

Simo Forsell

KNX-järjestelmän hyödyntäminen toimistorakennuksessa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Talotekniikka

Insinöörityö

20.06.2013

Tekijä Otsikko	Simo Forsell KNX-järjestelmän hyödyntäminen toimistorakennuksessa
Sivumäärä Aika	36 sivua + 10 liitettä 20.06.2013
Tutkinto	insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Talotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Rakennusten sähkö- ja tietotekniikka
Ohjaaja	Tkl, lehtori Jarmo Tapio varatoimitusjohtaja Juha Kiviniemi
<p>Insinööriyön tarkoituksena oli kehittää KNX-pohjaisen rakennusautomaationjärjestelmän mallidokumentointi (järjestelmäkaaviot, pääkaaviot, piirikaaviot, tasopiirustukset ja ohjelmointitaulukko). Lisäksi työ selvittää KNX-järjestelmän hyödyntämistä toimistorakennuksessa.</p> <p>Teoriaosuudessa kerrotaan yleisesti väyläjärjestelmistä ja syvennyttään KNX-pohjaiseen järjestelmään. KNX-väylätekniikasta käydään läpi järjestelmän perusteet, erityyppiset komponentit, sovelluksia, suunnittelu ja dokumentointi.</p> <p>Teoriaosuuden jälkeen esitetään KNX-järjestelmän toteutukseen tarvittavat mallidokumentit (järjestelmäkaaviot, pääkaaviot, piirikaaviot, tasopiirustukset, mallihuonepiirustukset ja ohjelmointitaulukko).</p> <p>Työ selvittää lukijalle tarvittavat tiedot KNX-järjestelmän suunnittelusta ja dokumentoinnista sekä KNX:n hyödyt ja haasteet toimistorakennuksessa. Lisäksi työn perusteella tehtyjä mallidokumentteja voidaan hyödyntää KNX-järjestelmän suunnittelussa.</p>	
Avainsanat	KNX, väylätekniikka, automaatio, muuntojoustavuus, energiansäästö, mallidokumentit, kaavio

Author(s) Title	Simo Forsell Use of KNX bus system in office buildings
Number of Pages Date	36 pages + 10 appendices 20.06.2013
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Building Services Engineering
Specialisation option	Electrical Engineering for Building Services
Instructor(s)	Jarmo Tapio, Senior Lecturer, Juha Kiviniemi, Executive vice president
<p>The aim of this Bachelor's thesis was to create sample documents for a KNX bus system and to study the use of KNX bus technology in office buildings.</p> <p>For the thesis, the basics of bus systems were studied, with the focus on the KNX based system. The Extensive information on the components, applications, design and documentation for KNX was gathered. The documentation that is needed for the implementation of a KNX bus system, i.e. system diagram, switchboard schematic, circuit diagram, floor plan and programming table, was presented.</p> <p>As a result the reader is provided with information about how to design a KNX based bus system. Furthermore, the advantages and disadvantages of the system are discussed. The sample documentation can be utilized when designing KNX system.</p>	
Keywords	KNX, building automation, energy saving, flexibility, documentation, schematic

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Rakennusautomaatio ja väylätekniikka	2
2.1	Yleistä	2
2.2	Väyläpohjainen järjestelmä	2
2.3	Järjestelmien rakenne	3
2.4	Kenttäväylät	5
3	KNX	6
3.1	Perusteet	6
3.2	KNX-väylä	7
3.2.1	Väyläkaapeli siirtotienä	7
3.2.2	Radiotaajuus siirtotienä	13
3.2.3	Sähköverkko siirtotienä	15
3.3	Komponentit	16
3.4	Sovelluskohteet	18
3.5	Käyttöönotto ja ohjelmointi	18
3.5.1	Väyläkaapeli siirtotienä	18
3.5.2	Radiotaajuus siirtotienä	20
3.6	Valaistuksen ohjaus	20
3.7	LVI-järjestelmien ohjaus	22
3.8	Esitystavat ja symboliikka	23
4	Dokumentointi ja mallidokumentit	24
5	KNX-järjestelmän hyödyt ja haasteet	28
5.1	Energiankulutus	28
5.2	Muuntojoustavuus	30
5.2.1	Muuntojoustavat sähköasennukset	32
5.3	Mittarointi	33
6	Yhteenveto	33
	Lähteet	35

- Liite 1. KNX-väyläkaapelin vaatimukset
- Liite 2. KNX-symbolit
- Liite 3. Pistesijoitus- ja johdotuspiirustus, vahvavirta
- Liite 4. Pistesijoitus- ja johdotuspiirustus, KNX-järjestelmä
- Liite 5. Jakokeskuksen pääkaavio
- Liite 6. KNX-järjestelmäkaavio
- Liite 7. Mallihuone, toimisto
- Liite 8. Mallihuone, neuvotteluhuone
- Liite 9. Piirikaavio
- Liite 10. Ohjelmointitaulukot

Lyhenteet

1-10V –säätö	valaistuksen säätöön tarkoitettu analoginen järjestelmä
AC	Alternative current, vaihtovirta
AM	Application module, KNX-komponentissa oleva sovellusmoduuli
BCU	Bus coupling unit, KNX-komponentissa oleva väyläliitäntäyksikkö
CENELEC	Comité Européen de Normalisation Electrotechnique, eurooppalainen sähköalan standardisoimisjärjestö
CSMA/CA	Carrier Sense Multiple Access With Collision Avoidance, tietoliikenteen siirtotien varausmenetelmä törmäyksen estol- la
DALI	Digital Addressable Lighting Interface, digitaalinen osoitteel- linen valaistuksen ohjausjärjestelmä
DDC	Direct Digital Control, perinteinen digitaalinen ohjausjärjes- telmä
DIN	
DIP-kytkin	heikkoja virtoja ohjaava useimpia eri kytkimiä sisältävä kyt- kin
EHS	European Home Systems Protocol, kodin laitteiden ohjauk- seen ja kommunikointiin tarkoitettu protokolla, KNX- järjestelmän perusta
EIB	European Installation Bus, hajautettu tapahtumaohjattu väy- lä sähköasennuksiin. KNX-järjestelmän perusta

ETS	Engineering Tool Software, ohjelma KNX-järjestelmän ohjelmointiin ja käyttöönottoon
IP	Internet protocol, TCP/IP-mallin Internet-kerroksen protokolla
ISM	Industrial, Scientific and Medical, radiotaajuuskaista, joka on alun perin tarkoitettu teolliseen, tieteelliseen ja lääketieteelliseen käyttöön
KNX	Standardisoitu rakennusautomaation tietoliikenneprotokolla
LC	Line Coupler, KNX-järjestelmän linjayhdistin
LED	Light-Emitting Diode, puolijohdekomponentti, joka säteilee valoa, kun sen läpi johdetaan sähkövirtaa
LR	Line Repeater, KNX-järjestelmän linjatoistin
PELV	Protective Extra Low Voltage, pienoisjännite, maksimissaan 120 V tasajännitettä tai 50 V vaihtojännitettä
RS-232	kahden tietokonelaitteen väliseen tietoliikenteeseen tarkoitettu tietoliikenneportti
SELV	Safety Extra Low Voltage, pienoisjännite, maksimissaan 120 V tasajännitettä tai 50 V vaihtojännitettä
S-FSK	Spread frequency shift keying, standardi sähköverkossa käytettävästä tiedonsiirrosta
USB	Universal Serial Bus, sarjaväyläarkkitehtuuri oheislaitteiden liittämiseksi tietokoneeseen
VAK	Valvonta-alakeskus, automaation ohjauskeskus

1 Johdanto

Taloteknisten järjestelmien säädön ja joustavuuden tarpeen lisääntyessä tulevat niihin liittyvät säätöjärjestelmät lisääntymään ja monimutkaistumaan. Viime aikoina väyläpohjaisten rakennusautomaatiojärjestelmien käyttö onkin lisääntynyt. Ohjelmoitavat, väyläpohjaiset järjestelmät mahdollistavat muuntojoustavat sähköasennukset. Esimerkiksi kun tilan käyttötarkoitus muuttuu tai kun tila muutetaan avotoimistoksi, muutokset sähköasennuksiin voidaan hoitaa ohjelmallisesti väylän kautta. Perinteisesti muutokset sähköjärjestelmiin ovat aiheuttaneet fyysisiä muutoksia kytkentöihin ja kaapelointeihin.

Rakennusautomaatiojärjestelmät helpottavat rakennuksen käyttömukavuuden ja käytön hallintaa. Väyläpohjaiset järjestelmät ovat osa rakennusautomaatiota.

Väyläpohjaisessa järjestelmässä järjestelmän äly on hajautettu kentälle, toimilaitteisiin ja antureihin. Laitteet kommunikoivat keskenään ja ovat riippumattomia toisistaan, joten yksittäisen laitteen vikaantuminen ei vaikuta koko järjestelmän toimivuuteen.

KNX on väyläpohjainen automaatiojärjestelmä, joka on avoin standardi, joten eri valmistajien komponentit ovat keskenään yhteensopivia. KNX-järjestelmän kautta voidaan hallita ja ohjata rakennuksen eri taloteknisiä järjestelmiä: esimerkiksi valaistus-, lvi- ja turvallisuusjärjestelmiä.

Insinööriyön tarkoituksena oli kehittää KNX-pohjaisen rakennusautomaationjärjestelmän mallidokumentointi (järjestelmäkaaviot, pääkaaviot, piirikaaviot, tasopiirustukset ja ohjelmointitaulukko) KNX-järjestelmästä Yhtyneet Insinöörit Oy:lle.

Yhtyneet Insinöörit Oy on Espoossa sijaitseva vuonna 1986 perustettu sähkösuunnittelutoimisto, joka työllistää 27 henkilöä. Yritys tarjoaa suunnittelua rakennusten sähkö-, tele-, turvallisuus- ja AV-järjestelmien sekä akustiikan suunnittelua. Muita palveluita ovat toteutuksen valvonta ja hankintapalvelut tieto- ja AV-järjestelmissä.

2 Rakennusautomaatio ja väylätekniikka

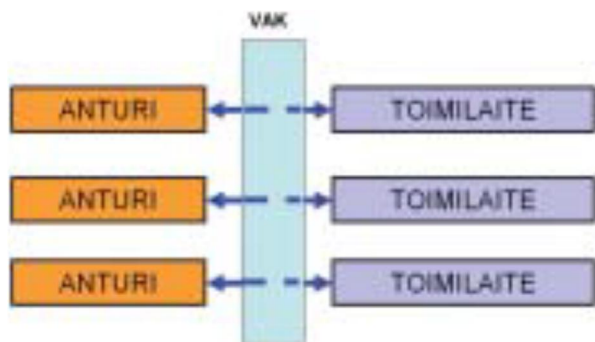
2.1 Yleistä

Automaatiojärjestelmä tarkoittaa sitä kokonaisuutta, jolla prosessia valvotaan ja ohjataan. Rakennusautomaatio määritellään erilaisiksi automaattisiksi säätö-, valvonta-, ohjaus- ja hälytystoiminnoiksi, joiden avulla hallitaan kiinteistöjen LVIS-prosesseja. [4, s. 9]

Rakennusautomaatiojärjestelmät parantavat rakennuksen käyttömukavuutta ja energiatehokkuutta. Lisäksi järjestelmään liitettävät turvallisuusjärjestelmät helpottavat rakennuksen hallittavuutta. Erityisesti toimisto- ja liikerakennuksissa muuntojoustavuus on tärkeässä asemassa, sillä vuokralaisten tai käyttötarkoituksen muuttuessa saattaa myös huonejärjestys muuttua. Hyvin toteutetulla väyläpohjaisella järjestelmällä muutosten teko tapahtuu ohjelmoimalla järjestelmän komponentit vastaamaan uutta käyttöä. Perinteisessä järjestelmässä tällaiset muutokset saattavat vaatia uudelleen kaapelointia

2.2 Väyläpohjainen järjestelmä

Tietotekniikan kehittymisen myötä suuria määriä tietoa voidaan käsitellä pienikokoisilla ja edullisilla tietokoneilla. Tämä on mahdollistanut sen, että rakennusautomaatiossa on alettu yhdistämään talon eri ohjausjärjestelmiä ja nk. äly sijaitsee toimilaitteissa ja antureissa. Tällaiset älykkäät järjestelmät eivät vaadi toimiakseen erillistä keskusyksikköä vaan laitteet pystyvät kommunikoimaan ja toimimaan keskenään.



Kuva 1. Perinteinen järjestelmä [4, s. 13]

Kuvan 1 mukaisen perinteisen järjestelmän suurin puute on se, että kukin anturi ohjaa vain tiettyä toimilaitetta ja järjestelmän eri osien välillä ei ole minkäänlaista kytkentää.



Kuva 2. Väyläohjaus [4, s. 13]

Väyläohjauksessa anturit ja toimilaitteet ovat kytketty samaan väylään, jossa järjestelmien välinen tiedonsiirto tapahtuu. Järjestelmään liitettyjen laitteiden välillä on yhteys ja mikä tahansa anturi voi ohjata mitä tahansa toimilaitetta. (Kuva 2)

Väylällä tiedot siirtyvät tietyn yhteyskäytännön eli protokollan mukaisesti, tällä saadaan aikaan riittävän nopea ja luotettava tiedonsiirto.

Väylällä tapahtuva ohjaus perustuu usein kahteen asiaan:

- Älykkäät laitteet, jotka toteuttavat asioita riippuen niihin tulevasta käytöstä.
- Tiedonsiirtoväylä, jossa eri käskyt siirtyvät.

[4, s. 13.]

Käskyt ovat riippuvaisia siitä miten järjestelmä on rakennettu. Väylään liitettävien laitteiden määrä ja väylällä siirtyvän tiedon määrä asettaa rajoituksia järjestelmän kokoon.

2.3 Järjestelmien rakenne

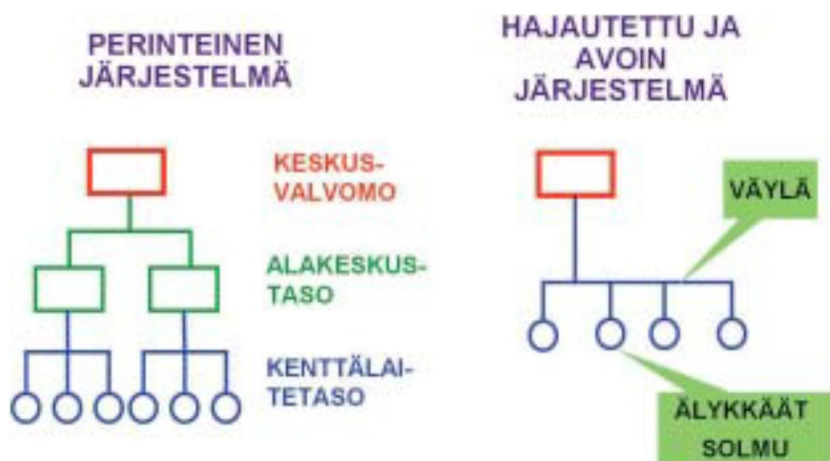
Rakennusautomaatiojärjestelmät voidaan jakaa kahteen eri perustyyppiin: keskitettyihin eli hierarkkisiin järjestelmiin ja hajautettuihin järjestelmiin [4, s. 16].

Keskitetyssä järjestelmässä on useita hierarkkisia tasoja, jossa ylempi taso määrää alempien tasojen toiminnan. Kaiken siirtyvän tiedon ja käskyjen on mentävä ylemmälle tasolle, jonka perusteella toteutus tapahtuu.

Puhtaassa DDC-järjestelmässä (Direct Digital Control) yksi tietokone hoitaa kaikki järjestelmän toiminnot, jolloin tietokoneen vikaantuminen saattaa ajaa koko järjestelmän alas. Usein yhteensovitus muiden järjestelmien tai laitteiden kanssa on vaikeaa, koska käytössä on eri protokollia. Näin ollen järjestelmät ovat suljettuja ja epästandardeja, eivätkä ymmärrä toisiaan. Eri järjestelmien integrointi on vaivalloista ja kallista.

Hajautetussa järjestelmässä kokonaisjärjestelmä on jaettu pienempiin osiin ja automaatiojärjestelmän eri tasot ovat integroitu laitteisiin. Jokainen yksikkö toimii riippumatta muista yksiköistä.

Väylällä tieto siirtyy vain niille yksiköille, jotka sitä tarvitsevat. Yksikön toiminta ei ole riippuvainen ylemmältä tasolta tulevista käskyistä. Verkon rakenne on erilainen kuin hierarkkisessa keskitetyssä järjestelmässä. Hajautetut järjestelmät voidaan kuvata useaksi rinnakkaiseksi järjestelmäksi, jossa tieto siirtyy järjestelmien välillä yhteisellä kielellä.



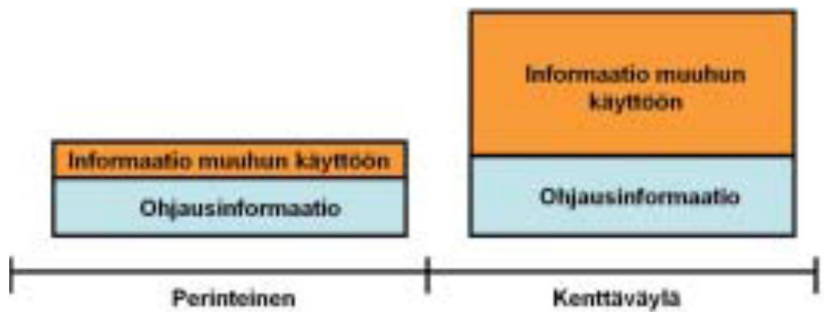
Kuva 3. Järjestelmien rakenteet [4, s. 17]

Kiinteistöautomaatiossa avoimuus tarkoittaa sitä, että kukaan ei omista tekniikkaa, tiedonsiirtoprotokollat ovat avoimia ja tekniikka ei ole salaista. Avoimet järjestelmät eivät sido suunnittelijoita ja urakoitsijoita vain yhden laitetoimittajan toteutukseen, vaan laite-/järjestelmätoimittajat ovat vapaasti valittavissa. [6, s. 2.]

