

Hannu Stam

Ilmamääräsäätimen toiminta ja elinkaari kiinteistöautomaatiossa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Automaatiotekniikka

Insinööriytyö

4.4.2017

Tekijä(t) Otsikko	Hannu Stam Ilmamääräsäätimen toiminta ja elinkaari kiinteistöautomaati- ossa
Sivumäärä Aika	24 sivua + 2 liitettä 4.4.2017
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Automaatiotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	
Ohjaaja(t)	Taloautomaatiopäällikkö Tom Bremer Lehtori Jari Olli
<p>Työn tilaajana oli Helsingin kaupungin rakennusviraston talotekninen toimisto. Tarkoituksena oli tutkia ilmamääräsäätimien toimintaa peruskorjatussa kohteessa. Lisäksi työssä analysoitiin käyttökokemuksia ja selvitettiin muissa vastaavissa kohteissa olevien ilmamääräsäätimien toiminnallisia ongelmia. Vertailukohteena oli perinteinen vakioilmavirtainen ilmanvaihtojärjestelmä Munkkiniemen ala-asteen koululla joka uusittiin vaihtuvailmavirtaisella säädöllä toimivaksi. Työssä tutustuttiin rakennusviraston projektin aikaiseen työselitykseen, urakkarajoihin ja kohteen hankeselvitykseen. Näin saatiin käsitys eri urakoitsijoiden osuudesta ilmamääräsäätimen asennusaikaisiin töihin. Lisäksi työssä tehtiin useita haastatteluja jotta saatiin mahdollisimman kattava näkemys ilmamääräsäätimen toiminnasta kohteen kiinteistöautomaatiossa eri osapuolten näkökantoja kuulemalla. Elinkaarimäärittelyssä pystyttiin seuraamaan laitteiden toimintaa kahden vuoden ajan. Tällöin saatiin myös takuuajaiset käyttökokemukset selville. Työn osuuteen sisältyi työkohteessa käynnit joiden aikana seurattiin käyttöönoton haasteita. Työhön liittyvä energiatehokkuus todettiin laitteistojen uusimisen ja vaihtuvailmavirtauksen säätämisen mahdollistaman energian säästön kautta.</p> <p>Työssä todettiin että urakkarajat aiheuttavat takuuajan työtehtäville haasteita. Automaatiourakoitsijan osuus koko hankkeesta painottuu aikataulullisesti loppupuolelle jolloin talotekniikka urakoitsijan kiire ja aikataulun myöhästyminen aiheuttavat haasteita kohteen valmistumiselle. Automaatiotöiden valvonta perustui pääosin urakoitsijan oman tarkastuksen pöytäkirjoihin.</p> <p>Laitteistojen asentamiseen ja vastaanottoon tulisi valvonnassa kiinnittää enemmän huomiota.</p>	

Takuuaikaiset työt jäävät usein automaatiourakoitsijan tehtäväksi vaikka ongelma on muualla. Takuuaikaiset työt tilataan usein loppukäyttäjän arvioinnin perusteella jolloin ammattilaisen tekemät mittaukset ja arviot ja niiden perusteella tapahtuva diagnoosi vian syistä puuttuvat. Takuuaikaisten vikojen historiatiedot tulisi tallentaa yhteen paikkaan ja vikahistoriaa tulisi järjestelmällisesti tutkia jotta vikojen ja ongelmien seuranta tapahtuisi järjestelmällisesti.

Avainsanat

IMS, muuttuvilmavirtasäätö, energiatehokkuus, kiinteistöautomaatio

Author(s) Title Number of Pages Date	Hannu Stam Variable Air Volume Systems Control and Long Life Cycle in Building Automation 24 pages + 2 appendices 4 April 2017
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Automation Technology
Specialisation option	
Instructor(s)	Building Automation, Manager Tom Bremer Jari Olli, Senior Lecturer
<p>The aim of this study was to check Variable Air Volume (VAV) units' operation after installation and commissioning. Variable air volume system is one way to control ventilation of public buildings. In many public buildings there have been operational problems with VAV after guarantee period. In this aim, installation manuals and instructions about co-operation between contractors were checked. Several interviews were made to give perspective about building automation with VAVs. For long life cycle there are requirements for Variable Air Volume systems. Active VAV and building automation support good air quality.</p> <p>There are many contractors who have co-operation before a VAV system is operating. In commissioning there are many problems which cannot be solved before building is taken into use. Contractors make testing certificates for commissioning after self-check. In period of guarantee the operator makes service advise and solves problems with the automation contractor. Errors of VAVs are not recorded and cannot be compared to faults and reasons afterwards. Experts with large experience with VAV and automation control systems are needed all levels of building automation.</p>	
Keywords	VAV, building automation, commissioning

Lyhenteet

Anturi	Laite, joka havaitsee mitattavassa tulosuureessa tapahtuvan muutoksen ja muuttaa tiedon määrittelyksi lähtösuureeksi
Asetusarvo	Säätimeen asetettu, prosessiin sopiva viesti tai osoitus tavoitearvo
Dynaaminen paine	Virtauksen aiheuttama paine joka on verrannollinen tiheyden ja virtausnopeuden tulon(mittausuure)
EC-moottori	Kestomagneettimoottori jossa on tehonsäätöä varten elektronikka osa
Hiilidioksidianturi	Hiilidioksidia mittaava anturi
HKR	Helsingin kaupungin rakennusvirasto
Hankesuunnitelma	Ohjaa rakennushankkeiden suunnittelua Hankesuunnitelman pohjalta voidaan tehdä hankepääätös rakentamishankkeen toteuttamisesta
IMS	Ilmamääräsäädin
Kanavisto	Alue jossa ilmavirta ohjataan haluttuun paikkaan valvotusti
Kokonaispaine	Dynaamisen ja staattisen paineen summa
Kompaktisäädin	Pelti jossa on toimilaite, paine-erolähetin ja säädin
LTO	Lämmön talteenotto
Lähetin	Laite, joka muuntaa mitattavan suureen standardiviestiksi. Tarvitsee apuenergian.
Läsnäoloanturi	Mittalaite joka havaitsee lämpimän kohteen liikkeen
Mitta-alue	Suureen osa, jolla anturista (lähettimestä) lähtevä viesti muuttuu
RAU	Rakennusautomaatiourakoitsija
Staattinen paine	Paine jolla virtaava paine painaa virtaussuuntaan kohtisuoraan kanavan seinään (mittausuure)
SU	Sähköurakoitsija
Säätöpiiri	Kuuluu vertailuarvo, myötähaara ja takaisinkytkentä
Toimilaite	Osa joka vaikuttaa toimielimeen (kela, sylinteri)
VOC	Haihtuvat orgaaniset yhdisteet
Väylä	Tiedonsiirtoon käytettävä yhteys

Sisällys

1	Johdanto	1
2	HKR-Rakennuttaja	1
3	Ilmamäärän säätö	2
3.1	Koneellinen tulo- ja poistoilmajärjestelmä	2
3.2	Vakioilmavirtasäätö	2
3.3	Muuttuvailmavirtasäätö	3
3.4	Ilmamääräsäädin	3
3.4.1	Toimilaite	4
3.4.2	Hiilidioksidianturi	5
4	Ilmamääräsäätimen toiminta kiinteistöautomaatioissa	6
4.1	Ilmamääräsäätimen energiatehokkuus	8
4.2	Ilmamääräsäätimen huolto- ja kunnossapito	9
5	Ilmamääräsäätimen asennus ja käyttö Stadin ammattiopistossa Käpylässä	9
5.1	Hankesuunnitelma	10
5.2	Rakennusautomaatio ja ilmastointi	10
5.3	Rakennusautomaation urakkarajat	12
5.3.1	Automaatiosta IV-urakoitsijalle aiheutuvat työt ja velvoitteet	13
5.3.2	Automaatiosta putkiurakoitsijalle aiheutuvat työt ja velvoitteet	13
5.3.3	Automaatiosta sähköurakoitsijalle aiheutuvat työt ja velvoitteet	13
5.3.4	Automaatiosta pääurakkaan aiheutuvat työt ja velvoitteet	14
5.3.5	Pääurakasta automaatiourakoitsijalle aiheutuvat työt ja velvoitteet	14
5.3.6	Putkiurakasta automaatiourakoitsijalle aiheutuvat työt ja velvoitteet	14
5.3.7	Ilmanvaihtourakasta automaatioon aiheutuvat työt ja velvoitteet	14
5.3.8	Sähköurakasta automaatioon aiheutuvat työt ja velvoitteet	15
5.4	Ilmamääräsäätimen asennus	16
5.5	Ilmamääräsäätimen testaus ja käyttöönotto	16
5.6	Ilmamääräsäätimen energiatehokkuus	17
5.7	Ilmamääräsäätimen toimivuus	18
6	Tutkimukset ja päätelmät	21
7	Parannusehdotuksia	22

Lähteet

Liitteet

Liite 1. IMS:n kytkentäkaavio

Liite 2. IMS:n ilmamäärät

1 Johdanto

Työn tavoitteena oli selvittää yhden perusparannuskohteen kokemusten perusteella muuttuvilmavirtasäädön ongelmia muissa Helsingin kaupungin vastaavissa kohteissa. Työ toteutettiin Käpylän ammattiopiston Kullervonkadun toimipisteen peruskorjauksen yhteydessä. Työssä tutustutaan erilaisiin ohjeisiin ja määräyksiin, jotka vaikuttavat suunnitteluun, asennukseen sekä laitteiden käyttöönoton jälkeiseen valvontaan. Toimivuuteen liittyvät ongelmat ratkaistiin käyttäjän antamien tietojen perusteella.

