



SAVONIA

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

KNX-JÄRJESTELMÄN HYÖDYNTÄMINEN KIINTEISTÖN YLLÄPIDOSSA

Opinnäytetyö

TEKIJÄ: Juha Mantsinen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala			
Koulutusohjelma/Tutkinto-ohjelma Sähkötekniikan koulutusohjelma			
Työn tekijä(t) Juha Mantsinen			
Työn nimi KNX-järjestelmän hyödyntäminen kiinteistön ylläpidossa			
Päiväys	25.5.2018	Sivumäärä/Liitteet	26
Ohjaaja(t) Lehtori Heikki Laininen			
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) ISS Palvelut Oy / Järjestelmäpäällikkö Juuso Itkonen			
Tiivistelmä			
<p>Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää, kuinka KNX-järjestelmää voidaan hyödyntää kiinteistön ylläpidossa. Senaatti-kiinteistöllä on KNX-järjestelmiä käytössä ympäri Suomea monenlaisissa eri kiinteistöissä. KNX-järjestelmä on hinnaltaan kalliimpi kuin perinteisesti toteutettu järjestelmä, mutta säästöjä tulee kaapeloinnissa ja hyllyjen asennuksissa. KNX-järjestelmää voidaan hyödyntää tehokkaammin, kuin sitä tällä hetkellä on hyödynnetty.</p> <p>Selvitys KNX-järjestelmän hyödyntämisestä kiinteistön ylläpidossa aloitettiin keskustelemalla Senaatti-Kiinteistöjen talotekniikan asiantuntijan kanssa ja tutustumalla toimistorakennuksen KNX-järjestelmään. Käyttäjäkokemuksia kerättiin kyselyllä Senaatti-kiinteistöjen talotekniikan asiantuntijoilta eri puolilta Suomea. KNX-järjestelmän hyödyntämiseen tarvittavaa tietoa saatiin haastattelemalla paikallista urakoitsijaa.</p> <p>Opinnäytetyön avulla voidaan tarkastella KNX-järjestelmän hyödynnettävyyttä kiinteistön ylläpidossa. Opinnäytetyö esittelee eri vaihtoehtoja järjestelmän hyödyntämiseen kiinteistön ylläpidossa ja perustelee KNX-järjestelmän käytettävyyttä kiinteistön ylläpidon kannalta.</p>			
Avainsanat KNX-järjestelmä, kiinteistön ylläpito			

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Electrical Engineering			
Author(s) Juha Mantsinen			
Title of Thesis KNX System Utilization in Property Maintenance			
Date	25 May 2018	Pages/Appendices	26
Supervisor(s) Mr. Heikki Laininen, Senior Lecturer			
Client Organisation /Partners ISS Palvelut Oy / Mr. Juuso Itkonen, System Manager			
<p>Abstract</p> <p>The purpose of this thesis was to research how the KNX system can be utilized in property maintenance. Senaatti-kiinteistöt has KNX systems around Finland in many different properties. The KNX system is more expensive than a traditional system, but savings can be achieved in cabling and the installations of shelves. The KNX system can be exploited more effectively than how it is currently exploited.</p> <p>The utilization of the KNX system in property maintenance was started by a discussion with an expert in building technology and by finding out how the KNX system is implemented in the office building. Users´ experiences were collected by an inquiry, which was sent to experts in building technology around Finland. Also very important knowledge about the KNX system was gained by interviewing a local contractor.</p> <p>With the help of this thesis it is possible to consider the KNX system utilization in property maintenance. The thesis presents different options to utilize the system in property maintenance and to give reasons for the usability of the KNX system in property maintenance.</p>			
Keywords KNX system, property maintenance, utilization			

ESIPUHE

Tämä opinnäytetyö on tehty ISS Palvelut Oy:n tilauksesta yhdessä Senaatti-kiinteistöjen kanssa. Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia KNX-järjestelmän hyödyntämistä kiinteistön ylläpidossa.

Haluan kiittää ISS Palvelut Oy:n projektipäällikköä Jukka Pietikäistä opinnäytetyön mahdollistamisesta. Lisäksi haluan kiittää ISS Palvelut Oy:n järjestelmäpäällikköä Juuso Itkosta ja asiantuntija Tero Huttusta avusta opinnäytetyön laatimisessa. Kiitän myös Senaatti-kiinteistöjen talotekniikan asiantuntijaa Jaakko Hirttä käyttäjäkyselyn mahdollistamisesta.

Kuopiossa 25.5.2018

Juha Mantsinen

SISÄLTÖ

1	TERMIT JA NIIDEN MÄÄRITELMÄT	7
2	JOHDANTO	8
3	ISS PALVELUT OY.....	9
3.1	ISS Energianhallintakeskus	9
3.2	ISS wise energianhallintapalvelu	10
4	SENAATTI-KIINTEISTÖT	11
4.1	Esimerkkikohde Kallanranta 11, Kuopio	11
4.2	Esimerkkikohde Musiikkitalo, Helsinki	11
5	KIINTEISTÖN YLLÄPITO	12
6	KNX-JÄRJESTELMÄ	13
6.1	Esittely.....	13
6.2	KNX-järjestelmä.....	13
6.3	Edut käyttäjälle.....	14
7	DALI-JÄRJESTELMÄ	15
7.1	Esittely.....	15
7.2	DALI-kaapelointi	15
7.3	KNX:n & DALI:n integraatio	16
8	KNX-JÄRJESTELMÄN HYÖDYNTÄMINEN KIINTEISTÖN YLLÄPIDOSSA	16
8.1	Energiansäästö	16
8.1.1	Valaistus.....	17
8.2	Tietoturvallinen järjestelmä	18
8.2.1	KNX Turva	18
8.3	Vian indikointi.....	18
8.4	Avoimeen standardiin tukeutuva järjestelmä.....	19
8.5	Projektipankki.....	20
8.6	Muuntojoustavuus.....	20
8.7	Kaapelointi	21
9	KÄYTTÄJÄKYSELY.....	21
9.1	KNX-järjestelmän laajuus.....	22
9.2	Käyttäjäkokemukset.....	22
9.3	Johtopäätökset	23

10 YHTEENVETO.....	24
11 LAINATUT LÄHTEET	25

1 TERMIT JA NIIDEN MÄÄRITELMÄT

KNX on väylätekniikkaan perustuva avoin standardi kiinteistöjen automaatioiden ohjaukseen.

ETS on lyhenne sanoista Engineering Tool Software, joka on PC-ohjelma KNX-järjestelmän ohjelmointiin ja käyttöönottoon.

DALI on lyhenne sanoista Digital Addressable Lighting Interface, joka on digitaalinen valaistuksenohjausjärjestelmä, joka on tarkoitettu pelkästään valaistuksen ohjaukseen.

SELV on lyhenne sanoista Separated or safety extra-low voltage. Pienoisjännitejärjestelmä, jonka jännite ei ylitä pienoisjännitteen raja-arvoja normaaliolosuhteissa.

LED on lyhenne sanoista Light-Emitting diode. Puolijohdekomponentti, joka sähkövirran läpi johdettaessa säteilee valoa.

IoT on lyhenne sanoista Internet of Things, joka tarkoittaa koneiden ja laitteiden ohjaamista sekä mittaamista ja sensorointia internet-verkon yli.

