

Jukka Hiltunen

Langattomat valaistuksen ohjausjärjestelmät toimitiloissa – testiasennusten käyttökokemuksia

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkö- ja automaatiotekniikka

Insinööriytyö

3.4.2018

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Jukka Hiltunen Langattomat valaistuksenohjausjärjestelmät toimitiloissa – testiasennusten käyttökokeuksia 69 sivua + 3 liitettä 3.4.2018
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Sähkö- ja automaatiotekniikka
Ammatillinen pääaine	Sähkövoimatekniikka
Ohjaajat	Projektinjohtaja Jukka Huttunen Lehtori Tapio Kallasjoki
<p>Tämä insinöörityö tehtiin Granlund Oy:n toimeksiantona. Työssä tutkittiin kolmen eri langattoman valaistuksen ohjausjärjestelmän rakennetta, toimintaa sekä soveltuvuutta toimittilojen valaistuksen ohjausjärjestelmänä. Kolme järjestelmää asennettiin neljään eri paikkaan Granlundin toimistolla. Pilottiasennuksiin osallistui 11 koehenkilöä, joille laadittiin käyttäjäkyselyt pilottiasennusten jälkeen. Työn tavoitteena oli arvioida käyttäjäkyselyiden avulla parhaiten soveltuva valaistuksen ohjausjärjestelmä Granlundin toimiston valaistuksen ohjausjärjestelmäksi.</p> <p>Langattomia valaistuksen ohjausjärjestelmiä valittaessa tarkasteltiin useiden eri valmistajien ohjausjärjestelmiä, joista pilottiasennuksiin valittiin Helvar ActiveAhead, Philips EasySense ja Houm.</p> <p>Pilottiasennukset suunniteltiin etukäteen ja asennettiin Helsinkiin Granlundin toimistolle. Ohjausjärjestelmille tehtiin käyttöönotot ja ne ohjelmoitiin matkapuhelimella. Käyttöönottojen jälkeen koehenkilöiden annettiin kerätä käyttökokeuksia järjestelmistä.</p> <p>Työssä todettiin, että langattomat valaistuksen ohjausjärjestelmät tuovat huomattavaa energiansäästöä verrattuna nykyiseen valaistukseen nähden. Tämän lisäksi langattomien valaistuksen ohjausjärjestelmien mahdollistamat säätömahdollisuudet parantavat käyttömukavuutta. Työssä havaittiin, että Helvar ActiveAhead ja Philips EasySense soveltuisivat parhaiten Granlundin toimiston valaistuksen ohjausjärjestelmiksi.</p>	
Avainsanat	langaton valaistuksen ohjaus, Helvar, Philips, Houm

Author Title	Jukka Hiltunen Wireless Lighting Control Systems in Offices – User Experiences of Test Installations
Number of Pages Date	69 pages + 3 appendices 3 April 2018
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical Engineering
Professional Major	Electrical Power Engineering
Instructors	Jukka Huttunen, Project Manager Tapio Kallasjoki, Senior Lecturer
<p>This study was commissioned by Granlund Oy. The aim was to examine structure, functions and suitability of three different wireless lighting control systems for office lighting control system. Three systems were installed to four different places in the Granlund Oy's office. Test installations involved 11 test subjects, who were given user polls after these installations. Aim of these user polls was to help to determine most suitable lighting control system.</p> <p>Many lighting control systems of different manufacturers were considered while making the choices for test installations. Helvar ActiveAhead, Philips EasySense and Houm were chosen for lighting control system testing.</p> <p>Test installations were planned in advance and were installed to Granlund Oy's office in Helsinki. These control systems were commissioned and programmed using mobile phone. Test subject were given time to gather user experience after commissioning.</p> <p>It was discovered, that wireless lighting control systems lead to energy savings compared to the existing lighting. Additionally, adjustment possibilities offered by wireless lighting control systems improve user comfort. Study shows that Helvar ActiveAhead and Philips EasySense would be most suitable as the new lighting control system in Granlund Oy's office.</p>	
Keywords	wireless lighting control, Helvar, Philips, Houm

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Valaistuksen ohjaustavat	2
3	Langaton valaistuksenohjaus	6
3.1	Langaton tiedonsiirto	7
3.2	WMesh	9
3.3	EnOcean	10
3.4	Bluetooth	11
3.5	ZigBee	12
4	Helvar ActiveAhead	15
4.1	ActiveAhead-järjestelmä	16
4.2	Ohjelmointisovellus	18
4.3	Asennukset	25
4.4	Ohjelmointi	28
5	Philips EasySense	31
5.1	EasySense-järjestelmä	31
5.2	Ohjelmointisovellus	33
5.3	Asennukset	38
5.4	Ohjelmointi	40
6	Houm	41
6.1	Houm-järjestelmä	41
6.2	Ohjelmointisovellus	44
6.3	Asennukset	52
6.4	Ohjelmointi	55
7	Käyttäjäkysely ja järjestelmien vertailu	55
7.1	Kyselyn toteutus	55
7.2	Kyselyn rakenne	56
7.3	Käyttäjäkyselyiden tulokset ja järjestelmien vertailu	58
8	Yhteenveto	65

Liitteet

Liite 1. Pilottiasennusten ensimmäisen kerroksen sähköasennuspiirustus

Liite 2. Pilottiasennusten toisen kerroksen sähköasennuspiirustus

Liite 3. Pilottiasennusten kolmannen kerroksen sähköasennuspiirustus

Lyhenteet

Bluetooth	2.4 GHz:n taajuudella toimiva lyhyen kantaman langaton tiedonsiirtotekniikka-
DALI	<i>Digital Addressable Lighting Interface</i> , Standardoitu digitaalinen valais- tuksen ohjausväylä elektronisille liitäntälaitteille.
EnOcean	Lähiympäristöstä energiaa keräävä langaton tekniikka.
LED	<i>Light Emitting Diode</i> , valoa hoitava diodi.
Mesh	Verkkotopologia, jossa jokainen verkon piste toimii reitittimenä.
NFC	<i>Near Field Communication</i> , hyvin lyhyen matkan laitteiden tunnistus- ja tiedonsiirtotekniikka.
PIR	Passive Infrared sensor, Passiivinen infrapunatunnistin.
QR-koodi	<i>Quick-Response</i> –koodi. Kuviokoodi.
WLAN	Langaton lähiverkkotekniikka.
ZigBee	IEEE 802.15.4-standardin mukainen lyhyen kantaman tietoliikenneverkko.

1 Johdanto

Langattomat valaistuksenohjausjärjestelmät ovat kehittyneet viime vuosina huomattavasti ja kehittyvät vielä jatkossakin. Järjestelmien kehityksen ja luotettavuuden ansiosta langattomia valaistuksen ohjausjärjestelmiä on asennettu useisiin kohteisiin ja lähitulevaisuudessa langattomat järjestelmät tulevat luultavasti yleistymään. Älykkäillä langattomilla valaistuksen ohjausjärjestelmillä päästään huomattaviin energiansäästöihin, parannetaan käyttäjän käyttömukavuutta sekä hyvinvointia.

Insinööriyössä perehdytään kolmeen eri langattomaan valaistuksen ohjausjärjestelmään ja niiden soveltuvuuteen toimiston työpisteiden valaistuksen ohjauksessa. Työssä kokeillaan ohjausjärjestelmien eri säätömahdollisuuksia ja niiden toimivuutta kokeilujakson ajan. Ohjausjärjestelmät asennetaan kolmeen eri kerrokseen Granlund Oy:n Helsingin toimipisteessä koehenkilöiden kokeiltavaksi. Lopuksi koehenkilöille annetaan käyttäjäkysely, josta analysoidaan tulokset ja valitaan paras ohjausjärjestelmä.

Granlundin toimiston nykyisten valaisimien ohjaus on toteutettu vetonaruilla sekä kiinteistöautomaatiojärjestelmän aikaohjauksella. Jokaisella työpisteellä on asennettuna kaksi valaisinta, joten henkilökohtaisen säädön mahdollisuudet ovat rajattuja. Riittävän hyvällä henkilökohtaisella säädöllä on suora vaikutus työntekijän hyvinvointiin.

Pilottiasennusten valaistuksen ohjausjärjestelmien valintoja tehdessä tarkasteltiin useampia ohjausjärjestelmiä, joista valittiin testiasennuksiin Helvar ActiveAhead, Philips EasySense sekä Houm. Hylätyjä järjestelmiä olivat mm. Organic Response, Casambi sekä Osram Lightify Pro. Osram Lightify Pro:ta kokeiltiin jo aikaisemmin testiasennuksessa Granlundilla, joten kyseistä järjestelmää ei valittu tähän pilottiasennukseen mukaan. Casambin järjestelmässä puutteiksi huomattiin erilliset liiketunnistimet. Pilottiasennuksiin haluttiin valaisimeen integroidut liiketunnistimet, joten tästä syystä tämä ohjausjärjestelmä hylättiin. Organic Responsessa ei ollut mobiiliohjauksen mahdollisuutta, ja langattomat painikkeet maksavat 250 €/kpl. Kyseistä järjestelmää oli jo käytetty eräessä suunnittelukohteessa, joten tästä järjestelmästä oli jo käyttökokemuksia ja täten sitä ei valittu pilottiasennuksiin.

Työ tehtiin toimeksiantona Granlund Oy:lle. Granlund on vuonna 1960 perustettu talotekniikkasuunnittelun, kiinteistö-, energia ja ympäristöasioiden konsultoinnin sekä oh-

jelmistojen asiantuntijakonserni. Granlundilla työskentelee noin 800 työntekijää, jotka työskentelevät eri toimipisteissä ympäri Suomen. Granlundin päätoimipiste sijaitsee Helsingissä.

2 Valaistuksen ohjaustavat

Valaistuksen ohjaukselle on useita eri perusteita, kuten tunnelman luonti, energiansäästö, tarkoituksenmukaisuus, käyttömukavuuden sekä hyvinvoinnin parantaminen. Asuinrakennuksissa sekä ravintoloissa pyritään tunnelman luontiin esimerkiksi himmentämällä valaistusta tai säätämällä värilämpötilaa. Valaistusta ja valaistuksen ohjausta käytetään myös arkkitehtuurin neljäntenä ulottuvuutena tuomaan esiin haluttuja asioita ja muotoja.

Yleensä toimistoympäristössä tärkein peruste valaistuksen ohjaukselle on energiansäästö. Tällöin ohjaus toteutetaan vakiovalo/päivänvalo- sekä läsnäoloantureilla. Näillä ratkaisulla päästään 30 - 70 % energiansäästöön lähtötasosta riippuen.

Tarkoituksenmukaisuus on perusteena esitys-, auditorio- sekä kokoustiloissa, joissa valaistusta ohjataan useilla säätyvillä ryhmillä. Ohjauksen paras toiminnallisuus sekä käytön helppous saavutetaan luomalla ennalta suunnitellut valaistustilanteet tilaan.

Tarkoituksenmukaisuus ilmenee myös toimistoympäristössä. Valontarve on yksilöllistä, mutta se lisääntyy ihmisen ikääntyessä, joten vanhemmat ihmiset tarvitsevat enemmän valoa kuin nuoremmat. Perinteinen toimistotyö edellyttää erilaista valaistusta kuin näyttöpäätetyöskentely, joten lisäämällä henkilökohtaisen säädön työpisteelle palvellaan molempia käyttötarkoituksia sekä huomioidaan erilainen valontarve eri ikäryhmillä.

Henkilökohtaisella säädöllä on myös suora vaikutus työntekijän hyvinvointiin. Säätämällä valaistuksen tarpeenmukaiselle tasolle voidaan ehkäistä päänsärkyjen tai häikäisyn aiheutumista liiallisesta valomäärästä. Hyvinvoiva työntekijä on tehokkaampi, joten valaistuksen ohjauksella on suora vaikutus työn tuottavuuteen.

Valaistuksen säätöön on olemassa useita eri tapoja. Siniaaltoja voidaan teoriassa muokata amplitudiin, taajuuteen tai siniaallon leikkaukseen perustuen. [1.]

Päälle/pois -ohjaus

Yleensä valaistuksen ohjaukset toteutetaan päälle/pois -ohjauksina. Ohjauslaitteena voivat toimia kytkimet oven pielessä, vetonaru valaisimessa tai rele sähkökeskuksessa. Päälle/pois -ohjaus asettaa rajoitteita tilan valaistuksen säädölle, sillä varsinkin pienemmissä tiloissa valaistusta ohjataan yhdestä pisteestä. Tällaisia tiloja voivat olla esimerkiksi WC:t, käytävät, varastot ja aulat, joissa saadaan valaistusta ohjattua vain päälle tai pois. Joissain tiloissa kuten luokahuoneissa tai toimistoissa kuitenkin ohjaus toteutetaan useammasta painikkeesta, mikä antaa lisämahdollisuuksia säädölle. Tällöin käytetään kytkimiä, joista ohjataan valaisimia useammassa ryhmässä. [2.]

Himmennys

Himentämisellä pyritään energiansäästöön ja hyvinvoinnin lisäämiseen säätämällä valaistuksen taso tarpeenmukaiselle tasolle. Himmennystekniikoita on olemassa monenlaisia.

Triac-himmennin eli tyristorihimmennin perustuu valaisinta syöttävän jännitteen nousevan reunan katkomiseen. Himmennyksen voimakkuus riippuu siitä, missä vaiheessa siniaallon puolijaksoa triac liipaistaan päälle. Aikaisemmassa vaiheessa puolijaksoa liipaistu triac päästää enemmän jännitettä läpi ja tästä johtuen valot palavat kirkkaammin

Transistorihimmennin katkoo triac-himmentimen tavoin jännitettä, mutta sen toiminta perustuu puolijakson laskevan reunan katkomiseen. Transistorihimmennin on yleensä parempi vaihtoehto LED-virtalähteille, sillä transistorihimmennin ei aiheuta samanlaisia jännitepiikkejä kuin triac-himmennin.

PWM-himmennin (Pulse Width Modulation) säätelee valaisimelle tulevan tasajännitteen pulssipituutta. Valaisin kytkeytyy päälle ja pois tuhansia kertoja sekunnissa. Valaisimen kirkkaus riippuu siitä kuinka kauan valaisin on päällä suhteessa siihen kuinka kauan valaisin on pois päältä. [3,4.]

1-10 V -ohjaus tapahtuu analogisella potentiometrillä eli säätövastuksella. Säätimellä säädetään liitäntälaitteelle kulkevaa tasajännitettä pyörittämällä potentiometriä. Valai-

simet eivät sammu kuitenkaan kokonaan kyseisellä ohjauksella, vaan sitä varten on oltava erillinen päävirtaviirin kytkin.

Edellä mainittujen analogisten himmenystekniikoiden lisäksi on olemassa digitaalisia himmenysmenetelmiä, joita ovat esim. DALI ja DMX.

Läsnäolo-ohjaus

Valaistus kuluttaa usein turhaa energiaa silloin, kun sitä ei tarvita. Toimistorakennuksissa työntekijä saattaa lähteä lounastauolle tai palaveriin jättäen työpisteensä valaistuksen päälle turhaan. Läsnäolo-ohjauksella vähennetään valaisimien turhaa päällä oloa.

Läsnäolo-ohjauksessa valot syttyvät päälle, kun tunnistin huomaa tarpeeksi liikettä ja sammuttaa valaistuksen tietyn ajan jälkeen, kun liikettä ei ole havaittu. Läsnäolo-tunnistimia voidaan integroida suoraan valaisimeen tai asentaa erillisinä tunnistimina joko kattoon tai seinään. Tunnistimet havainnoivat tilassa tapahtuvan liikkeen lämpösäteilyn, äänen, ultraäänisignaalin ja mikrosäteilyn avulla. [2.]

Poissaoloohjaus perustuu myös läsnäoloanturien käyttöön. Tässä ohjauksessa valot sytytetään manuaalisesti, mutta valot sammuvat säädetyin viiveen jälkeen, kun tilassa ei olla havaittu liikettä.

Poissaolovalaistus perustuu myös samaan ideaan. Tällöin kyseinen ohjaus toimii siten, että normaali valotaso pudotetaan alemmalle tasolle, kun tilassa ei ole havaittu liikettä. Tätä ohjausta käytetään varsinkin käytävien ja avokonttorityyppisten tilojen ohjauksessa. Poissaolovalaistuksen merkittävänä etuna on energiansäästö. Tämän lisäksi avotiiloista saadaan rauhallisemmat, kun valot eivät ole täysin sammuksissa. [1.]

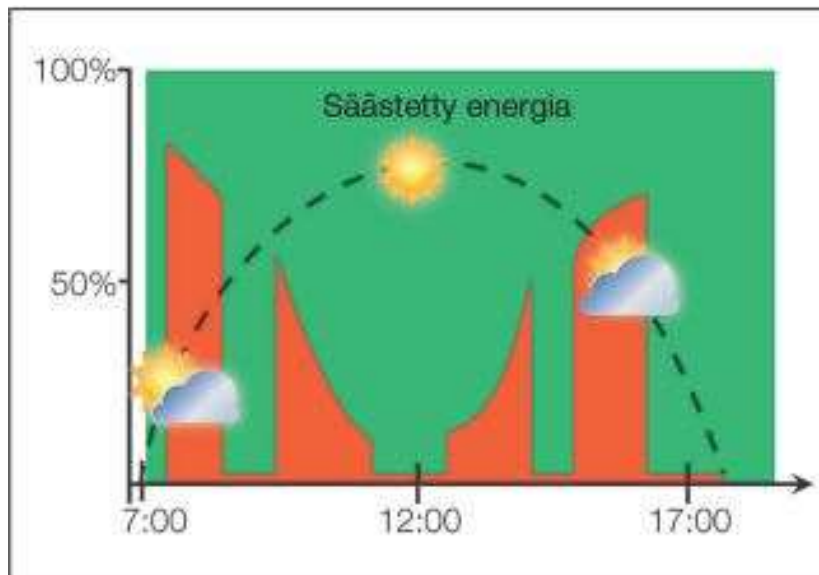
Päivänvalo-ohjaus

Päivänvalo-ohjaus hyödyntää tilaan tulevaa luonnonvaloa. Ohjauksessa valitaan säädettävään tilaan haluttu valaistustaso, jota säätöjärjestelmä pyrkii pitämään automaattisesti vakiona valoantureiden mittauksen avulla. Tässä ohjauksessa osittain hyödynnetään silmän epäherkkyyttä valaistuksen säädölle. Korkeilla säädön tasoilla ei silmä-

määräisesti huomata säätöä, vaikka samalla syntyy energiansäästöjä. Valonsäätö havaitaan tyypillisesti, kun tehoa on pudotettu noin 30 %.

Ohjaus toimii siten, että sama valotaso pysyy yllä, kun tilassa on tarpeeksi luonnonvaloa. Paras lopputulos saavutetaan, kun säätö on niin hidasta, ettei se ärsytä silmää. Nopea ja yliherkkä säätö on halpa toteuttaa, mutta käyttäjälle se on epämiellyttävä.

Yksinkertaisimmillaan päivänvalo-ohjaus toteutetaan valaisimen sisäänrakennetulla elektronisella liitäntälaitteella ja valoisuusanturilla, joka säätää valaistusta. Päivänvalo-ohjausta usein täydennetään läsnäolo-ohjauksella. Päivänvalo-ohjauksella päästään huomattaviin energiansäästöihin. Yhdistämällä läsnäolo-ohjaus päivänvalo-ohjaukseen päästään tämän lisäksi vielä merkittävämpään energiansäästöön (kuva 1) [1].



Kuva 1. Päivänvalo- ja läsnäolo-ohjauksen energiansäästöpotentiaali [1].

Vakiovalo-ohjauksessa kompensoidaan valaistuksen ylivoimaisuutta valaisimen eliniän aikana. Valaistus joudutaan ylimitoittamaan valaisinasennuksien alussa valaisimien valovirran alenemasta ja valaisimien likaantumisesta johtuen. Ylimitoituksen takia energiaa hukkaantuu. Ohjauksen periaatteena on se, että valaisinta himmennetään eliniän alussa enemmän kuin eliniän loppupuolella, jolloin valaistustaso pysyy tasaisena koko valaisimen eliniän ajan. Vakiovalo-ohjaus voidaan toteuttaa joko valaisimeen integroidulla valoisuusanturilla tai kattoon asennetulla erillisellä anturilla. [2.]

Tilanneohjaus

Tilanneohjausta hyödynnetään tyypillisesti harvemmin, sillä tilanneohjauksen voi toteuttaa vain kehittyneillä valaistuksen ohjaukseen suunnitelluilla tuotteilla. Tällaisia ovat erilaiset keskusyksiköt sekä väyläohjausjärjestelmän tuotteet. Tilanteet ovat yhden tai useamman ohjausryhmän ennalta määritetty ohjaus, jotka kutsutaan erillisellä tilanpainikkeella. Yhden ryhmän tilanneohjauksessa kyse on lähinnä vain ennalta määritetyistä valaistustasoista kuin varsinaisesta tilanneohjauksesta. Tilanteet ohjelmoidaan käyttäjän tarpeiden mukaisesti, ja ne on nimettävä kutsupainikkeisiin selkeästi, jotta käyttäjän on helppo löytää tarvitsemansa tilanne.

Tilanneohjaus ei kuitenkaan estä ryhmien erillistä säätöä. Tilanteiden kokonaissäätö on mahdollinen tietyissä tilanneohjauksen mahdollistavissa ratkaisuissa. Säädettäessä valaistustasoa ylös- tai alaspäin, ryhmien keskenäiset tasoerot säilyvät, kunnes saavutetaan säädön minimi tai maksimi.

Väriämpötila-ohjaus tarkoittaa ohjausta, jolla muutetaan valaisimen väriämpötilaa. Tyypillisesti ohjaus toteutetaan LED-valaisimella, jossa on vähintään kahden eri väriämpötilan ledejä, esim. 2700 K ja 6500 K. Säätö tapahtuu näiden kahden ledin välistä suhdetta muuttamalla. Väriämpötilan säädöllä on vaikutus ihmisen vireystilaan esim. melatoniinin tuotannon säätelyyn. [1.]