2.4 Kenttäväylät

Kenttäväylä on digitaalinen, kaksisuuntainen väyläliitäntäinen tiedonsiirtojärjestelmä. Se yhdistää älykkäät mittaus- ja ohjauslaitteet, muun automaation, näytöt ja käyttöliittymät. Kenttäväylät perustuvat hajautettuun arkkitehtuuriin, jossa yksittäiset toimilaitteet toteuttavat toimintoja, jotka ovat perinteisesti hoidettu järjestelmässä. [4, s. 32, 33.]

Digitaalinen tiedonsiirto mahdollistaa kaksisuuntaisen tiedonsiirron. Väylään liitetyt laitteet voivat esimerkiksi kertoa huollon tarpeesta ja kenttälaitteita on mahdollista virittää etätyöskentelyynä. Kuten kuvasta 4 voidaan huomata, siirryttäessä perinteisestä automaatiojärjestelmästä kenttäväylään kulkevan tiedon määrä lisääntyy 6–8-kertaiseksi [4, s. 40].

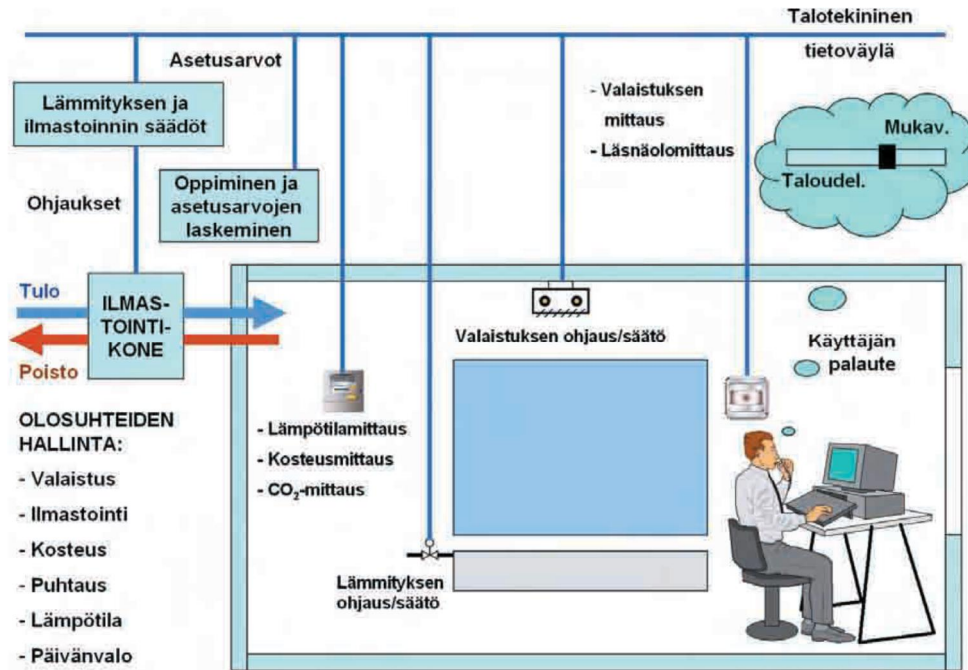


Kuva 4. Siirtyvän tiedon määrä [4, s. 40]

Väyläpohjaisten ratkaisujen on arvioitu vähentävän kaapelointia, kytkentäpisteitä ja kytkentäliityntöjen määrää parhaassa tapauksessa 60–70 prosenttia [4, s. 33]. Myös kytkentävirheiden mahdollisuus pienenee, koska väylään liitettävien laitteiden liitäntä on samanlainen.

Kenttäväyläjärjestelmän myötä on mahdollista nähdä ja hallita kaikki järjestelmään liitetyt komponentit ja tutkia niin välisiä vuorovaikutuksia. Tämä mahdollistaa laitteiden kalibroinnin ja vikadiagnostiikan väylän kautta.

Kuvasta 5 nähdään, mitä kaikkia järjestelmiä voidaan liittää väyläjärjestelmiin.



Kuva 5. Esimerkki talotekniikan hajautetun väyläjärjestelmän soveltamisesta [4, s. 23]

3 KNX

KNX kehitettiin 1990-luvun alussa, European Home Systems Protocol (EHS), Bati-BUS- ja European Installation Bus (EIB) pohjalta, järjestelmiltä vaadittavien ominaisuuksien lisääntyessä. KNX täyttää standardien ISO/IEC (14543), CENELEC (EN50090) ja CEN (13321) vaatimukset [1, s.4]. Tämä takaa sen, että KNX on riippumaton valmistajista ja eri laitteet ovat yhteensopivia keskenään.

3.1 Perusteet

KNX:llä toteutettu asennus eroaa perinteisestä sähköasennuksesta siten, että siinä kuorma kytketään epäsuorasti. Anturit kytketään toimilaitteisiin yhteisen siirtotien avulla (parikaapeli, sähköverkko, radiotaajuus tai IP-verkko). Toimilaitteet suorittavat toimintoja antureilta tulevan tiedon perusteella. Esimerkiksi kytkintoimilaite kytkee valaisinryhmän päälle kytkimeltä tai läsnäolotunnistimelta tulevan tiedon perusteella. Tämä vähentää kaapeloinnin määrää erityisesti silloin, kun KNX-väylään on liitetty useita järjestelmiä, kuten LVI-järjestelmät ja valaistus [2, s. 51, 52]. Järjestelmän toimintaa voidaan muuttaa ohjelmallisesti ilman johdotusten muutoksia.

Jokainen KNX-väylään kytketty laite on osoitteellinen. Näin järjestelmässä kulkevat viestit menevät perille oikeaan laitteeseen. KNX-väylä on keskusyksikötön, hajautettu järjestelmä. Kaikissa väylälaitteissa on oma mikroprosessori, jonka avulla laitteet kommunikoivat keskenään. Yksittäisen väylälaitteen vikaantuminen ei näin ollen vaikuta muiden laitteiden toimintaan.

3.2 KNX-väylä

KNX-järjestelmä käyttää siirtotienä parikaapelia (TP), sähköverkkoa (PL), radiotaajuutta (RF), IP-verkkoa (KNXnet/IP) tai valokuitua. Parikaapeli on käytetyin siirtotie [2, s. 60]. Sähköverkkoa siirtotienä käyttävä KNX-järjestelmä on käytössä yleisesti vain Saksassa [1, s. 25, 34, 40].

3.2.1 Väyläkaapeli siirtotienä

KNX-järjestelmässä käytetään väyläkaapelina suojattua, kaksiparista kaapelia, jonka johtimen minimi halkaisija on 0,8 mm, esim. KNX-järjestön sertifioima YCYM 2x2x0.8. Jos asennuksissa vaaditaan halogeenittomia kaapeleita, voidaan käyttää J-H(StH 2x2x0.8)-kaapelia. Kahden rakennuksen yhdistämiseen voidaan käyttää telekaapeleita A2Y(L)2Y tai A-2YF(L)2Y. Paikallisesti on mahdollista käyttää maakohtaisia ei-standardoituja kaapeleita, esim. KLMA 4x0,8+0,8. Väyläkaapeli voidaan asentaa samaan kaapelihyllyyn energiakaapeleiden kanssa, koska sanomat lähetetään symmetrisesti, eikä näin häiriö vaikuta signaalien kulkuun. Jos väyläkaapelin sijasta käytetään yksittäisiä johtimia, väyläjohtimien ja energiakaapeleiden välisen etäisyyden tulee olla vähintään 4 mm. Lisää KNX-väyläkaapelin vaatimuksista liitteessä 1. [1, s. 77–79, 181; 5, s. 9]

Kaapelista otetaan käyttöön punainen (+) ja musta (-) johdin. Kaksi muuta johdinta, keltainen ja valkoinen, jäävät varalle. Vapaata johdinparia käytettäessä on otettava huomioon seuraavaa:

- Vain pienjännite SELV/PELV
- Maksimi 2,5 A:n tasavirta
- Puheensiirto on sallittu. Ei kuitenkaan yleisen tietoverkon telekaapelissa

- Toisen johdinparin tulee olla omassa linjassa
- Lisäkäyttötarkoituksiin tulevat johdinparit tulee merkitä selvästi
- Jos toista johdinparia käytetään lisälinjana, keltainen johdin on positiivinen ja valkoinen negatiivinen.

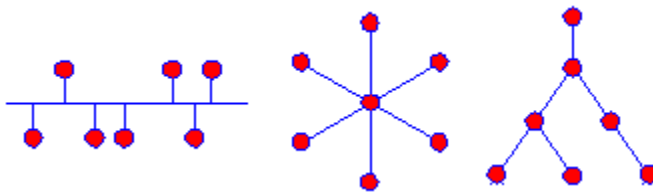
[1, s. 78]

Väylä- ja sähkökaapelit voidaan asentaa samaan asennusrasiaan, jos johtimet erotetaan turvallisesti. Jos käytetään kiinteitä liittimiä, johtimia ei tarvitse erottaa kiinteillä väliseinillä rasiassa.

Rakennusten välillä kulkeva väyläkaapeli tulee asentaa maadoitettuun metalliputkeen ja suojata ylijännitesuojalla. Väyläkaapelin +- ja - -napoja ei saa maadoittaa. Rakennusten väliseen yhteyteen voidaan käyttää myös valokuitua, jonka yhteydessä on käytettävä mediamuunninta valokuidun ja KNX-järjestelmän siirtomedian välillä. [5, s. 12; 1, s. 118,119.]

Topologia

Parikaapelia käytettäessä KNX-väylän topologia voi olla väylätopologia, puutopologia tai tähtitopologia [3]. Rengastopologia ei ole sallittu, koska sanoma voi jäädä kiertämään verkkoon. Tämä kuormittaa verkkoa ja saattaa aiheuttaa virheellisiä toimintoja [4, s. 232, 233].



Kuva 6. Väylä-, tähti- ja puutopologiat

Verkon rakenne

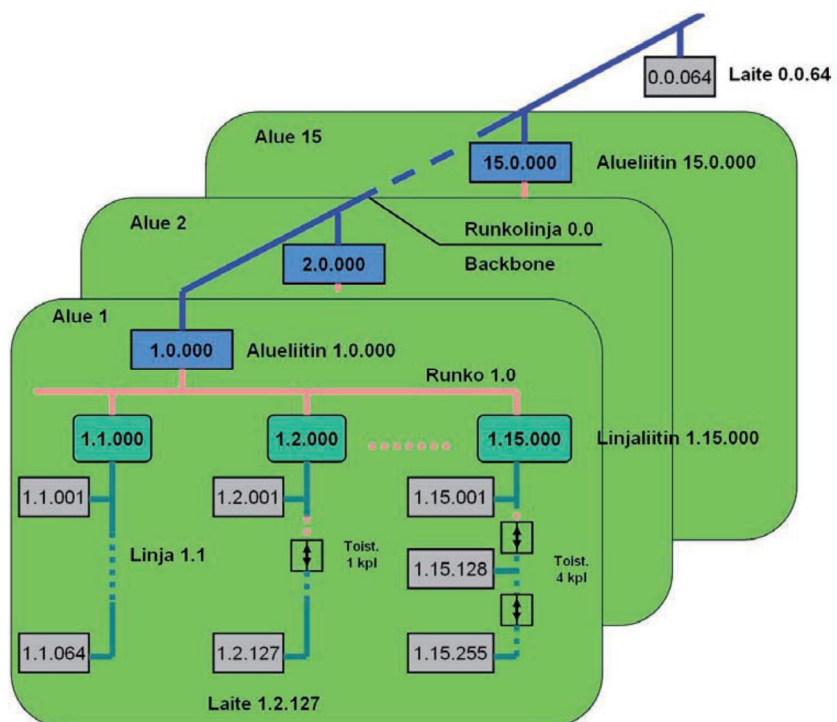
KNX-väylä koostuu alueista, linjoista ja linjasegmenteistä. Alueet ja linjat yhdistetään toisiinsa linjayhdistimillä (line coupler, LC) ja alueyhdistimillä (area coupler, AC).

Pienin asennusyksikkö on linja, joka muodostuu enintään neljästä linjasegmentistä. Yhteen linjaan voidaan liittää maksimissaan 64 laitetta, kun käytetään linjatoistimia (LR) voidaan linja laajentaa maksimissaan neljäksi linjasegmentiksi. Tämä nostaa lin-

jaan asennettavien laitteiden määrän 256:n ($4 \cdot 64$). Ei ole kuitenkaan suositeltavaa käyttää yhden linjan maksimikapasiteettia, vaan jättää laajennusvaraa noin 20 % linjaa kohden mahdollisia lisäyksiä varten. Tämä tarkoittaa noin 50 laitetta/linja. [2, s. 67]

Yhteen alueeseen voidaan asentaa 15 linjaan ja alueita voi olla maksimissaan 15. Päälinjaan on mahdollista liittää 64 laitetta, mikä nostaa järjestelmään liitettävien osien määrän 65 536:llu ($16 \cdot 16 \cdot 256$), sisältäen virtalähteet, alue- ja linjayhdistimet sekä linjayhdistimet [2, s.71].

Maksimimäärä käytetään kuitenkin harvoin eikä päälinjaan ei ole kuitenkaan suositeltavaa asentaa muita kuin linjayhdistimiä ja virtalähde, sillä päälinjan sisäinen liikenne hidastaa alueiden ja linjojen välistä liikennettä. Lisäksi fyysisten osoitteiden määrä rajoittaa asennettavien laitteiden määrää. Yleensä KNX-järjestelmään asennettavien laitteiden määrä on muutamasta kymmenestä muutama sataan. [2, s. 71.]



Kuva 7. Esimerkki KNX-verkosta [5, s. 10]

Virtalähde

Parikaapelia siirtotienä käytettäessä KNX-väylä tarvitsee erillisen virtalähteen, joka liitetään 230 V:b sähköverkkoon. Virtalähde syöttää 30 V pienjännitettä (SELV, Safety Extra Low Voltage) väylään. KNX-järjestelmä on galvaanisesti erotettu sähköverkosta ja jännitteisen väyläkaapelin koskettaminen on turvallista. Virtalähteen tulee täyttää

standardin DIN EN 50 090. Lisäksi SELV- ja PELV-järjestelmän (Protective Extra Low Voltage) jännitelähteinä käytetään yleensä suojajännitemuuntajaa, joka täyttää SFS-EN 60 742 ”Suojaerotusmuuntajat ja suojajännitemuuntajat. Rakenne ja koestus” -standardin vaatimukset. [1, s. 33; 5, s. 10]

Väyläjännitteeksi KNX-standardi määrittelee 24 V, mutta jännitteenaleneman vuoksi se on suositeltavaa nostaa 30 V:iin [2, s. 63; 1, s. 33].

Virtalähteet on suositeltavaa asentaa mahdollisimman lähelle muita laitteita, siten että laitteet ovat jakautuneet tasaisesti suhteessa virtalähteeseen. Näin tehonsyöttö saadaan mahdollisimman optimaaliseksi. Virtalähde ja laitteiden virrankulutus vaikuttaa liitettävien laitteiden maksimimäärään.

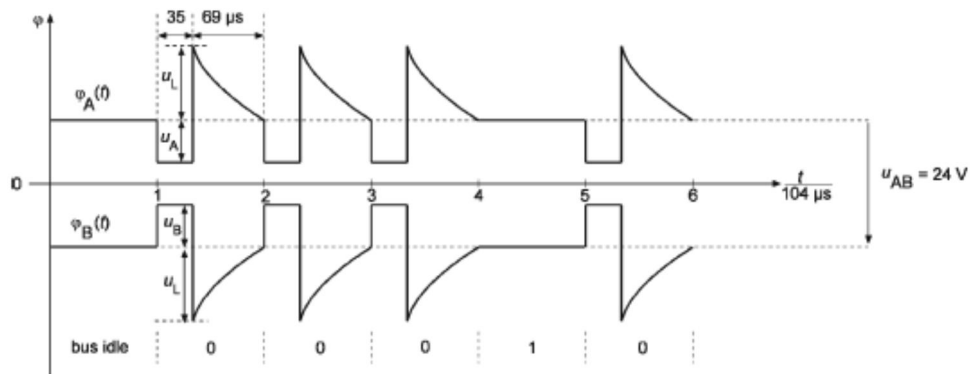
Taulukko 1: Linjassa olevien kaapelien pituuksien raja-arvot [1, s. 26; 5, s. 10]

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

Siirtoteknologia

KNX-väylässä signaalit välittyvät yksittäisten väylälaitteiden välillä sanomien kautta. Signaalin vastaanottava väylälaitte laskee jännite-eron positiivisen ja negatiivisen johtimen väliltä [1, s. 29]. Johtimien välinen jännite-ero on väylän nimellijännite, kun väylälä lä ei kulje tietoa tai ”1”-bitti lähetetään [2, s. 78]. (Kuva 8.)

Häiriöiden vaikutus väylässä kulkeviin signaaleihin on vähäinen, koska tiedonsiirto tapahtuu symmetrisesti [1, s. 29]. Jos signaalissa esiintyy häiriötä, vastaanottava laite osaa käsitellä sen. Kun signaalit kulkevat linjayhdistimen tai linjatoistimen kautta, ne muodostetaan uudelleen, jolloin tiedon häviämistä ei tapahdu pitkilläkään matkoilla [2, s. 79].



Kuva 8. KNX-väyläkaapelin + (A) ja - (B) -johtimen jännitekäyrät [2, s. 79]

Väyläjännite voi kuitenkin poiketa ideaalista solmukohtien määrän, jännitteen aleneman tai ulkoisten häiriöiden takia [2, s. 79].

Tiedonsiirtonopeus KNX-väylässä voidaan laskea ajasta $T = 104 \mu\text{s}$, joka on yhden bitin siirtoon kuluva aika (bittikehys).

$$v_{\text{bit}} = 1/T = 1 \text{ bit} / 104 \mu\text{s} \approx 9\,600 \text{ bit/s} [2, \text{s. } 79]$$

Tämä mahdollistaa 33 viestiä/s [5, s. 9].

