

Jani Holm

Palveluasumisyksikön tekniset järjestelmät

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (ylempi AMK) -tutkinto

Talotekniikka

Opinnäytetyö

26.11.2015



Tekijä Otsikko	Jani Holm Palveluasumisyksikön tekniset ratkaisut
Sivumäärä Aika	78 sivua + 3 liitettä 26.11.2015
Tutkinto	insinööri (YAMK)
Koulutusohjelma	rakentaminen
Suuntautumisvaihtoehto	talotekniikka
Ohjaaja	lehtori Jarmo Tapio
<p>Työn tavoitteena oli määrittellä palveluasumisyksikön taloteknisten urakoiden toiminnallinen sisältö ja urakkarajat. Kiinteistöhallintaurakan sisällön tavoitteena on yhdistää tekniset järjestelmät kokonaisvaltaisesti.</p> <p>Kehitystyön tarkoituksena on määrittellä kiinteistöhallintaurakkaan liittyvät teknisten järjestelmien toiminnot.</p> <p>Tavoitteen saavuttamiseksi kehitystyössä käytettiin dynaamista mallintamista energiankulutuksen laskentaan ja vertailtiin erilaisten teknisten järjestelmien vaikutusta elinkaarikustannuksiin.</p> <p>Työn tuloksena saatiin teknisten järjestelmien määrittelyksiä ja urakkarajoja, joita voidaan käyttää hyväksi tulevaisuuden palveluasumisyksiköiden hankkeissa.</p>	
Avainsanat	dynaaminen mallinnus, talotekniikka, rakennusautomaatio, järjestelmäintegraatit, kiinteistöhallintajärjestelmä

Author(s) Title Number of Pages Date	Jani Holm Technical systems in sheltered home 78 pages + 3 appendices 26 Nov 2015
Degree	Master of Engineering
Degree Programme	Civil Engineering
Specialisation option	Buildings Services Engineering
Instructor(s)	Jarmo Tapio, Senior Lecturer
<p>The goal of this thesis was to define the functional content and scope of the building services engineering contracts for a sheltered accommodation. The purpose of the building control contract was to combine all technical systems. Furthermore, the purpose was to define the function of technical building control systems.</p> <p>To achieve the goal, a dynamic modeling was used for calculating energy consumption. Also, the impact of different technical systems on the life cycle costs was compared. As a result the functions and the scope of contracts was established, which can be utilized in sheltered accommodation projects in the future.</p>	
Keywords	Dynamic modeling, HVAC, building automation, systems integration, buildings control

Sisälllys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Hankkeen lähtötiedot ja eteneminen	2
3	Kokonaisenergiankulutuksen määrittäminen	6
3.1	Simulointi- ja laskentaohjelmisto	6
3.2	Rakennusten energiatehokkuuden määrittäminen	9
4	Tekniset järjestelmät	14
4.1	Uusiutuva energia ja maalämpöjärjestelmä	14
4.1.1	Järjestelmän mitoitus	17
4.1.2	Lattia- ja radiaattorilämmityksen vertailu	19
4.2	Etulämmitys- ja jäähdytyspiiri	24
4.3	Ilmanvaihtojärjestelmä	27
4.3.1	Vaikutusalueet ja tekniset tiedot	28
4.3.2	EC-moottorit	30
4.4	Valaistus	32
4.4.1	Valaistusvaatimukset	32
4.4.2	Ikääntymisen vaikutus näköön	33
4.4.3	Valaisimet ja ohjauslaitteet	34
4.4.4	Valaistuksen toimintamallit	38
4.4.5	Energiatehokas valaistusjärjestelmä	39
4.5	Sälekaihtimien aktiivinen ohjaus	43
4.6	Kiinteistöhallintajärjestelmä	45
4.6.1	Schneider Electric EcoStruxure-järjestelmä	46
4.6.2	Automaatiopalvelin	50
4.6.3	Huonekohtainen hajautettu järjestelmä	51
4.6.4	Kiinteistöhallintajärjestelmän toiminnot	53
4.7	ESGRAF-järjestelmän integraatiot kiinteistöhallintajärjestelmään	57
4.7.1	Paloilmoitinjärjestelmä	60
4.7.2	Kulunvalvonta	63
4.7.3	Videovalvonta	65
4.8	Hoivajärjestelmä	67
4.9	Kiinteistöhallintajärjestelmän ICT-verkko	69
4.10	Energiakustannusten vertailu ja hiilijalanjälki	71

5 Tulokset	74
6 Johtopäätökset	76
Lähteet	77
Liitteet	
Liite 1. KOJA Future++ lämmöntalteenoton mitoitus TK1 ja TK3	
Liite 2. KOJA Future++ lämmöntalteenoton mitoitus TK2	
Liite 3. Kiinteistöhallintajärjestelmä SmartStruxure	

Lyhenteet ja määritelmät

BacNet	Buildings automation and control networks, rakennusten automaatio- ja ohjausverkko.
BTL	BACnet Testing Laboratory, BACnet-testauslaboratorio.
COP	Coefficient Of Performance, suorituskerroin.
DALI	Digital Adressable Lighting interface, digitaalinen valaistuksenohjausjärjestelmä
EC	Electronically Commutated, elektronisesti kommutoitu harjaton DC-moottori.
EnOcean	Saksalaisen EnOcean-yhtiön kehittämä patentoitu, paristoton ja langaton anturitekniikka
ICT	Information and communications technoly, tieto- ja viestintä-tekniologia.
KNX	KNX-väylätekniikkaan perustuva sähkö- ja automaatiojärjestelmien toteutuksessa käytetty järjestelmä.
LON	Local Operation Network, talotekniikan hajautettu tietojärjestelmä.
ModBus-RTU	Sarjaliikenneprotokolla elektroniikkalaitteiden välisessä kommunikoinnissa.
PIR	Passive infrared sensor, passiivinen infrapunatunnistin.
ZigBee	IEEE 802.15.4 standardin mukainen lyhyen kantaman tietoliikenneverkkoa

1 Johdanto

Työ on tehty Kouvolan Asunnot Oy:lle tarkoituksena tutkia palveluasumisyksikön taloteknisten urakoiden sisältöä ja urakkarajoja. Työn kohteeksi valittiin suunnittelu vaiheessa oleva palveluasumisyksikkö. Työn tavoite on määrittellä tekniset energiatehokkaat ratkaisut, joilla käyttäjien toimintaa tuetaan palveluasumisyksikössä. Palvelu-asumisyksikössä on 48 asuntoa laadukkailla ratkaisuilla. Yhteisessä käytössä olevat ruokailu-, oleskelu- ja ulkoilutilat muodostavat viihtyisät olosuhteet asukkaille.

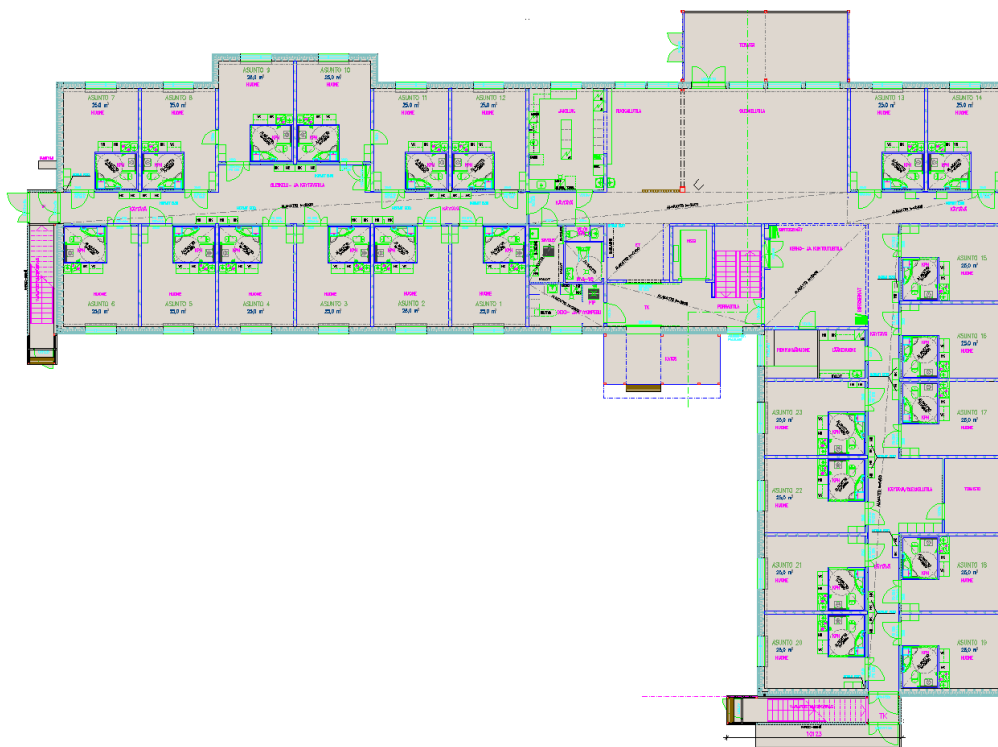
Tekniset järjestelmät tukevat asukkaiden toimintaa terveydentilasta riippumatta. Työssä tutkitaan teknisten järjestelmien laitevalintojen vaikutusta kohteen energiankulutukseen ja elinkaarikustannuksiin. Palveluasumisyksikön kokonaisenergian kulutus laskettiin dynaamisen mallintamisen avulla. Hankkeessa käytetään uusiutuvaa energiaa hyödyntävää lämmitysjärjestelmää. Palveluasumisyksikön toiminnallisten vaatimusten saavuttamiseksi tarvitaan useiden järjestelmien toimintoja.

Tekniset järjestelmät liitetään kiinteistöhallintajärjestelmään. Kiinteistöhallintajärjestelmällä tarkoitetaan kiinteistön kokonaisvaltaista ylläpitoa ja teknistä hallintaa yhtenäisessä verkossa. Kiinteistöhallintajärjestelmän tavoitteena on luotettava ja helppokäyttöinen kiinteistön kaikkien teknisten järjestelmien yhdistävä kokonaisuus. Työssä on määritelty teknisten järjestelmien ja kiinteistöhallintajärjestelmän toiminnot palveluasumisyksikössä. Rakennusautomaatiojärjestelmien liittäminen teknisiin järjestelmiin voi usein vaatia manuaalisia käyttötoimenpiteitä kun tietoja siirretään järjestelmien välillä. Rakennusautomaatiojärjestelmien kokonaisvaltainen liitos teknisiin järjestelmiin ei aina toteudu yhteensopivuusongelmien takia. Työssä käytetään kiinteistöhallintajärjestelmä termiä kuvaamaan yhtenäistä joustavaa teknisten järjestelmien kokonaisuutta, jossa toiminnot teknisten järjestelmien välillä toimivat automaattisesti.

Työn tuloksena esitetään teknisten järjestelmien määritykset ja hankkeeseen soveltuvat urakkarajat. Elinkaarikustannuksia lasketaan erilaisia teknisiä järjestelmiä vertailemalla.

Pohjakerrokseen on suunniteltu vaatehuolto, apuvälinevarasto, sosiaalityt, liinavaatevarasto, siivouskeskus ja asukkaiden sauna- ja pesutilat. Sähköpääkeskus ja maalämpölaitteiden tekniset tilat sijaitsevat väestönsuojan läheisyydessä kellarissa.

Kaksi ylintä kerrosta sisältävät 48 kappaletta 25 neliön asuntoja ja ovat lähes identtisiä toistensa kanssa. Osassa huoneistoissa on väliovi, joka mahdollistaa pariskuntien majoituksen viereisiin huoneistoihin. Kuvassa 2 näkyy asuntojen ryhmittely ja huoneistokohtaiset minikeittiöt ja saniteettitilat.



Kuva 2. Ensimmäisen ja toisen kerroksen pohjakuva.

Oleskelu- ja ruokailutilat ovat keskellä rakennusta. Käytävillä on suunniteltu pieniä oleskelualueita. Portaikon ja hissikuilun viereen ovat suunniteltu keskitetysti henkilökunnan hallinnoimat tilat.

Rakennuksessa on tarvittavat tilat henkilökunnan jatkuvaan läsnäoloon. Rakennukseen toteutetaan hoivajärjestelmä, joka tukee henkilökunnan ja asukkaiden toimintaa. Hoivajärjestelmässä on oma itsenäinen paikantamisjärjestelmä ja asuntojen ovi-ohjausjärjestelmä. Hätkutsupainikkeet ja puhelimet ovat osa hoivajärjestelmää. Hoivajärjestelmä liitetään kiinteistöhallintajärjestelmään. Hoivajärjestelmän ja

kiinteistöhallintajärjestelmän toiminnot keskittyvät pääosin hätä- ja hälytystilanteisiin ja oleskelupihalle johtavien ulko-ovien kulunvalvontaan.

Rakenteiden ominaisuuksia ja materiaalipaksuuksia laskettiin työssä dynaamisen mallintamisen avulla. Järjestelmien ominaisuuksia määriteltiin taloteknisiin vaatimuksiin. Dynaamisella laskennalla laskettiin erilaisten rakenteiden vaikutusta E-lukuun. Rakenteiden määrittelyssä käytettiin yleisiä saatavilla olevia ratkaisuja. Materiaalivalinnat ja työmenetelmät on valittu käytössä olevista menetelmistä ja todettu teknisesti toimiviksi ratkaisuisi. Pääsuunnittelijan, rakennesuunnittelijan ja tilaajan johdolla on päädytty nykyisiin lähtöarvoihin. Kohde on vielä hanke-suunnittelussa ja nykyiset valinnat voivat vielä päivittyä. Nykyiset materiaalit, rakenteet ja laitteistot ovat esitely hankkeen asiakirjoissa. Rakennusmateriaalit kehittyvät ja vaatimukset uudistuotannon elinkaariajattelun suhteen tiukkenevat tulevaisuudessa. Mallintaminen ja elinkaarilaskenta on syytä tehdä aina päivitettyillä tiedoilla, kun arvioidaan hankkeen rakentamis- ja ylläpitokustannuksia. Hankkeessa on selkeät tavoitteet alhaisista käyttökustannuksista.

Urakoiden sisällön määrittelyn tavoite on teknisten järjestelmien yhteensopivuus toisiinsa. Yhteensopivuuden varmistaminen ja toteutus on määritelty yhden urakoitsijan vastuulle. Vastuun keskittämisellä vältetään yllättäviä integraatiokustannuksilta. Urakoihin on liitetty energiatehokkuuteen ja laadunvarmistukseen liittyviä toimenpiteitä. Urakoiden lopulliset määrittelyt on esitetty raportin lopussa tulokset luvussa. ICT-verkossa toimiva kokonaisvaltainen kiinteistöhallintajärjestelmä on helppo kilpailuttaa ja toimitusrajapinnat ovat selkeät. Kiinteistöhallintajärjestelmän toimittajalla on erittäin hyvät tiedot yhteensopivuudesta ja teknisistä ratkaisuista. Kiinteistöhallintajärjestelmän on pystyttävä hoitamaan hankkeeseen liittyviä vaativia toimintoja taloteknistenjärjestelmien välillä. Järjestelmien integraatiolla saadaan kohdistettua palvelu- ja muutospyyntö välittömästi eteenpäin vastuussa olevalla toimijalle. Kiinteistöhallintajärjestelmä tukee tilaajan, käyttäjän ja huoltoyhtiön toimintaa muutos- ja ongelmatilanteissa. Kiinteistöjärjestelmän kautta rakennusta voidaan valvoa ja hallita kokonaisvaltaisesti eri henkilöiden toimesta. Tekniset järjestelmät on suunniteltu liitettäväksi kiinteistöhallintajärjestelmään ICT-verkon avulla. Toiminnot ohjelmoidaan käyttäjien ja asukkaiden toiveiden mukaisesti, jolloin saavutetaan yksinkertainen ja tehokas toimintaympäristö kaikille. Taloteknisten ja kiinteistöhallintajärjestelmien avulla hankkeen tavoitteena on energiatehokas nykyaikainen palveluasumisyksikkö.

Osassa tiloissa on tarvetta jäähdytyslaitteelle. Nämä yllämmönpoistoa tarvitsevat tilat ovat havaittu mallintamalla tiloja laskentaohjelmalla. Vastaavien palveluasumisyksiköiden käytännön kokemusten kautta on myös määritelty alhaisempia lämpötila esim. jätevarastoon hajuhaittojen estämiseksi. Jäähdytettäviin tiloihin asennetaan kiertoilmapuhallin, joka on liitetty kiinteistöhallintajärjestelmään. Tilassa on huonelämpötila-anturi, jonka avulla säädetään jäähdytystehoa. Kiertoilmapuhaltimet sijaitsevat seuraavissa tiloissa: lääkewarasto, jätehuone, kokoustila ja toimistot. Tarvittavat kondenssiveden poistoputket on lisätty LV-suunnitelmiin.

Järjestelmien avulla saavutetaan nykyaikaiset asumispalveluiden vaatimukset, joiden lähtökohtana on tukea yli 65-vuotiaiden henkilöiden omia voimavaroja edistäen ja ylläpitäen heidän omatoimisuuttaan mahdollisimman pitkään. Hoivan ja huolenpidon tavoitteena on hyvä ja turvallinen olo sekä kokonaisvaltainen hyvinvointi. Hoiva ja huolenpito perustuvat henkilökohtaiseen hoito- ja palvelusuunnitelmaan. Hoiva-asumista järjestetään palvelutaloissa, vanhainkodeissa ja hoivakodeissa, joissa henkilökunta on paikalla ympärivuorokautisesti. Hoiva-asumisen asiakkaan toimintakyky on selvästi alentunut, ja hän tarvitsee päivittäisissä toiminnoissa runsasta hoivaa ja huolenpitoa yhden tai kahden henkilön avustamana. (1)

3 Kokonaisenergiankulutuksen määrittäminen

Järjestelmien suunnittelussa keskitytään uusiutuvan energian hyödyntämiseen lämmitys- ja jäähdytysenergian osalta. Työssä tutkitaan maalämpöjärjestelmää, jonka avulla toteutetaan lämmitys- ja jäähdytystoiminnot. Kohteen lämmöntuottoa tutkitaan maalämpöpumppua laskennallisesti mallintamalla. Maalämpöpumpulla tuotetaan lämpimän käyttöveden ja lämmitysverkostojen tarvitsema energia. Laskennassa käsitellään esilämmitys- ja jäähdytystoiminnot suoraan maapiirin avulla. Maapiiriä hyödynnetään lämmityskaudella ilmanvaihdon esilämmityksessä ja jäähdytyskaudella jäähdytysenergian tuottamisessa. Rakennukseen ei ole suunniteltu erillistä jäähdytyslaitteistoa. Valaistus toteutetaan nykyaikaisilla väläohjatuilla valaistusjärjestelmillä huomioiden käyttäjien erityistarpeet. Asuntokohtainen olosuhdehallinta on liitetty hajautettuun kiinteistöhallintajärjestelmään. Kiinteistöhallintajärjestelmä hallinnoi palveluasumisyksion lämpötilaa, kosteutta, ilmanlaatua, valoisuutta ja aurinkosuojausta.

Rakennuksen kokonaisenergiankulutusta lasketaan IDA Indoor Climate and Energy-ohjelmalla. Dynaamisessa laskennassa voidaan laskennallisesti määrittää rakennuksen ostoenergian tarve. Ohjelmalla voidaan laskea maantieteellisen sijainnin ja suunnan vaikutusta rakennuksen sisäolosuhteisiin. Mallinnukseen käytettiin suunnittelijan määrittelemiä lähtöarvoja.

3.1 Simulointi- ja laskentaohjelmisto

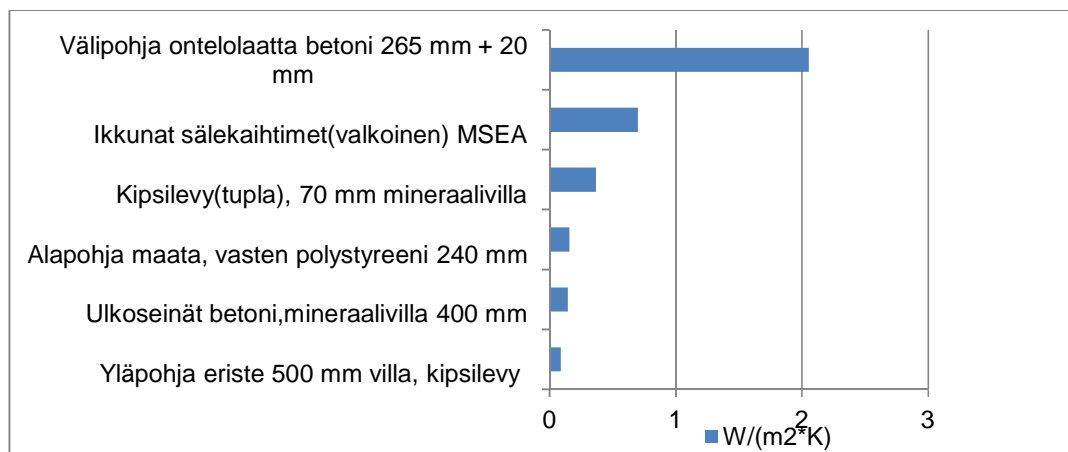
IDA Indoor Climate and Energy (jatkossa IDA) on työkalu rakennuksen energiankulutuksen ja sisäilmaston simulointiin. IDAlla voidaan laskea sisäilmasto-olosuhteet (lämpöolot, ilmanlaatu ja suhteellinen kosteus), mitoittaa lämmitys- ja jäähdytystehontarpeet ja simuloida energiankulutus (tilojen lämmitys, jäähdytys, valaistus, laitesähkö). Laskennan tuloksena saadaan energiankulutus, joka voidaan muuntaa primäärienergiaksi tai CO₂-ekvivalenttipäästöiksi. Ohjelmiston kansainvälisessä versiossa on seitsemän Suomen kaupungin säätiedot (Ilmatieteenlaitoksen testivuosi 1979 mukaan). Suomessa myytävään versioon on lisätty tyypillisiä suomalaisia rakennedetaljeja, rakentamismääräyskokoelman mukaisia materiaalivakioita sekä käyttöprofiileja ja energiatariffeja. IDA on dynaaminen energiasimulaatio-ohjelmisto, joka laskee geometriamallin sisäolosuhteet ja energiankulutuksen annetun säätiedon perusteella tarkemmin kuin tunti tunnilta.

Ohjelmistolla voidaan siten tehdä myös päiväkohtaisia tarkasteluja energiankulutuksesta ja sisäolosuhteista. Ohjelmiston käyttöliittymä on englannin- tai ruotsinkielinen.

IDA antaa laskentatulokset raportin muodossa. Laskennan tulokset kuvaajineen saa helposti Word- tai Excel-tiedostoihin. Tulosten analysointi ja hyödyntäminen edellyttää teknistä osaamista. Rakennuksen 3D-malli voidaan tuoda IDAan IFC-muodossa esimerkiksi ArchiCAD, Revit tai AutoCAD-ohjelmista. Käytännössä tiedonsiirto edellyttää harjoittelua: malli on laadittava kokonaan 3D-työkaluilla, ja mallin virheetömyys kannattaa tarkistaa viewer-ohjelmalla. Vaihtoehtoisesti rakennuksen ulkovaipan muoto voidaan piirtää myös IDAssa, mutta ohjelmiston piirustuskäyttöliittymä ei ole yhtä helppokäyttöinen kuin varsinaiset piirustusohjelmat. SketchUp-ohjelmiston avulla on erittäin helppo tehdä monimutkaisia 3D-malleja. Nämä mallit voidaan tuoda IDAan. Arkkitehtisuunnittelussa seinien ja rakenteiden nimeäminen on suositeltavaa, koska rakenteiden määrittely on silloin IDAssa helpompaa.

Työssä piirrettiin 3D-malli SketchUp-ohjelmiston avulla. Malli tuotiin sisään IDAan ja huoneistot määriteltiin omiksi alueiksi "zonet". Alueille määriteltiin suunnitelmien mukaiset ilmanvaihtokoneet. IDA laskee tarvittavat kokonaisilmamäärät ja ilmanvaihtokoneen määrittelyjen kautta kokonaisenergian kulutuksen myös ilmanvaihdon osalta. Alueille määriteltiin ilmamäärät, lämpökuormat ja valaistuksen energiatehokkuus tiedot rakentamismääräysten mukaisesti. Rakennuksen kokonaisenergiankulutuksen laskenta aloitetaan lähtöarvojen antamisen jälkeen simuloimalla rakennus. Laskenta huomioi mm. sisätiloihin ikkunoista tulevan auringonsäteilyn monimutkaisine heijastusvaikutuksineen sekä rakennusosien varjostavan vaikutuksen. Ohjelmaan voidaan myös mallintaa esimerkiksi kaihtimet sekä tilojen erilaiset käyttöprofiilit. IDA laskee mm. lämmön siirtymisen vierekkäisten huonetilojen välillä, huomioiden sen ovatko väliovet auki vai kiinni. Ohjelman käytössä ja tarkasteluissa painottuu ilmanvaihtojärjestelmien ja muun talotekniikan näkökulma, mutta toisaalta myös rakennuksen arkkitehtuuri voidaan mallintaa ja huomioida simuloinnissa yksityiskohtia myöden. IDAlla ei voida laatia suoraan energiatodistusta, mutta sillä voidaan tehdä energiatodistukseen tarvittava laskenta. Rakennuksen energiankulutuksen simuloinnin ajallinen kesto riippuu laskentamallin laajuudesta ja monimutkaisuudesta. IDAa käyttävät mm. Aalto-yliopisto, VTT, Arup, WSP, Sweco, ABB, Skanska, NCC, Pöyry ja Uponor. (2)

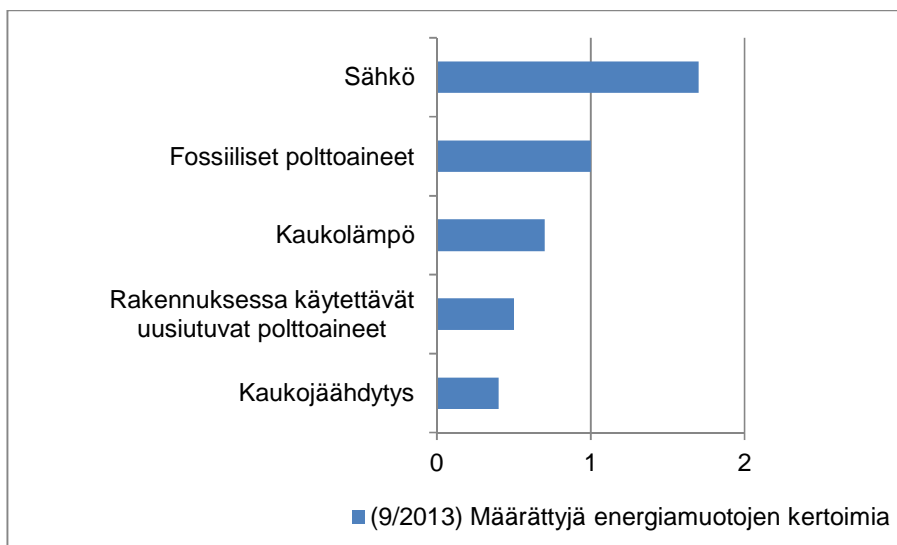
IDAan tuotujen rakenteiden lämmönjohtavuus kerättiin pääsuunnittelijan määrittelyistä. Mallintamisen avulla tutkittiin pääosin teknisten järjestelmien vaikutusta kokonaisenergiankulutukseen. Alapohja lämmöneristystä harkittiin lisättäväksi hankkeen alkuvaiheessa, mutta mallintamisen kautta todettiin lisäeristämisen investointikustannus kannattamattomaksi. Alapohjan lisäeristäminen olisi samalla muuttanut kantavien seinien rakennesuunnittelua. Rakennesuunnittelun kokemusten perusteella voidaan päätellä, että dynaaminen mallintaminen tulisi suorittaa rakennukseen heti pääsuunnittelijan tietojen pohjalta, koska rakenteiden lämmönjohtavuusarvojen muutokset rakennesuunnittelun jälkeen voivat muuttaa jo tehtyjä rakenteita ja lisätä tarpeettomasti hankkeen suunnittelukustannuksia. Dynaamisessa mallintamisessa voidaan erittäin helposti muuttaa rakenteiden ominaisuuksia kun alueet on määritelty pääsuunnittelijan määrittelyn mukaisesti. Näin voidaan arvioida nopeasti rakenteiden vaikutusta kokonaisenergiankulutukseen. Pääsuunnittelijan vastuu lähtötietojen pysyvyydestä on tärkeä rakennesuunnittelun onnistumisen kannalta. Kuvassa 3 esitetyt arvot ovat määritelty pääsuunnittelijan toimesta. Rakennuksen simulointi on tehty näiden tietojen pohjalta. Teknisten järjestelmien eri kokoonpanojen vertailun aikana rakenteiden arvoja ei muutettu.