3 Langaton valaistuksenohjaus

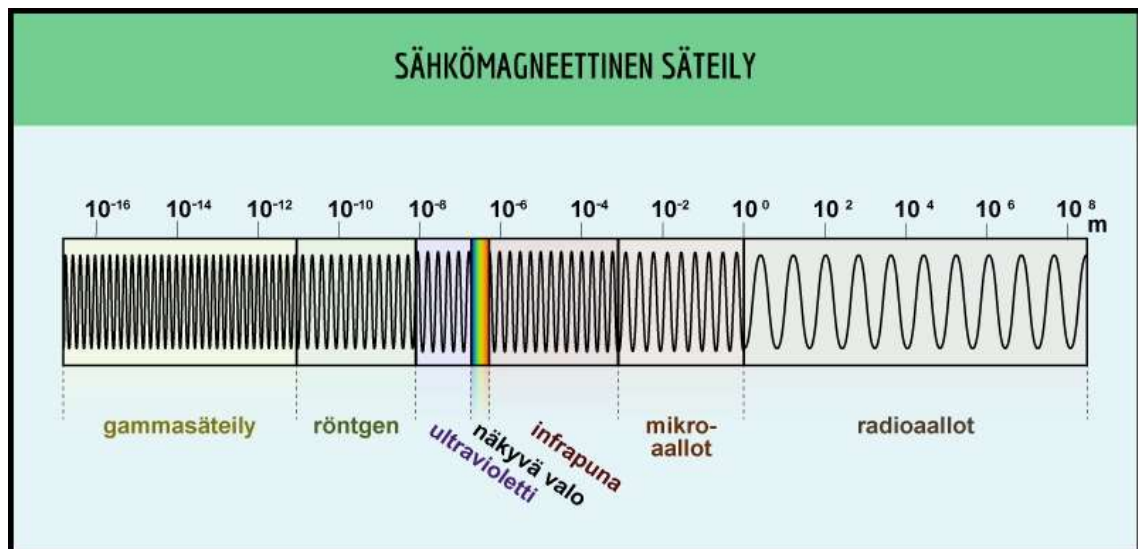
Älykkäillä langattomilla valaistuksen ohjausjärjestelmillä saavutetaan huomattavia energiansäästöjä ja lisätään käyttömukavuutta verrattuna perinteisempiin valaistusratkaisuihin. Uutta langattomasti toimivaa valaistusta asennettaessa esimerkiksi saneerauskohteeseen ei välttämättä uusia kaapelointeja tarvitse tehdä. Vanhojen valaisimien kaapelointeja voidaan käyttää hyväksi sekä uusia ohjauskaapelointeja ei tarvita. Järjestelmien asennus ja käyttöönotto on nopeaa ja helppoa.

Langattomat valaistuksen ohjausjärjestelmät perustuvat useimmiten laitteiden väliseen kommunikointiin radioaaltojen välityksellä. Järjestelmien laitteissa on radiolähettimet ja vastaanottimet.

3.1 Langaton tiedonsiirto

Langaton tiedonsiirto perustuu kahden tai useamman pisteen välillä tapahtuvaan sähkömagneettiseen säteilyyn. Langaton tiedonsiirto on mahdollista radioaaltojen, mikroaaltojen ja infrapunasäteilyn välityksellä, joista radioaaltoja hyödynnetään eniten nyky-päivän tekniikassa. Radioaaltoja hyödyntäviä laitteita ovat esim. matkapuhelimet ja WLAN. [5.]

Radioaallot synnytetään johtamalla suuritaajuinen sähkövirta antenniin, joka siirtää energian radioaaltoina etenevään sähkömagneettiseen kenttään. Radioaallot heijastuvat, taipuvat ja taittavat esteistä ja saapuvat vastaanottajalle eri reittejä ja eri voimakkuuksilla. Vastaanottajan antennissa aallot summautuvat ja vastaanottaja näkee yhden signaalin. Radioaaltojen etenemiseen vaikuttavat vaimeneminen, heijastuminen, sironta, taipuminen, häipyminen, doppler-ilmiö ja monitie-eteneminen. Radioaaltojen taajuu-det voivat vaihdella 300 GHz:stä 3 kHz:iin. [6,7.]



Kuva 2. sähkömagneettinen spektri [8].

Mikroaallot ovat sähkömagneettisia aaltoja, jotka toimivat taajuusalueella 1 – 300 GHz. Kuvassa 2 on esitetty sähkömagneettisen säteilyn spektri, josta nähdään, että mikroaaltojen aallonpituus on pienempi kuin radioaalloilla, mutta suurempi kuin infrapunasäteilyllä. Mikroaaltojen ja radioaaltojen raja on liukuva, kuin myös mikroaaltojen ja kaukoinfrapunan. Suurin osa mikroaaltoja hyödyntävistä laitteista toimii 1 - 40 GHz-taajuusalueella. Korkean taajuudensa ansiosta mikroaallot pystyvät etenemään ilma-

kehässä lähes vaimentumatta, mutta niiden etenemistä heikentävät kuitenkin esteet kuten puut ja rakennukset.

Mikroaaltoja käytetään langattomassa valaistuksen ohjauksessa laitteiden välisessä viestinnässä. Korkea taajuus mahdollistaa tiedonsiirron nopeasti ja pienellä virran kuluksella. Ohjausjärjestelmän laitteiden välillä tapahtuva tiedonsiirto on vain yksinkertaista ohjaustietoa, joten viestien ei tarvitse sisältää paljon dataa. Tämä mahdollistaa vähävirtaisten LDR (Low Data Rate) sovellusten eli pienten datanopeuden tiedonsiirto-sovellusten käytön. Tällaisia sovelluksia ovat muun muassa standardit ZigBee sekä Bluetooth. [9.]

Valaistuksen ohjauksessa mikroaaltoja käytetään myös mikroaaltotunnistimissa. Tunnistimet lähettävät mikroaaltopulsseja ympäristöön ja vastaanottavat heijastuneen kaiun. Tunnistimet tunnistavat liikkeen kun pulssin ja kaiun väliaika vaihtelee. Mikroaallot läpäisevät ohuita materiaaleja sekä väliseiniä, joten asennuspaikan löytäminen voi olla haasteellista. Väärään paikkaan asennettu tunnistin voi rekisteröidä liikettä viereisestä huoneesta ja täten aiheuttaa tahattomia sytytyksiä valaistuksessa. [10.]

Infrapunasäteily on aallonpituudeltaan suurempaa kuin näkyvä valo, mutta mikroaaltoja pienempää sähkömagneettista säteilyä. Infrapunasäteilyn aallonpituus on 700-1000 nanometriä ja toimii taajuudella 430 THz – 300 GHz. Lähimpänä näkyvän valon aallonpituutta olevaa säteilyä kutsutaan lähi-infrapunaksi NIR (Near Infrared). MWIR- (Mid Wave Infrared) ja LWIR- (Low Wave Infrared) säteily ovat lähi-infrapuna pitempiaaltoista säteilyä. [11.]

Infrapuna on suhteellisen yksinkertainen ja edullinen vaihtoehto. Sillä päästään helpommin suuriin nopeuksiin, koska infrapuna ei kärsi kaistanleveyden puutteesta kuten radiotaajuudet. Infrapunasäteily vaatii esteettömän tien lähettimen ja vastaanottimen välillä toimiakseen, sillä infrapuna ei läpäise läpinäkymättömiä esineitä.

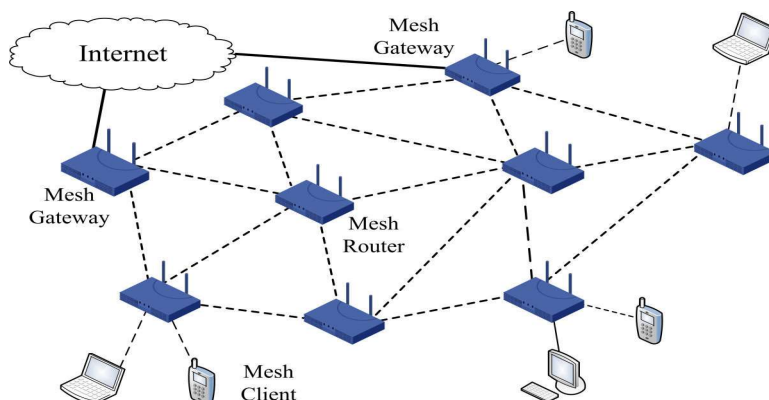
Infrapunatekniikkaa on kahta lajia, suunnattu yhteys sekä hajautettu yhteys. Suunnattu infrapunayhteys soveltuu parhaiten paikallaan olevien laitteiden yhdistämiseen. Tällä tekniikalla saavutetaan suurempi nopeus ja pidempi kantomatka kuin hajautetulla tekniikalla.

Hajautettu infrapunayhteys perustuu heijastumisiin kaikkiin suuntiin erilaisten pintojen kuten kattojen tai seinien kautta. Tämä mahdollistaa laitteiden liikkumisen yhteyttä katkaisematta radiotekniikoiden tapaan. Hajautettu infrapunayhteys kattaa pienen alueen kuten toimistohuoneen. Isompiin tiloihin tarvitaan enemmän tukiasemia, jotta liikkuminen on mahdollista. [12.]

Infrapunaa hyödynnetään valaistuksen ohjauksessa PIR-liiketunnistimissa. PIR-liiketunnistimen toiminta perustuu infrapunasäteilyn voimakkuuksien nopeisiin vaihteluihin, jotka johtuvat kehon tai muun lämmönlähteen liikkeestä. Passiivisuus johtuu siitä, että tunnistin vain vastaanottaa säteilyä, ei lähetä sitä. PIR-liiketunnistin tarvitsee toimiakseen kahta elementtiä: lämpöeroa valottavaan alueeseen verrattuna sekä erilämpöisen kohteen liikettä tunnistimen valvonta-alueella. PIR-tunnistimet ovat yleisimpiä tunnistimia markkinoilla. [10.]

3.2 WMesh

Wireless mesh on reitittävä langaton verkko, jossa tietoliikenne voi kulkea montaa eri reittiä kahden pisteen välillä (kuva 3). Verkon rakenteen sisällä lähekkäin olevat pisteet muodostavat reitin muihin lähellä oleviin pisteisiin. Yhden reitin katkeaminen ei estä verkon laitteiden välistä kommunikaatiota. Vikatilanteessa verkko korjaa yhteyden automaattisesti, joka tekee siitä erittäin luotettavan. Pienet verkot voivat toimia ilman keskeistä palvelinta, kun taas suurempien verkkojen järjestely vaatii käyttäjämäärän ja verkkoliikenteen kasvaessa reitittävän palvelimen.



Kuva 3, Mesh-verkon rakenne [13].

Jotta tiedon puskurointi ja kättely olisi mahdollista, on tukiasemien kuuluvuusalueiden oltava noin 10-40% päällekkäisiä. Yksittäisen tukiaseman alueeseen voi kuulua maksimissaan viisi muuta tukiasemaa. Tämän määrän ylittäessä WMesh-verkon toimivuus heikkenee huomattavasti johtuen pakettien yhteentörmäyksistä.

WMesh-verkon sisällä käytetään yhtenäistä protokollaa. Yhtenäistä standardia protokollalle ei ole. Käytössä on tällä hetkellä yli 70 eri protokollaa. Kuitenkin yleisimmin käytetty yhteystyyppi on IEEE-standardi 802.11 (WLAN)

WMesh-verkkojen suurin ongelma on standardin puute käytettävälle protokollalle. Standardin puutteeseen on tulossa ratkaisu. Myös suuret käyttäjämäärät ja liian tiheästi sijoitetut tukiasemat aiheuttavat pakettien yhteentörmäyksiä. [14.]

3.3 EnOcean

EnOcean (kuva 4) on kansainväliseen standardiin ISO/IEC 14543-3-10 perustuva energiaa keräävä langaton tekniikka, jota käytetään pääasiassa rakennusten automaation ohjausjärjestelmissä.



Kuva 4. EnOcean logo [15].

EnOcean tekniikkaa sisältävät laitteet koostuvat pienistä energiamuuntimista ja radiotekniikasta. EnOcean-tekniikan ideana on muuntaa ympäristöstä kerätty energia laitteen omaksi energiaksi. Anturit ja painikkeet tuottavat oman energiansa elektromagneettisesti tai aurinkopaneelitekniikalla.

EnOcean-laitteet tuottavat energiansa

- liikkeestä
- paineesta
- valosta
- lämpötilan vaihtelusta
- värinästä.

Useimmat energiankeräimet tuottavat vain vähäisiä määriä energiaa, joten on tärkeää kerätä sitä ajan kuluessa, kun järjestelmä ei ole aktiivisena. Uusimmat EnOcean-sensorit kuluttavat erittäin vähän virtaa, kun ne eivät ole aktiivisena, noin 100 nanoamppeeria tai vähemmän.

EnOcean-laitteet toimivat 902 MHz:n, 928.35 MHz:n sekä 868,3 MHz:n radiotaajuuksilla riippuen siitä, missä päin maailmaa laitteet sijaitsevat. Euroopassa on käytössä 868 MHz:n-taajuusalue. EnOcean-valaistuksenohjauskytkimet toimivat myös Bluetooth LE:n sekä ZigBee:n välityksellä.

EnOcean-verkko muodostuu lähettimistä, vastaanottimista sekä näiden kahden yhdistelmästä. EnOcean-tekniikkaa sisältäviä valaistuksenohjauslaitteita tarjoavia yrityksiä ovat muun muassa Illumra ja Schneider Electric. [9,16,17.]

3.4 Bluetooth

Bluetooth on avoin standardi langattomien laitteiden tiedonsiirtoon, joka toimii vapaasti käytettävissä olevalla 2.4 GHz-taajuudella. Bluetooth on tarkoitettu erityisesti lyhyille, noin kymmenen metrin matkoille, mutta myös pidemmät matkat ovat mahdollisia. Tekniikka on tyypillisesti käytössä matkapuhelimissa. Bluetoothista on kehitetty vähän virtaa kuluttava versio, Bluetooth LE (Low Energy). [18.]

Bluetooth Special Interest Group (SIG) (Kuva 5) on voittoa tavoittelematon järjestö, joka valvoo Bluetooth-standardien kehitystä ja Bluetooth-tekniikan lisensioimista. Järjestö on perustettu 1998 ja siihen kuuluu yli 20000 jäsentä. Jokaisen yrityksen on liityttävä järjestöön, jos haluaa käyttää Bluetooth-tekniikkaa laitteissaan. [19.]



Kuva 5. Bluetooth SIG [19].

Bluetooth-laitteet koostuvat lähettimestä ja vastaanottimesta, jotka viestivät keskenään radioaaltojen välityksellä. Jokaisessa Bluetooth-laitteessa on myös antenni, joka lähettää ja vastaanottaa aaltoja.

Bluetoothissa tiedonsiirto perustuu taajuushyppelyyn. Tämä käytännössä tarkoittaa sitä, että jokainen paketti lähetetään satunnaisesti eri kanavalla eli taajuudella. Mahdollisia häiriöitä esiintyy tietyllä osalla taajuuskaistaa, joten vaihtamalla taajuutta voidaan välttää häiriöitä. Kun pakettiin tulee häiriö, se lähetetään uudelleen myöhemmin. Bluetoothin käytössä oleva taajuusalue on jaettu 1 MHz:n suuruisiin tiedonsiirtokanaviin joita on yhteensä 79. Kaikkien kanavien käyttö on mahdollista vain maissa, joissa koko taajuusalue on käytössä.

Bluetooth LE ei eroa paljoakaan perinteisestä Bluetoothista. Se toimii samalla taajuudella kuin perinteinen Bluetooth, mutta sen käytössä on eri kanavat. Käytössä olevien 79 kanavan sijasta Bluetooth LE:n käytössä on 40 kappaletta 2 MHz:n tiedonsiirtokanavaa. [18.]

Bluetooth LE:tä käytetään langattomissa valaistuksen ohjausjärjestelmissä muun muassa Helvarin ActiveAheadissä.

3.5 ZigBee

ZigBee (Kuva 6) on Zigbee-allianssin kehittälemä vähävirtainen langaton tietoliikenneverkkotekniikka. Zigbee-allianssi on vuonna 2002 perustettu voittoa tavoittelematon järjestö, johon kuuluu monia suuria tekniikan alan yrityksiä kuten Intel, HP ja Philips.

Allianssin jäsenmäärä on yli 400. Jäsenyys on pakollista, jos haluaa hyödyntää ZigBee-tekniikkaa laitteissaan. [21.]



Kuva 6. Zigbee-logo [20].

Zigbee perustuu IEEE 802.15.4 -standardiin, jonka ensimmäinen versio julkaistiin 2003. Zigbee toimii kolmella ISM-taajuudella. 2.4-2.5 GHz taajuusalue on vapaasti käytettävissä maailmanlaajuisesti, joka mahdollistaa kyseistä taajuusaluetta käyttävän laitteen käytön missä tahansa ympäri maailmaa. Kahden alemman taajuusalueen käyttö on rajoitetumpaa. 868 MHz on käytössä Euroopassa ja 915 MHz Pohjois- ja Etelä-Amerikassa.

Taajuusalueilla on erilaiset tiedonsiirtonopeudet. Kyseisistä taajuusalueista paras tiedonsiirtonopeus on 2,4-2,5 GHz-taajuusalueella. Tiedonsiirto on moninkertainen verrattuna alempiin taajuusalueisiin. Esimerkiksi 2,4-2,5 GHz taajuusalueen tiedonsiirtonopeus on 250 Kb/s kun taas 915 MHz tiedonsiirtonopeus on vain 40 Kb/s.

Zigbeeen etuna on sen vähätehoisuus, luotettavuus ja nopeus. Zigbee-verkon laitteet kytkeytyvät nopeasti verrattuna muun muassa Bluetoothiin verrattuna. Verkkoon liittyminen kestää alle 30ms, sleep-tilasta herääminen alle 15 ms ja lähetyksen aloittaminen alle 15 ms. Zigbee tekniikalla toteutetun verkon laitteiden pisin mahdollinen kantomatka on noin 100 metriä. Zigbeeen pääasialliset käyttökohteet ovat taloautomaation järjestelmät, kuten valaistuksen ohjaus ja mittarointi. Verkkoon voi kuulua jopa 65536 laitetta.

Zigbee-verkko koostuu verkkotoiminnoiltaan kolmesta eri laitetypistä, joita ovat Zigbee Coordinator (ZC) eli koordinaattori, ZigBee Router (ZR) eli reititin sekä ZigBee End-

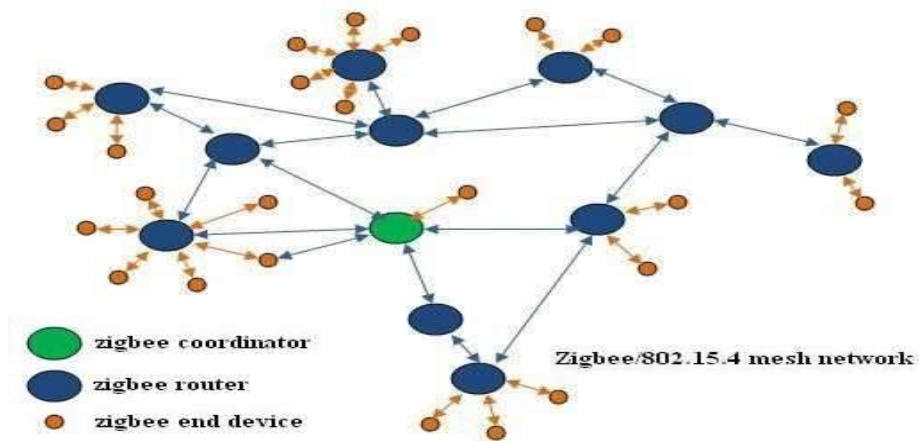
Device (ZED) eli päätelaite. Koordinaattori ja reititin ovat täyden toiminnallisuuden laitteita (FFD) ja päätelaite on rajoitetun toiminnallisuuden laite(RFD).

Verkon ensimmäisenä laitteena Zigbee-koordinaattorin tehtävä on pystyttää verkko. Verkossa saa ja voi olla vain yksi koordinaattori. Verkon pystytyksen jälkeen koordinaattorilla voi olla muutamia erityistehtäviä, kuten tietoturvan hallinointia, mutta muuten verkon pystytyksen jälkeen koordinaattori vastaa toiminnallisuudeltaan ja ominaisuuksiltaan reititintä.

ZigBee-reitittimen tehtävänä on reitittää viestejä ja toimia vanhempana verkon muille laitteille. Reitittimen pitää olla aina päällä, jotta se voi reitittää viestejä ja tarvittaessa vastaanottaa ja säilöä viestit väliaikaisesti päätelaitetta varten. Reititin voi vastata fyysiseltä toteutukseltaan koordinaattoria, mutta verkon luomisen sijaan reititin liittyy vain verkkoon. Verkossa voi olla useampia reitittäjiä toisin kuin koordinaattoreita.

Päätelaitteet ovat rajoitetun toiminnon laitteita ja eivät ole aina siis päällä, joka mahdollistaa niiden virransäästötilan. Päätelaitteet eivät reititä viestejä, joten ne tarvitsevat isäntälaitteen toimiakseen. Verkon isäntälaitteena voi toimia koordinaattori tai reititin. Jos päätelaitteen ollessa virransäästötilassa tulevat viestit jäävät saamatta, verkon vanhempi säilöä ne talteen virransäästötilan ajaksi. Päätelaite herää tasaisin väliajoin kysymään isäntälaitteelta, onko tullut viestejä.

ZigBee-verkko on mesh-verkko (kuva 7), eli verkon laitteet voivat viestiä keskenään verkon sisällä. Zigbee-verkko on täyden toiminnallisuuden laitteille (FFD) vertaisverkko ja asiakas-palvelin-verkko rajoitetun toiminnan laitteille (RFD). Tämä käytännössä tarkoittaa sitä, että täyden toiminnallisuuden laitteet voivat viestiä keskenään ilman erityistä reititystä palvelimen kautta. Rajoitetun toiminnan laitteet vaativat aina reitityksen FFD:n kautta. [22.]



