

Toni Jauhiainen

KIINTEISTÖAUTOMAATIOJÄRJESTELMÄN JA PROSESSIN KUNNOSSAPITO- OHJELMA

KIINTEISTÖAUTOMAATIOJÄRJESTELMÄN JA PROSESSIN KUNNOSSAPITO- OHJELMA

Toni Jauhiainen
Opinnäytetyö
Kevät 2021
Automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Sähkö- ja automaatiotekniikka, Automaatiotekniikka

Tekijä: Toni Jauhiainen

Opinnäytetyön nimi: Kiinteistöautomaatiojärjestelmän ja prosessin kunnossapito-ohjelma

Työn ohjaajat: Manne Tervaskanto (OAMK), Juha Korpimäki (Ampliance Oy)

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2021

Sivumäärä: 41

Opinnäytetyön tarkoitus oli luoda ilmanvaihtokonetta varten kunnossapito-ohjelma, jota voitaisiin jatkokehityksen jälkeen alkaa myydä eri asiakkaille omana palvelunaan.

Työn toimeksiantajana toimii Ampliance Oy. Yhtiö toimii Hydnum Oy:n kanssa samoissa tiloissa Muhoksella. Työn tavoitteena oli luoda runko toimivalle kunnossapito-ohjelmalle, joka ylläpitää ilmanvaihdon toimintavarmuutta ja voisi mahdollisesti laskea ylläpidon kustannuksia.

Työssä luotiin pohja, jota voidaan hyödyntää jatkokehityksessä. Työssä referenssinä käytetty prosessi sijaitsee Hydnumin tehtaalla. Työssä tutustuttiin ilmanvaihtojärjestelmään ja sen kunnossapitoon. Työssä esitetään, mitä kiinteistöautomaation kunnossapidossa pitää ottaa huomioon ilmanvaihdon näkökulmasta. Lisäksi työssä perehdyttiin ilmanvaihdon energiatehokkuuteen ja siihen vaikuttaviin asioihin.

Työn pohjalta tullaan tekemään myytävä tuote, jota tarjotaan eri asiakkaille valmiina kunnossapito-ohjelmana. Työ toimii siis referenssinä eri ilmanvaihdon kunnossapidon kokonaisuuksiin.

Asiasanat: kunnossapito, kiinteistöautomaatio, automaatiojärjestelmä

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences

Degree Programme in Electrical and Automation Engineering, Option of Automation Engineering

Author: Toni Jauhiainen

Title of thesis: Maintenance Program for Building Automation System and Process Servicing

Supervisors: Manne Tervaskanto (OAMK), Juha Korpimäki (Ampliance Oy)

Term and year when the thesis was submitted: Spring 2021

Number of pages: 41

The purpose of the thesis was to create a maintenance program for ventilation machine. the maintenance program could be further develop sold to different customers.

The work is commissioned by Ampliance Oy. The company operates in Muhos at Hydnum's premises. The aim of the work is to create a functional frame for ventilation maintenance and cost-effective use. The reference process uses a ventilation system at Hydnum's premises.

The work introduces the efficient use of ventilation energy. The purpose of the work was to get acquainted with the ventilation system and its operation. The work will serve as a reference for ventilation maintenance entities. The product to be sold will be further developed based on the created work.

Keywords: Maintenance, building automation, automation system

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	7
2	KUNNOSSAPITO	8
2.1	Ehkäisevä kunnossapito	8
2.2	Korjaava kunnossapito	9
2.3	Tuottava kunnossapito	9
2.4	Luotettavuuskeskeinen kunnossapito	11
2.5	Virtaviivainen kunnossapito	11
3	ILMANVAIHDON KESKEISIMMÄT STANDARDIT JA LAIT	12
4	ILMANVAIHTO	14
5	ILMANVAIHTOKONE	17
5.1	Lämmöntalteenottojärjestelmät	18
5.2	Lämmöntalteenoton tehokkuus	19
5.3	Pyörivä lämmönsiirrin	19
5.4	Nestekiertoinen lämmönsiirrin	20
5.5	Levylämmönsiirtimet	21
5.6	Puhallin	23
5.6.1	Puhallintyytit	24
5.6.2	Puhaltimen huolto	24
5.7	Lämmitys- ja jäähdytyspatterit	25
5.8	Suodatin	26
5.9	Kostutin	27
6	ENERGIA TEHOKKUUS	28
7	VALVONTA-ALAKESKUS	30
8	FIDELIX	32
8.1	FX-editor	32
8.2	Grafiikka	32
8.3	Pisteet	33
8.4	OpenPCS	34
9	KUNNOSSAPITO-OHJELMA	35
9.1	Huolto	35
9.2	Ilmanvaihtokoneen huoltosuunnitelma	36

10 YHTEENVETO	39
LÄHTEET	40

1 JOHDANTO

Kunnossapito perustuu prosessin ja järjestelmän mahdollisimman hyvään ja pitkäikäiseen toimivuuteen. Näin pystytään säästämään rahaa, eikä välttämättä todella kalliita investointeja laitteiston ja järjestelmän suhteen tarvitse tehdä.

