

KNX-JÄRJESTELMÄN SUUNNITTELU VAPAA-AJAN ASUNTOON

Romppainen Juhana

Opinnäytetyö

Sähkö- ja automaatiotekniikka
Insinööri (AMK)

2024

Sähkö- ja automaatiotekniikka
Insinööri (AMK)

Tekijä	Juhana Romppainen	Vuosi	2024
Ohjaaja(t)	Ins. (AMK) Jukka Hietämäki		
Toimeksiantaja	Sähköasennus Romppainen Oy		
Työn nimi	KNX-järjestelmän suunnittelu vapaa-ajan asuntoon		
Sivumäärä	36		

Opinnäytetyön aiheena oli vapaa-ajan asunnon sähkösuunnittelu. Tavoitteena oli tutustua KNX-järjestelmään ja laatia laadukkaat työpiirustukset kohteeseen. Työ jakautui kahteen osaan. Ensimmäisessä osassa perehdyttiin KNX-järjestelmän perusteisiin ja sen mahdollisuuksiin. Toisessa osassa tehtiin kohteeseen tarvittavat laskelmat ja laadittiin sähkösuunnitelmat.

Tietoperustana käytettiin laajasti alan kirjallisuutta, ohjeita sekä julkaisuja. Laskelmat ja sähkösuunnittelu perustuivat SFS 6000 -standardeihin ja ST-kortiston materiaaleihin. Sähkösuunnittelussa otettiin huomioon tilaajan toiveet.

Työn tulokseksi saatiin laadukkaat ja monipuoliset työpiirustukset. Lisäksi saatiin tietoa KNX-järjestelmän rakenteesta, tiedonsiirtotavoista ja integrointimahdollisuuksista muihin järjestelmiin. Projekti sujui hyvin ja eteni sovitussa aikataulussa alusta loppuun.

Avainsanat	sähkösuunnittelu, vapaa-ajan asunto, kiinteistöautomaatio
Muita tietoja	Opinnäytetyöhön liittyy toimeksiantajalle toimitetut sähkösuunnitelmat

Electrical and Automation Engineering
Bachelor of Engineering

Author	Juhana Romppainen	Year	2024
Supervisor(s)	Jukka Hietamäki, BEng		
Commissioned by	Sähköasennus Romppainen Oy		
Title	The planning of KNX-system to a vacation home		
Number of pages	36		

The topic of this thesis was leisure apartment's electrical planning. The goal was to explore the KNX-system and make high-quality working drawings for the object. The work splits into two parts. In the first part the basics of the KNX-system and its possibilities were studied. In the second part necessary calculations of the object were made and electrical planning was prepared.

The field's literature, instructions and publications were used widely. The calculations and electrical planning were based on SFS 6000 standards and materials of the ST -file. The customer's needs were taken into attention in the electrical planning.

The result of the work was high-quality and versatile working drawings. Information of the KNX-system's structures, data transmission methods and integration possibilities to other systems were also received. The project went well and progressed in the agreed schedule from start to finish.

Keywords	electrical planning, leisure apartment, property automation
Special remarks	The thesis includes electrical plannings delivered to the commissioner.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	5
2	KNX-JÄRJESTELMÄ	6
2.1	KNX-standardi	6
2.2	Historia	6
2.3	Rakenne	7
2.4	Tiedonsiirto	9
2.5	Energiasäästöä kiinteistöautomaation avulla	11
3	LIITÄNNÄT MUIHIN JÄRJESTELMIIN	12
4	SUUNNITTELUKOHDE	14
5	LIITTYMÄN MITOITTAMINEN	15
5.1	Huipputehon laskeminen	15
5.2	Liittymisjohdon ja pääsulakkeiden mitoittaminen	16
5.3	Oikosulkusuojaus	18
6	SUUNNITTELU	23
6.1	Asemapiirustus	23
6.2	Tasopiirustukset	23
6.2.1	Loma-asunto	24
6.2.2	Varastorakennus	26
6.3	Sähkökeskukset	27
6.3.1	Sähköpääkeskus	27
6.3.2	Ryhmäkeskus 1	27
6.3.3	Ryhmäkeskus 2	28
6.4	Maadoitukset	30
6.5	Yleiskaapelointijärjestelmä	31
6.6	Antennijärjestelmä	33
7	POHDINTA	34
	LÄHTEET	35

1 JOHDANTO

KNX on avoin väyläjärjestelmä rakennusten taloteknisten toimintojen ohjauksiin, seurantaan ja automatisointiin. KNX-järjestelmän avulla voidaan yhdistää rakennuksen sähkölaitteet yhdeksi kokonaisuudeksi. Järjestelmässä laitteet kommunikoivat väylässä keskenään ilman erillistä keskusyksikköä. Avoin standardi mahdollistaa eri valmistajien laitteiden liittämisen kyseiseen järjestelmään. Järjestelmän avoimuus mahdollistaa myös helpon integroinnin muihin järjestelmiin. (Härkönen & Liedes 2024, 9–10,16.)

Järjestelmällä voidaan ohjata esimerkiksi valaistusta, lämmitystä, jäähdytystä, ilmanvaihtoa ja pistorasioita. Myös etäkäyttö, energianmittaus ja -hallinta sekä ovi-puhelinjärjestelmä voidaan liittää KNX-järjestelmään. Erilaisten rajapintojen ja väylämuuntimien avulla KNX on integroitavissa myös muihin järjestelmiin ja kodin laitteisiin. (Härkönen & Liedes 2024, 22–23, 128.)

Opinnäytetyön tarkoituksena on toteuttaa KNX-järjestelmän sähkösuunnittelu vapaa-ajan asuntoon. Kohteena on Kuusamoon rakentuva kaksikerroksinen noin 150 m²:n kokoinen hirsirakenteinen vapaa-ajan asunto sekä piharakennus.

Kohteen sähkösuunnittelu toteutetaan tilaajan toiveiden pohjalta. Tavoitteena on liittää KNX-järjestelmään valaistus, pistorasiat, lämmitys, jäähdytys, energiamittaus, ilmanvaihto sekä visualisointi ja etähallinta. Suunnitelmat tehdään Cadmatic Electrical -ohjelmalla, ja ne pitää sisällään seuraavat piirustukset: asemapiirustus, sähköpistekuva, johdotuspiirustukset, pääkaaviot, antennikaavio, yleiskaapelointikaavio sekä maadoituskaavio. Työssä tehdään seuraavat laskelmat: huipputeho-, huippuvirta- sekä oikosulkuvirtalaskelmat.

Kohteen automaatiojärjestelmäksi valitaan KNX, koska se on valmistajasta riippumaton kiinteistöautomaatiostandardi. Lisäksi se on myöhemmin vapaasti muokattavissa ja laajennettavissa. Työn tavoitteena on saada käsitys KNX-järjestelmän perusteista ja sen mahdollisuuksista sekä tehdä tarvittavat laskelmat ja toteuttaa laadukkaat työpiirustukset.

2 KNX-JÄRJESTELMÄ

2.1 KNX-standardi

KNX on avoin valmistajariippumaton maailmanlaajuinen järjestelmästandardi sähköisten toimintojen ohjaamiseen. KNX täyttää EN50090- sekä ISO/IEC14543 -standardin vaatimukset. (KNX Finland Ry 2024a.) KNX Association on standardin omistaja, ylläpitäjä ja kehittäjä. Se on Brysselissä sijaitseva voittoa tuottamaton järjestö, jonka jäseniä ovat KNX-laitevalmistajat. Markkinoille tuotaville KNX-laitteille on tehtävä sertifiointitestit KNX Associationin valtuuttamassa laboratoriossa. (Härkönen & Liedes 2024, 12.)

KNX-standardi mahdollistaa diagnostiikan sekä eri valmistajien laitteiden yhdistämisen ja ohjelmoinnin samalla työkalulla. Ohjelmointiin käytetään KNX Associationin kehittämää ETS-ohjelmistoa (Engineering Tool Software). Ohjelmiston käyttöön tarvittava lisenssi voidaan ostaa ainoastaan KNX Associationin verkko-kaupasta. (Härkönen & Liedes 2024, 12.)

2.2 Historia

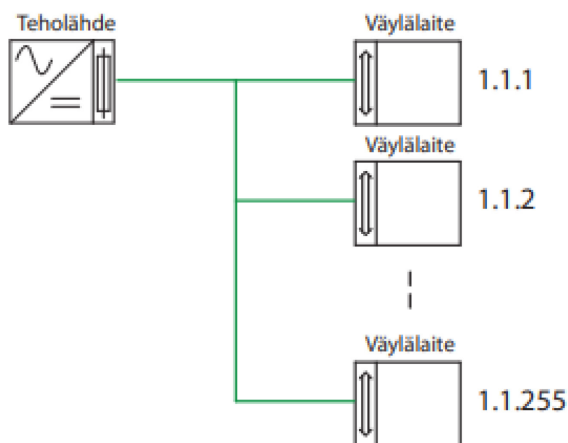
EIBA-yhdistys perustettiin kehittämään EIB-järjestelmää (European Installation Bus) vuonna 1990. Perustajina yhdistyksessä oli 15 tunnettua sähkötarvikevalmistajaa. Ensimmäinen EIB-laite saatettiin markkinoille vuonna 1992. Vuonna 1997 EIB:n, Batihusin ja EHS:n standardit yhdistyivät. Vuonna 2001 perustettiin Konnex Association. Samana vuonna Konnex Association julkaisi KNX-standardin, jonka perustana oli EIB. KNX-laitteiden sertifiointitoiminta aloitettiin vuonna 2002. Sillä varmistetaan eri valmistajien laitteiden yhteensopivuus. (Piikkilä 2015.)

