



Osaamista  
ja oivallusta  
tulevaisuuden  
tekemiseen

Teemu Grönberg

# Kerrostalon ullakkohuoneiston sähkö- ja KNX-järjestelmän suunnittelu

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkövoimatekniikka

Insinöörityö

25.4.2019

Tekijä Otsikko  Sivumäärä Aika	Teemu Grönberg Kerrostalon ullakkohuoneiston sähkö- ja KNX-järjestelmän suunnittelu  41 sivua + 12 liitettä 25.4.2019
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Sähkö- ja automaatiotekniikka
Ammatillinen pääaine	Sähkövoimatekniikka
Ohjaajat	lehtori Jarno Nurmio
<p>Insinöörityön aiheena oli laatia suunnitelmat urakkalaskentaa varten ullakkohuoneiston sähkö- ja KNX-järjestelmistä. Ullakkohuoneisto on osa rakennushanketta, jossa olemassa olevan kerrostalon ullakotilaan rakennetaan uusia asuinhuoneistoja.</p> <p>Työn alussa käydään läpi rakennushankkeen suunnitteluprosessia, sen vaiheita ja niihin liittyviä tehtäviä. Suunnitteluprosessin jälkeen keskitytään ullakkorakentamiseen liittyvään sähkösuunnitteluun. Lisäksi käsitellään rakennusluvan ja -määräysten edellyttämien sähköjärjestelmien suunnittelua. Lopuksi keskitytään KNX-järjestelmää hyödyntävän huoneiston suunnitteluun.</p> <p>Suunnitelmia varten perehdyttiin alaa koskeviin ohjeistuksiin ja määräyksiin sekä laitevalmistajien tuotteisiin. Suunnitelmat piirrettiin CADS Electric pro ohjelmistolla.</p> <p>Lopputuloksena syntyi sähkösuunnitelmat, jossa valaistusta ohjataan KNX-järjestelmällä. Suunnitelmat luovutettiin tilaajalle lataamalle ne tilaajan projektipankkiin.</p>	
Avainsanat	KNX, sähkösuunnittelu, suunnitteluprosessi

Author Title	Teemu Grönberg Planning of Electrical and KNX System for an Attic Apartment.
Number of Pages Date	41 pages + 12 appendices 25 April 2019
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical Engineering
Professional Major	Electrical power engineering
Instructors	Jarno Nurmio, Senior lecturer
<p>The purpose of the thesis study was to prepare plans for the calculation of the contract for the electrical and KNX systems of attic apartment. The attic apartment is part of a building project where new residential apartments are built in the roof space of an existing apartment building.</p> <p>At the beginning of the work, the planning process is reviewed, its stages and related tasks are explained. After the planning process, the focus will be on the electrical planning of the attic construction. In addition, the planning of electrical systems required by building permit and regulations is discussed. Finally, the planning of an apartment using the KNX system is discussed.</p> <p>The plans and regulations for the field and the products of equipment manufacturers were studied for the plans. Plans were drawn with CADS Electric pro software.</p> <p>As a result, electric plans were created, in which lighting is controlled by the KNX system. The plans were handed over to the client by downloading them to the client's project bank.</p>	
Keywords	KNX, electrical planning, planning process

## Sisällys

### Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Suunnitteluprosessi	1
2.1	Suunnittelun vaiheet	1
2.2	Suunnitteluorganisaatio	5
3	Ullakkorakentamiseen liittyvä sähkösuunnittelu	6
3.1	Sähkön pääjakelujärjestelmä	6
3.1.1	Huoneistojen tehon mitoittaminen ja sähköliittymän tehon riittävyyden tarkastelu	6
3.1.2	Ullakkohuoneistojen liittäminen nykyiseen pääjakelujärjestelmään	11
3.1.3	Nykyiseen maadoitusjärjestelmään liittyminen	14
3.1.4	Suojalaitteiden toiminnan varmistaminen ja suunnitelmien tarkastuttaminen	14
3.2	Viestintä ja tietoverkkojärjestelmät	15
3.2.1	Yleiskaapelointijärjestelmä	15
3.2.2	Antennijärjestelmä	16
3.3	Ullakkohuoneistojen ulkopuolisia sähköjärjestelmiä	18
3.3.1	Savunpoistojärjestelmä	18
3.3.2	IV-koneiden hätäseis	20
4	KNX-järjestelmällä toteutettavan ullakkohuoneiston sähkösuunnittelu	21
4.1	KNX-järjestelmä	21
4.2	KNX-järjestelmän hyödyntäminen huoneistossa	23
4.2.1	Järjestelmän rakenne	23
4.2.2	Valaistuksen ohjaus	24
4.2.3	Verhomoottori ohjaukset	28
4.2.4	Visualisointi ja yhteistoiminto ohjaukset	29
4.3	Sähköpisteiden sijoittelu	30
4.4	Valaisimet	34
4.5	Huoneiston muut järjestelmät	36

5	Yhteenveto	37
	Lähteet	39
	Liitteet	
	Liite 1. Piirustusluettelo	
	Liite 2. Nousujohtokaavio	
	Liite 3. Näyttöleike monimittarikeskuksen pääkaavio	
	Liite 4. Maadoituskaavio	
	Liite 5. Järjestelmäkaavio yleiskaapelointi	
	Liite 6. Järjestelmäkaavio antenni	
	Liite 7. Näyttöleike kellarikerroksen asennuspiirustuksesta	
	Liite 8. Asennuspiirustus huoneisto 3 KNX-järjestelmä	
	Liite 9. Asennuspiirustus huoneisto 3 vahvavirtajohdotukset	
	Liite 10(7). Pääkaavio RKH huoneisto 3	
	Liite 11(3). Toimintakortti olohuone	
	Liite 12. Valaisinluettelo	

## Lyhenteet

DALI	Digitaalinen valaistuksen ohjausjärjestelmä.
KNX	Kansainvälisesti standardoitu kiinteistön ohjausjärjestelmä.
KSE 2013	Konsulttitoiminnan yleiset sopimusehdot.
TATE 18	Taloteknisen suunnittelun tehtäväluettelo.
TN-C	Nelijohdinjärjestelmä, jossa on yhteinen nolla- ja suojajohdin.
TN-S	Viisijohdin järjestelmä, jossa on erilliset nolla- ja suojajohtimet.

## 1 Johdanto

Tämän insinöörityön tarkoituksena on esitellä ullakkorakentamista varten tehtyä sähkösuunnittelua ja KNX-järjestelmää osittain hyödyntävän ullakkohuoneiston sähkösuunnitelmia. Työssä käsiteltävä asuinhuoneisto on osa viiden ullakkohuoneiston 2018-2019 toteuttavaa rakentamishanketta Helsingin ydinkeskustassa, jossa rakennusliike on ostanut taloyhtiöltä ullakon rakentamisoikeuden. Huoneistoihin oli alun perin tilattu perinteisen toteutustavan sähkösuunnittelu, mutta suunnittelun loppuvaiheella tilaaja ilmoitti haluavansa yhden asuinhuoneiston toteutettavaksi KNX-järjestelmää hyödyntämällä.

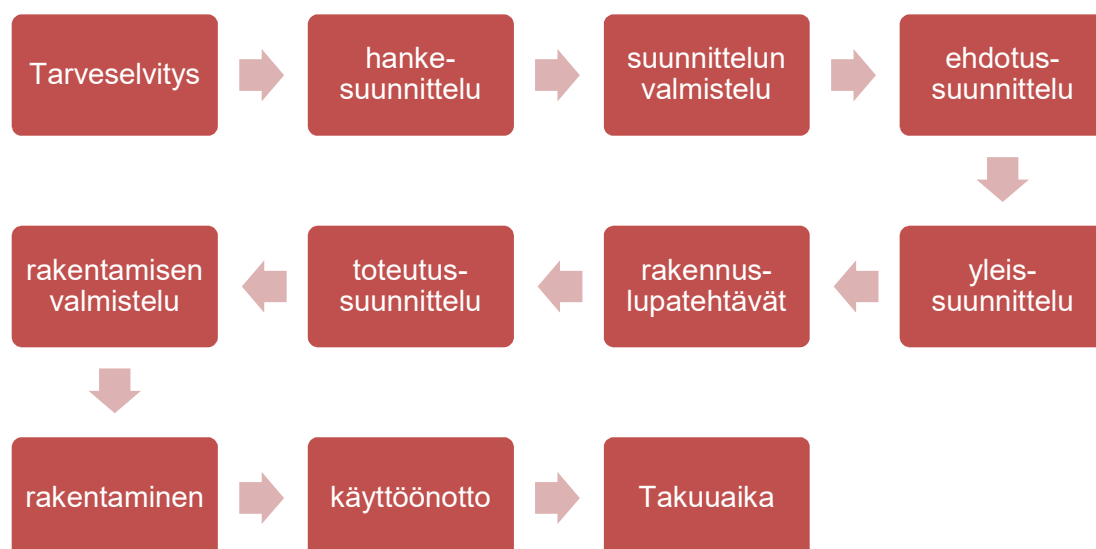
Päädyin tähän työhön saatuaani mahdollisuuden osallistua ullakkohuoneistojen suunnitteluun ja suunnitteluprosessin edetessä suunnittelutyön tekeminen siirtyi yhä enemmän minulle. KNX-järjestelmän suunnittelu ajautui minun vastuulleni sanottuani tarpeeksi vakuuttavasti tilaajalle ja työnantajalle, että pystyn tekemään KNX-järjestelmää hyödyntävät suunnitelmat asuinhuoneistoon.

## 2 Suunnitteluprosessi

### 2.1 Suunnittelun vaiheet

Sähkösuunnittelun laajuutta ja prosessia määrittelee suunnittelusopimuksen sisältö. Suunnittelusopimukset perustuvat KSE 2013 sopimusehtoihin ja TATE 18 tehtäväluetteloon. Sopimusehdot määrittelevät sopimukseen useita reunaehtoja osapuolten välisistä vastuista ja velvollisuuksista, veloituserusteista sekä toimintatavoista. Tehtäväluettelo määrittelee suunnittelun laajuutta ja vaiheita sekä toimii apuvälineenä suunnittelutyön kilpailuttamiseen. (1, s.1; 2, s.1.)

Tehtäväluettelo jakaa taloteknisen suunnittelun yhteentoista vaiheeseen. Suunnittelun hankintaa varten tehtävät on jaoteltu niille luontaisiin kokonaisuuksiin. Kokonaisuudet ovat järjestelty ideaaliseen työjärjestykseen. Ihanteellisessa tapauksessa edellisessä vaiheessa tehty työ toimii pohjana seuraavan vaiheen työlle. Kuvassa 1 on esitetty tehtäväluttelon vaiheet ja työjärjestys. (2, s.1–2.)



Kuva 1. TATE 18:sta mukaiset suunnittelun kokonaisuudet ideaalisessa työstämisyjärjestyksessä. (2, s.1–2)

Insinööriyön hankkeeseen tilattu sähkösuunnittelu sisälsi ehdotussuunnittelun, yleissuunnittelun ja toteutussuunnittelusta hankintaa palvelevan osuuden. Hanketta varten ei ollut tehty tarveselvitystä tai hankesuunnitelmaa, vaan niihin kuuluvia tehtäviä jouduttiin vielä ratkomaan toteutussuunnitteluvaiheessa.

Sähkösuunnittelijalle tarveselvityksen tehtäviä ovat esimerkiksi tilojen vaatimustenmäärittely ja karkea tilatarpeiden arviointi sekä nykyisten järjestelmien soveltuvuuden arviointi (2, s.3). Hankkeen työtehtävistä voidaan näihin tunnistaa monimittarikeskuksen paikan määrittämisen, nykyisen pääkeskuksen hyödyntämisen ja mahdollisten kaapelireittien kartoittamisen.

Hankesuunnittelun pohjana käytetään tarveselvitystä ja tilaajan kanssa käytyjä palavereita koskien hankkeen laajuutta ja laatutasoa. Hankesuunnitelmassa määritetään järjestelmä vaihtoehtoja ja arvioidaan nykyisten laitteiden uusimisen tarvetta ja niiden hyödyntämistä. Hankesuunnitelma on kirjallinen dokumentti, jota voidaan käyttää myöhempien suunnitteluvaiheiden kilpailutuksessa tai suunnittelutehtävien lähtötietoina. (2, s.4; 3, s.6–7)



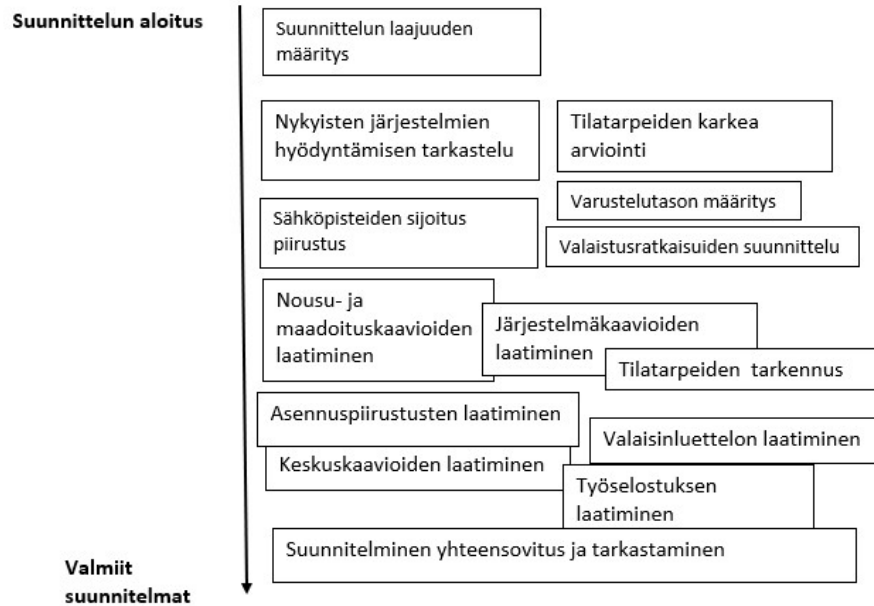
Suunnittelun vaiheita ei kirjallisesti eroteltu insinööriyön hankkeessa, mutta tehtävistä pystyi tunnistamaan ja erottamaan TATE18:sta mukaisista suunnitteluvaiheista ehdotus- ja yleissuunnitteluvaiheen ja toteutussuunnitteluvaiheen erilleen. Ehdotus- ja yleissuunnitteluvaihe kesti ajallisesti pisimpään, mutta työtunteja kului vähemmän kuin toteutussuunnittelussa.

Sähkösuunnittelijan tehtäviä ehdotussuunnitteluvaiheessa ovat sähköjärjestelmien toteutusvaihtoehtojen esittäminen esimerkiksi pääjakelujärjestelmästä ja tyyppitilojen valaistusjärjestelmästä (2, s.9–11). Hankkeessa tehtäviä ei kuitenkaan voitu toteuttaa täysin kirjaimellisesti, koska hanke sisälsi viiden pohjaratkaisultaan yksilöllisen ullakkohuoneiston sähkösuunnittelun 1930-luvulla rakennetun kerrostalon ullakolle. Suunnitteluvaiheen tehtäviksi pystyi tunnistamaan ullakkohuoneistojen sähkön pääjakelun ja tietoliikenne järjestelmän ratkaisuvaihtoehtojen suunnittelemisen.

Yleissuunnitteluvaiheessa tehdään edotussuunnitteluvaiheen päätösten perusteella sähköpisteiden sijoituspiirustukset, järjestelmä-, mittaus-, maadoitus- ja nousukaaviot. Valaistus ja niiden ohjausratkaisut päätetään ja laaditaan alustava valaisinluettelo sekä tarkennetaan sähkölaitteiden tilavaraukset. (3, s.7.)

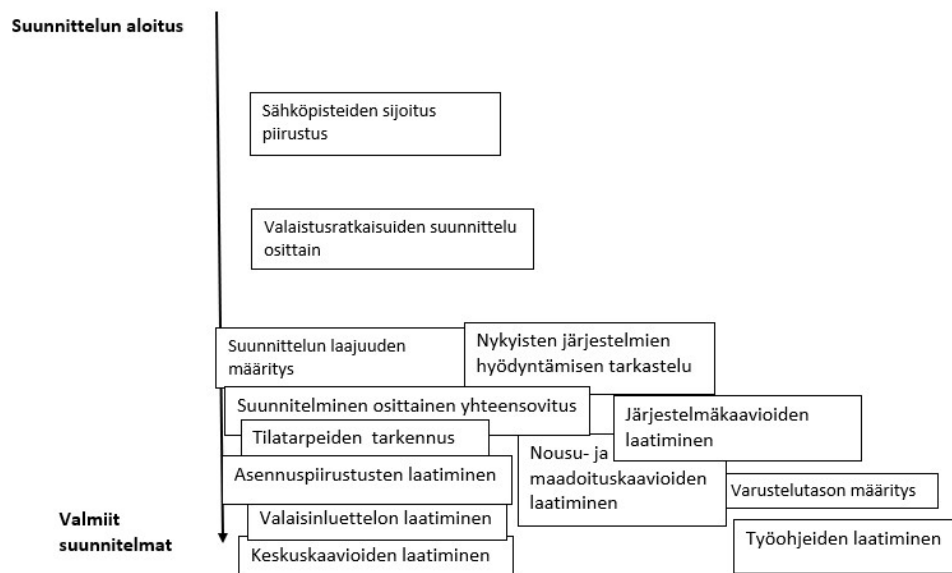
Toteutussuunnitteluvaiheen hankintaa palvelevassa osuudessa suunnittelu työ tehdään sellaisella laajuudella, että toteutettava työ pystytään kilpailuttamaan. Hankintaa palvelevassa osuudessa määritetään johdotukset, ryhmitykset, kaapelireitit, asennustavat ja esimerkkilaitteet. Dokumentteina laaditaan asennuspiirustukset, valaisinluettelo, keskusten pääkaaviot, nousu-, maadoitus- ja muut järjestelmäkaaviot. Dokumenteissa esitetään tekniset ratkaisut mitoituksineen. Suunnitelmien loppuun saattamiseksi suoritetaan eri suunnittelualojen suunnitelmien risteilytarkastukset ja yhteensovitus. Lopuksi suunnitelmat hyväksytetään tilaajalla ja luovutetaan tilaajan käyttöön. (2, s.18–19; 3, s.7)

Taloteknisen tehtäväluettelon (2) ja ST-kortin 13.28 (3) ohjeiden mukaisesti hankkeen sähkösuunnittelu olisi ollut järkevintä tehdä kuvan 2 mukaisesti, jossa suunnittelu olisi aloitettu suunnittelun laajuuden selvittämällä ja päätetty suunnitelmien yhteensovituksella ja tarkastamisella, jossa aikaisemmin tehty työ olisi toiminut pohjana seuraavalle työvaiheelle.



Kuva 2. Hankkeen suunnittelun prosessi ohjeiden mukaisesti toteutettuna. (2; 3.)

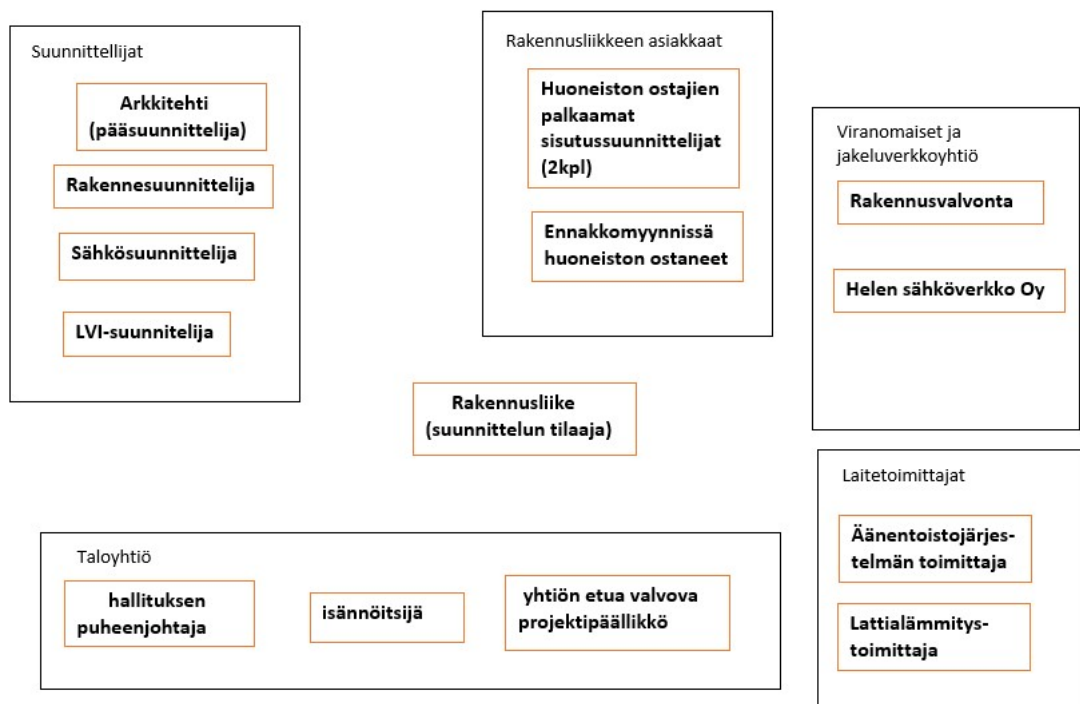
Hanketta ei kuitenkaan toteutettu järkevästi, vaan suunnitteluprosessi näytti enemmän kuvan 3 mukaiselta. Työvaiheet olivat ristiriidassa, mistä seurasi turhaan tehtyä työtä ja ristiriitaisuuksia suunnitelmadokumenttien välille.



Kuva 3. Hankkeen todennukaisempi suunnitteluprosessi.