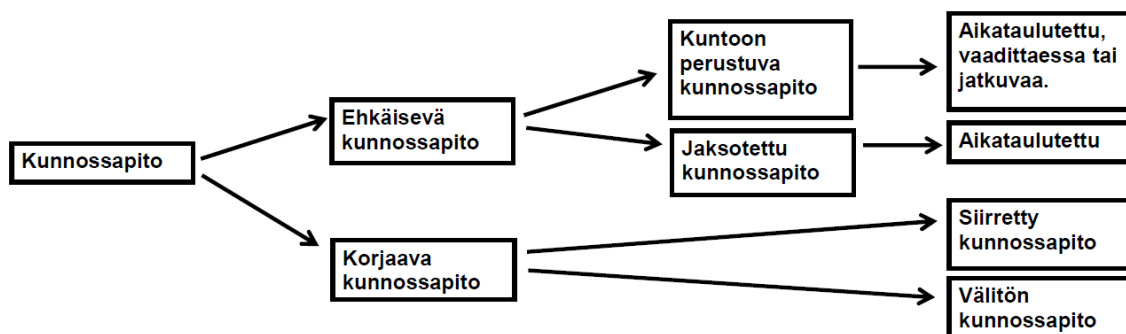
Työn tavoitteena oli laatia yleispätevä kunnossapito-ohjelma. Ohjelmaa voitaisiin käyttää referenssinä eri järjestelmän alustoilla. Referenssijärjestelmänä on Hydnumin tehtaalla toimiva Fidelixin kiinteistöautomaatiojärjestelmä. Teoriaosassa käydään läpi kunnossapidon perusteita ja kiinteistöautomaation perusteita. Työn toteutusvaiheessa käydään läpi työn suorituksen eri vaiheet ja kiinteistöautomaation kunnossapidossa huomioon otettavat asiat.

Amplance Oy on tuore automaatioon erikoistunut yritys, joka myy omia palvelujaan eri yritysasiakkaille. Yrityksen tuoreuden takia sillä ei ole ollut yleispätevää ohjelmaa kiinteistöautomaation kunnossapitoon. Tilaaja suunnittelee hyödyntävänsä toimivaa suunnitelmaa eri yritysten kiinteistöautomaation kunnossapidossa.

Työ tehtiin Amplance Oy:lle syksyn 2020 ja kevään 2021 aikana.

2 KUNNOSSAPITO

Kunnossapidon tarkoitus on pitää prosessin toiminta siinä kunnossa, johon se on luotu. Kunnossapidon eri ryhmiä ovat ehkäisevä ja korjaava kunnossapito. Ehkäisevän kunnossapidon tarkoitus on ennakoida mahdollisia ongelmia ja välttää vikaantuminen. Korjaavan kunnossapidon tarkoituksena on löytää mahdollinen vika tai vikaantuminen. Tällaisissa tilanteissa ongelma on siis akuutti ja tarvitsee välitöntä reagoitua. Kuvassa 1 on yleinen kunnossapidon rakenne. Kuvasta nähdään yksiselitteisesti ja selkeästi, kumman kunnossapidon alle toimenpiteet kuuluvat ehkäisevän vai korjaavan kunnossapidon. (1, s. 259.)



KUVA 1. Kunnossapitolajit SFS-EN 13306:2010 (1, s. 15 muokattu)

2.1 Ehkäisevä kunnossapito

Ehkäisevä kunnossapito ja ennakoiva huolto tarkoittavat samaa asiaa. Ylläpidon peruseriaatteena on pitää järjestelmä siinä kunnossa, jossa se on luotu toimimaan. Nykyään ehkäisevässä kunnossapidossa luotetaan ohjelmallisesti luotuihin ennustuksiin ja aiempiin kokemuksiin. Määräaikaisten huoltosuunnitelmien perustuvat laitevalmistajan luomiin ennustuksiin. Ennustusta varten hyödynnetään kentällä erilaisia antureita, jotka mittaavat eri suureita. Mittaustulokset kerätään johonkin tietokantaan. Tietokannasta kerätty tieto poimitaan ja sitä hyödynnetään kunnossapitosuunnitelman teossa. Huoltoväleillä ja tarkastussuunnitelmalla on yleensä säännöllinen aikataulu. Huoltoväli on riippuvainen monesta eri asiasta, joten huoltovälien pituus on yleensä tapauskohtainen. Kokenut ilmanvaihdon käyttäjä huomaa yleensä poikkeavuudet hyvin nopeasti. Kokenut käyttäjä osaa myös reagoida ja arvioida eri poikkeavuuksia. Määräaikaisten huoltotoimenpiteiden pyritään optimoimaan samoille huoltokerroille. (1, s. 261.)

2.2 Korjaava kunnossapito

Korjaava kunnossapito on viasta tai vioittumisesta ilmi tulevaa korjausta. Korjaavassa kunnossapidossa tarvittavat toiminnot tehdään vasta koneen vioittuessa tai rikkoontuessa. Korjaus suoritetaan tyypillisesti heti, jos se on mahdollista. Mikäli prosessi tai rikkoutunut osa on sellainen, jota ei voi korjata välittömästi, korjaus sijoitetaan tiettyyn ajankohtaan. Tällöin yleensä korjataan myös muita vikaantuneita ja vioittuneita osia. Huoltojen yhteydessä tarkastetaan yleensä myös muita osia. Näin saadaan optimoitua useampi huoltotoimenpide samalle kerralle.

Korjaavan kunnossapidon vaiheet menevät tyypillisesti näin:

1. vian määrittäminen
2. vian tunnistaminen
3. vian paikallistaminen
4. vian korjaus tai vaihtoehtoisesti väliaikainen korjaus
5. toimintakunnon palauttaminen.

Tyypillisesti välittömästi huoltoa vaativana toimenpiteenä pidetään sellaisia, joissa käyttäjälle tai muille sivullisille voi syntyä vaaraa. Myöhemmäksi siirrettävät huoltotoimet ovat vastaavasti sellaisia, joissa mahdollisia vaaratilanteita ei pääse syntymään, vaan ainoa hidastava tekijä on se, että kone ei välttämättä sillä hetkellä toimi täysin oikein. (2, s. 51.)

