopituus, voidaan varmistua siitä, että automaattinen poiskytkentä toimii. Johtimen sallittu pituus saadaan johdettua edellisestä kaavasta ja laskettua kaavalla

$$l = \frac{(c \cdot U) \cdot (2 \cdot z)}{(\sqrt{3} \cdot I_k) - Z_v} \quad (8)$$

2.3 Asunnon sähkösuunnittelu

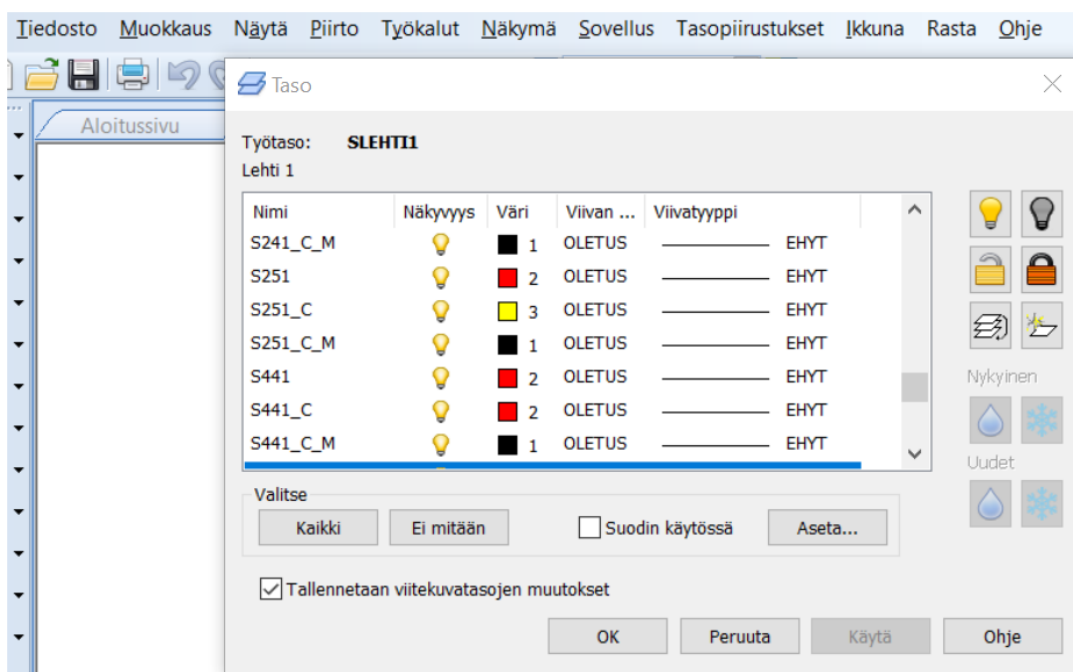
Opinnäytetyön sähkösuunnitteluun liittyvä asunto on 60-luvulla rakennettu yksi-kerroksinen omakotitalo, jossa on huonekohtainen sähköpattereilla toimiva lämmitys. Poikkeuksena on pesutilojen lämmitys, joka on toteutettu lattialämmityskaapelilla. Asunnossa on lisäksi sähkökuuas, joka on huipputehon mitoituksessa otettava huomioon.

Asunnon lämmitettävä pinta-ala on 100 m². Huoneisiin tulevat lattialämmitykset on tarkoitus toteuttaa lattialämmitysmatolla, jonka lämmitysteho on 100 W neliötä kohti. Neliötehon ja huonekohtaisten pinta-alojen avulla saadaan kunkin huoneen lämmitysteho selville. Huonekohtaiset lattialämmityskaapeleiden tehot saadaan CADS-ohjelmalla automaattisesti.

Sähkösuunnitelmien kuvat aloitetaan piirtämällä CADS:n House Lite -sovelluksella rakennuksen ulko- ja väliseinät sekä niihin sijoitetut ovet ja ikkunat. Rakenne- ja sähkökuvia tehtäessä voidaan kullekin kuvien rakenneosalle tai sähkökomponenteille niitä luodessa määritellä oma tasonsa, jolloin haluttuja tasoja voidaan tarvittaessa sammuttaa eli kuvista saadaan poistettua tiettyjä asiakokonaisuuksia. Tällä ominaisuudella voidaan helpommin tarkastella yhteen kuvaan

piirrettyä tiettyä osiota, vaikka kuvassa olisi useita eri päällekkäisiä asiakokonaisuuksia.

Tasot saadaan valittua CADS:n 'Työkalut' -alavetovalikosta, jossa on valmiiksi lueteltu rakennuksen ja siihen liittyviä osien sekä eri sähkökaapelointien tunnuksia S2010 -nimikkeistöstä. Valikossa on määriteltä valmiiksi omat värit kullekin tasolla (kuva 3).



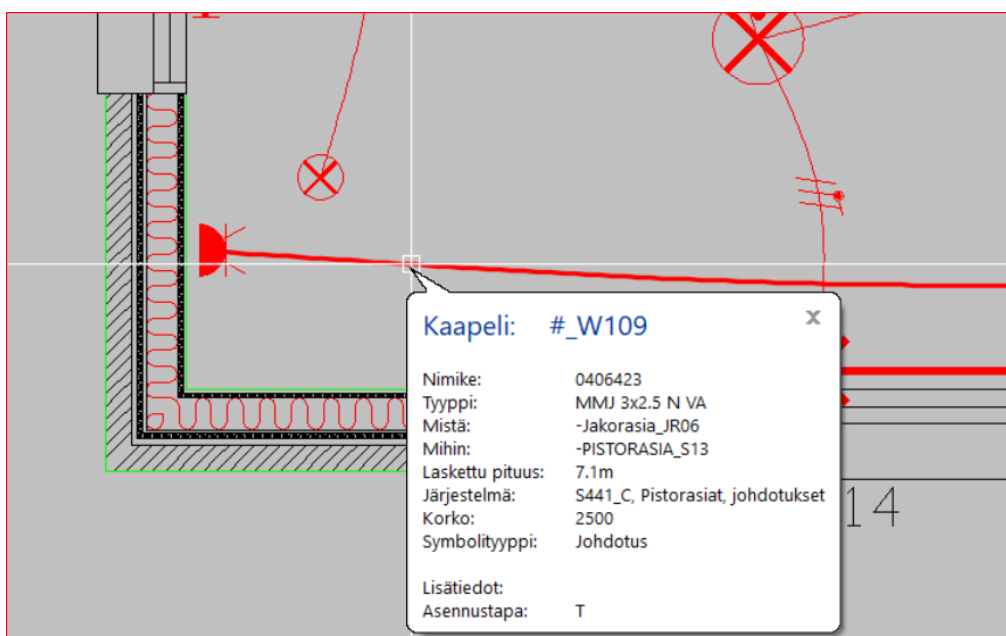
Kuva 3. Symbolien tasojen ja värin valinta.

Kiinteistöissä käytössä olevia järjestelmiä ovat esimerkiksi eri seinärakenteet, ovet ja ikkunat, laitteiden sähköistys, sähköliitännäjäjärjestelmä ja sähkölämmitys-järjestelmä. Kullekin järjestelmälle löytyy S2010 -nimikkeistöstä oma numerotunnusensa, joilla järjestelmät voidaan erottaa toisistaan. S2010 -nimikkeistöön liitetyistä sähköjärjestelmien tunnuksista löytyy tarkempaa tietoa ST-kortiston kortista ST 70.31.01 – ST 70.34.01.

Sähkölaitteet, esimerkiksi pistorasiat ja valaisimet, piirretään CADS Electric -sovelluksella, jonka työkaluvalikosta valitaan komponentit, johdotukset, merkinnät

ja muita sähkökuviin liittyviä toimintoja. Sähkölaitteet sijoitellaan kuvaan haluttujen suunnitelmien ja tarpeiden mukaisesti. Sähkölaitteiden sijoittelu sähkökuviin on esitetty kokonaisuudessaan liitteissä 1 ja 2.

Sähkösuunnitelman kaapelointia piirrettäessä ja valittaessa järjestelmien mukaiset tasot ja tiedot oikeille johdotuksille, helpotetaan suunnittelun hallintaa ja kuviin tehtäviä muutoksia. Sähkölaitteita ja myös muita rakenneosia piirrettäessä, ohjelmaan syötetään tiedot osien mitoista ja sijoituskorkeuksista (kuva 4).

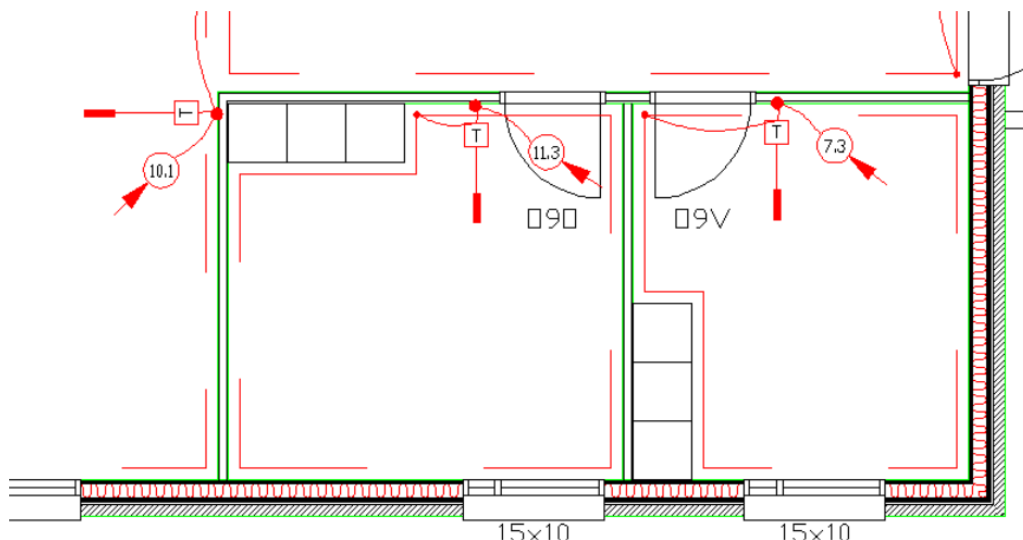


Kuva 4. CADS:n sähkölaite-arvot.

Sähköjohdotuksia piirrettäessä valitaan kullekin johdolle johdintyyppi, jolla määritellään johdon tyyppi ja koko. Johtimen koko riippuu sitä syöttävän suojalaitteen virta-arvosta. CADS laskee automaattisesti johtoja piirrettäessä niiden pituudet sähkölaitteiden välillä, annettujen sijoituskorkeuksien ja asennusreitien mukaan. Näitä tietoja voidaan käyttää sähköjärjestelmän suojauksen ja mitoituksen laskennassa.

Lattialämmityskaapeleita piirrettäessä valitaan 'lämmintoinninnot' -työkaluvalikosta lattialämmitys ja piirtovaihtoehdoksi kaapelointi joko suorakaiteen tai monikulmion muotoiseen alueeseen huoneen pohja-alan mukaan (kuva 5). Ohjelma

laskee valitun alan koon ja lämmityskaapelin välin annetun kaapelin tehon ja pituuden mukaan. Tämän lisäksi alueen reunan ja kaapeloinnin väliin voidaan jättää haluttu etäisyys. Ohjelma piirtää näiden tietojen perusteella lämmityskaapelin kuvaan.



Kuva 5. Lattialämmityskaapelit.

Tämän jälkeen kuvaan lisätään termostaatti ja lattia-anturi halutuille paikoille. Syöttö lattialämmityskaapeleille tuodaan halutulta ryhmältä, joka merkitään syöttävään kaapeliin ryhmämerkinnällä.

2.4 Asunnon huippuvirta

Lattialämmityksen yhteenlaskettu yhtäaikainen, suunnitteluohjelmalla saatu nimellisteho on 9,7 kW, lämminvesivaraajan teho on 2 kW, kiukaan koko on 6 kW, josta lasketaan mukaan kiukaan vuorottelematon teho 1,5 kW. Kiuasta käytettäessä on tarkoitus vähentää muuta lämpökuormaa 4,5 kW:n tehon verran eli vuorotella tätä tehomäärää kiukaan kanssa. Näiden lämpökuormien lisäksi on lasketaan otettu mukaan tehovaraus sähköauton latauspistettä varten. Auton latausaseman tehoksi on ilmoitettu 3,6 kW. Valaistukselle laskettava kuorma riippuu asunnon pinta-alasta. Valaistuskuormaksi saadaan laskemalla 10 W/m^2 *

100 m² = 1 kW. Koska lattialämmitys on jatkuvalämmitteinen, tulee laskennassa kojekuormaksi 3 kW (ST 13.31, s. 4).

Huipputeho saadaan laskettua edellisten arvojen avulla kaavalla (1):

$$\begin{aligned} P_h &= P_{l\ddot{a}m} + P_{kk} + P_{val} + P_{kiuas} + P_{lvv} + P_{varaus} \\ &= 9,7 \text{ kW} + 3 \text{ kW} + 1 \text{ kW} + 1,5 \text{ kW} + 3 \text{ kW} + 3,6 \text{ kW} \\ &= 21,8 \text{ kW} \end{aligned}$$

Huippuvirta saadaan tämän avulla laskettua kaavalla (2):

$$\begin{aligned} I_h &= \frac{P_h}{\sqrt{3} \cdot U} \\ &= \frac{21,8 \text{ kW}}{\sqrt{3} \cdot 400 \text{ V}} \\ &= 31,5 \text{ A} \end{aligned}$$

Edellä lasketun huippuvirran perusteella valitaan asunnon suojalaitteen kuormitusarvoksi 35 A taulukosta 43.1 (D1-2017, s. 138). Tämän kuormitusarvon perusteella määritetään ryhmäkeskuksen syöttöjohtimien suojalaitteen koko. Kuormitusvirta-arvosta saadaan pääsulakkeille gG-sulakkeen arvo 32 A.

2.5 Syöttöjohtimen mitoitus

Käytettäessä yleisiä, määräyksissä annettuja olosuhteiden mukaisia arvoja, saadaan johtimien kuormitettavuuden arvo kaapeloinnin maahan kaivetulta osuudelta korjauskertoimiseen kaavalla (3):

$$\begin{aligned}
 I_{zk} &= \frac{I_z}{k_t \cdot k_\delta} \\
 &= \frac{35,0 \text{ A}}{1,0 \cdot 1,0} \\
 &= 35,0 \text{ A}
 \end{aligned}$$

Kaavalla laskettaessa kt on otettu maan lämpötilan 20 °C mukaan ja $k\delta$ maan lämpöresistiivisyysarvon 2,5 Km/W mukaan. Taulukosta B52.1 saadaan asennustavan ollessa D2 johtimen poikkipinta-alaksi 6 mm², jolloin kuormitettavuus saa olla 49 A.

Asunnonsyöttökaapelin kuormitettavuusvirta, kaapeli vietyinä asunnon sisätiloissa seinän sisällä putkessa, saadaan kaavalla:

$$\begin{aligned}
 I_{zk} &= \frac{I_z}{k_t} \\
 &= \frac{35,0 \text{ A}}{1,0 \cdot 1,0} \\
 &= 35,0 \text{ A}
 \end{aligned}$$

Kaavassa kt on otettu ilman lämpötilan 30 °C mukaan Taulukosta 52.1 saadaan asennustavan ollessa A2 johtimen poikkipinta-alaksi 10 mm², jolloin kuormitettavuus saa olla 39 A. Näiden laskujen perusteella valitaan heikomman vaihtoehdon mukaisesti johdinkooksi 10 mm² eli valitaan kaapeliksi maakaapeli MCMK 4X10+10.

2.6 Jännitteen alenema

Laskemalla jännitteenalenema, varmistetaan vielä, ettei sillä ole vaikutusta johdinkokoon. Jännitteen alenema ei kuitenkaan ole määräyksenä vaan suosituk-

senä ja sillä voidaan arvioida kiinteistöön tulevan jännitteen laatua. Jännitteenalenema liittymispisteen ja kauimmaiseen kuormituspisteeseen välillä saadaan laskettua kaavalla (5):

$$\begin{aligned}\Delta U &= \sqrt{3} \cdot I \cdot l \cdot (r \cdot \cos\varphi + x \cdot \sin\varphi) \\ &= \sqrt{3} \cdot 29,7 \text{ A} \cdot (0,020 \text{ km} \cdot (1,81 \text{ } \Omega/\text{km} \cdot \cos 18^\circ \\ &\quad + 0,094 \text{ } \Omega/\text{km} \cdot \sin 18^\circ) + 0,020 \text{ km} \cdot (7,07 \text{ } \Omega/\text{km} \cdot \cos 18^\circ \\ &\quad + 0,110 \text{ } \Omega/\text{km} \cdot \sin 18^\circ) \\ &= 9,6 \text{ V}\end{aligned}$$

Jännitteenalenema prosentteina saadaan laskemalla:

$$\begin{aligned}\Delta U(\%) &= \frac{9,6 \text{ V}}{400 \text{ V}} \cdot 100 \% \\ &= 2,4 \%\end{aligned}$$

Jännitteenalenema on alle 3 % eli ei vaikuta johdinkokoon.

