

Harri Kämppi

# KNX-väylätekniikka ja sen kustannusvertailu sairaalassa

Metropolia Ammattikorkeakoulu  
Insinööri (AMK)  
Talotekniikan koulutusohjelma  
Insinöörityö  
14.4.2011

Tekijä Otsikko	Harri Kämppi KNX-väylätekniikka ja sen kustannusvertailu sairaalassa
Sivumäärä Aika	61 sivua + 2 liitettä 14.4.2011
Tutkinto	insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	talotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	sähköinen talotekniikka
Ohjaajat	suunnittelupäällikkö Ralf Lindström lehtori Jarmo Tapio
<p>Insinööriyössä selvitettiin KNX-väylätekniikan käyttömahdollisuuksia ja sovellutuksia. Tavoitteena oli saada yleiskuva KNX-järjestelmästä, sen suunnittelusta ja toteutuksesta sekä sen tarjoamasta säästöpotentiaalista energian käytössä. Tavoitteena oli myös tehdä kustannusvertailu eri toteutusten välillä Espoon sairaala ja seniorikeskukseen.</p> <p>Insinööriyössä käytetyt menetelmät tiedon haulle olivat koulun kirjastosta lainattu aineisto, haastattelut KNX-Suomen edustajan ja ABB:n ohjaus- ja säätöjärjestelmistä vastaavan kanssa. Lisää erinomaista informaatiota tuottivat myös loistavat ekskursion alan yrityksiin ja KNX-organisaation julkaisemat suomen- ja englanninkieliset teokset aiheesta.</p> <p>Insinööriyön tekemisen aikana käsitys KNX:stä tulevaisuuden talotekniikan valta-järjestelmänä vahvistui entisestään. KNX-järjestelmän muunneltavuus ja entisestään tiukentuvat energian säästömääräykset takaavat kysynnän pitkälle kehitetylle taloautomaatiolle. Tiukat standardit KNX-komponenttien valmistajien kesken (EN 50090) puolestaan takaavat, ettei järjestelmä tule kokemaan näivettymistä ja kuolemaa.</p> <p>Projektia tehdessä tuli selväksi, että KNX:n käytön edut tulevat selvästi esiin isommissa kohteissa kuten liiketiloissa, toimistoissa ja julkisissa rakennuksissa. Näissä kohteissa rakennuksen koko, ihmismäärät ja tilojen käytön epätasaisuus voivat saada aikaan isoakin säästöä energian kulutuksessa ja toisaalta helpotusta järjestelmien kontrolointiin.</p>	
Avainsanat	KNX, EIB, väylätekniikka, automaatio

Author Title	Harri Kämppi KNX bus system in hospital environment
Number of Pages Date	61 pages + 2 appendices 14 April 2011
Degree	Bachelor of Engineer
Degree Programme	Building Services Engineer
Specialisation option	Electrical Engineering for Building Services
Instructors	Ralf Lindström, Planning Manager Jarmo Tapio, Senior Lecturer
<p>This Bachelor's thesis studied the use of KNX bus technology and its applications. The aim was to get an overview of the KNX system, its design and implementation, and its potential ability to provide energy savings. The aim was also to compare the costs of a hospital and nursing home in Espoo.</p> <p>The data for the Bachelor's thesis were collected from literature, interviews with the representatives of KNX Finland and ABB, and excursions to companies operating in the KNX industry.</p> <p>The final year project strengthened the idea of KNX as the dominant building engineering system of the future. The modularity of the KNX system together with the ever tightening regulations for energy savings ensures the demand for an advanced building automation systems. Strict standards binding the KNX components manufacturers (EN 50090) ensure that the system will keep on developing.</p> <p>The final year project showed that the advantages of using KNX are clear in larger environments such as business premises, offices and public buildings. The use of KNX in such facilities can result in major savings in power consumption. This was proven in the project by computer simulation and calculation. Moreover, the KNX system also makes controlling the building automation systems easier.</p>	
Keywords	KNX, EIB, bus system, automation

## Sisällys

1	Johdanto	1
2	Insinööritoimisto Olof Granlund Oy	3
3	KNX-väylätekniikka	4
3.1	Perusteet	4
3.2	Historia	6
3.3	Käyttösovellukset	6
3.3.1	Valaistus	6
3.3.2	Sisäolosuhteiden hallinta	7
3.3.3	Kuormituksen hallinta	8
3.3.4	Valvonta, raportointi, tietotekniikka	9
3.3.5	Turvallisuus	10
4	KNX-järjestelmä	12
4.1	Väyläkaapeli siirtotienä	12
4.1.1	Siirtoteknologia	15
4.1.2	Väyläyhteys	16
4.1.3	Sanoman rakenne ja osoitteen muutos	16
4.1.4	Väylälaitteen rakenne	17
4.1.5	Virtalähde	18
4.2	Sähköverkko siirtotienä	19
4.2.1	Topologia	20
4.2.2	Siirtoteknologia	21
4.2.3	Väyläyhteys	22
4.2.4	Sanoman rakenne ja osoitteen muutos	22
4.2.5	Väylälaitteen rakenne	23
4.3	Radiotaajuus siirtotienä	23
4.3.1	Topologia	23

4.3.2	Siirtoteknologia	24
4.3.3	Väyläyhteys	25
4.3.4	Sanoman rakenne ja osoitteenmuodostus	25
4.3.5	Väylälaitteiden rakenne	26
5	Ohjelmointi	28
5.1	ETS	28
5.2	Ryhmäosoitteen ja parametrien lataaminen	30
5.3	Väyläliittyjien osoite	30
5.3.1	Fyysinen osoite	30
5.3.2	Ryhmäosoite	31
6	Suunnittelu, asennus ja käyttöönotto	32
6.1	Suunnittelu	32
6.1.1	Kustannusarvio	33
6.1.2	Anturit	33
6.1.3	Toimilaitteet	33
6.1.4	Jakokeskus	34
6.2	Asennus	34
6.2.1	Väyläkaapeli	36
6.2.2	Powerline KNX	37
6.2.3	Radiotaajuus	38
6.3	Käyttöönotto	38
6.3.1	Silmämääräinen tarkastus	38
6.3.2	Väylän asennuksen testaus	39
6.3.3	Eristysvastuksen mittaus	39
6.3.4	Suojamaan jatkuvuus	39
6.3.5	Oikosulkuvirta	39
6.3.6	Testipöytäkirja	39
6.3.7	Ohjelmointi	40
6.3.8	Testaus	40

6.3.9	Dokumentointi	40
7	Espoon sairaala ja seniorikeskus	43
7.1	Yleiset periaatteet	43
7.2	Projektin laajuus ja kustannukset	44
7.3	Tekijät ja aikataulu	44
8	Mallihuoneen sähköistys	45
8.1	Tavoitteet	45
8.1.1	Ilmanvaihto	46
8.1.2	Valaistus	46
8.1.3	Lämmitys	47
8.1.4	Kaihtimet	47
8.2	Kustannukset	47
8.2.1	Vaihtoehto 1	48
8.2.2	Vaihtoehto 2	49
8.2.3	Vaihtoehto 3	50
8.3	Tulokset	50
9	Yhteenveto	53
	Lähteet	55

## Liitteet

Liite 1. Mallihuoneen tasokuva

Liite 2. Mallihuoneen KNX-väyläkaavio

## 1 Johdanto

Talotekniikka on insinööritaitoa, jonka tarkoituksena on tehdä rakennuksista parempia asuin- ja toimintaympäristöjä. Nykyisellään talotekniikka käsittää kiinteistöjen lämmityksen, ilmastoinnin, rakennusautomaation, valaistuksen, sähkönjakelun, tieto- ja turvajärjestelmät sekä vesi ja energiahuollon. Se on laaja kokonaisuus, joka koostuu laitteista ja komponenteista, joista muodostetaan järjestelmä. Talotekniikalla on suuri vaikutus viihtyvyyteemme ja terveyteemme, niin arjessa kuin vapaalla.

Tänä päivänä talotekniikalta vaaditaan enemmän kuin koskaan. Ilmaston saastuminen, ehtyvät luonnonvarat ja tietotekniikan valta-asema asettavat rakennusten energiatehokkuudelle, käyttömukavuudelle ja yhteensopivuudelle suuria vaatimuksia. Tähän KNX-tekniikka tuo uuden ulottuvuuden.

KNX-järjestelmän ideana on koota kaikki sähköllä toimivat järjestelmät yhteen älykkääksi ja helposti kontrolloitavaksi verkoksi. KNX:ssä eri järjestelmät (kuten IV, lämmitys, valaistus) ottavat toisensa huomioon ja säätävät itseään myös toistensa mitta-anturien tiedoilla. Näin kaikille olosuhteille ja käyttäjämäärille saadaan optimi arvot ja energiaa ei kulu hukkaan.

Sairaalassa KNX-järjestelmän suomat edut tulevat esille erityisesti sisäilmaston tarkalla kontrollilla, jolla potilaiden toipumista ja viihtyvyyttä saadaan merkittävästi parannettua, sekä valaistustilojen avulla saatava tilojen monipuolisuus. Potilashuoneessa valittavana oleva voimakas valaistus ja perusvalaistus mahdollistavat sekä oleilun että tutkimuksen samassa huoneessa.

Insinööritoimisto Olof Granlund Oy:n suunnittelutoiminta kohdistuu jatkuvasti suuriin ja vaativiin rakennushankkeisiin kanssa, joissa rakennuksen elinkaarikustannukset pyritään optimoimaan. Tämä tarkoittaa, että rakennuksen käyttökustannukset pyritään minimoimaan ja järjestelmien muunneltavuus saattamaan huippuunsa, vaikka laiteinvestointikustannukset nousisivatkin perusratkaisua kalliimmaksi. Ohjausteknologian nopea kehittyminen ja uusien ohjausmahdollisuuksien kartoittaminen synnyttivät tarpeen tälle työlle, jota voidaan hyödyntää tulevaisuudessa.

Tämän insinööriyön tavoitteena on selvittää lukijalle KNX-väylätekniikan suomat mahdollisuudet ja tuoda esille erilaisia sovellusmahdollisuuksia. Työssä käydään läpi KNX-väylätekniikan toimintaperiaatetta, sähköistysprosessia ja käyttösovelluksia. Työn toisena tavoitteena on myös toteutettavaan kohteeseen tehtävästä mallihuoneesta tehty vertailulaskelma eri järjestelmävaihtoehtojen kustannuksista ja säästöistä. Laskelman tavoitteena on selvittää eri mahdollisuuksien tuomia säästöjä takaisinmaksun näkökulmasta, ja selvittää mitä niistä olisi järkevin käyttää. Työn tuloksena saatavia laskelmia voidaan käyttää referenssinä myöhemmissä vastaavissa projekteissa.

Projektissa tutkitaan väylätekniikan mahdollisuuksia haastattelujen ja eri lähteistä saadun tutkimusmateriaalin valossa. Työssä laitevalmistajan katalogista kerätään hintatietoja halutuista laitteista, jonka jälkeen niiden summaa verrataan niillä saavutettuihin säästöihin. Arviot säästöistä perustuvat tietokone mallinnukseen ja aiheesta teetettyihin tutkimuksiin.

Edellä mainittu mallihuone rakennetaan Puolarmetsän sairaalan tontin reunaan. Huone on tarkka kopio tulevista potilashuoneista, ja siellä on tarkoitus kokeilla käyttöergonomiaa hoitotyön kannalta, järjestelmien toimivuutta, niiden keskinäistä hierarkiaa, ja simuloida syntyvät hyödyt/haitat mahdollisimman tarkkaan.



## **2 Insinööritoimisto Olof Granlund Oy**

Insinööritoimisto Olof Granlund Oy on Olof Granlundin ja Antti Oksasen vuonna 1960 perustama rakennusalan konsulttiryitys. Yrityksen perusti diplomi-insinööri Olof Granlund. Aluksi Granlund Oy alkoi panostaa voimakkaasti LVI-alan osaamiseen, mutta on tänään johtava asiantuntija myös sähköisessä talotekniikassa, rakennusten elinkaarien huomioon ottamisessa, kunnossapidossa sekä ylläpidon ohjelmistoissa.

Granlund konserni työllistää tällä hetkellä noin 400 talo- ja kiinteistötekniikan ammattilaista kymmenessä toimipisteessä, kahdessa maassa. Yrityksen liikevaihto vuonna 2009 oli 26,6 milj.€, josta kertyi liikevoittoa 1,78 milj.€

Insinööritoimisto Olof Granlund Oy on toiseksi suurin talotekninen suunnittelutoimisto Suomessa. Sen visiona ei ole olla alansa halvin, vaan edelläkävijä. Niinpä Granlund ei juurikaan suunnittele asuinrakennuksia, vaan suurempia liiketiloja, teollisuuslaitoksia ja yleisiä rakennuksia. Tällaisen kaltaisissa kohteissa Granlundin pitkälinen kokemus, huippuluokan asiantuntemus ja ensiluokkaiset mallinnusohjelmat pääsevät oikeuksiinsa.

Referenssikohteina Suomessa voidaan mainita Hartwall-areena, Helsingin sähkötalo, Musiikkitalo, HUS Lastenkliniikka, Sanomatalo, Kiasma, Helsingin yliopiston eläinlääketieteellinen keskus ja monia muita.

Granlund panostaa voimakkaasti suomalaisen huippuluokan asiantuntemuksen vientiin ulkomaille. Tällä hetkellä liikevaihdosta noin 7% tulee ulkomailta.

Ulkomaisista korkean profiilin referenssikohteista voidaan mainita Malmö Arena, Viruaukion bussiterminaali, Hodynka Arena, Kryatskoje-luisteluareena, Colorline Arena ja monia muita.

### 3 KNX-väylätekniikka

#### 3.1 Perusteet

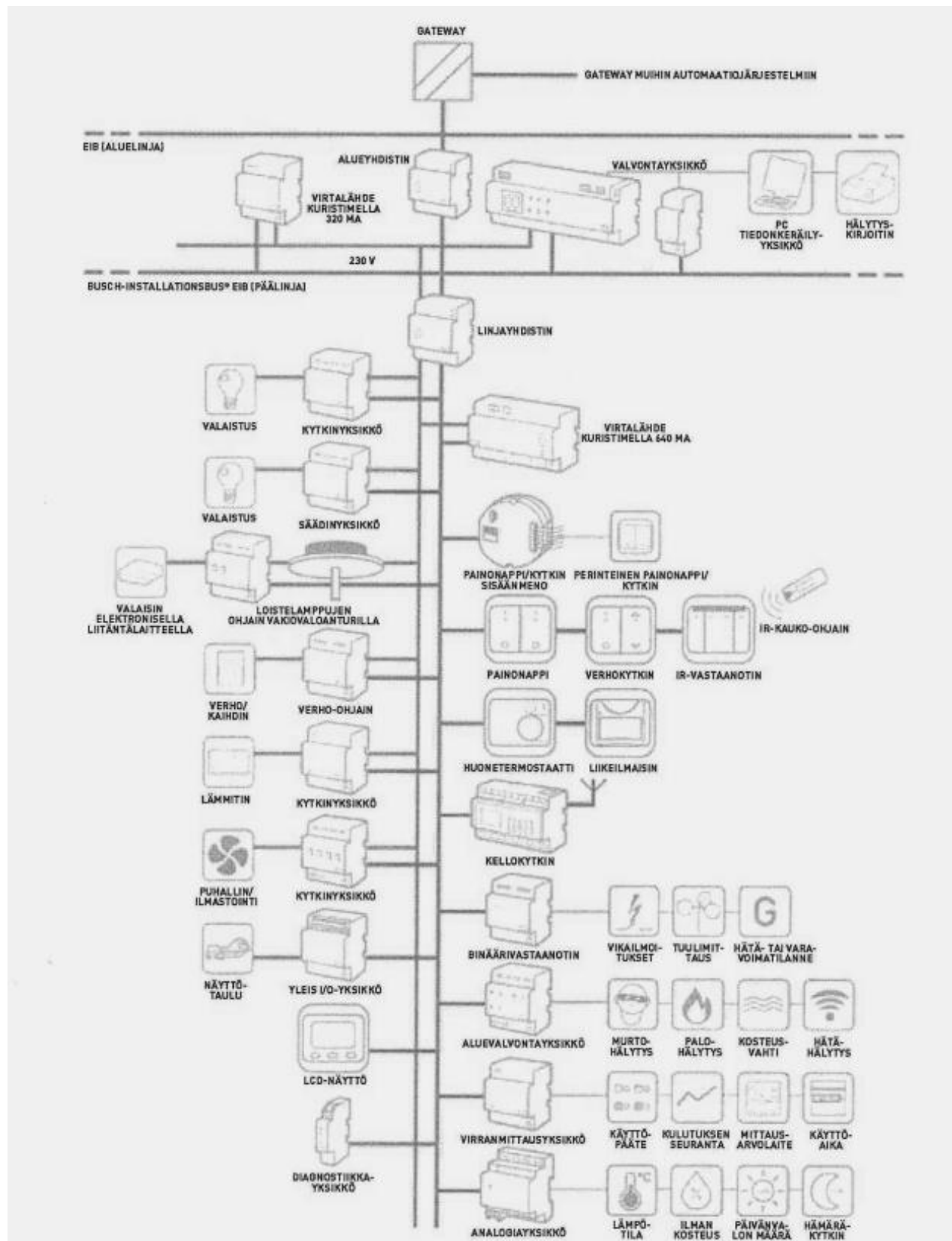
KNX on hajautettu, tapahtuma-ohjattu sarjaliikenteeseen perustuva väyläjärjestelmä, joka on suunniteltu rakennuksen operatiivisia ohjaus-, monitorointi- ja viestintätarpeita varten. Kaikki väylän laitteet voivat kommunikoida keskenään välittämällä sanomia väylällä. Esim. yksi anturi lähettää sanoman yhdelle tai useammalle toimilaitteelle.

Perinteisissä sähköasennuksissa kuorma kytketään aina suoraan päälle. Kuormaa ohjataan joko kytkimellä tai releen/kontaktorin kautta. Se, millainen johdotus kytkimelle tai anturille vedetään, riippuu kuorman toiminnosta.

KNX-tekniikalla tehty sähköasennus eroaa perinteisestä siten, että siinä kuorma kytketään epäsuorasti. Kaikki niin kutsutut käyttölaitteet eli painikkeet ja anturit sekä varsinaiset toimilaitteet liitetään yhteisen siirtotien kautta, joko parikaapelilla, radiotaajuuksilla tai sähköverkolla (kaavio 1). Yksinkertaisena esimerkkinä painike (kuva 1), joka painettaessa lähettää tietoa (datasanomaa) siirtomedian kautta määrättyyn toimilaitteeseen, joka sitten kytkee kuormituksen päälle.