2.3 Tuottava kunnossapito

Tuottava kunnossapito eli Total Productive Maintenance on yksi tunnetuimmista ja käytetyimmistä kunnossapidon strategioista. Tuottavan kunnossapidon peruseriaatteen ovat seuraavat:

- Kunnossapitoa pidetään laaja-alaisena.
- Kaikki organisaation työntekijät ja henkilöstö suostuvat noudattamaan strategian periaatteita.
- Strategia otetaan huomioon kaikessa yrityksen toiminnassa.
- Strategian toiminta pohjautuu itsenäisiin pienryhmiin, joiden kautta tehtävänä on puuttua häiriötekijöihin.
- Jokaiselle prosessin laitteelle tehdään koko sen eliniän kestävä toimintasuunnitelma.

Tuottavaan kunnossapitoon kuuluu kehitysohjelma, jossa on 12 eri kohtaa. Taulukossa 1 on listattuna nuo 12 eri kohtaa, jotka yleisesti kuuluvat kehitysohjelmaan. Kehitysohjelma on hyvin laaja, joten sen sisäistämiseen organisaatiossa on varattava aikaa. Isoissa organisaatioissa tehtävät toiminnalliset muutokset eivät tapahdu heti. Niitä pitää ohjeistaa ja kehittää kullekin organisaatiolle sopiviksi. (3.)

TAULUKKO 1. Tuottavan kunnossapidon eri vaiheet (3)

Kehitysaste	Taso	Kuvaus
Valmistautuminen	1. Ylimmän johdon päätös TPM:n käyttöönotosta	Virallinen ilmoitus TPM:n käyttöönotosta; artikkeleita yrityksen lehdessä
	2. Aloita koulutuksen ja TPM:n esittely	Johto: seminaarit Työntekijät: Luennot
	3. Perusta TPM:n tukiorganisaatio	Jokaiselle organisaatiossa perustetaan TPM:n työryhmä; perustetaan keskitetty johtoryhmä
	4. Määrittele toimintasuunnitelma ja tavoitteet	Nykytilanneanalyysi; tavoitteiden asetanta
	5. Laadi kirjallinen "Master-suunnitelma" TPM:n käynnistämisestä	Laaditaan yksityiskohtainen käynnistämisen suunnitelma
Toteutuksen valmistelu	6. Käynnistä TPM	Projekti esitellään sidosryhmille; asiakkaat, alihankkijat, tytäryritykset
Toteutus	7. Paranna yksittäisten laitteiden tehokkuutta	Valitaan pilottilaitteita; muodostetaan projektiryhmiä
	8. Luo kunnossapito-ohjelma käyttöhenkilöstölle	Käytetään seitsemän askeleen menetelmää; koulutetaan käyttöhenkilöstöä
	9. Luo aikataulutettu huolto-ohjelma kunnossapito-osastolle	Otetaan huomioon määräaikainen- ja ennakkoivakunnossapito, k.pidon ohjaus, varaosat, työkalut, piirustukset ja työohjeet
	10. Jatka käyttö- ja kunnossapito-taitojen kehittämistä	Vaihdetaan kokemuksia eri alueiden koulutusvastaavien kesken
	11. Ota kunnossapito huomioon hankintavaiheessa, luo hankintaohje	Kunnossapitotarpeen ennakointi; luo vastaanottotarkastukset; LCC analyysit
Vakiinnuttaminen	12. Täydellinen TPM:n käyttöönotto ja tason korottaminen	Asetetaan korkeammat tavoitteet (PM palkinto)

Tuottavan kunnossapidon lähtökohta on pyrkiä ehkäisemään toimimattomuus ennakoimalla mahdolliset rikkoutumiset ja ongelmat. Tämä voidaan tehdä luomalla prosessille optimaaliset toimintolosuhteet. Tähän kuuluvat ympäristön vaikutukset, itse loppukäyttäjien tietoisuus ja toiminta. (4, s. 143–144.)

2.4 Luotettavuuskeskeinen kunnossapito

Luotettavuuskeskeinen kunnossapito eli RCM (Reliability Centered Maintenance) on prosessi, jossa määritellään tarpeelliset huollot ja välttämättömät korjaukset. Prosessin ensimmäisenä asiana suoritetaan kartoitus, jossa käydään läpi standardit ja toteutuvatko ne järjestelmässä. Kuten aiemmin läpi käydyssä tuottavan kunnossapidon mallissa, myös tässä mallissa organisaation työntekijöillä on suuri rooli. Suorituskykystandardeja läpi käydessä tulee organisaation työntekijöillä olla hyvä käsitys järjestelmästä. Tällä saavutetaan yritykselle maksimaalinen hyöty järjestelmän käytöstä. (3, s. 161.)

Yrityksissä on tänä päivänä tapana käyttää kumpaakin strategiatapaa. Tällöin on mahdollista saman prosessin sisällä määritellä laitteille eri kunnossapitostrategia. Näin voidaan kunnossapitoa hoitaa kustannustehokkaammin verrattuna siihen, että käytettäisiin vain yhtä strategiatapaa koko prosessissa. Strategiatapojen yhdistäminen on hyvin tapauskohtaista. (3, s. 161.)

