

Galina Bart

Sairaalan potilasosastojen älykkäät valaistusohjausjärjestelmät

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkötekniikka

Insinöörityö

3.2.2014

Alkulause

Insinööri työni on tehty Wise Group Finland Oy:lle. Kiitän yrityksen projektipäällikköä Pentti Nissistä ja muita työntekijöitä saamistani ohjeista ja neuvoista työni aikana. Lisäksi kiitän prosessitekniikka Mervi Saarista Murata Electronic Oy:ltä.

Kiitän myös työni ohjaaja, lehtori Jarno Nurmiota Metropolia Ammattikorkeakoulusta.

Espoo 3.2.2014

Galina Bart

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Galina Bart Sairaalan potilasosastojen älykkäät valaistusohjausjärjestelmät 36 sivua + 3 liitettä 3.2.2014
Tutkinto	insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	sähkötekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	sähkövoimatekniikka
Ohjaajat	projektipäällikkö Pentti Nissinen lehtori Jarno Nurmio
<p>Insinööriyössä toteutettiin sairaalakohteen potilasosastojen valaistusohjaus energiatehokkaiden menetelmillä. Työ tehtiin Wise Group Finland Oy:lle luonnossuunnittelun vaiheessa. Tässä työssä käsiteltiin valaistusohjaustapoja perinteisestä tekniikasta nykypäivän teknologiaan. Perinteisistä tekniikoista kerrattiin pinnallisesti vain oleellisia asioita ja moderneja tekniikoita, kuten DALI- ja KNX-järjestelmät käytiin syvällisemmin läpi valaistusohjauksen osalta.</p> <p>Työssä tutustuttiin KNX-järjestelmän rakenteeseen ja sen toimintaan. Lisäksi selvitettiin, mitä hyötyä KNX-järjestelmä tuo suurten kiinteistöjen ohjausjärjestelmien suunnitteluun, sekä sähköasennuksiin.</p> <p>Työssä tutkittiin KNX-järjestelmän tekniikkaa, verkonrakennetta, väylän siirtoteitä ja keskeisimpiä asennuskomponentteja. Työssä oli tavoitteena antaa yleiskuva KNX-järjestelmän tekniikasta, komponenteista, suunnittelusta ja järjestelmän käytöstä osana kiinteistön sähköistystä. Työssä selvennettiin myös KNX-järjestelmän valaistusohjausta koskevia toimintoja ja ohjausmahdollisuuksia.</p> <p>Työn valmistuessa saatiin vankan kokemuksen väyläpohjaisista valaistusohjausjärjestelmistä. Työn aikana laadittu kokonaisuus voidaan jatkossa hyödyntää toteutussuunnittelussa.</p>	
Avainsanat	KNX, DALI, valaistusohjaus

Author Title Number of Pages Date	Galina Bart Smart Lighting Control System for the Patient Department of a Hospital 36 pages + 3 appendices 3 February 2014
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical engineering
Specialisation option	Electrical power engineering
Instructors	Pentti Nissinen, Project Manager Jarno Nurmio, Senior Lecturer
<p>The goal of this Bachelor's thesis was to plan the lighting control for the patient department of a hospital, paying attention to energy saving methods. This thesis was done for the Wise Group Finland as an electric planning draft. This thesis deals with lighting control methods from basic technique to the present-day technology. Basic techniques were reviewed quite superficially and modern techniques, such as DALI- and KNX-systems were investigated more thoroughly.</p> <p>This thesis deals especially with the structure and function of the KNX-system. Benefits that the KNX-system provides for the control system designing of large buildings and for the electrical installation is clarified.</p> <p>In this thesis, the technique, structure, bus transmission paths of the bus and focal installation components of the KNX-system were researched. This thesis gives an overview of the technique, components, planning of the KNX-system and also about the system used as a part of a building's electrification. Additionally, KNX-system functions and control possibilities in relation to lighting control are clarified.</p> <p>This research gave experience of bus based systems and clarified how these systems work. This thesis provides a great basis for the next implementation planning in the electric area.</p>	
Keywords	KNX, DALI, Lighting control

Sisällys

Tiivistelmä

Abstract

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Valaistusohjaus	1
3	Valaistusohjaustavat	3
3.1	Manuaalinen ohjaus	3
3.2	Analoginen ohjaus	4
3.3	Automaattinen ohjaus	6
3.4	Digitaalinen ohjaus	9
3.4.1	Osoitteeton digitaalinen ohjaus	9
3.4.2	Osoitteellinen digitaalinen ohjaus	10
4	DALI-järjestelmä	11
4.1	DALI-järjestelmän ominaisuudet	11
4.2	DALI-järjestelmän rakenne	12
5	KNX-järjestelmä	14
5.1	KNX-järjestelmän ominaisuudet	14
5.2	KNX-järjestelmän rakenne	15
6	Sairaalan potilasosastojen valaistusohjaus	18

6.1	Sairaalan KNX-järjestelmän rakenne	19
6.2	KNX-järjestelmän komponentit	19
6.2.1	Ryhmäkeskusten KNX-komponentit	19
6.2.2	Tilakohtaiset komponentit	24
6.3	Valaistusohjauksen toteutus	26
6.3.1	Potilashuoneiden valaistusohjaus	27
6.3.2	Potilassolun yhteistilojen valaistusohjaus	29
6.3.3	Potilasosaston yhteistilojen valaistusohjaus	30
6.4	Valaistusohjausjärjestelmän ohjelmointi	31
7	Yhteenveto	33
	Lähteet	35
	Liitteet	
	Liite 1. Potilassolu	
	Liite 2. Potilasosasto	
	Liite 3. Sairaalan KNX-järjestelmäkaavio	

Lyhenteet

CSMA/CD	Carrier Sense Multiple Access with Collision detection; liikenteen siirtotien vuoronvarausmenetelmä
DALI	Digital Addressable Lighting Interface; standardoitu digitaalinen ohjausperiaate elektronisille liitäntälaitteille.
DSI	Digital Serial Interface; digitaalinen osoitteeton ohjausperiaate
EIB/instabus	European Installation Bus; hajautettu avoin järjestelmä, jonka avulla hallitaan ja ohjataan sähkölaitteita
ETS	Engineering Tool Software; Windows-ympäristössä toimiva ohjelma, jota käytetään KNX-laitteiden ohjelmointia varten
kbit/s	kilobittiä sekunnissa; tiedonsiirtonopeuden mittayksikkö
KNX	standardoitu väyläpohjainen kiinteistöautomaatiojärjestelmä
LED	Lighting Emitting Diode; hohtodiodi

1 Johdanto

Nykyään keinovalaistus ei ole vain luonnonvalon korvaaja, vaan sillä on merkittävä tehtävä ihmisten elämässä. Keinovalaistuksella pyritään korostamaan rakennuksia, tiloja tai esineitä. Keinovalaistuksella ihmisten ohjaus ja opastus oikeisiin paikkoihin onnistuu hyvin. Lisäksi voidaan vaikuttaa mielialaan, parantaa elämän laatua ja jopa värittää elämää. Tämän kaiken lisäksi keinovalaistuksella luodaan turvallisuutta ympäristöön. Nykyinen tekniikka ja teknologiat antavat suuria mahdollisuuksia mielekkään ja turvallisen valaistuksen luomiseen.

Tämä insinöörityö on tehty Wise Group Finland Oy:n toimeksiantona. Työssä käsitellään sairaalan potilasosastotilojen valaistuksenohjausta energiatehokkuutta parantavilla ohjausjärjestelmillä. Toteutettavan järjestelmän tarkoitus on palvella sairaalan henkilökunnan ja potilaiden valaistukseen liittyviä toiveita ja tarpeita. Tässä työssä käsitellään syvällisemmin KNX- ja DALI-järjestelmien yleisperiaatteita, niiden tekniikkaa ja toimintaa sekä sivutaan muita ohjausjärjestelmiä. Työssä pyritään tarkastelemaan markkinoilla olevia digitaalisia valaistusohjausratkaisuja ottamalla huomioon valaistukselle asetetut vaatimukset eri käyttötilanteissa sekä ohjausjärjestelmän yksinkertaisuus, käytännöllisyys ja helppo asennus.

Wise Group Finland Oy on suomalainen yritys, joka tarjoaa talonrakennusalan konsultointi-, suunnittelu- ja rakennuttamispalveluja uudis- ja korjauskohteisiin Suomessa, Venäjällä ja Baltian maissa. Kehitämme konsepteja, joissa rakennuttamisen ja suunnittelun palveluprosessi tehostuu ja lopputulos jalostuu myös erilaisten kokonaisratkaisujen avulla. Uudisrakentamiseen liittyvän jatkuvan kehitystyön ohella panostamme erityisesti korjausrakentamisen ratkaisujen ja menetelmien kehittämiseen sekä energia- ja ympäristöratkaisujen kehittämiseen ja soveltamiseen suunnittelussa. Wise Groupissa on yli 250 talonrakennusalan ammattilaista ja arvioitu liikevaihtomme vuodelle 2014 on n. 23 milj. euroa. [1.]

Tämä työ tehtiin uuden sairaalakohteen suunnittelun yhteydessä. Valaistusohjas toteutetaan kohteeseen rakentamisvaiheessa Wise Group Finland Oy:n suunnitelmien mukaisesti.

2 Valaistusohjaus

Nykyvalaistusteknologialla on lukuisia vaatimuksia. Entisaikaan tavoitteena oli vain hankkia valoa näköaistia vaativiin tehtäviin. Valaistus myös ohjattiin vain päälle/pois

kytkimellä manuaalisesti. Nykyaikana sopivuus, toiminnallisuus ja energiansäästö ovat houkuttelevia ominaisuuksia, jotka täytyy lisätä tavoitteiksi.

Tässä osiossa osoitetaan, että valaistushjauksessa on kaksi hyödyllistä puolta, jotka kehittyivät muutaman viime vuoden aikana. Tärkein asia on se, että asianmukaisella valaistushjauksella säästyy energiaa, ja toiseksi, että valo on tärkeä osa ihmisen elämässä.

Valaistushjauksen kannalta on pohdittava seuraavia asioita:

- Miksi valaistusta ohjataan?
- Miten valaistusta ohjataan?
- Millaista valaistushjausta tarvitaan?

Valaistuksen ohjauksella pyritään selkeästi energiansäästöön. Nykyään energiansäästö on noussut tärkeäksi puheenaiheeksi. Energiankulutuksen pienentämiseen voidaan ensisijaisesti vaikuttaa tarpeenmukaisen valaistuksen kautta. Lisäksi valaistushjauksella voidaan vaikuttaa terveyttä koskeviin asioihin, esimerkiksi ihmisen vireystilaan ja vuorokausirytmiiin.

Toiseen kysymykseen löytyy myös helposti vastaus, ja se on manuaalisesti ja/tai automaattisesti. Manuaalisella ohjauksella tarkoitetaan paikallista käyttäjän tekemää käsiohjausta. Automaattisella ohjauksella tarkoitetaan prosessia, jossa laitteiden toiminta ja säätö tapahtuu ilman ihmisen suoraa vaikutusta. Esimerkkeinä automaattisesta ohjauksesta valaistushjauksen kannalta voisi olla aika-, hämäräkytkin-, läsnäolotunnistin ja liiketunnistin-ohjaus. Nämä ohjaustavat ovat todella huolettomia käytössä, mutta henkilökohtaisia tarpeita varten jätettäisiin mahdollisuus manuaaliseen ohjaukseen niin, että ihminen itse voisi vaikuttaa valaistustilanteisiin omien toivomuksiansa mukaisesti.

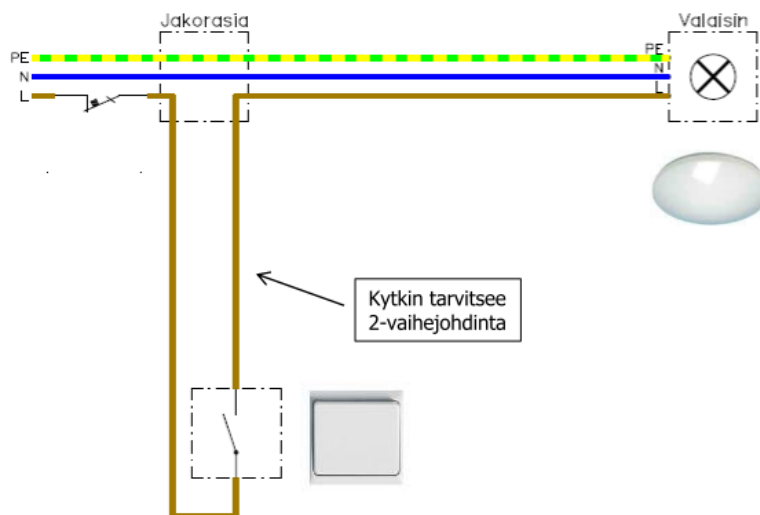
Viimeiseen kysymykseen vastaus löytyy selvittämällä, kuinka iso rakennus on kyseessä ja mihin tarkoituksiin valaistushjaus tulee. Jos kyseessä on pienempi kohde, kuten omakotitalo, siinä voidaan käyttää yksinkertaisempia ratkaisuja. Jos kyseessä on iso kiinteistö, kannattaa pohtia koko rakennusta palvelevia automaatiojärjestelmiä.

3 Valaistusohjaustavat

Valaistukseen tarkoitettua energiankulutusta voidaan huomattavasti pienentää käyttämällä optimaalisesti toimivia valaistusohjausjärjestelmiä jokaisella ajanhetkellä. Täydellisen ja tarkan päivänvalo-, läsnäolo- ja liikeseurannan saavuttamiseksi on käytettävä automaattisia valaistusohjausmenetelmiä. Valaistuskuorman ohjaus toteutetaan kahdella peruskeinolla. Toinen keino perustuu koko tilan tai sen osan valaisimien syttymiseen/sammuttamiseen kerrallaan. Toinen keino perustuu portaattomaan valaistusvoimakkuuden säätöön, joka voidaan taas toteuttaa joko yksityiskohtaisesti tai samanlaisesti esimerkiksi koko rakennukseen. Seuraavaksi tarkastellaan ohjaustapoja perinteisistä menetelmistä nykyaikaisiin tekniikoihin.

3.1 Manuaalinen ohjaus

Manuaalinen ohjaus tarkoittaa käsiohjausta. Sitä on käytetty jo kymmeniä vuosia, ja se on perinteinen valaistusohjaustapa. Ihminen voi vaikuttaa valaistustilanteisiin painamalla painikkeita, eli kuorma kytketään aina suoraan päälle. Perinteisen valaistusohjaustavan kytkentäkaavio esitellään kuvassa 1:



Kuva 1. Perinteinen on/off-ohjaustapa [2, s. 5]

Kuvassa esitellyssä esimerkissä tarvitaan vain kaksi vaihejohtinta. Piiriin voidaan kytkeä useampia valaisimia, jolloin kaikki samassa ohjauspiirissä olevat valaisimet syttyvät ja sammuvat kerralla. Manuaalisessa ohjauksessa käytetään erityyppisiä kytkimiä

ja painikkeita. Kytkimen tyyppi vaikuttaa vaihejohdinmäärään, esimerkiksi 7-kytkimelle tarvitaan 4 vaihejohdinta.