Kuva 7. Zigbee-verkon rakenne [21].

4 Helvar ActiveAhead

Helvar ActiveAhead on langaton, itseoppiva ja ennakoiva valaistuksen ohjausjärjestelmä, joka ei tarvitse välttämättä erillistä ohjelmointia toimiakseen. Järjestelmä aloittaa oppimisen heti kun sähkö kytketään järjestelmään. ActiveAheadin oppimista on havainnollistettu kuvassa 8. Järjestelmä koostuu LED-liitäntälaitteesta, ohjausyksiköstä ja sensorista, jotka integroidaan valaisimeen. ActiveAhead viestii Bluetoothin välityksellä valaisimelta toiselle. ActiveAheadin käyttökohteita voivat olla muun muassa paikoitus-hallit sekä avotoimistojen käytävät ja huoneet.



Kuva 8. ActiveAheadin oppimisprosessi [23].

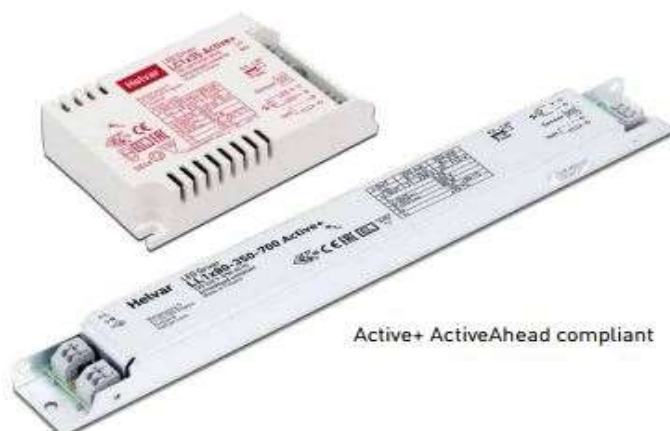
4.1 ActiveAhead-järjestelmä

Valmiiksi ohjelmoitu ActiveAhead ohjausyksikkö (kuva 9) oppii jatkuvasti ja säätelee valaisinta sen mukaisesti. Ohjausyksiköt muodostava LE Bluetooth mesh-verkon, jonka välityksellä valaisimet välittävät tietoa toisilleen esimerkiksi kohteiden liikkeitä lähiympäristöstään. ActiveAhead ohjausyksiköt tutkivat ja oppivat ihmisten käytöstä muilta ohjausyksiköiltä ja sensoreilta välittyvien läsnäolotietojen perusteella. Näiden tietojen perusteella ActiveAhead pystyy ennakoimaan ihmisten liikkeitä ja säätämään valaistuksen kulkureitille. Järjestelmä oppii jatkuvasti, pystyy mukautumaan muuttuviin olosuhteisiin ja pitämään valaistuksen sopivalla tasolla.



Kuva 9. Activeahead ohjausyksikkö [24].

ActiveAhead yhteensopiva liitäntälaitte (kuva 10) siirtyy ActiveAhead-tilaan, kun liitäntälaitteeseen kytketään järjestelmän ohjausyksikkö. Tähän tilaan mentyä ohjausyksikkö antaa komentoja liitäntälaitteelle, joka säätelee valaisinta. Ohjausjohdotukselle, ohjelmoinnille ja konfiguroinnille ei ole tarvetta. Liitäntälaitteessa on integroitu virtalähde, joka syöttää ohjausyksikköä ja sensoria.



Kuva 10. ActiveAhead liitäntälaitte [25].

ActiveAhead-sensorissä (kuva 11) yhdistyy liike- ja päivänvalotietojen tunnistus. Sensori on erittäin pienikokoinen, ja se voidaan asentaa valaisimen sisälle. Liiketunnistin on PIR-tunnistin.



Kuva 11. ActiveAhead liiketunnistin/päivänvalosensori [26].

Helvar ActiveAhead-painikkeet (kuva 12) käyttävät EnOcean-tekniikkaa synnyttääkseen käyttöjännitteensä, joten erillisiä paristoja tai ohjauskaapelointeja ei kytkimille tarvita. Kytkimet voidaan asentaa mihin tasaiselle pinnalle tahansa. Painikkeita on saatavilla 1- tai 2-osaisena. Kytkimen painikkeet ohjelmoidaan yksi kerrallaan ja jokaisessa painikkeessa voi olla vain yksi toiminto.



Kuva 12. ActiveAhead-kytkin [27].

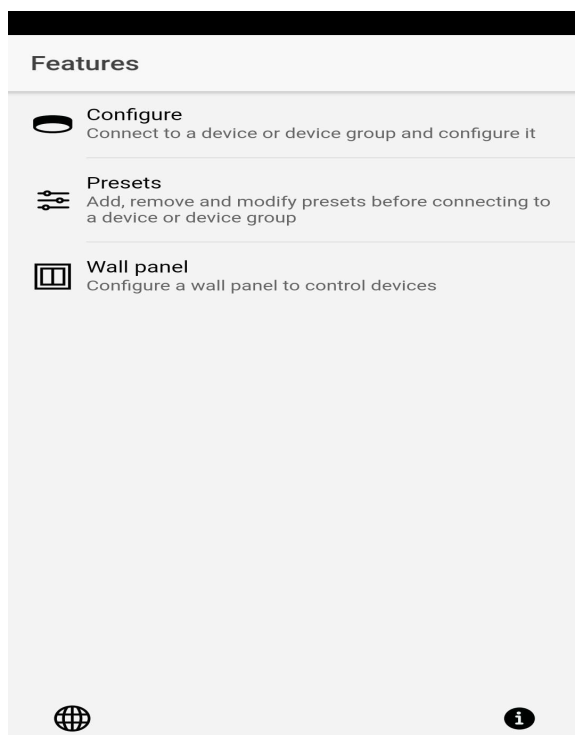
4.2 Ohjelmointisovellus

ActiveAhead-mobiilisovelluksella voidaan hienosäätää valaisimen vakioparametrejä soveltuvammaksi käyttäjän tarpeita varten. Säädettäviä parametrejä ovat valaisimien valotasot, sytytys- ja sammutusviiveet, kirkastumis- ja himmennysajat, päivänvalon valotasot. Mobiilisovellus soveltuu iOS-käyttöjärjestelmän puhelimille, mutta se on saatavilla myös Android-käyttöjärjestelmille.

ActiveAhead-ohjelmointisovelluksen alkuvalikosta (kuva 13) voidaan yhdistää valaisimeen "Configure" -kohdasta, jolloin päästään säätämään kyseisen valaisimen parametrejä.

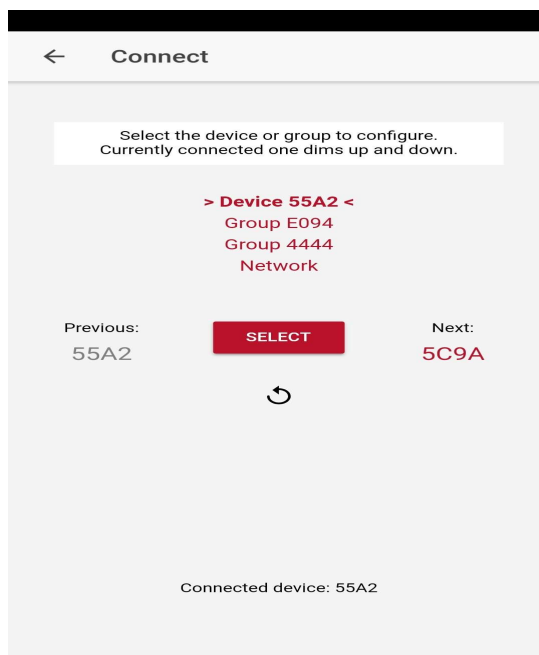
"Presets" -kohdasta voidaan lisätä, poistaa ja muokata esiasetuksia, jotka voidaan sittemmin viedä valaisimeen.

"Wall panel" -kohdasta lisätään järjestelmään langattomat kytkimet.

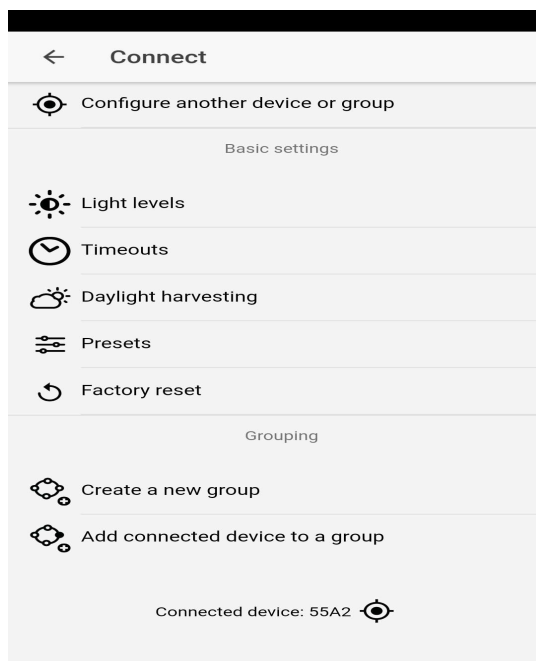


Kuva 13. Helvar ActiveAhead-ohjelmointisovelluksen alkuvalikko.

Valaisimeen muodostetaan yhteys viemällä mobiililaite lähelle valaisimen sensoria. Mobiilisovellus skannaa lähistöllä olevat Bluetooth-laitteet, jolloin se löytää lähimmän valaisimen Bluetooth-osoitteen. Mobiilisovellus avaa kuvan 14 mukaisen ikkunan, jossa näkyvät skannatut Bluetooth osoitteet. Valaisin vilkkuu, kun yhteys on muodostettu jonka jälkeen Select-painiketta painamalla päästään muokkaamaan valaisimen parametrejä valikosta (kuva 15).



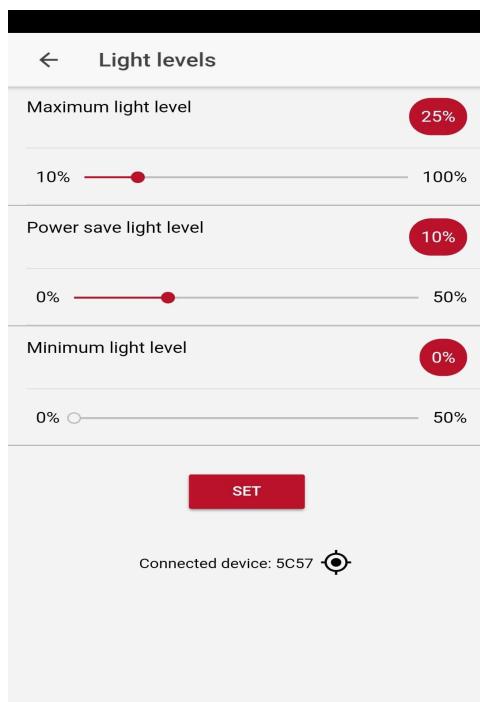
Kuva 14. Valaisimeen yhdistäminen.



Kuva 15. Valaisimen parametrivalikko.

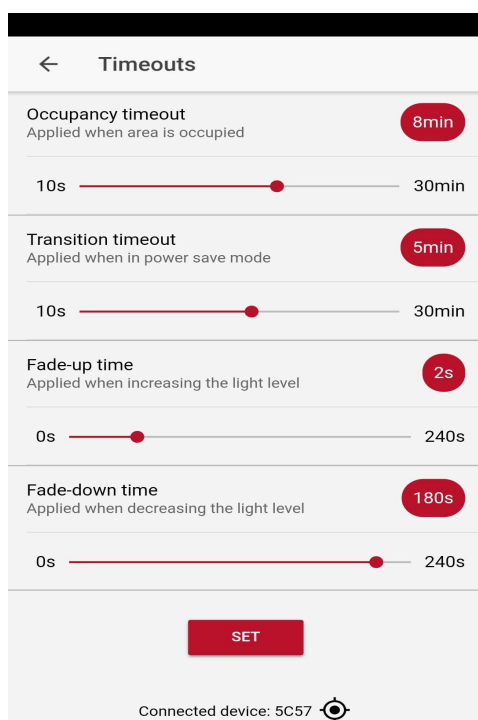
Valaisimeen yhdistämisen jälkeen säädetään parametrit haluttuihin arvoihin. Parametrejä pääsee säätämään painamalla haluttua suuretta.

Valaistustasojen valikossa (kuva 16) on kolme liukusäädintä, joilla säädetään maksimivalotaso, energiasäästövalotaso sekä minivalotaso. Maksimivalotaso on asetus, joka asettaa valaisimen perustilanteen valaistustason, kun valaisin huomaa liikettä ympäristössään. Energiansäästövalotaso tarkoittaa valotaso, johon valaisin himmenee asetetun läsnäoloviiveen jälkeen, kun liikettä ei ole havaittu. Minimivalotaso on valaisimen pienin mahdollinen valotaso, johon se voi himmentyä.



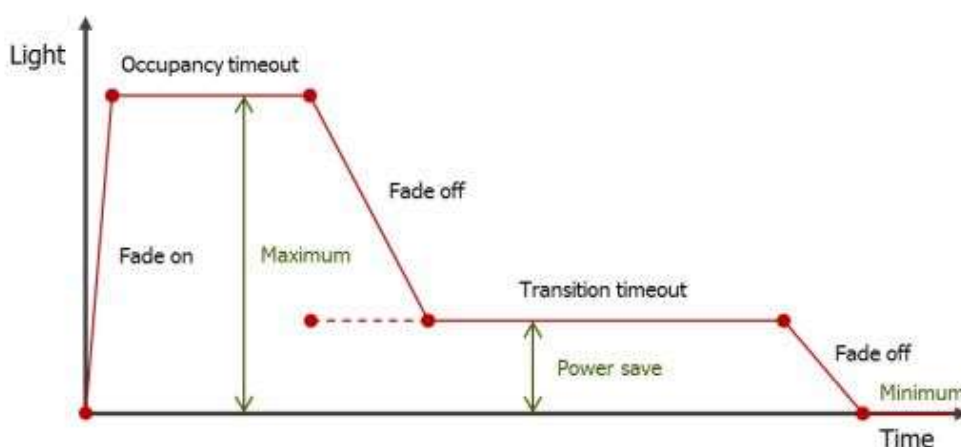
Kuva 16. Valaistustasojen parametrit ActiveAhead ohjelmointisovelluksessa.

Timeouts-valikosta (kuva 17) säädetään viiveitä. Läsäoloviiveellä voidaan muuttaa viivettä, milloin valaisin alkaa himmenemään maksimivalaistustasosta energiansäästövalotasoon. Viive käynnistyy heti, kun liiketunnistin ei huomaa havaintoalueellansa liikettä. Siirtymäaika tarkoittaa sitä, kuinka pitkään valaisin pysyy energiansäästövalotassossa, kun liikettä ei tapahdu ympäristössä. Kirkastumisajalla säädetään, kuinka pitkään valaisimella kestää kirkastua, kun valaisin huomaa liikettä.



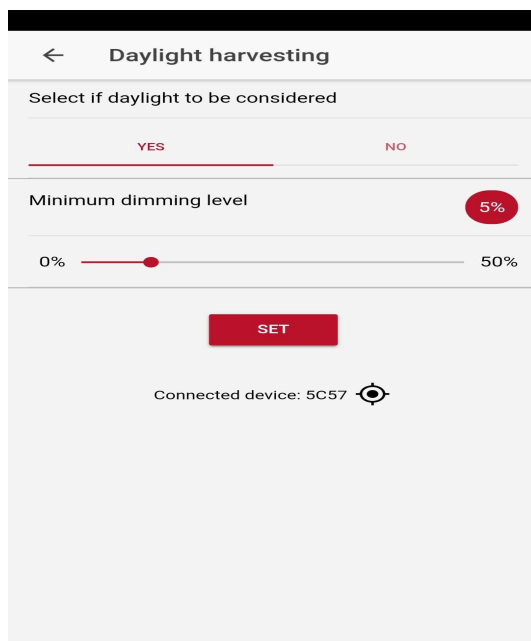
Kuva 17. Viiveiden parametrit ActiveAhead ohjelmointisovelluksessa.

Kuvasta 18 nähdään valaisimen valaistustason muutokset tietyllä ajanjaksolla. Alussa valaisin syttyy säädettyyn perustilanteen valaistustasoon huomattaessaan liikettä. Valaisin kirkastuu säädetyn kirkastumisajan verran. Valaisin pysyy päällä läsnäoloviiveen ajan, jonka jälkeen se alkaa himmenemään energiansäästötasoon. Valaisin pitää energiansäästötasoon siirtymäviiveen ajan, jos liikettä ei huomata jonka jälkeen valaisin himmenee himmenemisajan verran sammuksiin asti.



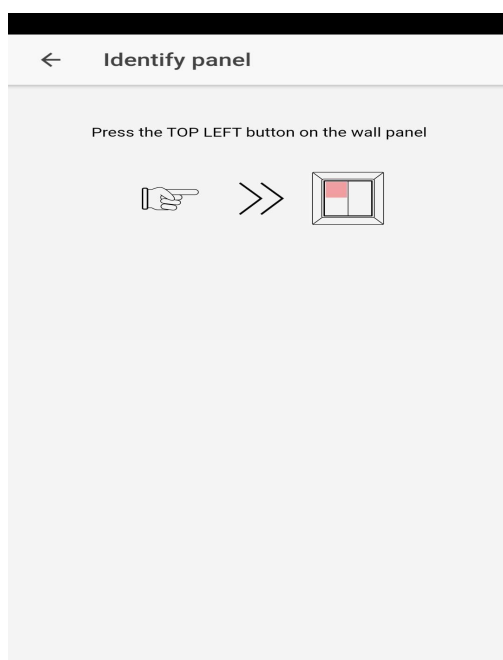
Kuva 18. Viiveet [28].

Päivänvalo-valikossa (kuva 19) on vain kaksi säädettävää parametriä. Päivänvalon huomiointi sekä minimihimmenistaso. Ensimmäisellä voidaan kytkeä päivänvalotoiminto joko päälle tai pois. Minimihimmenemisvalotaso tarkoittaa tässä tapauksessa sitä minimivalotaso, johon valotaso laskee, kun sensori havaitsee tarpeeksi päivänvaloa.



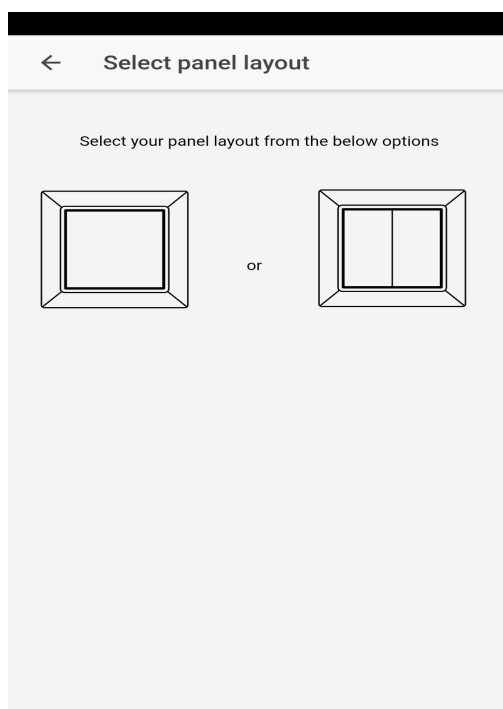
Kuva 19. Päivänvalon parametrit ActiveAhead ohjelmointisovelluksessa.

Kytkimen lisäys tapahtuu painamalla ohjelmointisovelluksen alkuvalikosta Wall panel-painiketta. Painamisen jälkeen avautuu ikkuna (kuva 20), jossa painamalla vasenta yläpainiketta saadaan tunnistettua kytkin.



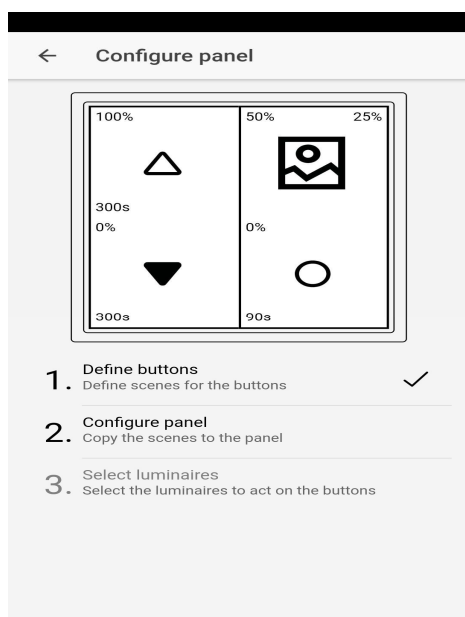
Kuva 20. Kytkimen tunnistaminen.

Tunnistamisen jälkeen valitaan kytkimen malli (kuva 21). Vaihtoehtona on 1- tai 2-osainen kytkin. Kytkintä vastaavaa kuvaa painamalla päästään kytkimen painikkeiden konfigurointiin.



Kuva 21. Kytkimen valinta.

Painikkeisiin voidaan konfiguroida eri toimintoja kuvassa 22 esitettyssä ikkunassa, kuten sytytys, sammutus, himmennys, kirkastus sekä määritetty valaistustilanne. Jokaiseen painikkeeseen saadaan ohjelmoitua vain yksi toiminto. Toimintojen asettelujen jälkeen asetukset viedään kytkimeen painamalla ”configure panel” -painiketta ja viemällä puhelimen NFC-anturin kytkimen takaosan lähelle. Lopuksi valitaan valaisimet, joihin kytkimen säätö kohdistuu.



Kuva 22. painikkeiden konfigurointi.