Muuttuvilmavirtasäätö tapahtuu ilmamääräsäätimen avulla. Ilmamääräsäätimen toiminnalliset ongelmat voivat johtua monesta eri tekijästä. Rakennusvaiheessa urakoitsijoiden välinen yhteistyö sekä urakoitsijan onnistunut omatarkastus vaikuttavat automaation lopulliseen rakentamisen laatuun. Automaatiourakka valmistuu hankkeessa viimeisenä ja käyttöönotto tapahtuu hieman ennen kohteen valmistumista. Takuuajana käyttäjän antamien tietojen perusteella selvitetään ilmamäärään liittyviä ongelmia. Kiinteistön huoltomies toimii yhteyshenkilönä ja antaa tarvittavan selvityksen vian laadusta urakoitsijalle. Käyttäjä on pääsääntöisesti henkilö, jonka toimenkuvaan ei rakennusautomaation tuntemus kuulu. Vikojen ratkaisu voidaan tehdä ilman kokonaisjärjestelmän tuntemusta, erilaisten osamittaustulosten perusteella tai virheellisten johtopäätösten mukaan. Ongelmien ratkaisu jää usein tilattavan urakoitsijan ammattitaidon varaan. Vikahistoriaa ei tallenneta siten, että vika ja sen syy voidaan jälkikäteen tutkia. Ilmamäärän säätö vaikuttaa huonontavasti sisäilman laatuun, jolloin ongelmien todelliset syyt saattavat jäädä piiloon.

2 HKR-Rakennuttaja

Helsingin kaupungin rakennusvirasto (HKR) vastaa Helsingin kaupungin katu- ja viheralueista sekä kaupungin toimitilojen suunnittelusta ja rakennuttamisesta. Viraston tehtävänä on valvoa kaupunkiympäristön rakentamista turvallisesti ja toimivasti. Rakennusviraston toimintaa ohjaa ja valvoo yleisten töiden lautakunta. HKR:ssa on viisi osastoa:

- Arkkitehtuuri
- Hallinto-osasto
- HKR-rakennuttaja

- Katu- ja puisto-osasto
- Palveluosasto

HKR-rakennuttaja on asiantuntijaosasto, jonka vastuulla on Helsingin kaupungin infrastruktuurin ja julkisten rakennusten rakennuttaminen. Osasto kilpailuttaa, ostaa ja johtaa Helsingin kaupungin rakennushankkeiden suunnittelua ja urakointia siten, että tilaajan asettamat toiminnalliset, laadulliset ja aikataululliset tavoitteet saavutetaan. HKR-rakennuttaja toteuttaa ison osan Helsingin kaupungin infrastruktuurin hankkeista. Näitä ovat mm. sillat, tiet ja maanalaiset tilat. Lisäksi rakennetaan julkisia tiloja kuten kouluja, päiväkotia, kirjastoja ja sairaaloita, joissa kaikissa HKR-rakennuttaja on mukana. Korjausrakentaminen ja energiatehokkuus ovat erityisosaamista, johon HKR on perehtynyt.

[1.]

3 Ilmamäärän säätö

3.1 Koneellinen tulo- ja poistoilmajärjestelmä

Järjestelmällä poistetaan rakennuksesta ilma koneellisesti ja tilalle tuodaan suodatettuna joko lämmitetty tai jäähdytetty ilma. Järjestelmään kuuluu erilaisia mittalaitteita ja antureita jotka ohjaavat ilmanvaihtoa. Koulujen ja toimistotilojen koneellinen ilmapirran säätö toteutetaan joko vakioilmavirta- tai muuttuvailmavirtasäädöllä.

3.2 Vakioilmavirtasäätö

Vakioilmavirtasäätö on jatkuvatoiminen ja yleensä vain osaa rakennuksen tiloista koskeva ilmastoinnin säätötapa. Vakioilmavirta tuo vakiomäärän ilmaa huonetilaan eikä huonekohtaisesti tapahtuvaa ilmapirran säätöä ole mahdollista toteuttaa. Säätö voidaan tehdä aikaohjelmalla tai erillisellä käyttökytkimellä. Ilmapirta voidaan ohjata etukäteen ohjelmoituna tai tehostetusti. Ilmanvaihtokoneiden puhaltimet toimivat vakioilmavirtasäädöllä joko osa- tai kokoteholla. Vakioilmavirtasäätö voidaan toteuttaa myös muuttuvailmavirtasäätölaitteilla. Tällöin säätö toimii joko täysin auki- tai kiinni-asennolla. Suoralla poistolla varustettu vakioilmavirtasäätö rakennetaan yleensä wc-tiloihin, teknisiin tiloihin, keittiöihin (rasvanpoistohuuvut), laboratorioihin (poistoilmahuuvut) sekä suihkutiloihin.

3.3 Muuttuvilmavirtasäätö

Muuttuvilmavirtasäätö tapahtuu huonekohtaisesti suunnitellun ilmamäärän mukaan. Huoneessa on ilmavirta joka toimii maksimi- ja minimi-ilmavirran välillä. Ilmamäärää säädetään muuttuneen olosuhteen perusteella. Säätöä ohjataan huonetilaan asennetuilla antureilla. Antureilla mitattavia suureita ovat hiilidioksidi tai lämpötila. Lisäksi käytetään myös muita orgaanisia kaasuja [2.] tai kosteusarvoa mittaavia antureita. Muita ohjausta-
poja ovat läsnäoloilmaisin tai ilmanvaihtoa erillisesti tehostava ohjauskytkin.

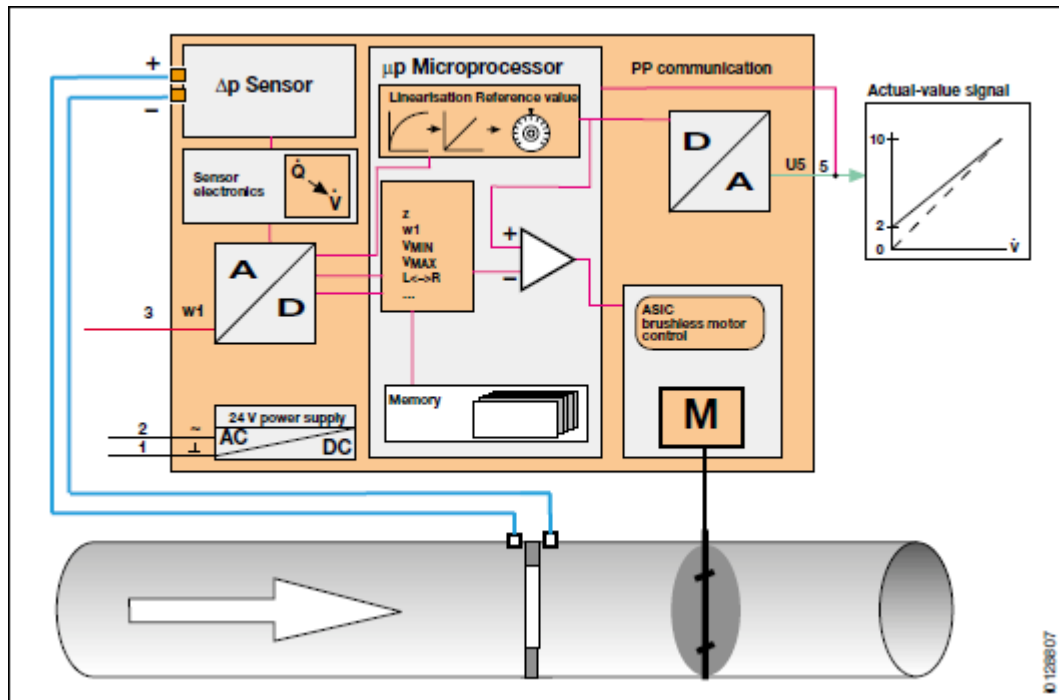
3.4 Ilmamääräsäädin

Ilmamääräsäädin (IMS) on yksi tapa säätää muuttuvia ilmamääriä. IMS asennetaan suunniteltuun kohtaan ilmanvaihtokanavassa siten, että läpikulkevaa ilmaa voidaan säätää. Ilmamääräsäätimen muodostavat virtaussäädin (Kuva 1), johon on asennettu toimilaite sekä säätöpelti. Toimilaitteeseen kuuluvat säädin ja paine-eroanturi. Uusinta tekniikkaa edustaa ultraäänimittaus jonka ansiosta paine-ero mitataan kanavan ulkopuolelta.



Kuva 1. FläktWoods EMSD-irtaussäädin, jossa on toimilaite ja säätöpelti

Huoneanturi ohjaa virtaussäätimen asetusarvoa annettujen virtausarvojen perusteella. Toimilaite ohjaa säätöpeltiä asetusarvon mukaisesti (Kuva 2). Toimilaite on liitetty kiinteistön automaatiojärjestelmään.



Kuva 2. Periaatekuva ilmavirtasäätimen toiminnasta [3.]

3.4.1 Toimilaite

FläktWoodsin virtaussäädin käyttää pääosin Grunerin toimilaitetta (kuva 3), jossa on näyttöpaneeli, mikroprosessori, kytkentätila kaapeleille sekä liitännät paineletkuille. Näyttöpaneeli mahdollistaa asetteluarvojen ohjelmoinnin ja mittausarvon seuraamisen suoraan toimilaitteesta. Toimilaitteen asetteluarvoja voidaan muuttaa suoraan näyttöpaneelista.



Kuva 3 Toimilaite Gruner 227 VM

Toimilaitteen minimi- ja maksimi-ilmavirtojen asettelu voidaan tehdä rakennusautomaatiojärjestelmän kautta tai toimilaitteesta käsin. Toimilaite vastaanottaa säätöviestin ja lähettää kiinteistöautomaatioon ilmavirran mittausviestin tai säätöpellin asentoviestin.