3.2 Analoginen ohjaus

Sähköalan ammattilaiset tarkoittavat analogisella ohjauksella yleensä 1–10 V:n ohjaustapaa. Todellisuudessa valonlähteestä riippuen on olemassa useita eri vaihtoehtoisia tapoja analogiselle valonsäädölle. Analoginen valonsäätö perustuu teoriassa siniaallon muodon muuttamiseen, mikä voidaan toteuttaa elektronisilla laitteilla, kuten muuntajalla, transistorilla tai tyristorilla. Näiden laitteiden avulla voidaan vaikuttaa siniaallon amplitudiin ja taajuuteen sekä voidaan ns. *leikata* siniaaltoa.

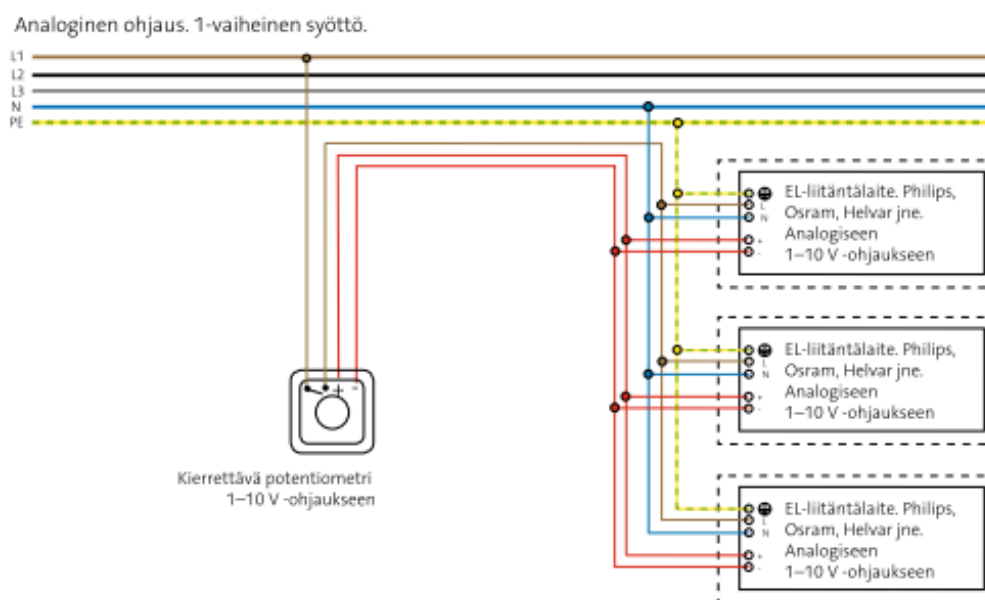
Ennen säätölaitteilla varustettiin valaisimen ulkopuolella olevia ohjauslaitteita, esimerkiksi potentiometrejä tai painonappeja. Nykyään valaisimet varustetaan elektronisilla säädettävillä liitäntälaitteilla, joten valonsäätö tapahtuu niin sanotusti valaisimen sisällä. Periaatteessa myös digitaalinen ohjaus perustuu analogiseen valonlähteen säätöön, koska säätölaitteet rakennetaan liitäntälaitteiden sisään. Arkielämässä tälle ohjaustavalle käytetään yksinkertaisempaa nimeä himmennin, joka sopii sekä analogiselle että digitaaliselle ohjaustavalle.

Suunniteltaessa valaistusohjausjärjestelmää on kiinnitettävä huomiota valonlähteisiin, liitäntälaitteisiin ja niiden yhteensopivuuteen käytettävään valaistusohjausjärjestelmään. Esimerkiksi loiste-, halogeeni- ja LED-lamppujen säätömenetelmät poikkeavat toisistaan. Loistelamppujen liitäntälaitteiden toiminta perustuu taajuusmuuttajan toimintaan. 230 V:n halogeenilamput säädetään yleensä tyristorilla tai *triac*:lla toteutetuilla säätimillä. Pienoisjännitehalogeenilamppujen säätöä varten tarvitaan muuntaja. Muuntajat voivat olla joko ulkoisia tai sisäänrakennettuja. LED-valolähteet tarvitsevat tasajännitelaitteen, joka voi olla myös säätävä. Usein tasajännitelähteet ovat erillisiä laitteita, mutta nykyään niitä on myös sisäänrakennettuina valaisimeen. [3, s. 1-4.]

Analoginen ohjaus on yleinen valaistusvoimakkuuden säätömenetelmä. Ohjaussignaali välitetään analogisessa muodossa jänniteviestinä. Valo säädetään esimerkiksi potentiometriä pyörittämällä tai painiketta painamalla. Kyseisen painikkeen toiminta perustuu painalluspituuteen. Painikeohjaimissa on sisäänrakennettu muisti, joten se muistaa viimeisen säätötoiminnan ja vaihtaa aina säätösuunnan uuden säädön yhteydessä.

Päälle/pois-toiminta toteutuu lyhyillä painalluksilla ja pitkillä painalluksilla himmennetään valoa. Poiskytkennän yhteydessä muistiin jää viimeinen valaistusvoimakkuustason asetus, joten seuraavan kerran valaistusta kytkettäessä se palautuu samalle valaistustasolle. [4, s. 201.]

Kuvassa 2 esitellään yksinkertaisen analogisen ohjauksen kytkentäkaavio. Kuvassa esitellyssä tapauksessa valaistusohjaus perustuu 1–10 V:n valonsäätöön. Valaisimessa pitää olla 1–10 V:n ohjaustapaan yhteensopiva elektroninen liitäntälaitte. Kyseinen valaistusohjaustapa vaatii toimiakseen vaihe-, nolla- ja suojamaajohtoa ja niiden lisäksi kaksi ohjausvirtapiirin johdinta. Ohjausvirtapiiriä rakennetaan yleensä samoilla kaapeleilla kuin syöttöpiiri ja piirissä on huolehdittava oikeasta napaisuudesta. Suunniteltaessa 1–10 V:n ohjausjärjestelmää on huomioitava, että ohjausjohtimien pituus vaikuttaa säätötulokseen ja valaisimen kirkkauteen. [5, s. 484.]



Kuva 2. 1–10 V:n ohjaustapa [5, s. 485]

Samaan piiriin kytkettyjä valaisimia säädetään kerrallaan. Jos halutaan säätää valaisimia yksitellen, on laitettava vastaava määrä himmentimiä. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että jos tilassa esimerkiksi neljä valaisinryhmää, jotka halutaan säätää erillään toisistaan, tilaan on asennettava neljä himmennintä. Himmentimien lukumäärän kasvaessa myös johtojen määrä kasvaa, mistä aiheutuu ylimääräisiä kustannuksia sekä hankintoihin että asennustöihin.

3.3 Automaattinen ohjaus

Automaattisella valaistusohjauksella voidaan saavuttaa tarpeenmukainen ja ihanteellinen ohjaus.

Automaattisella valaistusohjauksella tavoitellaan

- energian säästöä
 - valot pidetään päällä vain silloin, kun niitä tarvitaan
 - luonnollista päivänvaloa käytetään hyödyksi, kun päivänvaloa tilassa on riittävästi
 - valaistusta himmennetään automaattisesti asetettujen arvojen mukaisesti tai sammutetaan valot kokonaan
 - läsnäolo- ja liiketunnistimien käyttö mahdollistaa 70 prosentin energiansäästön.
- turvallisuutta liikkumiseen
 - automaattinen valaistuksen syttyminen, kun astutaan tilaan
 - valokatkaisijan etsintä jää pois eikä jouduta etsimään katkaisijaa pimeässä
- mukavuutta
 - tilasta poistuttaessa valaistus sammuu automaattisesti tunnistimelle asetetun aikaviiveen kuluttua.

Automaattista valaistusohjausta voidaan toteuttaa aikareleillä, läsnäolo-, liiketunnistimilla ja valoisuusantureilla.

Aikarele-ohjaus

Aikareleen tarkoitus on valaistuksen sytyttäminen ja sammuttaminen asetetun kelloajan mukaisesti. Esimerkiksi aikarele voidaan asettaa niin, että valo kytkeytyy klo 7 päälle, ja klo 16 valo sammuu, eli valot ovat klo 7–16 päällä.

Läsnäolo-/liiketunnistin-ohjaus

Läsnäolo-/liiketunnistimen toiminta perustuu tarpeenmukaiseen valaistuksen syttymiseen, eli kun tilaan astutaan, läsnäolo-/liiketunnistin reagoi liikkeeseen, ja valot syttyvät. Tilasta poistuttaessa valot sammuvat asetetun aikaviiveen kuluttua. Läsnäolo- ja liiketunnistimet eroavat toisistaan käyttötarkoitukseltaan ja kytkentäkäyttäytymiseltään. Liiketunnistimet reagoivat kävelyliikkeisiin, mutta läsnäolotunnistimet reagoivat hyvin pieniinkin liikkeisiin. Käytännössä esimerkiksi toimistohuoneeseen on suositeltavaa asentaa läsnäolotunnistin, jotta se tunnistaisi pieniä käden liikkeitä. Liiketunnistimia on suositeltavaa asentaa käytäviin ja tiloihin, joissa oleskellaan vähän. Läsnäolotunnistin yleensä asennetaan kattoon, ja tällöin tunnistusalue on suurimmillaan. Liiketunnistin voidaan asentaa myös seinäpintoihin.

Tunnistimien toimintaperiaate voi perustua joko passiiviselle infrapunatekniikalle tai akustiikkatekniikalle. Passiivisella infrapunatekniikalla toteutetut tunnistimet reagoivat lämmön nopeisiin muutoksiin. Ihmisen liikkeet yleensä aiheuttavat tätä ilmiötä. Akustiikkatekniikalla toteutetut tunnistimet, joita voidaan myös kutsua kuunteleviksi tunnistimiksi, reagoivat äänimuutoksiin, eli ne kuuntelevat tilassa syntyviä ääniä.

Päivänvalo-/vakiovalo-ohjaus

Kyseinen ohjaustapa on tarkoitettu hyödyntämään tiloihin ulkoa tulevaa luonnonvaloa, jolloin keinovalaistuksen tarve pienenee ja energiankulutus vähenee. Keinovaloa himmennetään luonnonvalonsaataavuudesta riippuen. Vakiovalotunnistin tarkastelee luonnonvalon riittävyyttä ja näiden tietojen perusteella tasapainottaa tilan valaistusta asetettuun arvoon, eli se himmentää valaistusta. Himmentymisen pitäisi tapahtua hitaasti, jotta valaistustason muutos ei tuntuisi epämiellyttävältä.

Yleensä päivänvalomittauksen ominaisuuksiin kuuluu läsnäolo- ja liiketunnistin, joten erilliseen laitteeseen ei ole tarvetta. Tunnistin, jossa on päivänvalotunnistusominaisuus, on sijoitettava siten, että laite tunnistaa säädettävän keinovalaistusta. [6, s. 20, 27–29.]

Hämäräkytkin-ohjaus

Valoisuusanturin toiminta perustuu ulkoisen anturin lähettämiin tietoihin ja näiden tietojen perusteella valaistuskuorman kytkemiseen. Yleensä hämäräkytkintä käytetään ulkoalueiden valaistusohjausta varten.

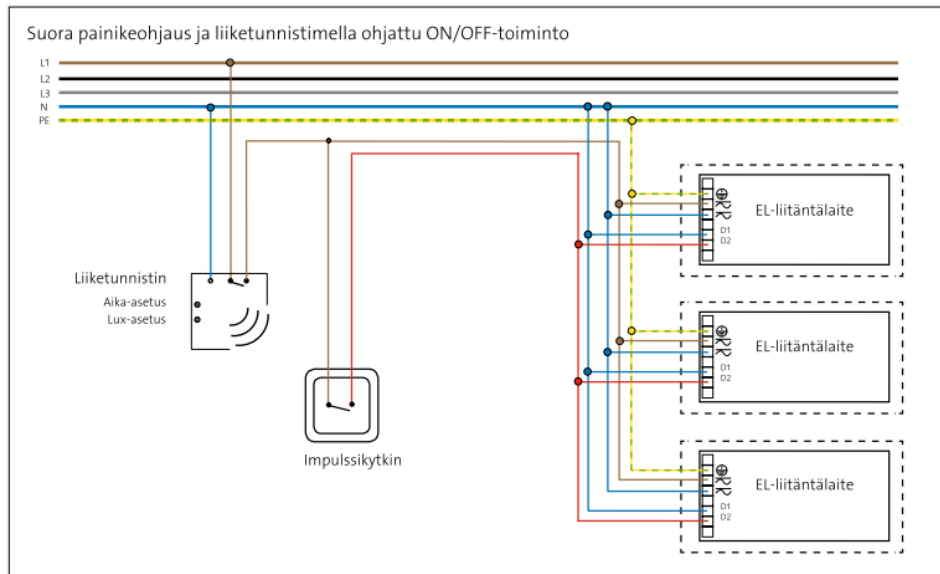
Yhdistämällä edellä kuvattuja automaattisia valaistusohjauskeinoja voidaan huomattavasti pienentää valaistustarpeisiin kulutettavaa energiaa. Monet käytännön esimerkit ja tutkimukset osoittavat, että käytettäessä automaattisia ohjauksia säästetään valaistuksessa energiaa jopa 80–90 prosenttia.

Läsnäolo-/liiketunnistinten täyden hyödyn saavuttamiseksi suunnitteluissa on otettava huomioon seuraavat asiat:

- tilojen koot (tunnistusalueen tarkastus)
- tunnistusalueella olevat esteet (tilanjakajat, kaapit, suuret huonekasvit)
- tilan tarkoitus (käytävät, toimistot, varastot jne.)
- paikalliset lämminilmavirtaukset (LVI-konehuoneet, varavoimatilat, tilassa olevat lämpöpatterit)
- eläinten liikkuminen tai tilassa nukkuva ihminen.

Tunnistimien sijoittelua kannattaa harkita huolellisesti, jos halutaan saada toimiva ja huoleton valaistusohjaus, joka samalla säästää energiaa. (Läsnäolotunnistimien sijoittelusta, ks. 6.4.4.)

Kuvassa 3 (ks. seur. s.) esitellään kytkentäkaavio, johon painikkeen lisäksi on otettu liiketunnistin mukaan. Kyseisessä tapauksessa valaistusohjaus tapahtuu joko automaattisesti läsnäolotunnistimen avulla tai painamalla painiketta. Painikkeesta voi olla hyötyä esimerkiksi silloin, kun läsnäolotunnistimen toiminta on ajallisesti rajoitettu.



Kuva 3. Automaattinen ohjaustapa [5, s. 481]

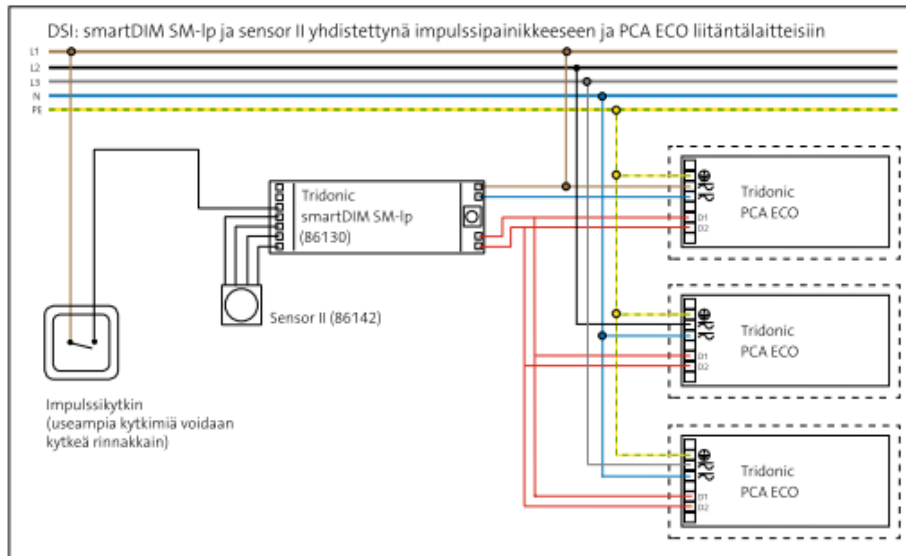
Kuvasta voitiin havaita, että myös ohjauslaitteet tarvitsevat syöttöjohtoa. Tämäkin taas tarkoittaa ylimääräisiä hankinta- ja asennuskustannuksia. Toimilaitteet, kuten releet, säätimet ja kontaktorit, asennetaan yleensä jakokeskuksiin. Syynä tähän on kaksinkertainen johtojen ja työmäärän tarve riippumatta siitä, onko kyseessä syöttöjohdot vai ohjausjohdot.