Sanoman lähettämiseen ja vahvistamiseen kuuluu keskimäärin 25 ms. [1, s. 29]

Väylälaitteiden välinen kommunikaatio

Väylällä tapahtuva tietojen vaihto on tapahtumaohjattua, eli sanomat välitetään vain, kun sattuu sellainen tapahtuma, joka tekee siirrosta välttämättömän. Tiedot siirtyvät väylässä peräkkäin, sen vuoksi linjassa kulkee vain yksi tieto kerrallaan. KNX-väylä käyttää hajautettua väyläyhteysmenetelmää CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access With Collision Avoidance), jolla lähettävät laitteet varaavat siirtotietä lähettämällä siirtotien varaavan signaalin ennen varsinaista lähettävää tietoa. CSMA/CA perustuu törmäyksien estämiseen. Tämä takaa sen, ettei mitään tietoja pääse häviämään. [1, s. 29–30]

Signaaleille on mahdollista antaa eri prioriteetteja priorisointijärjestelmän avulla [1, s. 29]. Väylässä kulkevat signaalit voivat olla neljää eri prioriteettia: järjestelmäprioriteetti, hälytysprioriteetti, korkea prioriteetti ja matala prioriteetti [2, s. 84]. Normaalisti väylässä kulkeva tieto on matalaa prioriteettia.

Väylään liitetyt anturit, kuten painonapit, termostaatit, liiketunnistimet ja kellokytkimet lähettävät tietyn toimintaosoitteen sisältäviä sanomia väylään. Toimilaitteet, kuten releet ja himmenninohjaimet vastaanottavat ja suorittavat lähetetyn sanoman. Väylässä kulkevat sanomat ovat osoitteellisia, joten sanomat välittyvät vain sellaisille laitteille, joille ne ovat tarkoitettu. Samaan väylään liitettyjen laitteiden fyysisellä sijainnilla ei ole järjestelmän toiminnallisuuden kannalta väliä.

Sanoman rakenne ja osoitteenmuodostus

Väylällä kulkeva sanoma muodostuu väyläkohtaisista tiedoista, hyötytiedoista ja testitiedoista. Hyötytieto välittää tapahtuman esim. painikkeen painaminen. Testitiedon avulla havaitaan siirtovirheet.

Valvonta- ja tarkistussummakentistä saatavia tietoja tarvitaan häiriöttömän sanomaliikenteeseen. Väylälaitteet, jotka ovat saaneet osoitteen arvioivat näitä tietoja. Sanoman osoitekenttä sisältää aina lähde- ja kohdeosoitteen. Lähdeosoite on aina fyysinen osoite, joka kertoo mihin alueeseen ja linjaan lähetyslaite on asennettu. Esimerkiksi osoite 4.2.15 kertoo laitteen sijaitsevan alueella 4 ja linjassa 2 laite 15. Fyysinen osoite on osoitettu pysyvästi väylälaitteelle ja sitä käytetään vain käyttöönoton ja huollon yhteydessä. [1, s. 30]. Fyysiset osoitteet ovat muotoa alue.linja.laite.

Kommunikointikumppanit määrittellään ryhmäosoitteen avulla. Ryhmäosoite voi olla yksittäinen laite tai laiteryhmä, joka on kytketty omaan linjaan, toiseen linjaan tai jaettu linjojen kesken. Ryhmäosoite voidaan antaa jokaiselle laiteelle sen fyysisestä sijainnista riippumatta. Esimerkiksi ryhmäosoite 1/2/3 kertoo laitteen tai laiteryhmän sijaitsevan alueen 1 linjassa 3 ja olevan laite/laiteryhmä 3. Osoitteet ovat muotoa alue/linja/laite.

Yksittäinen laite voi kuulua useaan ryhmään. Esim. valaistusta ohjataan tilakohtaisilla ohjaimilla ja toisessa tilassa olevalla kytkimellä, jolla sammutetaan koko rakennuksen valot. Ryhmäosoitteella määrittellään järjestelmän tiedonsiirtoyhteydet.

Tietokenttää käytetään hyötytietojen, käskyjen, viestien, asetusparametrien, mittausarvojen, välittämiseen. [1, s. 30.]

Väylälaitteen rakenne

Kaikki laitteet, jotka kommunikoivat KNX-väylällä, koostuvat kahdesta osasta: väyläliitännäyksiköstä (BCU) ja käyttömoduulista (AM). Väyläliitännäyksikkö koostuu lähettävistä vastaanottimesta ja mikroprosessorista [2, s. 96]. Riippuen väylälaitteen tyypistä väyläliitännäyksikkö ja käyttömoduuli liittyvät toisiinsa joko fyysisen ulkoisen liitännän (PEI) kautta (uppoasennetut laitteet) tai ne ovat integroitu koteloon erottamattomana yksikkönä (DIN-kiskoasenteiset ja pintaliitoskomponentit). [1, s. 31–32; 2, s. 95]

Väylälaitteeseen, väylän kautta tulevat tiedot, tulevat ensin väyläliitännäyksikköön. Väyläliitännäyksikkö lähettää, vastaanottaa ja tallentaa erilaista tietoa, kuten fyysisen osoitteen, ryhmäsoitteet ja sovellusohjelman. Mikroprosessori koordinoi näitä toimintoja. Väyläliitännäyksikköön liitetty sovellusmoduuli määrittää väylälaitteen toiminnan. Se voi olla anturi kuten painikkeet ja binääritulot tai kytkin kuten binäärilähdöt, kytkentäyksiköt ja himmentimet. [1, s. 33]. Siten sovellusmoduuli erottaa väylään liitetyt laitteet toisistaan.

3.2.2 Radiotaajuus siirtotienä

Topologia

Radiotaajuutta käytettäessä KNX-järjestelmän laitteita ei tarvitse asentaa mihinkään hierarkkiseen järjestykseen. Verkon topologia on vapaa ja jokainen laite voi kommunikoida keskenään. Ainoastaan radiosignaalin kantama (100 m, [1, s. 75]) ja rakenteelliset olosuhteet (seinät, katot, huonekalut jne.) asettavat rajoituksia laitteiden sijoitukselle. Radioverkkoa voidaan kuitenkin laajentaa välivahvistimilla.

Koska eri KNX-radioverkkoihin liitetyt laitteet voivat vastaanottaa radiosanomaa toisista KNX-radioverkoista, lähettävät KNX-radiolähettimet sarjanumeronsa laitetunnuksena osana sanomaa. Vain vastaanottimet, jotka on liitetty sanoman lähettävään laitteeseen, käsittelevät sanomia.

Radioverkosta koostuva KNX-väylä voidaan liittää muuta siirtotietä käyttävään väylään mediakytkimen avulla. Ne kykenevät lähettämään tietoa siirtomediasta toiseen.

Asennuksissa on otettava huomioon vähintään 1 m:n vähimmäisetäisyys radiovastaanottimien/lähettimien ja häiriölähteiden, kuten sähköiset muuntajat, loistelamppujen kuristimet, mikroaaltolaitteet ja tietokoneet, välillä. [1, s. 87.]

Siirtoteknologia

Tiedot välittyvät kanta-aallon voimakkuuden vaihteluina (amplitudimodulaatio), taajuuden vaihteluna (taajuusmodulaatio), vaihesiirtona (vaihemodulaatio) tai näiden yhdistelmänä. Moduloitu kanta-aalto demoduloidaan vastaanottimissa. Logiikkatilat "0" ja "1" muodostetaan poikkeamalla 868,30 MHz:n kantotaajuudesta. Tiedonsiirtonopeus on 16 384 bittiä/s.

KNX-radiojärjestelmän käyttämä lähetystaajuus on ISM-taajuusalueella (Industrial-Scientific-Medical), ja sen suurin lähetysteho on 12 mW. Jokaisen laitteen radiolähteyksen työjako on 1 %, eli pisin lähetysjakso on 0,6 sekuntia minuutissa. Näin mikään laite ei lähetä jatkuvasti, eikä jatkuvia häiriösignaaleja, jotka voivat tukkia radiokanavan synny.[1, s. 40, 42.]

Radiotaajuutta käyttävän KNX-verkon liikenne ei ole millään lailla salattua. Tämä rajoittaa KNX RF:n käyttökohteita, sillä suojaamattoman liikenteen salakuuntelu tai häiritseminen on helppoa. [9, s. 10.]

Väylälaitteiden välinen kommunikaatio

Yksisuuntaiset laitteet lähettävät sanoman suoraan. Törmäykset ovat epätodennäköisiä johtuen edellä mainitusta 1 %:n työjaksosta. Kaksisuuntaiset laitteet tarkistavat radiokanavan vapauden ennen lähettämistä ja lähettävät sanoman kanavan ollessa vapaa.

Sanoman rakenne ja osoitteenmuodostus

Radiosanoma koostuu useista tietojaksoista, jotka erotetaan tarkistussumman tavuilla. Varsinaiset hyötytiedot (esim. kytkentä- tai himmennyskäsky) sisältyy tietojaksoihin. Jokaiseen laitteeseen valmistuksen aikana ohjelmoitu KNX-sarjanumero siirtyy jokaisen sanoman mukana ja tallentuu vastaanottimeen käyttöönoton tai laitteiden yhdistämien yhteydessä. KNX-sarjanumeroa käytetään väylälaitteiden osoitteenmuodostuksessa ja erottamiseen viereisistä KNX-radioverkoista.

Väylälaitteiden rakenne

KNX-radiokomponentit koostuvat väyläliitäntäyksiköstä (BCU) ja sovellusmoduulista (AM). Nykyään käytössä olevissa KNX-radiokomponenteissa väyläliitäntäyksikkö, sovellusmoduuli ja sovellusohjelmisto ovat yleensä kiinteästi yhdessä.

Komponentteja on saatavilla uppoasennettavina, pinta-asennettavina ja sisäänrakennettuina versioina. Uppoasennettavat laitteet koostuvat pääosin valojen kytketään ja himmennuksen sekä verho-ohjainten säätämiseen tarvittavista painiketuloista. Pinta-asenteisissa ja sisäänrakennetuissa komponenteista on saatavilla erilaisia antureita, toimilaitteita tai yhdistelmä laitteita.

Laitteissa on joko yksisuuntainen tai kaksisuuntainen radiolähetys riippuen niiden toiminnan mukaan. Yksisuuntaiset laitteet ovat pääosin akkukäyttöisiä antureita tai tunnistimia, jotka voivat joko lähettää (esim. seinälähettimet, binääritulot, ovikoskettimet) tai vastaanottaa (esim. toimilaitteet) radiosanomiamia. Kaksisuuntaiset laitteet voivat lähettää ja vastaanottaa radiosanomiamia, eli ne voivat olla saman aikaisesti antureita ja toimilaitteita.

Vahvistimet ovat kaksisuuntaisia laitteita, jotka reitittävät radiosanomiamia kantoalueen lisäämiseksi. Laite voi olla erillinen tai toiminnallisesti integroitu kaksisuuntaiseen kytkimeen.

Mediakytkimen avulla KNX-radiojärjestelmä on mahdollista kytkeä KNX TP:n tai Powerline KNX:n.

3.2.3 Sähköverkko siirtotienä

KNX-järjestelmä voi käyttää siirtotienä tavallista 230 V:n sähköverkkoa (Powerline KNX) eikä erillistä väyläkaapelointia ei tarvitse asentaa. Powerline KNX-laitteet tarvitsevat vain vaihe- ja nollajohtimen kytkennän. Laitteiden mitoitus ja käyttö on vastaavaa kuin parikaapeliväyläkomponenttien. KNX-järjestelmä huolehtii hierarkkisesta rakenteesta Powerline KNX:n toimiessa siirtotienä.

Powerline KNX täyttää eurooppalaisten standardien, DIN EN 50065 (viestinsiirto pienjänniteverkossa taajuusalueella 3 kHz-148,5 kHz) ja DIN EN 50090 (kotien ja rakennusten elektroniset järjestelmät HBES). Tiedonsiirtoon sähköverkossa järjestelmä käyttää hajautettua vaihtotaajuuskoodausta (S-FSK, spread frequency shift keying). Käytetyt taajuudet ovat 105,6 kHz (looginen 1) ja 115,2 kHz (looginen 0) taajuuskaistalla 95-125 kHz.

Linjayhdistimet ovat korvattu järjestelmäkytkimillä ja alueiden välinen fyysinen erotus tehdään kantoaaltoisalan avulla. Erillistä virtalähdettä ei tarvita, koska laitteet saavat virtaa suoran 230 V:n sähköverkosta.

Powerline KNX-järjestelmään voi asentaa yhteensä 15 linjaa, joihin on kytketty 255 väylälaitetta korkeintaan 8 alueeseen (30 600 laitetta) [1, s. 35–36].

Sähköverkkoa hyödyntävä KNX-järjestelmä on yleisesti käytössä vain Saksassa, joten sitä ei käsitellä tässä työssä tarkemmin. Suomessa keskitytään muita siirtoteitä hyödyntäviin ratkaisuihin. [1, s. 34.]

3.3 Komponentit

Komponentit voidaan jakaa neljään pääryhmään:

- Järjestelmäkomponentit (esim. virtalähteet, väylä-, linja- ja alueyhdistimet, linjatoistimet, USB-liitäntä, RS-232-liitäntä)
- Anturit (esim. kytkimet, liiketunnistimet, lasinrikkoilmaisimet)
- Toimilaitteet (esim. kytkinkyksiköt, valonsäätimet, binäärisisäänmenot)
- Muut laitteet (esim. loogiset komponentit, ohjauspaneelit).

[2, s. 61–62.]

Järjestelmäkomponentit ja toimilaitteet sijoitetaan yleensä sähkökeskuksen tai erillisen KNX-kotelon DIN-kiskoon. Väyläliitäntäyksikkö ja käyttömoduuli on integroitu DIN-kiskoasenteisilla laitteilla yhteen.

Pinta- ja uppoasenteisilla komponenteilla väyläliitäntäyksikkö ja käyttömoduuli kytetään fyysisen ulkoisen liitännän (PEI) kautta.

KNX-järjestelmän komponenteilla on kolme eri tilaa, jotka vaikuttavat laitteiden käyttöönottoon ja ohjelmoitavuuteen.

KNX-standardin tarjoamat kolme konfiguraatiota:

A-tila (automaattitila)

Yksinkertaisin käyttöönottomenetelmä, jota käytetään vain kun laitteiden toiminnot on selkeästi määritelty ja kun vain käyttäjäasetukset pitää asettaa. Käyttöönotto tapahtuu automaattisesti, kun laite liitetään väylään. Tämä käyttöönottotyyppi soveltuu loppukäyttäjille eikä koulutusta yleensä tarvita. Tällä hetkellä markkinoille ei ole saatavilla tämän käyttöönottotyyppin tuotteita. [1, s. 60.]

E-tila (helppokäyttötila)

Käyttöönotto tapahtuu keskusohjaimen, koodipyörän, KNX-tuotteissa olevien painikkeiden tai langattomien visuaalisten työkalujen avulla. E-tilan laitteet ovat yhteensopivia ylöspäin S-tilan kanssa.

Laitteilla rajoitettu toimivuus, jonka vuoksi ne sopivat vain pieniin tai keskisuuriin asennuksiin.

Käyttöönotto vaatii perustietoja järjestelmästä. [1, s. 60.]

S-tila (järjestelmätila)

Järjestelmä on vapaasti ohjelmoitavissa ETS-ohjelmalla. Kattaa sekä laajat että yksinkertaiset asennukset. Laitteilla on korkea toimivuus ja ohjelmoitavuus. Käyttöönotto on tarkoitettu vain ammattilaisille.

3.4 Sovelluskohteet

KNX-järjestelmään voidaan liittää rakennuksen talotekniset järjestelmät:

- valaistuksen ohjaus päälle/pois, tilanteet tai säätö
- aurinko- ja näkösuojien ohjaaminen ajan ja ulkoisten olosuhteiden perusteella
- väylään liitettyjen järjestelmien toiminta ennalta määrätyissä tilanteissa, esim. valojen syttyminen hätätilanteessa
- sisälämpötilan huone-/tilakohtainen ohjaus
- lämminvesivaraajan ohjaus
- turvallisuusjärjestelmät
- sähköenergian käytön hallinta
- väylään liitettyjen järjestelmien ja laitteiden käytön valvonta ja raportointi.

3.5 Käyttöönotto ja ohjelmointi

Ennen KNX-asennuksen käyttöönottoa tulee suorittaa testit järjestelmän toimivuudesta.

3.5.1 Väyläkaapeli siirtotienä

Ohjelmointi

Järjestelmän ohjelmointi tapahtuu PC:lle asennetulla ETS-ohjelmalla (Engineering Tool Software).

Laitteille pitää antaa fyysiset osoitteet ennen kuin sovellusohjelmat voidaan ladata laitteisiin. Fyysinen osoite ladataan tietokoneen ja ETS-ohjelman avulla väylään kytketyn liitännän (USB tai RS-232) kautta. Jokaiseen KNX-laitteeseen pitää fyysinen osoite ohjelmoida erikseen painamalla laitteessa olevaa ohjelmointipainiketta, jotta ETS-ohjelma tietää, mille laitteelle osoite on annettu. Tämä kannattaa tehdä etukäteen ennen komponenttien asentamista kentälle.

Fyysisen osoitteen ohjelmoinnin jälkeen järjestelmän komponenteille määritellään ryhmäosoitteet ja sovellusohjelmat. Komponenttien sovellusohjelmat ovat saatavissa valmistajien Internet-sivuilta. Laitteille on usein eri sovellusohjelmia, joiden perusteella laitteen toiminnot määräytyvät.

Ohjelmoinnin perusteella syntyy kohteen projektitietokanta. Tämä tietokanta tulee sisällyttää kohteen loppupiirustuksiin. Ilman projektitietokantaa komponenttien lisäys tai toimintojen muuttaminen vaatii koko järjestelmän uudelleen ohjelmointia.

Käyttöönotto

Ennen käyttöönottoa on tarkastettava järjestelmän komponenttien ja väyläkaapelien kytkennät sekä KNX-laitteiden sähkönsyötöt.

Käyttöönotossa järjestelmän laite- ja ryhmäosoitteet sekä sovellusohjelmat ladataan KNX-komponentteihin.

Toimintojen testaus tehdään huone ja toiminto kerrallaan. Testattava linja kytketään KNX:n virtalähteeseen tai oikosulkusuojattuun tasajännitelähteeseen. Väyläkaapelien päiden ja linjan väyläliittimien jännite ja napaisuus tarkistetaan. Väärien kytkentöjen testaus tehdään tarkistamalla muiden linjojen kaapeleiden päiden jännite. Jos jännitettä ei ilmene, johdotus on tehty oikein. Kaapeleiden päät ja liitokset on tarkistettava. On myös suositeltavaa testata väyläkaapelien pituudet. Lisäksi eristysvastuksen tulee olla vähintään 250 k Ω testijännitteellä 250 VDC [1, s. 89].