VPN on lyhenne sanoista Virtual Private Network, jolla kaksi tai useampia verkkoja voidaan yhdistää julkisen verkon yli muodostaen yksityisen verkon.

2 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia KNX-järjestelmän mahdollisuuksia sen hyödyntämiseksi kiinteistön ylläpidossa. Opinnäytetyötä tehtiin Senaatti-kiinteistöltä tulleiden KNX-järjestelmä ongelmien pohjalta. Työn tavoitteena on perustella KNX:n käytettävyyttä kiinteistön ylläpidon kannalta ja esittää ratkaisuja KNX:n parempaan hyödyntämiseen.

Senaatti-kiinteistöt on kokenut, että KNX-järjestelmän ylläpidossa esiintyy ongelmia. Osajien määrä on vähäinen ja vasteajat ovat pidemmät, kuin perinteisesti toteutetuissa järjestelmissä. Ongelmia aiheuttaa myös se, etteivät kiinteistöhoitajat välttämättä osaa hoitaa KNX-järjestelmään tulleita ongelmia.

Opinnäytetyö esittelee KNX- ja DALI-järjestelmää sekä esittää perusteluja KNX-järjestelmän käytettävyyteen kiinteistön ylläpidon kannalta. Opinnäytetyöhön on myös kerätty eri puolelta Suomea tulleiden käyttäjien kokemuksia KNX-järjestelmästä.

3 ISS PALVELUT OY

ISS Palvelut on Kööpenhaminassa vuonna 1901 perustettu yritys, joka sai alkunsa pienestä vartiointiliikkeestä. Vuonna 2015 ISS vastasi noin 30 miljardin neliömetrin siivouksesta ja valmisti aterioita päivittäin 1,2 miljoonaa. Yli sadassa vuodessa ISS:stä on kehittynyt maailmanlaajuinen kiinteistö- ja toimitilapalveluyritys, joka toimii 77 maassa ja työllistää noin 495 000 henkilöä. Yrityksen tärkeimmät palvelut ovat kiinteistön ylläpito-, ruokailu-, siivous- ja turvallisuuspalvelut. Koko ISS-konsernin liikevaihto oli vuonna 2016 10,629 miljardia euroa. (ISS Palvelut Oy, 2018)

Suomessa ISS Palvelut on kolmanneksi suurin yksityinen työnantaja, jolla on henkilökuntaa lähes 10 000. Vuonna 2016 liikevaihto oli 487 miljoonaa euroa. (ISS Palvelut Oy, 2018)

3.1 ISS Energianhallintakeskus

Energianhallintakeskus sijaitsee Kuopiossa ja se aloitti toimintansa vuonna 2004. Se työllistää 15 asiantuntijaa, jotka ovat koulutukseltaan korkeakoulututkinnon suorittaneita tai kokeneita sähkö- ja automaatioasentajia. Energiahallintakeskuksessa työskennellään ympäri vuorokauden, mikä mahdollistaa kriittisten kohteiden päivystämisen sekä rakennusautomaation toiminnan tarkkailun myös yöaikaan. Toiminnan tarkkailu myös yöaikaan antaa asiakkaalle kattavampia raportteja kiinteistön rakennusautomaation toiminnasta. Energiahallintakeskus toimii asiantuntijatukena kiinteistön ylläpidossa ja on osana ISS Palvelut Oy:n Wise-konseptia. (ISS Palvelut Oy, 2018)



Kuva 1. ISS energianhallintakeskus (ISS Palvelut Oy, 2018)

3.2 ISS wise energianhallintapalvelu

ISS wise energianhallintapalvelu koostuu kiinteistöhoitajasta, energiahallintakeskuksen etävalvonnasta sekä talotekniikan osaajista. Se soveltuu kaikkiin kiinteistöihin, joissa on rakennusautomaatiojärjestelmä. Rakennusautomaatiojärjestelmään liitettävällä etäyhteydellä energiahallintakeskuksen palvelut ovat käytettävissä. ISS wisen tavoitteena on säästää energiaa, varmistaa taloteknisten järjestelmien toiminta ja huolehtia laadukkaista sisäilmaolosuhteista. Kiinteistöhoitaja huolehtii kiinteistön käytettävyydestä ja toiminnasta. Energiahallintakeskus varmistaa kiinteistöön liitettyllä etäyhteydellä sen viihtyvyyden, toimivuuden ja energiatehokkuuden yhdessä paikallisen kiinteistöhoitajan kanssa. (ISS Palvelut Oy, 2018)

Palvelu ottaa kokonaisvastuun kiinteistöstä ja huolehtii sen arvon säilymisestä. Energiahallintakeskus raportoi kiinteistöstä tekemänsä havainnot raportilla kuukausittain. Kaikki löytyneet viat ja tehdyt toimenpiteet kirjataan huoltokirjaan, josta muodostuu kiinteistölle historia. Havainnoilla on tarkoituksena esittää investointi ja toimenpide-ehdotuksia, jotka tähtäävät kustannustehokkaaseen kiinteistön ylläpitoon. (ISS Palvelut Oy, 2018)



Kuva 2. ISS wise (ISS Palvelut Oy, 2018)

4 SENAATTI-KIINTEISTÖT

Senaatti-kiinteistöt on valtiovarainministeriön alla toimiva valtion liikelaitos, jonka tarkoituksena on hallinnoida valtion omistamia kiinteistöjä. Valtion omistamat kiinteistöt on keskitetty Senaatti-kiinteistöjen omistajahallintaan. Suurin osa Senaatti-kiinteistöjen hoidossa olevista rakennuksista palvelee Suomen turvallisuustarpeita (Valtiolle rakennettu, 2016). Palveluja tuotetaan pääsääntöisesti valtionhallinnolle ja sellaisille yhteisöille, joiden toiminnan rahoitus tapahtuu talousarvioon otetuilla määrärahoilla. Liikelaitos myös kaavoittaa ja kehittää valtion omistamia maa-alueita tulevia rakennushankkeita varten tai edelleen myytäväksi. Senaatti-kiinteistöjen hallinnan alla on noin 9300 rakennusta ja sen liikevaihto on noin 599 miljoonaa euroa. (Senaatti, Senaatti-kiinteistöt, 2018)

Tavoitteena on vähentää valtion toimitilakustannuksia, joista tavoitellaan 100 miljoonan euron säästöä valtiolle kahdessa vuodessa. Lisäksi työympäristöt tuotetaan asiakkaalle niin, että ne parantavat työn tehokkuutta ja tukevat uusia työntekotapoja. Senaatti-kiinteistöt haluavat viedä uuden työympäristöajattelun koko valtionhallintoon ja toimia näin ollen yhteiskuntavastuullisesti alan suunnannäyttäjänä. (Senaatti, Senaatti-kiinteistöt, 2018)

4.1 Esimerkkikohde Kallanranta 11, Kuopio

Kallanranta 11 on vuonna 1954 rakennettu virastotalo, joka on peruskorjattu sekä laajennettu vuonna 2012. Se sijaitsee Kallaveden rannalla Väinölänniemessä. Kiinteistössä työskentelevät tällä hetkellä muun muassa Finnvera Oyj ja Pohjois-Savon ELY-keskus. (Senaatti, Kallanranta 11, 2018)