3.4 Digitaalinen ohjaus

Laitteiden väliset ohjaustiedot välitetään digitaalisessa muodossa. Digitaaliviesti koostuu pulssimuotoisista sarjoista eli yleensä nolista ja ykkösistä. Ohjaustapoja on osoitteettomia ja osoitteellisia ohjaustapoja.

3.4.1 Osoitteeton digitaalinen ohjaus

DSI (Digital Serial Interface) on osoitteeton digitaalinen valaistusohjaus. DSI-digitaaliohjauksessa säätö tapahtuu välittämällä digitaalisignaalia ohjausyksikön ja valaisinryhmän välillä. Tämä tarkoittaa sitä, että kaikki ryhmässä olevat valaisimet säätävät samalla tavalla. Kyseinen ohjaustapa on hyvä siinä mielessä, että ryhmäkoko ei ole rajattu, eikä järjestelmän ohjelmoimiseen ole tarvetta. Järjestelmää voidaan ohjata tietokoneen avulla. Hyvänä puolena on myös se, että ohjauspiirin pituus ei vaikuta säätötulokseen. DSI-ohjauksen periaate esitellään kuvassa 4 (ks. seur. s.). [5, s. 478.]



Kuva 4. DSI-ohjauksen periaate [5, s. 478]

3.4.2 Osoitteellinen digitaalinen ohjaus

Osoitteellinen ohjaus on väyläpohjainen valaistusohtaus. Ohjauksen idea on siinä, että jokaiselle järjestelmän komponentille annetaan osoite. Tarvittavat komponentit yhdistetään ryhmiksi ohjelmallisesti siten, että komponentit keskustelevat keskenään määrättyjen osoitteiden perusteella. Osoitteellista ohjaustapaa on käytetty DALI- ja KNX-järjestelmissä. Kyseisessä järjestelmässä viestit kulkevat tiettyjä reittejä digitaalisessa muodossa (ks. 4; 5).

Osoitteellista ohjaustapaa voidaan verrata tavanomaiseen ja kaikille tuttuun postin toimintaan. Kuvitellaan, että rakennukset ovat toimilaitteita, kuten läsnäolotunnistimia, painikkeita, kytkimiä jne., joilla on omat osoitteet. Tiet ja kadut ovat väyliä, joilla viestit liikkuvat. Poikkeuksena tavallisesta postin toiminnasta on se, että osoitteellisessa ohjausjärjestelmässä ei ole keskusyksikköä, kuten postitoimipaikka, jonka kautta kaikki viestit kulkevat. Osoitteellisessa ohjausjärjestelmässä viestit kulkevat edestakaisin osoitteiden välillä, eli jokainen järjestelmän komponentti on oma keskusyksikkönsä. Tätä ohjaustapaa kutsutaan hajautetuksi.

Lisäksi jokaiseen toimilaitteeseen tallennetaan muiden laitteiden osoitteet, kun laitteille on tarkoitettu tietty toiminta. Esimerkiksi yksi läsnäolotunnistin lähettää tietoa suoraan sille tarkoitettulle valaisimelle tai valaisinryhmälle. Jokaiseen valaisimeen on tallennettu

tämän läsnäolotunnistimen osoite, joten se vastaanottaa tunnistimelta lähetetyn ohjaussignaalin ja valaisin kytkeytyy päälle tai pois päältä.

Osoitteelliset ohjaustavat edellyttävät ohjelmointia ja käyttöönottoa, jotta eri ohjaukset saadaan halutunlaisiksi. Tarpeenmukaisien toimintaohjauksien ja niin kutsuttujen skenaarien ohjelmointi onnistuu yleensä aika kätevästi osoitteellista ohjaustapaa käytettäessä.

4 DALI-järjestelmä

4.1 DALI-järjestelmän ominaisuudet

DALI-protokolla eli Digital Addressable Lighting Interface on valaistuksen digitaalisen ohjausjärjestelmän kansainvälinen standardi, joka oli kehitetty markkinoita hallinneen 1–10 V:n analogisen ohjauksen seuraajaksi. Muista digitaalisista järjestelmistä poiketen DALI tuo kaksisuuntaisen ja osoitteellisen yhteyden valaisimeen niin, että tiedot voivat kulkea molempiin suuntiin. DALI-järjestelmä on standardisoitu kansainvälisen sähköteknisen komission IEC 60929 mukaisesti, ja se takaa eri valmistajien liitännälaitteiden vaihdettavuuden ja yhteensopivuuden.

DALI on räätälöity nykypäivän valotekniikka, joka on yksinkertaisempi ja edullisempi kuin rakennushallintajärjestelmä. DALI-järjestelmän komponenttivalmistajien valikoima sisältää tuotteet kaikkiin valaistusohjauksen tarpeisiin. [7, s. 10.]

DALI-järjestelmän edut urakoitsijan ja loppukäyttäjän kannalta ovat seuraavat:

- DALI-väylää varten tarvitaan vain kaksi johtoa, jotka ovat polarisaatiovapaita.
- DALI on avoin protokolla, joka on luotu nimenomaan valaistuksen ohjaukseen.
- DALI on yksinkertainen hajautettu väylä, minkä vuoksi erilaiset verkon muodot, kuten tähti, puu tai linja, ovat mahdollisia.
- DALI-järjestelmään kytkettyä laitteita voidaan ohjata keskitetysti tietokoneen avulla.

- DALI ei tarvitse keskusyksikköä.
- DALI-järjestelmän voidaan helposti liittää muihin rakennusautomaatiojärjestelmiin. [7, s. 11.]

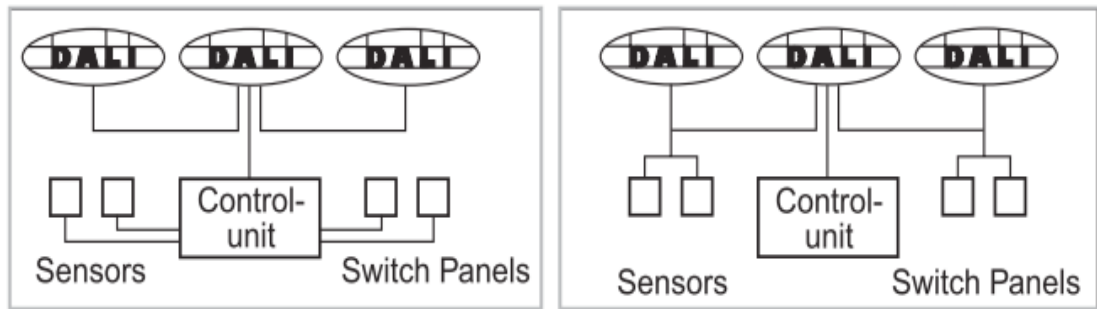
Lisäksi DALI-järjestelmä on kätevä muunneltavuuden kannalta. Järjestelmään on helppo lisätä komponenttia sekä voidaan ohjelmoida sen vaikka kokonaan uusiksi tai vain osittain. Valaistusohjauksen kannalta järjestelmä tarjoaa käytännöllisyyttä, mukavuutta, turvallisuutta ja tarpeenmukaisuutta.

4.2 DALI-järjestelmän rakenne

Yhdessä DALI-verkossa voi olla maksimissaan 64 kuormaliitintä tai ohjauslaitetta, joista voidaan muodostaa enintään 16 ohjattavaa ryhmää. Tämänkokoinen järjestelmä on ohjelmoitettavissa 16 erilaiseen valaistusohjaustilanteeseen. DALI-väylään voidaan liittää myös muita IEC 60929 -standardin tukemia ohjauslaitteita, kuten verho-ohjaimia.

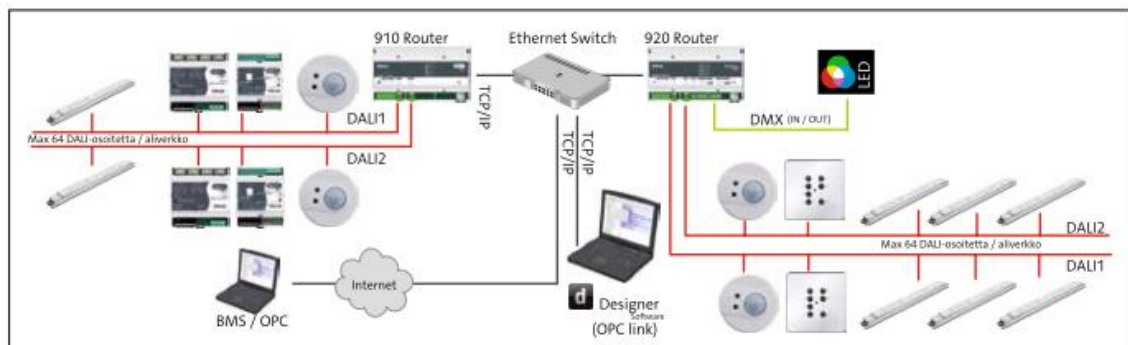
Pääasiassa kytkinlaitteita, ohjausyksiköitä ja liitälaitteita voidaan kytkeä toisiinsa kahdella eri tavalla. Toisen kytkentätavan idea on siinä, että ohjausyksikkö toimii kuin master-laite. Tässä tapauksessa ohjauspaneelit ja tunnistimet liitetään ohjausyksikköön omiin liittimiin yksitellen. Liitälaitteet voidaan ketjuttaa ohjausväylän avulla. Näin liitälaitteet saavat ohjaussignaaleja ohjausyksiköltä. Kyseinen kytkentätapa kutsutaan Single Master-kytkennäksi. Kuvan 5 vasemmalla puolella (ks. seur. s.) esitellään kytkennän periaatekaavio.

Toisen kytkentätavan idea on se, että muutamat ohjausyksiköt toimivat kuten master-laitteet. Tässä tapauksessa kaikki toimilaitteet liitetään samaan väylään. Sähköasennusten kannalta kyseinen kytkentätapa on käytännöllisempi, koska se vähentää huomattavasti kaapelimäärän tarvetta. Kytkentätapaa kutsutaan Multi-Master-kytkennäksi. Kuvan 5 oikealla puolella (ks. seur. s.) esitellään kytkennän periaatekaavio. [7, s.23–24.]



Kuva 5. DALI-järjestelmän toimilaitteiden kytkentätavat [7, s. 29]

Reitittimien avulla voidaan liittää useampia DALI-verkkoja toisiinsa, joten verkkoa voidaan kätevästi laajentaa melko isoksi järjestelmäksi. Kuvassa 6 esitellään DALI-järjestelmän rakenne. [7, s. 12.]



Kuva 6. DALI-järjestelmän rakenne [5, s. 477]

Reitittimien tärkeimpänä tehtävänä on välittää tietoa järjestelmän osa-alueiden välillä. Reititin osaa myös valikoida, mitkä tiedot ovat tarpeellisia välittää muille verkon alueille, ja mitkä ovat sen oman alueen sisäisiä viestejä. DALI-järjestelmä voidaan liittää rakennusautomaatiojärjestelmään rajapinnan avulla.

Suunnitellessa DALI-järjestelmää on huomioitava, että järjestelmän tiedonsiirtonopeus on rajoitettu 1,2 kbit/s:iin. Ohjauskaapeli voi olla maksimissaan 300 metriä. Lisäksi on muistettava, että ohjauskaapelin pituus vaikuttaa sen paksuuteen, jos kaapelin pituus on

- alle 100 metriä, jolloin paksuudeksi voidaan valita 0,5 mm²
- 100–150 metriä, ja se vaati 0,75 mm² paksuuden

- yli 150 metriä, ja tällöin paksuuden tulee olla 1,5 mm².

Lisäksi on huomioitava, että liitännälaitteiden on oltava DALI-järjestelmään yhteensopivia. Järjestelmään on mahdollista liittää myös muita valaistusohjaustapoja, kuten 1-10 V:n ohjaus, mutta se ei ole suositeltavaa. 1-10 V:n valaistusohjauksen tapauksessa valojen kytkentä ja himmennys perustuu erillisiin toimintoihin, kun taas DALIn tapauksessa nämä toiminnot on yhdistetty. Suunniteltaessa uudisrakennuksen valaistusohjausta DALI-järjestelmällä, on suositeltavampaa käyttää DALI-liitännälaitteita ja niille tarkoitettuja ohjaimia. 1-10 V:n liitännälaitteiden käyttö DALI-järjestelmässä on järkevämpää saneerauskohteissa, joissa kyseinen ohjaustapa on jo olemassa. On huomioitava myös se, että silloin järjestelmän joustavuus heikkenee valaistusohjauksen kannalta.

5 KNX-järjestelmä

5.1 KNX-järjestelmän ominaisuudet

KNX-järjestelmä perustuu EIB-kenttäväyläteknologiaan. KNX on avoin rakennusautomaatiojärjestelmä, joka noudattaa CSMA/CD-periaatetta. KNX-tuotemerkin omistaa KNX Association International.

KNX-järjestelmä on tarkoitettu älykkääseen ja energiaa säästävään kiinteistöjen automaatiohallintaan. KNX-järjestelmän avulla voidaan tarpeenmukaisesti, taloudellisesti ja joustavasti ohjata valaistusta, lämmitystä, tuuletusta, sälekaihtimia sekä pistorasioita. Periaatteessa järjestelmään voidaan kytkeä mitä vaan automaattisesti toimivia laitteita. Tässä tapauksessa tarvitaan vain sopivia muuntimia laitteiden yhteisymmärrykseen pääsemiseksi. Myös pienoisjännitesovelluksia, kuten hoitajakutsujärjestelmä, on mahdollista liittää KNX-järjestelmään käyttämällä yhteensopivia muuntimia.