Kuva 1. Monipuolinen KNX-painike, jolla voidaan ohjata monia toimintoja.



Kaavio 1. Väyläpohjainen järjestelmä rinnan vahvavirta-järjestelmän kanssa. Kaaviossa nähtävissä järjestelmän rakenne, ja kaikkien laitteiden "linkitys" toisiinsa. Oikealla puolella ovat ohjaavat laitteet eli anturit ja vasemmalla ohjattavat laitteet eli kuormat.

## 3.2 Historia

Sähköasennuksille asetetut turvallisuus-, jousto-, mukavuus- sekä energiatarpeen minimointia koskevat vaatimukset johtivat 1990-luvun alkupuolella EIB-pohjaisten (European Installation Bus) kiinteistönhallintaohjelmien luomiseen. Siitä syntyi nykyisen KNX-järjestelmän perusta. ESHA:n (European Home Systems Association) tilalle perustettiin myöhemmin KNX-yhdistys, joka yhdisti kaikki aiemmat järjestelmät saman ohjelmiston alle.

KNX-tavaramerkki varmistaa eri valmistajien komponenttien laadukkuuden sekä ongelmattoman yhdistämisen. Lisäksi KNX-yhdistys sertifioi laitteet ja takaa niiden yhteensopivuuden ja sen, että ne noudattavat standardien vaatimuksia. Kaikkien KNX-laitteistojen tulee täyttää ISO 14543-, EN50090- ja CEN 13321 -vaatimukset.[8]

## 3.3 Käyttösovellukset

### 3.3.1 Valaistus

Rakennuksen sisä- ja ulkovalaistus voidaan sytyttää ja himmentää erikseen, ryhmissä ja useista eri paikoista. Tämäkin voidaan tehdä manuaalisesti pakotetuilla KNX-painikkeilla tai langattomasti radiokaukosäätimellä tai automatiikan avulla ajasta, valon määrästä tai liikkeestä riippuen tai automaattisesti tunnistamalla lähistöllä olevat henkilöt. Lisäksi toimintoja voidaan yhdistää esim. kytkin eteiseen, jolla kaikki talon valot saadaan sammumaan.

Eri tavoin ohjatut valaisimet voidaan yhdistää erilaisiksi valaistustilanteiksi, joita käyttäjä voi milloin tahansa muuttaa, tallentaa ja palauttaa takaisin alkuperäiseksi.

Valaistus on tapana kytkeä seuraaviin toimintoihin:

- aurinko-, häikäisy- ja näkösuoja, esim. aurinkosuojien/sälekaihtimien sulkeminen ja valon sytyttäminen
- turvallisuus, esim. hälytys ja sisä- ja ulkovalojen sytyttäminen
- turvavalaistus, esim. sisä- ja ulkovalot syttyvät hätätilanteessa.

Lisäsuojaa asiattomia vastaan ja talvella kylmää vastaan tarjoavat sälekaihtimet. Sähkökäyttöiset markiisit, aurinkosuojat ja kaihtimet voidaan avata ja sulkea joko yksittäin tai ryhminä sekä keskitetysti ja hajautetusti. Niiden ohjaus voidaan toteuttaa manuaalisesti KNX-painikkeilla tai radio-ohjauksella, automaattisesti riippuen ajasta tai valoisuudesta.

Tuuli- ja sadetunnistimilla voidaan ohjata markiisien ja ulkokaihtimien nostoa, ja näin suojata niitä vaurioitumiselta tai tuhoutumiselta.

Mikäli ikkunassa on automaattiset rullakaihtimet ja ulkokaihtimet, ovi-/ikkunakosketin havaitsee tilanteen, jossa ikkuna on auki, jolloin sälekaihtimien tai aurinkosuojan lasku on estetty tai pysäytetään, niin ettei vaurioita pääse syntymään.

Tavallisesti kaihtimiin ja muihin vastaaviin liittyvät kytkennät:

- valaistukseen, esim. aurinkosuoja/kaihdin laskettu alas, valo palaa
- turvallisuus, esim. hälytysjärjestelmä lauennut, aurinkosuoja nostettu
- lämmitykseen, tuuletukseen ja jäähdytykseen, esim. aurinkosuojan vaikutus jäähdytykseen.

### 3.3.2 Sisäolosuhteiden hallinta

Sopivalla huoneen lämpötilalla voidaan suuresti vaikuttaa hyvinvointiimme ja viihtyvyyteemme. Yksilöllisellä huonelämpötilan asetuksella voidaan aikaansaada monia omaan mukavuuteen ja huoneen sijaintiin liittyviä vaatimuksia. Esim. keittiöön jossa on ylimääräisiä lämpökuormia ja makuuhuoneeseen jossa nukutaan voidaan lämpötilaksi asettaa 16–18 °C, olohuoneeseen jossa oleskellaan 21 °C, ja pesuhuoneeseen, jossa ollaan alasti, 23 °C.

Lämmitys- ja ilmastointijärjestelmän suunnittelussa on tavoitteena saavuttaa haluttu mukavuus- ja viihtyvyytaso mahdollisimman alhaisella energian käytöllä. Tällä tavoin voidaan vaikuttaa ekologiseen jalanjälkeemme, säästää selvää rahaa sekä edistää omaa hyvinvointiamme.

Lämmitysjärjestelmissä on laitteet, joilla voidaan säätää paitsi sisääntulolämpötilan keskussäätöä, mutta myös kunkin huoneen lämpötilaa erikseen.

Huoneidentarpeenmukaisen lämpötilan säädön suorittavat jokaisessa huoneessa sijaitsevat termostaatit, joiden antaman asetustiedon perusteella lämpötila pysyy aina halutunlaisena. Huonelämpötilan yksilöllinen ohjaus rekisteröi huoneen poikkeavat lämmöntarpeet, jolloin tarvittava lämpötila pysyy vakiona (ajasta ja tarpeesta riippuen).

Erityisesti lämpötilan huonekohtainen säätö näkyy energian säästönä ja mukavuuden lisääntymisenä. Ympäristöministeriön suorittaman tutkimuksen mukaan yhden asteen lämpötilan lasku merkitsee 6 prosentin säästöä lämmitysenergiassa.[16] Huonelämpötilan yksilöllinen ohjaus ei vaadi kuin pari peruskomponenttia: huonetermostaatin ja lämpöpatterin venttiilin ohjaimen.

Huoneen lämpötilaan voidaan vaikuttaa myös muilla tavoin kuin säätämällä huonelämpötilan avulla; esim. liittämällä ikkunakoskettimet väylään. Tällöin kun ikkuna avataan, siirtyy huonetermostaatti pakkassuojatilaan. Näin lämpötila pysyy vähintään 7° C:ssa, jolloin energiaa säästyy ikkunan ollessa auki ja talviaikaan vältetään jäätyneiden putkien aiheuttamilta vahingoilta.

### 3.3.3 Kuormituksen hallinta

Kuormituksen hallinnan tärkein päämäärä on energian taloudellinen käyttö teollisuudessa, kaupan alalla ja asuinrakennuksissa. Käyttökustannuksien madaltamisen ja laitteistojen turvallisuuden lisäämisen lisäksi kuormituksen hallinnalla pystytään tehokkaammin suojaamaan ekologista ympäristöä. Kuormituksen hallinnalla voidaan myös suojata johdotusjärjestelmää ylikuormitukselta.

KNX-järjestelmä soveltuu hyvin tämän kaltaisiin käyttötarkoituksiin ja tarjoaa lisäksi myös etuja verrattuna perinteisiin ratkaisuihin nähden, sillä KNX-järjestelmässä kaikki prosessiin liittyvät komponentit, mukaanlukien pienkuormat, on yhdistetty yhteiseen siirtotiehen.

Koska kaikkia kuormituksen hallintaan tarvittavia tietoja vaihdetaan saman median kautta, pystytään aikaa vievistä ja kalliista tavanomaiselle järjestelmälle tyypillisistä keskinäisistä liitännöistä luopumaan. Näihin liitännöihin kuuluvat esim. verkkokäskyvastaanottimet, huippukuormitussäätimet, ajastimet jne., joissa on ylikuormituksen ohjausrele. Tavanomaisessa järjestelmässä pienkuormia ei usein lainkaan integroitu kuormitukseen hallintajärjestelmään siihen liittyvien suurten johdotuskustannusten ja vaivannäön vuoksi. Muutostilanteessa voidaan kaikki KNX-järjestelmän laitteet sovittaa toimimaan yhdessä konfiguroimalla ne uusia vaatimuksia vastaaviksi ilman uutta johdottamista tai käyttöprosesseihin kajoamatta.

Sähkölaitteiden suorituskyvystä saatu tieto on äärimmäisen tärkeää haluttaessa optimoida kuormituksen hallinta mahdollisimman pitkälle. Saatujen tietojen perusteella voidaan määrittää hierarkia laitteille irtikytkennässä.

KNX-järjestelmässä kaikkien ohjattujen laitteiden suorituskyvyt voidaan kirjata ja visualisoida. Tämä puolestaan auttaa suuresti muodostamaan kuvaa verkon diagnostiikasta.

#### 3.3.4 Valvonta, raportointi, tietotekniikka

Sekä asuin- että toiminnallisissa rakennuksissa on usein tarpeen tallentaa, näyttää ja raportoida eri sektoreiden laitteista tulevat tiedot. Niitä voivat olla mm.

- valaistuksen kytkentätila
- lamppujen käyttöaika
- ovien, ikkunoiden ja porttien asento
- hälytysjärjestelmän tila
- sälekaihtimien, markiisien tai aurinkosuojien tila
- sisä- 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.

KNX-järjestelmästä saatuja tietoja voidaan visualisoida ja käsitellä eri tavoin. Tähän voidaan käyttää tavallista tietokonetta tai erityisiä ohjaus-, käyttö-, ja näyttöpaneeleita, jotka on suoraan liitetty KNX-järjestelmään.

Järjestelmä voidaan liittää mm. tietoliikenteeseen, tietoverkkoon tai internetiin erilaisten yksiköiden, kuten yhdyskäytävien tai palvelimien kautta.

KNX-järjestelmän visualisointi ja käyttö voidaan suorittaa mistä tahansa rakennuksen sisä- tai ulkopuolelta IP-rajapinnan omaavan matkapuhelimen, PDA-laitteiden, tietokoneen, kannettavan tietokoneen tai television kautta.

### 3.3.5 Turvallisuus

Etuna KNX-järjestelmässä ovat suhteellisen pienillä kustannuksilla tai ponnistuksilla saatavat tehokkaat turvallisuussovellukset: esim. eteiseen voidaan asentaa painike, joka sammuttaa kaikki turhat kuormitukset tai laskee rullaverhot ja sulkee avoimet ikkunat asunnosta poistuttaessa. Lisätua tarjoavat huonelämpötilan alentaminen ja läsnäolosimulointitoiminnan käynnistys.

KNX-järjestelmään voidaan myös integroida mukavuutta lisäävä lukitusjärjestelmä. Turvallisuustoiminnot voidaan asettaa tavallisen avaimen taakse, jolloin sen kääntäminen kytkee järjestelmän eikä erillistä painiketta tarvita. Lisäksi on mahdollista määritellä useita eri sähköavaimia, joilla voidaan luoda eri pääsy alueet rakennukseen. Nämä alueet voidaan estää tai aktivoida siitä riippuen, mitä avainta kulloinkin käytetään. Lukittujen avaimien käyttö voi johtaa hälytyksen laukeamiseen.

Turvapainikkeilla käyttäjän on helppo sytyttää kaikki rakennuksen valaistusryhmät ja nostaa tai laskea rullaverhot, mikäli talossa tai sen ympäristössä epäillään olevan kutsumattomia vieraita.



Asukkaiden ollessa poissa pitempiä aikoja voidaan käyttää murtojen ehkäisytöimenpiteenä läsnäolosimulointitoimintoa. Läsnäolotoiminto saa talon näyttämään siltä, että asukkaat ovat normaalisti kotona. Esim. valot sytytetään tai himmennetään epäsäännöllisin väliajoin tai aurinkosuojia ja sälekaihtimia voidaan liikuttaa hämärän tullen tai eri aikoina tai eri huoneista kuuluu normaaleja asumisen ääniä vastaavien moduulien kautta.

KNX-laitteet ja -järjestelmät voidaan kytkeä kommunikointijärjestelmiin (kuten puhelin tai internet) vastaavien liitäntöjen (yhdyskäytävä) kautta, jolloin niitä voidaan valvoa ja niihin voidaan vaikuttaa tehokkaasti etänä. Käyttäjä voi vastaanottaa tapahtuma- tai virheilmoitukset (esim. vika, vuoto jne.) tai hätätilanneilmoitukset KNX-järjestelmästä puhepostina tai tekstiviestinä omaan matkapuhelimeensa. Ikkunoissa olevat koskettimet ja liiketunnistimet kytkevät valot päälle tai niitä voidaan käyttää turvallisuussovelluksiin. Myös tavalliset anturit ovat integroitavissa osaksi KNX-järjestelmää.

Asukkaan lähtiessä asunnosta hän voi esim. pudottaa jonkin huoneen lämpötilaa tai koko asunnon lämpötilaa, sammuttaa valaistuksen ja käynnistää läsnäolosimuloinnin kytkemällä joko murtohälytysjärjestelmän tai etähälytysjärjestelmän päälle. KNX-järjestelmään asennetut savunilmaisimet tuovat huomattavaa lisäturvaa verrattuna erillisiin osoitteettomiin tunnistimiin. Hälytyksen tapahtuessa järjestelmä käynnistää sisäsireenit ja vilkkuvalot ja ilmoittaa hälytyksestä vartiointiliikkeelle sekä sytyttää valot ja nostaa kaihtimet. Asukkaan palatessa kotiin huoneiden lämpötila nousee ja eteisen valaistus syttyy, ja näin asukas voi ohjata läsnäolosimuloinnin pois päältä.

Vakuutusyhtiöiden erityisen arvokkaille esineille vaatima VdS-luokan c VdS-hyväksytty hälytysjärjestelmä on myös yhteensopiva KNX-järjestelmän kanssa, ja se voidaan eristää ja kytkeä KNX-liitäntöihin. Tällöin KNX-järjestelmä voi arvioida VdS:stä tulevaa informaatiota ja reagoida sen mukaan.

## 4 KNX-järjestelmä

KNX-järjestelmässä on mahdollisuus valita jokin kolmesta tiedonsiirtoväylästä:

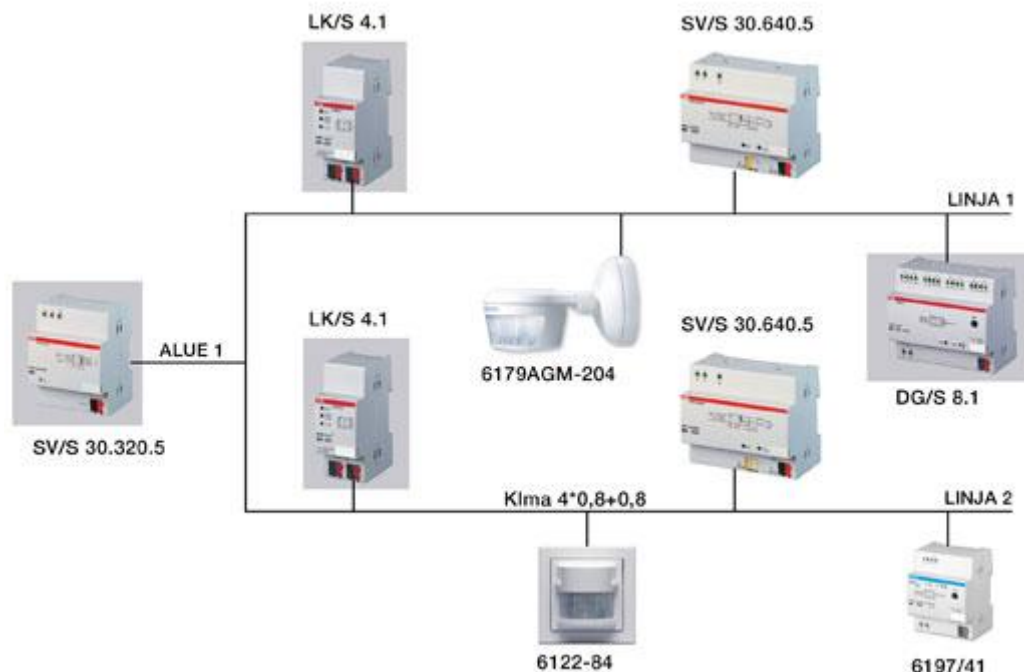
- väyläkaapeli
- sähköverkko
- radioverkko 868 MHz:n taajuudella

### 4.1 Väyläkaapeli siirtotienä

Käytettäessä väyläkaapelia KNX-järjestelmän hierarkkinen rakenne koostuu linjoista ja alueista.

#### Linja

Linja on järjestelmän pienin asennusyksikkö (kaavio 2). Se koostuu enintään neljästä linjasegmentistä. Yhteen linjaan voidaan maksimissaan kytkeä 64 laitetta. Se kuinka monta laitetta linjalle pystytään kytkemään, riippuu kuitenkin valitusta virtalähteestä ja linjalla olevien laitteiden virrankulutuksesta.



Kaavio 2. Alue, jossa on kaksi linjaa.

Linjassa olevien kaapelien pituuksien raja-arvot on esitetty taulukossa 1.