Kiinteistössä sisävalaistuksen ohjaus on toteutettu KNX-järjestelmällä. Sisävalaistusta ohjataan aikaohjelmilla. Rakennusautomaatiojärjestelmä lähettää KNX-järjestelmään sytytys- ja sammutuspulssit. Pulseilla on tarkoitus antaa KNX-järjestelmälle lupa sytyttää tai sammuttaa valot. Sammutuspulseja on lisätty useampia illaksi, mikäli joku jää töihin pidemmäksi aikaa, valot eivät jää palaamaan yön ajaksi. Valaistusta voidaan myös ohjata aikaohjelmien rinnalla aulassa ja valvomossa olevista paneeleista tai paikallisilla painikkeilla. Aikaohjelmien lisäksi työpisteille on lisätty läsnäoloantureita. Keittiössä on oma paneeli valaistuksen ohjaukseen, millä voidaan ohjata ravintolan ja keittiön valaistusta. Ulkovalaistusta ei ole liitetty KNX-järjestelmään. (Kopra, 2015)

4.2 Esimerkkikohde Musiikkitalo, Helsinki

Rakennus oli vuonna 2011 Pohjoismaiden suurin KNX-tekniikalla toteutettu kohde ja suurimpia Euroopan tasolla. Paikalla kohteen rakennustöissä oli enimmillään yli 60 sähköasentajaa ja kaapeleiden kertatoimitukset olivat jopa 50 kilometriä (Prysmian Group, 2011). KNX-väylätekniikan avulla on integroitu muihin taloautomaatiojärjestelmiin valaistus, AV-tekniikan ohjaus, energian mittaus ja vikavirtavalvonta. KNX-järjestelmällä ohjataan myös rakennuksen savunpoistopeltejä, puhaltimia ja luukkuja. (KNX Finland Ry, 2018)

Musiikkitalon pää- ja harjoitussaleissa sekä yleisissä tiloissa valaistuksen ohjaus on toteutettu suurimaksi osaksi osoitteellisilla valaisimilla. Yleisten tilojen, kuten portaikkojen ja käytävien valaistusta ohjataan läsnäolo- ja liiketunnistimilla. Valaistusta voidaan optimoida jopa yhden valaisimen tarkkuudella. Yleisissä tiloissa on käytössä vakiovalonsäätö, jossa hyödynnetään ulkoa tulevaa päivänvaloa. Vakiovalonsäädöllä voidaan pienentää valaistuksen sähkönkulutusta melkein 30 prosenttia. KNX-järjestelmän ansiosta rakennuksen eri toiminnot, kuten ilmastointi, valaistus, lämmitys ja jäähdytys voidaan yhdistää yhtenäiseksi verkoksi. (ABB, 2011)

5 KIINTEISTÖN YLLÄPITO

Kiinteistön kunnon, arvon ja käyttöominaisuuksien säilyttämiseksi kiinteistöä tulee ylläpitää, huoltaa ja korjata. Kiinteistö ei ole käyttäjiensä kulutustavaraa, vaan sitä tulee ylläpitää ja säilyttää tulevaa käyttöä varten. Kiinteistön ylläpidossa suoritetaan jatkuvaa rakennuksen kunnon seurantaa ja selvitetään mahdollisia korjaustarpeita. Ylläpidolle täytyy järjestää riittävät edellytykset, ettei korjausvelkaa synny vuosikymmenien saatossa. Kiinteistön ylläpitoon kuuluu kahdenlaista toimintatapaa: kunnossapitoa ja kiinteistönhoitoa. (Museovirasto, 2016)

Kunnossapidolla pyritään säilyttämään kiinteistön ominaisuudet joko korjaamalla tai uusimalla kuluneet ja vialliset osat. Kunnossapidon toimenpiteet tehdään niin, ettei rakennuksen laatu muutu olennaisesti. Korjaaminen kannattaa liittää osaksi kiinteistön suunnitelmallista ylläpitoa niin, että korjaamiset tehdään pitkän aikavälin suunnitelman mukaan. (Ympäristöhallinto, 2018)

Kiinteistönhoidon tarkoituksena on pitää rakennus käyttökunnossa, sekä pyrkiä pitämään kiinteistön olosuhteet halutulla tasolla. Kiinteistönhoidon järjestämiselle hyvät edellytykset taataan sillä, että rakennus on sille sopivassa käytössä. Kiinteistönhoito on säännöllistä toimintaa ja se sisältää viallisten kohteiden korjaamisen, siivouksen, jätehuollon, kiinteistönhuollon ja teknisten järjestelmien hoidon ja ulkoalueiden hoidon. (Ympäristöhallinto, 2018)

Huoltokirja on hyvä apuväline kiinteistön ylläpitämiseen. Se sisältää kiinteistön lähtötiedot, tavoitteet ja tehtävät kiinteistön hoitoon ja kunnossapitoon sekä ohjeet huoltotehtävien ajoitukseen. Huoltokirjaan on liitetty kiinteistön ylläpidon kannalta tärkeiden ylläpitokohteiden ja tilojen sijaintitiedot sekä tiedot rakennusosien vaihtavuudesta, korjattavuudesta ja uusittavuudesta. Nykyisin huoltokirja on laadittava lain mukaan kaikkiin rakennuslupaa vaativiin saneerauksiin tai uudisrakennuksiin, joita käytetään työskentelyyn tai pysyvään asumiseen. (Kiinteistöalan Kustannus Oy, 2016)

6 KNX-JÄRJESTELMÄ

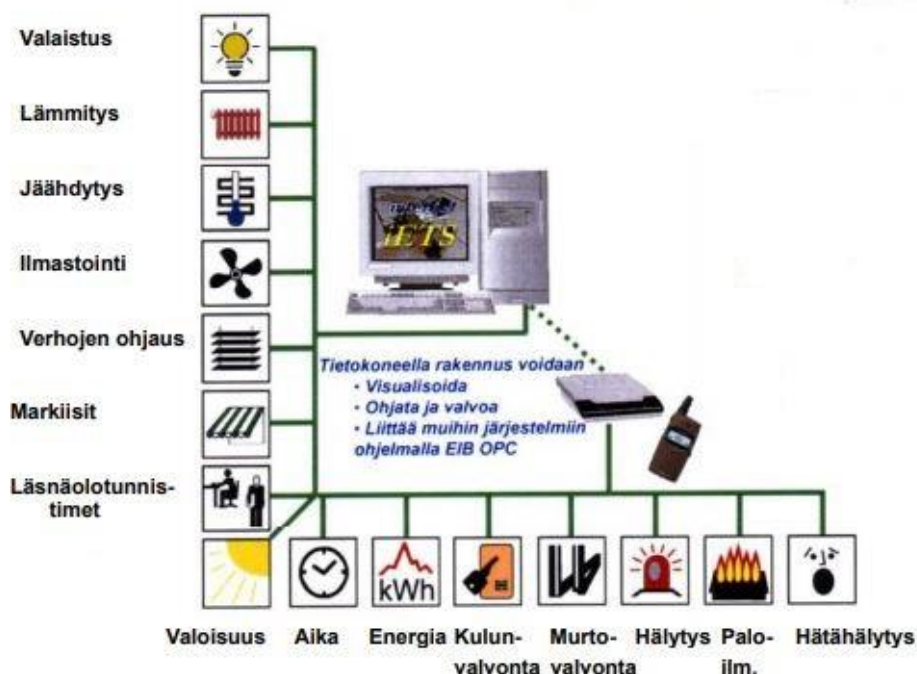
6.1 Esittely

KNX on maailmanlaajuinen, avoin standardi erilaisten kiinteistöjen automaatioiden ohjaukseen. Avoimen standardin tarkoituksena on varmistaa, että kaikkien laitevalmistajien KNX-laitteet yhteensopivat keskenään ja ovat ohjelmoitavissa samalla ETS -ohjelmistolla (KNX Finland). Standardia kehittää ja ylläpitää Brysselissä sijaitseva KNX Association, joka on voittoa tuottamaton organisaatio. KNX-laitevalmistajat ovat tämän organisaation jäseniä. (Sähkötieto ry, 2015)