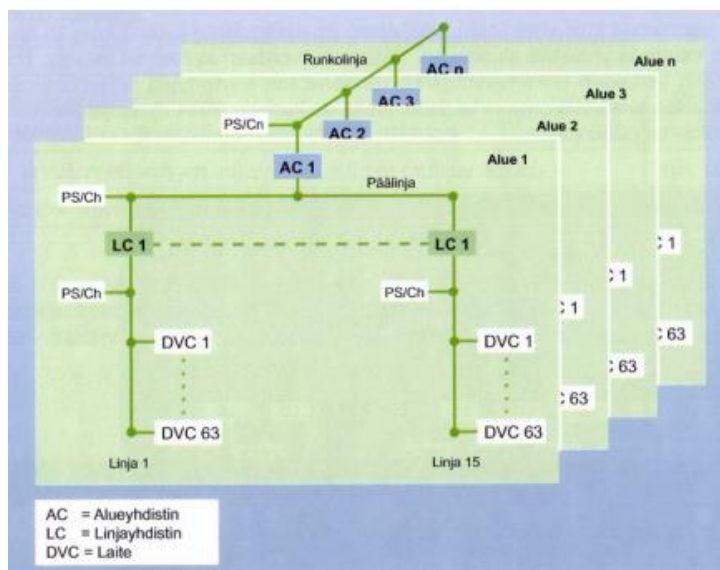
Järjestelmän toimintaidea on siinä, että jokaiselle toimilaitteelle luodaan ETS-ohjelman avulla oma osoite ja määritetään tietyt laitteet toimivaksi itsenäisesti keskenään, eli käytännössä järjestelmä ei tarvitse erillistä keskustietokoneetta tai ohjausyksikköä. Järjestelmän kaikki toimilaitteet kytketään sähköasennuksissa samaan väylään ja silloin se toimii epäsuorasti verrattuna perinteisiin ohjaustapoihin. Tämä tarkoittaa sitä, että painikkeen painaminen aiheuttaa ensin tiedonsiirtoa määrätylle laitteelle ja vasta sitten kuorman kytkemistä. [8, s. 9–10, 15.]

KNX-järjestelmän vahvuuksiin kuuluvat helpot suunnittelu-, sekä asennusmahdollisuudet. Asennuksessa ja käytössä ei ole lisenssitarvetta. Lisäksi koulutusmahdollisuudet sekä materiaalien saatavuus ovat hyvät. Tiukka standardointi takaa kaikkien laitteiden yhteensopivuuden. Järjestelmän ohjelmointi on helppoa ja nopeaa. Järjestelmän joustavuus ja muunneltavuus ovat erittäin tärkeitä asioita nykypäivänä. Järjestelmä soveltuu myös isoihin rakennuskiinteistöihin.

KNX-järjestelmän heikkoutena on tiedonsiirtonopeus, joka on rajoitettu 9,6 kbit/s:iin. Kyseinen nopeusluokka voi aiheuttaa ongelmia laajoissa KNX-järjestelmäratkaisussa, esimerkiksi silloin kun väylässä liikkuu paljon ohjaussignaaleja samaan aikaan. Väylässä voi tapahtua tiedontörmäyksiä. [9, s. 6–7.]

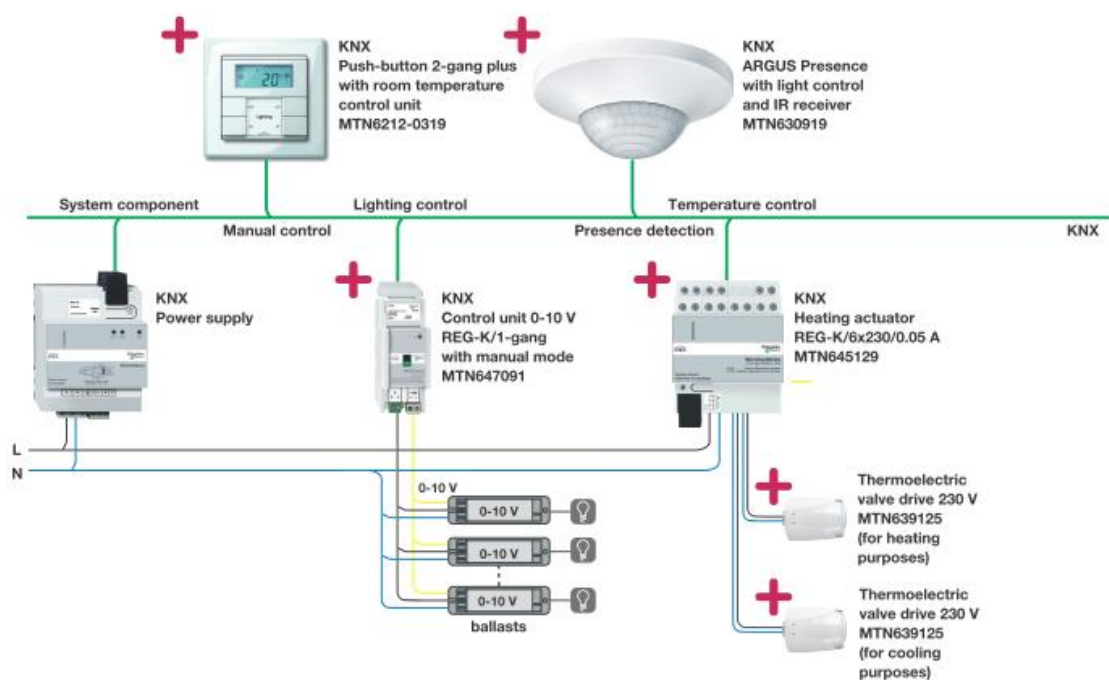
5.2 KNX-järjestelmän rakenne

Järjestelmä jaetaan alueiksi ja linjoiksi. Runkolinjalla yhdistetään alueet, joita voi olla maksimissaan 15. Yhdellä alueella on päälinja, johon voidaan kytkeä maksimissaan 15 linjaa. Yhteen linjaan voidaan kytkeä enintään 64 toimilaitetta, mutta on suositeltavaa, että jää jonkinlainen varaus mahdollisille lisäyksille. Kytettyjen toimilaitteiden määrä riippuu linjaa syöttävästä teholähteestä ja toimilaitteiden virrankulutuksesta. Suurin tehollähde on 640 mA, ja jokaisen toimilaitteiden keskimääräinen virrankulutus on 10 mA, siitä tulee 64 toimintalaitetta. KNX-järjestelmän rakenne esitellään kuvassa 7:



Kuva 7. KNX-järjestelmän rakenne [8, s. 28]

Järjestelmän jokaiseen linjaan on asennettava teholähde. Runkolinjaan teholähde asennetaan syöttämään alueyhdistimiä. Päälinjaan teholähde asennetaan linjayhdistimien syöttöä varten. Runko- ja päälinjaa varten voidaan käyttää 160 mA:n teholähteitä, koska linjayhdistimen virrankulutus on 6 mA päälinjassa ja 8 mA alilinjassa. Silloin kun asia koskee varsinaisia linjoja, joiden tarkoitus syöttää toimilaitteita, olisi suotava käytettäväksi suurinta mahdollista teholähdettä eli 640 mA ottaen huomioon tulevaisuudessa mahdollisesti tulevia muutoksia ja lisäyksiä. Runko- ja päälinjoihin voidaan myös liittää toimilaitteita, mutta silloin on otettava huomioon teholähteen riittävyys. Seuraavassa kuvassa 8 esitellään yhden linjan kytkentämalli.



Kuva 8. Yhden KNX-linjan laitteiden kytkentämalli [10]

Kuvasta 8 voitiin havaita, että kaikki laitteet liitetään samaan KNX-väylään, joten asennus on helppo ja nopea. Lisäksi kaapelimäärän tarve pienenee.

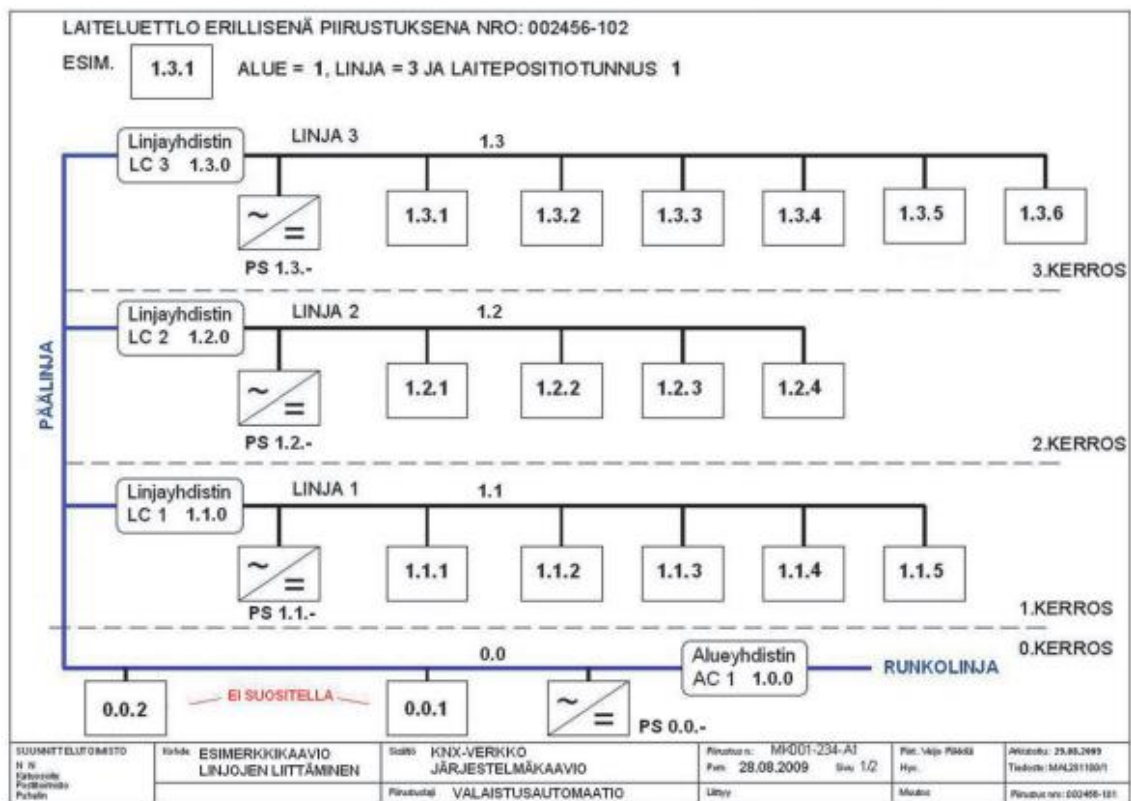
Isojen kiinteistöjen KNX-järjestelmän suunnittelussa on huomioitava kaapeleiden seuraavat raja-arvot:

- yhden linjan pituus maksimissaan voi olla 1 000 m
- teholähteen ja väylälaitteiden välinen etäisyys on maksimissaan 350 m

- kahden teholähteen välinen etäisyys kuristimet huomioon ottaen minimissaan 200 m
- kahden väylälaitteen välinen etäisyys on maksimissaan 700 m. [8, s. 15.]

KNX-järjestelmän rakenne voi olla tähti-, linja- tai puumuotoinen. Huomioon on otettava se, että rengasmuoto ei sovi KNX-järjestelmälle, koska vaarana on se, että tiedot jäävät kiertämään verkkoa ja aiheuttavat virheellisiä toimintoja.

Linjoja liitetään toisiinsa alue- tai linjayhdistimillä. Alue- ja linjayhdistimet ovat rakenteeltaan ja toiminnoltaan identtisiä laitteita. Yhdistimien tarkoitus on suodattaa väylässä kulkevia viestejä molempiin suuntiin ja päästää läpi vain sellaisia viestejä, joilla on osoite tietylle linjalle. Osoitteellinen järjestelmän rakenne esitellään kuvassa 9:



Kuva 9. KNX-järjestelmäkaavioesimerkki [9, s. 12]

Kuvasta 9 voitiin havaita, että jokaiselle toimilaitteelle on määritelty oma osoite. Kuvan esimerkissä on yksi alue, jolla on kolme linjaa. Osoite muodostuu alueen, linjan ja laitteen numerosta. Toimilaitteet välittävät tietoa keskenään näiden osoitteiden avulla.

6 Sairaalan potilasosastojen valaistusohjaus

Insinööriyössä tavoitteena oli toteuttaa uuden sairaalakohteen potilasosastojen valaistusohjausta energiaa säästävillä keinoilla. Sairaaloiden valaistus onkin nykyään pitkälti ohjattua, etenkin isoimmissa kiinteistöissä. Erilaiset ohjausjärjestelmät pitävät huolen koko kiinteistön ohjauksesta. Sairaalakohteissa valaistuksessa kiinnitetään erityisesti huomiota toimivuuteen, mukavuuteen, vaikutus mielialalaa sekä visuaaliseen näyttävyyteen. Uusia, hyödyllisiä ja automatisoituja ratkaisuja kehitellään jatkuvasti lisää.

Sairaalaan valittiin KNX-rakennusautomaatiojärjestelmä. Potilasosastojen valaistusohjaus kuitenkin toteutetaan DALI-järjestelmän avulla. KNX- ja DALI-järjestelmät yhdistetään toisiinsa rajapinnan avulla. Koska KNX-järjestelmä on tarkoitettu melko yksinkertaiseksi järjestelmäksi, jo perustietojen osaaminen auttaa isojen ja monimutkaisten kokonaisuuksien suunnittelussa.

Insinööriyössä oli tarkoituksena toteuttaa sairaalakohteen potilasosastojen valaistusohjaus asiakkaan asettamien tavoitteiden mukaisesti. Tavoitteena oli myös toteuttaa valaistusohjausta energiatehokkuutta parantavilla menetelmillä. Sairaalaan rakennetaan 3 potilasosastoa, joissa on yhteensä 17 potilassolua, ja potilassolujen välissä on 5 yhteistilaa. Potilassolun havaintokuva esitellään liitteessä 1 (ks. s. 1). Yhteensä sairaalaan rakennetaan 270 potilashuonetta. Yhden potilassolun pinta-ala on 835 m², ja koko potilasosaston pinta-ala on 8530 m². Tämän lisäksi sairaalaan tulee poliklinikkaosasto ensimmäiseen kerrokseen, jossa on apuvälinekeskus, suun terveyden-, kuntoutus-, saatto-, ja toimistoyksiköjä. Lähes kaikki tilat ensimmäisestä neljänteen kerrokseen liitetään KNX-järjestelmään.

Sairaalarakennukseen rakennetaan myös kolmekerroksinen parkkihalli. Yhteen parkkihallikerrokseen sijoitetaan kaikki kiinteistöä palvelevat tekniset tilat sekä KNX-järjestelmän ohjausyksikkö. Parkkihallien valaistusohjaus toteutetaan omana järjestelmänä, jonka kuvaus ei kuulu tähän insinööriyöhön.

KNX tuotteita ja palveluja tarjoaa yli 300 valmistajaa. KNX-komponenttien valmistajina toimivat monet tunnetut yhtiöt, kuten Schneider Electric, ABB, Ensto, Wago ja Hager. Eri valmistajien tuotteet poikkeavat toisistaan, vaikka niiden toimintaperiaate onkin sama. Tässä työssä on käytetty Schneider Electric Oy:n valmistamia painikkeita ja keskuskomponentteja, sekä Isylux Oy:n valmistamia KNX-läsnäolotunnistimia. Tämä ei

kuitenkaan tarkoita sitä, että valittujen valmistajien tuotteet olisivat muita parempia. Työn tarkoituksena ei ollut vertailla eri valmistajien tuotteita. Käytetyistä komponenteista löytyi helposti tarvittavaa tietoa, ja komponentit olivat sopivia tämänkaltaiseen järjestelmään.

6.1 Sairaalan KNX-järjestelmän rakenne

Toteutettava KNX-järjestelmä on jaettu alueisiin, niin että jokaisessa potilasosastossa on yhdeksän aluetta. Rakennus muodostuu kahteen riviin sijoitettavista suorakulmionmuotoisista ns. *torneista*, jotka yhdistyvät rivien väliin tulevalla rakennuksella. Yhteensä *torneja* on 7. Jokaisesta *tornista* muodostetaan yksi alue KNX-järjestelmää varten, joka nousee ensimmäisestä kerroksesta kolmanteen tai neljänteen kerrokseen riippuen *tornin* kerroksien määrästä. Rakennuksen keskialue jaetaan kahteen alueeseen. Siitä tulee yhteensä yhdeksän aluetta. Yhden kerroksen KNX-järjestelmän aluejako esitellään liitteessä 2 (ks. s. 1).