Vuonna 2003 KNX-protokolla ratifioitiin EN 50090 -standardiksi. KNX ratifioitiin maailmanlaajuisesti standardiksi vuonna 2006. Samana vuonna EIB sulautui Konnex-yhdistykseen muodostaen KNX Associationin, joka ylläpitää ja kehittää KNX-standardia nykyään. (Piikkilä 2015.)

2.3 Rakenne

KNX-järjestelmä voidaan jakaa neljään osa-alueeseen. Ne ovat järjestelmäkomponentit, anturit, toimilaitteet sekä siirtomedia. ”Järjestelmäkomponentit ovat KNX-järjestelmän infrastruktuuria ylläpitäviä laitteita. Tällaisia ovat teholähteet, linjayhdistimet ja ohjelmointirajapinnat.” (Härkönen & Liedes 2024, 16.) Anturit mittaavat sekä keräävät tietoa asennusympäristöstä ja välittävät tiedot väylään toimilaitteille. Toimilaitteet vastaanottavat tiedon antureilta ja toteuttavat määritellyn toiminnon. Siirtomedian avulla KNX-komponentit keskustelevat keskenään. KNX-standardi sisältää neljä siirtomediaa: parikaapeli, Ethernet, radiotaajuus ja sähköverkko. Järjestelmässä ei ole keskusyksikköä, vaan laitteet kommunikoivat väylässä keskenään. Pienin mahdollinen KNX-järjestelmä koostuu seuraavista KNX-komponenteista: virtalähde, anturi, toimilaitte sekä siirtomedia (Härkönen & Liedes 2024, 16, 25.)

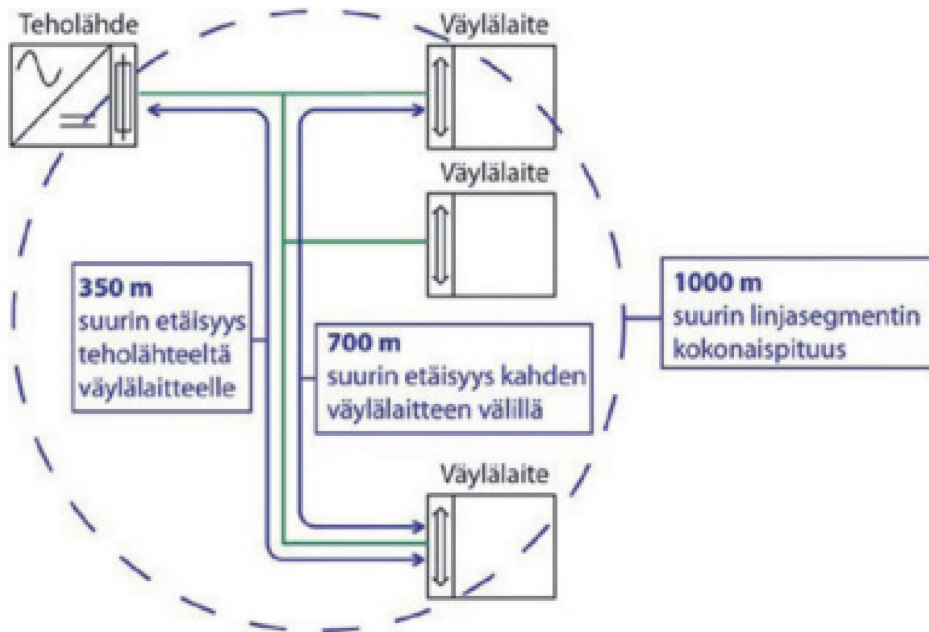
Pienin rakenteellinen osa KNX-järjestelmässä on linja. Se koostuu teholähteestä, väylälaitteista sekä KNX-väylästä. Yhteen linjaan voidaan liittää maksimissaan 256 laitetta. Laitteiden maksimimäärä riippuu käytetyn tehonlähteen koosta. (Härkönen & Liedes 2024, 43.) Kuviossa 1 on esitetty linja 1.1.



Kuvio 1. Linja 1.1

Yhdessä linjassa käytettävän parikaapelin kokonaispituus saa olla maksimissaan 1 000 metriä. Kaapelin pituus tehonlähteeltä väylälaitteelle saa olla maksimissaan 350 metriä. Kahden väylälaitteen välinen kaapelipituus saa olla maksimissaan 750 metriä. Väylärakenne voi olla joko linja, puu tai tähti. Rengasrakenne

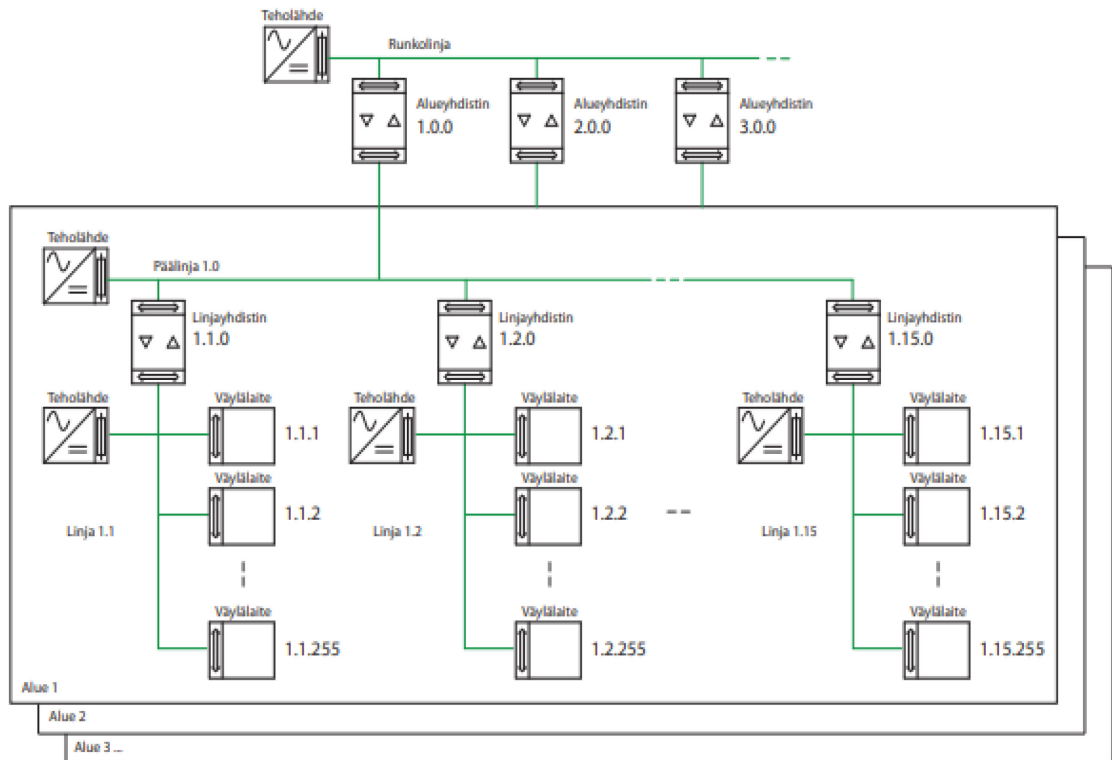
on kielletty. (Härkönen & Liedes 2024, 43.) Linjan suurimmat sallitut kaapelipituu-
det ilmenevät kuviosta 2.



Kuvio 2. Linjan suurimmat sallitut kaapelipituu-
det (Härkönen & Liedes 2024, 43)

Kun väylälaitteita tarvitaan enemmän tai väyläkaapelin sallitut maksimipituu-
det ylittyvät, täytyy laitteet jakaa useaan linjaan. Linjoja voi olla maksimissaan 15
kappaletta. Linjat yhdistetään päälinjaan linjayhdistimillä. Päälinjaan liitetyt linjat
muodostavat alueen. Yhdessä alueessa väylälaitteita voi olla enintään 15 x 256
kappaletta. (Härkönen & Liedes 2024, 43–44.)

Runkolinjan avulla voidaan yhdistää alueet toisiinsa. Runkolinjaan voidaan liittää
enintään 15 aluetta. Päälinja liitetään runkolinjaan alueyhdystimellä. Yhteen KNX-
järjestelmään voidaan liittää väylälaitteita maksimissaan 15 x 15 x 256 kappala-
kappaletta. (Härkönen & Liedes 2024, 44–45.) Kuviossa 3 on esitetty KNX-järjestelmän
rakenne.



Kuvio 3. KNX-järjestelmän rakenne (Härkönen & Liedes 2024, 45)

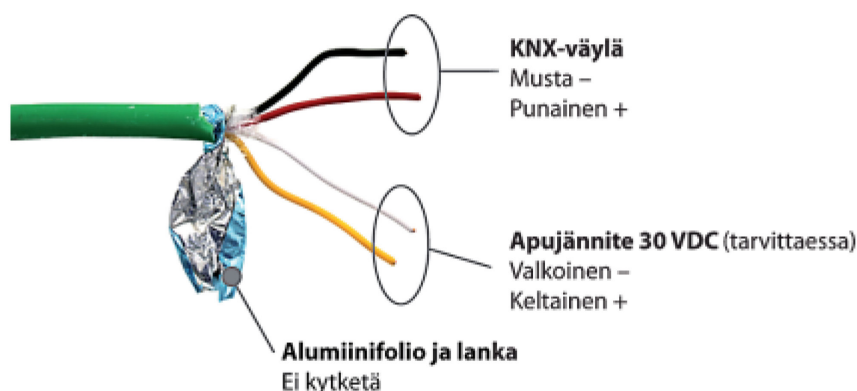
2.4 Tiedonsiirto

KNX-järjestelmä tarvitsee toimiakseen siirtomedian, jonka avulla laitteet kommunikoivat. KNX-järjestelmässä voidaan käyttää neljää eri tiedonsiirtotapaa: kierretty parikaapeli, sähköverkko, radiotaajuus ja IP-verkko. (Härkönen & Liedes 2024, 16.)