2.7 Automaattinen poiskytkentä

Pääkeskusta syöttävän verkon oikosulkuvirraksi, kun sähkökeskuksella on 32 A gG-pääsulakkeet, saadaan taulukosta 41.5 5 sekunnin poiskytkentäajalla arvo 150 A. Verkon impedanssi saadaan laskettua kaavalla (6)

$$\begin{aligned}Z_v &= \frac{c \cdot U}{\sqrt{3} \cdot I_k} \\ &= \frac{0,95 \cdot 400 \text{ V}}{\sqrt{3} \cdot 150 \text{ A}} \\ &= 1,46 \text{ } \Omega\end{aligned}$$

Kun verkon impedanssi on laskettu, saadaan keskukselta kauimpana olevan pistorasian oikosulkuvirta, kun pistorasian etäisyys mittauskeskukselta on 20 m ja kaapeli MMJ 3*2,5S, laskettua kaavalla (7)

$$\begin{aligned}
 I_k &= \frac{c \cdot U}{\sqrt{3} \cdot (Z_v + 2 \cdot l \cdot z)} \\
 &= \frac{0,95 \cdot 400 \text{ V}}{\sqrt{3} \cdot (1,46 \Omega + 2 \cdot 0,020 \text{ km} \cdot 8,770 \Omega/\text{km})} \\
 &= 127,3 \text{ A}
 \end{aligned}$$

Kun valitaan pistorasian suojalaitteeksi B16 A johdonsuojakatkaisija, vaatii se taulukon 41.4a (D1-2017, 93) mukaan 0,4 sekunnin poiskytkentäajalla vähintään 80 A oikosulkuvirran. Laskettu oikosulkuvirta on tätä suurempi ja tällöin pistorasian suojaus toimii. Tämän lisäksi lisäsuojaksi asennettavat vikavirtasuojat takaavat riittävän nopean poiskytkennän vikatilanteessa.

Lisäksi määrittelemällä suurin sallittu johtopituus, voidaan varmistua siitä, että automaattinen poiskytkentä toimii. Johtimen sallittu pituus saadaan laskettua kaavalla (8) ja sijoittamalla oikosulkuvirran arvoksi taulukosta saatu 80 A

$$\begin{aligned}
 l &= \frac{(c \cdot U) \cdot (2 \cdot z)}{(\sqrt{3} \cdot I_k) - Z_v} \\
 &= \frac{(0,95 \cdot 400 \text{ V}) \cdot (2 \cdot 8,770 \Omega/\text{km})}{(\sqrt{3} \cdot 80 \text{ A}) - 1,46 \Omega} \\
 &= 0,073 \text{ km} = 73 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Suurin sallittu johdinpituus on suurempi kuin johtimen todellinen pituus ja tämän kautta suojaus ehdot täyttyvät.

3 RAKENNUSAUTOMAATIOJÄRJESTELMÄT

3.1 Automaatiojärjestelmän antureita

Kiinteistökohtainen rakennusautomaatiojärjestelmä muodostuu yleensä valvomosta, mahdollisista ala-asemista, kenttälaitteista ja järjestelmässä olevista säätimistä, kuten huonetermostaateista ja koneisiin liittyvistä säätimistä. Lisäksi järjestelmään kuuluvat tiedonsiirtolaitteet ja johdotukset ja kaapelit, joilla järjestelmän eri osat kommunikoivat keskenään. (ST-KÄSIKIRJA 17, s. 33)

Rakennusautomaatiojärjestelmiin liitetyistä mittalaitteista valtaosa on lämpötilantureita. Yleisiä teollisuudessa käytettyjä lämpötilaa mittaavia antureita ovat Pt100- ja Pt1000-anturit, jotka ovat tyypiltään RTD-antureita (Resistance Temperature Detectors). Näissä lämpötilan mittaus perustuu anturin valmistusmateriaalin vastusarvoon lämpötilan suhteen. Pt-antureissa käytetty materiaali on platinaa, josta anturin nimikin tulee. Muita käytettyjä antureita ovat PTC-anturi (Positive Temperature Coefficient), jossa resistanssi kasvaa lämpötilan noustessa, ja NTC-anturi (Negative Temperature Coefficient), jossa resistanssi laskee lämpötilan noustessa. Näissä materiaaleina on käytetty yleensä keraamisia tai muovisia materiaaleja. (Resistorguide.com 2020)

Muita mittalaitteita rakennusautomaatiojärjestelmissä ovat läsnäoloanturit, joilla pyritään havaitsemaan rakennuksessa olevia henkilöitä, ja näiden tietojen avulla voidaan ohjata esimerkiksi huonekohtaisia ilmanvaihtoja, jäähdytyksiä ja valaistuksia ja seuraamaan tiloissa tapahtuvaa liikettä. Tämän avulla voidaan järjestelmällä hoitaa myös murtohälytyksiä.

Vesivahinkojen havaitsemiseksi voidaan rakennuksiin asentaa erilaisia hälyttämiä kosteus- ja vesivuotoantureita. Vesivuotoanturin toiminta perustuu anturin resistanssin vaihteluun, kun anturiin osuva sähköä johtava vesi oikosulkee anturissa

lähekkäin olevat johtimet. Anturi voi olla pitkä, useamman metrin pituinen nauha tai pistemäinen elektrodi, joka asennetaan oletettuun tai mahdolliseen valuma-kohtaan vesipisteiden lähetyville. (ST-KÄSIKIRJA 17, s. 87)

Langattomien anturien käyttöä ollaan lisäämässä rakennusautomaatiojärjestelmissä. Langattomuuden tuomia etuja ovat muun muassa kaapeloinnin säästö, asennusten helpottuminen ja nopeutuminen, järjestelmään jälkeinpäin tehtävien muutosten paremmat mahdollisuudet ja sijoittelun vapaus ilman paikkaa määrääviä johdinreittejä ja kaapelihyllyjä. (ST-KÄSIKIRJA 17, s. 90)

3.2 Rakennusautomaatiojärjestelmien käyttö

Anturien, toimilaitteiden ja mittarien asentamisessa on noudatettava kunkin laitevalmistajan yksityiskohtaisia asennus- ja kytkentäohjeita. Laitteet täytyy asentaa siten, että niitä voidaan huoltaa helposti ja rikkoutuessaan ne voidaan vaihtaa. Mitta-antureiden asennuspaikkaan tulee kiinnittää erityistä huomiota. Laitteet täytyy sijoittaa siten, että ne mahdollisimman tarkasti mittaavat haluttua suuretta ja että ne ovat tarpeeksi kaukana mahdollisia häiriöitä aiheuttavista lähteistä. Huoneantureiden asennuskorkeus on yleensä 1,8 m. (ST-KÄSIKIRJA 17, s. 205)

Rakennusautomaatiojärjestelmät vaativat säännöllistä seuranta. Järjestelmien toiminta vaikuttaa rakennuksen energian käyttöön ja siellä olevien tilojen olosuhteisiin. Jos rakennus on satunnaisessa käytössä tai käyttö on epäsäännöllistä, esimerkkeinä erilaiset liikunta- ja ryhmätilat tai neuvotteluhuoneet, voi lämpötilojen ja ilmanvaihdon ohjaus aikajaksotettuna olla epäkäytännöllistä ja käyttäjille epämiellyttävää. Tällöin järjestelmän ohjauksen ja säädön perustuminen lämpötila-, läsnäolo- ja muihin olosuhdemittauksiin tekee järjestelmästä paremman. (ST-KÄSIKIRJA 17, s. 230)

Rakennusautomaatiojärjestelmiin on olemassa lukuisia eri tyyppisiä ohjelmallisia toimintoja, joita käyttämällä voidaan alentaa kiinteistöjen energiankulutusta. On myös mahdollista pienentää esim. kaukolämpönä ostettavaa energian määrää tai sähkölaskun maksun osaa, joka määräytyy kiinteistön kuukausittaisen huipputehon perusteella. Rakennusautomaation avulla voidaan kiinteistöjen tiloja ohjata ja säätää siten, että energian käyttö on tehokasta ja sen tarve mahdollisimman vähäistä. Lämmitystilanteessa huonelämpötilan asetusarvo on alempi kuin jäähdytystilanteessa. Kun tilat eivät ole käytössä, voidaan lämmityskaudella huoneitilojen lämpötilan antaa laskea ja jäähdytyskaudella nousta. Ilmanvaihtoa ohjataan myös tilan käytön ja ilmanlaadun mukaan. Kun tilat eivät ole käytössä, voidaan ilmanlaadun antaa heikentyä, ja kun tilassa ollaan paikalla, pidetään ilmanvaihto suuremmalla ja sen laatu asetetulla tasolla. Myös valoja voidaan ohjata läsnäolon mukaan. Kun tila ei ole käytössä, sammuvat valot. Valaistuksen tasoa voidaan säätää, jolloin voidaan hyödyntää auringon valoa huoneiden valaistuksessa. (ST-KÄSIKIRJA 17, s. 230)

Sähkön huipputehon määrää voidaan rajoittaa omalla rajoitusohjelmalla. Sen tarkoituksena on poistaa huipputehon piikit ja pienentää tehon kokonaismäärää tai ainakin pitää se haluttujen maksimiarvojen alapuolella. Huipputehon rajoitusohjelman piiriin kuuluu yleensä järjestelmän ohjaamien kuormien valinta. Kuormien käyntitehoa alennetaan tai ne kytketään pois ja päälle asetettavien maksimiaikavälin ja rajoitettavan tehontarpeen mukaisesti. (ST-KÄSIKIRJA 17, s. 235)

Nykyaikaisia rakennusautomaatiojärjestelmiä voidaan yleensä käyttää etänä, eli järjestelmään on saatavissa etäkäyttöyhteys. Se mahdollistaa kiinteistöjen kiinteistöhuollon ohjaamisen myös muualta kuin kohdekiinteistöstä. Nykyisin monet valvomot toimivat etäkäytössä yleisesti internetissä web-selainohjelmilla. Tämä mahdollistaa etäkäytön käytännössä mistä tahansa laitteesta, jossa on internetyhteys ja selainohjelma, kuten esim. älypuhelimista. Tämä mahdollistaa myös sen, että kiinteistössä ei välttämättä tarvita erillistä valvomoa.

3.3 Määräykset ja standardit

Rakennusautomaatioon itseensä ei suoraan ole kohdistettu viranomaismääräyksiä, mutta epäsuorasti lähes kaikki sähköasennuksiin liittyvä lainsäädäntö koskee myös rakennusautomaatiota. Rakennusautomaatioprojekteja suunniteltaessa on tunnettava säädöksiä ja määräyksiä, esimerkiksi Suomen rakentamismääräyskokoelma ja erityisesti sähköturvallisuuteen liittyvää lainsäädäntöä.

Sähköturvallisuuslaissa on määritelty sähköasentamiseen liittyviä standardeja. Niiden pykälien mukaan sähkölaitteisto voidaan katsoa täyttävän laissa määritellyjä turvallisuusvaatimuksia, jos laitteisto on suunniteltu, rakennettu ja korjattu tai siihen on tehty muutoksia standardien mukaisesti ja nämä vastaavat olennaisia vaatimuksia eli noudatettaessa voimassa olevia SFS-standardeja. Standardien seuraaminen ei ole kuitenkaan aina ole velvoittavaa. Jos kuitenkin poiketaan annetuista standardeista, on pystyttävä osoittamaan, että turvallisuusvaatimukset täyttyvät. (ST-KÄSIKIRJA 17, s. 238)

Rakennusautomaatiojärjestelmissä käytetään yleensä pienoisjännitteisiä laitteistoja, esimerkiksi 24 V:n tasajännitesyöttöä. Pienoisjännitteen rajat on määritelty standardissa SFS-IEC 60449. Pienoisjännitejärjestelmiä ja niiden rakennetta sekä pienoisjännitteeseen liittyviä teknisiä ominaisuuksia ja turvallisuusasioita on käyty läpi tarkemmin ST-kortissa 53.28. Rakennusautomaatiojärjestelmissä olevia alakeskuksia ja säätölaitteita syötetään yleensä 230 V tai 400 V:n pienjännitteellä. Syöttöjännitteen lisäksi pienjännitettä voidaan käyttää myös keskusten välillä niiden ohjausjännitteinä. Pienjännitteisten asennustöiden tekijällä, toisin kuin pienoisjännitteen yhteydessä, on oltava asennuksiin vaadittavat sähköpätevyysoikeudet, ja asennuksia tehtäessä on noudatettava ajanhetkellä voimassa olevia määräyksiä sekä sähkölaitteiden valmistajien ohjeistuksia. (ST-KÄSIKIRJA 17, s. 287)

Rakennusautomaatiokeskusten tulee olla tyyppihyväksytyjä ja rekisteröidyn keskusvalmistajan tekemiä. Keskuksiin työmaalla tehtävissä johdotuksissa ja muissa

asennuksissa on otettava huomioon pienjännitesähköasennuksia koskevissa SFS 6000 -standardeissa annetut määräykset ja ohjeet. Standardisarjassa SFS 6000 esitetään pienjännitesähköasennuksia koskevat turvallisuusvaatimukset. Standardisarja sisältää tekniset turvallisuusvaatimukset enintään 1000 V vaihtojännitteisten ja enintään 1500 V tasajännitteisten sähköasennusten toteuttamiseksi. Asennuksissa on luonnollisesti noudatettava myös työmaan mahdollisia erityismääräyksiä sekä yleisiä työturvallisuusmääräyksiä. Palomääräykset on otettava huomioon mm. laitteita ilmanvaihtokanaviin asennettaessa sekä sähköjohtojen läpivienneissä. (ST-KÄSIKIRJA 17, s. 202)

3.4 Rakennusautomaatiojärjestelmät

Vanhemmissa ja perinteisemmissä sähköjärjestelmissä toiminnot tehdään lopullisiksi viimeistään asennusvaiheessa. Jos seinälle asennetun kytkimen kanssa halutaan sytyttää katoon asennettu valaisin, kytkee asentaja niiden välille johdotuksen. Mikäli asennettujen laitteiden toimintaa halutaan jälkeinpäin muuttaa, täytyy kytkentöihin tehdä asennusteknisiä ja rakenteellisia muutoksia. Perinteiseen tapaan tehdyt asennukset ovat käyttökelpoisia, mikäli valittuja laitteita ja haluttuja toimintoja on vähän, mutta sen rajoitukset tulevat nykyaikaisissa rakennuksissa nopeasti vastaan. Jos järjestelmän käytön vaatimukset kuitenkin kasvavat ja asennukset tehdään siitä huolimatta perinteisellä tavalla, on vaikeuksia hyvinkin todennäköisesti odotettavissa. Toimintojen määrän lisääntyessä, kaapeloinnin määrä lisääntyy paljon, kaapeleiden johdotukset vaativat paljon tilaa, laitteiden toiminnan vaihtaminen asennusvaiheen jälkeen on hankalaa tai jopa mahdotonta, ja asennusvirheitä saatetaan tehdä ja niiden selvittelyyn kuluu aikaa. (ST-KÄSIKIRJA 23, s. 18)

Väylään perustuvat järjestelmät mahdollistavat perinteisellä asennustavalla tehtyjen järjestelmien ongelmien ratkaisemisen. Periaatteena niissä on, että suuri määrä ohjauskaapeleita korvataan yhteisellä väyläkaapelilla, joka asennetaan

järjestelmään yhdistämään laitteet toisiinsa peräkkäisenä ketjuna yhdeltä laitteelta seuraavalle. Väyläkaapelia käytettäessä laitteiden välille muodostuu fyysinen yhdistys, jonka kautta laite saa virtansa toimimiseen. Laitteiden halutut toiminnot voidaan kuitenkin määritellä järjestelmän käyttöönottoaiheessa eli silloin, kun asennus on jo tehty. Tällöin järjestelmän toimintojen vaihtaminen ja muuttaminen jälkeenkäin on selkeästi helpompaa ilman suuria rakenteellisia muutoksia. Lisäksi nykyään enemmän suosioon tulleet langattomat ratkaisut auttavat entisestään asennettuun järjestelmään tehtäviä uudistuksia ja muutoksia. (ST-KÄSIKIRJA 23, s. 18)

KNX-järjestelmään liittyy laitteita, jotka voidaan jakaa neljään eri ryhmään. Ensimmäisen ryhmän muodostavat anturit, jotka mittaavat haluttuja suureita järjestelmästä ja siihen liittyvien tilojen olosuhteista ja välittävät nämä tiedot automaatiojärjestelmän ohjausyksikölle. Antureilla voidaan esimerkiksi mitata lämpötiloja, valoisuutta tai ilman kosteutta. Toisena ryhmänä ovat toimilaitteet, jotka suorittavat järjestelmän toiminnan eli lämmittävät tai jäädyttävät tiloja, ohjaavat ilmaa tiloihin ja kytkevät valoja tiloihin. Näitä ovat esimerkiksi erilaiset kytkinlaitteet, moottorit ja venttiilit. Kolmas ryhmä järjestelmissä on sitä ohjaavaan laitteistoon liittyvät osat. Nämä laitteet suorittavat automaatiojärjestelmän toimilaitteiden ohjauksen ja säädön mittalaitteilta saatujen ja järjestelmään syötettyjen ohjeiden perusteella. Näitä laitteita ovat muun muassa erilaiset ohjelmointirajapinnat, ohjauslaitteet ja teholähteet. Neljäs ryhmä eli siirtomedia koostuu järjestelmän laitteita yhdistävistä väylästä ja siihen liittyvistä osista. KNX-standardin mukaisia tietoa välittäviä yhteydenpitokanavia ovat parikaapeli, Ethernet-kaapeli, radioteitse tapahtuva yhteys ja sähköverkon käyttö tiedonsiirtoon. (ST-KÄSIKIRJA 23, s. 19)

