

Joonas Seppänen

# Taloautomaatiojärjestelmän konseptointi talotehtaalle

Opinnäytetyö

Sähkö- ja automaatiotekniikan koulutus

2022



**Kaakkois-Suomen  
ammattikorkeakoulu**

Tutkintonimike	Insinööri (AMK), Sähkö- ja automaatiotekniikka
Tekijä/Tekijät	Joonas Seppänen
Työn nimi	Taloautomaatiojärjestelmän konseptointi talotehtaalle
Toimeksiantaja	Jukkatalo Oy
Vuosi	2022
Sivut	35 sivua
Työn ohjaaja(t)	Risto Kuitunen

## TIIVISTELMÄ

Tässä opinnäytetyössä perehdyttiin erilaisiin vaihtoehtoihin automaatiojärjestelmien suhteen, joita voi omakotitalossa käyttää. Työn toimeksianto tuli Jukkatalo Oy:n puolesta, koska heillä ei ollut tarjolla kaikille sopivaa ratkaisua markkinoilla. Opinnäytetyössä keskitytään ottamaan selvää erilaisista yksinkertaisista automaatiojärjestelmistä valaistustilanteiden luomiseen.

Työssä esitetään eri tavoilla toimivia järjestelmiä ja perehdytään siihen, mitä ne pitävät sisällään. Myös mahdollisia vaikutuksia yksittäisen omakotitalon energiansäästöön älykkään ohjauksen ansiosta tutkitaan. Katsetta suunnattiin myös tulevaisuuteen miettien, mitkä järjestelmät kestävät aikaa ja muuttuvia olosuhteita. Työssä luodaan näkökenttää myös yleisesti taloautomaatiolaitteisiin ja mietitään mahdollista elinkaarimallia järjestelmälle.

Opinnäytetyön tukemana on tarkoitus saada kattava tietämys maailmalla tarjolla olevista automaatoratkaisuista, valaistustilanteiden erilaisista mahdollisuuksista ja siitä, mitä kaikkea taloautomaatioon voi liittää. Tämä työ on hyödynnettävissä kaikille aiheesta kiinnostuneille ja myös opettajille opettamisen tueksi. Työn tiedot ovat myös sovellettavissa vaihtoehtoisten ratkaisujen kehittämiseen.

Työelämän näkökulmasta aihe vahvisti osaamista ja laajensi tietämystä taloautomaatiosta ja eri valmistajista. Ammatilliselta kannalta työ kannustaa talotehtaita kehittämään ja parantamaan heidän tarjoamia ratkaisujaan loppuasiakkaalle. Tällä tutkimuksella on arvoa tulevaisuuteen, koska taloautomaatio on kasvava trendi omakotitaloasujien keskuudessa.

**Asiasanat:** taloautomaatio, opinnäytetyö, talotehdas, valaistus

Degree title	Bachelor of Engineering, Electrical and automation technology
Author (authors)	Joonas Seppänen
Thesis title	Automation system concept for house factory
Commissioned by	Jukkatalo Oy
Time	2022
Pages	35 pages
Supervisor	Risto Kuitunen

## ABSTRACT

The objective of the thesis was to orient for different kinds of automation systems which can be used in detached houses. The idea for this thesis came from Jukkatalo Oy, to fill in the need for a package. This thesis focused on finding out what kind of automation systems are available for creating simple lighting situations.

This thesis reviewed various methods and systems and investigated into their properties. Also, possible influences on saving energy thanks to automation systems were studied. Looking into the future it was examined which systems can age well and are durable in changing conditions. Also, automation industry and systems were studied, considering a possible life cycle model for the system.

With the support of this thesis the goal was to achieve a wide range of knowledge of different automation systems sold throughout the world, different lighting solutions and other connectable systems. This work is available to everybody who is interested in the topic and for teachers to support their teaching. Info regarding to this thesis is applicable for researching alternative solutions.

From the perspective of working life this study strengthened the competence and expanded knowledge about automation systems and different manufacturers. From the professional viewpoint this thesis encourages house factories to improve and develop the concepts they are offering to the end customer. This thesis has a high value in the future, because home automation systems is a growing trend among people living in detached houses.

**Keywords:** thesis, automation, energy, house-factory

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
2	TOIMINTAPERIAATTEET .....	5
3	ÄLYKÄS KOTI .....	8
3.1	Tunnettuja järjestelmiä.....	9
3.2	DALI.....	10
3.3	KNX .....	11
3.4	ABB Free@Home .....	13
4	ZIGBEE-OHJAUS.....	14
4.1	ZigBee PRO.....	16
4.2	ZigBee RF4CE.....	17
4.3	ZigBee IP .....	17
5	ZIGBEE-JÄRJESTELMIÄ .....	18
5.1	Philips Hue .....	18
5.2	Plejd.....	20
5.3	Plejd-tuotteet.....	22
6	ESIMERKKIKOHDE .....	23
6.1	Esimerkkikohteen toimittaja .....	23
6.2	Suunnittelu.....	24
6.3	Asennus.....	27
7	HINTAVERTAILU .....	28
8	YHTEENVETO .....	32
	LÄHTEET.....	34

## 1 JOHDANTO

Työn tarkoituksena on tutkia markkinoilla olevia valaistuksenohjausjärjestelmiä ja vertailla niiden eroja. Modernissa maailmassa vaihtoehtoja on olemassa paljon, mutta useat järjestelmät ovat liian kalliita asiakkaille tai liian monimutkaisia käyttää. Muuttovalmistalokaupassa pienet asiat tekevät suuria vaikutuksia ostajan mieleen. Moni kauppa voi jäädä tekemättä, jos myyjällä ei ole tarjota jokaiselle asiakkaalle mieluisaa ratkaisua.

Myynnistä saatujen tietojen perusteella tyypilliselle omakotitalon ostajalle sopiva hinta ohjausjärjestelmälle on noin 3000–4000 €. Covid-19-pandemian takia rakentamisen kustannukset räjähtivät, mikä vähentää asiakkaiden kiinnostusta ostaa kalliita automaatiojärjestelmiä. Tästä syystä markkinoille halutaan tarjota edullisempi ja helppokäyttöinen laitteisto yksinkertaiseen valaistuksenohjaukseen.

Työn tavoitteena on löytää helppokäyttöinen järjestelmä, jolla saadaan luotua omakotitalotaloihin yksinkertaisia valaistustilanteita. Myös mahdollisia muita ohjauksia (autolämmityspistorasiat yms.) voidaan ottaa huomioon. Työ on tutkimusluontoinen, jossa perehdytään laitteistojen ominaisuuksiin ja toimintoihin.

## 2 TOIMINTAPERIAATTEET

Rakennusautomaatio on yksi automaation osa-alueista, koska siitä on eriytetty prosessiteknologiassa käytössä olevia laitteita. Nykymaailmassa kuluttajat alkavat suosia paljon langattomia asennuksia, koska vuosien saatossa luottamus niihin on kasvanut teknologian kehittyessä. Kuitenkin perinteisiä langallisia järjestelmiä tehdään edelleen, ja niiden järjestelmien jatkokehitys on helppoa langattomien lisäosien liitettävyyden ansiosta.

Toimintaperiaatteita automaatiojärjestelmille on useita, joista yleisimpiä ovat langallinen, erillisjohdotuksen vaativa väylätekniikka ja langaton tekniikka. Työn edetessä perehdytään erilaisiin laitteistoihin. Lähtökohtaisesti rakennusautomaatioon kannattaa panostaa, koska sen osuus talonrakennushinnasta on verrattain pieni.

Langaton järjestelmä on huoltovapaa ja järjestelmään lisäyksien tekeminen on helppoa. Myös tämä vaikuttaa järjestelmän kulurakenteeseen automaation osalta, koska johdotusvaiheessa ei tarvitse huomioida järjestelmälle erillistä kaapelointia. Suurin osa hinnasta muotoutuu siitä, kuinka laajan järjestelmän haluaa tehdä. Normaalikokoiseen omakotitaloon (100–120 m<sup>2</sup>) laitteiston saa hyvinkin edullisesti. Jos taloon halutaan esim. etäohjatut autolämmityspistorasiat, astronominen kello ulkovaloille ja hämäräkytkimellä toimivat pollarivalot voi näiden tarvikkeisiin mennä jo lähes sama raha kuin langattomilla ohjauksilla, jotka sisältävät esimerkiksi astronomisen kellon ja hallintaa pystyy toteuttamaan puhelimesta tai yhdellä ohjauspaneelilla ilman fyysisiä kytkimiä. Langattoman laitteiston pitäminen ajan tasalla on helppoa, koska hallinta tapahtuu puhelimesta, josta päivitykset saa ladattua.

Erillisjohdotuksen vaativia järjestelmiä on useampia, joita on myös esitelty tässä työssä. Näissä järjestelmissä asennuskustannukset ovat hieman korkeampia, koska järjestelmän fyysinen asennus vaatii enemmän työtä ja materiaalia. Käyttöönottoon vaaditaan vähintään tietokone, jotta laitteistot saadaan konfiguroitua ja ohjaukset toteutettua. Hinta valmiille järjestelmälle on huomattavasti korkeampi kuin langattomassa, mutta myös ohjauksen mahdollisuuksia on enemmän. Jos esimerkkinä käytetään 120m<sup>2</sup> omakotitalo, voi järjestelmän hinta olla helposti jo 8000 € Elinkaarta ajatellen järjestelmää pystyy päivittämään niin kauan, kun palvelun tuottaja tekee päivityksiä. Väistämättä tulevaisuudessa tulee tilanne, jossa laitteisto on jo vanha kaapelointineen, eikä sen käyttäminen ole enää turvallista tai tavoiteltujen etujen mukaista.