KNX-järjestelmän yleisin tiedonsiirtotapa on väyläkaapeli eli kierretty parikaapeli (TP). Väyläkaapelina käytetään yleensä YCYM 2x2x0,8-kaapelia normaaleissa, kuivissa sisäasennuksissa ja J-Y(St)Y2x2x0,8 teollisuusympäristössä. Kaapelit ovat KNX Associationin sertifioimia. Suomessa yleisesti käytössä oleva tiedonsiirtokaapeli on KLMA 4x0,8, joka on sertifioimaton. (Härkönen & Liedes 2024, 81–82.)

Sertifioitu väyläkaapeli on esitetty kuviossa 4. Sertifioidussa väyläkaapelissa on kaksi johdinparia: puna-musta pari ja kelta-valkoinen pari. Puna-musta on KNX-väylälaitteiden tiedonsiirtoon ja käyttöjännitteen syöttöön tarkoitettu pari ja kelta-

valkoinen on varattu 24 VDC apujännitteen syöttämiseksi laitteille, joilla on suuri virrankulutus. (Härkönen & Liedes 2024, 81.)



Kuvio 4. Sertifioitu väyläkaapeli (Härkönen & Liedes 2024, 81)

Parikaapelia käytettäessä väylärakenne voidaan toteuttaa melko vapaasti. Väylärakenne voi olla joko linja, puu tai tähti. Rengasrakenne on kielletty. (Härkönen & Liedes 2024, 43).

Laajoissa KNX-toteutuksissa on käytettävä IP-verkkoa (Ethernet) suurempien tiedonsiirtonopeuksien saavuttamiseksi. Useista alueista muodostuvan KNX-järjestelmän päälinjat ja runkolinjat toteutetaan käyttämällä Ethernet-verkkoa. Muunnos parikaapelista (TP) Ethernet-verkkoon toteutetaan KNX TCP/IP -rajapinnalla. Ethernet-verkon avulla voidaan välittää noin 1000-kertainen määrä sanomia parikaapeliin verrattuna. Ethernet-verkkoa voidaan käyttää myös kohteissa, joissa rakennusten väliset etäisyydet ovat suuret. Ethernet-verkossa voidaan käyttää myös valokuitukaapelia, jolloin saavutetaan kilometrien pituisia etäisyyksiä. (Härkönen & Liedes 2024, 48.)

Vuonna 2010 KNX-standardiin esiteltiin merkittäviä laajennuksia, kun markkinoille tuli alkuperäisen langattoman ratkaisun (RF) lisäksi KNX RF Multi. RF Multi -tekniikan laitteille on käytettävissä viisi eri kanavaa. (Härkönen & Liedes 2024, 52.) Nopeat kanavat F1, F2 ja F3 ovat tarkoitettu nopeille laitteille, joilta edellytetään välitöntä toimintaa. Hitaat kanavat S1 ja S2 on tarkoitettu laitteille, joissa sallitaan pidemmät viiveet. Radiotaajuutta käytettäessä laitteiden sijoittelu voidaan tehdä melko vapaasti. (Härkönen & Liedes 2024, 52–53.) Kanavat ja niiden taajuusalueet on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. RF multi -järjestelmän kanavien taajuusalueet (Härkönen & Liedes 2024, 53)

Kanava	Taajuusalue MHz	Keskitaajuus MHz
F1	868,0–868,6	868,3
F2	868,7–869,2	868,95
F3	869,7–870	869,85
S1	869,7–870	869,85
S2	869,4–869,7	869,525

KNX-järjestelmässä voidaan siirtomediانا käyttää myös sähköverkkoa. Laitteet kommunikoivat keskenään syöttämällä sähköverkkoon signaaleja keskitaajuudella 110 kHz. Erillistä väyläkaapelointia ei siis tarvita. Sähköverkkoa ei alun perin ole kuitenkaan suunniteltu tiedonsiirtomediaksi, jolloin Powerlinen luotettavuus on huomattavasti parikaapelia (TP) heikompi. Powerline-järjestelmän käyttöä tulee rajoittaa vähemmän kriittisiin toimintoihin. Myös langattomien järjestelmien yleistymisen on syrjäyttänyt Powerline-tekniikan. Näistä syistä KNX Powerline -tuotteet ovat käytännössä poistuneet markkinoilta. (Härkönen & Liedes 2024, 55–56.)

2.5 Energiasäästöä kiinteistöautomaation avulla

KNX-järjestelmä mahdollistaa rakennuksen sähköisten järjestelmien integroinnin yhteen (Härkönen & Liedes 2024, 17). Integroinnilla voidaan saavuttaa energiatehokas kokonaisuus (KNX Finland Ry 2024b).

Standardissa EN ISO 52120-1:2022 käsitellään kiinteistöautomaation vaikutusta rakennusten energiankulutukseen. Energiatehokkuusluokat ilmoitetaan kirjaimilla A–D. D-luokan rakennus ei sisällä automaatiota, ainoastaan käsiohjauksia. C-luokan rakennuksessa on keskitetty rakennusautomaatiojärjestelmä. B-luokan rakennuksessa jokaista tilaa ohjataan huoneautomaatiolla. A-luokan rakennuksessa on huoneautomaation lisäksi mittarointi ja valvonta, jolla optimoidaan energiankäyttöä. (Härkönen & Liedes 2024, 17–18.) KNX Associationin (2021, 4) tutkimuksen mukaan KNX-järjestelmän avulla voidaan saavuttaa jopa 50 % energiansäästö tilakohtaisilla ohjauksilla ja jopa 60 % energiansäästö ilmanvaihdon ohjauksen avulla.

3 LIITÄNNÄT MUIHIN JÄRJESTELMIIN

DALI (Digital Addressable Lighting Interface) on valaistuksen ohjaukseen tarkoitettu osoitteellinen valaistuksen ohjauväylä. DALI on maailmanlaajuisesti standardoitu (IEC 62386). DALI ei alkuun edellyttänyt laitevalmistajilta laitesertifiointia, mutta DALI2-julkaisun myötä laitteille on tehtävä sertifiointi. Tällä varmistetaan yhteentoimivuus eri laitteiden välillä. (Härkönen & Liedes 2024, 131.)

Jokaiselle DALI-laitteelle määritellään oma osoite, jolloin niitä voidaan ohjata myös yksittäin. Tavallisesti yksi laite tarvitsee yhden osoitteen, mutta poikkeuksiakin on. Yksi DALI-väylä käsittää teholähteen sekä enintään 64 laitetta. DALI-väylä tarvitsee yhden johdinparin, jolla signaali siirretään väylän laitteiden välillä. DALI ei ole pienoisjänniteluokiteltu järjestelmä, jolloin väylän kaapelointi on toteutettava esimerkiksi valaisimia syöttävän MMJ 5x1,5 S -kaapelin mustaa ja harmaata johdinta käyttäen. DALI voidaan liittää KNX-järjestelmään KNX/DALI-rajapinnan avulla. (Härkönen & Liedes 2024, 131–132.)

DMX512 on valaistuksen ohjauksissa käytetty sarjaprotokolla. Siinä on 512 kpl yhden tavun kanavia. Tämä muodostaa yhden universumin. DMX-järjestelmässä jokaisella laitteella on oma osoite. Esimerkkinä valaisin, joka vie 4 kanavaa ja jolla on osoite 61. Valaisin käyttää siis kanavat 61-64. Jokaista kanavaa voidaan säätää arvolla 0-255. DMX-ohjauksella valoja voidaan ohjata joko tietokoneella tai erillisen ohjauspaneelin avulla. (ST 58.17 2021, 7.)

DMX-järjestelmän siirtotienä on RS-485-väylä. Kaapelointi suoritetaan vähintään CAT5-tasoisella kaapelilla. Ainoastaan linjatopologia on sallittu. Linja kytketään valaisimiin XLR-liittimillä. Linjan viimeisen valaisimen lähtevään liittimeen kytketään päätevastus. (Härkönen & Liedes 2024, 132.)

Modbus RTU on vuonna 1979 julkaistu avoin tiedonsiirtoprotokollaperhe, joka kehitettiin ohjelmoitavien logiikoiden väliseen kommunikointiin. Modbus-versioita on kolme: Modbus RTU (Remote Terminal Unit), Modbus ASCII (American Standard Code for Information Interchange) ja Modbus over TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol). (Liedes, Uusitalo, Reinikainen, Erkkilä & Koivisto 2022, 134.)

Käytettäviä topologioita on joko kaksipisteyhteys (RS-232) tai monipisteyhteys (RS-485). Yhdessä RS-485-järjestelmässä on yksi primäärilaitte sekä enintään 31 sekundaarilaitetta. Toistimen avulla laitteita voi olla kokonaisuudessaan 247. RS-232-järjestelmässä on yksi primäärilaitte ja yksi sekundaarilaitte. (ST 701.60 2016, 6.)

BACnet on avoin tiedonsiirtoprotokolla, jota on käytetty paljon erityisesti LVI-laitteiden ohjauksessa. BACnet-laitteiden välinen fyysinen yhteys toteutetaan Ethernet-kaapelilla (BACnet/IP) tai RS-485-väylällä (BACnet/MSTP). BACnet-laitteiden käyttöönotto tehdään valmistajakohtaisilla työkaluilla. KNX:n ja BACnetin välinen tiedonsiirto toteutetaan rajapinnan avulla. (Liedes ym. 2022, 72–73.)