Paras hyöty KNX-tekniikasta savutetaan, kun sillä toteutetaan kiinteistöön tiloja ohjaava automaatio, jossa kaikkien toimintojen ohjaus yhdistetään KNX-väylään. Näitä toimintoja ovat valaistuksen ohjauksen, lämmityksen, jäädytyksen, ilmanvaihdon ja muunlaisten sähköllä toimivien laitteiden, esimerkiksi kaihtimien ja markiisien, ohjaus. KNX-järjestelmien ohjauksen tekeminen mahdollisimman visuaaliseksi on toteutettu käyttämällä kosketusnäyttöjä. Vaikka ne tuovat käyttöön helppoutta ja nopeutta, ne ovat hinnaltaan kalliita. Kiinteiden, järjestelmään kuu-

luvien ohjausnäyttöjen lisäksi, on nykyään lisääntynyt myös yhteydenpito ja ohjaus etänä internetin välityksellä tietokoneiden, kännyköiden ja tablettien kanssa. Etäyhteyttä käyttämällä voidaan saada mittalaitteiden antamia tietoja kiinteistön olosuhteista ja mahdollisia hälytyksiä sekä ohjaamaan järjestelmän toimilaitteita, vaikka järjestelmän käyttäjä ei olisi itse kiinteistössä paikalla. (ST-KÄSIKIRJA 23, s. 31)

3.5 Rakennusautomaatiojärjestelmien laitteisto

Kytkintoimilaitteilla voidaan ohjata kiinteistön sähköjärjestelmässä olevia kuormia, esimerkiksi lämmittimiä tai valaisimia. Kytkinlaitteita on saatavana erilaisilla ominaisuuksilla ja mitoilla. Kytkintoimilaitteet voidaan valita lähtökanavien lukumäärän eli ohjattavien laitteiden määrän tai niiden sähköisten ominaisuuksien mukaan. Lisäksi valintaan voi vaikuttaa sähkökeskuksen koko, joka puolestaan määrittää toimilaitteiden mitoituksen. Kytkintoimilaitteiden lähtökanavien sallimat kuorman virta-arvot ovat yleensä 6 A:n ja 16 A:n välillä. Nämä arvot on ilmoitettu yksivaiheisen kuormaa käytettäessä. Pienillä kuormilla, kuten valaistusta ohjattaessa, voidaan syötettävä johdin kytkeä suoraan kytkintoimilaitteen lähtökanaavaan. Mikäli ohjataan suuritehoisia kuormia, toteutetaan ohjaaminen releillä tai kontaktoreilla. Joihinkin kytkintoimilaitteisiin on sijoitettu lähtöjen tilaa ilmaisevat osoittimia ja lähtöjen käsinohjausmahdollisuus, jotka helpottavat laitteiden käyttöä vikatilanteissa. (ST-KÄSIKIRJA 23, s. 93)

Järjestelmän toimilaitteiden ohjaamiseen tarvittavia painikkeita voidaan valita halutun merkin ja mallin mukaan, toiminnallisesti valintaan vaikuttaa lisäksi tarvittava ohjausten määrä. Kuhunkin kohteeseen tarvittava painikkeiden määrä valitaan jo suunnittelun aikana. Jokainen ohjattava laite vaatii ainakin yhden painikkeen mutta ylimääräisten varapainikkeiden asentamisesta, valitsemalla yksittäisen painikkeen tilalle monikytkiminen painikeasetelma, ei ole haittaa käytön kannalta. Niille voi valita käyttötarkoitus jälkeensä, mikäli sille tulee tarve. (ST-KÄSIKIRJA 23, s. 97)

Termostaatit eli huonekohtaiset lämmönsäätimet on asennettava jokaiseen automaatiojärjestelmän ohjaamaan tilaan. Termostaatissa voi olla lämpötilan osoittava näyttö, jonka avulla asetettua lämpötilan arvoa voidaan helpommin muuntaa. Termostaattien mittaustietoa on mahdollista lämmityksen ohjaamisen lisäksi käyttää valvontaan ja mahdollisten hälytysten antamiseen. Termostaatti ja siihen liittyvä lämpötilamittaus on sijoitettava siten, etteivät lämpötilaan vaikuttavat muut tekijät, kuten jäähdytyslaitteet, muut lämmönlähteet tai ulkoa tuleva suora auringonvalo, pysty häiritsemään termostaatin toimintaa. KNX-järjestelmän termostaatti voi ohjata tilan lämmitystä ja viilennystä, jolloin nämä toiminnot voidaan tehdä eriaikaisesti eivätkä ne silloin pääse vaikuttamaan toisiinsa. (ST-KÄSIKIRJA 23, s. 98)

Liike- ja läsnäoloantureilla voidaan havaita huoneessa tai muussa tilassa olevia henkilöitä ja suorittaa tämän tiedon perusteella tehtäviä toimintoja. Tällaisia toimintoja ovat esimerkiksi valojen ohjaus, lämpötilan tai ilmanvaihdon muuttaminen. Lisäksi näillä tunnistimilla voidaan valvoa tiloja ja antaa tarvittaessa hälytys. (ST-KÄSIKIRJA 23, s. 99)

Automaatiojärjestelmän valvontaan, seuraamiseen ja ohjaamiseen tarkoitetut ohjauspaneelit ovat kosketusnäytöllisinä yleensä järjestelmien arvokkaimpia yksittäisiä komponentteja. Niiden hintojen ja erilaisten toimintojen ja ominaisuuksien erot laitteiden välillä voi olla hyvinkin suuria. Halvimmissa ja ominaisuuksiltaan vähäisimmissä laitteissa voidaan näytöltä lukea järjestelmän tilatiedot ja hälytykset sekä muuttaa toimintojen asetusarvoja. Kalliimmat mallit voivat sisältää graafisia esityksiä järjestelmästä ja niiden ohjaaminen on monipuolisempaa kuin halvoissa. Mikäli ohjauspaneelilla halutaan suorittaa järjestelmän seuranta ja saada tietoja tallennettua, on ohjauspaneelin oltava yhteydessä tallentavaan palvelimeen. Nykyisin kiinteiden ohjauspaneelien rinnalle on tullut tabletien ja kännyköiden käyttö automaatiojärjestelmien ohjaamisessa ja seuraamisessa. Nämä ratkaisut helpottavat käyttöä, koska ne voidaan liittää järjestelmään langattomasti sisäverkon kautta. (ST-KÄSIKIRJA 23, s. 102)

4 OHJELMOITAVA LOGIIKKA

4.1 Logiikan rakenne

Sähköjärjestelmää ohjaavaksi logiikaksi valittu Siemens LOGO! 8 koostuu keskusyksiköstä ja siihen liitettävistä ulkopuolisista moduuleista, joita ovat digitaaliset tulo- ja lähtökortit, analogiset tulo- ja lähtökortit, jännitelähteet, kommunikointiyksiköt ja erilaiset ohjauspaneelit. Kyseisessä logiikassa keskusyksikkö sekä tulo- ja lähtökortit yhdistetään toisiinsa niiden sivuilla olevien liittimien kautta. Näiden liitännöiden avulla logiikan keskusyksikkö saa tulokorteille tulevien signaalien tilat ja voi ohjata lähtökorttien lähtösignaaleja. Keskusyksikköön asennettavaan muistikorttiin voidaan tallentaa logiikalla käytettäviä ohjelmia ja sen saamia asetusarvoja sekä ohjauksen tiloja. Jännitelähteiltä tuleva syöttö viedään jokaiselle ohjausjärjestelmän komponentille erikseen kunkin laitteen omalle jännitteensyöttöliitännälle. Kommunikointiyksikkö ja ohjauspaneelit yhdistetään logiikkaan Ethernet-kaapelin välityksellä, jonka kautta tieto näiden yksiköiden välillä tapahtuu.

Yhdellä LOGO! 8 -logiikalla voidaan kytkeä ja ohjata laajimmillaan 24 digitaalista tuloa, 8 analogista tuloa, 20 digitaalista lähtöä tai relelähtöä ja 8 analogista lähtöä. Näiden lisäksi logiikan ohjelmalla voidaan käsitellä verkon kautta muiden siihen liitettyjen logiikoiden tuloja ja lähtöjä. Näiden lukumäärät ovat 64 digitaalista tuloa, 32 analogista tuloa, 64 digitaalista lähtöä tai relelähtöä ja 16 analogista lähtöä. Näin useasta erillisestä logiikasta saadaan muodostettua suurempi yhtenäinen kokonaisuus. (LOGO! 8 2019, s. 15)

Logiikan digitaalisia tuloja ja lähtöjä varten on olemassa kahta eri kokoa olevaa moduulia, DM8 ja DM16. DM8-kortti sisältää neljä tulo- ja neljä lähtökanavaa, DM16-kortti kahdeksan tulo- ja kahdeksan lähtökanavaa. Digitaaliset moduulit ovat valittavissa kahdelle eri jännitetasolle. Pienoissähkölle tarkoitetuissa kortteissa voidaan tulosaatimet tuoda logiikalle 12 V:n tai 24 V:n suuruisena. Pienisähkölle tarkoitetuissa kortteissa voidaan käyttää 115 V:n tai 230 V:n jännitettä. Lähtökanaviksi voidaan valita transistorilähtö, jolloin kanavan virta-arvo saa

enimmillään olla 0,3 A, tai relelähtö, jolloin kanavan virta-arvo saa enimmillään olla 5 A. (LOGO! 8 2019, s. 303)

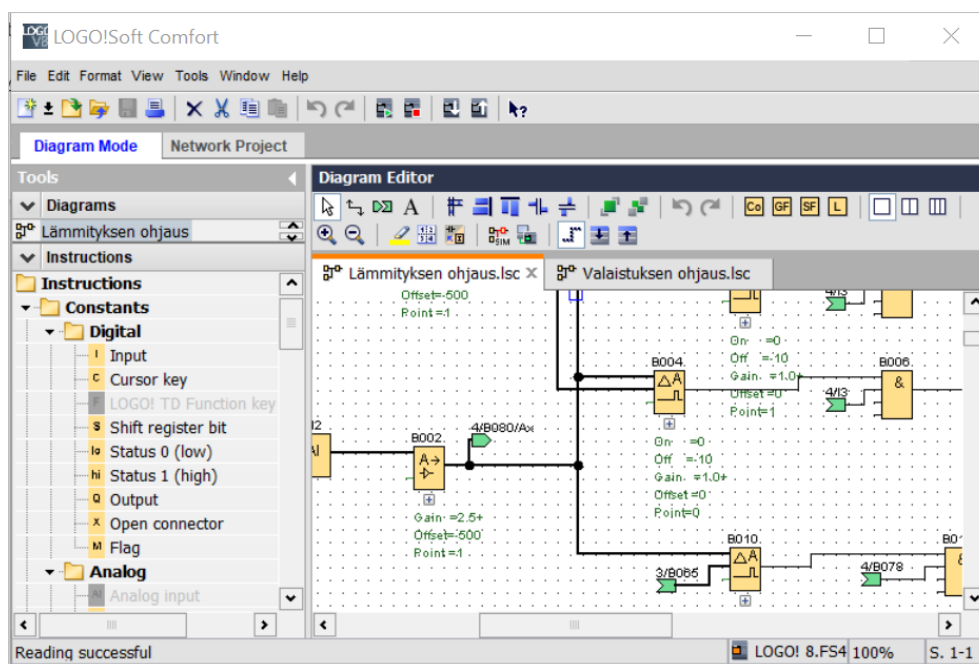
Logiikan analogisia tuloja ja lähtöjä varten on olemassa kaksi erilaista tulokorttia, AM2 ja AM2 RTD, ja yksi lähtökortti, AM2 AQ. Tulokortit sisältävät kaksi analogista tulokanavaa. AM2-korttiin voidaan liittää tulosignaalinä jänniteviesti (0 – 10 V) tai virtaviesti (0/4 – 20 mA) ja AM2 RTD-korttiin voidaan liittää suoraan PT100- tai PT1000-lämpötila-anturi. AM2 AQ-lähtökortilta annettava signaaliksi voidaan valita jännite- tai virtaviesti. (LOGO! 8 2019, s. 309)

Logiikan ohjaamiseen ja seuraamiseen tarkoitettuja ohjauspaneeleja on saatavana sekä yksinkertaisempina tekstipohjaisena että monipuolisempina kosketusnäytöllisenä mallina. Tekstipohjainen ohjauspaneeli, esimerkiksi Siemens LOGO! TDE, on varustettu kuusirivisellä tekstinäytöllä, näytöllä sirtymiseen tarvittavilla nuolinäppäimillä sekä valinta- ja toimintonäppäimillä. Toimintonäppäimillä voidaan suorittaa ohjelmassa määrättyjen toimintojen mukaisia toimenpiteitä. Kosketusnäytöllisissä malleissa, esimerkiksi Siemens KTP400, näytölle saadaan suurempi määrä yhtäaikaista toimintoja ja siihen voidaan luoda graafinen tausta selkeyttämään järjestelmän seuraamista. (LOGO! 8 2019, s. 314)

Logiikan ohjaamiseen ja sen toimintojen seuraamiseen tarkoitettu kommunikointiyksikkö, Siemens LOGO! CMR2040, mahdollistaa käytön älypuhelimien tai tietokoneen kanssa 4G-verkon välityksellä. Kommunikointiyksikön kautta logiikalle voidaan lähettää ohjauksia ja siltä voidaan saada logiikan tilatietoja. Sen avulla logiikan tietoja voidaan myös tallentaa esimerkiksi palvelimelle. Mikäli logiikkaa olisi asennettu liikkuvaan kohteeseen, esimerkiksi asuntoauto tai liikuteltava toimistokontti, 4G-verkon välityksellä tapahtuvan tiedonsiirron lisäksi yksikköön voidaan liittää GPS-antenni, jolloin logiikan ohjaaman järjestelmän maantieteellinen asema pystytään paikantamaan. (LOGO! 8 2019, s. 12)

4.2 Ohjelmointityökalu

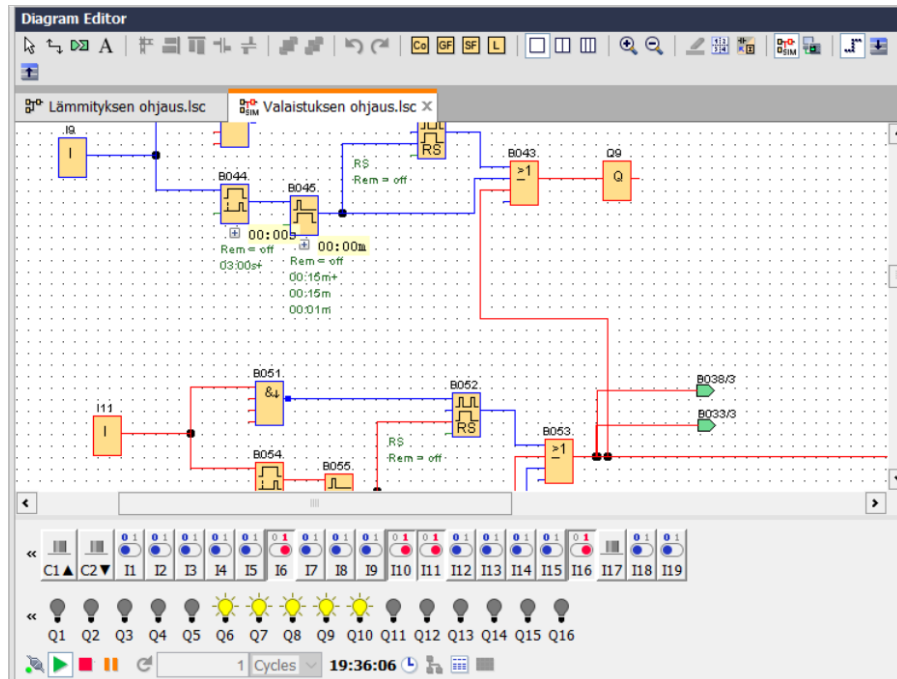
Siemens LOGO! 8:n ohjelmointi on mahdollista tehdä logiikan keskusyksikön näytöllä ja sen ohjainnäppäimillä. Parempi tapa on kuitenkin käyttää ohjelmien kirjoittamiseen Siemens Soft Comfort -ohjelmaa. Tätä varten logiikka on yhdistettävä tietokoneeseen Ethernet-kaapelilla. Soft Comfort -ohjelmassa voidaan käyttää lohkokaavio-ohjelmointia (FBD) tai tikapuukaavio-ohjelmointia (LAD). Opinäytetyössä ohjelmat kirjoitettiin lohkokaavioina. Soft Comfort -ohjelman näytöllä on erilaisia ohjelmointiin ja logiikan käyttämiseen tarkoitettuja valikoita (Kuva 6).



Kuva 6. Soft Comfort -ohjelman näyttö.

Näyttöruudun vasemman reunan pystyvalikosta valitaan halutut toimilohkot ohjelmaan. Näitä ovat erilaiset digitaaliset ja analogiset tulo-, lähtö-, laskuri- ja ajastinlohkot. Valittu toimilohko vietään ohjelmointialueelle ja lohkojen halutut tulo- ja lähtöliitännät johdotetaan ohjelman toiminnan mukaisesti. Lisäksi toimilohkojen parametreit voidaan muuttaa valitsemalla haluttu lohko ja vaihtamalla tarpeeseen mukaiset parametrien arvot aukeavasta valikosta. Ohjelmointialueen yläpuolella olevasta valikosta valitaan johdotukseen, tekstin kirjoittamiseen ja ohjelmien muokkaamiseen liittyviä toimintoja.

Näiden lisäksi valikossa on ohjelman simuloinnin valinta-painike, jonka valitsemalla ohjelma saadaan käynnistettyä testaamista varten (Kuva 7). Tällöin ohjelmanäytön alapuolella ilmestyy kaikkien tulojen ja lähtöjen valintapainikkeet, joita käyttämällä voidaan kokeilla ohjelman toimintaa.