Taulukko 1. Järjestelmien vertailu

Laitteisto				Hinta	Häiriösietoisuus	Elink. Kustannukset
<b>Langaton</b>						
Philips HUE				Edullinen	Hyvä, palautuu vakiotilaan katkoksen jälkeen	Hyvä, päivitettävissä
Plejd				Edullinen	Hyvä, palautuu vakiotilaan katkoksen jälkeen	Hyvä, päivitettävissä
<b>Langallinen</b>						

KNX				Kallis	Keskiverto	Keskiverto
DALI				Kallis	Keskiverto	Keskiverto
Free@Home				Kallis	Keskiverto	Keskiverto
Releohjaukset, hämäläkytkimet yms				Halpa	Hyvä, Laitteet toimii normaalisti katkosen jälkeen	Keskiverto

Yllä olevassa taulukossa on esitetty yleisimpien järjestelmien hyviä ja huonoja puolia. Suurimpia eroja ovat laitteistojen hinnat ja elinkaaren aikana syntyvät kustannukset. Langattomien laitteistojen päivitys on helpompaa ja fyysiset ohjainlaitteet ovat edullisempia. Langallisissa laitteistoissa elinkaaren aikana kuluja syntyy, kun ohjainlaitteita, jotka ovat kalliita, joudutaan vaihtamaan. Myöskään päivitys ei ole niin helppoa kuin langattomissa järjestelmissä. Perinteiset releohjaukset ja hämäläkytkimet ovat toimintavarmoja ja yksinkertaisia toteuttaa, mutta myös niiden kaapelit ja komponentit tulevat jossain vaiheessa käyttöön päähän. Langattomien laitteiden elinkaaren edullisuutta parantaa huomattavasti se, että esim. valaistuksenohjauksessa siinä on vain kaksi komponenttia; ohjauksyksikkö ja valaisin. Yleisimmin valaisin on LED, joka tunnetusti kestää käyttöä kymmeniätuhansia tunteja.



Kuva 1. DALI ohjainlaite (Rakennusfakta s.a.)

Väylätekniikkaan tukeutuva järjestelmä on ollut suosittu omakotitalojen lisäksi myös julkisissa tiloissa. Esimerkkinä tästä on DALI, josta yllä olevassa kuvassa on esitetty yksi sen ohjainlaitteista. Valaisimien ja järjestelmään liitettävien laitteiden täytyy tukea DALI-tekniikkaa, jotta ne saadaan käyttöön. Asennettavuudeltaan laitteisto ei juurikaan eroa muista vastaavista, mutta on yksi markkinoilla pisimpään olleista. Kulurakenne on lähestulkoon samaa muiden langallisten laitteiden kanssa. Järjestelmä on turvallinen ratkaisu, koska se on ollut olemassa jo 1990-luvulta ja järjestelmän laitteita päivitetään edelleen. (Fovea s.a.)

### 3 ÄLYKÄS KOTI

Kotiautomaation funktio on tuoda käyttäjälle asumismukavuutta ja tehdä arjen viettämisestä entistä helpompaa. Automaatiolaitteistojen juuret ovat 80-luvun Yhdysvalloissa, josta ne teknologian kehittyessä levisi vähitellen Eurooppaan. Yleisesti automaatiojärjestelmät kattavat useita toimintoja valaistuksen, äänentoiston, viihde-elektroniikan ja talotekniikan kontrollointiin. Tilaohjaukset voidaan ajastaa käyttäjän toiveiden mukaan esim. matkan ajaksi, jolloin mahdollisille varkaille voidaan viestiä, ettei talo ole tyhjillään. (Mattinen 2021.)

Mattinen (2021) esittää, että *älykkäässä kodissa eri laitteet yhdistetään verkoon siten, että ne voivat kommunikoida keskenään milloin tahansa ja erityisesti silloin kun sinä haluat. Laitte voi olla esimerkiksi kahvinkeitin, lamppu tai valvontakamera.*





Kuva 2. Älykodin mahdollisuudet (Iotfinland 2018.)

Yksinkertaisuudessaan älykäs koti toimii vuorovaikutuksessa antureiden kanssa. Anturit välittävät tietoa erilaisista tiedoista mitä ne ottavat vastaan. Näitä voivat olla lämpö tai liike. Tunnistaessaan tiedon anturi välittää siitä informaation keskukselle. Tällöin käynnistyy yksinkertainen prosessi, jonka tuotteen käyttäjä on jo määritellyt laitteeseen, esim. sytytä sisääntuloaulan valot. (Justin26 2021.)

### 3.1 Tunnettuja järjestelmiä

Kenties pisimpään markkinoilla olleita järjestelmiä on DALI, KNX ja ABB Free@home. Kaikki järjestelmät ovat käytössä vielä tänä päivänä ja omaavat hyvän suosion. Järjestelmät tukevat erilaisia käyttökohteita hyvinkin laajasti ja esim. DALI-laitteiston voi asentaa niin omakotitaloon kuin isoon ruokakauppaankin.

Yleisesti ohjausjärjestelmät ovat olleet käytössä prosessiteollisuudessa ja julkisen puolen rakennuksissa (sairaalat, toimistot yms). Laitteistojen korkeiden hankintakustannusten takia ne ovat olleet liian kalliita useille pientaloasujille. Maailman kehittyttyä on hinnoista tullut kuluttajaystävällisempiä ja tuotteet ovat

nyt kaikkien saatavilla. Pientaloasujat ovat näyttäneet kiinnostusta järjestelmiin tietoisuuden lisääntyessä.

### **3.2 DALI**

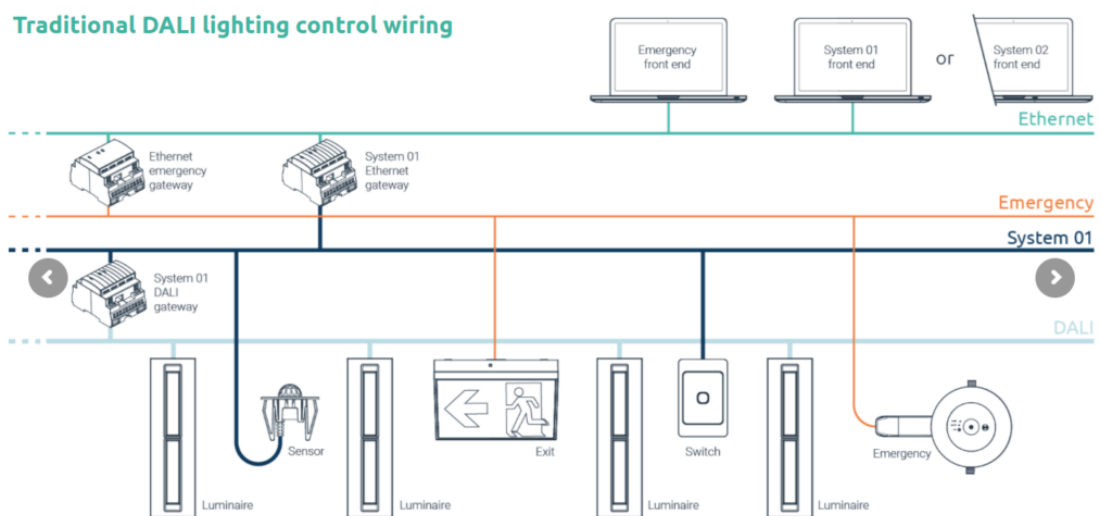
DALI on IEC 62386 -standardin mukaisesti kehitetty järjestelmä valaistuksen ohjaukseen. Se on alusta, joka mahdollistaa elektronisien liitäntälaitteiden ja valaisimien ohjauksen. DALI-järjestelmään voidaan kytkeä usean eri valmistajien laitteita, koska järjestelmä on avoin. Kuten missä tahansa tuotteessa, on eri valmistajien laitteiden välillä eroja tuotteen kestävyudessa ja laadussa. Järjestelmät, jotka ovat DALI-ohjattuja, mahdollistavat yksittäisen valaisimen ohjauksen ja himmennuksen. Tästä seuraten järjestelmä voi tuoda yksittäiselle taloudelle tai yritykselle huomattavia säästöjä vuodessa. Järjestelmä oikein toteutettuna ja säädettynä voi tuoda jopa 80 % energiansäästön. (Winled Oy 2021.)

DALI- väylä mahdollistaa maksimissaan 64 laitteen kytkennän. Peruskytkentä koostuu virtalähteestä, liitäntälaitteesta sekä ohjattavista laitteista. Kaikilla laitteilla, jotka on kytketty väylään, on oma osoitteensa. Väylän kaapelointi tulee suorittaa 230 V kestäväällä kaapelilla, jonka poikkipinta-alan tulee olla vähintään 1,5 m<sup>2</sup>. Yleisin kaapeli on MMJ. Datan välittämiseen laitteille käytetään korkeampaa jännitettä. Yksittäistä laitetta ohjataan sille annetun komennon perusteella, joka lähes aina on kysely tai käsky. Palaute, mitä laitteilta saadaan, auttaa vähentämään rakennuksen huoltokustannuksia ja mahdollistaa jopa turvallisemman työympäristön. Yksittäisen ohjauksen lisäksi DALI kykenee ohjaamaan myös ryhmiä. (Winled Oy 2021.)

Yksi DALI-linja voi sisältää 16 linjaohjausta. Pääkäyttäjän antama tilanneohjaus kulkeutuu väylää pitkin jokaiselle laitteelle. Kun laitteet vastaanottavat ohjauksen, ne tarkistavat muistinsa niihin tallennettujen tilanneohjausasetusten suhteen ja toteuttavat tilanteen, joka on tallennettu niiden muistiin. Jos laitteelle ei ole tallennettu tilanneohjausta, se ei yksinkertaisesti tee mitään. Ryhmäohjauksen avulla voidaan suurempia laitekokonaisuuksia säätää kerralla. Yhden laitteen on mahdollista kuulua 16 eri ryhmään samanaikaisesti. (Winled Oy 2021.)

