

Julius Uotila

Kiinteistön sähkösuunnittelu KNX-järjestelmällä

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkövoimatekniikka

Insinöörityö

23.9.2015

Tekijä Otsikko	Julius Uotila Kiinteistön sähkösuunnittelu KNX-järjestelmällä
Sivumäärä Aika	75 sivua + 4 liitettä 23.9.2015
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Sähkötekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Sähkövoimatekniikka
Ohjaaja(t)	Sähköosaston päällikkö Markku Ollikainen Lehtori Jarno Nurmio
<p>Insinööriyössä vertaillaan KNX-järjestelmää tavanomaiseen VAK-pohjaiseen automaatiojärjestelmään kiinteistöjen sähkösuunnittelussa. Vertailukohtana on käytetty neuvotteluhuoneen automaatiota.</p> <p>Aivan aluksi työssä esitellään perustietoja viestintäteknologiasta, sekä eri automaation väylätekniikoista, joista KNX:stä kaikista yksityiskohtaisimmin. Työn lopuksi esitetään hintavertailu KNX:llä ja VAK-pohjaisella automaatiojärjestelmällä tehdystä neuvotteluhuoneesta.</p> <p>Lopputuloksena havaittiin, että useimmat automaatiojärjestelmät ovat ominaisuuksiltaan hyvin samankaltaiset ja järjestelmien ero tulee esiin pääasiassa niiden rakenteessa. Hintavertailussa hinnat todettiin hyvin samankaltaisiksi, vaikkakin hyvin hankalasti vertailtaviksi. KNX-järjestelmällä tehtäessä automaatiourakan ja -suunnittelun osuus hävisi kokonaan ja se lisäsi työtä huomattavasti sähkösuunnitteluun. Tavanomaisesti automaatioon kuuluva työ siirtyi sähkösuunnittelijan vastuulle. KNX-järjestelmän kankeus IV-suunnittelussa osoittautui suurimmaksi kompastuskiveksi.</p> <p>Kunnollista vertailua varten tulisikin rakentaa kaksi identtistä rakennusta kahdella eri automaatiojärjestelmällä. Kehittyvä teknologia ja tulevaisuuden ennustamattomuus tekevät järjestelmien todellisen vertailun huomattavan monimutkaisesti.</p>	
Avainsanat	KNX, VAK, Hintavertailu

Author(s) Title	Julius Uotila Real Estate Electrical Planning Using KNX Building Automation System
Number of Pages Date	75 pages + 4 appendices 23 th of September 2015
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical Engineering
Specialisation option	Electrical Power Engineering
Instructor(s)	Markku Ollikainen, Head of Electrical Department Jarno Nurmio, Senior Lecturer
<p>This thesis compares KNX-automation system to a VAK-based automation system in real estate electrical planning. For comparison plans of meeting room automation were made with both systems.</p> <p>First, basic information about information and communication technology and information about different building automation BUS-technologies, of which KNX was the most detailedly introduced, is presented. At the end of the thesis there is a comparison between the two automation systems.</p> <p>As a result, it was found out that most of the automation systems can perform at a same level. Just the methods of building the system differ with each system. In the price comparison the prices of each system were found to be about the same, even though the comparisons between the two different automation systems were hard to make. When making the meeting room automation with KNX-system, the share of automation planning and automation contractor's work was cut out. With the KNX-system the electrical planner had to step in to the area of automation planner which increased electrical planner's work considerably. The biggest stumbling block for KNX-system was the rigidity of planning a ventilation automation system with it.</p> <p>For a proper comparison you would have to build two identical buildings with two different automation systems. The developing technology and the unpredictable future of the industry made the comparison with each system considerably more complicated.</p>	
Keywords	KNX, VAK, Price comparison

Sisällys

1 Johdanto.....	1
2 Tiedonsiirtomediat	2
2.1 Kierretty pari.....	2
2.2 Sähköverkko	3
2.3 Radioverkko	3
2.4 Optiset kuidut	4
2.5 Koaksaalikaapeli	5
2.6 Infrapunaverkko	6
2.7 IP	7
3 Väylien topologiat	7
3.1 Väylätologia.....	8
3.2 Rengstopologia	9
3.3 Tähtitologia.....	9
3.4 Puutologia	10
3.5 Vapaa topologia	11
3.6 Yhdistelmätopologia eli hybridiverkko.....	12
4 Erilaisia väyläratkaisuja.....	12
4.1 LonWorks.....	12
4.2 BatiBus.....	14
4.3 EHS.....	15
4.4 EIB	15
4.5 Modbus	19
5 KNX-Järjestelmä.....	21
5.1 KNX-järjestelmän käyttösovellutukset ja edut	21
5.1.1 Suunnittelijan edut KNX-järjestelmässä	21
5.1.2 Asentajan edut KNX-järjestelmässä.....	21

5.1.3 Loppukäyttäjän edut KNX-järjestelmässä.....	22
5.2 KNX-järjestelmän ohjaus	22
5.2.1 Valaistuksen, aurinkosuojien ja sälekaihtimien ohjaus	22
5.2.2 Huonelämpötilan yksilöllinen ohjaus	23
5.2.3 Lämminvesivaraajan ohjaus.....	25
5.3 Kuormituksen hallinta	26
5.4 KNX-järjestelmän monitorointi	27
5.5 Turvallisuus	28
5.6 Asunnon kommunikaatio	29
5.7 Audio/video KNX-järjestelmässä	29
5.8 Saniteettitilat ja kodinkoneet.....	30
6 Siirtomediat.....	30
6.1 KNX-järjestelmän tiedonsiirtoväylät	30
6.1.1 Väyläkaapeli siirtotienä KNX-järjestelmässä	30
6.1.2 Sähköverkko siirtotienä KNX-järjestelmässä	33
6.1.3 Radiotaajuus siirtotienä KNX-järjestelmässä.....	35
6.2 Topologia ja struktuuri	36
6.3 Väylälaitteiden rakenne	38
7 KNX-järjestelmän ohjelmointi	40
8 Suunnittelu, projektisuunnittelu ja käyttöönotto	41
8.1 Suunnittelu	41
8.2 Projektisuunnittelu	43
8.3 Suunnittelu väyläkaapelia käyttäen	45
9 Käyttöönotto	50
10 Käyttö ja huolto	52
11 Ukkos- ja ylijännitesuojaus, maadoitus ja potentiaalintasaus	53
11.1 Projektisuunnittelun ohjeet ukkos- ja ylijännitesuojaukselle	54
11.2 Ylijännitesuojien asennussuositukset	55
11.3 Maadoitus ja potentiaalintasaus	56

12 Liitännät muihin automaatiojärjestelmiin.....	57
12.1 Liitäntä DALI-valaistuksenohjausjärjestelmään.....	58
13 KNX-laitteet	59
13.1 Keskuskomponentit	59
13.1.1 KNX-virtalähde.....	59
13.1.2 KNX-liitinyksikkö ohjelmointia varten.....	60
13.1.3 Logiikkayksikkö.....	61
13.1.4 Linja- / alueyhdistin	61
13.1.5 Binäärivastaanotin	62
13.1.6 Kytkeyksikkö	63
13.1.7 Muut.....	63
13.2 Kentälle asennettavat KNX-toimilaitteet.....	64
13.2.1 Painikkeet ja ohjauspaneelit.....	64
13.2.2 Liiketunnistimet	65
13.2.3 Anturit	66
13.2.4 Termostaatit.....	66
13.2.5 I/O-yksikkö	67
14 Automaatiojärjestelmien vertailu	67
14.1 Neuvotteluhuoneen automaation toimintaperiaate.....	67
14.2 Alkuperäinen automaatio suunnitelma.....	68
14.3 KNX-suunnitelma	69
14.4 Vertailun lopputulos.....	71
15 Yhteenveto	72
Lähteet	73

Liitteet

Liite 1. 303TK Säättökaavio

Liite 2. 303TK IV-koneen toimintaperiaate

Liite 3. Neuvotteluhuoneen automaatio suunnitelma

Liite 4. Neuvotteluhuoneen KNX-automaatiosuunnitelma

Lyhenteet

AC	<i>Alternating Current</i> , Vaihtosähkö
AC	<i>Area Coupler</i> , KNX-alueyhdistin
AM	<i>KNX-käyttömoduuli</i>
BCU	<i>Bus Coupling Unit</i> , KNX-väyläliitäntäyksikkö
BUS	Automaatiotekniikan väylän nimitys
Bitti	Informaatiotekniikassa informaation määrän mitta
BCI	BatiBus-väylätekniikan organisaatio
CENELEC	<i>European Committee for Electrotechnical Standardization</i> , eurooppalainen sähköalan standardisointijärjestö.
CSMA/CA	<i>Carrier Sense Multiple Access With Collision Avoidance</i> , tietoliikenteen siirtotien varausmenetelmä.
DALI	<i>Digital Addressable Lighting Interface</i> , digitaalinen valaistuksen ohjausväylä.
DC	<i>Direct Current</i> , Tasasähkö
ETS	<i>Engineer Tool Software</i> , KNX-järjestelmän ohjelmointiin käytettävä ohjelmisto.
EIBA	<i>European Installation Bus Association</i> , EIB-järjestelmän järjestö
EHSA	<i>European Home Systems Association</i> , EHS-järjestelmän järjestö
ISM	<i>Industrial-Scientific-Medical</i> , Taajuusalue joka on tarkoitettu teollisuuden, tieteen ja lääketieteen käyttöön.
LC	<i>Line Coupler</i> , KNX-linjayhdistin

PELV	<i>Protected Extra Low Voltage</i> , Alle 50VAC tai 120VDC maadoitettu pienoisjännite
PLC	<i>Powerline communications</i> , datasähkö
PVC	<i>Polyvinyylikloridi</i> , teollisuudessa laajalti käytetty muovi
PSU	<i>Power Supply Unit</i> , virtalähde
SELV	<i>Separated Extra Low Voltage</i> , Alle 50VAC tai 120VDC pienoisjännite, joka on maasta erotettu
STP	<i>Shielded twisted pair</i> , suojattu kierretty pari
UTP	<i>Unshielded twisted pair</i> , suojaamaton kierretty pari
USB	<i>Universal Serial Bus</i> , sarjaväyläarkkitehtuuri oheislaitteiden liittämiseksi mm. tietokoneisiin
VAK	<i>Valvonta alakeskus</i> , rakennusautomaation keskus

1 Johdanto

Tänä päivänä tarve kiinteistöjen monipuoliselle säädettävyydelle, niin mukavuutta kuin energiasäästöä ajatellen, on suuri. Ilmaston lämpenemisestä aiheutunut huoli kiristää rakennusten energiatehokkuuden vaatimuksia. Energiatehokkuus vaatii rakennuksilta lisää säädettävyyttä niin ilmastoinnin, kuin valaistuksen ja muiden energiaa kuluttavien komponenttien suhteen. Lisääntyvä säädettävyys rakennuksissa vaatii kuitenkin enemmän johdotusta eri komponenttien välillä, mikä itsessään lisää niin materiaali- kuin suunnittelukustannuksia.

Jotta yksi järjestelmä pystyisi säätämään kaikkia rakennuksen komponentteja, on komponenttien kommunikoitava ns. samalla kielellä. Tätä varten kehitettiin KNX-väyläteknikka. KNX-taloautomaatiojärjestelmässä kaikki halutut komponentit ovat yhdistettynä toisiinsa ja näin kommunikoivat keskenään. Väylän laitteet voivat olla niin sensoreita kuin käyttölaitteita, kuten valaistus, verhot, turvajärjestelmät, AV-järjestelmä, ilmanvaihto ja lämmitys jne. Kaikkia näitä on mahdollista ohjata KNX-taloautomaatiojärjestelmällä ilman, että tarvitaan erillistä ohjauskeskusta. [1.]

KNX-kohteita on tehty ympäri maailmaa. Useita miljoonia KNX-asennuksia löytyy niin Euroopasta, kuin Aasiasta ja Amerikasta. Maailmassa on yli 370 KNX-jäsenyritystä, joiden tuotekatalogeista löytyy yli 7000 KNX-sertifioitua tuotetta. KNX on osa kansainvälistä standardia (*ISO/IEC 14543-3*), eurooppalaista standardia (*CENELEC EN 50090 ja CEN EN 13321-1*) sekä kiinalaista standardia (*GB/T 20965*). KNX tuotteet eivät ole sidottuja tiettyihin valmistajiin, vaan eri valmistajien KNX-tuotteita voidaan yhdistää. KNX-trademarkin logo takaa komponenttien yhteensopivuuden. KNX-järjestelmä on avoin ja maailmanlaajuinen standardoitu taloautomaatiojärjestelmä. [1.]

KNX-taloautomaatiojärjestelmän tuomat hyödyt ovat matalissa käyttökustannuksissa, jotka tuovat suuria energiasäästöjä. KNX-järjestelmässä voidaan ottaa huomioon mm. päivänvalon vaikutus huoneiston valaistukseen sekä lämmityksen päälle- ja poiskytkentä ihmisten läsnäolon mukaan. Tällaiset ratkaisut tuovat jo merkittäviä säästöjä energiakustannuksiin. Tämän lisäksi hyötyä on ajansäästössä niin asentamisessa kuin suunnittelussa sekä KNX-järjestelmän soveltuvuudessa tulevaisuuden applikaatioihin sen helpon muunneltavuuden vuoksi. [1.]

Tässä työssä on tarkoitus esittää KNX-järjestelmän perusteita ja käyttötapoja ja selvittää millaisissa tilanteissa KNX-taloautomaatiojärjestelmän käyttö on kustannustehokasta ja kannattavaa tavanomaisten automaatiojärjestelmien sijaan. Sen lisäksi tämä aineisto tulee toimimaan insinööritoimisto Hepacon Oy:n KNX-suunnittelun ohjeistuksena. Tavoitteena on luoda asiakkaan tarpeita palveleva energiatehokas ja toimiva KNX-järjestelmä. [1.]

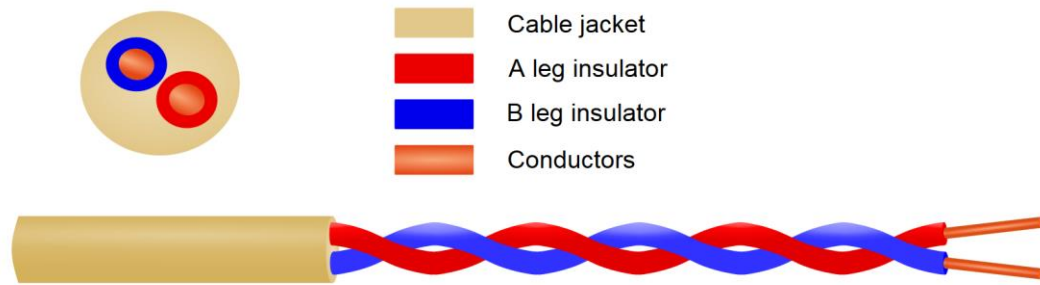
2 Tiedonsiirtomediat

Tiedonsiirtomediat voidaan jakaa langallisiin ja langattomiin siirtoteihin. Molemmat ryhmät sisältävät useita toteutustapoja, joiden sovellettavuus ja käyttötavat vaihtelevat suuresti. Langallisia tiedonsiirtomedioita ovat erilaiset parikaapelit, koaksaalikaapelit, sekä optiset kuidut, joissa signaali kulkee jonkin välittäjäaineen kautta. Tässä tietoa siirretään sähköisessä tai optisessa muodossa kohteesta kohteeseen. Siirrettävää tietoa voidaan siirtää sekä analogiset, että digitaalisesti. Langattomissa tiedonsiirtomedioissa siirtotekniikka perustuu sähkömagneettisten aaltojen vapaaseen etenemiseen. Tällaisia ovat esim. radioaaltoihin perustuvat signaalit, jotka etenevät ilmassa vapaasti. [2, s. 98.]

2.1 Kierretty pari

Kierretty pari, eli symmetrinen kaapeli muodostaa kahdesta toisistaan eristetystä johtimesta, jotka on yhdistetty toisiinsa (kuva 1.). Tässä johtimet kierretään toistensa ympärille tiedonsiirron laadun parantamiseksi. Kiertäminen parantaa kaapelin häiriönsietokykyä, sillä se vähentää sähkömagneettisten häiriöiden vaikutusta johdolla kulkevaan signaaliin. Tämä johtuu siitä, että vierekkäisten johtimien läpi menevien magneettikenttien virrat kumoavat toisensa. Kun kierretty parikaapeli on päällystetty metallipunoksella, puhutaan suojatusta parikaapelista, eli STP:stä (Shielded Twisted Pair). Suojaamatonta parikaapelia kutsutaan UTP:ksi (Unshielded Twisted Pair). [2, s.98.]

Kierretyn parikaapelin etuja ovat sen halpuus ja helppo asennettavuus. Sen tiedonsiirto-ominaisuudet ovat samaa tasoa kuin koaksaalikaapelin [2, s. 98].



Kuva 1. Kierretty parikaapeli. [2, s. 98.]

2.2 Sähköverkko

Datasähkö eli PLC (Powerline communications) on vahvasähkön puolella tapahtuvaa tiedonsiirtoa. Sähköverkon etu sen käyttönä tiedonsiirtotekniikassa on sen helppo kytkentä kiinteistön laitteisiin. Datasähkön suurin etu on se, että se tarjoaa koko rakennuksen kattavan lähiverkon ilman lisäkustannuksia. Datan ja puheen siirrossa hankalimmaksi ongelmaksi koituu sähköverkon kohina ja heijastumiset. Puheen siirto on alttiimpi häiriöille kuin datan siirto. Tämän vuoksi sähköverkko soveltuu paremmin datan siirtoon. Periaatteessa datasähkö tarjoaa symmetrisen kaksisuuntaisen laajakaistayhteyden, johon voi liittyä kiinteistön jokaisesta pistorasiasta. Tietoa siirrettäessä sähköverkon kautta se muuntautuu pieniksi jännitteen vaihteluiksi. Datasähköjärjestelmät toimivat 1 - 30 MHz:n taajuusalueilla, sillä näillä taajuuksilla häiriöt ovat vähäisiä. [2, s.103.]

2.3 Radioverkko

Radiotiellä tarkoitetaan langatonta siirtotietä, jossa sähkömagneettisten aaltojen kulkua ei suunnata antennien avulla, vaan säteilyn sallitaan edetä ympäriinsä kaikkiin mahdollisiin suuntiin. Tämän vuoksi käytettävien antennien ei tarvitse olla lautasantenneja. Radiotien ongelmaksi koituu sen käytettävyys kenen tahansa toimesta, sillä signaalit ovat helposti ”kaapattavissa” ja kuunneltavissa ulkopuolisista lähteistä. Radioverkkoa käytetään pääosin broadcast-sovelluksiin ja radio- ja tv-ohjelmien välittämiseen. [2, s.101.]

Radiotien etuna ja haittana voidaan ajatella olevan sen leviäminen seinän läpi. Näköyhteyttä ei vaadita, mutta sen turvallinen käyttö vaatii salausta. Se on myös herkkä vastaanottamaan häiriöitä muista verkoista. [2, s.101.]

Radioaalloilla siirretyn signaalin eteneminen on huomattavasti ongelmallisempaa kuin kaapelissa siirretyn signaalin. Ilmakehän epätasaisuuden aiheuttama sironta vaimentaa signaalia, vaikkakin se mahdollistaa jopa kahden tuhannen kilometrin siirtoetäisyydet. Sirontaa tapahtuu pääasiassa 0,3 - 10 GHz:n taajuuksilla. Alle 30 MHz taajuuksilla radioaallot saattavat heijastua ionosfääristä ja näin heijastua uudestaan maanpinnasta, jonka avulla signaalin on mahdollista kiertää jopa maapallon ympäri. [2, s.102.]

Maapinta-aalloilla voidaan myös päästä radiohorisontin taakse. Maanpinta-aallon vaimennus kasvaa nopeasti taajuuden kasvaessa, joten se toimii vain alle 10 MHz taajuuksilla. [2, s.102.]

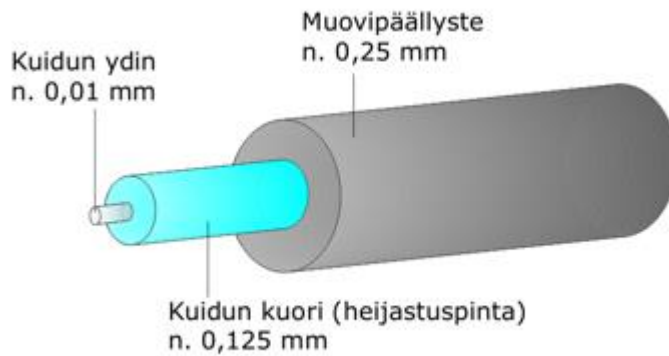
2.4 Optiset kuidut

Optinen kuitu on tehty joko muovista tai lasikuidusta ja on halkaisijaltaan noin 50 - 150 µm paksu. Optinen kaapeli muodostuu yhdestä tai useasta optisesta kuidusta sekä vahvikkeista ja suojakuorista (kuva 2.). [2, s. 100.]

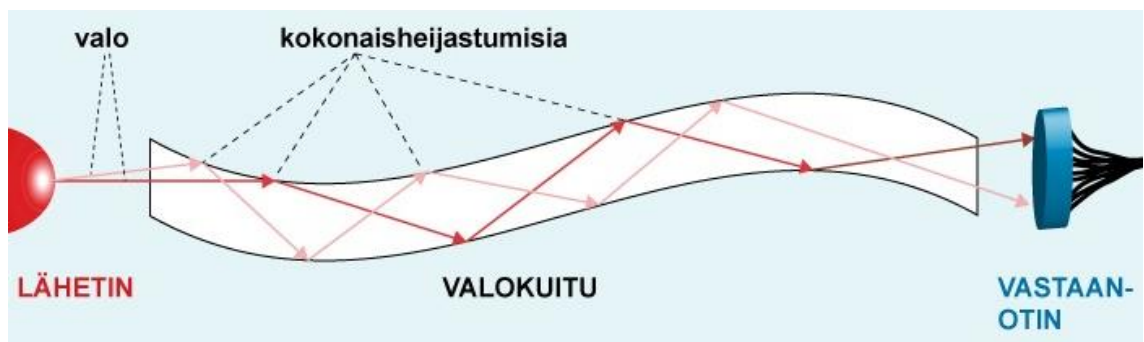
Kuitu on valmistettu kahdesta kerroksesta, joiden optiset taitto-ominaisuudet ovat erilaiset. Tästä aiheutuu valon kokonaisheijastuminen kuidun sisällä. Valo siis käytännössä kulkee kuidun sisällä heijastuen kuidun reunasta reunaan pääsemättä sieltä ulos (kuva 3.). [2, s. 100.]

Optisen kuidun hyvinä puolina ovat sen korkea tiedonsiirtonopeus ja -etäisyys sekä sähkömagneettisten häiriöiden hyvä sietokyky ja kaapelin pienuus. Huonona puolena on asennusten hankaluus mm. sen vuoksi, ettei kaapelin asennuksessa voida tehdä jyrkkiä mutkia, sekä kuituverkon rakentamisesta koostuvat korkeat kustannukset. [2, s. 101.]

Optisia kaapeleita käytetään mm. puhelinverkon verkkoryhmä- ja kaukokaapeleina, kaapelitelevisioverkoissa ja yleisesti datasiirtokaapelina. Nykyään suuret runkokaapelit rakennetaan valokuidusta niiden ylivoimaisen tiedonsiirtonopeuden vuoksi. [2, s. 101.]



Kuva 2. Optinen kuitu [2, s. 101.]



Kuva 3: Optisen kuidun toiminta [2, s. 101.]

2.5 Koaksiaalikaapeli

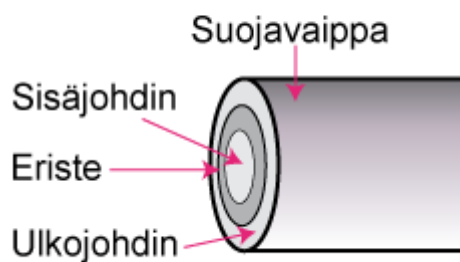
Koaksiaalikaapeli muodostuu kolmesta pääosasta. Ulommainen on PVC-muovikuoren suojaama metallinen eristejohdin. Sen sisällä on yleensä polyeteenistä valmistettu eristekerros, ja sisimmäisenä on hehkutetusta kuparilangasta tehty signaalijohdin (kuva 4.). [2, s. 99.]

Koaksiaalikaapeli sietää hyvin sähkömagneettisia häiriöitä ja on periaatteessa jopa immuuni ulkopuolisille häiriötekijöille. Sen siirto-ominaisuudet ovat myös paremmat kuin kierretyssä parissa. Myös koaksiaalikaapelin vaimennusominaisuudet ovat ylivoimaiset, sillä vaimeneminen alkaa olla merkittävää vasta satojen megahertsien taajuuksilla. Koaksiaalikaapelin ongelmaksi muodostuu kapasitanssin aiheuttamat

amplitudivääristymät eri taajuuksilla, sekä kaapelin jäykkyydestä aiheutuvat ongelmat mm. kaapeloinnissa. [2, s. 99.]

Koaksiaalikaapeli on yleinen lähiverkossa käytetty siirtokaapeli ja sitä käytetään mm. kaukopuhelinverkon kaapelina, yhteisantenni- ja kaapelitelevisioverkkojen kaapelina ja antennien syöttö- ja videosignaalin siirtokaapelina. Koaksiaalikaapelia on saatavilla erikokoisina. Kaapelin poikki pinta-alan kasvaessa kaapelin vaimennusominaisuudet paranevat, mutta hinta nousee ja käytettävyys hankaloituu poikki pinta-alaltaan suuremman kaapelin jäykkyyden vuoksi. Poikki pinta-alaltaan ohuempi kaapeli on hinnaltaan halvempi, mutta vaimennusominaisuuksiltaan huonompi. Poikki-pinta-alaltaan ohuemman kaapelin asentaminen on myös huomattavasti vaivattomampaa sen taipuvuuden vuoksi. [2, s. 99.]