Alueilla on 6–8 linjaa riippuen alueesta, on alueita, joissa on 3 potilassolua ja on alueita, joissa on 4 potilassolua. Jokaiseen potilassoluun tuodaan 2 linjaa ja potilassolujen välissä oleviin yhteistiloihin tuodaan vain yksi linja. Näin kokonaisuudeksi muodostuu 9 aluetta ja 55 linjaa. KNX-järjestelmäkaavio esitellään liitteessä 3 (ks. s. 1–2), josta saadaan kuvitelma rakennuksen alueiden ja linjojen määrästä.

6.2 KNX-järjestelmän komponentit

KNX-järjestelmää varten on monia yhteensopivia tuotteita. Järjestelmään voidaan kytkeä yli kolmen sadan eri valmistajin komponentteja, kuten lämmitys-, ilmanvaihto-, valaistus-, turvavalaistus-, kulku-, sekä energianmittausjärjestelmiä. Monet järjestelmät saadaan puhumaan samaa kieltä, yhdistämällä niitä yhdeksi kokonaisjärjestelmäksi rajapintojen avulla.

6.2.1 Ryhmäkeskusten KNX-komponentit

Tässä esitellään kyseisessä projektissa käytetyt komponentit ja ainoastaan valaistusohjaukseen tarvittavat komponentit. KNX-komponentteja asennetaan potilassolujen

ryhmäkeskuksiin, sekä potilasosastojen ryhmäkeskuksiin. Ryhmäkeskusten tunnuksiset esitellään KNX-järjestelmäkaaviossa liitteessä 3 (ks. s. 1).

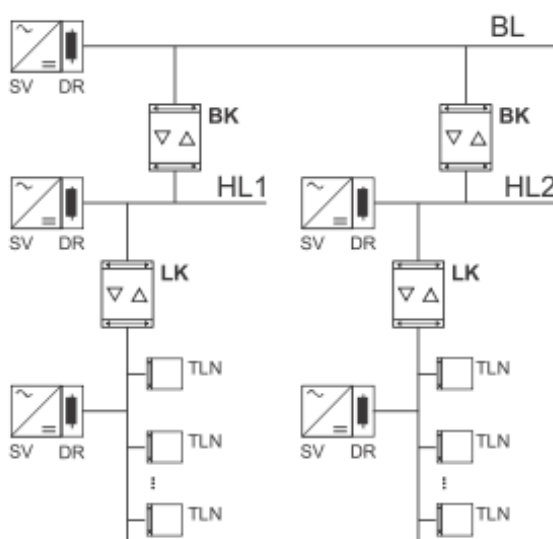
Kytкин REG-K

Kytкин yhdistää kaksi instabus KNX-datalinjaa ja varmistaa samalla linjojen elektronisen erottamisen toisistaan. Laite esitellään kuvassa 10:



Kuva 10. Kytкин REG-K, Schneider Electric [11]

Laitetta voidaan käyttää linja-, aluekytkimenä tai vahvistimena. Seuraavassa kuvassa 11 esitellään KNX-järjestelmän toimintakaavio:



Kuva 11. KNX-järjestelmän toimintakaavio [12]

Kuvan 10 merkkiselitykset

- SV-teholähde
- DR-kuristin
- TLN-väyläliittymä
- BK-alueyhdistin
- LK-linjayhdistin
- BL-runkolinja
- HL-alilinja.

Laitetta syötetään KNX-päälinjasta 21–30 V:n DC-jännitteellä, ja sen virrankulutus päälinjaan asennettuna on 6 mA ja alilinjaan 8 mA.

KNX/IP-reititin REG-K

Reitittimen avulla voidaan yhdistää KNX-väylä ja lähiverkko keskenään, silloin tiedonsiirto tapahtuu nopeammin, koska Ethernet-väylässä tiedonsiirto tapahtuu 10 Mbit/s:n nopeudella ja KNX-väylässä vain 9,6 kbit/s.

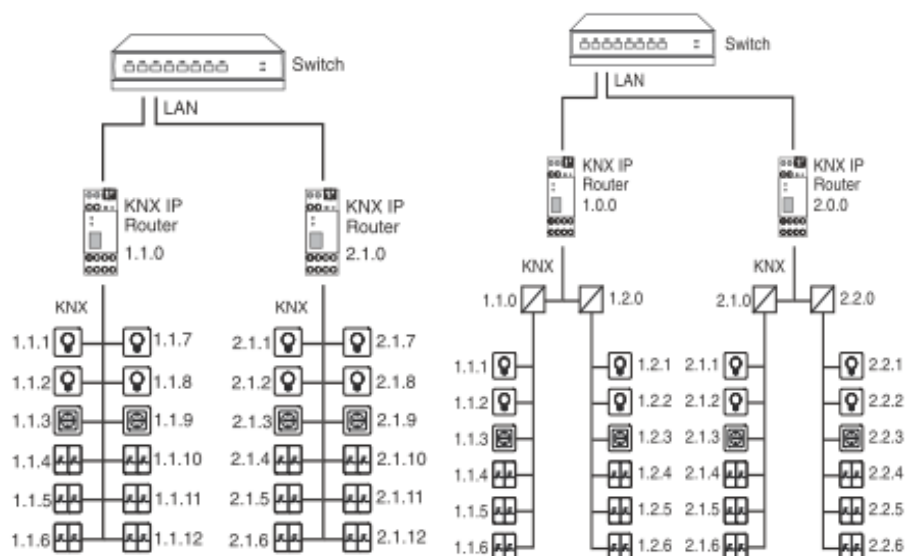
Reitintä on hyvä käyttää suurissa rakennuksissa, joihin on tulossa paljon alueita ja linjoja. Laitetta voidaan käyttää myös linjayhdistimenä. Tässä tapauksessa reitittimen fyysisen osoitteen määrittäminen määrittää sen, toimiiko laite linjakytkimenä vai runkoverkkokytkimenä. [13.]

Kuvassa 12 esitellään projektiin valittu KNX/IP-reititin:



Kuva 12. KNX/IP-reititin REG-K, Schneider Electric [11]

Kuvassa 13 esitellään KNX/IP-reitittimen kytkentämahdollisuudet. Vasemmalla kuvassa reititintä on käytetty linjakytkimenä ja oikealla runkoverkonkytkimenä.



Kuva 13. KNX/IP-reititin linjakytkimenä (vasemmalla) ja runkoverkonkytkimenä (oikealla) [13]

KNX/IP-reititintä syötetään erillisellä 12–24 V:n virtalähteellä tai Ethernet-kaapelilla, joka esitellään kuvassa 14. [13.]

Virtalähde REG, 24 V DC / 0,4 A

Laite on tarkoitettu KNX/IP-reitittimen syöttöön. Virtalähde syöttää erittäin pienen jännitteen ja sen enimmäisvirrankulutus on 0,4 A. Laitteessa on sisäänrakennettu ylikuormitus- ja oikosulkusuoja. [14.]



Kuva 14. Virtalähde REG, 24V DC / 0,4A, Schneider Electric [14]

KNX-virtalähde

Laite on tarkoitettu väyläjännitteen syöttöön. Tarvittava teholähde mitoitetaan keskimääräiselle kuormitukselle. Mitoituksessa otetaan huomioon kaikki väylään liitettävät toimilaitteet. Keskimäärin jokainen toimilaitte kuluttaa 10 mA. Schneider Electric:lla on olemassa 160 mA:n, 320 mA:n ja 640 mA:n teholähteet, jotka on vastaavasti tarkoitettu 16, 32 ja 64 laitteiden syöttöön. Kuvassa 15 esitellään laitteen kuva. [15.]



Kuva 15. Virtalähde 640 mA, Schneider Electric [11]

Kukin linja vaatii erillisen virtalähteen. Laite kytketään verkkojännitteeseen AC 110–230 V:n, 50–60 Hz, ja se kuluttaa enintään 50 W. Virtalähde syöttää KNX-väylän 30 V:n nimellisjännitteellä.

KNX/DALI- Gateway

Laitteen avulla liitetään DALI- väylä KNX- järjestelmään, ts. se on rajapinta kahden järjestelmän välillä. Käyttämällä sellaista ratkaisua saavutetaan valaistusohtausjärjestelmään joustavuutta, mukavuutta ja helppokäyttöisyyttä. Periaatteessa laitteessa on samoja ominaisuuksia, kuin edellä kuvatussa DALI-järjestelmässä. Kuvassa 16 esitellään KNX/DALI-gateway:



Kuva 16. KNX/DALI-gateway, Schneider Electric [11]

Laitteen virrankulutus on enintään 7 W. Laite syöttää DALI-väylää enintään 128 mA:lla. Laitteeseen on mahdollista liittää enintään 64 liitäntälaitetta, joita voidaan ohjata erikseen. Yleensä yhdessä valaisimessa on yksi liitäntälaitte. Mutta on otettava huomioon nykypäivän modernit valaistusratkaisut, joissa voi olla enemmän kuin yksi liitäntälaitte. 64 liitäntälaitteesta voidaan muodostaa enintään 16 ryhmää.

Laitteen käyttöönotto voidaan suorittaa joko paikallisesti kytkemällä tietokone laitteen ethernet-liittimeen, tai integroidun verkkopalvelimen kautta. Käyttöönotto tehdään ETS-ohjelman kautta. Käyttöönotolla tässä tarkoitetaan valaisinkohtaisia asetuksia ja ryhmien muodostamista, sekä tilanneohjauksien tallentamista. [16.]

6.2.2 Tilakohtaiset komponentit

Painikkeet

On olemassa paljon erilaisia vaihtoehtoja, kuten 2-osaisia, 4-osaisia tai 8-osaisia. Kyseisissä painikkeissa on yleensä keskellä merkintäkenttä, johon merkitään painikkeen tarkoitus, eli se mitä se ohjaa.

Kuvassa 17 esitellään pari esimerkkiä painikkeista. Kuvassa vasemmalla on 2-osainen painike ja puolella 4-osainen näytöllä varustettu painike.



Kuva 17. KNX-painikkeet [11]

Painikkeissa voi olla myös näyttö. Näytölle voidaan tuoda seuraavat tiedot, kuten

- kellonaika
- päivämäärä

- huoneen lämpötila
- nykyinen käyttötila.

Näytön avulla myös voidaan tehdä huonekohtaisia asetuksia. Markkinoilla myös on perinteisen näköisiä vipupainikkeita.

Tässä projektissa käytetään 2- ja 4-osaisia painikkeita. Yhden painikkeen toiminta perustuu painalluspituuteen. Esimerkiksi valaistusohjauksessa lyhyt painallus syyttää tai sammuttaa valot, ja pitkä painallus toimii himmentimenä.

Läsnäolotunnistimet

Energiantehokkuuden kannalta on tärkeä automatisoida valaistusohtausta. Tämäkin onnistuu läsnäolo-, liike- ja päivänvalotunnistimilla. Tunnistimien asianmukainen sijoittelu vaikuttaa myös energiansäästöön. Kuvassa 18 esitellään läsnäolotunnistimet. Kuvan vasemmalla puolella on normaalikokoinen tunnistin ja kuvan oikealla puolella mini versio.



Kuva 18. Läsnäolotunnistimet [6]

Linjaliittimet

Liittimillä voidaan yhdistää ja haaroittaa KNX-väyläkaapelia. Schneider Electric:lta löytyy sekä väyläliittimiä että haaroitusliittimiä.

6.3 Valaistusohjauksen toteutus

Potilassolun valaistus muodostuu valaisimista ja niiden ohjaukseen tarkoitetuista kalusteista. Säädettävät valaisimet on varustettu DALI-liitäntälaitteilla, muut valaisimet varustetaan normaaleilla elektronisilla liitäntälaitteilla. Ohjaavat kalusteet ovat KNX-järjestelmän kalusteita ja niiden tyypit esitellään taulukossa 1 (ks. 6.5). Potilassolun KNX-järjestelmäkaavio esitellään liitteessä 1 (ks. s. 2).

Potilasosastojen valaistusta ohjataan automaattisesti läsnäolotunnistimia käyttäen. KNX-järjestelmään liitetään pääasiallisesti säätöä tarvitsevia tiloja, kuten potilashuoneita, käytäviä ja toimistoja. Potilasosaston KNX-järjestelmäkaavio esitellään liitteessä 2 (ks. s. 3). Tiloihin, joissa oleskellaan paljon, asennetaan myös painikkeet läsnäolotunnistimien lisäksi, jotta voidaan tarpeenmukaisesti vaikuttaa valaistustilanteisiin. Teknisten tilojen, kuten sähkötilat ja varastot, valaistusohjaus toteutetaan perinteisellä tavalla ilman erillistä ohjausjärjestelmää.

Tilaajan pyynnöstä kiinteistöön perustetaan keskitetty valvomoyksikkö K1-kerrokseen. Ohjausyksikön kautta kiinteistöhuoltaja pääsee seuraamaan koko järjestelmän tilanetta yhdestä paikasta, mitä helpottaa kiinteistön huoltoa. Valaistusohjausjärjestelmän ohjelmointia voidaan myös toteuttaa ohjausyksikön kautta, jotta ei tarvitse kiertää jokaista osastoa erikseen.

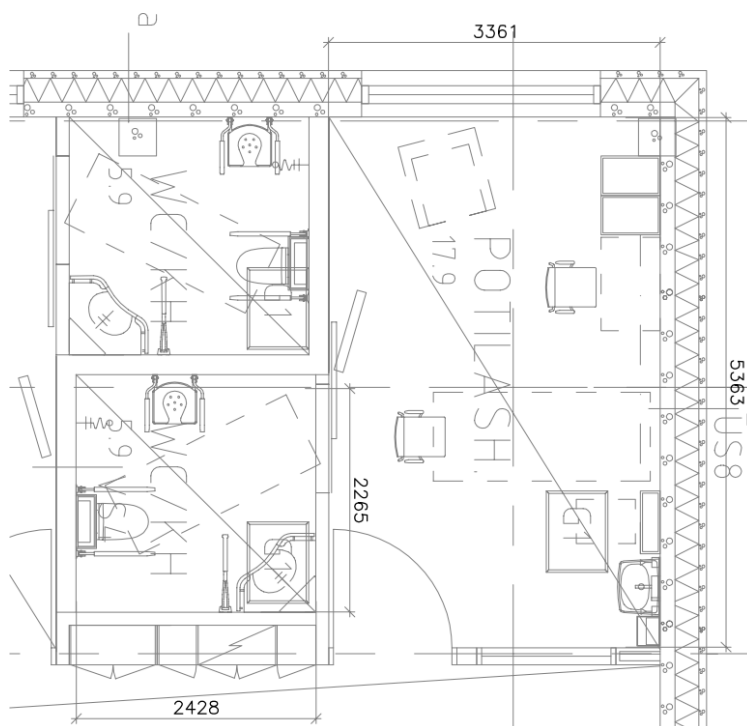
Alavalvomoita perustetaan potilasosastojen toimistoihin, kaapeloinnissa hyödynnetään tilaan rakennettua atk-verkkoa. Toimistoihin asennetaan ohjauspaneelit, joilla hallitaan osastoja, sekä solujen valaistusta osastokohtaisesti. Ohjauspaneelin tarkoitus on helpottaa valaistustilanteiden seuranta, ohjausta erikoistapauksissa, esimerkiksi hätätilanteen yhteydessä sekä tarkkailla valaisinhuollon tarvetta. Lisäksi liittämällä tietokone ohjauspaneeliin voidaan muuttaa järjestelmän asetuksia. Ohjauspaneelin liittämisestä järjestelmään on sovittava rakennuttajan ja/tai ITC-järjestelmän toimittajan sekä automatiikkaurakoitsijan kanssa. Järjestelmien rajapintojen hankinnasta ja asennuksesta sovitaan, kun järjestelmien toimittajat ovat lopullisesti valittu.