## 2.2 Suunnitteluorganisaatio

Suunnitteluun haastavuutta lisäsi päätösvallan hajaantuminen. Suunnitteluprosessin aikana hankkeessa mukana olleet osapuolet näkyvät kuvassa 4. Hanke toteutettiin rakennusliikkeen KVR-urakkana, jossa rakennusliike toimii pääurakoitsijana, jolla on kokonaisvastuu suunnittelusta ja toteutuksesta. Sisustussuunnittelijat tulivat mukaan suunnitteluun huoneistojen ennakkomyyntin yhteydessä, jossa ostajille annettiin oikeus vaikuttaa suunnitteluratkaisuihin.



Kuva 4. Suunnitteluprosessin aikana hankkeessa mukana olleita osapuolia.

Taloyhtiön oikeus kommentoida suunnitelmia perustuu asunto-osakeyhtiölakiin (4), joka määrittelee taloyhtiön kunnossapitovelvollisuuksia. Yhtiön kunnossapitovastuuseen kuuluvat mm. rakenteet ja eristeet. Yhtiö on velvollinen pitämään kunnossa perusjärjestelmät kuten sähkö-, tiedonsiirto-, vesi-, viemäri- ja ilmanvaihtojärjestelmät. (4, 4 luku 2§) Hanketta varten yhtiö palkkasi projektipäälliköksi ja taloyhtiön etua valvomaan vanhemman rakennusinsinöörin.

### 3 Ullakkorakentamiseen liittyvä sähkösuunnittelu

#### 3.1 Sähkön pääjakelujärjestelmä

Hankkeen yksi suunnittelutehtävistä oli viiden ullakkohuoneiston sähkönsyötön ja sähköenergian mittauksen suunnittelu sekä liittäminen kiinteistön nykyiseen pääjakelujärjestelmään. Järjestelmälaajennussuunnittelu aloitettiin tarkastelemalla nykyisen osan kuntoa ja laajennettavuutta.

Nykyisten huoneistojen sähkönpääjakelujärjestelmä on toteutettu ns. tikapuuverkolla, jossa sähkömittarit sijaitsevat huoneistoissa. Tikapuuverkko on vanha tapa, ja Helsingissä siitä luovuttiin uudiskohteissa 1950-luvun lopulla Helsingin sähkölaitoksen vaatimuksesta. Helsingin sähkölaitos on vuodesta 1959 velvoittanut sijoittamaan uusissa kerrostaloissa sähkömittarit yhteisiin mittarikomeroihin, joihin sähkölaitoksen edustajalla on esteetön pääsy. (5, s.19–20) Ohjeistus on edelleen voimassa, ja se on laajennettu koskemaan nousujohtosaneerauksia. Kiinteistön pääjakelujärjestelmä on remontoitu 70-luvulla ja kiinteistön liittymän pääsulake koko on 400 ampeeria. Nykyistä pääkeskusta pystytään hyödyntämään, jos liittymän tehokapasiteetti riittää, koska keskuksesta löytyy vapaana oleva sulakelähtö. Ullakkohuoneita varten kuitenkin joudutaan suunnittelemaan uusi monimittarikeskus huoneistojen sähkömittareita varten.

##### 3.1.1 Huoneistojen tehon mitoittaminen ja sähköliittymän tehon riittävyyden tarkastelu

Sähköliittymän tehon riittävyyden tarkastelu tapahtuu kahdessa vaiheessa. Ensimmäisessä vaiheessa huoneistojen tehontarve mitoitetaan ja toisessa vaiheessa verrataan Helen sähköverkot Oy:n antamia kiinteistön kulutustietoja ja ullakkohuoneistojen tehontarvetta liittymän nykyiseen tehokapasiteettiin. Ullakkohuoneistojen tehon tarve määritettiin laskemalla ensiksi yksittäisen huoneiston mitoitusteho, jonka jälkeen lasketaan yhteinen tehontarve.

Yksittäisen asuinhuoneiston teho lasketaan ST-kortin 13.31 (6, s.5) yhtälöllä 1, jossa huoneiston eri kuormalajit kerrotaan tasauskerroimilla ja tasatut tehot lasketaan yhteen.

$$P_M = (P_{KK} * k1) + (P_{SLK} * k2) + (P_{VAL} * k3) \quad (1)$$

$P_M$  on yksittäisen asuinhuoneiston mitoittava teho.

$P_{KK}$  on kojekuorman sähköteho

$P_{SLK}$  on sähkölämpökuorman sähköteho

$P_{VAL}$  on valaistuskuorman sähköteho

$k1$  on kojekuorman samanaikaisuuskerroin

$k2$  on sähkölämpökuorman samanaikaisuuskerroin

$K3$  on valaistuskuorman samanaikaisuuskerroin.

Huoneiston kojekuorma lasketaan peruskuorman yhtälöllä 2, johon on sisällytetty eri kojekuormien sähkötehon tarve. Peruskuorma on riippuvainen huoneiston pinta-alasta ja kasvaa lineaarisesti 20 wattia neliötä kohden huoneiston pinta-alan kasvaessa. Tämän lisäksi peruskuorma koostuu huoneistokohtaisesta pohjakuormituksesta, joka on vakio. (6, s.4.)

$$P_{kk} = 6 \text{ kW} + \frac{20 \frac{\text{kW}}{\text{m}^2}}{1000} * A_h \quad (2)$$

$P_{kk}$  on peruskuorman teho

$A_h$  on huoneiston pinta-ala

$6 \text{ kW}$  on huoneistokohtaisen pohjakuormituksen vakio.

Huoneiston valaistuskuorma on myös riippuvainen pinta-alasta. ST-kortin 13.31 (6, s.5) mitoitusohjeet arvioivat valaistustehon olevan yhdeksän wattia neliötä kohden, joten valaistuskuorma lasketaan yhtälön 3 mukaisesti. Valaistuksen osalta huoneistossa ei ole huoneistokohtaista pohjakuorman vakiota. (6, s.5.)

$$P_{val} = \frac{9 \frac{kW}{m^2}}{1000} * A_h \quad (3)$$

$P_{VAL}$  on valaistuskuorman sähköteho

$A_h$  on huoneiston pinta-ala.

Huoneiston sähkölämpökuorma muodostuu erilaisista sähkölämmityslaitteista ja sähkökiukaan tehon osuudesta, jota ei vuorotella sähkölämmityslaitteiden välillä. sähkölämpökuorma määritellään laskemalla eri lämpökuormien tehot yhteen. (6, s.4.)

Kohteen huoneistoissa sähkölämpökuorma muodostui saunojen kiukaista ja kylpyhuoneiden mukavuuslattialämmityksistä. Neljään huoneistoon tuli saunat ja niiden kiukaitten tehoiksi arvioitiin 10 kW. Mukavuuslattialämmityksen mitoistustehoksi arvioitiin 100 W/m<sup>2</sup>. Teho valittiin DEVIcomfort DTIR-10 lattialämmityskaapelin mukaan (7). Taulukossa 3 on esitetty huoneistokohtaiset sähkölämpökuormien tehot ja arvioidut tasauskertoimet.

Taulukko 1. Huoneistokohtaiset sähkölämpökuormat.

	kylpyhuoneen pinta-ala (m <sup>2</sup> )	Kiukaan teho(kW)	teho (kW)
Huoneisto 1	7,3	10	10,73
Huoneisto 2	8,6	10	10,86
Huoneisto 3	15,5	10	11,55
Huoneisto 4	12	10	11,2
Huoneisto 5	4	0	0,4

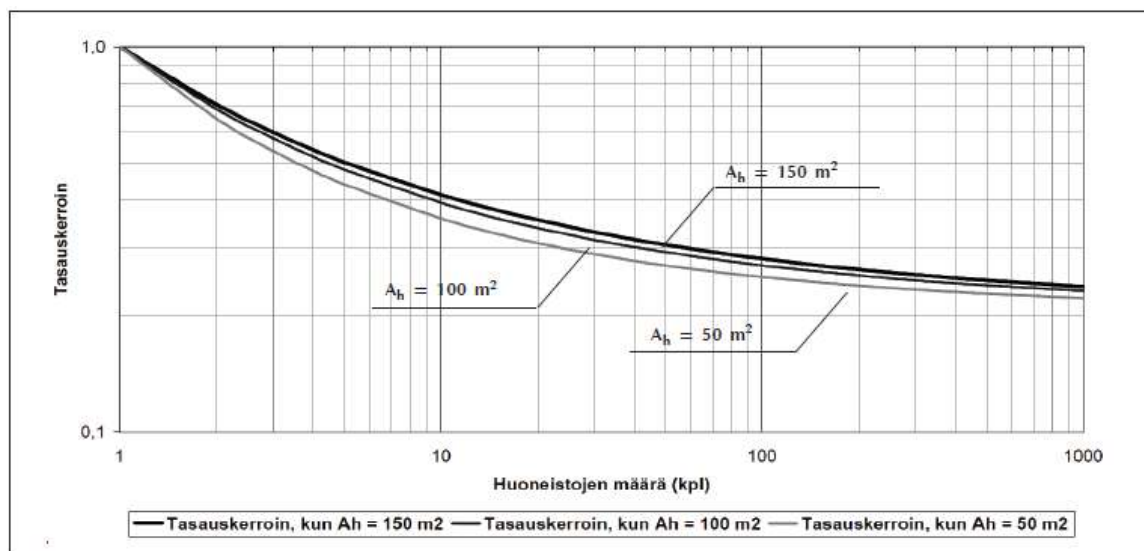
Eri kuormalajien tehojen laskemisen jälkeen arvioitiin tasauskertoimet kuormalajeille. Huoneistojen mitoitus-teho laskettiin yhtälön 1 mukaisesti. Taulukossa 2 on esitetty huoneistokohtaisesti eri kuormalajien kuormitukset, tasauskertoimet ja huoneiston mitoitus-tehot. Huoneistojen tehonmitoituksessa arvioidut tasauskertoimet ovat todennäköisesti hieman yläkanttiin arvioituja, joten huoneistot ovat ylimitoitettuja.

Taulukko 2. Huoneistokohtaiset kuormalajit, tasauskertoimet ja mitoitus-tehot.

	pinta-ala (m <sup>2</sup> )	$P_{KK}$ (kW)	$k_1$	$P_{SLK}$ (kW)	$k_2$	$P_{VAL}$ (kW)	$k_3$	$P_M$ (kW)
Huoneisto 1	78,3	6,1	0,8	9,7	0,9	0,56	0,8	16,4
Huoneisto 2	124,2	6,8	0,8	9,8	0,9	0,89	0,8	17,5
Huoneisto 3	162,3	7,4	0,8	10,4	0,9	1,17	0,8	19
Huoneisto 4	115,8	6,7	0,8	10,1	0,9	0,83	0,8	17,6
Huoneisto 5	36,8	5,4	0,8	0,4	1	0,33	0,8	7,2

Useamman huoneiston yhteinen tehotarve lasketaan huoneistojen tehotarpeen keskiarvon avulla. Huoneistojen tehontarpeen keskiarvo kerrotaan huoneistojen määrällä ja tasauskertoimella. Tasauskerroin on riippuvainen huoneistojen pinta-alasta ja huoneistojen määrästä. Tasauskerroin voidaan lukea kuvasta 5, kun tiedetään huoneistojen määrä ja pinta-alojen keskiarvot. (6, s.5.)

Huoneistojen tehontarpeen laskettu keskiarvo on 15,54 kW. pinta-alojen keskiarvoksi saadaan 103 m<sup>2</sup>. Tasauskertoimeksi kuvasta 5 luettiin 0,49. Yhteiseksi tehon tarpeeksi laskettiin  $15,54 \text{ kW} \times 5 \times 0,49 = 38 \text{ kW}$  ja oletettu tehokerroin huomioiden kokonaistehoksi muodostui  $38 \text{ kW} / 0,95 = 40 \text{ kVA}$ .



Kuva 5. tasauskertoimet huoneistojen välille keskimääräisillä huoneistopinta-aloilla. (6, s.5)

Huoneistojen mitoittamisen jälkeen tarkasteltiin sähköliittymän sähkötehon riittävyyttä. Tarkastelua varten Helen sähköverkot Oy:ltä (8) saatiin kiinteistön sähköliittymän kulutustiedot vuodelta 2017. Taulukosta 3 selviää kiinteistön sähköliittymän tehon tuntikeskiarvon huippulukeman olleen 79,9 kVA, kun taas kiinteistön 400 A:n liittymän tehokapasiteetti on 277kVA. Voidaan siis todeta, että liittymä on ylimitoitettu. Tämä voi johtua paristakin eri syystä. Kiinteistö on aikoinaan mitoitettu enemmän tehoja vaativia liiketiloja varten tai mitoituksessa oli huomioitu kasvuvара, joka ei koskaan toteutunut.

Taulukko 3. Kiinteistön sähköliittymän tehon tuntikeskiarvon huippulukema 9.12.2017.

Kokonaisteho S	79,9 kVA
Pätöteho P	75,9 kW
Loisteho Q	24,9 kvar

Laskemalla kiinteistön kulutustietojen tuntikeskiarvon huippulukema ja ullakkohuoneistojen tehontarve yhteen saadaan 119,9 kVA, joten uskallettiin todeta sähköliittymän tehon riittävän, koska liittymän tehokapasiteetti oli huomattavasti suurempi kuin tuntikeskiarvon huippulukema ja ullakkohuoneistojen mitoitettu teho yhteensä. Tehonmitoituksen jälkeen voidaan valita sulakkeet ja kaapelit näille sulakkeille.



### 3.1.2 Ullakkohuoneistojen liittäminen nykyiseen pääjakelujärjestelmään

Ullakkohuoneistot suunniteltiin liitettäväksi nykyiseen pääjakelujärjestelmään liittämällä huoneistojen ryhmäkeskuksia syöttävä monimittarikeskus kaapelilla nykyisen pääkeskuksen vapaaseen kahvasulake lähtöön. Pääjakeluun liittäminen kuvattiin piirtämällä nousujohtokaavio, joka on esitetty liitteessä 2.

Sulakkeen valinnassa on huomioitava seuraavat ehdot: ylikuormitus ja oikosulkuvirroilta suojaavan suojalaitteen on kyettävä katkaisemaan asennuksessa esiintyvä ylivirta mukaan lukien prospektiivinen oikosulkuvirta ja suojalaitteen on täytettävä kuvan 6 kaavojen ehdot, joissa  $I_B$  on piiriin suunniteltu virta,  $I_Z$  on kaapelin jatkuva kuormitettavuus,  $I_n$  on suojalaitteen nimellisvirta ja  $I_2$  on suojalaitteen toiminnan varmistava virta tavallisessa toiminta-ajassa. Lisäksi sulakkeiden pitää olla selektiivisiä toisiinsa nähden, jotta vika rajoittuu aina mahdollisimman pienelle alueelle. Sulakkeiden selektiivisyys toteutuu, kun noudatetaan yleistä sääntöä, että peräkkäisten sulakkeiden suhde on vähintään 1,6:1. (9, s.115–116; 10, s.4; s.9.)

Standardin SFS 6000 kohdan 432.1 (9, s.114) mukaan gG-sulakkeet täyttävät ensimmäisen ehdon, joten sulakkeiden tyyppi on gG ja nimellisvirta määritetään kuvan 6 kaavojen mukaan. Kaapeli valitaan myöhemmin, joten sulakkeet määritetään mitoitus-tehon perusteella.

$$I_B \leq I_n \leq I_Z \qquad I_2 \leq 1,45 \ I_Z$$

Kuva 6. Sulakesuojauksen toimivuuden ehdot (11, s.4).

Huoneistojen mitoitus-tehojen perusteella kahdessa pienemmässä huoneistossa sulakekooksi riittää 25 ampeeria ja kolmessa isommassa huoneistossa sulake koko jäisi vajaksi, mutta todennäköisesti olisi riittävä. Isompien huoneistojen osalta sulakkeiden nimellisvirraksi kuitenkin valittiin pienestä epävarmuudesta johtuen 35 ampeeria. Ylimitoituksen kustannusvaikutukset jäivät mitättömiksi näin suuressa hankkeessa. Sulakkeen koko ei myöskään vaikuta sähkönsiirron perusmaksun suuruuteen, koska Helen sähköverkot Oy:n alueella perusmaksun hinta pysyy samana 63 ampeerin asti (11). Sulakkeet täyttävät selektiivisyyden, kun huoneistonryhmäkeskuksen ryhmälähtöjen suurin johdonsuojakatkaisijan nimellisvirta on 16 A.

Huoneistojen ryhmäkeskuksien syöttökaapeliksi valittiin MMJ 5x10S, joka on sisäasennukseen tarkoitettu. D1-2017 Käsikirja rakennusten sähköasennuksista taulukosta 52.2 (12, s.227–228) katsottuna kaapelin kuormituskyky on riittävä 35 A:an sulakkeita varten. Vaikka kahdessa huoneistossa sulake on 25 A, tämä tuli silti määriteltyä kaapeloitavaksi samalla kaapelilla, koska suunnitteluvaiheessa tapahtui kopiointivirhe laadittaessa liitteitä 2 ja 3 esitettyjä nousukaaviota monimittarikeskuksen kaaviota.

Kaapeleita varten kiinteistön kellariin suunniteltiin tikashylly, jonka kautta kaapelit menevät ullakolle vievään käytöstä poistuneeseen savuhormiin. Savuhormissa kaapelit jatkavat ullakolle, jossa kulkevat joko katossa tai lattiassa huoneistojen ryhmäkeskuksille. Asennustavan päättä sähköurakoitsija.

Kaapeleiden asennuksesta savuhormiin oli suunnittelun aikana kaksi vaihtoehtoa. Ensimmäisessä vaihtoehdossa kaapelit lasketaan hormiin vaijereiden varassa ja vaijeri kiinnitetään yläpäästä, kuten kuvassa 7 näkyvä tuntematon kaapeli on kiinnitetty. Toisessa vaihtoehdossa hormiin tehdään työaukkoja rakennuksen sisäpihalta ja hormin seinämään kiinnitetään kaarikiinnikekiskoja, joihin kaapelit kiinnitetään. Asennustavan päättäminen poistui vastuultani, ja siitä keskustelivat taloyhtiön edustajat, rakennusurakoitsija ja sähköurakoitsija. Suunnitelmiin määritettiin vain kaapeleiden nousureitti hormissa.



Kuva 7. Kaapeleiden asennusreitiksi suunniteltu käytöstä poistunut savuhormi. Oikeassa reunassa tuntematon kaapeli kiinnitettynä vaijeriin.

Sähkömittarit tulee sijoittaa kerros- ja rivitaloissa jakeluverkkoyhtiön Helen sähköverkko Oy:n (13, s.1) ohjeistuksen mukaisesti keskitetysti joko pääkeskustiloihin tai erillisiin mittarikeskuskomeroihin, jonne jakeluverkkoyhtiön edustajalla on esteetön pääsy. Ohjeistus koskee myös korjausrakentamista.

Kiinteistön muiden huoneistojen sähkömittarit sijaitsevat asunnoissa ja huoneistojen sähkönsyöttö on toteutettu ns. tikapuuverkolla, jossa huoneisiin jaetaan sähkö porraskäytävän haaroitusrasiasta. Pääkeskustilassa ei ollut vapaata seinäpintaa uudelle monimittarikeskukselle, joten kellari käytävälle arkkitehti suunnitteli monimittarikeskukselle komeron, jonne keskus sijoitetaan. Tilatarpeeksi arvioitiin, että mittareita voi sijoittaa kolme päällekkäin ja yksi mittarialusta vaatii 30 cm tilaa leveyssuunnassa.

Urakalaskentaa varten suunnitelmiin tehtiin keskuskaavio monimittarikeskukselle, jossa on KWH-mittari lähdöt ullakkohuoneistoja varten ja yksi vara-alusta. Vara-alusta määritettiin suunnitelmiin, koska viisi mittaripaikkainen keskus vie yhtä paljon tilaa kuin kuusi paikkainen ja liiketiloja sisältävässä vanhassa rakennuksessa ylimääräiselle mittarille voi tulla tarvetta jo lähitulevaisuudessa. Monimittarikeskuksen keskuskaavio on esitetty liitteessä 3.

Monimittarikeskuksen sulakkeen teho saatiin kohdassa 3.1.1 huoneistojen yhteisestä tehontarpeesta. Sulakekooksi olisi riittänyt mitoitus-tehon mukaan 63 ampeeria, mutta valittiin kuitenkin kokoa isompi nimellisvirraltaan eli 80 A:n sulake. Kaapeliksi suunnitelmiin määritettiin sisä- ja ulkokäyttöön tarkoitettu AMCMK 4x70/21, jonka kuormitus on D1-2017 Käsikirja rakennusten sähköasennuksista taulukosta 52.3 (12, s.229–230) katsottuna riittävä 80 A:n sulakkeille.

### 3.1.3 Nykyiseen maadoitusjärjestelmään liittyminen

Maadoitusjärjestelmällä mahdollistetaan sähköasennusten turvallinen ja luotettava toiminta. Järjestelmällä on tarkoitus saada maahan johtava yhteys, jota käytetään sähköiskulta suojaamiseen ja häiriönsuojaukseen. Syötön automaattisessa poiskytkentää käytettäessä suojaus sähköiskulta tapahtuu maadoitusjohtimien kautta. Suojauksen pitää olla aina etusijalla, jos maadoitusjärjestelmää käytetään myös häiriönsuojaukseen. (14, s.3.)

Kiinteistön nykyiset sähköasennukset ovat toteutettu TN-C-nelijohdinjärjestelmällä ja ullakkohuoneistot toteutetaan TN-S-viisijohdinjärjestelmällä. nelijohdinjärjestelmä muutetaan viisijohdinjärjestelmäksi haaroittamalla PEN-johdin PE- ja N-johtimiksi. Uusissa rakennuksissa viisijohdinjärjestelmä pitää asentaa pääkeskuksesta eteenpäin (9, s.158–163). Laajennus ja muutostyöt pitää suunnitella erillisillä PE- ja N-johtimilla. PE- ja N-johdinta ei saa yhdistää PEN-johtimeksi haaroituksen jälkeen, mutta PEN-johdin voi kulkea rinnan kahdessa johtimessa. Vanhoja TN-C-ryhmäjohtoja liitettäessä keskukseen pitää PEN-johdin liittää keskuksen PEN-kiskoon. (15, s.153.)