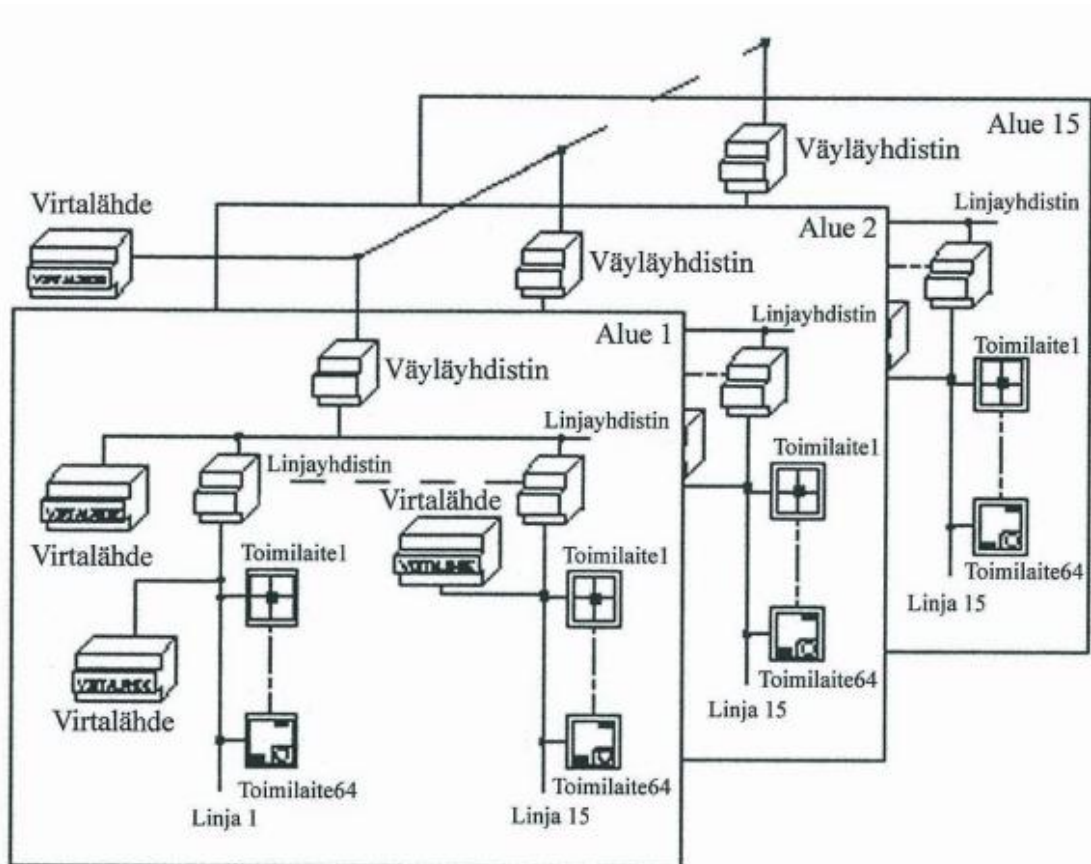
**Taulukko 1. Kaapelien raja-arvot KNX-järjestelmässä.**

Linjasegmentin pituus	maks. 1000 m
Tehonlähteen ja väylälaitteiden välinen etäisyys	maks. 350 m
2 virtalähteen välinen etäisyys kuristimet mukaan lukien	min. 200 m
Kahden väylälaitteen välinen etäisyys	maks. 700 m

Linjasta voidaan tehdä linjasegmentti käyttämällä linjavahvistinta (LR). Tällöin linjasegmentin kaapelin kokonaispituus on enintään 1 000 m(taulukko 1). Jokainen linjasegmentti tarvitsee kuitenkin oman sopivan KNX-virtalähteen. Linjavahvistimia voidaan kytkeä linjaan korkeintaan kolme rinnankytkentänä.

### **Alue**

Alueeksi kutsutaan päälinjaa (kaavio 2). Päälinjaan on mahdollista lisätä linjoja linjayhdistimien avulla aina 15 linjaan asti. Myös päälinjaan voidaan suoraan kytkeä laitteita saman määrän kuin linjaankin eli 64. Jokainen linjayhdistin kuitenkin vähentää päälinjaan kytkettävien laitteiden määrää yhdellä. Päälinja tarvitsee oman virtalähteen, jossa tulee olla kuristin. Runko- tai päälinjaan ei voi lisätä linjavahvistimia.



**Kaavio 3. KNX-järjestelmä laajimmillaan: 15 aluetta, joissa jokaisessa 15 linjaa ja jokaisessa linjassa 64 laitetta.**

Useat alueet

Päälínjan "yläpuolella" on nk. runkolinja (kaavio 3). Siihen voidaan kytkeä lisää alueita alueyhdistimien (AC) avulla. Edellämainittujen linjojen tapaan myös runkolinja on varustettava omalla virtalähteellä.

Samoin kuin päälínjaan, myös runkolinjaan voidaan kytkeä laitteita, jotka ovat pois runkoyhdistimien määrästä. Kaiken kaikkiaan järjestelmässä voi olla 15 aluetta, jolloin toimilaitteiden määrä voi olla yli 15 000 (kaavio 3).

Linjayhdistimet (kuva 2), alueyhdistimet ja linjavahvistimet ovat kaikki samanlaisia laitteita. Järjestelmän suorittamat tehtävät riippuvat sijoittelusta verkon topologiassa, niitä vastaavista fyysisistä osoitteista ja käytössä olevasta sovellusohjelmasta. Siinä missä alue- ja linjayhdistimet ainoastaan lähettävät ja välittävät sanomia, linjavahvistimet hoitavat sanomien reitityksen laitteille.



**Kuva 2. Linjayhdistin ja 12-kanavainen kytkinyksikkö 10 A:lle.**

Järjestelmän jako alueisiin ja linjoihin tuo seuraavia etuja:

1. Käyttöluotettavuuden lisääminen. Koska jokaisella linjalla ja alueella on oma virtalähde, ovat ne galvaanisesti toisistaan erotetut. Tästä johtuen vikatilanteen sattuessa yhdessä linjassa muu osa järjestelmää toimii normaalisti.
2. Linjojen tietoliikenne on "itsenäistä", eikä se näin ollen vaikuta muiden linjojen ja alueiden tiedon läpimenoarvoon.
3. KNX-asennuksessa on verkosta helppo saada selkeä yleiskatsaus, jolloin käyttöönotto, vianmääritys ja huolto helpottuvat.

Tyypillinen esimerkki alueiden ja linjojen käytöstä voisi olla esim. rivitalossa seuraava: runkolinja vastaisi taloyhtiötä, alue taloa ja linja asuntoa.

#### 4.1.1 Siirtoteknologia

Kytkenäkäskyt, signaalit ja muut tiedot kulkevat yksittäisistä väylälaitteesta toiseen sanomien välityksellä. Impulssien generoimiseen ja vastaanottamiseen tarkoitettu siirtoteknologia on suunniteltu niin, että linjassa ei tarvita impedanssisovitusta ja millainen tahansa topologia (ks. kaavio 4) on mahdollinen. Tietojen siirtyminen tapahtuu väyläkaapelissa symmetrisesti. Näin ollen väylälaitteen on mahdollista laskea vaihtojännitteen ero kaapelin molempien johtimien välillä.

Väylän tiedonsiirtonopeus on 9 600 bittiä/s ja sanoman lähettämiseen ja vahvistamiseen kuluva keskimääräinen siirtoaika on n. 25 ms.

#### 4.1.2 Väyläyhteys

Tietojen vaihto väylälaitteiden välillä on tapahtumaohjattu. Kytkimiltä ja antureilta tulevat yksittäiset tiedot kulkevat väylässä peräkkäin. Tämän vuoksi linjassa voi olla vain yksi tieto kerrallaan. Jotta järjestelmä olisi mahdollisimman luotettava, käytetään hajautettua väyläyhteysmenetelmää CSMA/CA:ta (Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance), joka toimii siirtotien varaajana, tilanteessa jossa useat lähettävät laitteet käyttävät samaa siirtotietä. CSMA/CA perustuu väylissä tapahtuvien törmäyksien havaitsemiseen.

Järjestelmä havaitsee törmäykset ennen niiden varsinaista syntyä, lähettämällä siirtotien varaavan signaalin ennen varsinaista dataa. Tämä eliminoi törmäyksien mahdollisuudet, elleivät väylälaitteet pääse väylään samaan aikaan. Varausmenetelmän ansiosta mitään tietoja ei pääse häviämään, ja väylää voidaan käyttää tehokkaimmalla mahdollisella tavalla.

Sanomien priorisointijärjestelmä mahdollistaa joillekin signaaleille (esim. vikasignaalit) annettavan etusijan, jolloin ne kulkevat väylässä aina ensimmäisinä. KNX-järjestelmässä kaikki tietojen vaihto on tapahtumaohjattua, jolloin sanomat välitetään vain, mikäli ne ovat välttämättömiä.[13]

#### 4.1.3 Sanoman rakenne ja osoitteen muutos

Sanomat koostuvat väyläkohtaisista tiedoista, nk. hyötytiedoista, joissa tapahtuma (esim. painikkeen painallus) välitetään, ja testitiedoista, joiden avulla havaitaan mahdolliset siirtovirheet. Sanoma itsessään on merkkijono, jossa merkit yhdistyvät kenttiin yhdessä oheistiedon kanssa (taulukko 2).

Häiriöttömän sanomaliikenteen edellytykset ovat valvonta- ja tarkistussummakentistä saatavat tiedot. Kaikki osoitteen omaavat väylälaitteet arvioivat ja vertailevat näitä tietoja.

Osoitekenttä sisältää sanoman lähde- ja kohdeosoitteen. Lähdeosoite on aina jokin fyysinen osoite. Se kertoo, mihin alueeseen ja linjaan lähetyslaite on asennettu. Mikäli

fyysistä osoitetta käytetään vain käyttöönoton ja huollon yhteydessä, täytyy se osoittaa pysyvästi väylälaitteelle määrittelyn ajaksi.

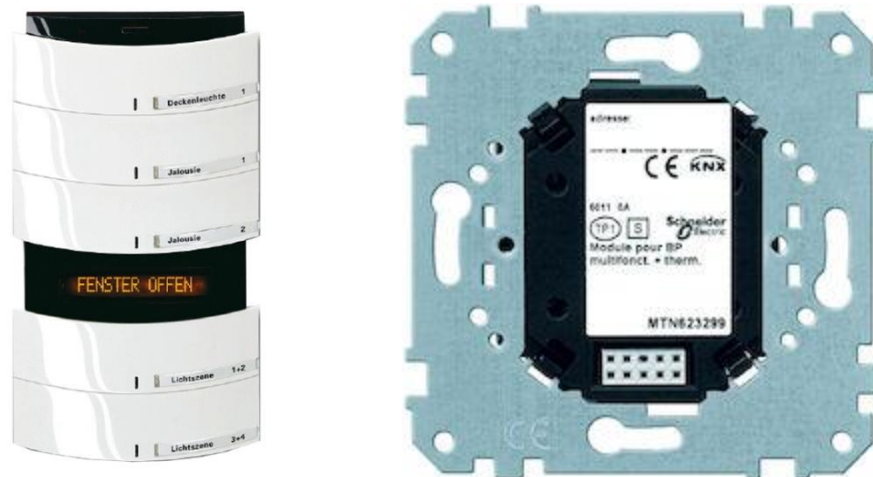
Kohdeosoitteen avulla määritellään kommunikointikumppanit. Kohdeosoite voi olla yksittäinen laite tai laiteryhmä, joka on kytketty johonkin linjaan tai jaettu useiden linjojen kesken. Näin ollen yksittäinen laite voi kuulua moneen ryhmään. Järjestelmän tiedonsiirtoyhteydet määritetään ryhmäosoitteella. Tietokenttää käytetään hyötytietojen kuten käskyjen, viestien, asetusparametrien, mittausarvojen jne. siirtämiseen.[13]

**Taulukko 2. Sanoman rakenne.**

Ohjaus	Lähdeosoite	Kohdeosoite	Kierroslaskuri	Pituus	Hyötykuorma	Tarkistussummanohjaus
8	16	16 + 1	3	4	16 x 8	8

#### 4.1.4 Väylälaitteen rakenne

Toiminnalliset väylälaitteet, esim. kytkinanturit, himmenninyksiköt ja verho-ohjausyksiköt koostuvat periaatteessa kahdesta osasta: väyläliitäntäyksiköstä (BCU) ja käyttömoduulista (AM) (kuva 3).



**Kuva 3. 6/6-painike, jossa on tekstinäyttö ja sen sisältämä väylämuunnin.**

Riippuen väylälaitteen tyypistä ja mallista väyläliitäntäyksikkö ja käyttömoduuli yleensä integroidaan laitekoteloon erottamattomana yksikkönä (kuva 3). Laitteet kytketään ulkoisen fyysisen liitännän (PEI) kautta.

Sanomaketju alkaa väyläliitäntäyksiköstä, johon käsiteltävät tiedot saapuvat. Väyläliitäntäyksikön tehtävänä on lähettää, vastaanottaa ja tallentaa tietoja kuten sen oman fyysisen osoitteen, sovellusohjelman parametrit sekä olemassa olevat ryhmäosoitteet. Näitä toimintoja koordinoi väyläliitäntäyksikön mikroprosessori, joka toimii periaatteessa laitteen aivoina. Väylälaite tallentaa tiedot, jolloin ne säilyvät tallessa virran katketessa tai muun vian sattuessa. Väylälaitteeseen tulee ohjelmoida ns. esiohjelma, joka kertoo laitteelle miten vikatilanteessa tulee toimia.

Pääasiassa väylälaitteen toiminnan määrittävät sovellusmoduuli ja -ohjelma. Väylälaitteen toimintaan sisältyvät järjestelmässä olevat anturit, kuten painikkeet ja binääritulot (kuva 4), kytkimet kuten binäärilähdöt sekä kytkentäyksiköt ja himmentimet tai näiden yhdistelmät.



**Kuva 4. 24V:n ja 230V:n binääritulo, jolla vastaanotetaan mittauksiin perustuvia käskyjä.**

#### 4.1.5 Virtalähde

KNX-järjestelmä käyttää 29 V:n SELV (Safety Extra Low Voltage) pienjännitettä. Väylä on galvaanisesti erotettu varsinaisesta sähköverkosta, jolloin käyttäjä voi turvallisesti koskettaa väyläkaapelia. KNX-virtalähteen (kuva 5) tulee noudattaa standardin DIN EN 50 090 normeja. Käytännössä tämä tarkoittaa, että virtalähteen tulee olla



virtarajoitettu väylän puolella sekä oikosulkusuojattu. Virtalähteessä on sisäänrakennettuna kuristin, joka toimii vastuskuormana väyläsanomille, jolloin signaalit eivät vaimene väylässä.

Virtalähde sisältää myös toisen kuristamattoman ulostulon, jota voidaan käyttää välissä olevan kuristimen yhteydessä lisälinjan syöttämiseen. Mikäli virtalähde ei jostain syystä riitä laiteryhmälle, siihen voidaan kytkeä rinnan toinen samanlainen. Tällöin virran maksimi raja-arvo on 500 mA.

Käytännössä nykypäivänä käyttöjännite nostetaan yleensä 30 V:iin jolloin jännitteenalenema saadaan kompensoitua. Jotta saataisiin SELV- tai PELV-jännitettä, (Protective Extra Low Voltage) tarvitaan lähdoissä suojajännitemuuntajaa, joka muuntaa 230 V:n verkkojännitteen 30 V:ksi. Suojajännitemuuntajan tulee täyttää standardin SFS-EN 60 742 vaatimukset. ISO määrittelee pienjännitteen vaihtojännitteellä >25 V ja tasajännitteellä >60 V.[3]



**Kuva 5. KNX-väylän virtalähde, joka sisältää jännitemuuntimen.**

#### 4.2 Sähköverkko siirtotienä

KNX-järjestelmässä voidaan 230 V:n sähköverkkoa (Powerline KNX) käyttää lisäsiirtotienä. Powerline KNX voi käyttää markkinoilta jo löytyviä ETS-ohjelmia eikä erillisiä väyläkaapeleita tarvita lainkaan. KNX Powerline -laitteet vaativat toimiakseen ainoastaan vaihejohtimen ja nollajohtimen. Powerline KNX voidaan myös jälkiasentaa

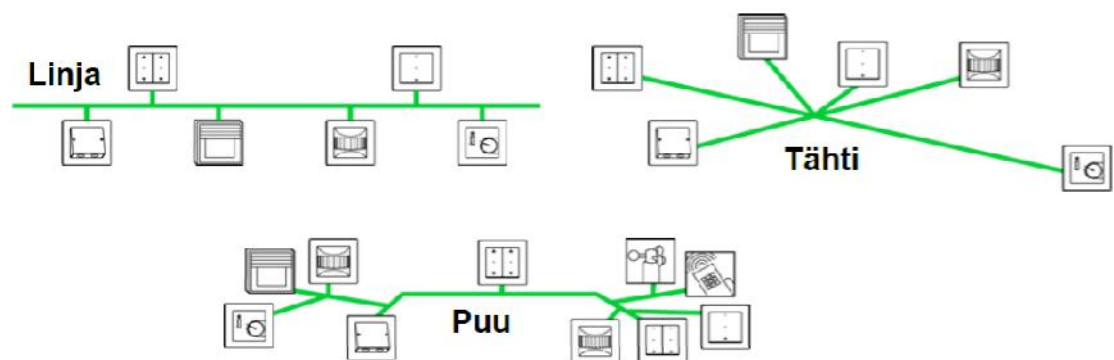
jo olemassa olevaan järjestelmään. Järjestelmän mitoitus ja käyttö ovat pitkälti samoja kuin tunnettujen KNX:n kierrettyjen parikaapelikomponenttien (TP).

Mikäli erillistä lisäväylälinjaa ei tarvita tai sen käyttö ei jostain syystä ole mahdollista olemassa olevassa järjestelmässä, tarjoaa 230/400 V:n sähköverkon käyttö uusia mahdollisuuksia. Esimerkiksi kyseen ollessa uudisrakennuksen asemesta saneerauskohteessa, jossa saneerauksen laajuus ei salli kaapeleiden vaihtoa voidaan automaatio toteuttaa silti Powerline KNX:llä.

Powerline KNX-järjestelmää käytetään yleisemmin Saksassa. Suomessa pyritään käyttämään muita viestintämedioita hyödyntäviä ratkaisuja (TP, RF, IP).[12]

#### 4.2.1 Topologia

Järjestelmän topologia ei sinänsä eroa väylän vastaavasta Powerline KNX:n toimiessa siirtotienä (kaavio 4).



**Kaavio 4. KNX-järjestelmän erilaiset topologiavaihtoehdot.**

#### **Linja**

Asennusyksiköistä pienin on linja. Linjaan kytkettävien laitteiden enimmäismäärä on 255.

Järjestelmä ei tarvitse erillistä virtalähdettä väylän tapaan, sillä laitteita syötetään suoraan 230 V:n sähköverkosta. Kaikki laitteet vaativat vaihe- ja nollajohtimen toimiakseen.

Sähköverkon toimiessa siirtotienä kaapelin pituus ei yleensä ole rajoitettu.