4.3 Asennukset

Uudet valaisimet asennettiin katon rajassa olevien jäähdytyspalkkien varaan päätykanakkeilla. Nykyisiä toimistovalaisimia ohjataan kiinteistöautomaatiojärjestelmän aikaohjelmalla, joka sammuttaa valaistuksen tiettyinä kellon aikoina, joten vanhojen valaisimien kaapelointeja ei voida hyödyntää pilotoinnissa, sillä uudet valaisimet tarvitsevat jatkuvan sähkösyötön. Neljälle uudelle valaisimelle asennettiin uusi ryhmäjohto olemassa olevalta pistorasiaryhmältä ja kolme Enston haarotusrasiaa, joihin valaisimet liitettiin. Valaisimissa on valmiina asennettuna 1,5 metrin liitântäkaapelit, joiden päässä ovat EnstoNetin NAC31S.W -pistoliittimet. Uudet valaisinasennukset on esitetty kuvissa 23 ja 24.

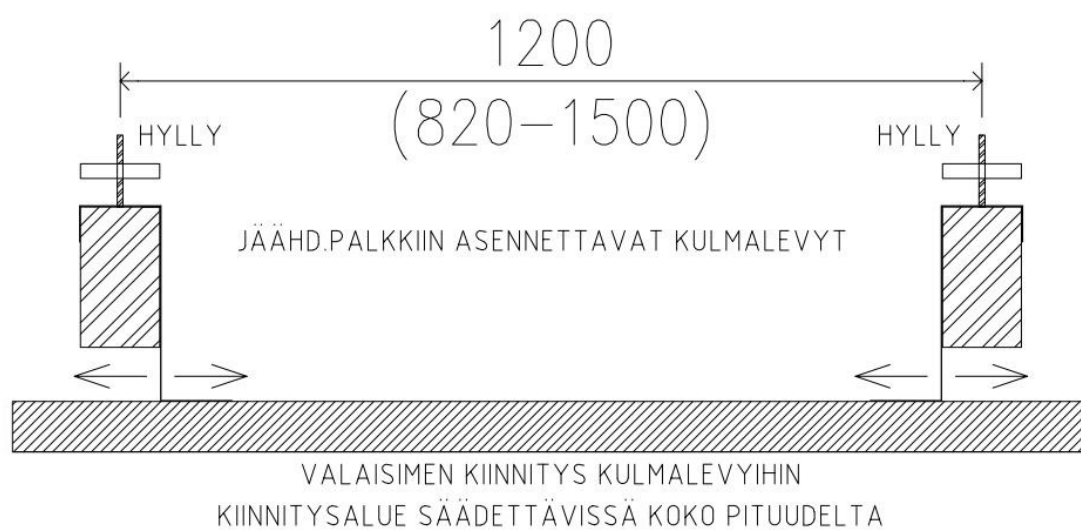


Kuva 23. Elektro-Valon Linear Line-valaisin asennettuna.

Sähköurakoitsijan asennettua valaisimet huomattiin, että yhdessä valaisimessa oli sensori väärällä puolella. Valaisimen toinen pääty, jossa sensori sijaitsee, oli sillä puolella jossa tulisi olemaan muuta liikettä kuin työpisteessä tapahtuvaa liikettä, joten valaisin jouduttiin kääntämään. Käännettäessä huomattiin että 1,5 metrin liitosjohto oli liian lyhyt riittämään haaroitusliittimelle. Liitosjohtoa ei saatu enää kulkemaan piilossa valaisimen päällä.



Kuva 24. Elektro-Valon AL-valaisin asennettuna.



Kuva 25. Valaisimen kiinnitysperiaate.

4.4 Ohjelmointi

Helvar ActiveAhead-valaistuksenohjausjärjestelmä sijoitettiin Granlundin toimiston toiseen kerrokseen neljälle työpisteelle. Kahdelle työpisteelle suunniteltiin asennettavaksi langattomat kytkimet sekä mobiiliohjaus ja muille kahdelle pelkkä mobiiliohjaus QR-koodilla. Aluksi säädettiin kaikkien valaisimien parametrejä tehdasetuksista käyttäjälle mieluisemmaksi. Valaistustasot säädettiin siten, että työpisteellä olisi noin 500 lx normaalitilanteessa, kun valaisin syttyy. Valaistustasoja säädettiin riippuen valaisimesta. Ritiällä varustettu valaisimen valaistustaso pistettiin noin 40 % valaisimen omasta maksimiarvosta. Mikroprismalla varustettuun valaisimeen säädettiin noin 50 %. Valaisimille annettiin seuraavat viiveet: läsnäoloviive 2 min, siirtymäaika 5 min, kirkastumisaika 2 s ja himmenemisaika 60 s. Kaikkien valaisimien parametrien asetteluiden jälkeen ohjelmoitiin langattomat kytkimet kahdelle työpisteelle. Ongelmaksi koettiin kytkimen tunnistaminen mobiililaitteella. Uusi kytkin ei jostain syystä tunnista NFC-toimintoa mobiililaitteesta. Syyksi ilmeni puhelimesta ilmenevä satunnainen vika, joka aiheuttaa virheitä NFC:n tunnistuksessa. 2-osaiseen kytkimeen asetettiin neljä toimintoa: kirkastus, himmennys, valaistustilanne sekä sammutus. Nämä tiedot konfiguroitiin itse painikkeeseen viemällä mobiililaitteen NFC-anturi ja kytkimen NFC-anturi lähelle toisiaan, jolloin sovelluksessa asetetut arvot siirtyvät painikkeeseen.

ActiveAheadin mobiiliohjaus toteutettiin ohjelmoimalla henkilökohtaiset QR-koodit (kuva 27) jokaisen työpisteen valaisimelle. Ohjelmoinnin suoritti itse Helvarin työntekijä. Sääto tapahtuu Helvar Hi Light-mobiilisovelluksella (kuva 26). Ohjelmalla luetaan työpisteeseen sijoitettu QR-koodi, joka antaa pääsyn valaisinkohtaiseen valaistustason säätöön. Valaistustasoa voidaan säätää 100 - 10% valaisimen maksimivalaistusvoimakkuudesta. Mobiilisäädön kautta asetettu valaistustaso jää valaisimen muistiin ja syttyessään se palautuu kyseiseen asetettuun valaistustasoon.



Kuva 26. Helvar Hi Light-mobiilisovellus.

Mobiiliohjauksen lisäyksen jälkeen valaisimissa ilmeni ongelmia. Valaisimet menivät välillä "tilttiin", eivätkä ne reagoineet havaintoalueella tapahtuvaan liikkeeseen, langattomaan kytkimisiin tai QR-koodiin, josta johtuen valaisimia ei saatu sytytettyä. Myöskään valaisimien konfigurointi ei onnistunut, sillä ohjelmointisovellus ei löytänyt kuin 1 -3 valaisimen osoitetta. Löytyvät osoitteet eivät myöskään toimineet, sillä tallettaessa uusia parametrejä sovellus saattoi jäädä jumiin tai se ilmoitti yhteysvirheestä. Helvar ilmoitti tämän johtuvan Bluetoothin ominaisuudesta, jossa se pyrkii suojelemaan itseään ja ei anna tehdä säätöjä valaisimeen. QR-koodilla asetettu valaistustasokaan ei jäänyt valaisimen muistiin. Tämä johtui siitä, että päivänvalo-ominaisuus oli kytketty päälle ja valaisin pyrkii jatkuvasti kompensoimaan valaistustasoa konfiguroituun valaistustasoon, joka on noin 500 luksia. Ongelmat korjaantuivat päivittämällä valaisimien ohjelmointi, joka liittyi Bluetoothin suojauskäytäntöön. Valaisimien ohjausyksikköihin yhdistämiseksi on seisottava lähellä valaisinta, jolloin kantomatka jää mahdollisimman lyhyeksi. Ohjausyksikkö sijaitsee metallisen valaisimen sisällä, jolloin sen kuuluvuus heikkenee siihen yhdistäessä, joten satunnaisia yhteysongelmia voi sattua.



Kuva 27. QR-koodi mobiilisovellukseen.

Käyttöönoton aikana haluttiin, että taustavalaistus olisi 10 %. Tämä tarkoittaa, että kun yhdellä työpisteellä olisi liikettä ja muilla työpisteillä ei, niin tyhjen työpisteiden valaisimet säätyisivät 10 % maksimiarvostaan jättäen kevyen valaistuksen taustalle. Tällä ehkäistäisiin liian suurten kontrastien syntymistä ympäristössä.

Yhdellä työpisteellä ongelmaksi koettiin, että kun käytävällä käveltiin ohi työpisteen ollessa tyhjänä, valaisin reagoi joka kerta tähän sytyttämällä valaistuksen. Ongelmaksi huomattiin myös valaisimen valotasojen jatkuva muuttuminen. Käyttäjät säätivät mieluisen valaistustason mobiilisovelluksellansa ja hetken päästä valaistustaso kirkastui. Tämä johtui siitä, että valaisimen sensorissa on katvealue suoraan valaisimen sensorin alapuolella, jossa liikkeen tunnistaminen on huonointa. Ohikulkevan liikkeen sytytyksiä yritettiin estää lisäämällä paperinpalanen sensorin eteen.

Koekäytön aikana päivänvalotoiminto aiheutti paljon ongelmia. Toisen ohjelmointipäivityksen jälkeen päivänvalotoiminto poistettiin vahingossa käytöstä, sillä ohjelmoinnin muistissa ei ollut tarpeeksi tilaa kaikille ohjaustavoille.

Valaistuspilotoinnin loppupuolella järjestelmä saatiin toimimaan halutulla tavalla. ActiveAheadin ongelmana näin pienessä pilotoinnissa oli se, että ennakoiva älykkyyys ei pääse vastaamaan todellisuutta näin pienessä mittakaavassa. Myös ongelmana oli liiketunnistimien esteliuskosten puute, jolla saataisiin rajattua tunnistusalueita.

5 Philips EasySense

EasySense on Philipsin kehittämä langaton valaistuksen ohjausjärjestelmä. Erona muihin pilottiasennusten ohjausjärjestelmiin on se, että EasySensessä ei ole mobiiliohjauksen mahdollisuutta. Järjestelmässä on vain valaisinkohtaiset sensorit sekä langattomat painikkeet, joilla voidaan ohjata valaistusta. Järjestelmän laitteet viestivät Zig-Been välityksellä langattomasti.

Järjestelmän asentaminen on helppoa esimerkiksi saneerauskohteeseen, sillä ylimääräisiä ohjauskaapelointeja ei tarvita. Vanhojen valaisimien kaapelointeja voidaan käyttää hyväksi, jos ne eivät ole minkään ulkoisen ohjauksen takana. Järjestelmän valaisimet tarvitsevat jatkuvan sähkösyötön.

Järjestelmä ei tarvitse toimiakseen erillistä ohjelmointia, sillä siinä on esiasetetut parametrit. Ilman ohjelmointia jokainen valaisin toimii yksilönä. Kuitenkin ohjelmoinnin avulla voidaan parantaa huomattavasti käyttömukavuutta ja tehdä ryhmäasetteluita.

5.1 EasySense-järjestelmä

EasySense järjestelmään on tarjolla tällä hetkellä kaksi sensoria ja kolmas sensori on tulossa markkinoille lähiaikoina. SNS102-sensori on yksinkertaisia valaisinryhmyksiä varten. Sensorissa yhdistyvät läsnäolo- ja päivänvalotoiminnot. Pilottiasennuksissa käytetyssä SNS200-sensorilla (kuva 28) voidaan luoda valaistustilanteita sen lisäksi, että saadaan samat toiminnot kuin SNS102-sensorilla. Sensori voidaan asentaa valaisimen sisään tai asentaa kattoon asennuskehyykseen. Sensori kytketään kaksijohtimisella kaapelilla valaisimen liitälaitteeseen, josta se saa käyttöjännitteen ja säätää liitälaitteen kautta valaisinta haluttujen ohjausten mukaisesti. [29.]



Kuva 28. Philips SNS200 sensori [29].

EaseSense-järjestelmään kanssa yhteensopivia langattomia kytkimiä käytetään pilotti-asennuksissa kahdenlaisia. Philipsin 1-osaisessa kytkimessä (kuva 29) on mahdollisuus vain valaisimien himmennykseen sekä päälle/pois toimintoon. Philipsin 2-osaisessa kytkimessä (kuva 30) on päälle/pois -ohjaus sekä kaksi valaistustilannepainiketta, mutta ei himmennysmahdollisuutta. Kytkin tuottaa oman sähkönsä mikrogeneraattorissa kytkintä painettaessa, ja tämä taas antaa virtaa lähettimelle, jolla komennot saadaan lähetettyä valaisimelle. Kytkimet ovat ruuviasenteisia.



Kuva 29. Philips 1-osainen kytkin.

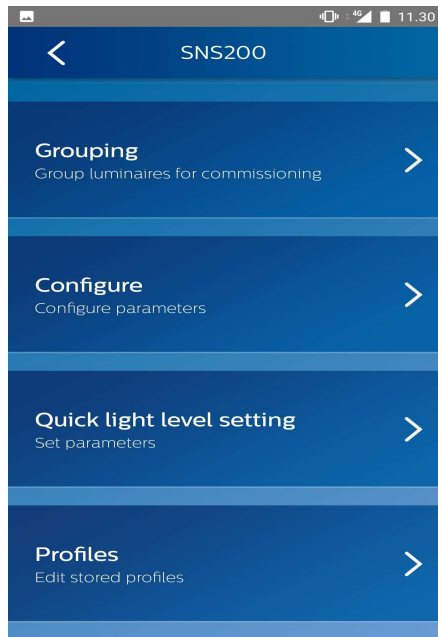


Kuva 30. Philips 2-osainen kytkin.

5.2 Ohjelmointisovellus

Philips Field Apps -sovelluksella ohjelmoidaan järjestelmän valaisimet käyttökohteen tarpeiden mukaisesti. Sovelluksella muodostetaan ryhmät, säädetään parametrit ja lisätään mahdolliset kytkimet, joilla ohjataan manuaalisesti valaistusta. Sovelluksen käyttäminen vaatii puhelimelta IR-tunnistimen, jotta ohjelmoinnin voi suorittaa. IR-tunnistimet ovat aika harvinaisia puhelimissa.

Field Appsin alkuvalikosta (kuva 31) valitaan, halutaanko ryhmitellä valaisimet, asetellaanko parametrit, säädetäänkö valotaso vai viedäänkö valmiiksi tallennetut parametrit johonkin valaisimeen tai valaisinryhmään.



Kuva 31. Philipsin Field Apps -sovelluksen alkuvalikko.

Field Appsin konfigurointisivulla määritetään parametrit käyttökohteen tarpeiden mukaisesti. Alla on selitykset parametreille:

- Occupancy based control eli läsnäoloon perustuva ohjaus.
- Daylight based control eli päivänvaloimintoon perustuva ohjaus. Päällä ollessaan sensori mittaa päivänvalon määrää ja himmentää valaistusta saadessaan tarpeeksi päivänvaloa
- LED-Indicator eli sensorin LED-merkkivalo, joka kertoo missä tilassa sensori on. Punainen merkkivalo kertoo sen, että läsnäolo havaitaan. Keltainen merkkivalo kertoo, että sensori on toimiva.
- Group occupancy sharing eli ryhmän valaisimien läsnäolotietojen jakaminen.
- Group light behaviour eli valaistustaso, joka säätyy ryhmän valaisimiin, joissa ei huomata läsnäoloa. Voidaan asettaa taustavalaistus- tai perustilannetasolle.
- Occupancy mode eli valaisimien sytytys-/sammutustapa

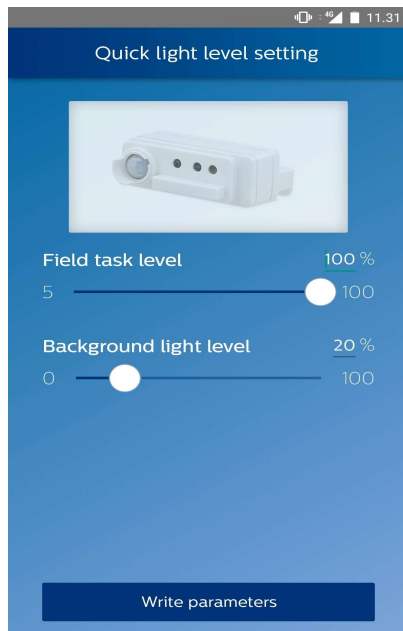
- Field task level eli valaisimen perustilanteen valaistustaso, johon valaisin syttyessään säätyy.
- Background light level eli valaisimen himmennetty taustavalaistustaso, johon valaisin säätyy asetetun viiveen jälkeen, kun läsnäoloa ei ole havaittu.
- Hold time eli viive, jonka ajan valaisin pitää perustilanteen valaistustason yllä viimeisestä liikehavainnosta. Viiveen jälkeen valaisin himmenee taustavalaistustasolle.
- Prolong time eli viive, jonka ajan valaisin pysyy taustavalaistustasossa. Viiveen jälkeen valaisin sammuu
- Grace fading eli himmenemisaika, jonka ajan valaisin himmenee perustilanteen valaistustasosta taustavalaistustasoon.
- Dwell time eli säädetty kirkastumisviive. Liikettä havaitessaan valaisin syttyy taustavalaistustasoon, jonka jälkeen sensorin on havaittava liikettä 10 sekunnin ajan, jolloin se vasta kirkastuu perustilanteen valaistustasoon.



Kuva 32. Field Apps -sovelluksen konfigurointisivu.

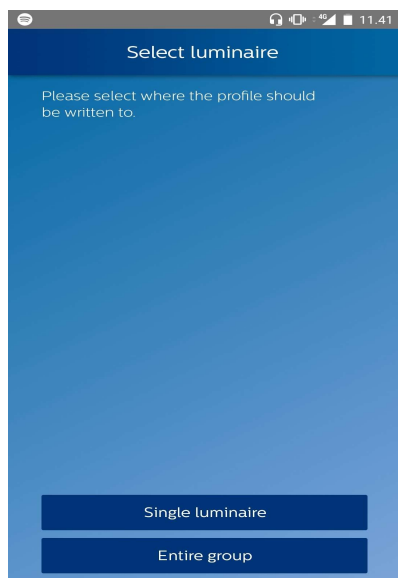
Parametrit säädetään haluttuun arvoihin ja painetaan ”Confirm”. Tämän jälkeen avautuu uusi ikkuna, jossa voidaan tallentaa juuri asetetut parametrit profiiliksi, jotta samat asetukset voidaan helposti hakea uudelleen.

Quick light level -sivulla (kuva 33) asetetaan valaisimen perustilanteen ja taustavalaisituksen taso nopeasti. Parametrit säädetään halutun mukaisiksi ja asetukset vietään valaisimeen ”Write parameters”-painiketta painamalla.



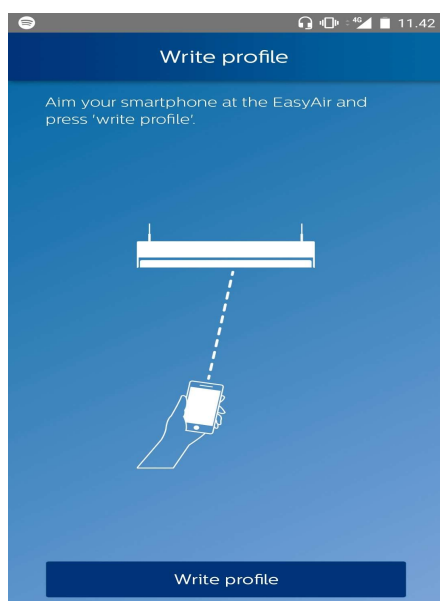
Kuva 33. Field Apps -sovelluksen Quick light level -sivu.

Sovellus antaa valita kuvan 34 mukaisella sivulla, halutaanko parametrit viellä vain yhteen valaisimeen vai kokonaiseen valaisinryhmään.



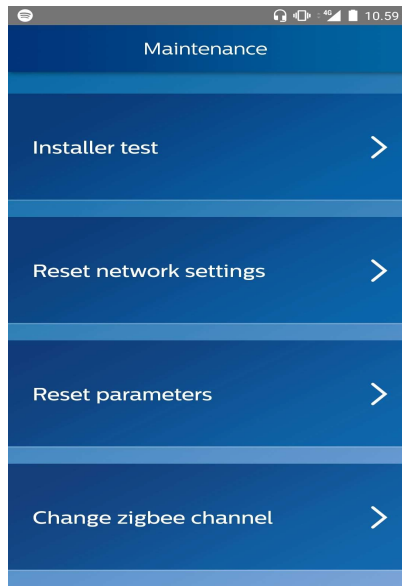
Kuva 34. Field Apps -sovelluksen parametrien vieni valaisimeen.

Matkapuhelimella osoitetaan sensorin IR-tunnistinta ja painetaan "Write profile" (kuva 35), jolloin parametrit asettuvat valaisimeen tai valaisinryhmään.



Kuva 35. Field Apps -sovelluksen parametrien vieni valaisimeen.

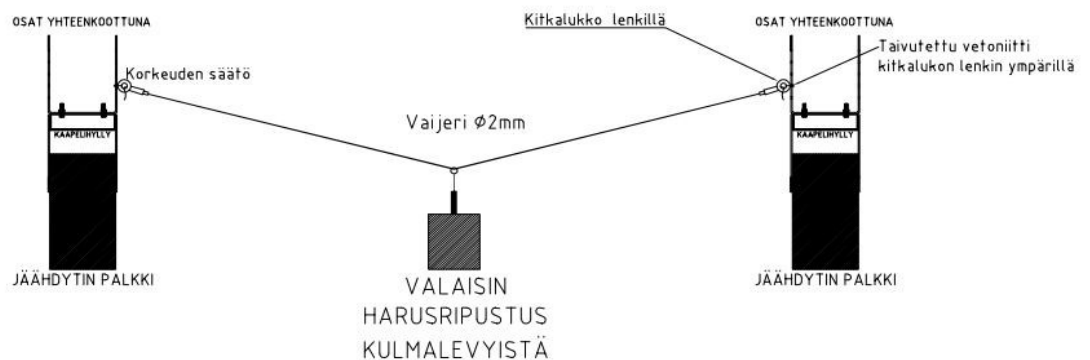
Maintenance eli ylläpitosisivulla voidaan testata valaisimien toimivuutta asennuksen jälkeen, resetoida verkkoasetukset ja parametrit sekä vaihtaa zigbee-kanavaa. Zigbee-kanavaa vaihtamalla voidaan korjata mahdolliset yhteysvirheet.