Koaksiaalikaapeli



Kuva 4: Koaksiaalikaapeli. [2, s. 99.]

2.6 Infrapunaverkko

Infrapuna vaatii näköyhteyden laitteiden välille, sillä se ei kykene läpäisemään mitään. Lähetytapana voidaan käyttää niin suunnattua kuin huonetilaan hajautettua lähetytapaa. Infrapuna soveltuu parhaiten muutaman kymmenen metrin tiedonsiirtoon saman huoneen sisällä. Suunnattuna infrapunaa voidaan käyttää kahden laitteen väliseen tiedonsiirtoon suuremmalla tiedonsiirtonopeudella. [2, s. 99 - 100.]

Infrapunan etuna on sen antama mahdollisuus tehdä laitteista edullisia, yksinkertaisia ja helppokäyttöisiä. Se, että tieto ei pääse kulkemaan esteiden/seinien läpi, voidaan ajatella tietoturvallisuuden kannalta etuna, mutta se on myös omalta osaltaan haitta

näköyhteyden pakollisuuden vuoksi. Ulkopuolinen valonlähde haittaa infrapunayhteyttä ja sen kantomatka on ilmassa vain 25 - 30 metriä. [2, s. 100.]

2.7 IP

IP eli Internet Protocol on TCP/IP-mallin internet kerroksen protokolla. Se huolehtii IP-tietoliikennepakettien toimittamisesta perille pakettikytkentäisessä verkossa. IP-tietoliikennepaketit toimitetaan kohteeseensa IP-osoitteiden perusteella. IP-osoite (IPv4) muodostuu neljästä pisteen erottamasta 8-bittisestä numerojonosta (0-255). Esimerkiksi 1.241.30.254. [4.]

IP-pohjainen tiedonsiirto tapahtuu sähköinä (parikaapeli), valona (valokuitu) tai radioaaltoina. Automaatiotekniikassa järjestelmät on monesti kytkettävissä internettiin ja etäohjattavissa sitä kautta. Kodin automaatiojärjestelmää voidaan siis hallita esimerkiksi työpaikalta käsin. Internetin välityksellä siirtyvän tiedon heikkoutena on sen tietoturva. Kun järjestelmän koko hallinta on etäohjattavissa internetin välityksellä, on se myös silloin mahdollista hakkeroida ja käyttää sitä väärin tarkoituksiin.[4; 25]

3 Väylien topologiat

Topologiassa verkon asemasta on kaapelin välityksellä yhteys jokaiseen verkon muuhun asemaan. Jotta verkko olisi kustannustehokas, tulee kaapelia käyttää mahdollisimman vähän. Kaapelointitapoja nimitetään verkkotopologioiksi. On olemassa fyysinen ja looginen topologia. [2, s. 71.]

Fyysinen topologia tarkoittaa rakennetta, jossa topologian saa selville seuraamalla asennettuja kaapeleita. Looginen topologia on taasen toimintamalli, jota verkko käyttää toimintaperiaatteenaan. Lähiverkko voi siis näyttää erilaiselta kaapeleita seurattaessa, kuin miten sen toimintaperiaatteen luulisi toimivan. Paras verkkotopologia on teoriassa sellainen verkko, joka on täysin kytketty toisiinsa ja jossa jokaisen asemaparin välillä on fyysinen kaapeli. Tämä kuitenkin aiheuttaa kohtuuttomia kaapelointikustannuksia, joten se ei ole toteuttamiskelpoinen ratkaisu. Yleisimmät ja tärkeimmät verkkotopologiat ovat

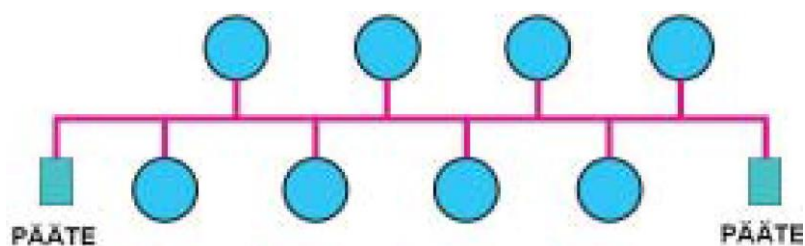
- väylä-topologia

- rengas-topologia
- tähti-topologia. [2, s. 71.]

3.1 Väylätopologia

Väylätopologiassa kaikki asemat on yhdistetty samaan kaapeliin, jonka päitä ei ole yhdistetty toisiinsa. Tässä väyläkaapelina käytetään yleensä kierrettyä parikaapelia tai koaksaalikaapelia. Myös optinen kuitu voi olla käytössä. Väylätopologiassa jokainen asema voi lähettää tietoa väylän jokaiselle muulle asemalle. [2, s. 72.]

Väylätopologiassa väylän päihin on laitettava päätevastukset, jotka vähentävät väylän toimintaa heikentäviä häiriösignaaleja. Verkon kaikkien asemien käytössä on vain yksi siirtokaapeli, minkä vuoksi vain yksi viesti voi kulkea väylällä kerrallaan. Kullakin lähiverkon asemalla on oma verkko-osoitteen, jonka perusteella se erotetaan muista verkon asemista. Lähetettäessä viestiä verkon asemalta toiselle, sisältää viesti sen vastaanottajan osoitteen, jotta se löytäisi oikeaan osoitteeseen. Muut väylän laitteet voivat kuitenkin lukea viestin, mutta ei vastaanotata sitä. Tämä verkko-osoitteellinen järjestelmä on käytössä kaikissa verkkotopologioissa, ei vain väylä-topologiassa. Kuvassa 5 on esimerkki väylätopologiasta. [2, s. 72.]



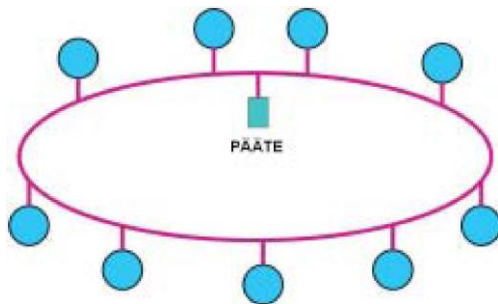
Kuva 5. Väylätopologia. [2, s. 72.]

Väylän etuja ovat sen luotettavuus, yksinkertaisuus, uusien asemien liittämisen helppous ja laaja levinneisyys. Käyttösovelluksia on paljon useilla eri toimialoilla. [2, s. 72.]

3.2 Rengastopologia

Rengastopologiassa verkko kaapeloidaan renkaan muotoon. Kaapelina voi toimia parikaapeli, koaksaalikaapeli tai optinen kuitu. Tässä viesti, jonka esim. asema A lähettää, kiertää siis renkaan ympäri ja palaa takaisin asemalle A. Kuten väylässäkin, jokainen asema voi lähettää tietoa kaikille asemille. [2, s. 73.]

Rengastopologian heikkoutena on sen haavoittuvaisuus tilanteessa, jossa yksi renkaan laite hajoaa, sillä se voi pahimmassa tapauksessa pysäyttää koko renkaan toiminnan. Rengasverkon ero väyläverkkoon nähden on se, että väylässä kaikki asemat kuulevat sanoman lähes yhtä aikaa. Renkaassa viesti kulkee asemalta toiselle, ja vain yksi asema voi lukea viestin kerrallaan. Kuvassa 6 on esimerkki rengastopologiasta. [2, s. 73 - 74.]



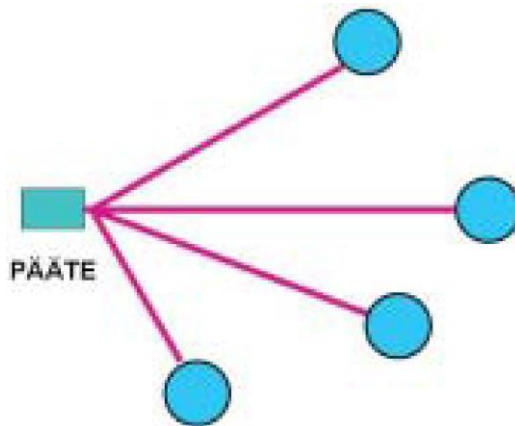
Kuva 6. Rengastopologia. [2, s. 74.]

Rengasverkko on suosittu lähiverkkotopologia. Erityisesti sitä käytetään automaatiojärjestelmien yhteydessä siirto- sekä toimistoverkkona. Rengasverkkojen suurin etu on IBM:n johtama kaupallinen tukiryhmä. [2, s. 74.]

3.3 Tähtitopologia

Tähtitopologiassa kaikki asemat kytketään tähden keskipisteessä olevaan kytkentäkeskukseen, jonka kautta kaikki viestit kulkevat. Verkon kaapelointi voidaan tehdä koaksaalikaapelilla, kierrettyllä parikaapelilla tai optisella kuidulla. Sen on havaittu olevan yksi parhaista ratkaisuista suunniteltaessa optisia verkkoratkaisuja. Parhaimmillaan tähtitopologia on joustava, ja asemien liittäminen ja poistaminen voi

olla hyvinkin helppoa, se kuitenkin riippuu kytkentäkeskusten ominaisuuksista. Kuvassa 7 on esimerkki tähtitopologiasta. [2, s. 74.]

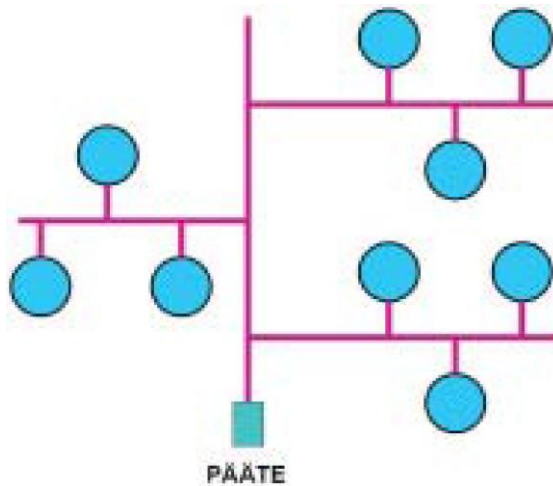


Kuva 7. Tähtitopologia. [2, s. 75.]

Tähtitopologian suurimpana heikkoutena on kytkentäkeskuksen rikkoutuessa aiheutunut verkon toimintakyvyttömyys. Tämän välttämiseksi kytkentäkeskuksia voidaan tehdä kaksi, mutta se aiheuttaa huomattavasti lisäkustannuksia. [2, s. 75.]

3.4 Puutopologia

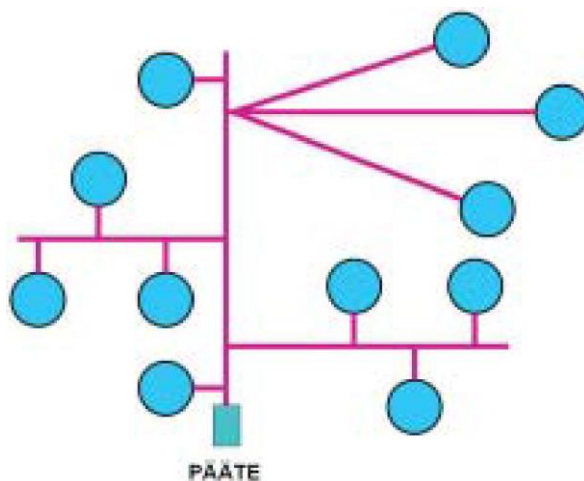
Puumainen topologia on kustannustehokas rakennustapa kaapelikustannuksia silmällä pitäen. Tässä kuitenkin kaapeloinnin kokonaispituus on vain puolet väylässä käytettävästä kaapelipituudesta. Etuna voidaan ajatella olevan sen muuntojoustavuus. Verkko tulee sovittaa päätteellä yhdestä kohdasta. Kuvassa 8 on esimerkki puutopologiasta. [2, s. 75.]



Kuva 8. Puutopologia.

3.5 Vapaa topologia

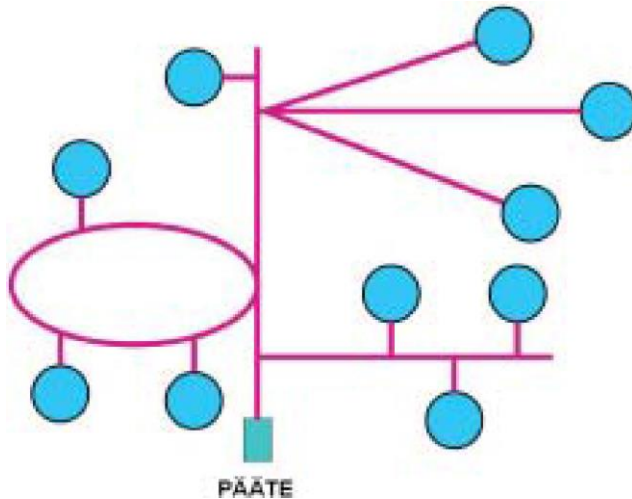
Vapaata topologiaa käytetään rakennuksessa sen kaapeloinnin helpon asentamisen ja suunnittelun vuoksi. Tässäkin tapauksessa kaapeloinnin kokonaispituus on vain puolet väylämäiseen topologiaan verrattuna. Kokonaispituus riippuu käytettyjen väyläsovittimien ja kaapeleiden ominaisuuksista. Kuvassa 9 on esimerkki vapaasta topologiasta. [2, s. 76.]



Kuva 9. Vapaa topologia. [2, s. 76.]

3.6 Yhdistelmätopologia eli hybridiverkko

Hybridiverkko voi syntyä esimerkiksi saneerauskohteeseen, ja se on hyvin ongelmallinen verkko. Sen impedanssisovitukset ja verkon hallittavuus ovat vaikeita. Se on myös kaikista herkin häiriöille, koska esim. renkaaseen jäävä ongelma saattaa heijastua verkon muihin osiin. Kuvassa 10 on esimerkki yhdistelmätopologiasta. [2, s. 77.]



Kuva 10. Yhdistelmätopologia. [2, s. 77.]

4 Erilaisia väyläratkaisuja

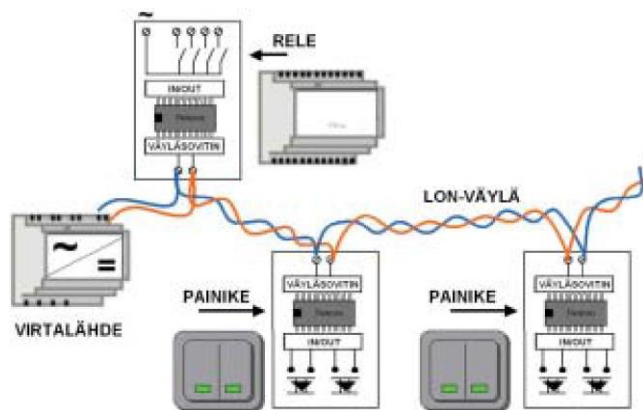
4.1 LonWorks

LonWorks on yhdysvalloissa Echelon Corporationin vuonna 1990 julkaisema kenttäväyläratkaisu. LonWorks-teknologian ytimenä toimii Neuron-piiri, jonka oikeudet Echelon omistaa. Neuron-piirin valmistuksen hoitavat Cybresin ja Toshiba kaltaiset suuret komponenttivalmistajat. [2, s. 219.]

LON-verkossa ideana on saada toisistaan riippumattomien laitteiden ohjaus ja käyttö laitevalmistajasta riippumattomalle väylälle. Siinä älykkäät solut kommunikoivat keskenään käyttäen LonTalk-standardiprotokollaa. Tämän lisäksi järjestelmään kuuluvia osia ovat LonWorks-väyläsovittimet, LonBuilder- ja LonMaker-työkalut sekä aputuotteet, kuten erilaiset sillat, reitittimet ja apuohjelmat. [2, s. 220.]

LON-väylän etuna on se, että komponenttien ja tarvittavan kaapeloinnin määrä vähenee, koska LON-väylässä datansiirtoon käytetään vain yhtä paria ja valaistuksen ohjauksessa samaa paria pitkin tuodaan myös tehonsyöttö eri komponenteille. Myös kytkentäpisteiden määrä vähenee kolmanneksella, mikä pienentää vikapisteiden määrää huomattavasti, sillä suurin osa vioista löytyy juuri komponenttien kytkentäpisteistä. [2, s. 220.]

LonWorksissa jokainen LON-solmu sisältää mekaaniseen toimintaan liittyvien komponenttien lisäksi prosessoripiirin ja väyläsovittimen. Prosessoripiiri on LonWorksin ytimenä toimiva Neuron-piiri, ja väyläsovittimessa on lähetin-/vastaanotinpiiri. I/O-liityntäpinnan kautta ohjataan sovellustehtäviä ja kommunikointiportilla ollaan yhteydessä verkkoon. Kuvassa 11 on esimerkki solmujen ja väylän kytkennästä. [2, s. 221.]



Kuva 11. Solmujen ja väylän kytkentä LonWorksissa. [2, s. 221.]

LonWorks-tekniikalla voidaan hoitaa säädöt, trendit, tietokanta, hälytykset, aikataulut, suodatukset ja vuodon valvonta. Kiinteistön LON-verkolla voidaan ohjata useita eri järjestelmiä, kuten valaistus, sähkönjakelu, ilmastointi, kulunvalvonta, palohälytys jne. Lon-solmut kytketään toisiinsa väyläsovittimen avulla, joka sovittaa käytetyn siirtotien

Neuron-piirille. Siirtotienä voidaan käyttää kierrettyä paria, sähköverkkoa, radiotaajuutta, infrapunayhteyttä ja kuitukaapelia. [2, s. 222.]

4.2 BatiBus

BatiBus on ranskalaisen standardin *NFC 46620* mukainen Merlin Gerin yhtiön tekemä avoin rakennusautomaation kenttäväylä. Sen tiedonsiirtonopeus on 4,8 kbps, eikä protokolla vaadi mitään erityistä väylänohjauspiiriä, vaan se soveltuu mihin tahansa mikroprosessoriin. BatiBus protokolla perustuu CSMA/CA-periaatteelle (Carrier Sense Multiple Access With Collision Avoidance). Protokolla on patentoitu, ja teknologian hyödyntäminen edellyttää jäsenyyttä vuonna 1989 perustetussa BCI-organisaatiossa (Batibus Club International). [2, s. 229.]

BatiBus soveltuu parhaiten pienehköihin automaatiojärjestelmiin pienen tiedonsiirtonopeuden vuoksi. BatiBus järjestelmä tukee 14:ää segmenttiä, joihin voidaan liittää 75 komponenttia, joista näin ollen muodostuu 1000 laitteen osoiteavaruus. Yhden segmentin maksimipituus on 1000 m. Fyysisenä siirtotienä BatiBus käyttää kierrettyä paria. Sen väyläjännite on 15 V ja segmentin kokonaiskulutus voi olla enintään 150 mA. BatiBus järjestelmän 4,8 kbit/s tiedonsiirtonopeus mahdollistaa 22 viestin käsittelyn sekunnissa. Väylätopologia BatiBussissa voidaan käyttää niin väylä-, tähti-, silmukka- ja vapaatopologiaa sekä näiden yhdistelmiä. Batibus laitteiden osoitteet määritellään käyttöönötossa. [2, s. 229.]

BatiBus on vahvimmillaan valaistuksen ja suoran sähkölämmityksen ohjauksessa. Sitä voidaan myös käyttää ilmastoinnin ohjaukseen, murtosuojaukseen sekä verho- ja kaihdinohjaukseen. Sen vahvuksina ovat sen osien kilpailukykyiset hinnat. Heikkoutena on aiemmin mainittu pieni tiedonsiirtonopeus sekä vain 1000 osoitteen osoiteavaruus. [2, s.230.]

BatiBus organisaatio BCI on liittynyt European Installation Bus Association (EIBA) ja European Home Systems Association (EHSA) kanssa yhteen ja muodostaneet KNX-teknologian. [2, s. 230.]

4.3 EHS

EHS-järjestelmä (European Home Systems) on pääasiassa kodinautomaatioon ja kodinkoneisiin tarkoitettu automaatiojärjestelmä. Järjestelmä on syntynyt 90-luvun alkupuolella EU-projektina Esprit-tutkimusohjelmassa. Lisenssit järjestelmään myöntää EHSA-järjestö. [2, s. 232]

EHS on teknisesti ajatellen suorituskykyinen ja joustava väyläratkaisu, jossa tiedonsiirtomediana voidaan käyttää parikaapelia, sähköverkkoa, raidotaajuuksia tai infrapunaa. Sen tiedonsiirtonopeus on välillä 1,1 kbps (infrapuna) ja 64 bps (parikaapeli), ja se on sen vuoksi huomattavan heikko verrattuna muihin järjestelmiin. Parikaapelilla toteutetulla järjestelmällä enimmäispituudeksi muodostuu 500 metriä. Fyysinen topologia on parikaapelilla kytkettynä vapaa. Koaksaalisegmentissä enimmäispituudeksi määräytyy 150 metriä, siinä fyysisenä topologiana toimii väylä. EHS-järjestelmässä on käytännössä rajaton osoiteavaruus, mutta lähtevien asemien lukumäärä sen sijaan rajoittaa järjestelmän laatua, sillä sen on oltava välillä 40 - 256. [2, s. 232.]

Ominaisuuksiltaan EHS on monipuolinen sekä kustannuksiltaan edullinen useita tiedonsiirtomedioita hyödyntävä väyläratkaisu. Kuten jo aiemmin mainittiin, EHS on nykyisin osana KNX-yhteenliittymää. [2, s. 232.]

4.4 EIB

EIB (European Installation Bus) on lähinnä kiinteistöjen automaatiotekniikkaan tarkoitettu tiedonsiirtoväylä, jonka tarkoituksena on yhdistää energian- ja käytönhallinnan toiminnot. Kaikki toiminnot on yhdistettävissä yhdellä väyläkaapelilla, sillä väylä tarvitsee vain yhden kaksinapaisen kaapelin toimiakseen. EIB-automaatiojärjestelmä tukee useita eri tiedonsiirtomedioita, kuten kierrettyä parikaapelia, sähköverkkoa, radioverkkoa ja infrapunaa. EIB on KNX-järjestelmän keskeisin väylätekniikka. [2, s. 231.]

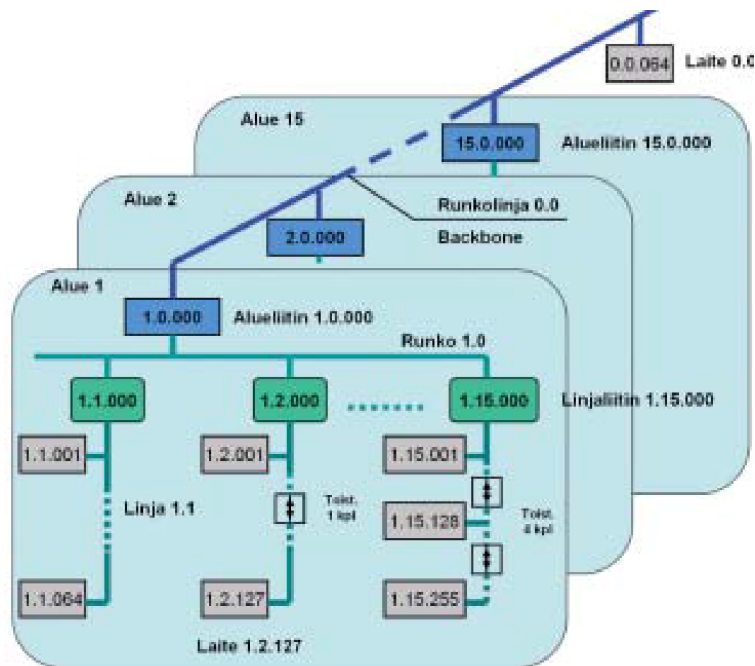
EIB-järjestelmän etuja on mm. se, että siihen voidaan liittää uusia toimintoja ja olemassa olevia toimintoja voidaan muuttaa jälkikäteen, sillä uusille järjestelmään liittyville toiminnoille annetaan vain uusi ryhmittely, eikä uutta kaapelointia tarvita.

Suurin osa tehtävästä työstä voidaan tehdä tietokoneella jo ennen varsinaisen asennustyön aloittamista. Tässä järjestelmän automaation suunnitteluun käytetään Windowsilla toimivaa ETS5-ohjelmistotyökalua (EIB Tool Software). Siinä kukin järjestelmän osa voidaan optimoida kulloistakin käyttötilannetta varten erikseen ja näin saavutetaan suuria käyttökustannuksen säästöjä. Kaikki kaapeleiden liitokset tehdään ruuvittomilla liittimillä. Keskukseen lisättävät komponentit ovat kiskokiinnitteisiä ja ne liittyvät suoraan tiedonsiirtokiskon avulla väylään, minkä vuoksi erillisiä johdotuksia ei tarvita. EIB-järjestelmässä tarvittavien komponenttien määrä on pieni, sillä samalle komponentille voidaan määritellä useita eri toimintoja. Kaikkien eri valmistajien EIB-tuotteet voidaan liittää yhteen EIBA:n standardoiman InstaBus-järjestelmän vuoksi. [2, s. 232.]

EIB-automaatiojärjestelmässä väyläkaapelina toimii 2-napainen heikkovirtakaapeli, jota pitkin kojeen 28 VDC:n käyttöjännite saadaan. Väyläkaapelina voidaan käyttää esimerkiksi *NOMAK 2x2x0,5*, *Jamak 2x(2x1)x0,5* tai *KLM 4x0,8*. Kaapelit voidaan asentaa samaan hyllyyn energiakaapeleiden kanssa, sillä sanoma lähetetään symmetrisesti, eikä siihen aiheutuva mahdollinen häiriö muuta viestiä. EIB-verkon topologia voi olla väylä-, tähti-, puu- tai yhdistelmätopologia. Rengastopologiaa ei voida käyttää sillä sanoma voi jäädä kiertämään verkkoon ja aiheuttaa ylimääräisen kuormituksen lisäksi virheellisiä toimintoja. [2, s. 232.]