EnOcean on kansainvälisesti standardoitu (ISO/IEC 14543-3-10) radiotaajuudella toimiva langaton ja paristoton tiedonsiirtojärjestelmä. Standardin mukaan järjestelmän lähetystaajuus on 868 MHz. (Liedes ym. 2022, 81.)

Järjestelmän laitteet keräävät tarvitsemansa energian ympäristöstä. Anturit tuottavat energiansa valokennon avulla ja painikkeet liike-energiasta, kun niitä käytetään. Laitteet voidaan liittää KNX-järjestelmään rajapinnan avulla. (Härkönen & Liedes 2024, 135.)

KNX-järjestelmään on mahdollista integroida myös murtohälytysjärjestelmä. Tietoja murtohälytysjärjestelmästä voidaan tuoda binääritulojen avulla tai vaihtoehtoisesti hälytysjärjestelmän valmistajan toimittamalla KNX-rajapinnalla. Rajapinnan avulla myös KNX-järjestelmästä voidaan viedä tietoja murtohälytysjärjestelmään. Esimerkiksi hälytysjärjestelmän vuotovahteja voidaan käyttää vesisulun ohjauksessa tai KNX-järjestelmän etäkäytöllä hallinnoida murtohälytysjärjestelmää. (Härkönen & Liedes 2024, 135.)

KNX-järjestelmällä voidaan ohjata AV-laitteita. Ääni- ja kuvasignaalia ei KNX-väylää pitkin voida kuitenkaan välittää, johtuen väylän hitaasta nopeudesta. AV-laitteet yhdistetään samaan Ethernet-verkkoon KNX TP/IP-rajapinnan kanssa, jolloin niitä voidaan ohjata esimerkiksi KNX-visualisoinnista. Tyypillisiä toimintoja ovat soittolistan valinta, soitettavan kappaleen nimen näyttö ja äänenvoimakkuuden säätö. (Härkönen & Liedes 2024, 135.)

4 SUUNNITTELUKOHDE

Suunnittelukohteena on kaksikerroksinen 150 m² loma-asunto sekä lisärakennukset. Kohteen lämmitysmuoto on maalämpö. Kohteeseen valittiin KNX-taloautomaatiojärjestelmä, jotta rakennuksen ohjaukset saadaan liitettyä yhteen. Sähkösuunnittelu toteutettiin tilaajan toiveiden pohjalta.

Sähkösuunnitelmat tehtiin Cadmatic Electrical -ohjelmalla, ja ne pitävät sisällään seuraavat piirustukset: asemapiirustus, sähköpistekuva, johdotuspiirustukset, pääkaaviot, antennikaavio, yleiskaapelointikaavio sekä maadoituskaavio. Oikosulkulaskelmat tehtiin käsin. Kohteessa käytetyt asennustuotteet sekä KNX-komponentit ovat ABB:n valmistamia.

5 LIITTYMÄN MITOITTAMINEN

Sähkösuunnittelu aloitetaan sähköliittymän mitoittamisella. Sähköliittymä mitoiteetaan lasketun huipputehon mukaan. Huipputehon suuruuteen vaikuttavia asioita on mm. valaistus, kohteen varustelutaso sekä muut LVI- ja jäähdytysratkaisut. (ST 13.31 2021, 4.)

5.1 Huipputehon laskeminen

Huipputehon mitoittaminen tehtiin ST-kortin 13.31 kokemusperäisten laskentamallien mukaan. ST-kortin 13.31 mukaan liittymän mitoituksessa ja huipputehon laskennassa on huomioitava myös rakennusten varalämmitysjärjestelmä, joka useimmiten toimii sähköllä (ST 13.31 2021, 4). Taulukossa 2 on esitetty kokemusperäiset laskentamallit asuinrakennusten huipputehon määrittämiseen.

Taulukko 2. Kokemusperäiset laskentamallit asuinrakennuksen huipputehon määrittämiseksi (ST 13.31 2021, 5)

Asuinrakennukset	Huipputeho ⁽¹⁾ [kW]	Huomautuksia
Kerros- ja rivitalot		A on kerrosala [m ²]
– ilman kiukaita	$P_h = B + 17 \times A / 1000$ (B = 65 kW)	Yhtälöt soveltuvat kohteisiin, joissa vähintään 15 asuntoa ja kerrosala väh. 2500 m ² . Pienemmissä taloissa B korvataan arvolla $B_x = (A_{tot}/2500) \times B \geq 30$
– huoneistokohtaiset sähkökiukaat	$P_h = B + 24 \times A / 1000$ (B = 90 kW)	
Pienet rivitalot ⁽²⁾		A on lämmitetty pinta-ala [m ²]
– ei sähkölämmitystä, mutta sähkökiuas	$P_h = 30 + 26 \times A / 1000$	
– suora sähkölämmitys, kiuas	$P_h = 30 + 64 \times A / 1000$	– käyttövedenlämmitys jatkuvasti tai yöllä
– suora sähkölämmitys ⁽³⁾	$P_h = 30 + 49 \times A / 1000$	– käyttöveden lämmitys yöllä
Omakotitalot		A on lämmitetty pinta-ala [m ²]
– ei sähkölämmitystä, mutta sähkökiuas	$P_h = 7,5 + 26 \times A / 1000$	
– suora sähkölämmitys ja sähkökiuas	$P_h = 7,5 + 64 \times A / 1000$	– käyttöveden lämmitys jatkuvasti tai yöllä
– suora sähkölämmitys ⁽³⁾	$P_h = 7,5 + 49 \times A / 1000$	– käyttöveden lämmitys yöllä
Paikoitusalueet: $P_{paikoitus} = 10 \text{ kW} + 0,5 \text{ kW/paikka} \times n_{auto}$ (n_{auto} = lämmitettyjen autopaikkojen lukumäärä) ⁽⁴⁾		
Paikoitusalueet sähköajoneuvojen vähimmäisvarauksella $P_{paikoitus} = 10 \text{ kW} + 1,0\text{--}3,0 \text{ kW/latauspiste} \times n_{auto}$ (n_{auto} = sähköistettyjen autopaikkojen lukumäärä) ⁽⁵⁾		
Sähköajoneuvojen lataus: $P_{sähköajoneuvojen\ lataus} = \frac{\text{haluttu ajosuorite latauskerralla (km)} \times 0,20 \text{ kWh/km} \times n_{auto}}{\text{latauskerran aika h}}$ ⁽⁶⁾		
HUOM. Käytettäessä älykästä sähköajoneuvojen latausjärjestelmää, voi olla mahdollista jättää latausjärjestelmän vaikutus huipputehoon kokonaan huomioimatta, jos kohteen käyttäjien tarpeet ja kohteen sähköliittymän vapaa energiakapasiteetti oletettuna latausaikana mahdollistavat tämän. Tällainen energiakapasiteetin tarkastelu soveltuu lähinnä pitkien latausaikojen kohteisiin, kuten asuin- ja liikennekohteisiin. Katso tämän kortin luku 4.5.6, korntti ST 51.90. Sähköauton lataaminen ja latauspisteiden toteutus sekä ST-käsikirja 41 Sähköautot ja latausjärjestelmät.		

Huipputeho lasketaan taulukon 2 omakotitalon sähkölämmityskaavan mukaan. Kun kohde on varustettu sähkökiukaalla, lasketaan huipputeho kaavalla 1, suora sähkölämmitys ja sähkökiuas. Sähköajoneuvon latauspistettä ei huomioida huip-

putehon laskennassa, koska se on tässä vaiheessa varaus ja kaapelointi toteutetaan mahdollistaen älykäs lataus (ST 13.31 2021, 5). Huipputehoksi saatiin 17,1 kilowattia.

$$P_h = 7,5 + 64 \times \frac{A}{1000} \quad (1)$$

Missä

P_h on huipputeho (kW)

A on lämmitettävä pinta-ala (m²)

$$P_h = 7,5 + 64 \times \frac{150 \text{ m}^2}{1000}$$

Kiinteistön huipputehosta laskettiin huippuvirta kaavalla 2. Kaavassa 2 esitetty U on pääjännite 400 voltia ja loistehon ollessa vähäistä, arvioidaan että tehokerroin $\cos \varphi$ on 0,96.

$$I_{MAX} = \frac{P_h}{\sqrt{3} \times U \times \cos \varphi} \quad (2)$$

Missä

I_{MAX} on huippuvirta

P_h on huipputeho

U on pääjännite

$\cos \varphi$ on tehokerroin

$$I_{MAX} = \frac{17100 \text{ W}}{\sqrt{3} \times 400 \text{ V} \times 0,96}$$

5.2 Liittymisjohdon ja pääsulakkeiden mitoittaminen

Kiinteistön huippuvirraksi saatiin laskelmien mukaan 25,7 ampeeria. Pääsulakkeeksi valitaan sulake, jonka virrankesto on vähintään laskettu huippuvirran arvo. Kohteeseen valittiin 3×35 ampeerin pääsulakkeet.

Liittymisjohdon valinnassa on otettava huomioon jakeluverkkoyhtiön kaapelisuositukset sekä asennustavan vaikutus kaapelin kuormitettavuuteen. ”Liittymisjoh-








dolla tarkoitetaan jakeluverkon ja liittymän pääkeskuksen (pääsulakkeiden) välistä johtoa, joka syöttää liittymää jakeluverkon runkojohdosta suoraan, eikä siinä ole haaroituksia.” (SFS 6000-8-801:2022, 801.434). Taulukon 3 mukaan liittymisjohdon kuormitettavuus on oltava vähintään 39 ampeeria.