Haaroittaminen olisi toteutettu pääkeskuksella, mutta hankkeessa päädyttiin suunnittelemaan PEN-johtimen haaroitus monimittarikeskukseen. Ratkaisuun päädyttiin varautumalla rakennuksen kivijalassa sijaitsevien liiketilojen jakamiseen suunnitteleamalla PE- ja N-kiskojen yhdyskisko monimittarikeskukseen, jolloin PEN-johdin pysyy yhtenäisenä, koska oletuksena oli, että liiketilojen jakamisessa jää nykyisiä TN-C-ryhmäjohtoja käyttöön. Liitteessä 3 monimittarikeskuksen keskuskaaviossa näkyy yhdistämisen symboli ja liitteessä 4 maadoituskaaviossa on esitetty tämä ratkaisu. Ullakkohuoneistojen keskuksiin kiskojen yhdistystä ei tehty, koska kaikki ryhmäjohdot ovat uusia ja viisijohdinjärjestelmän mukaisia.

### 3.1.4 Suojalaitteiden toiminnan varmistaminen ja suunnitelmien tarkastuttaminen

Sähköasennusta suunniteltaessa on varmistettava, että sähköasennus toimii tarkoitetulla tavalla ja ihmisten kotieläinten ja omaisuuden suoja toteutuu standardin SFS 6000 edellyttämällä tavalla. (9, s.20.)

Suojausten toiminta tarkistettiin tekemällä oikosulkuvirtalaskennat Cads electric pro ohjelmistolla. Oikosulkuvirtasuojauksen laskentaa varten Helen sähköverkko Oy:ltä (8) saatiin pääkeskuksessa esiintyvä oikosulkuvirta laskelmien lähtötasoksi 5000 ampeeria. Oikosulkuvirta laskelmat toteutettiin laskemalla oikosulkuvirta pisimmän nousukaapeloinnin päässä olevan keskuksen pisimmistä valaistus- ja pistorasiaryhmästä. Valaistus- ja pistorasiaryhmien pituuksiksi arvioitiin 30 metriä, joka on pidempi kuin todellisuudessa toteutuva pituus. Ryhmäkeskuksessa esiintyvä yksivaiheinen oikosulkuvirta merkittiin nousujohtokaavioon.

Suunnittelun lopuksi osa suunnitelmadokumenteista tulee lähettää jakeluverkkoyhtiö Helen sähköverkko Oy:lle tarkastettavaksi ja arkistoitavaksi. Suunnitelmat lähetään, jotta jakeluverkkoyhtiöllä on riittävät tekniset tiedot mittaroinnin toteuttamiseksi. Suunnitelmista vaaditaan lähetettäväksi: nousujohtokaavio, maadoituskaavio, pääkaavio mittauskeskuksesta ja kellarin asennuspiirustus, josta selviää uuden monimittarikeskuksen sijainti. (16 s.1) Helpompi oli kuitenkin lähettää koko suunnitelmapaketti yhtenä zip tiedostona, ja Helen sähköverkko Oy:n edustajat katsoivat ja arkistoivat suunnitelmista sen mitä he halusivat.

### 3.2 Viestintä ja tietoverkkojärjestelmät

#### 3.2.1 Yleiskaapelointijärjestelmä

Asuinkiinteistön yleiskaapelointijärjestelmän lähtökohtana on ajatus, että tietoliikennekaapelointi on kaikille kuuluva perusjärjestelmä, kuten sähkö, vesi tai lämmitys. Tietoliikennekaapelointijärjestelmistä yleiskaapelointi on korvannut sovelluskohtaiset järjestelmät sen riippumattomuudella sovelluksista. (17, s.45–46.)

Rakenteeltaan kerrostalon yleiskaapelointijärjestelmä koostuu hierarkkisista osajärjestelmistä, jotka ovat nousu- ja kotikaapelointi. Kaapeloinnissa on selvästi määritellyt rajapinnat osajärjestelmien välille. Kaapelointi pitää sisällään toiminnalliset osat, kuten jakamot, kaapelit, liittimet ja liitántärsiat. Kaapelointi suunnitellaan ja rakennetaan jokaisesta jakamosta tähtimäiseksi. (17, s.47; 56.) Viestintäviraston määräys M65c asettaa vaatimuksia osajärjestelmien suunnittelun ja rakentamisen toteuttamiselle. Vaatimuksissa on eroja uudisrakentamisessa ja verkkoa uudistettaessa. (18, s.5.)

Kotikaapelointi toteutetaan uusissa asuinhuoneistoissa kaapeloimalla ja päättämällä vähintään kaksi kategorian 6 parikaapelia kotijakamosta jokaiseen asuinhuoneeseen yhteen kaksiosaiseen tai kahteen yksiosaiseen tietoliikennesasiaan. Verkkoa uudistaessa vaatimukset ovat vähäisemmät kuin uusissa huoneistoissa. Verkkoa uudistaessa riittää, että kotijakamosta kaapeloidaan ja päätetään kategorian 6 parikaapeleita kaksi kappaletta asuinhuoneiston yhteen asuinhuoneeseen kaksiosaiseen tai kahteen yksiosaiseen tietoliikennesasiaan, mutta tästäkin voidaan poiketa osakkaan nimenomaisesta pyynnöstä. (18 s.5.)

Uudisrakentamisessa nousukaapelointi on toteutettava talojakamolta tai alijakamolta jokaiselle kotijakamolle neljällä yksimuotokuidulla ja yhdellä kategorian 6 parikaapelilla. Verkkoa uudistaessa nousukaapeloinnin toteutuksen vaatimukset ovat riippuvaisia nykyisen verkon laajuudesta ja kunnosta. Optinen kaapelointi on aina toteutettava talo- tai alijakamolta jokaiselle kotijakamolle neljällä yksimuotokuidulla. Uudisrakentamisen vaatimusten mukaisen parikaapelointia ei tarvitse toteuttaa vain, jos nykyisestä puhelinverkosta tulee jokaiseen asuinhuoneistoon yksi toimiva puhelinjohdinpari. Vanhojen puhelinverkon käytön edellytyksenä huoneistokohtainen tarkastus puhelinjohdinparien toimivuudesta. (18 s.5.)

Kiinteistössä on nykyiseltään vanha puhelinverkko ja nykyinen talojakamo on puhelinliitinrima. Sen vuoksi suunniteltiin uusi laitekaappi yleiskaapelointia varten asennettavaksi kellari tilaan, johon päätetään valokuidut ja parikaapelit. Puhelinliitinrimojen ja laitekaapin välille suunniteltiin MHS 10x2x0,5-puhelinkaapeli, jotta huoneistoista voidaan muodostaa yhteys kiinteistön ulkopuolelle. Nousukaapelointi ja kotikaapeloinnin toteutustapa merkittiin liitteessä 5 esitettyyn yleiskaapeloinnin järjestelmäkaavioon.

### 3.2.2 Antennijärjestelmä

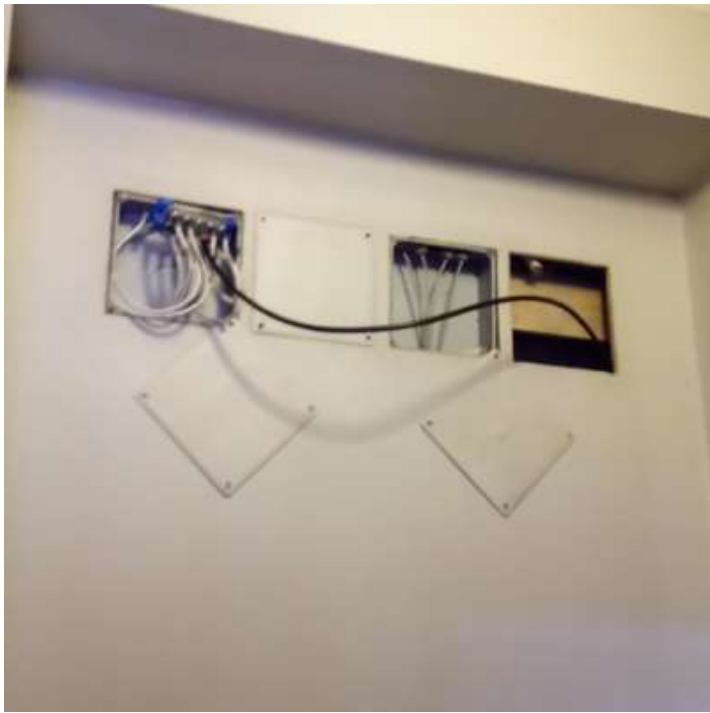
Kerrostalojen antennijärjestelmät rakennetaan yhteisantennijärjestelmiksi. Nimityskin kertoo, että kyseessä on koko kiinteistön yhteinen järjestelmä. Yhteisantennijärjestelmällä vältetään antennimastojen viidakko kerrostalojen katolla. Viestintäviraston määräys M65c asettaa vaatimuksia yhteisantennijärjestelmän rakenteeseen ja suorituskykyyn. Vaatimukset koskevat uusia kiinteistöjä ja vanhojen kiinteistöjen muutos- ja laajennustöitä. (19, s.13; 18, s.2.)

Rakenteeltaan uudet antenniverkot suunnitellaan mahdollisimman tähtimäisiksi. Tähtimäisellä verkolla saavutetaan suuri välityskapasiteetti, ja verkossa viat rajoittuvat pienemmälle alueelle. Tähtiverkossa on jokaisessa asuinhuoneiston kotijakamossa oma tähtipiste, josta kaapeloidaan jokaiselle antennipisteelle oma koaksiaalikaapeli. (17, s.24–25.) Uusissa asuinhuoneistoissa antennipisteitä pitää olla vähintään yksi jokaisessa asuinhuoneessa. Runkokaapelointi rakennetaan kaapeloimalla yksitäinen koaksiaalikaapeli kotijakamosta talojakamoon sijoitetulle päävahvistimelle. Vaihtoehtoisesti runkokaapelointi voidaan toteuttaa kaapeloimalla kotijakamolta yksittäinen koaksiaalikaapeli alijakamon vahvistimelle ja alijakamolta kaapeloidaan kolme koaksiaalikaapelia talojakamon päävahvistimelle. Rakennusten välisissä runkokaapeloinneissa kolme koaksiaalikaapelia korvataan yhdellä koaksiaalikaapelilla ja kuudella yksimuotoisella valokuidulla. (18, s.6)

Uusia antenniverkoista käytetään nimitystä tähti 1000. Nimitys tulee tähtimäisestä rakenteesta ja taajuusalueesta. Tähti 1000-verkon toimii 5-1000 MHz taajuudella. Taajuusalue määräytyy viestintäviraston määräyksen mukaan ja soveltuu terrestrikanavien ja kaapeli-tv palveluiden välittämiseen. Satelliittiantennia käyttävän antenniverkon pitää toimia taajuusalueella 5–2150 MHz. Satelliittiantennien taajuuden kattavasta verkosta käytetään tähti 2000-nimitystä. (18 s.7–8; 19, s.24–25)

Laajennustyössä liitytään nykyiseen järjestelmään ja sen vuoksi on ymmärrettävä nykyisen järjestelmän erityispiirteet. Kiinteistön nykyinen yhteisantenniverkko on 2000-luvun alussa kunnostettu ketjuverkko. Ketjuverkko koostuu päävahvistimelta lähtevistä antennipisteketjuista. Yhteisantenniverkkoja kunnostettiin 2000-luvun alussa digitaalisia tv-palveluita varten. Kunnostetussa ketjuverkossa antennipisteiden määrää ketjussa on pienetty ja verkkoa on tehty tähtimäisemmäksi. (5, s.77–82.)

Antennikaapeloinnin suunnittelua varten paikan päällä selvittämässä antennijakamoiden sijainteja ja kaapelointireittejä. Antennijakamoita löytyi kaksi ullakolta ja yksi kellarista. Nykyisestä verkosta ei saanut kunnollista käsitystä, ja porrashuoneista löytyi kuvassa 8 näkyviä viritelmiä.



Kuva 8. Porrashuoneistossa löytynyt nykyisen antennijärjestelmän osa.

Liitteessä 6 esitettyyn antennin järjestelmäkaavioon kirjattiin antennipisteiden määrä laskettavaksi asennuspiirustuksista, koska antennipisteiden määrä vaihtelee huoneistojen välillä, joten ristiriitaisuuksia dokumenttien välillä haluttiin välttää. Tähtipisteet suunniteltiin kotijakamoihin. Runkokaapelointi suunniteltiin kaapeloitavaksi kellarin antennijakamosta Tellu 7 antenniverkkojen runkokaapelointiin tarkoitetulla kaapelilla huoneistojen kotijakamoihin samaa nousureittiä kuin vahvavirtakaapelit, koska sen oletettiin olevan talojakamo, jossa päävahvistin sijaitsee. Järjestelmäkaavioon määritettiin urakoitsijan sovitettavaksi tarvittavat laitteet, koska antennikaapin nykyisistä laitteista ei ollut suunnitteluvaiheessa tietoa.

### 3.3 Ullakkohuoneistojen ulkopuolisia sähköjärjestelmiä

#### 3.3.1 Savunpoistojärjestelmä

Ullakkorakentamisen rakennusluvan ehtona oli savunpoistojärjestelmän toteuttaminen muutosalueen porrashuoneisiin. Sähkösuunnittelu-urakkaan kuului savunpoistojärjestelmän sähkötöiden suunnittelu, joka sisälsi savunpoiston ohjauskeskuksen ja painikkeiden sekä näiden kaapeloinnin suunnittelun.



Savunpoistojärjestelmällä on rakennusten tulipaloissa syntyvän savun ja lämmön poistoon tarkoitettu savunhallintajärjestelmä. Savunhallinnalla suojataan henkilöitä ja omaisuutta tulipaloista aiheutuvalta savu- ja myrkkyykaasuilta. Kohteesta riippuen savunhallinnalle voidaan määritellä erilaisia tehtäviä, jotka ovat mm. poistumisteiden ja sisääntuloreittien pitäminen savuttomana poistumiseen tarvittavan ajan verran, savuttaman kerroksen muodostaminen pelastustöitä varten ja rakennusten irtaimiston suojaaminen savuvahingoilta. (20, s.3.)

Savunpoiston ohjausjärjestelmä valittiin arkkitehdin valitseman savunpoistoluukun perusteella. Savunpoistoluukuksi oli tyypitetty Keravent-valmistajalta moottoritoiminen luukku, joten oli luonnollista valita samalta valmistajalta ohjausjärjestelmä näille luukuille. Savunpoistonlaukaisukeskuksen malliksi valikoitui RZN 4416-M, koska keskuksen esitteen (19) perusteella se kykenee ohjaamaan vähintään kolmea ikkunaa.

Savunpoistojärjestelmän kaapeloinnin suunnittelemiseksi haettiin valmistajan kotisivuilta kaapelointi ohje (21), joka on esimerkki kaapeloinnista tehty kaaviopiirros. Savunpoistokeskus vaatii 230 voltin sähkönsyötön FRHF 3x1,5s-tyyppisellä kaapelilla. Painikkeet vaativat 4x2x0,8-palonestävän instrumentointikaapelin. Savunpoistoluukut vaativat palonestävän viisijohdin kaapelin, jonka poikkipinta-ala määritetään kuvan 9 kaavan mukaisesti.

Ryhmäkaapelin poikkipinta-alan mitoitus

$$\text{poikki pinta-ala mm}^2 = \frac{\text{kaapelin kuormitus (A)} \times \text{kaapelin pituus (m)}}{80}$$

Kuva 9. Savunpoistoluukun kaapelin mitoituskaava (21).

Savunpoistokeskus sijoituspaikaksi valikoitui sähköpääkeskustila. Luukkujen kaapelit kiinnitetään kellarissa kellarin kattoon ja kaapelit nousevat hissikuilussa savunpoistokaapeleita varten tehdyssä kaapelikuilussa. Kaapelointi reittien pituudeksi tuli 50-70 metriä, joten 1,5 mm<sup>2</sup> poikkipinta-alan johtimet ovat lähellä raja-arvoa. Kaapelityypiksi valittiin kokoa isompi poikkipinta-ala ja suunnitelmiin tyypitettiin palonestäväkaapeli FRHF 5x2,5 S.

Laukaisupainikkeet sijoitetaan pelastusviranomaisten hyväksymään paikkaan. Sijoituspaikka on yleensä kerrostaloissa maantasokerros porraskäytävässä, joka on pelastuslaitoksen hyökkäysreitti. Painikkeen voi sijoittaa myös muualle helposti saavutettavaan paikkaan. (20, s.7.)

Painikkeet taloyhtiö halusi sijoittaa kiinnitettäväksi hissikuiluun kiinni, jotta välttyttäisiin porraskäytävään tehtävältä pinta-asennukselta. Asia kuitenkin vaatii, että pelastuslaitoksen palotarkastaja tulkitsee painikkeen paikan helposti saavutettavaksi. Tämän vuoksi päätös painikkeiden sijoittamisesta poistui harteiltani ja jäi työaikana päätettäväksi asiaksi. Urakka kilpailutukseen painikkeet sijoitettiin porraskäytävään liitteessä 7, jota tuettiin kirjallisella selityksellä.

### 3.3.2 IV-koneiden hätäseis

Ilmanvaihtojärjestelmä pitää suunnitella siten, että järjestelmä voidaan kokonaisuudessa pysäyttää. Koneelliseen ilmajähtöjärjestelmään tulee sijoittaa helposti saavutettavissa ja selkeästi merkitty pysäytyskytkin. (23, 3. luku 8§) Pysäyttämistoiminta kutsutaan yleisesti IV-hätäseis-toiminnoksi ja Pysäytyskytkintä IV-hätäseis-painikkeeksi. Huoneistoihin suunniteltu koneellinen ilmanvaihto vaatii hätäseis toiminnon toteuttamisen.

Ilmastoinnin hätäseis toiminto toteutetaan katkaisemalla sähkönsyöttö kaikista ilmastointi koneista. Taloyhtiön päätöksestä ilmastointikoneiden sähkönsyöttö suunniteltiin huoneistojen ryhmäkeskuksista. Tämän vuoksi syntyi erikoinen ratkaisu, jossa ryhmäkeskuksiin sijoitettiin kontaktorit, joita ohjataan IV-hätäseis painikkeilla välireleen kautta. Välirele sijoitetaan kiinteistökeskuksen viereen asennettavaan lisäkoteloon. Välireleen ja huoneistojen ryhmäkeskusten välinen kaapelointi suunniteltiin toteutettavaksi MMO 7x1,5S-kaapelilla, jotta se erottuisi huoneistojen ryhmäjohtoista, jotka toteutetaan MMJ kaapeleilla. Ryhmäkeskusten kansilehtiin määritettiin, että keskuksiin merkitään varoitus vieraasta ohjausjännitteestä. Ajatus ei kuitenkaan toiminut huoneistossa, johon haluttiin KNX-järjestelmä. Kaapelointi esitetään liitteen 2 nousujohtokaaviossa.

Painikkeet taloyhtiö halusi sijoittaa kiinnitettäväksi hissikuiluun kiinni savunpoistopainikkeiden tapaan, jotta välttyttäisiin porraskäytävään tehtävältä pinta-asennukselta. Asia kuitenkin vaatii, että rakennusvalvonnan viranomainen tulkitsee painikkeen paikan helposti saavutettavaksi. Tämän vuoksi en myöskään voinut päättää IV-hätäseis-painikkeiden sijoittamista. Urakka kilpailutusta varten painikkeet sijoitettiin savunpoistonlaukaisupainikkeiden alapuolelle.

## 4 KNX-järjestelmällä toteutettavan ullakkohuoneiston sähkösuunnittelu

### 4.1 KNX-järjestelmä

KNX on avoin maailmanlaajuinen standardi kiinteistöjen ohjaukseen. KNX-standardi julkaistiin ensimmäisen kerran vuonna 2001 Konnex Association toimesta. Standardi perustuu 1980- ja 1990-luvulla kehitettyyn EIB-järjestelmän standardiin. Vuonna 2006 KNX ratifioitiin kansainväliseksi standardiksi ja EIB-yhdistys ja Konnex Association yhdistyivät KNX Association yhdistykseksi. Avoimen standardin ansiosta KNX-järjestelmään pystyy liittämään yli 450 laitevalmistajan laitteita. (24, s.11; s.13–14; 25.)

Rakenteeltaan KNX-järjestelmä voidaan jakaa neljään osa-alueeseen: anturi, toimilaitteet, järjestelmäkomponentit ja siirtomedia. Anturit keräävät tietoa asennusympäristöstä ja käyttäjien tekemistä ohjauksista esimerkiksi termostaatit huonelämpötilasta ja valonohjauspainikkeet käyttäjän tarpeesta ohjata valaistusta. Toimilaitteet muuttavat komennot fyysiseksi toiminnaksi esimerkiksi kytkintoimilaitteet katkovat sähkövirran kulkua ja Lämmityksen venttiilitoimilaitteet säättävät kiertävän veden kulkua lämmitysputkistossa. Järjestelmäkomponentit ovat järjestelmää ylläpitäviä laitteita ja niitä ovat esimerkiksi tehonlähteet ja ohjelmointi rajapinnat. Siirtomedia on yhteys, jolla järjestelmän laitteet välittävät sanomia toisilleen. KNX-standardi sisältää neljä siirtomediaa: parikaapelin, ethernetin, radiotaajuuden ja sähköverkon. Parikaapeli tiedonsiirtoa kutsutaan myös väyläksi, joka mahdollistaa tehonsiirron tehonlähteeltä muille järjestelmän komponenteille. (24, s.19.)