Avoimen standardin kehittäminen alkoi vuonna 1997, jolloin kolme eurooppalaista standardia (Bati-Bus, EHS, ja EIB) yhdistyivät. Yhdistymisen tavoitteena oli kehittää uusi yhteinen standardi, jolla päästäisiin kansainväliseksi kiinteistöautomaatiostandardiksi. (Sähkötieto ry, 2015)

6.2 KNX-järjestelmä

KNX-järjestelmää voidaan käyttää moniin käyttötarpeisiin; valaistuksen, lämmityksen, ilmastoinnin, valvonnan sekä energiankulutuksen ohjaukseen. (Piikkilä, 2011)



Kuva 3. KNX-järjestelmällä voidaan ohjata monia eri järjestelmiä (Piikkilä, 2011)

KNX-järjestelmä perustuu väyläteknikkaan. Väyläteknikka tarkoittaa, että laitteiden välinen viestintä tapahtuu ilman keskusyksikköä, mikä lisää järjestelmän vikasietoisuutta. Jokaisessa liittyjässä on oma mikroprosessorinsa. Väylään perustuvan asennuksen periaatteena on, että yhdellä väyläkaapelilla korvataan monilukuiset ohjaukskaapelit. Väyläkaapeleina on 2-napainen heikkovirtakaapeli, jota pitkin

toimilaitteet saavat valvonta-, kytkentä- ja ohjauskäskyt sekä 24 VDC käyttöjännitteensä. Väyläkaapelilla toteutetaan yhteys väylälaitteiden välille, mutta väylälaitteiden toiminnot ohjelmoidaan erikseen. Järjestelmä ohjelmoidaan ETS-ohjelmistolla, pienet kohteet voidaan myös toteuttaa ETS inside-ohjelmalla. (Piikkilä, 2011)

Anturit, kuten esimerkiksi termostaatit ja liiketunnistimet, lähettävät määrätyn toimintaosoitteen sisältäviä sanomia väylään. KNX-sanoma voi olla tarkoituksesta riippuen 8-23 tavua pitkä ja se sisältää yksinkertaisen muuttujan, esimerkiksi valaistustason anturilta toimilaitteelle. Sanoman vastaanottaa toimilaitteet, joille se on tarkoitettu. Sanoman vastaanottamisen jälkeen toimilaitteet suorittavat sanoman toiminnan. Anturit pystyvät ohjaamaan toimilaitetta missä tahansa väylän osassa, koska tieto kulkee koko väylää pitkin. KNX: n siirtonopeus on 9600 bit/s, noin 20 – 40 ms /sanoma. Tiedonsiirto on symmetristä, joten se sietää häiriöitä paremmin. KNX-järjestelmää käytetään usein yhdessä DALI-järjestelmän kanssa. (Piikkilä, 2011)

Kaikille KNX-laitteille annetaan käyttöönottoaiheessa yksilöllinen osoite. Yksilöllinen osoite muodostuu 16 bitistä, joista ensimmäiset neljä bittiä kertovat alueen, seuraavat neljä bittiä kertovat alueella olevan linjan ja viimeiset kahdeksan bittiä määrittelevät yksilöllisen osoitteen. Esimerkiksi osoite voi olla 2.2.2 eli alueella kaksi, alueen linjassa kaksi ja laitepositio kaksi. Kahta samanlaista osoitetta ei järjestelmässä voi olla. (Piikkilä, 2011)

Laitteiden ei tarvitse olla samalta valmistajalta. KNX-standardi on kehitetty niin, että kaikkien valmistajien KNX-laitteita voidaan yhdistää. KNX-järjestelmä täyttää eurooppalaisen EN50090-standardin sekä kansainvälisen ISO/IEC14543-standardin vaatimukset. (Piikkilä, 2011)

6.3 Edut käyttäjälle

Sähkösuunnittelija

- Tehokas suunnittelutyökalu
- Integroitu systeemi projektin hallintaan
- ETS-ohjelmointi mahdollista samanaikaisesti asennuksen kanssa

Sähköasentaja

- Yksinkertainen kaapelointi
- Vähemmän kytkentäpisteitä
- Vähemmän ohjauskaapeleita
- Muutostyöt helppoa

Tilaaja

- Lyhyempi rakennusaika
- Pienempi palokuorma
- Helposti laajennettavissa
- Energiansäästö (Piikkilä, 2011)

7 DALI-JÄRJESTELMÄ

7.1 Esittely

DALI-järjestelmä on digitaalinen valaistuksenohjausjärjestelmä, joka on tarkoitettu pelkästään valaistuksen ohjaukseen. Järjestelmä perustuu kansainväliseen IEC 60929 liitäntälaitte standardiin. To-teutukseltaan se on samanlainen kuin KNX-järjestelmä eli väyläpohjainen. DALI-järjestelmää pystytään käyttämään erillisenä järjestelmänä, joten sitä ei välttämättä tarvitse liittää mihinkään ki-inteistöautomaatiojärjestelmään. Väyläpohjainen järjestelmä on helppo ja nopea asentaa. DALI-järjestelmän väyläsovittimet ja prosessorit ovat todella edullisia, joten niitä voidaan asentaa suoraan jokaiseen valaisimeen. DALI on hitaampi väylä kuin KNX-väylä, sen tiedonsiirtonopeus on 1200 bit/s. (Kallioharju, 2016)

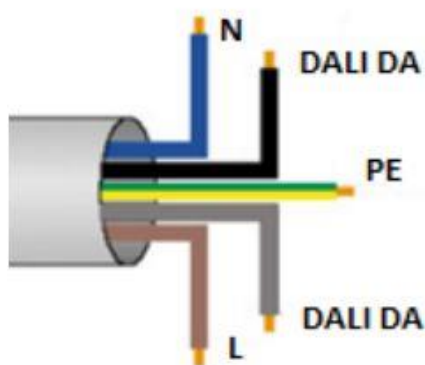
Yhden DALI-alueen järjestelmän rajoitukset:

- Kuhunkin järjestelmään voidaan määrittää 16 ryhmää
- Jokainen ryhmä voi sisältää 64 osoitetta
- Kuhunkin ohjattavaan laitteeseen voidaan ohjelmoida 15 valaistustilannetta

DALI-aliverkkojen määrää voidaan kasvattaa esimerkiksi Helvarin reitittimillä. Reitittimessä on kaksi DALI-aliverkkoa, jolloin saadaan 128 DALI-laitetta / reititin. (AH-talotekniikka, Pekka Aho, 2017)

7.2 DALI-kaapelointi

Matalasta jännitetasostaan (16 VDC) huolimatta DALI-järjestelmä ei ole SELV-luokiteltu järjestelmä, joten väyläkaapeloinnin tulee kestää verkkojännitettä. Tyypillinen kaapelityyppi esimerkiksi yksivaiheiselle valaisinryhmälle on MMJ 5x1,5S (kuva 4). Väyläjohtimen risteily kytkentäpisteiden välillä ei häiritse väylän toimintaa eli DALI-väylä on polariteettivapaa. (Kallioharju, 2016)