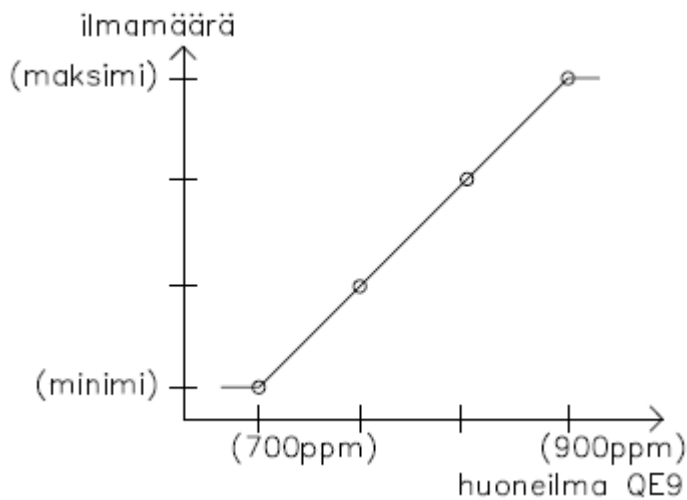
3.4.2 Hiilidioksidianturi

Sisäilmanlaatua huonontavat rakennuksista irtoavat hiukkaset, ulkoilmasta tulevat epäpuhtaudet sekä ihmisen hengitysilma muodostuvat epäpuhtaudet kuten hiilidioksidi. Ilmanlaatua voidaan seurata hiilidioksidianturilla (Kuva 4) joka mittaa huoneen ilmaa kuormittavaa hiilidioksidimäärää (Kuva 5). Anturissa on myös lämpötilan mittaus sekä optiona saatava kosteus mittaus. Hiilidioksidianturi asennetaan huoneeseen keskeiselle paikalle. Asennuspaikan tulee olla tasainen ja huoneen ilmanvaihdon on oltava hyvä jotta anturi reagoi huoneen olosuhteiden muutoksiin.



Kuva 4. Huonetilan hiilidioksidianturi HK Instruments CDT 2000

Hiilidioksidianturimittaus tapahtuu NDIR-tekniikalla. Anturissa on absorptiojuova infrapuna-alueella ja kun infrapunasäteily läpäisee hiilidioksidia sisältävää kaasua, kaasun hiilidioksidimolekyylit absorboivat osan säteilystä. Kaasun läpäisevän säteilyn määrä riippuu hiilidioksidipitoisuudesta.[4.] Anturin lähetin muuttaa mitatun hiilidioksidimäärän mittausarvoksi. Hiilidioksidin mittausarvot ovat 400...2000 ppm.



Kuva 5. Huoneilman hiilidioksidipitoisuus ja ilmamäärän asettelut minimi- ja maksimiarvoilla

Hiilidioksidianturin lähettimen mittausarvo skaalataan jännite- tai milliampeeri viestin tasoa vastaavaksi. Mittausarvon jännitteen suuruus on tyypillisesti 0...10 V. Anturin pitkän ajan stabiilisuus varmistetaan automaattisella kalibroinnilla.

4 Ilmamääräsäätimen toiminta kiinteistöautomaatioissa

Huonetiloissa tulee olla ilmanvaihto jolla käyttöaikana taataan terveellinen, turvallinen ja viihtyisä sisäilmanlaatu. Oleskelutiloihin on käytön aikana johdettava riittävä ulkoilmavirta. Ilmavirtoja on voitava ohjata kuormituksen ja ilmanlaadun mukaan käyttötilannetta vastaavasti. Huonetilojen ilmanvaihdon tarve riippuu käyttötarkoituksesta, mitoituksesta, ympäristön tekijöistä sekä tilan ilmantarpeen muuttuvista olosuhteista. Huonelämpötilan nousu aiheuttaa viihtyvyyden ja epämukavuuden tunteen.

Helsingin kaupungin matalaenergiaohjeen mukaan ilmanvaihtojärjestelmät on suunniteltava siten, että niiden säätäminen on mahdollisimman selkeätä ja yksiselitteistä. Ilmamääräsäätimen järjestelmä tulee suunnitella mahdollisimman säädettäväksi ja energiaa säästäväksi. Kaikki prosessit jotka liittyvät talotekniikkaan ja olosuhteiden hallintaan on liitettävä rakennusautomaatiojärjestelmään. Tällöin prosesseja voidaan hallita ja valvoa. IMS-laitteet liitetään rakennusautomaatiojärjestelmään siten, että järjestelmä ohjaa laitteiden toimintaa ja niistä saadaan ilmamäärä tiedot sekä säätöpellin asentotieto. Muut-

tuvailmavirta tulee huomioida huonekohtaisesti siten että huoneen käyttötarkoitus on tiedossa jo suunnitteluvaiheessa. Suunnittelussa huomioidaan rakennuksen muun automaation osuus huonetilojen lämmityksessä, jäähdytyksessä sekä ilmastoinnissa. Tällöin huomioon otettavia asioita ovat mm. tilan muuttuva henkilömäärä, käytön ajastus sekä näihin liittyvä energian säästö, huonetilan sijainti rakennuksessa sekä seinien ja ikkunoiden rakenne.

Ilmamääräsäätimen säädinosaan on ohjelmoitu tehtaalla LVI-suunnittelijan ilmoittama ilmavirtamäärä ja sitä vastaava asetusarvo (jänniteviesti). Ilmamääräsäätimen minimi- ja maksimiarvojen asetukset voidaan tehdä rakennusautomaation kautta. Tyypillisesti asetusarvot ovat seuraavat:

- 2 V:n minimiasetus
- 10 V:n maksimiasetus.

Vastaavat automaatiojärjestelmän asetusarvot ovat

- 0 V:n sulkutoiminto
- 2 V:n minimiasetus
- 10 V:n maksimiasetus.

Aetusarvot vastaavat ilmavirran suuruutta lukuarvoksi muunnettuna (l/s). K-arvo tulee ohjelmoida säätimeen niin että luku vastaa laitevalmistajan arvoa. Tällöin IMS:n ilmamäärä näyttää oikean yksikön. Ilmamääräsäätimen k-arvossa voidaan huomioida jo tehdasasetteluissa erilaiset häviöt.

K-arvon kaava [5.]

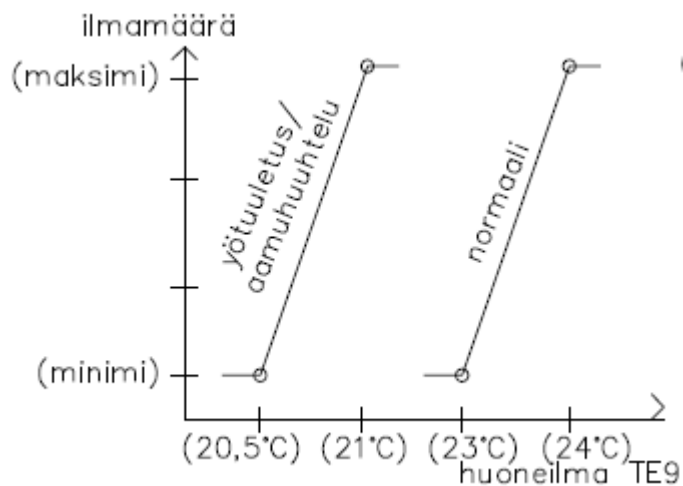
$$q_v = k \times \sqrt{\Delta p_m}$$

$$q_v = \text{ilmavirta}$$

$$k = \text{valmistajan ilmoittama venttiilin korjausarvo}$$

$$\Delta p_m = \text{mittalaipan paine-ero}$$

Lämpötila mitataan huoneessa sijaitsevalla huoneanturilla. Lämpötilan nousu aiheuttaa jäähdytystarpeen ja asettelun mukaisesti IMS muuttaa ilmavirran määrää. Yö- tai aamu-aikaan tapahtuva tuuletus ohjelmoidaan kiinteistöautomaatiojärjestelmään (Kuva 6).



Kuva 6. Lämpötilan vaikutus ilmamäärään normaalikäytössä ja yötuuletuksen aikana

Muuttuvilmavirtasäätö toimii minimiasetuksella silloin kun huonetilassa ei ole ilmanlaadua kuormittavaa tekijää. Kun hiilidioksidianturi mittaa muuttuneen arvon, lähetin lähettää ilmamääräsäätimen yksikköön ohjausviestin ja IMS avaa säätöpeltiä ohjelmoidun mukaisesti. Säätöpellin asennon muutos muuttaa ilmavirran määrää huoneessa. Paine-ero-mittaus lähettää säätimen kautta paine-eron mitatun arvon IMS-toimilaitteelle.

4.1 Ilmamääräsäätimen energiatehokkuus

Ilmanlaadun taso rakennuksissa määritellään kansallisia ja kansainvälisiä ohjeita ja määräyksiä noudattaen. Suomessa D2 Rakentamismääräyskokoelma määrittää riittävän minimitason sisäilman laadulle.[6.] Energiatehokkuuteen voi vaikuttaa ilmanvaihdon suunnittelulla tilojen käytön mukaisesti. Ilmanlaadun minimitaso ja lämmitys- sekä ilmanvaihdonjärjestelmien monimuotoisuus muodostavat yhdessä tason jolla energiatehokkuus paranee. Kiinteistön perusparannukseen kuuluu koko IV-laitteiston uusiminen muuttuvilmavirta säätöiseksi. Samalla muutetaan poistopuhallus lämmöntalteenottoon soveltuvaksi. Ilmamääräsäätimet muodostavat yhden osan rakennuksen perusparannukseen suunnitellusta järjestelmästä. Ilmamääräsäätö rakennetaan kohteisiin joissa peruskorjataan koko ilmanvaihtojärjestelmä. Tähän liittyy tulo- ja poistoilma sekä näihin liittyvä energiatehokas moottori, lämmöntalteenotto sekä muu automaatio[7]. Automaatio mahdollistaa rakennusautomaatiojärjestelmän valvonnan. Näihin kuuluu toiminnan valvonta, erilaiset ohjaukset sekä viat ja niiden korjaukset. Järjestelmän säädettävyys,

onnistunut laitteiston käyttöönotto, muutostyössä asennetut energiaa säästävät komponentit ja osat, kuten EC-moottorit, parantavat perusparannuskohteen energiatehokkuutta. IMS mahdollistaa ilmavirran automaattisen säädön siten että järjestelmä reagoi ilmanlaadun muuttuviin tilanteisiin. Ilmavirtoja voidaan säätää huonekohtaisesti.