### **Alue**

Powerline KNX:ssä linjat voidaan tehdä väylien tapaan kierretyistä parikaapeleista tai käyttää olemassa olevaa vahvavirtakaapelia, kuitenkin korvaamalla parikaapelissa käytetyt linjayhdistimet järjestelmäkytkimillä eli kantoaaltoalvoilla. Kantoaaltoalpaajien lisäksi Powerline KNX vaatii kantoaaltoalpaajien ”yläpuolelle” mediamuuntimen, jolla vahvavirta koodataan sanomille sopivaksi. Järjestelmämuuntimet kytketään kierretyn parikaapelijohdon tai runkolinjan kautta Edellämämainituilla komponenteilla Powerline KNX -laitteet voidaan kytkeä 230 V:n verkkoon.

Näillä sovellutuksilla voidaan toteuttaa korkeintaan 15 Powerline KNX -linjaa, joissa on kytkettynä 255 väylälaitetta korkeintaan 8 alueelliseen päälinjaan. Yksittäiset alueet erotetaan toisistaan galvaanisesti kantoaaltoalpaajien avulla.[1]

#### 4.2.2 Siirtoteknologia

Koska 230 V:n johdotusjärjestelmää ei alkuperäismuodossaan ole tarkoitettu sanomien siirtoon, täytyy Powerline KNX-järjestelmä sovitaa olemassa olevaan järjestelmään. Tiedonsiirtoteknisessä mielessä 230 V:n pääjakelujärjestelmä on avoin verkko, joka siirtokäyttäytymiseltään, impedanssiltaan sekä syöttöhäiriöiltään on suurilta osin tuntematon. Powerline KNX:llä siirtoprosessista saadaan kuitenkin luotettava ja varma. Huolimatta siitä, että sähköverkon suurtaajuussignaalien siirto-ominaisuudet ovat melko usein määrittelemättömiä, tarjoaa Powerline KNX nopeaa ja luotettavaa tiedon siirtoa. Järjestelmä toimii kaksisuuntaisesti vuoro-suuntaisessa käytössä. Tämä tarkoittaa, että kukin laite voi sekä lähettää että vastaanottaa viestejä.

Tietojensiirron kanavaksi tavalliseen 230 V:n / 50 Hz:n sähkövirtajärjestelmään syötetään suurtaajuussignaaleja. Powerline KNX:n käyttämä taajuuskaista noudattaa standardia EN 50065. Sen taajuudet ovat 105,6 kHz (looginen 1) ja 115,2 kHz (looginen 0) kaistalla, jonka taajuus vaihtelee välillä 95–125 kHz. Tätä tekniikkaa kutsutaan automaatio piireissä hajautetuksi vaihtotaajuuskoodaukseksi. Järjestelmän maksimaalinen tiedonsiirtotas on 116 dB ( $\mu$ V).

Tiedonsiirtonopeus on 1200 bittiä/s (baudi), ja sanoman siirto kestää noin 130 ms. Mikäli verkko-olosuhteet eivät poikkea normaaleista, on tämä järjestelmä tiedonsiirtomenetelmineen erittäin varmatoiminen. Mikäli siirron aikana kuitenkin tapahtuu häiriö, voi Powerline KNX "korjata" vastaanotetun signaalin. Korjauksessa järjestelmä vertaa signaalia johonkin siihen tallennettuun mallisignaaliin, ja älykäs prosessori tulkitsee sanoman sen pohjalta. Vastaanottimen ymmärrettyä sanoman oikein se vahvistaa sen lähettimelle ja siirtoprosessi päättyy. Mikäli lähetin ei vastaanota vastausta, se toistaa siirtoprosessin.

#### 4.2.3 Väyläyhteys

Powerline KNX:n väyläyhteytenä käytetään hajautettua väyläyhteyksimenetelmää CSMA/CA:ta (Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance [tiedonsiirto, joka tunnistaa kantoaallon/törmäyksen estäminen]). Ennenkuin siirtoprosessi aloitetaan, väylälaitte tarkistaa, onko jokin toinen laite jo lähettänyt väylälle sanoman. Jos kaksi väylälaitetta yrittää lähettää sanoman samanaikaisesti, törmäys havaitaan ja molempien väylälaitteiden siirtoprosessi pysäytetään. Väylälaitteet sisältävät nk. satunnaisgeneraattorit, jotka varmistavat, että sanomien toisto alkaa eri aikoina, jolloin törmäyksiltä vältytään.[3]

#### 4.2.4 Sanoman rakenne ja osoitteen muutos

Powerline sanomat voidaan jakaa periaatteessa kahteen osaan:

- Sanoman sisältö vastaa kierrettyä parikaapelia.
- Sanoma sisältää käytössä olevaan siirtotiehen liittyviä muutoksia.

#### **Tarkistussumma**

Tarkistussummakenttä on sama kuin TP:ssä eli viittaa sanoman sisältöön.

#### **Tahdistus**

Tahdistusta käytetään lähettimen ja vastaanottimen synkronointiin. Sen bittijono on tarkoin määritetty: 0101.

## **Aloituskenttä**

Aloituskentät 1 + 2 ovat käynnistyssignaaleja, jotka kertovat vastaanottimelle, että sanoma on lähetetty. Molempien aloituskenttien sisällöt ovat samat: 1011 0000 (B0).

## **Järjestelmätunnus**

Monet Powerline KNX-laitteet voidaan luokitella sen perusteella, antavatko ne viestejä järjestelmätunnuksen perusteella. Ainoastaan saman järjestelmätunnuksen omaavat toimilaitteet voivat kommunikoida keskenään. Järjestelmätunnuksen arvo on jotakin 1:n ja 255:n väliltä. Tunnus on tärkeä myös laajojen Powerline KNX -järjestelmien asennuksissa. Käytettäessä useampaa kuin yhtä järjestelmämuunninta syntyy useita Powerline KNX -signaalialueita. Jokainen signaalialue tarvitsee oman järjestelmätunnuksensa.

### 4.2.5 Väylälaitteen rakenne

Powerline KNX:n väylälaite on sinänsä samanlainen kuin parikaapelinkin, mutta siinä väyläliitäntäyksikön tilalla on verkkomuunnin.

## 4.3 Radiotaajuus siirtotienä

### 4.3.1 Topologia

KNX-järjestelmä, joka käyttää radioverkkoa siirtotienä, laitteita ei tarvitse asentaa hierarkiseen järjestykseen. Käytettäessä radiotaajuutta siirtotienä laitteet voidaan asentaa mihin paikkaan tahansa ja jokainen anturi voi kommunikoida jokaisen kytkinlaitteen kanssa radiosignaalin kantama huomioon ottaen. Radioverkon kantomatkaa ei sinänsä voida määrittää kovin tarkasti ulottuvuus käsitteellä, sillä myös lähistön KNX-radioverkkoihin asennetut laitteet voivat ottaa KNX-radiosanomia. Mahdolliset keskinäisvaikutukset täytyy tietenkin eliminoida pois. Tämä toteutetaan niin, että KNX-radiolähtimet lähettävät sarjanumeronsa laitetunnuksena osaksi sanomaa. Ainoastaan lähettimeen kytketyt vastaanottimet arvioivat sanomiaan.

Tulee myös muistaa, että viereisistä radioverkoista erottamisen lisäksi, myös rakenteelliset olosuhteet kuten seinät, katot ja huonekalut rajoittavat signaalin

kantomatkaa kiinteistössä. Signaalin kulkua voidaan kuitenkin parantaa välivahvistimilla, jolloin radiosignaalit saadaan siirtymään kerrosten välillä.

KNX:n tiedonsiirtoväylä voi koostua pelkästä radioverkosta tai radion ja jonkin toisen siirtotien yhdistelmästä (esim. KNX Powerline). Mediakytkimet kykenevät lähettämään tietoja ja käskyjä myös toisessa siirtomediassa olevista laitteista toisessa siirtotiessä oleviin.

#### 4.3.2 Siirtoteknologia

Radioteknologiassa siirrettävä tieto moduloidaan kantotaajuuteen. Modulointitapoja, joilla tieto välitetään laitteelta toiselle, on useita: kantoaallon voimakkuuden vaihtelu (amplitudimodulaatio), vaihesiirto (vaihemodulaatio), taajuuden vaihtelu (taajuusmodulaatio) tai näiden yhdistelmä. Moduloitu kantoaalto siirretään vastaanottimiin, joissa vastaanotettu signaali demoduloidaan eli tiedot palautuvat signaalista.

KNX-radiojärjestelmässä modulointimenetelmänä toimii taajuusmodulaatio tai vaihtotaajuuskoodaus (FSK). Logiikkatilat "0" ja "1" aikaansaadaan pienellä poikkeamalla kantotaajuudessa (tunnetaan myös nimellä "keskitaajuus"). KNX-radiojärjestelmässä keskitaajuutena toimii 868,30 MHz. Siirrettävien sanomien siirtonopeus eli bittinopeus on 16 384 bittiä sekunnissa, ja se moduloidaan Manchesterkoodin mukaan. Tässä koodaus tavassa pulssireunan tila vaihtuu "0":sta "1":een tai päinvastoin aina tietobitin keskellä. Lähettimien ja vastaanottimien synkronointi onnistuu helposti tämän koodauksen avulla, sillä 0/1- tai 1/0-vaihto lähetettävän bitin keskikohdassa mahdollistaa kellopulsin jatkuvan säätämisen. KNX-radiojärjestelmän lähetystaajuus on ISM-taajuusalueella (Industrial-Scientific-Medical [teollisuus, tiede, lääketiede]). Käyttösovellusten taajuusalueet tälle kaistalle on tarkasti määritelty viestintäviraston toimesta. Lähetysteho kyseisessä järjestelmässä ei saa ylittää 12 mW:a.[8]

Kaikkien järjestelmän laitteiden radiolähetyksen aikaväli, jota kutsutaan myös työjaksoksi, on 1 % (maksimi lähetysjakso on 0.6 s/min). Kiinteän lähetyksajan vuoksi yksittäisiä jatkuvia lähettäjiä ei ole. Tämän takia järjestelmässä ei esiinny jatkuvia häiriösignaaleja, jotka voisivat tukkia radiokanavan. Näin varmistetaan, että vastaanottaja saa lähetetyn viestin ja voi arvioida sitä.

#### 4.3.3 Väyläyhteys

Yksisuuntaiset laitteet lähettävät käskyn saatuaan sanoman suoraan. 1 %:n käyttöjakson ansiosta törmäykset ovat lähes poissuljettuja.

Kaksisuuntaisissa laitteissa törmäyksiä ei tapahdu lainkaan, koska laitteet tarkistavat ennen sanoman lähettämistä, että radiokanava on vapaa. Mikäli kanava on varattu, laite odottaa kanavan vapautuvan ja lähettää sanoman sen jälkeen.

#### 4.3.4 Sanoman rakenne ja osoitteenmuodostus

KNX-radiosanoma rakentuu useista tietojaksoista, jotka erotetaan toisistaan tarkistussumman tavuilla. Varsinaiset hyötytiedot kuten kytkentä ja himmennyskäskyt ja väyläkohtaiset osoitetiedot sisältyvät sanomassa oleviin tietojaksoihin.

Vastaanottimien synkronointi lähettimien kanssa tapahtuu radiosanoman alussa ja lopussa olevien jaksojen avulla.

Sanoman ensimmäinen tietojakso pitää sisällään osoitekentän (4 tavua), laitteen KNX-sarjanumeron (6 tavua) ja tietojen tallennuksen (2 tavua). Osoitekentässä on tietoa sanoman pituudesta, siirtolaadusta (vastaanottokapasiteetti) ja akkua virtalähteenään käyttävien radiokomponenttien akun tilasta.

Ainoa laitetunnus, joka laitteisiin on tehtaalla ohjelmoitu ja jota ei voi muuttaa, on KNX-sarjanumero. Sarjanumero on osa jokaista sanomaa ja tallentuu vastaanottimeen lähettimen lähdeosoitteena käyttöönoton yhteydessä tai yhdistettäessä laitteita langattomasti. KNX-sarjanumeroa käytetään väylälaitteiden osoitteenmuodostuksesta, mutta sitä tarvitaan myös erottamaan laitteet viereisissä KNX-radioverkoissa. Vastaanottimen tallentaessa tulleen tiedon se havaitsee myös mahdolliset virheet tiedonsiirrossa.

Toinen tietojakso pitää sisällään tavut lisäohjauksesta, tarkistussummasta sekä erillisen lähdeosoitteen ja hyötytiedot. Erillinen osoite toimii laitteen fyysisenä osoitteena, eikä sitä tarvita kuin laitteiden ohjelmoinnissa ensisijaisten ohjainten tai kytkinten kautta. Nämä laitteet ilmoittavat käyttöönoton yhteydessä automaattisesti lähdeosoitteensa. Kohdeosoite eroaa toiminnaltaan riippuen siitä millainen yhteys siihen laitteeseen on, jolle on muodostettava osoite. Kun on kyse ohjelmoinnin aikaisesta fyysisestä osoitteesta, kohdeosoite on laitteen yksilöllinen lähdeosoite. Sen sijaan normaalikäytössä (kuten kytkentäkäskyn siirrossa) kohdeosoite sisältää laitteen osoitteellisen kommunikaatiokohteen määrän.

Hyötytiedot sisältää siirrettävää tietoa, kuten käskyjä, viestejä, asetusparametrejä, mittausarvoja jne. Muitakin tietojaksoja voidaan siirtää KNX-radiosanomissa riippuen hyötytiedon pituudesta.

#### 4.3.5 Väylälaitteiden rakenne

KNX-radiokomponentit voidaan asentaa uppo-asenteisena, pinta-asenteisena tai sisäänrakennettuina versioina.

Uppo-asenteiset laitteet koostuvat pääosin valaistuksen kytkennän tai himmennuksen tai aurinkosuojien verho-ohjainten säätämisen vaatimista painiketuloista. Painikkeet kiinnitetään niihin toiminnallista käyttöä varten. Näin toimien voidaan radioliikenne integroida joko käyttöpintaan tai itse laitteen toimintaan.



Pinta-asennetuissa tai sisäänrakennetuissa versioissa on erilaisia antureita, toimilaitteita ja yhdistelmälaitteita saatavissa lukuisia erilaisia, joita voidaan asentaa, liimata tai kiinnittää eri paikkoihin ja pintoihin. Sisäänrakennetut mallit eivät sisällä erillistä väyläyksikköä, johon väyläkaapeli kytkettäisiin, vaan anturi itsessään toimii väyläliittimenä.

KNX-radiokomponenteissa perinteinen erotus väyläliitinyksikön, käyttömoduulin ja ladattavan sovellusohjelmiston välillä ei useinkaan päde, vaan ne ovat täydellisiä laitteita, pitäen sisällään edellä mainitut ja pysyvästi ohjelmoidun sovellusohjelmiston.

KNX-radiolaitteisiin on suunniteltu yksisuuntainen tai kaksisuuntainen riippuen niiden toiminnasta ja käyttötarkoituksesta. Yksisuuntaiset laitteet voivat joko lähettää tai vastaanottaa. Pääosin ne ovat akkukäyttöisiä tunnistimia tai antureita tai pelkkiä komentojen vastaanottajia, kuten toimilaitteet. Kaksisuuntaiset laitteet puolestaan pystyvät sekä lähettämään että vastaanottamaan. Näin ne voivat toimia samanaikaisesti antureina ja toimilaitteina.

Radiosanomat reititetään välivahvistimella kantoalueen lisäämiseksi. Myös välivahvistin on kaksisuuntainen laite. Se voi olla erillinen komponentti tai olla integroituna kaksisuuntaiseen kytkimeen. KNX-radiojärjestelmä voidaan liittää KNX TP:hen mediakytkimen avulla.

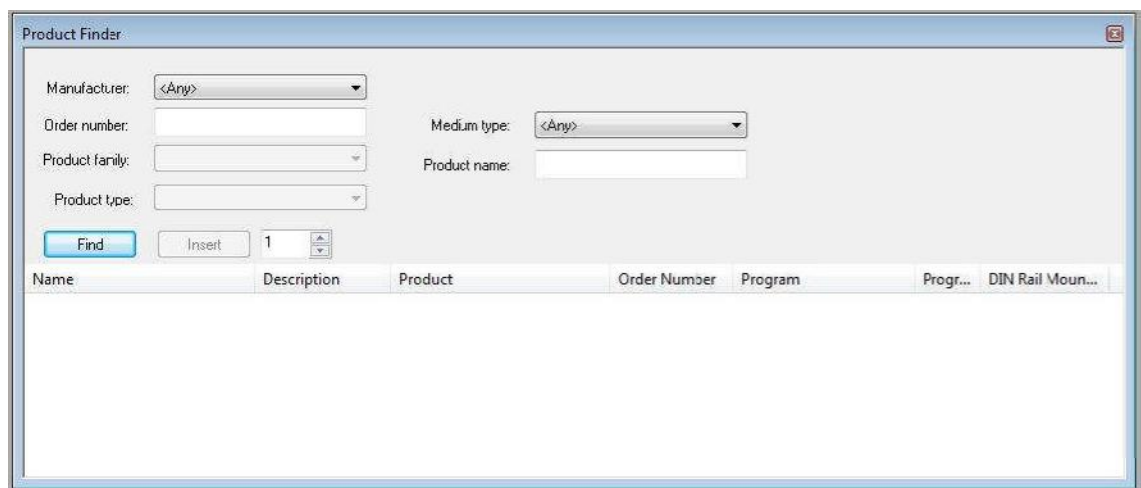
Mediakytkimien avulla KNX-radiojärjestelmä voidaan liittää kierrettyyn parikaapeliin ja Powerlineen. Myös muut Ethernet-rajapinnat voivat toimia yhdyskäytävänä kytkettäessä KNX-radiojärjestelmää muihin järjestelmiin.[8]

## 5 Ohjelmointi

### 5.1 ETS

KNX-järjestelmän toimintojen ja ryhmittelyn määrittelyssä käytetään EIB Tool Software ohjelmaa. Ohjelma toimii Windows-ympäristössä, ja sitä voi näin ollen käyttää tavallisella kotitietokoneella.