Kuva 3. Laskennalliset lämmönjohtavuusarvot dynaamiseen mallinnukseen.

3.2 Rakennusten energiatehokkuuden määrittäminen

Laskenta noudattaa ympäristöministeriön asetusta rakennusten energiatehokkuudesta, jotka on julkaistu Suomen rakentamismääräyskokoelmassa osassa *RakMk D3*. Laskennan tuloksena on rakennuksen energiatodistuksessa ilmoitettu kokonaisenergiankulutus eli E-luku. Rakennuksen käyttötarkoituksena käytetään samoja käyttötarkoitukseluokkia kuin uudisrakentamisen energiatehokkuutta määritettäessä. Laskennan lähtöarvoina on käytettävä rakennuksen rakennusosien ja teknisten järjestelmien selvitettyjä arvoja silloin kun lähtöarvoille ei ole laskentasäännöissä muuta säädetty. Lähtöarvot ovat rakennuksen piirustuksista tai tietomalleista saatavia arvoja. Rakennuksen kokonaisenergiankulutus eli E-luku ($\text{kWhE}/(\text{m}^2\text{vuosi})$) määritetään laskemalla yhteen laskennallisen vuotuisen ostoenergian ja energiamuotojen kertoimien tulot energiamuodoittain lämmitettyä nettoalaa kohden (2). E-luvun laskennassa käytetään maankäyttö- ja rakennuslain nojalla annetussa valtioneuvoston asetuksessa rakennuksissa käytettävien energiamuotojen kertoimien lukuarvoista (9/2013) määrättyjä energiamuotojen kertoimia (3). Kuvassa 4 on esitetty rakentamismääräysten mukaiset energiamuotojen kertoimet.



Kuva 4. Energiamuotojen kertoimet (4).

Rakennuksessa tuotetulla uusiutuvalla omavaraisenergialla ei ole kertoimia, koska omavaraisenergia pienentää ostoenergian tarvetta. Uusiutuvalla omavaraisenergialla tarkoitetaan kiinteistöön kuuluvalla laitteistolla paikallisista uusiutuvista energialähteistä tuotettua uusiutuvaa energiaa. Uusiutuvia polttoaineita ei luokitella uusiutuvaksi energiaksi. Uusiutuvaa omavaraisenergiaa on esimerkiksi aurinkopaneeleista ja keräämistä tuotettu energia, paikallinen tuulienergia ja lämpöpumpun lämmönlähteestä ottama energia. Uusiutuvasta omavaraisenergiasta otetaan laskennassa huomioon vain se osa, joka voidaan rakennuksessa käyttää hyödyksi eli osuus, joka pienentää ostoenergiantarvetta. Ulkopuolisiin energiaverkkoihin syötettyä energiaa ei oteta laskennassa huomioon, joten se ei vaikuta E-luvun arvoon. Palveluasumisyksikön rakenteisiin suunniteltiin varausta aurinkopaneeleille, mutta haasteellinen sijainti ja kattokaltevuuden väärä suunta eivät mahdollistaneet järkevää sijoittelua paneeleille. Tulevissa hankkeissa aurinkoenergian käyttäminen tulee huomioida jo arkkitehtisuunnittelun lähtötiedoissa.

Rakennuksen ostoenergian kulutuksella tarkoitetaan energiaa, joka hankitaan palveluasumisyksikköön sähköverkosta. Ostoenergia koostuu lämmitys-, ilmanvaihtojärjestelmien sekä kuluttajalaitteiden ja valaistuksen energiankulutuksesta energiamuodoittain eriteltynä, missä on otettu huomioon hyödyksikäytetyn uusiutuvan omavaraisenergian ostoenergiaa pienentävä vaikutus. Kohteen maalämpöjärjestelmä pienentää tässä tapauksessa ostoenergian osuutta lämmitys- ja jäähdytyskäytöissä. Jäähdytysjärjestelmä käyttää maalämpöliuosta. Ainoastaan jäähdytysjärjestelmän pumput tarvitsevat ostoenergiaa. Kokonaisenergiankulutuksen selvittämiseksi lasketaan koko vuoden ostoenergiankulutus. Majoitusliikerakennusten käyttötarkoituksiluokasta löytyvät määritykset energiatehokkuusluokalle ja kokonaisenergiankulutuksille. Luokat on määritelty RakMk D3:ssa. Näitä määrityksiä käytetään palveluasumisyksikön energiatehokkuusluokan määrittelyssä. Taulukossa 1 on esitetty rakentamismääräysten mukaiset energiatehokkuusluokat.

Taulukko 1. Majoitusliikerakennusten energiatehokkuusluokat (5).

Energiatehokkuusluokka	Kokonaisenergiankulutus, E-luku (kWh _E /m ² vuosi)
A	E-luku ≤ 90
B	$91 \leq \text{E-luku} \leq 170$
C	$171 \leq \text{E-luku} \leq 240$
D	$241 \leq \text{E-luku} \leq 280$
E	$281 \leq \text{E-luku} \leq 340$
F	$341 \leq \text{E-luku} \leq 450$
G	$451 \leq \text{E-luku}$

Rakennuksen tai rakennuksen osan ostoenergiankulutus on laskettava aina E-luvun määrittelyssä RakMk D3:n mukaisesti säävyöhykkeen I eli Helsinki-Vantaan säätidoilla. Rakennuksen standardikäytöllä tarkoitetaan vakioitua ilmanvaihdon käyntiaikaa, valaistuksen ja kuluttajalaitteiden sähkönkäyttöä sekä ihmisistä tulevaa lämpökuormaa. Valaistuksen ja kuluttajalaitteiden lämpökuorma on yhtä suuri kuin niiden sähkön käyttö. Jos ostoenergiankulutuksen laskennassa otetaan huomioon rakennuksessa oleva tarpeenmukainen ilmanvaihto tai valaistus, on noudatettava RakMk D3:n kohdan 3 määräyksiä. Rakennuksen rakenteiden lämmönläpäisykertoimet selvitetään uudisrakennuksille suunnitelmista.

Ikkunan valoaukon kohtisuoran auringonsäteilyn kokonaisläpäisykertoimena käytetään ikkunoiden tuotetiedoissa määritettyjä arvoja tai jos niitä ei ole käytettävissä, käytetään arvoa 0,6. Jos käytetään RakMk D5/2012:n mukaista laskentamenetelmää, auringonsäteilyn läpäisyn kokonaiskorjauskertoimelle (F-läpäisy) käytetään arvoa 0,5 tai tarkemmin määriteltyä arvoa, jos se on käytettävissä. Muilla menetelmillä voidaan käyttää vaikutukseltaan vastaavia kertoimia.

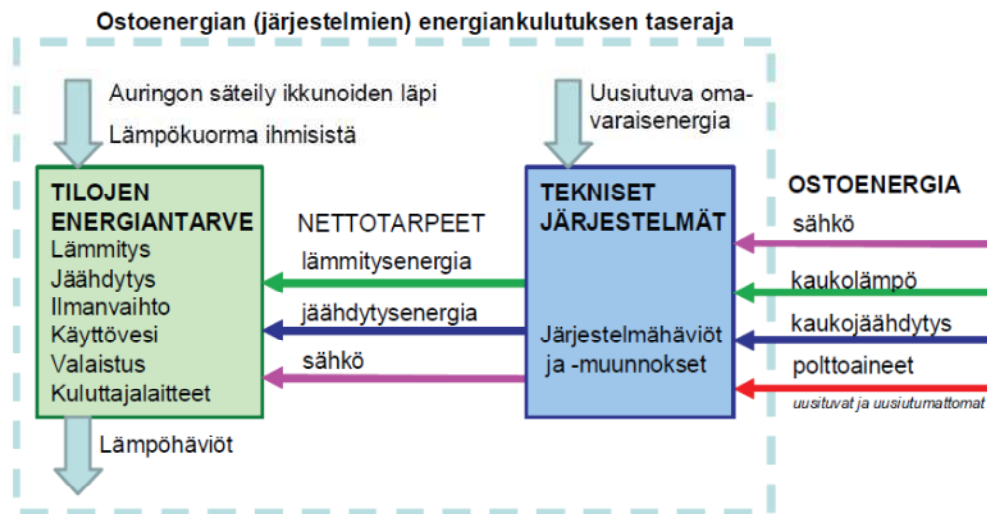
Rakenteiden välisten liitosten kylmäsiltojen lämpöhäviö on laskettava. Rakenteiden välisten liitosten kylmäsiltojen ominaislämpöhäviöt ja pituudet määritetään rakennuksen asiakirjoista. Ellei tarkempaa tietoa ole käytettävissä, kylmäsiltojen laskennassa ominaislämpöhäviöinä voidaan käyttää esimerkiksi RakMk D5/2012:n kohdassa 3 esitettyjen taulukkojen arvoja. Olemassa oleville rakennuksille kylmäsiltojen vaikutus voidaan arvioida yksinkertaistetusti lisäämällä 10 % ulkovaipan johtumislämpöhäviöön. Ilmanvaihdon käyntiaikoina ja ilmamäärinä käytetään RakMk D3:ssa esitettyjä käyttötarkoitussuokan mukaisia arvoja.

Jos ostoenergiankulutuksen laskennassa otetaan huomioon rakennuksessa oleva tarpeenmukainen ilmanvaihto, on noudatettava RakMk D3:n kohdan 3 määräyksiä. Ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarvetta ja sähkökäyttöä laskettaessa käytetään ilmanvaihtojärjestelmän lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteena ja ominais-sähkötehona uudisrakennukselle suunnitelmien arvoja.

Etulämmityspatterit ovat estämässä ilmanvaihtokoneiden lämmöntalteenottojärjestelmän huurtumista, jolloin lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde kasvaa. Lämmityskaudella lämmöntalteenottojärjestelmän hyötyä voidaan kasvattaa määrittelemällä ilmanvaihtokoneilla nollaenergiavyöhyke kiinteistöhallintajärjestelmän toimintoihin. Nollaenergiavyöhykkeen tehtävä on erottaa lämmityksen ja jäähdytyksen sisäänpuhalluslämpötilan tavoitearvot hystereesin avulla huonekeskiarvon kompensointikäyrän antamasta tuloilman asetusarvosta. Toimintojen asetusarvot tulee määrittellä siten että vaaditut sisäilmaolosuhteet saavutetaan rakennuksessa. Toiminnan avulla voidaan vähentää ostoenergian tarvetta, koska lämmitys- ja jäähdytyskauden siirtymissä estetään peräkkäiset lyhyellä aikavälillä tapahtuvat vaihdot. Vuorokauden keskilämpötilan laskennan avulla kiinteistöhallintajärjestelmä estää tarpeettomat lyhytkestoiset vaihdot lämmitys- ja jäähdytystoimintojen välillä.

Tilojen vuotoilman lämpöenergiankulutuksen laskenta perustuu rakennuksen tai sen osan ilmanpitävyyteen, joka ilmaistaan ilmanvuotoluvulla. Ilmanvuotoluvulla q_{50} ($m^3/(hm^2)$) tarkoitetaan rakennusvaipan keskimääräistä vuotoilmavirtaa tunnissa 50 Pa:n paine-erolla kokonaissisämittojen mukaan laskettua rakennusvaipan pinta-alaa kohden. Uudisrakennukselle käytetään lähtöarvona ilmanpitävyydelle energiatehokkuusvaatimukseen liittyvässä energiaselvityksessä esitettyä rakennusvaipan ilmanvuotoluvun suunnittelu-arvoa. Olemassa olevan rakennuksen rakennusvaipan ilmanvuotoluku selvitetään mittaamalla, suunnitelmista tai ajantasaisista rakennuksen asiakirjoista. Lämpimän käyttöveden ostoenergiakulutus lasketaan nettoenergiantarpeesta ottamalla huomioon jakelun, kierron, varastoinnin ja tuoton häviöt (3).

Rakennuksen ilmantiiveydellä on kokonaisenergiankulutukseen erittäin suuri merkitys. Rakennukselle tehdään vuotoilmamittaukset ja lämpökamerakuvaukset, kun valmiusaste mahdollistaa mittaukset. Kuvassa 5 on esitetty rakentamismääräysten mukainen ostoenergian, uusiutuvan energian ja tilojen energiantarpeen yhteys toisiinsa. Ilmantiiveyden mittaustietoa tarvitaan lopullisen E-luvun laskentaan IDA ICE -ohjelmiston avulla. Tieto syötetään IDA ICE -ohjelmistoon, joka laskee ilmantiiveys-arvon vaikutuksen E-lukuun.



Kuva 5. Ostoenergian energiakulutuksen taseraja

4 Tekniset järjestelmät

Järjestelmien suunnittelussa keskityttiin taloteknisiin järjestelmiin, joiden energiatehokkuus on hyvä. Uusiutuvaa energiaa käyttämällä pienennetään ostoenergian määrää. Laitteistot on pyritty suunnittelemaan yksinkertaiseksi. Hajautetulla kiinteistöhallintajärjestelmällä sähkö- ja heikkovirtakaapeloinnin pituuksia on pyritty vähentämään. Huoltoreitit on suunniteltu helposti saavutettaviksi.

Kiinteistöhallintajärjestelmän laitteet on suunniteltu seinäkoteloihin ja teknisiin tiloihin. Alaslaskettuihin kattoihin on suunniteltu mahdollisimman vähän laitteistoa. Alaslasketun katon avaaminen aiheuttaa usein kattomateriaalista irtoavaa pölyä ja jälkiä rakenteisiin, mikäli huoltoluukuista ei voida huoltaa laitteita. Ylöspäin suuntautuva työasento on vaikeampi telineiden tai tikkaiden kanssa, ja fyysisesti huono työasento voi aiheuttaa työturvallisuusriskin. Ryhmäkeskuksiin, huonekeskuksiin ja teknisiin tiloihin asennetut laitteet ovat lähellä toisiaan, joten laitteiden ylläpito ja huoltotoimet ovat yksinkertaisemmin toteutettavissa. Kaikki asuntojen kiinteistöhallintajärjestelmän laitteet ovat huoltoa tai tarkistusta varten asunnossa avattavassa laitekotelossa seinällä.

4.1 Uusiutuva energia ja maalämpöjärjestelmä

Kohteen lähtötiedoissa on määritelty käytettäväksi maalämpöjärjestelmää. Tässä työssä on tutkittu toteutustapaa, jossa lämpökaivojen liuospiiriä hyödynnetään jäädytykseen ja lämmitykseen. Maalämpölaitteisto on suunniteltu pohjakerroksen tekniseen tilaan. LV-urakoitsija toimittaa lämpökaivot, putkistot ja tarvittavat runkolinjat tekniseen tilaan. Maalämpöjärjestelmän laskennassa on käytetty vaihtuvalauhdusteista järjestelmää. Järjestelmässä ohjataan lämpöpumpun lämmöntuotanto lämmitysverkostoihin tai käyttöveden lämmittämiseen. Vaihtventtiili ohjaa lämmöntuotantoa vaihtamalla virtauksen kohdetta maalämpöpumpun ollessa käynnissä. Maalämpölaitteiston kompressorit pysäytetään, kun verkostoilla ei ole lämmitystarvetta. Näin saadaan kompressorille mahdollisimman vähän käynnistyksiä ja mahdollisimman pitkät käyntijaksot. Vaihtuvalauhdusteisen järjestelmän vahvuutena on korkea COP-luku.

Maalämpöpumpun energiataloudellisuuteen ja hyötysuhteeseen (COP-lukuun) vaikuttaa eniten se, kuinka korkealle maalämpöpumppu nostaa lämmitysveden

lämpötilan. Tarkemmin ilmaistuna COP-luku on sitä parempi, mitä pienempi lämmönkeruujärjestelmän ja lämmönjakojärjestelmän välinen lämpötilaero on.

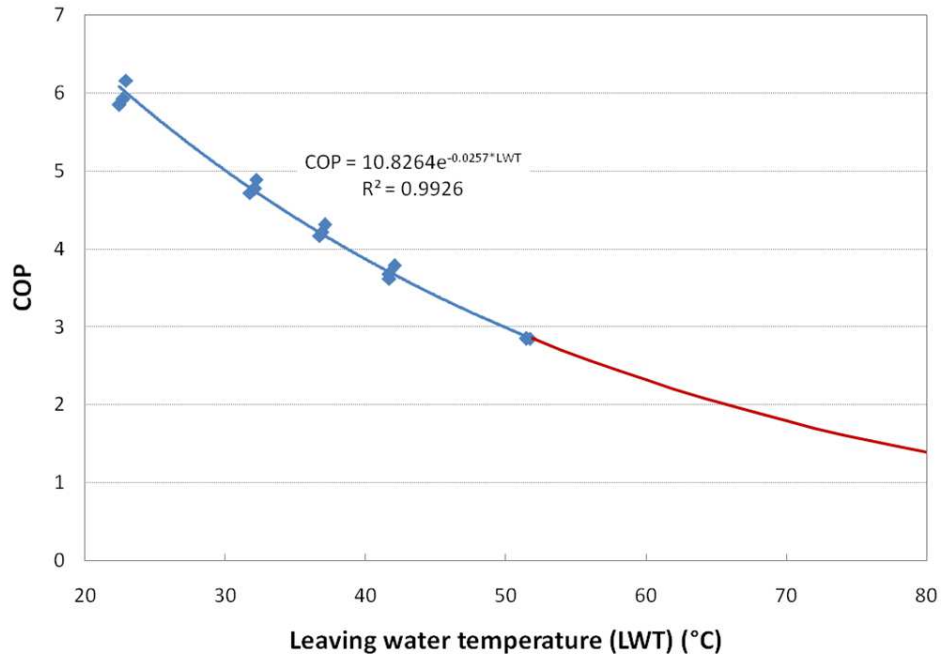
Lämpöpumppu nostaa sähkökäyttöisen kompressorin, höyrystimen, lauhduttimen ja paineenalennusventtiilin avulla lämmönkeruupiiriltä saatavan maaperän tai kallioperän lämmön lämmönjakojärjestelmän ja lämpimän käyttöveden lämmöksi. Maa- ja kallioperän lämpöön ei juuri voi vaikuttaa, ja lämmönkeruupiiriä pidentämällä voidaan lämmönkeruunesteen lämpötilaa nostaa vain parilla asteella. Lämmönkeruupiiriä ei siis kannata pidentää paremman hyötysuhteen toivossa. Hyötysuhteen kannalta tärkeintä on, että lämmönjakojärjestelmän lämpötila on mahdollisimman alhainen, jolloin maalämpöpumpun ei tarvitse nostaa lämpötilaa tarpeettoman korkeaksi.

Lämmin käyttövesi lämmitetään 58 °C:seen, jolloin maaperästä saatavan noin 0 °C:n lämpöisen lämmönkeruunesteen ja 58 °C:n lämpöisen käyttöveden lämpötilaero on lähes 58 °C. Tämä lämpötilan nosto voidaan tuottaa hyvällä maalämpöpumpumallistolla COP-luvulla noin 3 eli jokaista ostettua kilowattituntia sähköenergiaa kohden saadaan 3 kWh lämpöenergiaa. Lattialämmitykseen tarvittava lämmitysvesi nostetaan tyypillisesti korkeimmillaan noin 35 °C:n lämpötilaan. Nykyaikainen maalämpöpumppu suoriutuu tästä COP-arvolla yli 4. Hyötysuhteessa on merkittävä ero riippuen siitä, tehdäänkö lämmintä käyttövettä vai lämmitetäänkö lämmitysverkostoa. Ero COP-luvussa on näiden välillä tyypillisesti 1,5. Tämän takia on erittäin tärkeää, että maalämpöpumpussa on eriytetty lämpimän käyttöveden ja lämmitysveden tuotanto.

Lämpimän käyttöveden tuottaminen kuluttaa tyypillisesti 25 % lämmitysenergiasta ja loput 75 % kuluu rakennuksen tilojen lämmittämiseen. Perinteisellä tavalla suunniteltu maalämpöpumppu tuottaa kaiken lämmön n. 55–60 °C:seen erilliseen suureen lämminvesivaraajaan, josta saadaan lämmin käyttövesi ja sekoittamalla sopivanlämpöistä lämmitysvettä. Tästä seuraa, että maalämpöpumppu toimii koko ajan tuottaen korkeata lämpötilaa heikommalla hyötysuhteella, lämmitystarpeesta ja vuodenajasta riippumatta. Hyötysuhde voi siis koko ajan olla alle 3. Vaihtuvalauhdutteen maalämpöpumppu on suunniteltu niin, että maalämpöpumppu voi toimia koko ajan mahdollisimman korkealla hyötysuhteella.

Verrattuna perinteiseen tekniikkaan maalämpöpumppu säästää useita kymmeniä prosentteja enemmän sähköenergiaa ja toimii vuoden tarkastelujaksolla merkittävästi

korkeammalla hyötysuhteella (6). Kuvassa 6 esitetään tyypillinen COP-luku suhteessa menoveden lämpötilaan.

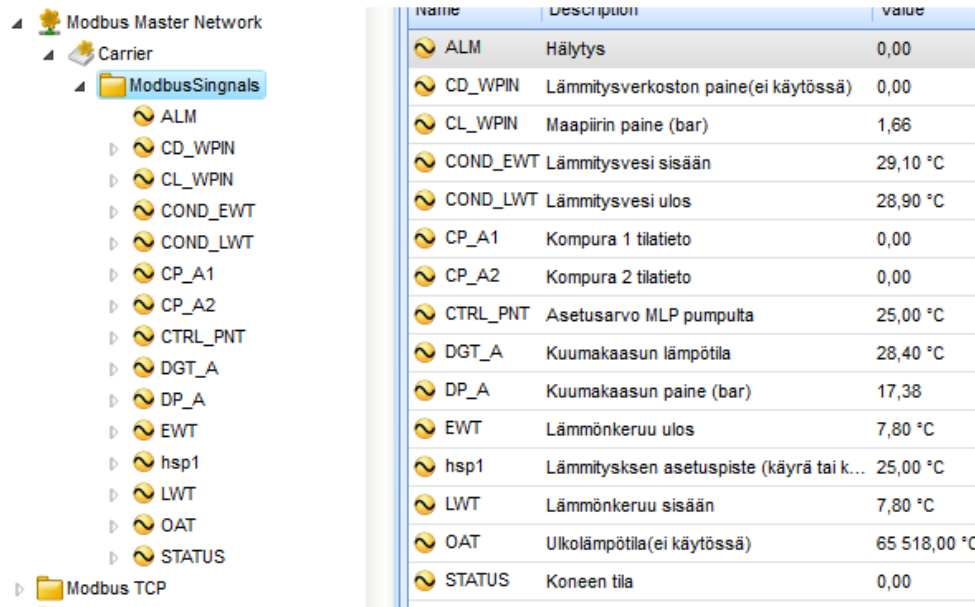


Kuva 6. Tyypillisen maalämpöpumpun COP-arvo suhteessa lämpötilaan (7).

Lämmitysverkoston menovesi ohjataan suoraan verkostoon maalämpölaitteistolta ilman sekoitusventtiiliä. Lämmitysverkostossa on puskurivaraaja, joka tasaa verkoston menoveden lämpötilaa. Käyttövesi tuotetaan aina ensisijaisesti. Mikäli lämpöpumpun lämmöntuotanto ei riitä tuottamaan lämmitysverkoston käyttöön riittävästi lämmitysenergiaa, ohjataan päälle sähkövastukset lämmitysverkoston puskurisäiliöstä. Tyypillisesti lisälämmitystä tarvitaan matalilla ulkolämpötiloilla käyttöveden kulutushuippujen aikana.

Käyttöveden varaajasäiliössä on käyttövesikierukka. Lämmityksen varaajasäiliö on patteri- ja ilmanvaihtoverkostoa varten. Järjestelmämitoituksessa on kaksi 40 kW:n lämpöpumpua, joiden toimintaa vuorotellaan lämmöntuotannon tarpeen mukaan. Kuvassa 7 on esitetty periaatekaavio maalämpöjärjestelmästä.

Maalämpöjärjestelmä liitetään kiinteistöhallintajärjestelmään ModBus-RTU-sarjaliikenneväylällä tai ModBus-TCP/IP-verkolla. ModBus-RTU sarjaliikenneväylä on sisäänrakennettu työssä esitetyn kiinteistöhallintajärjestelmän automaatiopalvelimeen. Väylä toimii RS-485-sarjaliikenneprotokollan mukaisesti, ja väylän maksimipituus on 1200 m. Väylään liitetyt laitteet numeroidaan ja automaatiopalvelimeen määritellään laitteen rekisteriosoitteet. Automaatiopalvelimeen määritellään onko rekisteri luku- vai kirjoitustilassa. ModBus-TCP/IP-pohjainen väylä liitetään rakennuksen ICT-verkon kautta. Molemmissa protokollissa rekistereitä käsitellään samalla tavalla. Kiinteistöhallintajärjestelmä lukee ja kirjoittaa rekisterin sisältöä ohjaten samalla maalämpöjärjestelmän toimintoja. Maalämpöjärjestelmän tiedot siirretään graafiseen käyttöliittymään osaksi kiinteistöhallintajärjestelmää. Kuvassa 8 on esitetty tyypilliset rekisteritiedot maalämpöpumpun ja kiinteistöhallintajärjestelmän välillä.



The screenshot shows a software interface for a Modbus Master Network. On the left, a tree view displays the network structure: Modbus Master Network > Carrier > ModbusSignals. Under ModbusSignals, various registers are listed, including ALM, CD_WPIN, CL_WPIN, COND_EWT, COND_LWT, CP_A1, CP_A2, CTRL_PNT, DGT_A, DP_A, EWT, hsp1, LWT, OAT, and STATUS. On the right, a table displays the current values for these registers.

Name	Description	Value
ALM	Hälytys	0,00
CD_WPIN	Lämmitysverkoston paine(ei käytössä)	0,00
CL_WPIN	Maapiirin paine (bar)	1,66
COND_EWT	Lämmitysvesi sisään	29,10 °C
COND_LWT	Lämmitysvesi ulos	28,90 °C
CP_A1	Kompura 1 tilatieto	0,00
CP_A2	Kompura 2 tilatieto	0,00
CTRL_PNT	Asetusarvo MLP pumpulta	25,00 °C
DGT_A	Kuumakaasun lämpötila	28,40 °C
DP_A	Kuumakaasun paine (bar)	17,38
EWT	Lämmönkeruu ulos	7,80 °C
hsp1	Lämmityksen asetuspiste (käyrä tai k...)	25,00 °C
LWT	Lämmönkeruu sisään	7,80 °C
OAT	Ulkolämpötila(ei käytössä)	65 518,00 °C
STATUS	Koneen tila	0,00

Kuva 8. ModBus-rekisterit Carrier-maalämpöpumpun ohjauskeskuksessa.

Maalämpöjärjestelmä on osa kokonaisuutta, jota kiinteistöhallintajärjestelmä säätelee. Perinteinen ulkolämpötilan mukaan säätyvä lämmitysverkoston menovedensäätö ei ole tarpeellinen, kun laitteistoa ohjataan olosuhteisiin perustuvan lämmöntuotannon ehdoilla.

Kiinteistöhallintajärjestelmä hallinnoi seuraavia asioita:

- lämpimän käyttöveden aiheuttamaa kuormitusta maalämpöjärjestelmässä.
- lämmitysverkostojen lämmitystarvetta.
- maalämpöjärjestelmän lisälämmityksen tarvetta.
- sähkönjakelujärjestelmien tehotietoja ja huipputehon valvontaa.
- sisäolosuhteiden lämpötilaa ja ilmanlaatua.
- sääennustuksen vaikutusta lämpötilan säätöön.
- ilmanvaihtokoneiden toimintaa.

Kerättyjen tietojen avulla järjestelmiä säädetään kokonaisvaltaisesti tavoitteena vähentää ostoenergian kulutusta ja optimoida maalämpöjärjestelmän toiminta.