Taulukko 3. Johtimien kuormitettavuuden minimiarvot käytettäessä gG-sulakkeita ylikuormitussuojana (SFS 6000-5-52:2022 Y.51.1)

gG-tyyppisen sulakkeen suurin sallittu nimellisvirta A	Johdon sallittu kuormitus vähintään A
6	8
10	13,5
16	18
20	22
25	28
32	35
35	39
40	44
50	55
63	70

Kaapeleiden kuormitettavuuteen vaikuttaa käytetty asennustapa. Liittymisjohto on PEX-eristeinen ja asennetaan maahan. Käytettävä asennustapa on D2. Taulukon 4 mukaan alumiinikaapelia käytettäessä 16 mm² alumiinikaapelilla kuormitettavuus on 64 ampeeria. Kohteeseen valitaan kuitenkin liittymisjohdoksi AXMK 4x50, jotta pienimmät vaaditut oikosulkuvirrat eri suojalaitteilla saadaan toteutumaan. Valitulla liittymiskaapelilla tehdään oikosulkulaskelmat ja varmistetaan reunaehtojen täyttyminen. Laskelmat on esitetty luvussa 5.3.

Taulukko 4. Johtojen kuormitettavuudet eri asennustavoilla (SFS 6000-5-52:2022 B.52.5)

Johtimen nimellis- poikkipinta mm ²	Taulukon B.52.1 mukaiset asennustavat						
	A1	A2	B1	B2	C	D1	D2
							
1	2	3	4	5	6	7	8
Kupari							
1,5	17	16,5	20	19,5	22	21	23
2,5	23	22	28	26	30	28	30
4	31	30	37	35	40	36	39
6	40	38	48	44	52	44	49
10	54	51	66	60	71	58	65
16	73	68	88	80	96	75	84
25	95	89	117	105	119	96	107
35	117	109	144	128	147	115	129
50	141	130	175	154	179	135	153
70	179	164	222	194	229	167	188
95	216	197	269	233	278	197	226
120	249	227	312	268	322	223	257
150	285	259	342	300	371	251	287
185	324	295	384	340	424	281	324
240	380	346	450	398	500	324	375
300	435	396	514	455	576	365	419
Alumiini							
2,5	19	18	22	21	24	22	
4	25	24	29	28	32	28	
6	32	31	38	35	41	35	
10	44	41	52	48	57	46	
16	58	55	71	64	76	59	64
25	76	71	93	84	90	75	82
35	94	87	116	103	112	90	98
50	113	104	140	124	136	106	117
70	142	131	179	156	174	130	144
95	171	157	217	188	211	154	172
120	197	180	251	216	245	174	197
150	226	206	267	240	283	197	220
185	256	233	300	272	323	220	250
240	300	273	351	318	382	253	290
300	344	313	402	364	440	286	326

5.3 Oikosulkusuojaus

Seuraavaksi lasketaan verkon oikosulkuimpedanssi kaavalla 3. Liittymispisteen oikosulkuvirraksi saatiin verkkoyhtiöltä 370 ampeeria. Jännitteenaleneman kertoimena minimioikosulkuvirran laskennassa käytetään 0,95.

$$Z_k = (c \times U) / (\sqrt{3} \times I_k) \quad (3)$$

Missä

Z_k	on verkon impedanssi
c	on jännitteenaleneman kerroin
U	on pääjännite
I_k	on pienin yksivaiheinen oikosulkuvirta

$$Z_k = (0,95 \times 400 V) / (\sqrt{3} \times 370 A)$$

Impedanssiksi sähköpääkeskuksella saatiin 0,593 Ω . Seuraavaksi lasketaan ryhmäkeskusten nousukaapeleiden sekä epäedullisimman pisteen kaapelin aiheuttamat impedanssit kaavalla 4. Laskuissa on otettava huomioon kaapelin pituus ja johtimen impedanssi.

$$Z_k = 2 \times l \times z_j \tag{4}$$

Missä

Z_k	on kaapelin impedanssi
l	on kaapelin pituus (km)
z_j	on johtimen impedanssi

$$Z_{k1} = 2 \times 0,19 \text{ km} \times 0,8 \Omega/\text{km}$$

$$Z_{k2} = 2 \times 0,027 \text{ km} \times 2,246 \Omega/\text{km}$$

$$Z_{k3} = 2 \times 0,029 \text{ km} \times 14,620 \Omega/\text{km}$$

Johtimien impedanssit suunnitelluille kaapeleille saadaan taulukosta 5. AXMK 4x50 johtimen impedanssi on 0,8 Ω/km , MCMK 4x10+10 johtimen impedanssi on 2,246 Ω/km sekä MMJ 3x1,5 S johtimen impedanssi on 14,620 Ω/km .

Ryhmäkeskus 1 syöttökaapelin (AXMK 4x50) impedanssiksi saadaan 0,304 Ω (Z_{k1}). Ryhmäkeskus 2 syöttökaapelin (MCMK 4x10+10) aiheuttamaksi impedanssiksi saadaan 0,121 Ω (Z_{k2}). Ryhmän 13.1 epäedullisimman pisteen ryhmäjohtimen (MMJ 3x1,5 S) aiheuttama impedanssi on 0,847 Ω (Z_{k3}).

Taulukko 5. Kaapeleiden likimääräisiä impedansseja (Tiainen 2022, 41.2.1.1)

Johtimien poikkipinta mm ²	Kupari			Alumiini		
	Resistanssi r	Reaktanssi x	Impedanssi z	Resistanssi r	Reaktanssi x	Impedanssi z
4 × 1,5	14,620	0,115	14,620			
4 × 2,5	8,770	0,110	8,770			
4 × 4	5,480	0,107	5,480			
4 × 6	3,660	0,100	3,660			
4 × 10	2,244	0,094	2,246			
4 × 16	1,415	0,090	1,418	2,324	0,090	2,326
4 × 25	0,898	0,086	0,902	1,489	0,086	1,492
4 × 35	0,652	0,083	0,657	1,086	0,083	1,089
4 × 50	0,482	0,083	0,489	0,796	0,083	0,800
4 × 70	0,336	0,082	0,346	0,551	0,082	0,557
4 × 95	0,244	0,082	0,257	0,398	0,082	0,406
4 × 120	0,195	0,080	0,211	0,316	0,080	0,326
4 × 150	0,155	0,080	0,174	0,258	0,080	0,270
4 × 185	0,125	0,080	0,148	0,207	0,080	0,222
4 × 240	0,095	0,079	0,124	0,162	0,079	0,180
4 × 300	0,078	0,079	0,111	0,133	0,079	0,155

Ryhmäkeskuksien ja epäedullisimman pisteen oikosulkuvirtojen laskennassa hyödynnetään yllä saatuja kaapeleiden impedansseja. Oikosulkuvirrat saadaan laskettua kaavalla 5. Impedanssissa Z_k on huomioitava koko laskentapistettä edeltävä verkon osuus. Laskentapisteeseen vaikuttavat impedanssit lasketaan yhteen. Jännitteenaleneman kertoimena minimoikosulkuvirran laskennassa käytetään 0,95.

$$I_k = (c \times U) / (\sqrt{3} \times Z_k) \quad (5)$$

Missä

I_k on pienin yksivaiheinen oikosulkuvirta

c on jännitteen aleneman kerroin

U on pääjännite

Z_k on virtapiirin impedanssi, huomioituna laskentapistettä edeltävä verkko

$$I_{k(rk1)} = (0,95 \times 400 V) / (\sqrt{3} \times 0,897 \Omega)$$

$$I_{k(rk2)} = (0,95 \times 400 V) / (\sqrt{3} \times 1,018 \Omega)$$

$$I_{k(rk3)} = (0,95 \times 400 V) / (\sqrt{3} \times 1,865 \Omega)$$

Ryhmäkeskus 1 oikosulkuvirraksi saatiin 245 ampeeria sekä ryhmäkeskus 2 oikosulkuvirraksi 215 ampeeria. Epäedullisimman pisteen oikosulkuvirraksi saatiin 117 ampeeria. Laskemalla saatuja tuloksia verrattiin taulukon 6 pienimpiin vaadittuihin oikosulkuvirtoihin.

Taulukko 6. Pienimmät vaaditut oikosulkuvirrat eri suojalaitteilla. (Tiainen 2022, 41.2.1.1)

Pienimmät toimintavirrat gG-sulakkeille ja vaaditut mitatut arvot				
Nimellisvirta	gG-sulake 0,4 s	Vaadittu mitattu arvo	gG-sulake 5,0 s	Vaadittu mitattu arvo
A	A	A	A	A
2	16	20	9	11,3
4	32	40	18	22,5
6	46,5	58,2	28	35
10	82	102,5	46,5	58,2
16	110	137,5	65	81,3
20	145	181,3	85	106,3
25	180	225	110	137,5
32	270	337,5	150	187,5
Pienimmät toimintavirrat johdonsuojakatkaisijoille ja vaaditut mitatut arvot				
Nimellisvirta	B-tyyppi 0,4 s ja 5,0 s	Vaadittu mitattu arvo	C-tyyppi 0,4 s ja 5,0 s	Vaadittu mitattu arvo
A	A	A	A	A
6	30	37,5	60	75
10	50	62,5	100	125
13	65	81,3	130	162,5
16	80	100	160	200
20	100	125	200	250
25	125	156,3	250	312,5
32	160	200	320	400
50	250	312,5	500	625
63	315	393,8	630	787,5
80	400	500	800	1 000
125	625	781,3	1 250	1 562,5

Ryhmäjohdoilla poiskytkentäaika on 0,4 s ja pääjohdoilla 5,0 s. Ryhmäkeskus 1 syöttökaapelia suojaavan 25 ampeerin gG-sulakkeen vaadittu laskettu arvo 5,0 sekunnin poiskytkentäajalla on 110 ampeeria. Ryhmäkeskus 2 syöttökaapelia suojaavan 20 ampeerin C-typin johdonsuojakatkaisijan vaadittu laskettu arvo on 200 ampeeria. Epäedullisimman pisteen vaadittu oikosulkuvirta C-typin johdonsuojakatkaisijalla on 100 ampeeria.