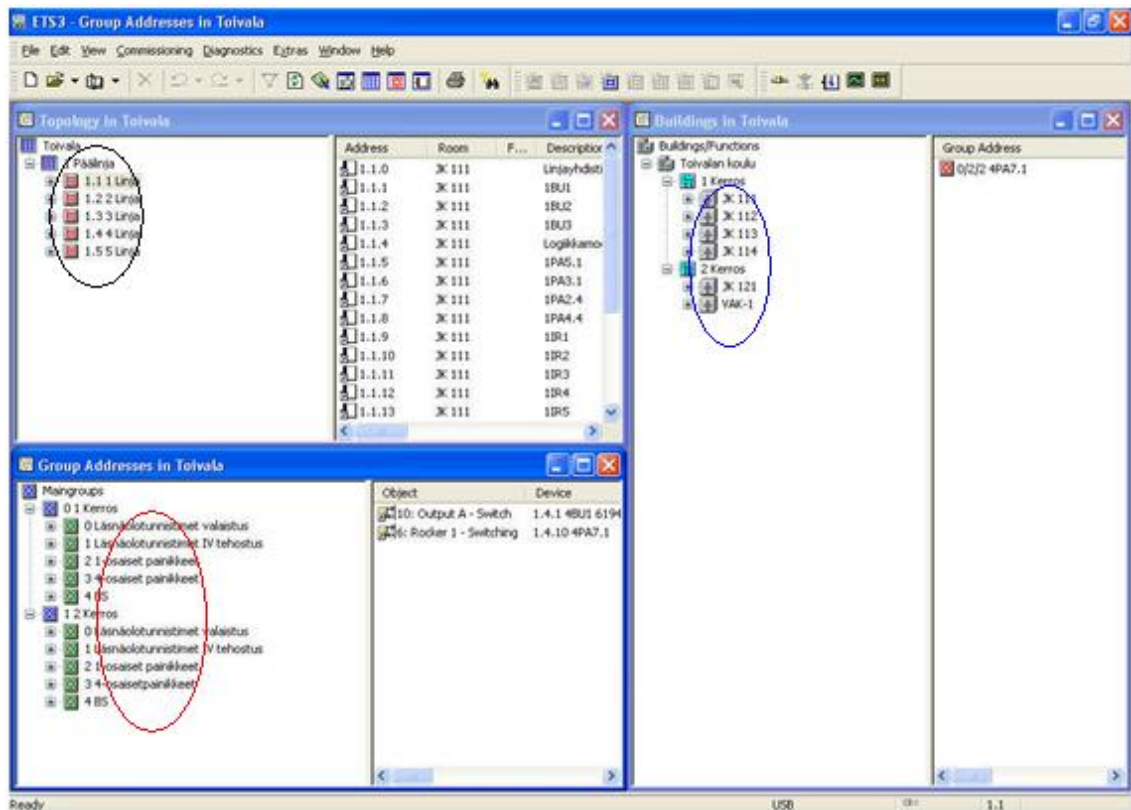
ETS-työkalulla määritellään järjestelmän komponenteille osoitteet, niiden vaikutusalueet ja alistussuhteet. Ohjelmalla asetetaan myös parametrit säätimille, tuntoelimille ja tilanteille.



**Kuva 6. Laitteiden haku tietokannasta.**

Jokainen väyläyksikkö saa oman fyysisen osoitteen alue- ja linjajaon mukaisesti. Antureilta tulevat ryhmäkäskyt liitetään vastaavasti fyysisiin osoitteisiin. Tällöin ainoastaan täydellisesti osoitetta vastaavat laitteet suorittavat tehtävänsä.

Ohjelma sisältää valmistajien ylläpitämän tuotetietokannan (kuva 6), josta suunnittelija valitsee sopivat toimilaitteet ja asettaa niille halutut parametriarvot. Tietokantaan on mahdollista ladata lisää laitevalmistajan tietoja valmistajan internet-sivuilta. Ohjelmoinnin tarkoituksena on tehdä kokonainen projektitietokanta laitteineen, huonetiloineen ja linjakakoineen (kuva 7). ETS:stä suunnittelija saa dokumentointia varten laitelistat osoitteineen ja ohjelmalistaukset. Käyttöönottoaiheessa projekti ladataan USB-kaapelin välityksellä väylään.



**Kuva 7. ETS-ohjelman yleisnäkymä. Topologia (musta), ryhmäosoitteet (punainen) ja verkon rakenne eli kenttälaitteet (sininen).**

ETS-ohjelman voi tilata itselleen osoitteesta [www.knx.fi](http://www.knx.fi). Tilattua ohjelman käyttäjä saa aluksi käyttöönsä ns. demoversion, jolla voi tehdä ainoastaan yhtä projektia ja väylään pääsy on estetty. Demon lisenssi on vain 30 päivän pituinen, ja sen aikana tilaajan tulee maksaa lisenssimaksu. Maksettuaan lisenssimaksun tilaaja saa lisenssiavaimen ohjelman rajattomaan käyttöön.

Tietokonevaatimukset ETS-ohjelman kohdalla eivät nykyään tuota hankaluuksia. Valmistajan suositus ohjelman osalta on seuraava:

- 1 GHz PC, 256 MB RAM
- True Colour VGA 1024x768x16b näyttö
- Windows 98 / ME / 2000 / NT 4 / XP / Vista / 7
- 3 GB kovalevytilaa
- RS 232- / USB-liitäntä
- Ethernet.

## 5.2 Ryhmäosoitteen ja parametrien lataaminen

Väylälaitteet koostuvat sensorista (esim. kytkin) sekä väyläsovittimesta (kuva 3). Toimiakseen ja erottuakseen nk. ”tyhmistä” kytkimistä laitteen prosessori tarvitsee ohjelman, jota toteuttaa. Ohjelma kertoo laitteelle, mikä se on ja miten sen tulisi toimia. Sovellusohjelman lataamiseen käytetään ETS-työkälyä. Ohjelma siirtyy väylälaitteen muistiin ja pysyy siellä, kunnes se pyyhitään tai korvataan. Tietokannat sisältävät useita eri laitteita ja toiminta-ohjelmia.

Väylälaitteiden ohjelmointijärjestyksellä ei ole merkitystä. Ohjelmointi kannattaa suorittaa valmiiksi jo ennen asennusten alkamista, jolloin verkon hierarkiasta ja virtajakaumasta on hyvä käsitys.

Tietokoneen liittäminen väylään onnistuu helpoiten USB-sovittimen kautta, joka kiinnitetään keskuksen DIN-kiskoon ja voidaan poistaa latauksen jälkeen. Väylä on myös LAN-yhteensopiva ja verkkosovittimen avulla liitettävissä internetiin.

## 5.3 Väyläliittyjien osoite

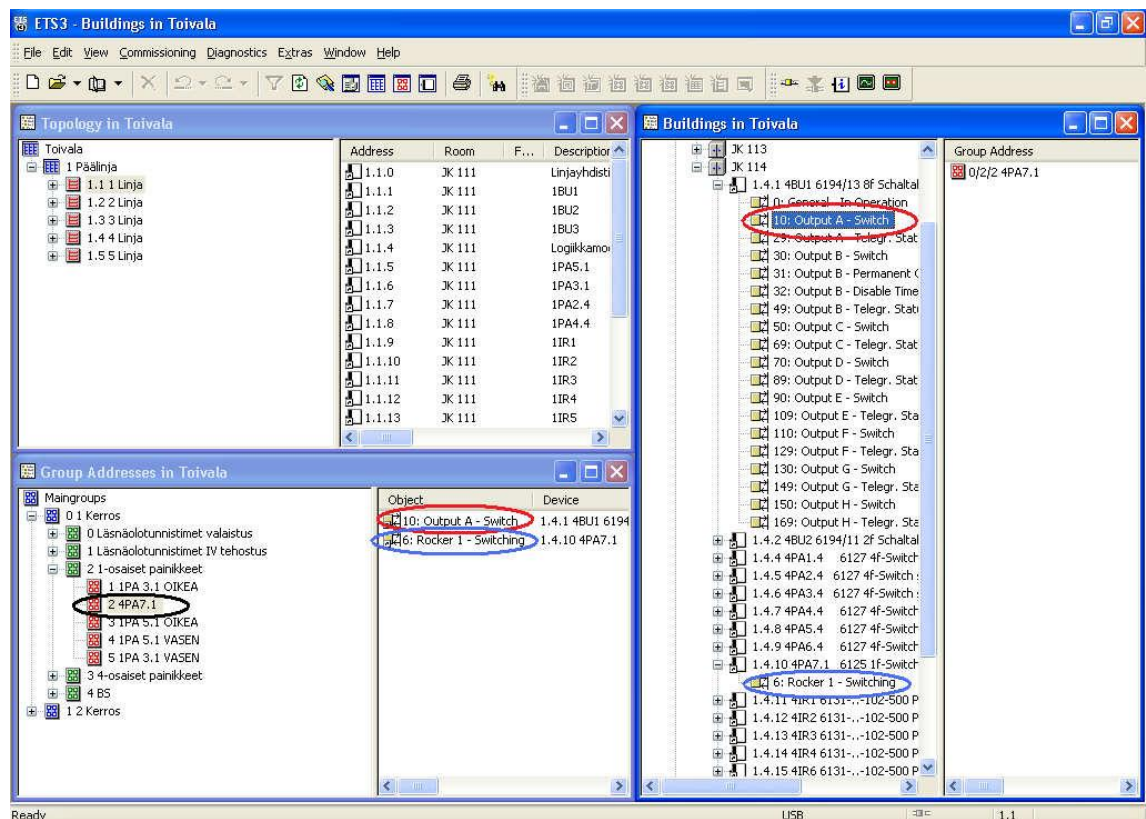
Kaikki KNX-väylällä sijaitsevat laitteet saavat yksilöllisen fyysisen osoitteen, joka voidaan myös uudelleen ohjelmoida tarvittaessa. Eri laitteiden väliseen käskyjen jakoon tarvitaan myös ns. ryhmäosoite. Ryhmäosoite varmistaa, että tietyn anturin lähettämään käskyyn reagoivat vain tietyt laitteet, vaikka se välittyykin kaikille väylän laitteille. Kaikki toimilaitteet, niiden väliset linkitykset sekä niiden parametrit määritellään ETS-ohjelmalla (kuva 8).

### 5.3.1 Fyysinen osoite

Fyysinen osoite on 16 bitin pituinen osoite, joka muodostuu alueen, linjan ja laitteen järjestysluvusta. Laitteet voivat omata kerrallaan vain yhden fyysisen osoitteen, joka tallentuu laitteen EEPROM-muistiin. Fyysinen osoite toimii tavallaan laitteen nimenä ja näin yksilöi ne kertoen samalla niiden sijainnin topologiassa. Fyysistä osoitetta tarvitaan järjestelmän käyttöönottoaiheessa, kun laitteille ladataan niiden sovellusohjelmat. Fyysisen osoitteen avulla laitteen sijainti on helppo paikantaa rakennuksessa vikatilanteen sattuessa.

### 5.3.2 Ryhmäosoite

Väylään liitettyjen laitteiden toiminta perustuu ryhmäosoitteiden käyttöön. Niiden avulla väyläliittyytöt hoitavat keskinäisen kommunikointinsa. Ryhmäosoite koostuu kolmesta osasta, jotka määritellään ohjelmoinnin aikana. Ryhmäosoite kertoo laitteen pää-, keski- ja alaryhmän. Ryhmätunnuksen numerointi on vapaasti käyttäjän päätettävissä, mutta on suositeltavaa käyttää KNX-liiton suositusta, jossa ensimmäinen numero kertoo kerroksen, toinen järjestelmän ja kolmas huoneen sekä toiminnon. Valittua tapaa kannattaa käyttää kaikissa projekteissa.



**Kuva 8. Ryhmäosoitteeseen (musta) linkitetään kytkinyksikkö (punainen), jota ohjataan painonapilla (sininen).**

## 6 Suunnittelu, asennus ja käyttöönotto

### 6.1 Suunnittelu

Suunnittelun alkaessa tulee kartoittaa asiakkaan tarpeet, ja määritellä sen pohjalta toiminnalliset vaatimukset. Vaatimukset on syytä kirjata ns. huonekorteille, jotka sisältävät kyseiseen huoneeseen tulevat toiminnot ja laitteet. Excelillä tehdystä huonekorteista on helppo havainnoida kustannuksia, ja se on avuksi ohjelmoinnin aloituksessa.

KNX-järjestelmä tarjoaa lukuisia erilaisia vaihtoehtoja täyttää asiakkaan vaatimukset. Parhaan mahdollisen toteutuksen aikaansaamiseksi täytyy laitteiden ja järjestelmän tuntemus olla hyvällä tasolla. Lisäksi on pystyttävä visualisoimaan mahdollisuudet asiakkaalle.

Asiakasvaatimusten määrittäminen asuinkiinteistössä ja toiminnallisessa rakennuksessa eroavat toisistaan huomattavasti. Asuinrakennusten ollessa kyseessä ollaan usein tekemisissä pelkästään asiakkaan eli omistajan kanssa, kun taas toiminnallisissa rakennuksissa asioidaan käyttäjien lisäksi projektista vastaavien rakennuttajien, arkkitehtien ja muiden suunnittelijoiden kanssa. Sinänsä itse suunnitteluprosessi ei eroa periaatteeltaan. KNX-järjestelmä mahdollistaa monet perinteisellä tekniikalla mahdottomat tai kalliit ratkaisut. Nämä toiminnot ja niiden edut tulee pystyä esittelemään selkeästi asiakkaalle laskelmien ja esimerkkien avulla.

Kun käyttäjän kanssa on päästy yhteisymmärrykseen halutuista toiminnoista, määritetään, mitä KNX-järjestelmällä halutaan ohjata ja miten sekä mistä ohjauksen tulisi tapahtua. Täytyy myös selvittää, onko KNX-järjestelmää kannattavaa laittaa tietyille alueille ollenkaan. Hyvin suunniteltu väyläjohto tekee uudelleenjohtuksesta myöhemmin sujuvaa.

Järjestelmän laitteiden sijoitusta ja johdotusta voidaan suunnitella vain, kun tiedossa ovat vaatimukset järjestelmältä ja rakennetilat. Tässä vaiheessa suunnitelma-aihiosta aletaan luoda piirustusta.

Suunnitelmassa tärkeitä asioita ovat

- siirtotien valinta ja mahdolliset integroinnit muihin verkkoihin
- järjestelmän jako linjoihin ja alueisiin
- KNX-laitteiden valinta
- turvalaitteiden valinta
- kaapeloinnin tasopiirustus.

#### 6.1.1 Kustannusarvio

Tasopiirustusten jälkeen materiaalikustannuksista voidaan laatia melko tarkka kuva. Tähän päälle tulee laskea suunnittelu-, laite-, asennus- ja käyttöönottokustannukset. Asennuskustannuksia on ennustettava peilaamalla niitä aiempiin urakoihin. Lisäksi tulee ottaa huomioon mahdolliset laajennukset ja niistä aiheutuvat kustannukset.

#### 6.1.2 Anturit

Kenttälaitteiden (anturien) määrittely on tärkeä osa suunnittelua. Anturit määrittävät mitä tietoa on saatavilla järjestelmän käyttöön. Tyypiesimerkkejä KNX-järjestelmän antureista ovat lämpötila-, valaistus-, aika- tai kytkinanturi. Eri tiloihin valitut anturit riippuvat asiakkaan haluista ja valinnoista. Lisäksi tulee ottaa huomioon monien anturien vaatima tehonkulutus ja mahdolliset ulkoiset vaikutukset (lämpötila, pöly, kosteus).

#### 6.1.3 Toimilaitteet

Toimilaitteet tulee valita haluttujen toimintojen mukaan. Toimilaitteet voidaan asentaa jakokeskukseen, uppoasentaa, pinta-asentaa tai sijoittaa alas lasketun katon yläpuolelle. Toimilaitteen tyypin määrittävät pääosin sen rakenteelliset edellytykset.

Ratkaisevia seikkoja ovat

- helppo huollettavuus
- tilavaraus laajennuksille
- tilavaraus pääjakelujärjestelmän laajennuksille
- mahdollisimman lyhyet kaapelireitit 230 V:n järjestelmälle.

#### 6.1.4 Jakokeskus

Jakokeskukseen asennettavien laitteiden tulee olla 35 mm:n DIN-kiskolle asennettavia. Laitteet voidaan kytkeä KNX-kaapeliin joko väyläkytkentäliittimien tai datakiskon kautta.

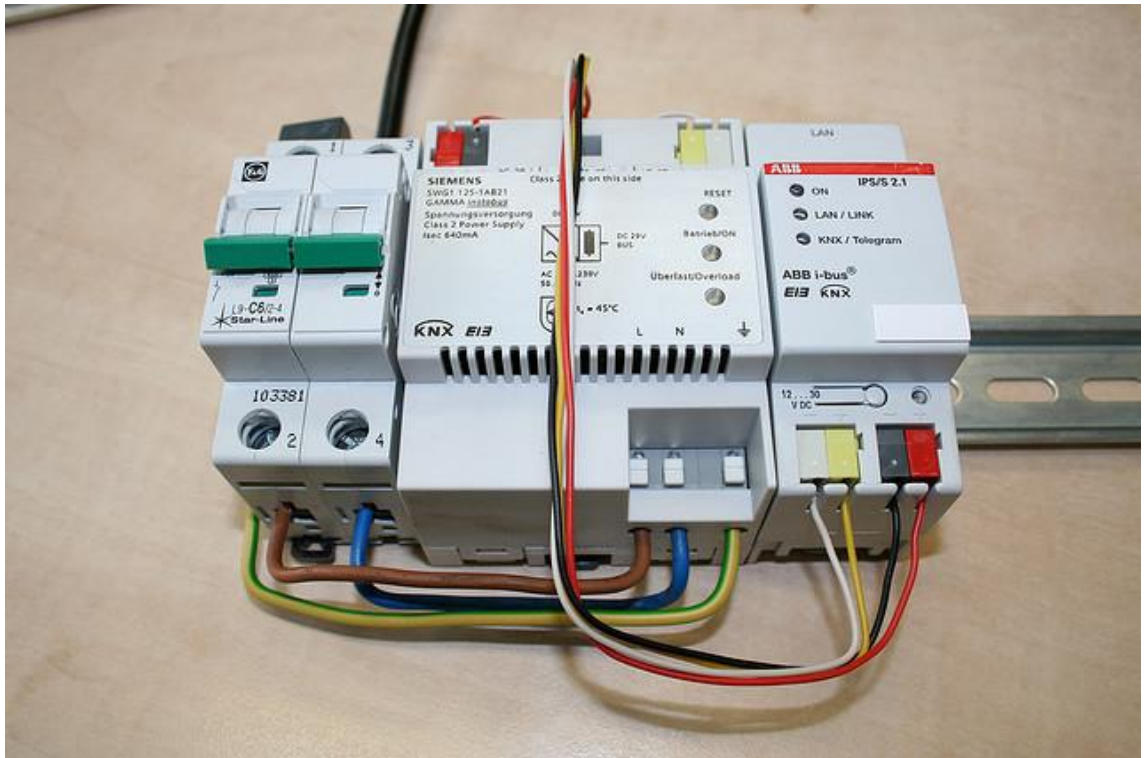
Myös tehonlähteet asennetaan yleensä jakokeskuksiin. Täytyy huomioida, että kaikki pienjännite (SELV, PELV jne.) on erotettava. Keskuksessa tulee käyttää datakiskosuojuksia, joilla taataan suojaerotus sekä suojataan datakisko lialta.