4.2 Ilmamääräsäätimen huolto- ja kunnossapito

Ilmamääräsäätimen kunnossapidon hälytysrajaksi voidaan asettaa käyttötunnit tai määräaika. Tällöin tehdään valmistajan ohjeen mukaiset tarkastukset. Näitä ovat mm. säätimen lukuarvojen tarkastelu näyttöpaneelistä sekä lukujen vertaaminen mitattuun arvoon tai säätöpellin toiminnan tarkastaminen. Ilmamääräsäätimen puhdistus tulee suorittaa ennakoivana kunnossapitotyönä. IMS:n huoltoa varten laitteen sijoituspaikan tulee olla merkitty selkeästi.

5 Ilmamääräsäätimen asennus ja käyttö Stadin ammattiopistossa Käpylässä

HKR:n ohjeistus koskee palvelurakennusten rakennusautomaation suunnittelua niin yleisellä tasolla kuin urakoitsijan urakkarajojen ja asiakirjojen osalta. Helsingin kaupungin palvelurakennusten matalaenergiaohje täydentää yleisohjetta Helsingin kaupungin palvelurakennukset. Rakennusautomaatiolle on täydentävä ohje nimeltään rakennusautomaation matalaenergiaohjeet. Ohjeen mukaisesti uudis- ja korjausrakentamiselle asetetaan säästötavoitteet. Korjausrakentaminen tehdään pääsääntöisesti perusparannuksena ja tällöin asetetaan seuraavat tavoitteet energian kulutukseen liittyen [8.]:

- lämpöenergiakulutus normaalirakentamisen nähden -40 %
- sähköenergiakulutus normaalikorjaukseen nähden -40 %.

Ohjeessa todetaan että ilmanvaihtoa ohjataan tilan käytön ja ilmanlaadun mukaan ainakin niissä huoneissa joissa työskentelee vähintään 2 henkilöä. Lisäksi todetaan että huoneistojen ilmamäärän säätöön käytetään ilmamääräsäätimiä.

HKR:n LVI-mallityöselitys ohjeessa annetaan suunnitteluohjeita ilmanvaihtojärjestelmiä varten seuraavasti: [9]

Yleisilmanvaihdossa on Ilmastointikojeet on varustettu järjestelmillä, jotka mahdollistavat tarpeen mukaisen ilmanvaihdon niissä tiloissa, joissa kuormitusta esiintyy.

Tarpeenmukaisuus on toteutettu automaattisesti toimivilla ilmvirransäätimillä, joita ohjataan osittain läsnäolon, huonetilan hiilidioksidipitoisuuden tai huonelämpötilan perusteella ja lisäksi tarvittaessa aikaohjelmin ja lisäaikakytkimin.

Muuttuvilmavirtainen ilmvirtasäätö rakennetaan IMS-järjestelmällä. IMS yhdistetään rakennusautomaatioon siten, että niistä saadaan rakennusautomaatiojärjestelmään tieto ilmamäärästä ja säätöpellin asennosta. Ilmanvaihtokojeista mitataan paine-eron perusteella kojeen ilmamäärä. Urakoitsijat suorittavat toimintakokeen jossa tarkastetaan laitteiden toiminta niin että laitteet ovat luovutuskunnossa tilaajalle. Toimintatarkastuksessa laitteiden toimivuus tarkastetaan muiden järjestelmään kuuluvien laitteiden kanssa. Toimintatarkastuksia suoritetaan kun järjestelmiä on riittävästi valmiina. Yhteiskoeikäytössä laitteistojen tulee toimia suunnitellulla tavalla. Vastaanotetut laitteet ovat valmiina käyttöön.

5.1 Hankesuunnitelma



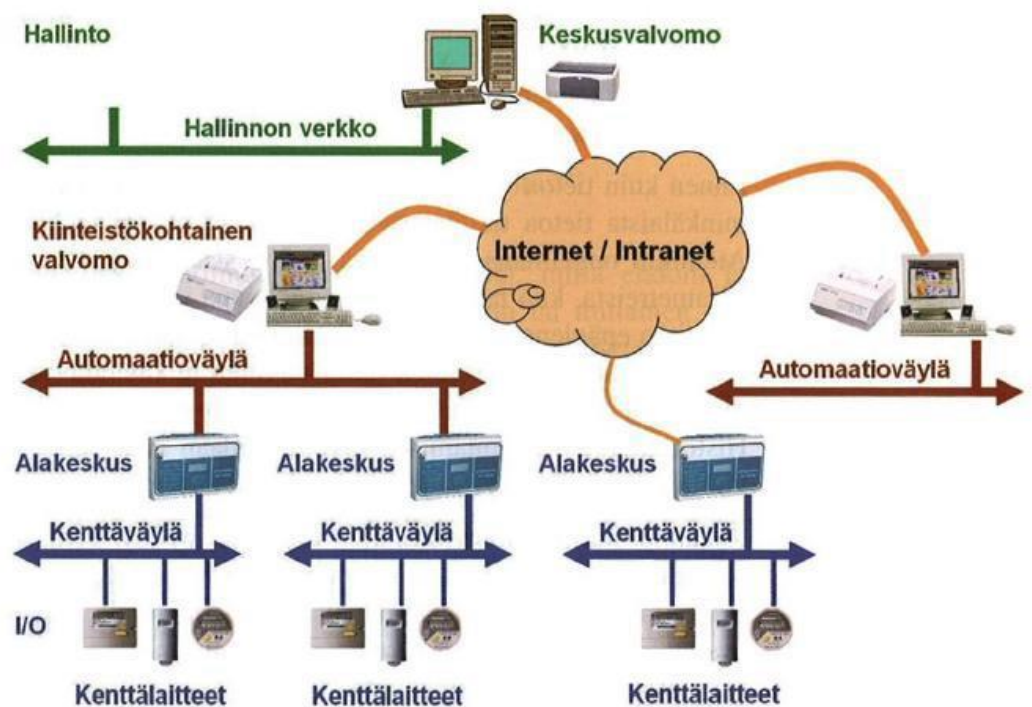
Kuva 7. Kiinteistö Stadin ammattiopisto Käpylä [10]

Peruskorjattava kiinteistö on rakennettu vuonna 1968. Kiinteistöön ei ole tehty aiemmin peruskunnostusta ja kiinteistö on elinkaaren takia peruskunnostusiässä. Kiinteistön käyttö muuttuu opetusryhmien osalta. Hankesuunnitelman toteutus tapahtuu vuosien 2012–2014 välisenä aikana.

5.2 Rakennusautomaatio ja ilmastointi

Rakennusautomaatiojärjestelmä uusitaan osana koko talotekniikan järjestelmää. Rakennusautomaatiojärjestelmä muodostuu tasoista jotka muodostavat hallinnon, automaatioväylän ja kenttäväylän laitteineen (kuva 8). Talotekniikan järjestelmät liitetään osaksi rakennusautomaatiota. Järjestelmään voidaan liittää seuraavat toiminnot:

- lämpö-, vesi- ja ilmastointilaitteet
- jäädytys- ja kylmälaitteet
- paloilmoituslaitteet, moottoritoimiset palopellit
- valaistusohjaukset
- muut sähkötekniset laitteet
- LVI-säädöt
- ovet
- hissit
- energian ja vedenkulutusmittaukset



Kuva 8. Kiinteistöautomaatiojärjestelmän toiminnalliset tasot [11.]

Hankesuunnitelmassa lämmitys-, ilmanvaihto-, ilmastointi- ja viemärointi uusitaan kokonaan. Ilmastointijärjestelmät uusitaan kokonaan lukuun ottamatta liikuntasalin säleikköjä

ja haarakanavia. Rakennus varustetaan koneellisella tulo- ja poistoilmanvaihto järjestelmällä seuraavalla tasoluokituksella:

- ilmanlaatu S2
- huonelämpötila S2/S3
- äänitaso S3
- puhtausluokka P2 [10.].

Pää IV-konehuoneet (2 kpl) sijoitetaan nykyisten IV-konehuoneiden paikalle. Kuntosalin ja sosiaalitilojen IV-koje sijoitetaan nykyiseen IV-konehuoneeseen (sosiaalitilat). Liikuntasalin tuloilmakone sijoitetaan nykyisen liikuntasalin IV-koneen paikalle. Keittiön tuloilmakone sijoitetaan nykyisen koneen paikalle. Autotallin lämminilmakoje sijoitetaan nykyisen autotallin kojeen paikalle. Kaikkien tuloilmakojien yhteyteen asennetaan tapauskohtaisesti joko roottorilämmönvaihdin tai glykolipatteri. LTO:n lisäksi kaikkien tuloilma-kojeiden toimintaosina ovat suodattimet, lämmityspatterit ja äänenvaimentimet. Kemian luokkiin tulee vetokaappipoistoja ja teknisiin työtiloihin muita kohdepoistolaitteistoja. Erikoistiloihin tulee mm. korkeapaineellinen kostutuslaitteisto.[10.]

Energiasäästönäkökulmassa ilmanvaihdon laitteistoihin tehdään seuraavat parannukset:

- Ilmanvaihto varustetaan lämmöntalteenotolla.
- Ilmanvaihdon käyntiä ohjataan aikaohjelmalla mutta myös tarpeenmukaisesti lämpötilan/CO₂-pitoisuuden mukaan.
- Ilmanvaihtokojeet mitoitetaan riittävän väljiksi jotta koneiden ominaissähköteho on korkeintaan 2,0 kW/m³/s.

Muu ohjeistus noudattaa HKR:n suunnitteluohjeita.

Koko hankkeen kustannusarvio on 19,9 M€ (Alv 0%), josta LVI-järjestelmien osuus on 3,6 M€ (Alv 0%). Rakennusautomaation kustannusarvion osuutta ei hankesuunnitelmassa ole erikseen mainittu.