4.1.2 Lattia- ja radiaattorilämmityksen vertailu

Kiinteistöhallintajärjestelmän mittaustietojen pohjalta säädetään huoneistojen lämmityspattereiden moottoriventtiileitä. Lämmityspatterit mitoitetaan toimimaan mahdollisimman matalilla lämpötiloilla. Lämmityspattereiden etuna on myös, että ne reagoivat välittömästi sähköisen toimilaitteen ohjaukseen. Säteily- ja konvektiolämmön yhdistelmän ansiosta sisäilma lämpenee nopeasti silloinkin, kun ulkona on kylmä. Työssä tehtiin vertailua lattia- ja radiaattorilämmityksen välillä. Energiatehokkaissa rakennuksissa lattialämmitystä käytetään usein 45/35/20 °C:n mitoituslämpötiloilla. Lattialämmityksellä varustetun betonilattian lämpeneminen kestää jopa 27 minuuttia ja jäähtyminen yli kaksi tuntia. Paneeliradiaattori sitä vastoin lämpenee viidessä ja jäähtyy 30 minuutissa. Yhdistetyssä järjestelmässä radiaattorit kompensoivat lattialämmityksen aiheuttamia ilman lämpötilavaihteluita. Matalalämpö-radiaattorit toimivat parhaiten ikkunan alapuolelle sijoitettuina (8).

Lattia- ja radiaattorilämmityksen suunnitelmien määrittelyssä kerättiin vertailevia tietoja järjestelmistä. Lattialämmityksessä putket voidaan asentaa raudoitukseen, eristeisiin tai tehdasvalmisteisiin asennuslevyihin. Lisäksi eristeisiin voidaan asentaa muitakin putkia ja viemäreitä. Lattialämmitysjärjestelmän materiaali- ja työkustannukset ovat aina korkeat, kun putket kulkevat lattiarakenteissa. Radiaattorilämmitystä käytettäessä lattian rakenne on selvästi yksinkertaisempi, jos putkia ei tarvitse vetää rakenteiden sisällä. Paksumman ontelolaatan päälle tulee tasoite ja pintamateriaali, joka täyttää ääneneristysvaatimukset. Näin ollen materiaali- ja työkustannuksissa voidaan säästää merkittävästi. Lämmitystekniset ratkaisut vaikuttavat myös rakennusteknisiin ratkaisuihin. Välipohjien rakenne ja hinta muuttuvat lämmitysratkaisun perusteella. Lisäksi radiaattorilämmitystä käytettäessä työssä huomioidaan kotelointikustannukset. Panu Peränen on Mikkelin ammattikorkeakoulun opinnäytetyössään (9) selvittänyt lattialämmityksen ja radiaattorilämmityksen materiaali- ja asennuskustannuksia. Kuusikerroksisen kerrostalon laskelmat on esitetty taulukoissa 2 ja 3. Kohteessa on 25 asuntoa. Kokonaispinta-ala on n. 2 000 m².

Taulukko 2. Kustannusvertailussa lattia- ja radiaattorilämmitys.

	Yhteiskustannukset			
	Radiaattorilämmitys		Lattialämmitys	
	Hiiliteräspanputki	Sähköspankitty	Hiiliteräspanputki	Sähköspankitty
	€	€	€	€
Tuotteet	23537	24467	54070	55740
Työ	25505	22095	41685	38725
Rakennustekniset ratk.	217783	217783	246255	246255
YHT	266825	264345	342010	340720

Taulukko 3. Neliöhinnat lattia- ja radiaattorilämmitysjärjestelmissä.

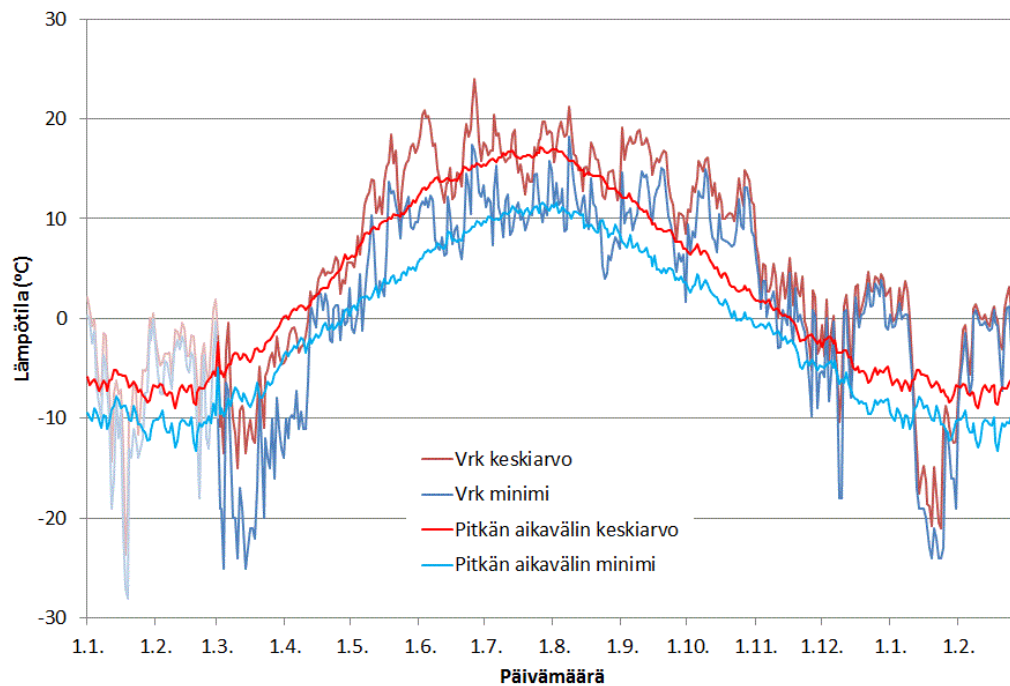
Neliöhinnat			
Sisältää tuotteet ja työn			
Radiaattorilämmitys		Lattialämmitys	
Hiiliteräs	Sähkösinkitty	Hiiliteräs	Sähkösinkitty
€/m ²	€/m ²	€/m ²	€/m ²
21,8	20,7	42,6	42,0

Edellä mainittujen kustannusvertailujen ja lattian työvaiheiden nopeuttamiseksi suunnitelmiin määriteltiin paneeliradiaattori. Paneeliradiaattorit mitoitetaan arvoille 55/45/20 °C tai 45/35/20 °C. Paneeliradiaattoreiden mitoituksen vaikutus maalämpöpumpun COP-lukuun tutkittiin osana työtä. Kotimainen radiaattorivalmistaja Purmo valmistaa tuotteita, jotka soveltuvat matalille lämmitysverkoston lämpötiloille. Dynaamisella mallinnuksella laskettu suurin hetkellinen lämmitystehontarve on asunnoissa 1143 W. Taulukossa 4 on esitetty paneeliradiaattorin tekniset tiedot.

Taulukko 4. Purmo Ramo Ventil Compact, tekniset tiedot (10).

Tyyppi	Pituus mm	LVI-koodi RCV		Teho W 70/40/20°C	Teho W 55/45/20°C	Teho W 45/35/20°C	Paino kg	Vesitilavuus l
		Oikea	Vasen					
RCV 11 $\phi_n = 823 \text{ W/m } (\Delta t_{50})$ $\phi_n = 427 \text{ W/m } (\Delta t_{30})$ $n = 1,2827$ $K = 5,4403$	400	5435138	5435139	192	170	99	10,2	1,1
	500	5435672	5435673	240	212	124	11,3	1,3
	600	5435674	5435675	288	254	149	13,2	1,6
	700	5435140	5435141	336	297	174	15,6	1,9
	800	5435676	5435677	384	339	199	17,0	2,1
	900	5435142	5435143	432	382	223	19,2	2,4
	1 000	5435144	5435145	480	424	248	21,0	2,7
	1 200	5435146	5435147	576	509	298	24,6	3,2
	1 400	5435678	5435679	672	594	348	28,4	3,8
	1 600	5435148	5435149	768	679	397	31,9	4,3
	1 800	5435150	5435151	864	763	447	35,9	4,8
	2 000	5435152	5435153	960	848	497	39,5	5,4
	2 300	5435154	5435155	1104	975	571	44,9	6,2
	2 600	5435156	5435157	1248	1103	645	50,3	7,0
3 000	5435158	5435159	1441	1272	745	57,6	8,0	

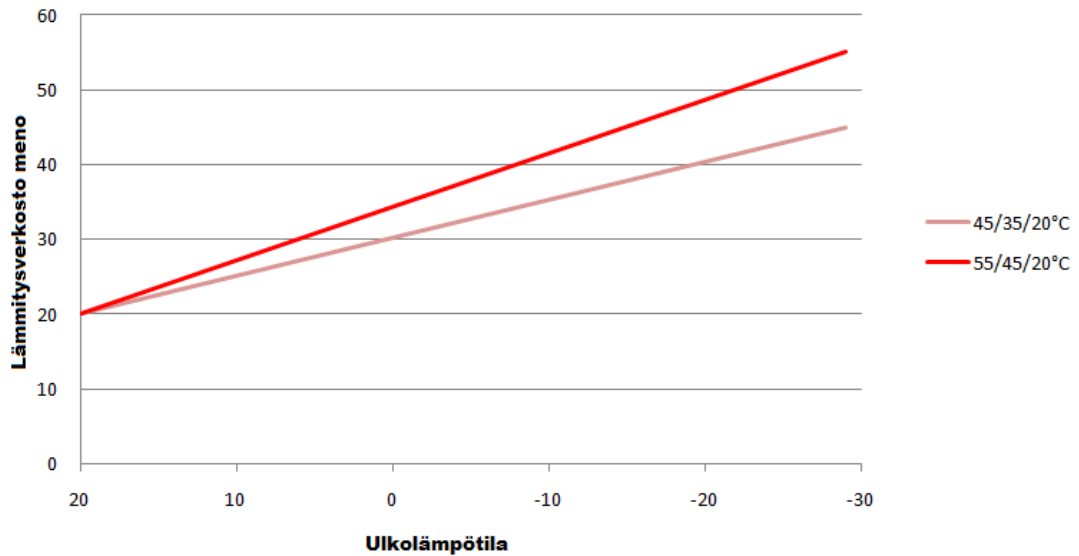
Paneeliradiaattoreiden mitoituksen osalta tulee huomioida vuoden keskilämpötila ja laitekustannukset radiaattoreissa. Tietoja verrataan maalämpölaitteiston teknisiin ominaisuuksiin. Kuvassa 9 on esitetty Etelä-Suomen Lopessa teetetyt ulkoilman lämpötilan mittaukset. Kuvaajan aika-akseli on väliltä 1.1.2014–1.2.2015. Pitkän aikavälin ulkolämpötilan keskiarvo on alimmillaan -10 °C . Käyrää voidaan soveltaa radiaattorilämmityksen mitoituksen arviointiin.



Kuva 9. Etelä-suomi 1.1.2014–1.2.2015 ulkolämpötilamittaus.

Verrataan mitoituslämpötiloja -10 °C asteen ulkolämpötilassa molempiin mitoistehoihin. Laskennallisesti $45/35/20\text{ °C}$ asteen mitoituksella saavutetaan lämmitysverkostossa 36 °C asteen lämpötila ja COP-arvo 4,2 maalämpölaitteistossa. Vastaavasti $55/45/20\text{ °C}$ asteen mitoituksella menoveden lämpötila on 42 °C astetta ja COP-arvo 3,8.

Kuvassa 10 on esitetty kahden eri mitoituslämpötilan lämmitysverkoston menovesi ulkoilmanlämpötilan suhteen.



Kuva 10. Radiaattoreiden menoveden mitoituslämpötilat vertailussa.

Mitoituslämpötilojen vertailussa on huomioita seuraavat asiat. 55/45/20 °C asteen on radiaattorin tilantarve on pienempi, ja laitekustannukset selkeästi alhaisemmat. Mikäli siirrytään 45/35/20 °C asteen mitoitukseen, patterin koko ja paino lähes kaksinkertaistuvat. 55/45/20 °C sarjan patterin hinta LVI-liikkeessä on 256 € ja 45/35/20 °C mitoituksella hinta on 439 €. Ilmanvaihdon lämmityspatterit on mitoitettu 55/45/20 °C lämpötiloille, joten maalämpöjärjestelmässä on mahdollista käyttää samaa puskurivaraajaa verkostoille. Tämä yksinkertaistaa järjestelmää. Maalämpölaitteisto toimii pääosin hyvällä COP-arvolla alueella molemmissa mitoituslämpötiloissa. Alhaisilla ulkoilman lämpötiloilla lämmitysjärjestelmä käyttää lisäenergiaa, joka tasaa COP-arvon vaikutusta lämmitysenergian tuotannossa. Lopulliset laskennat ja laitevalinnat tarkistetaan laskennallisesti kokonaisenergian kulutuksen, tilavarausten ja laitebudjetin tarkentumisen jälkeen.

4.2 Etulämmitys- ja jäähdytyspiiri

Lämmityskaudella tuloilmakoneiden etulämmityspatteriin ohjataan maalämpöliuos. Etulämmityspatterin mitoituslämpötilat liukselle ovat 0/5 °C. Maalämpöliuosta hyödynnetään kohteen suunnittelussa tuloilmakoneissa ja jäähdytyskonvektoreissa. Jäähdytystoimintoa etupatterissa käytetään ilmanvaihtokoneessa tuloilman jäähdyttämiseen, ja se toimii maalämpöliuoksen avulla. Vakiorakenteinen etupatteri on asennettava aina siten, että ilma virtaa sen läpi vaakasuoraan. Etupatterin vaihtoa varten osan sivulle on jätettävä tai muulla tavoin oltava järjestettävissä vapaata tilaa osan leveyden verran. Lämmönsiirtopintojen tarkastusta ja huoltoa varten niille on järjestettävä esteetön pääsy. Etupatterin alapuolelle on varattava tila vesilukolle. Vesilukko johdetaan lattiakaivolle, sitä ei saa yhdistää muihin viemärointeihin. Tarvittaessa etupatteri voidaan varustaa pisananerottimella. Näin menetellään yleensä silloin, kun ilmassa on runsaasti kosteutta tai ilmannoisuus etupatterin läpi on yli 2,5 m/s. Etupatteri koostuu lämpöeristetystä koneen vaipasta ja sen sisään asennetusta lämmönsiirtimestä. Lämmönsiirrin voidaan vetää ulos vaipasta kokonaisuutena. Sen putket on valmistettu kuparista, lamellit alumiinista tai kuparista ja kehys alumiinista tai ruostumattomasta teräksestä. Siinä on tulo- ja poistoyhteet sekä liitännät etupatterin ilmausta ja tyhjennystä varten. Etupatterissa on lauhdevesiallas ja vesiyhde. Pakkasnesteitä käytettäessä kaikki patterit on varustettu laippaliitoksella. Korkein käyttöpaine on 1,0 Mpa (11).

Alustavien suunnitelmien osalta ilmanvaihdon kokonaisilmamäärä on 4,9 m³/s. Ilmanvaihtokoneet varustetaan etupattereilla. Esilämmityksellä pyritään esilämmittämään tuloilma mahdollisimman lähelle 0 °C lämpötilaa. Laskennassa voidaan todeta tämän vaativan mitoitusilanteessa tilavuusvirtaaman 8,9 kg/s, jolla saavutetaan 185 kW:n lämmitysteho. Maalämpöliuoksen mitoituslämpötilat ovat 0/5 °C. Maalämpökaivosta voidaan käytännössä ottaa 40 W/m tehoa. Laskennallisesti tämä tarkoittaa 23 kappaletta 200 metriä syviä kaivoja pelkästään etulämmityspiirille. Maalämpöjärjestelmän kustannusvertailussa havaittiin tämän olevan kannattamatonta.

Etulämmityspattereiden mitoitus suunnitelmien osateholle maalämpöjärjestelmän ehdoilla. Lämpökaivojen mitoituksessa käytettiin maalämpölaitteiston mitoitusta ilman etulämmityspattereita. Järjestelmän lämmitystehot laskettiin ilman etulämmityspatteria. Ilmanvaihtokoneiden lämmityspatterin lämmitysteho on 42 kWh.

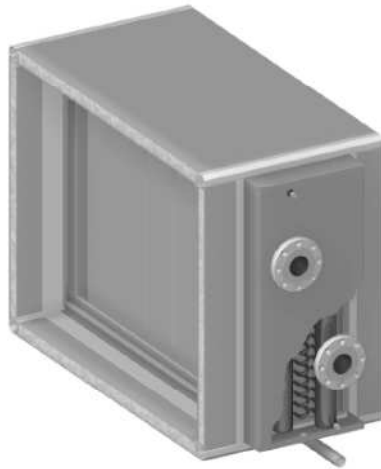
Rakennuksen lämmitysverkoston suurin tehontarve 45 kWh. Käyttöveden jatkuva lämmitysteho on 12 kWh. Lämmitykseen tarvittava suurin tehontarve on yhteenlaskettuna 99 kWh. Etulämmityspatterien maaliuospiiri suunnitellaan siten, että kaikki hyödynnettävissä oleva ylimääräinen energia maalämpökaivoista ohjataan etulämmityspattereille. Etulämmityspiirien käyttökustannukset muodostuvat pumppujen tarvitsemasta sähköenergian kulutuksesta.

Alustavasti järjestelmän mitoituksiin on suunniteltu kaksi kappaletta 40 kW:n lämpöpumppua. Maapiirin tehonluovutus on 100 kWh. Kustannusarvio maalämpölaitteistoille on noin 200 000 €. Maalämpöpumppujen tilavuusvirtaamiksi laskettiin 2,15 kg/s ja etulämmityspiirille 3 kg/s. Näillä mitoituksilla saadaan lämpökaivoista otettu järjestelmän vaatima energia. Kiinteistöhallintajärjestelmään ohjelmoidaan rajoitusohjelma, jolla estetään maalämpökaivojen jäätyminen. Taulukossa 5 on laskettu rakennus jäähdytys- ja lämmitysenergiat.

Taulukko 5. Lasketut rakennuksen lämmitys- ja jäähdytystehot.

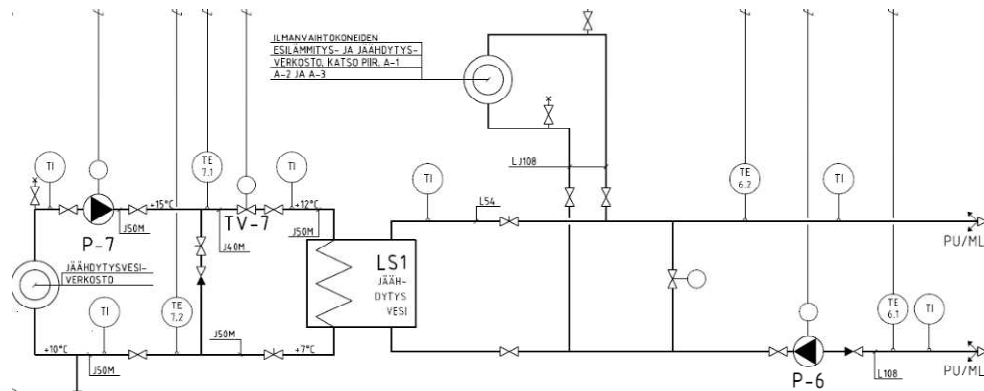
	IV-koneen jäähdytyspatterin teho, W	IV-koneen lämmityspatterin teho, W	Ideaaliset lämmityslaitteet ja muut tilalämmityslaitteet, W	LKV, W
Tammikuu	0.0	40277.0	44605.9	11933.5
Helmikuu	0.0	41766.8	44622.0	11933.5
Maaliskuu	0.0	36754.2	41082.2	11934.0
Huhtikuu	89.5	20352.3	29833.9	11933.5
Toukokuu	1208.4	7525.4	19652.8	11933.5
Kesäkuu	3223.2	2418.3	14297.7	11933.5
Heinäkuu	8810.1	461.9	9718.5	11933.5
Elokuu	8690.4	1304.3	12209.4	11933.5
Syyskuu	262.5	7323.0	21254.3	11933.5
Lokakuu	0.0	15913.9	29303.6	11933.0
Marraskuu	0.0	29468.4	37882.9	11933.5
Joulukuu	0.0	35824.8	42151.1	11933.5
keskiarvo	1882.8	19822.9	28787.4	11933.5
keskiarvo*8760.0 h	16493489.2	173648898.4	252178001.5	104537449.7
min	0.0	461.9	9718.5	11933.0
maks	8810.1	41766.8	44622.0	11934.0

Maalämpölaitteistolle palaavan liuoksen lämpötilaa estetään laskemasta liikaa ohitusventtiilin avulla. Venttiiliä säädetään kiinteistöhallintajärjestelmän kautta. Venttiilillä voidaan osa virtauksesta ohjata ohi etulämmityspattereiden, mikäli paluuliuos kylmenee liikaa. Tämä vähentää etulämmityspattereiden tehoa, mutta estää maalämpöpumppujen vikatilojen syntymisen. Etulämmityspattereiden 2-tiesäätöventtiilillä voidaan rajoittaa maalämpöliuoksen virtausta ja estää maalämpöliuoksen jäähtyminen. Etulämmityspattereiden suunniteltu nestevirtaama kolmelle ilmanvaihtokoneelle on 3 kg/s. Liuospiirin lämpötilaerot ovat mitoitus-tilanteessa 0/5 °C. Pienen lämpötilaeron johdosta liuoksen tilavuusvirtaama kasvaa suureksi. Eri valmistajilta on saatavilla etulämmityspatteriksi soveltuvia tuotteita. Etulämmityspatterin painehäviön tulee olla pieni ja nestevirtaaman iso. Käytännössä tämä kasvattaa patterin kokoa. Patterin ilmapuolen painehäviö on 55 Pa esimerkkilaskennan laitteistoissa. Kuvassa 11 on esitetty patterin rakennekuva.



Kuva 11. Ilmanvaihtokoneen esilämmitys- ja jäähdytyspatteri

Puhallinkonvektorit saavat jäädytysenergian jäädytysvedestä. Jäähdytysvesi jäädytetään lämmönvaihtimen avulla, jossa maaliuos jäädyttää veden +7 °C:seen. Kuvassa 12 on esitetty periaatekaavio jäädytysjärjestelmän lämmönsiirtimen rakenteesta. Rakenteesta on vielä päivittämättä jäätymissuojaustoiminta jäädytysvesipiiristä.



Kuva 12. Maalämpöliuos jäädytyspiiri.

4.3 Ilmanvaihtojärjestelmä

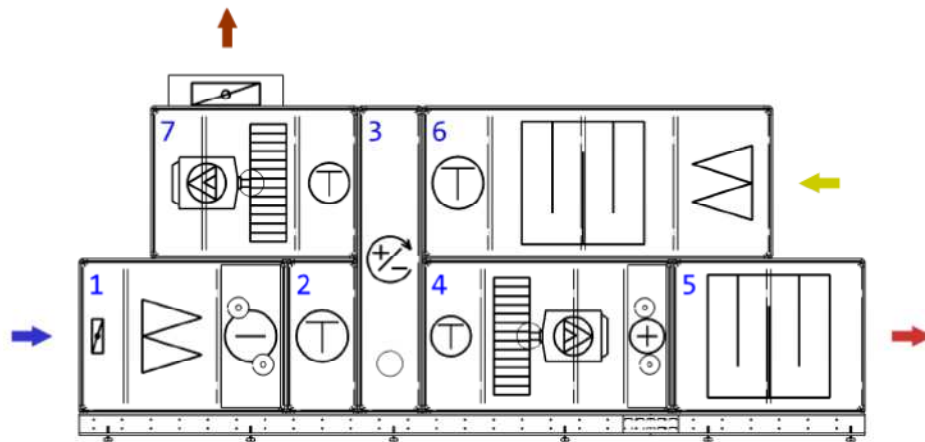
Asuntojen ilmanvaihdon tuloilman päätelaitteet ovat suunnitelmassa huoneistojen alaslasketun katon pystysuorassa otsapinnassa. Tästä syystä asuntoihin johdettavan tuloilman lämpötilan pitää olla riittävän lämmin. Riittävän lämmin ilma estää vedontunnetta ja vetoisuutta oleskeluvyöhykkeellä. Yleisten tilojen käytävien, oleskelu- ja ruokailutilojen osalta tarpeenmukainen ilmanvaihto tehostusmahdollisuudella soveltuu parhaiten poistamaan henkilöiden, kulutuslaitteiden ja valaistukset aiheuttaman lämpökuorman ja epäpuhtaudet.

4.3.1 Vaikutusalueet ja tekniset tiedot

Ilmanvaihtokoneiden mitoituksen ja laitevalintojen suhteen tarkasteltiin kokonaispainehäviöiden vaikutusta elinkaarikustannuksiin ja E-lukuun. Dynaamisen mallintamisen kautta arvioitiin koneiden kokonaispainehäviön vaikutusta E-lukuun. Palveluasumisyksikön E-luku laskennassa on käytetty iv-koneiden suunnitteluarvoja. Energiatoteuttajien ilmanvaihtokoneiden vaatimukset urakka-asiakirjoihin. Kohteeseen suunniteltiin kolme ilmanvaihtokonetta, joiden vaikutusalueet on jaettu seuraavasti:

- TK1 Asunnot, ilmamäärä tulo 2,2 m³/s ja poisto 2,3 m³/s.
- TK2 Yleiset tilat, ilmamäärä tulo 1,7 m³/s ja poisto 1,8 m³/s.
- TK3 pohjakerros, ilmamäärä tulo 0,75 m³/s ja poisto 0,8 m³/s.

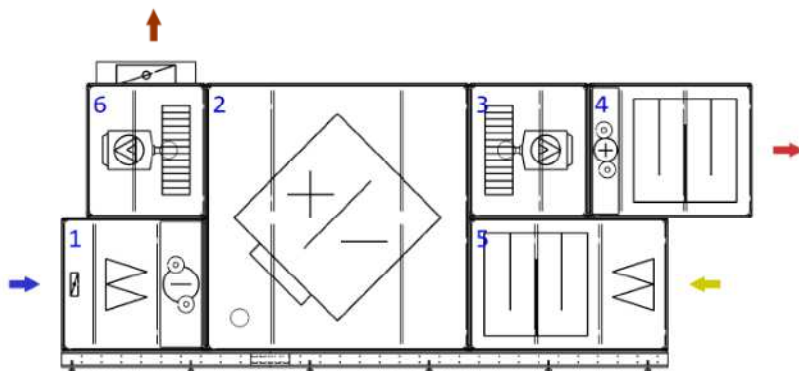
Asuntojen tulo- ja poistoilma ei saa sekoittua lämmöntalteenotossa keskenään. Tuloilmakoneeseen TK1:n suunnitelmiin valittiin ilman sekoittumisen estämiseksi levylämmönsiirrin. Yleisten tilojen kone varustetaan pyörivällä lämmöntalteenottolaitteella, jolloin hyötysuhde on levylämmönsiirrintä parempi. Pohjakerroksen ilmanvaihto koneessa käytetään levylämmönsiirrintä tilojen monikäyttöisyyden takia. Pohjakerroksen tilaratkaisujen johdosta tulo- ja poistoilma ei saa sekoittua ilmanvaihtokoneessa. Kuvassa 13 on esitetty pyörivällä lämmöntalteenotolla oleva tuloilmakone.



Kuva 13. TK2 Yleisten tilojen ilmanvaihtokojeen runkokuva.

LTO-kiekkolla varustettu Ilmanvaihtokone ei laitevalmistajan laskelman mukaan tarvitse lämmitysenergiaa lämmityskaudella, mikäli maalämpöliuosta voidaan hyödyntää täysmääräisesti maapiiristä. Laskelmissa lämpötila etulämmityspatterin jälkeen on 2,3 °C. (Liite 2.)