Testeistä on laadittava testipöytäkirja, josta ilmenee seuraavien testien tulokset:

- Asennettujen väylälaitteiden, kojerasioiden ja jakokeskusten sijainti ja kytkennät
- KNX-laitteiden sähkönsyöttöjen kytkennät
- Väyläkaapelin asennus ja kytkennät
- Jatkuvuus ja napaisuus
- Väyläkaapelin eristysvastus
- Väyläkaapeleiden kohdeluokitukset
- Jakokeskusten kaapeleiden kohdeluokitukset.

- Rajapintoihin liittyvät toiminnot

3.5.2 Radiotaajuus siirtotienä

Testaus

Huomioitava radiotaajuuslaitteita koskevat kauppa- ja teollisuusministeriön määräykset, radiotekniikkaa koskevat lait sekä viestintäviraston asettamat vaatimukset.

Yleistarkastuksen lisäksi on suoritettava koko järjestelmän toimintatesti. Kaikki toiminnot ja opetetut radioyhteydet anturien ja kytkinyksiköiden välillä on tarkastettava. Asennuksesta on tehtävä dokumentaatio, josta selviää järjestelmän oikea toiminta, koska laitteiden välisiä kytkentöjä voidaan muuttaa hyvin helposti eikä asennus vastaa sitten enää alkuperäisversiota.

Ohjelmointi

Radiojärjestelmän käyttöönotto eli radiolähettimen ja vastaanottimen kytkentä tehdään laitteessa olevan DIP-kytkimen avulla tai painikeohjauksena. Kytkin ja siihen liittyvä anturi kytketään käyttöönottilaan ja laitteet kytketään toisiinsa lähettämällä kytkentäsanoma.

3.6 Valaistuksen ohjaus

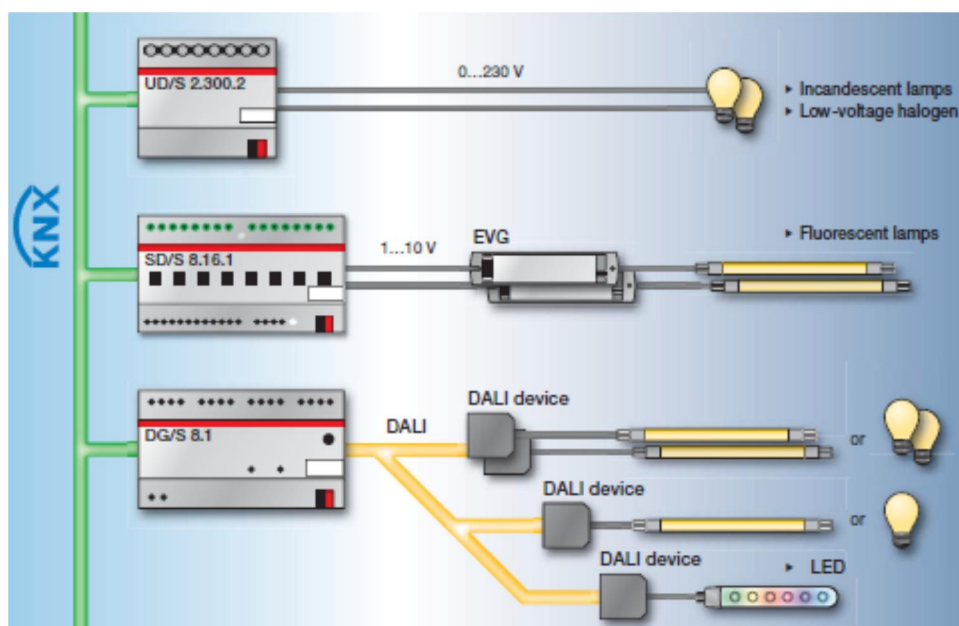
Valaistus sähkönkulutuksen osuus koko rakennuksen sähkön kulutuksesta on 20–45 % [13, s. 3]. Energiatehokas valaistus on usein myös kustannustehokkainta tapa vähentää hiilidioksidipäästöjä [13, s. 3]. Hyvin suunnitellulla valaistuksella ja sen ohjauksella onkin suuri merkitys rakennuksen kokonaisenergiankulutukseen.

Rakennuksen sisä- ja ulkovalaistusta voidaan ohjata eri tavoin antureista (kytkimet, läsnäolotunnistin, valoisuusanturi jne.) tai muista toimilaitteista (logiikkayksiköt, viikkokello jne.) tulevien tietojen perusteella. Valaistusta voidaan kytkeä ja himmentää, erikseen, ryhmissä ja monista eri paikoista. Lisäksi valaisimet voidaan yhdistää erilaisiksi valaistustilanteiksi ja liittää vakiovalotoimintoon.

Hehkulamppuja, verkkojännitteeseen suoraan kytkettyjä halogeenilamppuja ja perinteiseen tai elektroniseen muuntajaan liitetty halogeenilamppuja voidaan säätää himmennintoimilaitteella. Valonsäätö tapahtuu kaikissa tapauksissa verkkojännitteen vaihekulman säädöllä. [8, s. 6.]

Elektronisella liitäntälaitteella, jota voidaan säätää 0–10 V:n tai 1–10 V:n jännitteellä, varustettujen valaisimien säätö tulee tehdä himmennintoimilaitteella, jossa on 0/1-10 V ulostulo.

Jos valaistuksen ohjaus on toteutettu tai se halutaan toteuttaa DALI:lla (Digital Addressable Lighting Interface), se on mahdollista liittää KNX-järjestelmään. DALI-asennuksen suunnittelu tehdään ETS-ohjelmalla ja komponenttivalmistajan DALI-ohjelmoiityökalulla. DALI-käyttöliittymällä varustetut laitteet ohjataan erillisellä KNX-DALI-yhdyskäytävällä. Yhdyskäytävän kapasiteetista riippuen DALI-järjestelmä voidaan yhdistää täysin KNX-järjestelmään.



Kuva 9. Valaistuksen säätötavat KNX:llä [8, s. 9]

Vakiovalonsäädöllä toteutetulla valaistuksen ohjauksella voidaan vähentää valaistuksen sähköenergian kulutusta 25–60 % ja vastaavasti läsnäolotunnistimilla 20–35 % [13, s. 39].

Valaistus voidaan kytkeä seuraaviin toimintoihin:

- aurinko- ja näkösuoja, esim. aurinkosuojien/sälekaihtimien sulkeminen ja valon syyttäminen
- turvallisuus, esim. hälytys- ja sisä- ja ulkovalojen syttyminen
- turvavalaistus, esim. sisä- ja ulkovalot syttyvät hätätilanteissa. Markiiseja, aurinkosuojia ja kaihtimia käytetään aurinko- ja näkösuojana

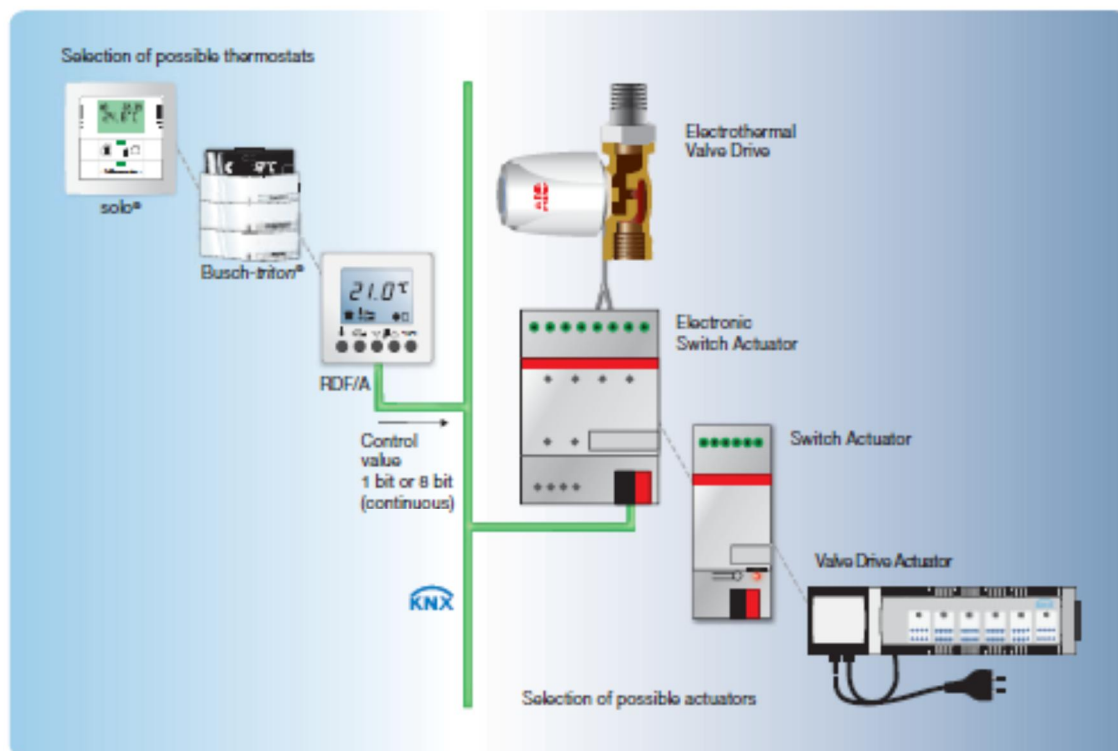
[1, s. 15].

3.7 LVI-järjestelmien ohjaus

Valaistuksen lisäksi KNX-järjestelmällä voidaan ohjata rakennuksen lvi-järjestelmiä. Näitä ohjataan joko suoraan KNX-komponenteilla tai jonkun toisen järjestelmän kautta. Jos lvi-järjestelmät ovat toisen järjestelmän ohjauksessa, tarvitaan väylälaite kommunikoidaan KNX:n ja muun järjestelmän välille.

Valmistajilta on saatavilla ilmastoinnin, ilmanvaihdon ja lämmityksen ohjaukseen tarkoitettuja KNX-komponentteja. Edellä mainittuja järjestelmiä voidaan ohjata joko huone-/tilakohtaisesti tai, jos KNX-järjestelmä on liitetty valvomojärjestelmään, valvomon kautta. On myös mahdollista yhdistää näiden kahden ohjaukset.

Esimerkiksi huoneen ilmastoinnin ja lämmityksen ohjaus voi olla läsnäoloon perustuva. Huonetta lämmitetään tai jäähdytetään vain silloin, kun siellä on joku paikalla. Lämmityksen ohjaukseen voidaan myös liittää ikkunoiden aukiolotieto, jolloin tilaa ei lämmitetä, jos ikkunat ovat auki. Ikkunoiden aukiolosta saadaan myös tieto mahdolliseen valvomojärjestelmään.



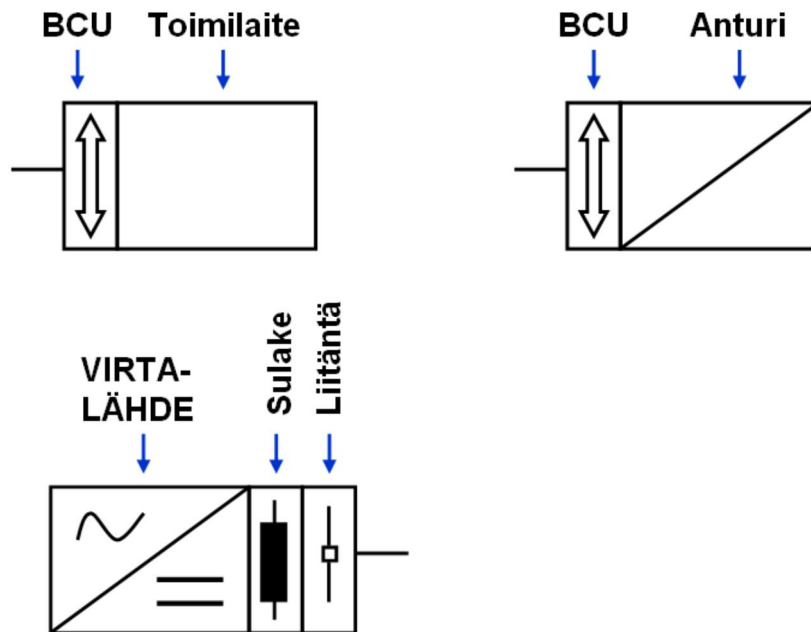
Kuva 10. Huonelämpötilan ja moottoriventtiin säätö KNX:n kautta [17, s. 13]

Kuvassa 10 patterin moottoriventtiiliä säädetään kytkintöimilaitteella huonetermostaattilta tulevan tiedon perusteella.

3.8 Esitystavat ja symboliikka

KNX-järjestelmän symbolit ovat tehty saksalaisen standardin DIN 40900 mukaisesti, mutta niitä ei ole virallisesti standardoitu [1, s. 163]. KNX-järjestö kuitenkin suosittelee, että dokumentoinnissa käytettäisiin KNX-järjestön symboleita.

BCU (Bus Coupling Unit) on laitteen liityntäyksikkö siirtomediaan (parikaapeli, sähköverkko, radiotaajuus)



Kuva 11. KNX-symboliikka [10, s. 1]

Kuvasta 11 nähdään, mistä osista KNX-järjestelmän symbolit koostuvat. Yleinen tunnus koostuu neliöstä, jonka sivun pituus on a ja liityntäyksikön mitat ovat $a \times a/4$. Jos laitteella on liityntä kahteen suuntaan, liityntäyksikkö on neliön molemmin puolin.



XXX = Tunnus

Kuva 12. Anturi ja toimilaite [1, s. 163]

Liitteessä 2 KNX-järjestön suosittemat symbolit.

4 Dokumentointi ja mallidokumentit

KNX-järjestelmän suunnittelu jakautuu viiteen eri vaiheeseen: hankesuunnittelu, ehdotussuunnittelu, yleissuunnittelu, toteutussuunnittelu, vastaanotto ja käyttöönotto.

Insinööriyössä tehtiin urakkalaskentatasoiset esimerkkidokumentit toimistorakennuksen KNX-järjestelmästä. Mallikohteeksi valittiin toimistorakennus, jossa on toistuvia kerroksia. Kaikissa dokumenteissa on KNX-komponentit yksilöity omalla osoitteellaan.

KNX-järjestelmästä tehtiin seuraavat dokumentit: tasokuvat (liite 3 ja 4), pääkaaviot (liite 5), järjestelmäkaavio (liite 6), mahdollisten mallihuoneiden tasopiirustus toimintaselostuksineen (liite 7 ja 8), piirikaaviot (liite 9) työpiirustusvaiheessa. Järjestelmäkaavioissa on suositeltavaa käyttää standardin DIN 40900 (liite 2) mukaisia piirrosmerkkejä.

Järjestelmäkaaviosta selviää KNX-järjestelmän topologia ja komponenttien sijainnit rakennuksessa lisäksi mahdolliset liittynät muihin järjestelmiin. Mallikaaviossa KNX-järjestelmä on liitetty Modbus-väylän kautta valvonta-alakeskukseen ja KNX/IP-rajapinnan kautta Internetiin.

Tasopiirustuksesta on hyvä tehdä erillinen KNX-taso, josta selviää järjestelmän kaapelointi, kentällä olevat laitteet ja niiden laiteosoitteet. Edellä mainittujen asioiden lisäksi mallitasossa on esitetty myös KNX:llä ohjattavat DALI-valaisimet.

Tasokuvasta tulee selvittää KNX-järjestelmän kenttälaitteiden sijainti, johdotukset ja laitteet joita ohjataan KNX-väylän kautta. Standardin DIN 40900 mukaiset symbolit eivät sovellu tasopiirustuskäyttöön, joten piirrosmerkkeinä on hyvä käyttää normaaleja piirrosmerkkejä.

Lisäksi on suositeltavaa tehdä ns. ohjelmointitaulukko (liitteet 10 ja 11) tasokuvien ja pääkaavioiden perusteella. Ohjelmointitaulukko (taulukko 2) selvittää yksityiskohtaisesti laitteiden väliset yhteydet, missä komponentit sijaitsevat (esim. jakokeskus tai tila) ja toimii samalla laiteluettelona. Lisäksi taulukosta selviää lyhyesti, mitä komponentti tekee. Ohjelmointitaulukko on hyvä tehdä tilakohtaisesti ja liittää sen yhteyteen selostus KNX-järjestelmän toimintaperiaatteista ja toteutuksesta kyseisessä tilassa (liite 7 ja 8).