Järjestelmään liitettävät ryhmäkeskukset kaapeloidaan CAT6-kaapelilla lähimmälle ATK-järjestelmän kytkentäkeskukselle, kaapeli päätetään kytkentäkeskuksen kaapeli-paneeliin. Kaapelipaneelistä kytketään järjestelmä kiinni atk-verkon kytkimeen, josta tiedonsiirtoväylä välittyy koko atk-järjestelmän runkokaapelien kautta.

KNX-komponentit, kuten tehonlähde sekä johdonsuojakatkaisijat, asennetaan potilasolujen ja potilasosastojen ryhmäkeskuksiin varavoimajärjestelmän puolelle. KNX-väylän kaapelointiin käytetään PVC-eristeistä kaapelia KLMA 4x0,8+0,8. Valaisimet saavat sähkönsyöttönsä normaaliin tapaan huonekohtaisilta ryhmäkeskuksilta. Painikkeet ja läsnäolotunnistimet kytketään KNX-väylään, joka taas on yhteydessä keskuksessa olevaan virtalähteeseen.

6.3.1 Potilashuoneiden valaistusohjaus

Huoneiden pinta-ala on 18 m², ja huoneissa on melko hyvä luonnonvalon saatavuus. Potilashuoneen havaintokuva esitellään kuvassa 19. Potilashuoneissa on sekä yleisvalaistus, joka toteutetaan kahdella kattoon upotettavalla valaisimella, että lukuvalaistus, joka toteutetaan sijoittamalla toinen valaisin sängyn päädyn yläpuolelle ja toinen kirjoituspöydän yläpuolelle potilaspaneeliin. Huoneiden valaistusohjauksessa hyödynnetään automaattista valaistusohjausta, mutta jätetään mahdollisuus ihmiselle itsekin vaikuttaa valaistukseen yksityiskohtaisien toivomuksien mukaisesti.



Kuva 19. Potilashuoneen havaintokuva

Huoneissa valaistusta säädetään läsnäolo-/päivänvalotunnistimen avulla, valaistusta voidaan ohjata lisäksi ovenpieleen ja potilaspaneeliin asennetuilla painikkeilla. Läsnaolo-/päivänvalotunnistin säätää yleisvalaistuksen asetetulle tasolle ja pitää sen asetetulla tasolla huomioon ottaen muista valonlähteistä, esimerkiksi päivänvalosta tai käytävien valosta, tulevan valon. Painikkeilla voidaan ohjata yleisvalaistusta päälle/pois sekä himmentää sitä ylös/alas.

Huoneisiin asennetaan Isyluxin läsnäolotunnistimet **PD-360i/8 mini KNX** yleisvalaistusta varten, joka liikkeen havaitessaan kytkee valot päälle. Kyseisessä tunnistimessa on päivänvalotunnistusominaisuus, jonka avulla huoneisiin ulkoa tuleva luonnonvalo otetaan huomioon ja anturin mittaustuloksien perusteella keinovalaistuksen voimakkuus säätyy asetettuun valaistusvoimakkuustasoon. Läsnaolotunnistimen sijoituksessa on otettava huomioon oven vieressä olevaa lasiseinä, jotta tunnistin ei reagoi käytävällä syttyvään valoon.

Huoneiden yleisvalaistusta ohjataan myös aikaohjauksella, esimerkiksi yöaikana klo 22–7 läsnäolotunnistus ohitetaan. Tässä tapauksessa huoneisiin kytkeytyy yövalot päälle ja valaistusta voidaan silloin ohjata vain painikkeilla, jotka sijoitetaan ovenpieleen ja potilaspaneeliin potilaan viereen.

Potilaspaneeliin sijoituvia valaisimia ohjataan erikseen painikkeilla. Sängyn päädyn yläpuolella sijaitsevaa valaisinta ohjataan potilaspaneelissa olevilla painikkeilla ja kirjoituspöydän yläpuolella sijaitsevaa valaisinta ohjataan sen läheisyyteen asennettavalta painikkeelta. Molempia valaisimia saadaan myös ohjattua ovenpieleen asennettavilta painikkeilta.

Yövalaistus toteutetaan säätämällä esimerkiksi yhden potilaspaneelivalaisimen valaistusvoimakkuutta 10 prosenttiin huoneisiin määritetystä kokonaisvalaistusvoimakkuudesta. Kirjoituspöydän yläpuolelle tulevaa valaisinta ohjataan erillisellä paikallisella painikkeella, sillä sytytetään ja sammutetaan valaisinta, sekä himmennetään.

WC/pesutilojen valaistus toimii myös automaattisesti läsnäolotunnistimella ja kelloohjauksella. WC/pesutiloihin asennetaan **PD-C360i/8 mini KNX**-tunnistin. Valaisimet kytkeytyvät päälle, kun läsnäolotunnistin havaitsee liikkeen ja tilasta poistuttaessa valot sammuvat asetetun viiveajan kuluttua. WC/pesutiloissa myös käytetään aikaohjausta

yövaloa varten. Esimerkiksi klo 6–22 valaistus kytkeytyy täydelle teholle ja klo 22–6 vain 50 prosenttiin täysitehosta.

Hätätilanteita varten WC/pesutiloihin asennettava hoitajakutsujärjestelmä liitetään KNX-järjestelmään rajapinnan avulla. Tapauksessa, jolloin hoitajakutsujärjestelmä on aktivoitu, potilashuoneen, sekä WC-tilan valaistus kytkeytyy täydelle teholle riippumatta kellonajasta.

Potilashuoneisiin asennettavien painikkeiden on oltava KNX-järjestelmään yhteensopivia. Ovenpieleen ja potilaspaneelin asennetaan 4-osaisia painikkeita, joiden ohjelmointiesimerkki on selostettu seuraavaksi.

Painikkeiden toimintaesimerkki

- I. painikkeella ohjataan ja säädetään huoneen yleisvalaistusta
- II. painikkeella ohjataan ja säädetään lukuvalaistusta
- III. painikkeella ohjataan yövalaistusta
- IV. painikkeella ohitetaan automatiikka ja kytketään valaistus joko pysyvästi päälle tai pois päältä. Ohitus voidaan lopettaa automaattisesti asetetun viiveajan kuluttua, esim. kahden tunnin kuluttua.

Painikkeiden yllämainittu toimintaesimerkki voidaan määrittää sekä ovenpieleen asennettaville painikkeille, että potilaspaneeliin tuleville painikkeille tai voidaan ohjelmoida jokaiselle omat toiminnot.

6.3.2 Potilassolun yhteistilojen valaistusohjaus

Potilassolun yleistiloihin kuuluvat kaksi käytävää, ruokailutila, kuntoutustila, tietokonepaikat ja kirjasto. Toinen käytävä on 37 metriä pitkä ja toinen 34 metriä. Ruokailutila on avoin tila ja sijaitsee käytävien välillä. Sama koskee kuntoutustilaa. Näissä tiloissa vaatimuksena on oikean läsnäolo- ja liiketunnistuksen valinta. Läsnäolotunnistinten sopivan määrän valinta on myös tärkeä asia, lisäksi niiden asianmukainen sijoittaminen

vaikuttaa hyvään lopputulokseen. Potilassolun havaintokuva, sekä läsnäolotunnistimien sijoittelu esitellään liitteessä 1 (ks. s.1, 3).

Käytävät

Käytävien valaistusohjausta ohjataan ja säädetään määrättyjen kellonaikojen mukaan, sekä läsnäolotunnistimien avulla. Jokaisen käytävän valaisimista muodostetaan erilliset valaistusryhmät, jotta ne toimisivat riippumatta toisistaan, kun esimerkiksi läsnäolotunnistin havaitsee liikettä vain toisessa. Käytävien valaistustaso on säädettävä ja ohjelmoitava 50 luxin tasolle yön ajaksi SFS-12464-1 -standardin mukaisesti. Käytävien valaistukseen voidaan vaikuttaa lisäksi painikkeilla. Painikkeita tarvitaan esimerkiksi hätätilanteen yhteydessä, jotta saadaan kaikki valaisimet päälle kerrallaan läsnäolotunnistimista riippumatta.

Kuntoutus ja ruokailu

Alueiden valaistusta ohjataan rinnan käytävien aikaohjelmien mukaan, kuitenkin yö-aikaan valaistus sammutetaan kokonaan. Valaistukseen voidaan vaikuttaa lisäksi painikkeilla ja ohjauspaneelin avulla. Painikkeita tarvitaan esimerkiksi hätätilannetta varten. Jokaiseen tilaan asennetaan kaksi läsnäolotunnistinta, joiden vaikutusalueet rajoitetaan linssisuojalla käytävien puolelta. Läsnäolotunnistimet toimivat vain silloin, kun joku oleskelee kyseisillä alueilla.

6.3.3 Potilassosaston yhteistilojen valaistusohjaus

Potilassosaston yhteistiloja ovat käytävät, ruokailutilat ja kuntoutustilat. Nämä tilat ovat avoimia ja kuuluvat yhteen kokonaisuuteen. Alueella on kaksi pääkäytävää, joiden välissä on viisi pienempää käytävää. Läsnäolotunnistimien sijoittelun kannalta koko alue jaetaan viideksi pieneksi alueeksi niin, etteivät valaisimet kytkeydy päälle kaikki kerrallaan. Jokainen pääkäytävä jaetaan kahdeksi alueeksi. Jokaiseen pieneen käytävään asennetaan **PD-C360i/8mini KNX**-tunnistin. Jokaiselle pääkäytävälle asennetaan viisi tunnistinta. Aluejako esitellään liitteessä 2 (ks. s. 2). Alueilla olevat valaisimet kytkeytyvät päälle vain silloin, kun joku kulkee alueella. Käytännössä valot ovat vain sillä käytävän alueella, jossa kuljetaan ja toisessa valot ovat pois päältä. Käytävien pätyihin asennetaan painikkeet käsiohjausta varten.

Yhden pääkäytävän päädyssä oleva kuntoutustila otetaan omaksi alueeksi, jossa läsnäolotunnistimen vaikutusalue rajoitetaan linssisuojaalla käytävän puolelta. Tässä tapauksessa läsnäolotunnistin toimii vain kyseisellä alueella eikä valo kytkeydy päälle, kun joku kävelee käytävää pitkin kuntoutustilan ohi.

Ruokailutiloja varten seinäpinnoille asennetaan painikkeet, joilla voidaan ohjata ruokapöytien yläpuolella olevia valaisimia keskitetysti, riippumatta muista valaisimista. Lisäksi näitä valaisimia ohjataan kellonajan mukaisesti, eli yön aikana valaisimet ovat joko kytkettynä pois päältä tai niiden valaistusvoimakkuus alhaisella tasolla.

6.4 Valaistushjausjärjestelmän ohjelmointi

Järjestelmän ohjelmointi toteutetaan ETS-ohjelman avulla. Tämän työn yhteydessä tehdään vain ehdotukset valaistushjauksesta ottamalla huomioon SFS-12464 standardin määräykset.

Järjestelmän ohjelmointi, koestaminen ja käyttöönotto sisältyvät sähköurakkaan, samoin edellä esitettyjen rajapintojen hankinta. Urakoitsijan on osoitettava pätevyytensä järjestelmän ohjelmointiin esittelemällä vastaavia referenssikohteita ym. dokumentteja. Mikäli urakoitsija ei suorita ohjelmointityötä itse, on siihen palkattava aliurakoitsija, joka omaa tarvittavan pätevyyden.

Ohjelmointiin tarvittavat kellonajat on sähköurakoitsijan sovittava yhteistyössä tilojen käyttäjän kanssa. Taulukossa 1 (ks. seur. s.) esitellään suunta-antava ohjelmointiesimerkki potilassolua, joka on tarkennettava käyttäjän neuvotteluissa. Lisäksi taulukossa esitellään läsnäolotunnistinten, painikkeiden tyyppejä ja valaisinten määrää.

Urakkaan sisällytetään järjestelmän ohjelmointi taulukoissa 1 ja 2 esitetyillä ajoilla ja tapahtumaohjelmilla. Takuuvuoden aikana urakkaan sisältyy toinen ohjelmointikerta käyttäjän haluamilla valaistushjelmilla ja tapahtumilla.

Taulukko 1. Potilassolun ohjelmointiesimerkki

LAITTEET	OHJELMOINTI					
	Himmennys	Läsnäolo	Päivänvalo	Monipalvelupääte*	Yövalo	Aikaohjaus
Ohjelmointi (AU)						
Kojeet (SU)						
Johdotus (SU)						
Potilashuone XX						
-läsnäolo-/päivänvaloohjaus						
Isylux, PD-C360i/8 mini KNX	X		X		X	X
-painikeohjaus						
-ovenpieli	X					
Schneider, WDE002933 KNX						
-potilaspaneeli	X					
Schneider, WDE002933 KNX						
-läsnäolo-ohjaus						
Isylux, PD-C360i/8 mini KNX		X				
Valaisimet						
-kattovalaisimet						
-1 kpl (DALI)	X	X	X	X	X	X
-1 kpl (DALI)	X	X	X	X		X
-potilaspaneelivalaisimet						
-1 kpl (DALI)	X	X		X		
-1 kpl (DALI)	X	X		X		
-WC- valaisimet						
-1 kpl peili (DALI)		X		X		X
-1 kpl katto (DALI)		X		X	X	
Potilassolun yhteistilat						
-läsnäolo-/päivänvaloohjaus						
Isylux, PD-C360i/12 mini KNX	X	X	X		X	X
-painikeohjaus						
Schneider, WDE002933 KNX	X					
-läsnäolo-ohjaus						
Isylux, PD-C360i/12 mini KNX						
Valaisimet						
käytävät						
-18 kpl (DALI)	X	X	X	X	X	X
kuntoutus						
-6 kpl (DALI)	X	X	X	X		X
ruokailu						
-6 kpl (DALI)	X	X	X	X		X

Yön ajaksi yhden valaisimen valaistusvoimakkuus potilashuoneissa asetetaan 30 luksin tasolle ja tämän voimakkuustason on tarkoitus toimia yövalona. Käytäviin asetetaan yön ajaksi 50 luksia ja tämä arvo on vähimmäisvoimakkuustaso SFS-12464 standardin mukaisesti. Auloissa, kuten ruokailu- ja kuntoutustiloissa, valaistus sammutetaan yön ajaksi kokonaan. Taulukossa 2 (ks. seur. s.) esitellään valaistusvoimakkuustasot aikaohjelmien mukaan.

Taulukko 2. Aikaohjelmat

	klo 6.00-22.00	klo 22.00-6.00
Potilassolu	300 lx	30 lx
Käytävät	200 lx	50 lx
Aulat	300 lx	0 lx

Taulukossa 2 esitetyt valaistusvoimakkuusarvot ovat suuntaa-antavia. Valaistusvoimakkuustasoista on sovittava asiakkaan ja käyttäjien kanssa.