Kuva 36. Sovelluksen ylläpito -sivu.

5.3 Asennukset

SNS200-sensorilla varustettuja valaisimia asennettiin Granlundin toimiston kolmanteen ja ensimmäiseen kerrokseen jäähdytinpalkkialueelle. Valaisimissa ei ollut mukana valmista kiinnitysmekanismia, jonka seurauksena kiinnikkeet suunniteltiin testikäytön aikana Granlundilla. Kiinnitystavan haluttiin olevan pölytön eli kiinnikkeiden poraaminen kattoon ei käynyt. Toteutettu kiinnitysratkaisu on kuvassa 37:



Kuva 37. Valaisinkiinnityksen periaate.

Valaisimet kiinnitettiin harustamalla vaijerilla metallipajalla tehtyihin H-kiinnikkeisiin. H-kiinnikkeissä on reiät sivuilla, jonka läpi on taivutettu vetoniitti kitkalukon lenkin ympärille.

Ensimmäisen kerroksen valaisinasennuksissa (kuva 38) huomattiin, että jäähdytinpalkkien korkeudet eivät ole vakioita. Ensimmäisen kerroksen pilotointialueen jäähdytinpalkit olivat korkeammalla kuin siellä, mistä kiinnikkeiden mitat otettiin. Tästä johtuen kiinnikkeet eivät mahtuneet jäähdytinpalkkien päälle. Ongelma ratkaistiin irrottamalla kiinnikkeiden alempi osa ja kääntämällä jäljelle jäävä osa jäähdytinpalkkia kohti, jolloin saatiin melkein sama lopputulos kuin kokonaisella kiinnikkeellä.



Kuva 38. Ensimmäisen kerroksen Philips Trueline -valaisimet asennettuna.

Ensimmäisessä kerroksessa asennettiin kolmelle työpisteelle jokaiseen yksi valaisin ja kolmanteen kerrokseen kahdelle työpisteelle kaksi valaisinta (kuva 39) per työpiste. EasySense-järjestelmään oli käytössä vain yhteensä kolme langatonta kytkintä. Kytki-

met jaettiin siten, että kaksi 1-osaista kytkintä asennettiin kolmanteen kerrokseen ja jäljelle jäävä 2-osainen kytkin asennettiin ensimmäiseen kerrokseen.



Kuva 39. Kolmannen kerroksen valaisinasennukset.

5.4 Ohjelmointi

Kolmannen kerroksen valaisimet ohjelmoitiin yhdeksi ryhmäksi. Valaistustasojen asettelussa käytettiin lähtökohtana molemmissa kerroksissa sitä, että perustilanteessa työpisteellä valaistusvoimakkuus olisi noin 500 - 600 lx. Muodostamalla vierekkäiset työpisteet yhdeksi valaistusryhmäksi mahdollistettiin haluttu taustavalotoiminto. Kun ryhmän yhdellä työpisteellä havaitaan liikettä ja muissa työpisteissä ei, tyhjen työpisteiden valaisimet himmenevät taustavalaitustasoon. Kolmannen kerroksen molemmille työpisteille lisättiin 1-osaiset kytkimet, joilla valaistuksen saa päälle/pois sekä himmennettyä/kirkastettua.

Ensimmäisen kerroksen valaisimet liitettiin myös yhdeksi ryhmäksi. Käytössä olevalla yhdellä 2-osaisella kytkimellä ohjattiin tässä tapauksessa kaikkia kolmea työpistettä.

Kyseisessä kytkimessä ei ole himmennystoimintoa. Kyttimeen saatiin ohjelmoitua vain valaistuksen sytytys, sammutus ja kaksi valaistustilannetta. Valaistustilanteet luotiin siten, että valaistustilanne 1 säädettiin noin 30 % valaisimen maksimivalotasosta. Valaistustilanne 2 säädettiin noin 60 % valaisimen maksimivalotasosta.

Philipsin järjestelmässä ohjelmoinnin kanssa ei ollut muita ongelmia kuin kolmannen kerroksen yhden valaisimen sensorin toimimattomuus.

6 Houm

Houm on suomalaisen Houmio Oy:n kehittämä langaton valaistuksen ohjausjärjestelmä. Houm-järjestelmä tukee usean eri valmistajan EnOcean- ja DALI-tekniikkaa sisältäviä laitteita, joita voidaan liittää osaksi Houmin järjestelmää. Järjestelmällä voidaan ohjata valaistuksen lisäksi myös moottoriverhoja.

6.1 Houm-järjestelmä

Houm-järjestelmä vaatii toimiakseen erillisen keskusyksikön, joka voidaan asentaa vaikkapa sähkökeskuksen DIN-kiskoon. Keskusyksiköitä on saatavilla neljää eri kokoa, joihin saadaan liitettyä eri määrä valaistusryhmiä. Pilottiasennuksissa käytettiin keskusyksiköiden pienintä mallia. Keskusyksikkö tarvitsee toimiakseen sähkönsyötön ja Ethernet-yhteyden. Internet-yhteyden katketessa mobiiliohjaus sekä ääniohjaus eivät toimi, mutta kytkimet ja liiketunnistimet toimivat. [30.]

Houm-keskusyksikköön (kuva 40) liitetään valmiilla liitoskaapelilla bluetooth-antenni, jolla keskusyksikkö voi viestiä järjestelmän laitteiden kanssa. Antenni voidaan kiinnittää sen pohjassa olevalla magneetilla mihin tahansa metalliseen alustaan. Antennin kantavuusalue on noin 20 - 30 metriä. Keskusyksikkö liitetään ethernet-verkkoon, jonka kautta keskusyksikkö päivittää itseään jatkuvasti. Suurinta osaa päivityksistä ei edes huomaa, koska ne eivät vaikuta päivittäiseen käyttöön. Käyttöjärjestelmäpäivitysten aikana tosin järjestelmä ei toimi, mutta päivitys kestää vain muutaman minuutin ajan.



Kuva 40. Houm-keskusyksikkö [30].

Järjestelmän läsnäolosensori (kuva 41) on muihin pilottiasennusten verrattuna erilainen, sillä se ei ole valaisimeen integroitu vaan erillinen kattoon kiinnitettävä malli. Läsnaäolosensorissa on PIR-liiketunnistin, jossa on 360 -asteen katselukulma. Sensorissa on kaksi aurinkokennoa, joilla se kerää tilaan tulevaa valoa synnyttääkseen itselleen käyttöjännitteen. Jos valon saanti ei ole tilassa riittävää, voidaan sensoriin lisätä paristo. Sensori viestii muiden EnOcean-laitteiden kanssa langattomasti Bluetoothin avulla. [31.]



Kuva 41. Peha EOSCA-W-EO liiketunnistin Houm-järjestelmässä.

Järjestelmään voidaan liittää myös Amazon Echo (kuva 42) eli puheohjauksella toimiva kaiutin. Kaiutinta kutsutaan sen nimellä (Alexa), jolloin kaiuttimeen syttyvät valot ja se on valmiina vastaanottamaan komentoja. Tämän jälkeen voidaan antaa komento, esim. "Turn the lights off", jolloin valaistus sammuu. Kommunikointi Amazon Echon kanssa tapahtuu englanniksi.



Kuva 42. Amazon Echo-kaiutin [30].

Valaisimien ohjausyksiköksi valittiin Hide-A-Liten Jolly Maxi US (kuva 43). Kyseinen ohjausyksikkö on tarkoitettu monille LED-valonlähdemalleille. Ohjaimessa on sisäänrakennettu PWM-himmennin, jolla saadaan himmennettyä valaistusta. Ohjaimia voidaan liittää samaan ryhmään maksimissaan 10 kpl. [32.]

Pilotoinnissa käytetyt ohjausyksiköt ovat muunneltuja. Ohjausyksiköiden sisältä on poistettu DALI-komponentti ja korvattu se Bluetooth-komponentilla, jotta järjestelmä toimii Bluetoothin välityksellä. Bluetooth toteutuksesta vastasi suomalainen Wirepas. Vaihtotyön suoritti Houm.



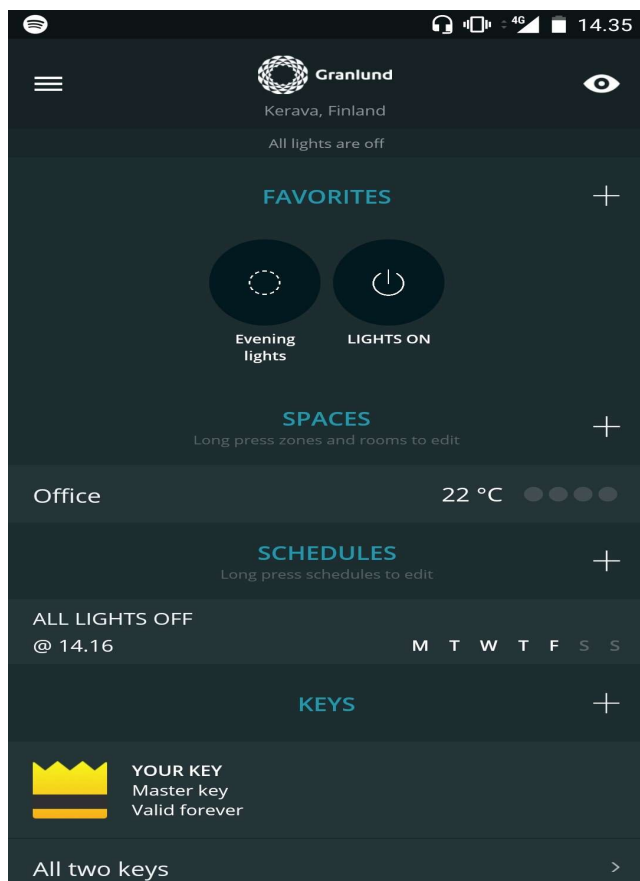
Kuva 43. Jolly Maxi US ohjausyksikkö [32].

6.2 Ohjelmointisovellus

Houm-mobiilisovelluksella konfiguroidaan valaistus käyttäjälle mieluisaksi. Sovellus on ilmainen, ja sen voi ladata iOS- tai Android-käyttöjärjestelmille. Mobiilisovelluksella liitetään langattomat kytkimet valaisimien ohjaukseen sekä luodaan valaistustilanteet sekä voidaan myös ajastaa valaistustilanteita käyttäjän määrittelemälle päivälle ja kellonajalle. Sovellus toimii sekä konfigurointisovelluksena että henkilökohtaisen säädön sovelluksena.

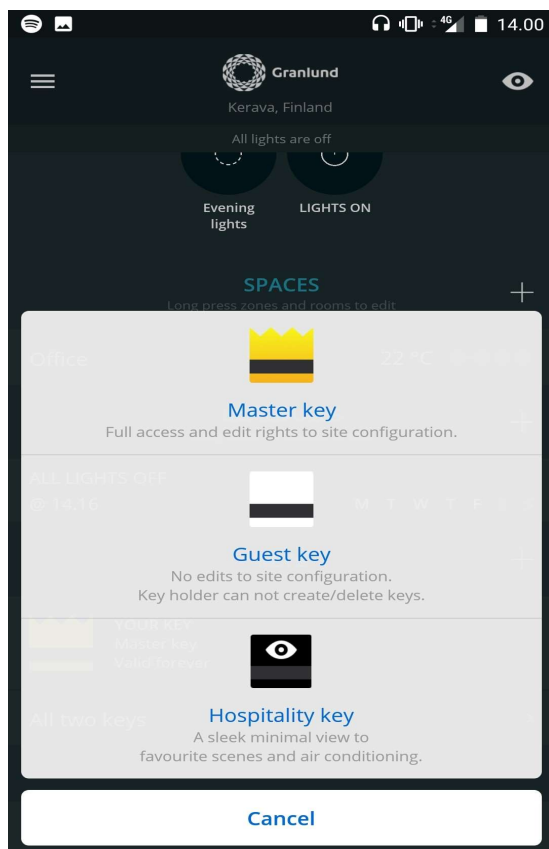
Sovellukseen tarvitaan pääkäyttäjän QR-koodi, jotta päästään säätämään parametrejä ja lisäämään laitteita järjestelmään. Pääkäyttäjän QR-koodi saatiin Houmilta keskusyksikön ohjelmoinnin yhteydessä. Pääkäyttäjänä voidaan luoda asiakkaille QR-koodeja, joilla pääsee säätämään valaistusta, mutta ei pääse koskemaan parametreihin tai lisäämään laitteita järjestelmään.

Sovelluksen alkuvalikossa (kuva 44) näkyvät käyttökohteen tiedot, valaisintilat, valaisimien sammutuksien ajastukset sekä käytössä olevat avaimet. Sivun laidassa olevista plus -merkeistä painamalla pääsee lisäämään haluttuja toimintoja.



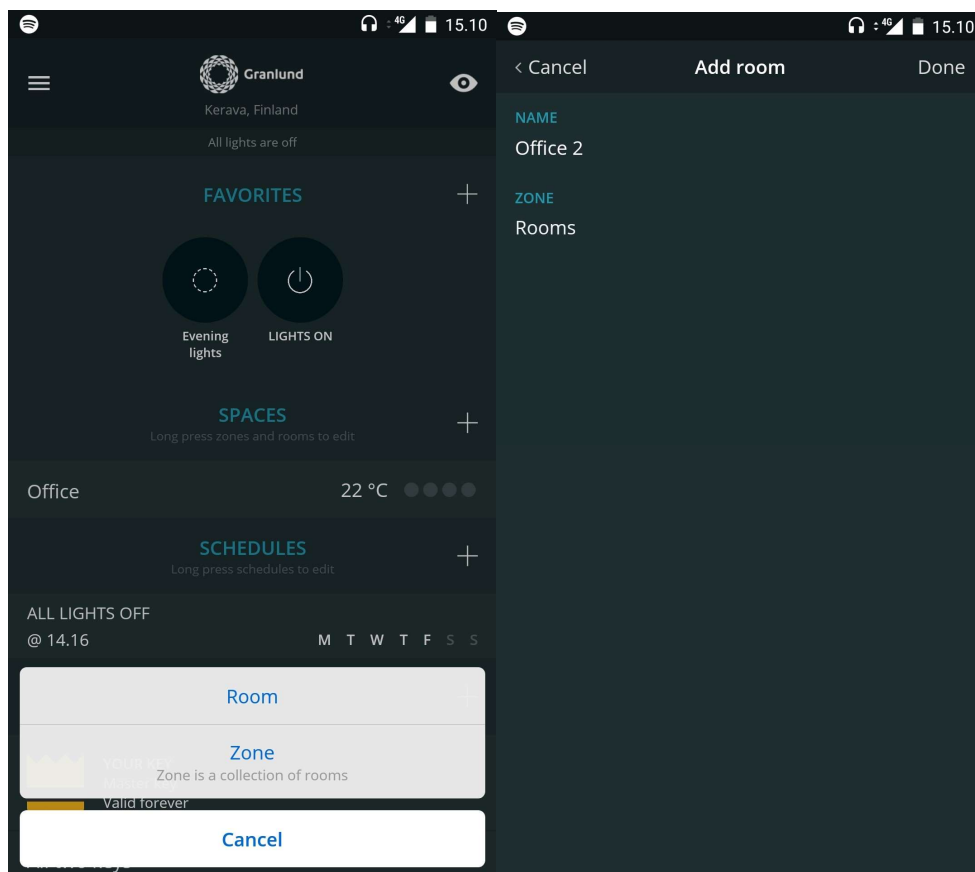
Kuva 44. Huum-sovelluksen alkuvalikko.

Uutta avainta lisätessä kuvan 45 mukaisesta valikosta, määritetään käyttöoikeuden taso. "Master Key" eli pääkäyttäjän avain antaa täydet valtuudet muokata järjestelmää. Guest-key eli vierasavain antaa käyttöoikeuden säätää järjestelmän valaisimien valaistustasoja. Hospitality-key antaa oikeuden säätää vain ennalta määritettyjä valaistustilanteita. Avaimia luodessa määritetään kuinka pitkään ne ovat voimassa. Voimassaoloaikaa voi säätää muutamasta tunnista ikuisuuteen.



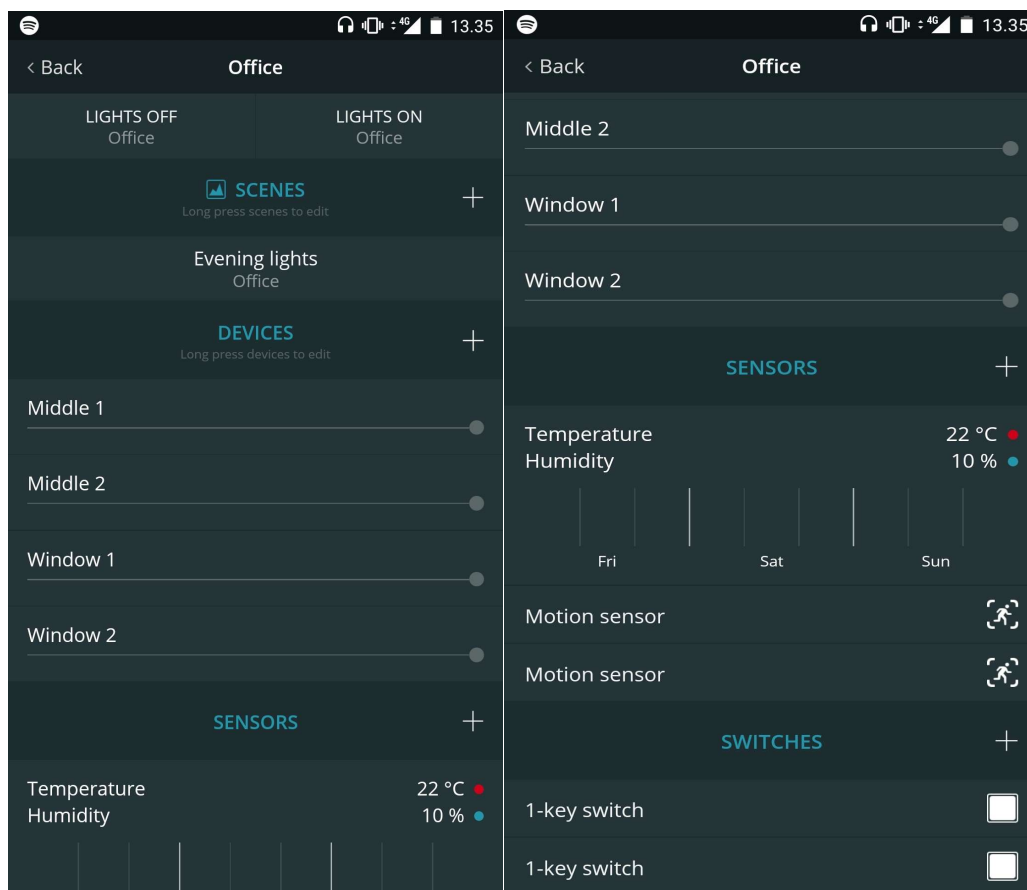
Kuva 45. Houm-sovelluksen avaimen lisäys.

Järjestelmään lisätään tila painamalla "Spaces" -painikkeen oikealla puolella olevasta plus -merkistä, jolloin sovellus kysyy, halutaanko lisätä huone vai alue (kuva 46). Huoneet ovat yksittäisiä tiloja ja alueet koostuvat useasta huoneesta. Valitsemalla "Room" päästään nimeämään huone ja painamalla "Done" huone lisätään osaksi järjestelmää.



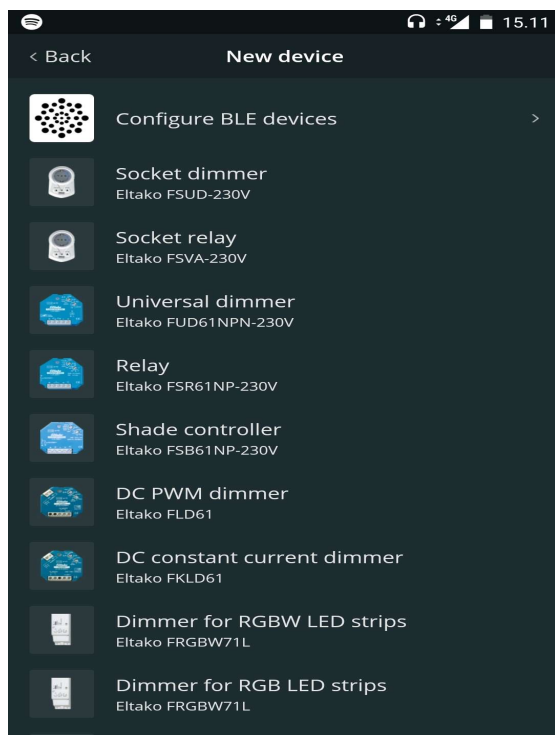
Kuva 46. Tilan lisääminen järjestelmään.

Alkuvalikosta päästään tilan laitteiden tietoihin käsiksi painamalla haluttua tilaa, jolloin avautuu tilan konfigurointisivu (kuva 47). Sivulla pääsee lisäämään valaisimet, sensorit ja kytkimet tilaan painamalla halutun lisättävän laitteen kohdalla plus -merkkiä. Tällä sivulla päästään myös käsin säätämään valaisimien valaistustasoa ja nähdään tilan sensorien välittämiä tilatietoja.