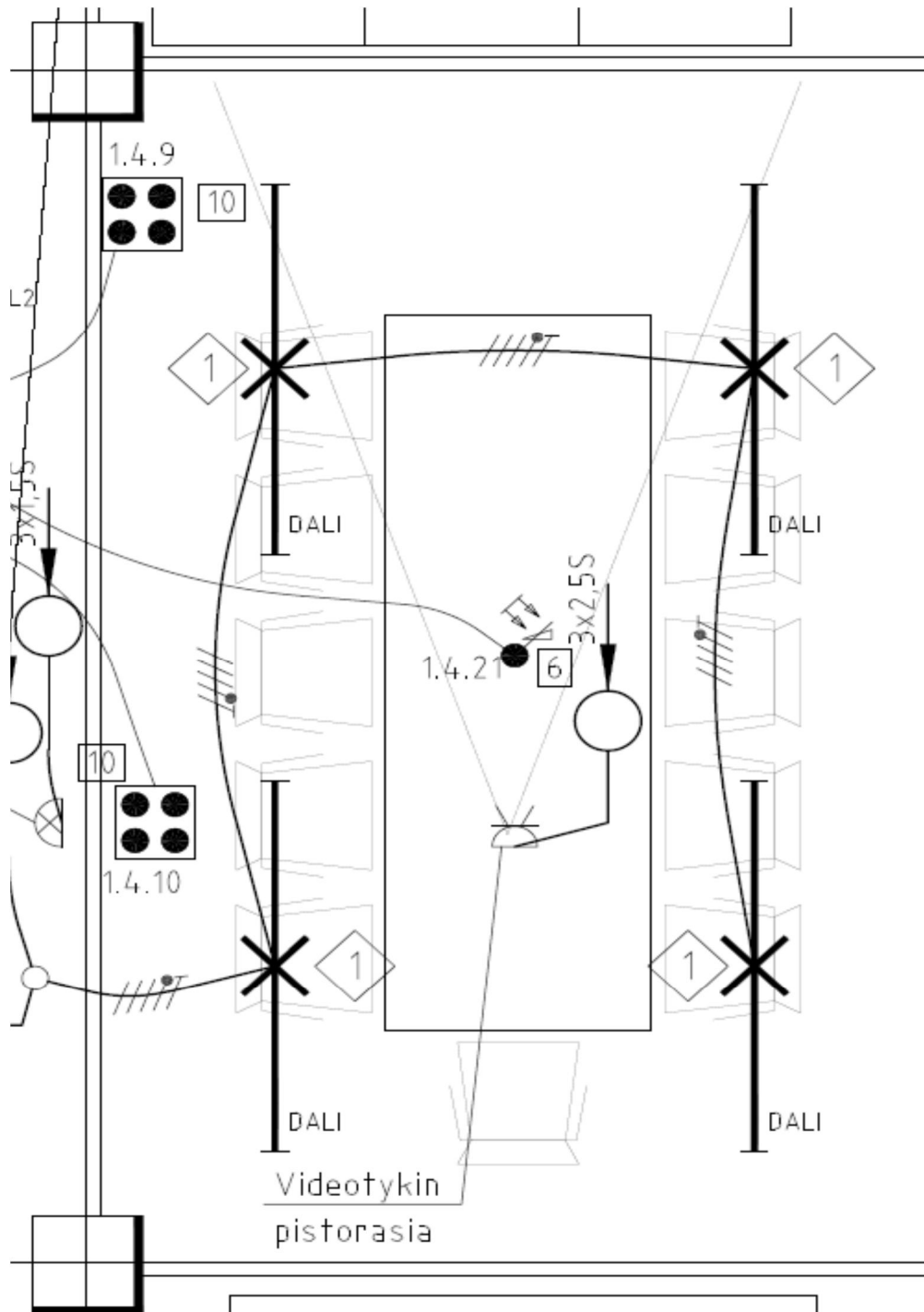
Taulukko 2. Esimerkki ohjelmointitaulukosta

Laite	Laiteosoite	Kanava	Tyyppi	Sijainti	Selitys
ABB 6131/11- 24-500	1.4.21	1	Läsnäolotunnistin	JK4	Ohjaa va- laistusta
ABB SV/S 8.10.5S	1.4.51	a	kytkinyksikkö 8x10A	JK4	varattuvalo

Ohjelmointitaulukon ja tilakohtaisen selostuksen perusteella saadaan tilaan ohjelmoitua halutut toiminnot. Jos rakennuksessa on monta saman käyttötarkoituksen omaavaa tilaa, jokaisesta ei tarvitse tehdä omaa selostusta vaan mallihuoneen voi olla riittävä.

Tilakohtaisessa selostuksessa kerrotaan, mitä asioita ja miten KNX:llä halutaan ohjata. Esimerkiksi neuvotteluhuoneessa (liite 8) voi olla erilaisia tilanteita valaistukselle, jota ohjataan painikkeille. Valaistusta voidaan myös ohjata läsnäolotiedon perusteella. Valaistus syttyy yleisvalaistus-tilaan, kun huoneessa havaitaan liikettä ja sammuu tietyn ajan kuluessa, kun tilassa ei havaita liikettä. Myös järjestelmän komponenttien esimerkkityypit on määritelty.

Kuvassa 13 on esitetty neuvotteluhuoneen tasopiirustus. Kyseisestä piiruksesta selviää KNX-komponentit, niiden fyysiset osoitteet sekä väyläkaapelointi. Myös KNX-järjestelmään liittyvien valaisimien sähkökaapelit on esitetty.



Kuva 13. Mallihuone, neuvottelu

KNX-projektista tulee myös säilyttää ohjelmoinnin yhteydessä syntynyt projektin ETS-tietokanta. Tietokantaa tarvitaan, kun järjestelmään lisätään komponentteja tai halutaan muuttaa laitteiden toimintaa. Ilman alkuperäistä tietokantaa edellä mainitut muutokset edellyttäisivät järjestelmän uudelleen ohjelmointia.

Pääkaaviosta (liite 5) tulee selvittää kaikkia sähkökeskuksissa tai erillisissä KNX-keskuksissa olevat toimilaitteet, mitä ryhmiä ne ohjaavat ja mitkä ryhmät ovat minkä suojalaitteen takana. Pääkaaviossa voidaan esittää keskuksen sisäinen KNX-väyläkaapelointi. Lisäksi pääpiireissä olevat komponentit esitetään koskettimien tarkkuudella [16, s. 2].

5 KNX-järjestelmän hyödyt ja haasteet

Vaikka KNX on kehitetty jo 1990-luvun alussa, se on alkanut Suomessa leviämään vasta viime vuosina. Tämä tarkoittaa sitä, että urakoitsijoilla, suunnittelijoilla ja tilaajilla ole vielä riittävän laajasti käytännön kokemusta KNX-järjestelmistä ja niiden suunnittelusta. Tämä aiheuttaa sen, että kohteissa, joissa KNX:stä saattaisi hyötyä, sitä ei osata tai uskalleta vaatia kohteeseen. Myös investoinnin kannattavuus voi olla vaikea osoittaa, koska käyttökokemuksia pidemmältä ajalta ei ole kunnolla saatavilla.

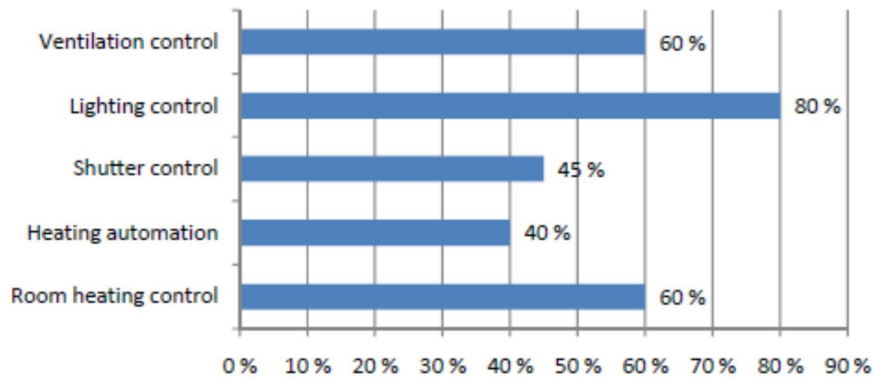
Järjestelmän käyttöönotto vaatii ohjelmoinnin, joka toisaalta mahdollistaa monipuolisten toimintojen tekemisen. Jokaiseen yksittäiseen komponenttiin pitää ohjelmoida fyysinen osoite, joka kannattaa tehdä ennen komponentin varsinaista asentamista. Kun komponenttien fyysiset osoitteet on määritetty, muutosten teko ei välttämättä edellytä fyysisiä muutoksia järjestelmässä. Ohjelmalliset muutokset voidaan tehdä verkon yli.

5.1 Energiankulutus

Koska järjestelmä on vielä tällä hetkellä kallis, siihen investointia pitäisi pystyä perustelemaan asiakkaalle. Varmastikin suurin rahallinen hyöty, mitä järjestelmään investomisesta saadaan, ovat säästöt energiankulutuksessa ja sitä kautta rakennuksen käyttökustannusten alenemisessä.

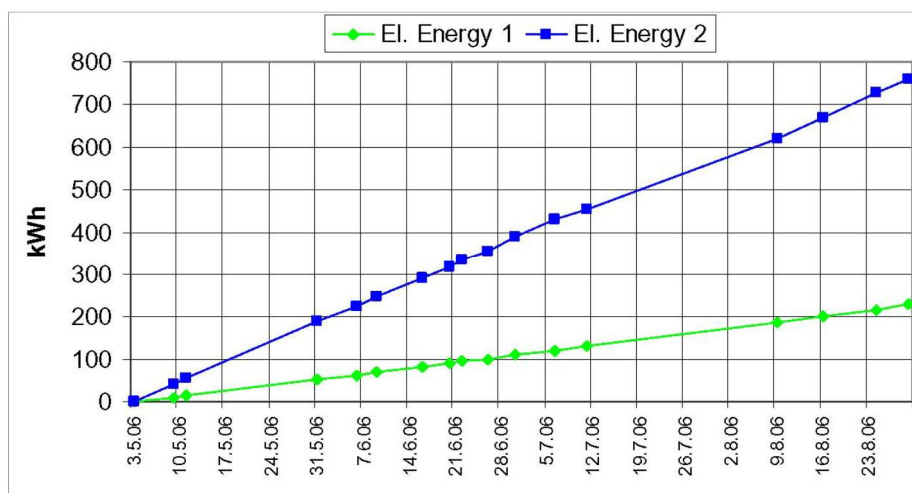
Tutkimuksissa on havaittu, että KNX-järjestelmällä voidaan vähentää eri järjestelmien energian kulutusta verrattuna perinteiseen sähköjärjestelmään [14, s. 25]. Suurin energiansäästöpotentiaali on valaistuksessa (kuva 14).

Reduced energy consumption by using home and building control systems



Kuva 14. Potentiaalinen energiansäästö KNX-järjestelmällä [14, s. 25]

Bremen University of Applied Sciences:ssä vuosina 2002–2007 toteutetussa tutkimuksessa verrattiin kahden eri luokkahuoneen energian kulutusta. Toisessa lämpötilan valaistuksen säätö oli toteutettu perinteisesti ja toisessa KNX:llä. Tutkimuksessa havaittiin, että KNX saatava energiansäästö on merkittävä. Kuvassa 15 on esitetty valaistuksen energiankulutus normaalilla ohjauksella ja KNX läsnäolo- ja valoisuusantureilla. KNX-ohjauksella saatiin valaistuksen energiankulutus putoamaan 30 % verrattuna perinteisellä ohjauksella toteutettuun järjestelmään [15, s. 6]. Kokeesta saatu tulos on samaa suuruus luokkaa kuvassa 14 esitettyyn arvoon. Pitää kuitenkin huomioida, että koe tehtiin kahdessa luokkahuoneessa, joten tuloksia voidaan käyttää vain suuntaa antavina isommissa rakennuksissa.



Kuva 15. Valaistuksen energiankulutus [15, s. 6]

5.2 Muuntojoustavuus

Nykyisin tiloilta ja rakennuksilta vaaditaan muunneltavuutta, koska rakennuksen alkuperäinen toiminta lakkaa ja uusi toiminta vaatii tilojen muuttamista. Tämä asettaa erityiset vaatimukset tilojen toiminnalle. Esimerkiksi toimistotalo, jossa vuokralaiset ja heidän tilantarpeensa saattavat muuttua kuukausittain: työpisteitä tulee lisää tai toimistotilaa muutetaan kokoustilaksi.

Muuntojoustavuus voidaan jaotella muunneltavuuteen, joustavuuteen, täydennettävyyteen ja laajennettavuuteen [7, s. 27]. Muuntojoustavuus parantaa rakennuksen käyttöastetta, tuottavuutta ja arvon säilymistä.

Tärkeimpiä muutosten tekemiseen olevia syitä:

- toiminta laajenee tai siirtyy toiseen paikkaan
- toiminta muuttuu tai vaihtuu
- toimintaa on tehostettava
- rakennus on vanhentunut

[7, s. 27].

Helsingin kaupunki on havainnut, että muutoksiin tulee varautua jo suunnitteluvaiheessa, sillä käyttötarkoituksen muuttuminen vaikuttaa erityisesti talotekniikkaan [4, s. 47]. Kyky vastata käyttäjien muuttuviin tarpeisiin on liiketoimintojen muutosten takia tärkeää monille yrityksille.

Talotekniikan osalta muuntojoustavuudella tarkoitetaan varautumista muutoksiin rakennuksen tiloissa ja niiden käytössä.

- työpisteet (avotoimistossa yms.)
- järjestelmien ohjaustavat
- tilojen väliseinät
- lämpö- ja sisäiset kuormat
- tilojen käyttötarkoitus

- olosuhdevaatimukset
- lisärakentaminen

[4, s. 47–48.]

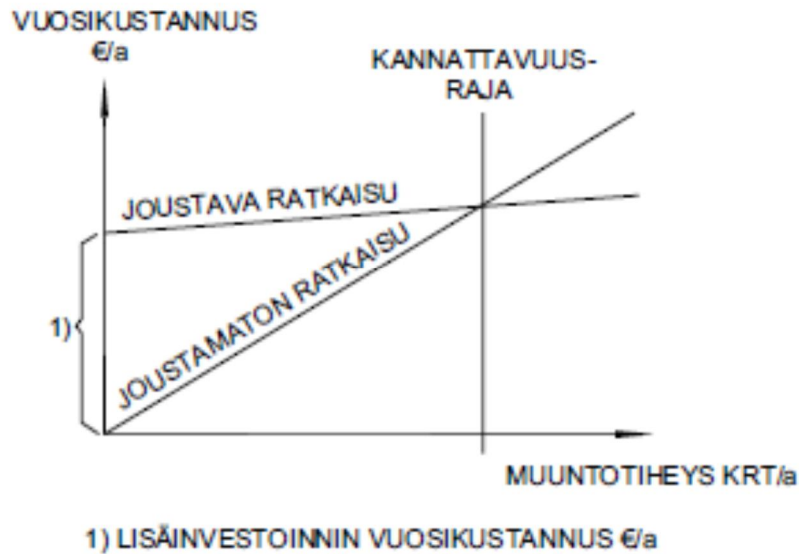
Muutokset vaikuttavat tilojen ilmamääriin, sähkönjakeluun, tietotekniikkaan, valaistukseen, tilojen lämpötilan säätöön, kulunvalvontaan jne. Nämä muutokset aiheuttavat toimenpiteitä ilmanvaihtokanaviin, putkistoihin, johdotuksiin jne. Muutosten tekeminen aiheuttaa usein tilantarpeen lisääntymisen tai järjestelmien reittien muutoksia. Muunneltavuus edellyttää järjestelmiltä avoimuutta, yhteensopivuutta muiden järjestelmien kanssa sekä muuntojoustavuutta.

Suunnitteluvaiheessa eri teknisiä ratkaisuja verratessa tulisi ottaa huomioon mm.

- ennakoitavissa olevat käyttäjän tarpeet
- mahdollisuus järjestelmien täydentämiseen myöhemmin
- vaikutukset rakennusteknisiin ratkaisuihin ja kustannuksiin.

[4, s. 48.]

Lisäinvestointien kannattavuutta voidaan tarkastella arvioimalla muuntotiheys ja laske-
malla sille vuosikustannus (esim. väliseinämuutokset vuodessa). Varautuminen muu-
tosten aiheuttamiin suoriin kustannusvaikutuksiin ei riitä vaan on lisäksi arvioitava esim.
vuokranmenetyksen suuruus. Muuntojoustavuus tulisikin liittää elinkaarikustannuksiin
tai elinkaarituottoihin. Vertailemalla järjestelmien ominaisuuksien yhteyttä muuntojous-
tavuuteen ja niiden vaikutusta elinkaaren aikaisiin tapahtumiin tulisi arvioida erilaisten
vaihtoehtojen perusteella. Näitä vaihtoehtoja vertailemalla voidaan löytää kannatta-
vuusraja muuntojoustavuuden aiheuttamalle lisäinvestoinneille (kuva 16).



Kuva 16. Esimerkki muuntojoustavuusinvestoinnin kannattavuuden arvioinnista [6, s.3]

5.2.1 Muuntojoustavat sähköasennukset

Usein toimistorakennuksissa ei vielä suunnitteluvaiheessa tiedetä millainen yritys tilan vuokraa. Tämä edellyttää sähköjärjestelmiltä muunneltavuutta. Onkin suositeltavaa ylimitoittaa sähköjärjestelmät yli alkuperäisen tarpeen.

Perinteisesti sähköjärjestelmien muunneltavuus on toteutettu johtokouruilla ja kaapelihyllyillä. Johtokouruihin on helppo tehdä lisäyksiä, esim. pistorasian tai valokytkimen lisäys. Nämä muutokset vaativat usein johdotusten lisäystä tai muutosta, lisäksi johtokourut ovat kiinteästi asennettuja.

Rakennukseen asennettu KNX-järjestelmän ansiosta muutosten teko tapahtuu ohjelmallisesti. Alkuperäiseen ETS-tietokantaan lisätään tai muokataan tarvittavat muutokset ja ne ladataan KNX-järjestelmään. Tässäkin tapauksessa muutoksiin tulee varautua ylimääräisillä johtoreiteillä, jolloin yksittäisten komponenttien lisääminen on helppoa. Jos selvittää pelkästään ohjelmallisilla muutoksilla, säästetään johdotus- ja asennuskuluissa sekä tilan normaalille käytölle aiheutuu vähän haittaa. Lisäksi ohjelmalliset muutokset voidaan tehdä etäyhteyden kautta, joten muutosten teko ei välttämättä edellytä käyntiä paikan päällä. Tämä tietysti edellyttää sitä, että järjestelmästä on saavilla kaikki dokumentit ETS-tietokanta mukaan lukien. Jos tietokantaa ei ole saatavilla, järjestelmä joudutaan ohjelmoimaan kokonaan uudelleen.

KNX-järjestelmä voidaan toteuttaa langattomasti, jolloin antureita ei tarvitse johdottaa. Langattomat ratkaisut ovatkin hyvin muuntojoustavia, kaapelointireiteistä ei tarvitse huolehtia ja muutosten tekeminen on nopeaa. Ne soveltuvat hyvin saneerauskohteisiin, koska uusien johtoreittien teko voi olla hankalaa ja aikaa vievää. Suojelluissa kohteissa jopa mahdotonta.

Esimerkiksi valokytkimen sijoitukselle ei ole muita rajoitteita kuin radiosanoman kantavuus ja se voidaan asentaa sellaisille pinnoille joihin johdotus on mahdotonta. Langattomia järjestelmiä käytettäessä pitää kuitenkin huomioida laitteiden akkujen tai paristojen rajallinen kesto, ympäristön vaimennukset ja interferenssit (rakenteen, huonekalut, ihmiset, matkapuhelimet). Jos järjestelmässä on useita satoja akku- tai paristotoimisia laitteita, niiden vaihtaminen on työlästä. Järjestelmä ei siis toimi täysin itsenäisesti vaan vaatii huoltoa akkujen ja pattereiden osalta, tarkastusten ja vaihtojen muodossa.

Langattomat järjestelmät pienentävät kaapeloinnista aiheutuvia kuluja. Erityisesti saneerauskohteissa kaapelointi on merkittävä kustannustekijä. Sähköurakan osuus saattaa olla jopa puolet rakennusautomaatiourakan kustannuksista [11, s. 163].