5.3 Rakennusautomaation urakkarajat

HKR on laatinut urakkarajoihin liittyvä ohjeen, jonka mukaan eri alalla toimivat yritykset työskentelevät. Tavoitteena on että vastuualueet ovat selkeät ja urakoitsijat tietävät oman osuutensa kohteen töistä. Ilmanvaihtoon liittyy monia asennustöitä jotka tyypillisesti jakautuvat seuraaville urakointialueille:

- pääurakoitsija, joka voi olla esim. rakennusurakoitsija
- sähköurakoitsija
- putkiurakoitsija
- ilmanvaihtourakoitsija

Urakointialueet on jaettu ammattialueittain niin että työt ja velvoitteet urakoitsijoiden kesken voidaan määrittää. Ohjeistus asennusvaiheessa velvoittaa urakoitsijoita toimimaan yhteistyössä. Eri ammattialueiden urakoitsijoille aiheutuu velvoitteita eri järjestelmien rakentamisesta.[12.]

5.3.1 Automaatiosta IV-urakoitsijalle aiheutuvat työt ja velvoitteet

IV-urakoitsija toimittaa kirjallisesti rakennusautomaatiourakoitsijalle suodattimien ja LTO-laitteiden hälytysrajojen asettelua varten tarvittavat paine-erotiedot. Urakoitsija asentaa pelteihin peltimoottoriasennusta varten tarvittavan hyllyn sekä peltiin peltimoottorin tarvitseman vääntövarren. Varren pituus tulee olla tiedossa. Urakoitsija varustaa kaikki moottoripellit luotettavasti pellin asennon osoittavalla merkinnällä ja tekee tarvittaessa ilmastointikanavistoon esim. keskiarvo-anturia varten ja höyrykostuttimen höyryputken asennusta varten tarvittavat luukut. IV-urakoitsija toimittaa IMS-pellit ja luovuttaa kirjallisesti muuttuvilmavirtauksisten IV-laitosten minimi- ja maksimi-ilmamäärää vastaavat kanaviston painearvot RAU:lle. IV-urakoitsija suorittaa IMS-peltien toimintarajojen testauksen ja ilmoittaa peltikohtaisesti minimi- ja maksimi-ilmavirtaa ja kanavapainetta vastaavat ohjausjännitearvot. Lisäksi urakoitsija kirjaa RAU:lle toimittamiensa rakennusautomaatiojärjestelmään liitettävien laitteiden tekniset tiedot ja kytkentätiedot.

5.3.2 Automaatiosta putkiurakoitsijalle aiheutuvat työt ja velvoitteet

Putkiurakoitsija toimittaa RAU:lle toimittamiensa rakennusautomaatiojärjestelmään liitettävien laitteiden tekniset- ja kytkentätiedot sekä asentaa putkistoon tulevat automaatioon liittyvät laitteet RAU:n ohjeistuksen mukaisesti. Urakoitsija huolehtii erilaisten pintarajojen ja valvontajärjestelmään liittyvien mittauslaitteiden asennuksista ja testauksista. Näitä laitteita ovat mm. pinnankorkeusmittari, rasvanerotuskaivon hälytyslaite sekä pintarajojen kuten pohjavesikaivo ja jätevesikaivo. Laitteiden tekniset tiedot ja kytkentätiedot toimitetaan rakennusautomaatiourakoitsijalle.

5.3.3 Automaatiosta sähköurakoitsijalle aiheutuvat työt ja velvoitteet

Kaikki yli 60 V:n jännitteiset kytkentätyöt sekä kytkennät, jotka sijaitsevat ryhmäkeskuk-
sissa kuuluvat sähkötyöhön. SU kytkee haaroitus- ja jakorasiat jotka on johdotettu ja
kytkee rakennusautomaation laitteiden tarvitsemat syöttöjännitteet. Etusulakkeisiin tulee
kytkää kaapelit suunnitelman mukaan. SU asentaa ja hankkii LVI-kaavion mukaisesti
keskusten ulkopuoliset kaapelit sekä tekee kytkennät ja merkitsee kuviin välirasiat ja
muutokset. Urakoitsija kaapeloi kojeet ja keskukset ja kuorii johtimet valmiiksi kytkentää
varten. Kaapelihyllyille varataan riittävä tila rakennusautomaation kaapeloinnille. Sähkö-
urakoitsija huomioi häiriöjännitteiden estämisen mm. riittävällä etäisyydellä tiedonsiirto-
ja mittauskaapeleiden sekä analogisten ohjauskaapeleiden osalta. Urakoitsija suorittaa
omien laitteiden ja keskusten sisäiset kytkennät ja hankkii muidenkin lämpö-, vesi-, ilma,
sähkö- ja automaatiourakoitsijoiden tai niiden toimittamat keskuksiin määrätyt laitteet.
Näitä ovat mm. kontaktorit, releet, muuntajat. Urakoitsija suorittaa hankkimiensa laittei-
den viritykset, tekee ryhmäkeskusten ja muiden laitetoimittajien koteloiden suoja- ja häi-
riömaadoitukset. Sähköurakkaan kuuluu automaatiokeskusten sijaintipaikkojen tarken-
taminen sekä muiden vastaavien suunnitelmiin kuulumattomien koteloiden sijaintien sel-
vittäminen. Kytkentätietojen täydennys loppupiirustuksiin kuuluu sähköurakoitsijalle.

5.3.4 Automaatiosta pääurakkaan aiheutuvat työt ja velvoitteet

Pääurakoitsijan tulee huolehtia että valvomo on lukittu, kalustettu ja puhdas viikkoa en-
nen toimintakokeita.

5.3.5 Pääurakasta automaatiourakoitsijalle aiheutuvat työt ja velvoitteet

RAU toimii pääurakoitsijan apuna konehuoneiden ja vastaanottoaikataulujen ja niihin liit-
tyvien toimenpiteiden tekemisessä.

5.3.6 Putkiurakasta automaatiourakoitsijalle aiheutuvat työt ja velvoitteet

RAU toimittaa putkiurakoitsijalle automaatiourakoitsijalle kuuluvat putkistoihin asennet-
tavat säätö- ja valvontalaitteet. Putkiurakoitsija asentaa rakennusautomaatiourakoitsijan
antamien ohjeiden mukaisesti edellä mainitut laitteet. Lämmönjakoalakeskusten osalta
noudatetaan työselityksiä ja lisäksi LVI-työselityksessä erikseen mainittuja tehtäviä.

5.3.7 Ilmanvaihtourakasta automaatioon aiheutuvat työt ja velvoitteet

RAU täydentää IV-konehuonepiirustukset omien asennusten osalta ja asentaa kaikki toimittamansa suunnitelmissa esitetyt ilmastointilaitteisiin liittyvät säätölaitteet keskuksiin lukuun ottamatta ilmastointiurakkaan kuuluvia kojekeskuksia.

Automaatiourakoitsija ohjeistaa asennustyön ja asennuspaikat kanavistoihin kiinnitettävistä laitteistaan. Urakoitsija osallistuu ilmamääräsäätöjärjestelmien säätö- ja mitaustöihin.

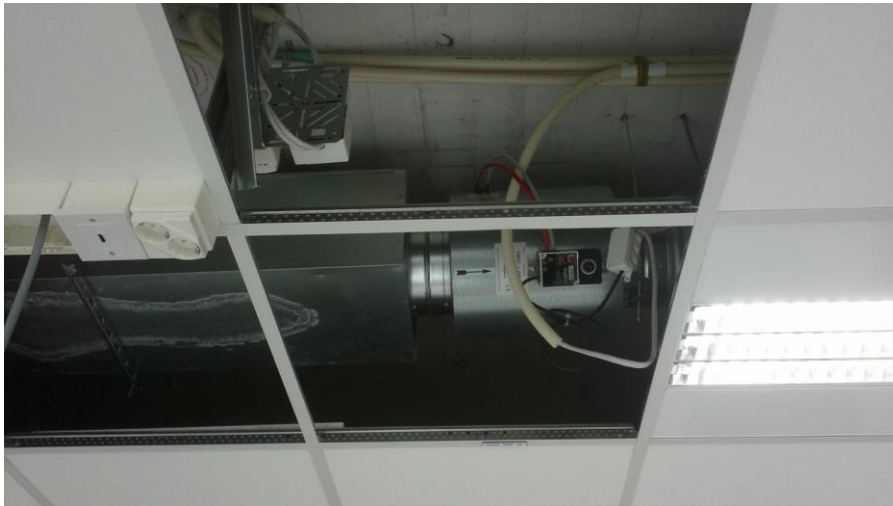
5.3.8 Sähköurakasta automaatioon aiheutuvat työt ja velvoitteet

RAU toimittaa keskuksat riviliittimillä varustettuina siten, että kaikki johtimet voidaan liittää riviliittimiin sekä varustaa rinnakkain asennettävien keskusoteloiden välille johtotiet. Koteloiden väliset kytkennät tulee voida suorittaa johtimia käyttäen. Automaatiourakoitsija tarkistaa sähköurakoitsijan laatimat kytkentäpiirustukset sekä täydentää ne omia kytkentöjään koskevilla tiedoilla. Urakoitsija toimittaa sähköurakoitsijan ja rakennuttajan käyttöön ko. kohdetta varten laaditut piirustukset rakennuksen säätö-, valvonta-, ohjaus- ja hälytyslaitteista. Piirustuksista tulee selvittää järjestelmän kaapelointi, kojeiden kytkentäliitinmerkintöineen sekä tarvittavat lukitukset ja ohjaukset järjestelmän ulkopuolisilta kojeilta (mm. kontaktorin apukoskettimien määräämiseksi). Tietojen tulee olla sähköurakoitsijan käytössä piirustusaikataulun mukaisesti. RAU kytkee kaikki hankintaansa kuuluvien laitteiden ja keskusten säätölaitejohdot, joiden jännite on pienempi kuin 60 V. Sähköurakkaan kuuluvien kojeiden ja keskusten ohjauslähdöt alakeskuksissa ovat potentiaali vapaita nimellisjännitteellä 230 V. RAU toimittaa kaikki sähköurakoitsijan hankintaan kuuluviin keskuksiin kytkettävät 230 V:n nimellisjännitteellä kytkettävät toimilaitteet. Automaatiourakoitsija toimittaa laitteidensa sekä niihin liittyvien käyttö-, ohjaus-, säätö- ja hälytysjärjestelmien sähkökytkentäpiirustukset sähköurakoitsijalle ja rakennuttajalle sekä laatii ja luovuttaa sähköurakoitsijalle luettelot kaikista hankkimistaan sähköllä toimivista laitteista ja moottoreista, joiden sähköasennukset sisältyvät sähköurakkaan. Luetteloista on käytävä selville kojeen teho (kW), nimellisvirta (A) ja jännite (V), valmistenumero ja kytkentälaji. Automaatiourakoitsija ottaa huomioon mahdolliset sähköurakasta aiheutuvat muutokset hankkimisiin sähkölaitteisiin ennen laitteiden hankintaa. Näitä ovat lisäkoskettimet tms.