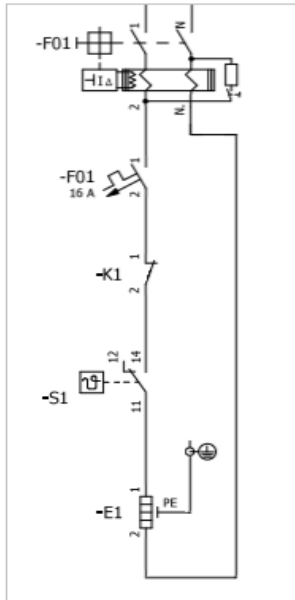
Kuva 7. Soft Comfort -ohjelman simulointitila.

4.3 Ohjauskytkennät

Lämmityksen ja valaistuksen ohjauksista on piirretty omat piirikaavionsa, joista näkee kytkentöjen toiminnan. piirikaaviot on piirretty käyttäen apuna EPLAN-suunnitteluohjelmaa, joka on tarkoitettu sähkökeskuskytkentöjen piirtoon. Piirrettyjen kytkentöjen mallikuvat ovat liitteissä 3 – 6. Lämmityskuormien ohjaus tapahtuu katkaisemalla tarvittaessa syöttö lämmittimille ohjelmoitavan logiikan avulla. Kun lämmityskuormia ei ohjata automatiikalla, lämmitys toimii huonekohtaisten termostaattien ohjaamana (Kuva 8).

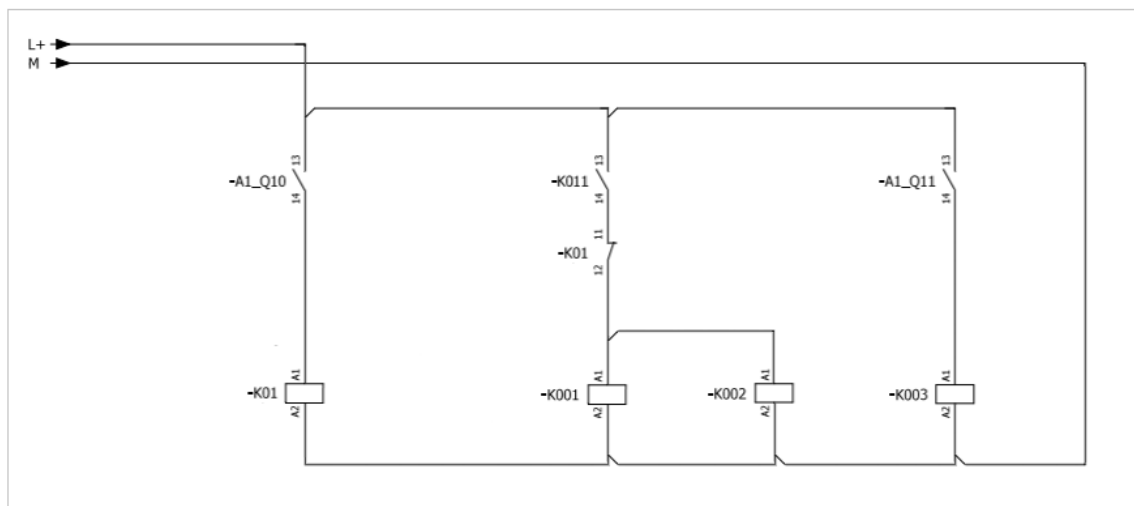
Kunkin lämmityskuorman syöttö vieään vikavirtasuojan F01 ja johdonsuojakatkaisimen F1 kautta. Releen K1 avautuvien koskettimien kautta kulkeva syöttö

katkaistaan ohjaamalla relettä logiikan lähdöllä. Logiikalta tuleva ohjaus toteutetaan ohjelman ja lämpötila-antureiden mittaaman huonelämpötilan mukaan. Tällöin huoneiden lämpötiloja voidaan pudottaa termostaatin tilasta huolimatta.



Kuva 8. Lämmitysten ohjaus.

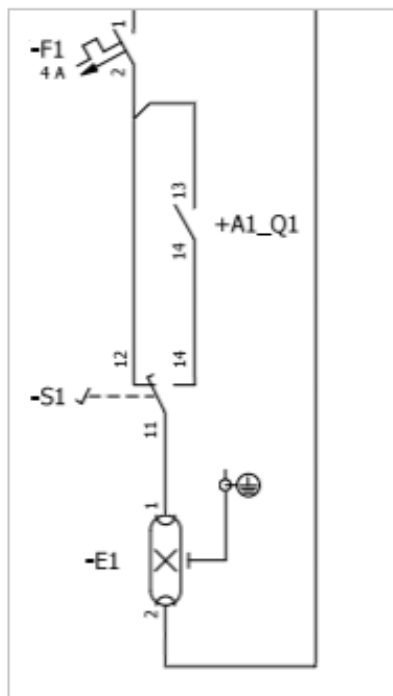
Logiikan on tarkoitus ohjata lämmityskuormien kytkeytymisiä, kun lämmitystä halutaan laskea tai kuormia pudottaa käytöstä (Kuva 9). Tilanteessa, jossa logiikka on jostain syystä kytketty pois käytöstä, täytyy kuormien pudotus silti toimia.



Kuva 9. Kuormien pudotus kiuas kytkettynä.

Kuvassa oleva apurele K01 saa ohjauksensa logiikan relälähdöltä A1_Q10. Logiikan lähtö pitää relettä kytkettynä silloin, kun logiikka on päällä ja se ohjaa lämmityskuormien pudotuksen automatiikkaa. Jos logiikka sammuu esimerkiksi viikatilanteen tai rikkoutumisen vuoksi, lähtö A1_Q10 menee pois päältä ja kytkee silloin myös releen K01 pois päältä. Tässä tapauksessa releen K01 kosketin sulkeutuu. Kun kiuas laitetaan päälle, kiukaan termostaatin apukoskettimet K011 sulkeutuvat termostaatin ohjatessa kiukaan lämpötilaa. Kiukaan kuorman ollessa kytkettynä releet K001 ja K002 menevät päälle. Näillä katkaistaan syöttö lämminvesivaraajalle ja pesuhuoneen lämmitykselle. Näin saadaan riittävä kuorma pudotettua kokonaiskuorman pitämiseksi halutulla enimmäistasolla.

Valojen ohjaus on toteutettu viemällä kunkin ohjattavan valaisuksen syöttö logiikalta valitun releohjauksen kautta (Kuva 10). Tällöin valopainikkeelta annettu 24 V:n ohjaus kytkee ohjelmassa määritellyn relälähdön päälle.

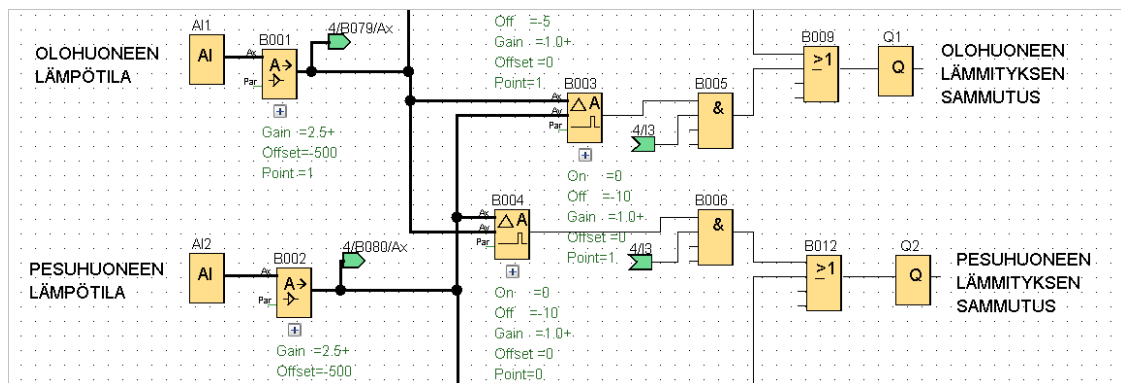


Kuva 10. Valojen ohjaus.

Logiikan relälähtö A1_Q1 ohjaa valoa E1. Relälähdön rinnalle on kytketty mekaaninen katkaisija, jolla valaistusta voidaan käyttää, mikäli logiikka ei ole käytettävissä. Katkaisijat voidaan sijoittaa keskuksen yhteyteen pitkien johdinvetojen välttämiseksi.

4.4 Lämmityksiä ohjaavat ohjelmat

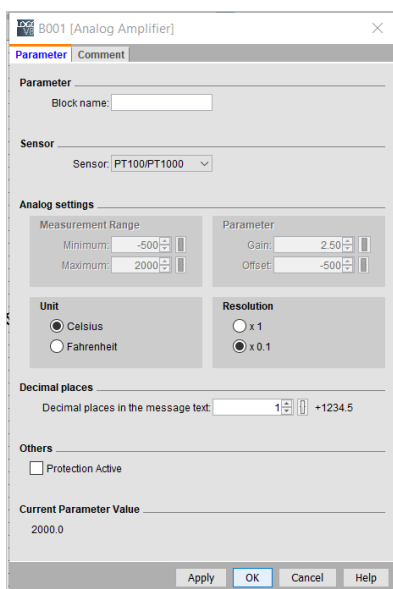
Logiikan ohjelmien avulla sähköjärjestelmän laitteita voidaan ohjata halutulla tavalla joko manuaalisesti tai ohjelmoinnin mahdollistavan automatiikan avulla. Logiikalla ohjattavia toimintoja ovat lämmityskuormien vuorottelu kiukaan kytkemisen aikana, lämmityksen pudotus haluttuna aikana, hälytysten teko ja valaistusten ohjaus. Ohjauksia varten tehdyt ohjelmia on esitetty liitteissä 7 – 8. Lämmitysten vuorottelulla saadaan huippukuorma pidettyä suojauksen ja syötön vaatimalla tasolla, kun kiukaan tuoma lisäkuorma kytketään päälle. Muuten lämmitykset toimivat normaalisti ilman logiikkaa huonetermostaattien ohjaamina. Logiikan ohjaus kytkee tarvittaessa lämpökuormia pois päältä. Ohjelmoinnissa lämpökuormista eli lattialämmityksistä on muodostettu kytkennällisesti pareja, joita vuorottelemalla saadaan noin puolet lämpökuormasta pois (Kuva 11).



Kuva 11. Lämmitysten vuorottelu kiukaan ollessa päällä.

Esimerkkinä olohuoneen ja pesuhuoneen muodostamassa kytkentäparissa verrataan huoneiden lämpötiloja ja niiden eroilla ohjataan lämmitystentoimintaa. Lohkot AI1 ja AI2 ovat logiikan analogisia tuloja, joihin tuodaan lämpötilamittauksessa käytettyjen PT100- tai PT1000 -antureiden antama lämpötilan mukainen arvo. Lämpötila-anturin antama vastusavo on suoraan verrannollinen lämpötilan arvoon välillä -50 °C ja 200 °C . Soft Comfort -ohjelma muuntaa analogisille lohkoille tulevia signaaleja ohjelman sisäisesti välille 0 - 1000 anturityypistä riippumatta.

Tämän vuoksi saadut analogiset mittausravot täyttyy muuttua takaisin lämpötilojen mukaisiksi. Analogisen vahvistimen parametreistä voidaan tämän skaalauksen lisäksi valita halutun anturin tyyppi, lämpötila-arvojen yksikkö (°F- tai °C-asteet) ja haluttu asteikon tarkkuus (kuva 12). Kun tarkkuudeksi valitaan 0,1 astetta, käsittelee ohjelma mittausravoja välillä -500 ja 2000 eli asteen kymmenyksissä. Tällöin käsiteltävä numeroarvo saadaan esitettyä tarkempuna.



Kuva 12. Analogisen vahvistimen parametrit.

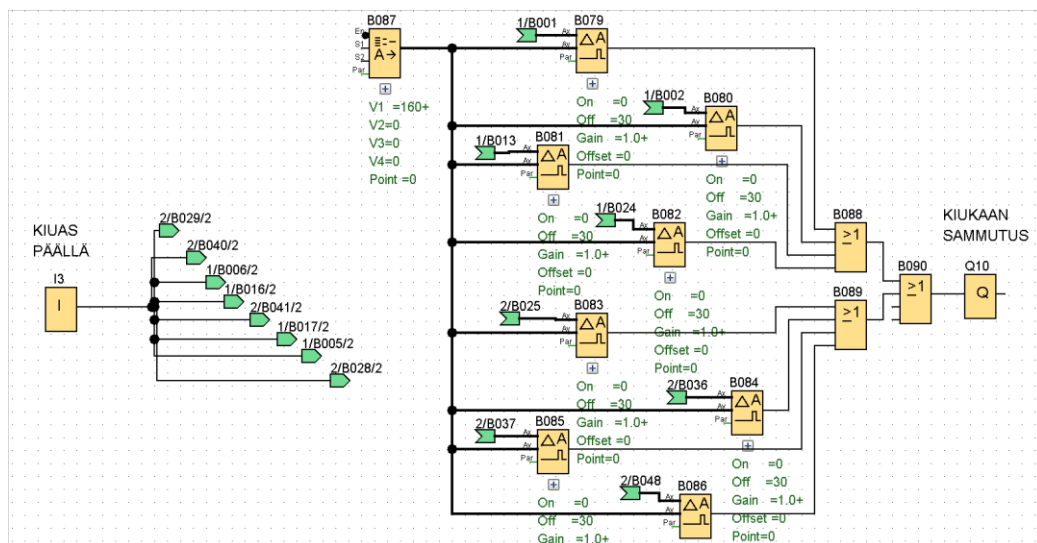
Asettamalla analogisen vertailulohkon offset-parametriksi -500 ja vahvistuskerrotimeksi 2,5 saadaan PT100-anturin alin arvo (-500) vastaamaan ohjelman käyttämän arvovälin (0 – 1000) lukemaa nolla ja PT100-anturin ylin arvo (2000) vastaamaan ohjelman käyttämän arvovälin lukemaa 1000. muutettua vastaamaan todellisten lämpötilojen mukaisiksi lukemiksi.

Lämpötilojen mukaiset signaalit viedään analogisille vertailijoille (B003 ja B004). B003-lohkon tuloon Ax tuodaan vertailuparin ensimmäinen lämpötilamittaus (olohuone) ja tuloon Ay toinen mittaus (pesuhuone). Tämä lohko vertailee tulojen Ax ja Ay eroa ja ohjaa lähtöä annettujen parametrien mukaan. ON-parametrin arvoksi asetetaan lämpötilaero, jolla vertailulohkon ohjaus menee päälle. Positiivisella lukemalla tulo Ax täytyy olla annetun arvon verran suurempi kuin tulo Ay

ja negatiivisella pienempi, jotta lohko antaa ohjauksen. OFF-parametrillä määritellään lämpötilaero, jolla lohko katkaisee ohjauksensa. Tässä päälle kytkeytymisen arvoksi on asetettu nolla astetta. Tällöin ohjelma sammuttaa toisen lämmityksistä, jos lämpötila-arvot sattuisivat olemaan täysin samat, kun lämmitysten vuorottelu kytkeytyy päälle.

Vertailulohkon ohjaus vieetään AND-lohkolle (B005), jolle tuodaan myös lämmityksen vuorottelua ohjaava kiukaan päällä olo -tieto (kuva 8). Tämä tieto tuodaan logiikalle omana digitaalisena tulonaan (I3) ja se saa ohjauksena kiukaan termostaatin koskettimien kautta. Tällöin ohjaukset lämmityskuormien sammuttamiseksi toimivat vain, jos nämä signaalit ovat yhtäaikaista päällä. Mikäli tietyn ohjausosan AND-lohkon kumpikin signaali on päällä, annetaan ohjaus lähdölle ja kyseinen lämmityskuorma kytkeytyy pois päältä.

Lämmityskuormien vuorottelun ohjaukseen liittyy lisäksi ohjelmaosa (kuva 13), jossa kiukaan syöttö katkaistaan, mikäli jonkin huoneen lämpötila laskee lämpökuormien vuorottelun aikana annetun asetusarvon alapuolelle.



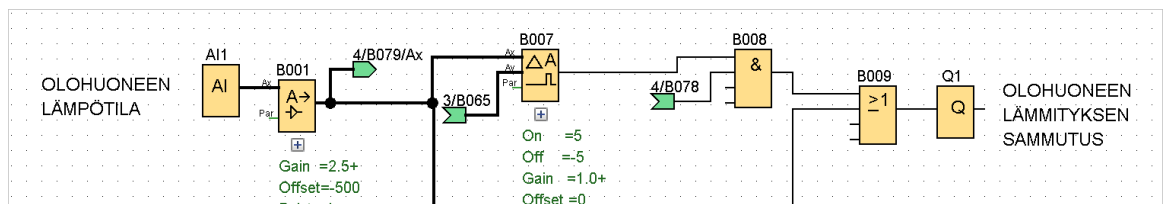
Kuva 13. Kiukaan ohjaus lämmitysten vuorottelussa.

Haluttu lämpötilan asetusarvo annetaan ohjelmallisesti lohkon B087 parametrin V1 analogiseksi arvoksi.

Tämä asetusarvo viedään vertailulohkoille B079 – B086 tuloihin Ay ja tuloihin Ax tuodaan jokaisen mitattavan huoneen lämpötilatiedot, jotka kuvassa näkyvät viitenuolina lohkoissa. Kytkentöjen toinen liitäntäpiste näkyy kuvan 6 lämpötilamittausten yhteydessä. Vastaavanlaiset kytkentöjen viitenuolet on kiukaan päällä olo -tiedon yhteydessä. Näillä saadaan ohjelmaa tehtyä hieman siistimmäksi kytkentäviivojen määrää pienentämällä.