Väylän kaapelointi on mahdollista toteuttaa laitteiden normaalin kaapeloinnin rinnalle. Järjestelmän korkea häiriö/signaalisuhde ja laaja signaali-alue takaavat, että signaalin häiriintyminen on lähes mahdotonta. Jos järjestelmän johdotuksen pituus ylittää 300 m, tulee kaapelointia muuttaa edellä mainitusta 1,5 m<sup>2</sup> poikkipinta-alan omaavasta kaapelista. Maksimissaan 2 V jännitteenalennema on sallittu. Päätösvastusta ei järjestelmässä tarvita, ja väylä tukee kaikkia kaapelointitopologioita. Yleisesti väylä koostuu kaapelista, jossa on 4 tai 5 johdinta (vaihe, nolla ja kaksi ohjauskaapelia väylää varten).

Väylä mahdollistaa 64 laitteen kytkemisen, mutta sen virrankulutuksen tulee olla maksimissaan 250 mA. Tämä on tärkeä asia pitää mielessä laitteistoa rakentaessa, sillä maksimivirta voi ylittyä, vaikka verkossa olisi alle 64 päätelaitetta. Maksimivirta liitäntälaitteille on 2 mA, mutta maksimivirtaa ohjainlaitteille ei ole rajoitettu. Virtalähteen paikka on vapaasti valittavissa mihin kohtaan tahansa. (Fovea s.a.)



Kuva 3. Dali-laitteisto havainnekuva (Fovea s.a.)

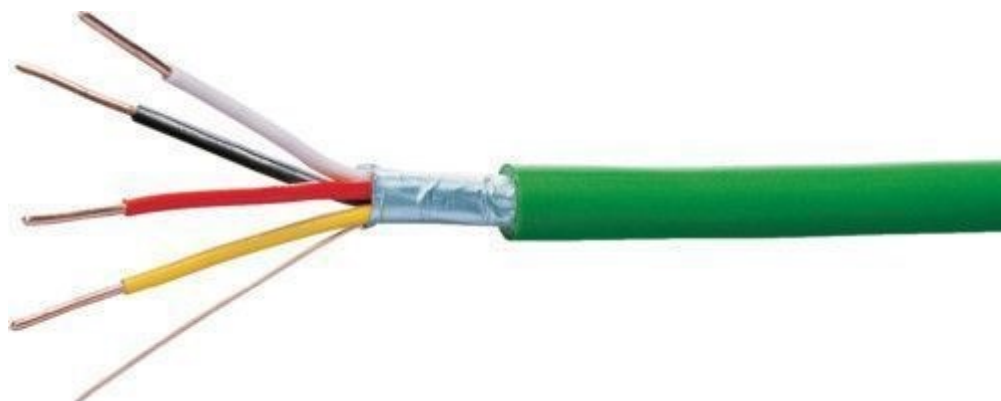
### 3.3 KNX

KNX on avoin maailmanlaajuinen standardi talo- ja rakennusautomaatioon. Se on luotu EIB-, EHS- ja BatiBus-standardien pohjalta, jolloin se ei ole vain yhden valmistajan laatima oma järjestelmä, vaan yhteensopivia laitteita tarjoaa yli 300 erilaista laitevalmistajaa. Yhteensopivat tuotteet tunnistavat helposti KNX-logosta. KNX Association vastaa tuotteiden yhteensopivuudesta.

KNX mahdollistaa rakennuksen taloautomaation ohjauksen yhdellä järjestelmällä. Se kykenee monitoroimaan lähes kaikkea mitä mieleen tulee. Yleisimpiä käyttökohteita ohjaukselle on ilmastointi, valaistus, lämmitys ja energiankulutuksen seuranta. Toimintoja voidaan ohjata tyypillisesti tietokoneella, näyttöpaneelilla tai nykyaikaisesti mobiililaitteella. (Winled Oy 2021.)

Yleisin KNX-ohjaus on kotona/poissa-tilanne. Tässä tapauksessa yhden toiminnon taakse voidaan asettaa monia käskyjä. Komento voi sisältää esim. poissa tilassa -ohjauksen, jossa keittiön tasopistorasiat, uuni ja liesi muuttuvat virrattomaksi. Näiden lisäksi myös ilmanvaihdon voi asettaa poissa-tilaan ja varashälyttimet päälle. Vaihtoehtoisesti kotona-tilassa laitteisiin tulee jatkuva virta ja esim. eteisen kulkuvalot syttyvät toimimaan liiketunnistimella ja mieleinen musiikki lähtee soimaan kaiuttimista. Valaistuksenohjaus KNX:llä onnistuu samaten kuin muillakin automaatiojärjestelmillä. Lisäominaisuutena sillä voi seurata vedenkulutusta, lämpötiloja, sisäilman laatua ja sähkönkulutusta.

KNX-rajapinnat ovat hyvinkin laajat, ja järjestelmän voi liittää Amazon Alexaan, Google Homeen tai Applen Homekittiin. Liitäntä näihin laitteistoihin mahdollistaa puheohjauksen. Valaistuksen kannalta KNX on yhteensopiva DALI-laitteistojen kanssa, mutta KNX-väylä vaatii omanlaisensa kaapelin esim. TG018 2x2x0.8-mm<sup>2</sup>. (Sonepar Oy s.a.)



Kuva 4. KNX-kaapeli (Sonepar Oy s.a.)

### 3.4 ABB Free@Home

ABB Free@Home -järjestelmä mahdollistaa äärimmäisen paljon erilaisia ominaisuuksia käyttäjälleen. Se on myös kustannustehokas useampaan eri järjestelmään verrattuna, joskin hieman kallis monelle omakotitaloasujalle. Järjestelmän vahvuuksia ovat helppokäyttöisyys ja yksinkertainen asennettavuus. Useat järjestelmät vaativat integraatiota koodauksen muodossa, mutta free@home ei. Järjestelmää on saatavilla myös langattomana.

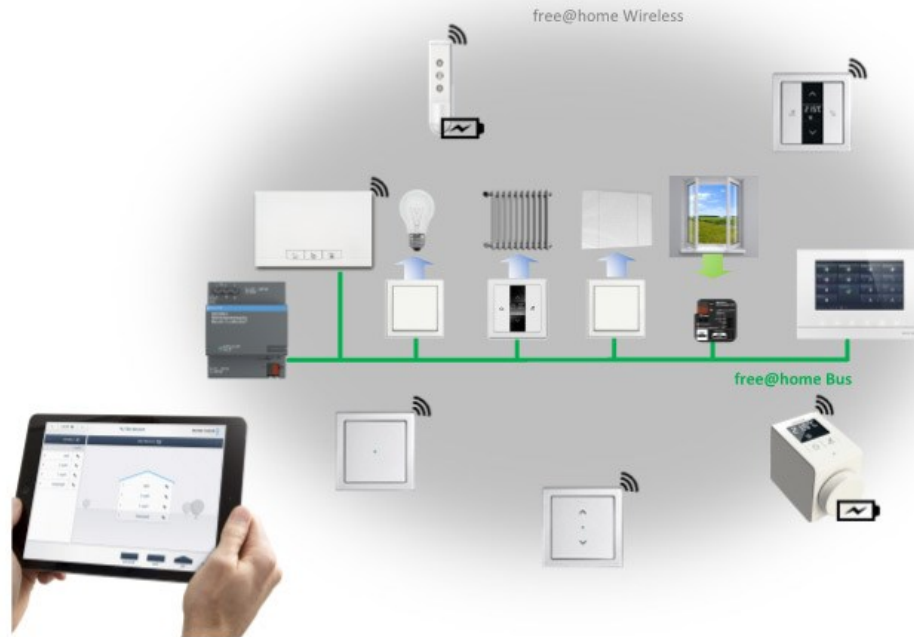
Laitteisto mahdollistaa kaikki kodin ohjaukset yhteen ohjausjärjestelmään, mikä tukee älykkäitä ohjauksia myös etäkäytöllä. Ohjauksien mahdollisuudet ovat hyvinkin laajat; voit ohjata lämmitystä, verhoja, ilmanvaihtoa, autotallin ovia, pistorasioita, vuotovahteja, magneettiventtiilejä tai murtohälytysjärjestelmää. Valaistuksenohjaus on mahdollista toteuttaa monella eri tavalla. Mahdollisuuksia on aikaohjaus, tilanneohjaus tai ohjaukset tunnistimen avulla. Ohjauksia käyttäjä pystyy muokkaamaan itse. Free@Home on parhaimmillaan juuri tilanneohjauksikäytössä, mutta järjestelmä mahdollistaa esim. yhden valaisimen himmentämisen kerrallaan. Tilanneohjaukset mahdollistavat esimerkiksi ilmanvaihdon säädön tiettyyn valaistustilanteeseen. Valaistusta voi ohjata myös valoisuuden tai kellonajan mukaan. Tämä helpottaa ulkovalojen käyttöä, koska tällöin ne ovat päällä automaattisesti oikeaan aikaan. (Winled Oy 2021.)

Winled Oy (2021) artikkelissa sanotaan: *ABB Free@homeen voidaan helposti luoda uusia ehdollisia toimintoja, kuten perheenjäsenten ollessa kotona, vaikka ovikellon soidessa musiikki vaimennetaan ja hämärän aikaan sytytetään ulkovalo.*

Järjestelmän kaapelointiin sopii esim. vihreä KNX-kaapeli, jota on saatavilla tukkureilta. Tällöin väyläkaapelointia pitkin saadaan tieto System Access Pointiin eri tiloista sijaitsevilta painikkeilta tai kosketusnäytöiltä. Valaistusta ohjataan keskushimmennin yksiköllä, se käyttää neljää kanavaa ja kunkin sallittu maksimikuorma on 80W. Tästä himmenninyksiköstä voidaan kaapeloida neljä valaisinryhmää. Keskuksen kytkeminen on siis yksinkertaista. (ABB 2021.)