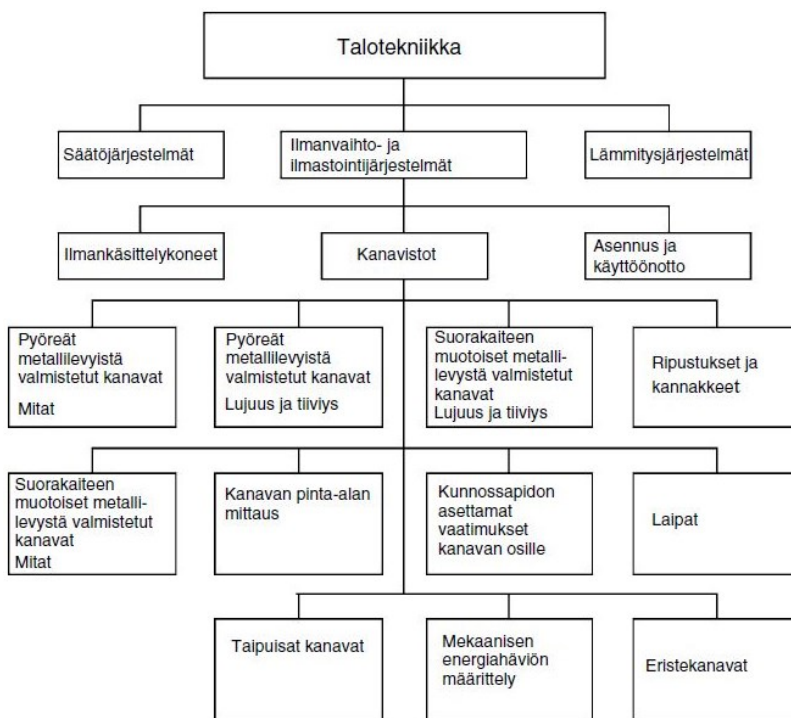
2.5 Virtaviivainen kunnossapito

Kuten aiemmassa luvussa esitettiin, luotettavuuteen keskittyvä toimintamalli on hyvin pitkä ja raskas suorittaa. Siispä tämän mallin rinnalle on tuotu karsitumpi versio luotettavan kunnossapidon mallista. Tätä kutsutaan nimellä SCRM. SCRM tulee englannin kielen sanoista Streamlined Reliability Centered Maintenance. (3, s. 124.)

SCRM perustuu tavalliseen RCM strategiaan. SCRM:ssä keskitytään kriittisimpiin laitteiston osiin ja ne käydään läpi huolellisesti. Toki muihinkin prosessin vaiheisiin ja komponentteihin keskitytään, mutta näin tehdään yleensä vasta tarpeen vaatiessa. Näin voidaan toimia, koska tarpeellisten osien ulkopuolelle jääneet komponentit ovat hyvin marginaalinen osa toimintaa. Tärkeiden osien ulkopuolelle jäävä osuus on tyypillisesti noin 80 %. (3, s. 124.)

3 ILMANVAIHDON KESKEISIMMÄT STANDARDIT JA LAIT

Kiinteistöautomaatioon liittyviä standardeja ei ole olemassa niin paljon kuin teollisuuden puolella. Tämän takia standardien ja lakien osuus on hieman suppea. Asetusten vähyyden takia vastuu on entistä enemmän prosessin valmistajilla ja ennen kaikkea suunnittelussa. Hyvin suunniteltu prosessi tuo yleensä toivotuimman lopputuloksen. Prosessin suunnitteluvaiheessa tehtävät ratkaisut pohjautuvat aikaisempien projektien kokemukseen, erilaisiin standardeihin ja lakeihin perustuviin asetuksiin. Yleensä standardit testataan erilaisilla testimittauksilla, joissa mittaustuloksen tulee olla hyväksytyjen raja-arvojen sisällä. Kuvassa 2 on esiteltyä standardin EN 12097 asema talotekniikassa. (5, s. 6.)



KUVA 2. Standardin EN 12097 asema talotekniikassa (5, s. 4)

Ilmanvaihdon oleelliset standardit liittyvät ilmanvaihtokoneen luotettavan toiminnan takaamiseen ja hyvään huollettavuuteen. Huollettavuuteen pohjautuva standardi on EN12097:2006. Kyseisen standardin vaatimuksia ovat "Ilmanjakojärjestelmä tulee suunnitella, valmistaa ja asentaa siten, että sisäpintojen ja komponenttien puhdistaminen on mahdollista." (5, s. 6.)

Toinen todella tärkeä standardi on SFS-EN 12599. Tämän standardin peruseriaatteena on taata mittaukset ja mittaustilanteet sellaisiksi, että ne ovat vertailukelpoisia. Tämä eurooppalainen standardi soveltuu standardin EN 12792 mukaan määriteltyjen koneellisten ilmanvaihto- ja ilmastointijärjestelmien ja niiden osien tarkastuksiin mm. seuraaville laitteille:

- päätelaitteet ja -yksiköt
- ilmapuhaltuskoneet
- ilmanjakojärjestelmät (tuloilma, poistoilma, jäteilma)
- palorajoittimet
- automaatiolaitteet. (6, s. 10.)

Kolmas hyvin oleellinen standardi on SFS-EN 13053:2019. Tämän standardin pääasiallinen tarkoitus on antaa raamit komponenttien sovellettavuudelle ja niiden suorituskyvylle. Standardi sisältää erilaisia testausmenetelmiä, joilla voidaan todentaa komponenttien soveltuvuus käyttötarkoitukseen. Testeissä komponentin testituloksen tulee olla annettujen raja-arvojen sisällä läpäistäkseen testin. Suorituskykyvertailu onnistuu toisiin saman kategorian komponentteihin. Tällöin voidaan verrata paremmuutta esimerkiksi eri valmistajan tuotteiden välillä. (7, s. 5.)