Jakokeskusta suunniteltaessa tulee ottaa huomioon väylälaitteiden isompi koko, jonka vuoksi jakokeskuksen täytyy olla tavallista isompi. Tilan määrä myös siitä, millainen topologia verkolle on tehty. Selkeyden vuoksi olisi myös suotavaa, että väylälaitteet ja tavanomaiset laitteet sijoitettaisiin erillisiin kenttiin.

#### 6.2 Asennus

KNX-asennusketju lähtee virtalähteestä, jolle tulee syöttö normaalisti sulakkeelta. Virtalähteessä on jännitemuunnin, joka tekee 230 V:n verkkojännitteestä 29 V. Virtalähde sijaitsee keskuksessa. Virtalähde yhdistetään erillisillä johtimilla linja- tai alueyhdistimeen (kuva 9). Yhdistimeltä johdotusta jatketaan edelleen anturin (esim. kytkin) riviliittimelle. Linjayhdistimeltä jatketaan johtimilla myös toimilaitteelle (esim. kytkinyksikkö). Toimilaitteelta ketju jatkuu riviliittimelle tavallisella johtimella ja riviliittimeltä varsinaiselle teholaitteelle (esim. valaisin). Kytkinlaitteen "lähtö" -puolelle tulee oman sulakkeen ja vikavirtasuojan kautta syöttö, joka syöttää kuormaa. Keskuksessa olevat KNX-laitteet asennetaan DIN-kiskoon (kuva 9), ja ne voidaan tarvittaessa asentaa vikavirtasuojan taakse. Virtalähde voidaan myös kytkeä varavirranlähteeseen tai käyttää erillistä akkuvarmennusta.



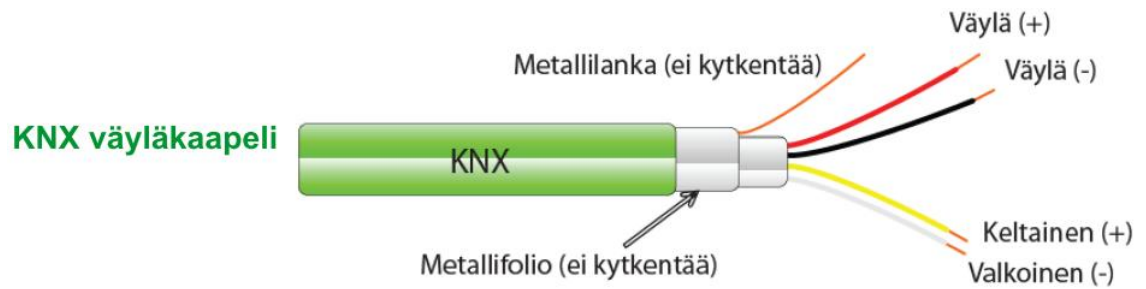


**Kuva 9. DIN-kiskoon asennetut johdonsuojakatkaisija, virtalähde ja linjayhdistin (vasemmalta oikealle).**

KNX-laitteet voidaan pinta- tai uppoasentaa sisäseiniin, välikattoon, johtokouruihin tai valaisimiin. Ne voivat kulkea samoissa putkissa tai hyllyissä kuin vahvavirtakaapelitkin. Kaikissa asennuksissa tulee huolehtia riittävästä tuuletuksesta kuumuuden estämiseksi.

KNX-järjestelmässä väyläkaapelina käytetään 0,8 mm:n halkaisijaltaan olevaa kierrettyä parikaapelia, esim. YCYM 2 x 2 x 0,8 tai KLMA 4 x 0,8 +0,8 (kuva 10). Tavalliset vahvavirtakaapelit eivät sovellu väyläkaapeliksi muussa kuin Powerline KNX:ssä. Kytkenöissä punainen johdin toimii menojohtimena ja musta paluujohtimena.

Samoissa jakorasioissa olevat väylä-, ja sähkökaapelit tulee erottaa toisistaan kiinteällä väliseinällä. Mikäli käytetään pelkkiä johtimia kaapelien sijaan, on vahvavirtajohtimien ja väyläjohtimien väliin jäätävä vähintään 4 mm:n väli. Tämä siksi, että vältetään induktiivisilta häiriöiltä tiedonsiirtokaapeleissa.[5]



**Kuva 10. KNX-väyläkaapeli.**

Väylälaitteita ei saa koskaan maadoittaa, paitsi keskuksissa.

### 6.2.1 Väyläkaapeli

Uppoasennetut KNX-laitteet kiinnitetään kojerasioihin ruuveilla ja kojerasiat tapauskohtaisesti esim. pystyrankoihin nauloilla. Mikäli väylälaitteen yhteyteen saman peitelevyn alle tulee vahvavirtakomponentteja, on asentaminen sallittua vain pätevyyden omaavalle henkilölle. Vahvavirta onkin kannattavaa rakentaa omaksi ryhmäkseen oman peitelevyn alle tai käyttää erillisiä kojerasioita.

Kaapelien läpiviennit voivat käyttää samoja reittejä kuin päävirtajohdotkin ja kulkea seinissä, katoissa tai lattioissa.

Yksittäiset väyläkaapelit voidaan johtaa suoraan keskukseen (tähtitopologia) tai ketjuttaa huoneesta huoneeseen. Linjat ja alueet tulee ottaa johdotuksessa huomioon. Kaikki rakennuksen keskukset on kytkettävä väyläkaapeliin. Jotta KNX voitaisiin liittää kaikkiin järjestelmiin ja saataisiin helpommin kontrolloitava kokonaisuus, tulisi kaikkien järjestelmien (230/400 V:n verkkojännite, KNX, TV, data, puhelin jne.) olla yhdessä paikassa rakennuksessa (esim. pääkeskus). Tällöin yhdyskäytävien luominen niiden välille onnistuisi sujuvasti.

Mikäli väyläkaapelin ylimääräiseksi jäänyttä johdinparia käytetään lisätarkoituksiin, on huomioitava seuraavat seikat:

- käyttö vain pienjännitteellä
- maksimi 2,5 A tasavirtaa
- kytkentä eri linjaan, kuin toinen pari.
- merkinnät johtimien päihin käyttötarkoituksesta
- keltainen johdin kohtaan + ja valkoinen kohtaan -.

### 6.2.2 Powerline KNX

Powerline KNX:n asennustavat eivät eroa väyläkaapelin vastaavista, suuresti. Powerline KNX:ssä kojerasiat ovat hieman suurempi (syvyys 60 mm) johtuen sähköverkon kytkimen tilantarpeesta. Powerline KNX on myös sallittua asentaa yhden peitelevyn alle vahvavirtakomponenttien kanssa.

Powerline KNX ei tarvitse erillistä virtalähdettä, vaan sitä syötetään suoraan 230 V:n verkosta, joka ohjataan mediamuuntimen läpi yhteensopivaksi KNX:ään. Powerline KNX:ssä linjayhdistimet korvaa kantoaaltoaalpaaja. Jokaiselle vaiheelle tulee kytkeä oma kantoaaltoaalpaaja.

Eri KNX Poweline -viestipiirien rinnakkaista kaapelin läpivientiä olisi syytä välttää mikäli mahdollista, sillä se voi aiheuttaa ylikuulumista kaapelien välillä. Powerline KNX:ää ei saa käyttää turvallisuuksosvelluksissa, kuten merkinanto-, kutsujärjestelmä, elvytyskutsujärjestelmä jne., koska verkkovirran käyttö ei ole sallittua näissä sovelluksissa.

Powerline KNX:n käyttöönnotossa tulee ottaa huomioon kansalliset telelaitoksen alueelliset tekniset liitänäväatimukset (THK). 230 V:n jännitteen ollessa kysymyksessä, on kaikki asennukset tehtävä VDE-määräysten 0100 mukaan.

Yli 255 laitetta käsittävissä järjestelmissä on hyvä käyttää suljettuja Powerline KNX -linjoja ja linkittää ne yhteen järjestelmäkytkimiä apuna käyttäen.

### 6.2.3 Radiotaajuus

KNX-radiokomponenttien kanta rajoittuu 100 m:iin johtuen akun rajoittuneesta energiasta ja lähettimen tehosta (868 MHz). 100 m:n toiminta-alue on totta kuitenkin vain teoriassa, sillä monet tekijät heikentävät radiosignaaleja matkalla lähettimestä vastaanottimeen. Radiosignaalit vaimentuvat ja osittain heijastuvat takaisin törmätessään esteisiin kuten seiniin, kattoihin, huonekaluihin jne. Vaimennuksen määrä riippuu käytetyistä materiaaleista ja paksuuksista. Tiettyjen rakenteiden esim. joidenkin metallien taakse saattaa syntyä radiokatveja, koska metallit ikään kuin suodattavat radiosignaaleja, ja näin suora vastaanotto ei onnistu. Heijastukset heikentävät yleistä signaalia, mikäli ne osuvat samaan vastaanottimeen.

Rakenneoloista johtuvat vaikutustekijät tulee ottaa huomioon jo suunnittelussa. Mikäli niitä ei pystytä muuten eliminoimaan tulee käyttää välivahvistinta.

Mikäli radiokomponentit eivät ole akkukäyttöisiä vaan toimivat verkkojännitteellä, tulee varmistua, että sitä on saatavilla kyseisessä kohdassa.

Radiovastaanottimia ei saa asentaa alle 1 m:n etäisyydelle häiriölähteistä, kuten muuntajista, loistelamppujen kuristimista, mikroaaltolaitteista ja tietokoneista.

## 6.3 Käyttöönotto

Ennen KNX-järjestelmän käyttöönottoa on suoritettava normaalista asennustavasta tutut testaukset järjestelmän toimivuudesta ja ohjelmoitava toimintakäskyt järjestelmälle.

### 6.3.1 Silmämääräinen tarkastus

Ennen virran kytkemistä on tehtävä silmämääräinen tarkastus keskukselle sekä koko järjestelmälle. Käytännössä yksittäiset kaapelit on tarkastettava asennuksen aikana, koska ne saattavat jäädä peittoon.

### 6.3.2 Väylän asennuksen testaus

Linja kytketään virtalähteeseen tai tasajännitelähteeseen. Tämän jälkeen kaikkien väyläkaapeleiden ja linjojen välinen jännite ja napaisuus mitataan. On myös syytä mitata muiden kuin samassa linjassa olevien kaapeleiden ja linjan välinen jännite. Mikäli jännite-eroa ei ole, on johdotus tehty oikein.[6]

### 6.3.3 Eristysvastuksen mittaaminen

Mahdollisten johdin vaurioiden vuoksi mitataan vaiheiden ja maan välinen eristysvastus, jolloin varmistetaan, että nk. kevi-johdin on eri potentiaalissa. Väylälaitteilta, joille keviä ei kytketä, eristysvastuksen mittausta ei suoriteta

### 6.3.4 Suojamaan jatkuvuus

Niistä verkonpuoleisista kohteista, joihin maadoitus tulee (esim. pistorasiat, vesivaraajat, kiuas jne.) täytyy testeriä ja apukelaa apuna käyttäen mitata suojajohtimen ongelmaton yhteys keskuksen potentiaalintauskiskoon.

### 6.3.5 Oikosulkuvirta

Verkonpuoleisista kohteista kaikkein hankalimmasta (pisin kaapelireitti) mitataan oikosulkuvirta eli kaapelin impedanssi. Tämän perusteella lasketaan oikosulkuvirta ja katsotaan riittääkö se laukaisemaan varokkeen. Apuna käytetty kaapelikela täytyy kalibroida pois tuloksesta.

### 6.3.6 Testipöytäkirja

Mittaustuloksista laaditaan mittauspöytäkirja, joka toimii todistuksena asennusten oikeanmukaisuudesta. Pöytäkirjassa tulee mittausarvojen lisäksi lukea väyläkaapeleiden kohdeluokitukset sekä keskusten, kojerasioiden ja väylälaitteiden sijainti.

Mittauspöytäkirjan tulee allekirjoituksellaan vahvistaa joku muu kuin sähköt asentanut henkilö.

### 6.3.7 Ohjelmointi

Mikäli järjestelmä on todettu turvalliseksi, se voidaan ohjelmoida. Tällöin määritetään laitteiden osoitteet sekä ohjaukset eri laitteille. Ohjelman latauksessa kaikki toimilaitteet tulee tunnistaa painamalla niissä olevaa kuittauspainiketta. Ohjelmointiin paneudutaan perinpohjaisemmin luvussa 5, joten sitä ei käsitellä tässä luvussa.

### 6.3.8 Testaus

Kun järjestelmä on valmis, sen toiminta testataan käyttökokeella. Tällöin huomataan anturien oikea hierarkia ja varmistutaan laitteiden oikeista asetusarvoista, kytkennöistä ja ohjelmoinnista.

### 6.3.9 Dokumentointi

KNX-järjestelmästä, ihan niin kuin perinteisestäkin, tulee laatia ainakin tasokuvat, pääkaavio, piirikaavio sekä pistekaavio.

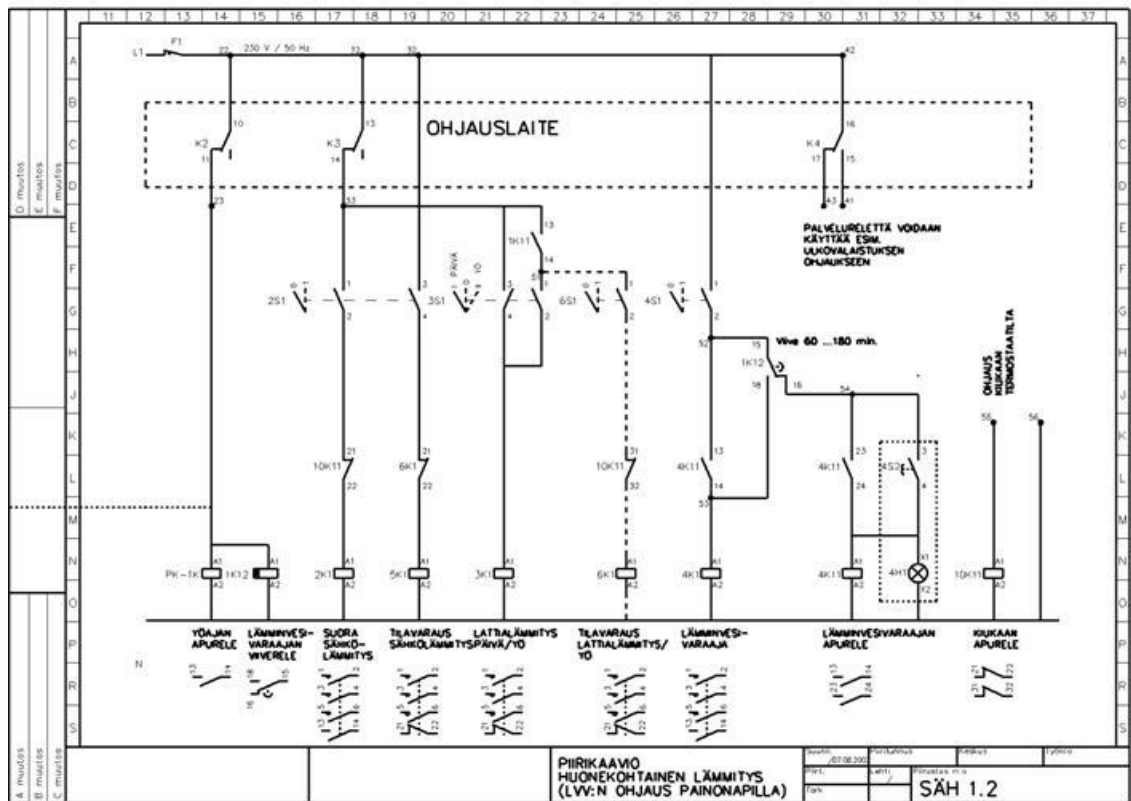
Tasokuva esittää rakennuksen kenttälaitteet, niiden syötöt ja johdotukset. On myös suositeltavaa, että kuvaan merkittäisiin kytkimien ja valaisimien positiot sekä ohjausryhmittelyt.

Pääkaavio sisältää keskuksen laitteet ja tietoja keskuksesta. Pääkaaviossa kerrotaan luettelonomaisesti, mikä sulake syöttää mitäkin kohdetta.

Piirikaavio kertoo laitteiden ohjauksellisen toiminnan. Se ei välttämättä kuvaa komponenttien kytkentää käytännössä vaan osoittaa piirin loogisen kulun (kuva 11). Piirikaavio saattaa sisältää johdotuskaavion jossa eritellään tarkemmin, mikä johdin kytketään mihinkin liittimeen.

Pistekaavio on laitteiden I/O-toimintaa kuvaava taulukko (kuva 12). Siinä on listattuna kaikki anturi-laitteet, niiden painonapit sekä niistä seuraavat toiminnot. Esim. odotushuoneen kytkin positiolla 1: painettaessa painonappia 1 valaistusryhmää 123 ohjataan päälle/pois.

Dokumentteihin tulee liittää myös käyttöohjeet, mittauspöytäkirjat, cd-kopio projektitietokannasta, maadoituskaavio, järjestelmäkaaviot sekä sähkötyöselustus.



Kuva 11. Tyypillinen vapaan esitystavan piirikaavio.





## **7 Espoon sairaala ja seniorikeskus**

### 7.1 Yleiset periaatteet

Kohteena olevan hankkeen nimi on Espoon sairaala ja seniorikeskus. Pääkäyttäjä on Espoon kaupungin sosiaali- ja terveystoimi ja tilaajana toimii Espoon kaupungin Tilakeskus liikelaitos.

Tarkoituksena on rakentaa Puolarmetsän sairaalan yhteyteen uusi sairaala. Nykyinen sairaalarakennus puretaan ja tilalle rakennetaan Elä ja asu -seniorikeskus. Rakennukset ja ulkotilat muodostavat yhdessä ihmisläheisen ja aktiivisen kampusalueen.