Mahdollisuus langattomuuteen on myös olemassa, kun järjestelmä suunnitellaan sen mukaan. Vaatimuksena on vain, että kytkinrasialle tulee nolla- ja

vaihdejohdin, jotta kytkin saa virtaa ja voi antaa signaalin keskusyksikölle. Myös etäohjaus kodin ulkopuolelta on mahdollista ja se tapahtuu pilvipalvelun kautta. (ABB 2021.)



Kuva 5. Free@home laitteistoa (ABB 2022)

#### 4 ZIGBEE-OHJAUS

ZigBee on IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) 802.15.4-standardin mukainen henkilökohtaiseen verkkoon perustuva protokolla. Se operoi WPAN (wireless personal area network) 2.4 Ghz, 900-MHz ja 868 MHz taajuuksilla verkossa. Määritykset laitteistoon omistaa Zigbee-allianssi, joka tehostaa verkon ominaisuuksia ja turvallisuutta aktiivisesti. Standardeja, joita allianssi on luonut, voidaan käyttää laajasti useiden toimijoiden yhteensopivuuden ansiosta. Valmistajien kehittäessä sovelluksia Zigbee-verkkoon ei yhteensopivuutta muihin sovelluksiin tarvitse miettiä, joka mahdollistaa useiden erilaisien laajennuksien ja muunnoksien tekemisen. (RF Wireless World s.a.)

Näitä ovat esimerkiksi älykkään kodin anturit. Esimerkkinä voidaan antaa yksinkertainen tilanne. Sinulla on hehkulamppu ja valokytkin, ja haluat ohjata lamppua valokytkimellä. Jos kumpikin laite on varustettu ZigBee-tekniikalla,

nämä laitteet osaavat keskustella keskenään. ZigBee-tekniikkaa käyttäviä laitteita saa nykyään jopa IKEA:sta.



Kuva 6. ZigBee-tekniikkaa tukeva valaisin (Superled s.a.)

Järjestelmä on ollut käytössä yli vuosikymmenen, ja sitä voisi verrata Wi-Fi:iin tai Bluetoothiin. Olemassa olevia ZigBee-määrittäjiä on kolme: PRO, IP ja RF4CE. Se on käytössä erilaisissa sovelluksissa, eritoten sellaisissa, jotka kuluttavat vähän virtaa. Tärkeimpiä ominaisuuksia, mitä ZigBee sisältää ovat luotettavuus, vaatimattomuus ja alhainen virrankulutus. Pienen virrankulutuksen takia toimintasäde on rajattu noin 10–100 metriin ympäristön vaikutukset huomioiden. Verkko on suojattu 128-bittisellä salauksella, joka on turvallisuudeltaan huippuluokkaa. ZigBee-laite kykenee lähettämään ja vastaanottamaan tietoa muilta saman protokollan laitteilta niiden käyttäessä samaa standardia tiedonsiirtoa varten. Nykyinen kehitysversio on 3.0, ja se tukee edellisiä versioita. (Xiaomiplanet 2020.)

## 4.1 ZigBee PRO

Microchip Technology julkaisi alan ensimmäisen ZigBee-allianssin sertifioiman alustan PRO ja green power tekniikalla vuonna 2007, joka tunnetaan myös nimellä ZigBee 3.0. Entistä paremmalla yhteensopivuudella ja toimintanopeudella tämä uusi ohjelmisto ja sitä vastaava BitCloud 4.0 sopii erinomaisesti esimerkiksi kotiautomaatioon, kaupalliseen valaistukseen, IoT-sovelluksiin ja älykkään energian ohjaukseen. PRO-versio tukee vain mesh-verkkoa. Muita eroja vuonna 2006 kehitettyyn ZigBeehen sillä on tuki reittien yhdistämiseen, epäsymmetriseen linkkien käsittelyyn, PAN ID -ristiriitojen ratkaisuun, turvalliseen käyttöönottoon, korkean turvallisuuden käyttömoodin ja perusturvajärjestelyn. (RF Wireless World s.a.)

Specifications	zigbee	zigbee PRO
Year of standardization	2006	2007
Addressing	tree based	stochastic
routing	tree or mesh	mesh
route aggregation	not available	yes
asymmetric link handling	not available	yes
frequency agility	optional	available
PAN ID conflict resolution	Not available	yes
basic security provision	residential	standard
APS level encryption	Optional feature	optional feature
High security mode	not available	optional feature
fragmentation	optional feature	optional feature
commissioning cluster	feature is supported	feature is supported
secure commissioning	not available	available

Kuva 7. Kaavio ZigBee- ja ZigBee pro -eroavaisuuksista (RF Wireless-World s.a.)

Kaaviosta voidaan huomata, että vaikka ZigBee ja PRO ovat samanlaisia järjestelmiä ja sisältävät samanlaista tekniikkaa, on niissä kuitenkin eroja toisiinsa nähden.



## 4.2 ZigBee RF4CE

RF4CE kehitettiin korvaamaan infrapunalla toimivat kaukosäätimet ja ohjaimet, joita aiempi logiikka käytti. Se muodostaa yksinkertaisen verkkopohjaisen ohjelmiston, joka sopii yhteen usean eri laitevalmistajan kanssa. Toimintataajuus on 2,4 Ghz, ja standardia (ZRC 2.0) on laajennettu niin, että kaikki Zigbee-laitteet toimivat yhdessä tämän kanssa. Tämä tarkoittaa sitä, että RF4CE:n avulla voit ohjata esim. radiota, valaistusta ja verhoja. (Rosencrance 2017.)

ZigBee RF4CE tarjoaa täydellisen yhteensopivuuden myös vanhempien IR-ohjattujen elektronisien laitteiden kanssa. RF4CE-ohjaimet tunnistavat ja lataavat automaattisesti vaadittavat ohjauskomennot vanhoille IR-laitteille. Laite tuo uusia mahdollisuuksia TV- ja liittymäoperaattoreille. Äärimmäisen pieni virrankulutus ja lyhyt viive komennoissa tuo käyttäjälle helppoutta. (Remotec 2022.)

## 4.3 ZigBee IP

ZigBee IP on ZigBee Alliancen vuonna 2013 julkaisema uusi IP (Internet Protocol) -spesifikaatio. Se on ensimmäinen avoimen standardin IPv6-pohjainen täysin langaton mesh-verkkoratkaisu, joka tarjoaa nopeita internetyhteyksiä pienitehoisille ja edullisille laitteille ja niiden ohjaamiseen. Lisäksi kymmenet eri laitteet voidaan yhdistää yhdeksi ohjausverkoksi. ZigBee IP suunniteltiin tukemaan ZigBee Smart Energy IP stackia. (Embedded 2013.)

Embedded henkilöstö (2013) esittää, että laitteiston suunnittelun lähtökohtana oli alkuperäisesti verrattain pienet kotiverkot, jota järjestelmä tukee 30 laitteeseen saakka. Laitteistoa tulisi optimoida lisää, jos verkkoa halutaan suurentaa toimimaan useammalla laitteella, myös akkujen käyttöään hallinta asettuu haasteeksi.

Smart Energy 2 -sovellusprofiili sisältää ZigBee IP -käytön, koska tämä sovellus kohdistuu tiedonsiirtoon internetissä. Laite tukee myös TCP- ja HTTP-protokollia, joita on käytetty internetissä yleisesti vuosikymmeniä. Kuitenkin näiden vanhojen protokollien käyttö voi kuormittaa IP-logiikkaa ja vähän virtaa

vievien laitteiden akustoa, koska niiden viestikoot ovat suurempia ja yhteys laitteiden välillä on koko ajan auki. (Embedded 2013.)

Tyypillisesti sensoriverkko koostuu suuresta määrästä erilaisista akkuvarmennetuista laitteista. Optimoimalla protokollia tukemaan pidempää akunkestoa tarvitsee viestitiheyttä pienentää, mikä tarkoittaa, että TCP- ja http-pohjaisten sovellusten käyttö XML-hyötykuorman kanssa ei ole sopivin valinta. Sovellusten rakentaminen CoAP-pohjalle tulevaisuudessa on akkua säästävämpi tapa.

## **5 ZIGBEE-JÄRJESTELMIÄ**

Erilaisia järjestelmiä on nykyään saatavilla hyvinkin helposti. Voit ostaa itsellesi ZigBee-logiikkaa tukevat älyvalaisimet, vaikka ostosreissulla Prismaan. Näiden laitteistojen käyttöönotto on helppoa, ja lähes kaikki tapahtuu laitteiston toimittajan oman puhelinsovelluksen kautta. Elinehtona järjestelmän älykkäälle toiminnalle on Bluetooth-yhteys. Järjestelmien kustannukset vaihtelevat paljon, ja lähes poikkeuksetta toimitussisällöllä on suurin vaikutus.

Työssä perehdytään lähinnä kahteen järjestelmään, koska ne ovat ominaisuuksiltaan ja rakenteiltaan sellaiset, joita pientalopuolella kuluttaja haluaa ostaa. Useimmilla älykoti-laitteiston käyttäjillä toistuu "asenna ja unohda" -tyyppinen tapahtuma. Tästä johtuen on turha maksaa todella kalliista laitteistosta, jos siitä ei oteta täyttä hyötyä irti päivittäisessä käytössä.

### **5.1 Philips Hue**

Philips Hue on Philipsin kehittämä ZigBee-järjestelmään perustuva valaistuksenohjausjärjestelmä. Hue-valaistus tarvitsee toimiakseen oman sarjansa lamput. Toiminta perustuu ZigBee-teknologiaan, ja valaistusta pystyy ohjaamaan kaukosäätimellä, puhelimella tai erillisillä kytkimillä.