KNX-järjestelmän toiminta perustuu sanomiin, joita anturit lähettävät toisille antureille tai toimilaitteille siirtomedian välityksellä. Sanomat voivat sisältää informatiivista tilanne- tai mittaustietoa toisille antureille tai komentoja toimilaitteille. Pienin mahdollinen KNX-

järjestelmä sisältää yhden anturin, yhden toimilaitteen, tehonlähteen ja niiden välisen väyläkaapeloinnin eli siirtomedian. Anturi, esimerkiksi painike, havaitsee painalluksen ja lähettää komennon toimilaitteelle. Toimilaite, esimerkiksi kytkintoimilaite, vastaanottaa komennon ja muuttaa sen fyysiseksi toiminnaksi ”esimerkiksi kytke kanavan rele kiinni”. Tehonlähde on järjestelmäkomponentti, jonka tehtävänä on tuottaa tarvittava teho antureille ja toimilaitteille. Väyläkaapelointi välittää sanomat anturilta toimilaitteelle ja sähkötehon tehonlähteeltä anturille ja toimilaitteelle. (24, s.35.)

KNX-järjestelmä on osoitteellinen järjestelmä, jossa jokaiselle laitteelle lukuun ottamatta tehonlähteitä annetaan osoite. Osoitteita on kahdenlaisia. Yksilöllinen osoite osoittaa laitteen sijainnin järjestelmässä ja ryhmäosoitetta laitteet käyttävät sanomien välittämiseen toisilleen. Yksilöllinen osoite muodostetaan kolmen pisteillä erotetun luvun sarjasta. Ensimmäinen ja toinen luku valitaan väliltä 0–15 ja kolmas luku väliltä 0–255. Tavallisesti uudessa projektissa ensimmäinen laite saa luvun 1.1.1. Osoite 15.15.255 on varattu ohjelmoimattomalle laitteelle. Ryhmäosoitteet voidaan esittää kolmen tason, kahden tason tai vapaalla esitystavalla. Kolmen tason esitystapa on kuitenkin vakiintunut ainoaksi käytetyksi esitystavaksi, koska monet visualisointiohjelmat tunnistavat vain kolmen tason esitys tavan. Kolmen tason ryhmäosoite esitetään kolmen vinoviivalla erotetun luvun sarjana. Pääryhmä esitetään ensimmäisessä luvussa, keskiryhmä toisessa luvussa ja aliryhmä kolmannessa luvussa. Esimerkiksi ryhmäosoite 3/2/21 on kolmannen pääryhmän toisen keskiryhmän 21:sen aliryhmän osoite. (24, s.36–38.)

Topologian eli KNX-järjestelmän rakenteen muodostavat erikokoiset vyöhykkeet. Suurin vyöhyke on runkolinja. Runkolinjan voi jakaa 15 alueeseen ja yhteen alueeseen voi liittää 15 kpl linjasegmenttejä. Linjasegmenttiin voi liittää 64 kpl yksittäisiä laitteita, joten järjestelmään voidaan liittää yhteensä  $15 \times 15 = 14400$  laitetta. Linjasegmenttien ja alueiden määrä valitaan yksittäisten laitteiden määrän ja väylän pituuden mukaan. Yhdessä linjassa väyläkaapelin kokonaispituus saa olla enintään 1000 metriä, mutta väylälaitteen ja tehonlähteen välisen kaapelin pituus ei saa ylittää 350:tä metriä. Samaa rakennuksen tilaa palvelevien väylälaitteiden tulee sijaita samassa linjasegmentissä. Linjasegmenttien sovittamisessa rakennukseen pyritään välttämään viestien lähettämistä linjasegmenteissä. Esimerkiksi isommassa rakennuksessa on järkevää määritellä oma linjasegmentti jokaiseen kerrokseen, vaikka väylälaitteiden lukumäärä ja kaapelointi ei tätä vaadi. Runkolinja otetaan käyttöön, jos järjestelmä kasvaa niin suureksi, että yhden alueen linjasegmentit eivät riitä. (24, s.57–60.)

KNX-järjestelmä yhdistetään IP-verkkoon ja muihin järjestelmiin rajapintojen kautta. Jokaiselle järjestelmälle on oma rajapintana toimiva järjestelmäkomponentti. Muita järjestelmiä on mm. DALI-, Modbus-, hälytys- ja AV-järjestelmä. IP-verkkoa käytetään kotiautomaation visualisoinnin toteuttamisessa tai sanomakapasiteetin nostamiseen KNX-järjestelmän ylätasolla. Muita järjestelmiä yhdistetään KNX-järjestelmään, kun halutaan integroitu automaationohjausjärjestelmä rakennukseen. (24, s.30–31; s.64; s.165–175)

Ohjelmoitavana järjestelmänä toiminnot ja ohjaukset määritetään ohjelmoimalla KNX-järjestelmä ennen käyttöönottoa. Ohjelmointi tehdään tietokoneohjelmalla nimeltään ETS. Yksittäisen järjestelmän ensimmäisessä ohjelmoinnissa komponenteille annetaan osoitteet ja toiminnot. Toimintoja voidaan muuttaa ja järjestelmään voidaan lisätä osia käyttöönoton jälkeen ja tämän vuoksi KNX-järjestelmä on joustava tilatarpeiden muutoksiin. Esimerkiksi kiinteistössä halutaan yhdistää kaksi huonetta, valaistuksen ja lämmityksen ohjausten muutoksiin ei tarvitse tehdä kaapelointi työtä, vaan ohjauksen muutokset tehdään ohjelmoimalla antureiden toiminnot uudelleen. (24, s.17–18; s.111–117.)

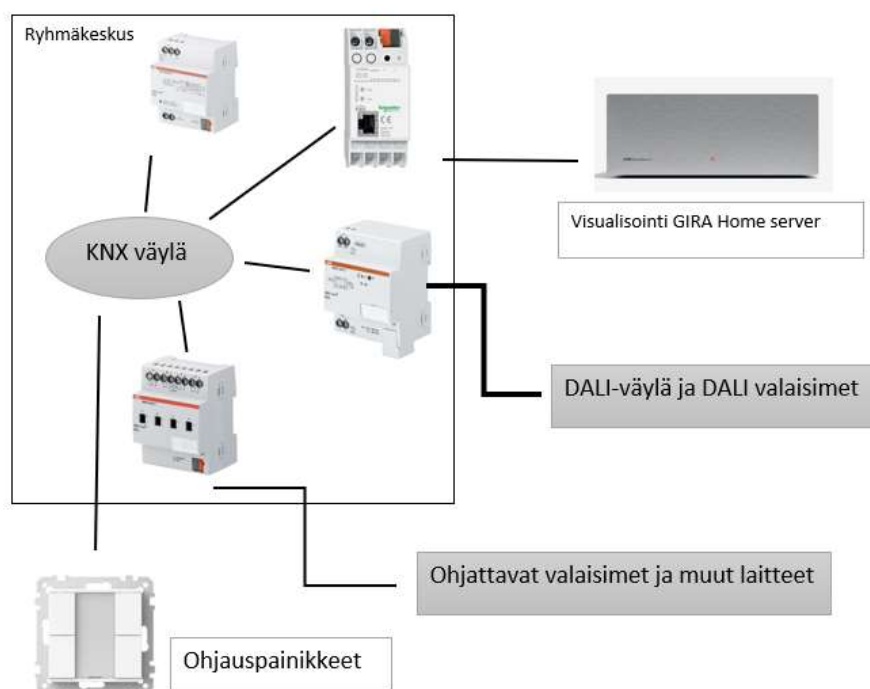
#### 4.2 KNX-järjestelmän hyödyntäminen huoneistossa

KNX-järjestelmää voidaan hyödyntää kerrostalon ullakkohuoneistossa valaistuksen, ilmastoinnin, pistorasioiden, ikkunaverhojen, lämmityksen ja jäähdytyksen ohjauksiin. Työssä käsiteltävässä ullakkohuoneessa KNX-järjestelmällä ohjattiin vain valaistusta, keittiön kojeita, valkokangasta ja lapeikkunoiden verhoja. Ohjauksia suunniteltiin paikallisilla painikkeilla ja visualisoinnin kautta. Ohjausten suunnittelemisen pohjana oli perinteisellä ohjaustavalla aikaisemmin suunniteltu sähkösuunnitelma. Muiden ohjauksien poisjättämisiä käsitellään kohdassa 4.5 huoneiston muut järjestelmät.

##### 4.2.1 Järjestelmän rakenne

Huoneiston KNX-järjestelmä suunniteltiin yhteen linjasegmenttiin, johon liitetään anturit huoneistossa ja ryhmäkeskuksessa olevat järjestelmäkomponentit sekä toimilaitteet. Huoneiston painikkeiden kaapelointi esitettiin omassa liitteessä 8 esitetyssä asennuspiirustuksessa. Järjestelmään määritettiin suunnitteluvaiheessa Giran Home Server (26)

visualisointi järjestelmä ja painikkeiden kalustesarja, koska ne ovat ainoat tilaajalle näkyvät asiat. Ryhmäkeskuksiin sijoitettaviin komponentteihin määritettiin ainoastaan laitteen tyyppi, mutta ei valmistajaa. Ryhmäkeskuksiin piirrettyjen symbolien piirtämiseen hyödynnettiin ABB:n suunnittelijan työkaluiksi ladattavia CADS-symboleja (27). Painikkeiden toimittajaksi valittiin Schneider Electric (28), koska valmistajan Exxact-kalustesarja oli hyväksytetty tilaajalla ennen KNX-järjestelmän suunnittelua.



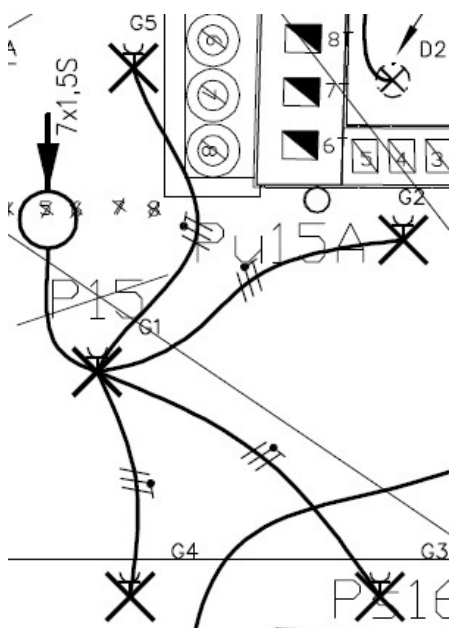
Kuva 10. Huoneiston KNX-järjestelmän rakenne (26; 27; 28).

#### 4.2.2 Valaistuksen ohjaus

Huoneistossa kaikki valaisimet suunniteltiin KNX-järjestelmän ohjaukseen. Ohjaukset toteutettiin kytkintoimilaitteiden, yleissäädintoimilaitteiden ja DALI-rajapinnan toiminnoilla. Kiinteät valaisimet suunniteltiin universaalisäätimen ohjaukseen tai DALI-järjestelmään riippuen valaisimien ominaisuuksista. Valopisteet suunniteltiin kytkintoimilaitteiden päälle/pois ohjaukseen.

Kytkintoimilaitteet valitaan tarvittavien kanavien määrän ja kanakohtaisen kytkentäkyvyn mukaan. Yleiset kytkintoimilaitteiden kytkentäkyvyt ovat 6, 10 tai 16 ampeeria. Silloin kun kytkintoimilaitteiden kanavakohtainen kytkentäkyky ei riitä voidaan kytkintoimilaitteella ohjata relettä tai kontaktoria. (24, s.88.)

Huoneistossa kaikki valaisinpistorasiat ja valaisimet, joita ei tarvinnut himmentää, suunniteltiin ohjattavaksi kytkintoimilaitteilla. Ohjaukset merkittiin asennuspiirustuksessa liitteissä 8 ja 9 valopisteisiin ja painikkeisiin aakkonen + numero kirjainyhdistelmällä. Kirjainyhdistelmä kirjattiin myös keskuskaavioon (liite 10) ja toimintakorttiin (liite 11). Ajatuksena oli se, että kytkennässä olisi selkeä tapa ja johtimet kytkettäisiin oikeiden kanavien lähtöihin, koska kanava on ohjelmoitava ohjaus eikä valaisin. Kirjainyhdistelmässä jokaiselle keskukselta lähtevälle kaapelille annettiin kirjain + numero yhdistelmä, joka kertoi kytkettävän vaihejohtimen. Kuvassa 11 MMO 7x1,5s-kaapelissa G1 on ykkösellä merkitty johdin ja G5 on vitosella merkitty johdin. Kytkentäryhmien merkinnöistä tehtiin kirjallinen selite piirustuksen selite osaan.



Kuva 11. Tauluvalaistuksen valopisteiden ohjauksien merkintä.

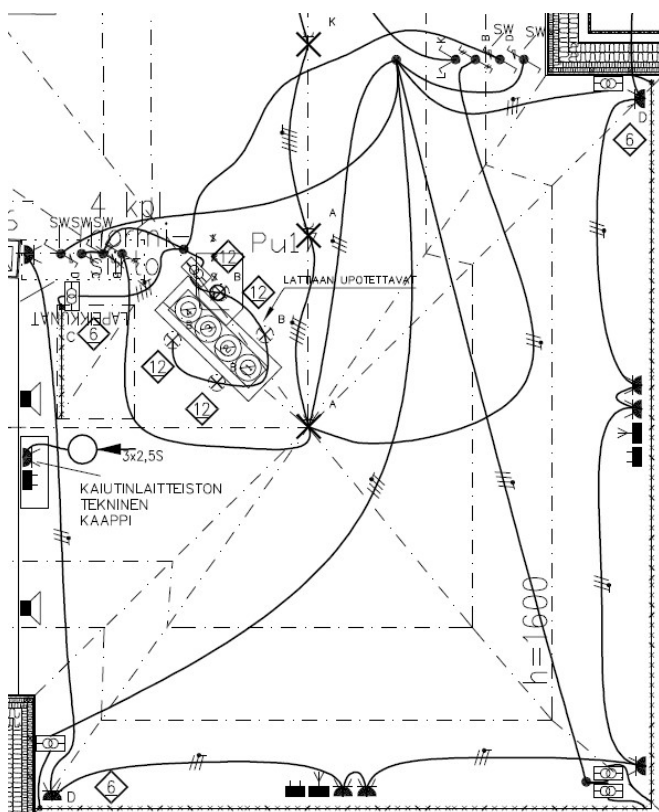
Digitaalinen valaistuksen ohjausväylä DALI on maailmanlaajuisesti standardoitu ohjaustapa elektronisilla liitäntälaitteilla varustetuille valaisimille. DALI-järjestelmä on KNX-järjestelmän tavoin osoitteellinen järjestelmä. DALI-järjestelmän yksittäinen linja koostuu tehonlähteestä ja maksimissaan 64 laiteosoitteesta. Valaisimille ja antureille annetaan

osoitteet. Yleensä valaisin vie yhden osoitteen, mutta jossain erikoistapauksissa yksittäinen valaisin saattaa viedä useamman osoitteen. DALI-väylä kulkee kahdessa johtimessa ja järjestelmä luokitellaan vahvavirtajärjestelmäksi, joten johtimet voidaan asentaa samaan kaapeliin kuin sähkötehon syöttö. Esimerkiksi DALI-järjestelmän valaisimet kaapeloidaan MMJ 5x1,5s-kaapelilla, jossa ruskeajohdin on 230 V:n vaihejohdin, musta ja harmaa johdin ovat DALI-väylä, sininen on nollajohdin ja keltavihreä on suojamaadoitus. DALI-väylän maksimipituus on 1,5 mm<sup>2</sup>:n poikkipinta-alaisilla johtimilla kolmesataa metriä. (24, s.170–171.)

DALI-väylän liittäminen KNX-järjestelmään tapahtuu KNX/DALI-rajapinnan kautta. Rajapinta toimii sanomien välittäjä ja samalla tehonlähteenä DALI-väylälle, jolloin erillistä tehonlähdettä ei tarvita. KNX-järjestelmässä DALI-väylään liitetään ainoastaan valaisimet. Painonapit ja muut anturit tulevat KNX-järjestelmän kautta. KNX/DALI-rajapintaa voidaan ajatella 64-kanavaisena säädintoimilaitteena, jossa kanavat ovat hajautettu kentälle. (24, s.171.)

Valaistuksen ohjaukseen DALI-järjestelmä valittiin pääasiassa kahdesta syystä. Valaisimet oli jo hyväksytetty tilaajalla ennen kuin KNX-järjestelmää alettiin suunnittelemaan, ja näistä valaisimista lähes kaikki olivat DALI-yhteensopivia. Merkittävämpi syy oli se, että DALI-järjestelmällä pystyttiin vähentämään kaapeloinnin ja keskukseen sijoitettavien toimilaitteiden määrää. Kaapeloinnin määrän vähentymistä perinteiseen ohjaustapaan nähden voidaan verrata kuvaa 12 ja liitteestä 9 olohuoneen aluetta. Suunnitelmiin DALI-ohjaukset merkittiin pelkillä aakkosilla, koska ne haluttiin erottaa kytkintoimilaitteiden ja säädintoimilaitteiden ohjauksessa olevista valaisimista selkeyden vuoksi.





Kuva 12. Olohuoneen valaistus toteutettuna perinteisellä ohjausjärjestelmällä.

KNX-säädintoimilaitteet toimivat yleensä samalla tavalla kuin leikkaavat valosäätimet. Sääto perustuu vaihejännitteen nousevan tai laskevan reunan leikkaukseen. Säätimet jaetaan leikkaustavan perusteella nousevaa reunaa leikkaaviksi säätimiksi (RL-säädin) ja laskevaa reunaa leikkaaviksi säätimiksi (RC-säädin) sekä universaalisäätimiksi, joista voidaan valita haluttu säätötapa. Vaihetta leikkaavan säätötavan ongelmana on se, että säätötapa kehitettiin aikoinaan hehku- ja halogeenilamppuja varten, joten led-lamppujen säätämisessä saattaa esiintyä ongelmia. Säätoongelmia voidaan korjata lisäämällä resistiivistä pohjakuormaa, vaihtamalla säädin lamppuille sopivaksi tai vaihtaa lamput säätimelle sopivaksi. (24, s.88–89.)

Suunniteltaessa huoneistoa säädintoimilaitteiden käyttöä olisi haluttu välttää, koska suurin osa valaisimista oli DALI-yhteensopivia ja niitä varten suunniteltiin DALI-järjestelmä. Säädintoimilaitteita käytettiin himmentämään kylpyhuoneiden kattovaloja ja saunan tunnelmavalaisusta, koska näihin ei löytynyt vaihtoehtoja DALI-järjestelmään yhteensopivia valaisimia, jotka olisivat täyttäneet muut valaisimen valintaan vaikuttaneet ehdot.

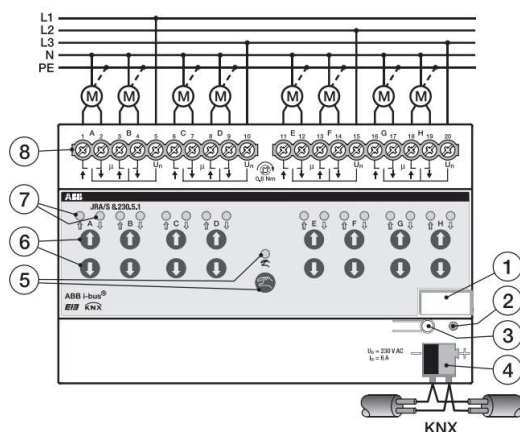
Suunnitelmissa säädintoimilaitteen perässä oleville valaisimille piirrettiin omat kaapelit, koska ajatuksena oli, että samassa kaapelissa ei kulkisi eri toimilaitteiden ohjauksia, jotta järjestelmä pysyisi selkeänä. Suunnitelmiin säädintoimilaitteiden ohjaukset merkittiin samalla tavalla kuin kytkintoimilaitteiden ohjaukset. Valaisimet määritettiin himmennettäväksi painonappien ja visualisoinnin kautta. Painonapeissa päälle/pois-kytkentä tapahtui lyhyellä painalluksella ja himmennystoiminnot pitkällä painalluksella.

Yleissäätimen ohjauksessa olevia ohjausryhmiä oli yhteensä kolme kappaletta, joten keskuksen tyypitettiin 4-kavainen yleissäädin. LED-valolähteiden mahdollisia häiriöitä varten määritettiin tilavaraus häiriönpoistajalle, jolle annettiin esimerkkityyppi ABB 6596 (29, s.48)

#### 4.2.3 Verhomoottoriohjaukset

Huoneiston katon lapeikkunoihin haluttiin pimennysverhot, jotta kesäisin auringon nousu ei häiritsisi nukkumista. Ikkunaverhojen lisäksi verhomoottorien ohjausta tarvittiin toiseen makuuhuoneeseen sijoitettavaa valkokangasta varten.

KNX-järjestelmässä verhomoottoreiden ohjaus tapahtuu niille tarkoitettulla erillisellä toimilaitteella, jossa on kanavakohtaiset releet suunnanvaihdolle ja päälle/pois-ohjaukselle. (24, s.91.) Verhomoottoreiden kaapeloinnin suunnittelua varten tutkittiin ABB:n KNX-verhomoottorin asennusohjeita. Kaapelointi pystyttiin päättämään asennusohjeiden kytkentäkuvasta. Kuvasta 13 selviää, että kaapelointi voidaan toteuttaa neljäjohtimisella kaapelilla, mutta pienen epävarmuuden takia suunnitelmiin määritettiin viisijohtiminen kaapeli. (29 s.1.)



Kuva 13. Verhomoottorin ohjauksen toimilaitteen kytkentäkuva. (29 s.1.)