Laskettuja tuloksia verrattiin Cadmatic Electrical -ohjelmalla saatuihin tuloksiin. Tulokset olivat hyvin lähellä toisiaan. Valituilla kaapelityypeillä ja suojalaitteilla saavutettiin pienimmät vaaditut oikosulkuvirrat.

6 SUUNNITTELU

Tässä luvussa käsitellään kohteen sähköpiirustuksia ja niiden laatimista. Suunnittelu tehtiin Cadmatic Electrical -ohjelmalla. Sähkösuunnittelussa käytettiin SFS 6000 -standardeja sekä ST-kortiston materiaaleja. Sähkösuunnittelussa on noudatettava sähköturvallisuuslain (1135/2016) vaatimuksia.

Sähkösuunnitelmat pitää sisällään seuraavat dokumentit: asemapiirustus, sähköpistekuva, johdotuspiirustukset, pääkaaviot, antennikaavio, yleiskaapelointikaavio sekä maadoituskaavio. Suunnitelmissa käytettiin IEC 60617 piirrosmerkkejä.

6.1 Asemapiirustus

Suunnittelukohteen asemapiirustus on tonttikuva, johon on piirretty rakennuksen ulkopuoliset sähköasennukset. Asemapiirustuksessa määritellään sähkökeskusten, ATK- ja antennijakamoiden, jätevedenpumppaamon, autonlämmitysrasioiden ja aluevalaistuksen paikat sekä näiden kaapeloinnit.

Ensimmäiseksi selvitettiin verkkoyhtiöltä liittymispisteen sijainti. Tässä kohteessa liittymispiste on ilmajohdon pylväs. Sähköpääkeskus sekä ryhmäkeskukset sijoitettiin kuvaan. Seuraavaksi lisättiin kuvaan maadoituselektrodit sekä aluekaapeloinnit ja putkitukset. Aluekaapeloinnilla tarkoitetaan maakaapelointia eri kulutus- pisteille ja keskuksille.

6.2 Tasopiirustukset

Tasopiirustuksesta selviää rakennusten sisäiset sähköasennukset. Piirustuksessa esitetään sähköpisteet sekä näiden johdotukset. Johdotuspiirustukset luodaan erikseen seuraaville järjestelmille: vahvavirta, antenni, yleiskaapelointi, automaatio ja murtohälytys. Suunnittelu tehtiin tilaajan toiveiden mukaisesti huomioiden ST-kortin 25.22 suositukset.

Suunnittelussa huomioitiin myös ST-kortti 25.20, jos loma-asunto halutaan myöhemmin ottaa vakinaisempaan käyttöön. ST-korteissa kuvataan käyttömukavuutta parantavia varustelutaso- ja toteutusratkaisuja.

6.2.1 Loma-asunto

Loma-asunnon sähkösuunnittelu aloitettiin sijoittamalla keskukset kuvaan. Tämän jälkeen jokaiseen tilaan sijoitettiin sähköpisteet. Sähköpisteet sijoitettiin kuvaan ST-kortteja 25.20 ja 25.22 apuna käyttäen. Pistekuva hyväksytetään tilaajalla ennen johdotuskuvan piirtoa. Pistorasiat sekä ATK- ja antennirasiat hirsiseinillä suunniteltiin pinta-asenteisilla lista-asennuskoteloilla. Väliseiniin suunniteltiin uppoasenteiset sähkökalusteet. Kohteen valaistus toteutettiin DALI-valaisimilla. Tilojen valaistukseen käytettiin DALI himmennettäviä LED-spotteja. DALI-releiden avulla perinteiset valaisimet ja ohjattavat pistorasiat liitettiin DALI-väylään. DALI integroitiin osaksi KNX-järjestelmää DALI-ohjaimen avulla.

KNX-järjestelmään integroitiin valaistuksen lisäksi lämmitys, jäähdytys, energianmittaus, murtohälytysjärjestelmä sekä etähallinta ja visualisointi. Järjestelmään liitettiin IV-kone sekä maalämpöpumppu Modbus-väylän avulla. KNX-painikkeilla ohjataan valaistuksia, lämmityksiä sekä ohjattavia pistorasioita. Termostaateilla varustetut painikkeet ohjaavat lattialämmitysjakotukkien toimilaitteita. Visualisointiin suunniteltiin päävesisulun, ilmanvaihdon sekä maalämpöpumpun ohjaukset.

Eteiseen suunniteltiin LED-spotit, joita ohjataan KNX-painikkeilla tilan molemmista päistä. Lisäksi eteiseen suunniteltiin kaksiosaiset pistorasiat portaiden alle sekä lipaston päälle. Murtohälytysjärjestelmän käyttöpaneeli sekä KNX-järjestelmän visualisointi suunniteltiin eteisen ja wc:n väliseen seinään. Murtohälytysjärjestelmän liikeilmaisoin sijoitettiin eteisen kattoon.

Olohuoneeseen valaistus suunniteltiin yhdellä valaisinpistorasiolla, kuudella spotilla sekä ohjattavilla pistorasioilla ikkunoiden päälle. Olohuoneeseen suunniteltiin myös kuusi kaksiosaista pistorasiaa, ATK- ja antennirasiat sekä palovaroitin. KNX-painikkeita suunniteltiin kaksi kappaletta ovenpieliin.

Keittiöön suunniteltiin yleisvalaistus spoteilla, saarekkeen sekä ruokapöydän valaistus kosketinkiskolla ja työtason valaistus LED-nauhalla, joka asennetaan yläkaapin pohjaan. Keittiön kodinkoneille suunniteltiin pistorasiat. Murtohälytysjär-

Valaistukset suunniteltiin 1,5 mm² kaapeleilla ja pistorasiat 2,5 mm² kaapeleilla. Kaapelointi suunniteltiin ryhmäkeskukselta 1, lukuun ottamatta varastorakennuksen ulkopuolisia seinävalaisimia. Seinävalaisimet on liitetty KNX-järjestelmään. Syöttö tulee maakaapelilla ryhmäkeskukselta 2.

6.3 Sähkökeskukset

Sähkökeskusten suunnittelu aloitetaan, kun keskukseseen liitettävät tulot ja lähdöt ovat tiedossa. Keskuksien tulee täyttää standardisarjan SFS-EN 61349 osien 1–3 vaatimukset.

Sähköpääkeskus sekä varaston ryhmäkeskus suunniteltiin valmistajien vakiokeskuksiin. Loma-asunnon ryhmäkeskus valmistetaan yksilöllisesti. Keskuksista luotiin keskuskaaviot. Keskuskaaviosta selviää keskuksen rakenne ja mitat, sähkötekniset tiedot, kaapelointitiedot sekä ryhmälähdöt.

6.3.1 Sähköpääkeskus

Sähköpääkeskus valittiin ABB:n vakiomalleista. Keskuksiksi valittiin nimellisvirraltaan 50 ampeerin, kiinteällä jalalla sekä T2-tason ylijännitesuojalla varustettu Näpsä Smart 1T-MK50J-O.

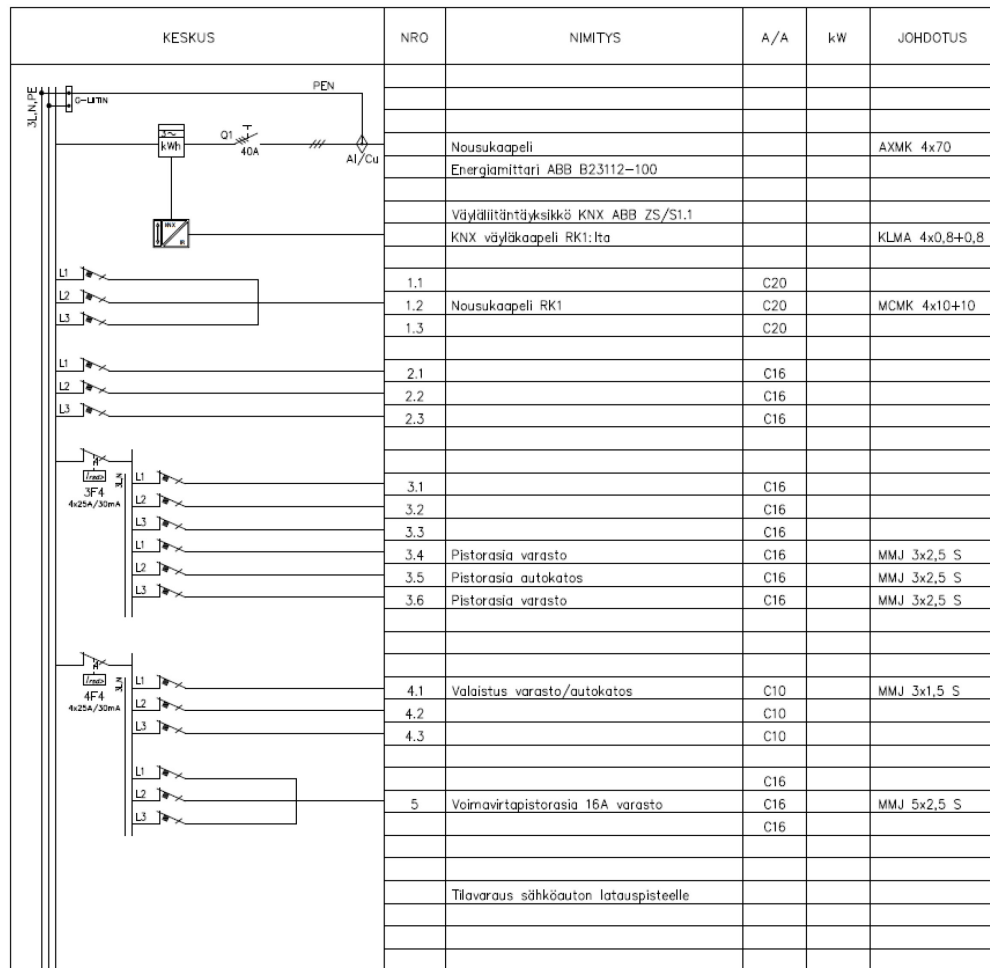
Ylijännitesuoja vaaditaan asunnoissa, vapaa-ajan asunnoissa ja niihin liittyvissä tiloissa, kun ne liittyvät ilmajohtoverkkoon (SFS 6000-4-44:2022, 443.4). Keskukseseen lisätään lähtöliittimet ryhmäkeskusta syöttävälle kaapelille.