Koko järjestelmässä voi olla enintään 14 400 solmua ilman toistimia, kun käytetään täyttä osoitealuetta, jossa siis on 15 aluetta ja 15 linjaa (kuva 12). Jos käytetään myös maksimimäärä toistimia järjestelmässä, niin maksimimäärä nousee 57 375 solmupisteeseen. [2, s. 233.]

Liittyjien määrää voidaan lisätä kasvattamalla siis segmenttien pituutta toistimella tai reitittimellä, jolloin solmujen määrä voidaan kaksinkertaistaa. Maksimissaan segmentin pituutta voidaan kasvattaa neljällä toistimella eli kaikkiaan solmuja on tällöin 256 kappaletta. [2, s. 233.]

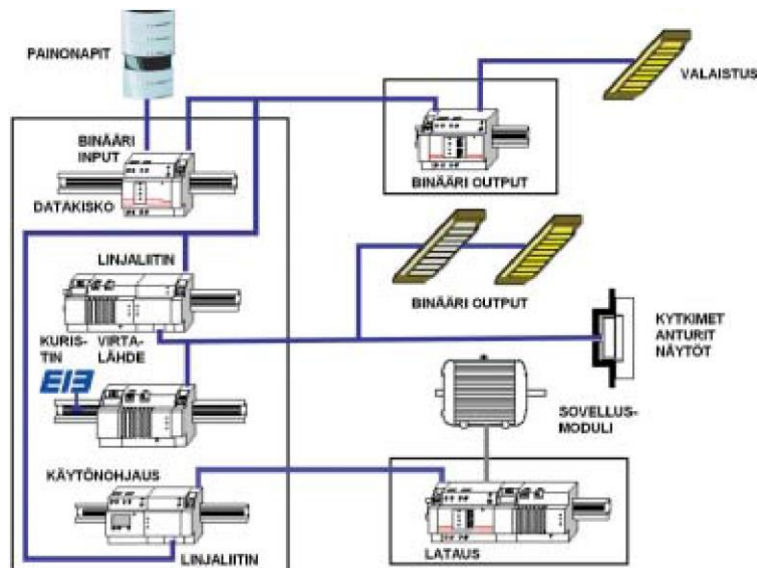


Kuva 12. Aluejako EIB-järjestelmässä. [2, s. 233.]

EIB-järjestelmässä ei ole keskusyksikköä, vaan jokaisella väylän liittyjällä on oma mikroprosessori. Pienin mahdollinen järjestelmä voi siis muodostua jo kahdesta liittyjästä ja virtalähteestä, jotka on yhdistetty toisiinsa väyläkaapelilla. Tunnistimet, kuten painonapit, termostaatit ja liiketunnistimet, lähettävät toimintaosoitteen sisältäviä sanomia väylään, jotka vastaanottavat toimilaitteet kuten releet ja himmentimet suorittavat. Tässä sanoma lähetetään vain sellaisille laitteille, joille viesti on tarkoitettu, näin tunnistin voi ohjata missä tahansa väylän osassa olevaa toimilaitetta, sillä tieto kulkee väylää pitkin koko järjestelmän läpi. EIB-laitteet on jaettavissa kolmeen tyyppiin:

1. peruskomponentteihin, kuten virtalähteet (PSU) ja kuristimet
2. järjestelmäkomponentteihin, jotka hoitavat perusoperaatiot esim. väyläliityntäyksikkö (BCU; Bus Coupling Unit), linjaliittimet (LC) ja reitittimet.
3. muut EIB-laitteet, kuten toimielimet, tuntoelimet ja näyttöpaneelit.

Kuvassa 13 on esimerkki EIB-väyläratkaisusta. [2, s. 234.]



Kuva 13. Esimerkki EIB-väyläratkaisusta [2, s. 235.]

Jokainen linja tarvitsee oman virtalähteensä, joka tulisi asentaa puoliväliin linjaa, jos linjan laitteet ovat tasaisesti linjalle jaettuna. Jos taas linjan jossain osassa on jokin laiterypäs, tulisi tällöin virtalähde asentaa sinne, jotta tehonsyöttö olisi mahdollisimman optimaalista. Kun tällaisia ryppäitä on useampia, voidaan niitä syöttää omilla virtalähteillä. Maksimietäisyydet ensimmäisen ja viimeisen laitteen välillä on 1000metriä, mutta taas kahden liittymän välinen maksimietäisyys on 700 m. Liittymän ja virtalähteen välinen etäisyys voi olla maksimissaan 350 m puolivaallon muodostumisen heikentyessä pidemmällä etäisyyksillä. [2, s. 236.]

Jokaisella väylän liittymällä tulee olla yksilöllinen 16 bitistä muodostuva fyysinen osoite. Sillä määritellään toimilaitteiden ja tunnistimien sijainti. Fyysiselle osoitteelle on käyttöä vain järjestelmän käyttöönotossa ja huollossa. EIB-järjestelmän normaalissa käyttötilanteessa väyläjärjestelmä hyödyntää ryhmäosoitteita, joiden avulla toimilaitteet ja tunnistimet viestittelevät keskenään. Ryhmäosoite voidaan antaa väylän jokaiselle liittymälle, riippumatta siitä missä se sijaitsee. Näin suurella alueella sijaitsevia valaisimia voidaan ohjata yhden kytkimen avulla. Väylän saadessa useampia viestejä samaan aikaan, välittyy ensimmäisenä korkeimman välitysprioriteetin omaava viesti. Välitysprioriteettitasoja on viisi, joista ensimmäinen on suurin prioriteetti ja viidennes on pienin prioriteetti:

1. Järjestelmätoiminto

2. Hälytystoiminto
3. Korkea käyttöprioriteetti (käsiohjaus)
4. Matala käyttöprioriteetti (automaattiohjaus)
5. Sanoman toisto. [2. s. 238 - 240.]

4.5 Modbus

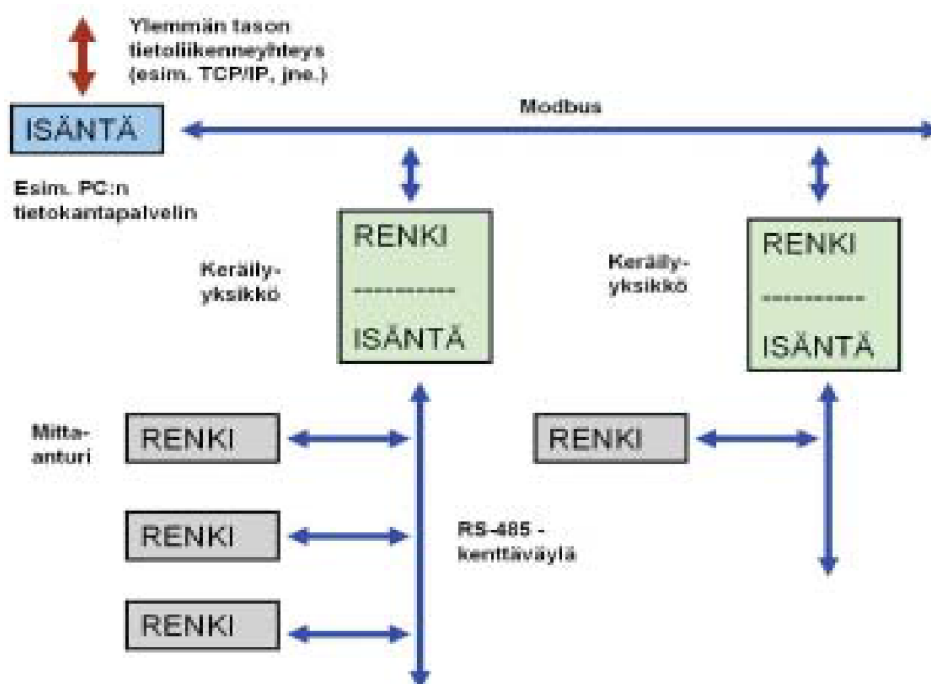
Modbus on ohjelmoitavien logiikoiden liittämiseen tarkoitettu vuonna 1979 perustettu avoimeen arkkitehtuuriin perustuva väylätekniikka. ModBus-laitteita voi valmistaa kuka tahansa ilman erillistä korvausta ModBus-protokollan kehittäjille. Modbus-väylätekniikka on laajasti teollisuuden sovelluksissa, rakennuskohteissa, energian optimointijärjestelmissä, pitkän matkan tiedonsiirrossa ja ohjauspaneelien yhdistämisessä käytetty tekniikka. ModBus on kustannustehokas tapa liittää eri valmistajien laitteita keskenään yhteen valmiilla yhteisellä protokollalla. [2, s. 243.]

Modbus toimii avoimella isäntä-renki-protokollalla, joka on helppo toteuttaa sarjaliitännöihin. Yhteen isäntään on mahdollista kytkeä 247 renkiä. Modbus-kehyksiä on kolme:

1. Modbus RTU (Remote Terminal Unit), jossa viestin jokainen 8-bittinen tavu lähetetään kahtena 4-bittisenä heksamerkinä
2. Modbus ASCII (American Standard Code for Information Interchange), jossa viestin jokainen 8-bittinen tavu lähetetään kahtena ASCII-merkinä
3. Modbus over TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol). [2, s. 244.]

Protokollan tavallisessa versiossa voi olla vain yksi isäntä, jolloin tiedonsiirto tapahtuu siten, että isäntä lähettää renkilaitteelle komennon palauttaa haluttu määrä dataa halutusta kohdasta rekisteriavaruutta. Modbus teknologian tietoliikenne perustuu rekisterin kirjoittamis- ja lukufunktioihin. Kaikissa Modbus-väylätekniikan varianteissa

isäntälaitte lähettää halutun funktiokoodin ja sen parametrit. Modbus RTU:n tapauksessa viesti sisältää renkilaitteen osoitteen, funktiokoodin, funktion datan ja tarkistussumman, eli yhteensä 16 bittiä. Saatuaan viestin isäntälaitteelta renkilaite toteuttaa sen. Jos toiminto on mahdollinen, renkilaite lähettää isännälle vastauskehyyksen, joka sisältää funktiokoodin ja palautettavan datan. Kuvassa 14 lohkokaaviokuva Modbus-topologiasta. [2, s. 245.]



Kuva 14. Lohkokaaviokuva tietokoneen, keräily-yksiköiden ja mitta-antureiden välisestä topologiasta. [2, s. 245.]

Modbus-järjestelmän topologia voi olla kaksipiste-topologia, jossa voidaan käyttää yhtä isäntää ja yhtä renkiä, tai monipiste-topologia, jossa voidaan puolestaan käyttää yhtä isäntää ja enintään 31 renkiä. Maksimi tiedonsiirtonopeus on 187,6 kilotavua sekuntissa. [2, s. 246.]

5 KNX-Järjestelmä

5.1 KNX-järjestelmän käyttösovellutukset ja edut

KNX-järjestelmä on standardoitu hajautettu taloautomaatiojärjestelmä ja sillä on mahdollista toteuttaa koko kiinteistön automaatiota yhdellä järjestelmällä. KNX-järjestelmää käyttäen voidaan saavuttaa huomattavia säästöjä kaapelointi ja käyttökustannuksissa, eikä erillistä ohjauskeskusta tarvita. Kaikki KNX-laitteet sisältävät oman mikroprosessorin. [1]

KNX-standardin ovat muodostaneet yhdessä BatiBus käyttäjäyhdistys BCI, European Installation Bus Association EIBA ja European House Systems Association EHSA. [2, s. 230.]

5.1.1 Suunnittelijan edut KNX-järjestelmässä

KNX-järjestelmä takaa entistä paremman luotettavuuden suunnitteluvaiheen aikana, sillä siirtotie voidaan määrittää aikaisessa vaiheessa ja kaikki KNX-tuotteet voidaan valita laitevalmistajasta riippumatta KNX-laitteiden toimiessa yhdessä standardin *EN50090* mukaisesti. Myös asennus voidaan suunnitella etukäteen, vaikkei lopullisia vaatimuksia KNX-järjestelmälle ole vielä selvitetty. [3, s. 13]

Eri alueiden toimintoja voidaan kytkeä yhteen, tulevat lisäykset ja toiminnalliset muutokset voidaan helposti toteuttaa, eikä asennuksien ja kaapeloinnin uudelleen suunnittelu ja asennus ole tarpeen. Muutoksia on mahdollista tehdä useiden vuosienkin jälkeen sillä kaikki KNX-laitteet noudattavat *EN 50090* standardia. Järjestelmä mahdollistaa suunnittelun yksinkertaisista asennuksista suuriin ja monimutkaisiin kiinteistöhallintatoimintoihin. [3, s. 13]

5.1.2 Asentajan edut KNX-järjestelmässä

KNX-asennukset suoritetaan tavanomaisten sähköasennusten tapaan, mutta sen johdotus on selkeämpi ja yksinkertaisempi. KNX-järjestelmään voidaan hallita internetin kautta etäyhteydellä esim. vianmääritystarkoituksissa. Se tarjoaa uusia soveltamisalueita, kuten turvavalvonta käyttäjän ollessa poissa, järjestelmän optimointi energiansäästön suhteen sekä dokumentaation huollolle ja kunnossapidolle. [3, s. 13]

5.1.3 Loppukäyttäjän edut KNX-järjestelmässä

KNX-laitteiden saatavuus on tulevaisuudessa taattu, sillä eri valmistajien laitteet toimivat yhdessä standardin *EN 50090* mukaisesti. KNX-järjestelmä on nykyaikainen, taloudellinen ja joustava, ja sen toiminnalliset muutokset voidaan helposti toteuttaa. Se takaa sellaisia toimintoja ja operaatioita, jotka eivät ole olleet toteuttamiskelpoisia perinteisten järjestelmä kanssa. Asuinrakennuksissa voidaan saada energiansäästöjä yksilöllisellä huoneen lämpötilan säätelyllä, jossa lämpötila- ja aikaprofiilit voidaan sovittaa yhteen aurinkosuojien ohjauksen kanssa. [3, s. 14]

KNX-järjestelmä takaa joustavuutta asuntosektorilla. Asunnon vaihtaessa omistajaa tai asukkaiden vanhetessa eri huoneiden profilisointi muuttuu ja lastenhuoneesta voi tulla nuoren aikuisen huone tai työhuone. Tällöin KNX-järjestelmä pystyy täyttämään asukkaiden muuttuvat tarpeet helposti. Lastenhuoneen valaistus ja lämpötila voidaan jälkepäin muuttaa työhuoneeseen sopivaksi ilman, että asennuksia täytyy muuttaa. Yövalo ja ohjattava pistorasia ja muita käytännöllisiä sovelluksia voidaan lisätä ilman suurta vaivaa tai suuria kustannuksia. KNX-järjestelmä voidaan mukauttaa milloin tahansa niin, että se täyttää turvallisuuden tarpeet ja ylläpitää elämänlaatua. Aurinkosuoja, ilmastointia ja markiiseja voidaan ohjata kytkimen sijaan esimerkiksi kaukosäätimellä tai ääniaktiivoinnilla. Sen lisäksi on toimintoja kuten, hälytyksen ohjaus huolto-organisaatioon, visuaalisten ja akustisten signaalien lähettäminen asunnon käytäväalueelta, valojen automaattinen sytytys koko huoneistossa ja rullakaihtimen avaaminen, valaistuksen säätäminen ulkovalaistuksen mukaan, sähkölaitteiden poiskytkentä ja hälytyssignaalien ohjaus ulkomaailmaan. Koko järjestelmän etävalvonta on mahdollista tietokoneen tai älypuhelimien kautta internetin avulla. [3, s 14.]

5.2 KNX-järjestelmän ohjaus

5.2.1 Valaistuksen, aurinkosuojien ja sälekaihtimien ohjaus

Rakennuksen sisä- ja ulkovalot voidaan kytkeä ja himmentää erikseen, ryhmissä ja monista eri paikoista. Tämä voidaan tehdä KNX-painikkeilla, kaukosäätimellä tai matkapuhelimella tai se tapahtuu automaattisesti ajasta, valoisuudesta tai liikkeestä riippuen tai liiketunnistimia käyttäen tunnistamalla lähistöllä kulkevat henkilöt. Himmennettyjä ja kytkettyjä valaisimia voidaan yhdistää valaistustilanteiksi, joita käyttäjä voi itse muuttaa milloin tahansa. Valaistus on kytketty yleensä seuraaviin toimintoihin:

- aurinko- ja näkösuojaan, esim. aurinkosuojien/sädekaihtimien sulkeminen ja valon syyttäminen
- turvallisuuteen, esim. hälytys ja sisä- ja ulkovalojen syyttäminen
- turvavalaistukseen, esim. sisä- ja ulkovalot syttyvät hätätilanteessa. Markkiiseja, aurinkosuoja ja kaihtimia voidaan käyttää aurinko- ja näkösuojina. [3, s. 15.]

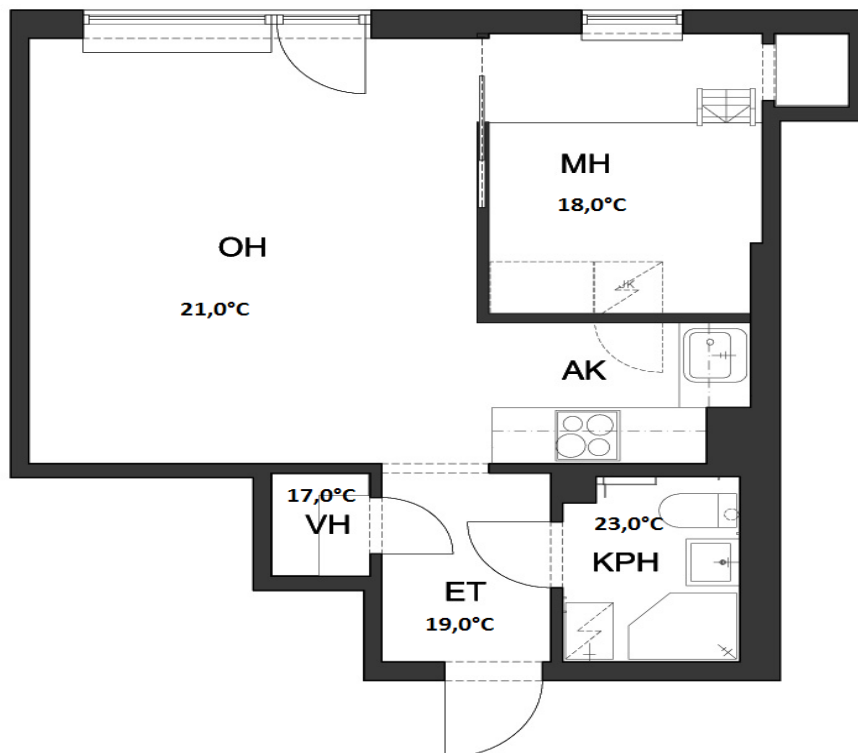
Rullakaihtimilla saadaan lisäsuojaa niin tunkeilijoita kuin talvella kylmää vastaan. Sähkökäyttöisiä markkiiseja, kaihtimia ja aurinkosuoja voidaan sulkea ja avata yksittäin tai ryhminä. Ohjaus tapahtuu manuaalisesti KNX-painikkeilla, radio-ohjauksella, automaattisesti ajasta tai valoisuudesta riippuen. Tuuli- ja sadetunnistin ohjaa markkiisien ja ulkokaihtimien automaattista nostamista, jolloin ne suojautuvat myrskyjen aiheuttamalta tuholta. Automatisoituihin rullakaihtimiin ja ulkokaihtimiin voidaan asettaa ovi- tai ikkunakosketin, joka havaitsee auki olevan ikkunan ja näin ollen estää sälekaihtimien tai aurinkosuojien laskun, eikä näin mikään jää lukituksi ulko- tai sisäpuolelle. Tavallisimpia toimintoja ovat esimerkiksi:

- aurinkosuoja/kaihdin laskettu alas joten valot sytytetään
- hälytysjärjestelmä on lauennut joten aurinkosuoja nostetaan
- auringon paistaessa aurinkosuoja aukeaa peittäen auringonvalon ja näin ilmastoinnin tehoa voidaan laskea. [3, s. 15.]

5.2.2 Huonelämpötilan yksilöllinen ohjaus

Huonelämpötila voidaan asettaa yksilöllisesti huonekohtaisesti ja näin täyttää henkilökohtaiset lämpötilan mukavuusvaatimukset. Keittiön ja makuuhuoneen lämpötilaksi voidaan asettaa esim. 16 - 18°C, olohuoneeseen 21°C ja kylpyhuoneeseen 22°C (kuva 15.). Suunniteltaessa lämmitys ja ilmastointijärjestelmää on tavoitteena suunnitella toivottu mukavuustaso mahdollisimman alhaisella energiankulutuksella. Tällä tavalla vaikutetaan ympäristöön, säästetään rahaa ja edistetään omaa hyvinvointia. [3, s. 15 - 16.]

Lämmitysjärjestelmässä on laitteet, jotka säätävät sisäntulolämpötilan lisäksi myös kunkin huoneen lämpötilaa erikseen. Näitä säädellään jokaisessa huoneessa löytyvän termostaatin avulla, jonka ohjaus rekisteröi huoneen lämmöntarpeet ja tarvittava lämpötila pysyy sen asetusarvossa. Tätäkin voidaan säätää ajasta riippuvaksi esim. siten, että lämmitys on päällä vain iltpäivisin, kun asukas on kotona. Säättöjen vaikutus näkyy energiasäästöinä ja lisääntyvänä mukavuutena. Huonelämpötilan laskeminen yhdellä asteella tarkoittaa 5 %:n säästöä lämmitysenergiassa. [3, s. 16.]

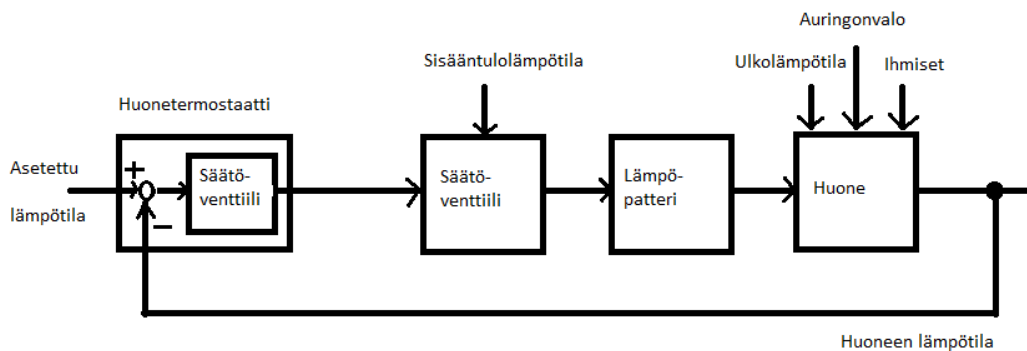


Kuva 15. Esimerkki huonelämpötilojen asetusarvoista. [3, s. 16.]

Huonelämpötilan yksilöllinen ohjaus vaatii kaksi peruskomponenttia:

- huonetermostaatin
- lämpöpatterin venttiilinohjaimen (vesikiertoisissa lämmitysjärjestelmissä).

Kuvassa 16 on esimerkki huonelämpötilan säätökaaviosta. [3, s.17.]



Kuva 16. Huonelämpötilan säätökaavio. [3, s.17.]

Huonelämpötilan säädön lisäksi voidaan myös liittää ikkunakoskettimet ikkunoihin. Kun ikkuna avataan, huonetermostaatti voidaan asettaa siten, että se menee pakkassuoja tilaan ja näin ollen vältetään pakkasen vesiputkille aiheuttamilta vahingoilta. Se myös tuo säästöjä lämmitysenergian käytössä. [3, s. 17.]

5.2.3 Lämminvesivaraajan ohjaus

Lämminvesivaraajan säädin on tärkeä lämmitysasennuksen hallintajärjestelmä, sillä se säätelee lämmön tuottamista ja jakelua kiinteistön sisällä. Lämminvesivaraajan säätimet säätelevät varaajan lämpötilaa huone- ja ulkolämpötilan mukaan. Tässä lämminvesivaraajan poltin tai jokin muu osa kytkeytyy päälle tai pois ulkolämpötilan mukaan. Näin lämminvesivaraajan lämpötila pysyy vaaditussa lämpötilassa. [3, s. 18.]

Lämminvesivaraajan säätimissä on otettu käyttöön digitaalitekniikka. Järjestelmään on integroitu lämminvesivaraajan säätimeen liitännät, joiden avulla integrointi kiinteistöautomaatioon on helppoa. Rinnan tämän kanssa väyläpohjainen kiinteistöautomaatio on saavuttanut hyväksyntää toiminnallisissa rakennuksissa ja asuinrakennuksissa. Tässä eri laitteet, jotka eivät alun perin ole olleet yhteydessä kommunikoivat nyt keskenään esimerkiksi ikkunan avautuu ja lämmönsäätöventtiili sulkeutuu. [3, s. 18.]

Lämminvesivaraajan keskusohjausjärjestelmän käyttäjä voi säätää seuraavia toimintoja:

- lämmitysjärjestelmän etävalvonta rakennuksen olemassa olevaa perusrakennetta käyttäen.
- lämmitysjärjestelmän etäkäyttö sopivan visualisointiohjelman välityksellä.
- vika- ja virheilmoitusten ohjaus
- enintään 16 konfiguroitavissa olevan datapisteen ohjaus
- lämmön tuottamisen asetusarvot.

Järjestelmän eri toiminnot voivat vaihtaa tietoja keskenään, jolloin mukavuustaso ja taloudellinen lämmöntuotanto lisääntyvät huomattavasti. [3, s. 18.]