5.3 Mittarointi

Tilamuutokset aiheuttavat usein myös muutoksia energiamittauksiin. Vuokralaisen vaihtuessa tai vuokrattavan tilan laajentuessa mittausalueet muuttuvat. Samalla alueella voi olla useampi käyttäjä tai vuokralainen on useammalla mittausalueella. Tämä hankaloittaa energian mittausta ja vuokralaisen laskutus on usein pinta-alaan ja käyttöön perustuva. Eri valmistajilla onkin tarjolla KNX-väylään kytkintoimilaitteita energian mittauksella tai energianmittareita, jotka voidaan liittää KNX-väylään erillisellä väyläyhdistimellä.

6 Yhteenveto

Insinööriyön teko lähti tarpeesta luoda esimerkkiprosessisuunnitelmat KNX-järjestelmästä ja ohjeistus niiden dokumentoinnista Yhtyneet Insinöörit Oy:n käyttöön. Aloitettaessa työtä kunnollista ohjeistusta tai malleja ei dokumentoinnista yrityksessä ollut, joten mallidokumentit auttavat suunnittelijoita tulevilla KNX-projekteilla.

Edellä mainittujen asioiden lisäksi insinööri työ antaa lukijalle tarvittavat teoreettiset tiedot KNX-tekniikasta ja sen toteutuksesta.

Koska KNX-järjestelmä mahdollistaa monimutkaisten toimintojen toteuttamisen, niin suunnittelijalta vaaditaan riittävästi tietoa järjestelmästä ja dokumentoinnin pitää olla riittävän yksiselitteinen, jotta järjestelmä tulee toimimaan suunnitellulla tavalla. Tässä työssä syntyneet mallidokumentit antavatkin hyvän lähtökohdan suunnittelijoille. On kuitenkin selvää, että mallisuunnitelmat eivät ole täydellisen ja ne tulevatkin kehittymään tulevaisuudessa.

Lähteet

- 1 KNX Finland ja Sähköinfo Oy. 2006. Käsikirja asuntojen ja rakennusten ohjauksiin. KNX peruseriaatteet.
- 2 Merz Hermann, Hansemann Thomas, Hübner Christof, Backner James, Moser Viktoriya, Greefe Leena. 2009. Building Automation. Communication Systems with EIB/KNX, LON, and BACnet. Springer.
- 3 KNX-järjestelmän perusteet kurssin luentomateriaali. 2010. Sähköinfo Oy. Luettu 20.07.2011.
- 4 ST-käsikirja 21 Kiinteistöjen tiedonsiirtoväylät. 2006. Espoo: Sähköinfo Oy.
- 5 ST 701.60 Kenttäväyläteknikka. 2009. Espoo: Sähköinfo Oy.
- 6 ST 701.30 Talotekniikan hajautetut tietojärjestelmät. Peruskäsitteet ja suunnittelun yleisohje. 2005. Espoo: Sähköinfo Oy
- 7 Pulakka Sakari, Heinonen Ismo, Junnonen Juha-Matti, Vuolle Mika. VTT 2007. Talotekniikan elinkaarikustannukset. <<http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2007/T2409.pdf>>. Luettu 19.7.2011.
- 8 ABB i-bus KNX Application Manual, Lighting. ABB 2010. <http://www.knx-gebaeudesysteme.de/sto_g/English/APPLICATIONS/2CDC500051M0202_Applikation_sHB_lightingcontrol_EN.pdf>. Luettu 25.07.2011.
- 9 Christian Reinisch, Wolfgang Granzer, Georg Neugschwandtner, Fritz Praus, Wolfgang Kastner. KNX Scientific Conference 2006. Wireless Communication in KNX/EIB.. <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.154.8488&rep=rep1&type=pdf>> . Luettu 20.7.2011.

- 10 http://www.knx.fi/uusi/images/fbfiles/files/KNX_symbolit.pdf. Luettu 26.7.2011.
- 11 Kurnitski Jarek, Seppänen Olli, Paatero Jukka, Jokisalo Juha, Alanne Kari, Said Arshe, Heikkilä Pekka. Energiajärjestelmät ja –tehokkuus. Katsaus Kestävä Yhteiskunta – teknologiaohjelmalle. Tekes. <http://www.tekes.fi/fi/gateway/PTARGS_0_201_403_994_2095_43/http%3B/tekes-ali1%3B7087/publishedcontent/publish/programmes/yhdyskunta/documents/energiakatsaus.pdf>. Luettu 25.7.2011.
- 12 Matthias Wissner. 2011. Applied Energy Volume 88, Issue 7, July 2011. The Smart Grid – A saucerful of secrets?.
- 13 Dubois Marie-Claude, Blomsterberg Åke. 2011. Energy saving potential and strategies for electric lighting in future North European, low energy office buildings: a literature review.
- 14 Marttila Satu. Diplomityö. 2009. Home Automation – A Challenge for Electrical Designers, Contractors and Electricians. <<http://lib.tkk.fi/Dipl/2009/urn100017.pdf>> Luettu 28.7.2011.
- 15 Mevenkamp Manfred, Beinaar Ingo, Eder Christian. Institut für Informatik und Automation, Hochschule Bremen. KNX-based Energy Efficient Heating and Lighting in Educational Buildings. <<http://www.eiba.co.za/pdf/bremen-highschool-knx-study.pdf>> Luettu 28.7.2011.
- 16 ST 701.31 Sähköautomaatiototeutus KNX-järjestelmää käyttäen. Sähköinfo Oy 2012. Espoo: Sähköinfo Oy.
- 17 ABB i-bus KNX Application manual, Heating/ Ventilation/ Air Conditioning. ABB 2010. <http://www.knx-gebaeudesysteme.de/sto_g/English/APPLICATIONS/2CDC500067M0201_Applikation_sHB_HVAC_EN.pdf>. Luettu 15.05.2013.

KNX-väyläkaapelin vaatimukset

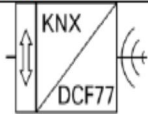
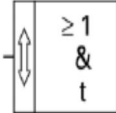
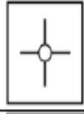


KNX-väyläkaapelin vaatimukset	
1 Erittely	Väyläkaapelin on noudatettava vähintään standardin IEC 189-2 tai vastaavan kansallisen määräyksen vaatimuksia, ellei sitä ole määritetty toisessa normissa
2 Johtimen läpimitta	min. 0,8 mm, maks. 1,0 mm
3 Johdinmateriaali	Kupari, yksijohdin ja kerrattu
4 Kaapelityyppi	
4.1 Ulkokotelon vaippa vaadittu	
4.2 Säikeet	2 = yksi kerrattu pari 4 = kaksi kerrattua paria Tyyppi 1: 2 kerratut parit, kerrattu pareissa Tyyppi 2: kerratut säikeet, tähtinelikierre Kaikkien säikeiden tulisi olla erilaisia
4.3 Kierretty	min. 5/m
4.4 Suoja	Tarpeellinen -suojan tulee peittää koko ympärysmitta -hitsauslanka: läpimitta min. 0,4 mm
5 Johtimen kapasiteetti/johdin	maks. 100 nF/km (800 Hz, 20 °C)
6 Ylikuulumisen vaimennus	1 kHz: suurempi kuin 80 dB 10 kHz: suurempi kuin 70 dB 100 kHz: suurempi kuin 60 dB
7 Vetojännitys	Kaksijohdinkaapeli: min. 50 N Nelijohdinkaapeli: min. 100 N
8 Eristysresistanssi	100 M Ω x km (20 °C) tai 0,011 M Ω x km (70 °C)
9 Koejännite säikeistö/säikeistö	800 V
10 Ylimääräinen suurjänniteteoestus	Testi standardin DIN VDE 0472-508 mukaan Testityyppi A tai HD 21.1 S2 ja HD 21.2 S2 kuitenkin: Koejännite: 2,5 kV, 50 Hz Testin kesto: 5 minuuttia, 1 minuuttia Testin rakenne: Kaikki johtimet ja suojat yhdistetty kotelon ulkopintaa vastaan; vesihaude
Varoitus:	
Standardi DIN VDE 0829 ilmoittaa ylimääräisen suurjännitteen koejännitearv	
KNX-sovellukseen suositellaan seuraavia kaapeleita:	
YCYM 2x2x0,8	Käyttö kuivissa, kosteissa ja hyvin kosteissa huoneissa. Koejännite 4 kV
J-Y (St) Y 2x2x0,8	Käyttö kuivissa ja kosteissa. Koejännite 2,5 kV
JH (St) H2x2x0,8	Halogeeniton kaapeli, asennetaan lomittain
A-2Y (I) 2Y tai	Maanalainen telekaapeli, asennettu
A-2YF (Q) 2Y	ulkoalueilla

KNX-symbolit

Perusosia ja järjestelmäkomponentteja

Nro	Tuotteen nimi	Lyhenne	Symboli
001	Väyläliityntäyksikkö	BCU	
002	Sulake	CH	
003	Virtalähde	PSU	
004	Virranjakelu, johon integroitu sulake. Virtalähde yksikkö	PSUTCH	
005	Linjayhdistin	LC	
006	Alueyhdistin	AC	
007	Toistin	RC	
008	Käyttöliittymä sarjaportin kautta	RS232 (V24)	
009	Ulkoinen käyttöliittymä, Yhdyskäytävä (Gateway)	GAT	
010	Käyttöliittymä, ADSL		
011	Käyttöliittymä, USB		
012	Käyttöliittymä, IP-reititin		
013	Käyttöliittymä, Logiikka		
014	Käyttöliittymä, Kenttäväylä		

KNX-symbolit

Nro	Tuotteen nimi	Lyhenne	Symboli
015	Käyttöliittymä, DCF77		
016	Sovellusten ohjaus Sovellusten valvonta ohjaus elementti Tilanne-elementti Logiikkaelementti Yhdistävä elementin Ajanvalvonta		
017	Liitin		
018	Taajuussalpa		
019	Vaiheyhdistin/ toistin		

KNX-symbolit

Anturit

n = tulojen lukumäärä [1, 2, 3, ...]

Nro	Tuotteen nimi	Lyhenne	Symboli
020	Anturi, yleinen a) Kenttä sovellusohjelmiston tunnistamiseksi b) Kenttä fyysisten tulojen lukumäärä, tulokanavien tunnistamiseksi		
021	Anturi, yleinen - Ylimääräisellä syötöllä		
022	Binääri anturi Binääri sisääntulo Binääri laite Sisääntuloliitin Painonappi liityntä b) Kenttä fyysisten tulojen lukumäärä, tulokanavien tunnistamiseksi		
023	Esim. DC		
024	esim. AC		
025	esim. 2 tuloa, AC		
026	Binääri / analoginen anturi Binääri / analoginen tulo Binääri / analoginen laite		

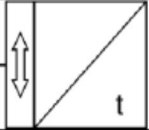
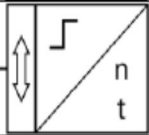
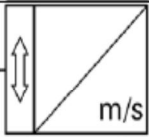
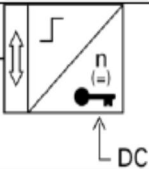
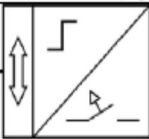
Nro	Tuotteen nimi	Lyhenne	Symboli
027	Analoginen anturi Analoginen tulo Analoginen laite		
028	Kosketusanturi Painonappi		
029	Himmennys anturi Himmennys painonappi		
030	Ohjaus kosketusanturi Ohjaus painonappi		

KNX-symbolit

031	Verhoanturi Verhopainonappi		
032	IR-lähetin		
033	IR-vastaanotin		
034	IR-vastaanotin n-reittiä painonappeja		
035	IR-dekooderi		
036	IR-vastaanotin / dekooderi		
037	Valoisuusanturi		
038	Valoisuustunnistin Valoisuusarvo -kytkin Hämäräkytkin painonappi		

Nro	Tuotteen nimi	Lyhenne	Symboli
039	Lämpötila-anturi		
040	Lämpötilatunnistin Lämpötila-arvo -kytkin Huonetermostaatti		
041	Liiketunnistin PIR = Passiivinen Infrapuna US = Ultraääni		
042	Liiketunnistin		

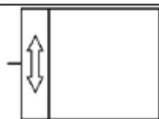

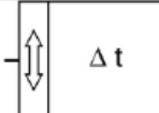
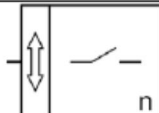
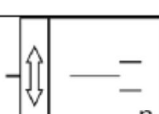
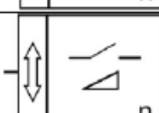
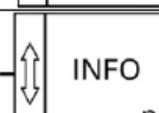
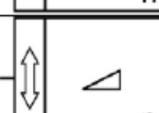
KNX-symbolit

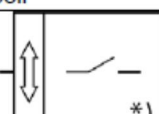
043	Kello Ajastin		
044	Ajastin Aika-arvo painonappi		
045	Tuulenopeus anturi		
046	Kytkin lukittava		
047	Automaattinen katkaisun seuranta		

KNX-symbolit

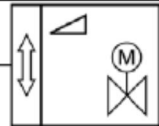
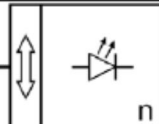
Toimilaitteet

n = lähtöjen lukumäärä [1, 2, 3, ...]

Nro	Tuotteen nimi	Lyhenne	Symboli
048	Toimilaite, yleensä		
049	Toimilaite ylimääräisellä syötöllä		
050	Toimilaite, yleismerkki varustettuna viiveellä		
051	Kytchentätoimilaite Kytchentä laite Binaäriähtö Binaäri-laite Lähtöliitäntä		
052	Verhotoimilaite Verhokytkin		
053	Himmennys toimilaite Kytchentä / himmennys toimilaite		
054	Näyttöpaneeli Näyttöyksikkö Näyttöpääte Info-näyttö, esim. 8-tie		
055	Analoginen toimilaite Analoginen lähtö Analoginen laite Säädin Ohjausyksikkö		

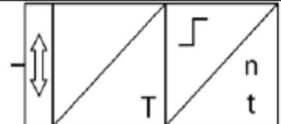
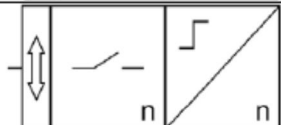
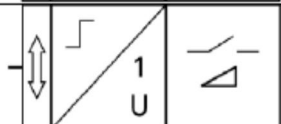
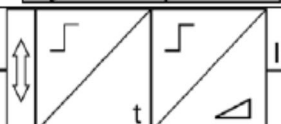
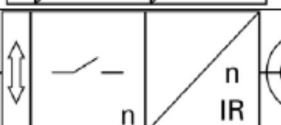



Nro	Tuotteen nimi	Lyhenne	Symboli
056	Pulssitoiminen kytkin esim. sähkölämmitys / lämmitysventtiili) Toiminto: Kytkee lähdön Päälle / Pois päältä (0-100%); eli jos 60% on määritelty analogiseksi arvoksi, ulostulo on päällä 60% kokonaisajasta ja pois päältä 40% ajan. (Ajastimet noin 64 sekuntia		

KNX-symbolit

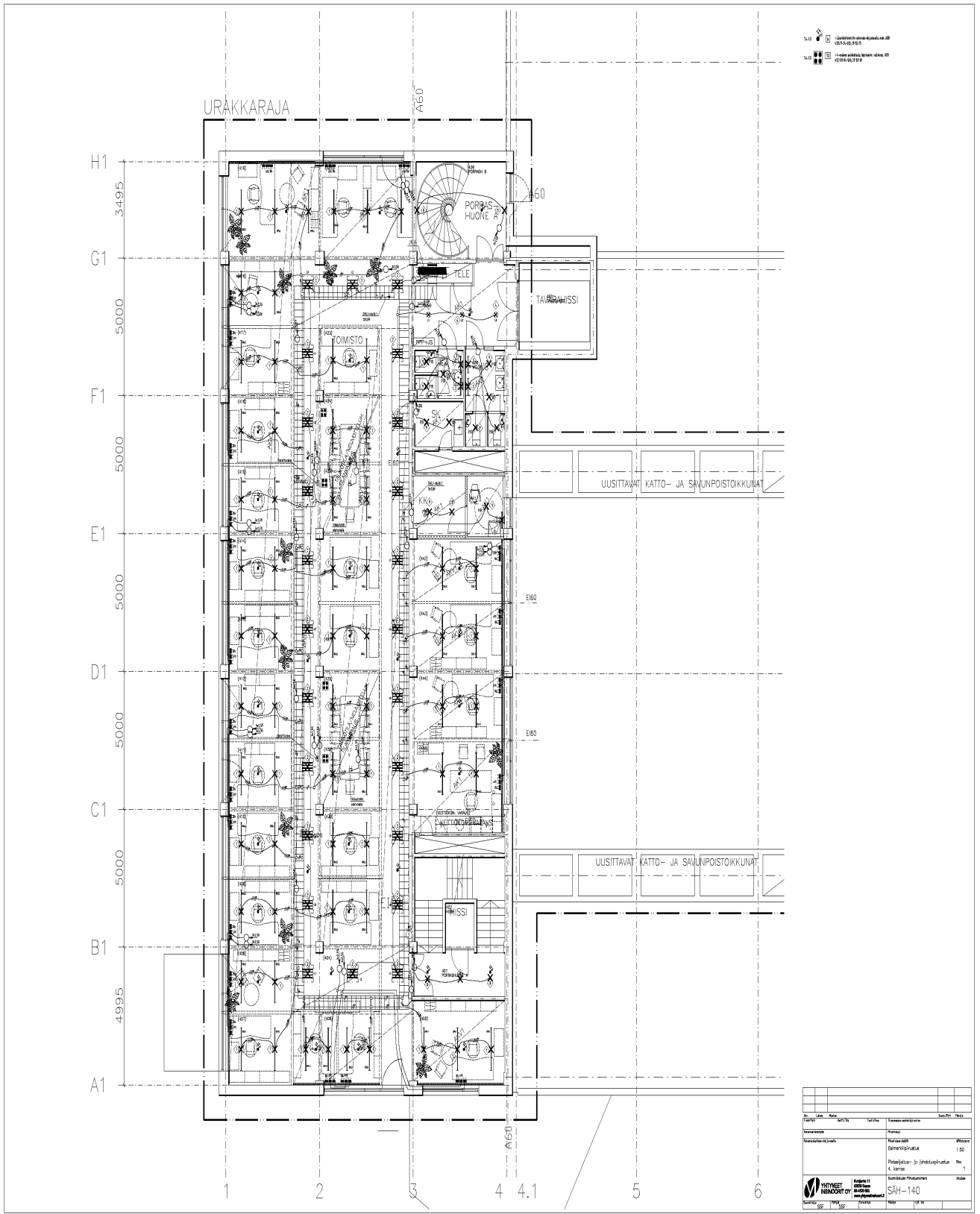
	käytössä.)		
057	Venttiili Säätöventtiili venttiili asemointi		
058	Binaärinäyttö		