Tuloilmakoneisiin joudutaan tyypillisesti ohjelmoimaan erilaisia lämmöntalteenottojärjestelmien huurtumisenesto- ja sulatustoimintoja. Lämmöntalteenottolaitteiston yli voidaan mitata poistoilman paine-eroa. Vaihtuvan ilmamäärän takia huurtumisenesto- ja sulatustoimintojen paine-erokytkentäraja ei ole vakio, vaan muuttuu suhteessa ilmamäärään. Myös jäteilman lämpötilaa noin -5 °C astetta on käytetty joissain tapauksissa huurtumisenesto- ja sulatustoimintojen käynnistämiseen. Myös ulkoilmanlämpötila saattaa olla määräävä tekijä yhdistettynä poistoilmapuhaltimen jälkikäyntiin sulatuksen aikana. Huurtumisenesto- ja sulatustoimintojen aikana pyörivä lämmöntalteenottojärjestelmä ohjataan pienelle nopeudelle (noin 30 %) ja vastaavasti levylämmönsiirtimen lohkopeltien vuorotteluohjelma käynnistetään. Huurtumisenesto- ja sulatustoiminnot laskevat lämmöntalteenoton vuosihyötysuhdetta. Etulämmityspatteria käyttämällä voidaan etulämmityspatterin jälkeinen tuloilman lämpötila nostaa yli 0 °C . Etupatterin mitoitukset ovat esitetty laitevalmistajan IV-koneen mitoituksessa. Huurtumisenesto- ja sulatustoiminnot voidaan ohjata kiinteistöhallintajärjestelmän kautta. Tuloilmakoneiden lämmöntalteenottojärjestelmä on etulämmityspatterin avulla mahdollista pitää täydellä teholla myös sulatustoiminnon aikana. Etulämmityspattereiden toimintaa ja sulatusjaksoja ohjataan kiinteistöhallintajärjestelmän kautta. Levylämmönsiirtimessä tulee olla kuution ohituspelti ja vähintään kolme kappaletta kuution lohkopeltejä. Tuloilmakoneiden vaikutusalueet ovat pohjakerroksessa ja asuntojen alueella. Kuvassa 14 on esitetty levylämmönsiirtimellä varustettu tuloilmakoneen runkokuva.



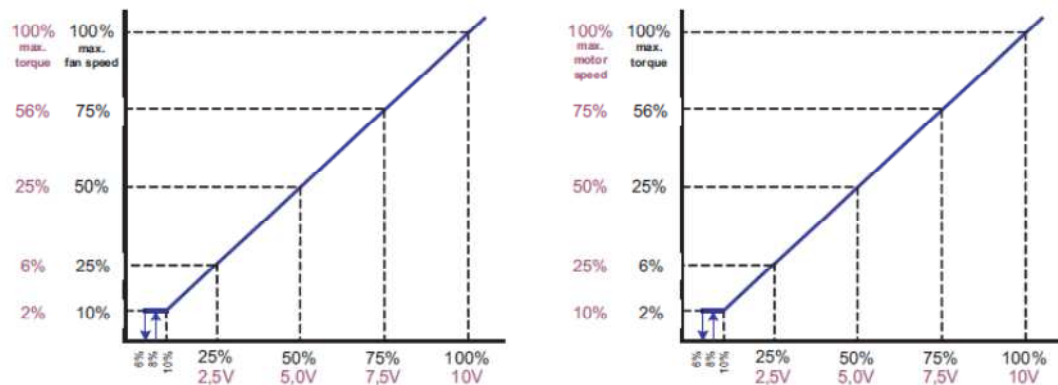
Kuva 14. TK1- ja TK3-ilmanvaihtokoneen runkokuva

4.3.2 EC-moottorit

EC-moottori on tasavirtamoottori, jossa virran kulkusuuntaa muutetaan staattorissa roottorin asennosta riippuen elektroniikan avulla. Perinteisessä tasavirta moottorissa virrankulkusuunnan muutos (kommutointi) tapahtuu hiiliharjasten avulla. AC-moottorit ovat vaihtosähkömoottoreita, joissa vaihtosähkö aiheuttaa sähkökentän pyörimisen staattorissa vaihtosähkön taajuudella. AC-moottori tarvitsee lisäenergiaa ainoastaan magneettikentän luomiseen indusoimalla virtaa roottorille. Palveluasumisyksikön ilmanvaihtokoneet ovat ilmamääriltään hyvin soveltuvia EC-moottorille. EC-moottorit ovat vaihtoehtona kaikilla toimittajilla konepaketteihin. Puhaltimissa elektroniikka on integroitu puhaltimeen ja puhallin voidaan kytkeä suoraan vaihtojännitteeseen. Kommutoinnin avulla puhallin muuttaa vaihtovirran tasavirraksi ja säätää moottorin saamaa virtaa. DC-moottorit ovat noin 30 % tehokkaampia kuin AC-moottorit, koska toissijainen magneettikenttä muodostuu kestromagneetista kuparikäämityksien sijasta. EC-moottoreilla on melko tasainen hyötysuhdekäyrä, jossa on suhteellisen vähän vaihtelua nopeusalueella.

Vaihtovirtaa käyttävien EC-puhaltimien valikoima laajenee koko ajan. Valikoimissa on aksiaalipuhaltimia ja keskipakopuhaltimia sekä malleja, joissa on eteenpäin tai taaksepäin kaartuvat siivet, jotka imevät yhdeltä tai kahdelta puolelta ja jotka ovat yksi- tai kolmivaiheisia. EC-puhaltimet ovat usein vaihdettavissa suoraan vastaavien AC-puhaltimien tilalle. EC-puhaltimet eivät tarjoa laitevalmistajille ainoastaan energiatehokkuutta, vaan antavat myös mahdollisuuden hyödyntää tuotteissaan uusinta tekniikkaa ja toiminnallisuutta. Energiatehokkuusvaatimukset kiristyvät jatkuvasti, ja järjestelmien tulee olla entistä energiatehokkaampia.

EC-moottoria ohjataan I/O-kortilta saatavalta 0–10 V:n tasajännitteellä. Puhallinta voidaan ohjaustavan valinnan avulla säätää vääntömomenttia tai pyörimisnopeutta lineaarisesti suhteessa ohjajännitteeseen. Analoginen sisääntulosignaalin kytkentäkynnys on 0,8 V. Tämä tulee ottaa huomioon rakennusautomaatiojärjestelmässä. Tuloilmankoneen ohjelmassa käyntitila tulee tehdä ohjelmallisesti kynnysjännitteeseen verraten (12). Kuvassa 15 on esitetty ohjajännitteen vaikutus moottoriin pyörimisnopeuteen ja vääntömomenttiin.



Kuva 15. Ohjajännitteen vaikutus EC-moottorin toimintaan.

4.4 Valaistus

Hyvin suunnitellulla valaistuksella voidaan tukea toimintakykyä ja helpottaa itsenäistä suoriutumista. Palveluasumisyksikön valaistuksen suunnittelussa otettiin huomioon seuraavat asiat:

- ikääntymisen vaikutus näköön.
- valolähteiden sijoitukset.
- palveluasumisyksikön erityistarpeet valaistukselle.
- valaistuksen säätö- ja ohjausjärjestelmät.

4.4.1 Valaistusvaatimukset

Hyvä valaistusratkaisu voidaan saavuttaa yhdistämällä yleisvaloa, tutkimusvaloa, ympäröivää valoa ja lukuvaloa. Ohjausten pitää olla yksinkertaisia ja helppokäyttöisiä sekä potilaille että henkilökunnalle. Terveystieteiden valaistussuunnittelu EN 12464-1-standardin mukaiset ohjeet tulee huomioida. Taulukossa 6 on esitetty valaistusvaatimukset.

Taulukko 6. Standardin EN 12464-1:2011 valaistusvaatimukset

Tila, tehtävä tai toiminta	Valaistusvoimakkuus (E_m)	Häikäisyarvo (UGR_L)	Tasaisuus (U_0)	Värinöistöindeksi (R_s)	Erityisvaatimukset
Päivähuoneet	200	22	0,60	80	Valaistusvoimakkuus lattiatasolla.

Käytetyin valaistustekniikan suure on valaistusvoimakkuus. Suurin osa standardeista ja ohjeista perustuu tähän. Valonlähteen säteilemällä tuottama valovirta osuu lopulta johonkin pintaan. Pintaan osuessaan se heijastuu, absorboituu tai se läpäisee pinnan. Pinnalle saapuvaa valovirran tiheyttä kutsutaan valaistusvoimakkuudeksi.

Valaistusvoimakkuudelle E voidaan kirjoittaa kaava, jossa Φ on pinnalle tuleva valovirta ja A pinnan ala.

$$E = \frac{\Phi}{A}$$

Kaavasta saadaan valaistusvoimakkuuden yksikkö luumenia neliömetrille (lm/m^2) eli luksiksi (lx).

4.4.2 Ikääntymisen vaikutus näköön

Pelkästään valaistusvoimakkuutta lisäämällä ei useinkaan päästä toivottuihin tuloksiin. Heikosti näkevien silmät sopeutuvat valaistustason muutoksiin hitaasti tai puutteellisesti. Näkövaikeudet siirryttäessä valosta hämärään tai päinvastoin liittyvätkin melkein kaikkiin ikääntyneiden silmäsairauksiin. Näkö heikkenee iän myötä ilman silmäsairauttakin. Kun normaali näöntarkkuus on 1.0–2.0, laskee se useimmilla 70–80 vuoden iässä 0.6–0.7 tasolle.

Häikäisyä syntyy silmän sopeutuessa huonosti kirkkaaseen valaistukseen. Sitä aiheuttavat liian voimakkaat tai väärin suunnatut valaisimet sekä ikkunoista tuleva auringonvalo. Kiiltävät pinnat heijastavat valoa ja saattavat sokaista näkövammaisen henkilön kokonaan. Häikäisyä vähennetään suuntaamalla valot oikein. Epäsuorasti tuleva valo on usein hyvä ratkaisu. Kun valo heijastetaan huoneeseen katon tai seinän kautta, on valaistus tasainen ja häikäisemätön.

Kaihtimilla pystytään himmentämään ikkunoista tuleva auringonvalo. Keittiössä, pesutiloissa ja eteisessä tarvitaan erityisen hyvää valaistusta. Vaaleat pinnat heijastavat valoa tummia pintoja enemmän. Hyvä valaistus ei aiheuta jyrkkiä varjoja, jotka voivat johtaa virhearvioihin. Vanhetessa heikentyvät kontrastien ja värien erotuskyky, hämäränäkö sekä silmien yhteisnäkö. Etäisyyksien ja syvyyserojen arviointi, liikkuminen ja tasapainon hallinta käyvät epävarmoiksi.

Korkealuokkainen valaistusratkaisu on tärkeää erityisesti niille, jotka kärsivät dementiasta tai heikkonäköisyydestä. Hyvin suunniteltu valaistus vähentää turvattomuutta, huolta ja pelkoa kaatumisesta. Samalla se lisää itsenäisyyttä ja miellyttävää oloa. Turvallisuuden tunteen painottaminen on tärkeää suunniteltaessa valaistusta ikäihmisille.

Tehostetussa palveluasumisyksikössä toimintaa on yleensä läpi vuorokauden. Potilaita kuljetetaan pitkin käytäviä. Valaistus ei saa häikäistä vuoteella makaavaa potilasta. Voimakkaasti suunnattuja valaisimia tulisi välttää johtuen niiden rajoittuneesta valokeilasta, joka estää laajan näkyvyyden. Epäsuorat, häikäisemättömät valaisimet ovat ihanteellisin ratkaisu yleisvalaistukseksi. Kuitenkin suora valo on täydellinen ratkaisu luku- tai kirjoitusvaloksi. Ruokala tai päivähuoneissa korostettu valaistus tarjoaa miellyttävän tunnelman tilaan. Riippuvalaisimet, jotka valaisevat sekä suorasti että epäsuorasti, ovat paras vaihtoehto näissä tiloissa, sillä se myös näyttää kannustavan kommunikointiin. Käytettäessä korkean Ra-indeksin omaavia lampuja myös näöntarkkuus paranee, mikä taas lisää hyvän olon tunnetta. Viime vuosina tutkimukset päivähuoneiden valaistuksen toteuttamisesta säädettävän värilämpötilan avulla ovat paljastaneet myönteisiä vaikutuksia mm. dementia-potilaiden sekä myös terveydenhuoltohenkilökunnan päivärytmin ohjauksessa. Tutkimukset ovat osoittaneet, että päivänvalolla ja ympäröivällä valolla on suuri vaikutus hoitohenkilöstön työskentelyyn ja terveyteen. Valaistus vaikuttaa myös potilaiden parantumisnopeuteen. Tavoitteena sairaalassa tulisi olla ensisijaisesti potilasturvallisuus sekä ihmisläheinen valaistus, jossa hoitohenkilöstön työviihtyvyys, hyvinvointi ja työteho ovat etusijalla (13).

4.4.3 Valaisimet ja ohjauslaitteet

Tilojen valaistusohjausjärjestelminä voidaan käyttää aika- ja läsnäolo-ohjausta, joita energiantehokkuuden vuoksi voidaan täydentää päivänvalo-ohjauksella. Osastoilla, jotka toimivat ympäri vuorokauden, käsiohjaukset on koettu paremmaksi ratkaisuksi. Huoneen valaisemista on pohdittava potilaan hyvinvoinnin kannalta. Potilas tarvitsee omaa rauhaa ja välillä mahdollisuutta lukemiseen tai lähiomaisten tapaamiseen. Potilashuoneessa tehdään myös toimenpiteitä ja tutkimuksia, jotka tarvitsevat riittävän hyvää valaistusta.

Asuntoihin löytyy lähes kaikilta valmistajilta valaisimia, jotka mahdollistavat tasaisen valojoon riittävällä valaistusvoimakkuudella. Valaisimien pinnan kirkkaus eli luminanssi tulee olla riittävän pieni. Tämä mahdollistetaan lisäämällä valonlähteen pinta-alaan ja valaisimen kokoa kasvattamalla. Kuvassa 16 on esitetyn valaisimen valoteho on 2400 lm, värintoistoindeksi on 80, himmennettävyys 1–100 % DALI-liitäntälaitteella. Halkaisijat ovat 430 mm tai 530 mm.

A51-R LED



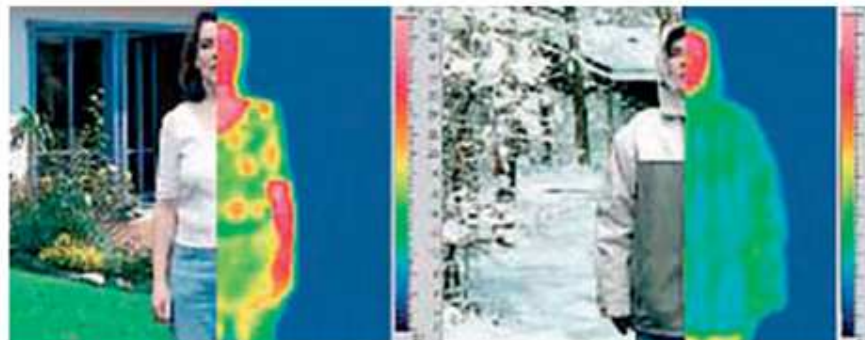
Kuva 16. Tyypillinen potilashuoneen kattovalaisin

Vakiovalonsäätö ja läsnäolotunnistus suunniteltiin potilashuoneisiin erillisellä laitteella. Laitteessa on valaistustasomittaus, jolla tilan valaistusvoimakkuus pidetään vakiona ohjaamalla valaisimien liityntätehoa. Valoanturi mittaa huoneen ympäristön valotasoa. PIR läsnäolotunnistimen avulla järjestelmä havaitsee, kun huoneessa on ihmisiä. Valaistusta voidaan ohjata KNX-järjestelmään kytkettyjen painikkeiden kautta. Tilassa pidetään yllä vaadittua valaistusvoimakkuutta. DALI-väylä on digitaalinen valaistuksen ohjausväylä, johon suunnitellaan tässä hankkeessa valaisimien DALI-liitäntälaitteet. KNX-väylään suunnitellaan tässä hankkeessa KNX-standardin mukaiset valopainikkeet, läsnäolotunnistimet, vakiovalosäätimet ja huoneiston ohjauslaitteet. Erilaisissa hoito- ja käyttötilanteissa saattaa olla tarpeellista muuttaa valaistuksen tasoa. Luonnonvalon hyödyntäminen on osana valaistuksen energiansäästöä. Kuvassa 17 on kattoasennukseen soveltuva säädin, joka liitetään kiinteistöhallintajärjestelmään.



Kuva 17. DIGIDIM-multisensori DALI/KNX-järjestelmään.

Ihmiset säteilevät lämpöenergiaa ihmissilmälle näkymättömällä IR-taajuudella. Optinen linssi kerää IR-lämpösäteilyä, jolloin taustaansa vasten liikkuvampi lämpöinen kohde voidaan tunnistaa. Kuvassa 18 on esitetty taustaa vasten tunnistettu lämpöinen kohde.



Kuva 18. Ihmisen aiheuttama IR-lämpösäteily (14).

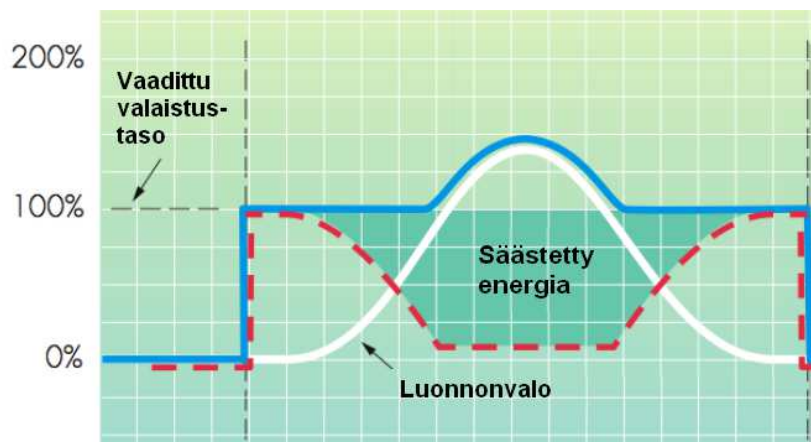
Perinteisen liiketunnistimen ja läsnäolotunnistimen välille voidaan tehdä selvä jako ominaisuuksien osalta. Perinteinen liiketunnistin ei ole riittävän tarkka ja monipuolinen ohjaamaan valaistusta kiinteistöhallintajärjestelmän kanssa. Läsnaolotunnistimella saadaan riittävän monipuoliset toiminnot käyttöön sisätiloissa. Taulukossa 7 on esitetty tunnistimien väliset erot.

Taulukko 7. Liike- ja läsnäolotunnistimen erot (14).

	Liiketunnistin	Läsnaolotunnistin
Reagointi	Suuri liike (kävely)	Pieni liike (istumatyö)
Valotason tunnistus	Yksinkertainen; valotason mittaus lopetetaan kun valot kytketty päälle	Tarkka; valotason mittaus jatkuu kun valo kytketty päälle
Toiminnot	Yksinkertainen (päälle/pois)	Monipuolinen: säädettävän valon ohjaus, vakiovalo-ohjaus, monikanavaisuus
Asennuspaikka	Sisällä tai ulkona	Sisällä
Käyttökohteita	Ulkona: kulkuvaylät, pysäköintipaikat Sisällä: käytävät, portaikot, kopiohuoneet, WC-tilat	Sisällä: toimistohuoneet, avokonttorit, luokkahuoneet, auditoriot, neuvotteluhuoneet jne

Vakiovalo-ohjauksessa tilaan on asennettu valoanturi, joka mittaa valon määrää ja tarpeen mukaan säätää valoja. Standardin SFS-EN 12464-1-2011 mukaan päivänvalolla voidaan luoda työpisteen valaistus kokonaan tai osittain (15). Päivänvalon suunta, voimakkuus ja spektrisisältö vaihtelevat vuoden- ja vuorokaudenaikojen mukaan. Valaistustilanne muuttuu siis jatkuvasti. Työpisteelle ja tilalle on kuitenkin määrätty minimivalaistustaso, jonka alle valaistus ei saa laskea. Helpoin ratkaisu tähän on asentaa työpisteen yläpuolelle valaisin ja sitä ohjaamaan vakiovalo-ohjaus, joka pitää valaistustason koko ajan sille määrättyllä tasolla. Valaistusratkaisujen käyttäjät (henkilökunta ja potilas) vaativat erityisen helppokäyttöisiä ohjauslaitteita.

Energiansäästön saavuttamiseksi on myös käyttäjällä hyvin paljon vastuuta, ja siitä syystä järjestelmiin perehdyttäminen on tärkeää. Jos valaistuksen ohjauksen suunnittelussa ei ole otettu riittävän hyvin huomioon käyttäjien kommentteja tai ohjeet eivät muuten toimi oikein, ohjauksista ei välttämättä saada toivottuja tuloksia. Teknologioita hyödyntämällä saadaan aikaan vain rajallisesti energiansäästöjä. Käyttäjän aktivoiminen energian järkevään käyttöön antaa mahdollisuuden saavuttaa energiansäästöä. Kuvassa 19 esitetään energiansäästö luonnonvalon avulla.



Kuva 19. Luonnonvalon avulla saavutettu energiansäästö (14).

4.4.4 Valaistuksen toimintamallit

Työssä määriteltiin valaistuksen toimintaan liittyviä ominaisuuksia. Tiedoista laadittiin huoneiden toimintamalli ja vaaditut ominaisuudet:

Asukashuoneet:

- Yksinkertaiset ohjauspainikkeet huonetiloissa.
- Valojen automaattista sytytystä ei hyväksytä.
- Valojen automaattinen sammutus hyväksytään viiveellä tai himmentämällä.
- Valotason säätö ja paikallinen ohjaus koetaan hyväksi asiaksi.
- Luonnonvalo koetaan hyväksi, mutta suora auringonvalo aiheuttaa helposti liian suuren kontrastin ja lämpökuorman huoneistoon.
- Liiallinen auringonvalo estetään aktiivisella sälekaihtimien ohjauksella.
- Sälekaihtimien manuaalinen ohjaustoiminto oltava automaattiohjauksen lisäksi.

Käytävätilat:

- Valaistus ohjataan himmeälle valaistustasolle, kun ihmisiä ei havaita.
- Liiketutkien on katettava kaikki tilat ilman katvealueita.
- Yö- ja päiväkäytölle aseteltavat erilliset valaistusvoimakkuustasot.

WC- ja suihkutilat

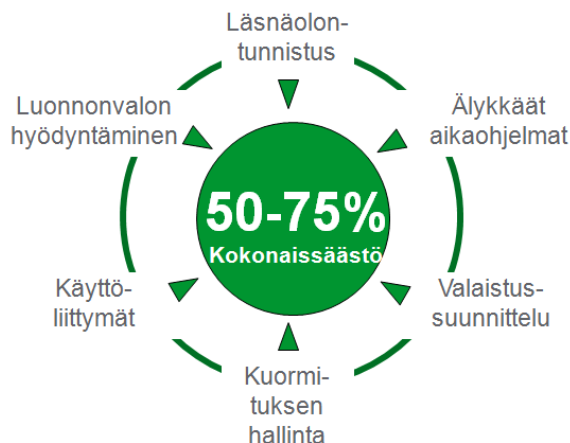
- Valojen automaattinen sammutus vaatimuksena.
- Valojen sytytys läsnäolotunnistimella.

Ruokailu- ja oleskelutilat:

- Korostettu valaistus tarjoaa miellyttävän tunnelman tilaan. Riippuvalaisimet, jotka valaisevat sekä suorasti että epäsuorasti, ovat paras vaihtoehto näissä tiloissa, sillä se myös näyttää kannustavan kommunikointiin.
- Valaistus ohjataan himmeälle valaistustasolle, kun ihmisiä ei havaita.
- Valotasosäätö erilaisten tilaisuuksien takia.

4.4.5 Energiatehokas valaistusjärjestelmä

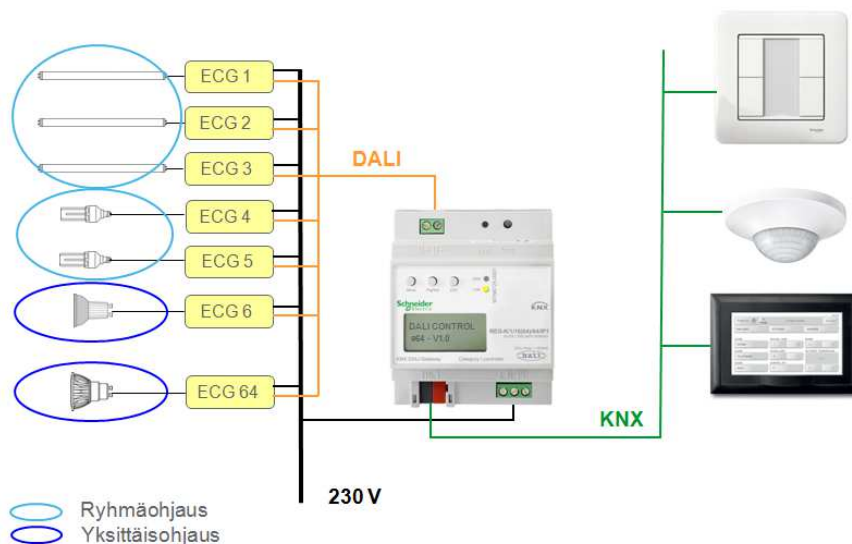
Sovittamalla yhteen rakennuksen käyttö ja kehittynyt kiinteistöhallintajärjestelmä voidaan saavuttaa huomattavat energiansäästöt valaistuksen osalta. Hankkeen suunnittelussa ja määrittelyissä on huomioitu energiansäästön tavoitteet kuvan 20 mukaisesti.



Kuva 20. Energiantehokkaan valaistusjärjestelmän toiminnot (14).

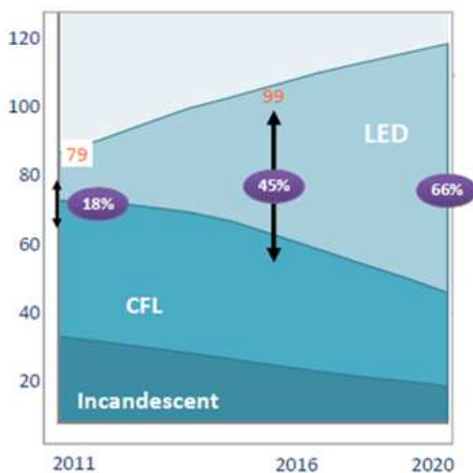
Ohjauspainikkeet, liiketunnistimet ja vakiovalosäätimet liitetään KNX-väylään, jolloin saadaan suora integraatio kiinteistöhallintajärjestelmään. DALI-liitäntälaitteet ovat valaisimissa, ja ne liitetään omaan DALI-väylään. KNX- ja DALI-väylän yhdistämisessä käytetään KNX/DALI-Gateway-ohjainta. Ohjain yhdistää laitteet kiinteistöhallintajärjestelmään. Ohjainta voidaan käyttää sisäänrakennettujen toimintojen kautta tai käsitellä laitetta KNX-väylän kautta kiinteistöhallintajärjestelmästä. Ohjaimen voidaan liittää 64 laitetta. Liitetyistä laitteista saadaan kattavat tiedot, kuten vikahälytykset, tilaviestit, huoltotoiminnot ja väyläohjaukset.

Kiinteistöhallintajärjestelmän yhteensopivuuden varmistamiseksi KNX-laitteiden ohjelmointi ja toimitus ovat kiinteistöhallintajärjestelmäurakassa. Kuvassa 21 on esitetty DALI/KNX-ohjaimen periaatekuva.



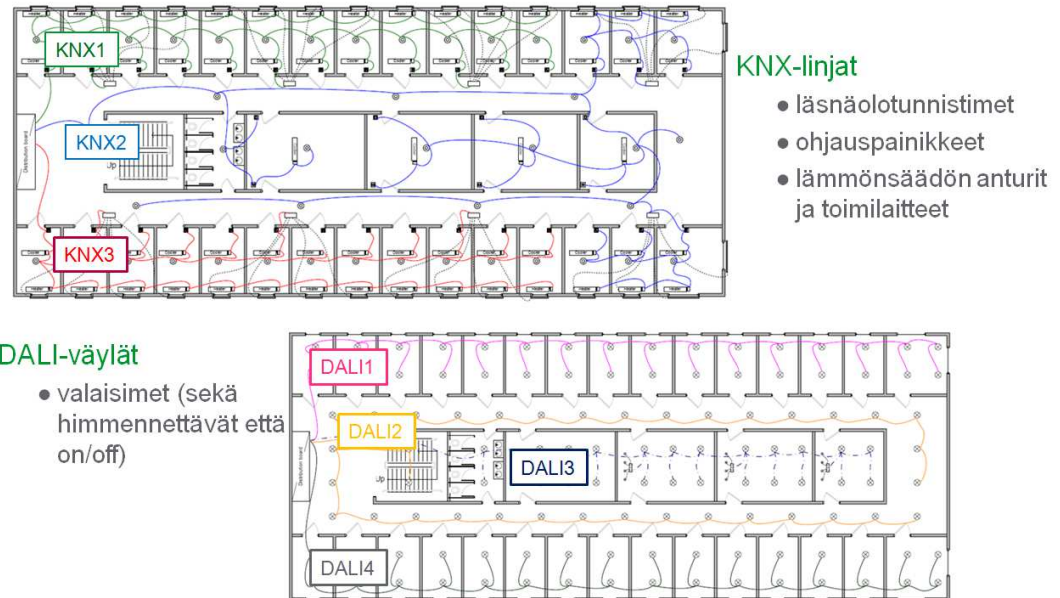
Kuva 21. DALI- ja KNX gateway ohjaimen periaatekaavio (14).