5.3 Kuormituksen hallinta

Kuormituksen hallinnalla suojataan ympäristöä, lasketaan käyttökustannuksia, suojataan johdotusjärjestelmiä ylikuormituksilta ja parannetaan laitteiden turvallisuutta. Sen ensisijainen tavoite on energian taloudellinen käyttö teollisuudessa, kaupan alalla ja yksityistalouksissa. KNX-järjestelmä soveltuu tämänkaltaisiin käyttötarkoituksiin. Sen kaikki prosessiin liittyvät komponentit pienkuormat mukaan luettuna on yhdistetty yhteiseen siirtotiehen, jossa kaikkia kuormituksen hallintaan tarvittuja tietoja voidaan vaihtaa valitun median kautta. Tämä vähentää aikaa vievien ja kalliiden järjestelmien keskeisten liitännöiden tarvetta. Näitä liitännöitä ovat mm. verkkokäskyvastaanottimet, huippukuormitussäätimet ja ajastimet, joissa on suurkuormituksen avausrele. Aiemmin pienkuormia ei ole useinkaan liitetty kuormituksen hallintajärjestelmään siitä aiheutuvien suurien johdotuskustannuksien ja vaivannäön vuoksi. KNX-järjestelmän kaikki laitteet voidaan sovittaa muuttuvassa kiinteistön haltijan tarvetilanteessa toimimaan yhdessä konfiguroimalla ne vastaamaan kiinteistön haltijan uusia tarpeita ilman johdotuskustannuksia ja käyttöprosesseihin vaikuttamatta. [3, s. 18.]

Kuormituksen hallintaa optimoitaessa on tärkeää kartoittaa tietoja sähkölaitteiden suorituskyvyistä ja näin saatujen tietojen perusteella voidaan määrittää ensisijaisuudet kytkettäessä laitteita irti. KNX-järjestelmä on kykeneväinen kirjaamaan ja visualisoimaan kaikkien ohjaamiensa laitteiden suorituskyvyn. [3, s. 18.]

5.4 KNX-järjestelmän monitorointi

KNX-kohteissa on usein tallennettava, näytettävä ja raportoitava eri laitteista tulevat tiedot, joita voivat olla esimerkiksi seuraavat asiat:

- valaistuksen kytkentätila
- lamppujen käyttöaika
- ovien, ikkunoiden ja porttien asento
- hälytysjärjestelmän tila
- sälekaihtimien, aurinkosuojien ja markiisien asento
- huone- ja ulkolämpötila
- lämmitys- ja ilmastointiteknologian käyttötilat ja häiriösignaalit
- jääkaappien ja pakastimien käyttötilat
- hissien häiriösignaalit
- nesteiden pinnan arvot ja vuotoilmoitus
- kaasun-, öljyn, sähkön ja vedenkulutuksen mittarilukemat
- muut käyttötiedot. [3, s. 19.]

Saatuja tietoja voidaan käsitellä ja visualisoida eri tavoin. Tähän tarkoitukseen käytetään tietokoneita tai erikoisia ohjaus-, käyttö- ja näyttöpaneeleita, jotka on liitetty suoraan KNX-järjestelmään. Liitännät infrapunaohjaimiin, tietoliikenteeseen, tietoverkkoihin tai internetiin onnistuvat esim. yhdyskäytävien tai palvelimien kautta. [3, s.20.]

5.5 Turvallisuus

Etuina KNX-järjestelmässä ovat tehokkaat turvallisuussovellukset suhteellisen pienillä kustannuksilla tai vaivannäöllä: esim. sisäänkäyntiin on mahdollista asentaa painikkeella toimiva tarpeettomien laitteiden sammuttaminen tai ikkunoiden rullaverhojen sulkeminen asunnosta poistuttaessa. Lisäksi ominaisuuksina voivat olla esim. huonelämpötilan pienentäminen ja läsnäolosimulointitoiminnan aloittaminen asunnosta poistuessa. Tämä tuo energiasäästöjä ja lisää turvallisuutta. Läsnäolosimulointitoiminnassa asunto saadaan näyttämään siltä, että joku olisi kotona. Se sammuttaa ja sulkee sekä himmentää valoja, ja sädekaihtimet ja rullaverhot liikkuvat automaattisesti epäsäännöllisin väliajoin. [3, s. 20.]

Lukitusjärjestelmä on mahdollista integroida KNX-järjestelmään tuomaan lisämukavuutta. Turvallisuustoiminnot kytkeytyvät automaattisesti avainta kääntämällä, eikä erillistä turvallisuustoimintojen kytkentäpainiketta tarvita. Tämän lisäksi on mahdollista määrittää pääsalueet, joihin pääsyä voidaan rajata erilaisilla asetuilla sähköavaimilla. Näille alueille pääsyä voidaan estää tai sallia riippuen siitä millaiset pääsalueet avaimen on asetettu. [3, s. 21.]

Turvapainikkeilla pystytään kytkemään kaikki sisä- ja ulkovalot päälle ja nostamaan tai laskemaan rullaverhot, jos epäillään, että kiinteistössä on tunkeilijoita. [3, s. 21.]

Kytettyjä järjestelmiä ja laitteita monitoroidaan ja niihin kyetään vaikuttamaan kytkemällä KNX-asennukset kommunikointijärjestelmiin (puhelin, internet). Tapahtuma- tai virheilmoitukset kuten vika, vuoto jne. tai hätätilanneilmoitukset on mahdollista vastaanottaa KNX-järjestelmään binääritulojen välityksellä. [3, s. 21.]

Lähtiessäsi asunnosta voidaan asettaa huonelämpötilojen aleneminen, sammuttaa valot, käynnistää läsnäolosimulointi, kytkeä murto- tai etähälytysjärjestelmä päälle. KNX-järjestelmän ilmaisimet ovat osoitteellisia ja siten tarjoavat kohdentavia tietoja esimerkiksi palon lähteen sijainnista. Hälytystilanteessa järjestelmä aktivoi sisäsireenit ja vilkkuvalot ja ilmoittaa turvayhtiölle sekä sytyttää valot ja nostaa aurinkosuojat. Kotiin palatessasi huonelämpötila nousee ja eteisen valot syttyvät. Voit asettaa läsnäolosimuloinnin pois päältä kytkiessäsi murtohälytysjärjestelmän pois. Kuvassa 17 on esimerkki kodin automaatiosta. [3, s. 21.]



Kuva 17. KNX:n mahdollistama älykäs koti. [3, s. 21.]

5.6 Asunnon kommunikaatio

Kommunikaatiojärjestelmissä käytetään usein yksijohdinparia kuvien ja puheensiirtoon. Jos KNX-järjestelmässä on käytetty siirtotienä esim. YCYM 2x2x0,8 kaapelia, toista vapaata johdinparia voidaan käyttää rakennuksen kommunikaatioväylänä. [3, s. 22.]

5.7 Audio/video KNX-järjestelmässä

Nykyaikana rakennusten vaatimukseen kuuluu mahdollisuus ääneen ja kuvan toistoon useammassa tilassa samanaikaisesti. Vastaavat video- ja audiosignaalit kulkevat rakennuksen johdotusjärjestelmien läpi talon keskeiseltä paikalta muihin talossa oleviin kaiuttimiin ja monitoreihin. Yksittäisten huoneiden äänenvoimakkuutta voidaan muuttaa

KNX-painikkeilla tai infrapunavastaanottimilla. Seiniin asennettavilla kosketusnäyttöpaneeleilla on myös mahdollista lisätä mahdollisuus surffata internetissä samaan tapaan kuin nykyaikaisilla älypuhelimilla ja tableteilla. [3, s. 22.]

5.8 Saniteettitilat ja kodinkoneet

Saniteettitiloihin on mahdollista määrittää sopiva lämpötilaprofiili sekä huoneilmasto (kosteussuhde) ja sopiva valaistus. WC:t voidaan myös asettaa puhdistumaan ja desinfioitumaan automaattisesti julkisissa tiloissa.

Kodinkoneet voidaan yhdistää KNX-järjestelmään ja asettaa toimimaan tietyn profiilin mukaan (esimerkiksi pesukone menee päälle kello 17.00.). Kytkimet kytkevät kodinkoneet päälle, virta-anturit rekisteröivät käyttötilat ja vesitunnistimet havaitsevat vuodot ja ilmoittavat niistä. [3, s. 23.]

6 Siirtomediat

6.1 KNX-järjestelmän tiedonsiirtoväylät

- väyläkaapeli (Twisted Pair)
- sähköverkko (Powerline)
- radioverkko. [3, s. 25.]

6.1.1 Väyläkaapeli siirtotienä KNX-järjestelmässä

Kun väyläkaapelia käytetään siirtotienä, niin tiedonsiirtonopeus 9600 bittiä/s. Viestin lähettämiseen ja vahvistamiseen menee keskimäärin 25 ms. Kierretty pari toimii niin tiedonsiirtotienä kuin tehonsyöttönä, ja se on käytetyin siirtomedia KNX-asennuksissa sillä yli 95 % asennuksista tehdään kierrettyä paria käyttäen. Tämä työ käsittelee pääosin kierretyllä parilla tehtyä suunnittelua. [3, s. 29.]

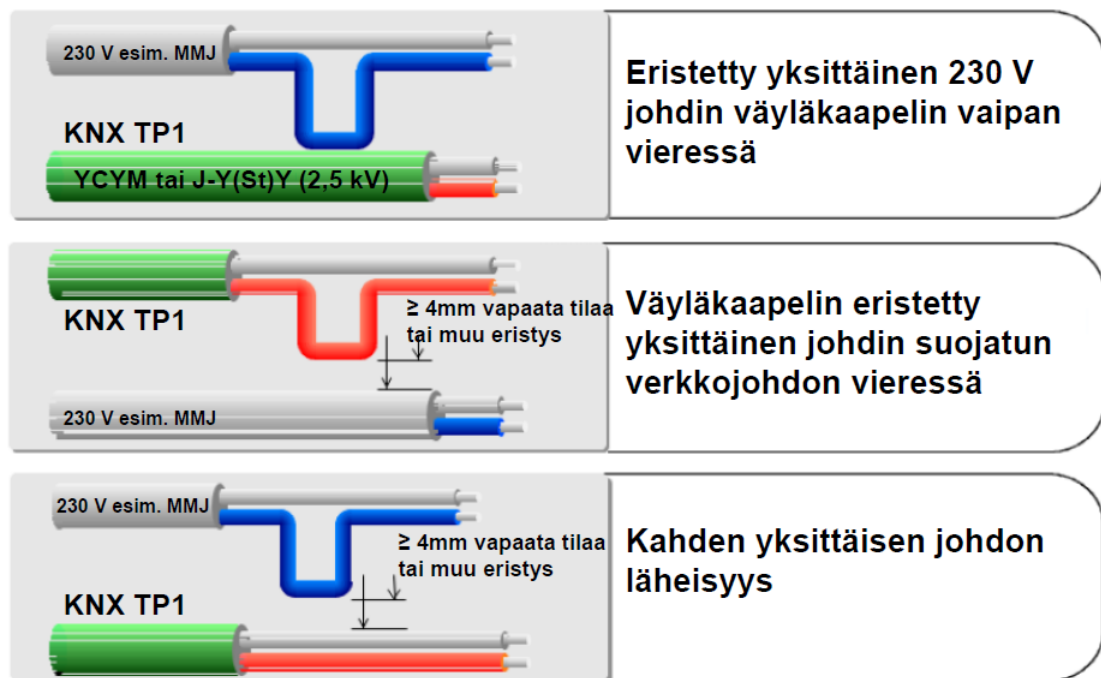
KNX-järjestelmän virallinen kierretty parikaapeli on vihreän värinen *JY(St)Y 2x2x0,8* tai *YCYM 2x2x08*, mutta yleisesti varsinkin Suomessa käytetään KNX-kaapelointiin *KLMA 4x0,8+0,8*. Kun käytetään *JY(St)Y 2x2x0,8* kaapelia niin, punainen johdin on plussa ja musta johdin on miinus. Kun käytetään *KLMA 4x0,8+0,8* niin, keltainen johdin on

plussa ja sininen on miinus. Kierrettyä paria käytettäessä johtimet on asennettava aina plussa ja miinus oikeinpäin KNX-laitteille. Taulukossa 1 on ilmoitettu huomioitavat etäisyydet KNX-järjestelmällä suunniteltaessa. [5, s. 85.]

Taulukko 1.

Linjasegmentin pituus	maksimi 1 000 m
Tehonlähteen ja väylälaitteiden välinen etäisyys	maksimi 350 m
Kahden väylälaitteen välinen etäisyys	maksimi 700 m

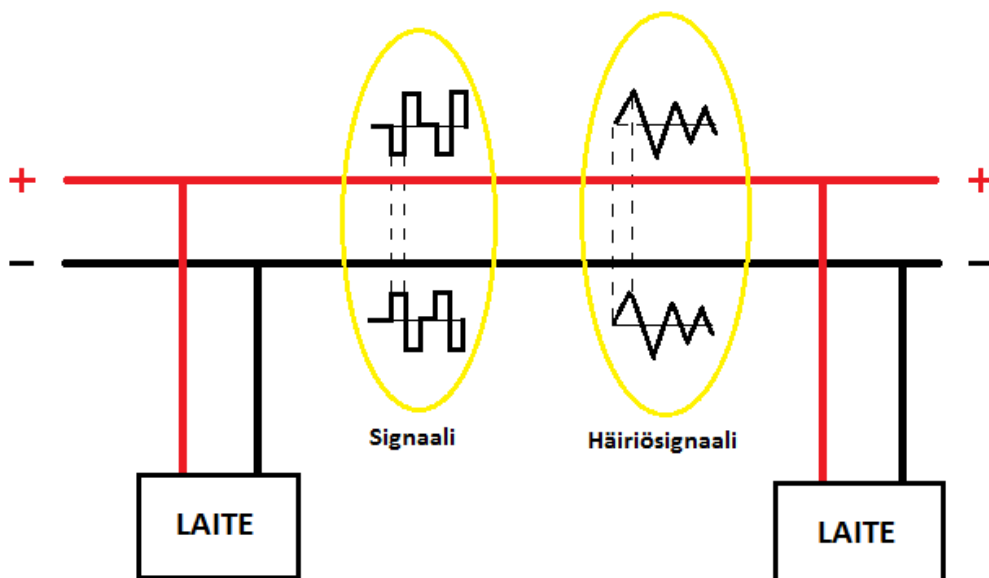
Kuvassa 18 esitetään vaaditut turvaetäisyydet heikko- ja vahvavirtakaapeleiden välillä. [5, s. 26.]



Kuva 18. Vaaditut turvaetäisyydet KNX-väyläkaapelien ja vahvavirtakaapeleiden välillä. [5, s. 86.]

Kyt kentäkäsyt, signaalit ja muut tiedot kulkevat väylälaitteiden välillä sanomien kautta. Siirtonopeutta ja impulssien tuottamista ja vastaanottamista koskevaa siirtoteknologia on suunniteltu siten, ettei väylälinja vaadi impedanssisovitusta. Väyläkaapelissa tiedot siirtyvät symmetrisesti. Väylälaite laskee vaihtojännitteen eron kaapelin molempien

johtimien välillä. Häiriösäteily vaikuttaa molempiin johtimiin eikä sen vuoksi vaikuta signaaliin (kuva 19). [3, s. 29.]



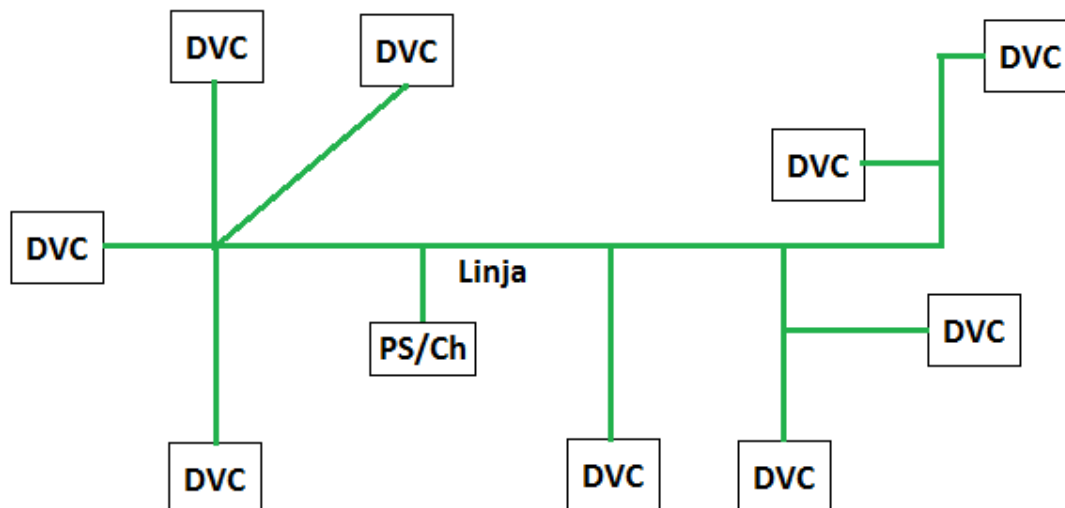
Kuva 19. Signaalin siirtyminen väyläkaapelissa. [3, s. 29.]

Väylälaitteiden välinen tiedonsiirto on tapahtumaohjattua. Tiedot siirtyvät väylässä peräkkäin. Linjassa voi siis olla väylälaitteesta vain yksi tieto kerrallaan. Tietojen törmäyksien estämiseksi käytetään CSMA/CA-tekniikkaa, joka on siirtotien varausmenetelmä. Siinä ennen viestin lähetystä lähetetään siirtotien varaava signaali, jottei muita signaaleja voida lähettää ja näin aiheuttaa signaalien törmäystä. Sanoman lähettämiseen käytetään priorisointijärjestelmää, jolla voidaan määrittää ensisijaiset tapahtumat tiedonsiirrolle (esim. vikasignaali). [3, s. 29.]

Väyläkaapelia käytettäessä tiedonsiirtotekniikkana on käytettävä korkeintaan 29 V:n pienjännitettä SELV (Safety Extra Low Voltage). Käytännössä se kuitenkin nostetaan 30 V:n tasolle otettaessa huomioon jännitteen alenemat. Pienin mahdollinen jännite, jotta KNX-laitteet voivat toimia on 21 voltia. Väylä on erotettu sähköverkköjärjestelmästä ja käyttäjällä ei ole vaaraa koskettaessaan väyläkaapeleita. [3, s. 29.]

Virtalähde noudattaa standardin *DIN EN 50 090* vaatimuksia. Se on virtarajoitettu KNX-väylän puolelta ja oikosulkusuojattu. Virtalähteen sisään on rakennettu kuristin, joka

toimii vastuskuormana väyläsanomille, jotta signaalit eivät heikkene väylässä. Kuvassa 20 on väylätopologia kierrettyä parikaapelia käyttäen. [3, s. 33.]



DVC = laite

PS/Ch = Virtalähde kuristimella

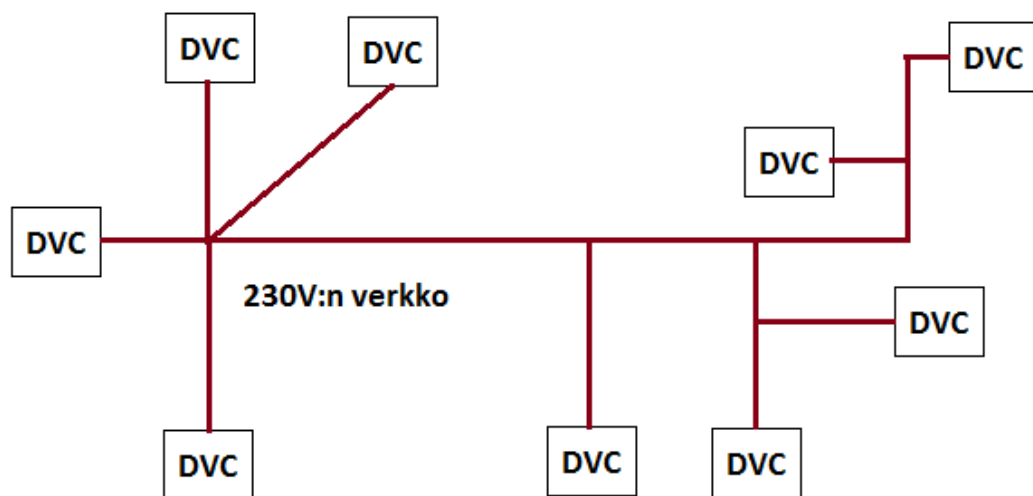
Kuva 20. Topologia kierrettyä parikaapelia käyttäen. [3, s. 25.]

6.1.2 Sähköverkko siirtotienä KNX-järjestelmässä

KNX-järjestelmässä on mahdollista käyttää 230 V sähköverkkoa siirtotienä. Kaikki KNX-powerline-laitteet vaativat vain vaihejohtimen ja nollajohtimen kytkennän toimiakseen. Laitteiden mitoitus ja käyttö ovat suurelta osin samoja kuin KNX:n kierrettyjen parikaapelikomponenttien kanssa. KNX-powerline toimii eurooppalaisten normien mukaan noudattaen standardeja *DIN EN 50065* (viestinsiirto pienjänniteverkossa taajuusalueella 3 kHz – 148,5 kHz) ja *DIN EN 50090* (kotien ja rakennusten elektroniset järjestelmät HBES). KNX-powerlinen käyttö avaa uusia mahdollisuuksia, jos lisäväylälinjaa ei vaadita tai se ei ole mahdollinen olemassa olevissa järjestelmissä. Ennen KNX-powerlinen käyttöönottoa on otettava yhteyttä sähköverkon haltijaan ja mahdollisesti asennettava kantoaaltosalvat linjoihin verkkoon mahdollisesti aiheutuvien häiriöiden vuoksi. KNX-Powerlinen käyttö on Suomessa hyvin marginaalista, ja sen käyttöä ollaan lopettamassa kokonaan. [3, s. 34; 5, s. 84.]

KNX-Powerline on sovitettu olemassa olevan järjestelmän olosuhteisiin, sillä 230 V:n johdotusjärjestelmä sen alkuperäisessä muodossa ei ole tarkoitettu tiedonsiirtoon. Se on tiedonsiirtoteknisessä mielessä avoin verkko, jossa siirtokäyttäytyminen, impedanssit ja syöttöhäiriöt ovat paljolti tuntemattomia. KNX-powerline tarjoaa kuitenkin luotettavaa ja nopeaa tiedonsiirtoa, vaikkakin sähköverkon siirto-ominaisuudet ovat usein vaikeasti määriteltävissä. Siinä olemassa olevaan 230 V / 50 Hz sähkövirtajärjestelmään syötetään tieto suuritaajuisina signaaleina. Sen suurin tiedonsiirtonopeus on 1200 bittiä/s, ja sanoman siirtoon kuuluva siirtoaika on noin 130 ms. [3, s. 37.]

KNX-Powerline tekniikassa on mahdollista korjata vastaanotettu signaali, vaikka siirrossa olisi tapahtunut häiriöitä. Korjauksessa käytetään mallivertailutekniikkaa ja älykästä korjausmenetelmää. Tässä vastaanottava laite lähettää signaalin vastaanottamisesta varmistusviestin sen lähettäjälle ja varmistuksen saavuttua siirtoprosessi on päättynyt. Jos lähettäjä ei saa varmistusviestiä niin, siirtoprosessi toistetaan. Kuvassa 21 on esimerkki KNX-powerlinen topologiasta. [3, s. 37.]



DVC = laite

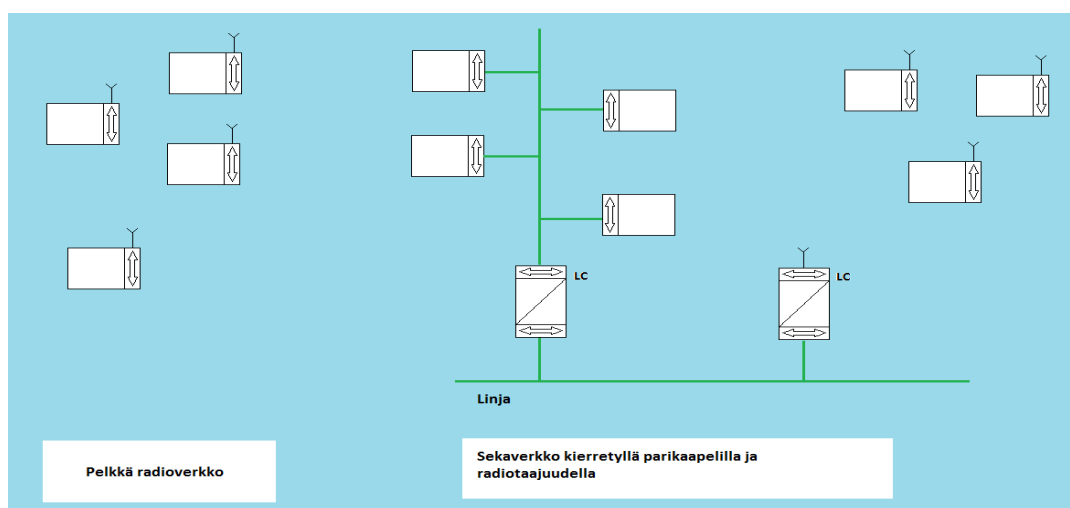
Kuva 21. KNX-Powerline topologia [3, s. 35.]

6.1.3 Radiotaajuus siirtotienä KNX-järjestelmässä

Radiotaajuutta käytettäessä siirrettävät tiedot moduloidaan kantotaajuuteen. Tiedot välittyvät kantoaallon voimakkuuden vaihteluina, taajuuden vaihteluina, vaihesiirtoina tai näiden yhdistelminä. Moduloitu tieto siirtyy vastaanottiin ja vastaanotettu signaali demoduloidaan, jolloin tiedot palautuvat signaalista. KNX-Radiojärjestelmässä käytetään keskitaajuutena 868.30 MHz:n taajuutta, joka on ISM-taajuusalueella (Industrial-Scientific-Medical). Tällä taajuudella maksimi lähetysteho on 12 mW. Siirtonopeus radiotaajuutta käytettäessä on 16 384 bittiä sekuntissa. [3, s. 41 - 42.]