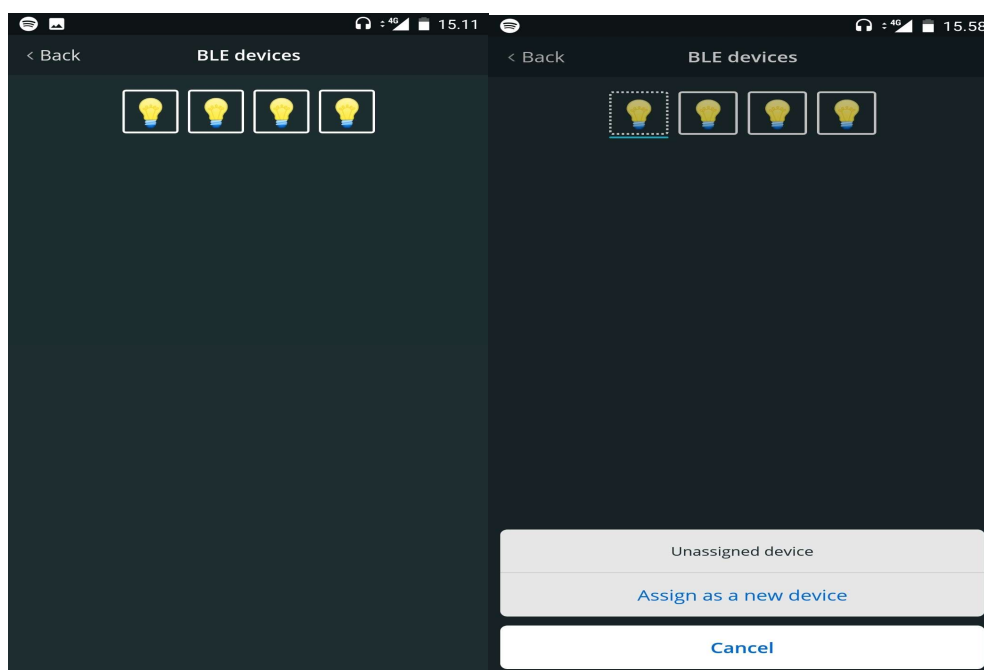
Kuva 47. Tilan laitteiden konfigurointisivu.

Tilan valikosta lisätään valaisin painamalla ”Devices” -tekstin viereistä plus-merkkiä, jolloin avautuu kuvan 48 mukainen ikkuna. Painamalla ”Configure BLE devices” mobiilisovellus näyttää kaikki Bluetooth-laitteet lähiympäristössä (kuva 49).



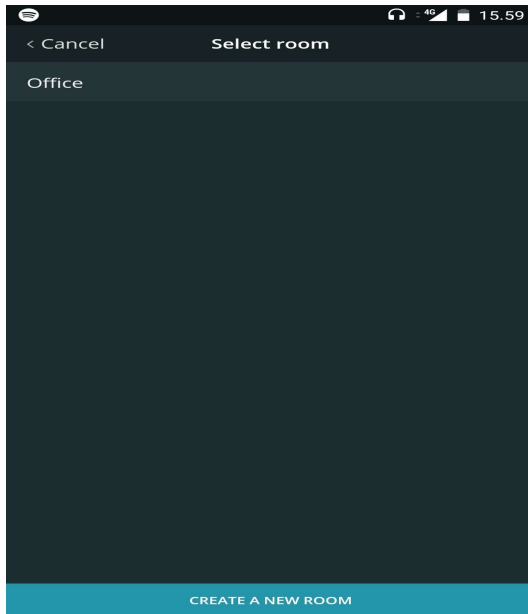
Kuva 48. Valaisimien lisäys.

Mobiilisovelluksesta painamalla valaisimen merkkiä kyseinen valaisin alkaa vilkkumaan. Painamalla "Assign as a new device" (kuva 49) valaisin lisätään järjestelmään.



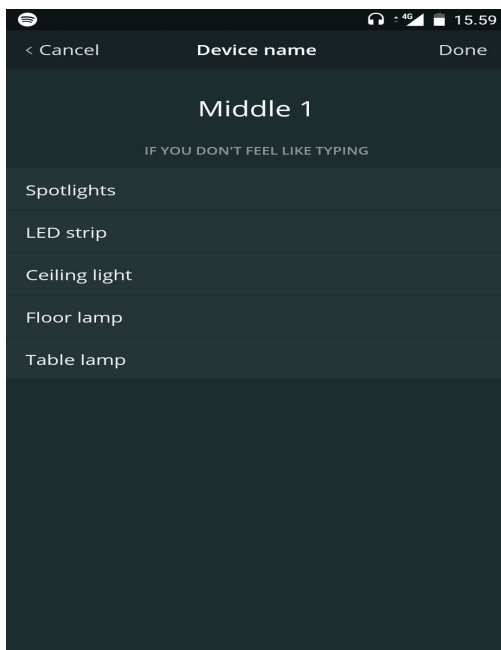
Kuva 49. Skannatut Bluetooth-laitteet.

Kuvan 50 valikosta voidaan lisätä uusi tila johon valaisin liitetään tai liittää valaisin olemassa olevaan tilaan.



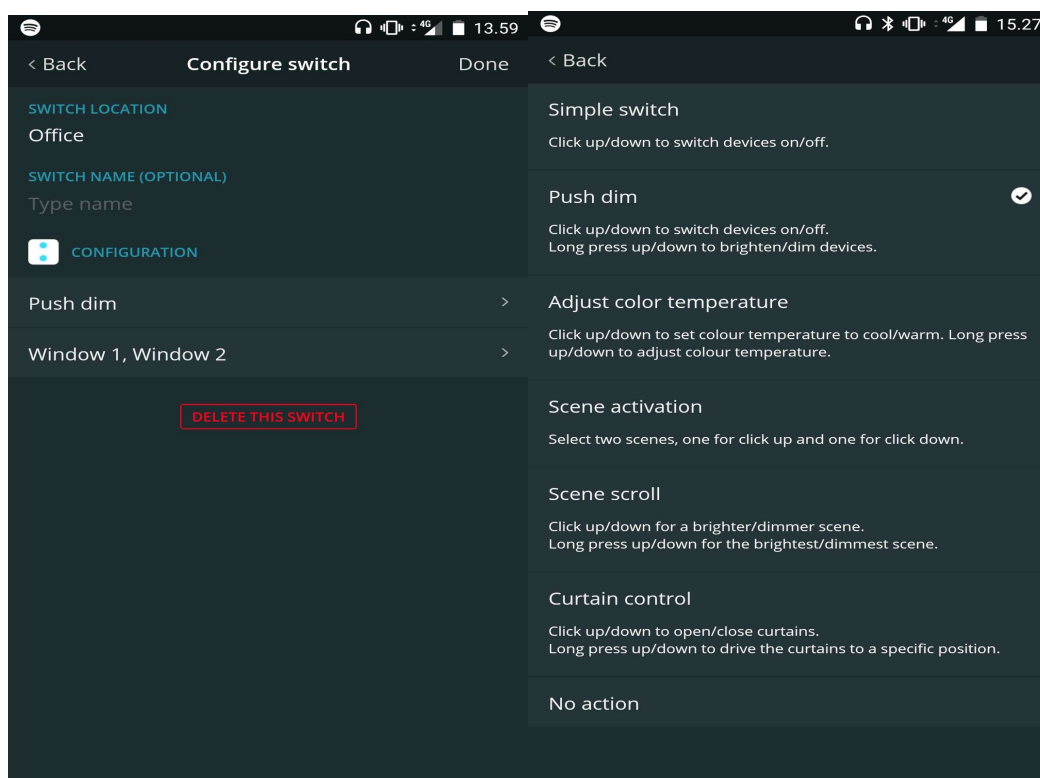
Kuva 50. Valaisimen lisäys tilaan.

Lopuksi valaisin on nimettävä. Suosituksena on, että käytetään englannin kielisiä nimiä. Kuvan 51 valikosta voidaan myös valita valaisimen nimi. Painamalla "Done" valaisin on lisätty tilaan ja näkyy sitten tilan tiedoissa.



Kuva 51. Valaisimen nimeäminen.

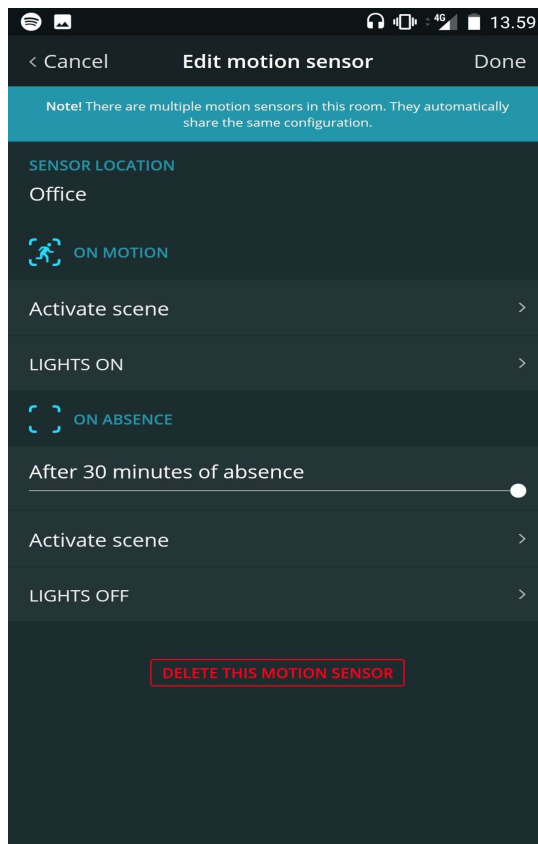
Kytöntä lisättäessä sovellus kysyy aluksi, onko kyseessä 1- vai 2-osainen kytkin. Painettaessa lisättävää kytkintä vastaavaa vaihtoehtoa avautuu ikkuna, jossa ohjeistetaan painamaan kytkintä, jotta kytkin yhdistyy järjestelmään. Painamisen jälkeen kytkin on lisätty tilaan. Lisäyksen jälkeen kytkimeen voi määrittää toiminnot kuvan 52 valikosta kuten päälle/pois, himmennys, värilämpötilansäätö ja tilannekutsut sekä mitä valaisimia kytkin ohjaa. Kytkimet voidaan myös nimetä tarvittaessa, jotta kytkinten paikallistaminen olisi helpompaa.



Kuva 52. Kytkimen konfigurointi.

Sensoreita lisättäessä valitaan aluksi lisättävän sensorin tyyppi. Järjestelmään voidaan liittää liiketunnistimia, lämpötila- ja ilmastokosteus-, hiilidioksidipitoisuus- sekä vedenvuotosensoreita. Oikeanlaisen sensorin valitsemisen jälkeen sovellus ohjeistaa sensorin lisäyksen painamalla tiettyä painiketta sensorissa, jolloin sensori liittyy osaksi järjestelmää.

Liiketunnistimen lisäyksen jälkeen määritetään tunnistimelle toiminnot liikettä havaitessa ja läsnäoloviive (kuva 54). Viivettä voidaan säätää 5 - 30 minuutin välillä.



Kuva 54. Liiketunnistimen konfigurointi sovelluksessa.

6.3 Asennukset

Houmin järjestelmän paneelivalaisimet (kuva 55) asennettiin 1. kerroksen jäähdytinpalkkialueelle. Valaisimet kiinnitettiin neljästä pisteestä H-kiinnikkeillä jäähdytinpalkkeihin. H-kiinnikkeissä oli kitkalukot, joista valaisimet ripustettiin vaijereilla.



Kuva 55. Elektro-Valon Ledpanel Narrowframe -valaisimet asennettuna.

Houmin järjestelmä tarvitsee toimiakseen keskusyksikön, joka asennettiin pilotointialueen lähistölle käytävälle alas lasketun katon yläpuolelle (kuva 56). Keskusyksikölle tarvittiin myös sähkösyöttö ja ethernet-yhteys. RJ45-piste asennettiin käytävän yläpuolella kulkevaan kaapelihyllyyn asennuslevylle. Sähkönsyöttö otettiin jakorasiasta olemassa olevasta pistorasiaryhmästä.



Kuva 56. keskusyksikkö asennuskotelossa alas lasketun katon yläpuolella.

Keskusyksikköön liitettiin Bluetooth-antenni (kuva 57), jotta järjestelmät valaisimet voivat viestiä keskusyksikön kanssa. Bluetooth-antenni kiinnitettiin käytävän alas lasketun katon metalliseen huoltoluukkuun. Bluetooth-antennin pohjassa on magneetti, jolla se pysyy huoltoluukussa kiinni.



Kuva 57. Bluetooth-antenni kiinnitettynä huoltoluukkuun.

6.4 Ohjelmointi

Ennen järjestelmän konfigurointia Houm tuli suorittamaan ohjelmoinnin keskusyksikköön. Aluksi ongelmaksi muodostui keskusyksikön vanha käyttöjärjestelmä. Keskusyksiköt ohjelmoidaan viimeisimpään käyttöjärjestelmän versioon ennen lähettämistä tilaajalle. Kyseinen keskusyksikkö oli ollut kaksi kuukautta Granlundilla ja sen aikana käyttöjärjestelmä oli päivittynyt. Tästä huolimatta käyttöjärjestelmä saatiin päivitettyä melko nopeasti.

Keskusyksikön ohjelmoinnin jälkeen Houmilta saatiin pääkäyttäjän QR-koodi, jolla päästiin konfiguroimaan järjestelmän laitteita. Aluksi mobiilisovelluksella luotiin tila, johon järjestelmän laitteet sijoitetaan. Kyseinen tila nimettiin Officeksi. Laitteet ja tilat suositellaan nimettävän englanniksi, jos käytetään puheohjausta.

Valaisimet nimettiin myös englanniksi. Ikkunan puoleiset kaksi valaisinta nimettiin "Window 1" ja "Window 2". Käytävän puoleiset kaksi valaisinta nimettiin "Middle 1" ja "Middle 2".

Järjestelmään liitettiin molemmille työpisteille henkilökohtaiset kytkimet ja liiketunnistimet. Lisäksi ikkunan puoleiselle työpisteelle lisättiin Amazon Echo-kaiutin. Amazon Echon liittäminen osaksi järjestelmää tehdään Amazon.com-verkkosivun kautta. Tilaan liitettiin myös lämpötila- ja ilmankosteusanturi, jonka välittämät tiedot näkyvät mobiilisovelluksen tilan tiedoissa.

7 Käyttäjäkysely ja järjestelmien vertailu

7.1 Kyselyn toteutus

Valaisinasennusten koekäytön jälkeen kaikkien järjestelmien osalta laadittiin koehenkilöille käyttäjäkyselyt, joissa kysyttiin valaisimien ominaisuuksista ja ohjausjärjestelmän toimivuudesta. Kyselyitä laadittiin yhteensä viisi erilaista, sillä jokaisessa järjestelmässä ei ollut samoja ominaisuuksia. ActiveAheadista laadittiin kaksi erillistä kyselyä, sillä koeasennuksissa oli käytössä kaksi erilaisella optiikalla varustettua valaisinta ja näiden kahden valaisimen ominaisuuksia haluttiin verrata. Myös Philipsin EasySense-

järjestelmästä laadittiin kaksi erillistä kyselyä. Tästä huolimatta kyselyiden kysymykset olivat suurimmaksi osaksi samoja, jotta tuloksista pystyttiin vertailemaan eri ohjausjärjestelmien toimivuutta edes jollakin tavalla. Kyselyt tehtiin sähköisessä muodossa SurveyMonkey-verkkosivulla ja kyselyihin osallistui yhteensä 11 henkilöä.

Koehenkilöille lähetettiin linkit käyttäjäkyselyihin sähköpostin välityksellä 21.2.2018 ja vastausaikaa annettiin 23.2.2018 asti, jonka jälkeen analysoitiin tuloksia.

7.2 Kyselyn rakenne

Kysymyksiä oli 22 - 31 kappaletta jokaisessa lomakkeessa riippuen järjestelmän ominaisuuksien laajuudesta. Esimerkiksi Philipsin EasySense-järjestelmässä oli vähemmän ominaisuuksia kuin Houmin tai Helvarin ActiveAheadin ohjausjärjestelmässä, joten kysymyksiä oli vähemmän.

Kyselyissä suurin osa kysymyksistä toteutettiin väittäminä, johon vastattiin 5-portaisella asteikolla: 1 = täysin eri mieltä, 2 = jokseenkin eri mieltä, 3 = ei eri eikä samaa mieltä, 4 = jokseenkin samaa mieltä, 5 = täysin samaa mieltä.

Alla on esitetty Helvar ActiveAheadin käyttäjäkyselyn väitteet:

- Valaistus ei aiheuta häikäisyä.
- Valaistuksesta ei aiheudu heijastumia tai kiiltokuvastumisia tietokoneen näyttöön.
- Valaistuksesta ei aiheudu heijastumia pöydän pinnalle.
- Valaistus on riittävän tasainen työpisteellä.
- Valaisimen sijoitus on työpisteeseen nähden sopiva.
- Valaisimeen säädetty perustilanteen valaistustaso on riittävä.
- Taustavalaistus on järkevä toiminto.

- Liiketunnistin ei aiheuta turhaa valojen sammumista/himmemmistä työpisteellä oleskellessa pitkään.
- Liiketunnistin ei reagoi liian herkästi työpisteen ulkopuolisiin liikkeisiin.
- Valaisimeen säädetty 8 minuutin viive ei aiheuta epämiellyttäviä valotasojen vaihtelua poistuessa työpisteeltä.
- Päivänvalotoiminto on tarpeellinen.
- Valaisimen päivänvalo-säätö ei aiheuta valaistustasossa huojuntaa.
- Himmennystoiminto on tarpeellinen.
- Kytkimiin ohjelmoidut tilanteet ovat mielekkäitä.
- Kytkimessä on tarpeeksi säätömahdollisuuksia.
- Kytkimessä on riittävän hyvä säätötarkkuus himmennettäessä/kirkastaessa.
- Mobiilisovellusta on helppo käyttää.
- Mobiilisovellus on toiminut moitteettomasti.
- Mobiilisovellus ei kuluta puhelimen akkua liikaa.
- Mobiiliohjaus riittää henkilökohtaiseksi säädöksi.
- Valaistuksen ennakoiva älykkyys on tarpeellinen.
- Valaistuksen ennakoiva älykkyys ei ole liian herkkä.

Edellä esitettyjen väitteiden lisäksi kyselylomakkeessa kysyttiin:

- henkilökohtaisen säädön käyttötiheyttä

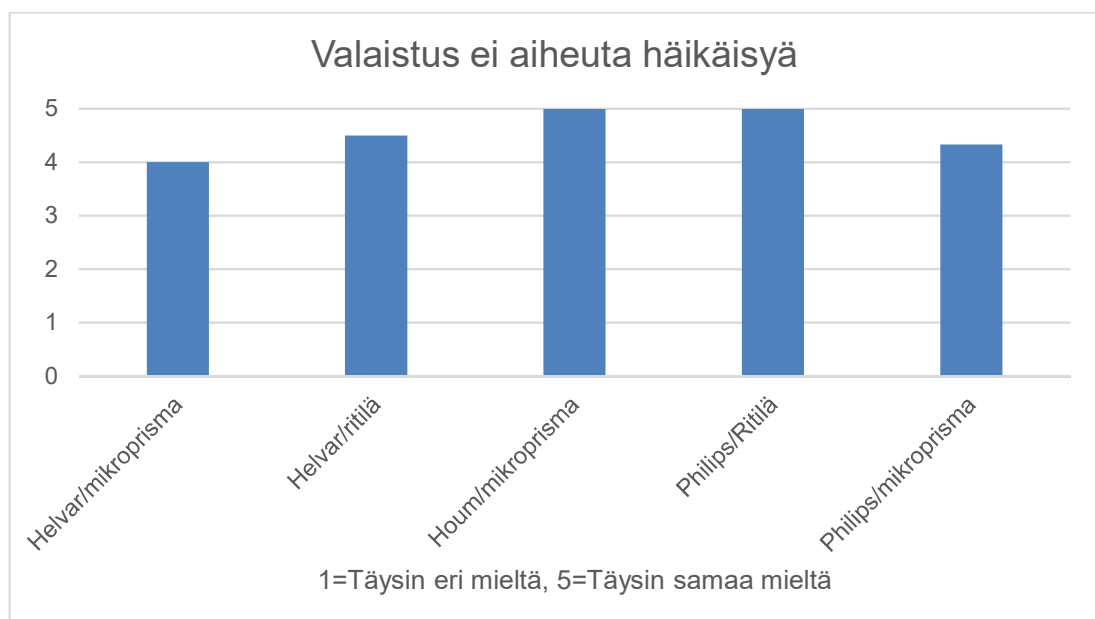
- käyttäjän mieltymystä valaistuksen sammutuksesta
- mielekkäimmän henkilökohtaisen säädön tapa, kytkin vai mobiiliohjaus.
- mobiiliohjauksen QR-koodin sijoituspaikkaa
- kokonaistyytyväisyyttä ohjausjärjestelmään asteikolla 1-10.

Kyselyiden lopussa oli myös osio, jossa kysyttiin valaisimen ulkonäöstä ja valaistusratkaisusta sekä vapaa sana pilottiasennuksista. Tähän osioon käyttäjät saivat vapaasti kirjoittaa omia mielipiteitään käyttökokemuksistaan.