Valaisimet sisältyvät sähköurakkaan. Valaisimet varustetaan DALI-liitäntälaitteilla. DALI-liitäntälaitteet ovat yleistyneet älykkäiden ohjausjärjestelmien myötä, samalla hinnat ovat laskeneet voimakkaasti. LED-valaisimien yleistyminen laskee myös tuotteiden hintoja. Kuvassa 22 on arvioitu LED-valaisimien hintakehitys. LED näyttää syrjäyttävän loisteputkilamput toimistoissa ja kotitalouksissa hehku- ja pienloistelamput. Vaikutukset näkyvät valaistussuunnittelussa ja älykkäiden liitäntälaitteiden markkinoiden kasvuna.



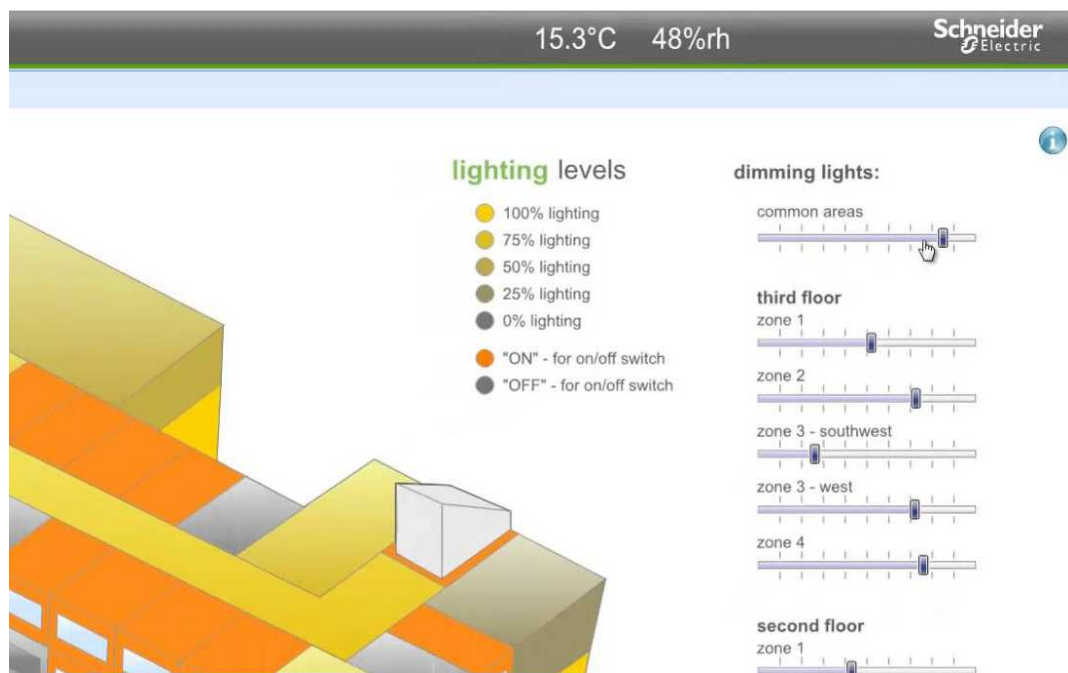
Kuva 22. LED-tekniikan yleistyminen valaistusratkaisuissa (14).

Suunnitelmissa on määritelty asuntojen osalta KNX-väylään tulevat laitteet. Oleskelu- ja ruokailutilat liitetään myös kiinteistöhallintajärjestelmään. Väylään liitetyillä laitteilla saavutetaan kaikki energiantehokkaan valaistuksen vaatimat ohjaustoiminnot. Valaistus ohjelmoidaan vastaamaan vaadittuja valaistustasoja ja toimintoja. Kaikki toiminnot ovat vapaasti ohjelmoitavissa kiinteistöhallintajärjestelmästä. Kuvassa 23 on esitetty tyypillinen ratkaisu KNX-väyläkaapeloinnista ja siihen liitetyistä laitteista. DALI-liitäntälaitteilla varustetut valaisimet ovat omassa väylässä.



Kuva 23. Johdotuskaavio DALI- ja KNX-väylät

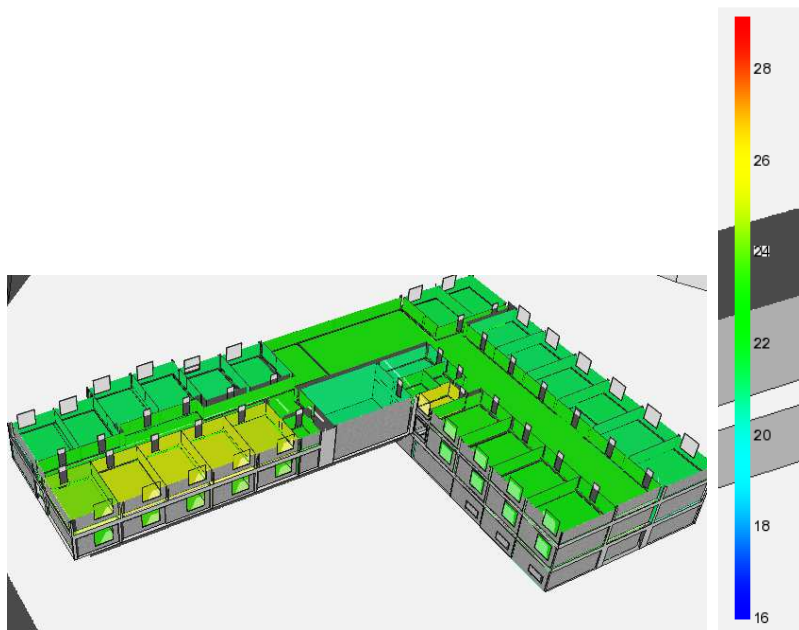
Asuntojen valaistuksen ohjaus suunnitellaan KNX/DALI-järjestelmällä, joka liitetään kiinteistöhallintajärjestelmään. Kiinteistön hallintaurakoitsija toimittaa KNX/DALI-järjestelmän ohjauslaitteet sähköurakoitsijalle, joka asentaa ja kytkee kyseiset järjestelmän laitteet. Valaisimien DALI-liityntälaitteet ovat valaisimissa ja kuuluvat sähköurakkaan. Asuntoihin suunnitellaan pistorasiat joissa on sisäänrakennettu LED-valo lattiatason valaisemiseksi. Valo voidaan kytkeä pois käytöstä paikallisesti. Kuvassa 24 on esitetty tyypillinen kiinteistöhallintajärjestelmän kautta ohjattava valaistusohjausjärjestelmä, jossa ohjaustoiminnot tehdään graaffisen käyttöliittymän kautta.



Kuva 24. Kuvassa on esitetty tyypillinen kiinteistöhallintajärjestelmän ohjaama valaistusjärjestelmä (16).

4.5 Sälekaihtimien aktiivinen ohjaus

Dynaamisen laskennan kautta huomioitiin huonelämpötilojen merkittävä nousu ilman aktiivista aurinkosuojausta. Tuloilman jäähditys ei kaikissa olosuhteissa riittänyt asuntojen operatiivisen lämpötilan pitämiseen sallituissa raja-arvoissa. Hankkeen yhtenä suunnittelutavoitteena oli luonnonvalon hyödyntäminen valaistuksessa. Hankkeessa tutkittiin aurinkosuojakalvojen kustannuksia verrattuna sälekaihtimiin. Sälekaihtimien aktiivinen ohjaus todettiin luonnonvalon ja hankintojen suhteen kustannustehokkaammaksi. Hankkeen lähtötiedoissa oli määritelty sälekaihdin, joten niiden varustelua laajennettiin aktiivisesti ohjattavaan malliin. Kuvassa 25 voidaan todeta ulkoisen lämpösäteilyn aiheuttama huonelämpötilan nousu yli 25 °C:n ilman aurinkosuojausta.



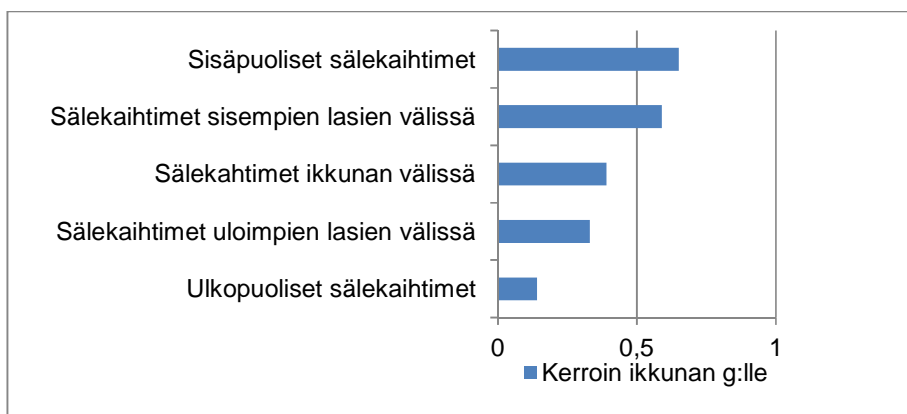
Kuva 25. Aurinkosuojauksen arvioiminen dynaamisen mallintamisen avulla (17).

Aktiivinen sälekaihdinohjaus on varustettu käsiohjaustoiminnalla. Toiminnot liitetään kiinteistöhallintajärjestelmään. Aktiiviset toiminnot muodostuvat luonnonvalon ohjauksesta asuntoon, häikäisyn- ja yllämmön suojauksesta. Asuntojen sälekaihtimiin suunnitellaan KNX-väyläpohjaiset ohjauslaitteet. Asukas voi ohjata myös manuaalisesti sälekaihtimia huoneiston ohjauskytkimen avulla. Kuvassa 26 on sälekaihtimen KNX-ohjauslaite.



Kuva 26. Sälekaihtimien KNX-ohjausyksikkö.

Taulukosta voidaan todeta aurinkosuojauksen sälekaihtimilla olevan suurin arvoltaan, kun ne sijoitetaan ikkunan ulkopuolella. Huonoimman aurinkosuojauksen antavat ikkunan sisäpuolella olevat sälekaihtimet. Kuvassa 27 on esitetty eri vaihtoehtoja sälekaihtimien sijoitukselle. Ikkunan g-arvo määrittää auringonsäteilyn kokonaisläpäisyarvon.



Kuva 27. Sälekaihtimen sijainnin vaikutus ikkunan g-arvoon (17).

4.6 Kiinteistöhallintajärjestelmä

Kiinteistönhallintajärjestelmä sisältää myös perinteisen rakennusautomaatiojärjestelmän. Rakennusautomaatiojärjestelmä toimii yhtenä osana kiinteistöhallintajärjestelmää. Kiinteistönhallintajärjestelmä muodostaa kokonaisuuden, jossa kaikki tekniset järjestelmät ovat liitetty käyttöliittymään. Kiinteistöhallintajärjestelmä tukee avoimia liityntäraajapintoja.

Kiinteistöhallintajärjestelmään voidaan liittyä seuraavia protokollia tukevilla laitteilla:

- ModBus-sarjaliikenne protokollan mukaiset liitäntälaitteet.
- LON (Local Operating Network) standardin mukaiset laitteet.
- BacNet (Building Automation and Control Network) standardin mukaiset laitteet.
- Web Service -yhteydet tietoteknisiin järjestelmiin ja ohjelmistoihin.
- EnOcean-standardin mukaiset langattomat laitteistot.
- ZigBee-standardin mukaiset langattomat laitteistot.

Kiinteistönhallintajärjestelmä pohjautuu ohjelmistopohjaiseen palvelimeen. Palvelin kerää eri järjestelmien tiedot ja yhdistää järjestelmät. Järjestelmässä on useita käyttäjätasoja ja toimintoja. Käyttäjätasot voidaan määritellä vapaasti palvelimen kautta. Järjestelmän kautta voidaan hallita suuria kiinteistökokonaisuuksia. Järjestelmää voidaan käyttää samanaikaisesti usean käyttäjän kanssa. Yhteys voidaan muodostaa kaikilla tunnetuilla laitteilla ohjelmisto- tai nettipohjaisesti.

HTML5-grafiikat ovat tuettuja. Järjestelmän palvelin sijaitsee erillisessä konesalissa ja laitteistot varmuuskopioituvat automaattisesti. HTML5-grafiikat perustuvat 2014 vuonna tulleeseen web-tekniikkaan, jolla korvataan Java-pohjaiset liitännäiset nettipohjaisissa kiinteistöhallintajärjestelmän yhteyksissä.

4.6.1 Schneider Electric EcoStruxure-järjestelmä

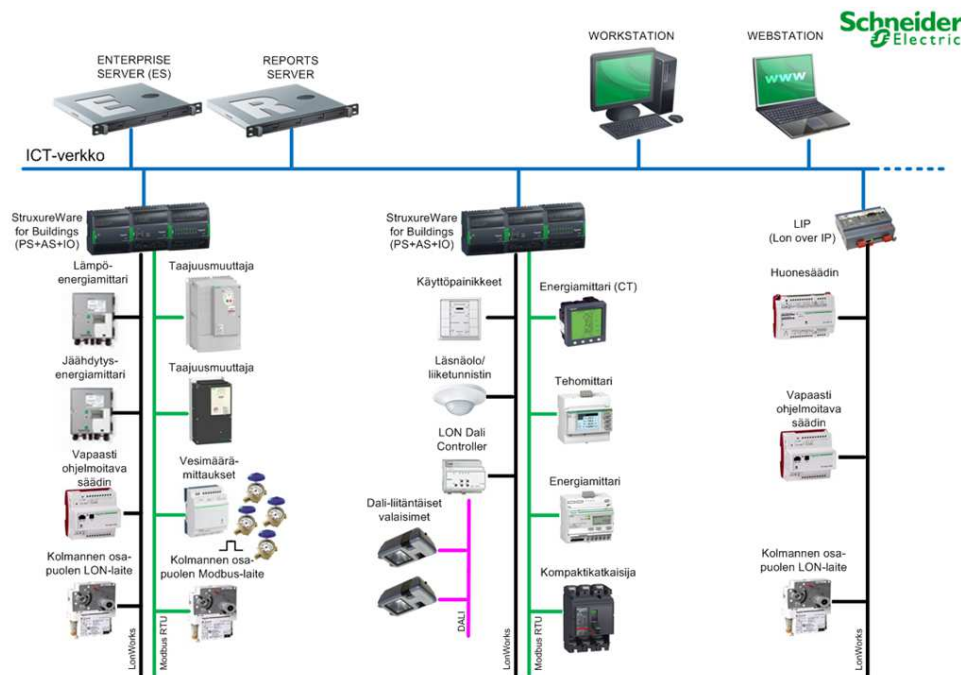
Schneider Electric on kehittänyt EcoStruxure-järjestelmän kiinteistöhallintajärjestelmäksi. Järjestelmään voidaan integroida alla listatut EcoStruxure-järjestelmät ja hallita järjestelmiä kokonaisvaltaisesti. Liitteessä 3 on esitetty uusin v1.6.1-versio laitteistoista. Järjestelmää on kehitetään nettipohjaisten ominaisuuksien ja laajennettavuuden osalta. ICT-verkossa toimivassa järjestelmässä on seuraavat ominaisuudet:

- Workstation-ohjelmistolla tietokoneella.
- Mobiilisovellukset teknisiin järjestelmiin ja käyttäjille.
- Enterprise-palvelin (konesalissa) keskitettyyn hallintaan.
- Raportointipalvelin (konesalissa).
- Web-pohjainen raportointi (sisältää nettipohjaisen käyttöliittymän).
- BACnet/IP (Building Automation and Control Network).
- ModBus TCP (verkkopohjainen tiedonsiirtoprotokolla).
- EcoStruxure-järjestelmän kokonaisvaltainen integraatio palo-, kulunvalvonta-, energia-, valaistus-, tiedonsiirto-, kulunvalvonta-, rikosilmoitin-, hissi- ja kiinteistöautomaatiojärjestelmiin.
- Sähkönsyöttöjärjestelmät.
- Konesalijärjestelmät.
- Varavoimajärjestelmät.
- Prosessi- ja logiikkajärjestelmät.
- Rakennusautomaationjärjestelmät.
- Turvajärjestelmät.
- Mittarointijärjestelmät.
- Sähkönsyöttöjärjestelmät.
- Kulunvalvontajärjestelmät.

Järjestelmään on kehitetty useita laajennuksia ja integraatiomahdollisuuksia. Yhteensopivat laitteet voidaan listata seuraavasti:

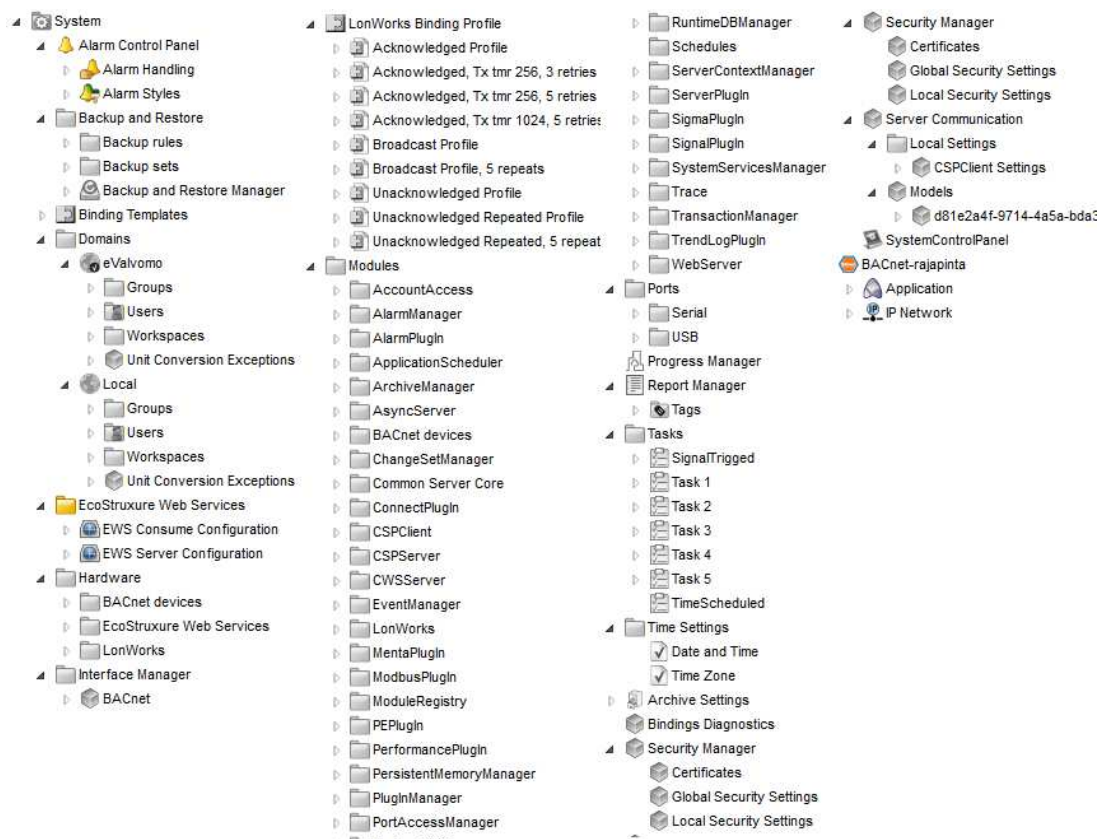
- B3-säädin antureineen.
- B3-ilmamääräsäätimet toimilaitteineen.
- B3-säätimet katkaisijoilla.
- SE8000-huonesäätimet.
- SE7000-huonesäätimet.
- LON-säätimet.
- BACnet-ohjaimet.
- Taajuusmuuttajat.
- Valaistusohjausjärjestelmät.
- Acti9-sähkökeskusjärjestelmä.
- Acti9-väyläpohjaiset mittausjärjestelmät.
- AtmosCare- ja Vista-rakennusautomaatiojärjestelmät.

Kiinteistöhallintajärjestelmän ominaisuuksien vertailussa käytetään Schneider Electric SmartStruxure-laitteistolla toteutettua kiinteistöhallintajärjestelmää. Järjestelmällä voidaan toteuttaa laajat hallinta- ja ohjaustoiminnot eri laitteistojen välillä. Kuvassa 28 on esitetty kiinteistöhallintajärjestelmän rakenne (18).



Kuva 28. SmartStruxure kiinteistöhallintajärjestelmä

Enterprice-palvelin toimii järjestelmän ytimenä ja suorittaa kaikki avaintoiminnot, kuten yhteydet, käyttäjät ja valvonnan. Järjestelmä toimii Windows-pohjaisella palvelin-alustalla. Enterprice-palvelin ylläpitää yhteysvalvontaa ja hallinnoi käyttäjien toimintaa. Käyttöliittymät voivat olla selainpohjaisia, erillinen tietokoneohjelmisto tai mobiilisovellus. Enterprice-palvelin toimii käyttäjien tietokantana ja hallinnoi käyttöoikeuksia. Käyttäjille määritellään sallitut toiminnot ja toiminta-alueet. Enterprice-palvelin suorittaa samanaikaisesti useita toimintoja hälytyksiä, hallintaa, aikatauluja ja trendejä. Enterprice-palvelin voi välittää tietoja suoraan käyttäjälle toiseen laitteeseen tai suoraan toisen laitteen käyttöön. Enterprice-palvelin on suoraan yhteensopiva BACnet-, LonWorks- ja Modbus-standardeihin (18). Kuvassa 29 esitetty osa Enterprice-palvelimen hallintaikkunaa.



Kuva 29. Enterprice-palvelimen asetusvalikkoa (18).

Enterprise-palvelin pystyy kommunikoimaan BACnet/IP-verkon kanssa. SmartStruxure-järjestelmällä on BTL-standardi (Basket Testing Laboratory). Järjestelmien yhteensopivuus on varmistettu testauslaboratorion toimesta. LonTalk-adaptoreilla voidaan liittää TP/FT10-LonWorks-verkkoja. LNS-laitteiden (LonWorks Network Services) toiminnot voidaan liittää järjestelmään. Laitteita voidaan ylläpitää ja huoltaa LonWork verkon ylläpitotyökaluilla Enterprise-palvelimen kautta. ModBus-laitteet ovat tuettuja RS-485 RTU-sarjaliikenne- tai TCP/IP-verkkoyhteydellä. Protokollien avulla kolmannen osapuolen laitteet, kuten energiamittarit, varavoimalaitteistot, katkaisijat, taajuusmuuttajat ja säätimet, voidaan liittää järjestelmään. Enterprise-palvelimeen liitetyt automaatiopalvelimet voidaan määritellä ja hallinnoida palvelimen kautta. Enterprise-palvelimen ylläpito ja päivitykset tehdään keskitetysti palvelupyynnöjä käyttäen. Yhteysvalvonnat ja laitteiston toimivuus on varmistettu automaattisilla toiminnoilla. Viestit, hälytykset ja tapahtumat siirretään automaattisesti määriteltyihin kohteisiin (18). Kuvassa 30 on esitetty hyväksytty testauslaboratorion todistus BTL-standardista.

BACnet Operator Workstation (B-OWS)

Product	Model	Version	BTL Listing
StruxureWare Building Automation Operation Server	AS	1.3	May 2013
StruxureWare Building Operation Enterprise Server	SW-ES	1.3	May 2013
BACnet Operator Workstation	ENS-BAC-OWS	3.6.35	July 2011

BACnet Building Controller (B-BC)

Product	Model	Version	BTL Listing
bCX1 Controller/Router	bCX1-CR	4.5	July 2013
StruxureWare Building Operation Automation Server	AS	1.3	May 2013
StruxureWare Building Operation Enterprise Server	SW-ES	1.3	May 2013

Kuva 30. BTL-hyväksytyt standardit (19).

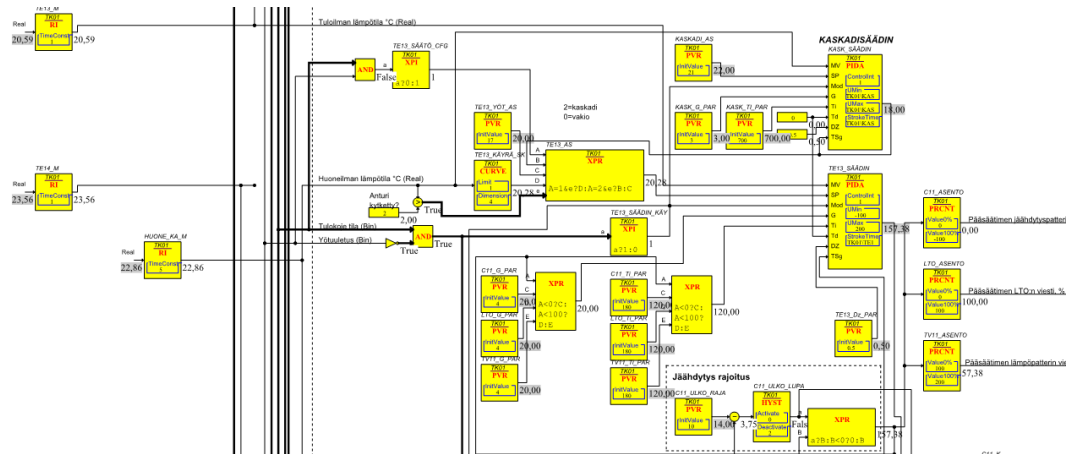
4.6.2 Automaatiopalvelin

Automaatiopalvelin on kiinteistöhallintajärjestelmään liitetty itsenäinen laite. Automaatiopalvelin kommunikoi Enterprise-palvelimen kanssa ja kerää tiedot kenttä- ja väylälaitteista. Automaatiopalvelimessa on sisäänrakennettu ohjelmisto, joka tukee I/O-moduuleita ja liitettyjä laitteistoja. I/O-moduulit ovat sisääntuloja tai ulostuloja erilaisten kenttälaitteiden liitäntöihin. Automaatiopalvelin ohjelmoidaan graafisella käyttöliittymällä. Kuvassa 31 on esitetty kiinteistöhallintajärjestelmään liitetty automaatiopalvelin.



Kuva 31. Automaatiopalvelimen rakenne.

Automaatiopalvelimet ja niihin liitetyt I/O-moduulit (Input/Output) toimivat kohteiden teknisissä tiloissa. Näissä tiloissa on yleensä paljon kiinteistöhallintajärjestelmään liitettäviä pisteitä. Pisteet kaapeloidaan ja kytketään kiinteistöhallintajärjestelmän I/O-kortille tai tiedonsiirtoväyliin. Kuvassa 32 on esitetty tuloilmakoneen graafista ohjelmointia.



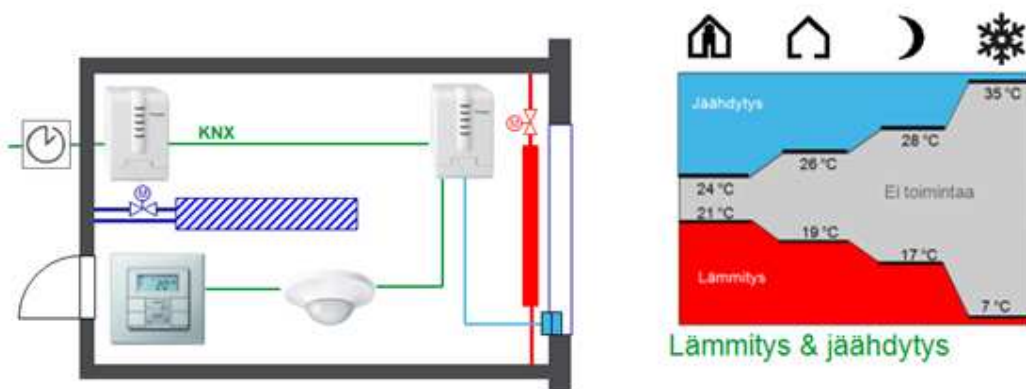
Kuva 32. Tuloilmakoneen kaskadisäätimen ohjelma automaatiopalvelimessa.

Ohjelmointi tehdään toimintalohkoilla ja tarvittaessa voidaan käyttää rivipohjaista koodia erityisen vaativiin ohjelmointeihin. Automaatiopalvelimet toimivat itsenäisesti ja dataverkkojen mahdolliset tiedonsiirtokatkot eivät vaikuta paikalliseen toimintaan.