KNX-radiokomponentteja on saatavilla uppo-asennettavina, pinta-asennettavina ja sisäänrakennettuina versioina. Uppoasennettavat laitteet ovat pääosin valojen kytkimiä ja himmentimiä tai aurinkosuojien vero-ohjainten säätimien kytkimiä. Pinta-asennettuina on saatavilla erilaisia antureita, toimilaitteita tai yhdistelmälaitteita.[3, s. 45.]

Käytettäessä radioverkkoa tiedonsiirtotienä järjestelmän laitteita ei tarvitse asentaa mihinkään hierarkkiseen järjestykseen (kuva 22). Laitteet on mahdollista asentaa mihin topologiaan tahansa pois lukien rengastopologia sen mahdollisesti aiheuttavan loopin eli toiston vuoksi. Jokainen laite voi keskustella toisen laitteen kanssa. Rajoitteena on ainoastaan radiosignaalin kantomatka. Väylä muodostuu joko pelkästä radioverkosta tai esimerkiksi radion ja kierretyn parikaapelin tai powerlinen yhdistelmästä. [3, s. 40.]



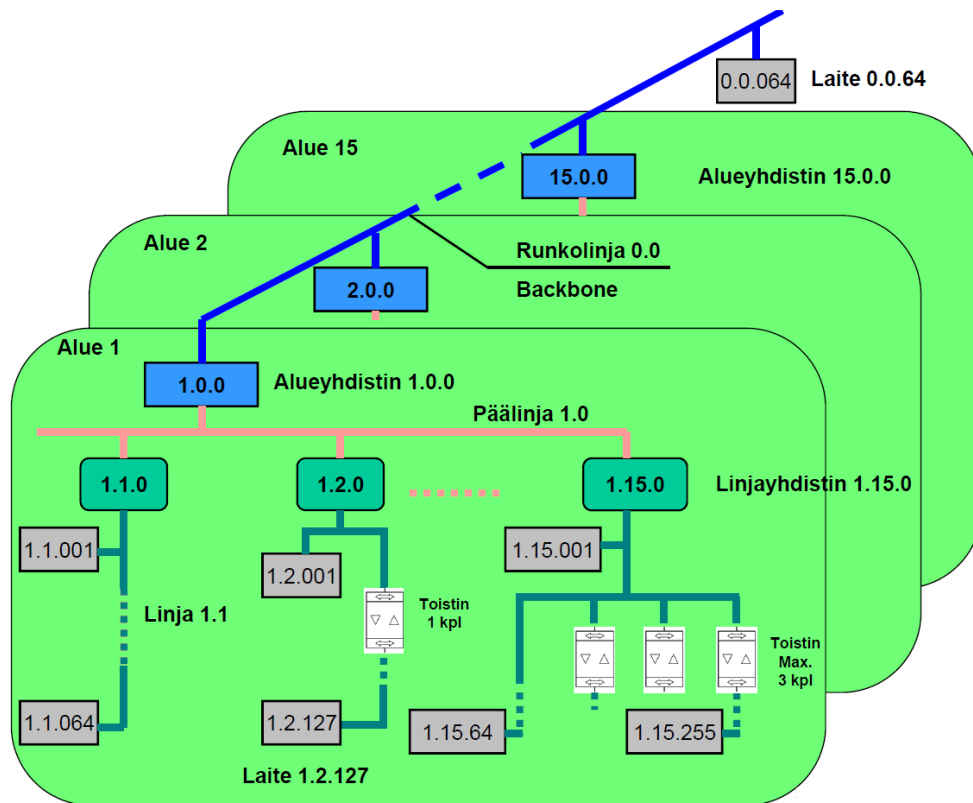
Kuva 22. KNX-radiojärjestelmän topologia [3, s. 41.]

6.2 Topologia ja struktuuri

Topologioina toimivat väyläkaapelia ja sähköverkkoa käytettäessä linja- ja alue-topologiat, ja radioverkkoa käytettäessä eri KNX-järjestelmän laitteita ei tarvitse asentaa mihinkään hierarkkiseen järjestykseen. [3, s. 25, 35 ja 40]

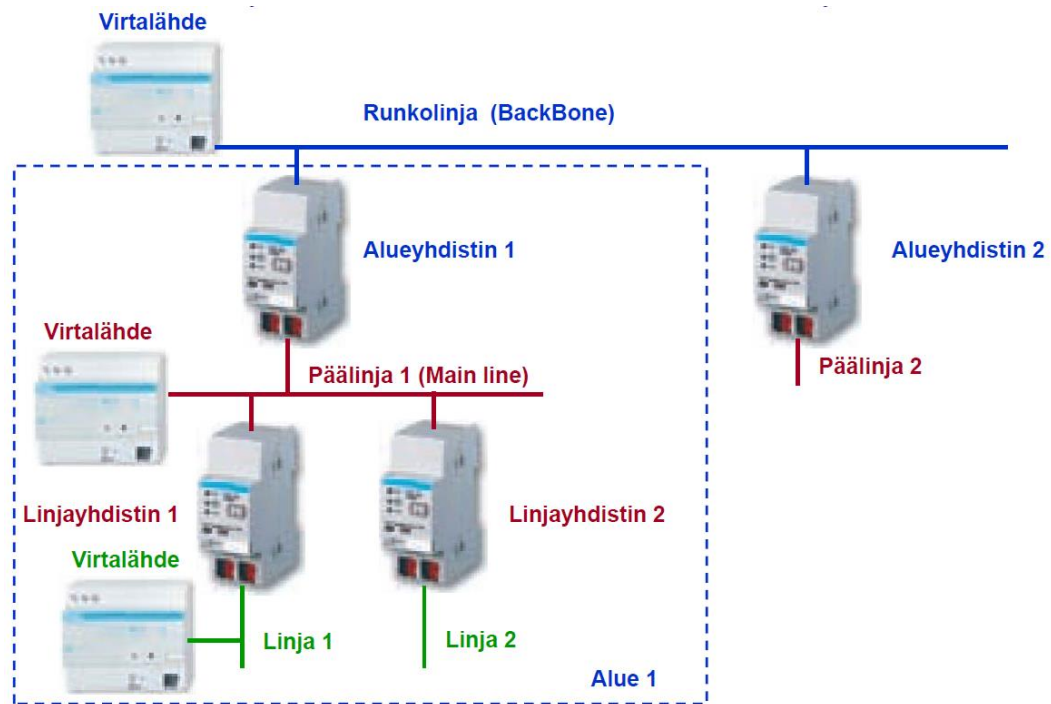
KNX-verkko muodostuu alueista ja linjoista. Alueita voi olla maksimissaan 15 kappaletta ja yhden alueen sisään voidaan nykyisellä väyläliitännäyksiköllä liittää 15 linjaa. Vanhaan väyläliitännäyksikköön pystyttiin liittämään vain 12 linjaa. Yhteen linjaan voidaan kytkeä maksimissaan 256 laitetta käyttäen neljää linjatoistinta. Linjatoistinten käyttö ei kuitenkaan ole suotavaa niiden aiheuttaman viiveen vuoksi, joten 64 laitetta/linja on hyvä pitää maksimimääränä laitteille. Yhteensä laitteita voi siis olla $15 * 64 * 4 = 57\ 600$ kappaletta. [5, s. 57 – 62.]

KNX-järjestelmä muodostuu runkolinjasta (BackBone), päälinjasta (Main Line) ja päälinjan sisällä olevista linjoista. Jokainen linjasegmentti vaatii oman virtalähteensä PSU (Power Supply Unit), joka tulisi asentaa mahdollisuuksien mukaan linjan puoleen väliin. Runkolinjaan päälinjat liittyvät alueyhdistimien AC (Area Coupler) kautta. Linjat taas liittyvät päälinjaan linjayhdistimien LC (Line Coupler) kautta. Yhden linjan sisällä voi olla 4 linjatoistinta LR (Line Repeater), joihin jokaiseen siis voidaan liittää 64 KNX-laitetta. Alueyhdistin, linjayhdistin ja toistin ovat fyysisesti kaikki samoja laitteita, ainoastaan niiden fyysinen osoite eroaa toisistaan. Alueyhdistimen fyysinen osoite on aina X.0.0 ja linjayhdistimen osoite on X.X.0. Linjatoistimen fyysisen osoitteen loppuosa riippuu siitä, että kuinka mones laite se on linjan sisällä. [5, s. 57 – 62.]



Kuva 23. KNX-rungon muodostuminen [5, s. 62.]

KNX-järjestelmä on galvaanisesti erotettu alueyhdistimien, linjayhdistimien ja linjatoistimien ensiö ja toisiopuolelta. Tämä estää mahdollisten oikosulkujen aiheuttamien vikojen heijastumisen järjestelmän muihin osiin. [5, s. 57.]



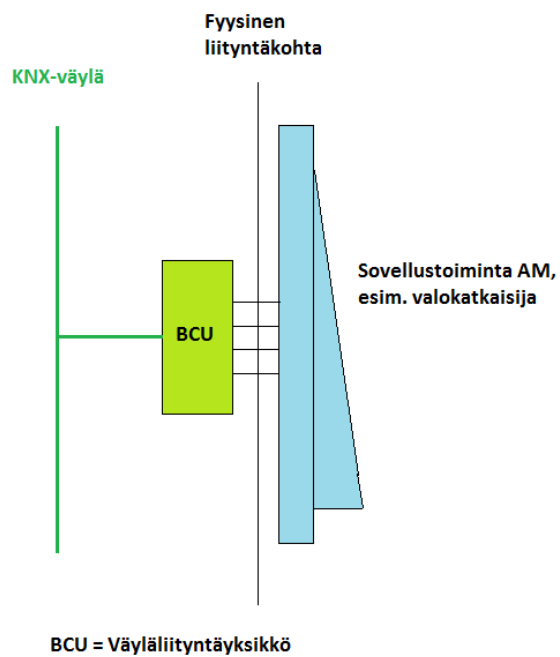
Kuva 24. Jokaisessa linjassa on oltava oma virtalähde. [5, s. 58.]

6.3 Väylälaitteiden rakenne

Jokainen toiminnallinen KNX-väylälaitte koostuu kahdesta erillisestä komponentista eli väyläliitännäyksiköstä (BCU) ja käyttömoduulista (AM). Väyläliitännäyksikkö BCU (kuva 25) on tässä se todellinen KNX-laite (kuva 26). Toiminnallisia väylälaitteita ovat mm. himmentimet, katkaisijat, verho-ohjausyksiköt jne. Onkin siis tärkeää, että väylälaitteita hankittaessa tarkastetaan väyläliitännäyksikön ja käyttömoduulin yhteen sopiminen. Nykyään eräät valmistajat yhdistävät nämä kaksi laitetta, jottei niiden erillisiä hankintoja tarvitse tehdä. [3, s. 39.]



Kuva 25. Väyläliitintäyksikkö [5, s.132.]



Kuva 26. Väyläliitintäyksikön ja käyttömoduulin yhdistäminen KNX-väylään. [3, s. 39.]

7 KNX-järjestelmän ohjelmointi

KNX-järjestelmä käyttää pääsääntöisesti ETS (engineer tool software) nimistä ohjelmistoa järjestelmän ohjelmointiin. Uusin ohjelmistoversio on ETS5, ja se julkaistiin 1.10.2014. Se käyttää tuotetietokantojen sijaan Dongle-palvelua. ETS on graafisesti toteutettu KNX-laitteiden ohjelmointiin käytettävä ohjelmisto. Aiempia versioita ovat olleet

- ETS1 (1993-1996)
- ETS2 (1996-2004)
- ETS3 (2004-2010)
- ETS4 (2010-2014).

Vanhoilla ETS-ohjelmistoversioilla tehtyjä ohjelmointeja on mahdollista siirtää uusimmalle ETS-versiolle ja näin jatkaa/muuttaa ohjelmointia uudella ohjelmistoversiolla. Kuvassa 27 on esitetty ETS-ohjelmistojen hinnasto. [5, s. 122 - 126.]

ETS5-ohjelmointityökalusta on neljä eri versiota:

Taulukko 2. [5, s. 2.]

Demo	Laitteita projektia kohti: 3 Projekteja: Rajattomasti
Lite	Laitteita projektia kohti: 20 Projekteja: Rajattomasti
Supplementary	Max. 2 lisenssiä/ETS5 Professionalia kohden ETS5 Professional tarvitaan Samat ominaisuudet kuin Professionalissa
Professional	Laitteita projektia kohti: Rajattomasti Projekteja: Rajattomasti

ETS5 Pricing



Tool Edition	New Full Price*
ETS5 Professional Edition	1.000 €
ETS5 Lite Edition	200 €
ETS5 Supplementary Edition	150 €

Tool Edition	New Update Price*
ETS4 Professional Edition Update	350 €
ETS3 Professional Edition Update	600 €
ETS4 Lite Edition Update	100 €
ETS4 Supplementary Edition Update	100 €
ETS4 Lite Edition Upgrade (Lite → Professional)	800 €
ETS4 App Edition Update (separate dongle for App)**	60€

* including a dongle

** today each ETS App is explicitly tied to the ETS Professional Edition dongle

Kuva 27. ETS-ohjelmiston hinnat [5, s. 6]

8 Suunnittelu, projektisuunnittelu ja käyttöönotto

8.1 Suunnittelu

Asiakkaan tarpeita vastaavan KNX-järjestelmän tekoon vaaditaan yksilöllistä ja yksityiskohtaista suunnittelua. Ennakkosuunnittelun hinnoittelu perustuu yleensä suunnittelu- ja konsulttitoimistojen liitto SKOL ry:n taulukkoon. Osaava suunnittelun asiantuntija nopeuttaa projektinsuunnittelua, käyttöönottoa, testausta ja dokumentointia sekä säästää rahaa ja ehkäisee sopimusosapuolten välisiä väärinkäsityksiä. [3, s. 63.]

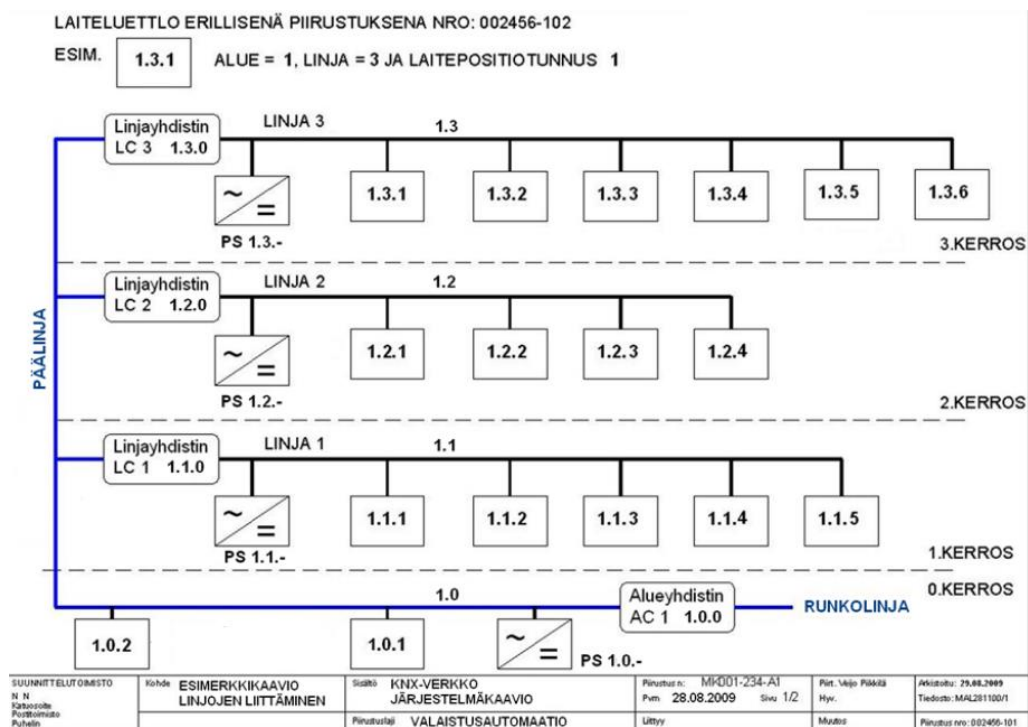
Suunnittelun ensimmäisessä vaiheessa kartoitetaan asiakkaan tarpeet ja määritellään sen pohjalta toiminnalliset vaatimukset. Vaatimukset tulisi kirjata vapaamuotoisesti tai tarkistuslistan eli huonekorttien muodossa. Kun asiakasvaatimukset on todettu, tulisi selvittää, mitä KNX-järjestelmällä halutaan ohjata ja missä ohjauksen tulisi tapahtua. Lisäksi on tärkeää selvittää, mille alueille KNX-järjestelmää kannattaa käyttää. Esijohdotuksen tekeminen mahdollistaa myöhemmän ongelmattoman uudelleenjohtotuksen. [3, s. 63.]

KNX-järjestelmän suunnittelu on suoritettava kansallisten määräysten mukaisesti. Sähköverkkojärjestelmään liitettävien telelaitteiden asennuksessa on kansalliset tekniset vaatimukset otettava huomioon. [3, s. 63.]

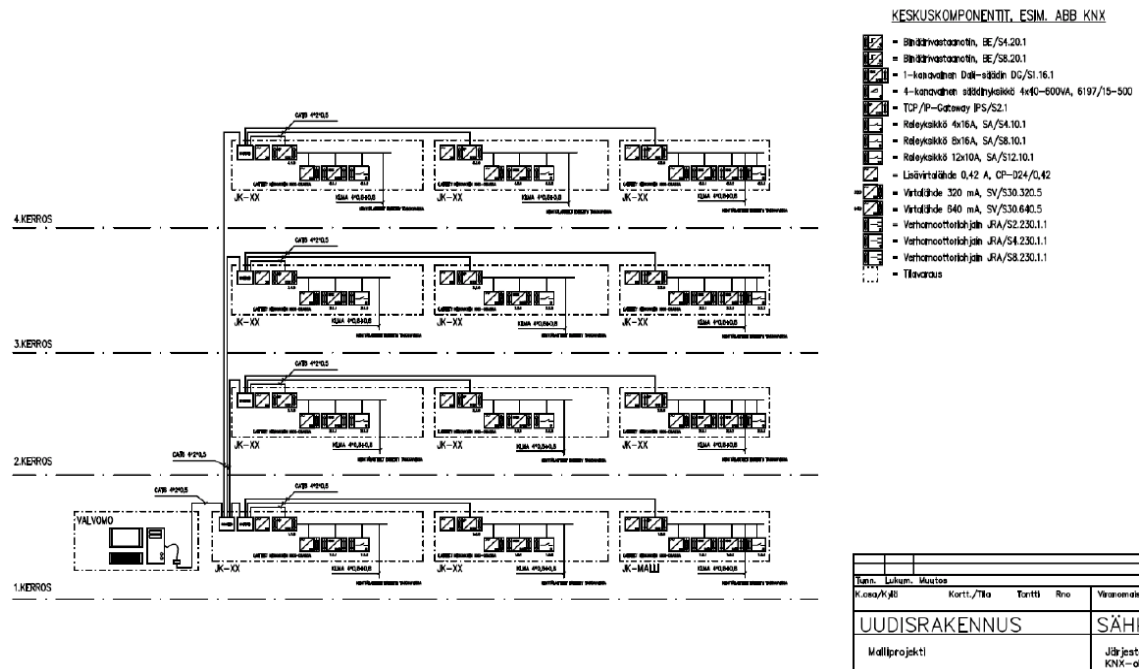
Asennuksen rakennetta suunniteltaessa on tehtävä seuraavat asiat:

- parhaiten soveltuvan siirtotien valinta sekä mahdolliset kytkennät muihin verkkoihin (esim. internet)
- asennuksen jako linjoihin ja alueisiin sekä kytkinten ja yhdyskäytävien käyttö
- KNX-laitteiden tyyppiin, toiminnallisuuden ja mallin valinta
- sopivien turvalaitteiden valinta
- ympäristön määrittäminen
- kaapelointijärjestelmän kaaviokuva. [3, s. 64.]

Sähkösuunnittelijan tehtävä KNX-järjestelmää suunniteltaessa on KNX-järjestelmäkaavion suunnittelu (kuvat 28 ja 29). Järjestelmäkaavioiden tulee olla selkeitä ja järjestelmään tutustumattomankin henkilön ymmärrettävissä. Järjestelmäkaavioita on hyvin erilaisia, riippuen aina suunnittelijan toimintatavoista. [5, s. 107.]



Kuva 28. Esimerkki KNX-järjestelmäkaaviosta [5, s.108]



Kuva 29. Esimerkki KNX-järjestelmäkaaviosta [5, s. 112]

8.2 Projektisuunnittelu

KNX-järjestelmän toiminnallisuus koostuu erillisistä väylälaitteista ja niiden vuorovaikutuksista. Jotta KNX-asennus voidaan ottaa käyttöön, on tunnettava väylälaitteiden sähköiset ja mekaaniset ominaisuudet ja sovellusohjelma asetetuin parametrein. Projektisuunnittelun aikana on arvioitava vaaditut toiminnallisuudet huonekohtaisesti. Väylälaitteiden asetteluun jälkeen on tutkittava huoneiden välillä toimivia toimintoja, kuten hämäräkytkimiä, keskeisiä valojen keskussammutustoimintoja, kellokytkimiä jne. [3, s. 64.]

Anturit tulee valita projektisuunnitteluvaiheessa. Tätä varten on otettava huomioon toimintojen tyyppi ja määrät. Toimintotyyppinä ovat esim. kytkentä, himmennys, verhojen ohjaus, prioriteetti, arvon lähettäminen ja valaistustilanteet. Toimintojen määrä riippuu asiakkaan vaatimuksista. [3, s. 65.]

Projektisuunnittelussa on otettava huomioon, että jotkin väylälaitteet vaativat lisävirtalähteen (230 VAC). Myös ympäristöolosuhteet, kuten pölyisyys, lämpötila ja kosteus on otettava huomioon projektisuunnitteluvaiheessa. Laitteet tulee valita sen

mukaan, mitkä toimintavaatimukset niille on asetettu. Esimerkkinä on kaksiosainen painike himmennystoiminnolla. [3, s. 65.]

Toimilaitteita valittaessa on suositeltavaa tarkastella niiden toimintoja ja valita niiden mukaan vastaavat laitteet. Saatavana on laitteita, jotka voidaan kytkeä jakokeskukseen, uppo- ja pinta-asentaa sekä asentaa alakattoon. Alakattoon laitteita asennettaessa tulee ottaa huomioon riittävä ilmanvaihto, jottei liiallista kuumuutta pääse muodostumaan. [3, s. 65.]

Laitteiden valinnassa kannattaa ottaa huomioon seuraavat alueet:

- Laitteet tulee sijoittaa niin, että niihin päästään vaivattomasti käsiksi.
- Laajennuksille tulee olla riittävästi tilaa.
- 230 V:n kaapelointijärjestelmässä tulee olla varaa laajennuksille. Sen pitää olla helposti muutettavissa niin, että 230 V:n järjestelmä ei rajoita väyläjärjestelmän joustavuudesta koituvia etuja.
- Kaapelien määrä ja pituus pysyy pienenä, jos käytössä on useita pieniä hajautettuja jakokeskuksia. [3, s. 65.]

Jakokeskukseen kytkettävien laitteiden tulee olla DIN-kiskoasenteisia laitteita, jotka voidaan asentaa 35 mm:n DIN-kiskolle standardin *EN 50 0222* mukaisesti. Laitteet voidaan kytkeä kahdella tapaa:

1. Väyläkaapeli kytketään väyläkytkentäliittimien kautta
2. Väyläkaapeli kytketään datakiskon ja painekosketusjärjestelmän kautta. [3, s. 65.]

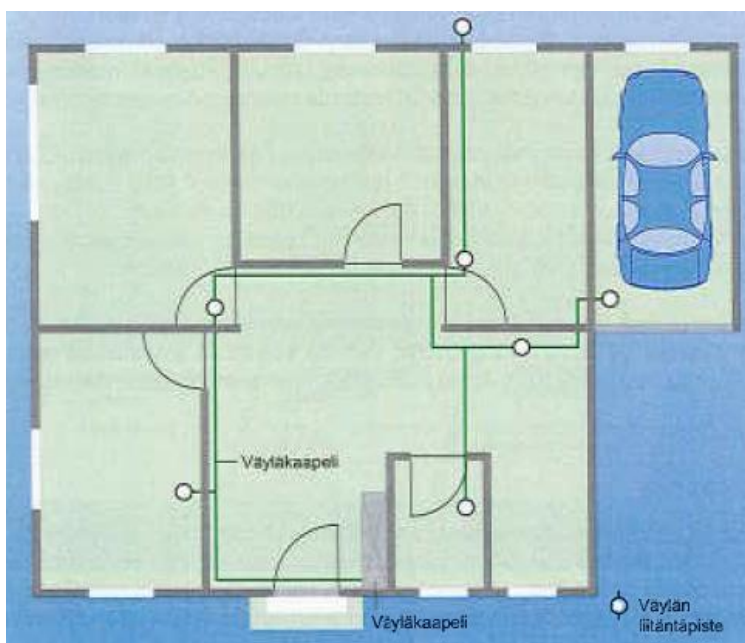
Väylälaitteet ja tehonlähteet asennetaan jakokeskuksiin. On tärkeää varmistaa, että kaikki ne virtapiirit, jotka eivät ole SELV tai PEV, on erotettava KNX-järjestelmästä. Yksittäisissä tapauksissa on tärkeää asentaa lisäsuojuksia tai välisieniä. [3, s. 66.]

KNX-järjestelmässä sähkötoimintojen laajennukset ja muutokset ovat helpommin toteutettavia kuin perinteisissä teknologioissa. Jakokeskuksen koko tulee määrittää niin, että väylälaitteille ja sisäänrakennetuille laitteille on jakokeskuksessa tilaa. Tilan määrä on riippuvainen topologian tyypistä sekä valittujen laitteiden mallista. Suuren lämpöhäviön omaavat laitteet tulisi sijoittaa jakokeskuksen yläosaan. Selkeyden vuoksi väylälaitteet ja tavanomaiset laitteet tulisi järjestellä erillisiin kenttiin. [3, s. 66.]