Myös näiden vertailulohkojen parametreillä saadaan asetettua lämpötila-arvot, joilla vertailulohkon ohjaus toimii. Mikäli yhdenkin huoneen mitattu lämpötila putoaa alle asetusarvon, kyseisen mittauksen vertailulohko kytkee lähdön Q10 päälle ja sammuttaa kiukaan. Tällöin myös lämmitysten vuorottelu katkeaa ja lämmitykset toimivat normaalisti ilman logiikan ohjausta.

Lämmitysten vuorottelulla saadun huippukuorman pienenemisen lisäksi, logiikalla voidaan pudottaa huonelämpötiloja haluttuna aikana, joko manuaalisesti tai ajastetusti. Ohjelman osa, jolla lämpötilan pudotusta ohjataan on esitetty kuvassa 14.

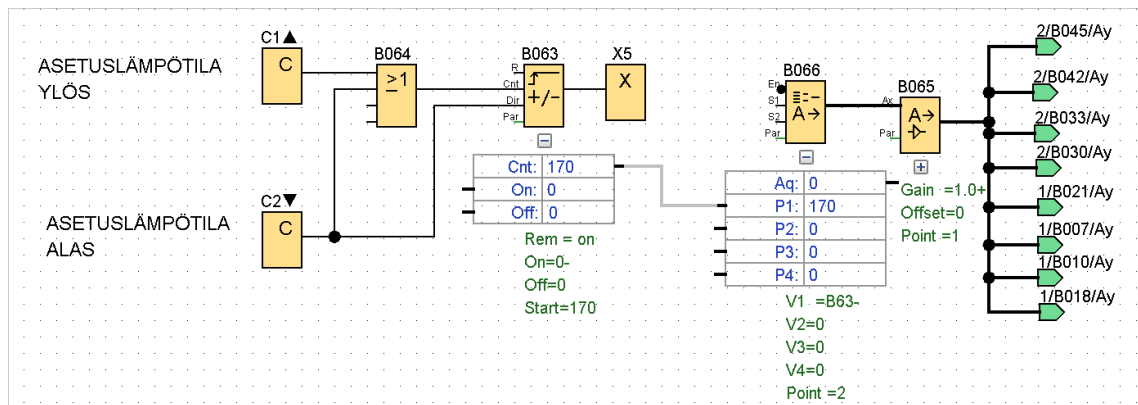


Kuva 14. Lämmityksen pudotuksen ohjaus.

Edellä esitetyn mukaisesti mitattu ja ohjelmaan muokattu lämpötilan mittausero viedään kuvan tapauksessa (olohuone) vertailulohkolle B007 tuloon Ax. Lohkon tuloon Ay tuodaan asetettu lämpötila-arvo, johon lämmityksen halutaan laskevan. Parametrien arvoilla saadaan määriteltyä lämpötila-arvot, joilla ohjaus kytketään päälle ja pois päältä. Siten vertailulohko toimii termostaattina lämpötilan pudotuksen ollessa päällä. Vertailulohkon ohjaus viedään AND-lohkolle, johon tuodaan myös tieto lämmityksen pudotuksen päälle kytkeytymisestä. Kun lämmityksen pudotus on kytketty päälle ja huoneen lämpötila on vertailulohkon ON-parametrimillä määriteltyä asetusarvoa suurempi, katkaisee ohjauslämmityksen lähdöllä

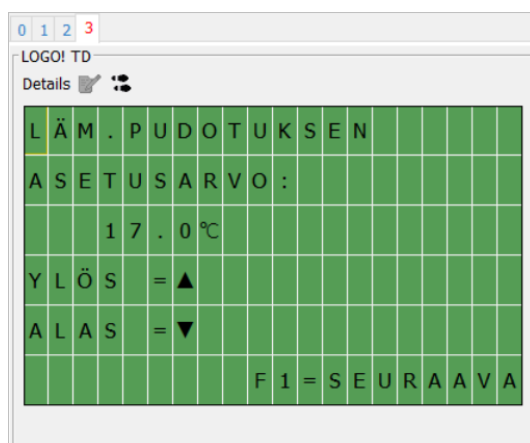
Q1. Lämpötilan laskettua alle OFF-parametrin arvon, katkeaa pudotuksen ohjaus ja lämpötila voi nousta.

Lämpötilan pudotuksen asetusarvo saadaan muutettua esimerkin mukaisesti loogiikan keskusyksikön nuolinäppäimillä (kuva 15). Asetusarvoa saadaan nostettua ylös-näppäimellä viemällä signaali laskurilohkolle B063 CNT-tuloon eli laskurituloon, jolloin lohko laskee ja tallentaa painalluskertojen määrän.



Kuva 15. Lämmityksen pudotuksen asetusarvo.

Lohkon laskusuunta valitaan DIR-tulolla eli suuntatulolla, johon alas-näppäin on yhdistetty. Laskurilohkon toimii siten, että ylöspäin lasku tapahtuu, kun tulon tila on nolla ja alaspäin lasku, kun tulon tila on yksi. Asetusarvon muuttuminen näkyy näyttöpaneelissa, kun arvoa nostetaan tai lasketaan (kuva 16).



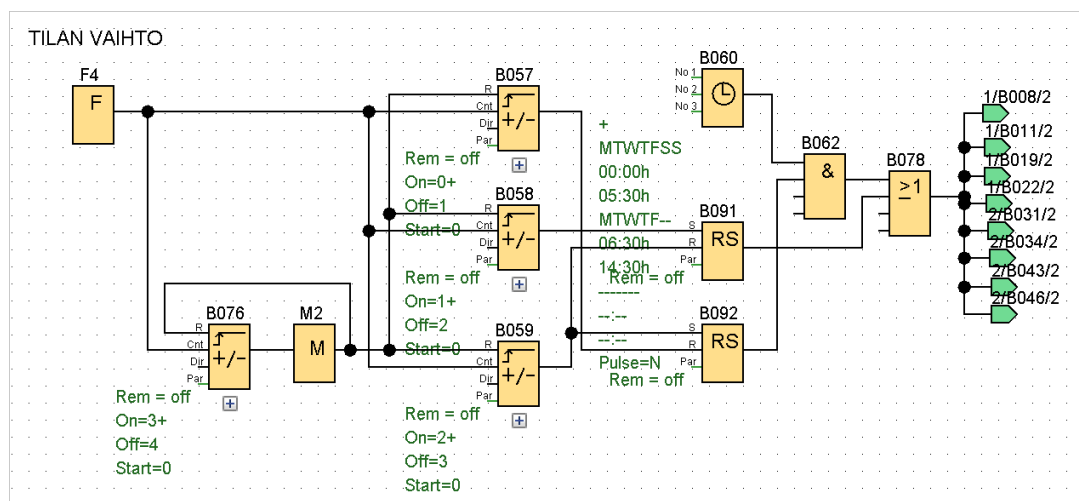
Kuva 16. Lämmityksen pudotuksen asetusarvo.

Painettaessa ylös-näppäintä suuntatulo pysyy nollassa ja laskettu määrä lisääntyy. Alas-näppäintä painettaessa sekä suunta- että laskuritulojen tila vaihtuu arvoksi yksi ja laskuri laskee alaspäin. Lohkon parametriksi voidaan asettaa jokin haluttu alkuarvo lämpötilan arvoksi.

Koska laskurilta lähtevää tilatietoa ei tarvita, voidaan laskurin parametrit asettaa nolliksi. Parametreilla määritetään, kuinka monen laskutapahtuman jälkeen lohkon tila asetetaan päälle (ON-parametri) ja pois päältä (OFF-parametri). Koska laskurilohkon lähdön tilaa ei viedä mihinkään ja sen liitos jää avoimeksi, on se suljettava kytkemällä siihen kuvan mukainen päätelohko.

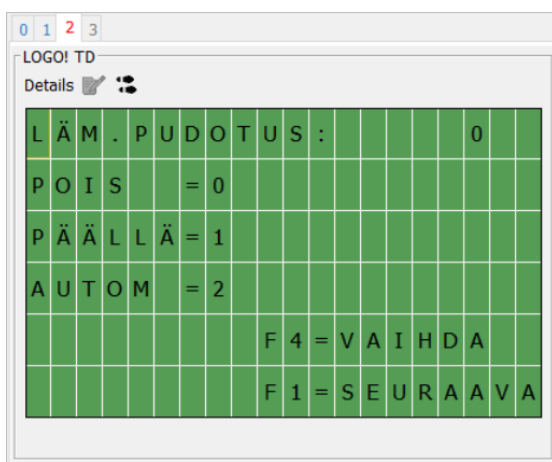
Laskurilohkossa oleva digitaalinen lämpötila-arvo, joka on esitetty asteen kymmenyksissä, voidaan viedä viitearvona analogiselle MUX-lohkolle yhdistämällä ohjelmalla laskurilohkon laskentatuloksen ja MUX-lohkon asetusarvon V1 lohkojen alapuolella näkyviin tuoduissa parametritaulukoissa. Asetettu lämpötila-arvo viedään analogiselle vahvistimelle, jonka vahvistuskerroin on yksi. Vahvistinlohkolta lämpötila-arvo viedään lämpötilan pudotusta ohjaavan vertailulohkoon edellä kuvatusti.

Tieto lämmityksen pudotuksen päälle kytkeytymisestä saadaan ohjelman osasta, jossa valitaan näyttöpaneelilta lämpötilan pudotuksen ohjauksen tila (kuva 17).



Kuva 17. Lämmityksen pudotuksen tilan valinta.

Pudotuksen tila voi olla pois päältä, manuaalisesti kytketty päälle tai ajastimella kytketty päälle. Näppäimen ohjaus vie laskureiden CNT- eli laskurituloon. Kun tila on asetettu pois päältä, on kaikissa laskureissa oleva laskuarvo nolla. Tällöin laskurilohko B057, jonka ON-parametriksi on asetettu nolla ja OFF-parametriksi yksi, on mennyt päällä ja on nollannut relelohkon B092, joka ohjaa ajastettua tilaa. Silloin lämmityksen pudotus on ei ole käytössä ja näyttöpaneelissa ilmoitetaan tilaksi nolla (kuva 18).



Kuva 18. Lämmityksen pudotuksen tilan näyttö.

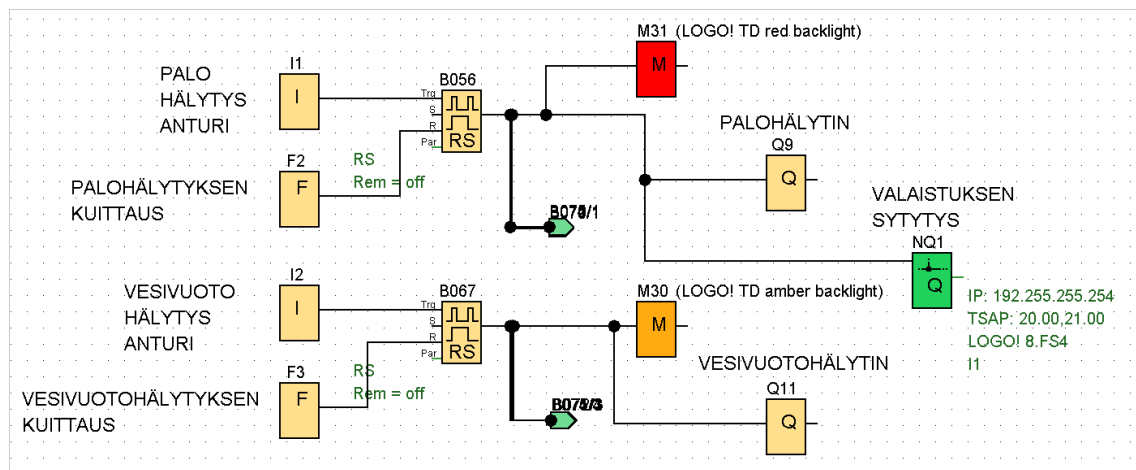
Kun F4-näppäintä painetaan saavat kaikki laskurit arvon yksi. Silloin lohko B057 menee pois päältä ja lohko B058, jonka ON-parametriksi on asetettu yksi ja OFF-parametriksi kaksi, menee päälle ja kytkee päälle relelohkon B091. Se ohjaa lämmityksen pudotuksen suoraan päälle OR-lohkon B078 kautta

Painettaessa F4-näppäintä uudelleen, saavat kaikki laskurit arvon kaksi. Silloin lohko B058 menee pois päältä ja lohko B059, jonka ON-parametriksi on asetettu kaksi ja OFF-parametriksi kolme, menee päälle ja nolaa relelohkon B091. Samalla se kytkee relelohkon B092 päälle. Tämän relelohkon ohjaus vie AND-lohkolle B062, jolle vie myös ajastinlohkon ohjaus. Tässä tilassa lämmityksen pudotus toimii ajastinlohkoon asetettujen viikonpäivien ja kellonaikojen mukaan. Kun F4-näppäintä painetaan uudelleen, saavat kaikki laskurit arvon kolme. Silloin lohko B059 menee pois päältä ja lohko B076, jonka ON-parametriksi on

asetettu kolme ja OFF- parametriksi neljä, menee päälle ja vie tilan arvon muistilohkoon M2. Muistilohkolta M2 päällä oleva signaali viedään jokaisen laskurin RESET-tuloon, jolla laskurit nollataan, lämmityksen pudotus asetetaan pois päältä ja tilan valintakierros palaa alkuun.

4.5 Hälytysten ohjaus

Ohjelmoitavalla logiikalla voidaan myös ohjata erilaisia hälytystoimintoja. Seuraavassa on esitetty palo- ja vesivuotohälytysten ohjelmointi (kuva 19).

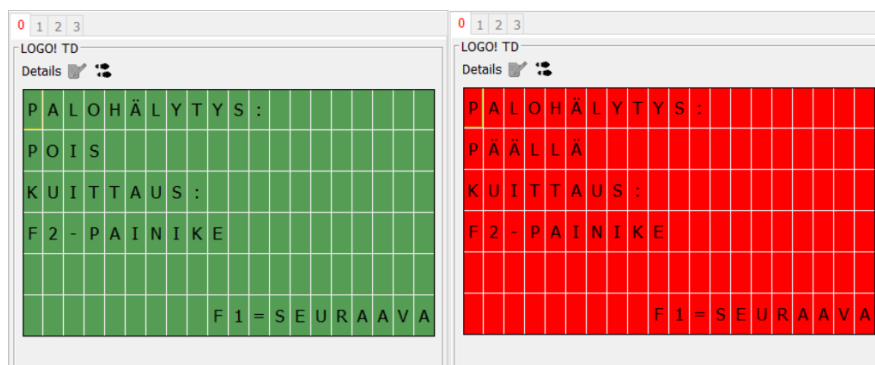


Kuva 19. Hälytyksen ohjaus.

Palohälytys kytkeytyy päälle, kun tulon I1 liitetty hälytysanturi havaitsee palon ja ohjaa signaalin relelohkon B056 TRG-tuloon. Tähän tulon annettu impulssi asettaa relelohkon päälle. Relelohkon ohjauksella asetetaan lähtö Q9 päälle ja se käynnistää lähtöliitintään kytketyn palohälyttimen.

Tämän lisäksi hälytyksen aiheuttama ohjaus viedään näyttöpaneelille, johon vaihtuu ohjelmalla valittu ilmoitus hälytyksestä. Lohko M31 on ohjelman erikoislohko, jolla saadaan näyttöpaneelin taustaväri vaihdettua punaiseksi (kuva 20). Hälytys saadaan kuitattua näyttöpaneelin F2-näppäimestä, joka on yhdistetty relelohkon B056 RESET-tuloon. Tämä kytkee relelohkon pois päältä ja sammuttaa

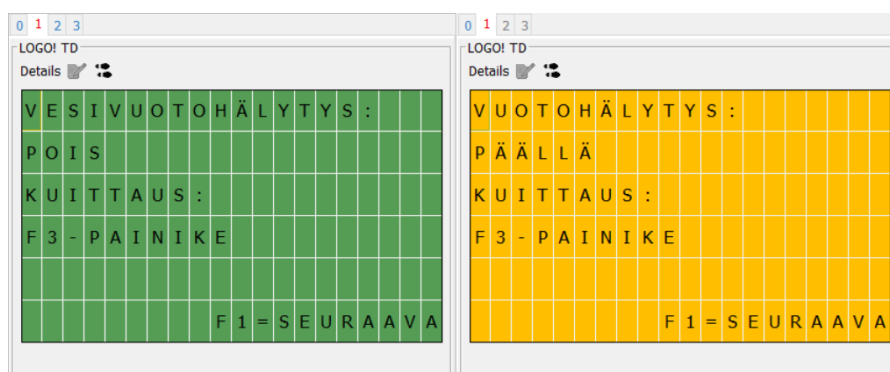
hälytyksen ja palauttaa näyttöpaneelin alkutilaan ja näyttöpaneelin taustaväri muuttuu vihreäksi.



Kuva 20. Palohälytyksen ilmoitus näyttöpaneelissa.

Relelohkon ohjaus viedään myös verkkolähdön NQ1 kautta sähköjärjestelmän valaistusta ohjaavalle logiikalle. Tällä toiminnolla saadaan palohälytyksen sattuessa sytytettyä haluttu määrä valaisimia. Verkkolähdön parametreilla määritellään Ethernet-kaapelin kautta yhdistettävän logiikan IP-osoite, logiikkatyyppi ja tuloliitäntä signaalin saamiseksi oikeaan paikkaan ja halutun toiminnan toteutumiseksi.