4.6.3 Huonekohtainen hajautettu järjestelmä

Automaatiopalvelimeen voidaan liittää hajautettuja järjestelmiä, jotka voidaan ohjelmoida toimimaan kuten I/O-moduulit. Suunnitelmissa on määritelty asuntojen valaistuksen, lämmityksen, ilmanvaihdon ja savukaasupeltien hallintaa kiinteistöhallintajärjestelmän kautta.

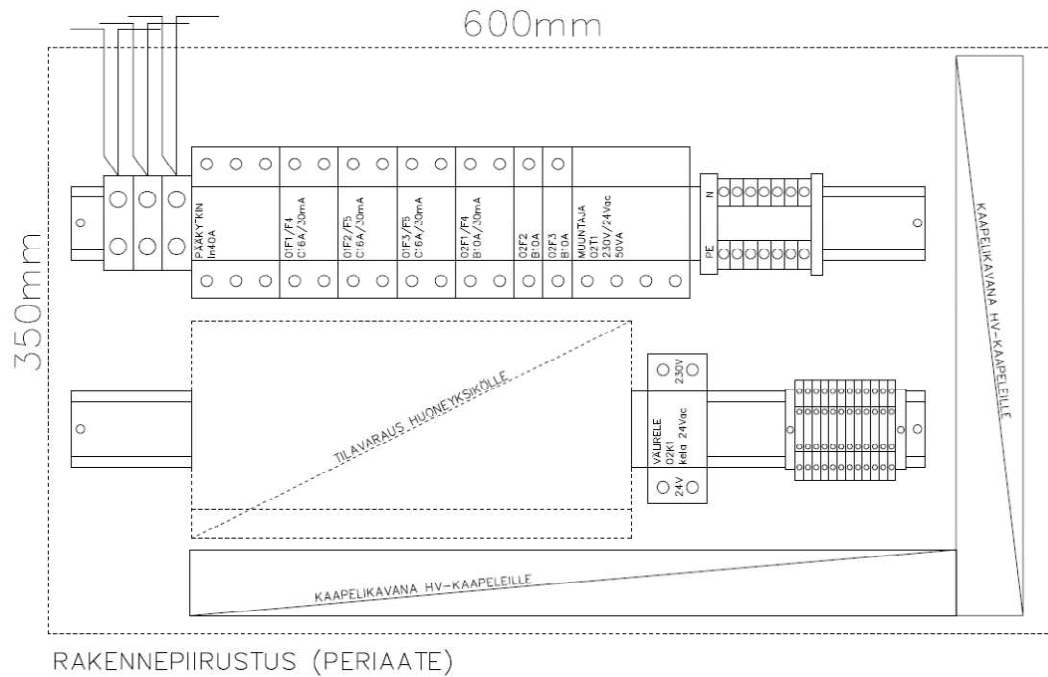
Laitteet sijaitsevat kerroksissa ja järjestelmä on suunniteltu toteutettavaksi hajautetulla järjestelmällä. Kuvassa 33 on esitetty tyypillinen hajautettu huonelämpötilajärjestelmä.



Kuva 33. Huonekohtaiset valaistuksen- ja lämmityksen liityntälaitteet.

Huonekohtaista lämpötilaa säädetään läsnäolotunnistuksen ja mittauksen avulla kiinteistöhallintajärjestelmän kautta. Huoneiston lämpötilan asetusarvoja alennetaan, mikäli huone ei ole käytössä.

Asuntojen ohjatut pistorasiaryhmät sekä palopeltien ohjaukset ja indikoinnit liitetään väyläohjattuihin asuntojen ryhmäkeskuksiin. Sähköurakoitsija hankkii asunnon ryhmäkeskuksen huomioiden kiinteistöhallintajärjestelmän vaatimat tilavaraukset. Kuvassa 34 on esitetty asuntojen ryhmäkeskus, jossa on tilavaraus kiinteistöhallintajärjestelmä- ja sähkölaitteille.



Kuva 34. Asuntojen keskusten tilavaraukset.

4.6.4 Kiinteistöhallintajärjestelmän toiminnot

Kiinteistöhallintajärjestelmän tulee suorittaa seuraavia toimintoja asunnoissa:

- Asuntojen pistorasiaryhmien ohjauksien päälle/pois-toiminto.
- Asuntojen palopeltien ohjaus auki ja kiinni.
- Asuntojen palopeltien asennosta auki/kiinni-tilatieto.
- Kiinteistön hallintajärjestelmän tulee pystyä muuttamaan lämmityksen asetusarvoja.
- Järjestelmästä tulee pystyä suorittamaan energiatehokkuustoimenpiteitä huoneiden lämpötilan säädön avulla.
- Huone voidaan asentaa pois käytöstä, jolloin lämmityksen ja valaistuksen asetusarvoja alennetaan automaattisesti.
- Järjestelmästä tulee pystyä ohjaaman valaistusta sekä valaistuksen asetusarvoja.
- Asunnon pistorasiaryhmät ohjataan jännitteettömiksi, jos kyseisen asunnon paloilmaisin ilmoittaa paloennakkohälytystä.
- Asunnon valot ohjataan päälle, jos kyseisen asunnon paloilmaisin ilmoittaa paloennakkohälytystä. Asuntojen valaistusryhmät ohjataan täydelle valaistustasolle tasolle palohälytyksen tapahtuessa.
- Asunnon palopellit ohjataan kiinni, jos kyseisen asunnon paloilmaisin ilmoittaa palohälytystä.
- Paloennakosta sekä palohälytyksestä saadaan ilmaisinkohtaiset hälytykset, joista ilmenee, mikä huone on kyseessä ja hälytykset voidaan toimittaa GSM-puhelimiin.
- Paloilmaisimien likaantumista voidaan seurata kiinteistöhallintajärjestelmästä. Likaantuneista ilmaisimista saadaan hälytys, jolla voidaan ennakoida huollon tarvetta.

Tilojen palopeltien ohjaukset ja indikoinnit liitetään kiinteistöhallintajärjestelmän ryhmäkeskuksiin asennettuihin laitteisiin. Sähköurakoitsija tekee tilavarauksen keskukseen. Tilat varustetaan osoitteellisella paloilmoinjärjestelmällä. Paloilmoinjärjestelmän tulee olla yhteensopiva kiinteistöhallintajärjestelmän kanssa. Kiinteistöhallintajärjestelmäurakoitsija ohjelmoi ja käyttöönottaa toimittamansa laitteet ja liittää järjestelmät kiinteistöhallintajärjestelmään

KNX/DALI-järjestelmän tulee voida ohjata seuraavia toimintoja kiinteistöhallintajärjestelmän kautta yleisissä tiloissa:

- Yleisten tilojen valaistusryhmien päällä/pois-toiminta paikallisesti ja läsnäolotunnistimella.
- Yleisten tilojen valaistusryhmien valaistustasojen säätö paikallisesti.
- Yleisten tilojen valaistusryhmien ohjaus vakiovalosäädöllä.
- Käytäviin ohjelmoidaan erilliset valotasot yöajalle.
- Ulkovalojen ohjaukset ja tilatiedot valoisuuslähettimen rajojen mukaan ryhmäkohtaisesti.
- Yleisten tilojen palopeltien ohjaus auki/kiinni-toiminta.
- Yleisten tilojen palopeltien asennosta auki/kiinni-tilatieto.
- Yleisten tilojen lämpötilansäätö järjestelmän avulla.
- Erillispisteissä olevien ohjausten, tilatietojen ja hälytysten liitos kiinteistöhallintajärjestelmään.
- Maalämpölaitteisto liitetään kiinteistöhallintajärjestelmään väyläpohjaisesti. Asetusarvot siirretään kiinteistöhallintajärjestelmästä maalämpölaitteistolle.
- Lämmitysjärjestelmän sähkövastuksien ohjaus tulee voida estää kiinteistöhallintajärjestelmästä.
- Tilojen valaistusryhmät ohjataan päälle ja suurimalle valoisuustasolle palohälytyksen tapahtuessa.
- Paloennakosta sekä palohälytyksestä saadaan ilmaisinkohtaiset hälytykset.
- Hälytyksistä pitää ilmetä mikä tila on kyseessä, ja hälytykset voidaan toimittaa GSM-puhelimiin samalla kun hälytys siirtyy hätäkeskukseen.
- Paloilmaisimien likaantumista voidaan seurata kiinteistöhallintajärjestelmästä sekä likaantuneista ilmaisimista saadaan hälytys, jolla voidaan ennakoida huollon tarvetta.

Tekniset järjestelmät yhdistetään saman käyttöliittymän eri tasoihin graafisesti. Käyttäjä voi määritellä mitä tasoja haluaa tutkia käyttöliittymästä. Käyttäjä voi valita seuraavien tasojen näkyvyysasetukset tasokuvista: paloilmoitin, kulunvalvonta, mittaukset, valaistuksen ja erillispisteet. Tasoja voidaan asettaa näkyviin tai piilottaa käyttäjän toimesta järjestelmää käytettäessä. Hallintajärjestelmän tulee suorittaa seuraavat toiminnot:

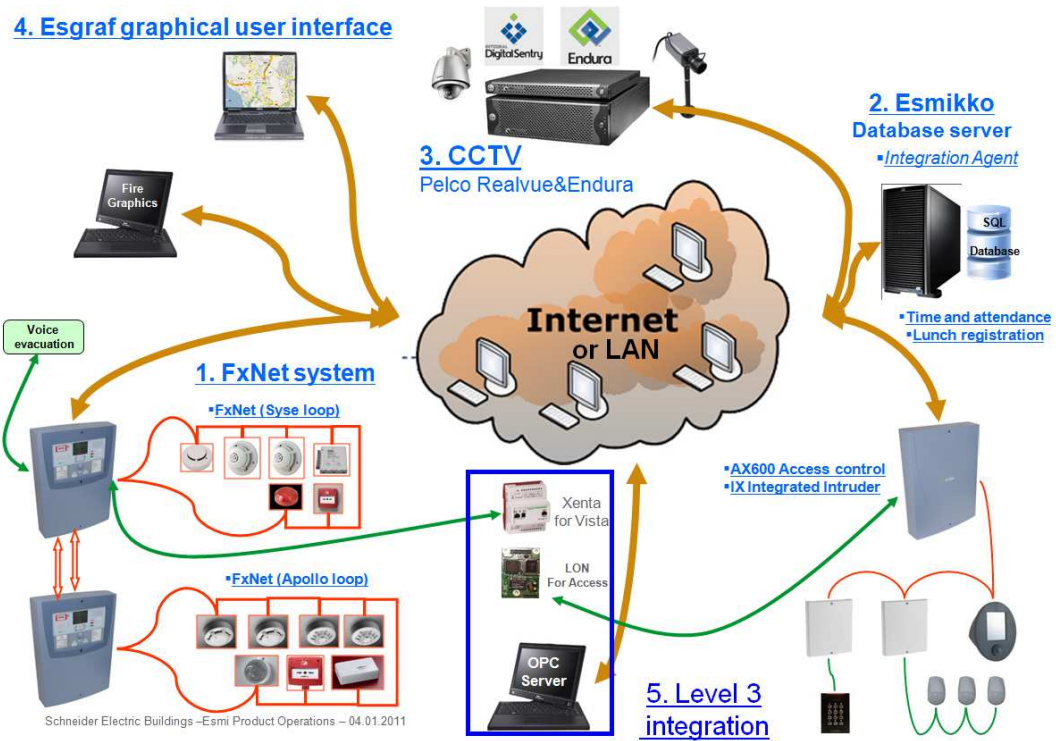
- Paloilmaisimien tilat ja likaantumisarvot.
- Kulunvalvonnan ohjaukset ja tilat.
- Rikosilmoitusjärjestelmän valvontatilat.
- Valaistusjärjestelmän valaistustasot, ohjausten reaaliaikaiset tiedot ja tasojen muutosarvot.
- Lämmönsäätöjärjestelmän mittaukset huone- ja tilakohtaisesti.
- Kaikkien huone- ja yleistilojen ohjaukset ja tilatiedot sekä RAU- ja KNX-järjestelmistä.
- Hallintajärjestelmällä on voitava seurata energiankulutusta.
- Hallintajärjestelmällä on voitava seurata myös muita suureita kuin energiaa, esim. jäte- tai kävijämääriä.
- Hallintajärjestelmässä on oltava mahdollisuus tehdä aritmeettisia laskutoimituksia.
- Hallintajärjestelmän käyttöliittymän on oltava muutettavissa käyttäjän toiveiden mukaisesti.
- Hallintajärjestelmässä on oltava mahdollisuus luoda useita käyttöliittymätasoja eri käyttäjäryhmille.
- Useiden kiinteistöjen seurantadata voidaan yhdistää yhden käyttöliittymän alle.
- Hallintajärjestelmässä on oltava mahdollisuus luoda erilaisia raportteja.
- Hallintajärjestelmässä on oltava mahdollisuus pilvipalveluun.
- Hallintajärjestelmässä on oltava mahdollisuus esittää haluttua tietoa käyttäjäryhmille, esimerkiksi aulanäytöissä.
- Energiamittausten täytyy olla yhteensopivia Modbus- tai Lon-väyläteknikoiden kanssa.
- Mittausdata kerätään ja lähetetään eteenpäin kiinteistöhallintajärjestelmän kautta.
- Palvelimella oltava mahdollisuus kerätä mittaustietoa muistiin mahdollisen tiedonsiirtokatkoksen varalta.

- Asuntojen pistorasiaryhmien päälle/pois-toiminto.
- Asuntojen palopeltien ohjaus auki ja kiinni.
- Asuntojen palopeltien asennosta auki/kiinni-tilatieto.
- Asuntojen lämpötilansäätö.
- Asuntojen luonnonvalo toiminnot ja aurinkosuojaus sälekaihtimien ohjauksen avulla.
- Asuntojen lämpötilansäätö.
- Järjestelmästä tulee pystyä muuttamaan asetusarvoja.
- Järjestelmästä tulee pystyä asettamaan energiatehokkuustoimenpiteitä, kuten huoneen laittaminen energiansäästötilaan.
- Järjestelmästä tulee pystyä ohjaamaan valaistusta sekä valaistuksen asetusarvoja.
- Asunnon pistorasiaryhmät ohjataan jännitteettömiksi, jos kyseisen asunnon paloilmaisin ilmoittaa paloennakkohälytystä.
- Asunnon valot ohjataan päälle, jos kyseisen asunnon paloilmaisin ilmoittaa paloennakkohälytystä.
- Asuntojen valaistusryhmät ohjataan päälle täydelle valoisuustasolle palohälytyksen tapahtuessa.
- Asunnon palopellit ohjataan kiinni, jos kyseisen asunnon paloilmaisin ilmoittaa palohälytystä.
- Paloennakosta sekä palohälytyksestä saadaan ilmaisinkohtaiset hälytykset, joista ilmenee, mikä huone on kyseessä, ja hälytykset voidaan toimittaa GSM-puhelimiin.
- Paloilmaisimien likaantumista voidaan seurata kiinteistöhallintajärjestelmästä, ja likaantuneista ilmaisimista saadaan hälytys. Likaantumisarvon avulla voidaan ennakoida huollon tarvetta.
- Ulkovalojen ohjaukset ja tilatiedot valoisuuslähettimen rajojen mukaan ryhmäkohtaisesti.
- Yleisten tilojen palopeltien auki/kiinni-ohjaukset.
- Yleisten tilojen palopeltien asennosta auki/kiinni-tilatiedot .
- Yleisten tilojen lämpötilansäätö.
- Erillispisteiden ohjausten, tilatietojen ja hälytysten liittäminen kiinteistöhallintajärjestelmään.

- Maalämpölaitteisto liitetään kiinteistöhallintajärjestelmään väylällä. Asetusarvot siirretään kiinteistöhallintajärjestelmästä maalämpölaitteistolle. Sähkövastuksien ohjaus tulee voida estää kiinteistöhallintajärjestelmästä.
- Tilojen valaistusryhmät ohjataan päälle täydelle teholle palohälytyksen tapahtuessa.
- Kiinteistön paloilmoitus ja muu hälytysvalvonta sekä kiinteistölaitteiden hälytykset liitetään alueen valvontakeskukseen ja käyttäjän erikseen määrittelemään paikkaan vikavalvotun ilmoituksensiirtoliittymän avulla.
- Kulunvalvotut ovet varustetaan sähköisellä lukituksella tasopiirustusten mukaisesti. Ovilukkoja ohjataan esim. Esmikko-kulunvalvontajärjestelmällä.

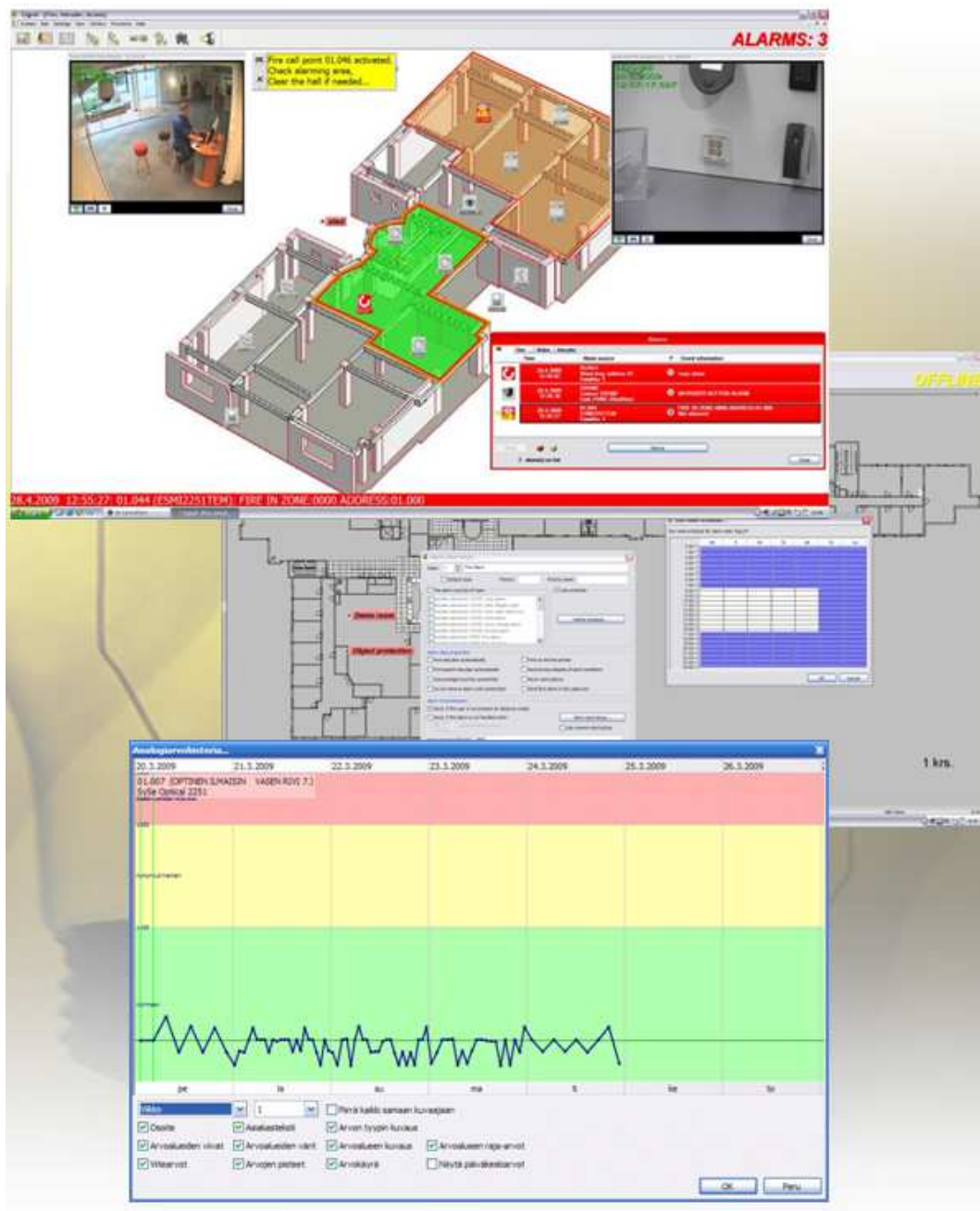
4.7 ESGRAF-järjestelmän integraatiot kiinteistöhallintajärjestelmään

Suunnitelmissa on käytetty ESGRAF-järjestelmää tai vastaavaa järjestelmää. Integroimalla videotallennin Esmikkoon voidaan Esmikon tapahtumia käyttää tallennuksen, monitoriohjausten, ohjauslähtöjen yms. hallintaan. Näin kulunvalvonta-, murto-, ja palotapahtumilla voidaan ohjata kaikkia integroituvia tallentimia. Yhteen ESGRAFiin voidaan integroida maksimissaan 63 videotallenninta; nykyisin tuetut tallentimet ovat Pelcon DigitaSentry -tuoteperhe sekä Mirasysin vanhemmat tallentimet. Jatkossa voidaan myös integroida Pelcon Endura-tuoteperheen tallentimet, DX8000-sarjan tallentimet sekä uudemmat Mirasys-tallentimet. Ohjattavan kameran kääntöä, kallistusta ja zoomausta voi hallita hiirellä suoraan kuvaikkunastakin tai työasemaa liitettyllä peliohjaimella. Kiinteän kameran kuvaa voi zoomata ohjelmallisesti. Ohjausikkunasta voi ohjata kamera esiasentoon tai käynnistää kierto-ohjelmia. Tallentimesta tulevat hälytykset näkyvät ESGRAFin tapahtumalistalla. Kuvassa 35 on esitetty kulunvalvontajärjestelmä sekä paloilmoitin- ja videovalvontalaitteiston järjestelmä-rakenne.



Kuva 35. Palo-, kulunvalvonta- ja videovalvontajärjestelmä.

Kiinteistöhallintajärjestelmä sisältää kohteesta piirretyt tasokuvat tai kolmiulotteiset kuvat rakennuksesta. Kuvilla voidaan esittää rakennuksessa mitattuja ja säädettyjä suureita. Järjestelmän graafisella käyttöliittymällä saadaan nopeasti kokonaiskuva rakennuksesta ja järjestelmien tilanteesta. Kuvassa 36 on esitetty kiinteistöhallintajärjestelmään liitetty kulunvalvonta- ja videovalvontajärjestelmä.



Kuva 36. Kiinteistöhallintajärjestelmän järjestelmäintegraatiot tasokuvissa.

4.7.1 Paloilmoitinjärjestelmä

Asunnot varustetaan osoitteellisella paloilmoitinjärjestelmällä. Paloilmoitinjärjestelmä tulee olla yhteensopiva kiinteistöhallintajärjestelmän kanssa. Paloilmoitusliike varmistaa yhteensopivuuden yhdessä kiinteistöhallintajärjestelmäurakoitsijan kanssa. Kiinteistöhallintajärjestelmäurakoitsija ohjelmoi ja käyttöönottaa toimittamansa laitteet ja liittää järjestelmät kiinteistöhallintajärjestelmään. Kiinteistöhallintajärjestelmäurakoitsija vastaa toimittamiensa järjestelmien yhteensopivuudesta. Kiinteistöhallintaurakoitsija suorittaa paloilmoitinjärjestelmän integraation kiinteistöhallintajärjestelmään.

Suunnitelmiin on määritelty ESMI-järjestelmä tai vastaava laitteisto. ESMI-palokeskusten palosilmukoista saadaan tapahtumatietoja sekä useita erityyppisiä hälytyksiä, kuten ennakkovaroitus, palohälytys, likaantumislmoitus ja vikahälytykset. Palohälytyksiä voidaan vaientaa ja kuitata, ja ilmaisimia voidaan irtikytkä. Myös paloalueiden rajat voidaan piirtää pohjakuviin, rajojen ääri viivoille voidaan määritellä erilaiset näyttötilat, jotka kuvaavat alueen tilaa (hälytys, vaiennettu hälytys, huolto, irtikytetty). ESGRAF 4.1 -versiossa on myös paloilmalmaisimien likaantumisseurannan graafinen käyttöliittymä. Paloilmalmaisimilta luettavissa oleva likaantumistieto voidaan tallentaa esim. kerran vuorokaudessa Esmikko4-tietokantapalvelimelle, josta likaantumishistoria on luettavissa ESGRAFiin. Likaantumistietojen perusteella ESGRAFista voidaan tulostaa huoltotarveraportti, jossa näkyvät kiinteistön likaantuneet (huoltoa kaipaavat) ilmaisimet. Itse huoltotyötä helpottamaan on luotu huoltotarvekartta, joka merkitsee pohjakuviin likaantuneet ilmaisimet ja kertoo värikoodein kunkin ilmaisimen likaantumistason.

Paloilmoitin on rakennusluvan ehtona. Suunnittelu on tehty ja paloilmoitin toteutetaan ohjeen "Paloilmoittimen suunnittelu-, asennus, huolto ja kunnossapito 2009", 5. uudistettu painos 2010" perusteella. Ohje on tarkoitettu ensisijaisesti paloilmoittimen toteutukseen osallistuville, kuten paloilmoitinliikkeiden vastuhenkilöille, suunnittelijoille ja asennushenkilöstölle sekä käyttöönotto-, varmennus- ja määräaikaistarkastuksen suorittajille. Ohje on hyödyllinen myös paloilmoittimen hankintaan, käyttöönottoon, ylläpitoon ja huoltoon osallistuvalla kiinteistön henkilöstölle. Ohje on tarkoitettu käytettäväksi apuna toteutettaessa paloilmoittimia kiinteistöihin, sekä paloilmoittimen ylläpidossa koko sen elinkaaren ajan (20).

Paloviranomaisen erityisvaatimukset on kirjattu toteutuspöytäkirjaan. Rakennus varustetaan aktiivisella, analysoivalla ja ohjelmoitavalla FX NET-automaattisella paloilmoitimella tai vastaavalla laitteistolla. Asennettavan järjestelmän ominaisuuksia ovat: osoitteellinen, aktiivinen, analysoiva ja ohjelmoitava järjestelmä. Järjestelmä antaa palo-, vika-, ennakkovaroitus sekä huoltoilmoitukset osoitekohtaisesti. Suursilmukassa on 159 + 159 osoitetta. Paloilmoitintoimitukseen sisältyy ”PALOILMOITIN”-kilpi. Kilpi kiinnitetään ulos palokunnan tuloreitille (ovelle tai seinään) osoittamaan paloilmoitimen käyttölaitteen sijaintia. Paloilmoitinpainikkeiden ja -hälyttimien tulee olla merkitty Vnp976/94:n mukaisesti. Kilpien koko on määritelty paloilmoitimen toteutuspöytäkirjassa. Automaattisen paloilmoitimen haaroitus-, jako- ja pääterasioden kannet merkitään PALOILMOITUSLAITTEISTO-kilvin. Urakoitsija tai urakoitsijan paloilmoiniliike huolehtii hätäkeskussopimuksesta siten, että se on riittävän ajoissa tehty. Sopimuksessa tulee olla tilaajan ja rakennuttajan allekirjoitus ja tarvittavat tiedot. Paloilmoituslaitoksen tulee olla valmis ja liitetty hälytyksensiirtojärjestelmään ennen rakennuksen tai sen osan käyttöönottoa. Paloilmoittimeksi asennetaan ESMI FX NET tai vastaava järjestelmä. Paloilmoitinjärjestelmä toteutetaan hajautetulla verkotetulla järjestelmällä. Paloilmoitinkeskukset sijoitetaan kerrosten sähkötekniisiin tiloihin. Käyttölaite sijoitetaan pääsisäänkäynnin läheisyydessä olevaan vastaanottotilaan. Palokuntapaneeli sijoitetaan paloviranomaisen määrittämään tilaan.

Järjestelmä on varustettu varakäyntiakustolla, jota ei saa käyttää muihin tarkoituksiin. Ilmaisinyhmäjohtoina käytetään KLM 2x0,8-kaapelia pinta- ja uppoasennuksessa valaistusryhmäjohtojen asennustapaa noudattaen. Johdotus toteutetaan tasopiirustusten mukaisesti. Kaapeleissa ei saa siirtää muiden järjestelmien signaaleja. Ilmaisinyhmäkaapelit sijoitetaan mahdollisuuksien mukaan suojatun alueen sisäpuolelle. Asennettaessa ilmaisimia välikattoon on sijaintipaikat merkittävät, elleivät ne ole muuten havaittavissa. Ilmaisinyhmiä ei saa kytkeä useamman kuin yhden runkojohdon kytkentärasian kautta. Ilmaisimina käytetään pääsääntöisesti älykkäitä yhdistelmäilmaisimia, jotta vältetään virheelliset ilmoitukset. Virheelliset ilmoitukset vältetään parhaiten käyttämällä kolmi- tai nelisuureyhdistelmäilmaisimia.