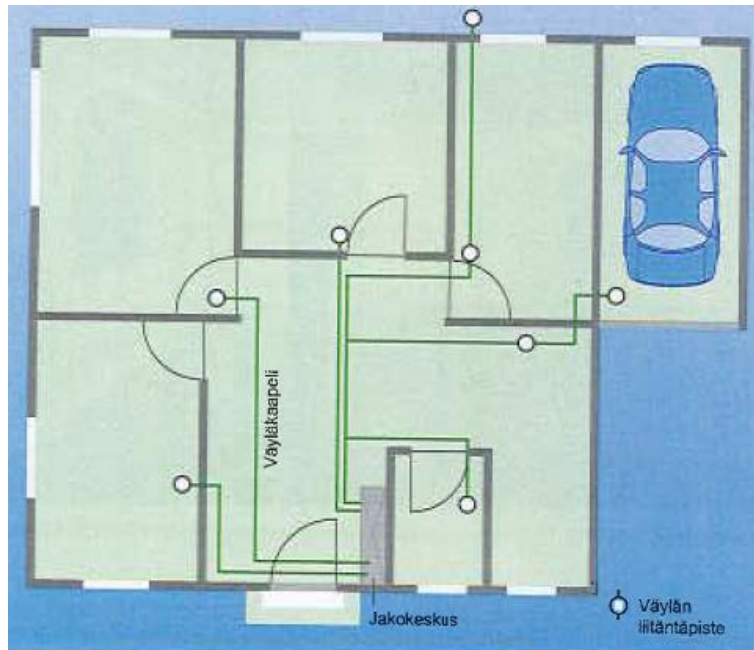
8.3 Suunnittelu väyläkaapelia käyttäen

Väylälaitteen yhdistelmä uppoasennetussa versiossa, jossa vahvavirtarasiat ovat saman yhteisen suojuksen alla heikkovirtaa käyttävien laitteiden kanssa, on asennukset sallittu vain tähän työhön pätevyityneiltä henkilöiltä. Suositeltavaa on asentaa vahvavirtarasiat omaksi ryhmäksi ja oman peitelevyn alle. KNX-laitteiden kaapeleiden läpiviennit tehdään yhdessä asennusalueella olevien virtajohtojen kanssa. [3, s. 67.]

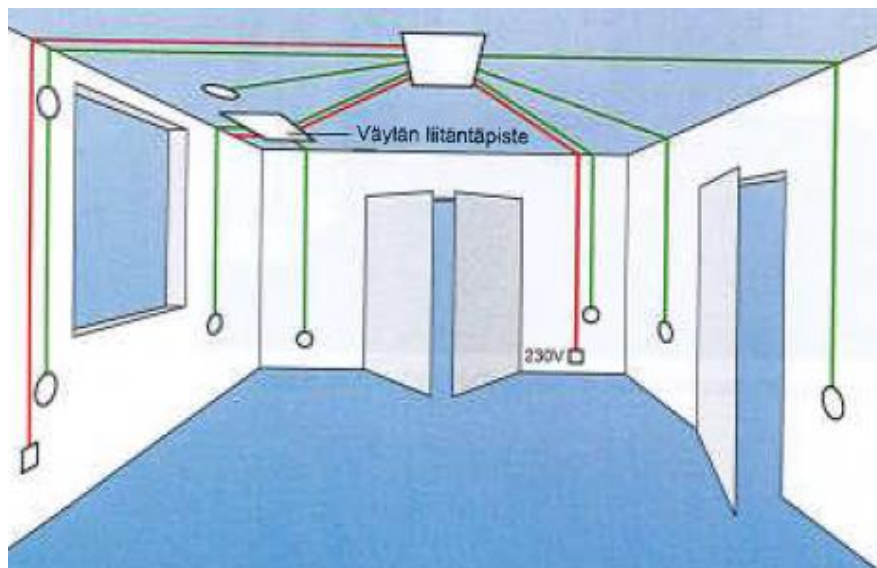
Huoneiden väyläkaapelit johdotetaan joko jokainen erikseen ryhmäkeskukselle (tähti-topologia) tai sitten laitteet ketjutetaan huoneiden välillä (kuva 30). Kaapeloitaessa on otettava huomioon jaot linjoihin ja alueisiin. Rakennuksen ryhmäkeskukset tulee kytkeä väyläkaapeliin. Kuvassa 31 on esitetty huoneiden vapaa topologia ja kuvassa 32 on esitetty huoneen sisäinen kaapelointi. [3, s. 68.]



Kuva 30. Huoneiden ketjutuskytkennät [3, s. 71.]



Kuva 31. Huoneiden vapaa topologia [3, s. 70.]



Kuva 32. Kaapeleiden asennus seinän sisään [3, s. 68.]

Kaikkien järjestelmien, kuten 230/400 V:n verkkojännitteen, KNX:n, television ja puhelimen tulisi olla yhdessä paikassa rakennuksessa (pääjakokeskus/liitântäkotelo), jotta nämä olisi kytkettävissä toisiinsa yhdyskäytävien kautta. [3, s. 70.]

Väyläkaapelina käytetään KNX:n omaa suojattua kaksiparista kierrettyä *YCYM 2x2x0,8* tai *JY(St)Y 2x2x0,8* -kaapelia, mutta ainakin Suomessa yleisesti käytetty KNX-kaapeli on *KLMA 4x0,8+0,8*. Sähköasennuksissa käytettyjä sähkökaapeleita ei tule käyttää väyläkaapeleina. Väyläkaapeli kuten sähkökaapelitkin tulee asentaa määrättyihin asennusvyöhykkeisiin linja-, puu- tai tähtirakenteena standardin *DIN 18015* mukaan. [3, s. 77.]

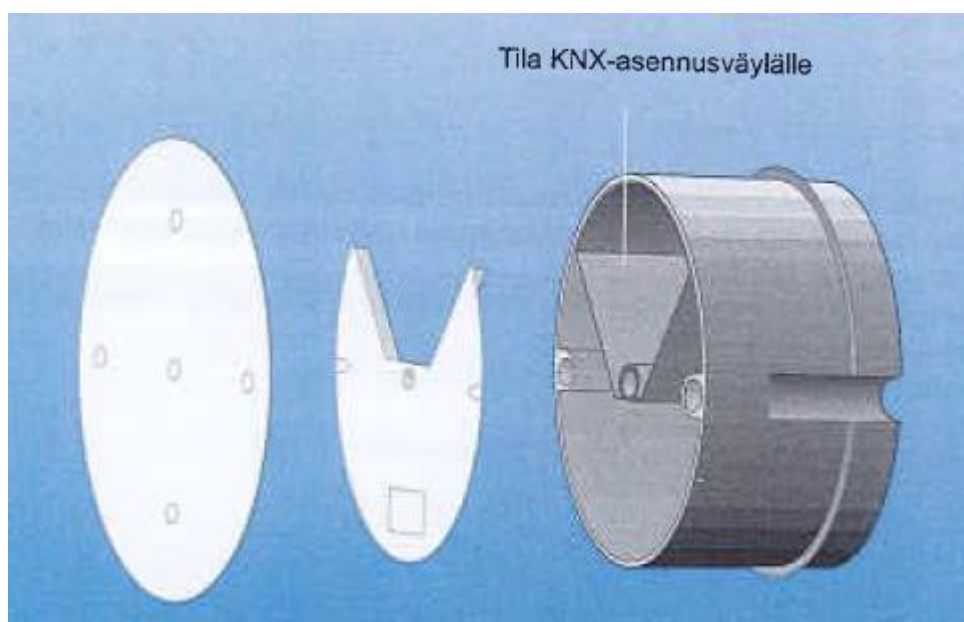
- Kaapeli voidaan asentaa yhdessä muiden virtapiirissä olevien kaapelien kanssa putkiin ja johtokanaviin.
- Vaadittaessa halogeenittomia kaapeleita voidaan käyttää kaapelia *J-H(StH 2x2x0,8)*.
- On tärkeää varmistaa, ettei rengastopologiaa vahingossa muodostu linjojen välille haarautuneessa asennuksessa, ts. eri linjoja ei tulisi yhdistää toisiinsa.
- Kahden rakennuksen linkittämiseen voidaan käyttää maakaapeleita, kuten telekaapeleita *A2Y(L)2Y* tai *A-2YF(L)2Y*. [3, s. 77.]

Jos väyläkaapelin vapaata johdinparia käytetään muihin käyttötarkoituksiin, tulee ottaa huomioon seuraavat asiat:

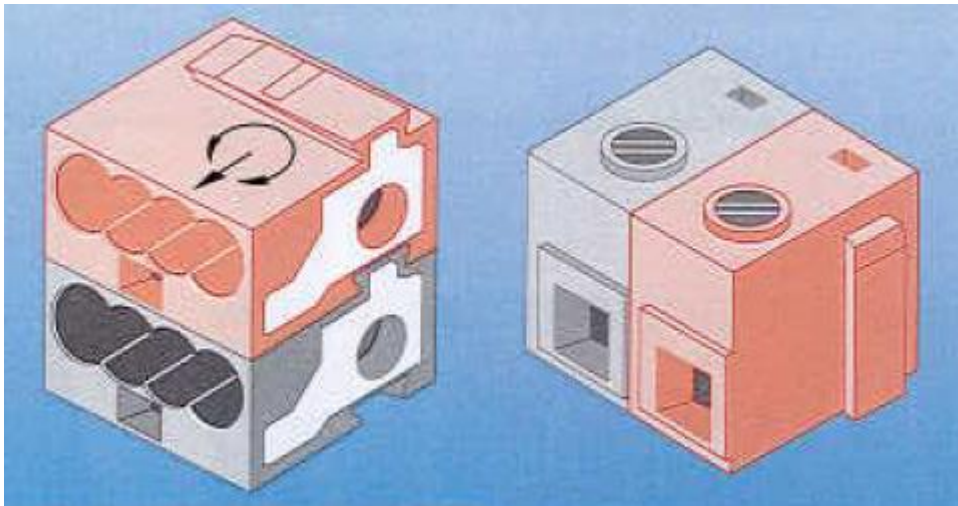
- Käytössä on vain pienjännite SELV/PELV.
- Maksimi on 2,5 A:n tasavirta; tarvitaan ylivirtasuojauksia (ylikuormitus- ja oikosulkusuojaus)
- Puheensiirto on sallittu, ei kuitenkaan yleisen tietoverkon telekaapelissa.
- Toisen johdinparin käyttö tulee olla oma linjansa.

- Lisäksi on suositeltavaa merkitä selvästi kaikki muihin käyttötarkoituksiin käytettävien johdinparien johtimien päät.
- Jos toista johdinparia käytetään ylimääräisenä linjana, keltainen johdin liitetään kohtaan + ja valkoinen kohtaan -. [3, s. 78.]

Sähkö- ja väyläkaapelin johtimet voidaan asentaa samaan asennuskoteloon, jos johtimet voidaan erottaa toisistaan turvallisesti asennuskotelossa (kuva 33). Jos käytössä on asennuskoteloita, joissa on kiinteät liittimet, on mahdollista käyttää asennuskoteloita ilman kiinteitä väliseiniä. Muissa tapauksissa väyläkaapelille ja sähkökaapelille on käytettävä erillistä asennuskoteloita. Kuvassa 34 on esitetty väylän kytkentäliittimet. [3, s. 78.]



Kuva 33. Kojerasia, jossa erotustanko/väliseinä. [3, s. 78.]

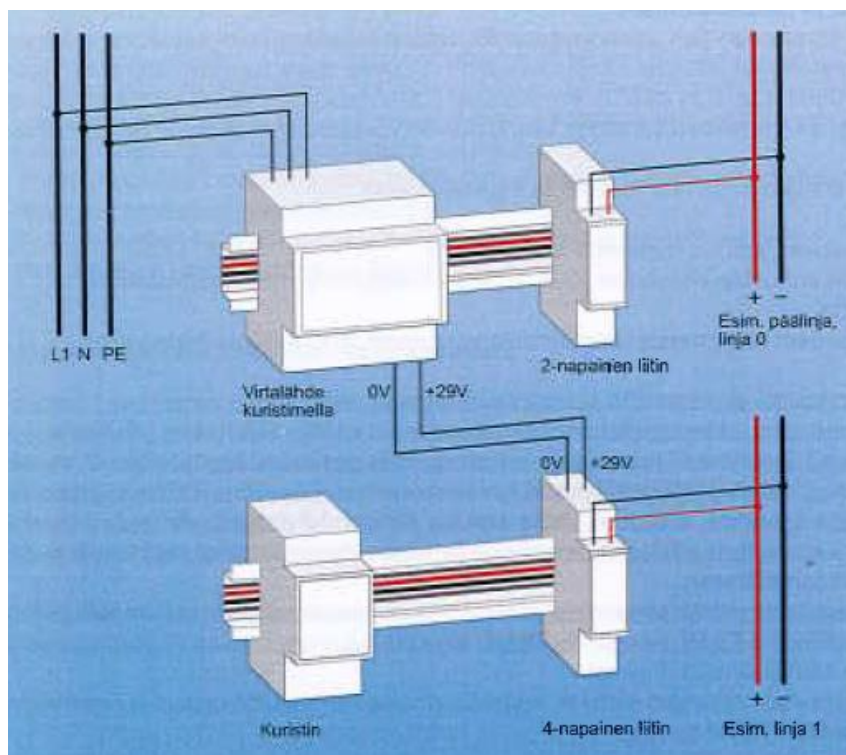


Kuva 34. Väylän kytkentäliittimet [3, s. 80.]

Kun käytetään väylä- ja teholaitteita yhdessä uppoasennetuissa yhdistelmässä on silloin tehlohko suojattava suoralta kosketukselta erillisellä suojuksella. Turvallinen erotus tulee varmistaa uppoasennuksen yhdistelmän suunnittelussa. Valmistajan tiedot tulee ottaa huomioon erityisesti kun käyttö tapahtuu vaikeissa ympäristöoloissa (likaisuusaste, ylijänniteluokka). [3, s. 80.]

Väyläjärjestelmää ja sen komponentteja tulee käsitellä tehoasennuksina. Sama pätee kaikkiin kommunikaatiojärjestelmiin, jotka eivät ole SELV- tai PELV-virtapiirejä. SELV- ja PELV-piirit tulee olla erotettuina toisistaan jänniterasituksen mukaisesti. Piirit voidaan siten asentaa ilman vapaata väliä väyläkaapeleihin. [3, s. 80]

Erilaisten kuormien ohjaukseen ja rakennuksen valvontaa käytetyt väylälaitteet on mahdollista asentaa jakokeskuksiin DIN-kiskoasenteisina, uppoasennettuina tai pinta-asennettuina laitteina tai ne ovat sisällytetty laitteeseen (esim. valaisimet). Virtalähteen verkkoliitäntöihin on suositeltavaa käyttää erillistä virtapiiriä. Virtalähde kannattaa asentaa mahdollisuuksien mukaan mahdollisimman lähelle linjan keskikohtaa. KNX-järjestelmässä saa käyttää vain virallisia virtalähteitä. Kuvassa 35 on esitetty virtalähteen kytkentä väylälinjoihin. [3, s. 81]



Kuva 35. KNX:n virtalähteen kytkentä väylälinjoihin. [3, s. 81]

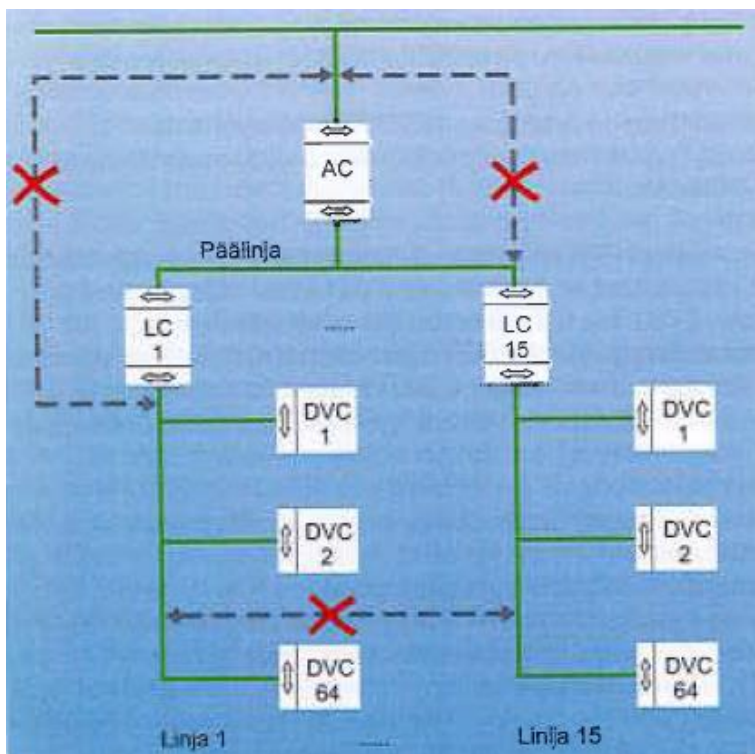
9 Käyttöönotto

Ennen kuin KNX-asennus otetaan käyttöön, on suoritettava kaikki pakolliset testit järjestelmän toimivuuden varmistamiseksi. Nämä testit ovat erilaisia eri siirtoteitä käytettäessä. [3, s. 88.]

Kaikissa KNX-asennuksen linjoissa toteutetaan seuraavaa menetelmää:

Testattu linja kytketään KNX-virtalähteeseen tai oikosulkusuojattuun tasajännitelähteeseen (tasavirta 6-15 V, virranrajoitus n. 1 A). Jokaisen väyläkaapelin päiden ja linjan väyläliittimen jännite ja napaisuus tulee tarkistaa tasavirtamittauslaitteella. Tarkastamalla toisiin linjoihin kuuluvien kaapeleiden päiden jännite voidaan tehdä luvottomien kytkentöjen testaus, sillä jännitettä ei ilmene jos johdotus on tehty oikein. Kun asennetaan kaapeleita, on suotavaa testata väyläkaapelin pituus ja etäisyys linjaa kohti. Kaikkien väyläkaapeleiden päät ja kaapeleiden liittokset tulee tarkastaa. Tätä menetelmää on noudatettava niin pää- kuin runkolinjoille. Standardin *DIN VDE 0100-610* määräykset tulee huomioida. [3, s. 88.]

SELV-piirissä tulee olla vähintään 250 k Ω eristysvastus testijännitteellä 250 VDC. Jos on asennettu ukkosenjohdattimia (ensiösuojaus) tai ylijännitesuojia (toisosuojaus) on ne kytkettävä irti ennen eristysvastuksen mittausta. Kaikkien testien tulokset tulee kirjata ylös. Kuvassa 36 on esitetty esimerkki KNX-järjestelmän kielletystä rengaskytkenästä. [3, s. 89.]



Kuva 36. Luvattomat kytkennät

Testipöytäkirja tulee laatia tehtyjen testien pohjalta. Sen tulee sisältää seuraavat asiat:

- asennettujen väylälaitteiden, kojerasioiden ja jakokeskusten sijainnit
- väyläkaapelin asennuksen toiminnan testaus
- jatkuvuus ja napaisuus
- väyläkaapelin eristysvastusmittaus
- väyläkaapeleiden kohdeluokitukset
- jakokeskuksen kaapeleiden kohdeluokitukset. [3, s. 89.]

Fyysinen osoite tulee asettaa uudelleenohjelmointia, vianmäärittystä ja vian paikantamista varten. Osoite tulee ladata jokaiseen laitteeseen erikseen viimeistään käyttöönottoaiheessa. Fyysinen osoite määritetään ETS-työkalun avulla, joka

kytketään laitteistoon KNX-dataliitännän avulla. Kaikki väylään liitetyt laitteet voidaan myös ohjelmoida tätä kautta. Ohjelmointi suoritetaan painamalla yksitellen jokaisesta KNX-laitteesta ohjelmointipainiketta, jonka jälkeen ohjelmointi suoritetaan syöttäen tietokoneelta tehdyn ETS-ohjelmoinnin. Ohjelmointipainikkeen painaminen sytyttää punaisen LED-valon ja se sammuu, kun ohjelmointi on suoritettu onnistuneesti. [3. s. 90]

10 Käyttö ja huolto

KNX-asennuksia, kuten muitakin sähköasennuksia on huollettava, jotta saadaan varmistettua ongelmaton käyttö.

Huolto jaetaan kahteen osaan, eli

- suunniteltavissa olevaan ehkäisevään huoltoon
- suunnitelmattomaan korjaavaan huoltoon laitevian sattuessa. [3, s. 104.]

Huolto tulee suunnitella siten, että mahdolliset tekniset viat eivät ole vaaraksi turvallisuudelle ja että viat havaitaan mahdollisimman aikaisessa vaiheessa. Tärkeät vian havaitsemisen toiminnot ovat automaattinen ilmoitus, tarkastus ja toistuva järjestelmän toiminnan testaus. [3, s. 104.]

Kun tehdään KNX:llä automaatiojärjestelmä, tuo se etuja koko kiinteistön huoltoon esimerkiksi seuraavalla tavalla:

- Turvallisuuslaitteiden kytkentäjaksot ja käyttöaika kyetään havaitsemaan ja laite pystytään vaihtamaan ehkäisevän huollon puitteissa optimiajassa.
- Turvallisuuteen liittymättömien laitteiden, esim. yksittäisten lamppujen käyttöhäiriö voidaan havaita ja vaadittava korvaava huolto voidaan toteuttaa.
- KNX-laitteita ja kytkentöjä laitteisiin pystytään jatkuvasti valvoa ja mahdolliset viat voidaan raportoida välittömästi.

Sähköasennusten käyttökustannuksia voidaan siten alentaa optimoimalla ja automatisoimalla huoltotoimenpiteitä. [3, s. 104.]

Järjestelmän ylläpitäjän tulee laatia yhdessä järjestelmästä vastuussa olevan henkilön kanssa huoltosuunnitelma, johon sisältyvät kaikki asennusten kunnon säilyttämistä koskevat toimenpiteet. Järjestelmästä vastaava henkilö on järjestelmän ylläpitäjän nimeämä henkilö, joka on vastuussa sähköasennusten toiminnasta (standardin *DIN VDE 0105* mukaan). Henkilön on tunnettava ja arvioitava asennuksista aiheutuneet riskit niin, että on mahdollista työskennellä asennuksen kanssa. Käytönjohtaja on valittava kauppaja ja teollisuusministeriön (KTM) ja Suomen sähköturvallisuusmääräysten mukaisesti (vrt. *SFS 6000*), ja hänen tulee myös täyttää ammattitaitovaatimukset (S1/S2). [3, s. 105.]

11 Ukkos- ja ylijännitesuojaus, maadoitus ja potentiaalintasaus

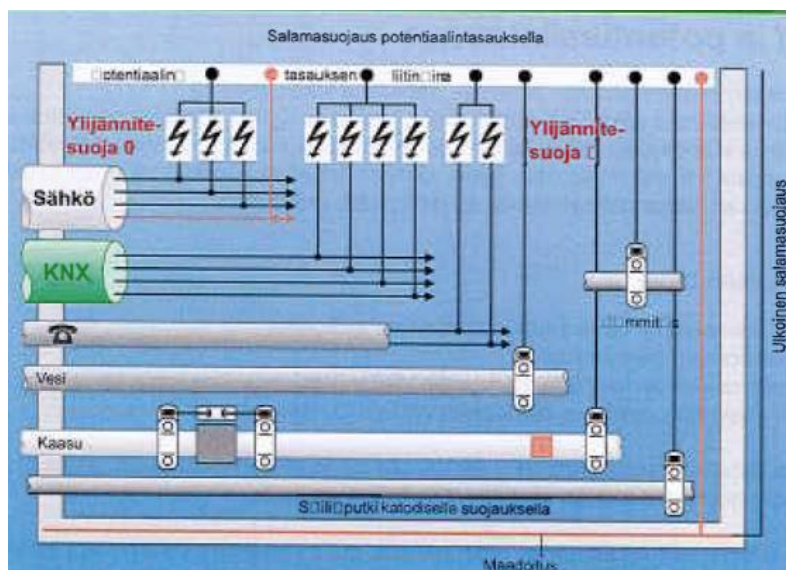
Nykypäivänä rakennuksiin asennetaan antenni-, sähkö- ja jakeluverkkojen lisäksi myös tietokoneverkkoja sekä erilaisten automaatiojärjestelmien verkkoja. Kytettyjen laitteiden tulee noudattaa ylijännitettä koskevia standardeja. KNX-laitteet on esimerkiksi suojattu 4kV:n ylijännitettä vastaan. Tämä suojaus saattaa olla riittämätön ukkosen iskissä suoraan tai epäsuorasti rakennukseen. On siis tarkasteltava, onko tarvetta ukkossuojauksen asentamiseen. [3, s. 115.]

Ukkossuojauksen tarve johtuu

- liittovaltioiden rakennusmääräyksistä
- asennusrakenteen riskien arvioinnista standardin *VDE V 0185*, osan 2 mukaan
- Kiinteistön vakuutusyhtiön vaatimuksen standardin *VDS 2010* mukaan. [3, s. 115.]

Suomessa ollessa on noudatettava standardia *SFS 60000* ukkos- ja ylijännitesuojauksen osalta. Ukkossuojausta edellyttäviä rakennuksia ovat sellaiset rakennukset, jotka ovat hyvin alttiita salamaniskuille sen rakennetyypin tai käytön vuoksi tai joissa salamanisku voi aiheuttaa merkittäviä vahinkoja. Ukkossuojausjärjestelmä on määrätty yleensä julkisiin rakennuksiin kuten kouluihin.

Ukkossuojajärjestelmien asennusta koskevista standardeista potentiaalintasaus on pakollinen myös aktiivisille johtimille. Kytkenä tulee toteuttaa epäsuorasti ukkosenjohdattimen kautta (kuva 37). [3, s. 115.]



Kuva 37. Ukkossuojaus tasapotentiaalilla [3, s. 116.]