7 Yhteenveto

Projektin edetessä saatiin tietoa paljon KNX-järjestelmästä ja valaistusohjaukseen liittyvistä asioista. Kuitenkin vielä on lisää opittavaa. Valaistusohjauksen suunnittelu isoihin kiinteistöihin, kuten sairaalakohteisiin, on vaativaa työtä. Se vaatii potilaiden ja terveydenhuoltohenkilökunnan tarpeiden huomioon ottamista. Tämän lisäksi on otettava huomioon käyttömukavuus, helppo asennus, helppo ja nopea huolto sekä energiatehokkuus. Nämä kaikki asiat muodostavat nykypäivän haasteita toimivaan lopputulokseen.

Työssä esitelty potilasosastojen valaistusohjauksjärjestelmän suunnitelma on alustava ja sitä pidetään lähtökohtana siksi, että projekti on iso ja vaatii kaikkien suunnittelijoiden sekä käyttäjien osallistumista kyseiseen projektiin, jotta päästäisiin hyvään lopputulokseen. Suunnittelukokouksia ja neuvotteluja pidetään jatkuvasti, joten tietoja päivitetään ja täsmennetään lähes päivittäin.

Käyttäjäneuvottelut ovat hyödyllisiä tällaisissa tapauksissa, koska ne auttavat hahmottamaan, esimerkiksi, mitä potilas tai terveydenhuoltaja tarvitsee. Lisäksi on huomattu, että käyttäjä, jolla ei ole kokemusta sellaisista järjestelmistä, kuten KNX, vierastaa näitä. Siitä johtuen asiantuntijoiden tehtävänä on mahdollisemman yksinkertaisesti selittää toimintaideaa, jotta toteutetut suunnitelmat ja lopputulokset toisivat mukanaan odotettua hyötyä.

Tässä työssä on yritetty esittää potilasosastojen valaistusohjauksen toimintaideaa yksinkertaisesti, mutta kokemus näyttää, että käyttäjälle on vaikea hahmottaa tässä työssä esiteltyjä asioita, vaikka kokemusta omaaville tuntuu yksinkertaiselta asialta. Tämän projektin kehittämistä jatketaan edelleen vielä tämän insinööriyön valmistuttua.

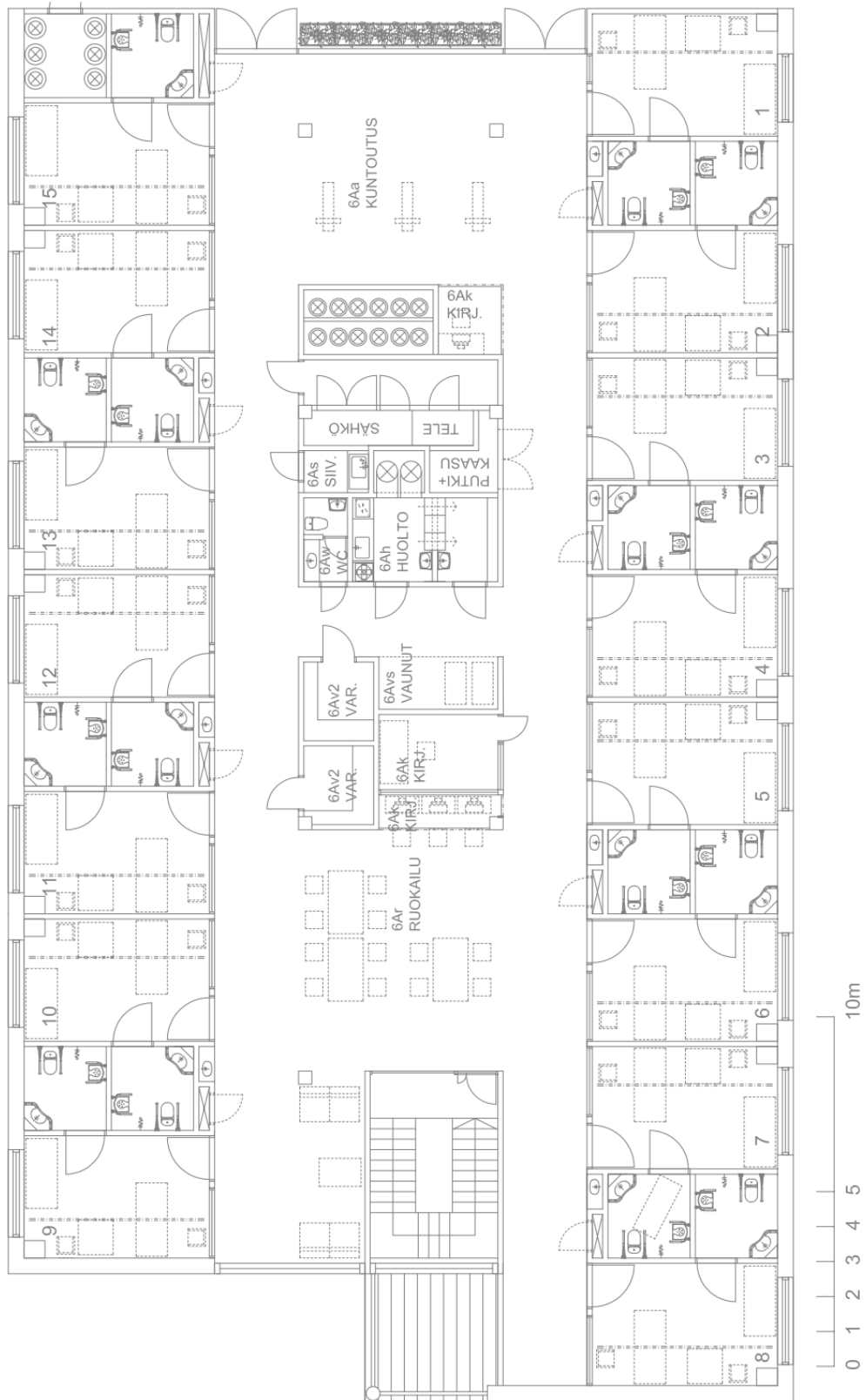
Lähteet

- 1 Yritysesitys. 2013. Wise Group Finland Oy. Verkkodokumentti. <<http://www.wisegroup.fi/yritys>>. Luettu 1.10.2013.
- 2 Nurmio, Jarno. 2012. Valaistuksenohjaukskytkennät ja älykäs valaistuksen ohjaus. Opetusmateriaali.
- 3 Sähkötieto ry. 2004. ST-58.31. Eri valonlähteiden säätö.
- 4 Painikeohjain 1–10 V. Asennusohje. Verkkodokumentti. <http://asennustuotteet.fi/documents/II1/6550_II1.pdf>. Luettu 20.1.2014
- 5 Idoor Lighting Solutions. Luettelo 2013-2014. Fagerhult Oy. 2013
- 6 Projektointikäsikirja. 2013. Isylux Oy.
- 7 DALI-manual, DALI AG of ZVEI, 2001. Verkkodokumentti. <www.dali-ag.org/c/manual_gb.pdf>. Luettu 29.11.2013.
- 8 Käsikirja asuntojen ja rakennusten ohjauksiin, KNX Peruseriaatteet. KNX Association. 2006.
- 9 Sähkötieto ry. 2009. ST- 701.60. Kenttäväyläteknikka.
- 10 SeeTool-Solutions for KNX. Application 8.6.0.0.0.1. Schneider Electric Oy. 2013.
- 11 KNX-esite. 2013. Schneider Electric Oy. Verkkodokumentti. <http://www.schneider-electric.fi/sites/finland/fi/tuotteet-palvelut/sahkoasennuskalusteet/knx_esittely.page>. Luettu 25.11.2013.
- 12 Kytkin REG-K. Käyttöohje. Schneider Electric Datasheet. Verkkodokumentti. <<http://ecatalogue.schneider-electric.fi/ProductSheet.aspx?productId=731220&groupid=158990&navid=32128&navoption=1%20>>. Luettu 24.11.2013.
- 13 KNX/IP-reititin REG-K. Käyttöohje. Schneider Electric Datasheet. Verkkodokumentti. <<http://ecatalogue.schneider-electric.fi/ProductSheet.aspx?productId=731220&groupid=158990&navid=32128&navoption=1>>. Luettu 24.11.2013.

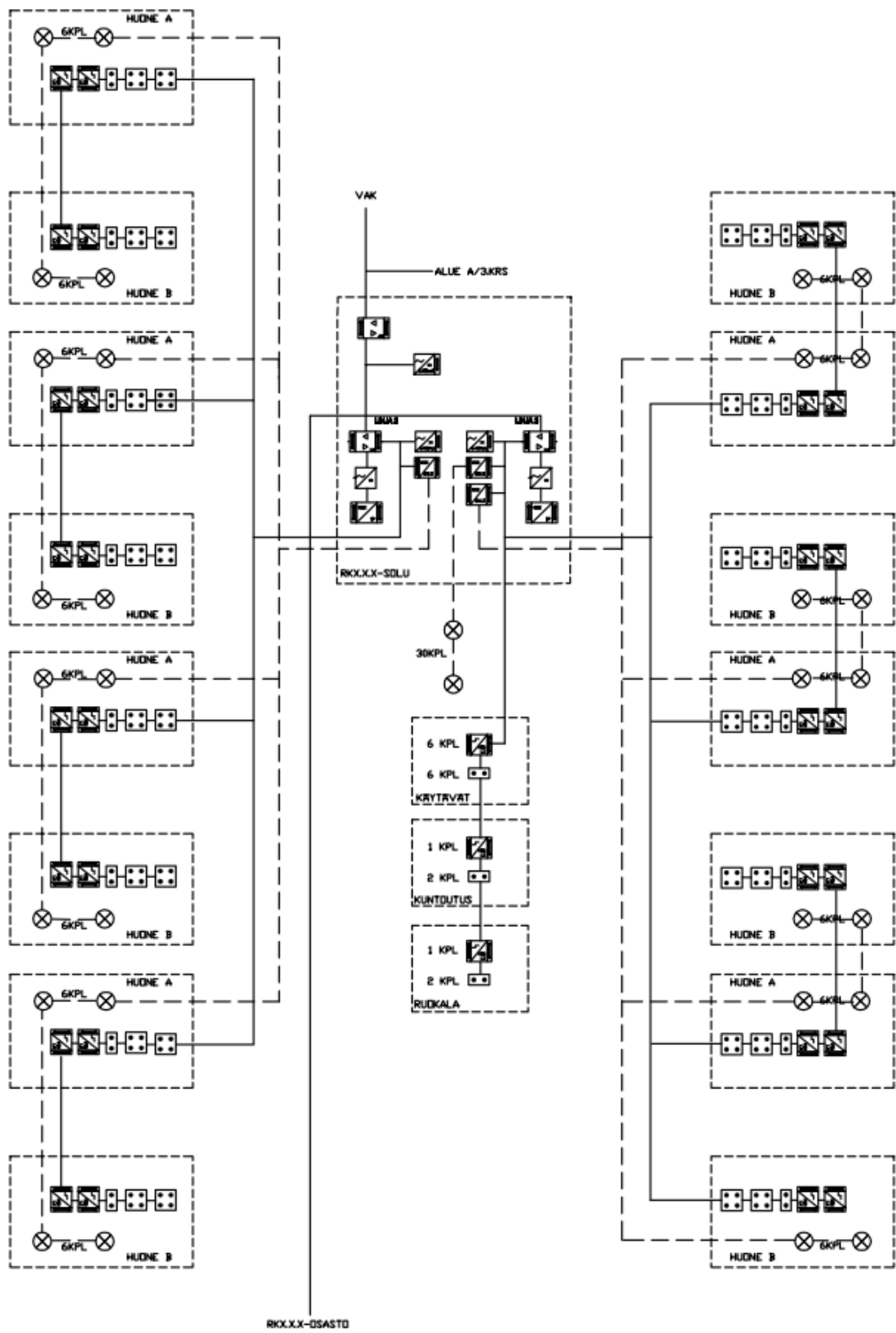
- 14 Virtalähde REG. Käyttöohje. Schneider Electric Datasheet. Verkkodokumentti. <<http://ecatalogue.schneider-electric.fi/ProductSheet.aspx?productId=731220&groupid=158990&navid=32128&navoption=1>>. Luettu 24.11.2013.
- 15 Virtalähde REG-K. Käyttöohje. Schneider Electric Datasheet. Verkkodokumentti. <<http://ecatalogue.schneider-electric.fi/ProductSheet.aspx?productId=1234230&groupid=131348&navid=32128&navoption=1>>. Luettu 25.11.2013.
- 16 KNX/DALI gateway REG-K/1/16(64)/64/IP1. Käyttöohje. Schneider Electric Datasheet. Verkkodokumentti. <<http://ecatalogue.schneider-electric.fi/ProductSheet.aspx?productId=3945832&groupid=298058&navid=32123&navoption=1>>. Luettu 20.11.2013.