6.3.2 Ryhmäkeskus 1

Ryhmäkeskus valittiin UTU:n vakiomalleista. Kohteeseen valittiin kahdella vikavirtasuojakytkimellä varustettu UTU Basset. Keskuksen nimellisvirta on 35 ampeeria.

Ryhmitykset suunniteltiin tasaisesti jokaiselle vaiheelle. Ryhmäkeskus 2 nousukaapeli liitetään johdonsuojakatkaisijoihin 1.1–1.3. Pistorasiat suojataan C16 ampeerin johdonsuojakatkaisijalla. Valaistukset suojataan C10 ampeerin johdonsuojakatkaisijalla. Lisäksi valaistus- ja pistorasiaryhmiin suunniteltiin lisäsuojaus 30 mA A-tyyppin vikavirtasuojakytkimellä.

Keskuksen syöttökaapeli AXMK 4x50 muutetaan yleisliittimillä alumiinista kupariin, koska pääkytkimen liittimet soveltuvat ainoastaan kuparijohtimille. Syöttöön liitetään energiamittari energiankulutuksen mittaukseen. ABB:n ZS/S1.1 väliläitännäyksikön avulla energiamittarin tiedot luetaan KNX-järjestelmään. Keskuksen pääkaavio esitetty kuviossa 7.



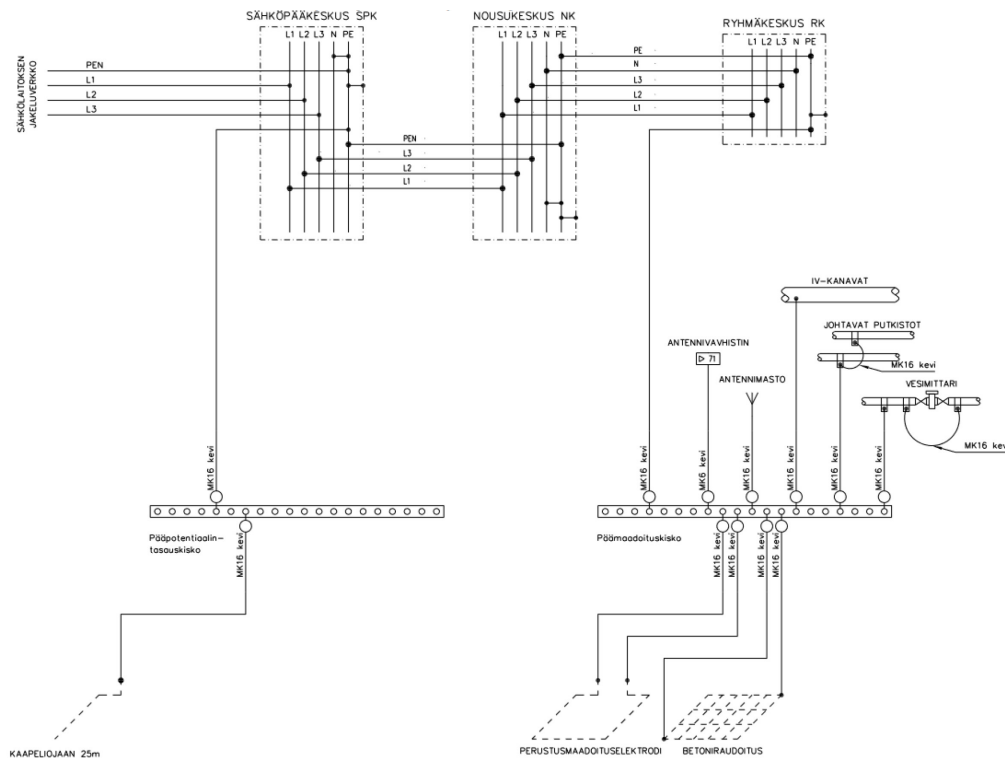
Kuvio 7. Leikkaus ryhmäkeskus 1:n pääkaaviosta

6.3.3 Ryhmäkeskus 2

Loma-asunnon ryhmäkeskus valmistetaan yksilöllisesti. Keskusvalmistajilta ei löytynyt sopivaa vakiokeskusta, johtuen KNX-keskuskomponenttien suuresta tilantarpeesta. Keskukseen suunniteltiin varatilaa 30 moduulia sekä IT-osa keskuksen alaosaan.

Ryhmytykset suunniteltiin tasaisesti jokaiselle vaiheelle. Ulkopistorasiat, maalämpöpumppu, kiuas, liesi, kodinkoneet sekä työtasojen pistorasiat suojataan 16 ampeerin johdonsuojakatkaisijalla. Valaistukset suojataan 10 ampeerin johdonsuojakatkaisijalla. Lisäksi valaistus- ja pistorasiaryhmiin suunniteltiin lisäsuojaus 30 mA A-tyyppin vikavirtasuojakytkimellä lukuun ottamatta jääkaapin ja IV-koneen pistorasiaa. Standardin mukaan ”asunnoissa ja vastaavissa tiloissa lisäsuojaus voidaan jättää pois pistorasioista, jotka pysyvästi syöttävät määrättyä laitetta, ja laitteen syötön katkeamisesta voi aiheutua suurta haittaa. Tällaisia laitteita normaaleissa asunnoissa ovat jääkaapit ja pakastimet”. (SFS 6000-4-41:2022, 41X.1). Kuviossa 8 leikkaus pääkaaviosta. Pääkaaviossa esitetty KNX-keskuskomponentteja. Väyläkaapeloinnit toteutettu piirustukseen katkoviivoilla.

päämaadoituskiskoa. Päämaadoituskiskoon liitetään suojaavat potentiaalintasausjohtimet, maadoitusjohtimet, suojajohtimet sekä mahdolliset toiminnalliset maadoitusjohtimet. Maadoitusjohtimina käytetään vähintään 6 mm². Maadoituselektrodin poikkipinta-ala täytyy olla vähintään 16 mm², kun käytetään kuparia (SFS 6000-5-54:2022, 542.2.1–542.4.1.) Kuviossa 9 on kohteen suunniteltu maadoitusjärjestelmä.

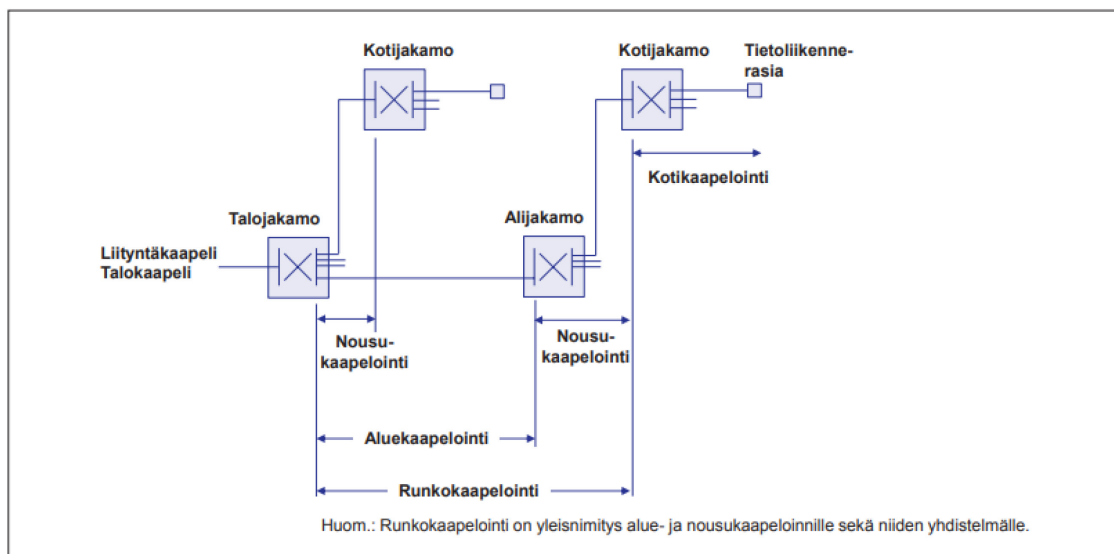


Kuvio 9. Suunnittelukohteen maadoituskaavio

Sähköpääkeskuksessa sijaitsevaan pääpotentiaalintasauskiskoon liitettiin maadoituselektrodi. Loma-asunnon ryhmäkeskuksen päämaadoituskiskoon liitettiin perustusmaadoituselektrodi, betonirauditus, antennilaitteet sekä johtavat putkistot ja IV-kanavat.