11.1 Projektisuunnittelun ohjeet ukkos- ja ylijännitesuojaukselle

Jos ukkossuojaus on vaadittu, tulee aktiivisten johtimien kytkentä tehdä ukkosenjohdattimien avulla standardin VDE V 0185, osan 3 mukaan. Pienjänniteasennuksissa käytetään tyyppin 1 ylijännitesuojalaitteita (SDP). Data- ja tietoverkkojärjestelmissä sekä KNX-asennuksissa tulee käyttää luokan D1 suojalaitteita. [3, s. 116.]

Luokan D1-suojalaitteita on myös suositeltava käyttää esimerkiksi jos

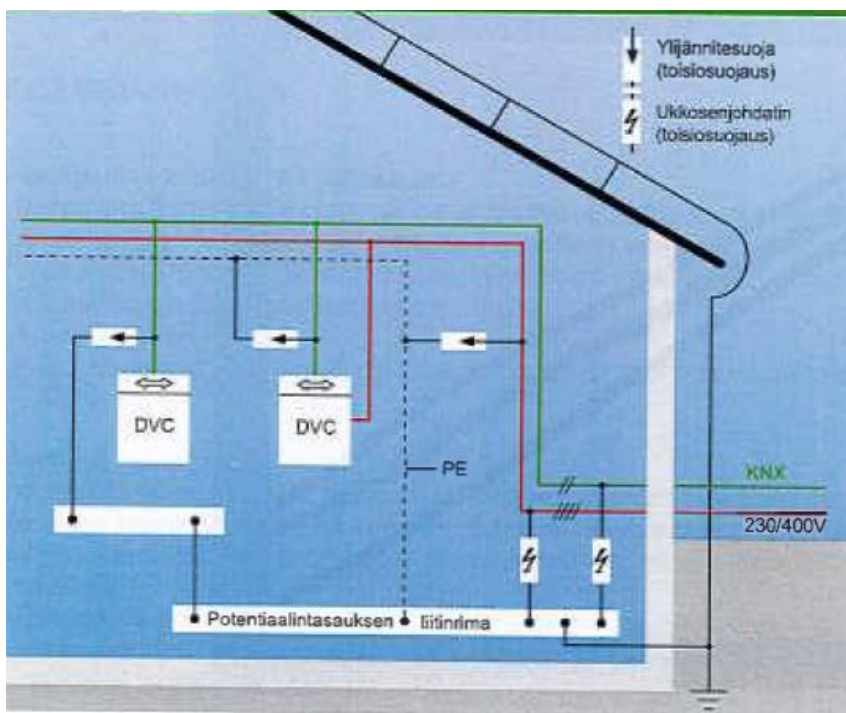
- rakennus on kytketty pienjännitteisen avojohdon kautta
- rakennuksessa on metallisia rakenneosia (esim. metallinen savupiippu tai antenni), joihin salaman saattaa iskeä.
- rakennuksen läheisyydessä on toinen rakennus, jossa on ukkossuojajärjestelmä. [3, s. 116.]

Kun kaapeleita asennetaan rakennusten kautta kulkeviksi, on ukkosenjohdattimet asennettava väyläkaapelilla rakennuksen sisäänkäyntiin tai ylijännitesuojalaitteilla suojattu väyläkaapeli on asennettava metalliputkeen tai metalliseen kanavaan, joka on potentiaalitasattu molemmista päistä. Kanavan tai putken vähimmäispoikkipinta-alat on mitoitettava siten, että suurin osa salaman virrasta voidaan johtaa sen kautta (CU 16 mm², Al 25 mm² Fe 50 mm²) [3, s. 116.]

11.2 Ylijännitesuojien asennussuositukset

Ylijännitesuoja on suositeltu asennettavaksi suojausluokan 1 väylälaitteisiin ja sellaisiin laitteisiin, joihin on kytketty toinen johdotusjärjestelmä väyläkaapelin lisäksi (esim. 230/400 VAC). Jakokeskuksissa riittää kunkin väylän kytkeminen ylijännitesuojaan. Jos väylälinjat on kytketty ylijännitesuojaan jakokeskuksissa, ulkojohtimet ja nollajohdin on myös kytkettävä ylijännitesuojaan. [3, s. 120.]

Projektisuunnitteluvaiheessa tulisi välttää silmukkojen muodostumista, sillä virtajohtojen ja väyläkaapelien sekä putkijärjestelmien ja väylän tai virtajohtojen väliset silmukat ovat yleisimpiä ylijänniteaaltojen tuloreittejä. Väyläkaapelit ja virtajohtot tulisi aina asentaa mahdollisimman lähelle toisiaan. Tämä koskee myös maadoitettuja komponentteja, kuten ilmanvaihtokanavia, jos väylälaitteet joutuvat niiden kanssa kosketuksiin kenttäoloissa (esim. lämmitysventtiili). Silmukoita muodostuu yleensä vesi- ja lämmitysputkien kanssa. Tässä tapauksessa silmukka sulkeutuu potentiaalintasauksen välityksellä. Kuvassa 38 on esitetty ylijännitesuojien ja ukkossuojien kytkennät. [3, s. 121.]



Kuva. 38 Ylijännitesuojien ja ukkossuojien kytkentä [3, s. 120.]

Vaarallisia ylijänniteaaltoja voi syntyä sellaisissa laitteissa, jotka ovat kytketty kahteen eri järjestelmään, kuten esimerkiksi KNX:n virtalähdeyksikkö ja tietokone. KNX-laitteiden suojaus on suunniteltu ylijänniteluokan 3 mukaisesti, jossa nimellissyökyjännite on 4 kV. Sellaisiin laitteisiin jotka ovat hyvin taipuvaisia ylijänniteaaltoihin, tulee asentaa lisäylijännitesuojaus esimerkiksi tietokoneeseen. [3, s. 121 - 122.]

11.3 Maadoitus ja potentiaalintasaus

Potentiaalintasauksella tarkoitetaan johtavien osien välistä sähköistä liitännää, jonka tarkoituksena on tavoittaa tasapotentiaali. Johtavia osia ovat sähkölaitteiden rungot ja muut laitteet jotka tulevat jännitteiseksi peruseristyksen pettäessä. Tällaisia laitteita voivat olla metalliset vesijohtoputket, IV-kanavat ja rakennuksen runkorakenteet. Potentiaalintasaus on perustana henkilösuojaukselle ja kaikkien teknisten laitteiden luotettavuudelle. [3, s. 123.]

Jottei staattisia varauksia synny, on jokainen linja yhdistettävä maahan suojaavien impedanssien välityksellä, jotka ovat valmiiksi rakennettuina KNX-virtalähteisiin. KNX-virtalähteen maadoitusliitin tulee kytkeä PE-liittimeen. KNX-väyläkaapelit tulee suojata,

mutta nämä suojat eivät ole kuitenkaan maadoitettuja eikä niitä ole yhdistetty potentiaalintasaukseen. On tärkeää tarkistaa, etteivät suojaukset kosketa maapotentiaalia tai johtavia osia. [3, s. 123.]

12 Liitännät muihin automaatiojärjestelmiin

KNX-järjestelmä on mahdollista liittää muihin automaatiojärjestelmiin KNX-gateway muuntimien välityksellä. Yleisiä liitettäviä järjestelmiä ovat:

-BACnet

-DALI

-Modbus

-tietokone ja internet.

KNX:n yhdistäminen muihin järjestelmiin tapahtuu esimerkiksi Schneideriltä saatavalla homeLYnk logiikkaohjaimella, joka toimii gateway:nä mm. BACnetin, Modbusin, medialaitteiden, USB:n ja IP:n välillä. [7; 3, s. 125 – 128.]



Kuva 39. HomeLYnk logiikkaohjain [7.]

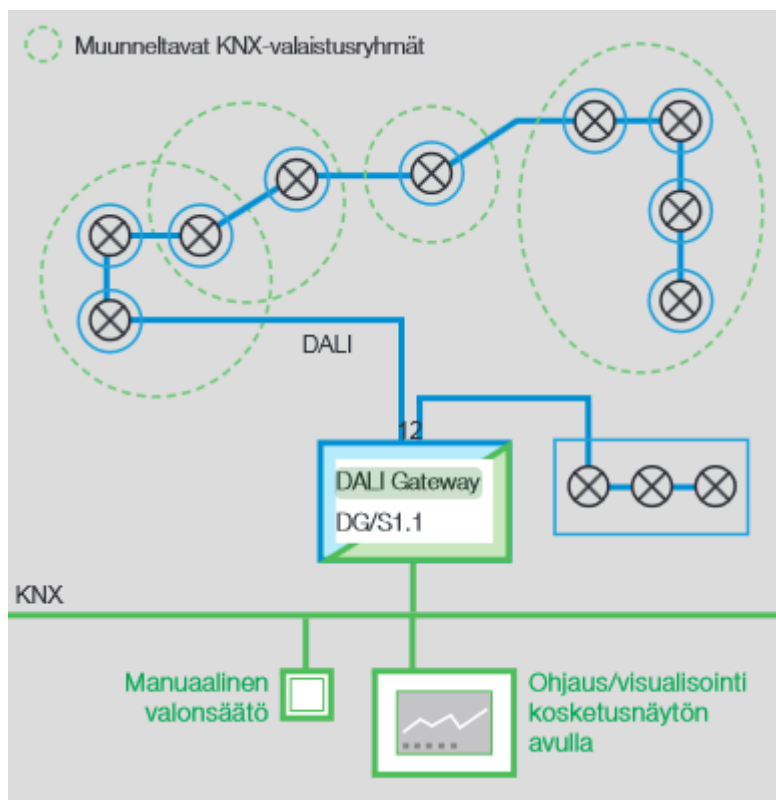
12.1 Liitäntä DALI-valaistuksenohjausjärjestelmään

KNX-valaistus toteutetaan useimmiten DALI-valaisimia käyttäen, jotta valaistuksesta saadaan mahdollisimman säädettävä. DALI mahdollistaa valaisimien yksilöllisen ohjauksen sen osoitejärjestelmän vuoksi. Jokainen DALI-valaisin on osoitteellinen ja sisältää laitekohtaisen ohjauksen, näin jokaista DALI-valaisinta voidaan ohjata erikseen tai ryhmänä. Yhdessä DALI-järjestelmässä voi olla enintään 64 yksilöllistä osoitetta ja 16 valaistusryhmää. Osoitteelliset liitäntälaitteet ja valaisimet on mahdollista yhdistää omaksi valaistusryhmäkseen. DALI-järjestelmä mahdollistaa jopa 16 erilaisten valaistustilanteen hyödyntämisen. [6.]

Yhdistettäessä DALI-valaisimia KNX-järjestelmään on ne yhdistettävä väylään DALI-gateway-laitteen välityksellä (kuva 40). DALI-gateway toimii myös DALI-järjestelmän virtälähteenä. Tällainen on esimerkiksi ABB:lta saatava DG/S1.1 DALI Gateway. Siihen voidaan kytkeä yhteensä 128 DALI-osoitetta, joista 64 on yksilöllisesti ohjattavissa ja 64 toimii DALI-Broadcast tilassa. DALI-broadcast tilassa kaikki valaisimet toimivat yhdessä yksilöllisen ohjaamisen sijaan. Kuvassa 41 on esitetty DALI-gatewayn toiminta. [8.]



Kuva 40. DALI-gateway muunnin [8.]



Kuva 41. DALI-gatewayn toiminta. [9, s. 66.]

13 KNX-laitteet

13.1 Keskuskomponentit

KNX-järjestelmään saatavia keskuskomponentteja on paljon erilaisia. Ne voidaan myös asentaa keskuksen ulkopuolelle erilliseen koteloon näin haluttaessa. Keskuskomponentit ovat nykyään pääosin DIN-kiskoon asennettavia. [9, s. 28 – 30.]

13.1.1 KNX-virtalähde

KNX-virtalähteitä on saatavilla erikokoisiin järjestelmiin, joista pienin on 160 mA ja suurin 640 mA virtalähde (kuva 42). Tämä voi syöttää 64 kappaletta KNX-laitetta (10mA / laite). Sen syöttämä jännite on 30 VDC. [10.]



Kuva 42. SV/S30.640.3.1 Virtalähde 640 mA kuristimella, 4 moduulia.

13.1.2 KNX-liitinyksikkö ohjelmointia varten

KNX-järjestelmä vaatii tietokoneella tehtävää ohjelmointia varten KNX-liitinyksikön. Tällaisia voi olla esimerkiksi KNX/IP tai KNX-järjestelmään liitettävä USB-portti (kuva 43). [11.]



Kuva 43. USB/S1.1 USB-portti [12.]

13.1.3 Logiikkayksikkö

KNX-logiikkayksikköä käytetään tekniikan loogiseen ohjaamiseen KNX-järjestelmässä (kuva 44). Sillä voidaan ohjata esimerkiksi jaettavan tilan valaistusta toimimaan tilat yhdessä tai erikseen, riippuen vaikkapa siitä, onko tilat erottava vedettävä väliseinä auki vai kiinni. KNX-väylään yhdistetyltä ovikoskettimelta tulee kärkitieto väylään jonka logiikkayksikkö analysoi ja tekee tarvittavat ohjelmalliset "lukitukset" valaistukselle, jotta sitä voidaan säätää tila kerrallaan tai tilat yhdessä. [24.]



Kuva 44. ABL/S2.1 Logiikkayksikkö, 2 moduulia [12.]

13.1.4 Linja- / alueyhdistin

Linja- /alueyhdistin yhdistää KNX-linjat/alueet toisiinsa (kuva 45). Linjoja/alueita yhdistämällä KNX-järjestelmään voidaan kytkeä tuhansia KNX-laitteita yhteen väylään liitettävissä olevan 64 laitteen sijaan. Linja/alueyhdistintä voidaan käyttää myös linjatoistimena, joka voi jakaa yhden linjan neljäksi linjaksi. [13.]



Kuva 45. LK/S4.2 Linjayhdistin, 2 moduulia [13.]

13.1.5 Binäärivastaanotin

Binäärivastaanotin vastaanottaa KNX-järjestelmän ulkopuolisten laitteiden signaaleja ja muuntaa ne KNX-väylälle sopivaan muotoon (kuva 46). Näin voidaan käyttää esimerkiksi tavanomaisia painonappeja osana KNX-järjestelmää. [14.]



Kuva 46. BE/S4.230.2.1 Binäärivastaanotin 4-kanavaa, 10-230 V, 2 moduulia [14.]

13.1.6 Kytkeyksikkö

Kytkeyksikkö sisältää releitä, joilla katkotaan laitteiden syöttöjännitettä (kuva 47). KNX-kytkeyksiköt on myös saatavissa energiamittauksella, jonka mittaustuloksia voidaan välittää KNX-väylässä. [15.]



Kuva 47. SA/S2.10.2.1m Kytkeyksikkö 2x10A, 2 moduulia [15.]

13.1.7 Muut

Muita keskuslaitteita voivat olla esimerkiksi verhomuoto-ohjaimet (kuva 48), sääasemat, murtohälytysyksiköt, valvontayksiköt, erilaiset gateway-laitteet (mm. DALI), 1-10 V säätimet jne.



Kuva 48. JRA/S2.230.1.1 Verhomoottoriohjain 230 VAC 2-kanavaa [16.]

13.2 Kentälle asennettavat KNX-toimilaitteet

Kentälle asennettavia komponentteja ovat pääasiassa erilaiset tunnistimet, I/O yksiköt, painikkeet jne. Myös keskukseen asennettavia KNX-laitteita on mahdollista asentaa kentälle.

13.2.1 Painikkeet ja ohjauspaneelit

Erilaisia painikkeita on saatavilla paljon erilaisia eri valmistajilta. Painikkeisiin voidaan ohjelmoida erilaisia valaistustilanteita, himmennyksiä, verho-ohjauksia jne. [19.]

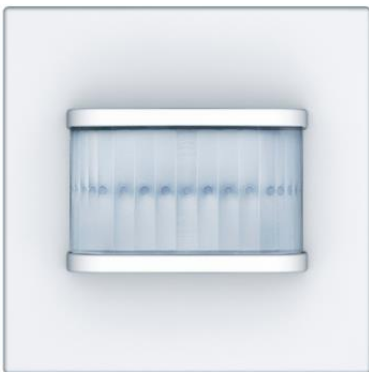
KNX-ohjauspaneelit voivat toimia järjestelmän logiikkayksikkönä sen lisäksi, että niitä voidaan käyttää tilan visuaaliseen ohjaamiseen. Ne ovat kosketusnäyttöllisiä seinään asennettavia tablettitietokoneita (kuva 49). [18.] Ohjauspaneelina voi myös toimia tavallinen android- tai iOS-pohjainen tablettitietokone, kunhan sen vain yhdistää väylään esimerkiksi TCP/IP-liitäntämoduulin avulla. [17.]



Kuva 49. 6136/100C-102-500 KNX SMARTtouch kosketusnäyttö. [18.]

13.2.2 Liiketunnistimet

Valaistukseen käytettäviä liiketunnistimia on saatavilla paljon erilaisia eri valmistajilta. Liiketunnistimien käyttö vähentää sähkön kulutusta rakennuksessa, sillä liiketunnistimien käyttö poistaa päälle unohtuvien valojen mahdollisuuden. Niitä voidaan käyttää myös valaistusvoimakkuuden porrastamiseen, esimerkiksi pienentämällä valaistusta silloin, kun käytävällä tai tilassa ei ole havaittu liikettä 20 minuuttiin. Kuvassa 50 on esitetty kuva KNX-liiketunnistimesta. [20.]



Kuva 50. 6122/01-84-500 Liiketunnistin, Impressivo, valkoinen. [20.]

13.2.3 Anturit

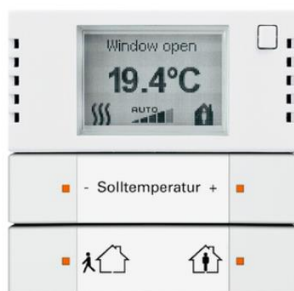
Antureita käytetään tiloissa tapahtuvien muutosten havaitsemiseen. Esimerkkinä ulkovaalaistuksen mittaus voi sammuttaa tai sytyttää tai himmentää valaistusta sisätiloissa ja terasseilla. Kuvassa 51 on esitetty KNX-anturi. [3. s. 15]



Kuva 51. WES/A3.1 Anturi sääyksikölle. [21.]

13.2.4 Termostaatit

Huonetermostaateilla käyttäjä voi muuttaa huonelämpötilan haluamukseen. Valittu lämpötilan arvo välittyy IV-koneelle tai muulle lämmityksestä vastaavalle laitteelle, joka käynnistyy tai aukeaa tai sammuu tai sulkeutuu tai toimii askeltaen tarpeen mukaan. [22.]



Kuva 52. 6124/01-84-500 Huonetermostaatti LCD-näyttö, Impressivo, valkoinen. [22.]

13.2.5 I/O-yksikkö

I/O-yksikkö toimii binäärivastaanottimen tavoin, mutta on kätevän kokonsa ansiosta helposti asennettavissa esimerkiksi ovikoskettimen viereen. Se siis muuttaa saadun kärkitiedon väylälle KNX-laitteiden ymmärtämään muotoon. [23.]



Kuva 53. US/U2.2 I/O yksikkö 2-kanavaa. [23.]

14 Automaatiojärjestelmien vertailu

Hintavertailussa käytettiin Hepaconin suunnittelemaa kohdetta. Kohteessa tehtiin kokonaan uusi siipi erääseen kiinteistöön. Hintavertailu koskee kohteen neuvotteluhuoneen pelkkää automaatiota. Kaikki mainitut hinnat ovat ALV 0% -hintoja ja hinnat on laskenut eräs urakkalaskija.

14.1 Neuvotteluhuoneen automaation toimintaperiaate

Neuvotteluhuoneen valaistus on kytkettävissä päälle tai pois tai himmennettävissä ovenpielessä sijaitsevalta painiketaululta. Huoneessa on kaksi ohjattavaa valaisinryhmää joita voi himmentää ja kytkeä päälle ja pois erikseen.

Neuvotteluhuoneen ilmanvaihdosta vastaa EDA-automatiikalla varustettu Enervent Pelican eco EDW-CG-ilmanvaihtokone 303TK [Liitteet 1 ja 2]. Ilmanvaihtokone sijaitsee konehuoneessa neuvotteluhuoneen alapuolella. Sen toimintaa ohjataan toimimaan yöaikaan puoliteholla ja päiväsaikaan täydellä teholla. Neuvotteluhuoneen ovenpieleeseen on asennettu lisäaikapainike, jolla huoneen ilmanvaihto voidaan saada toimimaan

täydellä teholla myös ilta-aikaan. Lisäaikapainikkeessa on indikointi siitä, kuinka monta tuntia lisäaikaa on haluttu. Huoneessa on myös lämpötila-anturi, joka mittaa huoneen lämpötilaa ilmanvaihtokoneelle.

14.2 Alkuperäinen automaatio suunnitelma

Alkuperäisissä suunnitelmissa kohteen automaatio oli toteutettu Atmostech nimisellä rakennusautomaatiojärjestelmällä. Ilmanvaihdon lisäaikapainike on LAP-5-lisäaikapainike (Pro dual), ja huoneen seinässä on lämpötila-anturi. Neuvotteluhuoneen valaistus oli toteutettu DALI:lla käyttäen kahta Osram DALI MCU kiertopotentiometriä neuvotteluhuoneen seinässä. Alkuperäisessä suunnitelmassa suurin osa urakasta oli automaatiourakkaa [Liite 3].

Jos kiinteistöön toteutetaan pelkästään neuvotteluhuoneen automaatio, niin tarvitaan kuusi "automaatiopistettä" (2 kpl hälytystietoja, 2 kpl ohjauksia sekä lämpötila-anturin ja lisäaikapainikkeen tilatieto). Hälytystietoja varten tarvitaan kortti 1 DI-16, josta voidaan ottaa 16 tila- tai hälytystietoa. Ilmanvaihdon ohjauksia varten puolestaan tarvitaan kortti 2 DO-8, tästä kortista saadaan 8 ohjausta. Lämpötilan mittausta varten tarvitsemme kortin 3 AI-8. Taulukossa 3 on esitetty automaatiolaitteiden ja ohjelmointien hinnat ilmanvaihdon osalta.

Taulukko 3.

	Hinta / €
Alakeskus	2000
Kortti 1 DI-16	245
Kortti 2 DO-8	265
Kortti 3 AI-8	175
Yhteensä	2685

Hinta sisältää ohjelmoinnin. Kun asennuskustannukset otetaan huomioon, hintaa tulee noin 3100 euroa. Tässä pistehinnaksi tulee noin 520 euroa/automaatiopiste pelkän ilmanvaihdon osalta. Tavallisesti kuitenkin, jos tämän kaltainen järjestelmä toteutettaisiin muun automaation yhteydessä isohkoon kohteeseen, niin pistehinnaksi tulisi 80 - 150 euroa. Tällöin järjestelmän automaatiourakan hinnaksi olisi tullut vain 500 - 750 euroa (viidellä automaatiopisteellä). Edellä mainitut automaatio-osat voivat kattaa neljän samanlaisen neuvotteluhuoneen automaatiot, jolloin pistehinnaksi muodostuisi

vain noin 130 euroa. Todellisuudessa tässä kohteessa automaatiopisteiden hinnaksi muodostui 150 euroa.

Perinteisesti VAK-pohjaisia automaatiojärjestelmiä ei yleensä toteuteta kuin isoihin kohteisiin alakeskuksen korkean yksikköhinnan vuoksi. On kuitenkin huomioitavaa, että sama noin 2 000 euron arvoinen alakeskuksen prosessori pystyy suoriutumaan vaikkapa 50 neuvotteluhuoneen ohjaamisesta, jolloin ainoastaan ohjelmakorttien määrä lisääntyy. [4.]

Hintaan tulee kuitenkin vielä lisätä sähköurakan osuus, jotta saadaan todellinen hinta automaatiolle. Se sisältää lisäaikapainikkeen Enervent LAP5, lämpöanturin, valaistuksen ohjausta varten tarvittavat Osram DALI MCU -kiertopotentiomitrit ja kaapeloinnin sekä niiden asennuksen. Sähköurakan hinnaksi tulee arviolta 1 000 euroa. Näin tavanomaisen automaation hinta yhden huoneen kohdalta kohoaa noin 3 500 euroon. Toteutettaessa tavanomaisella VAK-pohjaisella automaatiojärjestelmällä neljä vastaavanlaista neuvotteluhuonetta, kohoaa hinta noin 6 200 euroon. Automaatiourakan osuus tässä hinnassa pysyy samana noin 2 700 eurossa, mutta sähköurakan hinta nostaa kokonaishintaa noin 3 500 euroa.

Automaatio- ja sähkösuunnittelun hinta tässä tapauksessa on huomattavan pieni, jos kyse on isosta kohteesta, jossa asennuksia tehdään paljon. Automaatiosuunnittelu on tässä tapauksessa huomattavasti isompi menoerä kulutettujen työtuntien suhteen, mutta hintaveloitukseltaan pienempi kuin sähkösuunnittelu. Suunnitteluun voidaan ajatella menevän aikaa noin puoli työpäivää. Jos taas kyse on pelkän neuvotteluhuoneen suunnittelusta, hinta pomppaa huomattavasti.

14.3 KNX-suunnitelma

KNX-suunnitelma toteutettiin ABB:n laitteilla. KNX-suunnitelman toimintaperiaate on sama kuin alkuperäisen suunnitelman [Liite 4.]. Automaation toteutukseen tarvittavat osat olivat seuraavat:

- 160mA Virtalähde SV/S30.160.1.1
- KNX-väyläsovitin Enervent Freeway EDA-automatiikkaan (303TK:lle)

- KNX/USB-käyttöliittymä USB/S1.1
- 1-kanavainen DALI-säädin 16 ryhmälle DG/S1.16.1
- kellokytkin FV/S 8.2.1 (aikaohjelma)
- lämpötila-anturi 6108/03-500 + keskiölevy 6541-84
- 2-osainen painiketaulu 6126/02-84-500 + väyläliitäntäyksikkö 6120/12-101-500
- I/O-yksikkö US/U2.2 + jakorasia (lisäaikapainikkeelle)
- lisäaikapainike Enervent LAP 5.