Hue-järjestelmään saatavilla olevat lamput ovat yleisiä (E14, E27, GU10) kierrekannoilla olevia lamppuja. Ne kytketään langattomasti Philips Hue Bridge -siltaan, ja kaikki ohjaukset tapahtuvat sen sovelluksen kautta. Osa lampuista tukee myös Bluetoothia, ja niitä voi ohjata myös muilla ZigBee-pohjaisilla järjestelmillä. Sovelluksen kautta käyttäjä voi luoda erilaisia värimaailmoja ja ohjata lamppuja yksittäin. Järjestelmään saa lamppuja, jotka antavat

käyttäjälle mahdollisuuden valita värisävyn 16 miljoonan värin joukosta. Toiset edullisemmat mallit taas tukevat vain valkoisen eri sävyjä esim. 2000 K–6000 K. Jos Hue Bridge menettää internetyhteyden, on logiikkaan rakennettu komento, jolloin lamput alkavat toimia normaalisti seinäkytkintä käyttämällä. (Staypro s.a.)

Philips toimittajana itsessään tarjoaa kokonaisia valaisimia, jotka tukevat järjestelmää. On saatavilla perinteistä plafondia tai hienoja LED-nauhoja ulkovoiloista puhumattakaan. Näiden lisäksi valikoimaan kuuluu liiketunnistimia ja katkaisimia. Myös kolmannen osapuolet kehittävät laitteet kykenevät ohjaamaan Hue:ta, jos ne tukevat samaa ZigBee-logiikkaa. (Staypro s.a.)

Yksi esimerkki mielenkiintoisesta ominaisuudesta on lamppujen synkronoiminen musiikin tai elokuvan mukaan. Älykkäällä LED-nauhalla ja Hue Sync -boxin avulla voit synkronoida nauhan heijastamaan seinään samoja värejä kuin TV:n ruudulla on. Myös erillaiset polttimet mahdollistavat useiden valaistustilanteiden luomisen.



Kuva 8. Philips Hue -älylamppu (Staypro s.a.)

## 5.2 Plejd

Vuodesta 2016 markkinoilla ollut Plejd on Ruotsissa perustettu yritys, joka valmistaa älykkään valaistuksen ohjausratkaisuja. Yhtiö työllistää Suomessa tällä hetkellä 3 henkilöä (2022). Yrityksen liikevaihto vuonna 2021 oli 326 miljoonaa kruunua, kasvua vuodesta 2020 oli 56 %. Yhtiö työllisti kokonaisuudessaan 136 henkilöä. Toiminta on jakautunut lähinnä neljän suuren maan kesken, maita ovat Ruotsi, Suomi, Hollanti ja Norja. Suurin markkina on tällä hetkellä Ruotsi 267 miljoonan liikevaihdollaan (eur), sitten Norja 51 milj., Suomi 6 milj. ja Hollanti 2 milj. Kaikissa maissa yrityksen kasvu on ollut hyvinkin vahvaa. Prosentuaalisesti pienin osuus on Ruotsissa (36 %), mutta siellä rahallisesti suurin. (Plejd 2022.)

Kaikki tuotteet ja palvelut kehitetään talon sisällä, ja yritys hallitsee koko tuotantoketjun aina ensimmäisestä luonnoksesta valmiiseen tuotteeseen saakka. Tämä takaa sen, että ideoista lähtevistä tuotteista koko kehitysprosessi on turvallinen ja omien sisäisten tiukkojen rajojen sekä vaatimusten mukainen. Valtaosa tuotteista valmistetaan Plejdin omassa tuotantolaitoksessa. Yrityksen päämääränä on keskittyä korkeaan laatuun, helppokäyttöisyyteen ja toimivaan palveluun. Yritys uskoo, että on erittäin tärkeää, että asiakas on tyytyväinen valittuaan Plejd-tuotteen. (Plejd 2022.)

Älyvalaistus tarjoaa samanlaisen yksinkertaisen käytettävyyden ja asennettavuuden kuin perinteinen valaistus, mutta runsaiden uusien vaihtoehtojen kera. Laitteiston käyttöönotto on yhtä helppoa kuin järjestelmän asentaminen kiinteistöön. Langaton teknologia tukee järjestelmän laajentamista tarpeen vaatiessa. Plejd-järjestelmiä asentaneet urakoitsijat ovat antaneet palautetta, jonka mukaan laitteiston asennus on todella helppoa ja turvallista. Laaja valikoima erilaisia tuotteita takaa riittävästi vaihtoehtoja eri tarkoituksiin. Yhdellä tuotteella saa monia etuja verrattuna perinteiseen vaihtoehtoon. Näitä ominaisuuksia voivat olla määritykset tai ajastus. Jos käyttäjän tarve on vain yhdelle laitteelle, saa hän enemmän etuja ottaessaan käyttöön enemmän järjestelmän tuotteita. (Plejd 2022.)

Useammat tuotteet mahdollistavat esimerkiksi asunnosta kaikkien valojen sammuttamisen kerralla yhdellä painalluksella tai laaja-alaisesti valaistuksen

ohjaamisen etänä. Langaton ja kestävä Mesh-teknologia takaa järjestelmän helpon laajentamisen tulevaisuutta varten. Kun etäohjauksia kodin ulkopuolelta halutaan lisätä, järjestelmä vaatii tuotteen Plejd Gateway.

Gateway yhdistää Plejd-meshin internetiin, joka mahdollistaa laitteiston hallinnan etäyhteydellä mistä tahansa. Tämä luo myös turvallisuutta, koska voit laittaa etäohjatut pistorasiat esim. keittiön laitteille, kuten kahvinkeitinille (Plejd 2022) ja leivänpaahtimelle, ja voit varmistaa niiden OFF-tilassa olemisen etänä. Gateway suojaa aikatoimintoja sähkökatkon varalta ja mahdollistaa muiden älylaitteiden liittämisen osaksi kodin järjestelmiä, kuten Google Home. Gatewayn käyttö mahdollista ääniohjauksen. Turvallisuuden tunnetta varkaiden varalta luo myös järjestelmään sisälle rakennettu lomatila, joka muokaa kodin valaistusta niin, että se näyttää kuin siellä oltaisiin kotona. (Plejd 2022)



Kuva 9. Plejd Gateway -ohjainlaite (Plejd 2022)

Yhteenvetona Plejd-järjestelmän ominaisuuksia ovat seuraavat: Ohjauksille on painike, sovellus tai ääni. Kaikkea pystyy muokkaamaan sovelluksen kautta helposti. Voidaan luoda erilaiset tilannevalaistukset, aikatoiminnot ja lomatilat sekä helpottaa arkea langattoman käytön avulla. Kaikissa Plejd-ohjainlaitteissa on sisäänrakennettu astrokello, jolla ulkovalaistuksen ohjaaminen on helppoa.

### 5.3 Plejd-tuotteet

Plejd-tuoteperhe on hyvinkin laaja, ja se sisältää useita ohjainlaitteita, painikkeita, DALI-virtalähteitä, älypistorasioita, varavirtalähteitä, asennuskoteloita ja pidikkeitä. Järjestelmän tärkeimmät osat koostuvat ohjainlaitteista, joihin koko valaistuksenohjaus perustuu. Yleisimpiä ohjainlaitteita ovat rasiahimmennin, kaksoishimmennin, valonsäädin, kaksoisrele ja Led-ohjainlaite. Ohjainlaitteiden hinnat vaihtelevat 60–130 eur välillä (ALV 24%).

## Rasiahimmennin

DIM-01  
SNRO. 26 189 00



Kuva 10. Plejd DIM-01 -rasiahimmenin (Plejd 2022)

Ohjainlaitteita voi käyttää erilaisiin tarkoituksiin laitteen sallimissa rajoissa. Alla ohjainlaitteiden tietoja taulukossa 2. Tuotteita on saatavilla lähes kaikkien suomalaisien sähkötukkurien myymälöistä. Myös useat verkkokaupat myyvät tuotteita.

Taulukko 2. Plejd-ohjainlaitteiden teknisiä ominaisuuksia

Komponentti	Virta (A) Max	Kuormaa Halogen	LED (Laskeva reuna)	LED (Nouseva reuna)	Elektron. Muuntajat	SNRO.
Rasiahimmennin (DIM-01)	300 VA	0–300 W	0–200 VA	0–100 VA	0–300 VA	261890 0
Kaksoishimmennin (DIM-02)	100 VA	0–100 W	0–100 VA	0–50 VA	0–100 VA	261890 1
Valonsäädin 1-10V (CTR-01)	16 A		0–10 V	1–10 V		261890 2
Kaksoisrele (REL-02)	16 A	1750 W	0–500 VA	0–500 VA		261899 2
LED-driver 10W (LED-10)	700 mA		12–24 VA	12–24 VA		400780 0

## 6 ESIMERKKIKOHDE

Työlle esimerkkikohteeksi valikoitui Karkkilaan vuonna 2023 valmistuva omakotitalo. Kohteessa asiakas vastaa itse sisustustöistä (tasoitus, maalaus, laatoitus, panelointi yms.), ja Jukkatalo Oy toteuttaa rakentamisen ja LVIS-työt. Talon huoneistoala on 235 m<sup>2</sup>, ja se on yhdessä kerroksessa. Perustus on toteutettu maanvaraiselle betonilaatalle ja talo tehty elementeistä. Rakennuttajat halusivat älykästä valaistuksenohjausta taloonsa ja päätyivät valitsemaan Philips HUE -järjestelmän.

### 6.1 Esimerkkikohteen toimittaja

Kohteen toimittaa talotehdas nimeltä Jukkatalo Oy. Yritys on perustettu vuonna 1968 nimellä Pyhännän rakennustuote. Perustamisen jälkeen yritys keskittyi saunoihin ja loma-asuntoihin, mutta vähitellen tuotantolinjalla alettiin

rakentaa omakotitalon elementtejä kilpailuetunaan paksut seinäeristykset, jotka takasivat edulliset lämmityskustannukset. 70-luvulla kysynnän ohjatessa tuotantoa kasvuun alkoi myös vienti Neuvostoliittoon. Pyhännän Leiviskänkan-kaalle rakennettiin pääkonttori ja omaan myyntiverkostoon panostettiin. 1990-luvulla lama ei hidastanut kasvua. (Jukkatalo Oy 2022.)