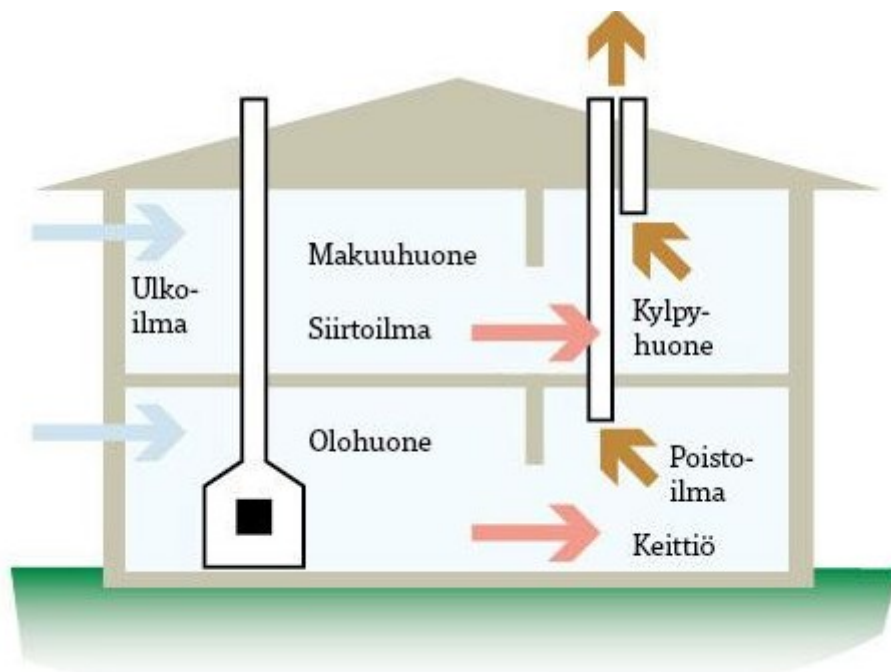
Uudiskohteiden rakentamiseen on ilmanvaihdon osalta annettu myös määräyksiä. Tärkeimpänä voidaan mainita Suomen Rakentamismääräyskokoelman osa D2 (2003). Määräyksessä sanotaan seuraavaa: *“Rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmä on suunniteltava ja rakennettava rakennuksen suunnitellun käyttötarkoituksen ja käytön perusteella siten, että se luo omalta osaltaan edellytykset tehokkaalle energiankäytölle. Ilmanvaihdon energiatehokkuus varmistetaan rakennuksen käytön kannalta tarkoituksenmukaisilla keinoilla tinkimättä terveellisestä, turvallisesta ja viihtyisästä sisäilmasta.”* (8, s. 5.)

4 ILMANVAIHTO

Ilmanvaihto voidaan jakaa karkeasti kahteen eri tapaan: painovoimaiseen ja koneelliseen ilmanvaihtoon. Painovoimainen ilmanvaihto perustuu lämpötilaeroihin ja tuulesta aiheutuvaan paineeroon. Kuvasta 3 käy hyvin ilmi painovoimaisen ilmanvaihdon toimintaperiaate. Korvausilmaventtiilit on sijoitettu oleskelutiloihin ja poistoilmaventtiilit sijaitsevat tyypillisesti likaisissa tiloissa, kuten keittiössä ja kylpyhuoneessa. (9.)

Painovoimaan perustuvan ilmanvaihdon heikkoutena voidaan pitää ilman vaihtuvuutta. Ongelmia tulee erityisesti kesäisin, jolloin ulko- ja sisälämpötilat ovat hyvin lähellä toisiaan. Ongelma syntyy silloin siitä, että ilma ei pääse kiertämään matalan paine-eron takia. Energian kulutus on myös tyypillisesti korkeampaa kuin koneellisessa ilmanvaihdossa. Tämä johtuu siitä, että poistoilman lämpöenergiaa ei voida kierrättää takaisin tuloilmaan. Tämä säästäisi hieman energian kulutuksessa, jos valmiiksi lämmintä ilmaa voisi kierrättää myös takaisin sisätiloihin. (9.)

Heikkoutena voidaan pitää myös pientä vedon tunnetta sisätiloissa. Tämä ilmenee tyypillisesti venttiilien lähettyvillä, jossa puhdasta ulkoilmaa tuodaan sisätiloihin. Vetoa voidaan hieman vähentää venttiiliin päälle asetettavilla laitteilla, jotka sekoittavat ulkoa tulevan ilman ja sisällä olevan ilman keskenään. (9.)

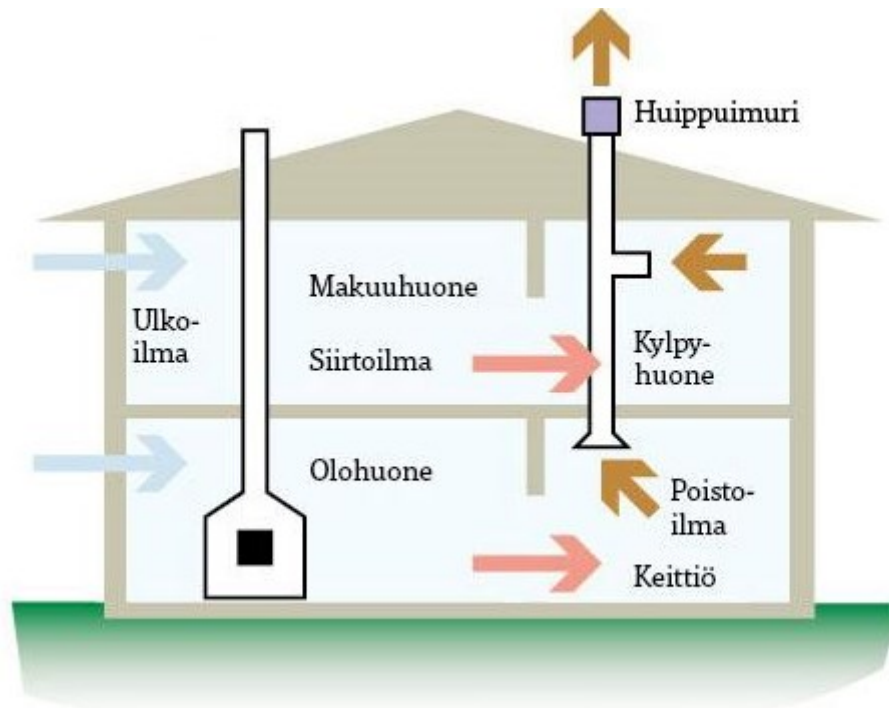


KUVA 3. Painovoimainen ilmanvaihto (9)

Koneellinen poistoilmanvaihto on hyvä vaihtoehto sellaisiin tilanteisiin, joissa halutaan kierrättää jäteilma nopeammin sisätiloista ulos. Tyypillisesti tällaisia paikkoja voivat olla esimerkiksi tehtaat, joissa tuotetaan paljon lämpöä ja lämmin ilma halutaan kierrättää nopeasti pois sisätiloista. (9.)