Taulukossa 4 on esitetty sähköurakan hinta KNX:llä toteutettaessa.

Taulukko 4.

	Hinta / €
Laitteet	1750
Laitteiden asennus	430
Ohjelmointi	250
Kaapelointi	550
Yhteensä	2980

KNX:llä toteutetun neuvotteluhuoneen hinta on suurin piirtein sama silloin kun alkuperäisen suunnitelman mukainen neuvotteluhuone toteutetaan yksinään. Jos toteutettaisiin neljä vastaavanlaista neuvotteluhuonetta, tarvittaisiin lisäksi 3 kappaletta painiketauluja + väyläliitäntäyksikköä, 3 kappaletta lämpötila-antureita + keskiölevyjä ja 3 kappaletta I/O-yksiköitä, sekä virtalähde tulisi vaihtaa 640mA virtalähteeseen. Näistä muodostuisi lisähintaa KNX-laitteille arviolta noin 1 200 euroa. Lisäksi hintaan tulee lisätyöt ja lisäohjelmointi, jotka arvioin noin 800 euron arvoiseksi. Tällöin hinta nousisi noin 5 000 euroon. Tässä tapauksessa KNX-Enervent gateway -väyläyhdistin laskettaisiin kuuluvan osaksi IV-koneen toimitusta. Jos väyläyhdistin ei tule laitetoimituksen mukana, hinta nousee 6 000 euroon.

Isompia järjestelmiä suunniteltaessa järjestelmän KNX-laitteiden määrä kasvaa huomattavasti, mikä omalta osalta nostaa sähköurakan hintaa. On myös huomioitava, että vertailussa IV-koneena käytettiin pakettikonetta, joka oli helposti yhdistettävissä KNX-väylään Enervent gateway -yhdyskäytävän kautta. Yleensä kuitenkin käytössä ei ole valmiina pakettina tuleva IV-kone, vaan IV-koneen automaatio on huomattavasti monimutkaisemmin toteutettava automaation osa-alue. Tällaisten tavallisten IV-koneiden automaation toteutus pelkällä KNX:llä osoittautui huomattavan

monimutkaiseksi, jos ei mahdolliseksi, eikä sellaiselle ole juurikaan osaavia ohjelmoijia saatavilla. Toteutus on mahdollista tehdä yhdistämällä IV-koneen vaaditut automaatiopisteet jonkin toisen automaatiotekniikan kautta KNX:ään.

KNX-suunnittelussa sähkösuunnittelijan työn määrä kasvaa huomattavasti, mutta automaatiosuunnittelijan ja automaatiourakoitsijan osuus poistuu kokonaan. Koko KNX-automaation toimintaperiaatteen suunnittelu ja laitevalinnat siirtyvät sähkösuunnittelijan vastuulle. Tämä johtuu siitä, että KNX mielletään monesti vielä valaistukseen liittyväksi automaatiojärjestelmäksi, jonka suunnittelee pääosin aina sähkösuunnittelija. Sähkösuunnittelijan työn neuvotteluhuoneiden osalta voidaan ajatella vievän noin 1,5 päivää, mikä taas lisää sähkösuunnittelun kustannuksia huomattavasti enemmän, kuin perinteisellä VAK-pohjaisella järjestelmällä.

14.4 Vertailun lopputulos

Kahden eri automaatiojärjestelmän hintojen vertailu osoittautui vaikeaksi. Erilaisia muuttujia on huomattavan paljon, eikä työlle voi ikinä antaa tarkkaa hinta-arviota. Jos vertaillaan pelkästään urakan hintoja keskenään, voittaa KNX tässä kyseisessä tapauksessa hinnaltaan. On kuitenkin otettava huomioon, että lähtökohtaisesti KNX oli tässä tapauksessa paremmassa asemassa, koska käytössä oli valmiina pakettina tuleva IV-kone, joka saatiin mutkattomasti kiinni väylään. Toisaalta KNX-järjestelmä vähensi huomattavasti tarvittavan kaapelin määrää. Myös VAK-pohjaisella automaatiojärjestelmällä olisi ollut mahdollista vähentää kaapeloinnin määrää lisäämällä VAK I/O-yksiköitä huonekohtaisesti. Tämä tosin lisäisi omalta osaltaan automaatiourakan hintaa, mutta laskisi sähköurakan hintaa.

KNX-järjestelmä lisää huomattavasti sähkösuunnittelijan työtä. Tavanomaisesti automaatiosuunnittelijan työnä pidetyt työn osa-alueet siirtyvät sähkösuunnittelijan harteille. Tähän kuuluu automaatiojärjestelmän toiminnan suunnittelu ja automaation toimilaitteiden valinnat. Tämä omalta osaltaan on hyvä asia sähköalalle, sillä se lisää alan työllisyyttä. Lisääntynyt kalliimman sähkösuunnittelun määrä kuitenkin lisää KNX-järjestelmän todellista hintaa. Kokonaiskustannuksiltaan (urakka + suunnittelu) VAK- ja KNX-pohjainen automaatiojärjestelmä osoittautuivat tässä tapauksessa suurin piirtein saman hintaluokan automaatiojärjestelmäksi.

KNX-järjestelmän suurimmaksi kompastuskiveksi muodostui tavallisen ison IV-koneen kytkeminen järjestelmään. KNX-järjestelmää mainostetaan monesti kaikkien automaatiojärjestelmien yhdistävänä järjestelmänä, mutta yksi taloautomaation kriittisimpiä pisteitä osoittautui huomattavan monimutkaiseksi. IV-koneen kytkeminen pelkillä KNX-palikoilla oli huomattavan vaikeaa ja järkevää toteutusta varten olisi tarvinnut muiden automaatiojärjestelmien yhdistämistä osaksi KNX-järjestelmää. Osaavia ohjelmoijia ei myöskään ole juuri saatavilla edellä mainittua järjestelmää varten.

15 Yhteenveto

Kahden eri automaatiojärjestelmän tarkka vertailu on huomattavan vaikeaa, sillä samaa kohdetta ei ikinä toteuteta kahteen kertaan kahdella eri järjestelmällä, jolloin todellinen vertailu olisi jotenkin järkevää. Näissäkin tapauksissa olisi otettava huomioon iso määrä erilaisia kohteita pitkältä aikajanelta, joiden perusteella voitaisiin vetää johtopäätökset automaatiojärjestelmien todellisesta hinnasta, kun järjestelmän huoltokustannukset voitaisiin ottaa huomioon.

Automaatiojärjestelmät ovat nykyään hyvin samanlaisia, ja samanlaiset toiminnallisuudet voidaan toteuttaa lähes kaikilla järjestelmillä. Niin KNX:llä kuin VAK-pohjaisella automaatiolla on mahdollista toteuttaa melkein minkälaisia automaatiojärjestelmiä tahansa.

Automaatiojärjestelmät yleistyvät päivä päivältä. Uusia automaatiojärjestelmiä tulee yleistymisen mukana markkinoilla ja sitä mukaan myös poistuu markkinoilta. On vaikea arvioida, mikä on merkittävä automaatioteknologia 30 vuoden päästä. Jos ajateltaisiin, että esimerkiksi Google astuisi rakennusautomaatio-bisnekseen mukaan, voisi se horjauttaa kertaheitolla automaatiojärjestelmien kilpailua ja tuhota olemassa olevia automaatiojärjestelmien toimittajia ja näin ollen niiden teknisen tuen ja osaamisen. Tästä seuraisi se, että vanha automaatiojärjestelmä jouduttaisiin uusimaan kokonaan 30 vuoden kuluttua saneerauksen yhteydessä. Toisaalta, kuka haluaisi tänä päivänä, että oman talon automaatiosta saneerauksen yhteydessä vastaisi 80-luvun PC?

Lähteet

1. KNX-järjestelmän kotisivut.
<<http://www.knx.org/knx-en/knx/association/what-is-knx/index.php>>
Luettu 1.5.2015.
2. Sähkötieto ry. Kiinteistöjen tiedonsiirtoväylät, ST-käsikirja 21. 2006.
3. Piikkilä, Veijo. KNX-käsikirja asuntojen ja rakennusten ohjauksiin. 2006.
4. Stenmark, Kristian. Automaatio-osaston päällikkö, Hepacon. 7.4.2015.
5. Piikkilä, Veijo. KNX 19 - 20.3.2015 luentokalvot. 19 - 20.3.2015.
6. DALI-manuaali.
http://www.tridonic.com/com/en/download/technical/DALI-manual_en.pdf
Luettu 20.7.2015.
7. Scheinderin HomyLynk logiikkaohjain.
<http://www.schneider-electric.fi/sites/finland/fi/yritys/uutiset/uutisnaytto.page?c_filepath=/templatedata/Content/News/data/fi/local/sahkokalusteet_asennustuotteet/general_informatio_n/2014/10/20141006_homelynk_knx_asennuksen_tehopakkaus.xml>
Luettu 20.7.2015.
8. ABB:n DALI-Gateway.
<<http://www.abb.fi/SmartLinks/Default.aspx?app=9AAG1827&lc=en&cc=FI&gid=ABB2CDG110026R0011&ev=32>> Luettu 29.7.2015.
9. ABB:n tuoteluettelo.
<http://abb.smartpage.fi/fi/taloautomaatio_tuoteluettelo_2012/files/taloautomaatio_tuoteluettelo_2012.pdf> Luettu 29.7.2015.

10. ABB, SV/S30.640.3.1 Virtalähteen käyttöohje.
<http://www.asennustuotteet.fi/documents/II1/SV-S30-320-2-1-EN_MAN1.pdf>
Luettu 29.7.2015.
11. ABB, USB-portti.
<http://www.asennustuotteet.fi/catalog/15921/product/24448/USB/S1.1_FIN1.html> Luettu 29.7.2015.
12. ABB, Logiikkayksikkö.
<http://www.asennustuotteet.fi/documents/II1/ABL-S2-1_MAN1.pdf>
Luettu 29.7.2015.
13. ABB, Linjayhdistin.
<http://www.asennustuotteet.fi/documents/II1/LK-S4-2_MAN1.PDF>
Luettu 29.7.2015.
14. ABB, Binäärivastaanotin.
<http://www.asennustuotteet.fi/documents/II1/BE-S4-230-2-1g_MAN1.pdf>
Luettu 29.7.2015
15. ABB, Kytkeyksikkö.
<http://www.asennustuotteet.fi/documents/II1/SA-S4-6-1g_MAN1.pdf>
Luettu 29.7.2015.
16. ABB, Verhomoottorihjain.
<http://www.asennustuotteet.fi/catalog/21727/product/25328/JRA/S2.230.1.1_FIN1.html> Luettu 29.7.2015.
17. OpenRemote KNX Lite iOS-pohjainen KNX-ohjelma.
<<https://itunes.apple.com/app/openremote-knx-lite/id332430957?mt=8>>
Luettu 29.7.2015.
18. ABB, Ohjauspaneeli SMARTtouch.
<http://www.asennustuotteet.fi/catalog/15976/product/24314/6136/100C-102-500_FIN1.html> Luettu 29.7.2015.

19. ABB, asennuskalusteet.

<http://www.asennustuotteet.fi/catalog/16024/IMPRESSIVO%C2%AE-asennuskalusteet_FIN1.html> Luettu 29.7.2015.

20. ABB, liiketunnistin.

<http://www.asennustuotteet.fi/catalog/16711/product/25099/6122/01-84-500_FIN1.html> Luettu 29.7.2015.

21. ABB, Anturi sääyksikölle.

<http://www.asennustuotteet.fi/catalog/16004/product/35813/WES/A3.1_FIN1.html> Luettu 29.7.2015

22. ABB, Huonetermostaatti.

<http://www.asennustuotteet.fi/catalog/16712/product/25114/6124/01-84-500_FIN1.html> Luettu 29.7.2015

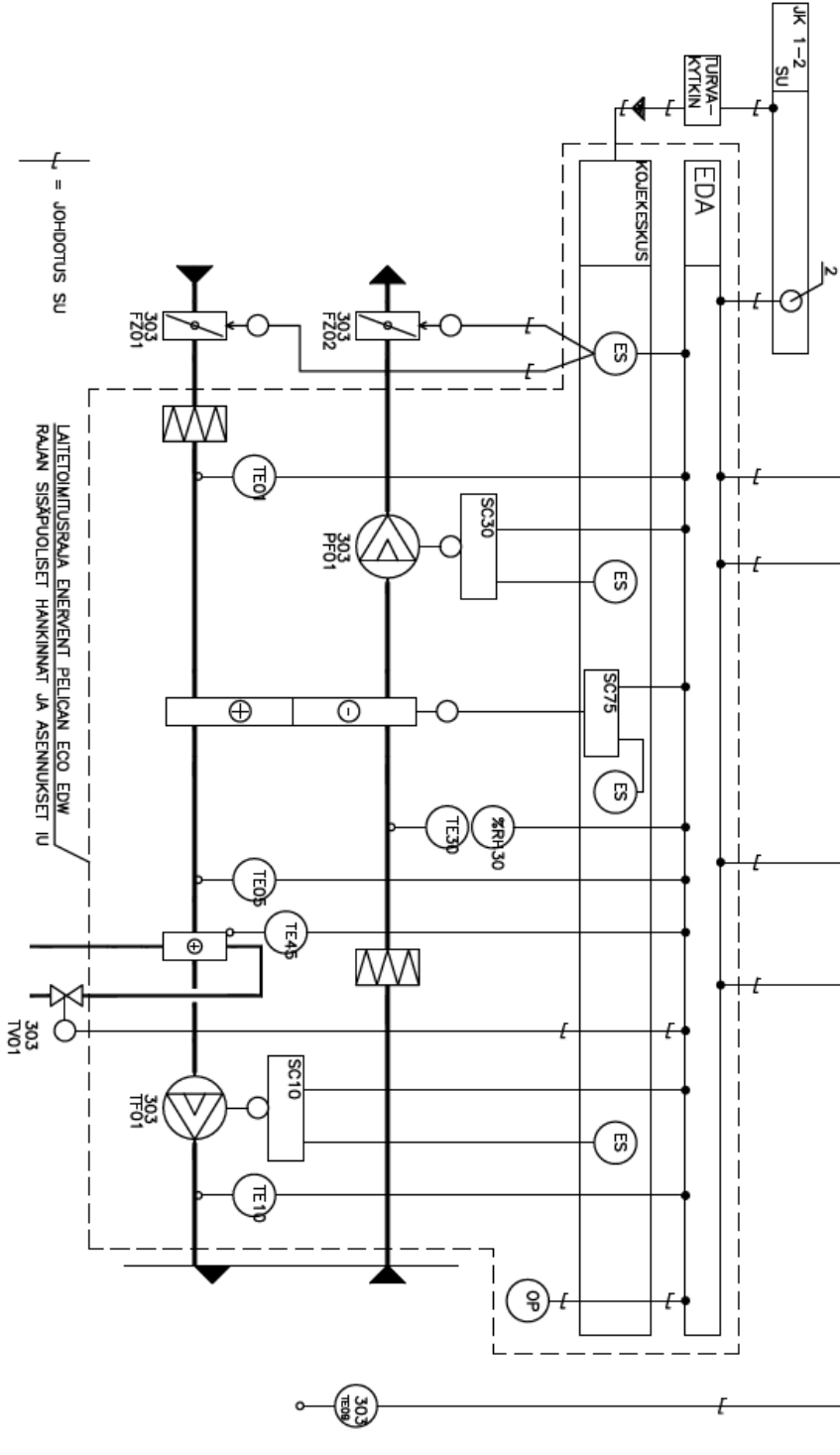
23. ABB, I/O yksikkö.

<http://www.asennustuotteet.fi/documents/II1/US-U2-2g_MAN1.pdf>
Luettu 29.7.2015.

24. Hannikka, Sakari. Aluemyyntipäällikkö, ABB. 29.7.2015.

25. RFC 791 <<http://tools.ietf.org/html/rfc791>> Luettu 18.9.2015.

VAK	HÄLYTYS	A-HÄLYTYS	B-HÄLYTYS
08	INDIKOINTI	OSATEHO	TÄYSTEHO
I/O 1	OHJAUS	OHJAUS	OHJAUS
AU	SAANTO		
	MITTAUS		



1 = LÄMITYSPUMPUKSI, JÄÄTYMISVAARAN JA IV-HÄTÄISEN LUKITUKSEN RAJAN ULKOPUOLEISET HANKINNAT JA ASENNUKSET

2 = LÄMITYSPUMPUKSI, JÄÄTYMISVAARAN JA IV-HÄTÄISEN LUKITUKSEN RAJAN SISÄPUOLEISET HANKINNAT JA ASENNUKSET

303TK
NEUVOTTELUHUONE 214

AIKAOHJELMA

	osateho	täysteho	huom
arkkipäivä			
viikonloppu			
pyhäpäivä			

LAITE-ERITTELY:

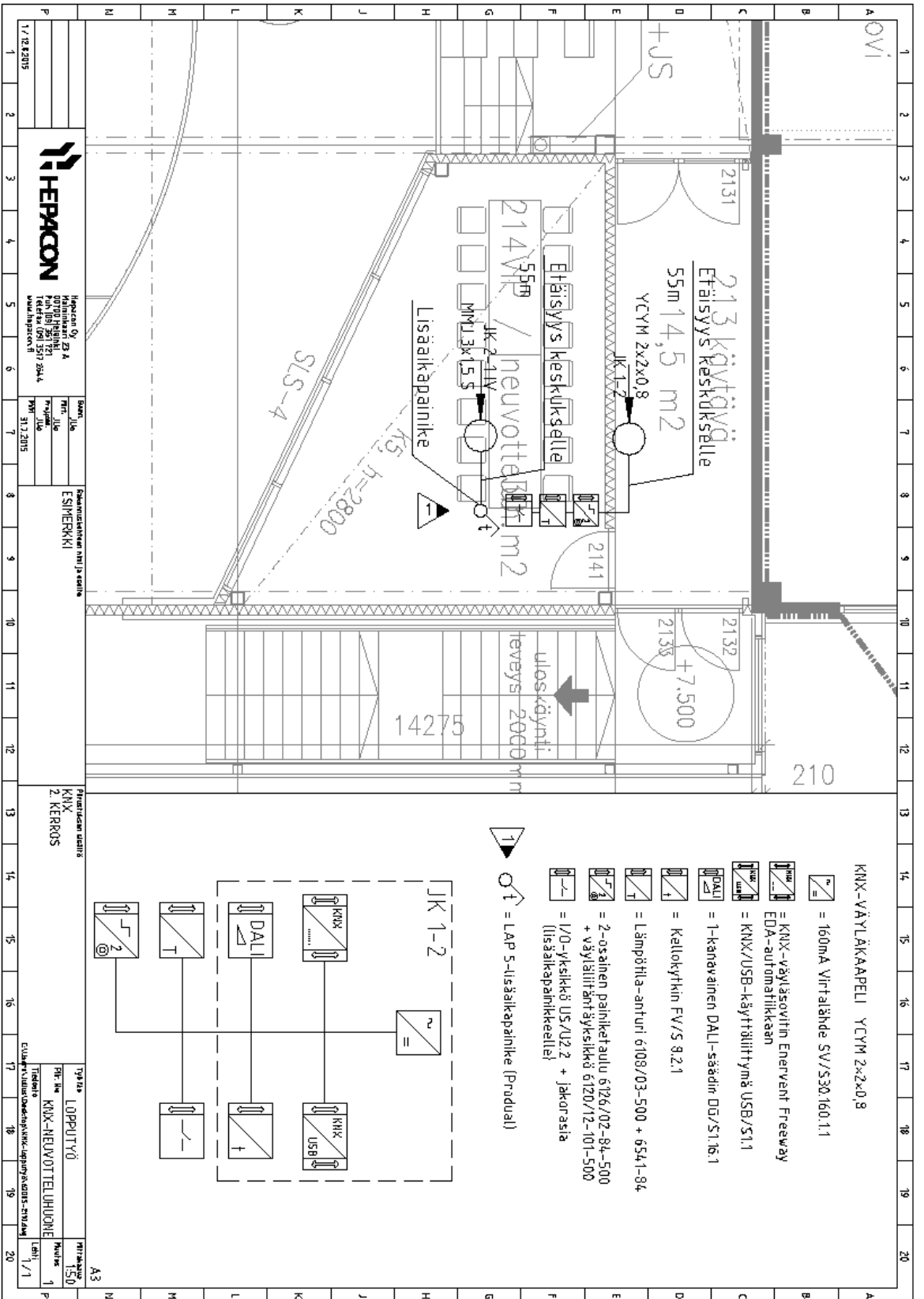
LAITETUNNUS	ASETUSARVO	TOIMINTA-ALUE	HAN-KINTA	HUOM
303 TV01		katso kojeluettelo	IU	2-tiesäätöventtiili+ toimilaitte
303 FZ01		ON - OFF	IU	pellin toimilaitte
303 FZ02		ON - OFF	IU	pellin toimilaitte
303 TE09		0 ... +50°C	AU	lämpötila, huone

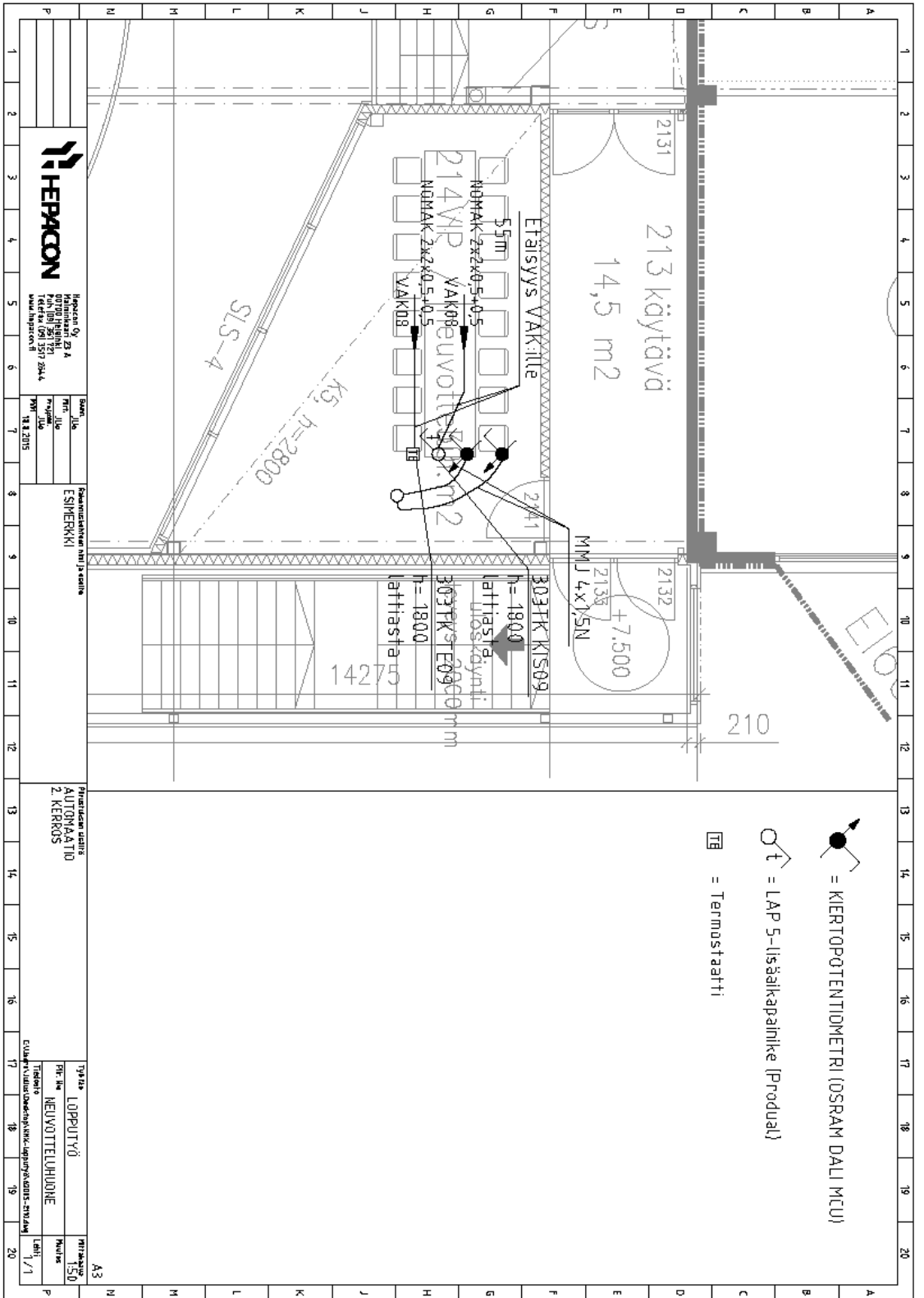
TOIMINTASELOSTUS

- Alakeskus ohjaa kojeen 303TK osateholle ja täysteholle alakeskuksessa olevan aikaohjelman mukaisesti (VAK).
- Alakeskukselle saadaan tieto kojeen 303TK A- ja B-hälkytyksistä.
- Ilmanvaihdkojeen sisäinen automatiikka säätää puhaltimien käyntiä ja tuloilman lämpötilaa kojeen käydessä. Kojeen automatiikassa on patterin jäätymissuojatoiminnot ja LTO:n huurtumisenestotoiminta.
- Kojeen toiminta ohjelmoidaan ohjauspaneelista OP.

TOIMINTAKATKON JÄLKEINEN KÄYNNISTYMINEN

- Sähkökatkon tms. jälkeen kojeistot käynnistyvät 5 s välein (VAK).





HEPACON

Hepacon Oy
Muhimaa 23 A
00700 Pöytälahti
Tel: +358 (0) 357 8844
www.hepacon.fi

Siunni. Jukka
Pohjo. Jukka
Proj. Jukka
TWT 18.2.2015

Suunnittelun on jo osittain
ESIMERKKI

Prutaikon osasto
AUTOMAATIO
2. KERROS

Työ tila
LOPPUTYÖ

Prutaikon
Tilaus
15.0
Muuks
18/1