#### 4.2.4 Visualisointi ja yhteistoiminto -ohjaukset

Visualisointi järjestelmän valitseminen tapahtui kiireessä ja eri järjestelmiä ei vertailtu. Gira Home Server näytti valmistajan kotisivujen (26) perusteelta mahdollistavat kaikki halutut toiminnot. Järjestelmään liittämistä varten ryhmäkeskukseen (liite 10 s.2) suunniteltiin KNX/IP -rajapinta. Rajapinta antaa mahdollisuuden vaihtaa visualisointi järjestelmää toteutuksen aikana, jos käyttöönotto vaiheessa ohjelmoinnin suorittavan yrityksen edustaja tarjoaa vaihtoehtoja järjestelmää.

Yhteistoiminto ohjauksiksi haluttiin kotona/pois ohjaus ja iltavalaistus ohjaus. Iltavalaistus ohjaus pystytään toteuttamaan kokonaan ohjelmoimalla, mutta kotona/pois ohjausta varten suunniteltiin kontaktori kenttä, jota ohjataan KNX-kytkintoimilaitteen kautta. Kontaktorikenttä on esitetty liitteessä (10 s.7), ja siihen on sijoitettu lieden, astianpesukoneen, pyykinpesukoneen ja keittiöntöytason pistorasioiden ryhmälähdöt.

Yhteistoiminto-ohjauksille valittiin oma painike kotona/pois ohjaus sammuttaa kaikki valaisimet ja katkaisee sähkönsyötön pyykinpesukoneelta, astianpesukoneelta, kuivausrummulta, liedeltä ja keittiöntöytason pistorasioilta. Iltavalaistustila sytyttää huoneistoon eri tunnelma valaisimia himmeälle. Iltavalaistustila purkautuu valaisinkohtaisesti valaisimen omaa ohjainpainiketta painaessa tai visualisoinnin kautta voidaan sammuttaa kaikki valaisimet.

### 4.3 Sähköpisteiden sijoittelu

Kerrostalon asuinhuoneiston sähköinen varustelutaso perustuu ST-kortin 25.21 (31) suositukseen, Viestintäviraston määräykseen M65c (18) ja sisäministeriön asetukseen palovaroittimien sijoittamisesta ja kunnossapidosta (32). Suositukset ja määräykset määrittelevät vähimmäistason ja tilaajaan toiveiden mukaisesti sähköpisteitä saa asuinhuoneistossa olla niin paljon kuin halutaan. Ohjeistuksia on hyvä käyttää pistosijoittelun pohjana silloin, kun tilaaja ei ole määritellyt varustelutasoa ja haluaa suunnittelijan tekemän ehdotuksen pisteiden sijoittamisesta. Tarkemmassa sijoittelussa tulee ottaa huomioon Standardin SFS 6000 määräykset ja laitevalmistajien määrittämät turvaetäisyydet laitteiden sijoittelussa sekä ST-kortin 51.22 (33) ohjeet arkkitehdin ja kalustetoimittajin piirustukset.

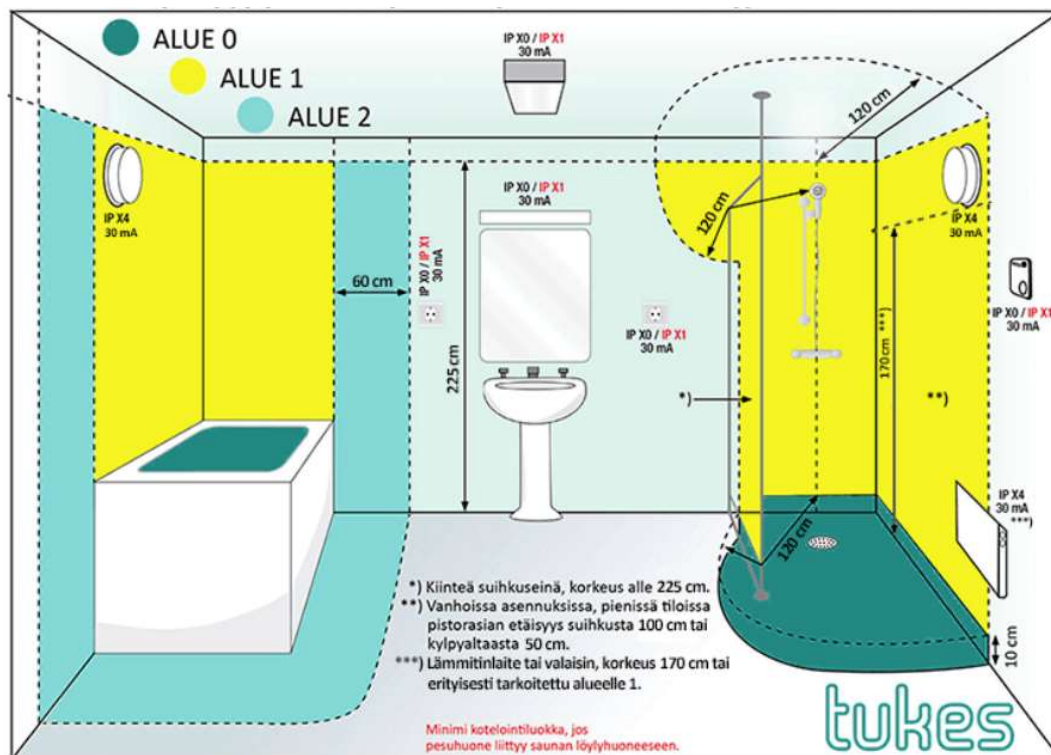
Eteisen ja parvekkeen sähköisessä varustelussa valaistus on tärkeässä osassa, mutta eroavat vaatimukseltaan toisistaan. Eteinen on hyvä varustaa laadukkaalla ja suhteellisen voimakkaalla valaistuksella. Parvekkeen valaistuksen taas on oltava hyvä, mutta ei liian voimakas, koska voimakas parvekkeen valaistus voidaan kokea häiritseväksi. Perinteiset kytkinohjaukset sopivat molempiin tiloihin ja parveke kannattaa varustaa useammalla syttymisryhmällä. Pistorasioille ei kummassakaan tilassa ole selkeitä käyttökohteita, mutta molempiin tulee sijoittaa vähintään yksi 2-osainen pistorasia. (31 s.2–3.)

Eteisen ja parvekkeen kattojen rakenne rajoitti valaistusratkaisuja. Eteisessä katto on kalteva ja rakenne mahdollistaa vain 40 mm:n upotussyvyyden. Arkkitehti halusi seinille ylöspäin suunnattuja valaisimia, jotka valaisevat seinän ja katon. Eteisen kattoon kuitenkin suunniteltiin seinävalaisimien lisäksi peilin valaistus ja mahdollisuus asentaa riippuvalaisimia, jos seinävalaisimet eivät anna tarpeeksi valoa. Parvekkeelle vievät askelmat haluttiin valaista. Parvekkeen katto oli suunniteltu lasirakenteiseksi, joten betonikaide todettiin paremmaksi paikaksi valaisimille.

Kylpyhuoneiden ja WC-tilojen varustelutasossa on lähtökohtana käytännöllisyys. Valaistusratkaisu suositellaan toteutettavaksi kattoon sijoitettavilla yleisvalaisimilla ja peilivalolla. Peilikaapin valaisimella on tarkoitus valaista henkilön kasvot, jotta esimerkiksi meikkaaminen helpottuisi. Valaistus ohjaukseen sopii perinteiset kytkimet ovenpielessä. Käyttöpistorasioita sijoitetaan lavuaarin luokse siten että ne ovat helposti käytettävissä ja niitä on riittävästi mahdollisille laitteille. Tilojen asumisviihtyvyyttä voidaan lisätä

mukavuus lattialämmityksellä. Tämä ei ole kuitenkaan päälämmitysmuoto, vaan sen on tarkoitus pitää lattiat kuivana kesällä, jolloin kerrostalon kaukolämpö on kytketty pois. (31 s.2–3.)

Tarkemmassa pistesijoittelussa kylpyhuoneissa tulee huomioida standardin SFS 6000 vaatimukset. Standardi jakaa kylpyhuoneen alueiseen. Alueet jaotellaan etäisyydestä suihkuun tai kylpyammeeseen. Tukesin julkaisema kuva 14 havainnollistaa alueiden rajat. (15, s.17–18.)



Kuva 14. Tukesin julkaisema kuva kylpyhuoneiden turvaetäisyyksistä (33)

Alueelle 0 saa ainoastaan sijoittaa sähkölaitteita, jotka ovat standardin mukaisia kiinteitä laitteita ja soveltuvat valmistajan asennus- ja käyttöohjeiden mukaan käytettäväksi tällä alueella. Laitteiden mitoitusjännite ei saa ylittää vaihtojännitteellä 12 V tai tasajännitteellä 30 V. (15 s.20-21.)

Alueilla 1 ja 2 sähkölaitteiden kotelointiluokka pitää olla vähintään IP X4. Alueilla saa olla ilmanvaihtolaitteita, pyyhekuivaimia ja lämmityslaitteita, mutta ei pistorasioita. Valaisimia voidaan asettaa alueille, mutta alueella 1 valaisimien pitää olla vähintään 170 cm:n korkeudessa. (15 s.20–21.)

Kylpyhuoneen ja saunan sekä toisen kylpyhuoneen ja makuuhuoneen välisten lasiseinien takia kattovalaisimet haluttiin himmennettäviksi. Kylpyhuoneiden ja wc-tilojen peili-kaapinvalaistuksesta oli sovittu, että tulee valaisinpeilikaappi, jonka arkkitehti määrittää ja rakennusliike hankkii. Sähköurakkaan kuuluu pelkkä kytkentä. Liitteessä 12 esitettyyn valaisinluetteloon määritetään peilikaapin valaispositiolle, että hankinta ja asennus kuuluu rakennusurakkaan, mutta kytkentä sisältyy sähköurakkaan.

Saunan sähköisen varustamisen suunnittelussa valitaan sopiva valaistus ja kiuas. Valaistusratkaisuksi sopii tunnelmavalistus ja lauteiden alle sijoitettavan siivousvalon yhdistelmää. Siivousvaloa käytetään ainoastaan, kun saunaa pitää siivota, ja käyttötilanteessa sitä ei pidetä päällä. Tunnelmavalistus on saunan käyttövalaistus. Valaisimiksi sopivat kuitu- tai ledsovellukset, kuitenkin ledsovelluksien käyttöikä saattaa lyhentyä saunan korkeasta lämpötilasta. Kiukaan valinnassa tulee tilaajalta selvittää, mitä ominaisuuksia tämä arvostaa kiukaassa. (31 s.2.)

Saunan suunnittelussa arkkitehti oli määritellyt lauteiden muodon ja kiukaan paikan sekä kertonut haluavansa led-listamaisen valaistuksen lauteiden selkämyksen yläreunaan antamaan valoa ylöspäin ja siivousvalon lauteiden alle, jonka mallin hän jätti valitsematta. Kiukaan valitsimisen hän jätti sähkösuunnittelijan tehtäväksi.

Kiuasvalinnassa hyödynnettiin Harvian kiukaan valintatyökalua (35). Työkaluun syötetään saunan mitat ja lasiseinien pinta-alat, jolloin työkalu laskee kiukaan mitoittavan saunan tilavuuden. Sopivaa kiuasta ei kuitenkaan löytynyt Harvian valikoimasta, joten kiukaaksi lopulta valikoitu Iki kiuas Oy:n Kulma-Iki kiuas 9 kW. Valmistajan ohjeiden mukaisesti kiukaalle valittiin ohjauskeskus ja kaapelointi. (36.)

Makuuhuoneiden sähköisessä varustelussa huoneesta tehdään mahdollisimman helpokäyttöinen. Valaistus toteutetaan pääasiassa kattovalolla tai -valoilla, joita ohjataan sisääntulon ovenpielestä. Valaistuksen ohjaukseen voidaan lisätä himmennys mahdollisuus tai toinen kytkin sängyn viereen käyttömukavuuden lisäämiseksi. Pistorasioita

sijoitetaan ovenpieleen ja sängyn viereen. Näiden lisäksi on mahdollista sijoittaa tv-tasoa ja työpöytää varten pistorasioita ja antenni ja yleiskaapelointi pisteitä. (31 s.3.) Antenni ja yleiskaapelointi pisteitä tulee sijoittaa vähintään kohdan 3.2.1 mukaisesti.

Huoneistoon oli suunniteltu kaksi kappaletta makuuhuoneita. Huoneisiin tuli kattoon valaisinpistorasia yleisvalaistusta varten ja tämän lisäksi haluttiin tunnelmavalaitusta. Tunnelma valaistusta varten ikkunat valaistiin kattoon upotettavilla kohdevalaisimilla ja toisessa huoneessa kattoon tuli lapeikkuna, josta haluttiin tehdä valoikkuna. Tunnelma valaistus suunniteltiin himmennettäväksi. Toiseen huoneesta haluttiin valkokangas ja videotykki. Videotykkiä varten kattoon sijoitettiin pistorasia, yleiskaapelointi piste ja putkitus HDMI-kaapelia varten lattian rajan rasia pakettin välille.

Keittiö, ruokailu- ja oleskelutilat omaavat yleensä laajimman sähköisen varustelun kaikista tiloista. Yleisvalaistus toteutetaan kaikissa tiloissa kattovalaisimilla. Keittiö varustetaan yleisvalaistuksen lisäksi työtasovalaisimilla. Ruokailutiloissa riittää pelkästään kattovalaistus ja se sijoitetaan ruokapöydän keskelle. Oleskelutilat voidaan varustaa yleisvalaistuksen lisäksi epäsuoraa valoa antavilla valaisimilla. Pistorasioita sijoitetaan keittiön työtasolle joko valaisimeen integroituna tai erikseen ja ruokailutilassa ruokapöydän luokse. Olohuoneissa pistorasioita ja telepisteitä sijoitetaan televisiota ja muuta elektroniikkaa varten tarpeeksi. (31 s.3.)

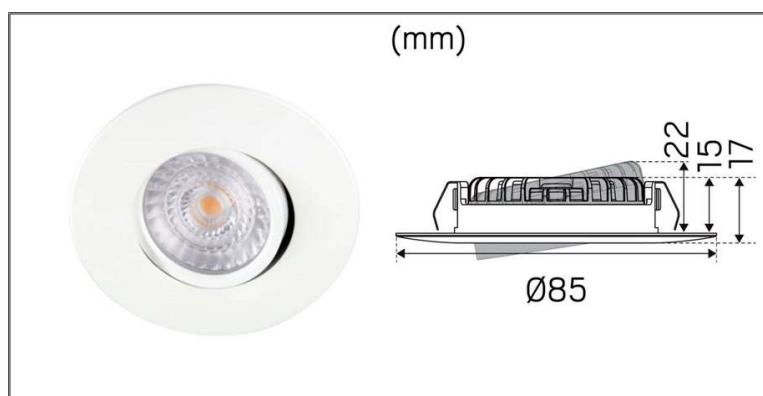
Huoneistossa keittiö, ruokailu- ja oleskelutilat ovat yksi avonainen tila. Keittiön sähköpisteet sovittiin suunniteltavaksi vain urakkalaskentaa varten, koska keittiötä ei oltu päätetty ennen kuin sähköpiirustukset piti saada urakkalaskentaan. Oleskelutilassa on vanhoja ja uusia ilmastointihormeja, joita arkkitehti halusi korostaa. Korostus valaisimet sovittiin asennettavaksi lattiaan katon pienestä upotussyvyydestä johtuen. Olohuoneen kalteva katto kaatuu ulkoseiniä kohden ja jatkuu melkein lattiaan asti. Lattian ja katon välinen metrin kaistale seinään haluttiin korostaa. Tunnelmavalaitusta ei koettu olevan vielä tarpeeksi, joten olohuoneessa olevat lapeikkunat haluttiin valoikkunoiksi.

#### 4.4 Valaisimet

Valaisimet valitaan ominaisuuksien perusteella. Näitä ominaisuuksia voivat olla IP-luokitus, asennustapa, fyysinen koko, ulkonäkö, valonlähde ja sähkötekniset ominaisuudet. Tilat asettavat omat vaatimuksensa valaisimien ominaisuuksille. Valolähteen ominaisuuksia ovat mm. värilämpötila, valovirta, polttoikä, käyttölämpötila ja himmennettävyys. (37 s.7.) KNX-järjestelmän suunnittelua mutkisti se, että valaisimet oli jo hyväksytetty tilaajalla perinteistä järjestelmää varten, joten valaisimet ovat ne, jotka määräävät ohjauksen tekniikan. KNX-huoneistoa varten lampuilla varustettuihin himmennettäviin valaisimiin tyypitettiin erilaiset lamput kuin muihin huoneistoihin

Huoneiston ikkunoita korostustaville valaisimille oli monia vaatimuksia. Haastavimmat vaatimukset muodostuivat kaltevasta katosta ja sen rakenteesta. Kattorakenne muodostui kattopaneelista, jonka yläpuolella oli kattorimat ja niiden yläpuolella palonkestävä kipsilevy. Valaisin sai siis upota kattorakenteeseen noin neljäkymmentä millimetriä ja valaisinta piti pystyä kohdistamaan kaltevan katon vuoksi.

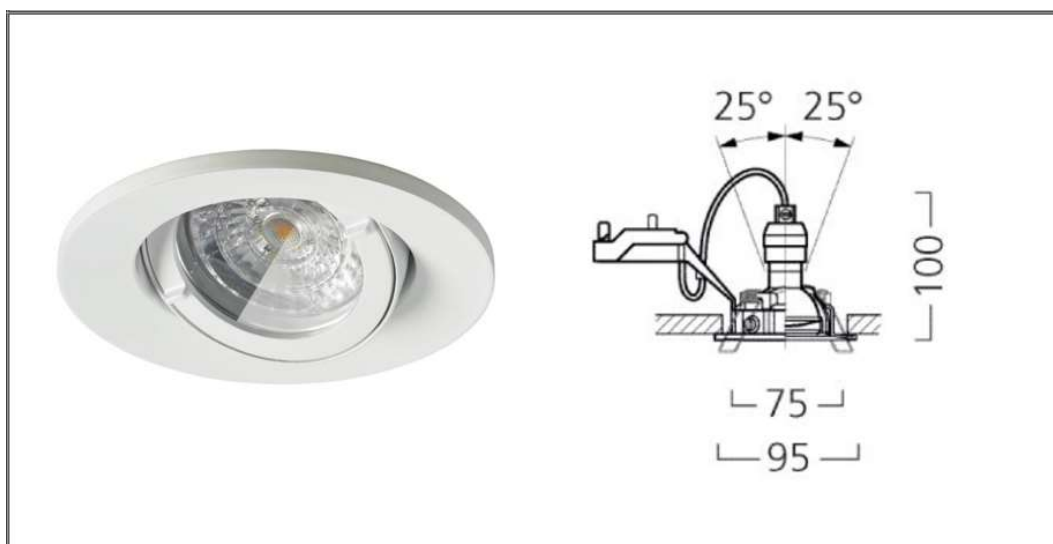
Sopivaksi valaisimeksi löytyi kuvassa 15 oleva Hidealiten 1218 Comfort-valaisin (38). Valaisin täytti huoneiston katon asettamat vaatimukset. Valaisimessa oli riittävästi valotehoa ja eri liitälaitteiden vaihtoehdoilla valaisinta pystyi himmentämään ja ohjaamaan eri ohjausjärjestelmillä. KNX-järjestelmän vuoksi valaisimien liitälaitteet vaihdettiin DALI-yhteensopiviksi ja samalla huomioitiin, että liitälaitteella voidaan käyttää paikallista himmennystä, esimerkiksi switchdimiä, jotta muiden huoneistojen vuoksi ei tarvitse tyyppittää toista liitälaitetta ja määrittää uutta valaisinpositiota.



Kuva 15. Kattovalaisin positio 3 Hidealite 1218 Comfort (38).



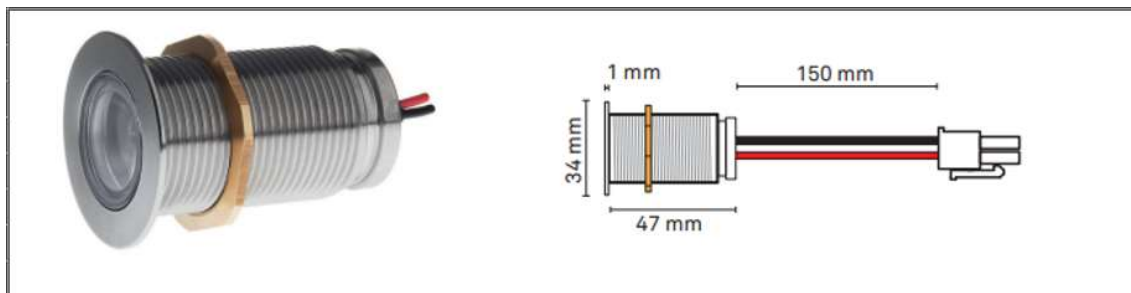
Kylpyhuoneiden kattovalaistus oli sovittu toteutettaviksi pienillä kattoon upotettavilla alasvaloilla. Valaisimille vaadittiin himmennettävyys ja vähintään IP x4-luokitus. Alakattorakenne ei rajoittanut upotussyvyyttä. Valaisin valinta tehtiin ennen kuin tiedettiin, että huoneistoon halutaan KNX-järjestelmä, joten valaisin valinnassa katsottiin mahdollisuutta himmentää se perinteisillä himmennystavoilla. Valaisimeksi päätettiin ehdottaa erillisellä lampulla varustettua valaisinta, jotta himmennys mahdollisuuksiin saatiin vaihtoehtoja. Valaisimeksi valittiin kuvassa 16 oleva Feilo Sylvania Finland Oy:n Inset Trend 75 swing IP 44 valkoisella värillä. Valaisimessa pystyy käyttämään GU 10-kantaisia LED-lamppuja. (39) KNX-järjestelmän takia mallille yritettiin etsiä vaihtoehtoista DALI-yhteensopivaa valaisinta, mutta vastaavan näköistä ei löytynyt, joka olisi ollut IP-luokituksestaan X4. Valaisinta ei uskallettu lähteä vaihtamaan, joten himmennystekniikka sovitettiin valaisimelle ja niiden lampuille sopivaksi.