Kuvassa 4 on nähtävissä tyypillinen esimerkki tällaisesta tilanteesta, jossa huippuimuri on sijoitettu rakennuksen katolle. Huippuimurin tarkoitus on imeä sisätiloissa oleva likainen ilma kanavia pitkin ulos. Huippuimuri voi olla säädettyinä jatkuvatoimiseksi, jolloin imuri toimii jatkuvasti. Toinen tapa on kytkeä huippuimuri päälle vain silloin, kun sisätilojen toiminta edellyttää tehostettua poistoilmanvaihtoa. Puhaltimeen voi olla sijoitettuna kosteutta mittaava anturi, joka ilmoittaa kosteuden tason ala-asemalle. Mikäli kosteus ylittää tietyn tason, puhallin menee automaattisesti päälle. Tällaisella automatiikan toiminnalla saavutetaan tasainen ilmanvaihto. Kesällä lämpötilaerojen pienuus ei häiritse ilmanvaihdon toimivuutta. (9.)

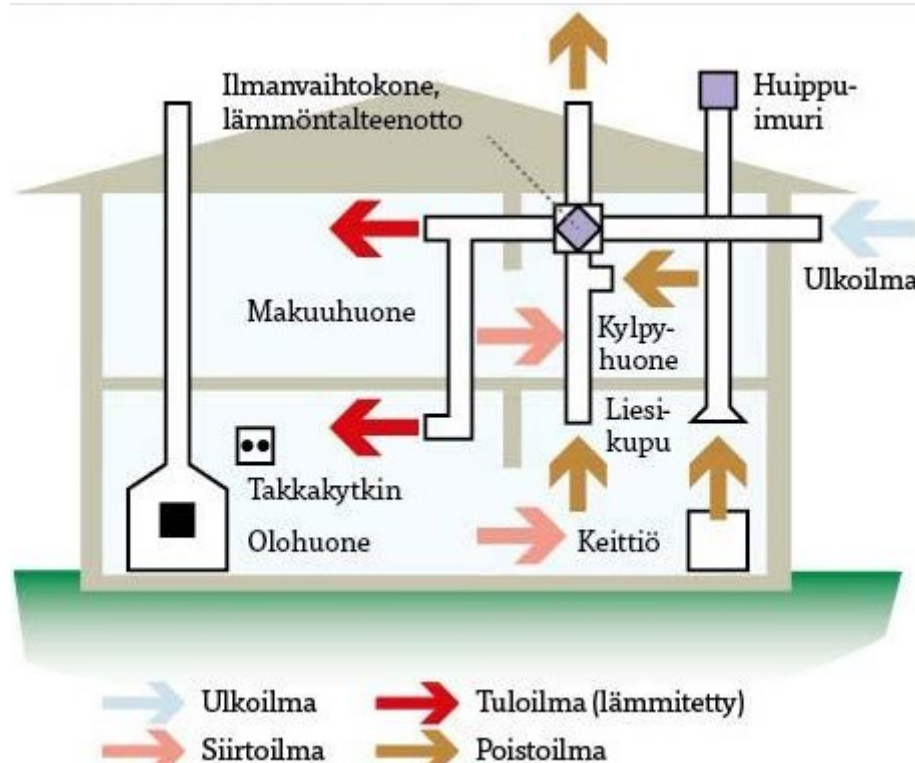
Koneellisen poistoilmanvaihdon toimivuudessa täytyy olla tarkkana riittävän korvaavan ilman saannissa. Mikäli rakennuksessa ei ole riittävästi venttiilejä, jotka tuovat korvaavaa ilmaa sisätiloihin, poistoilmanvaihto imee korvaavan ilman rakenteista. Tällöin ilma ei ole puhdasta. Samana ongelmana voidaan pitää myös sitä, että poistoilmaa ei voida kierrättää takaisin sisätilaan. Kierrättämällä poistoilmaa säästettäisiin energiakustannuksissa. (9.)



KUVA 4. Koneellinen poistoilmanvaihto (9)

Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto eroaa aikaisemmin esitellyistä ilmanvaihtotavoista sillä, että tulo- ja poistoilmanvaihto suoritetaan koneellisesti puhaltimilla. Tällä saavutetaan todella tasainen ja täsmällisesti haluttu ilmanvaihtuvuus. Asuinkiinteistöissä ilmanvaihtoa voidaan tehostaa peseytymisen tai saunomisen aikana. Myös teollisuuskiinteistöissä voidaan samaa tapaa hyödyntää tiloissa, joissa tehostettu ilmanvaihto on tarpeellinen. (9.)