Yhdistelmälaitteet

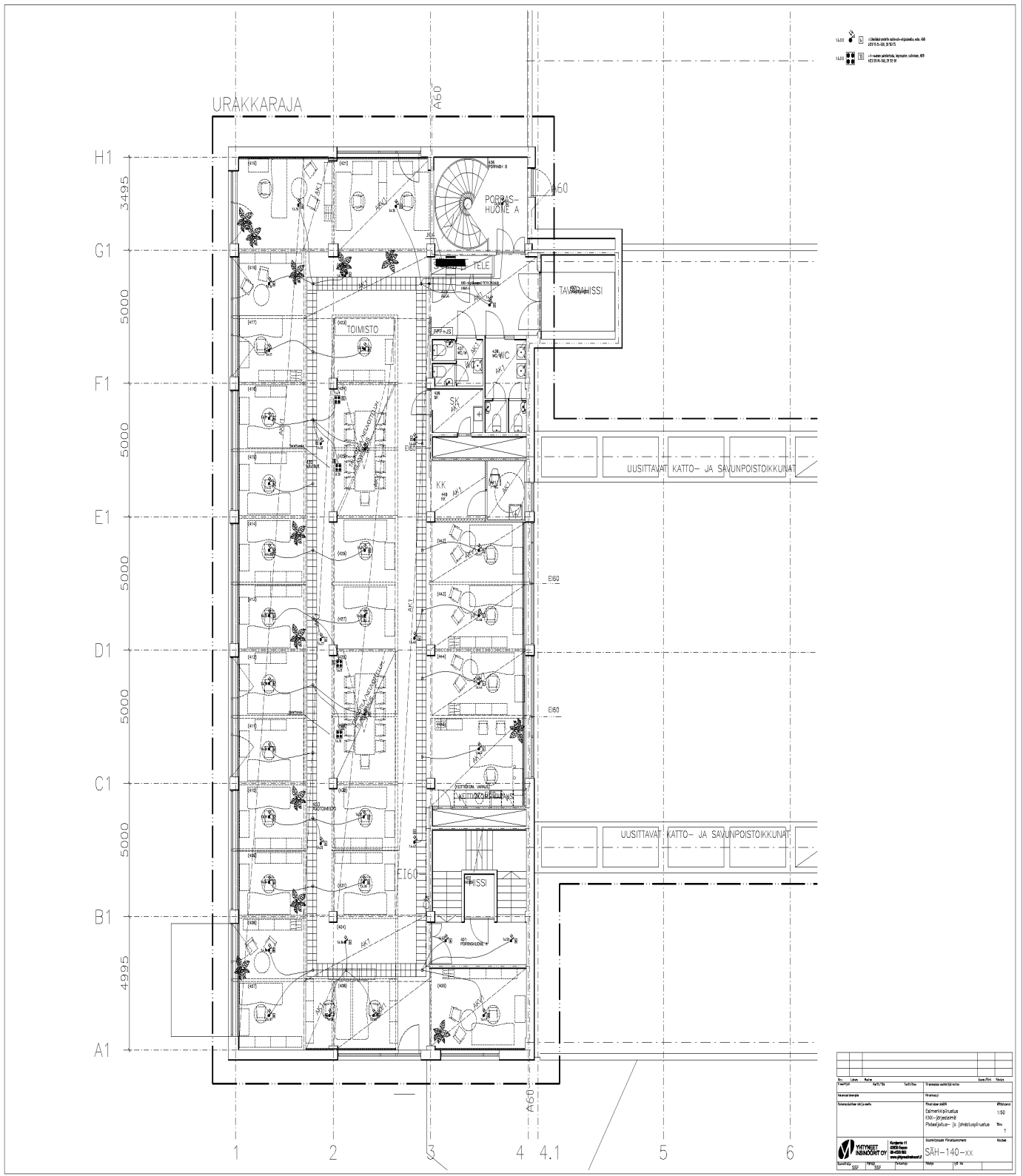
n = tulojen/lähtöjen lukumäärä [1, 2, 3, ...]

Nro	Tuotteen nimi	Lyhenne	Symboli
059	Yhdistelmäanturien toiminnot samassa laitteessa Esim. Lämpötila-anturi ja aika-arvo kytkin		
060	Laitteiden kytkeminen Esim. Binaari sisääntulo ja binaari lähtö		
061	Laitteiden kytkeminen Esim. säädin ja binaari sisääntulo		
062	Väylän yhdistimen laite-moduulin ajastimella ja valon intensiteettikytkin (ja valoisuuden tunnistin)		
063	Kytkeä n-tie toimilaite infrapuna-vastaanottimella		
064	Kytkeä n-tie toimilaite painonapilla		
065	Säätö n-tie toimilaite painonapilla		
066	Kaihdin n-tie toimilaite painonapilla		

Pistesijoitus- ja johdotuspiirustus, vahvavirta




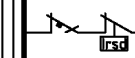





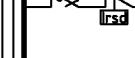
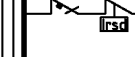
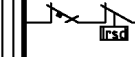
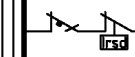





Pistesijoitus- ja johdotuspiirustus, KNX-järjestelmä



Jakokeskuksen pääkaavio

A SÄHKÖTEKNILLISET TIEDOT		9. Ympäristön lämpötila - normaali <input checked="" type="checkbox"/> - min. °C max. °C <input type="checkbox"/>	4. Laskutusmittareiden toimittaja - iloa ja <input checked="" type="checkbox"/> - keskusvalmistaja/urakoitsija <input type="checkbox"/>		
1. Nimellejännite U_0 400/230 V 2. Nimellivirta I_N A 3. Polkuväri taseituskerroin _____ 4. Jakokäyräasteimi - käyttömoiteltu TN-S <input checked="" type="checkbox"/> - nolla- ja suoja- ja yhdistetty TN-C <input type="checkbox"/> - käyttömoiteltu TN-C-S <input type="checkbox"/> - muu _____	5. Teho - liittymä S kVA <input type="checkbox"/> - huippu (15 min. mittaus) P kW <input type="checkbox"/> 6. Oikosulkustasoitus - terminen vaatimus I_{ts} kA <input type="checkbox"/> - dynaaminen vaatimus I_{dyn} kA <input type="checkbox"/> 7. Käsköt ja johtimet AC L,N,PE <input checked="" type="checkbox"/> L1,L2,L3,N,PE <input type="checkbox"/> - muu _____	10. Keskuksen kaapelikentät - 1 kpl/kojokenttä <input checked="" type="checkbox"/> - 1 kpl/2 kojokenttää <input type="checkbox"/> - leveys min _____ mm 11. Normaali käyttöhenkilöt suorittaa - sähköalan ammattihenkilö <input type="checkbox"/> - tehtävään opastettu henkilö <input checked="" type="checkbox"/>	5. Laskutusmittausten toimittaja - sähköilaitos/tilaaja <input checked="" type="checkbox"/> - keskusvalmistaja/urakoitsija <input type="checkbox"/> 6. Muiden mittareiden koko _____ mm 7. Syöttö - kaapeli <input checked="" type="checkbox"/> - kaakelo <input type="checkbox"/> - kaapelityyppi _____ 8. Syöttö tulo - ohautu <input checked="" type="checkbox"/> - yhäntä <input type="checkbox"/> - vasaamalla <input type="checkbox"/> - oikaatu <input type="checkbox"/> - kakaatä <input type="checkbox"/>		
8. Käsköt ja johtimet DC L+ <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/> L- <input type="checkbox"/> PE <input type="checkbox"/>	9. Ohjauksenmittakoko (-piiri) U_e V <input type="checkbox"/> I_N A <input type="checkbox"/> s kVA <input type="checkbox"/>	C HYVÄKSYTTÄMINEN JA MERKINNÄT	9. Kaapelien lähtösuunta - oiaa _____ <input checked="" type="checkbox"/> - ylä _____ <input type="checkbox"/>		
10. Apujännite 1 U_1 24 V <input checked="" type="checkbox"/> AC <input type="checkbox"/> DC <input type="checkbox"/> - käyttöalue _____ 11. Apujännite 2 U_2 V <input type="checkbox"/> AC <input type="checkbox"/> DC <input type="checkbox"/> - käyttöalue _____ Lisätietoja _____ _____ _____	1. Kokoonpanopöytäsuojukset hyväksyy - suunnittaja <input checked="" type="checkbox"/> - sähköilaitos <input type="checkbox"/> 2. Merkinnät - vain viranomaisvaatimukset - suunnitelman mukaan <input checked="" type="checkbox"/> - erillisen ohjeen mukaan <input type="checkbox"/> 3. Keskuksen tunnuksivälit - vain viranomaisvaatimukset - pääkaavion mukaan <input checked="" type="checkbox"/> 4. Käpien materiaali - kerrosuovi <input checked="" type="checkbox"/> - tarra <input type="checkbox"/> - valmistajan normaali <input type="checkbox"/> 5. Keskuksen kaatien tunnuksivälit - vasaamalla oikaalle <input type="checkbox"/> - oikaalle vasaamalla <input checked="" type="checkbox"/> - kokoonpanopöytäsuojuksen mukaan <input type="checkbox"/> 6. Keskuksen lähtöjen merkinnät - pääkaavion mukaan <input checked="" type="checkbox"/> - erillisen ohjeen mukaan <input type="checkbox"/> 7. Sähköalan kaapelin ja liittimien merkintä - vain viranomaisvaatimukset <input checked="" type="checkbox"/> - erillisen ohjeen mukaan <input type="checkbox"/> 8. Vieras ohjauksenmitta - ohjauksenmitta karkausaika _____ 9. TN-C-S -järjestelmän varoituskäpi <input type="checkbox"/> 10. Nollan erotuskäpiin merkintä <input type="checkbox"/> 11. Energiamittauksen nollajohtimet - liitettävä PEN-liittimen <input type="checkbox"/> - liitettävä PE-liittimen+ varoituskäpi <input type="checkbox"/>	10. Pöytäsuojien kaapelien liittämisen - kaapeliin <input checked="" type="checkbox"/> - riviinliittimien, myös N ja PE <input type="checkbox"/> - kaapeliin oikaalle _____ mm ² <input type="checkbox"/> 11. Ohjauksenmitta liitettävä riviinliittimien - vapaita riviinliittimien _____ kpl <input type="checkbox"/> Riviinliittimien käyttö on ST-käsitöiden esimerkkipiirustusten mukainen. Lukumäärään muuttaminen +- 4 kpl/riittä ei oikaute hintamuutoksia Lisätietoja _____ _____ _____			
B KOTELOINTI- JA ASENNUSTIEDOT		1. Keskuksen ja koteloitiluuksia - kanna IP _____ <input type="checkbox"/> - koto IP _____ <input checked="" type="checkbox"/> - kahlaka IP _____ <input type="checkbox"/> - muu _____ <input type="checkbox"/> 2. Asennustapa - pinnalle <input checked="" type="checkbox"/> - upotettu, up. syv. max. _____ mm <input type="checkbox"/> - ulkokuu <input type="checkbox"/> 3. Käpiin - seinään <input checked="" type="checkbox"/> - seinään ja tuenta lattiaan <input type="checkbox"/> - lattiaan (vapaaatä seisova) <input type="checkbox"/> 4. Asennus- ja tukirakenteet - ei vaatimusta <input checked="" type="checkbox"/> - alakaikat n. 50 mm alustasta <input type="checkbox"/> - muu _____ <input type="checkbox"/> 5. Käpiin keskuksen yhtenäisen ovi - kalla <input type="checkbox"/> - kälävalia <input type="checkbox"/> - työkaluvalia <input type="checkbox"/> - saraointi vasaantälinen <input type="checkbox"/> 6. Oviin ja kansien avautumisen ja leveys - minimiavautumisen 50 astetta <input type="checkbox"/> - max. ovi leveys _____ mm <input type="checkbox"/> 7. Pinta-kaatä - valmistajan normaali <input checked="" type="checkbox"/> - erillisen ohjeen mukaan <input type="checkbox"/> 8. Keskuksen maksimikoko - leveys _____ mm - karkaus _____ mm - syvyys _____ mm	4. Käpien materiaali - kerrosuovi <input checked="" type="checkbox"/> - tarra <input type="checkbox"/> - valmistajan normaali <input type="checkbox"/> 5. Keskuksen kaatien tunnuksivälit - vasaamalla oikaalle <input type="checkbox"/> - oikaalle vasaamalla <input checked="" type="checkbox"/> - kokoonpanopöytäsuojuksen mukaan <input type="checkbox"/> 6. Keskuksen lähtöjen merkinnät - pääkaavion mukaan <input checked="" type="checkbox"/> - erillisen ohjeen mukaan <input type="checkbox"/> 7. Sähköalan kaapelin ja liittimien merkintä - vain viranomaisvaatimukset <input checked="" type="checkbox"/> - erillisen ohjeen mukaan <input type="checkbox"/> 8. Vieras ohjauksenmitta - ohjauksenmitta karkausaika _____ 9. TN-C-S -järjestelmän varoituskäpi <input type="checkbox"/> 10. Nollan erotuskäpiin merkintä <input type="checkbox"/> 11. Energiamittauksen nollajohtimet - liitettävä PEN-liittimen <input type="checkbox"/> - liitettävä PE-liittimen+ varoituskäpi <input type="checkbox"/>	D KALUSTUS- JA KAAPELOINTITIEDOT	
MUUTOS SUJNN. SSF PIIRT. SSF	KOHDE	SISÄLTÖ ESIMERKKIPIIRUSTUS JK 4 PÄÄKAAVIO	SÄHKÖ TYÖ NO PÄIVÄYS	KESKUS JK 4 PIIR NO	LEHTI 1 / 6 MUUTOS
		Kuluksie 11 02830 Espoo 09-8220 000 www.yhtyneetinsinorit.fi			

Jakokeskuksen pääkaavio

		Nro	Kuvausteksti	Teho kW	Sulake	Kaapeli																				
			Nousujohto																							
			Pistorasiat ATK		C16	MMJ 3x2,5S																				
			Pistorasiat ATK		C16	MMJ 3x2,5S																				
			Pistorasiat ATK		C16	MMJ 3x2,5S																				
			Pistorasiat ATK		C16	MMJ 3x2,5S																				
			Pistorasiat ATK		C16	MMJ 3x2,5S																				
			Pistorasiat ATK		C16	MMJ 3x2,5S																				
			Pistorasiat		C16	MMJ 3x2,5S																				
			Pistorasiat		C16	MMJ 3x2,5S																				
			Pistorasiat		C16	MMJ 3x2,5S																				
			Pistorasiat		C16	MMJ 3x2,5S																				
			Pistorasiat		C16	MMJ 3x2,5S																				
			Pistorasiat		C16	MMJ 3x2,5S																				
			Pistorasiat		C16	MMJ 3x2,5S																				
			Pistorasiat		C16	MMJ 3x2,5S																				
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="2">MUUTOS</td> <td rowspan="3">KOHDE</td> <td colspan="2" rowspan="3"> SISÄLTÖ ESIMERKKIPIIRUSTUS JK 4 PÄÄKAAVIO </td> <td style="text-align: center;">SÄHKÖ</td> <td colspan="2">KESKUS JK 4</td> <td>LEHTI 2 / 6</td> </tr> <tr> <td>SUUNN. SSF</td> <td>PIIRT. SSF</td> <td>TYÖ NO</td> <td>PIIR NO</td> <td>MUUTOS</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td colspan="3">PÄIVÄYS</td> </tr> </table>		MUUTOS		KOHDE	SISÄLTÖ ESIMERKKIPIIRUSTUS JK 4 PÄÄKAAVIO		SÄHKÖ	KESKUS JK 4		LEHTI 2 / 6	SUUNN. SSF	PIIRT. SSF	TYÖ NO	PIIR NO	MUUTOS			PÄIVÄYS								
MUUTOS		KOHDE	SISÄLTÖ ESIMERKKIPIIRUSTUS JK 4 PÄÄKAAVIO				SÄHKÖ	KESKUS JK 4		LEHTI 2 / 6																
SUUNN. SSF	PIIRT. SSF						TYÖ NO	PIIR NO	MUUTOS																	
					PÄIVÄYS																					
 YHTYNEET INSINOORIT OY Kutokantie 11 02830 Espoo 09-4520 8500 www.yhtyneetinsinoorit.fi																										