Potilassolu

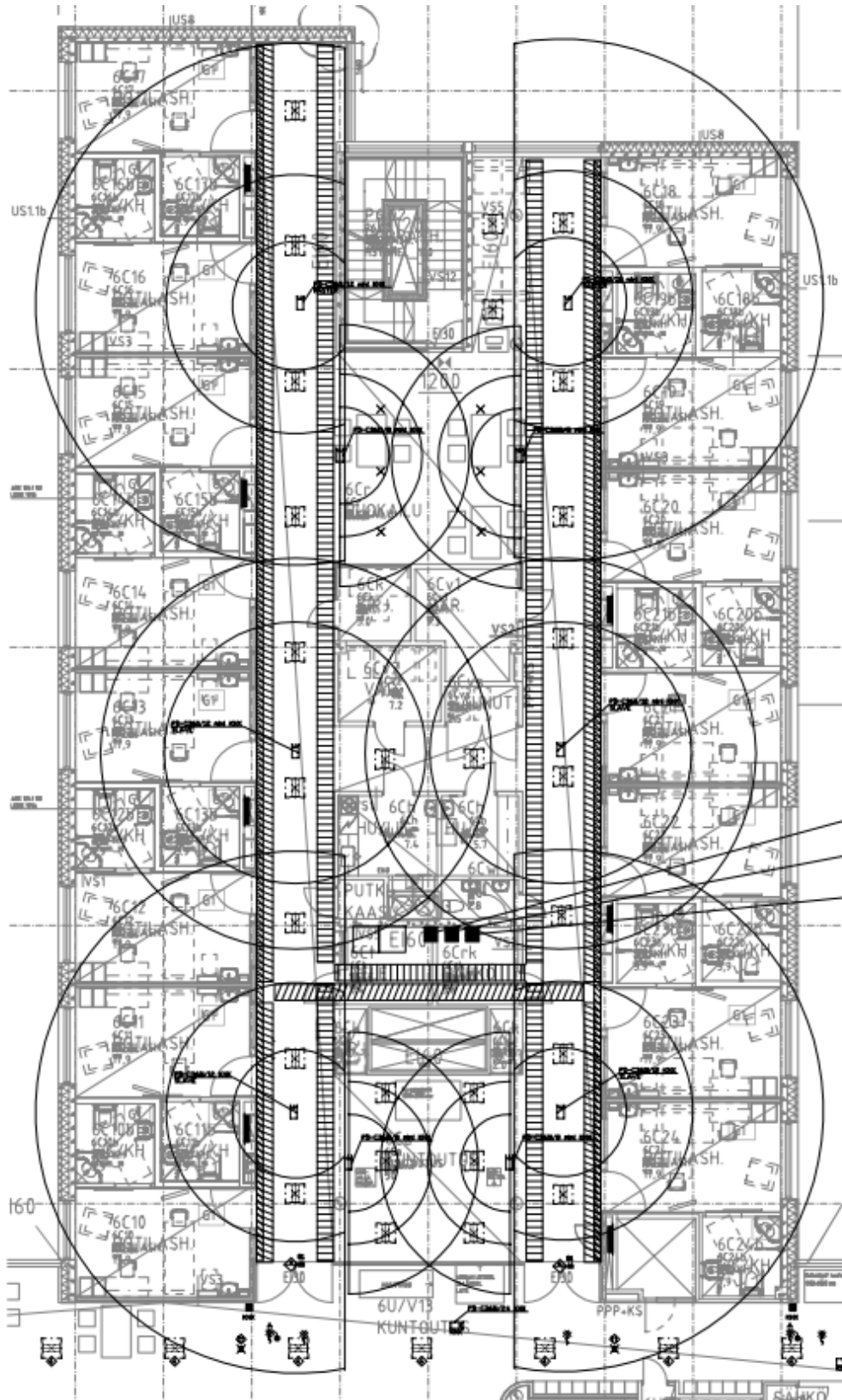
Potilassolun havaintokuva



Potilassolun KNX-järjestelmäkaavio

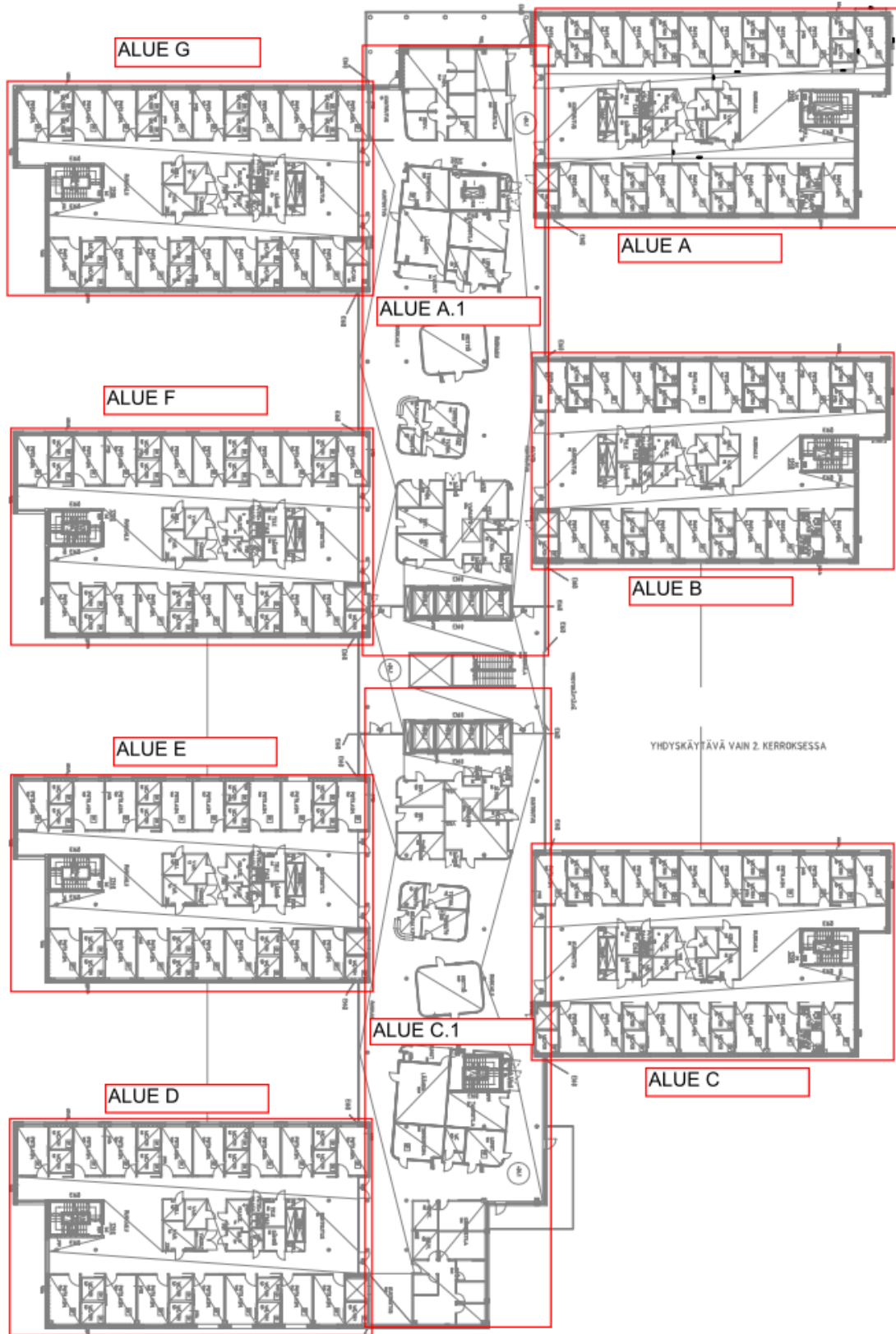


Potilassolun yhteistilojen läsnäolotunnistimien sijoittelu

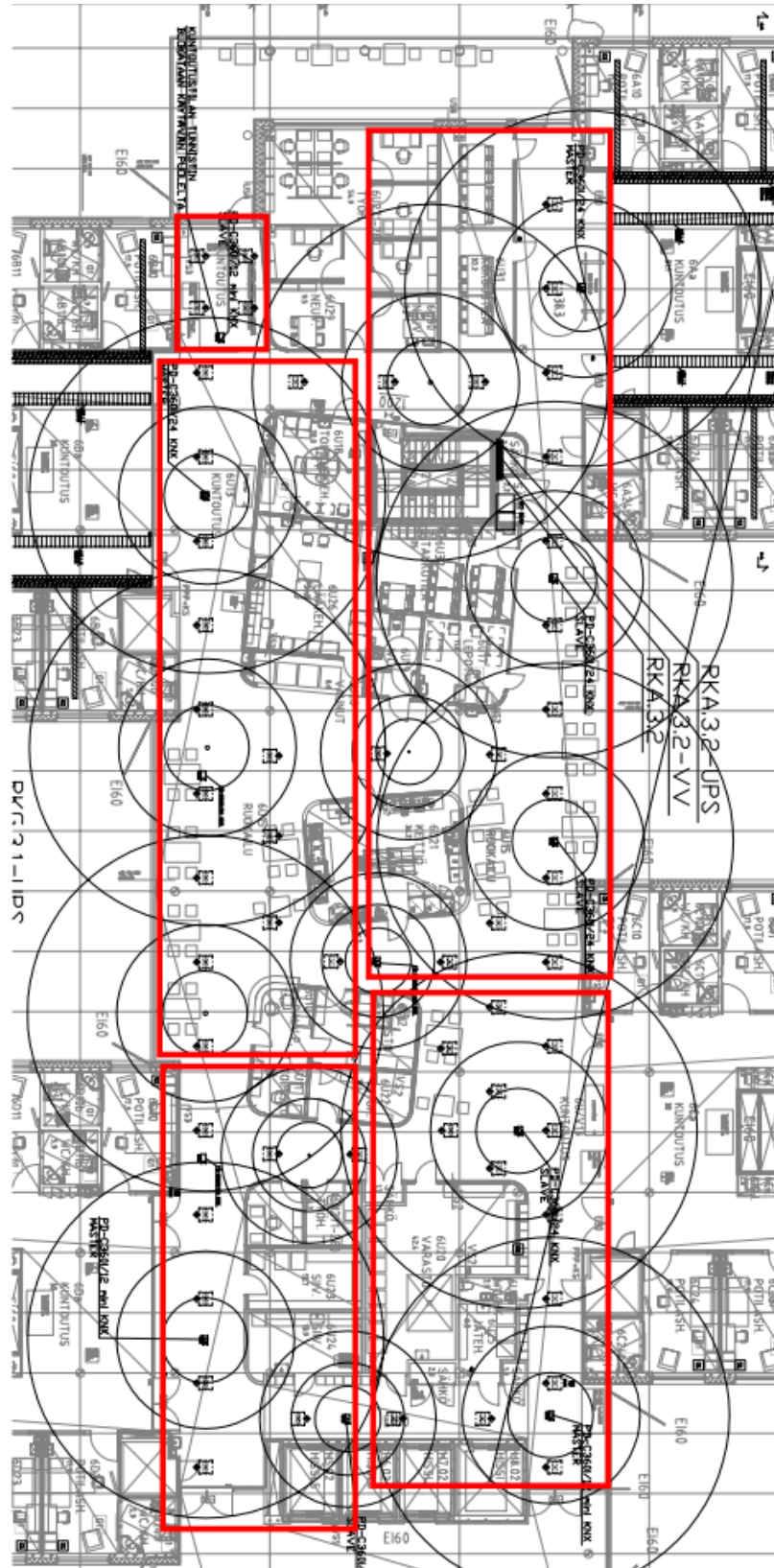


Potilasosasto

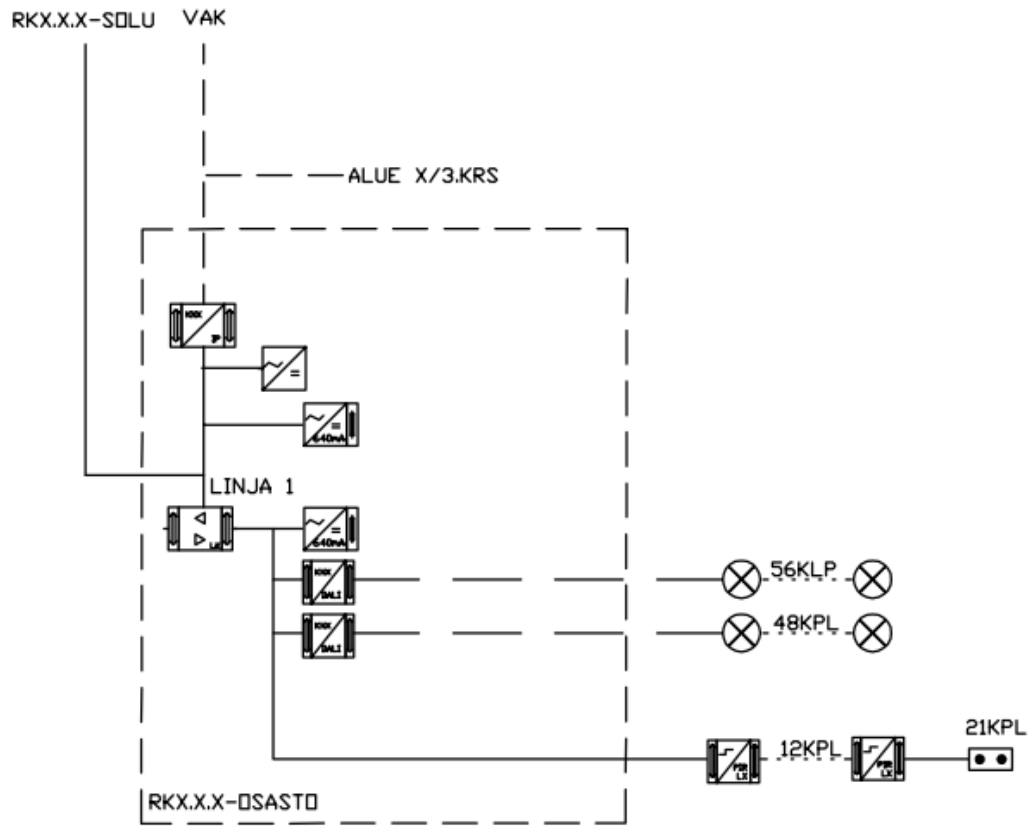
Potilasosaston havaintokuva ja KNX-järjestelmän aluejako



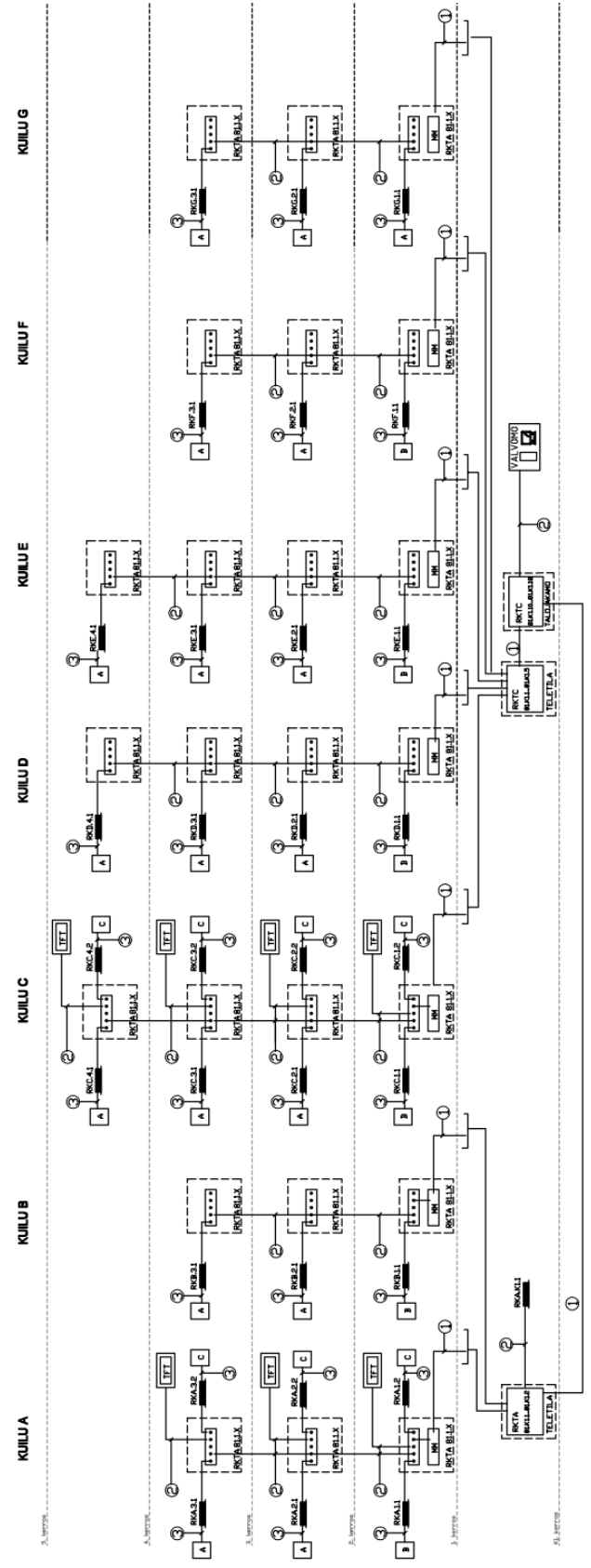
Potilasoston valaistusohjauksen vaikutusalueet ja läsnäolotunnistinten sijoittelu



Potilasosaston yhteistilan KNX-järjestelmäkaavio



Sairaalan KNX-järjestelmäkaavio



KNX-järjestelmän merkkiselitykset

- A KNX-JÄRJESTELMÄKAAVIO POTILASSOLU
- B KNX-JÄRJESTELMÄKAAVIO 1.KRS
- C KNX-JÄRJESTELMÄKAAVIO POTILASSASTO
- TFT KOSKETINNÄYTTÖ 10KPL
- MM MEDIAKYTKIN
- KYTKIN

- ① KNX-VÄYLÄ KLMA 4x0,8+0,8
- ② CAT6
- ③ YLEISKAPELOINTIJÄRJESTELMÄN RUNKOKAAPELI

RKX.X.X on ryhmäkeskusten tunnuksset, joihin sijoitetaan linjaan tulevat komponentit.