Kuva 16. Kylpyhuoneiden kattovalaisimet positio 5.1 (39).

Huoneistoihin jäi vanhoja hormoneja keskelle huonetta ja arkkitehti halusi hyödyntää näitä hormoneja sisustuselementteinä. Hormien korostukseen valittiin kahden tyyppisiä valaisimia. Isommalla valaisimella valaistiin kahden hormin muodostamia nurkkia. Pienemmällä valaisimella oli tarkoitus valaista yksittäisiä hormirykelmää kaikilta puolilta.

Pienemmäksi valaisimeksi lopulta valikoitui kuvassa 17 näkyvä Saas instruments Oy:n Floor+ valaisin (39). Valaisimen asennus herätti keskustelua tilaajan kanssa, että kuinka suunnittelijat ovat ajatelleet asentaa valaisimen betoni lattiaan. Ratkaisun löysi arkkitehti, joka oli tehnyt enemmän yhteistyötä valaisinvalmistajan kanssa ja sai sitä kautta asennusperiaatepiirustuksen valaisimien asentamisesta betonilattiaan, joka esitettiin tilaajalle ja lisättiin sähkösuunnitelmiin liitteenä.



Kuva 17. Lattiaan upotettava pienempi valaisin posities 12 (40)

Muut valaisimet valittiin vaatimusten perusteella sopiviksi. Valaisimista ja niiden määristä tehtiin liitteessä 12 esitetty valaisinluettelo. Valaisinluetteloon ei kuitenkaan annettu metri määräisistä valaisimista esimerkiksi led-nauhoista määriä, koska ei uskallettu ottaa vastuuta määrien oikeellisuudesta. Valaisinluetteloita tehtiin vain yksi, joka sisältää kaikkien huoneistojen valaisintyypit ja määrät. Valaisinluetteloon ei eroteltu, kuinka paljon mihinkin huoneistoon menee valaisimia.

#### 4.5 Huoneiston muut järjestelmät

Huoneiston KNX-järjestelmään ei yhdistetty ilmanvaihto-, lämmitys-, jäähdytys- ja äänentoistojärjestelmiä. Syitä minkä takia muita järjestelmiä ei liitetty KNX-järjestelmään oli monia. Tunnistin ainakin yhdeksi syyksi, että en osannut kertoa muille suunnittelijoille mitä tarkalleen haluan. Toinen syy oli muiden osapuolten haluttomuus muuttaa valmiita suunnitelmia ja kasvattaa suunnittelu-urakan kustannuksia. Kolmas syy oli, että tilaajaa kiinnosti pääasiassa valaistuksen ohjaus, joten ei ollut tarvetta lähteä väkisin vaatimaan laitteiden liittämistä KNX-järjestelmään.

Huoneiston lämmitys toteutetaan kerrostalon kaukolämmitysjärjestelmään yhteydessä olevan lattialämmityksen kautta. Huoneistossa lattialämmitystä ohjataan huonekohtaisilla termostaateilla. Ohjausjärjestelmän valinta tulee lattialämmityksen toimittajalta ja kohteeseen oli valittu Roth Basicline 230V-ohjausjärjestelmä. Kaapeloinnin vaatimukset selvitettiin valmistajan asennusohjeista. järjestelmän jakotukin lähistölle sijoitettava kytkentälaatikko vaatii 230V:n sähkönsyötön. Huoneisto termostaatit vaativat kolme vaihejohtinta ja yhden nolla johtimen, joten kaapelointi määritettiin MMJ 5x1,5S-kaapelilla. (41) Termostaattien paikat luettiin lattialämmitystoimittajan suunnitelmista. Sähkösuunnitelmien asennuspiirustuksiin piirrettiin termostaattien sijainnit. Kaapelointiohje sekä urakkaraja ilmoitettiin kirjallisessa muodossa. Urakkarajana oli sovittu, että laitteiden toimitus kuuluu lattialämmitystoimittajalle ja kaapelointi, kytkentä sekä asennus sähköurakkaan.

Huoneistoon sijoitettiin jäähdytystä varten kaksi kappaletta ilmalämpöpumppuja. Suunnittelussa oli sovittu, että LVI-suunnittelija ei valitse valmistajaa, vaan sen tekee urakoitsija kilpailuttaessa laitteita. Sähkösuunnitelmiin tämä tarkoitti, että suunnitelmiin määritettiin kaapelointi vain siten, että saadaan hinta työstä. Kaapeloinniksi määritettiin sähkönsyöttö sisäyksikölle ja sisäyksiköltä kaapelointi katolle.

Äänentoistojärjestelmän suunnitteli sen toimittaja. Toimittajalta saatiin omat suunnitelmat ja ohjeistukset urakkarajoista ja sähköntarpeista. Sähköurakkaan sisällytettiin äänentoistokaapeloinnin työ, mutta kaapeloinnin toimituksen hoitaa äänentoistolaitteiden toimittaja. Äänentoistolaitteista piirrettiin laitteiden sijainnit sähköpiirustukseen urakalaskennan helpottamiseksi, koska laitetoimittajan omat suunnitelmat oli piirretty ilman mittakaavaa. (42.)

## 5 Yhteenveto

Kohteessa luotiin yli parikymmentä suunnitelmadokumenttia PDF-muodossa urakalaskentaa varten. Dokumentit on lueteltu liitteen 1 piirustusluettelossa. Luotujen dokumenttien lisäksi sähkösuunnitelmiin lisättiin liitteenä äänentoistosuunnitelmat ja yhden valaisintoimittajan valaisimen asennusperiaate. Urakalaskentadokumentit ladattiin tilaajan projektipankkiin, jonka jälkeen niiden eteenpäin vieminen siirtyi tilaajalle ja oma osuuteni

päätyi kohteessa rakennusliikkeelle tehtävien töiden osalta. Työ kuitenkin jatkui taloyhtiölle tehtävien suunnittelutöiden osalta.

Siitä huolimatta, että joiltakin työkavereilta tuli hyvää palautetta jaksamisesta hoitaa työ loppuun asti, niin silti pidän itse suunnitteluprosessia ja suunnitelmia epäonnistuneina. Epäonnistumisestakin voi löytää positiivisia asioita. Sain projektin ansiosta oppia ja kokemusta toimia mukana useamman yrityksen edustajan suunnitteluorganisaatiota sekä suunnittelukokemusta KNX-tekniikalla toteutettavista ratkaisuista.

Monesti KNX-järjestelmästä puhutaan kalliina ja turhana ratkaisuna. Insinööriyön aikana huomasin, että järjestelmän kallis hinta ja epäonnistuneet ratkaisut johtuvat enemmän huonosta suunnittelusta ja toteutuksesta kuin itse järjestelmästä. KNX-järjestelmä mahdollistaa esimerkiksi muunneltavan valaistusratkaisun vaikeasti toteutettaviin pohjamuotoihin ja tilanteisiin, joissa tilaaja ei välttämättä tiedä miten haluaa valaisimiaan ohjata.

Mielestäni tulevaisuutta varten pitäisi miettiä, pitääkö nykyistä suunnittelutapaa muuttaa, jotta saataisiin monimutkaisempaa teknologiaa mahdollistavien järjestelmien ratkaisut toteutettua järkevämmiin ja kustannustehokkaampiin. Tämä vaatisi, että oikeaa asennetta järjestelmiä kohtaan ja suunnittelussa ei keskityttäisi vain hoitamaan omaa osuuttaan, vaan mietittäisiin kokonaisuutta.

## Lähteet

- 1 Konsulttitoiminnan yleiset sopimusehdot KSE 2013. 2014. Rakennustieto Oy.
- 2 Taloteknisen suunnittelun tehtäväluettelo TATE18. 2017. Rakennustieto Oy.
- 3 Yleisohjeita sähkö- ja tietoteknisten järjestelmien dokumentoinnista. Sähköinfo Severi. 2009. ST 13.28. Sähköinfo Oy.
- 4 Asunto-osakeyhtiölaki. 2009. 1599/22.12.2009.
- 5 Ylinen, Timo. 2011. Sähkөрemontti. Espoo: Sähköinfo Oy.
- 6 Rakennuksen sähköverkon ja pienjänniteliittymän mitoittaminen. Sähköinfo Severi. 2018. ST 13.31. Sähköinfo Oy.
- 7 Danfoss OY. 2019. Verkkodokumentti. <https://devi.danfoss.com/finland/tuotteet/laemmityskaapelit/devicomfort/>.
- 8 Helen sähköverkko Oy. tallennettu sähköpostikeskustelu. 2018. luettu 15.8.2018.
- 9 SFS-käsikirja 600-1-1.2017. pienjännitesähköasennukset.
- 10 Ohjeet perinteisten sulakkeiden valinnasta ja käytöstä, alle 1000 V:n sähköjärjestelmät. Sähköinfo Severi. 2018. ST 53.14. Sähköinfo Oy.
- 11 Sähkönsiirtohinnaisto. 2018. Helen sähköverkko Oy.
- 12 D1-2017 Käsikirja rakennusten sähköasennuksista. Espoo: Sähköinfo Oy.
- 13 Mittalaitetilat, niiden lukitus ja merkinnät. 2014. Helen sähköverkko Oy.
- 14 Rakennuksen sähköasennusten maadoitukset ja potentiaalitasaukset. Sähköinfo Severi. 2018. ST 53.21. Sähköinfo Oy.
- 15 SFS-käsikirja 600-1-2.2017. pienjännitesähköasennukset.
- 16 Yleiset ohjeet liittymäasiakkaalle. 2009. Helen sähköverkko Oy.
- 17 ST-käsikirja 16. Yleiskaapelointijärjestelmät. 2014. Sähkötieto ry.

- 18 Viestintäviraston määräys. 65 C/2018 M.
- 19 ST-käsikirja 12. Antennijärjestelmät. 2017. Sähkötieto ry.
- 20 Savunhallintajärjestelmä. Suunnittelu. Sähköinfo Severi. 2015. ST 666.10. Sähköinfo Oy.
- 21 Kera Group Oy. 2019. Verkkodokumentti. [https://www.keravent.fi/application/files/3315/1142/7769/RZN\\_4416-M\\_esite\\_FIN.pdf](https://www.keravent.fi/application/files/3315/1142/7769/RZN_4416-M_esite_FIN.pdf).
- 22 Kera Group Oy. 2019. Verkkodokumentti. <https://www.keravent.fi/application/files/5615/1135/8896/uusi-kaapelointiohje-moottoreille.pdf>.
- 23 Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdesta. 2017. 1009/2017.
- 24 ST-käsikirja 23. KNX-järjestelmän perusteet. 2015. Sähkötieto ry.
- 25 KNX Association. 2019. Verkkodokumentti. <https://www.knx.org/knx-en/for-professionals/community/manufacturers/index.php>.
- 26 Gira. Verkkodokumentti. 2019. [https://www.gira.com/en/gebaeudetechnik/systeme/knx-eib\\_system.html](https://www.gira.com/en/gebaeudetechnik/systeme/knx-eib_system.html).
- 27 ABB. suunnittelijan työkalut verkkodokumentti 2018. <https://new.abb.com/low-voltage/fi/tuotteet/kiinteistoautomaatio-kotiautomaatio/ratkaisut/knx/suunnittelijan-ty%C3%B6kalut>.
- 28 Schneider Electric. tuotekatalogi. 2017. [https://download.schneider-electric.com/files?p\\_enDocType=Catalog&p\\_File\\_Name=SE\\_S%C3%A4hk%C3%B6kalusteet+ja+-tarvikkeet\\_Luettelo\\_2017\\_final\\_LR\\_katalogi.pdf&p\\_Doc\\_Ref=E1064-01-2017](https://download.schneider-electric.com/files?p_enDocType=Catalog&p_File_Name=SE_S%C3%A4hk%C3%B6kalusteet+ja+-tarvikkeet_Luettelo_2017_final_LR_katalogi.pdf&p_Doc_Ref=E1064-01-2017).
- 29 ABB. tuotekatalogi. 2018. <http://abb.smartpage.fi/fi/knx-katalogi/>.
- 30 ABB. Verhomoottoriohjain asennusohje. 2018. <https://search.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=2CDG941067P0005&LanguageCode=de&LanguageCode=en&LanguageCode=es&LanguageCode=fr&LanguageCode=it&DocumentPartId=&Action=Launch>.
- 31 Sähköinen varustetaso asuiskerrostaloissa ja kerrostaloasunnossa. Sähköinfo Severi. 2016. ST 53.21. Sähköinfo Oy.

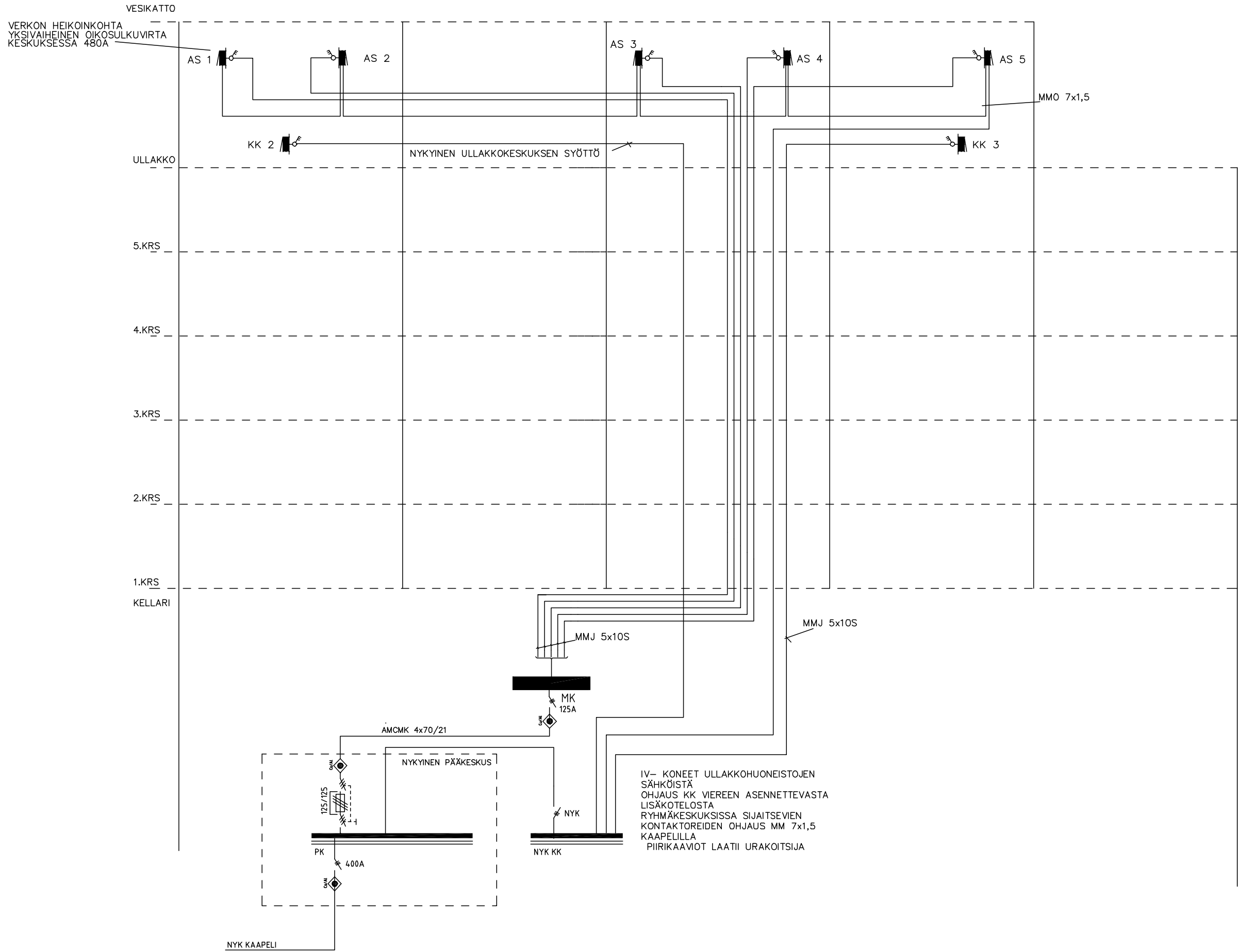
- 32 Sisäasiainministeriön asetus palovaroittimien sijoittamisesta ja kunnossapidosta. 2009. 239/2009.
- 33 Kytkimien, pistorasioiden yms. sijoitus Sähköinfo Severi. 2013. ST 53.21. Sähköinfo Oy.
- 34 Tukes. 2019. verkkodokumentti. <https://tukes.fi/sahko/sahkotyot-ja-urakointi/sahkoasennusten-tekniset-vaatimukset/kylpy-ja-suihkutilojen-sahkoasennukset>.
- 35 Harvia Oy. Verkkodokumentti. 2018. <https://www.ikikiuas.fi/tuote/kulma-iki-9kw/>.
- 36 IKI-kiuas Oy. Verkkodokumentti. 2018. <http://www2.harvia.fi/content/fi/17/10039/Valitse%20kiuas.html>.
- 37 Ohjeita valaistuksen suunnitteluun ja toteutukseen. Sähköinfo Severi. 2017. ST 666.10. Sähköinfo Oy.
- 38 Hidealite. Verkkodokumentti. 2018. [http://www.hidealite.fi/Tuotteet/Sisatilat/Alasvalot/Uppoasennus/1218\\_Comfort/2217945-2629491.html?variantId=2641705](http://www.hidealite.fi/Tuotteet/Sisatilat/Alasvalot/Uppoasennus/1218_Comfort/2217945-2629491.html?variantId=2641705).
- 39 Feilo Sylvania Finland Oy. Verkkodokumentti. 2018. <https://www.sylvania.fi/valaisimet/alasvalot/led-alasvalot/item/437-inset-trend-ip44>.
- 40 SAAS Instruments Oy. Verkkodokumentti. 2018. <https://saas.fi/tuotteet/led-valosarjat/highline-floor/>.
- 41 Roth Finland. Verkkodokumentti. 2018. [http://www.roth-nordic.fi/fi/files/005%20-%20Roth-Nordic-FI/Basicline\\_kytkenlaatikko\\_H\\_C\\_230\\_V\\_AM\\_10\\_asennus\\_291116.pdf](http://www.roth-nordic.fi/fi/files/005%20-%20Roth-Nordic-FI/Basicline_kytkenlaatikko_H_C_230_V_AM_10_asennus_291116.pdf).
- 42 Huoneiston äänentoistosuunnitelmat.