RAU hankkii ja kiinnittää paikoilleen toimittamansa säätö- ja mitauskeskukset sekä säätöjä, ohjausta ja hälytyksiä varten tarvittavat ohjaukselimet, kuten säätimet, sähkömoottorit, moottoriventtiilit, mittausanturit, hälyttimet, rajakytkimet, termostaattit.

5.4 Ilmamääräsäätimen asennus

Asennusohje on valmistajakohtainen, ja asennusohjeen lisäksi noudatetaan HKR:n matalaenergiaohjeen rakennusautomaation suunnitteluohjetta. IMS kiinnitetään kanavaan helposti irrotettavalla ja uudelleen kiinnitettävällä holkkiliitoksella, jolloin laite voidaan irrottaa kanaviston tai virtauksen säätimen puhdistuksen ajaksi. Pantaliitoksen tulee olla tiivis mutta myös uudelleen kiinnitettävissä. Asennuksessa huomioidaan IMS:n suunta kanavistoon (nuoli). Liitoksen asennuksessa tulee huomioida sopiva kireys, jotta IMS:n säätöpelti pääsee liikkumaan. Panta kiinnitetään niiteillä. IMS:n säädinosan näyttö tulee suunnata siten, että näkymä on luettavissa. Kaapelointi kytketään kytkentärasiaan ja ilmaletkut asennetaan säätimen nippoihin.



Kuva 9. IMS asennettuna välikatossa

5.5 Ilmamääräsäätimen testaus ja käyttöönotto

Rakennusautomaatiourakoitsijan tulee varmistua siitä että asennustyö on valmis ja täyttää sopimuksen mukaiset vaatimukset. Oma tarkastuksesta tehdään tarkastuslista jonka mukaan testaukset tapahtuvat ja mahdolliset viat ja puutteet korjataan. Tarkastuslista luovutetaan rakennuttajalle. Toimintakokeissa laitteen toiminta testataan yhteiskoekäytöllä siten että kaikki järjestelmät toimivat yhteen. Tavoitteena on, että laitteiden toiminta vastaa mahdollisimman paljon tulevaa käyttöä. Yhteiskoekäytön jälkeen rakennuksen ja taloteknisten järjestelmien tulee olla käytettävissä. Osa testauksista voidaan sopia tehtäväksi takuuaikana, jotta erilaiset käyttöolosuhteet tulee huomioitua.

Käyttäjät koulutetaan laitteiston toimintaan. Käyttäjät voivat olla eri viraston tai yrityksen henkilöstöä. Käyttäjäkoulutuksen kautta henkilöt saavat alustavan kokemuksen laitteistoista. IMS:n toiminnan kannalta keskeiset arvot näkyvät valvomopäätteeltä. Luokitellut hälytykset ja ns. huoltohälytykset jaetaan eri tasoluokkiin.[13.] Käyttäjäkoulutuksessa tulee käydä käyttöhenkilökunnan kanssa erilaiset luokitukset ja hälytykset läpi jotta toimenpiteet vikatilanteissa on ennakoitu. Koulutuksessa tulee myös huomioida urakoitsijan yhteystiedot vikatapausten varalta. Vikojen nopea selvittäminen vaikuttaa ilmanvaihdon toimintaan ja siten laitteiston toimintakykyyn ja yleiseen viihtyvyyteen.

5.6 Ilmamääräsäätimen energiatehokkuus

Kiinteistön perusparannuksen jälkeinen ilmanvaihdon energiansäästö muodostuu uusien laitteiden tehokkuudesta käytöstä poistettaviin nähden. Uudet laitteet ovat energialuokiteltuja, vähemmän sähköä kuluttavia sekä kooltaan pienempiä. Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto, johon on liitetty poistoilman lämmöntalteenotto, ottaa talteen poistuvan lämmön jäteilmasta. Eri huonetilojen tarkoituksenmukainen ilmanvaihto tapahtuu automaattisesti ja huoneen kuormituksen mukaisesti. Energiaa säästäviä toimia ovat lisäksi seuraavat perusparannuksessa tehdyt muutokset:

- Ilmanvaihto on jaettu tulo- ja poistokoneittain eri tiloihin.
- Ilmanvaihdon puhaltimien nopeutta voidaan säätää.
- Ilmanvaihdon ohjaus muuttuvakuormitteisiin huoneisiin tapahtuu käyttötarkoituksen mukaan.
- Tulo- ja poistoilmakoneiden mitoitus voidaan tehdä pienemmillä moottoreilla, moottorit tarvitsevat vähemmän tilaa sekä toimivat energiatehokkaammin.
- Automaation käyttö ohjauksissa poistaa inhimilliset virheet.
- Tasainen ilmanvaihto vähentää vikailmoituksia ja siten kustannuksia.
- Viihtyvyys ja ympäristön vaikutus työhyvinvointiin ja tehokkuuteen lisääntyy.
- Automaatioon voidaan liittää kiinteistön muitakin järjestelmiä.

Taulukkoon 1 on kerätty vertailutietoa Stadin ammattiopiston Käpylän toimipisteen kaukolämmön ja taulukkoon 2 sähköenergian kulutuksista vuosina 2007–2011 sekä 2014–2015. Kulutuksista voidaan huomata että kaukolämmön kulutus on pudonnut yli puolella ja sähköenergian n. kolmasosan.

Taulukko 1. Kaukolämmön kulutukset

Kaukolämmön kulutus (MWh)	
2007	3026
2008	2906
2009	2602
2010	2329
2011	3073
2014	1300
2015	1245

Taulukko 2. Sähköenergian kulutukset

Sähköenergian kulutukset (MWh)	
2007	998
2008	1042
2009	985
2010	912
2011	831
2014	733
2015	640

5.7 Ilmamääräsäätimen toimivuus

Käyttäjien kokemuksia Munkkiniemen ala-asteen ja Stadin ammattiopiston Käpylän toimipisteen ilmastoinnista verrattiin haastattelujen perusteella. Munkkiniemen ala-asteella oli ollut aiemmin perinteinen vakioilmavirtasäätöinen ilmanvaihto joka muutettiin perusparannuksen aikana muuttuvilmavirtasäätöiseksi.

Munkkiniemen ala-aste

Koulussa on perusparannettu ilmanvaihtojärjestelmä vuosien 2013–2015 aikana. Järjestelmän valvonta on kouluisännällä, jolla on käytössään valvomopääte. Kouluisäntä on henkilö, joka työskentelee koululla yleisenä apuna henkilökunnalle, teknisen alan huoltotyössä ja laitteiden valvojana.

Munkkiniemen koulun ilmanvaihtojärjestelmä oli vakioilmavirtasäätöinen. Tulo- ja poistoilmakoneet sijaitsivat liikuntasalissa, teknisessä luokassa ja keittiössä. Luokissa oli erillispoistot ja korvaava ilma saatiin ikkunoiden reunassa olevista aukoista. Korvaava ilma oli mekaanisesti itsesäädettävissä. Kiinteistössä ei ollut lämmöntalteenottojärjestelmää. Wc:t oli varustettu erillispoistolla, ja joissain tiloissa oli suoria poistoja jotka vaativat käsin ohjauksen. Keittiössä oli suora poisto jonka kouluisäntä laittoi pois päältä iltapäivällä. Erikseen sovittiin mikäli joku muu henkilökunnasta suoritti toiminnon. Poisto kytkettiin päälle aamuisin keittiö henkilökunnan toimesta. Suorat poistot saatiin kesäajaksi pois päältä kiipeämällä katolle moottorin luo ja kääntämällä päälle-pois kytkimestä tai kellarissa olevasta keskuksesta poistettiin sulake. Ilmanvaihdon nopeudet olivat osa- tai kokonopeus. Kouluisännän huoneessa oli valvomo josta ohjelmointi suoritettiin. Koulun ilmanvaihto ohjelmointiin koko lukukauden ajaksi. Ohjelmointijaksot olivat arkipäivä, iltä-, viikonloppu- ja kesäaika.

Vikatapauksessa kouluisännän tuli ottaa yhteys ensin esimieheen ja sitten isännöitsijään (eri virastossa). Tämän jälkeen sovittiin, miten urakoitsija tilataan. Vikatapauksia oli yleensä kaksi: joko puhaltimet eivät käynnistyneet tai ilmeni laakerivika.

Perusparannus toteutettiin matalaenergiaohjeistuksen mukaisesti siten että ilmanvaihto uusittiin muuttuvailmamäärä sääteisellä järjestelmällä. Ilmamäärien ohjaamiseen asennettiin luokkahuoneisiin huonetila-anturit. Tulo- ja poistoilmakoneita asennettiin lisää jotta ilmanvaihto voidaan toteuttaa erillisesti tilojen tarve huomioiden. Poistoilmakoneiden lukumäärää vähennettiin ja lämmöntalteenottojärjestelmä asennettiin lämpimän poistoilman talteenottoa varten. Valvomon valvontapääte uusittiin nykyaikaisella grafiikalla ja ohjelmalla.

Laitteiston käyttöönoton aikana todettiin seuraavia ongelmia:

- Palopellit olivat kiinni useissa eri paikoissa. Tämä vaikeutti käyttöönottoa ja aiheutti sekaannusta ilmamääräsäätimien toiminnoissa.