Tiloissa, joissa saattaa esiintyä savua tai vastaavaa, määritellään erilliset päivä- ja yöasetukset ilmaisinkohtaisesti. Tiloihin, joissa on sähköpalon riski, kuten palvelinhuoneet, muuntamo ja pääkeskustila, varustetaan erittäin aikaisen ilmoituksen antavilla laser-ilmaisimilla. Kylmissä tiloissa ilmaisimen alla käytetään noin 1 mm:n

vahvuista solumuovilevyä kosteuden tiivistymisen estämiseksi. Lämpimässä tilassa ilmaisin kiinnitetään suoraan alustaansa.

Urakkalaskentaa varten piirustuksiin on merkitty ilmaisimien määrät, paikat, painikkeiden paikat sekä paloilmaisinryhmäkaavion ilmaisinyhmittä. Laitteiden tyypit, ilmaisinyhmittäalueet ja kaapelit on esitetty kaaviossa. Lämpöilmaisimena käytetään merkkivalolla varustettuja ilmaisimia. Järjestelmän kytkentärasiat varustetaan kaiverretulla punaisella noin 7 mm:n korkuisella "Paloilmoituslaite"-tekstillä. Koko kiinteistössä käytetään hälyttiminä sireeneitä. Tiloihin, joihin käytävillä olevat sireenit eivät kuulu, asennetaan osoitteelliset kantaäänihälyttimet. Ulos palokunnan hyökkäysreitille katoksen alle asennetaan sireeni, jonka suojausluokka on IP67.

Aluehälytyskeskukseen liitettävän järjestelmän käyttöönottotarkastuksen suorittaa valtuutettu tarkastuslaitos paloilmoitinliikkeen pyynnöstä ja kiinteistöhallintajärjestelmäurakoitsijan kustannuksella. Kiinteistöhallintajärjestelmäurakoitsijan on ilmoitettava hyvissä ajoin paloilmoitusliikkeelle ajankohta, jolloin paloilmoituslaitos on valmis tarkastettavaksi. Suunnittelija on laatinut suunnitteluvaiheessa paloilmoittimen toteutuspöytäkirjan ja hyväksyttänyt sen paloviranomaisilla.

Paloilmoitinliikkeen tulee huolehtia toteutuspöytäkirjasta projektin ajan ja varmistaa se tarvittavilla allekirjoituksilla. Paloilmoitinliike täyttää paloilmoittimen asennustodistuksen ja hyväksyttää sen laitteiston tarkastuksen yhteydessä tarkastajalla. Tarkastus suoritetaan ennen rakennuksen käyttöönottoa. Paloilmoitinliikkeelle ilmoitetaan hyvissä ajoin tarkastusajankohta. Mikäli kiinteistöhallintajärjestelmäurakoitsija ei saa tarkastusta vastaanottotarkastukseen, mennessä on hänen ilmoitettava vastaanottotilaisuudessa tarkastusajankohta ja tarkastuksen siirtymisestä aiheutuvat mahdolliset häiritteijät käyttöönotolle. Paloilmoitinliike tarkastaa laitteiston ja tekee pöytäkirjan. Paloilmoitinliike kytkee keskuksen ja tarkastaa paloilmoituslaitteiston ennen käyttöönottoa. Paloilmoituskojekaappiin sijoitetaan em. asetuksien mukaiset korjatut asiakirjat. Ennen asennusten aloittamista tulee työpiirustukset teettää ja hyväksyttää paloilmoitusliikkeellä. Tässä yhteydessä tulee määrittellä tarkemmat paloryhmärajat. Asennussuunnitelma sisältyy dokumentteihin. Paloilmoitusjärjestelmä tulee asentaa käyttökuntoon. Paloilmoitinjärjestelmän dokumentointi kuuluu kiinteistöhallintajärjestelmäurakkaan. Paloilmoitusjärjestelmä tarkastetaan, kun se on kokonaan valmis. Tarkastusmaksu kuuluu kiinteistöhallintajärjestelmäurakkaan.

Paloilmaisinjärjestelmän integrointi toteutetaan kiinteistöhallintajärjestelmään kaikkien paloilmointinsilmukoiden osalta. Paloilmoitinjärjestelmän ja kiinteistöhallintajärjestelmän integraation avulla pitää pystyä tekemään kaikki sähköjärjestelmien ja ilmastoinnin vaatimat ohjaukset tilakohtaisesti. Kiinteistöhallintajärjestelmään luodaan ilmaisinkohtaiset likaisuushistoriatiedot, joilla voidaan tehdä paloilmaisinjärjestelmän hallittu ja ilmaisinkohtainen huolto.

4.7.2 Kulunvalvonta

Suunnitelmissa on käytetty ESMIKKO-järjestelmän määrikyksiä tai vastaavan järjestelmän tuotteita. ESMIKKO-järjestelmän kentälaitetuoteperhettä kutsutaan 600-sarjaksi. Tuoteperheeseen kuuluu neljä erilaista AX-väyläohjainversiota, joita käytetään järjestelmän koosta ja tarpeista riippuen. Ratkaisu tekee helpoksi valita juuri oikea tuote kuhunkin projektiin. Järjestelmän laajentuminen kohteen mukana on helppoa moduulirakenteen ja väyläohjainkohtaisten kulkuoikeuksien avulla esimerkiksi usean yrityksen kiinteistössä. Kulunvalvontajärjestelmissä henkilökohtaiset tunnisteet luetaan oviympäristöön sijoitetuilla lukijoilla, joita usein kutsutaan kortinlukijoiksi tai etälukijoiksi. Lukijat perustuvat eri tekniikoihin, ja ne voivat olla myös näppäimistöillä varustettuja, jolloin tunnisteen lukemisen lisäksi avataksesi oven täytyy syöttää henkilökohtainen koodi. Lukijoita asennetaan käyttötärpeen mukaan oven molemmin puolin, tai vain suojaamattomammalle puolelle. Tärkeän osan järjestelmästä muodostavat ovipäätteet DCU (Door Control Unit), joihin edellä mainitut lukijat sekä sähkölukot ja valvontakoskettimet kytketään. Jokaiselle lukijaovelle asennettu DCU kytketään väyläkaapeloinnilla AX-väyläohjaimen, joka myös syöttää akkuvarmistetusti oviympäristön sähköt.

Kulunvalvontajärjestelmän keskuslaitteena toimii erillinen Windows-palvelin esim. Esmikko. Keskuslaitteeseen liittyviä väyläohjaimia ja muita tietokoneita varten tehdään kiinteistöhallintajärjestelmän ICT-verkko hyödyntäen yleiskaapelointia. Väyläohjain ja sen akut valitaan siten että ne pystyvät syöttämään lukitusjärjestelmää lyhyen sähkökatkon (vähintään yhden tunnin ajan). Kulunvalvontajärjestelmään tulee voida integroida IX-600 murtoilmais-, Pelco kameravalvonta-, FX-Net paloilmointin- ja rakennusautomaatiojärjestelmät ohjelmallisesti. Ohjelmisto tulee voida varustaa graafisella ESGRAF-käyttöliittymällä.

Paloilmoitin liitetään kulunvalvontajärjestelmään siten, että palohälytyksen tapahtuessa poistumis- ja hyökkäysreittien ovet ohjataan hälytyksen ajaksi auki. Kenttälaitekaapelointi tehdään MHS 10x2x0,5-kaapelilla. Kaapeloinnista on oma erillinen kaavionsa. Väyläohjain varustetaan päätepalvelimella ja se liitetään yleiskaapeloinnilla TCP/IP-protokollalla keskuslaitteeseen. Piirustuksissa (KV) merkityille oville ja hissiin asennetaan kortinlukijat ja ovivalvontalaitteet. DCU-601-ovipäätteet asennetaan alaslasketun katon yläpuolelle (piiloon) siten, että päätteen kytkentöjä voidaan jälkikäteen muuttaa. Kulkuvalvotuille oville ei asenneta erillisiä ovirasioita. Kulunvalvontaovet varustetaan sähkölukoilla, avauspainikkeilla ja lukijoilla. Rakennuskohteen muita valvottavia ovia valvotaan kulunvalvontajärjestelmän IOU-603 I/O-päätteisiin liittyvillä telkipesämikrokytkimillä. Mikrokytkimet sijoitetaan oviaukon yhteyteen ovilukkotoimitukseen sisältyvänä. Lukkojen johdotuksessa on huomioitu tämän koskettimen välittämä tiedonsiirto. Lisäksi ovet varustetaan uppoasennetuilla magneettikoskettimilla (kärkitieto/magneettikosketin). Kulunvalvontalukijat ja näppäimistöt asennetaan oven viereen uppoasennusrasian päälle. Laitteet ovat ESMI:n pinta-asennettavia etälukijoita. Tarvittaville oville hankitaan koodinäppäimistöllä varustettu ESMI pinta-asennettava etälukija. Avaimenperämallisia ESMI Secure W29-kulunvalvontatunnistimia hankitaan kohteeseen. Pääoven ja pihan kulkuoven yhteyteen sisälle asennetaan työaikapäätteet.

Järjestelmä käyttökuntoon asennettuna kuuluu kiinteistöhallintajärjestelmän urakkaan. Järjestelmän vaatimat sähkön syötöt, johtotiet ja putkitukset kuuluvat sähköurakkaan. Kiinteistön hallintajärjestelmän ICT-verkkoa varten tarvittavat aktiivilaitteet ja niiden määrittelytyöt ovat kiinteistöhallintajärjestelmäurakassa. Väyläohjaimien päätepalvelimien hankinta ja määrittely kuuluvat kiinteistöhallintajärjestelmäurakkaan. Mahdolliset moottorilukot, ylivientisuoja ja ovijohdotus kuuluvat rakennusurakoitsijan hankintaan. Järjestelmästä on erillinen urakkarajakaavio.

4.7.3 Videovalvonta

Kohteeseen asennetaan IP-pohjainen DSSRV-kameravalvontajärjestelmä tai vastaava järjestelmä. Kameravalvontajärjestelmä tulee voida integroida ohjelmallisesti kulunvalvonta-, murtoilmaisuus ja paloilmoitinjärjestelmien kanssa siten, että edellä mainittujen hälytys- tai muu tapahtuma ohjaa kameravalvontajärjestelmän toimintoja, esim. POP-UP-tapahtumaikkunan aukaisu. Kameravalvontajärjestelmää tulee voida tarvittaessa käyttää graafisella käyttöliittymällä. Kaikki yhteyslaitteet kuuluvat kiinteistöhallintajärjestelmäurakkaan asennettuna, välikaapelointineen ja kaikkine kiinnitysosineen ja pientarvikkeineen. Kaapeloinnit ja urakkarajat ovat esitetty hankkeen suunnitelmissa.

Päävalvontapaikka on erillinen infotila ja lisäksi katseluoikeuksia annetaan erillisille tahoille. Kameravalvonnan jännitelähde (230 VA, 24 VAC) asennetaan erilliseen koteloon teletilassa. Tallentimen pitää tukea vähintään 64 IP-kameraa. Tallennuskapasiteettia asennetaan asennusvaiheessa 3Tb ja tallennuskapasiteettia on voitava tarvittaessa laajentaa. Verkkotallentimessa pitää olla hotswap-kehikot lisämuistia varten ja optiona raid5-varmennus. Kiintolevyjen vaihtaminen pitää onnistua keskeytyksettä. Tallentimeen tulee voida liittää kaksi erillistä näyttöä ja tallenninta tulee voida käyttää erillisellä esim. Pelco KBD5000 -ohjauslaitteella. Valvontaohjelmistolla pitää olla mahdollisuus hallita tarvittaessa isompia kamerakokonaisuuksia, tallentaa, hakea ja toistaa kuvaa ja esittää alueen kamerajärjestelmän kamerat aktiivisessa pohjakuvallisessa karttakäyttöliittymässä.

Kamerat pitää voida jakaa käyttäjän haluamiin kameraryhmiin halutuilla kamerakierroilla. Ohjelmiston pitää osata tarkkailla kameroiden tilaa ja antaa hälytykset määritellyistä tapahtumista vikatiloista yms. Ohjelmiston pitää tukea erilaisia videoanalysointitapoja. Ohjelmiston tulee tukea joystick-ohjauslaitetta. Ohjelmistolisenssit kuuluvat pyydetyssä laajuudessa kiinteistöhallintajärjestelmäurakkaan. Urakoitsija esittää laajennusmahdollisuudet ja lisenssien hinnat, jos järjestelmään lisätään kameroita tai työasemia. Valvomoon asennetaan työasema palvelinohjelmiston käyttöä varten esim. Dell. Koneen on vastattava ominaisuuksiltaan ohjelmiston vaatimuksia. Valvontamonitorit asennetaan käyttäjän määrittelemään paikkaan. 24":n Monitoreja hankitaan infotilaan 2 kappaletta. Monitorien pitää olla tarkoitettu 24/7-valvomokäyttöön esim. Pelco PMCL24FL.

Kaapeloinnissa käytetään erillistä kiinteistöhallintajärjestelmän ICT-verkkoa. Pinta-asennuksessa johdot asennetaan kaapelihyllyihin tai muoviseen johdotuslistaan. Järjestelmän laitekaappi asennetaan tilaajan osoittamaan tilaan. Laitekaapissa tulee olla seuraavat vähimmäisvaatimukset:

- Kaapin mitat ovat vähintään 600x600x250.
- Kaapin materiaali on ruostumatonta terästä.
- Kaapin kotelointi on IP65 ja lukitus kolmiokara-avaimella, lisäksi säppi riippulukkoa varten.
- Kaappi varustetaan, pääkytkimellä, riviliittimin, johdonsuoja-automaatein, ylijännitesuojin, pistorasiolla ja laitelämmittimellä.
- Kaappiin asennetaan POE-adapteri ja kameroiden jännitelähteet sekä tarvittavan määrä portteja omaava kytkin.

Valvontakamerat ovat IP-pohjaisia ulkokäyttöön tarkoitettuja IP66-luokiteltuja kameroita. Ulkokamerat asennetaan 4 metrin korkeuteen valvontatasosta. Ulkokameraan asennetaan sääsuojakotelointi ja lämmitysvastukset. Lopulliset kameroiden sijainnit, suuntaukset ja määrät tarkennetaan ennen töiden aloittamista. Ohjattavia ulkokameroita ja kiinteitä ulkokameroita sijaintipiirustuksien mukaisesti määritellään seuraavasti:

- Tilaaja järjestää kameroille 230 V:n jännitesyötön maston tai pylvään juurelle.
- Ohjattavien kameroiden ominaisuudet vähintään: kuvan koko 1280x960 (20fps), 18x optinen zoom ja yö/päivä käyttö. Esim. Pelco Spectra HD S5118-EG1
- Kiinteiden kameroiden ominaisuudet vähintään: kuvan koko 1280x1024(20fps) ja yö/päivä käyttö, optiikka alustavasti 15m kuvausetäisyydellä.
- Kameroiden on oltava IP66-luokiteltuja, kuten Pelco IM10DN10-1E.
- Kameroiden ominaisuudet vähintään: kuvan koko 1280x1024(20fps) ja yö/päivä käyttö, optiikka alustavasti 5m kuvausetäisyydellä.
- Kameroiden on oltava vandaalisuojattuja IK10++ per EN62262 (50J) EN50155 kategoria 1, luokka B; IEC60068: 2-6 ja 2-27 normien mukaisesti.
- Kameroiden tulee pystyä toimimaan vaikeissa vastavalo-olosuhteissa sekä pystyttävä poistamaan autojen valoista johtuvaa häikäistymistä. Kamera voi olla Pelco IM10LW10-1E tai vastaava.
- Suunnittelija määrittelee kameroiden lopulliset tunnuksset.

Videovalvontajärjestelmä käyttökuntoon asennettuna ja ohjelmoituna kuuluu kiinteistöhallintajärjestelmäurakkaan. Kiinteistöhallintajärjestelmäurakoitsija hankkii kaikki laitteet, kamerat, tallentimet, monitorit ja kytkimet. Asennus, ohjelmointi ja käyttöönotto käyttökuntoon asennettuna kuuluvat kiinteistöhallintajärjestelmäurakkaan. Käyttäjälle annetaan tarvittava koulutus järjestelmän käytöstä. Tilaaja järjestää tarvittavan nostokaluston kamera-asennuksia varten ja kiinteistöhallintajärjestelmän urakoitsija antaa tuntiarvion nostokaluston käytöstä.

4.8 Hoivajärjestelmä

Hoivajärjestelmä kuuluu kiinteistöhallintajärjestelmäurakkaan. Hoivajärjestelmä toteutetaan määriteltyjen toiminnallisten valmiuksien ja vaadittujen laitemäärien mukaisesti. Hoivajärjestelmä integroidaan kiinteistöhallintajärjestelmään (21).

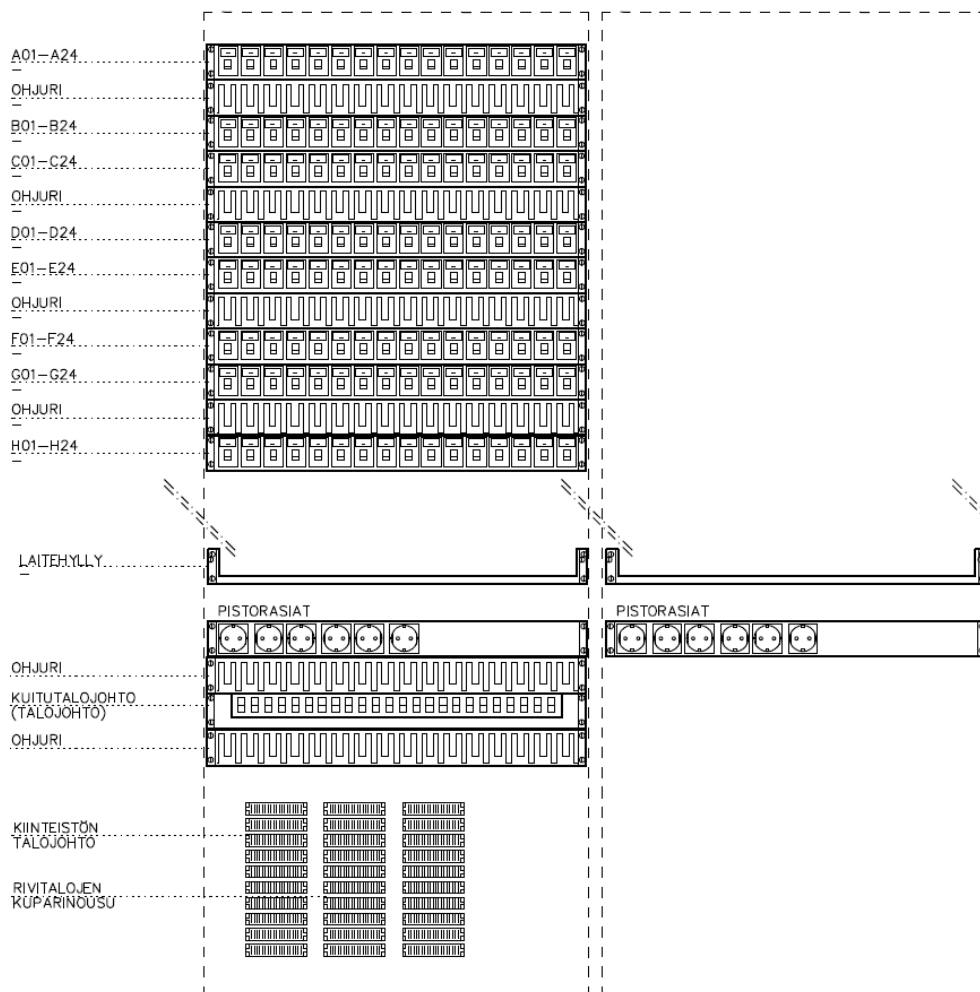
Hoivajärjestelmä sisältää seuraavat toiminnalliset ominaisuudet:

- Järjestelmän kiinteät ja langattomat painikkeet sekä vetonarut mahdollistavat hätä- ja apukutsut kaikkialla kiinteistön alueella. Käyttäjä voi liikkua tiloissa vapaasti. Järjestelmä perustuu reaaliaikaiseen paikannukseen. Paikannuksen ansiosta apu on hätätilanteessa turvattu sijainnista riippumatta. Paikkatiedot sisältyvät automaattisesti hätä- tai apukutsuun.
- Järjestelmää on mahdollista laajentaa huonekohtaisella puheyhteydellä, sänkyvahdeilla, kulunvalvonnalla, dementia-turvalla ja kehittyneillä raportointiominaisuuksilla.
- Järjestelmä mahdollistaa yksityiskohtaiset raportit kutsujen vasteajoista, hoitotyöhön kuluneesta ajasta ja asukkaiden aktiivisuustasoista. Hälytyksiä voidaan hallita esimerkiksi tietokoneella, matkapuhelinsovelluksella, perinteisistä kuittauspainikkeista tai jopa automaattisesti paikannuksen perusteella.
- Järjestelmä seuraa asiakkaiden liikkeitä huomaamattomasti ja reaaliajassa. Kun he liikkuvat turvallisella alueella joko sisätiloissa tai pihalla, mitään ei tapahdu.
- Hoitohenkilökunnalle lähetetään automaattinen hälytys, jos asukkaat poistuvat turvalliselta alueelta.
- Järjestelmä mahdollistaa myös perinteisen ovivalvonnan ja -ohjauksen. Sallitut alueet voidaan määrittellä ryhmille tai jopa yksittäisille henkilöille. Ne voidaan myös asettaa aktiivisiksi tietyille kellonajoille ja viikonpäiville.

- Järjestelmä antaa henkilökunnalle aikaa keskittyä varsinaiseen hoitotyöhön, sillä se huolehtii automaattisesti asukkaiden turvallisuudesta huomaamattomasti taustalla
- Hands-free-kulunvalvontajärjestelmä mahdollistaa oven lukon avaamisen ilman kosketus- tai kortinlukijatoimintoja. Järjestelmä tunnistaa ovea lähestyvän käyttäjän automaattisesti ja avaa tai sulkee lukituksen ilman käyttäjän toimenpiteitä.
- Järjestelmä yhdistää sekä handsfree-toiminnot, aluevalvonnan että täydellisen henkilökohtaisen turvajärjestelmän yhteen ainoaan järjestelmään.
- Kulunvalvonnan lisääminen asukashuoneiden ja käytävien oviin tapahtuu yksinkertaisesti lisäämällä ovilaitteet, jotka liittyvät langattomasti jo olemassa olevaan järjestelmään.
- Kaikki perinteiset kulunvalvontaominaisuudet, kuten automaattiovien ohjaus, poistumishälytykset ja ovinäppäimistöt, kuuluvat järjestelmän ominaisuuksiin. Kaikkia järjestelmän ominaisuuksia, sisältäen hoitajakutsu ja kulunvalvonta hallitaan samasta käyttöliittymästä keskitetysti. Kulunvalvonnassa tulee olla myös "Offline"-tila eli se toimii itsenäisesti ovikohtaisesti, vaikka kaikki muut yhteydet olisi menetetty.
- Henkilöiden aktiivisuusprofileja voidaan valvoa ja tallentaa reaaliaikaisesti mahdollistaen nopeat ennaltaehkäisytoimet, mikäli paikannettavan henkilön aktiivisuustaso tippuu ajan myötä. Tällä tavalla voidaan monitoroida, onko asukkaan tila heikentymässä. Järjestelmä voi lähettää automaattisen hälytyksen, jos toimintaprofiilissa nähdään selvä muutos pitkän aikavälin toimintaan verrattuna. Järjestelmä voi myös lähettää hälytysilmoituksia henkilökunnalle, mikäli turvattava henkilö on nousemassa sängystään, jotta henkilökunta voi reagoida nopeasti ja mennä auttamaan henkilöä.
- Hälytykset voidaan ohjelmoida käyttöjärjestelmässä kertomaan minä kellonaikoina ja viikonpäivinä hälytys on aktiivinen. Järjestelmä tallentaa kaikki tapahtumat tapahtumalokiin.
- Kaikkiin tapahtumiin voidaan lisätä huomautuksia tai kommentteja käyttäen graafista käyttöliittymää tai sovelluksia Android-, iPhone- ja iPad-laitteille.
- Tapahtumia voidaan hakea ja suodattaa helposti henkilön, hälytystyyppin, sijainnin, ajan tai päivämäärän perusteella.
- Graafisten ja tekstipohjaisten raporttien luominen on mahdollista järjestelmän tallentaman tiedon pohjalta.

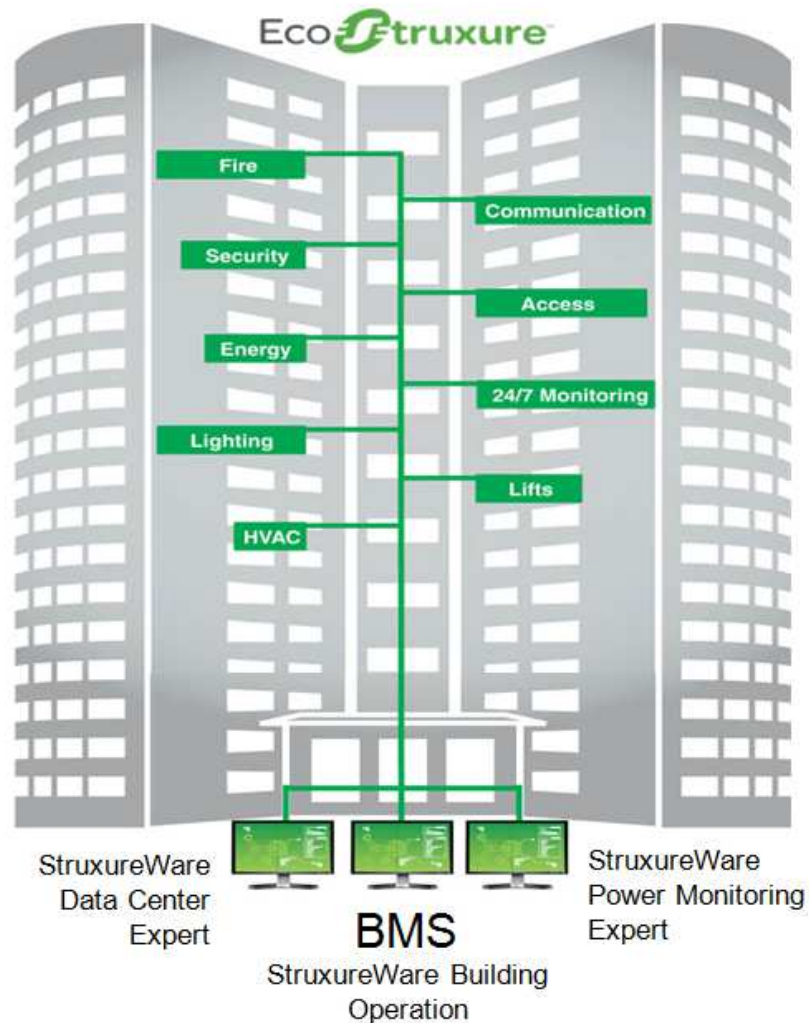
4.9 Kiinteistönhallintajärjestelmän ICT-verkko

Kiinteistönhallintajärjestelmän tekniset järjestelmät liitetään ICT-verkkoon. Kiinteistönhallintajärjestelmän ICT-verkko rakennetaan CAT6A-järjestelmällä. ATK-ristikytöntäkaapelointi toteutetaan sähköurakan yhteydessä sähköurakkaan sisältyvänä kokonaisuutena. Ennen vastaanottotarkastusta on urakoitsijan todettava mittaamalla, että verkko on ehjä ja liittimien järjestys on oikea. Mittauspöytäkirja liitetään luovutuspiirustuksiin. ICT-verkon tarvitsemat kytkimet/reitittimet toimittaa kiinteistönhallintajärjestelmäurakoitsija. Kuvassa 37 on esitetty ristikytöntäkaappi ICT-verkossa.



Kuva 37. ATK-ristikytöntäkaappi ICT-verkossa.

Tekniset järjestelmät on liitetty toisiinsa ja kahdensuuntainen tiedonsiirto tapahtuu laitteistojen välillä. Järjestelmässä ei ole ylimääräisiä kahdennettuja pisteitä. Kiinteistöhallintaurakoitsija vastaa integraatioista ja teknisten järjestelmien yhteensopivuudesta. Kuvassa 38 on esitetty kiinteistöhallintajärjestelmän rakenne ICT-verkossa.