Pientalojen suosion noustessa 2010-luvulla keskittyi Jukkatalo Oy pientalotuotantoon kuluttajille erityisesti muuttovalmiskotien suuren kysynnän vuoksi. Yrityksen omistaa PRT-Forest Oy -niminen emoyhtiö, joka tekee Jukkatalo Oy:stä osan suomalaista isoa rakentamisen konsernia, joka jalostaa puhdasta suomalaista puuta rakentamisen ja asumisen tarpeisiin. Kyseisen konsernin toimintaa ohjaa vahvasti asiakaslähtöisyys ja tinkimätön laatu, joka on saatu kokemuksen kautta puurakentamisen toimintaa kehittäessä. Muita emoyhtiön omistamia yrityksiä on Piklas Oy, joka valmistaa ikkunoita ja ovia. (Jukkatalo Oy 2022.)

## 6.2 Suunnittelu

Kohdetta suunnitellessa haasteita toi asiakkaan halu toteuttaa lähes kaikki valaistus etäohjauksella ilman fyysisiä kytkimiä. Kuitenkaan kaikkien huoneiden osalta tämä ei ollut toivottua, mutta valtaosa fyysisistä kytkimistä jätettiin pois. Muutoksia vakiosisältöömme oli useita, ja kyseessä oli ensimmäinen suurempi HUE-järjestelmän myynti. Free@Home-kohteissa hinnoittelu on helpompaa ja olemassa olevan mallin mukaan, mutta HUE-järjestelmän kanssa jokainen yksittäinen osa tuli käydä lävitse ja miettiä sen hinta asennettuna. Työtä varten kohteen suunnittelija teki tarkan massaluettelon (taulukko 3) kohteen valaistuksessa käytettävistä tarvikkeista.

Taulukko 3. Tarvikkeiden määrät

Tuote	Määrä
CCT LED-nauha 5 m, 19.2W/m, 24V, IP20, 2500-6000K	6
UPPO Upotettava alumiiniprofiili kannella LED-nauhalle 2250 mm	14
SÄVY Zigbee vastaanotin RGBW, CCT ja yksivärisille nauhoille	16
Niko Intense Hue seinäkytkin, valkoinen ja antrasiitti, Zigbee	
Philips Hue Motion Sensor, liiketunnistin sisäkäyttöön	



Valaisinkisko 2 m, upotettava, 230V, 3-vaihe, musta	<b>14</b>
Syöttörasia upotettavaan valaisinkiskoon, 230V, 3-vaihe, musta	<b>11</b>
Adapteri riippuvalaisimille valaisinkiskoon 3-vaihe, musta	<b>18</b>
SÄVY Zigbee LED-himmennin, triac, 5-200W, ABB Jussi, ABB Impressivo ja Schneider Exxact yhteensopiva	<b>18</b>
LED-paneeli SLIM, 15W, 1100/1200lm, Ø175* 24 mm, himmennettävä	<b>1</b>
LED-loisteputkivalaisin ZIRO, 42W, 3800lm, 1210x78.4x28. 2 mm, triproof	<b>1</b>
Liiketunnistin 360° slim pintamalli, valkoinen, IP20	<b>2</b>
LED-paneeli RANDI, 7W, 560lm, Ø145mm, valkoinen	<b>1</b>
LED-alasvalo SÄDE, RGB+CCT, Zigbee, 9W, 850lm, Ø110* 45 mm	<b>11</b>
MINI Suora jatkos valaisinkiskoon, 230V, 3-vaihe, musta	<b>1</b>
PINTA MUSTA alumiiniprofiili kannella LED-nauhalle, 2250 mm	<b>6</b>
RGB+CCT LED-nauha 5 m, 23W/m, 24V, IP20, 2700-6500K	<b>3</b>
LED-paneeli RANDI, 12W, 1020lm, Ø172mm, valkoinen	<b>3</b>
SÄVY Zigbee langaton vastaanotin on-off	<b>2</b>
LED-paneeli SLIM, 15W, 1100/1200lm, Ø175* 24 mm, himmennettävä	<b>4</b>
LED-alasvalo OODI, 7W, 450lm, Ø80* 39 mm, IP44, musta	<b>4</b>
RGBW 3000K LED-nauha 5 m, 14.4W/m, 72W, 24V, IP67, 60 lediä/metri	<b>6</b>
LED-Seinävalaisin MODIFI, ylösalas 10W, 900lm, 120x97x100mm, musta	<b>15</b>
PINTA VALKOINEN alumiiniprofiili kannella LED-nauhalle, 2250 mm	<b>11</b>
LED-muuntaja POTKU, IP67, 100W, 12V/24V	<b>10</b>
LED-muuntaja WANA, 60W, 24V/12V, valolistaan ja nauhalle	<b>1</b>
LED-muuntaja WANA, 80W, 24V, valolistaan ja nauhalle	<b>2</b>
LED-muuntaja TIHKU, 60W, 12V/24V, IP44	<b>1</b>
Kaapelointi + asennus	<b>1</b>

Haasteita toivat myös muuntajien ja ohjainlaitteiden sijoittelut kohteella.

Useimmiten LED-nauhalle menevän syötön ja muuntajan pystyy piilottamaan

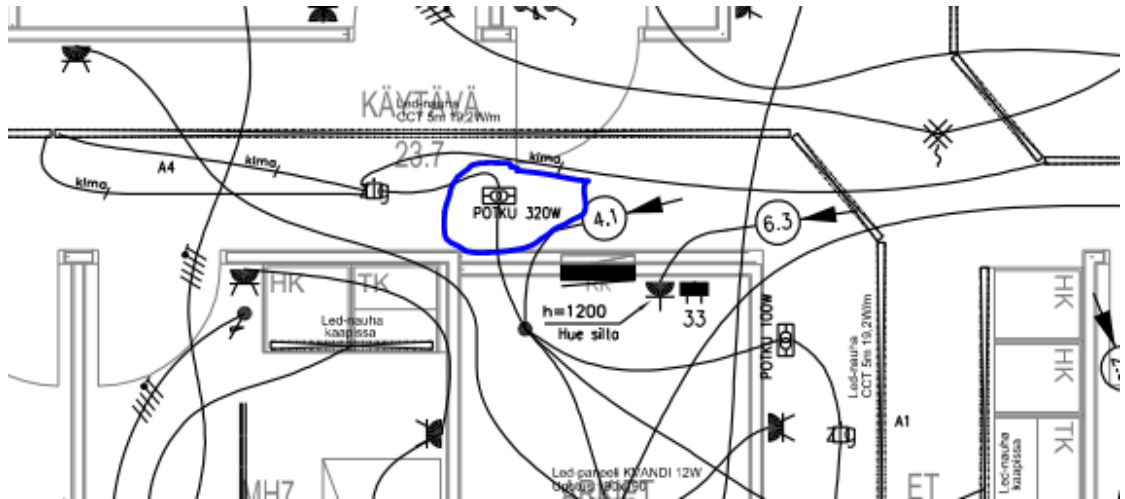
upotettavan kattovalaisimen taakse, sisäkaton koolausväliin, varmistaen riittävän tilan, jotta muuntaja ja valaisin ei kuumenna rakenteita liikaa. Nyt muuntajien sijainteja joutui katsomaan tapauskohtaisesti, ja niitä asennettiin esim. vaatekaappeihin, josta johdotus vietiin nauhalle.

Oheisessa kuvassa 11 roikkuvat kaapelilenkit ovat syöttöjä upotettaville valaisimille. Kattokoolauksen paksuus on 50 mm. ZigBee-järjestelmää käyttäessä kaapelointi on mahdollista toteuttaa MMJ-kaapelilla.



Kuva 11. Johdotus, yleiskuva omakotitalotyömaalta

Esimerkkikohteen suunnittelussa huomiot muuntajien sijainnille toteutettiin mainitsemalla suunnitelmissa, että muuntajien paikka tarkentuu kohteella ja on sovittava asiakkaan kanssa. Koska kohde on uudisrakennus, ei muuntajien sijoittelu kuitenkaan ollut äärimmäisen hankalaa. Kohteella asennustyötä tehdessä sijaintien määrittäminen osoittautui suhteellisen helpoksi useiden vaihtoehtojen takia. Sähkösuunnittelijan toimesta paikkojen tarkempi nimeäminen olisi ollut haastavampaa, koska asiat näyttäytyvät aina luonnossa eri tavalla kuin tietokoneella.