Kampuksella potilas/asukas on keskellä arkielämää, terveyttä edistävässä ja miellyttävässä ympäristössä, jossa on tarjolla monipuolisia toimintamahdollisuuksia ja palveluja, kuten erilaiset liikunta- ja kulttuuripalvelut, ravintola, kahvila, kirjasto sekä kirjo kaupallisia palveluja.

Tontti sijaitsee Matinkylän alueella osoitteessa Puolarinportti 1, 02290 Espoo.

Hanke toteutetaan kahdessa vaiheessa. Ensimmäisessä vaiheessa rakennetaan uudisrakennus, johon sijoittuvat potilasosastot, kuntoutustilat, terveysasema, keittiö ja pääosa kellarista. Toisessa vaiheessa nykyinen sairaalarakennus puretaan jättille rakennetaan uusi seniorikeskus.

Kohteessa pyritään ottamaan huomioon myös ympäristönäkökohdat. EU:n komission tuki uusiutuville ja ympäristöä rasittamattomille energiamuodoille on otettu projektissa huomioon. Rakennus saa osan energiastaan maalämmöllä ja auringolla. Lämmönlähteenä rakennuksessa toimii kaukolämpö.

## 7.2 Projektin laajuus ja kustannukset

Hankkeen kokonaislaajuus on 42 200 hym<sup>2</sup>, 67 050 brm<sup>2</sup>, josta uudisrakentamisen osuus on 62 300 brm<sup>2</sup>. Hankkeen kokonaistilavuus on 304 000 m<sup>3</sup>. Sairaalan ja terveysaseman laajuus on 21 500 hym<sup>2</sup>, 28500 brm<sup>2</sup>, seniorikeskuksen laajuus on 12 600 hym<sup>2</sup>, 18 000 brm<sup>2</sup>. Uudisosan kellariin sijoittuu koko rakennusta palveleva puolilämmin paikoitustila n. 300 autolle, lastaustila, henkilökunnan sosiaalitilat, logistiikkakeskus, arkisto sekä kiinteistön huoltotiloja. Kokonaisuuteen kuuluu kellarikäytäväyhteyden päähän rakennettava erillinen kappeli aputiloineen, sen koko on 300 brm<sup>2</sup>.

Hankkeen rakennuskustannusarvio on 191 M€. Rakennuskustannukset jakautuvat seuraavasti:

• Rakennuttajan kustannukset	19 M€
• Rakennustekniset työt	113 M€
• LVIA-työt	24 M€
• Sähkötyöt	15 M€
• Erillishankinnat	5 M€
• Suunnitelmamuutosvaraus	10 M€
• Aurinkoenergiakeräimet ja aurinkopaneelit	5 M€.

Rakennuksen vuotuisiksi käyttökustannuksiksi on arvioitu 5,5 M€.

## 7.3 Tekijät ja aikataulu

Hankkeen arkkitehtisuunnittelusta vastaa Arkkitehtitoimisto K2S Oy, rakennesuunnittelusta Turun Juva Oy, LVI-suunnittelusta Insinööritoimisto Kontermo Oy ja sähkösuunnittelusta Insinööritoimisto Olof Granlund Oy. Rakennuskonsulttina toimii Pöyry CM Oy.

Tavoitteena on, että suunnitelmat ovat valmiit 2012, ensimmäinen vaihe valmistuu vuonna 2014 ja sairaalan toinen vaihe 2016.

## 8 Mallihuoneen sähköistys

Huomioiden projektista syntyvät suuret kustannukset rakennuttaja päätyi ratkaisuun testata kiinteistöön suunniteltua järjestelmää. Näin voidaan varmistua järjestelmän toimivuudesta käytännössä valitulla suunnitteluratkaisulla. Tästä johtuen ennen projektin varsinaisen rakennusvaiheen alkua tontin reunaan rakennetaan yksittäinen mallihuone. Huone on tarkka kopio tulevasta potilashuoneista, ja siellä on tarkoitus kokeilla käyttöergonomiaa hoitotyön kannalta, järjestelmien toimivuutta, niiden keskinäistä hierarkiaa, ja simuloida syntyvät hyödyt/haitat mahdollisimman tarkkaan. Saatujen tulosten perusteella voidaan päätellä, kuinka paljon eri järjestelmä vaihtoehdot tuottavat säästöä suhteessa niiden rakennuskustannuksiin.

Huoneesta tehdään ennen tarkempaa suunnitelmaa ja rakennuttamista, kustannus arvio, jolla arvioidaan saatu säästö suhteessa kuluihin. Arviot KNX:n säästöistä ja rakennusten energiankulutuksen jakautumisesta perustuvat Helsingin yliopiston ja muutamien laitevalmistajien tekemiin tutkimuksiin.[17]

Nykyisellään päätökset eivät enää perustu pelkästään investointikustannuksiin, sillä ympäristöseikoillakin on oma jatkuvasti kasvava painoarvonsa. Suomen ympäristöministeriön 30.3.2011 antaman uuden määräyksen mukaan uusien sairaaloiden ja muiden yli 50 m<sup>2</sup>:n kokoisten samassa käytössä olevien rakennusten kokonaisenergiankulutus eli nk. E-luku ei saa ylittää arvoa 450 kWh/m<sup>2</sup> vuodessa. Tämä arvo tarkoittaa käytännössä, että energian kulutusta tulisi pienentää keskimäärin 20 %.[15]

Mallihuone sisältää 30 m<sup>2</sup> lämmitettävää bruttoalaa, joka pitää sisällään 5,5 m<sup>2</sup>:n kokoisen kylpyhuoneen (katso liite 1). Mallihuoneen kaltaisia potilashuoneita rakennukseen tulee noin 250 kappaletta.

### 8.1 Tavoitteet

Espoon sairaalassa taloautomaatio on tarkoitus viedä niin pitkälle kuin se nykyisillä järjestelmillä on suinkin mahdollista. Tähän KNX on erinomainen ratkaisu.

Tarkoituksena on löytää monipuolinen, joustava ja muunneltava ohjausjärjestelmä Espoon sairaalan potilashuoneisiin. Samaan aikaan kunnianhimoisena tavoitteena on päästä energiansäästönsä tasolle, joka oikeuttaisi energiatehokkuusluokkaan A ( $E \leq 160 \text{ kWh/brm}^2/\text{v.}$ ), jonka saavuttaminen sairaaloissa on hankalaa. Alustavien Equa Simulation Finland Oy:n tietokonesimulointien mukaan tavoite on mahdollinen saavuttaa väylätekniikan avulla.

Energiatehokkuuden ja toimivuuden symbioosin tekee vaikeaksi huoneiden erisuuruiset käyttöajat ja -määrät. Kuntoutuspotilaat, jotka käyttävät rakennuksen terapiapalveluita, ovat paikalla ainoastaan aamuisin ja iltaisin ollen päivän poissa. Toisaalta vuodepotilaat ovat paikalla 24 h.

Lopputuloksena tulisi olla stabiilit olosuhteet ylläpitävä, hoitotoiminnan vaatimukset, ympäristön huomioon ottava toimintavarma järjestelmä, jonka innovatiivisten ratkaisujen tulisi kantaa pitkälle tulevaisuuteen.

#### 8.1.1 Ilmanvaihto

Ilmanvaihtoa on tarkoitus ohjata lämpötila-, CO<sub>2</sub>- ja infrapuna-anturien avulla. Ilmanvaihtoa säädellään tilassa kulloinkin olevan henkilömäärän mukaan. Hiilidioksidi pitoisuuden noustessa tilassa venttiili avautuu enemmän, jolloin tilavuusilmavirta kasvaa pitäen huoneilman koko ajan raikkaana. Ilmanvaihdon lämmityksessä järjestelmä ottaa huomioon ihmisistä, koneista, auringosta ja pattereista tulevat lämpökuormat. Tarkoituksena on, että ilmastointikoneita ei pyöritettäisi kovempaa kuin on tarpeen ja raitisilman lämmitys saataisiin optimoitua.

#### 8.1.2 Valaistus

Valaistuksia ohjataan läsnäolo- ja vakiovaloantureilla. Ideana on, että tilassa olisi valot päällä ainoastaan silloin, kun siellä on ihmisiä. Potilashuoneessa käytetään kulunvalvontaan liitettyä läsnäolotunnistusta ja WC-tiloissa läsnäoloantureita. Järjestelmän tulee ottaa huomioon myös ikkunoista tulevan auringonvalon määrä ja säätää valaistuksen voimakkuutta tämän perusteella. Huoneeseen tulee lisäksi painonappeja, joilla automaatio voidaan ohittaa sekä valita erilaisia valaistustilanteita

sekä säätää valon määrän tavoitetasoa. Painonappeihin ohjelmoidaan erilaisia tilanteita, kuten siivousvalaistus, sammutus, tutkimustilanne, himmennys jne. Tällöin valaistus voidaan helposti asettaa palamaan täysillä esim. tutkimuksen ajaksi tai sammuttaa valot kokonaan esim. päiväunien vuoksi.

### 8.1.3 Lämmitys

Huoneen lämmitys toteutetaan kaukolämmöllä vesikiertoisena lattialämmityksenä. Lämmityksen voimakkuutta säätelevät patteriventtiilit olisi liitettävissä KNX-väylään, mutta suunnitteluratkaisussa on päädytty kiinteistövalvontajärjestelmään perustuvaan ohjaukseen. Tilaan sijoitetut lämpötila-anturit antavat säätötietoa tietoa muiden järjestelmien ohella myös lattialämmitykselle.

### 8.1.4 Kaihtimet

Rakennuksen julkisivun materiaalina käytetään lasia, jolloin auringonvalo näyttelee isoa roolia lämmityksessä ja valaistuksessa. Ikkunaan asennetaan väylään integroitavat kaihtimet, joiden avulla tilaan tulevan valon määrää säädellään. Auringonvaloa käytetään toisaalta valaisemaan ja toisaalta lämmittämään tilaa. Kesällä kaihtimet voidaan ohjata kiinni auringonvalon aiheuttaman lämpökuorman ja näin ollen myös jäädytystarpeen pienentämiseksi. Ulkopinnalle asennetut mittarit mittaavat valon tulokulman, jottei häikäisyvaikutusta pääse tapahtumaan, ja valoisuusmittari puolestaan mittaa ulkopuolelta tulevan valon määrää.

## 8.2 Kustannukset

Kustannusvertailussa esitellään kolme vaihtoehtoa: Vaihtoehto 1, joka sisältää täydellisen järjestelmien välisen kommunikaation, vaihtoehto 2, jossa huomioon otetaan ainoastaan valaistus sekä kaihtimet, ja vaihtoehto 3, jossa ohjaukset toteutetaan täysin vailla automaatiota. Kumpikin ensiksi mainituista vaihtoehdoista toteutetaan KNX-väyläteknikalla, mutta toinen vain riisutummassa muodossa.

Näissä laskelmissa huoneen kokonaisenergian kulutukseksi on saatu 270 kWh/m<sup>2</sup>/v eli 30 m<sup>2</sup>:llä tämä tarkoittaisi 8100 kWh/v kulutusta. Tutkimusten mukaan lämmityksen osuus kokonaisenergiasta kaukolämmössä on noin 70 % ja laitesähkön 30 %.[16] Tällöin 8100 kWh maksaisi [(8100 x 0,7) x 0,07 €] + [(8100 x 0,3) x 0,12 €] = 688,5 €/v. Liittymismaksua ei tässä ole huomioitu.

### 8.2.1 Vaihtoehto 1

Alkuperäisen suunnitelman mukaan kaikkien huoneen järjestelmien tuli voida "keskustella" keskenään. Tämä tarkoitti, että samat anturit säätäisivät yhdessä kaikkia huoneen sisäolosuhteisiin vaikuttavia laitteita. Tämän vaihtoehdon ehdottomana vahvuutena on pidettävä säädön tarkkuutta. Järjestelmän ottaessa kaikki osatekijät huomioon on haluttujen olosuhteiden ylläpito mahdollisimman tarkkaa. Lisäksi tällä tavalla saataisiin myös maksimaalinen energian käytön optimointi. Huonona puolena kyseisessä vaihtoehdossa ovat luonnollisesta suurimmat rakentamiskustannukset.

Tutkimusten mukaan tässä konstruktiossa säästöt kokonaisenergian käytössä ovat n. 40 %.[17]

**Taulukko 3. Laitekustannukset vaihtoehdossa 1.**

Laite	Määrä	Hinta € (alv 0 %)
4/2 -osainen painike	1	146
1/1 -osainen painike	4	364
8/4 -osainen painike	1	210
CO <sup>2</sup> -anturi	1	157
lämpötila-anturi	1	145
läsnäoloanturi	1	117
vabisuusanturi	1	48
4-kanavainen kytkinyksikkö	1	200
binääritulo	1	150
himmennin	3	645
linjayhdistin	1	265
160 mA virtalähde	1	124
LCD-näyttö	1	220
moottoriohjainyksikkö	3	513
yht	21	<b>3304</b>

Vaihtoehto 1:n konstruktion hinnaksi tulisi 3304 € (taulukko 3). Energian säästön ollessa vuositasolla 40 % on kulutus vuodessa:  $8100 \times 0,60 = 4860$  kWh/v. Kokonaisenergiasta 30 % menee sähkөөn ja 70 % kaukolämpöön. Tällöin energiakuluiksi saadaan: Kaukolämpö [ $0,07 \text{ €} \times (4860 \times 0,70)$ ] 238,14 € ja sähkö [ $0,12 \text{ €} \times (4860 \times 0,30)$ ] 174,96 €. Yhdistettynä  $238,14 + 174,96 = 413,43$  €. Näin ollen säästöä syntyisi vuodessa  $688,5 - 413,43 = 275,07$  €.

Investointi maksaisi itsensä takaisin yhden huoneen osalta ( $3304 / 275,07$ ) 13 vuodessa.

## 8.2.2 Vaihtoehto 2

Vaihtoehdossa 2 ainoastaan valaistus ja kaihtimet kommunikoivat keskenään. Tällöin saatava säästö valaistukseen menevässä energiassa on 35 %.[16] Tässä ei kuitenkaan oteta huomioon valaistuksen lämpökuormien tuottamaa säästöä ilmastoinnissa ja lämmityksessä.

**Taulukko 4. Laitekustannukset vaihtoehdossa 2.**

Laite	Määrä	Hinta € (alv 0 %)
4/2 -osainen painike	1	146
1/1 -osainen painike	4	364
8/4 -osainen painike	1	210
läsnäolanturi	1	117
vabisuusanturi	1	48
4-kanavainen kytkinyksikkö	1	200
binääritub	1	150
himmennin	3	645
linjayhdistin	1	265
160 mA virtalähde	1	124
LCD-näyttö	1	220
moottoriohjainyksikkö	1	171
yht	17	<b>2660</b>

Vaihtoehto 2:n laitteiston hinnaksi tuli 2660 € (taulukko 4). Valaistusenergian määrä kokonaissähkönkulutuksesta on tutkimusten mukaan 25 %. Tällöin valaistuksen energian kulutus olisi  $(8100 \times 0,3 \times 0,25)$  607,5 kWh. Energian säästön ollessa vuositasolla 35 % tulisi säästöksi  $[(607,5 \times 0,35) \times 0,12 \text{ €}]$  25,52 €.

Investointi maksaisi itsensä takaisin  $(2660 / 25,52)$  105 vuodessa.

### 8.2.3 Vaihtoehto 3

Vaihtoehdossa 3 käytetään pelkästään perinteisiä kytkimiä ilman automaatiota. Vaihtoehto 3 on mukana enemmän vertailun vuoksi kuin todellisena vaihtoehtona.

**Taulukko 5. Laitekustannukset vaihtoehdossa 3.**

Laite	Määrä	Hinta € (alv 0 %)
kruunukytkin	2	9
1-kytkin, himmennin toiminto	2	38
pitovirtarele	2	26
painonappi	2	20
logiikkayksikkö	1	27
yht	9	<b>120</b>

Kustannukset laitteiston osalta ovat 120 € (taulukko 5). Energiaan kuluisi jo aiemmin mainittu 688,5 €/v (katso kohta 8.2).

### 8.3 Tulokset

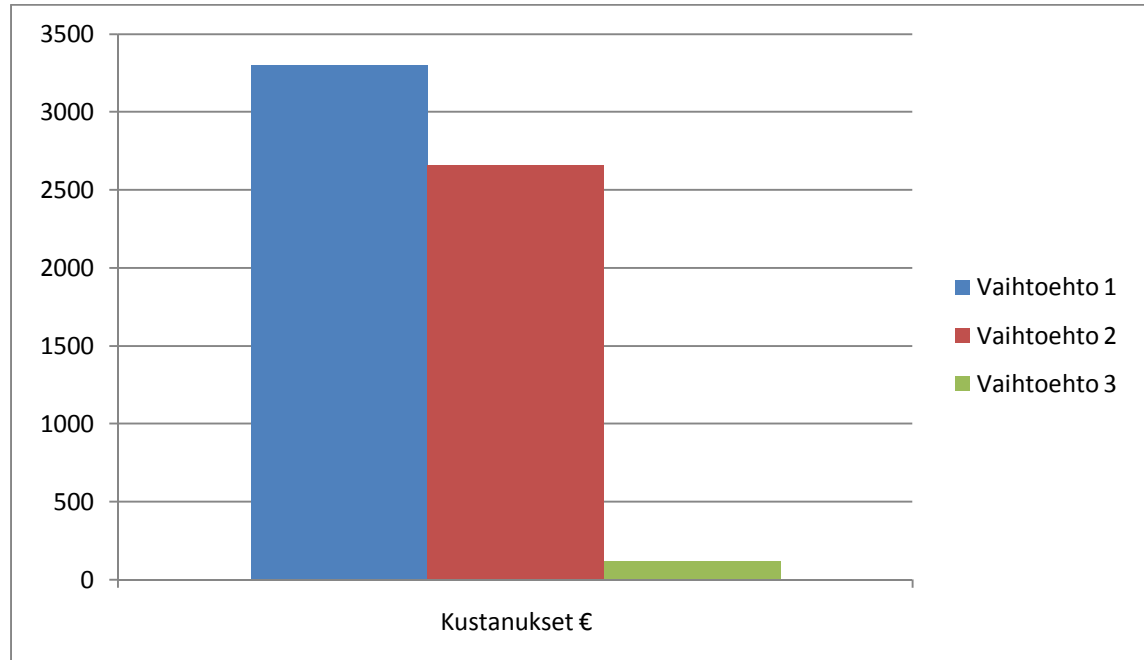
Vaihtoehto 1:n laitteiston hinnaksi tuli 3304 € ja sen tuottamaksi vuotuisesti säästöksi 275 €, vaihtoehto 2:n laitteiston hinnaksi tuli 2660 € ja sen tuottamaksi vuotuisesti säästöksi 25,5 €. Vaihtoehto 3:n laitekustannukset ovat 120 € (kaaviot 5 & 6). Tällöin vaihtoehto 1 maksaisi itsensä takaisin 13, ja vaihtoehto 2 105 vuodessa, jos vertailukohtana käytetään laitekustannuksia.