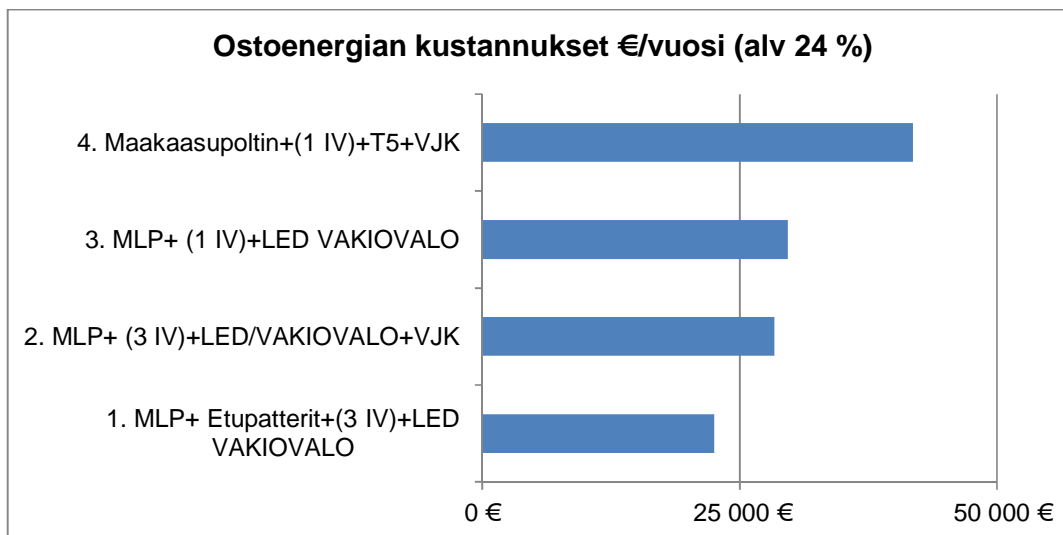
Kuva 38. ICT-verkolla toteutettu kiinteistöhallintajärjestelmä.

4.10 Energiakustannusten vertailu ja hiilijalanjälki

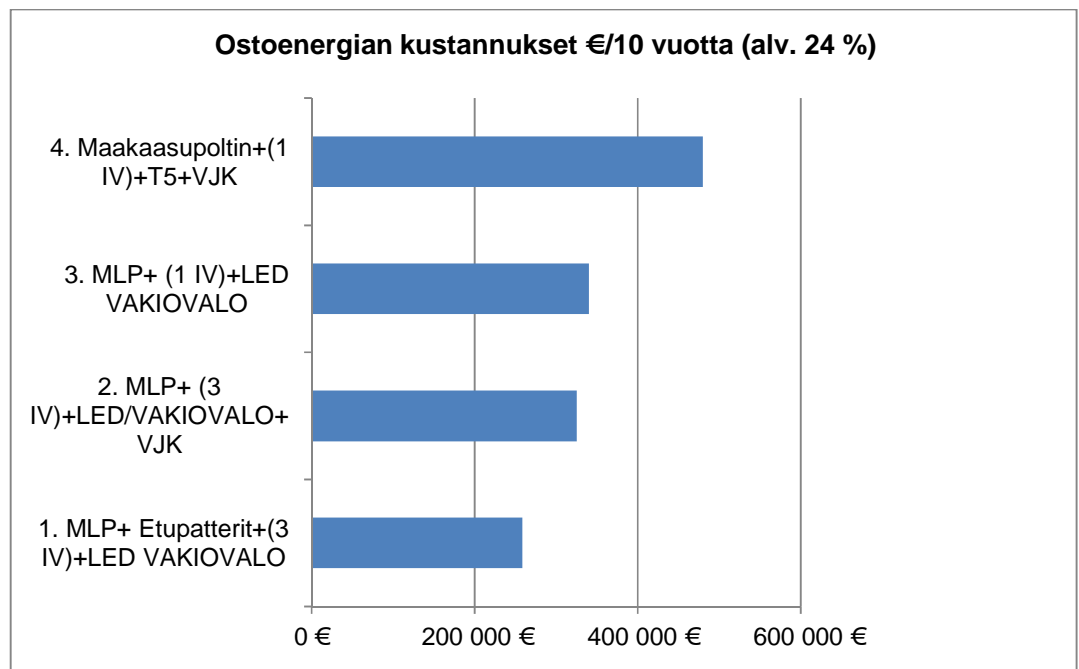
Kohteen käyttökustannusten arvioinnissa käytettiin IDA ICE 4.61 -ohjelmistolla laskettu ostoenergianmäärää seuraavilla järjestelmäkoonpanoilla:

1. Maalämpöjärjestelmä. Ilmanvaihtokoneet varustettu maalämpöliuospatteireille. Ei erillistä jäähdytyskonetta. Vakiovalosäätö ja läsnäolotunnistus ja aktiivinen aurinkosuojaustoiminta.
2. Maalämpöjärjestelmä. Ilmanvaihtokoneet ilman maalämpöliuospatteireita. Erillinen vedenjäähdytyskone. Vakiovalosäätö/läsnäolotunnistus ja aktiivinen aurinkosuojaustoiminta
3. Maalämpöjärjestelmä. Ilmanvaihtokoneet ilman maalämpöliuospatteireita. Erillinen vedenjäähdytyskone. Loisteputkivalaisimet T5 ilman vakiovalosäätöä.
4. Maalämpöjärjestelmä. Yhdellä ilmanvaihtokoneella levylämmönsiirrin. Erillinen vedenjäähdytyskone. Loisteputkivalaisimet T5
5. Maakaasupoltin. Yhdellä ilmanvaihtokoneella levylämmönsiirrin. Erillinen vedenjäähdytyskone. Loisteputkivalaisimet T5.

Kuvassa 39 on esitetty yhden vuoden ajalta rakennuksen kokonaisenergia-kustannus. Kuvassa 40 on esitetty ostoenergian kokonaiskustannus 10 vuoden ajalta.



Kuva 39. Ostoenergian kustannukset eri järjestelmillä yhden vuoden ajalta.



Kuva 40. Osto energiankustannukset eri järjestelmillä 10 vuoden ajalta.

Rakennusten energiankulutuksen lisäksi on määrittelyssä vaatimuksia rakennusmateriaalien ympäristövaikutuksista. Rakennusten käytön aikaisiin kasvihuonekaasupäästöihin on jo kiinnitetty paljon huomiota. Kun rakennusten energiatehokkuus paranee ja sähkö- ja kaukolämmön hiilijalanjälki pienenee, rakennusmateriaalien suhteellinen osuus rakennusten hiilijalanjäljestä kasvaa. Kerrostalon rakennusmateriaalien kasvihuonekaasupäästöt voivat A-energialuokan talossa olla samaa tasoa kuin viidenkymmenen vuoden lämmitysenergian. Materiaalien valinnalla ja tehokkaalla käytöllä voidaan vaikuttaa paljon hiilijalanjälkeen. Oikealla materiaalien valinnalla yhteen laskettu hiilijalanjälki voidaan jopa puolittaa.

Jos rakennus tehdään heikkolaatuiselle maalle, maata saatetaan joutua lujittamaan kalkilla ja sementillä. Näiden sideaineiden hiilijalanjälki on melko suuri, ja niitä tarvitaan suuria määriä. Stabiiloinnin hiilijalanjälki voi tällöin olla yhtä suuri kuin talon koko muun rakennusmateriaalin.

Rakennusmateriaalien hiilijalanjäljen tutkimuksen tuloksia voidaan erikoistutkija Häkkisen (22) mukaan hyödyntää rakennuskonseptien ja tuotteiden kehityksen välineinä. Rakennusmateriaalien hiilijalanjälki pystytään laskemaan jo talon

rakennussuunnitelman perusteella. Karkeasti ottaen mitä painavampi materiaali, sitä suurempi on sen elinkaaren aikainen hiilijalanjälki. Elinkaari kattaa rakennusten materiaalien hankinnan, kuljetukset, rakentamisen, purkamisen ja uusimisen. Materiaalien kierrätystä laskelmissa ei ole mukana. Rakennusjätteiden kierrätyksellä voidaan nykyisin pienentää rakennuksen koko elinkaaren aikaisia päästöjä noin 10 prosenttia. Nykyisin suurin osa rakennusten puu- ja muovijätteestä poltetaan. Jatkossa niille pitää kuitenkin keksiä uusiokäyttöä. Puuta ja muovia pitää jatkossa hyödyntää materiaalina. Tätä edellyttää uusi jätedirektiivi, jonka mukaan vuoteen 2020 mennessä vähintään 70 prosenttia rakennus- ja purkujätteestä pitää hyödyntää muutoin kuin energiana tai polttoaineena (23).

5 Tulokset

Yhtenä tavoitteena oli määritellä palveluasumisyksikön hankkeeseen soveltuva urakkajako. Teknisten järjestelmien laajuuden ja toimintojen johdosta suunnittelun lähtökohdaksi muodostui erillinen kiinteistöhallintaurakoitsija, jonka vastuulla ovat järjestelmien väliset integraatiot ja toimintojen ohjaus. Teknisten järjestelmien avulla saavutetaan alhaiset elinkaarikustannukset samalla huolehtien asukkaiden ja henkilökunnan laadukkaista olosuhteista. Urakoiden sisältöön on määritelty laadunvarmistukseen ja energiatodistuksen laatimiseen liittyviä toimenpiteitä. Toimenpiteet on lisätty sulkuihin alla olevaan listaukseen. Työssä esitetään lopullisten urakoiden jakoa seuraavasti:

- Rakennusurakka (sisältää ilmantiiveysmittaukset ja lämpökamerakuvaukset).
- LV-urakka (sisältää maalämpölaitteiston, lämpökaivot).
- Ilmanvaihtourakka (sisältää energiatehokkaat ilmanvaihtokoneet etupattereilla)
- Sähköurakka (sisältää DALI-väylällä olevat LED-valaisimet).
- Sprinkleriurakka.
- Hissi (sisältää vähän energiaa kuluttavat hissikoneistot).
- Kiinteistöhallintaurakka (sisältää energian hallintajärjestelmän ja ePalvelun)

Osana työtä oli taloteknisten järjestelmien toiminnallinen ja tekninen selvitystyö. Työssä on käsitelty tekniset järjestelmät yksityiskohtaisesti ja todettu kokonaisvaltaisen kiinteistöhallintajärjestelmän olevan nykytekniikalla täysin mahdollista toteuttaa.

Kiinteistöhallintajärjestelmän ohjaamat toiminnot on lueteltu yksityiskohtaisesti teknisten järjestelmien osuudessa. Kiinteistöhallintajärjestelmään on työssä liitetty seuraavat järjestelmät ja toiminnot:

- Rakennusautomaatiojärjestelmä
- Kiinteistön hallintajärjestelmän ICT-verkko
- Etävalvomo
- Energian hallintajärjestelmä
- Kulunvalvonta
- Rikosilmoitus
- Paloilmoitin
- Dali/KNX-valaistusjärjestelmä (ei sisällä valaisimia)
- Videovalvonta
- Hoivajärjestelmä
- ePalvelu (sisältää etäkäyttöpalvelut ja hälytyksien jälleenannon).

Osana työtä oli tutkia palveluasumisyksikön elinkaarikustannuksia. Työssä käytettiin IDA ICE -ohjelmistoa vertailemaan erilaisten teknisten ratkaisujen vaikutusta ostoenergian kustannuksiin. Työssä käsitellään teknisten järjestelmien valintojen vaikutusta ostoenergian kustannuksiin. Tuloksista voidaan selkeästi todeta nykyaikaisten järjestelmien ja kiinteistöhallintajärjestelmän toimintoihin liittyvät säästöt ostoenergian suhteen. Työstä saatuja tuloksia voidaan hyödyntää vastaavien palveluasumisyksiköiden suunnittelussa ja toteutuksessa. Rakennuksen kokonaisenergian kulutuksen vähenemisen myötä suhteellinen osuus rakennusmateriaalin hiilijalanjäljestä kasvaa. Hankkeen suunnittelun aikana on keskusteltu rakennusmateriaalien käytönaikaisista kasvihuonepäästöistä. Erillistä hiilijalanjälkilaskentaa ei tässä työssä tehty materiaalien osalta.

6 Johtopäätökset

Työn tavoitteena oli määritellä kiinteistöhallintajärjestelmän ja teknisten järjestelmien toiminnot. Työssä on tutkittu kiinteistöhallintajärjestelmää, johon voidaan liittää rakennuksen kaikki tekniset järjestelmät. Työssä määriteltiin nykyaikainen toteutettavissa oleva kiinteistöhallintajärjestelmä. Kiinteistöhallintajärjestelmään liitetyt tekniset järjestelmät ja vaaditut toiminnot on esitetty osana työtä. Työssä lasketun dynaamisen laskennan avulla on hankesuunnitteluun viety energiatehokkuutta varmistavia toimenpiteitä.. Työssä todettiin, että teknisten järjestelmien liittäminen kiinteistöhallintajärjestelmään tulee suorittaa kiinteistöhallintaurakoitsijan toimesta joustavan kokonaisuus varmistamiseksi.

Dynaamisen laskennan ja rakentamismääräysten kautta on suunnittelussa todettu rakenteiden ja ulkovaipan ilmatiiviuden tärkeys E-luvun määrittelyssä. tiiveysvaatimusten ja lämmöneristysominaisuuksien varmistamiseksi rakennusurakkaan on sisällytetty mittauksia laadunvarmistamiseksi. Suoritettavia mittauksia ovat rakennuksen vaipan ilmantiiveysmittaukset ja rakenteiden lämpökamerakuvaus tarkasti määritellyissä olosuhteissa. Myös rakennesuunnittelun vastuuta läpivienneissä ja materiaalivalinnoissa on tarkennettu tiiveystavoitteiden saavuttamiseksi.

Hankkeen laskelmien kautta on parannettu rakennuksen, valaistuksen, lämmitysjärjestelmän ja ilmanvaihdon energiatehokkuutta. Parannusten vaikutukset on simuloitu ja järjestelmien hyödyt on osoitettu elinkaarikustannusten laskelmien kautta.

Työssä on esitelty toimintoja, joiden taloudelliset ja toiminnalliset hyödyt yhdessä parantuneen turvallisuuden kanssa voidaan saavuttaa vain kokonaisvaltaisen kiinteistöhallintajärjestelmän avulla. Työssä on määritelty toimeksiantajalle energiatehokkaan hankkeen suunnittelun, rakenteiden, järjestelmien ja vaadittujen toimintojen vaikutus palveluasumisyksikön hankesuunnitteluun.

Lähteet

- 1 Kouvola asumispalvelut 2014. Verkkodokumentti. Kouvola.
<http://www.kouvola.fi/material/attachments/hyvinvointipalvelut/esitteet/Q8mfSLmRh/Asumispalvelut.pdf>. Luettu 16.11.2014.
- 2 Rakennusten energiankulutuksen laskentaohjelma Woodpolis 2011. Verkkodokumentti. Woodpolis. www.woodpolis.fi/binary/file/-/id/3/fid/551. Luettu 3.4.2015
- 3 Rakennusten energiatehokkuus. 2012. Suomen Rakentamismääräyskokoelma, osa D3. Helsinki: ympäristöministeriö.
- 4 Laki käytettävien energiamuotojen kertoimien lukuarvoista. 2013. Verkkodokumentti. Finlex. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2013/20130009>. Luettu 16.10.2015.
- 5 Energiatodistuksen kokonaisenergiankulutuksen (E-luvun) määrittäminen. 2013. Verkkodokumentti. Finlex. <https://www.finlex.fi/data/sdliite/liite/6186.pdf>. Luettu 16.10.2015.
- 6 Maalämpöpumpput. 2015. Verkkodokumentti. Senera Oy. http://www.senera.fi/IVT_Maalampopumput. Luettu 2.2.2015.
- 7 LibreOffice mitoitustyökalu. Laskettu 5.4.2015.
- 8 Radiaattorit matalalämpöisiin lämmitysjärjestelmiin. 2015. Verkkodokumentti. <http://www.purmo.fi/brochure-LTR-FI>. Luettu 5.2.2015.
- 9 Peränen, Panu. 2012. Vesikiertoisien lattialämmityksen ja radiaattorilämmityksien materiaali- ja asennuskustannuksien vertailu. Opinnäytetyö. Mikkelin ammattikorkeakoulu. Talotekniikan koulutusohjelma.
- 10 Ramo Ventil Compact tekniset tiedot. Verkkodokumentti. Purmo Oy. http://www.purmo.com/docs/PURMO_Technicalbrochure_FI_0914_web.pdf. Luettu 16.10.2015.
- 11 Future FJV. 2015. Verkkodokumentti. Koja Oy. <http://www.koja.fi/fi/rakennukset/tuotteet/ilmankasittelykoneet/future-ilmankasittelykone>. Luettu 14.2.2015.
- 12 EC-Puhaltimet. 2013. Verkkodokumentti. EBM-papst Oy. www.ebmpapst.fi/fi/.../Tietoisku_Mita_erikoista_EC-puhaltimissa.pdf. Luettu 17.4.2015.
- 13 Kun näkö heikkenee ikä-ihmisillä. 2015. Verkkodokumentti. Näkövammaisten keskusliitto. <http://www.nkl.fi/fi/etusivu/nakeminen/julkaisu/esitteet/heikkenee>. Luettu 1.2.2015.

- 14 Valaistuksen automaatio. 2015. Verkkodokumentti. Schneider Finland Oy. <http://www.schneider-electric.fi/sites/finland/fi/tuotteetpalvelut/Buildings/kiinteistoratkaisut/valaistusohjaus.page>. Luettu 6.7.2015.
- 15 SFS-EN 12464-1-2011. 2015. Verkkodokumentti. Sisävalaistusstandardi. <http://www.euli.fi/fi/sisavalaistusstandardi-sfs-en-12464-1-2011/sisavalaistusstandardi-sfs-en-12464-1-2011>. Luettu 14.7.2015.
- 16 Valaistusjärjestelmät. 2015. Verkkodokumentti. Schneider Finland Oy. <http://www2.schneider-electric.com/sites/corporate/en/customers/contractors/energy-efficiency-solution-for-buildings/lighting-control.page>. Luettu 14.4.2015.
- 17 IDA ICE 4.6.1 Laskentaohjelmisto dynaaminen mallintaminen ja tulosten käsittely. 2015. Equa Oy. Mallinnettu 10.8.2015.
- 18 SmartStruxure solutions. 2015. Verkkodokumentti. Schneider Finland Oy. <http://www.schneider-electric.com/products/ww/en/1200-building-management-system/1210-building-management-systems/62111-smartstruxure-solution/>. Luettu 14.4.2015.
- 19 Global Testing for the Global BAS Standard. 2015. Verkkodokumentti. BACnet testing laboratory. <http://www.bacnetinternational.net/btl/index.php?m=20>. Luettu 20.4.2015.
- 20 Karppinen, Eeva. 2009, painos 5 uusittu. Paloilmoittimen suunnittelu, asennus, huolto ja kunnossapito. Helsinki: Sähköinfo Oy.
- 21 Hoivajärjestelmä. 2015. Verkkodokumentti. 9Solutions Oy. <http://www.9solutions.com/?q=fi/tuotteet>. Luettu 23.7.2015.
- 22 Ruuska Antti, Häkkinen Tarja, Vares Sirje, Korhonen Marja-Riitta ja Myllymaa Tuuli. 2013. Verkkodokumentti. Rakennusmateriaalien ympäristövaikutukset; Selvitys rakennusmateriaalien vaikutuksesta rakentamisen kasvihuonekaasupäästöihin, tiivistelmäraportti. Ympäristöministeriö 2013. Luettu 15.8.2015.
- 23 Rakennusmateriaalit. 2015. Verkkodokumentti. Suomen ympäristökeskus. Verkkodokumentti http://www.syke.fi/fi-FI/Julkaisut/Ymparistolehti/2013/Rakennusmateriaaleilla_on_valia%2828190%29. Luettu 17.5.2015.

KOJA Future++ mitoitus levylämmönsiirrin TK1 ja TK3

Mitoituslaskelmat

2. Vaippamoduuli

Tyyppi	Future
Vaipan materiaali (sisä/ulko)	Kuumasinkitty/Kuumasinkitty
Lämmöntalteenotto toiminto, levy	FRTL-1512-R-ZnZn-8-LP
Levypankan materiaali	Alumiini
Pellistö	Ohitus- ja lohkosulatuspellistö
Pellistön materiaali	Alumiini
Painehäviö, tulo/poisto	160 / 149 Pa
Tuloilman lämpötila / suhteellinen kosteus ennen LTO:a talvella	0.2 °C / 6 %
Tuloilman lämpötila / suhteellinen kosteus LTO:n jälkeen talvella	15.3 °C / 2 %
Poistoilman lämpötila / suhteellinen kosteus ennen LTO:a talvella	22.0 °C / 30 %
Poistoilman lämpötila / suhteellinen kosteus LTO:n jälkeen talvella	5.7 °C / 88 %
Tuloilman lämpötila / suhteellinen kosteus ennen LTO:a kesällä	15.0 °C / 92 %
Tuloilman lämpötila / suhteellinen kosteus LTO:n jälkeen kesällä	22.0 °C / 61 %
Poistoilman lämpötila / suhteellinen kosteus ennen LTO:a kesällä	25.0 °C / 30 %
Poistoilman lämpötila / suhteellinen kosteus LTO:n jälkeen kesällä	17.7 °C / 48 %
Toimintapiste, talvi	
Lämpötila ennen patteria	-29.0 °C
Lämpötila patterin jälkeen	0.2 °C
Entalpia ennen patteria	-28.6 kJ/kg
Entalpia patterin jälkeen	0.8 kJ/kg
Lämmitysteho	77.6 kW
Nesteen painehäviö	35 kPa
Meno-/paluunesteen lämpötila	5.0 °C / 0.0 °C
Nestevirta	4.3 kg/s
Jäähdytyspatteri	FJOV-1512-R-4-1-2.0-23-8-30-S-L50/54.0
Putkilaippa	FPZL-DN50-*4
Vesilukko	FVZL-VL1-25/32

KOJA Future++ mitoitus pyörivä lämmönsiirrin TK2

pyörivä lämmöntalteenotto etulämmityspatterin jälkeen.

Toimintapiste, talvi

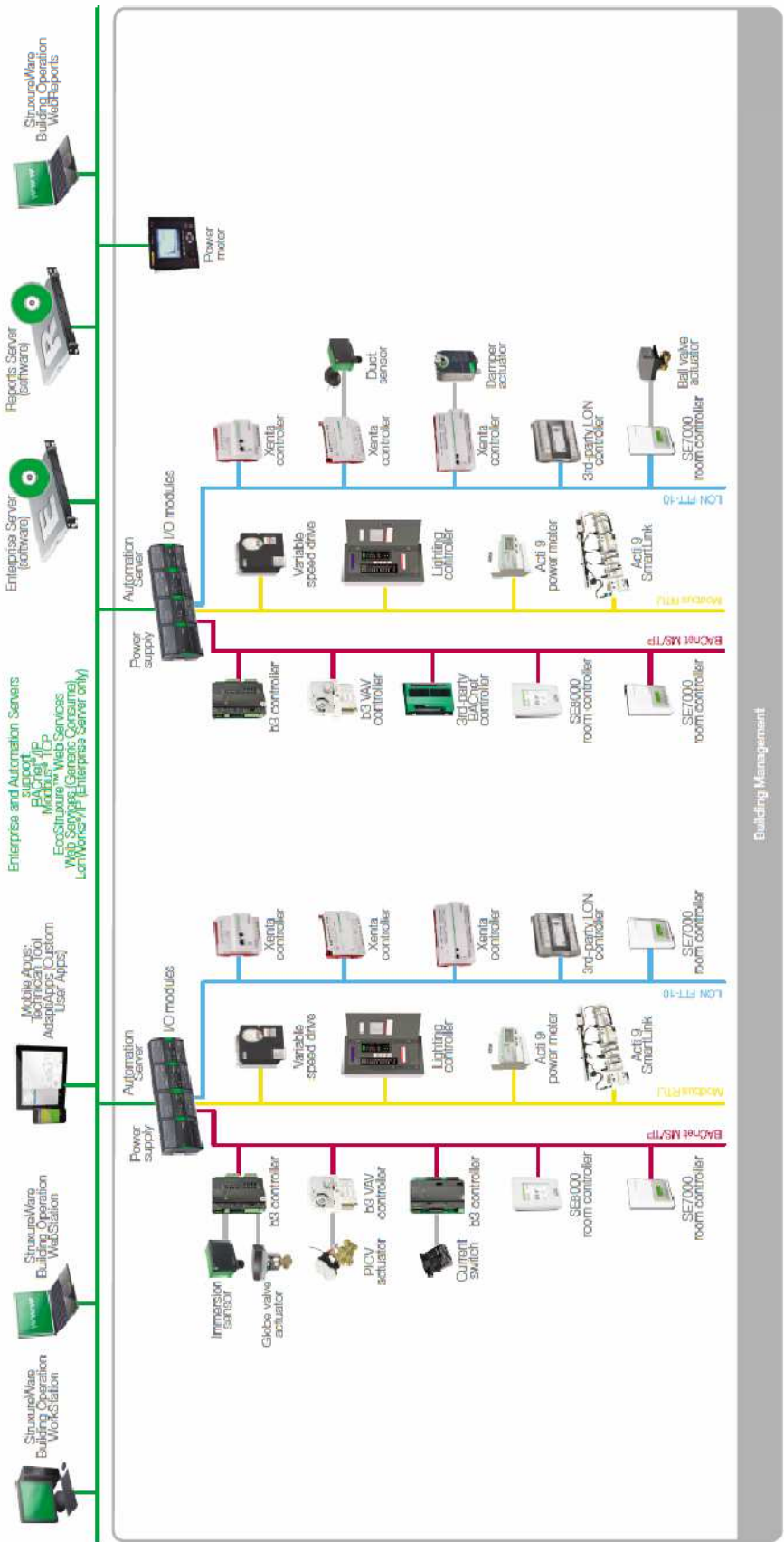
Lämpötila ennen patteria	-29.0	°C
Lämpötila patterin jälkeen	2.3	°C
Entalpia ennen patteria	-28.6	kJ/kg
Entalpia patterin jälkeen	2.9	kJ/kg
Lämmitysteho	64.2	kW
Nesteen painehäviö	23	kPa
Meno-/paluunesteen lämpötila	5.0 °C / 0.0	°C
Nestevirta	3.1	kg/s
Jäähdytyspatteri	FJOV-1209-R-6-1-2.0-23-8-30-S-L40/42.0	
Putkilaiippa	FPZL-DN40-*4	
Vesilukko	FVZL-VL1-25/32	

3. Vaippamoduuli

Tyyppi	Future
Vaipan materiaali (sisä/ulko)	Kuumasinkitty/Kuumasinkitty
Lämmöntalteenotto toiminto, pyörivä	FMOR-1209-R-2-1-AL-1-2-E-XL-S
Roottorin halkaisija	1750 mm
Roottorin materiaali	Alumiini, ei hygroσκοoppinen
Sektorointi	Ei
Puhtaaksipuhallussektori	Kyllä
Säätö	Ohjauskeskus
Painehäviö, tulo / poisto	98 / 98 Pa
Tuloilman lämpötila / suhteellinen kosteus ennen LTO:a talvella	2.3 °C / 5 %
Tuloilman lämpötila / suhteellinen kosteus LTO:n jälkeen talvella	19.3 °C / 2 %
Poistoilman lämpötila / suhteellinen kosteus ennen LTO:a talvella	22.0 °C / 30 %
Poistoilman lämpötila / suhteellinen kosteus LTO:n jälkeen talvella	5.0 °C / 93 %
Tuloilman lämpötila / suhteellinen kosteus ennen LTO:a kesällä	15.0 °C / 94 %
Tuloilman lämpötila / suhteellinen kosteus LTO:n jälkeen kesällä	23.6 °C / 54 %
Poistoilman lämpötila / suhteellinen kosteus ennen LTO:a kesällä	25.0 °C / 30 %
Poistoilman lämpötila / suhteellinen kosteus LTO:n jälkeen kesällä	16.3 °C / 52 %
Lämpötilahyötysuhde, tulo/poisto	86.4 / 86.4 %
Kosteushyötysuhde	0.0 %

SmartStruxure™ solution architecture: Enterprise Server with multiple Automation Servers

Powered by StruxureWare™ Building Operation v1.6.1



Building Management