Kuva 12. Muuntaja suunnitelmassa (Jukkatalo 2022)

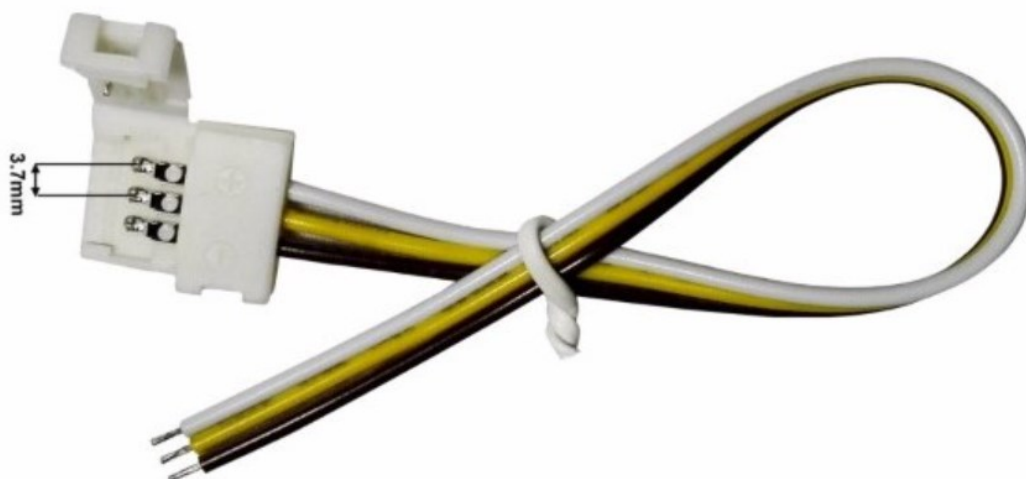
### 6.3 Asennus

Kohteen kaapelointiin on käytetty yleisimpiä markkinoilla olevia kaapeleita, enimmäkseen MMJ-kaapelia. Heikkovirtakaapeloinnit on toteutettu CAT-6-kaapelilla ja KLMA 4x0,75 HF. Kohteessa olevat LED-nauhat ovat suurimaksi osakseen CCT (Correlated Color Temperature) -nauhoja, ja kaapelointi näille täytyy toteuttaa kaapelilla, jossa on vähintään 3 johdinta. Lyhenne tarkoittaa yksinkertaisesti sitä, että nauhan värisävyä voi säätää. Yleisin vaihtoehto värisävyille on 2500 K–6000 K (Kelvin). Numerot kertovat, kuinka sinistä tai keltaista nauhasta tuleva valo on. Mitä suurempi luku, sitä kirkkaampi/kylmempi valo on.

Kaapeli kytketään nauhaan omalla liitoskappaleellaan, ja kaapelin voi jatkaa juottamalla. Kytkemiseen tarvittava liitoskappale on esitetty seuraavalla sivulla. Muuntajalta nauhan alkuun johdotukset on toteutettu KLMA-kaapelilla, joka yhdistetään CCT-nauhan kaapeliin. (Kuva 13.)

Kohteen muiden kaapelointien toteuttaminen on aivan normaalia sähkötyötä, eikä siinä ole mitään erikoisuuksia. Kaapelointia ei tehdä muoviputken sisälle, erillisillä johtimilla, vaan kaikki johdotus tapahtuu MMJ-kaapelilla ilman putkistusta. Ulkovaloille tulevat ZigBee-vastaantottimet on mahdollista asentaa AP10-rasioiden kattolaudoituksen taakse, jolloin ohjainlaite on suojassa saateelta ja roiskevedeltä. Vastaantottimet toimivat lämpötiloissa -20 - + 50° C, jolloin myös ulkotilaan asentaminen on mahdollista.

Järjestelmät, jotka eivät vaadi erilliskaapelointia, ovat nopeita ja yksinkertaisia asentaa. Suurin työ langattomissa valaistuksenohjausjärjestelmissä on kaikkien valaisimien ja ohjauksien konfigurointi, kun kohteessa kytketään sähköt päälle ja aloitetaan käyttöönottomittaukset. Käyttöönottomittaukset sisältävät suojajohtimen jatkuvuuden, eristysresistanssin, oikosulkuvirtojen (pistorasia-ryhmät ja keskus) ja vikavirtasuojien mittauksen. Kolmivaiheasennuksien pyörimissuunta tarkistetaan.



Kuva 13. CCT-LED-nauhan kaapeli + liitososa (Superled 2022)

## 7 HINTAVERTAILU

Työn perimmäisenä tarkoituksena oli selvittää kustannusrakenne eri valaistuksenohjausjärjestelmien välillä. Työn edetessä ja samalla kokemuksia kentältä saaneena tarkoituseräämme tukee parhaiten ZigBee-logiikalla toteutettu valaistuksenohjaus. Järkevät vaihtoehdot ovat Philips HUE ja Plejd.

Ero kustannuksissa tulee lähinnä ohjainlaitteiden hintojen erotuksesta, koska järjestelmästä riippumatta kummassakin voidaan käyttää samoja LED-nauhoja. Mutta isompaa säästöä on mahdollista hakea vaihtamalla CCT + RGB

nauhat sellaisiin, joiden värisävyä ei voi muuttaa. Hintaesimerkki tästä alempana. Alla olevassa taulukossa 4 on laskettu koko projektin valaistuksen kustannus listahinnoilla.

Taulukko 4. Valaistuksen kokonaiskustannus (HUE)

<b>Tuote</b>	<b>Määrä</b>	<b>Hinta ALV 24 % (Eur)</b>	<b>Yht HUE</b>
CCT LED-nauha 5 m, 19.2W/m, 24V, IP20, 2500-6000K	<b>6</b>	59,00	354,00
UPPO Upotettava alumiiniprofiili kannella LED-nauhalle 2250 mm	<b>14</b>	24,90	348,60
SÄVY Zigbee vastaanotin RGBW, CCT ja yksivärisille nauhoille	<b>16</b>	49,00	784,00
Valaisinkisko 2 m, upotettava, 230V, 3-vaihe, musta	<b>14</b>	59,00	826,00
Syöttörasia upotettavaan valaisinkiskoon, 230V, 3-vaihe, musta	<b>11</b>	11,90	130,90
Adapteri riippuvalaisimille valaisinkiskoon 3-vaihe, musta	<b>18</b>	21,90	394,20
SÄVY Zigbee LED-himmennin, triac, 5-200W, ABB Jussi, ABB Impressivo ja Schneider Exact yhteensopiva	<b>18</b>	69,00	1242,00
LED-paneeli SLIM, 15W, 1100/1200lm, Ø175* 24 mm, himmennettävä	<b>1</b>	46,00	46,00
LED-loisteputkivalaisin ZIRO, 42W, 3800lm, 1210x78.4x28. 2 mm, triproof	<b>1</b>	59,00	59,00
Liiketunnistin 360° slim pintamalli, valkoinen, IP20	<b>2</b>	19,90	39,80
LED-paneeli RANDI, 7W, 560lm, Ø145mm, valkoinen	<b>1</b>	31,00	31,00
LED-allasvalo SÄDE, RGB+CCT, Zigbee, 9W, 850lm, Ø110*45mm	<b>11</b>	49,00	539,00

MINI Suora jatkos valaisinkiskoon, 230V, 3-vaihe, musta	<b>1</b>	9,90	9,90
PINTA MUSTA alumiiniprofiili kannella LED-nauhalle, 2250 mm	<b>6</b>	23,90	143,40
RGB+CCT LED-nauha 5m, 23W/m, 24V, IP20, 2700-6500K	<b>3</b>	99,00	297,00
LED-paneeli RANDI, 12W, 1020lm, Ø172mm, valkoinen	<b>3</b>	32,90	98,70
SÄVY Zigbee langaton vastaanotin on-off	<b>2</b>	49	98,00
LED-paneeli SLIM, 15W, 1100/1200lm, Ø175* 24 mm, himmennettävä	<b>4</b>	39	156,00
LED-allasvalo OODI, 7W, 450lm, Ø80* 39 mm, IP44, musta	<b>4</b>	29,9	119,60
RGBW 3000K LED-nauha 5 m, 14.4W/m, 72W, 24V, IP67, 60 lediä/metri	<b>6</b>	86	516,00
LED-Seinävalaisin MODIFI, ylösalas 10W, 900lm, 120x97x100mm, musta	<b>15</b>	49	735,00
PINTA VALKOINEN alumiiniprofiili kannella LED-nauhalle, 2250 mm	<b>11</b>	22,9	251,90
LED-muuntaja POTKU, IP67, 100W, 12V/24V	<b>10</b>	49	490,00
LED-muuntaja WANA, 60W, 24V/12V, valolistaan ja nauhalle	<b>1</b>	28,9	28,90
LED-muuntaja WANA, 80W, 24V, valolistaan ja nauhalle	<b>2</b>	38,9	77,80
LED-muuntaja TIHKU, 60W, 12V/24V, IP44	<b>1</b>	34,9	34,90
KOKONAISKUSTANNUS			<b>7851,60</b>

Suurta osaa kokonaiskustannuksessa näyttelee myös valaistuksen rakentaminen. Taulukoiden hinnoissa ei ole huomioitu asennuksesta koituvia kustannuksia, jotka nostavat valaistuksenohjauksen kokonaiskustannusta asiakkaalle. Seuraavassa taulukossa 5 on laskettu pelkästään valaistuksenohjaukseen tarvittavien komponenttien hinnat HUE-tarvikkeilla.

Taulukko 5. HUE Ohjainlaitteiden hinnat

			Määrä	Hinta	Yht
--	--	--	-------	-------	-----

	SÄVY Zigbee vastaanotin RGBW, CCT ja yksivärisille nauhoille		<b>16</b>	49,00	784,00
	SÄVY Zigbee LED-himmennin, triac, 5-200W, ABB Jussi, ABB Impressivo ja Schneider Exxact yhteensopiva		<b>18</b>	69,00	1242,00
	Liiketunnistin 360° slim pintamalli, valkoinen, IP20		<b>2</b>	19,90	39,80
	SÄVY Zigbee langaton vastaanotin on-off		<b>2</b>	49	98,00
	LED-muuntaja POTKU, IP67, 100W, 12V/24V		<b>10</b>	49	490,00
	LED-muuntaja WANA, 60W, 24V/12V, valolistaan ja nauhalle		<b>1</b>	28,9	28,90
	LED-muuntaja WANA, 80W, 24V, valolistaan ja nauhalle		<b>2</b>	38,9	77,80
	LED-muuntaja TIHKU, 60W, 12V/24V, IP44		<b>1</b>	34,9	34,90
	<b>KOKONAISKUSTANNUS</b>				<b>2795,40</b>

Voidaan huomata, että älykkään ohjauksen rakentaminen valaistukselle maksaa perustarvikkeiden osalta noin 5056,20 €. Tässä hinnassa on huomioitu RGB+CCT-LED-nauhoja, jotka nostavat kokonaishintaa hieman verrattuna toteutukseen, jossa LED-nauhojen väriä ei pysty vaihtamaan. Samat muuntajat käyvät myös Plejd-toteutukseen, ja muuntajien hinta on 631,60 €. Alla olevassa taulukossa 6 on esitetty hinnat Plejd-ohjainlaitteilla.