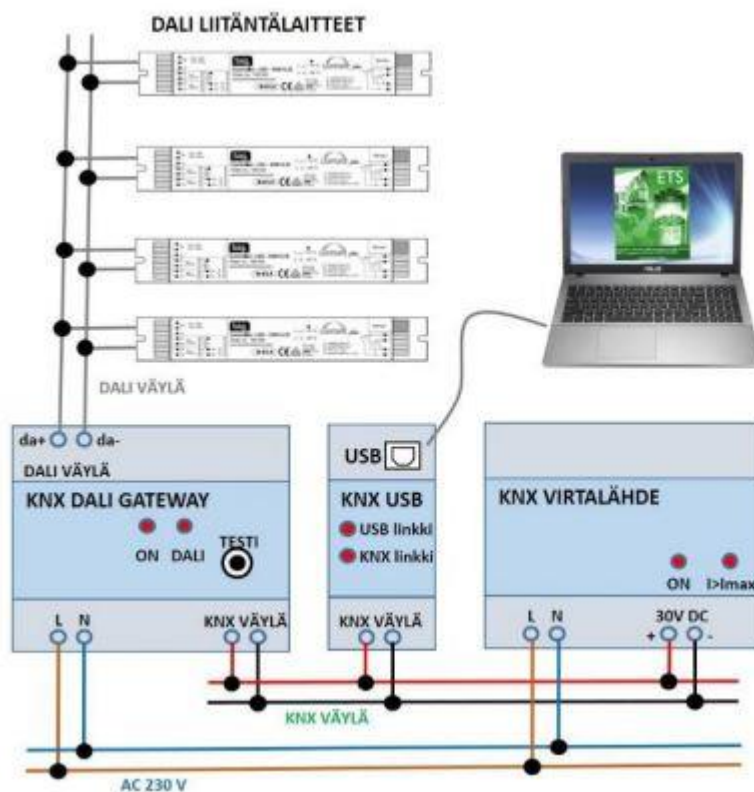


Kuva 4. Dali kaapelointi (Kallioharju, 2016)

7.3 KNX:n & DALI:n integraatio

KNX:n ja DALI:n integraatio on yksi yleisimmistä kiinteistöissä toteutettavista järjestelmäintegraatioista. Järjestelmä integraatiolla tarkoitetaan eri järjestelmien yhteensovittamista keskenään. Integraation hyötyinä on verkottuminen. Verkkoon liitettävien uusien toimintojen ja toimijoiden ansiosta kaikki jäsenet hyötyvät, koska kommunikaatiomahdollisuudet lisääntyvät. (Kallioharju, 2016)

Kaikki DALIin määritellyt valaistuksen ohjaustoiminnot on saatavilla KNX-ympäristöön, jolloin saadaan kustannustehokas ratkaisu kiinteistöautomaatiosta. KNX/DALI-liitäntämoduulin avulla pystytään toteuttamaan DALI-valaistuksen yksilöllinen ohjaus tai ryhmäohjaus. (Kallioharju, 2016)



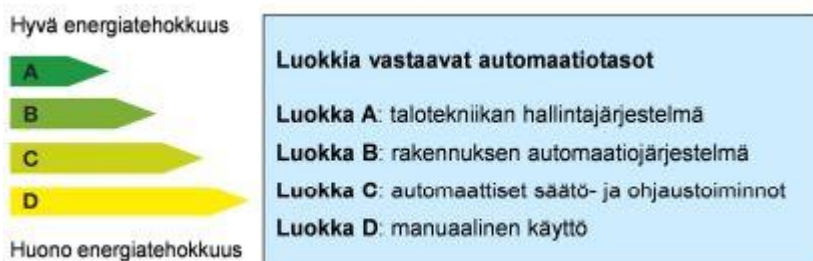
Kuva 5. KNX & DALI (Kallioharju, 2016)

8 KNX-JÄRJESTELMÄN HYÖDYNTÄMINEN KIIINTEISTÖN YLLÄPIDOSSA

8.1 Energiansäästö

KNX-tekniikasta tehokkain hyöty saadaan, kun sillä ohjataan rakennuksen kiinteistöautomaatiota tilakohtaisesti. Tällöin rakennuksen jokaista tilaa ohjataan yksilöllisesti KNX-tekniikalla. Toimintoja ovat: lämmitys, ilmanvaihto, valaistus, jäähdytys, kaihtimet ja markiisit. (Sähkötieto ry, 2015)

Tilakohtaisen kiinteistöautomaation toteutukselle keskeinen peruste on energiansäästö. Standardi SFS-EN 15232 'Rakennusten energiatehokkuus. Rakennusautomaation, säädön ja kiinteistöhoidon vaikutus energiatehokkuuteen' käsittelee kiinteistöautomaation vaikutusta energiankulutukseen. Standardi sisältää laskentamenetelmät energiansäästön laskemiseksi sekä energiatehokkuusluokituksen rakennuksen automaation tekniselle tasolle. Energiatehokkuusluokka kuvataan kirjaimella A-D:



Kuva 6. Energiatehokkuusluokat (Ympäristöministeriö, 2012)

Käytännössä B- ja A-luokan saavuttaminen vaatii integroitua kiinteistöautomaatiojärjestelmää. Toteutuksessa voidaan käyttää KNX-tekniikkaa. (Sähkötieto ry, 2015)

8.1.1 Valaistus

Yksi kiinteistön energian kulutukseen liittyvä järjestelmä on valaistus. Tämän takia valaistuksen optimointiin kulutuksen osalta kiinnitetään entistä enemmän huomiota. KNX-järjestelmän yleisin käyttösovellus on valaistuksen ohjaus, koska se perustuu ohjelmallisiin yhteyksiin ja algoritmeihin. KNX-järjestelmän avulla ohjaus voidaan toteuttaa energiatehokkaasti. Energiatehokkaissa ratkaisussa keinovaloa käytetään siellä missä sitä tarvitaan. Tällaisessa käytössä yhdistellään manuaaliohjausten lisäksi esimerkiksi läsnäolo-, tilanne-, ja päivänvalo-ohjauksia. Valaistuksen ohjaamisessa on yleensä järkevintä käyttää väyläpohjaista järjestelmää, kuten esimerkiksi KNX-järjestelmää. Tilojen käyttötarkoituksen muuttuessa järjestelmän toimintojen muuttamisen voi toteuttaa yleensä ilman kytkentämuutoksia. (Kallioharju, 2016)

LED-valaisimia ja valaistusautomaatiikkaa hyödyntämällä saadaan toteutettua energiatehokas valaistuksen ohjausjärjestelmä. LED-valaisimissa hyötysuhde säilyy hyvänä, vaikka niitä himmennetään. Tämän takia himmennystä käytetään paljon energian säästämiseksi. Toimistotiloissa energiatehokkain ratkaisu saadaan hyödyntämällä vakiovalo-ohjausta. Vakiovalo-ohjauksessa hyödynnetään luonnonvaloa, jolloin valaistuksen tarve pienenee. Päiväaikaan valaistusta himmennetään siten, että työpisteille saadaan riittävä valaistus. Vakiovalon säädön täytyy tapahtua hitaasti, jotta tiloissa työskentelevät eivät häiriinny. (Ensto, ei pvm)