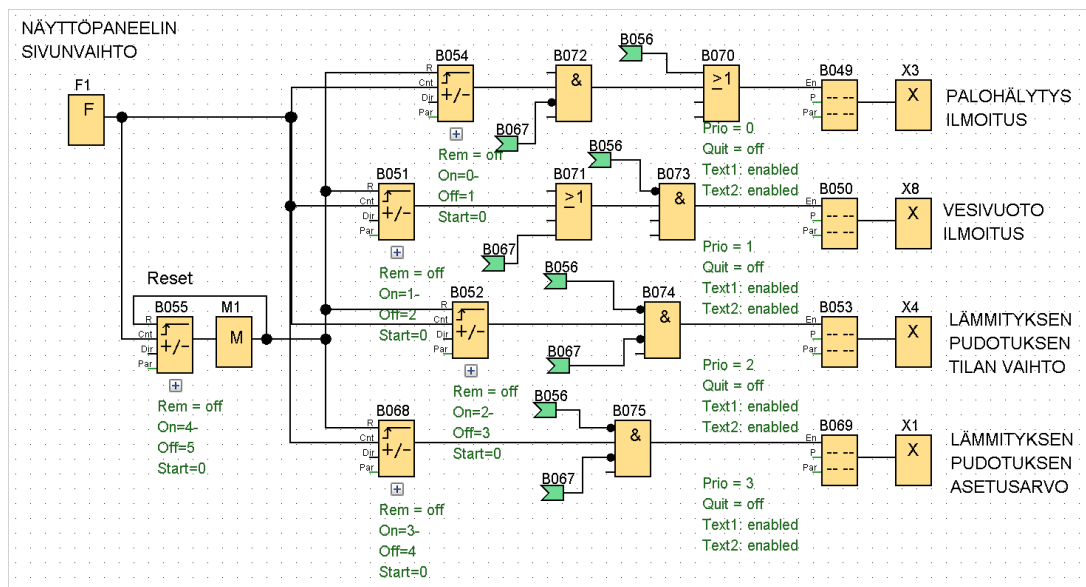
Palohälytyksen lisäksi logiikkaan on tehty ohjelma, joka ilmoittaa mahdollisista vesivuodoista. Tuloon I2 liitetyn vesivuotoanturin kytkeytyminen asettaa relelohkon B067 päälle, antaa hälytyksen ja vie signaalin näyttöpaneelille, johon ilmestyy hälytyksen mukainen teksti (kuva 21).



Kuva 21. Vesivuotohälytyksen ilmoitus näyttöpaneelissa.

Ohjaukseen liitetty lohko M30 vaihtaa näyttöpaneelin väriksi oranssin. Tämä hälytys kuitataan näyttöpaneelin F3-näppäimestä.

Sivunvaihto näytössä tapahtuu painamalla paneelin F1-näppäintä (kuva 22). Sivuja saadaan kierrätettyä näytöllä yhden näppäimen avulla vastaavalla tavalla kuin edellä esitellyn lämmityksen pudotuksen tilan vaihdon yhteydessä.



Kuva 22. Näyttöpaneelin ohjaus ja sivujen vaihto.

Ohjelmoitavaan logiikkaan liitettyllä näyttöpaneelilla voidaan muuttaa ohjelman mukaisia asetuksia ja lukea logiikan antamia ilmoituksia. Eri ilmoitusten, hälytysten ja asetusarvojen lukemiseksi ohjelmassa on osa, jolla näyttöpaneelin sivuja voidaan vaihtaa.

Kun näyttö on alkutilassa ja kaikkien laskureiden (B051 – B055) laskuarvo on nolla, lohko B051 on päällä ja antaa signaalin AND-lohkolle B072. AND-lohkoon tuodaan myös vesivuotohälytyksen tieto käänteisenä. Tällöin ohjauksignaali jatkaa AND-lohkolta, mikäli vesivuotohälytys ei ole päällä eli sen tila on nolla. OR-lohkolle tuodaan näyttöpaneelilta tulevan ohjauksen lisäksi palohälytyksen tilatieto jolloin tekstilohko B049 menee päälle joko näyttöpaneelista valitsemalla tai palohälytyksen mennessä päälle. Koska tekstilohkon lähtöä ei viedä mihinkään,

on siihen kytkettävä päätelohko. Vastaava kytkentä on tehtävä muissakin tekstilohkoissa.

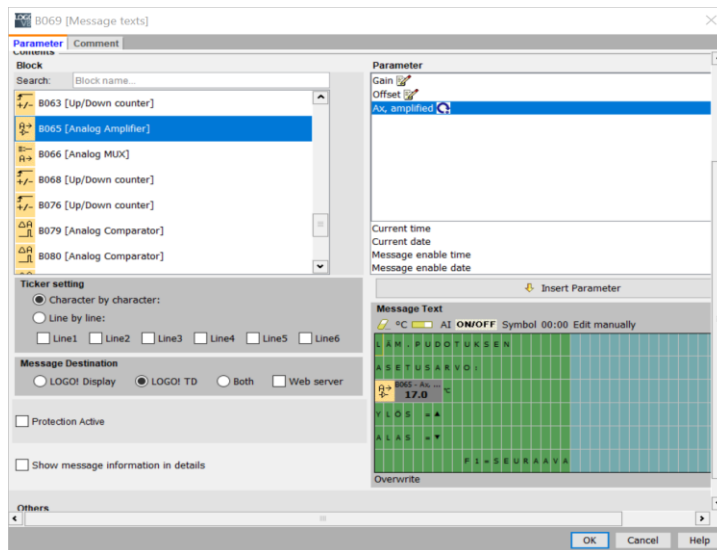
Kun F1-näppäintä painetaan uudestaan, laskurit saavat arvon yksi ja lohko B054 mennee pois päältä ja lohko B052 päälle. Signaali viedään OR-lohkolle B071, johon tuodaan myös vesivuotohälytyksen tila, jolloin seuraavana olevaan AND-lohkoon B073 menee signaali, joko näyttöpaneelistä valitsemalla tai vesivuotohälytyksen mennessä päälle. AND-lohkoon tuodaan myös palohälytyksen tila käänteisenä. Ohjaussignaali jatkaa AND-lohkolta vain, jos palohälytys ei ole päällä eli sen tila on nolla. Koska tässä tapauksessa AND-lohko on OR-lohkon jälkeen, sammuu tekstilohko B050, jos vesivuoto- ja palohälytys ovat samanaikaisesti päällä. Silloin paneeliin tulee palohälytyksen näyttöteksti.

Seuraavalla F1-näppäimen painalluksella laskureiden arvoksi tulee kolme ja lohko B053 menee päälle. Laskurilohkon signaali menee AND-lohkolle B074, johon tuodaan sekä palo-, että vesivuotohälytyksen tilan arvo käänteisenä. Tämän vuoksi päällä ollessaan tekstilohko B068 menee pois päältä, jos edes toisen hälytyksen tila asettuu arvoon yksi. Tällä saadaan hälytyksen mukainen teksti näyttöpaneeliin, vaikka näytölle olisi valittuna jonkin muun tekstilohkon sisältö.

Painettaessa uudelleen F1-näppäintä, laskureiden arvoksi tulee neljä ja laskurilohko B054 menee päälle ja B053 pois päältä. Tekstilohkon B069 ohjaus tapahtuu samalla tavalla kuin lohkon B068 kanssa. Kun F1-näppäintä painetaan uudelleen, laskurilohkojen arvoksi tulee neljä ja lohko B055 kytkeytyy päälle ja muis-tilohkon M1 kautta nollaa kaikki laskurit viemällä signaali RESET-tuloihin. Silloin laskureiden arvoksi tulee nolla ja näytön valintakierros palaa alkuun ja laskurilohko B051 menee päälle.

Kun jokin tekstilohkoista asettuu päälle, esitetään näyttöpaneelissa kyseiseen lohkoon kirjoitettu teksti ja mahdolliset valittujen digitaalisten lohkojen tilat tai analogisten lohkojen arvot (Kuva 23). Näytössä oleva teksti kirjoitetaan valintaruudun näyttöalueelle ja vasemman reunan luettelosta valitaan lohko, jonka tieto esitetään näytöllä.

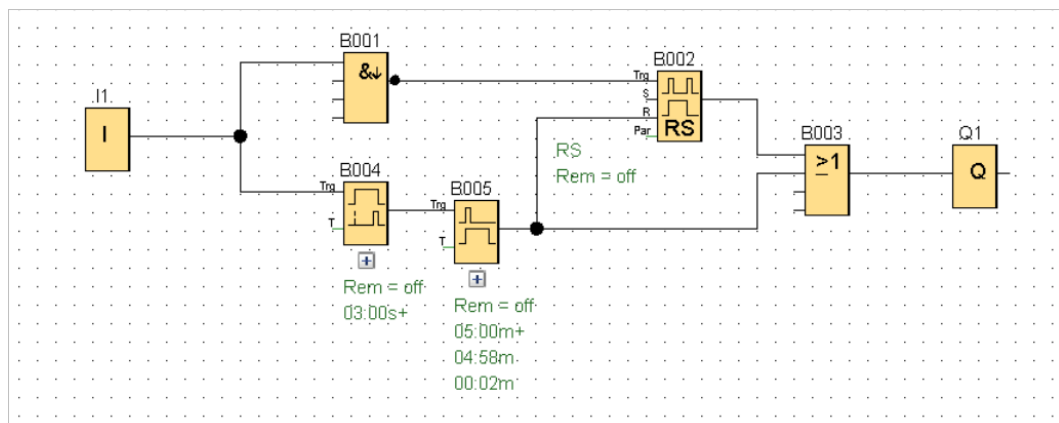
Lohkosta voidaan valita haluttu parametri esitettäväksi. Valittu arvo viedään näyttöalueelle ja se näkyy näyttöpaneelissa siinä kohdassa, johon lohko on näyttöalueelle asetettu.



Kuva 23. Näyttöpaneelin tekstin asetukset.

4.6 Valaistuksen ohjaus

Valaistuksen ohjaus on toteutettu painonapeilla saatavalla logiikan tulossignaaleilla ja logiikan lähtösignaalilla ohjattavilla releillä. Valojen ohjaukseen on lisäksi tehty ohjelmaan valojen sammuttamiseen viive (kuva 24).

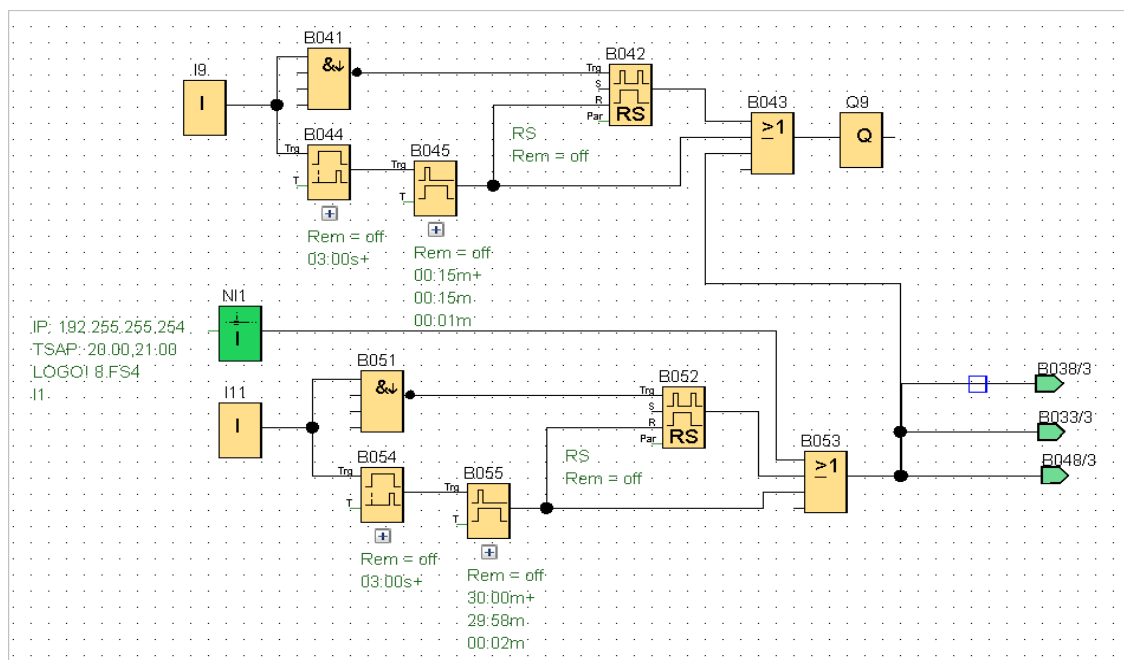


Kuva 24. Valojen ohjaus sammutuksen viiveellä.

Kun valon ohjauspainikkeelta tulee signaali logiikan tuloon I1, signaali viedään sekä AND-lohkolle B001 ja vetohidasteiselle aikarelelohkolle B004. Jos nappia painetaan lyhyesti, AND-lohko B001 antaa impulssin sysäysrelelohkolle B002. Mikäli nappia painetaan uudelleen, sammuu sysäysrelelohko B002 ja Tämä tapahtuu AND-lohkoa ohjaavan signaalin laskevalla reunalla eli, kun painonappi päästetään ylös. Relelohko menee silloin tilaan yksi ja OR-lohkon kautta kytkee lähdön Q1 päälle ja sytyttää lähtöön kytketyn valon.

Mikäli nappia pidetään pohjassa lohkon B004 parametreihin asetetun ajan, joka ohjelmassa on kolme sekuntia, lähtee signaali päästöhidasteisen aikarelelelle B005. Tämä lohko on porrasvalorele, johon voidaan asettaa varoitusajakausko ennen releen sammumista. Ohjelmassa päästöhidastuksen ajaksi asetetaan viisi minuuttia, varoitusajakausko pituudeksi 4 minuuttia 58 sekuntia ja varoitusajan jaksoksi kaksi sekuntia. Tällöin releen syttymisen jälkeen, se sammuu kahden sekunnin kuluttua kahden sekunnin jaksoksi.

Valojen ohjauksia voidaan myös yhdistellä ohjelmallisesti tai tuomalla lisää tulosignaaleja valojen ohjauslohkoille (kuva 25). Huonekohtaisten painonappien lisäksi ylimääräisellä painikkeella voidaan ohjata useampaa valoa kytkemällä ohjelmassa ohjaus yhtäaikaaisesti eri lähdöille.

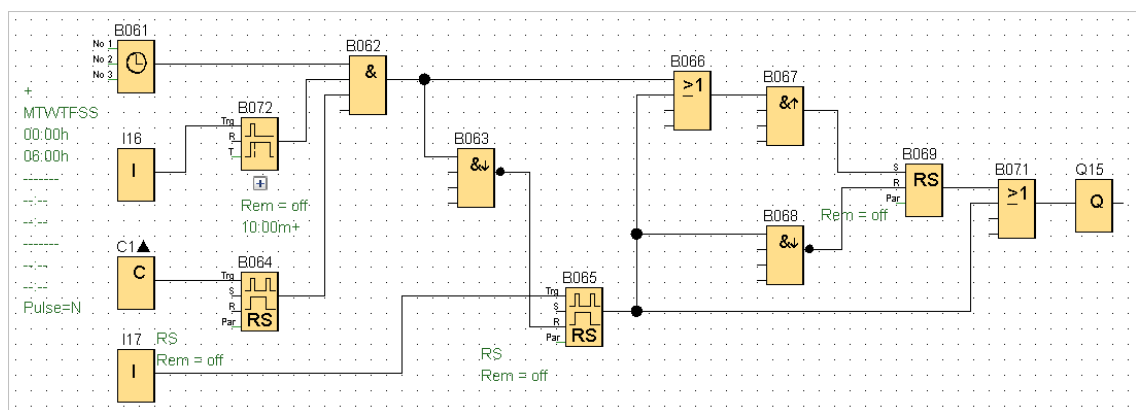


Kuva 25. Valojen yhteisohjaus.

Jos kuvan 20 mukaisesti yhteen huoneeseen on asennettu ylimääräinen painonappi ja siitä ohjaus logiikalle (I11), voidaan sillä sytyttää kerralla usean eri huoneen valot samanaikaisesti. Ohjaus voidaan toiminnallisesti toteuttaa samalla tavalla kuin muidenkin valojen kanssa. Näin esimerkiksi aamulla makuuhuoneesta voidaan sytyttää makuuhuoneen, eteisen ja keittiön valot puoleksi tunniksi ennen asunnosta lähtöä. Valojen sytyttämiseksi voidaan ohjelmassa tuoda myös muita ulkoisia ohjauksia kuten verkkotulo aiemmin esitellyn palohälytyksen kytkeytyessä päälle. Samoin kuin hälytysohjelman verkkolähtölohkon kanssa myös verkkotulolohkon parametrit asetellaan yhteyden vaatimalla tavalla.

Ulkovalaistuksen ohjelmassa ohjaus on toteutettu joko kytkemällä valot suoraan painonapeilla tai automaattisesti ajastuksen tai valoisuuden mukaan (Kuva 26). Automaattinen valojen kytkentä voidaan halutessa poistaa käytöstä.

Painonapeilta tuleva signaali tulolohkoon I17 kytkee sysäysrelelohkon B065 päälle. Kun relelohkon tila on yksi, kytkeytyy lähtö Q15 päälle ja sytyttää valot. Painettaessa painiketta uudelleen sysäysrelelohko kytkeytyy pois päältä ja sammuttaa valot. Myös tämän ohjauksen yhteyden voidaan halutessa lisätä ohjelmaan päästöhidasteisella relelohkolla toteutettu viive valojen sammutukseen.



Kuva 26. Ulkovalaistuksen ohjaus.