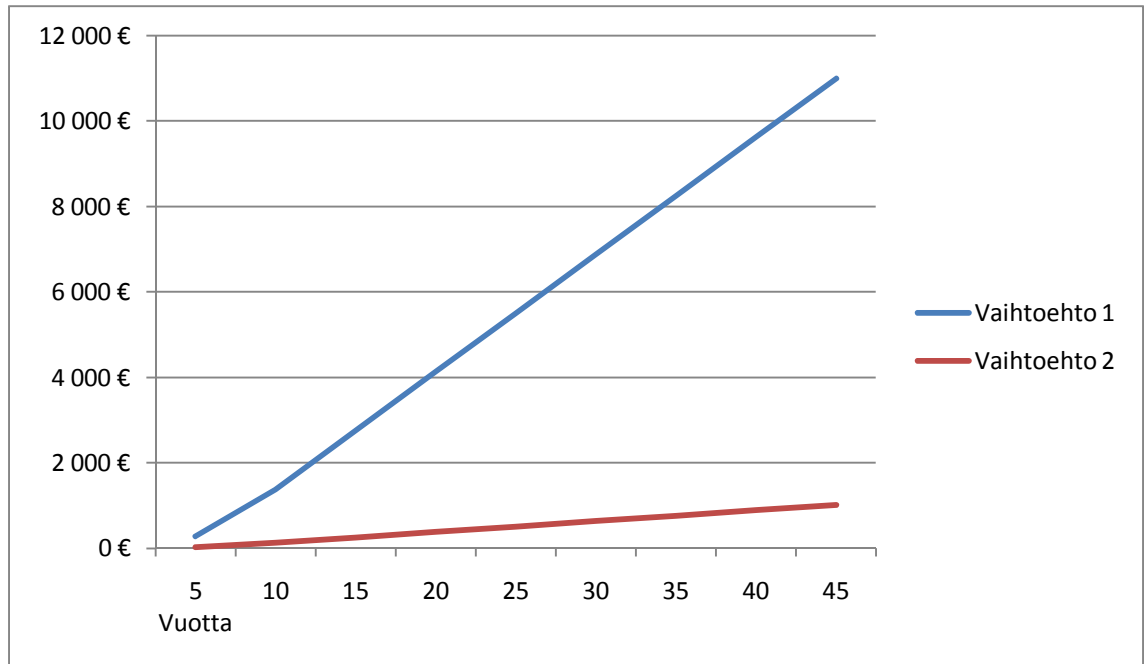
Tuloksien luotettavuutta voidaan kyseenalaistaa KNX:n tuomien säästöjen osalta. Tehdyt tutkimukset perustuvat käytännön osalta Saksassa tehtyihin mittauksiin ja Suomessa tehtyihin tietokonesimulointeihin. Saksassa ympäristön olosuhteet poikkeavat Suomesta etenkin lämmityskauden pituuden ja voimakkuuden osalta. Tampereen teknillisen yliopiston ja saksalaisen KNX-organisaation suorittamat tutkimukset perustuvat sairaala- ja terveyskeskusrakennuksissa esiintyviin mediaanilukuihin. Sairaalarakennuskannan heterogeenisyyden takia tulokset ovat lähinnä suuntaa antavia.

Tulee myös ottaa huomioon, että laskelma on tehty ainoastaan potilashuoneiden osalta. Tutkimukset ja laskelmat viittaavat siihen, että isommissa tiloissa ja isommilla kuormilla säästöä syntyy enemmän. Näin ollen kaikki sairaalan aulat ja muut vastaavat tilat nostaisivat säästöjen määrää.

Myös erilaiset käyttötottumukset vaikuttavat tuloksiin. Säästöt riippuvat ihmisten huolellisuudesta valojen sammutuksissa, ja halusta käyttää järjestelmän suomia ohituksia.



**Kaavio 5. Kustannukset vaihtoehdittain.**



**Kaavio 6. Syntyvät säästöt vaihtoehtoin.**

## 9 Yhteenveto

Kaikenlainen rakennusautomaatio on tällä hetkellä voimakkaassa kasvussa eurooppalaisessa ja suomalaisessa uudisrakentamisessa. Yhä tiukemmat ympäristömääräykset rakennusteollisuudessa ja toisaalta automaatiolla saatava taloudellinen hyöty sekä käytön helppous takaavat KNX-tekniikalle yhä kasvavan jalansijan rakennuskannassamme.

KNX-standardissa mukana olevat isot kansainväliset toimijat kuten Siemens, General Electrics, ABB, Schneider jne. takaavat laitetarjonnan monipuolisuuden ja sovelluksien jatkuvan kehittämisen. Toisaalta standardin tiukka valvonta varmistaa eri valmistajien komponenttien mutkattoman yhteensopivuuden.

Insinööriytyö jakautuu selkeästi kahteen osaan, joista ensimmäisessä selvitettiin KNX:n perusteita ja otettiin kantaa järjestelmän suomiin mahdollisuuksiin. Toisessa osassa käsittelyssä oli KNX-järjestelmän käyttö ja kustannukset käytännössä. Referenssikohteeksi valikoitui Espoon sairaala ja seniorikeskus, sen tarjoamien kattavien vaatimusten ja tavoitteiden vuoksi.

Tehty insinööriytyö palvelee ensisijaisesti sähkö- ja automaatiosuunnittelijoita, mutta uskon siitä olevan maallikoillekin hyötyä ainakin väylätekniikan tarjoamien mahdollisuuksien esittelyssä. Työn teki haastavaksi aiheesta niukasti julkaistu materiaali, joka varsinkin kirjallisuuden osalta oli todella niukka, ja väylätekniikan käytön uutuus rakentamisessa.

Mitä tulee KNX-väylätekniikan käyttöön kohderakennuksessa, tahtovat takaisinmaksuajat venyä melko pitkiksi. Asiassa täytyy kuitenkin ottaa huomioon ympäristönäkökulmat, sisäolosuhteiden vakaus ja käytön helppous. Tietyllä aikavälillä rakennukset on lainsäädäntöön perustuen saatava määrättyihin energialuokkiin kuluista välittämättä. Lisäksi monille KNX:n ominaisuuksille kuten muunneltavuudelle, monipuolisuudelle ja luotettavuudelle on vaikea määrittää rahallista arvoa, vaikka ne ovat tärkeitä asioita.

Suunnitteluprosessin alusta lähtien oli tehty päätös kaikkien järjestelmävaihtoehtojen rakentamisesta mallihuoneeseen, jotta niiden välillä voidaan tehdä tarkempaa vertailua todellisissa käyttöolosuhteissa ja eri vaihtoehtoja pystyttäisiin punnitsemaan tarkempaan informaatioon nojaten.

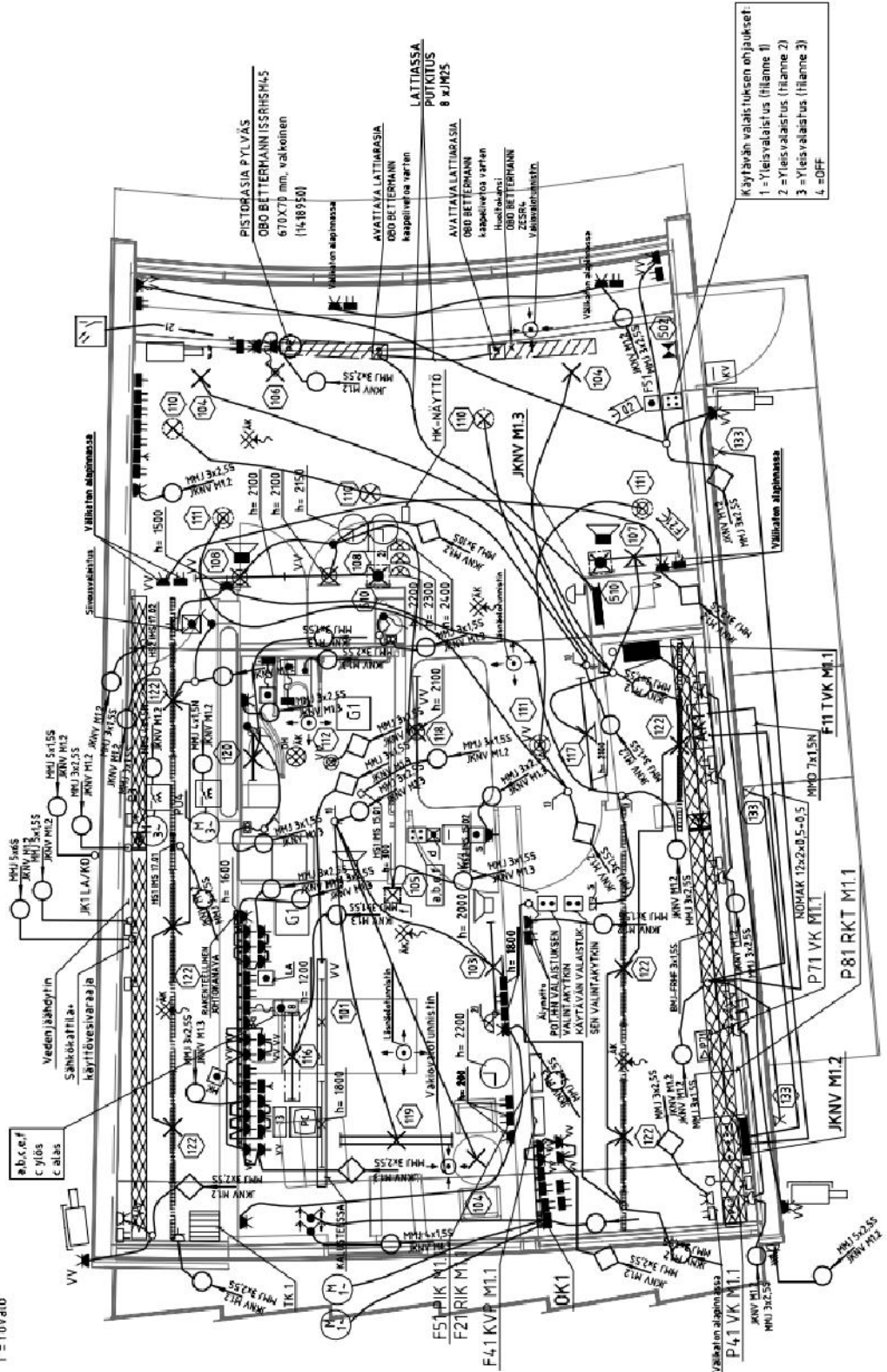
Tavoitteena ollut kustannuslaskelma toteutui työssä. Laskelma osoittaa, että suuremman luokan laiteinvestointi tuottaa suurimman hyödyn energian säästössä.

## Lähteet

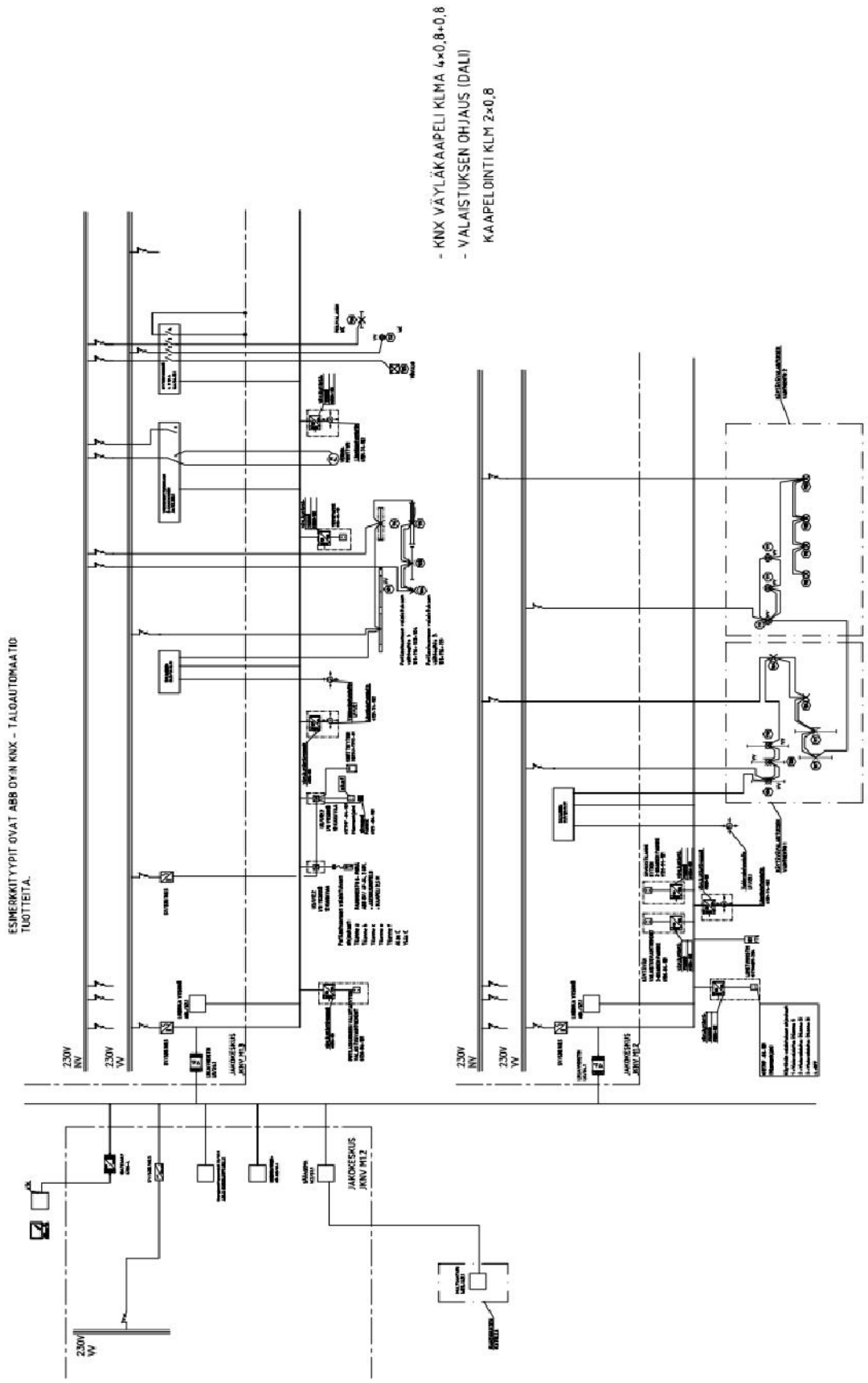
- 1 Piikkilä, Veijo. Käsikirja asuntojen ja rakennusten ohjauksiin. KNX Finland Ry, Espoo, 2006
- 2 KNX Verkkodokumentti. KNX Finland: Viralliset kotisivut [www.knx.fi](http://www.knx.fi). Luettu 11.3.2011
- 3 Bendtsen Michael, tekninentuki. KNX Finland Ry. Haastattelu 7.4.2011
- 4 KNX taloautomaatio. Verkkodokumentti. ABB Oy: ABB:n sovellussivusto [www.asennustuotteet.fi](http://www.asennustuotteet.fi). Luettu 29.2.2011
- 5 Sandström Lars, tekninentuki. ABB Oy. Haastattelu 3.4.2011
- 6 ST-kortisto, ST 711.30 Kenttäväylätekniikka. Sähkötieto Ry, Espoo, 2001
- 7 ST-kortisto, ST 58.32 Valaistuksen ohjaus. Sähkötieto RY, Espoo, 2004
- 8 Älykkäät asennusjärjestelmät. Verkkodokumentti. ABB Oy: ABB:n tuotesivusto [www.abb.com/product/fi](http://www.abb.com/product/fi). Luettu 1.3.2011
- 9 Konnex-väylä. Esite. Siemens, 2003
- 10 KNX nopeuttaa asennusta. Artikkel. Sähköalalehti, 1/2011
- 11 Älysähkö. Verkkodokumentti. Älysähkö: sovellussivusto [www.alysahko.fi](http://www.alysahko.fi). Luettu 8.3.2011
- 12 KNX. Verkkodokumentti. KNX Association: Official website [www.knx.org](http://www.knx.org). Luettu 24.2.2011
- 13 KNX-järjestelmän perusteet. Esite. Schneider Electric, 2010
- 14 Piikkilä, Veijo. Tampereen ammattikorkeakoulu. KNX. Esite, 2010
- 15 Energiamääräykset. Verkkodokumentti. Ympäristöministeriö. [www.ymparisto.fi](http://www.ymparisto.fi). Luettu 5.4.2011
- 16 Honkapuro, Samuli. Sähkön ja kaukolämmön rooli energiatehokkuudessa ja energian käytössä. Raportti. Tampereen teknillinen yliopisto, 2009
- 17 ESS Tool. Schneider Elecrics. Ohjelmatyökalu energiansäästön laskentaan. Käytetty 8.4.2011

Politiisluoneen valaistuksen ohjaukset:

- a = Yleisvalaistus (101,103,104)/(101,119)
- b = Yleisvalaistus (101,103,104)/(101,119)
- c = Lukuvalaistus (f16)
- d = Siivousvalaistus (101,116,103,104)/(101,116,119)
- e = OFF
- f = Yövalo



Käytävän valaistuksen ohjaukset:  
1 = Yleisvalaistus (filanme 1)  
2 = Yleisvalaistus (filanme 2)  
3 = Yleisvalaistus (filanme 3)  
L = OFF



ESIMERKITYYPIÄ OVAT ABB OY:N KNX - TAILOAUTOMAATIO TUOTTEITA.

- KNX VÄYLÄKAAPPI KLMA 4x0,8+0,8  
- VALAISTUKSEN OHJAUS (DALI)  
KAPELOINTI KLM 2x0,8

KNX VÄYLÄKAAPPI KLMA 4x0,8+0,8  
VALAISTUKSEN OHJAUS (DALI)  
KAPELOINTI KLM 2x0,8