7.3 Käyttäjäkyselyiden tulokset ja järjestelmien vertailu

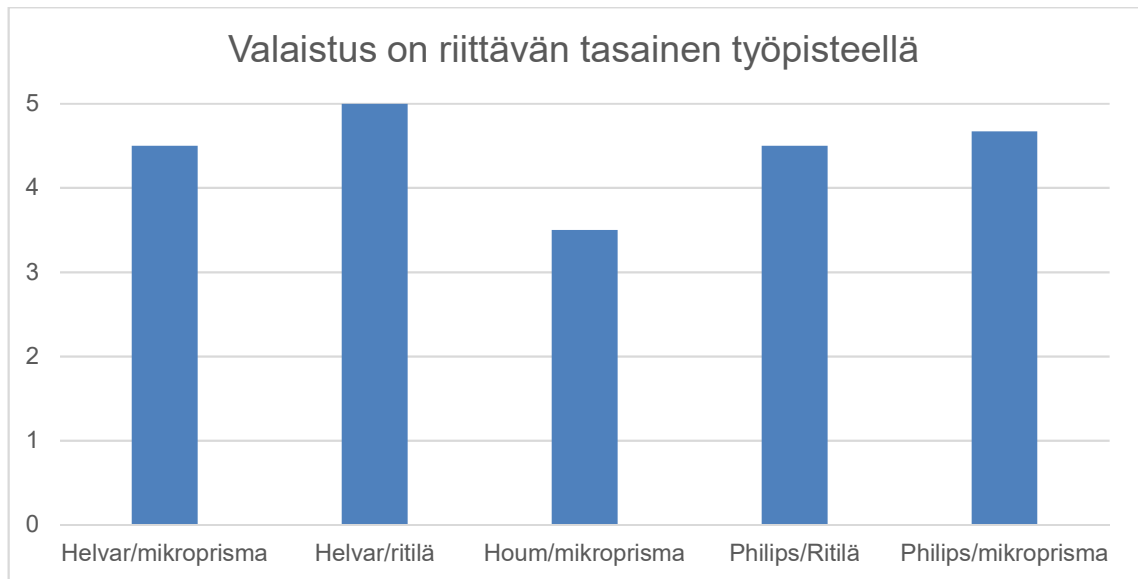
Käyttäjäkyselyiden kysymyksen vastausten koottiin yhteen Excel tiedostoon vertailua varten. Kuvissa 58 - 67 on esitetty vastausten keskiarvot asteikolla 1 - 5.

Kuvasta 58 huomataan, että matalaluminanssiritilä optiikalla varustettujen valaisimien sekä mikroprismaoptiikalla varustetun paneelivalaisimen aiheuttavan vähiten häikäisyä.



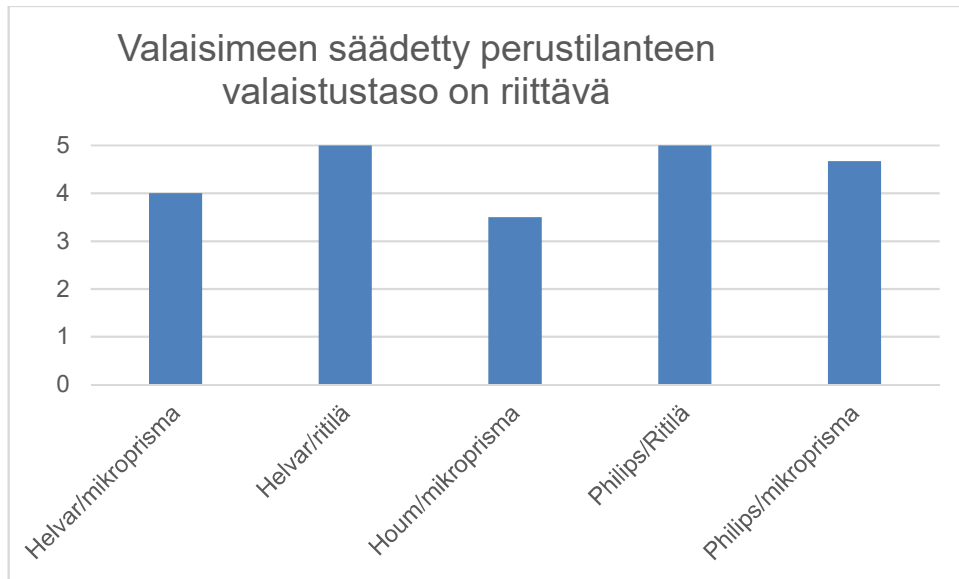
Kuva 58. Valaisimien häikäisy.

Kuvasta 59 huomataan, että valaistus koettiin tasaiseksi muissa valaisimissa kuin paneelivalaisimessa. Kyseisessä valaisimessa on muihin valaisimiin verrattuna leveämpi valonjako, joten valaistuksen pitäisi olla tasaisempi.



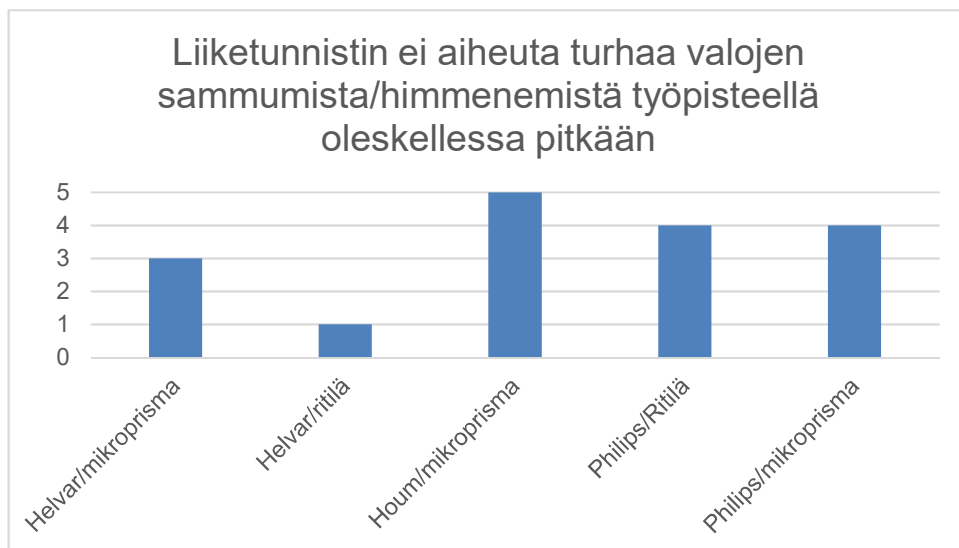
Kuva 59. Valaistuksen tasaisuus.

Valaistustasot säädettiin noin 500 - 600 lx:iin. Kuvassa 60 esitetyt erot johtuvat mahdollisesti eri ikäisten työntekijöiden mieltymyksistä, sekä valontarpeen määrästä. Houmin ohjausjärjestelmän valaisimesta tosin valoa ei tule tarpeeksi, kun työpisteellä on vain 600 lx, kun valaisimet ovat säädettyinä 100 %:iin. Tämä johtuu siitä, että Houmin järjestelmän valaisimessa valo jakaantuu leveämmmin kuin muissa valaisimissa, jolloin valaistuksen pitäisi olla tasaisempi koko työpisteellä.



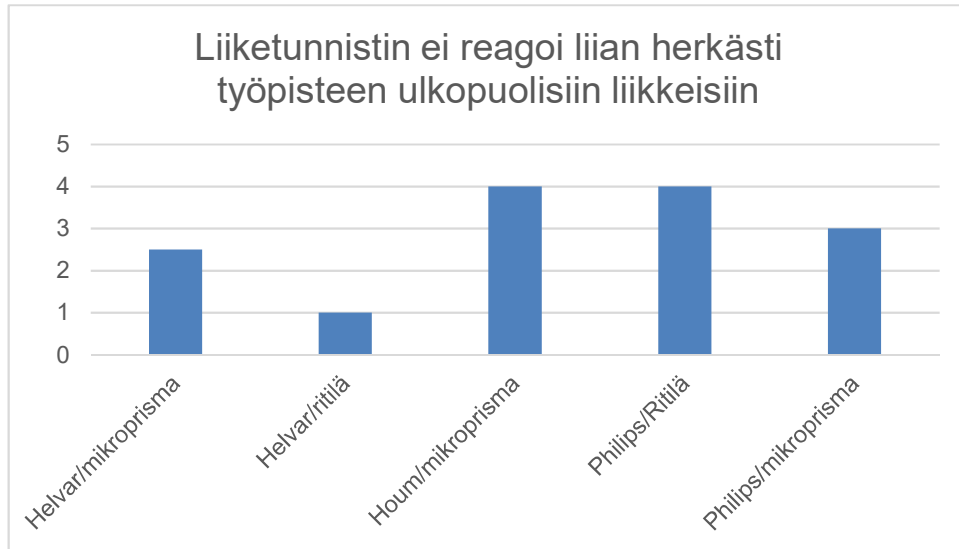
Kuva 60. Valaistustasot.

Kuvasta 61 huomataan, että Helvarin järjestelmän liiketunnistimet eivät toimineet toivotulla tavalla. Koekäytön aikana tapahtui valaisimien himmenemisiä, vaikka työpisteellä oli liikettä. ActiveAheadin tunnistimissa on suoraan sensorin alapuolella huonoin tunnistusalue ja valaisimet on sijoitettu sillä tavalla, että sensori on suurin piirtein työpisteen yläpuolella.



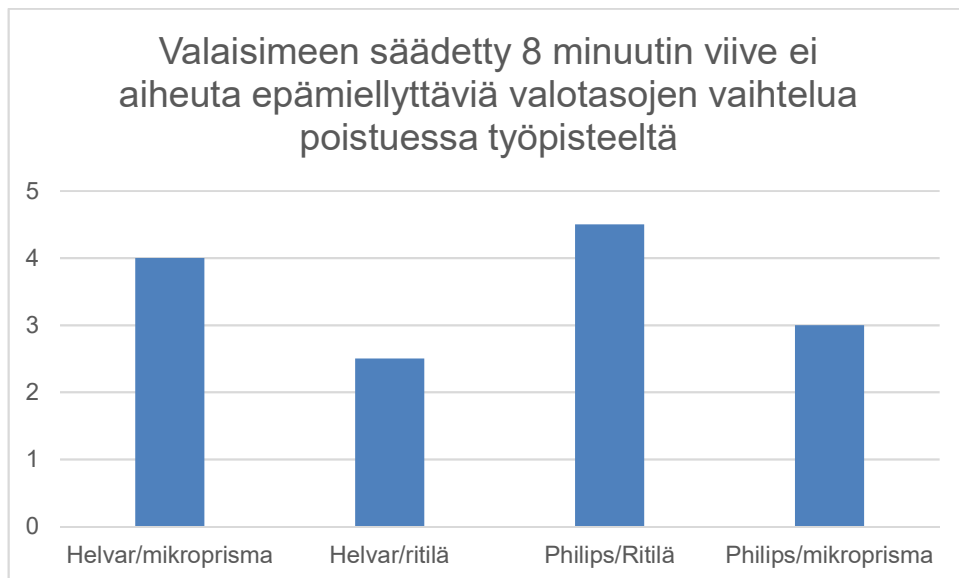
Kuva 61. Liiketunnistimien toimivuus.

Kuvasta 62 huomataan että ActiveAheadin tunnistimet reagoivat liian herkästi koehenkilöiden mielestä työpisteiden ohitse kulkevaan liikenteeseen.



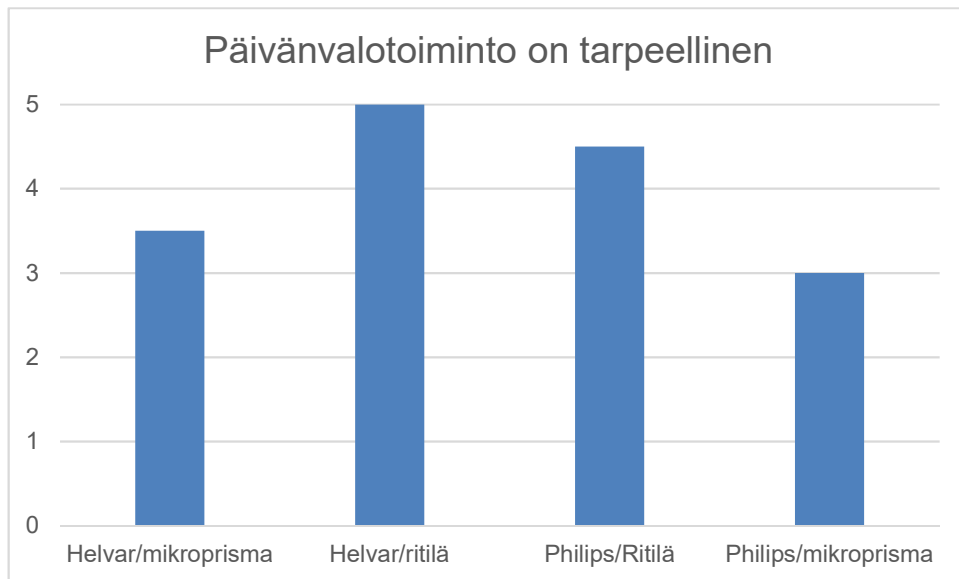
Kuva 62. Liiketunnistimen reagointi työpisteiden ulkopuolisiin liikkeisiin.

Kuvassa 63 on paljon hajontaa vastanneiden kesken, joka luultavasti johtuu vain siitä, kuinka usein koehenkilöt poistuvat työpisteeltään. Houmin järjestelmään säädettiin läsnäoloviiveksi 30 minuuttia, jonka koekäyttäjät totesivat hyväksi samassa väitteessä. Vastauksista päätellen kahdeksan minuutin viive on liian lyhyt toimistoympäristöön.



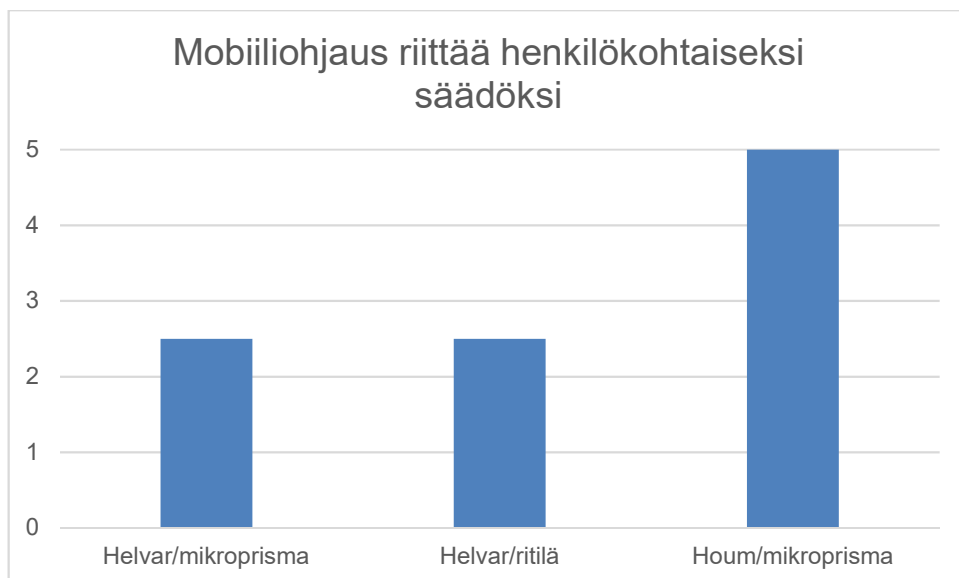
Kuva 63. Säädettyjen läsnäoloviiveiden mieltymykset.

Houmin järjestelmässä ei ollut testiasennuksissa päivänvalotoimintoa, jonka todettiin olevan melko tarpeellinen kuvan 64 tuloksissa.



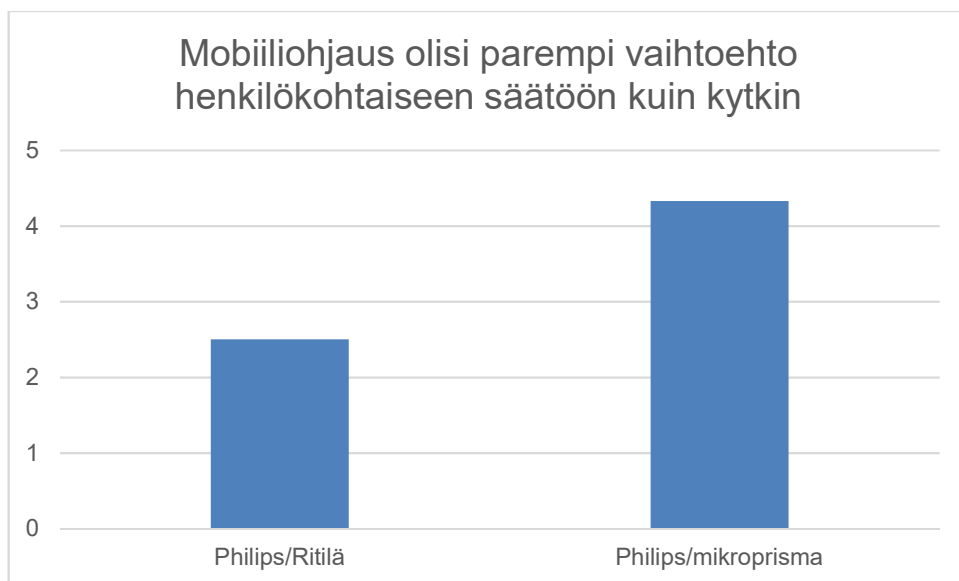
Kuva 64. Päivänvalotoiminnon tarpeellisuus.

Kyselyissä kysyttiin mobiiliohjauksen riittävyttä henkilökohtaiseksi säädöksi. Kuvassa 65 huomataan että Helvar ActiveAheadin käyttäjien mielestä mobiiliohjaus ei ole riittävä henkilökohtaiseksi säädöksi. ActiveAheadin mobiiliohjauksen kanssa oli koekäytön aikana ollut ongelmia, joten se on vaikuttanut käyttäjäkyselyn tulokseen.



Kuva 65. Mobiiliohjauksen riittävyys henkilökohtaiseksi säädöksi.

Philipsin järjestelmässä ei ollut mobiiliohjauksen mahdollisuutta, mutta kyselyssä kysyttiin koehenkilöiden mielipidettä mobiiliohjauksesta (kuva 66). Ensimmäisen kerroksen käyttäjät olivat sitä mieltä, että mobiiliohjaus olisi parempi vaihtoehto. Tuloksiin vaikutti luultavasti se, että ensimmäisen kerroksen koehenkilöillä oli käytössä kolmelle työpisteelle vain yksi kytkin ilman himmentämismahdollisuutta jolloin mahdollisuus säätää valaistusta haluamansa tasolle ei onnistunut. Kolmannen kerroksen työpisteillä oli molemmilla koehenkilöillä omat kytkimet himmentämismahdollisuudella, joka ilmeisesti riitti henkilökohtaiseksi säädöksi.



Kuva 66. Philipsin järjestelmän käyttäjäkyselyn kysymys mobiiliohjauksesta.

Kyselyiden loppuosassa koehenkilöt arvioivat käyttämäänsä ohjausjärjestelmää asteikolla 1-10. Kuvasta 67 huomataan että Helvarin ActiveAheadin sekä Philipsin järjestelmän ensimmäisen kerroksen käyttäjät olivat eniten tyytymättömiä käyttämiinsä ohjausjärjestelmiin. Philipsin järjestelmän tyytymättömyys johtui luultavasti henkilökohtaisen säädön puutteellisuudesta. Helvar ActiveAheadin järjestelmässä oli koekäytön aikana paljon ongelmia eri osa-alueilla, joten tämä vaikutti lopulliseen arviointiin.



Kuva 67. Koehenkilöiden kokonaistyytyväisyys ohjausjärjestelmiin.

Kyselyiden lopussa oli myös vapaan sanan osio, jossa koehenkilöt saivat kommentoida vapaasti pilottiasennuksiin liittyen. Seuraavassa osiossa on esitetty koehenkilöiden kommentteja kyselyistä.

Helvar ActiveAhead

- Mobiilisovellus ei toimi tablet-ympäristössä. Valojen maksimiteho on aivan tarpeettoman suuri. Valot eivät noudata annettua oletusvalotehoa
- Palkkien alapuolella roikkuva valaisin on hassun näköinen, olisi parempi jos valaisin olisi vanhan valaisimen tasolla. Ritilällä varustettu valaisin häikäisee ympäristöön prisma-valaisinta vähemmän.

Philips EasySense

- Mielestäni valaisin ei himmentynyt huomattavasti päivänvalon vaikutuksesta (Itse en huomannut eroa).
- (Valaisin) yksinkertaisen linjakas, ei liikaa kiiltäviä osia, pieni ulkomitoiltaan, kevyen oloinen. Miellyttävän sävyinen valo. Valaisinta ei oikeastaan huomaa eikä valaistukseen työpisteellä kiinnitä huomiota → toimii siis hyvin.

Houm

- Valaisin: Hyvät: Hyvät ominaisuudet ei aiheuta häikäisyä, siistin näköinen mikroprisma. Valaisimen asennustapa huono → suoratanko valaisimen päälle palkkien päälle ja siitä suora ripustus alas. Led paneeli sopii hyvin työpistevalaistukseen mutta tällä hetkellä valaisimen väli ja sijoittelu ei ole optimaalinen.
- Kiinnitystapa voisi olla järkevämpi (4 vaijeria jolloin valaisin ei ole koskaan aivan suorassa).
- Puheohjaus varmasti alkaisi tuntua luontevalta vasta jonkin ajan käytön jälkeen, jonka jälkeen uskoisin sen olevan paras ohjausmuoto.

8 Yhteenveto

Insinöörityössä perehdyttiin kolmeen eri langattomaan valaistuksen ohjausjärjestelmään, niiden toimintaan ja soveltuvuuteen Granlundin toimitilaympäristössä. Tavoitteena oli tutkia pilottiasennusten ja käyttäjäkyselyiden avulla parhaiten soveltuva valaistuksen ohjausjärjestelmä, joka mahdollisesti otettaisiin käyttöön toimiston valaistuksen uusinnassa lähitulevaisuudessa.

Pilottiasennusten aikana eniten ongelmia tuotti kaikista valaistuksen ohjausjärjestelmistä Helvar ActiveAhead. Kyseisen järjestelmän liiallinen älykkyys voidaan jopa todeta haitalliseksi, jos se tuottaa käyttöönoton aikana liikaa ongelmia, joskin pilottiasennusten pienen mittakaavan takia järjestelmä ei päässyt vastaamaan todellisuutta. Mobiiliohjaus tuotti ongelmia, josta koehenkilöt kommentoivatkin käyttäjäkyselyihin. Järjestelmän luotettavuus ei vakuuttanut koehenkilöitä, joiden kokonaisarvosanat ohjausjärjestelmästä käyttäjäkyselyissä olivat huonot.