Logiikan nuolipainikkeella C1 voidaan asettaa ulkovalaistuksen automaattitoiminto päälle. Painikkeella asettaan sysäysrele B064 päälle, joka antaa AND-lohkolle B062 signaalin. Aikarelelohkon B061 parametreihin asetetaan viikonpäivät

ja kellonajat, jolloin lohkon halutaan kytkeytyvän päälle ja pois päältä. Parametreilla voidaan valita kolme erilaista viikko-ohjelmaa. Tuloon I16 liitetty hämäräkytkin antaa valoisuuden laskiessa signaalin, joka viedään päästöhidasteiselle relelohkolle B072. Relelohko pitää hämäräkytkimen antaman signaalin päällä asetetun ajan verran kytkeytymisen jälkeen ja poistaa mahdollisten valoisuuden vaihteluista aiheutuvat hämäräkytkimen tilan vaihtelut.

Kun ajastinlohko ja hämäräkytkin ovat menneet päälle ja valoautomaatiikka on kytketty toimintaan, antaa AND-lohko B062 ohjauksen OR-lohkon B066 kautta AND-lohkolle B067. AND-lohko antaa päälle mennessään impulssin, joka kytkee pito-relelohkon B069 päälle. Relelohko vuorostaan kytkee lähdön Q15 päälle ja sytyttää valot. Kun automaatiikka on päällä ja valot on kytkettynä, painonapilla voidaan valot sammuttaa kytkemällä sysäysrele B065 pois päältä. Sysäysreleen signaalin sammussa AND-lohko B068 antaa pitoreleen RESET-tuloon impulssin ja sammuttaa myös automaatiikan ohjaaman relelohkon B069. Tällöin kumpikin OR-lohkolle B071 tuleva signaali menee pois päältä ja lähtö Q15 sammuttaa valot. Kun valoja ohjaava automaatiikka kytkeytyy pois päältä, sammuu AND-lohkolle B063 menevä signaali ja jolloin laskevalla reunalla viedään impulssi sysäysreleelle B065.

5 POHDINTA

Opinnäytetyön taustana oli vanhan omakotitalon lämmitysjärjestelmän ja sähköistyksen uusiminen. Asunnon nykyiset lämmityspatterit vaihdetaan lattialämmityskaapeleiksi ja niiden ohjaus toteutetaan ohjelmoitavalla logiikalla. Logiikalla toteutettavalla ohjauksella voidaan lisätä automatiikkaa ja parantaa asunnon energiatehokkuutta.

Opinnäytetyössä käytiin aluksi läpi vallitsevien standardien mukaisia määräyksiä, jotka liittyvät sähköasennusten tekemiseen. Niihin kuului suojausmenetelmien läpikäynti, joita olivat perussuojaus ja vikasuojaus. Määräysten selvitys toi esille maadoituksen tärkeyden sähköjärjestelmien suojauksessa. Vaikka perus- ja vikasuojauksia käytettäisiin riittävästi, on nykyään tullut pakolliseksi vikavirtasuojien käyttö. Näillä saadaan lisättyä suuresti henkilöihin kohdistuvaa turvallisuutta sähköiskun sattuessa.

Sähköjärjestelmän mitoituksesta työssä käsiteltiin asunnon huipputehon ja suojaavien sulakkeiden koon ja syötön kaapeloinnin asennusolosuhteiden mukaisen laskentaan tarvittavia kaavoja. Jotta järjestelmä saadaan standardien mukaisesti toimivaksi, automaattisen poiskytkennän toimiminen laitteiston tarpeeksi nopean toiminnan takaamiseksi on laskennallisesti varmistettava. Laajoissa sähköjärjestelmien muutostöissä, jollainen opinnäytetyön kohteena olevan asunnon suunnitelmakin on, täytyy suorittaa käyttöönototarkastus. Tarkastukseen kuuluu sekä jännitteettömänä, että jännitteellisenä tehtäviä mittauksia ja tarkastuksia jo asennusaikana. Tällä varmistetaan laitteiston turvallinen toimivuus.

Sähkösuunnitteluun liittyvien sähkökuvien ja piirikaavioiden piirtäminen tehtiin tähän tarkoitetuilla suunnitteluohjelmilla, joilla saatiin piirrettyä järjestelmään halutut sähkölaitteet ja määriteltyä laitteiden ominaisuuksia. Sähkökuviin ohjelmalla saatiin tehtyä johdotukset ja johdintyyppien valinnat kuormien mukaan sekä muut asennuksiin liittyvät määritykset, kuten laitteiden korkeustiedot. Suunnitteluohjelmalla saatiin myös laskettua eri huoneiden lämmityskuormien tehot mitoituslaskentaa varten. Mitoituslaskennassa määriteltiin asunnon huipputeho ja sen avulla

huippuvirta ja tarvittavien pääsulakkeiden koko. Näillä saatujen kuormitettavuusarvojen ja eri asennuskohtien ja -tapojen mukaan huomioon otettavien korjauskertoimien avulla saatiin selvitettyä syöttöjohtimen mitoitus. Oikosulkuvirtojen laskennalla saatiin varmistettua automaattisen poiskytkennän toteutuminen niin, että sähköjärjestelmä toimii vikatilanteessa riittävän nopeasti henkilövahinkojen välttämiseksi. Lisäksi suurimman johdinpituuden laskemisella ja toteutuneiden pituuksien varmistus sähkökuvien pituuksien mukaan.

Työssä käytiin myös läpi rakennusautomaatiojärjestelmien rakenteita ja tutkittiin niiden suunnitteluperiaatteita ja toimintoja. Verrattaessa tutkittuja väyläteknikalla toteutettuja järjestelmiä, niiden ominaisuuksia ja eroja, perinteiseen menetelmään, huomio kiinnittyy väyläteknikkaan liittyvien yksittäisten komponenttien suurempaan hintaan mutta myös väylällä toteutettavan järjestelmän vähempään johdotusmäärään. Työssä kyseessä olevan asunnon kaltaisissa pienikokoisissa tiloissa väyläteknikan avulla saatu säästö johdotuksissa jää pieneksi komponenttihintojen eroon verrattuna.

Sähköjärjestelmän lämmitystä ja valaistusta ohjaavan logiikan rakenteet ja laitteiston osat käytiin työssä läpi. Esille tuotiin eri komponenttien ominaisuuksia ja niiden teknisiä rajoituksia. Nämä on otettava huomioon laitteistoa suunnitellessa. Työssä käytiin läpi myös lämmityksen ja valaistuksen ohjaamiseen liittyviä muita laitteita, joita olivat kuormien pudotusta ohjaavat kontaktorit. Näiden ohjauksista piirrettiin piirikaaviot. Ohjelmoitavan logiikan mahdollisen poiskytkennän vuoksi suunnitelmiin tehtiin myös kytkennät varajärjestelmiä varten. Näin sekä lämmityskuormien pudotus kokonaistehon pitämiseksi haluttuna että valaistuksen toimivuus saadaan toimimaan vikatilanteessa.

Valaistuksen ohjauksessa lisäkontaktorit eivät olleet tarpeellisia. Nykyisin käytössä olevien LED-valaisimien ansiosta valaistuskuormat saadaan pysymään riittävän pieninä, jotta niiden ohjaaminen voitiin suunnittelussa toteuttaa suoraan ohjelmoitavan logiikan relälähdöillä. Ohjelmoitavan logiikan ohjaamisen tarvittava ohjelma, SOFT COMFORT, todettiin yksikertaiseksi oppia ja käyttää, ainakin toimilohkokaavio-ohjelmointia käytettäessä.

6 LÄHTEET

D1-2017. Käsikirja rakennusten sähköasennuksista. Sähköinfo Oy. 2017.

LOGO! Manual 6ED1052-xxx08-0BA0 device series, Siemens, 03/2019.

Resistorguide.com. Luettu 25.4.2020. http://www.resistorguide.com/ntc-thermistor/#Comparison_to_other_temperature_sensors.

SFS käsikirja 600-1 osa 1: SFS 6000 pienjännitesähköasennukset. SFS 6000-4-41:2017: Suojausmenetelmät. Suojaus sähköiskulta. Suomen standardisoimisliitto SFS ry. 2017.

SFS käsikirja 600-1 osa 1: SFS 6000 pienjännitesähköasennukset. SFS 6000-5-54:2017: Sähkölaitteiden valinta ja asentaminen. Maadoittaminen ja suojajohdot. Suomen standardisoimisliitto SFS ry. 2017.

SFS käsikirja 600-1 osa 1: SFS 6000 pienjännitesähköasennukset. SFS 6000-6:2017: Tarkastukset. Suomen standardisoimisliitto SFS ry. 2017.

SFS käsikirja 600-1 osa 2: SFS 6000 pienjännitesähköasennukset. SFS 6000-8-802:2017: Täydentävät vaatimukset. Sähköasennusten korjaus-, muutos- ja laajennustyöt. Suomen standardisoimisliitto SFS ry. 2017.

ST 13.31. Rakennuksen sähköverkon ja liittymän mitoittaminen. Laadittu 10.11.2017. Sähkötieto ry.

ST 53.12. Vikavirtasuojat. Laadittu 10.11.2017. Sähkötieto ry.

ST 53.21. Vikavirtasuojat. Laadittu 10.11.2017. Sähkötieto ry.

ST 70.31.01. Selostusesimerkit S2010-nimikkeistön mukaan. S1, ASENNUKSEKSI JA APUJÄRJESTELMÄT. Laadittu 10.11.2017. Sähkötieto ry.

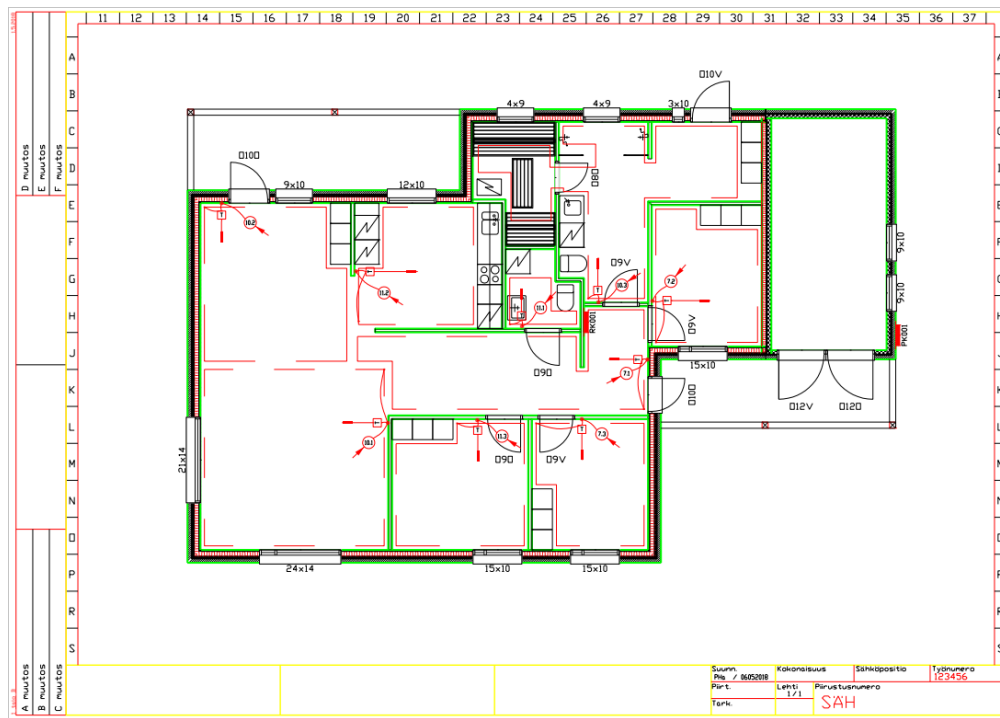
ST-käsikirja 17. Rakennusautomaatiojärjestelmät. 2018. Sähkötieto ry.

ST-käsikirja 23. KNX-järjestelmän perusteet. 2019. Sähkötieto ry.

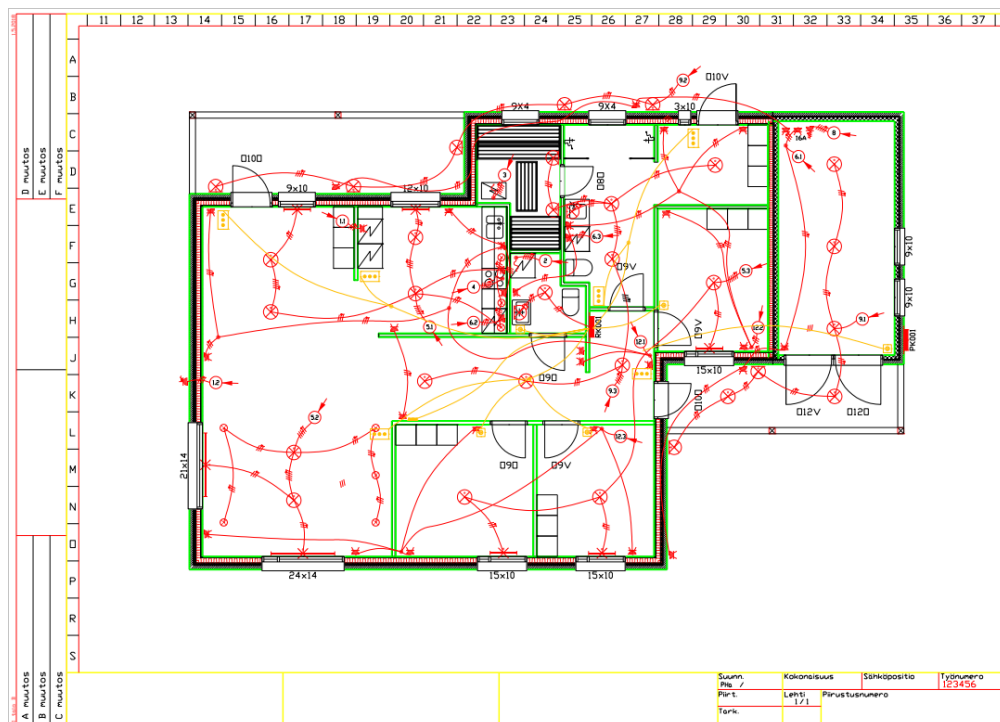
ST-käsikirja 33. Rakennusten sähköasennusten tarkastukset. 2018. Sähkötieto ry.

TAMK Talotekniikka. Avoimet materiaalit. Luettu 2.4.2020.
<http://tate.blogs.tamk.fi/sahkoinen-talotekniikka/sahkoverkko/tn-jarjestelma/>

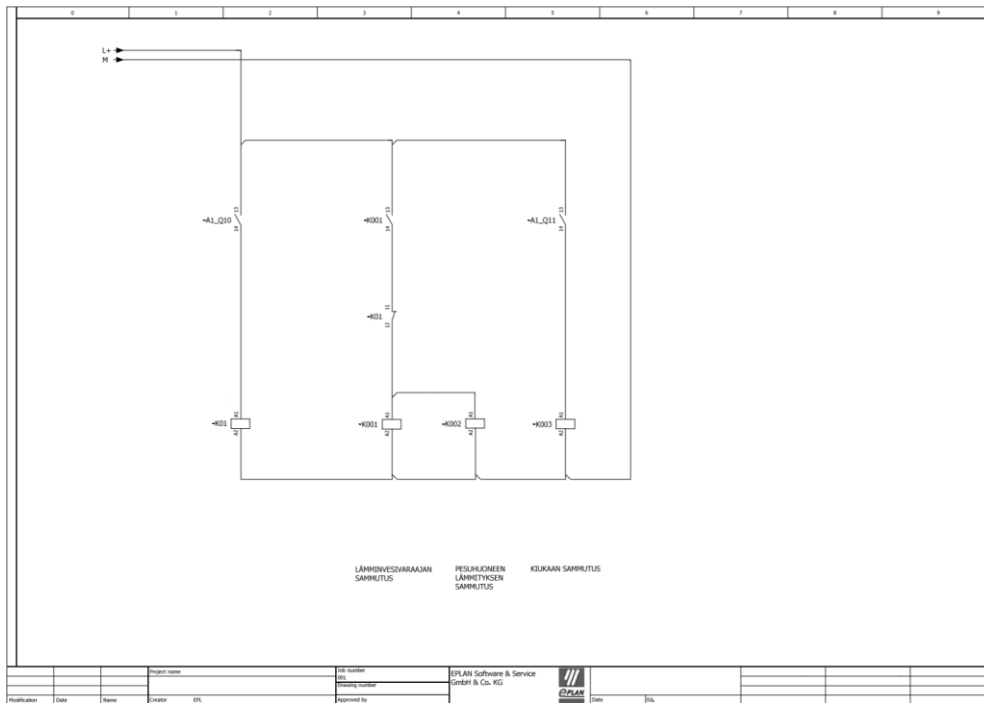
7 LIITTEET



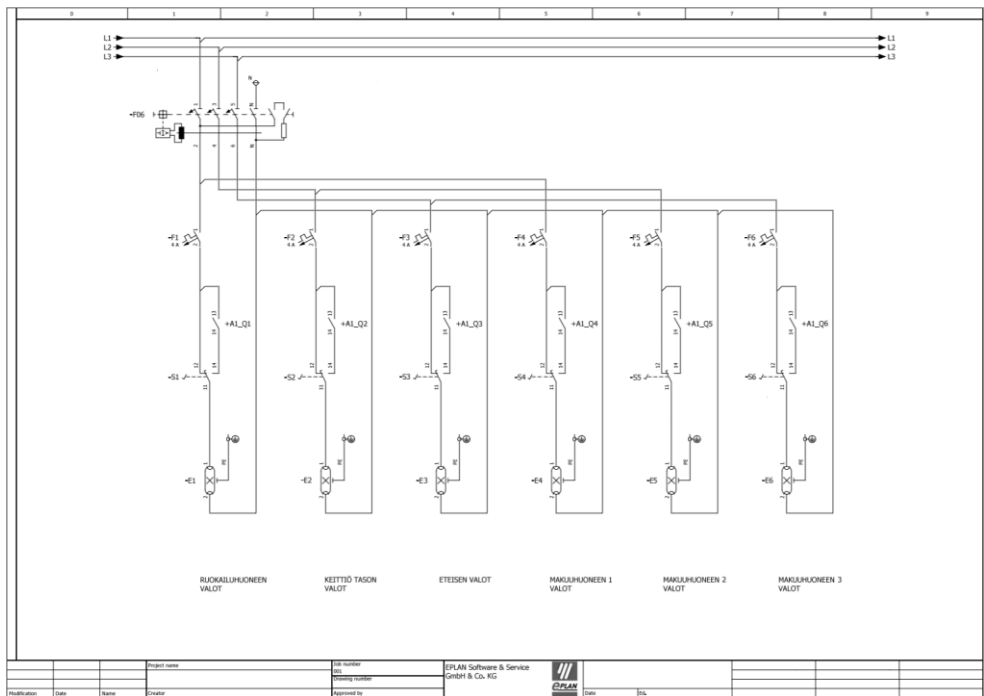
Liite 1. Kiinteistön lattialämmityksen sijoittelukuva.