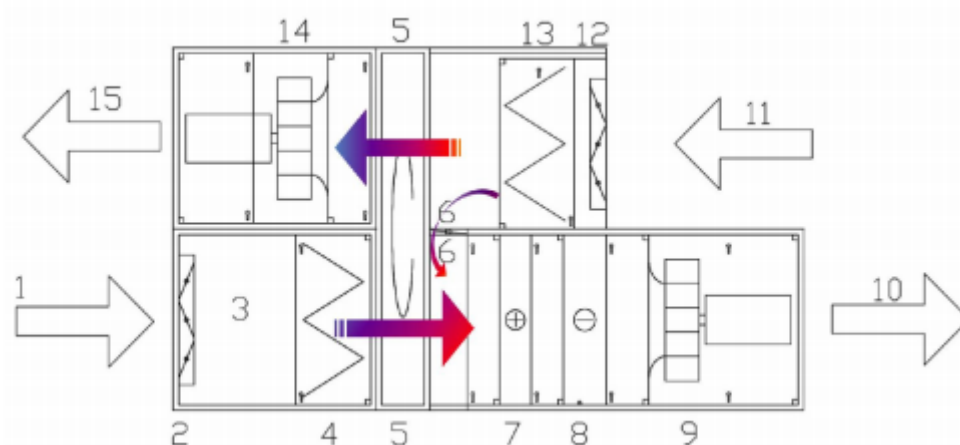
Aikaisemmista tavoista poiketen energiatehokkuutta saadaan myös parannettua lämmintä ilmaa kierrättämällä. Lämmin ilma saadaan kierrätettyä takaisin sisäilmaan lämmöntalteenottoa hyödyntäen. Kuvassa 5 on esitetty tyypillisen omakotitalon ilmanvaihdon suoritus koneellisella tulo- ja poistoilmanvaihdolla. Lisäksi jossain kiinteistöissä on mahdollisuus ilmastointiin. Tällöin tulo- ja poistoilmanvaihtoa hyödyntämällä voidaan jäähdyttää ja kosteuttaa sisäilmaa. (9.)



KUVA 5. Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto (9)

5 ILMANVAIHTOKONE

Tässä luvussa esitellään tärkeimmät kunnossapitoon ja huoltoon liittyvät osat ilmanvaihtokoneesta. Ilmanvaihtokone on kone, jonka tarkoitus on kierrättää, talvisin lämmittää ja kesäisin viilentää ilmaa. Ilman kierrättämisen mahdollistaa ilman nopea kulku ja paine-ero. Ilmanvaihtokone koostuu tyypillisesti tulo- ja poistupuolesta. Kuvassa 6 on tyypillinen ilmanvaihtokoneen konesovitus. (10, s. 77–78.)



KUVA 6. Ilmanvaihtokone pyörivällä lämmönsiirtimellä (11)

Taulukossa 2 on esitettyä tyypilliset ilmanvaihtokoneen osat kuvasta 6. Ilmanvaihtokoneiden peruseriaate on sama, mutta erityisesti lämmöntalteenotossa on eroja eri koneiden välillä. Ilmanvaihtokoneissa ei välttämättä ole aina kaikkia osia, jotka on esitetty kuvassa 6. Ilmanvaihtokone rakennetaan aina tapauskohtaisesti. Tyypillisesti ilmanvaihtokone tuodaan kiinteistön rakennusvaiheessa. Koneet tuodaan joko valmiiksi kasattuina tai ne tuodaan paikalle moduuliosina. Moduuliosina tuotava kone kasataan paikan päällä. (10, s. 77–78.)

TAULUKKO 2. Ilmanvaihtokoneen osat pyörivällä lämmönsiirtimellä (11)

Osa	Selite	Lisätieto
1	Ulkoilman sisäänotto	Rakennuksen kyljestä, ulkosäleikön läpi
2	Raitisilmapellit	Suljettu koneen ollessa pois käytöstä
3	Raitisilmakammio	Huoltotila, johon ilman mukana tuleva lumi sulaa
4	Tuloilmasuodatin	
5	Lämmön talteenottokiekko	Hitaasti pyörivä kennomainen kiekko
6	Kierrätysilmapelti	Osa poistoilmasta voidaan käyttää uudestaan
7	Lämmityspatteri	
8	Jäähdytyspatteri	
9	Tuloilmapuhallin	
10	Tuloilman puhallus	Käsitelty tuloilma puhalletaan käyttökohteeseen
11	Poistoilman sisäänotto	Käyttökohteesta poistettu ilma imetään koneeseen
12	Poistoilmapellit	Suljettu koneen ollessa pois käytöstä
13	Poistoilmasuodatin	Pitää lämmön talteenottokiekon puhtaana
14	Poistoilmapuhallin	
15	Jäteilman poisto	Rakennuksesta poistuva ilma

5.1 Lämmöntalteenottojärjestelmät

Ilmanvaihto kierrättää ilmaa sisä- ja ulkoilman välillä. Tämä aiheuttaa lämpöhäviötä, jota varten ilmanvaihtokoneissa on lämmöntalteenotto. Lämmöntalteenottotapoja on muutamia, mutta tyypillisiä ovat pyörivät, nestekiertoiset sekä risti- ja vastavirtakennoihin perustuvat ratkaisut. Lämmöntalteenoton hyödyntämä lämpöenergia kykenee esilämmittämään kiinteistöihin puhallettavan ilman. Talvisin kovilla pakkasilla tämä ei kuitenkaan riitä vaan lämmöntalteenoton lisäksi ilmanvaihtokoneeseen on liitetty lämmityspatteri. Lämmityspatteri voi tyypillisesti olla vesikiertoinen, sähkövastuksin tai höyryllä toteutettu ratkaisu. Tavalliselle asuinkiinteistölle jälkilämmityksen asetusarvo on asetettu noin 15–17°C:een. (12.)