Takuuajan menettely:

- RAU auttaa kouluisäntää tarvittaessa suullisesti ohjeistamalla taikka käymällä tarvittaessa paikan päällä takuun ajan.

Toimintaohje huolto- ja kunnossapitoa varten:

- Järjestelmän viikkohoito on kouluisännän vastuulla ja tekniset vuosihuollot ovat kiinteistöhuollon vastuulla.

Uusittu automaatiojärjestelmä on käyttäjäystävällinen ja ilmamääräsäätimien ohjaukset ovat säädettävissä alueittain. Lisäksi urakoitsijan yhteyshenkilö on selkeästi tiedossa huollon ja kunnossapidon tarvetta varten. Stadin ammattiopiston Käpylän toimipisteen perusrannustuksessa uudistettiin vakioilmavirtasäätöinen järjestelmä muuttuvilmavirtasäätöiseksi. HKR:n urakkarajaliite ja LVI-mallityöselostus ohjeistavat urakkarajojen ja suunnittelun tehtäviä. Laitteiston käyttöönoton aikana todettiin useita ongelmia.

Rakennusvaiheen aikataulu oli rakennusautomaatiojärjestelmän käyttöönoton kannalta liian tiukka. Useiden urakoitsijoiden aikataulujen yhteen sovittaminen venytti yksittäisten urakoitsijoiden aikataulua. Toimintakokeissa valvomo-ohjelman rakentaminen oli kesken ja osa testauksista todettiin muilla tavoin. Yhteiskäyttökokeissa ohjaukset olivat automaattilla ja pakko-ohjausten testaus jätettiin kokeilematta. Ilmavirran mittaukset osoittivat poikkeavia lukemia, ja lukuarvojen takia hälytyksiä tuli runsaasti. Useita ilmamääräsäätimen minimi- ja maksimiarvoja oli muuttunut, eikä muuttuneita arvoja nähty valvomopäätteeltä. Ilmamääräsäätimen säädin näytti eri lukemaa kuin mitattu jänniteviesti oli (mitatun ilmamäärän vertailu jänniteviestiin)(Taulukko 3). Huonesäätimen ja ilmamääräsäätimen välinen viesti ei ollut oikea suuruudeltaan. Anturi ei pystynyt lähettämään signaalia riittävällä teholla. Säätimen näyttö näytti eri ilmamäärä lukemaa mitä oli mitattu jänniteviestistä. Huonesäätimissä ilmeni tyypivika.

Taulukko 3. Tuloilmakoneen TK 2030–10 ilmamäärien mittaustulokset käyttöönotossa

Virtaus (suunniteltu)	180 l/s
Virtaus (koekäytössä)	167 l/s
Virtaus (valvomonäyttö)	130 l/s

Lisäksi mitatut ilmavirtamittaukset näyttivät eritasoisia lukemia. Mittauksia voitiin tehdä IMS-säätimestä, kanavasta tai päätelaitteesta. Ilmamääräsäätimien kannattimia oli asennettu liian tiukalle jolloin peltimoottori ei toiminut luotettavasti. Takuuajan aikaisia töitä olivat mm. tietokoneohjelman päivitys epävakaa toiminnan takia. Ilmamäärän hälytyksiä oli korjattu sekä ilmamääräsäätimiä oli vaihdettu useita kymmeniä. Palopellit olivat laenneet itsestään ja vika löytyi palopeltien sulakkeista. Tilojen käyttö ei vastannut suunniteltua, ja ilmanvaihto oli joissain tiloissa riittämätön. Osa hälytyksistä ei näkynyt

valvomossa. Tuloilmakoneen TK 214 ilmamäärät eivät vastanneet suunniteltua. Tuloilmakone oli alimitoitettu, ja sen seurauksena kanavistossa ilmeni ääniongelmia. Taajuusmuuttajan asetteluja tarkistettiin ääniongelman vähentämiseksi.

6 Tutkimukset ja päätelmät

Ilmamääräsäädin on yksi osa energiatehokasta ilmanvaihtojärjestelmää ja suunnittelun ohjeistus laaditaan HKR:ssa. Ohjeistus on yksityiskohtainen. Vaikka ohjeistus on yksityiskohtainen, siitä voidaan perustellusti poiketa. Poikkeamat ohjeistuksesta sekä suunnitelmasta tulee saattaa tilaajan tietoon ja hyväksyttäväksi.

Urakoitsijan tarjousten jälkeen tulevat muutokset (esim. huonetilamuutokset) tulee saattaa LVI-suunnittelijan ja tilaajan tietoon.

Urakoitsijoiden yhteistyön tulee olla tiivistä ja saumatonta jotta urakkarajat ja niihin liittyvät asennustyöt tehdään suunnitellusti. Takuuajana ilmenevät ongelmat jäävät yleensä RAU:n selvitettäväksi vaikka LVI- ja sähköurakoitsijat ovat mukana asennustyössä.

Tehtaalla tapahtuvaan ilmamääräsäätimen ohjelmointiin tulee kiinnittää huomiota siten, että jokainen IMS on merkitty selkeästi tehtaalla jotta laite saadaan asennettua oikeaan paikkaan työmaalla.

IMS:n tehdasasetusarvot tulee tarkistaa omatarkastuksen yhteydessä.

IMS:n asennuksen yhteydessä tulee varmistaa että laite toimii mekaanisesti oikein. Varmistettavia asioita ovat holkin ja kannakoinnin kireys sekä IMS:n oikea suunta kanavan ilmavirtaukseen nähden. Myös putkiston liitoskohdat tulee asentaa asennusohjeen mukaisesti tiiviisti. Kanavassa kääntyvän pellin toiminta on ratkaisevaa ilmavirran oikean suuruuden mittaamiseksi.

Omatarkastus tulee tehdä ohjeiden mukaisesti ja varmistaa että laite toimii oikein. Mitausarvot tulee kirjata pöytäkirjaan oikein.

Ilmavirran säädön suuruus ilmaistaan prosentteina säätimen näytössä mutta takaisinkytkentä valvomopäätteellä voi olla yksikössä l/s. Yksiköiden muunnokset tulee tarkistaa ennen toimintakokeita.

IMS:n asennus välikaton sisällä on haasteellinen paikka myöhemmin tehtäville tarkastuksille tai säädöille. Laitteasennukset tulee suorittaa laitevalmistajan asennusohjeiden mukaisesti.

Omatarkastuksen pöytäkirjojen tulee kuulua tilaajalle luovutettavaan aineistoon.

Laitteiston toiminnan kannalta oleelliset mittaukset tehdään tilaajan ohjeiden mukaisesti. Pöytäkirjaan merkityt mittaus- ja asetusarvot tulee merkitä pöytäkirjaan jo ennen toimintakokeita (urakoitsijan omatarkastus), jolloin yhteiskoekäytössä voidaan toiminnalliset testit suorittaa kaikkien järjestelmien kanssa.

Kiinteistön normaali toiminta alkaa sovittuna ajankohtana. Urakka-aikataulut saattavat viivästyä, ja toimintakokeet sekä yhteiskoekäyttö joudutaan järjestämään viimeisinä päivinä ennen kiinteistön käyttöönottoa tai vasta kun kiinteistö on suunnitellussa käytössä.

Vastaanottoaikataulun viivästyksen takia joudutaan yhteiskoekäyttö järjestämään vajavaisilla järjestelmillä.

Käytössä olevan IMS:n toiminnan puutteet huomaa yleensä käyttäjä. Henkilöiden työtehtäviin ei kuulu automaatiolaitteiden mittausten tai toimintojen arviointi.

IMS:n takuuajaiset viat ilmoitetaan ensin automaatiourakoitsijalle. Urakoitsija hoitaa takuuajaiset velvoitteet mutta ei ole välttämättä asentanut laitetta.

Ilmamääräsäädin suunnitellaan huonetilan käytön mukaan. Huoneiden käyttötarkoitus muuttuu usein rakennuksen käyttäjän tarpeiden mukaisesti. Tällöin LVI-suunnittelijan tulee tarkistaa tilojen ilmanvaihdon riittävyys.

7 Parannusehdotuksia

Eri urakoitsijoiden välinen yhteistyö vaikuttaa onnistuneeseen lopputulokseen. Ongelmana on usein eri aikaan tapahtuvat asennustyöt urakkarajoihin liittyvissä töissä. Eri

osapuolten itsenäinen toiminta aiheuttaa sen, että urakkarajat ja niiden yli tapahtuva tietojen vaihto jää vajaaksi. Urakoitsijoiden valvontaa tulisi lisätä, ja urakointia yhteen sovittaa valvojan taholta.

Käyttöliittymän tulee olla riittävän selkeä ja yksinkertainen. Käyttöliittymän suunnitteluohjeissa tulee olla riittävän tarkka järjestelmän minimivaatimus. Tällöin näyttöpäätteeltä saatava tieto on yksiselitteinen ja ymmärrettävissä.

Järjestelmän vikojen korjauksista saadut tiedot tulee tallentaa yhteen paikkaan. Ilmämääriin liittyvät viat saattavat liittyä myös muihin kiinteistöautomaation toimilaitteisiin. Vikojen yhtenäinen koonti ja rekisteröinti tulee tehdä yhden, tekniikan tuntevan ammattilaisen taholla.

Käyttäjän tulee tuntea IMS:n raja-arvot ja laitteen normaali toiminta jotta järjestelmän seuranta on mahdollisimman tehokasta. Käyttäjän perustuntemus käyttöjärjestelmän lukuihin ja arvoihin auttaa energiatehokkuuden saavuttamisessa sekä vikojen korjauksissa. Käyttäjän koulutukseen ja urakoitsijalta saadun tuen tulee olla riittävä.

Käyttöhenkilökunnan vaihtuvuus aiheuttaa teknisen järjestelmän valvonnalle ja toiminnalle suuret haasteet. Järjestelmän ohjeistuksen tulee olla riittävän selkeä ja käytettävissä.