Taulukko 6. Plejd.ohjainlaitteiden hinnat

PLEJD			Määrä	Hinta	Yht
Plejd valonsäädin DIM-01 300VA Bluetooth			<b>16</b>	64,00	1024,00
Plejd Kierrettävä valonsäädin RTR-01			<b>18</b>	24,00	432,00
Liiketunnistin 360 slim			<b>2</b>	19,90	38,90
Plejd vastaanotin on off CTR-1			<b>2</b>	64,00	192,00
LED-muuntaja POTKU, IP67, 100W, 12V/24V			<b>10</b>	49	490,00
LED-muuntaja WANA, 60W, 24V/12V, valolistaan ja nauhalle			<b>1</b>	28,9	28,90

LED-muuntaja WANA, 80W, 24V, valolistaan ja nauhalle	2	38,9	77,80
LED-muuntaja TIHKU, 60W, 12V/24V, IP44	1	34,9	34,90
KOKONAISKUSTANNUS			2318,50

Plejdin valikoimassa ei ole ohjainlaitteita RGB-nauhojen ohjaukseen. Betaversio on kehityksessä, jolla voidaan ohjata 2500 K–6000 K värisävyn omaavaa CCT-nauhaa, mutta tuote ei ole tullut vielä myyntiin. (Plejd 2022.)

Plejd-järjestelmän kustannus mukaan lukien muuntajat ovat 2319 € ja Hue-järjestelmän 2795 €. Voidaan todeta toteutuksen Plejd-laitteistolla olevan 17 % edullisempi. Kokonaiskustannuksesta tulee entisestään hieman edullisempi, jos alkuperäiseen toimitussisältöön vaihtaa LED-nauhat ja valaisimet sellaisiksi, joiden väriä ei voi muuttaa. Tämä tuo kustannusta alas 459 €, jolloin kokonaispaketin hinta Plejd-ohjainlaitteilla on 5056,20 € - 459 € + 2318,50 € = 6916,70 €. Prosentuaalinen ero hinnoissa Plejdin hyväksi on 12 %.

Laitteiston asentamisesta syntyvät kustannukset eivät vaikuta urakkahintaan, jolla asennus myydään aliurakoitsijalle, koska kummassakin laitteistossa asentamistyötä on saman verran. Käyttöönottoon käytetyssä ajassa ja muuntajien konfiguroimisessa voi olla pieniä eroja, mutta ei niin merkittäviä, että ne vaikuttaisivat kokonaisurakan hintaan. Hinnat ovat laskettu Superled hinnaston mukaan. (Superled Oy s.a.)

## 8 YHTEENVETO

Opinnäytetyöstä saatiin kaivattua tietoa järjestelmien hinnoista mukaan lukien laitteistojen hyvät ja huonot puolet. Tavoitteena oli yksinkertaisuudessaan selvittää erilaisten automaatiojärjestelmien hintarakenne. Selvisi, että Plejd-valaistuksenohjausjärjestelmä on edullisin ja yksinkertaisin toteuttaa. Oli myös hienoa saada laajempi käsitys ZigBee-logiikan omaavien laitteistojen osto- ja asennuskustannuksista. Työhön hyvä lisä olisi ollut myös osio Plejd-järjestelmän asennukselle ja käyttöönotolle, mutta toimitusviiveiden takia se ei ollut



mahdollista. Philips Huen osalta käyttöönotosta olisi ollut mahdollista tehdä havainnot vasta keväällä 2023, joten se on tämän työn osalta liian myöhäistä.

Työ oli mielenkiintoinen toteuttaa ja lisäsi omaa ammattiosaamistani sähkötekniikan alalla. Ainut, mikä työn lopputulosta heikensi, oli se, että laitteiston käyttöönottoa ei voitu toteuttaa työn aikarajan puitteissa. Hintaerot laitteistojen välillä voivat kasvaa tai pienentyä riippuen maailman tilanteesta ja hinnoittelusta.

Tuloksista saadaan irti tietoa laitteistosta, joka halutaan ottaa myyntiin vakio tuotteeksi. Muuttovalmis-asunnon hinnan laskennan tarkkuutta tekniikan osalta tämä työ auttaa tarkentamaan. Työtä voisi jatkokehittää helposti projektirakentamisen suuntaan, jossa asiakkaille voisi tarjota ratkaisuna esimerkiksi sellaista, jossa kaikki rivitaloon muuttavat ottavat järjestelmän, joka tällöin voidaan huomioida hinnassa, koska tilauskanta on suurempi. Projektirakentamisen puolella haasteeksi asettuu kuitenkin se, että osa kohteista toteutetaan ”gryndi”-periaatteella eli talot valmistetaan suoraan myyntiin ja myydään rakennusvaiheessa. Toki, jos asuntoihin lisättäisiin vakiona valaistuksenohjausjärjestelmä, voisi se hyvinkin olla kilpailuetu muita kohtaan.

## LÄHTEET

ABB. 2022. Langaton ABB-Free@home saneeraukseen. WWW-dokumentti. Saatavilla: <https://new.abb.com/low-voltage/fi/tuotteet/kiinteistoautomaatio-kotiautomaatio/uutiset/langaton-free@home> [viitattu 13.9.2022].

Embedded. 2013. Zigbee` s new IP seicification for IPv6LoPAN wireless network designs. WWW-dokumentti. Saatavilla: <https://www.embedded.com/zigbees-new-ip-specification-for-ipv6-6lopan-wireless-network-designs/> [viitattu 15.9.2022].

Fovea. s.a. Dali ohjaus. WWW-dokumentti. Saatavilla: <https://www.fovea.fi/valaistuksen-ohjausjarjestelmat/dali-ohjaus/> [viitattu 5.9.2022].

Helvar Oy. s.a. Valaistuksenohjaus ratkaisut. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.rakennusfakta.fi/helvar-oy-ab/valaistuksenohjaus-ratkaisut/tuote.html> [viitattu 27.9.2022].

Iotfinland. 2018. Älykoti tuo mukanaan monia hyötyjä. WWW-dokumentti. Saatavissa: <http://iotfinland.net/index.php/2018/10/10/alykoti-tuo-mukanaan-moniahyoetyja/> [viitattu 1.9.2022].

Jukkatalo Oy. s.a. Yritys. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://jukkatalo.fi/yritys/> [viitattu 27.9.2022].

Justin26. 2021. Mikä on Zigbee ja miksi se on tärkeä älykodillesi? Websetnet. Blogi. Julkaistu 31.1.2021. Saatavissa: <https://websetnet.net/fi/what-is-zigbee-and-why-is-it-important-for-your-smart-home/> [viitattu 27.8.2022].

Laine, L. 2019. Led valojen ohjaus – DALI. Winled. Verkkolehti. Saatavissa: <https://www.winled.fi/blogi/artikkeli/Led-valojen-ohjaus-%E2%80%94-DALI> [viitattu 3.9.2022].

Mattinen, V. 2021. Mikä on älykäs koti ja mitkä ovat sen edut? WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://masco.fi/mika-on-alykas-koti-ja-mitka-ovat-sen-edut/> [viitattu 1.9.2022].

Plejd. 2022. Älykkäitä valaistusratkaisuja kaikille. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.plejd.com/fi-fi> [viitattu 21.9.2022].

Remotec. 2022. What is so special about RF4CE, a subset of Zigbee? WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://remotec.com.hk/what-is-so-special-about-rf4ce-a-subset-of-zigbee/> [viitattu 15.9.2022].

RF Wireless World. s.a. Zigbee vs Zigbee PRO-difference. Verkkolehti. Saatavissa: <https://www.rfwireless-world.com/Terminology/zigbee-vs-zigbee-PRO.html> [viitattu 28.8.2022].

Rosencrance, L. 2017. Definition Zigbee. Techtarget. Verkkolehti. Saatavissa: <https://www.techtarget.com/iotagenda/definition/ZigBee> [viitattu 28.8.2022].

Sonepar. 2022. KNX Väyläkaapeli 100m – TG018 2x2x0.8mm2. WWW-dokumentti. Saatavilla: <https://verkkokauppa.sonepar.fi/fi/knx-vaylakaapeli-100m-tg018-2x2x0-8mm2-2803385> [viitattu 3.9.2022].

Staypro. s.a. Philips Hue – 7 asiaa, joita sinun tarvitsee kokeilla! Verkkolehti. Saatavilla: <https://www.staypro.fi/tietopankki/oppaat/philips-hue-7-asiaa-joita-sinun-tarvitsee-kokeilla> [viitattu 15.9.2022].

Superled. s.a. Led-alasvalo. WWW-dokumentti. Saatavilla: <https://www.superled.fi/product/1570/led-alasvalo-sade-rgbcct-zigbee-9w-850lm-11045mm> [viitattu 13.9.2022].

Winled Oy. 2021. ABB Free@Home – Kodin valaistuksenohjaus uudelle tasolle. Verkkolehti. Saatavissa: <https://www.winled.fi/blogi/artikkeli/ABB-free@home-%E2%80%94-kodin-valaistuksenohjaus-uudelle-tasolle> [viitattu 13.9.2022].

Xiaomiplanet. 2020. Mikä on Zigbee-tekniikka, miksi se on tärkeä älykodille ja mitkä Xiaomi-tuotteet sitä tukevat? Verkkolehti. Saatavissa: <https://fi.xiaomiplanet.sk/zigbee-tekniikka/> [viitattu 28.8.2022].