8.2 Tietoturvallinen järjestelmä

KNX-tekniikkaan on alusta asti määritetty kaikki IoT ominaisuudet. Esineiden internetin turvallisuudesta on puhuttu runsaasti. Samalla myös KNX asennusten turvallisuusvaatimukset nousevat. KNX-tekniikkaa käytetään yhä enemmän luottamuksellisen tiedon lähettämiseen. Luottamuksellisia tietoja ovat esimerkiksi:

- lukitusjärjestelmien signaalit (esimerkiksi ovien koskettimet)
 - kulutustiedot
 - KNX-laitteiden kriittiset tiedot, jotka ovat yhteydessä todennettujen osallistujien kanssa
 - tietosuojaturvallisuussovelluksissa (esimerkiksi hälytysjärjestelmän poiskytkennän saa lähettää vain salattuna)
- (KNX Finland Ry, 2018)

KNX-protokollassa on salattu kaikki laitteiden välinen liikenne. Laitteet, joilla on toistensa kanssa valtuutukset voivat ainoastaan kommunikoida keskenään. Järjestelmään voidaan tehdä yhtenäinen varmenne, sen puuttuessa liikennettä ei sallita. Laitteiden lähettämiin viesteihin voidaan lisätä tunnistuskoodeja, jolloin saadaan järjestelmän sisäinen kommunikointi turvatuksi. Pienemmissä kiinteistöissä etäyhteyden voi turvata porttihakausella palomuurin läpi. Suuremmissa kiinteistöissä suositellaan käytettäväksi VPN-yhteyksiä etäyhteyden turvaamiseksi. (KNX Finland Ry, 2018)

8.2.1 KNX Turva

KNX on myös kehittänyt uudet järjestelmälaajennukset KNX IP Turva ja KNX Data Turva, jotka pohjautuvat maailmanlaajuisesti vakiintuneisiin tietoturvaprotokollisiin. Ne mahdollistavat turvalliset viestintäkanavat KNX osallistujille. Järjestelmälaajennuksien avulla saadaan manipuloitujen viestien soluttautuminen hallintaan ja ne voidaan estää. Lokitietojen käsittelyt ja uudelleen lähettämiset väärin tarkoituksiin voidaan ennaltaehkäistä automaattisella järjestysnumeroiden kohdentamisella vastaamaan skevenssin tunnistamista. (KNX Finland Ry, 2018)

KNX IP Turva antaa lisäsuojaa laajentamalla KNX IP-protokollan lähetetyn datan täysin salatuksi. Paikallisesti lähetettävien tietojen suojaamiseksi riittää väyläprotokollan laajennus. KNX Data turva vahvistaa oikeaksi ja/tai salaa halutut KNX sanomat mediasta riippumatta. (KNX Finland Ry, 2018)

8.3 Vian indikointi

KNX-järjestelmällä on mahdollista tuottaa reaaliaikaista tietoa kiinteistönhuoltoon. Esimerkiksi DALI-valaisimista voidaan tehdä valaisinkartta, jossa näkyy valaisimien kunto. Valaisinkartasta olisi mahdollista tarkastaa mikä valaisin on palanut ja missä se sijaitsee. Karttaan olisi mahdollista liittää tieto, onko valaisimesta hajonnut esimerkiksi liitäntälaitte. Kiinteistöhoitaja voisi kerralla katsoa vian ja korjata sen. Näin ollen yhden henkilön suorittaman vianetsintä riittäisi.

DAL:ia voitaisiin hyödyntää myös ennakoivassa huollossa. Esimerkiksi se voisi ilmoittaa polttotuntien olevan menossa täyteen, jolloin tiedettäisiin jo ennakoon tilata uusia valaisimia tilalle. Ohjelmoinnin vienti pidemmälle aiheuttaa lisäkustannuksia, mutta huoltokustannuksista tulee säästöjä.

8.4 Avoimeen standardiin tukeutuva järjestelmä

KNX perustuu avoimeen standardiin, josta hyötyvät kaikki rakennusprojektin osapuolet: urakoitsijat, suunnittelijat, sähkölaitevalmistajat sekä rakennuksen käyttäjät ja omistajat. Avoimien standardien puuttuessa, olisi ainoa vaihtoehto toteuttaa rakennuksien ohjausjärjestelmät valmistajakohtaisilla järjestelmillä eli suljetuilla järjestelmillä. Käytettäessä suljettuja järjestelmiä sen käyttäjä on riippuvuussuhteessa alkuperäiseen järjestelmätoimittajaan koko elinkaaren ajan. Järjestelmätoimittajan poistussa markkinoilta sen käyttäjät jäävät ilman ylläpitopalveluita ja teknistä tukea. (Sähkötieto ry, 2015)

Avoim standardi mahdollistaa suunnittelijoiden hyödyntämään tulevissa kohteissa edellisten kohteiden hyväksi todettuja ratkaisumalleja. Suunnitteluvaiheessa ei ole välttämätöntä tietää KNX-järjestelmän toimittajaa, vaan toimittajia voi kilpailuttaa suunnitteluvaiheen jälkeen. Monien eri valmistajien tuotteet käyvät samaan järjestelmään. (Sähkötieto ry, 2015)

Sähköurakoitsijan työtä KNX-tekniikka helpottaa siten, että ei ole välttämätöntä hankkia monien eri järjestelmien osaamista. Hankitulla KNX-tekniikan osaamisella voi hyödyntää yli 300 laitevalmistajan tuotteita. (Sähkötieto ry, 2015)

Laitevalmistajille avoin standardi kasvattaa markkinoita suuremmiksi, jolloin tuotantokustannuksia on mahdollista painaa alaspäin tuotantomäärien kasvaessa. Markkinoiden kasvaessa valmistajien halukkuus kehittää laitteita säilyy. (Sähkötieto ry, 2015)

Haasteita suljetuissa järjestelmissä aiheuttaa sen integroiminen muuhun kiinteistöautomaatioon. Integrointi täytyy ratkaista tapauskohtaisesti, jolloin aikaisempia kokemuksia ei voida käyttää hyödyksi, jos järjestelmätoimittajaa vaihdetaan. Integroinnin jäädessä puutteelliseksi antureiden ja kaapeleiden määrä kasvaa avoimeen järjestelmään verrattaessa. Rakennuksen toimintojen puutteellinen toiminta yhdessä aiheuttaa turhaa energiankulutusta. (Sähkötieto ry, 2015)

Avoimeen standardiin perustuva KNX on suljettuja järjestelmiä turvallisempi investointi. Kiinteistön omistajan näkökulmasta on hyvä, että KNX-yhteensopivia tuotteita ja palveluita on tarjolla monelta eri toimittajalta. Laitevalmistajat päivittävät ja kehittävät KNX-tuotteita jatkuvasti, joten asennettuja järjestelmiä on mahdollista päivittää. Avoimien standardien yleistyessä monet eri rakennukset ovat toteutettu keskenään samantyyillisillä automaattoratkaisuilla. Suljettujen järjestelmien aikakautena jokainen rakennus oli taloteknisesti yksilöllinen. Avoimen standardin yleistyessä suuri määrä rakennuksia on toteutettu keskenään samantyyillisillä automaattoratkaisuilla. Tämän ansioista suurta kiinteistökantaa ylläpitävä saa ylläpitokustannuksissa mittakaavaetua verrattuna suljettujen järjestelmien aikaan. (Sähkötieto ry, 2015)

8.5 Projektipankki

Suurissa kiinteistöissä, joissa on KNX-järjestelmä, olisi hyvä olla oma projektipankki, jota joku hallinnoisi. Projektipankki sisältäisi päivitetyn tietokannan, josta olisi mahdollista nopeasti ladata tarvittavia ohjelmia. Projektipankin hallinnointi olisi elintärkeää, jotta ohjelmat pysyvät päivitettyinä ja tiedot ohjelmoitavista kohteista olisivat ajantasalla. Komponentin rikkoutuessa kiinteistönhoitaja pystyisi lataamaan projektipankista uudelle laitteelle ohjelman ja vaihtamaan komponentin.