Asetusarvojen muutosten hallinta takaa suunnitellun energiatehokkuuden. Mikäli tunnetaan asetuservojen, esim. ylä- ja alarajojen merkitykset verrattuna mittauslukemaan, voidaan lukemista päätellä laitteiden oikea toiminta ja energian säästö voidaan toteuttaa etänä alan ammattilaisten työnä. Kaikki uudiskohteet tulee kytkeä etävalvonnan piiriin.

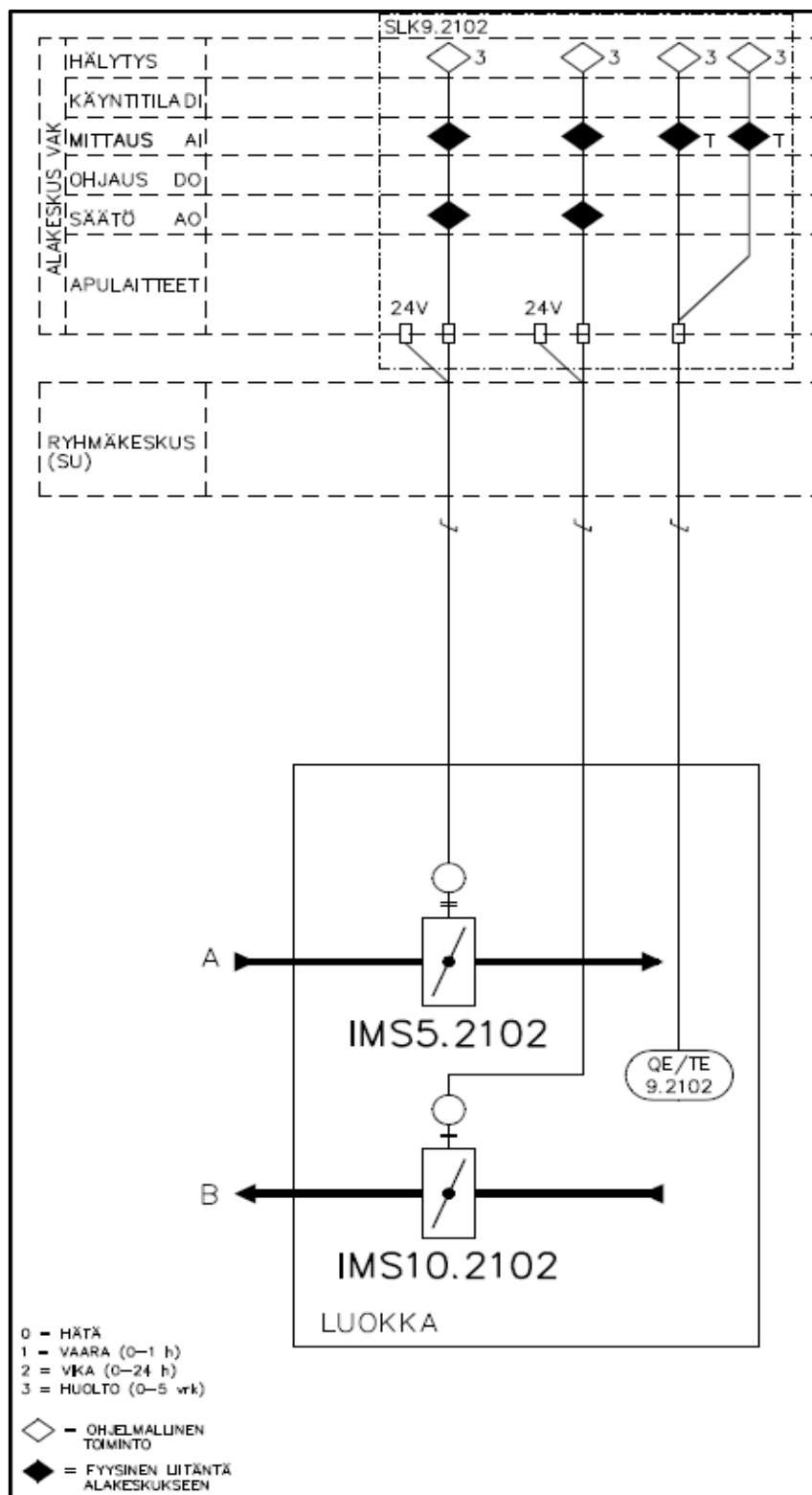
Lähteet

- 1 HKR-Rakennuttaja kotisivu. 2016. Verkkosivu. <http://www.hel.fi/www/hkr/fi/tamaon-rakennusvirasto/HKR-Rakennuttaja/>. Luettu 7.3.2017
- 2 Hengitysliitto kotisivu. Sisäilman hiukkasmaiset ja kaasumaiset epäpuhtaudet. Verkkosivu. <http://www.hengitysliitto.fi/fi/sisailma/hiukkasmaiset-ja-kaasumaiset-epapuhtaudet/voc-paastot>. Ei päiväystä. Luettu 7.1.2017.
- 3 Belimo kotisivu. Esite NMV-D2M s.6. Ei päiväystä. Luettu 8.3.2017.
- 4 Vaisala Oy. Esite HVAC-CO. Infrapuna-anturin tekniikka ja sen vaikutus ilmanvaihtojärjestelmien tarkkuuteen. 2014. Luettu 8.1.2017.
- 5 FläktWoods Oy kotisivu. Asennus-, käyttö-, huolto- ja käyttöönotto esite. Verkkosivu. <http://www.flaktwoods.fi/products/air-management-/variable-air-volume-dampers/demand-controlled-ventilation/emsd.2014>. Luettu 10.12.2016.
- 6 Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. 2012. Suomen rakentamismääräys-koelma, osa D2. Helsinki: ympäristöministeriö.
- 7 Forsman J. Helsingin kaupungin palvelurakennusten matalaenergiarakentamisohje. 2011. HKR-Rakennuttaja.
- 8 Forsman J. Helsingin kaupungin palvelurakennusten matalaenergiarakentamisohje. Rakennusautomaation suunnitteluohje. 2010. HKR-Rakennuttaja.
- 9 Helsingin kaupungin rakennusvirasto. Mallityöselostus. LVI-selostusmalli 4.2.2013
- 10 HKR-Rakennuttaja. Hankesuunnitelma perusparannus Heltech Käpylä Kullervonkatu 11. 28.2.2010.
- 11 Vuorela Ville, 2015. Kiinteistöautomaatiojärjestelmien etäkäyttöliittymäsovellus. Opinnäytetyö. Metropolia.
- 12 Helsingin kaupungin rakennusvirasto. Urakkarajaliite malli. 20.1.2014.
- 13 Sähköinfo Oy. ST-käsikirja Rakennusautomaatiojärjestelmät. 2012. Sähkötieto Ry

Haastattelut

Ahonen, Jarmo. 2016. Palmia, Helsinki. 30.5.2016.
Itkonen, Jouni. 2014. Palmia, Helsinki. 11.12.2014.
Lehtola, Jani. 2014. FläktWoods Oy, Turku. Puhelinhaastattelu 17.1.2014.
Moisio, Pasi. 2014. Helsingin kaupungin rakennusvirasto. Helsinki. 14.1.2014.
Virtala, Jari. 2014. Helsingin kaupungin rakennusvirasto. Helsinki. 7.1.2014.
Nimetön urakoitsija. Helsinki. Haastattelu tammikuussa 2016.

IMS:n kytkentäkaavio



IMS:n ilmamäärät

HELTECH KÄPYLÄ

ims	asetus- ja tulosluettelo		Pa_min/max	Mitattu dm3/s_min./max	Suunniteltu vaadittu min/max	Poikkeama
	min.	max.				
201TK/PK						
1047-5	400	491	44/72	424/543	400/520	4 %
1047.10	158	518	6/70	156/535	160/520	3 %
1046.5	75	271	10,8/128	82/283	80/270	5 %
1046.10	53	204	5/72	56/212	60/205	3 %
1057.5	50	180	11,5/122	54/177	55/180	-2 %
1057.10	51	180	12,3/140	56/140	55/180	-22 %
1056-5	51	179	12,5/122	57/177	55/180	-2 %
1056.10	55	173	12,3/134	57/185	55/180	3 %
1043.5	45	171	7,7/135	45/186	50/170	9 %
1043.10	45	160	9,5/112	49/169	50/170	-1 %
1097.5	241	776	15/150	248/784	225/780	1 %
2035.5	217	748	13,2/150	232/783	225/780	0 %
2035.10	363	1210	16/150	384/1175	360/1210	-3 %
202TK/PK						
1024.5	190	598	9/104	1927/653	190/630	4 %
1024.10	190	550	9/89	603/603	190/603	0 %
203TK/PK						
2077.5	205	631	12/120	221/642	215/631	2 %
2077.10	221	780	14/156	231/801	240/790	1 %
2087.5	107	342	8,8/81	119/360	115/380	-5 %
2987.10	107	351	9/83	120/364	115/380	-4 %
2026.5	158	510	8/68	181/528	180/540	-2 %
2026.10	182	467	9,8/59	200/492	180/500	-2 %
2020.5	39	120	7/58	42/122	40/135	-10 %
2020.10	40	120	6,8/67	42/131	40/135	-3 %
204TK/PK						
2023.5	142	562	6,2/75	159/558	150/520	7 %
2023.10	131	400	11,5/110	136/420	130/450	-7 %
2027.5	56	170	14/120	60/175	55/180	-3 %
2027.10	55	180	13/135	58/186	55/180	3 %
2029.5	55	180	12,5/130	57/182	55/180	1 %
2029.10	55	180	13,5/127	58/180	55/180	0 %
2030.5	55	180	12/135	55/186	55/180	3 %
2030.10	55	160	13/126	58/180	55/180	0 %
2033.5	54	160	12,5/124	57/178	55/180	-1 %
2033.10	55	180	13/111	58/169	55/180	-6 %
3042.5	55	180	12,5/128	57/181	55/180	1 %
204TK/PK min.		max.	Pa_min/max	dm3/s_min/max	vaad.min/max	