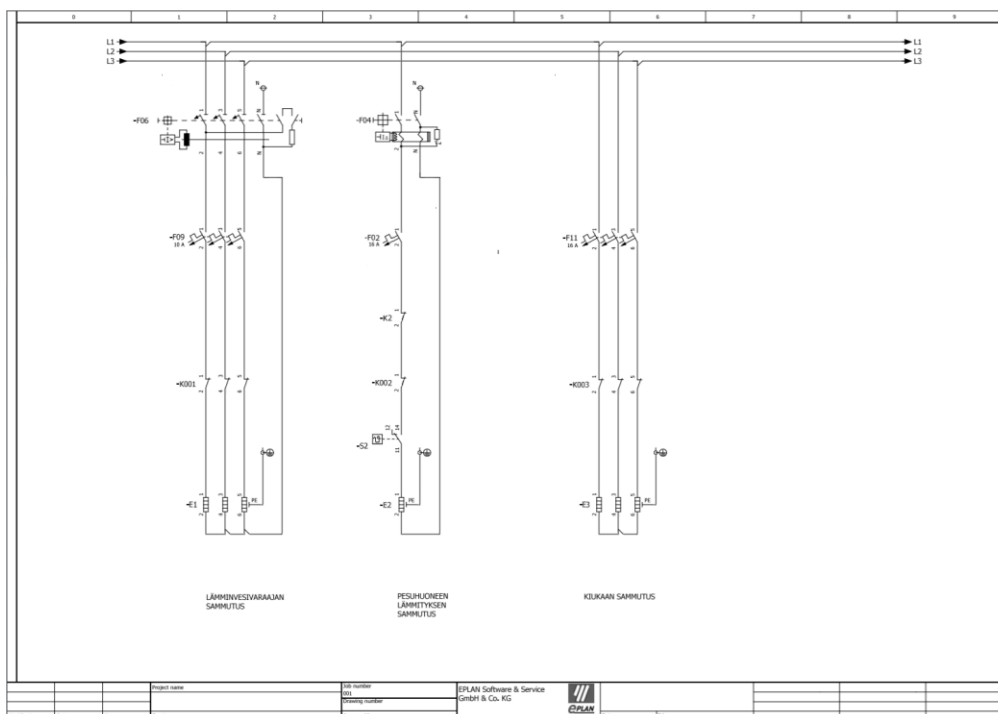
Liite 2. Kiinteistön pistorasioiden ja valaistuksen sijoittelukuva.



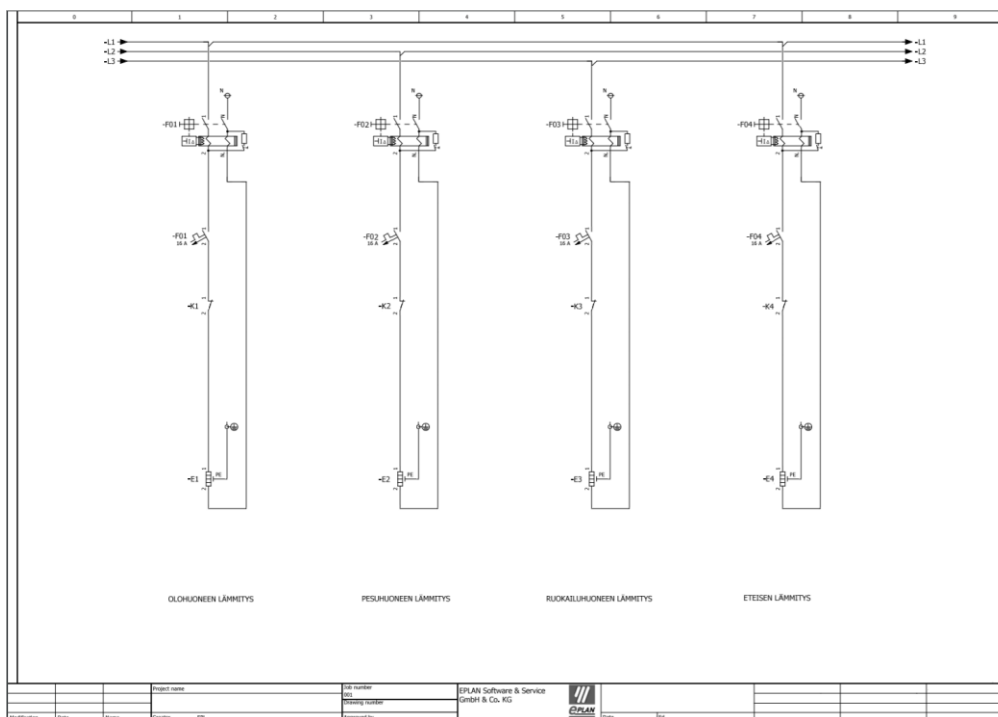
Liite 3. Lämmityskuormien pudotuksen ohjaus.



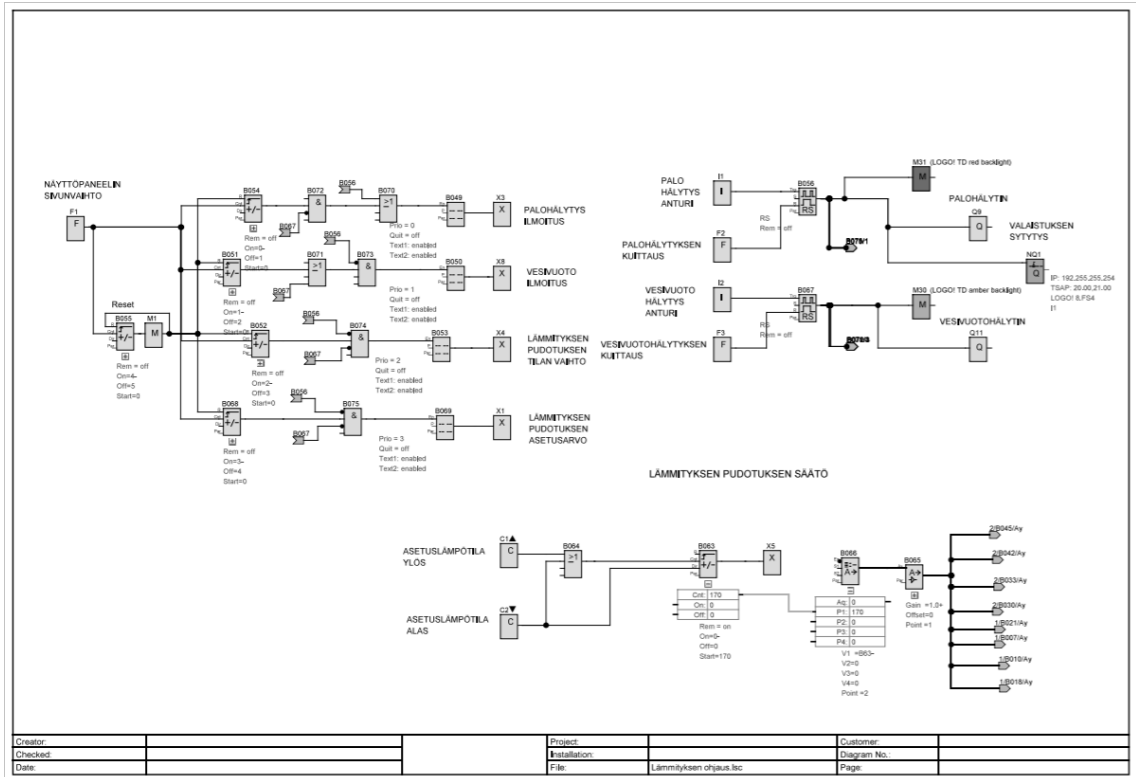
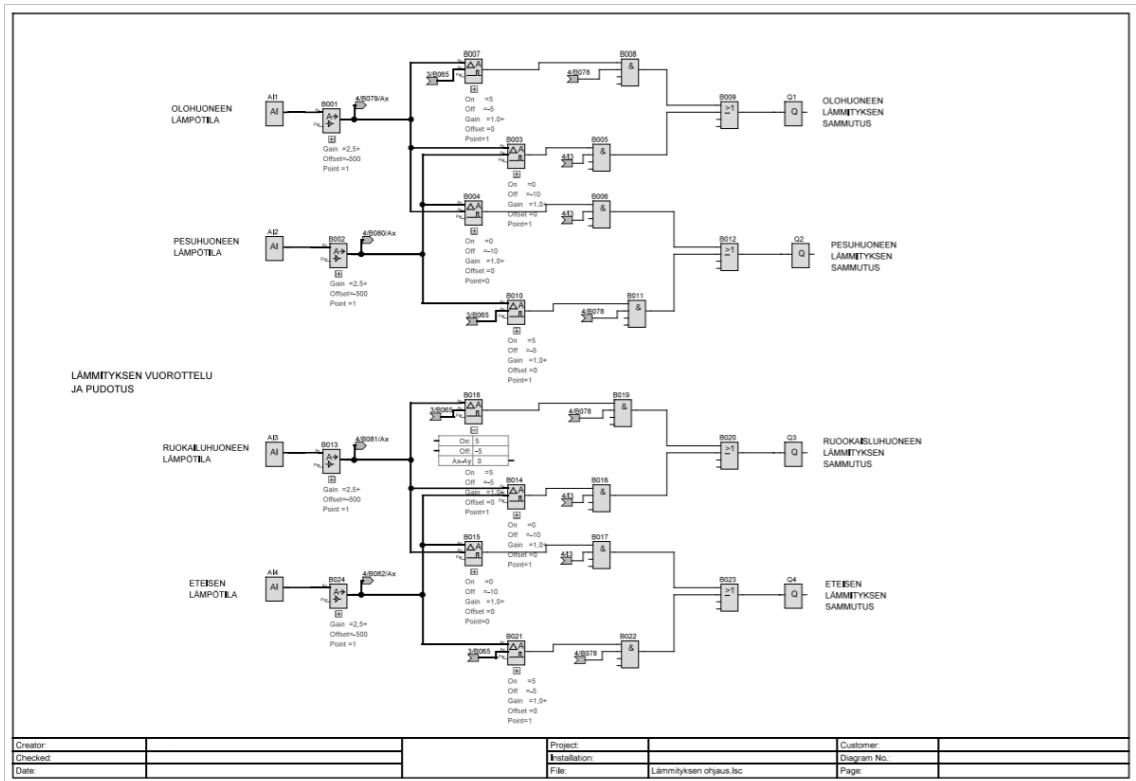
Liite 4. Valaistuksen ohjaus.



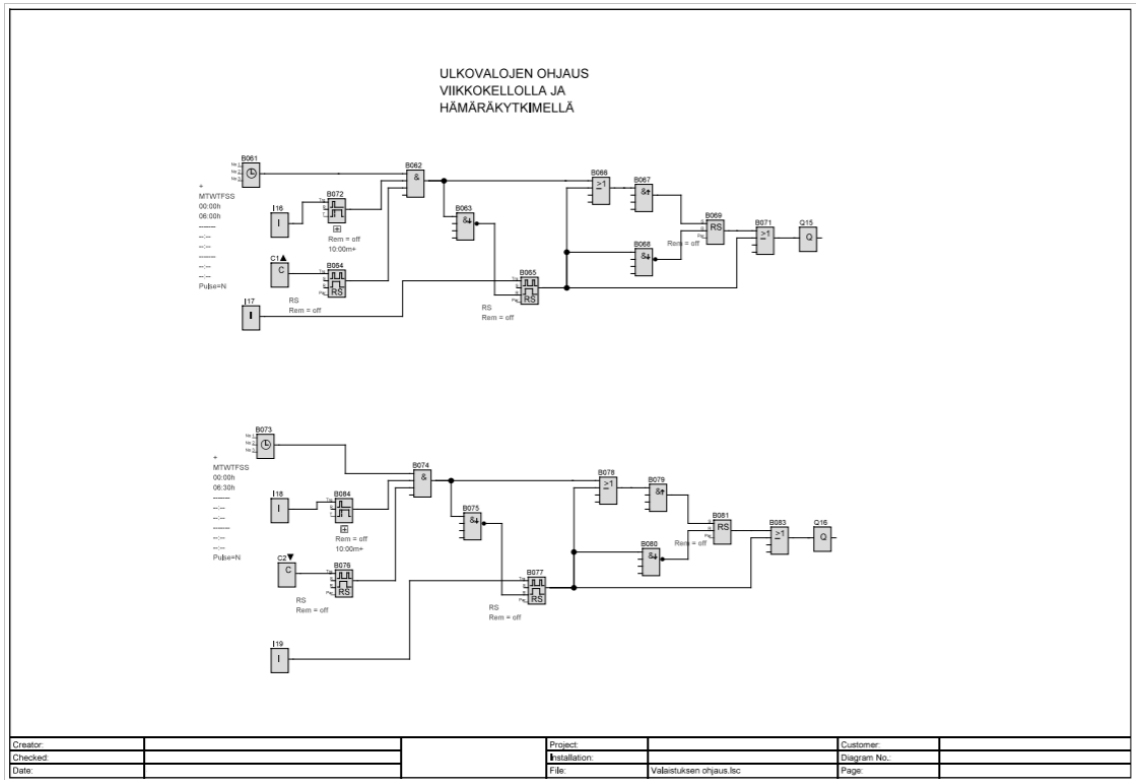
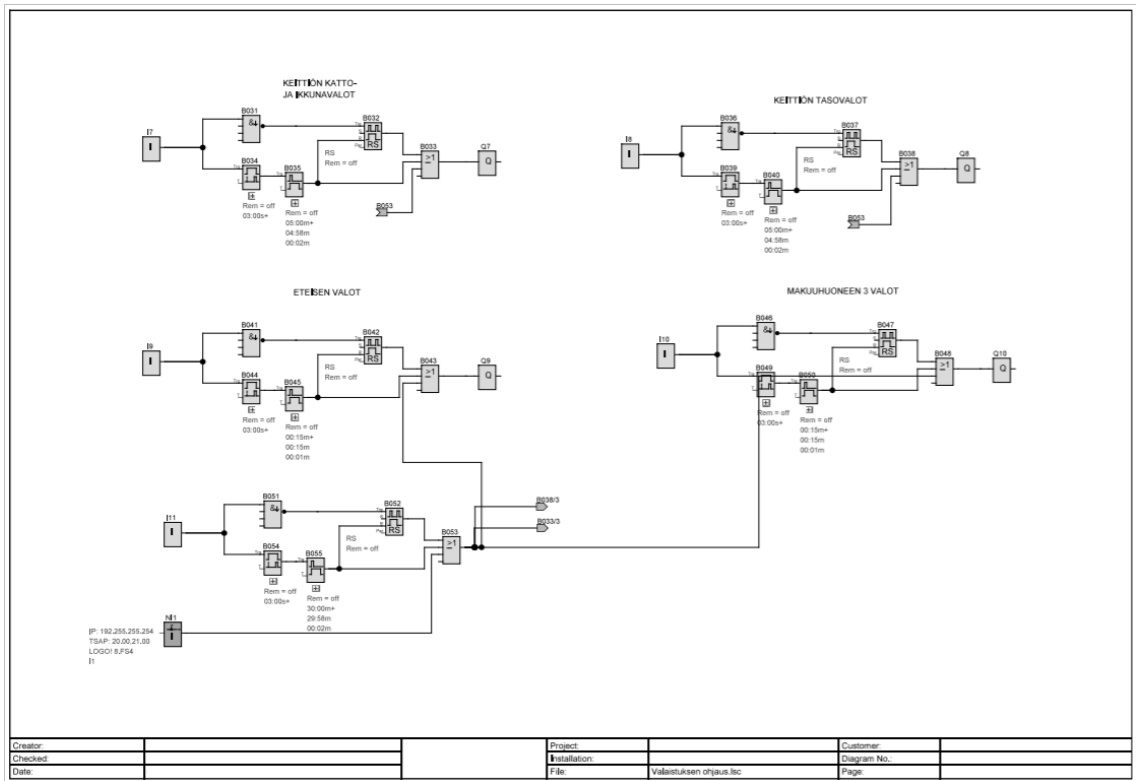
Liite 5. Lämmityskuormien pudotus.



Liite 6. Lämmityskuormien ohjaus.



Liite 7. Lämmityksen ja hälytyksen ohjauksen ohjelmointia.



Liite 8. Valaistuksen ohjauksen ohjelmointia.