8.6 Muuntojoustavuus

Nykypäivänä rakennuksilta vaaditaan muunneltavuutta, koska alkuperäisen toiminnan loppuessa rakennuksessa, uusi toiminta aiheuttaa tilojen muuttamista. Usein esimerkiksi toimistorakennuksissa ei tilan vuokralaista tiedetä vielä suunnitteluvaiheessa. Tämä asettaa edellytyksiä sähköjärjestelmien muunneltavuudelle. (KNX Finland Ry, 2018)

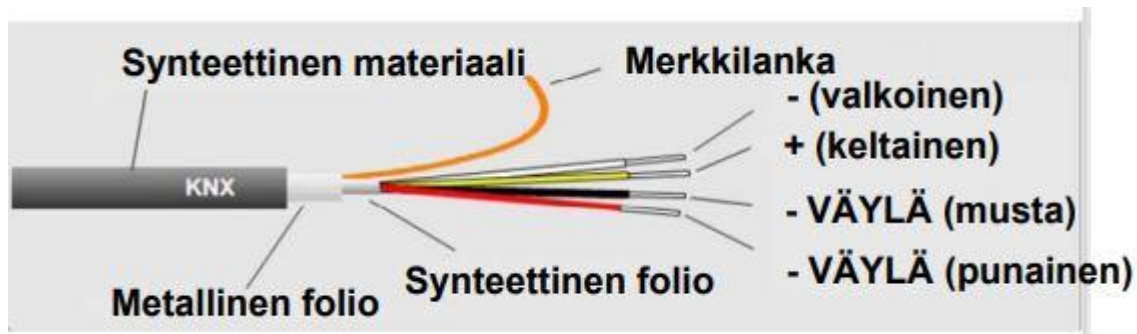
Perinteisessä sähköjärjestelmässä muunneltavuutta on tavoiteltu kaapelihyllyillä ja johtokouruilla. Näihin on kohtalaisen helppo tehdä lisäyksiä, mutta muutokset aiheuttavat usein johdotusten lisäystä. Yksittäisten valmistajien järjestelmiin verrattaessa KNX-järjestelmää pystytään laajentamaan monien eri valmistajien tuotteilla. (Forsell, 2013)

KNX-järjestelmällä muutokset pystytään tekemään ohjelmallisesti. Tietokantaan muokataan tai lisätään muutokset, jonka jälkeen ne ajetaan KNX-järjestelmään. Mikäli muutokset pystytään toteuttamaan pelkästään ohjelmallisilla muutoksilla, säästetään johdotus- ja asennuskuluissa. Ohjelmalliset muutokset on mahdollista toteuttaa myös etäyhteyden kautta, jolloin käyntiä paikan päällä ei välttämättä tarvita. (Forsell, 2013)

KNX-järjestelmässä on mahdollista ohjata laitteita langattomasti. Langaton radiolähetys soveltuu saneerauskohteisiin ja täydentämään jo olemassa olevaa järjestelmää. Esimerkiksi valokytkimen asennusta ei rajoita muu kuin radiosanoman kantavuus. Asennus voidaan myös tehdä sellaisille pinnoille joihin johdotusta ei pystyisi tekemään, esimerkiksi lasiin. Langattomissa ratkaisuissa muutosten tekeminen on helppoa ja nopeaa eikä kaapelointireiteistä tarvitse huolehtia. Käytettäessä langattomia ratkaisuja täytyy huomioida paristojen ja akkujen kesto. Useiden kymmenien paristojen ja akkujen vaihtaminen on työlästä, mutta langattomat ratkaisut pienentävät kaapeloinnista aiheutuvia kuluja. (Forsell, 2013)

8.7 Kaapelointi

KNX-järjestelmää käytettäessä saadaan merkittäviä säästöjä kaapeloinnissa. Väyläkaapeli on 2-napainen heikkovirtakaapeli, jota pitkin ohjaukset kulkevat, ja jota pitkin toimilaitteet saavat käyttäjännitteensä 24 VDC. Kaapeli voidaan asentaa energiakaapeleiden kanssa samaan hyllyyn. (Piikkilä, 2011)



Kuva 7. KNX kaapeli (Piikkilä, 2011)

Kaapeliksi käy esimerkiksi KLMA 4x0,8+0,8, jonka ulkohalkaisija on 5,5 mm. Vastaavan vahvavirtakaapelin MMJ 5x1,5S ulkohalkaisija on 11,0 mm. KNX-järjestelmässä käytetty kaapeli on puolet ohkaisempi, jolloin säästetään paljon tilaa kaapelihyllyillä. Myös hinnaltaan KLMA on noin puolet halvempaa. Erään tukkuliikkeen hintojen mukaan KLMA 4x0,8+0,8 maksaa 0,865 €/m (ALV 0 %) ja MMJ 5x1.5S 1,66 €/m (ALV 0 %). Suurissa kiinteistöissä kaapeloinnista saadaan säästöjä runsaasti.

9 KÄYTTÄJÄKYSELY

Käyttäjäkyselyn tarkoituksena oli selvittää KNX-järjestelmän laajuutta Senaatti-Kiinteistöillä, sekä siitä saatuja hyötyjä sekä koettuja ongelmia. Kysely toteutettiin sähköpostikyselynä Senaatin talotekniikan asiantuntijoille eri puolelta Suomea. Kysymyksiin vastattiin vaihtelevasti. Käyttäjäkyselyn kysymykset olivat:

- Minkälaisissa eri kiinteistöissä KNX-järjestelmä on käytössä ja mitä sillä ohjataan?
- KNX-järjestelmästä saadut hyödyt vertailtaessa perinteiseen järjestelmään?
- Minkälaisia ongelmia on ollut liittyen KNX-järjestelmään?

9.1 KNX-järjestelmän laajuus

KNX-järjestelmää ei ole käytössä:

- Varsinais-Suomen alueella
- Tampere – Hämeenlinna alueella
- Pohjois-Suomen alueella

KNX-järjestelmä on käytössä:

- Etelä-Suomen alueella
- Itä-Suomen alueella

Pääosin KNX-järjestelmää käytetään toimisto- ja virastorakennuksissa. Järjestelmää on käytössä myös kulttuurirakennuksissa. KNX-järjestelmää käytetään valaistuksen-, savunpoiston- ja oviverhojen ohjaukseen.

9.2 Käyttäjäkokemukset

Alla kerätty listaa käyttäjien antamista hyödyistä ja ongelmista.