Jakokeskuksen pääkaavio

		Nro	Kuvausteksti	Teho kW	Sulake	Kaapeli																
			Pistorasiat		C16	MMJ 3x2,5S																
			Pistorasia videotykki		C16	MMJ 3x2,5S																
			Pistorasia videotykki tsto 407		C16	MMJ 3x2,5S																
			KNX-virtalähde, 320mA 1.4.2 keskuksessa		C10	MMJ 3x1,5S																
			KNX/DALI-gateway 1.4.6 keskuksessa		C10	MMJ 2x1,5N																
			KNX/DALI-gateway 1.4.7 keskuksessa		C10	MMJ 2x1,5N																
			KNX/DALI-gateway 1.4.8 keskuksessa		C10	MMJ 2x1,5N																
			Valaistus wc-tilat		C10	MMJ 3x1,5S																
			Valaistus wc-tilat		C10	MMJ 3x1,5S																
			Valaistus wc-tilat		C10	MMJ 3x1,5S																
			Valaistus sk		C10	MMJ 3x1,5S																
			Valaistus toimistot xxx-xxx DALI-väylä 1		C10	MMJ 3x1,5S																
			Valaistus toimistot xxx-xxx DALI-väylä 1		C10	MMJ 3x1,5S																
			Valaistus toimistot xxx-xxx DALI-väylä 1		C10	MMJ 3x1,5S																
			Valaistus neuvotteluhuone DALI-väylä 1		C10	MMJ 3x1,5S																
			Valaistus neuvotteluhuone 407 DALI-väylä 1		C10	MMJ 3x1,5S																
		Valaistus toimistot xxx-xxx DALI-väylä 1		C10	MMJ 3x1,5S																	
<table border="1"> <tr> <td colspan="2">MUUTOS</td> <td rowspan="3"> KOHDE SISÄLTÖ ESIMERKKIPIIRUSTUS JK 4 PÄÄKAAVIO </td> <td colspan="2">SÄHKÖ</td> <td>KESKUS JK 4</td> <td>LEHTI 3 / 6</td> </tr> <tr> <td>SUUNN. SSF</td> <td>PIIRT. SSF</td> <td>TYÖ NÖ</td> <td>PIR NÖ</td> <td>MUUTOS</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td colspan="4">PÄIVÄYS</td> </tr> </table>		MUUTOS		KOHDE SISÄLTÖ ESIMERKKIPIIRUSTUS JK 4 PÄÄKAAVIO	SÄHKÖ		KESKUS JK 4	LEHTI 3 / 6	SUUNN. SSF	PIIRT. SSF	TYÖ NÖ	PIR NÖ	MUUTOS				PÄIVÄYS				YHTYNEET INSINÖÖRIT OY Kutsukatu 11 02630 Espoo 09-4520 5500 www.yhtyneetinsinorit.fi	
MUUTOS		KOHDE SISÄLTÖ ESIMERKKIPIIRUSTUS JK 4 PÄÄKAAVIO	SÄHKÖ		KESKUS JK 4	LEHTI 3 / 6																
SUUNN. SSF	PIIRT. SSF		TYÖ NÖ		PIR NÖ	MUUTOS																
			PÄIVÄYS																			

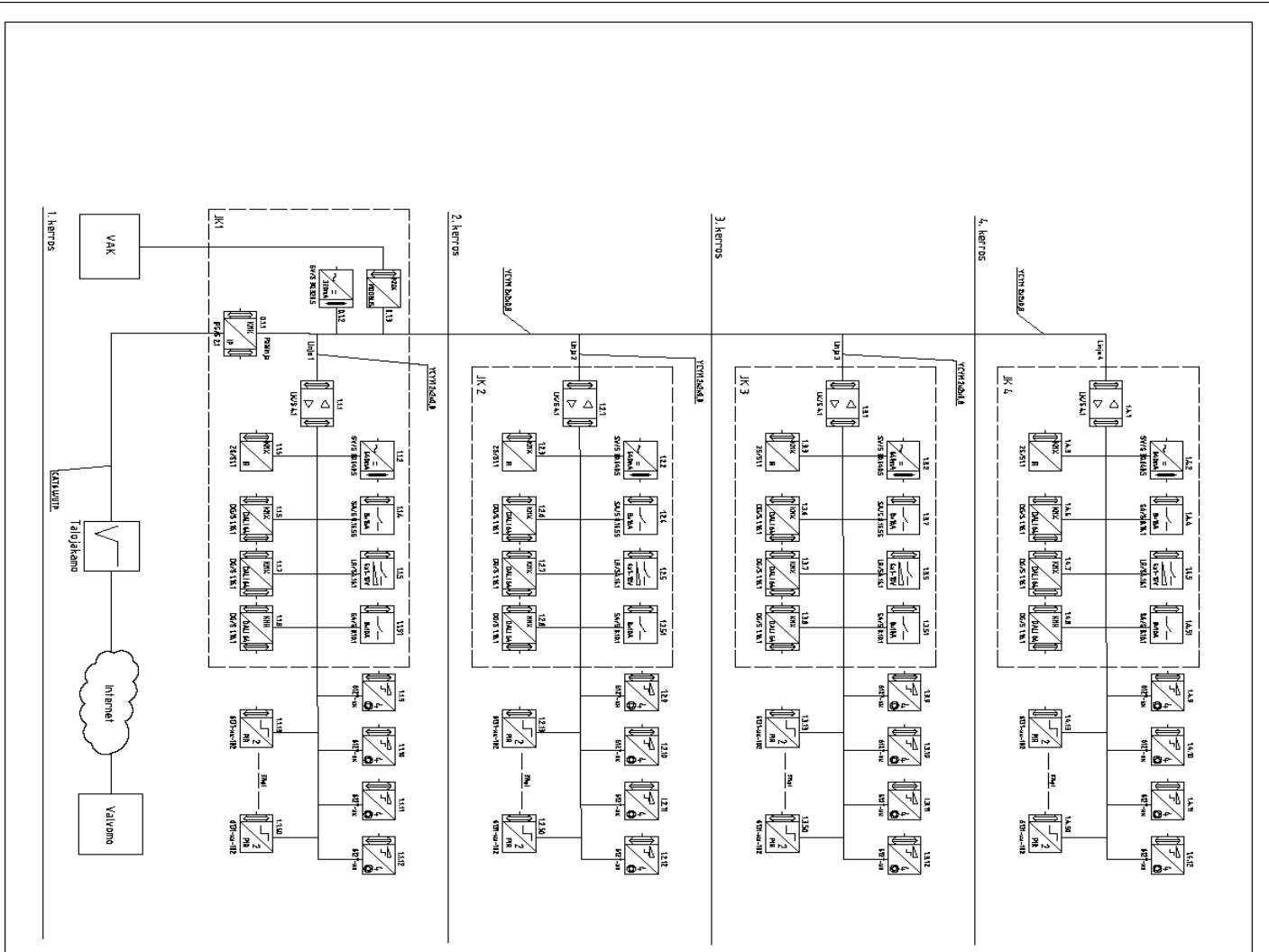
Jakokeskuksen pääkaavio

		Nro	Kuvausteksti	Teho kW	Sulake	Kaapeli																								
			Valaistus toimistot xxx-xxx DALI-väylä 1		C10	MMJ 3x1,5S																								
			Valaistus toimistot xxx-xxx DALI-väylä 1		C10	MMJ 3x1,5S																								
			Valaistus toimistot xxx-xxx DALI-väylä 1		C10	MMJ 3x1,5S																								
					C16																									
					C16																									
					C16																									
					C16																									
					C16																									
					C16																									
					C16																									
					C16																									
			Varattuvalo neuvotteluhuone		C10	MMJ 3x1,5S																								
			Varattuvalo neuvotteluhuone 407		C10	MMJ 3x1,5S																								
			Valaistus Porrashuone A		C10	MMJ 3x1,5S																								
			Valaistus Porrashuone B		C10	MMJ 3x1,5S																								
<table border="1"> <tr> <td colspan="2">MUUTOS</td> <td rowspan="3">KOHDE</td> </tr> <tr> <td>SUUNN. SSF</td> <td>PIIRT. SSF</td> </tr> </table>		MUUTOS		KOHDE	SUUNN. SSF	PIIRT. SSF	<table border="1"> <tr> <td colspan="2">SISÄLTÖ</td> </tr> <tr> <td colspan="2">ESIMERKKIPIIRUSTUS</td> </tr> <tr> <td colspan="2">JK 4</td> </tr> <tr> <td colspan="2">PÄÄKAAVIO</td> </tr> </table>		SISÄLTÖ		ESIMERKKIPIIRUSTUS		JK 4		PÄÄKAAVIO		<table border="1"> <tr> <td colspan="2">SÄHKÖ</td> <td>KESKUS JK 4</td> <td>LEHTI 4 / 6</td> </tr> <tr> <td>TYÖ NÖ</td> <td>PIIR NÖ</td> <td colspan="2">MUUTOS</td> </tr> <tr> <td colspan="4">PÄIVÄYS</td> </tr> </table>		SÄHKÖ		KESKUS JK 4	LEHTI 4 / 6	TYÖ NÖ	PIIR NÖ	MUUTOS		PÄIVÄYS			
MUUTOS		KOHDE																												
SUUNN. SSF	PIIRT. SSF																													
SISÄLTÖ																														
ESIMERKKIPIIRUSTUS																														
JK 4																														
PÄÄKAAVIO																														
SÄHKÖ		KESKUS JK 4	LEHTI 4 / 6																											
TYÖ NÖ	PIIR NÖ	MUUTOS																												
PÄIVÄYS																														
YHTYNEET INSINÖÖRIT OY <small>Kutujantie 11 02830 Espoo 09-4520 500 www.yhtyneetinsinorit.fi</small>																														

Jakokeskuksen pääkaavio

		Nro	Kuvausteksti	Teho kW	Sulake	Kaapeli																									
					C10																										
					C10																										
					C10																										
					C10																										
			Valaistus käytävä		C16	MMJ 5x2,5S																									
			Valaistus käytävä		C16	MMJ 5x2,5S																									
			KNX/DALI-gateway 1.4.6 DALI-väylä 1		C10																										
			KNX/DALI-gateway 1.4.7 DALI-väylä 1		C10																										
			KNX/DALI-gateway 1.4.8 DALI-väylä 1		C10																										
			Linjayhdistin KNX-linja 4			YCYK 2x2x0,8																									
			Virtalähde 320mA																												
			Energiamittauksen väyläliitäntäyksikkö																												
<table border="1"> <tr> <td colspan="2">MUUTOS</td> <td rowspan="3">KOHDE</td> <td rowspan="3"> SISÄLTÖ ESIMERKKIPIIRUSTUS JK 4 PÄÄKAAVIO </td> <td colspan="2">SÄHKÖ</td> <td>KESKUS</td> <td>LEHTI</td> </tr> <tr> <td>SUUNN.</td> <td>PIIRT.</td> <td>JK 4</td> <td>5 / 6</td> </tr> <tr> <td>SSF</td> <td>SSF</td> <td>TYÖ NÖ</td> <td>PIIR NÖ</td> <td>MUUTOS</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td></td> <td></td> <td colspan="4">PÄIVÄYS</td> </tr> </table>		MUUTOS		KOHDE	SISÄLTÖ ESIMERKKIPIIRUSTUS JK 4 PÄÄKAAVIO	SÄHKÖ		KESKUS	LEHTI	SUUNN.	PIIRT.	JK 4	5 / 6	SSF	SSF	TYÖ NÖ	PIIR NÖ	MUUTOS					PÄIVÄYS								
MUUTOS		KOHDE	SISÄLTÖ ESIMERKKIPIIRUSTUS JK 4 PÄÄKAAVIO			SÄHKÖ		KESKUS	LEHTI																						
SUUNN.	PIIRT.					JK 4	5 / 6																								
SSF	SSF			TYÖ NÖ	PIIR NÖ	MUUTOS																									
				PÄIVÄYS																											
YHTYNEET INSINÖÖRIT OY Kutujankalle 11 02830 Espoo 09-4520 500 www.yhtyneetinsinorit.fi																															

KNX-järjestelmäkaavio



- = 117IP-golyty, vrt. 400 V/2x1, 2x 0,13
- = Liitäntäkeskus, vrt. 400 V/2x1, 2x 0,15
- = Rikkeitön liittokäyt. vrt. 230 V/2x1, 2x 0,15
- = Rikkeitön liittokäyt. vrt. 230 V/2x1, 2x 0,15
- = Rikkeitön liittokäyt. vrt. 230 V/2x1, 2x 0,15
- = Rikkeitön liittokäyt. vrt. 230 V/2x1, 2x 0,15
- = Rikkeitön liittokäyt. vrt. 230 V/2x1, 2x 0,15
- = Rikkeitön liittokäyt. vrt. 230 V/2x1, 2x 0,15
- = Rikkeitön liittokäyt. vrt. 230 V/2x1, 2x 0,15
- = Rikkeitön liittokäyt. vrt. 230 V/2x1, 2x 0,15
- = Rikkeitön liittokäyt. vrt. 230 V/2x1, 2x 0,15
- = Rikkeitön liittokäyt. vrt. 230 V/2x1, 2x 0,15
- = Rikkeitön liittokäyt. vrt. 230 V/2x1, 2x 0,15
- = Rikkeitön liittokäyt. vrt. 230 V/2x1, 2x 0,15
- = Rikkeitön liittokäyt. vrt. 230 V/2x1, 2x 0,15

Liityntä VAKiin moduusin kautta.
V:n ohjaus täsmäohjaimien kautta.
Mittauslaitot KNX-väylän kautta valvontaan.
Isoissa rakennuksissa runkolinja CAT6-kaapeli ja
liitäntäsinä KNX/IP-golyty.

Mitt.	Mitt.	Mitt.	Mitt.	Mitt.
Suunnittelija: SF		Suunnittelija: SF		
Suunnittelija: SF		Suunnittelija: SF		
Suunnittelija: SF		Suunnittelija: SF		
Suunnittelija: SF		Suunnittelija: SF		
Suunnittelija: SF		Suunnittelija: SF		

Nimi	Yksikkö	Nimi	Yksikkö	Mitt.	Mitt.
Kesäkausi	1/2017-2018	Janu/2018	Vuonna 2017/2018		
Suunnittelija: SF		Suunnittelija: SF			
Suunnittelija: SF		Suunnittelija: SF			
Suunnittelija: SF		Suunnittelija: SF			

YHTIYKSETTÄ
Suunnittelija: SF

YHTIYKSETTÄ
Suunnittelija: SF

YHTIYKSETTÄ
Suunnittelija: SF


YHTIYKSETTÄ
Suunnittelija: SF

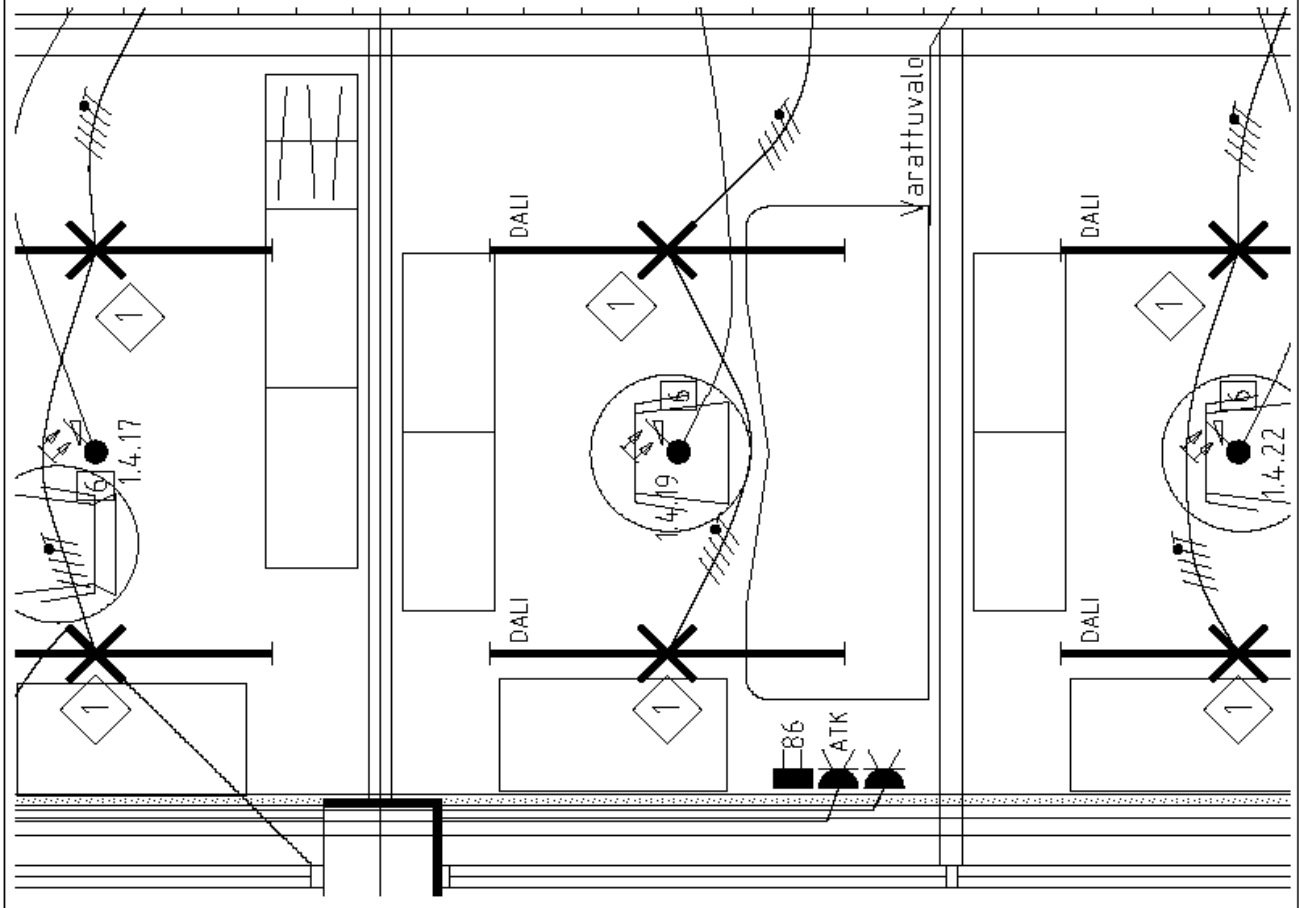
YHTIYKSETTÄ
Suunnittelija: SF

Mallihuone, toimisto

Toimistohuoneissa valaistusta ohjataan läsnäolotunnistimella. Läsnoalotunnistin syyttää valot, kun huoneessa havaitaan henkilö. Kun henkilöä ei havaita valot sammuvat xx min kuluessa.

Läsnoalotunnistimessa oleva vakiovalosäädin ohjaa valaistus. Vakiovalosäädin pitää huoneen valaistustason 500 lux:ssa.

 = Läsnoalotunnistin vakiovalo-ohjauksella, esim. ABB 6131/11-24-500, 28 153 75



REK.	URH	KÄYTTÖS	Perit./Tila	Tenhi/Roo	Vrannanajan merkintä ja varten	SUZZL	PPP
Kuusi/2016							
Sisävalaistusosaaja					PHOTONETTI SÄHKÖPIIRUSTUS		
Sisävalaistuksen nimi ja osoite					Privaatunsaali Esimerkkipiirustus KOKK-järjestelmä Mallihuone, Toimisto		Viitearvot 1:20
Suunnittelija		Pir. no			Suunnittelija Pir. no		Nuolien
YHTYNEET INSINÖÖRIT OY		Mieskuja 11 00400 Espoo 09-46250 000 www.yhtyneetinsinorit.fi			SÄH		
Suunn. \$\$\$	Piir. \$\$\$	Proj. \$\$\$	Proj.		Pvm	Työn no	

Piirikaavio