## Liite 1.

**Tontti:**

[illegible]





URAKKALASKENTAA VARTEN

Tunn.		Lukum.	Muutos			Nimim.		Pvm
K.osa/Kylä		Kortt./Tila		Tontti	Rno	Viranomaisten merkintöjä		
MUUTOS						SÄHKÖPIIRUSTUS		
						MK:		
						NOUSUJOHTOKAAVIO		
						Pvm	26.11.2018	
						Piirt.	T.G	
						Suunn.	T.G	
						Tark.		
						Yht.hlö		
						Lehti		
						SÄH	Piirustusnumero	Muutos
							401	

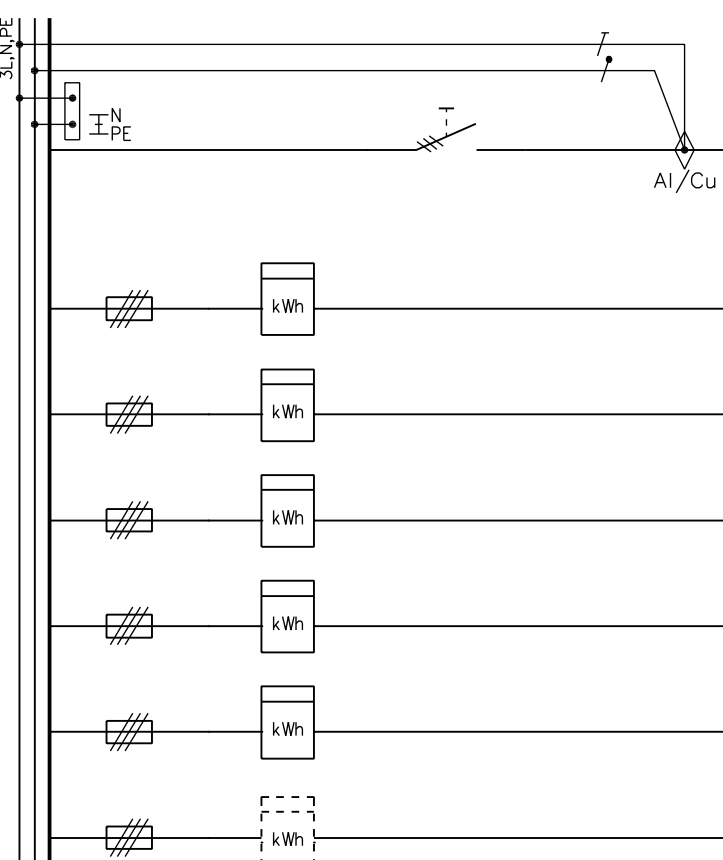
2.4.2019

203 MK

D muutos  
E muutos  
F muutos

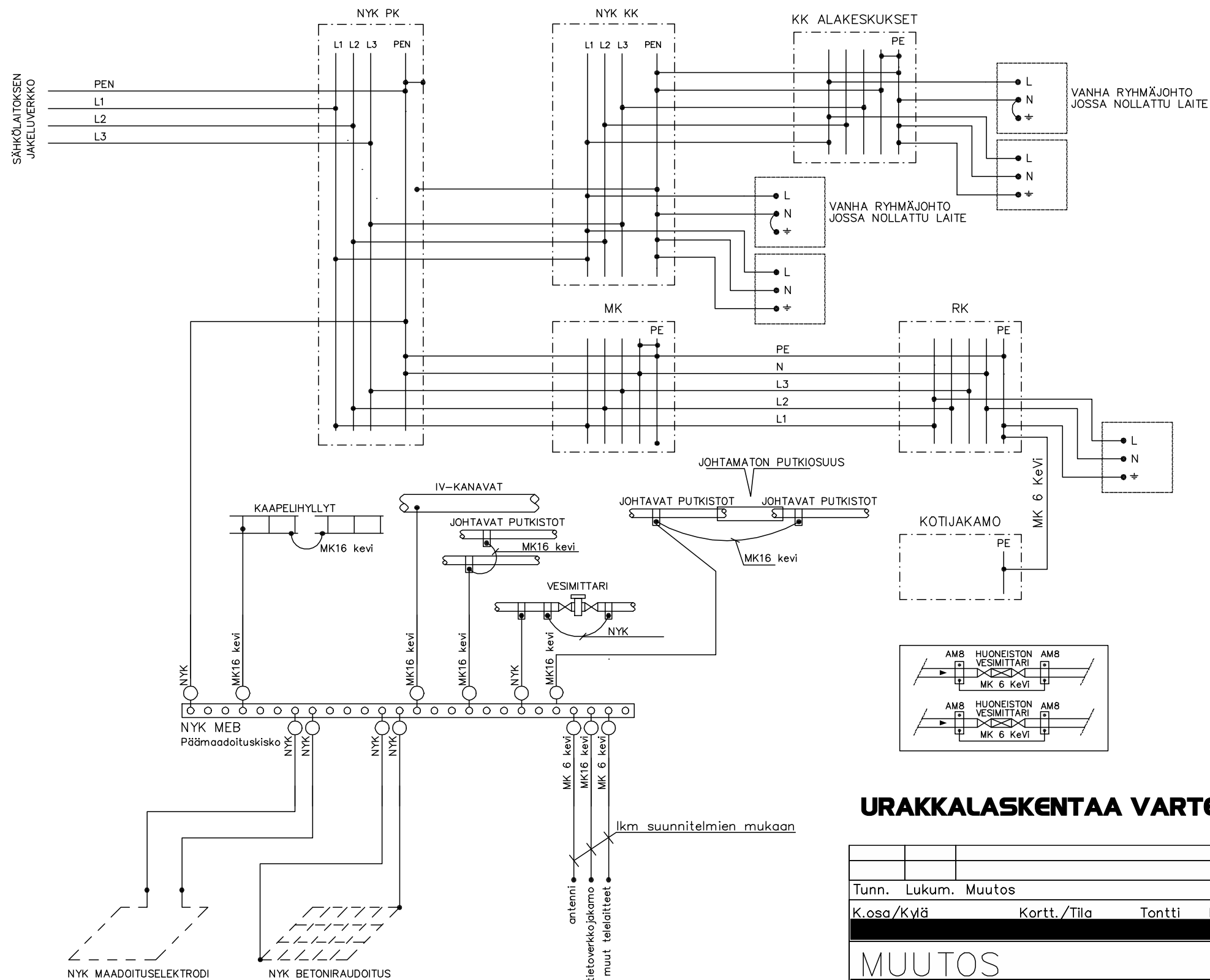
URAKKALASKENTAA VARTEN

A muutos  
B muutos  
C muutos

	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37															
A	KESKUS																												RYHMÄ	OSOITE						TUNNUS	JOHDOTUS	kVA/kW	A / A	HUOM.	A	
B																																										B
C																														PÄÄJOHTO PÄÄKESKUKSELTA PK PÄÄKYTKIN 125 A								AMCMK 4x70/21				
D																														KWH-MITTAUS, HUONEISTO 1								MMJ 5x10 S		25/63		D
E																														KWH-MITTAUS, HUONEISTO 2								MMJ 5x10 S		35/63		E
F																														KWH-MITTAUS, HUONEISTO 3								MMJ 5x10 S		35/63		F
G																														KWH-MITTAUS, HUONEISTO 4								MMJ 5x10 S		35/63		G
H																														KWH-MITTAUS, HUONEISTO 5								MMJ 5x10 S		25/63		H
J																														KWH-MITTAUS, VARAUS								–		– /63		J
K																																										K
L																																										L
M																																										M
N																																										N
O																																										O
P																																										P
R																																										R
S																																										S

PÄÄKAAVIO  
MONIMITTARIKESKUS MK

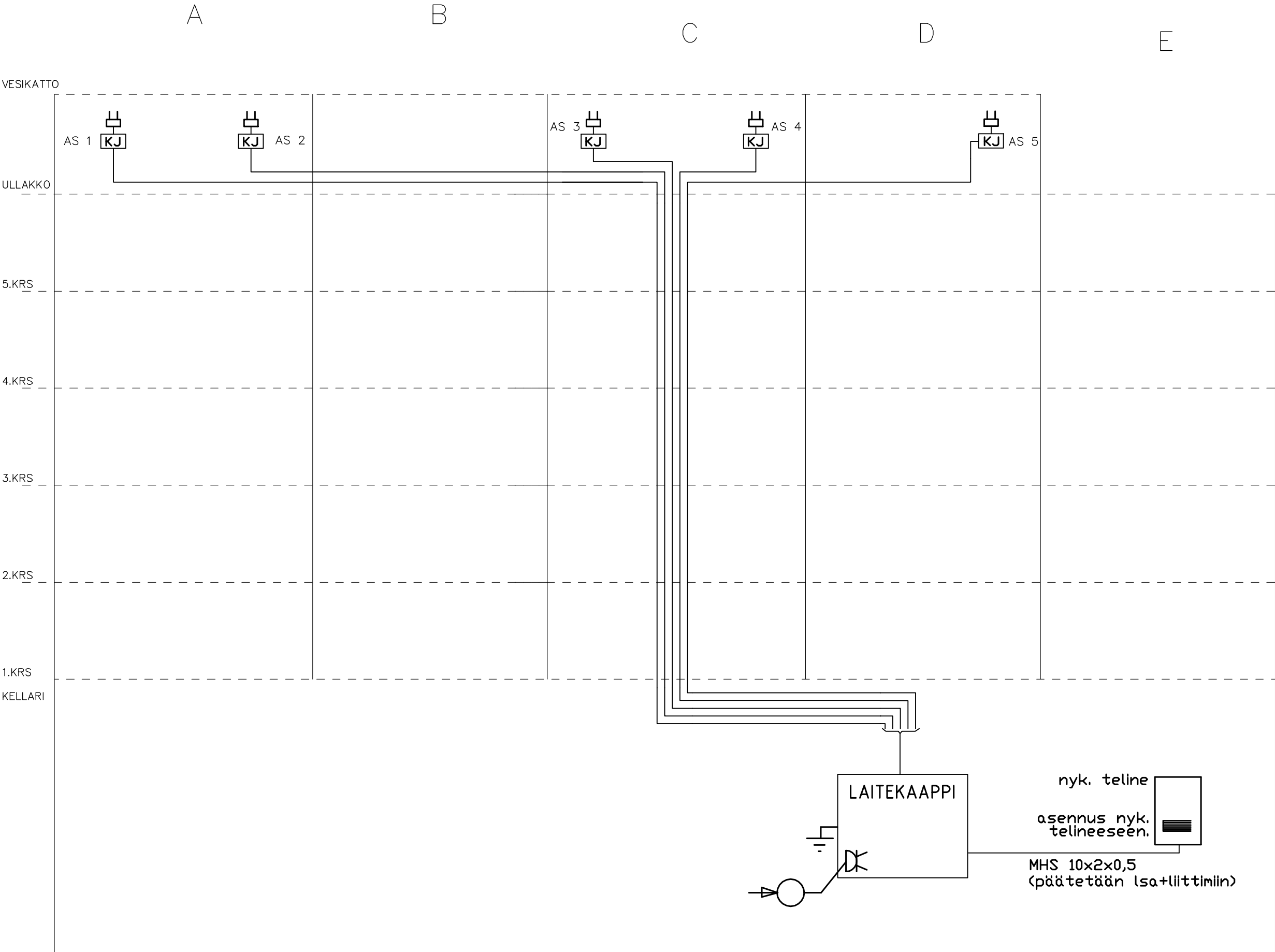
Suunn. T.G. /26.11.2018	Kokonaisuus		Sähköpositio	
Piirt. T.G.	Lehti 2 / 2		Piiustusnumero	
Tark.			SÄH 203	



TN-C-S-JÄRJESTELMÄN KESKUSSIIN ASENNETAAN TARRA ”KESKUKSEEN ON LIITETTY PEN-JOHTIMIA, SUOJA- JA NOLLAKISKOJEN YHDYSKISKOJA EI SAA POISTAA”, SEKÄ ASENNUSTAPAA ESITTÄVÄ TARRA YHDISTÄMISTÄ EI TARVITA MIKÄLI RYHMÄJOHDOT UUSITAAN ENSIMMÄISEEN KYTKENTÄPIISTEESEEN

## URAKKALASKENTAA VARTEN

Tunn. Lukum. Muutos				Nimim. Pvm	
K.osa/Kylä Kortt./Tila Tontti Rno				Viranomaisten merkintöjä	
MUUTOS				SÄHKÖPIIRUSTUS	
				MK:	
				MAADOITUSKAAVIO	
Pvm 26.11.2018					
Piirt. T.G					
Suunn. T.G					
Tark.					
Yht.hlö					
Lehti					
SÄH				Piiustusnumero Muutos	
				402	



VIESTINTÄVIRASTON MÄÄRÄYKSEN 65 C/2018 M MUKAAN.

**KJ** = KOTIJAKAMO

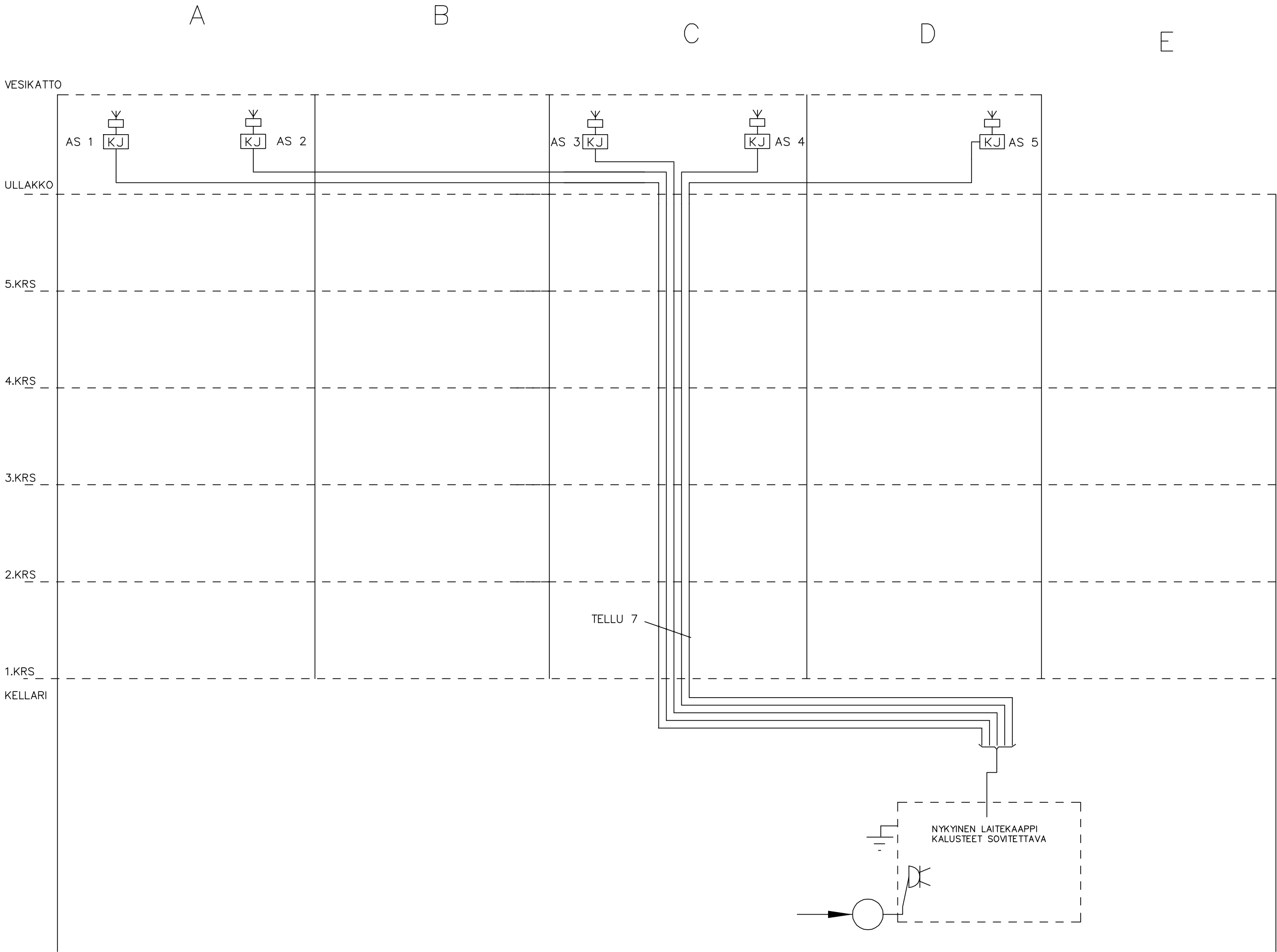
HUONEISTOIHIN ASENNETAAN 2-OSAISIA RJ-45 PISTEITÄ TASOPIIRUSTUSTEN OSOITTAMASSA LAAJUUDESSA. PISTEIDEN SIJAINNIT ON MERKITYT TASOPIIRUSTUKSIIN.

KAPELOINTI LAITEKAAPILTA KOTIJAKAMOLLE:  
CAT 6, UTP, 2x4P.  
KUITUKAAPELI FTMS 4xDS2

RUNKOKAAPELOINTI PÄÄTETÄÄN LC-LIITTIMIIN (APC HIONTA)  
KUITUKAAPELOINTI PÄÄTETÄÄN LC-LIITTIMIIN (APC HIONTA)  
VALOKUITU KAAPELEIHIN JÄTETÄÄN 20m VARDJA

URAKKALASKENTAA VARTEN

Tunn. Lukum. Muutos				Nimim. Pvm	
K.osa/Kylä Kortt./Tila Tontti Rno			Viranomaisten merkintöjä		
MUUTOS			SÄHKÖPIIRUSTUS		
			MK:		
			JÄRJESTELMÄKAAVIO		
			YLEISKAPELOINTI		
			Pvm	26.11.2018	
			Piirt.	T.G	
			Suunn.	T.G	
			Tark.		
			Yht.hlö		
			Lehti		
SÄH			Piirustusnumero	801	Muutos



VIESTINTÄVIRASTON MÄÄRÄYKSEN 65 C/2018 M MUKAAN.

MERKITSEMÄTTÄMÄT KAAPELIT: TELLU 13  
KAAPELIT HUONEISTOISSA: TELLU 13

① TELLU 7

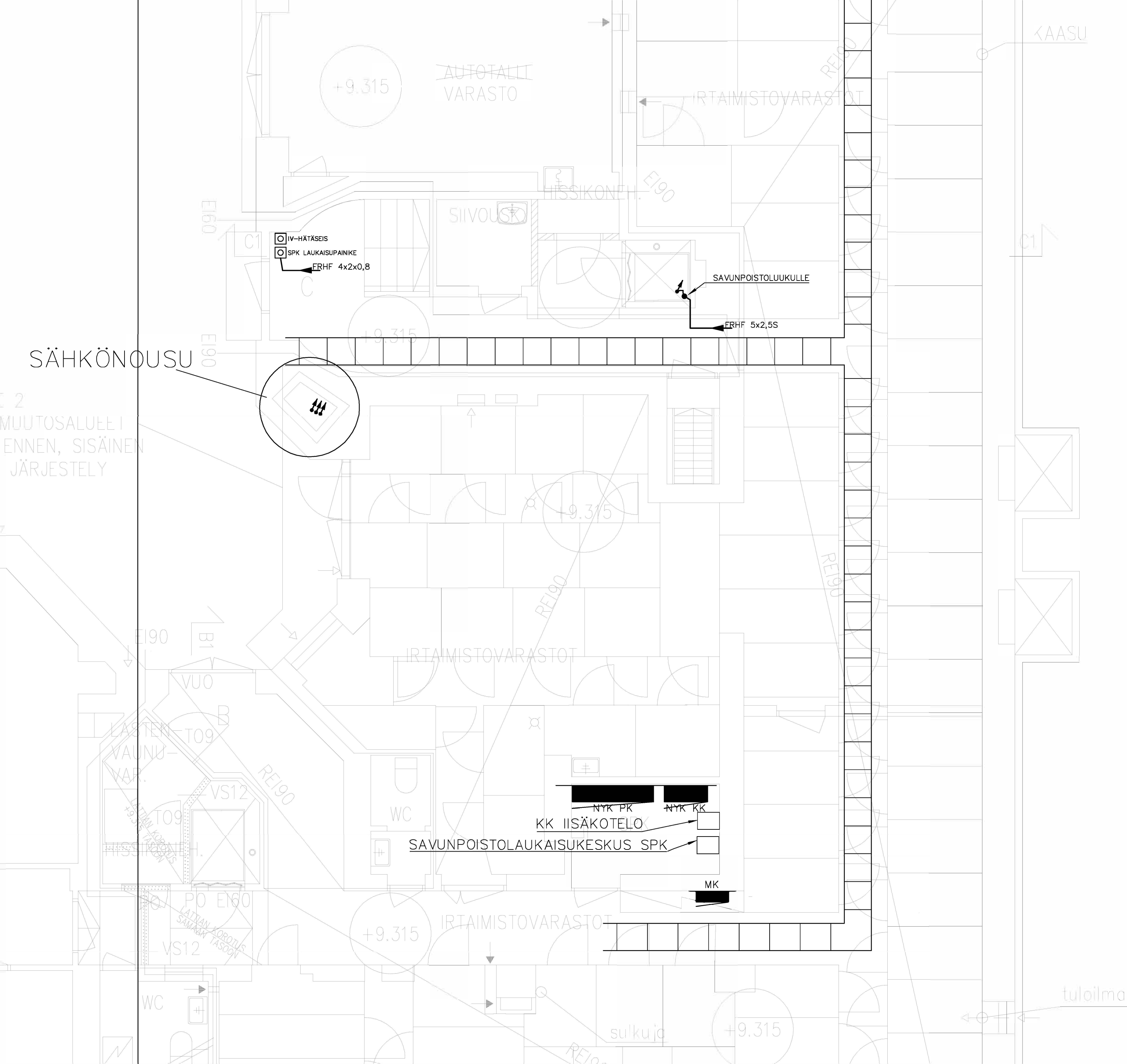
KJ KOTIJAKAMO, JOSSA HAARUITIN

RUNKOVERKON VAHVISTIMET, JÄDITTIMET JA HAAROITTIMET  
ASENNETAAN LUKITTAVAAN LAITEKAAPPIIN ESIM. LAPKx  
TELEURAKOITSIJA MÄÄRITTELEE TARVITTAVAT LAITTEET.