KNX-järjestelmästä saadut hyödyt:

- Suuri määrä ohjausvariaatiota käytettävissä
- Muunneltavuus
- Toiminnan varmistaminen

Ongelmat:

- Osaajien vähäinen määrä
- Dokumentaation tuottaminen
- Suunnittelun tekeminen ja luovutustiedostot
- Käytettävän ohjelman tiedot

9.3 Johtopäätökset

KNX-järjestelmää on käytössä monissa erilaisissa kohteissa. Suurimmalta osin sitä käytetään valaistuksen ohjaukseen. Ongelmia kiinteistön ylläpidon kannalta tuottaa osajien vähäinen määrä, jolloin vasteajat kasvavat pidemmiksi ja vian korjaukset kestävät. Myös suuri määrä luovutustiedostoja aiheuttaa ongelmia, joten jonkinlaisen projektipankin ylläpito voisi olla järkevää.

10 YHTEENVETO

KNX-järjestelmän hyödyntämistä kiinteistön ylläpidossa lähdettiin tutkimaan Senaatti-kiinteistöltä tulleiden ongelmien pohjalta. Oli havaittu, että KNX-järjestelmä on kustannukseltaan kalliimpi kuin perinteisesti toteutettu järjestelmä, eikä kalliimmalle kustannukselle ole juurikaan saatu vastinetta. Ylläpitokustannukset kasvavat, kun kiinteistöhoitajat eivät välttämättä osaa korjata pienempiä vikoja KNX-järjestelmässä. Viankorjaukseen on kutsuttava KNX ammattilainen. KNX-järjestelmästä tulisi ottaa suurempi potentiaali irti, kuin mitä siitä on tällä hetkellä otettu.

Opinnäytetyö aloitettiin tutustumalla Kallanranta 11 kiinteistön KNX-järjestelmään, jonka pohjalta lähdettiin miettimään KNX-järjestelmän hyödyntämistä kiinteistön ylläpidon kannalta. Kallanranta 11 kiinteistön KNX-järjestelmästä oli tehty lyhyt raportti vuonna 2015, jossa kerrotaan KNX-järjestelmän toiminnasta. Lisätiedon hankkimiseksi haastateltiin paikallista urakoitsijaa, joka antoi hyviä neuvoja, kuinka KNX-järjestelmää voidaan hyödyntää kiinteistön ylläpidossa.

11 LAINATUT LÄHTEET

- ABB. (2011). *ABB:n automaatio ohjaamaan Helsingin Musiikkitalon valaistusta ja savunpoistoa*. Haettu 23. 5 2018 osoitteesta <http://www.abb.fi/cawp/seitp202/3396f757960b3336c12577a00022d990.aspx>
- AH-talotekniikka, Pekka Aho. (2017). *DALI ja LVI-säätökaaviot*. Kuopio. Haettu 3. 4 2018 osoitteesta https://moodle.savonia.fi/pluginfile.php/172888/mod_resource/content/1/ESV4440%20Integroidut%20rakennusautomaatioj%C3%A4rjestelm%C3%A4t%20-%20luento%20041217.pdf
- Ensto. (ei pvm). *Automaattinen ohjaus*. Haettu 16. 3 2018 osoitteesta Vakiovalo-ohjaus: <http://www2.amk.fi/Ensto/www.amk.fi/opintojaksot/0705016/1228387313247/1228466781352/1231502301987/1231502701113.html>
- Forsell, S. (2013). *KNX-järjestelmän hyödyntäminen toimistorakennuksessa*. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Haettu 17. 4 2018 osoitteesta https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/63049/Forsell_Simo.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- ISS Palvelut Oy. (2018). *ISS Palveluiden esittely*. Haettu 15. 2 2018 osoitteesta ISS Palvelut Oy: <https://www.fi.issworld.com/iss-palvelut-yrityksena-about/iss-palveluiden-esittely>
- ISS Palvelut Oy. (2018). *Kiinteistön ylläpitopalvelut*. Haettu 14. 3 2018 osoitteesta <https://www.fi.issworld.com/palvelumme-service/kiinteiston-yllapitopalvelut/energianhallintapalvelut>
- Kallioharju, V. P. (2016). *KNX-DALI Taustoja*. Tampere. Haettu 3. 4 2018 osoitteesta http://knx.fi/doc/2016_lokakuu_julkaisut/KNX-DALI-TAUSTOJA.pdf
- Kiinteistöalan Kustannus Oy. (2016). *Kiinteistön hoidon käsikirja*. Helsinki. Haettu 15. 3 2018
- KNX Finland. (ei pvm). *KNX hyvä käytäntö ja laadukkaat kohteet*. KNX Finland. Haettu 15. 3 2018 osoitteesta <http://www.knx.fi/doc/esitteet/KNX-Muistilista-toteutetaan-vain-onnistuneita-projekteja-osa-1.pdf>
- KNX Finland Ry. (2018). *Esimerkkikohteita*. Haettu 23. 5 2018 osoitteesta <http://www.knx.fi/index.php?k=224595>
- KNX Finland Ry. (2018). *KNX Esineiden Internet*. Haettu 6. 4 2018 osoitteesta http://www.knx.fi/doc/esitteet/KNX_esineiden_internetissa.pdf
- KNX Finland Ry. (2018). *Muunneltava järjestelmä*. Haettu 11. 4 2018 osoitteesta <http://www.knx.fi/index.php?k=220442>
- KNX Finland Ry. (2018). *Tietoturvallinen järjestelmä*. KNX Finland Ry. Haettu 6. 4 2018 osoitteesta <http://knx.fi/index.php?k=220476>
- Kopra, T. (2015). *KNX-selvitys, Kallanranta 11*. Kuopio: ISS Palvelut Oy. Haettu 20. 4 2018
- Museovirasto. (2016). *Valtiolle rakennettu*. Helsinki: Museovirasto.
- Piikkilä, V. (2011). *KNX*. Tampereen ammattikorkeakoulu. Haettu 15. 3 2018
- Prysmian Group. (2011). Johdin. *Johdin*, 24-27. Haettu 23. 5 2018
- Senaatti. (2018). *Kallanranta 11*. Haettu 11. 2 2018 osoitteesta <https://www.senaatti.fi/senergia-tilat/kallanranta-11/>
- Senaatti. (2018). *Senaatti-kiinteistöt*. Haettu 15. 3 2018 osoitteesta Strategia.
- Senaatti. (2018). *Senaatti-kiinteistöt*. Haettu 15. 3 2018 osoitteesta <https://www.senaatti.fi/tietoa-senaatista/>
- Sähkötieto ry. (2015). *KNX-järjestelmän perusteet*. Espoo: Sähkötieto ry. Haettu 15. 3 2018
- Sähkötieto ry. (2015). *KNX-järjestelmän perusteet*. Espoo. Haettu 27. 3 2018
- Valtiolle rakennettu*. (2016). Helsinki: Museovirasto. Haettu 16. 3 2018

Ympäristöhallinto. (2018). *Ympäristö hallinnan verkkopalvelut*. Haettu 15. 3 2018 osoitteesta Kiinteistön ylläpito ja korjaaminen: http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Rakentaminen/Kiinteiston_yllapito_ja_korjaaminen

Ympäristöministeriö. (2012). *Rakennusten automaation vaikutus energiatehokkuuteen*. Espoo. Haettu 17. 4 2018 osoitteesta http://www.avoinautomaatio.fi/doc/standardi_sfs-en_15232/Rakennusten-automaation-vaikutus-energiatehokkuuteen.pdf