Houmin järjestelmässä ei koettu ongelmia pilottiasennusten aikana. Pilotoinnissa huomattiin kuitenkin monia huonoja puolia käytetyssä järjestelmässä. Muunneltujen ohjausyksiköiden takia valaisinvalmistaja ei myönnä takuuta valaisimiin, koska valaisinvalmistaja antaa takuun vain, jos käytetään heidän määrittelemiään liitäntälaitteita. Järjestelmän liiketunnistin oli myös irrallinen eikä siinä ollut toivottua päivänvalotoimintoa. Keskusyksikkö vaatii Houmin puolesta ohjelmoinnin, joka saattaa hidastaa käyttöönot-

toa. Koehenkilöiden mielestä ääniohjaus voisi olla mielekkäin ohjaustapa, joskin toimistoympäristössä se ei sovellu henkilökohtaiseen säätöön. Jos useampi työntekijä käyttää ääniohjausta, muidenkin työpisteiden valaistukset säätyisivät yhdestä komennosta ja tämä ei ole haluttu lopputulos.

Philipsin järjestelmässä mobiilisäädön mahdollisuuden puuttuminen tuo lisähintaa valaistusratkaisulle. Jos tällä järjestelmässä halutaan henkilökohtainen säätö, pitäisi jokaiselle työpisteelle asentaa langaton kytkin. Kytkimet maksavat 50 €/kpl. Koehenkilöiden mielestä päivänvalotoiminto ei toiminut, joka testauksen kautta todettiin toimivan. Päivänvalosäätö Philipsin ohjausjärjestelmässä on hidasta, joten ihmissilmä ei sitä huomaa.

Käyttäjäkyselyihin osallistui vain 11 henkilöä, joten kyselyn laajuuden takia tuloksia on vaikea verrata tieteellisesti. Tuloksista nähdään kuitenkin suunta-antavat arviot järjestelmien soveltuvuudesta, joiden pohjalta voidaan tehdä päätöksiä mahdollisesti uusittavasta valaistuksen ohjausjärjestelmästä.

Työssä todettiin parhaimmaksi järjestelmiksi Philipsin EasySense sekä Helvar ActiveAhead. Päätöstä tehdessä huomioon otettiin:

- valaisimen asennettavuuden helppous
- valaisimen ulkonäkö
- valaisimen häikäisy suojaus
- sensoreiden toimivuus
- henkilökohtaisen säädön mahdollisuudet järjestelmässä
- pilottiasennusten käyttöönoton helppous
- ohjelmointisovelluksen käytön helppous
- käyttäjien käyttökokemukset
- mahdolliset riskit ohjausjärjestelmässä/valaisimessa
- valaisimen hinta
- ohjausjärjestelmän hinta.

Kokonaisuudessaan jokaisessa ohjausjärjestelmässä on omat ongelmansa. Valittaessa uutta langatonta valaistuksen ohjausjärjestelmää on syytä ottaa huomioon käyttäjän tarpeet ja se, miten ohjausjärjestelmän halutaan toimivan.

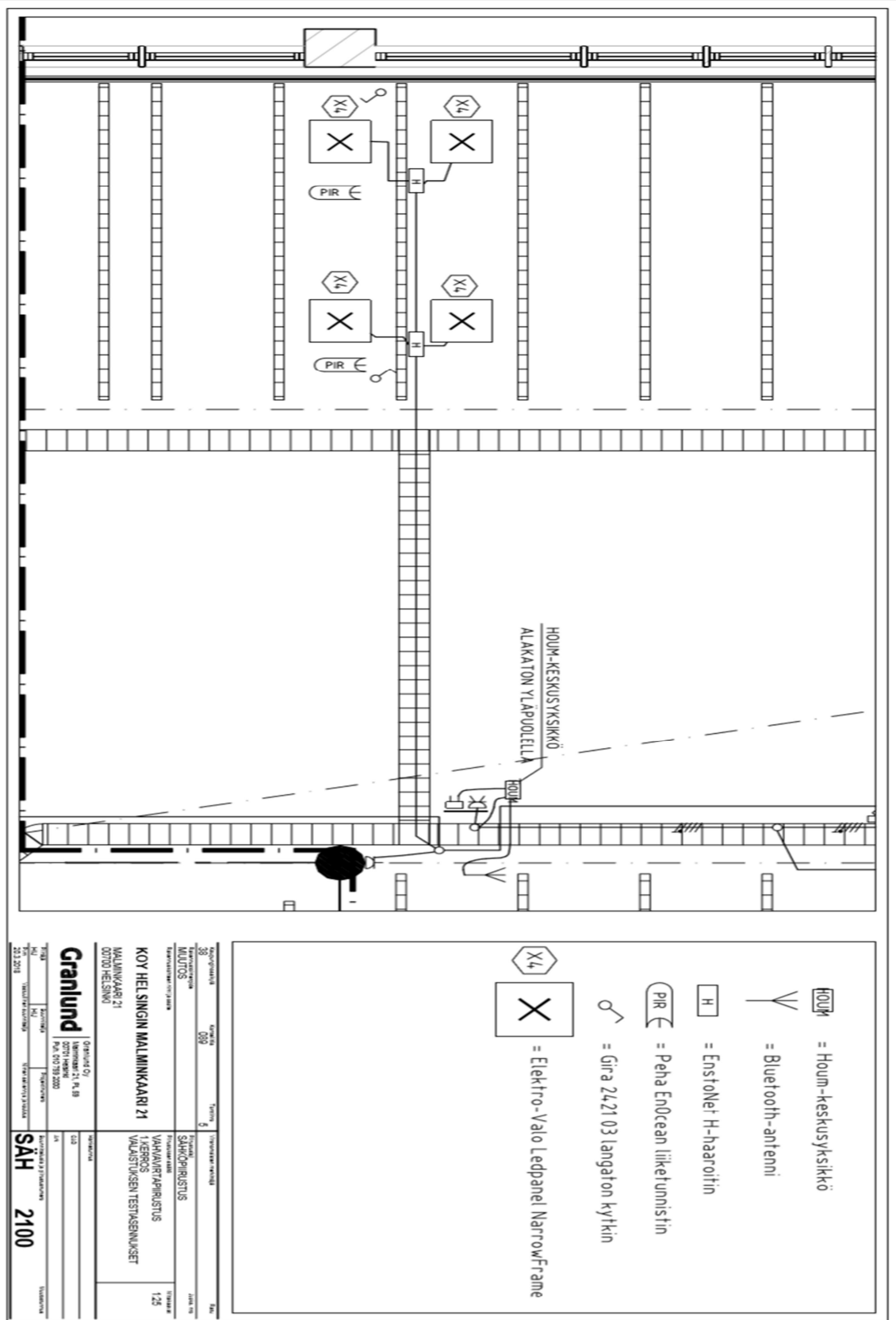
Lähteet

- 1 ST 58.31. 2016. Valonlähteiden säätö ja ohjaus, Sähkötieto ry, Espoo: Sähkötieto.
- 2 Sinisalo, Matti. 2011 Toimistovalaisituksen ohjausjärjestelmät ja elinkaarikustannustarkastelu. Diplomi-insinööriyö. Aalto-yliopisto. <<http://lib.tkk.fi/Dipl/2011/urn100425.pdf>>. Luettu 5.1.2018
- 3 Ledien himmentäminen. 2018. Verkkoaineisto. Valaisin.fi. <<https://www.valaisin.fi/info/ledien-himentaminen/224/>>. Luettu 10.1.2018
- 4 Kaikki LED-valojen himmentämisestä. 2018. Verkkoaineisto. Limec Oy. <<http://www.valokas.fi/fi/himmennys>> Luettu 10.1.2018
- 5 Wireless, Verkkoaineisto 2018. Wikipedia. <<https://en.wikipedia.org/wiki/Wireless>>. Luettu 10.1.2018
- 6 Radio wave. 2018. Verkkoaineisto Wikipedia <https://en.wikipedia.org/wiki/Radio_wave> Luettu 10.1.2018
- 7 Juutilainen, Matti. 2006. Radiotekniikan perusteet: Signaalien eteneminen. Opetusmateriaali, Lappeenrannan teknillinen yliopisto. <<http://www.it.lut.fi/kurssit/06-07/Ti5312600/luentokalvot/luento03.pdf>> Luettu 13.1.2018
- 8 Sähkömagneettisen säteilyn spektri. 2018 Verkkoaineisto. e-Oppi Oy. <<https://peda.net/kannus/jvk/oppiaineet2/fysiikka/9-lk-fysiikka/e9k22/3ssjv/kuvat/luvun-37-kuvat/sss>>. Luettu 4.2.2018
- 9 Rautavirta, Ville. 2013. Langattomat valonohjausjärjestelmät – Wireless e-Sense Connect. Insinööriyö. Metropolia Ammattikorkeakoulu. <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/57814/Langattomat%20valonohjausjarjestelmat_Wireless%20e-Sense%20Connect.pdf?sequence=1>. Luettu 3.2.2018
- 10 Liiketunnistin. 2018 Verkkoaineisto. Wikipedia. <<https://fi.wikipedia.org/wiki/Liiketunnistin>>. Luettu 3.2.2018
- 11 Infrared. 2018 Verkkoaineisto. Wikipedia. <<https://en.wikipedia.org/wiki/Infrared>> Luettu 27.1.2018
- 12 Hyvärinen, Johannes. 1999. Mikroaallot vs. infrapuna langattomassa tiedonsiirrossa. Opetusmateriaali. Teknillinen korkeakoulu. <http://www.tml.tkk.fi/Studies/Tik-110.300/1999/Wireless/infrared_1.html>. Luettu 27.1.2018

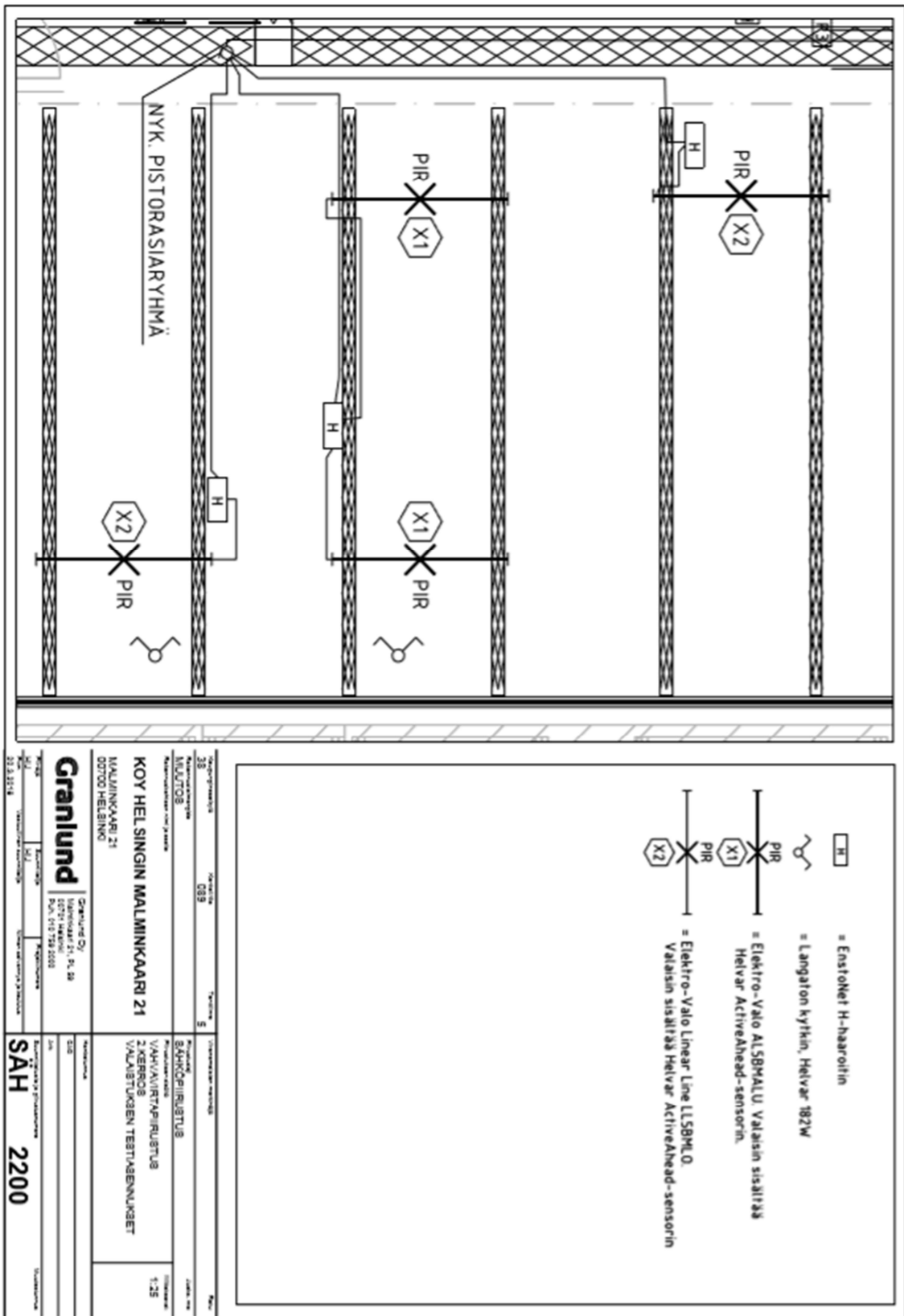
- 13 EURASIP Journal on Wireless Communication and Networking. 2012. Verkkoaineisto. Springer <<https://jwcn-urasipjournals.springeropen.com/articles/10.1186/1687-1499-2012-324>>. Luettu 29.1.2018
- 14 Wireless mesh. 2018 Verkkoaineisto. Wikipedia <https://fi.wikipedia.org/wiki/Wireless_mesh> Luettu 11.1.2018
- 15 EnOcean Alliance. 2018. Verkkoaineisto. EnOcean Alliance Inc. <<https://www.enocean-alliance.org/>>. Luettu 3.2.2018
- 16 EnOcean, 2018. Verkkoaineisto. Wikipedia. <<https://en.wikipedia.org/wiki/EnOcean>> Luettu 2.2.2018
- 17 Energy Harvesting. 2018. Verkkoaineisto. EnOcean GmbH. <<https://www.enocean.com/en/technology/energy-harvesting/>>. Luettu 2.2.2018
- 18 Knuutila, Venla & Laamanen, Outi. 2013. Bluetooth 4.0 hyvinvointiteknologian keinona. Insinööriyö. Metropolia Ammattikorkeakoulu. <<https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/64620/InsinoorityoKnuutilaLaamanen2013.pdf?sequence=1>> Luettu 3.2.2018
- 19 Bluetooth Special Interest Group. 2018 Verkkoaineisto. Wikipedia. <https://en.wikipedia.org/wiki/Bluetooth_Special_Interest_Group> Luettu 4.2.2018
- 20 ZigBee. 2017. Verkkoaineisto. Zigbee Alliance <<http://www.zigbee.org/>>. Luettu 14.1.2018
- 21 Zigbee. 2018. Verkkoaineisto. Wikipedia <<https://fi.wikipedia.org/wiki/ZigBee>>. Luettu 13.1.2018
- 22 Lehonkoski, Lasse. 2010. Zigbee-verkot. Kandidaatintyö. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. <<http://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/66229/Zigbeeverkot.pdf?sequence=1>>. Luettu 13.1.2018
- 23 ActiveAhead. 2018. Verkkoaineisto. Helvar Oy <https://www.helvar.com/media/filer_public/9f/0a/9f0a3b15-d170-42bc-b0c4-462324582f9b/pb_activeahead_en_web.pdf>. Luettu 2.2.2018
- 24 ActiveAhead Control Unit. 2018. Verkkoaineisto. Helvar Oy. <<https://www.helvar.com/en/products/5605/>>. Luettu 2.2.2018
- 25 LED-liitantalaitteet. 2018. Verkkoaineisto. Helvar Oy <<https://www.helvar.com/fi/tuotteet/c-1/?control=ActiveAhead+-toiminnallisuus>>. Luettu 2.2.2018

- 26 Active+ Sensor. 2018 Verkkoaineisto. Helvar Oy
<<https://www.helvar.com/en/products/Act-Sense/>>. Luettu 2.2.2018
- 27 EnOcean Switches. 2018. Verkkoaineisto. Helvar Oy
<<https://www.helvar.com/en/products/18xx/>>. Luettu 2.2.2018
- 28 Helvar ActiveAhead Mobile Application User Guide. 2018. Verkkoaineisto. Helvar Oy
<https://www.helvar.com/media/pd/2017/20171129/app-activeahead_USERGUIDE_EN.pdf>. Luettu 3.2.2018
- 29 EasySense Fixture-Mount Sensor. 2018. Verkkoaineisto. Philips Lighting Holding B.V.
<<http://www.usa.lighting.philips.com/products/oem-components/connected-lighting/easysense>>. Luettu 4.2.2018
- 30 Houm. 2018. Verkkoaineisto. Houmio Oy <<https://www.houm.fi/instructions.html>>. Luettu 6.2.2018
- 31 Ceiling mounter Occupancy Sensor – EOSC. 2018. Verkkoaineisto. EnOcean GmbH.
<https://www.enocean.com/en/enocean_modules/ceiling-mounted-occupancy-sensor-eosc-oem/>. Luettu 7.2.2018
- 32 Jolly Maxi Us. 2018. Verkkoaineisto. Hide-a-lite.
<http://www.hidealite.fi/Tuotteet/Sisatilat/Ohjaimet/Universal_ohjaimet/Jolly_Maxi_US/2218294-1801481.html?variantId=2217412>. Luettu 13.2.2018

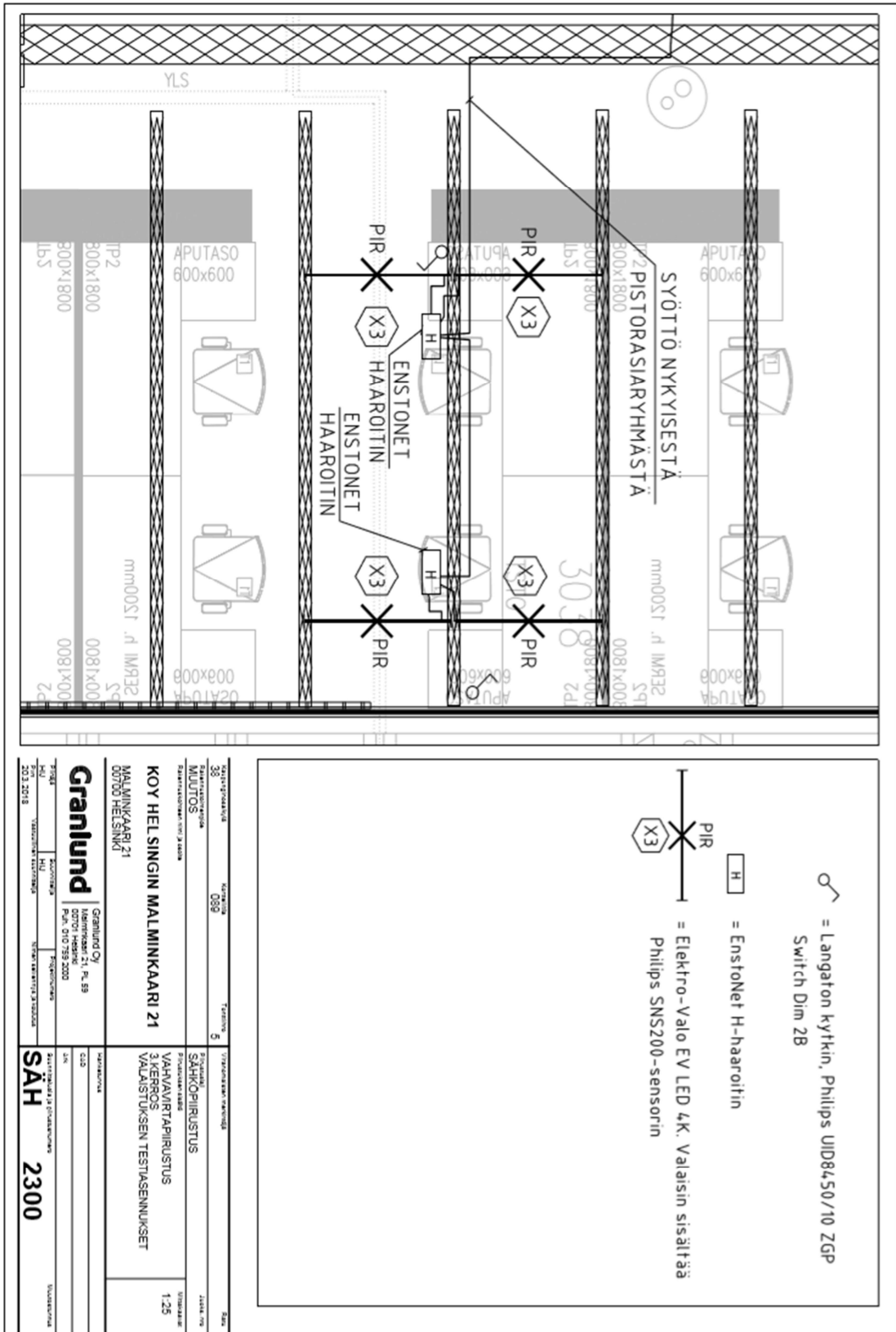
Pilottiasennusten ensimmäisen kerroksen sähköasennuspiirustus



Pilottiasennusten toisen kerroksen sähköasennuspiirustus



Pilottiasennusten kolmannen kerroksen sähköasennuspiirustus



Yhteystiedot	Yhteystiedot	Tuotteen nimi	5	Yhteystiedot	5
38	089				
ZAKURITUKSEN OY					
SAHKOPIIRUSTUS					
MUUTOS					
ZAKURITUKSEN OY					
KOY HEL SINGIN MALMINKAARI 21					
MALMINKAARI 21					
07050 HELSINKI					
VAHAVIIRTAPIIRUSTUS					
3.KERROS					
VALAISTUKSEN TESTIASENNUKSET					
1:25					
Granolund Oy					
Malminkaari 21, PL 59					
00700 Helsinki					
Fax: 010 759 2000					
Granolund Oy					
PL 59					
00700 Helsinki					
Fax: 010 759 2000					
SAH					
2300					