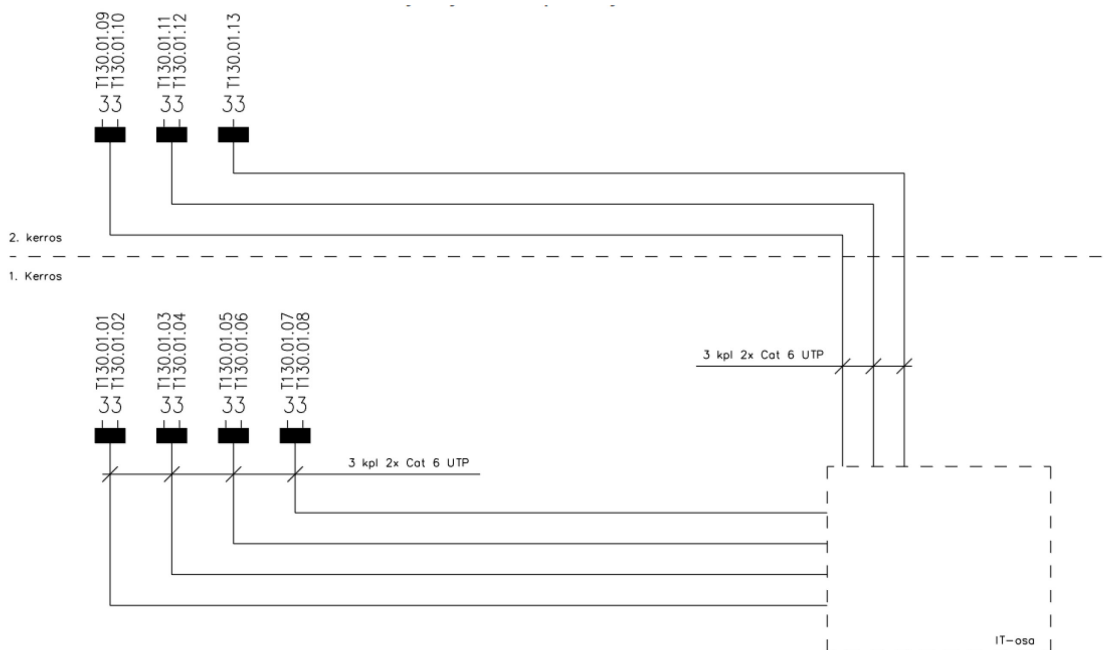
6.5 Yleiskaapelointijärjestelmä

Yleiskaapelointijärjestelmällä tarkoitetaan parikaapeloinnilla ja optisella kaapeloinnilla toteutettua eri tietoliikennejärjestelmien käyttöön soveltuvaa verkkoa. Yleiskaapelointijärjestelmä käsittää kaapeloinnin sekä komponentit teleoperaattorin liityntäkaapelilta tietoliikennesaahan saakka. (ST 681.11 2023, 3.) Kuviossa 10 esitetty yleiskaapelointijärjestelmän perusrakenne.



Kuvio 10. Yleiskaapelointijärjestelmän rakenne (ST 681.11 2023, 8)

Suunniteltavassa kohteessa yleiskaapelointijärjestelmään kuului varausputki liittytäkkaapelille, ryhmäkeskuksessa sijaitseva kotijakamo sekä kotikaapelointi tietoliikenne-erasioille. Kuviossa 11 on esitetty yleiskaapelointikaavio. Kaapelointi kotijakamolta tietoliikenne-erasioille suunniteltiin kahdella kategorian 6 parikaapelilla.



Kuvio 11. Kohteen yleiskaapelointikaavio

6.6 Antennijärjestelmä

Antennijärjestelmä koostui UHF-antennista, kotijakamosta, vahvistimesta, haaroittimesta, antennirasioista sekä näiden välisistä kaapeloinneista. Antennijärjestelmä toteutetaan tähtiverkkona. Haaroitin sekä vahvistin sijoitettiin kotijakamoon. Kaapelointi suunniteltiin koaksiaalikaapelilla kotijakamosta jokaiseen antennirasiaan.

Antennijärjestelmää suunniteltaessa oli suoritettava myös verkon vaimennuksien laskeminen. Antenniverkon vaimennus 1000 MHz:llä saa olla enintään 45 dB ja 47 MHz:llä vähintään 25 dB. Antenniverkon signaalien tasoero taajuusalueella 47–1000 MHz saa olla enintään 15 dB. (Liedes & Erkkilä. 2023 86–87.)

7 POHDINTA

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutustua KNX-järjestelmän perusteisiin ja mahdollisuuksiin sekä laatia sähkösuunnitelmat KNX-järjestelmällä toteutettavaan vapaa-ajan asuntoon. Tavoitteena oli, että järjestelmään liitetään valaistus, pistorasiat, lämmitys, jäähdytys, energiamittaus, ilmanvaihto sekä visualisointi ja etähallinta.

Työn kirjallinen osuus pohjautuu suurella määrällä ST-käsikirjoihin. Suunnittelussa otettiin huomioon SFS 6000 -standardit sekä ST-kortiston materiaalit.

Kohteen sähkösuunnittelu sujui ilman suurempia ongelmia. Oman haasteensa projektiin antoi kuitenkin sen tiukka aikataulu sekä suunnittelussa käytetyn Cadmatic Electrical -ohjelmiston reilusti uudistunut käyttöliittymä.

Mielestäni opinnäytetyö onnistui hyvin. Opinnäytetyö antoi paljon syventävää tietoa standardien ja ST-kortiston materiaalien sisällöistä. Aikaisemmat opinnot sekä opinnäytetyön kirjoitus kehittivät ammatillista osaamista. Lopputuloksena saatiin laadukkaat ja toimivat sähkösuunnitelmat, joiden mukaan sähkötyöt oli mahdollista toteuttaa. Opinnäytetyö vastaa toimeksiantajan tarpeita ja odotuksia.

LÄHTEET

Härkönen, K. & Liedes, R. 2024. KNX-teknologian perusteet, ST-käsikirja 23. Espoo: Sähkötieto.

KNX Association 2021. Energy Efficiency with KNX. Viitattu 25.10.2024 https://www.knx.fi/doc/esitteet/Energy-Efficiency-With-KNX_en.pdf.

KNX Finland Ry 2024a. Kansainvälinen KNX-standardi. Viitattu 20.10.2024 <https://www.knx.fi/index.php?k=224571>.

KNX Finland Ry 2024b. Modernia tekniikkaa asumiseen. Viitattu 18.11.2024. <https://www.knx.fi/doc/KNX-modernia-tekniikkaa-web.pdf>

Liedes, R. & Erkkilä, V. 2023. Antennijärjestelmät, ST-käsikirja 12. Espoo: Sähkötieto.

Liedes, R., Uusitalo, S., Reinikainen, V., Erkkilä, V. & Koivisto, P. 2022. Taloteknisten järjestelmien tiedonsiirto, ST-käsikirja 21. Espoo: Sähkötieto.

Piikkilä, V. 2015. KNX 25 vuotta. KNX Finland ry 20.10.2015. Viitattu 22.10.2024 https://www.knx.fi/doc/25_vuotta_seminaari/6-KNX-25-v-KNX-Finland-Veijo-Piikkila.pdf.

SFS 6000-4-41:2022. Pienjännitesähköasennukset. Osa 4–41. Suojausmenetelmät. Suojaus sähköiskulta. Sesko.

SFS 6000-4-44:2022. Pienjännitesähköasennukset. Osa 4–44. Suojausmenetelmät. Suojaus jännitehäiriöiltä ja sähkömagneettisilta häiriöiltä. Sesko.

SFS 6000-5-52:2022. Pienjännitesähköasennukset. Osa 5–52. Sähkölaitteiden valinta ja asentaminen. Johtojärjestelmät. Sesko.

SFS 6000-5-54:2022. Pienjännitesähköasennukset. Osa 5–54. Sähkölaitteiden valinta ja asentaminen. Maadoittaminen ja suojajohtimet. Sesko.

SFS 6000-8-801:2022. Pienjännitesähköasennukset. Osa 8–801. Täydentävät vaatimukset. Jakeluverkot. Sesko.

ST 13.31 2021. Rakennuksen sähköverkon ja pienjänniteliittymän mitoittaminen. Espoo: Sähkötieto.

ST 58.17 2021. Esitysvalaistusten suunnittelu- ja toteutusratkaisuja. Espoo: Sähkötieto.

ST 681.11 2023. Asuinkiinteistön yleiskaapelointijärjestelmän suunnitteluohje. Espoo: Sähkötieto.

ST 701.60 2016. Talotekniikan kenttäväyläteknikka. Peruskäsitteet ja suunnittelun perusteita. Sähkötieto.

Sähtöturvallisuuslaki 1135/2016. Viitattu 28.11.2024
<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2016/20161135>.

Tiainen, E. 2022. D1-2022 Käsikirja rakennusten sähköasennuksista. Espoo:
Sähköinfo Oy.

Tukes 2022. Kylpy- ja suihkutilojen sähköasennukset. Viitattu 17.11.2024
<https://tukes.fi/sahko/sahkotyot-ja-urakointi/sahkoasennusten-tekniset-vaatimukset/kylpy-ja-suihkutilojen-sahkoasennukset#7ad36788>.