ANTENNIPISTEIDEN LUKUMÄÄRÄ TASOPIIRUSTUKSESTA

URAKKALASKENTAA VARTEN

Tunn.		Lukum.		Muutos	
K.osa/Kylä		Kortt./Tila		Tontti	Rno
				Viranomaisten merkintöjä	
MUUTOS		SÄHKÖPIIRUSTUS			
		MK:			
		JÄRJESTELMÄKAAVIO			
		ANTENNI			

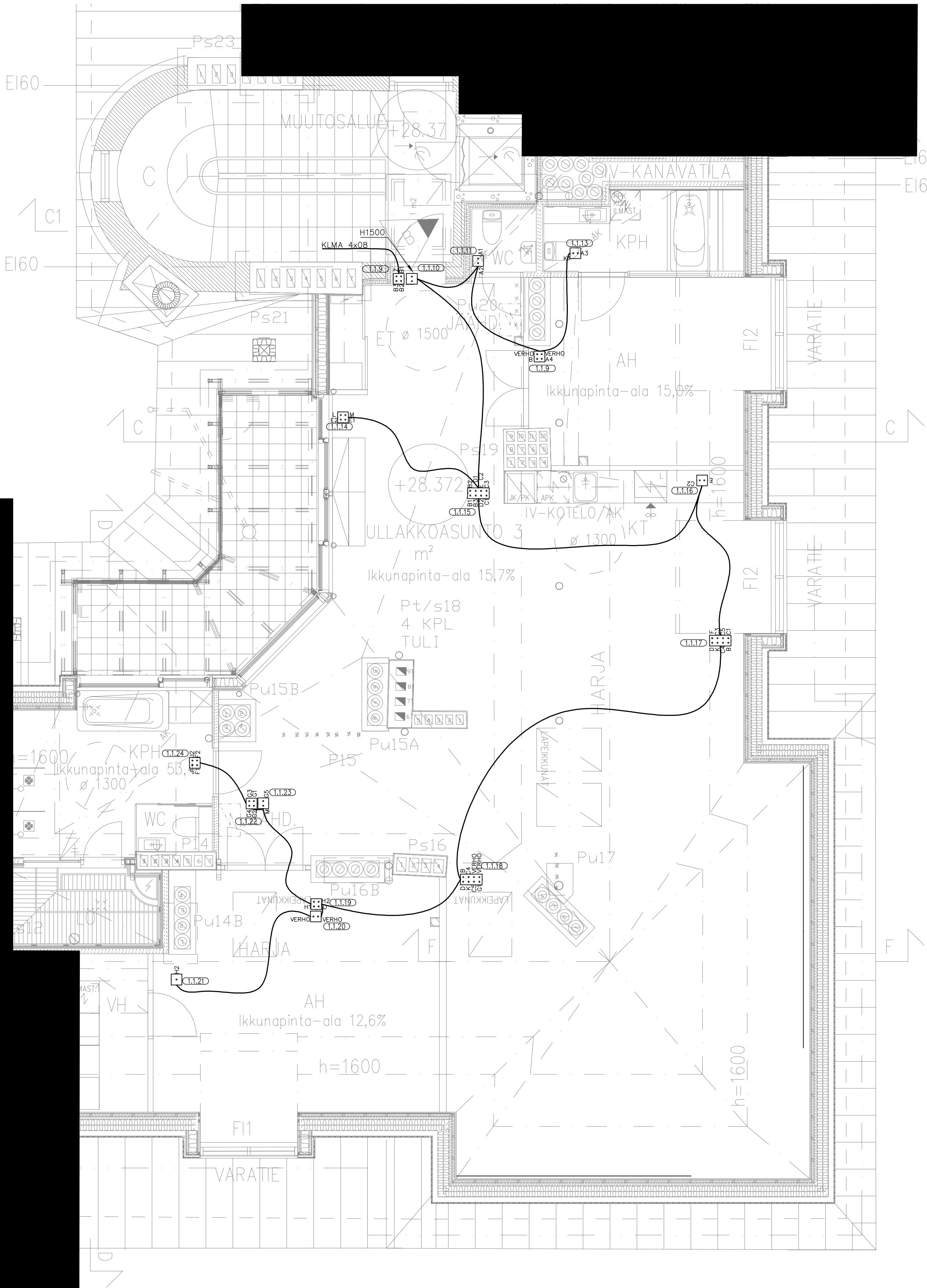


näyttöleike kellarikerroksen asennuspiirustuksesta

Savunpoisto ja IV-hätäseis painikkeet A, C ja D portaikkoihin.  
Sijainnit sovittava taloyhtiön kanssa

Savunpoisto järjestelmä keravent.  
Savunpoistokeskus RZN 4416-M

IV-hätäseis painikkeet kaapeloidaan kiinteistökeskuksen viereen  
asennettavalta kotelolta KLMA 4x0,8  
Painikkeet ohjaavat kotelossa olevaa kontaktoria jolta lähtee MMO  
7x1,5 huoneistojen ryhmäkeskuksiin jossa kontaktori katkaisee  
sähkön syötön IV-koneelta



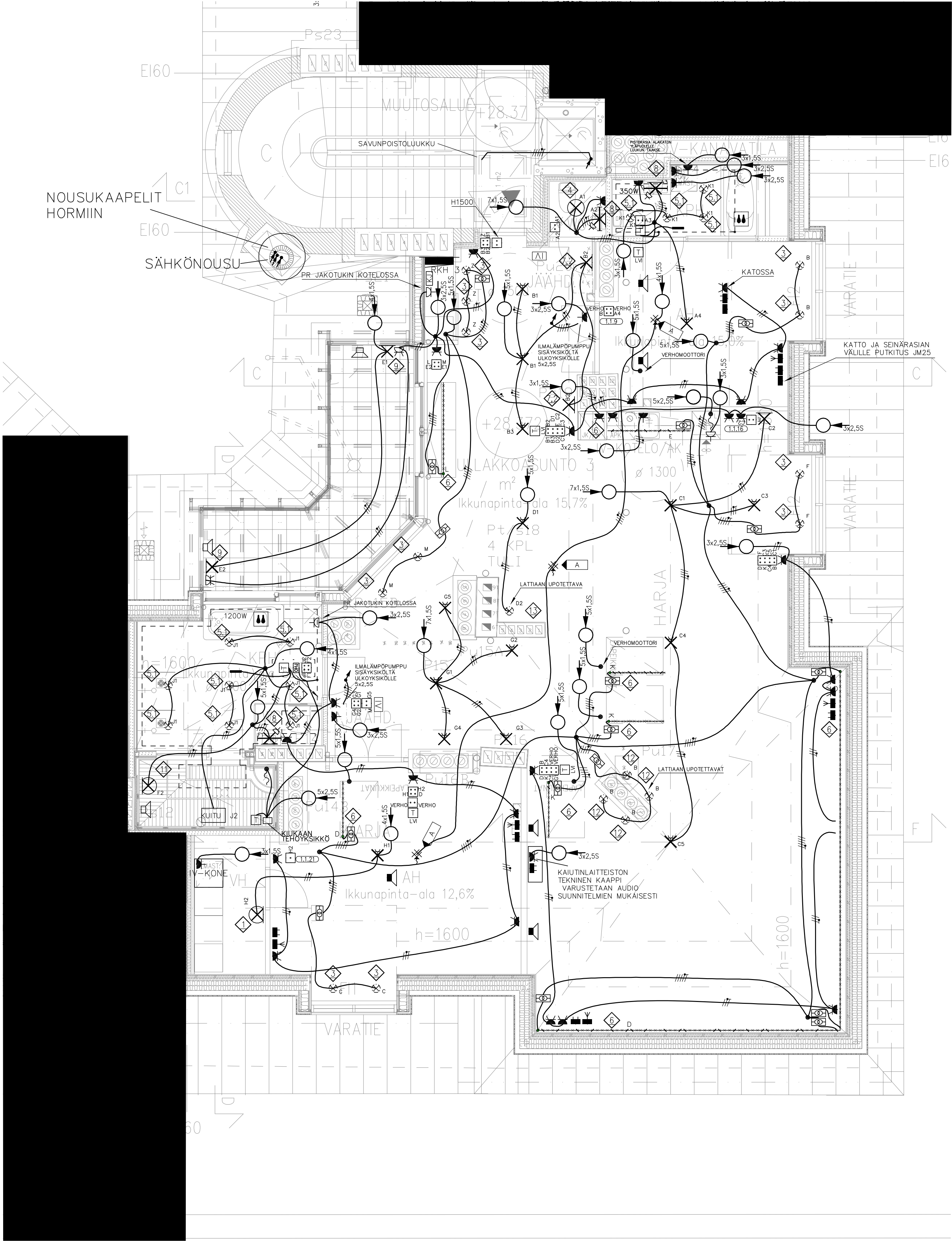
KNX-väylä kaapeloidaan klma 4x08

Haaroitukset ja liitokset  
KNX-järjestelmään soveltuvilla  
liittimillä

URAKKALASKENTAA VARTEN

Tunn. Lukum. Muutos				Nimim. Pvm		
K.osa/Kylä		Kortti/Tila	Tontti	Rno	Viranomaisten merkintä	
MUUTOS					SÄHKÖPIIRUSTUS	
					ASENNUSPIIRUSTUS	MK:
					HUONEISTO 3	1:50
					KNX-JÄRJESTELMÄ	
			Pvm	26.11.2018		
			Piirt.	T.G		
			Suunn.	T.G		
			Tark.			
			Yht.hlö			
			Lehti			
SÄH					Piirustusnumero	Muutos
					107	





Sähkökalusteet Schneider Electric Exxact sarjaa  
Sijoituksissa noudatetaan kortin ST 51.22 ohjeita sekä erikseen  
laadittuja asennuspiirustuksia (mm. seinäprojektiot ja  
kalustepiirustukset).

Keittiön työtason pistorasioita ja valaistusta tarkennetaan  
urakassa.

KAIUTIN LAITTEISTON TARKAT SIJAINNIT JA KAAPELOINNIT  
AUDIOSUUNNITELMISTA

Kylpyhuoneiden ja vessojen lattialämmitykset  
saneerauskaapelia teho 100w/neliö

IV ILMASTOINTI KONEEN SÄÄTÖPANELI  
KAAPELOIDAAN LÄHIMMÄLLÄ  
IV\_KONEELLE LAITTEEN OMALLA  
KAAPELILLA

Lattialämmityksen huonesäädin  
toimitus lattialämmitystoimittajalta.  
Kytkeä ja asennus sähköurakka.  
Käytetään jakotukille MMJ 5x1,5S

Tasopiirustuksessa on esitetty syttymisryhmät  
kirjaimin painonapeissa ja valaisimissa.  
Kirjain +numero esim G1 kuvaa KNX kytkeyksikön  
takaista syttymisryhmää ja löytyy keskusaaviosta.  
MMO kaapelissa esim G1 johdin numero 1 ja G5  
johdin numero 5.  
MMJ kaapelissa esim B1 ruskea johdin B3 harmaa  
johdin.  
Dali ohjauksen syttymisryhmät on esitetty pelkillä  
kirjaimella  
Dali kaapeloidaan MMJ 5x1,5s kaapelilla, jossa  
ruskea 230V  
musta dali+  
harmaa dali-

Kiuas mallia: IKI kiuas kulma IKI 9KW ja tarvittavat  
termostaatit sekä ohjauspanelit

Visualisointi ohjaus Gira Home server järjestelmä  
KNX JA DALI ohjelmointi urakassa.  
Toimintakorttien toiminnot tarkennettava tilaajalta.

URAKKALASKENTAA VARTEN

A		LISÄTTY 3 KPL PALOVAROITTIMIA				T.G	13.12.2018
Tunn.		Lukum.		Muutos		Nimim. Pvm	
K.oso/Kylä		Kortti/Tila		Tontti	Rno	Viranomaisten merkintä	
MUUTOS						SÄHKÖPIIRUSTUS	
						ASENNUSPIIRUSTUS HUONEISTO 3	
						MK: 1:50	
						Pvm 26.11.2018	
						Piirt. T.G	
						Suunn. T.G	
						Tark.	
						Yht.hlö	
						Lehti	
						Piirustusnumero	
						Muutos	
						SÄH 104	



[illegible]

2.4.2019

RKH

D muutos

E muutos

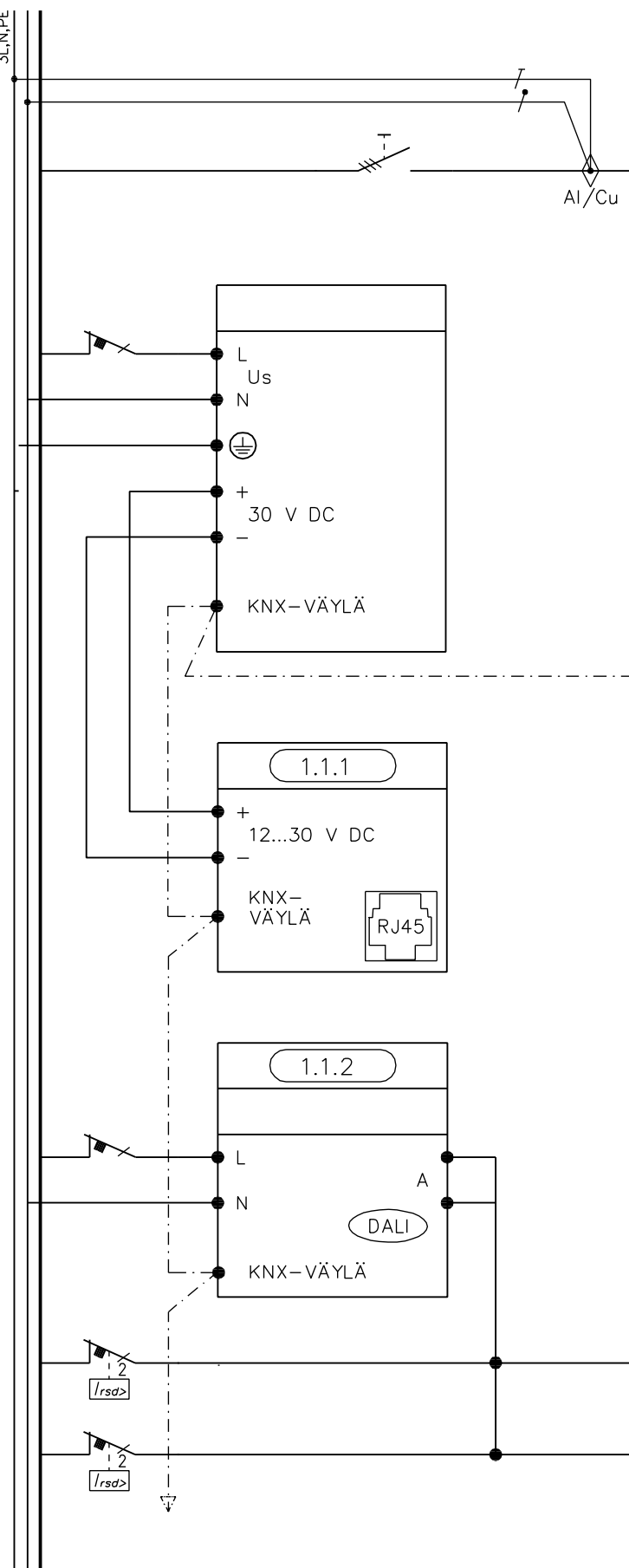
F muutos

A muutos 13.12.2018 T.G

B muutos

C muutos

URAKKALASKENTAA VARTEN

	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	
A	KESKUS							RYHMÄ	OSOITE								TUNNUS	JOHDOTUS			kVA/kW	A / A		HUOM.				A
B																												B
C									SYÖTÖ MITTARIKESKUKSELTA									MMJ 5x10S										C
D																												D
E									KNX-VIRTALÄHDE 640mA													B10						E
F																												F
G																												G
H									KNX-LINJA PAINONAPIT									KLMA 4x0,8										H
J									KNX/ IP RAJAPINTA																			J
K																												K
L									KOTIJAKAMO GIRA HOME SERVER									CAT 6										L
M																												M
N									KNX-DALI RAJAPINTA													B10						N
O																												O
P																		MMJ 5x1,5S										P
R																		MMJ 5x1,5S										R
S																												S

PÄÄKAAVIO  
JAKOKESKUS RKH 3

Suunn. T.G /26.11.2018	Kokonaisuus	Sähköpositio
Piirt. T.G	Lehti 2 / 7	Piirustusnumero
Tark.		SÄH 205

[illegible]

2.4.2019

RKH

D muutos

E muutos

F muutos

A muutos 13.12.2018 T.G

B muutos

C muutos

URAKKALASKENTAA VARTEN

	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37																	
A	KESKUS																RYHMÄ	OSOITE				TUNNUS	JOHDOTUS	kVA/kW	A / A	HUOM.	A																	
B																																												
C																		KNX KYTKINYKSIKKÖ 8x10A																										
D																		TAULUJEN KOROSTUS VALAISTUS					SYTTYMISRYHMÄ G1				MMO 7x1,5S						B10											
E																							SYTTYMISRYHMÄ G2																					
F																							SYTTYMISRYHMÄ G3																					
G																							SYTTYMISRYHMÄ G4																					
H																							SYTTYMISRYHMÄ G5																					
J																		MAKUuhuONE VALAISTUS					SYTTYMISRYHMÄ H1				MMJ 5x1,5S																	
K																							SYTTYMISRYHMÄ H2																					
L																		OHJAUS PISTORASIA LIESI																	B10									
M																																												
N																																												
O																																												
P																																												
R																																												
S																																												

PÄÄKAAVIO  
JAKOKESKUS RKH 3

Suunn. T.G /26.11.2018	Kokonaisuus	Sähköpositio
Piirt. T.G	Lehti 4 / 7	Piirustusnumero
Tark.		SÄH 205



2.4.2019

RKH

D muutos	URAKKALASKENTAA VARTEN		
E muutos	A muutos	B muutos	C muutos
F muutos			

	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37		
A																													A
B																													B
C																													C
D																													D
E																													E
F																													F
G																													G
H																													H
J																													J
K																													K
L																													L
M																													M
N																													N
O																													O
P																													P
R																													R
S																													S
																												</	

2.4.2019

RKH

D muutos			E muutos			F muutos			URAKKALASKENTAA VARTEN			A muutos 13.12.2018 T.G			B muutos			C muutos																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
A			B			C			D			E			F			G			H			J			K			L			M			N			O			P			R			S																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
KESKUS			RYHMÄ			OSOITE			TUNNUS			JOHDOTUS			kVA/kW			A / A			HUOM.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			

26.11.2018

Ohjaukset, Keittiö, olohuone

**Toimintaperiaate:**

Huoneissa KNX-ohjauksen piirissä on valaistus ja lapeikkunoiden pimennysverhot.

Valaistusta ohjataan painikkeilla. Myös ohjaus visualisoinnin kautta on mahdollista.

HUOM. keittiön ja olohuoneen valaisimia ja pistorasioita yhteistoiminto-ohjausten perässä kts. toimintakortti yhteistoiminto-ohjaukset.

Pimennysverhoja ohjataan painikkeilla. Myös ohjaus visualisoinnin kautta on mahdollista.

**Toteutus:**

Keittiö ja olo huone on asunnon yhteinen isompi aulatila 18 erilliseen syttymisryhmään.

Pimennysverhot ovat yhden ohjaus ryhmän perässä.

Tilassa on kolme KNX 8-osaista painiketta, yksi KNX 4-osainen painike ja kaksi KNX 2-osaista painiketta.

Kiinteät valaisimet ovat himmennettäviä ja niitä ohjaavat painikkeet toimivat seuraavasti: pitkäpainallus himmennys/kirkastus ja lyhyt painallus päälle/pois. valopisteitä ohjaavat valaisimet toimivat painallus päälle/pois.

Pimennysverhot ohjataan painiketta painamalla ylös tai alaspäin.

Toiminnot, KNX 8-painike (kts. eteisen toimintakortti)

Painike 1.1.15	Ohjaus	Syttymisryhmä tasopiirustuksessa
1	eteisen kattovalopisteet	B1
2	seinävalopisteet	B2
3	kattovalopiste	B3
4	peilikaapin valaisin	D1
5	lattiaan upotettava valaisin	D2
6	Keittiön työtason valaisimet	E, C2
7	Keittiön kattovalopiste	C1
8	Keittiön kattovalopiste	C3



Toiminnot, KNX 8-painike

Painike 1.1.17	Ohjaus	Syttymisryhmä tasopiirustuksessa
1	ikkuna spotti	F
2	seinän korostus Led-lista	D
3	Lapeikkunoiden valaisimet	K
4	Keittiön kattovalopiste	C3
5	kattovalopiste	C4
6	kattovalopiste	C5
7	pylvään korostus valaisimet	B
8	Keittiön kattovalopiste	C1

Toiminnot, KNX 8-painike

Painike 1.1.17	Ohjaus	Syttymisryhmä tasopiirustuksessa
1	ikkuna spotti	B
2	seinän korostus Led-lista	D
3	Lapeikkunoiden valaisimet	K
4	Keittiön kattovalopiste	C4
5	kattovalopiste	C5
6	kattovalopiste	G1
7	lapeikkunan pimennysverho ylös	VERHO
8	lapeikkunan pimennysverho alas	VERHO

Toiminnot, KNX 4-painike

Painike 1.1.22	Ohjaus	Syttymisryhmä tasopiirustuksessa
1	kattovalopiste	G1
2	valopiste	G3
3	valopiste	G4
4	valopiste	G5

Toiminnot, KNX 2-painike

Painike 1.1.23	Ohjaus	Syttymisryhmä tasopiirustuksessa
1	kattovalaisimet	G5
2	katto spotit	M

Toiminnot, KNX 2-painike

Painike 1.1.16	Ohjaus	Syttymisryhmä tasopiirustuksessa
1	Seinävalopiste	C2
2	Led-lista	E

2.4.2018

A muutos

B muutos

C muutos

D muutos

E muutos

F muutos

URAKKALASKENTAA VARTEN

A muutos

B muutos

C muutos

		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37					
A	POSITIO	VALAISIN																										LKM YHT	MUUTOS	HUOM!	A		
B		VALAISIMEN VALMISTAJA				VALAISIMEN TYYPPI				HÄIKÄISY-SUOJA	TEHO W	LAMPPU	ASENN. TAPA	LIITÄNTÄ YKSIKKÖ	KOMPEN-SOINTI																B		
C	1	Ensto				AL375LED IP54 LED 12W/840																								2		C	
D	3	Hidealite				1218 Comfort Valkoinen 3000K								Liitäntälaitte sntro: 4011346																	31		D
E	4	Airam Electric Oy Ab				FLAT P II 120 IP44 9W/830 DIM																								5		E	
F	5	Feilo Sylvania Finland Oy				GU10 4271330 3K IP44 WH						LED PAR16	5,5W/828 GU10 3ST DIM BL																	25		F	
G	5.1	Feilo Sylvania Finland Oy				GU10 4271330 3K IP44 WH						PRO LED PAR16	7W/830 GU10 DIM BX																		12		G
H	6	Saas Instrumentti Oy				STRIP PRO P 18,5W/M IP20 3K								Liitäntälaitte sntro: 40 190 07					LUKUMÄÄRÄT TASOPIRUSTUKSESTA													H	
I	6.1	M-light				ML2700RAIL													LUKUMÄÄRÄT TASOPIRUSTUKSESTA														I
J	7,1	BEGA				Wall luminaire 33581 W K3					10,3	LED-MOD			alaspäin suunnattu															2		J	
K	7,2	BEGA				Wall luminaire 33581 W K3					10,3	LED-MOD			Ylöspäin suunnattu															6		K	
L	8	Peilikaappi				Asennus ja hankinta (RU) kytkentä (SU)																								9		L	
M																													1		M		
N	9	M-light				MAADAL203KX					19	LED-MOD																		9		N	
O	10	Cariitti Oy				SAUNA LINEAR 4M (VPAC-1527)															LUKUMÄÄRÄT TASOPIRUSTUKSESTA											O	
P	11	Ensto Lighting				AVH11.1				Puuritilä		PRO LED AIRAM OP	A60 9W/830 E27 BX																	4		P	
Q	12	Saas Instrumentti Oy				FLOOR+ 1X3W 3K								Liitäntälaitte sntro: 4128045																18		Q	
R	13	astro				Gramos Round Brushed Stainless Steel1312001 (7131)						LED PAR16	5,5W/828 GU10 3ST DIM BL																2		R		
S	15	Hidealite				1202 Multi Harjattu teräs 3000K								Liitäntälaitte sntro: 4011337																11		S	