5.2 Lämmöntalteenoton tehokkuus

Lämmöntalteenoton tehokkuuden laskenta on olennainen osa toimivan järjestelmän saavuttamista. Tehokkuutta mitataan lämpötilasuhteella, joka näkyy kaavasta 1. Lämpötilan suhteeksi kutsutaan testaustilanteessa saatua lukuarvoa, joka on standardien mukainen. Rakennuksen hyötysuhteesta käytetään nimitystä vuosihyötysuhde. Laitteen tehokkuuden ja hyötysuhteen arvoja ei voi vertailla keskenään. Eri laitetyypeillä saatu vuosihyötysuhteen arvojen keskenään vertailu sen sijaan onnistuu. Vertailu voidaan tehdä sertifikaattien tai laskennan kautta. (13, s. 88–89.)

$$LH = \frac{T_2 - T_1}{T_3 - T_1} \quad \text{KAAVA 1}$$

LH = lämpötilasuhte

T1 = ulkolämpötila

T2 = tuloilma

T3 = sisältä poistuva ilma

(13, s. 88–89)

5.3 Pyörivä lämmönsiirrin

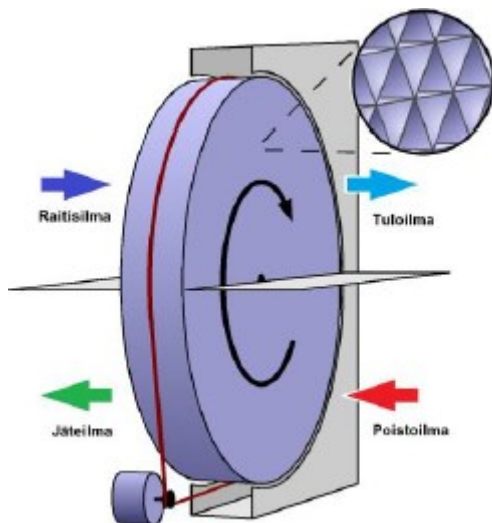
Pyörivä lämmöntalteenotto perustuu pyörivään alumiiniseen talteenottokiekkoon, jossa talteenotto-kerros on jaettuna kahteen eri osaan. Toisella puolella kulkee tulovirta ja toisella puolella poistovirta. Poistopuolella sisätiloista kulkeutuva ilma menee kennoston läpi lämmittäen ilman haluttuun lämpötilaan. Ilman lämmitettyä se kääntyy takaisin tuloilman puolelle ja lähettää lämmitetyn ilman takaisin sisätiloihin. Kiekon rakenteesta johtuvien syiden takia ilmaa pääsee vuotamaan sekoitusvaiheessa aiheuttaen hieman energiahäviötä. Kiekon pyörimisnopeutta pystytään muuttamaan alakeskukseen ohjelmoidulla ohjelmalla. (13, s. 91–92.)

Lämpötilahyötysuhde asetetaan tyypillisesti noin 70–80 %: iin. Tehtaissa tai muissa todella likaisissa paikoissa poistoilma joudutaan suodattamaan ennen talteenottovaihetta. Mikäli suodatusta ei olisi, jäisi likainen ilma pyörimään sisätiloihin ja se vaikuttaisi suoraan ilmanlaatuun. (13, s. 91–92.)

Pyörivän lämmönsiirtimen tyypillisiä huolto kohteita ovat

- lämpömittarit
- lämpötilasuhde
- automatiikka
- voimansiirto ja laakerit
- tiivisteet
- kennon puhtaus
- suodattimet
- luukkujen tiiviys.

Pyöriviä lämmönsiirtimiä on paria perustyyppiä. Perustyyppit ovat kosteutta siirtäviä ja kosteutta siirtämättömiä laitteita. Kuvassa 7 on esitettyä pyörivän lämmönsiirtimen toimintaperiaate. (13, s. 91–92.)

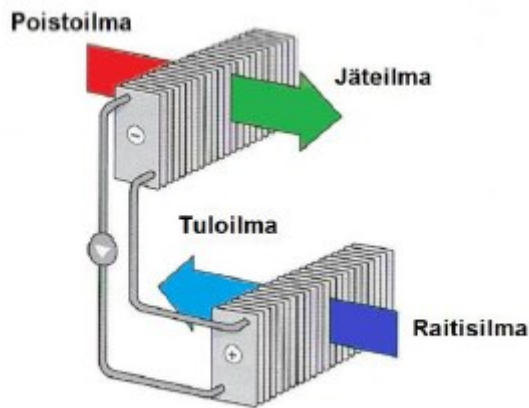


KUVA 7. Pyörivä lämmönsiirrin (14, s. 20)

5.4 Nestekiertoinen lämmönsiirrin

Nestekiertoinen lämmönsiirrin toimii tyypillisesti kahdella lämmönsiirrinpatterilla, joista toinen on tulopuolella ja toinen poistopuolella. Vesi kuljetetaan poistoilmapatterin kautta tuloilmapatteriin. Tuloilmapatterissa lämmin vesi lämmittää tuloilman sisätiloihin sopivalle tasolle. Nesteen siirtämistä varten valmistetut putket ovat tyypillisesti joko kuparia tai alumiinia. Näiden metallien hyvän lämmönjohtavuuden ansiosta ne sopivat loistavasti lämmönsiirtämiseen. (10, s. 184.)

Veden sekaan on lisätty jäätymisenestoainetta, kuten glykolia. Kuvassa 8 on havainnollistettuna nestekiertoisen lämmönsiirtimen toimintaperiaate. Nestekiertoisella lämmöntalteenotolla on todettu vähäinen vuotoriski. Lisäksi nestekiertoinen kone soveltuu hyvin kohteisiin, joissa on pitkät välimatkat. (10, s. 184.)



KUVA 8. Nestekiertoinen lämmöntalteenotto (14, s. 23)

5.5 Levylämmönsiirtimet

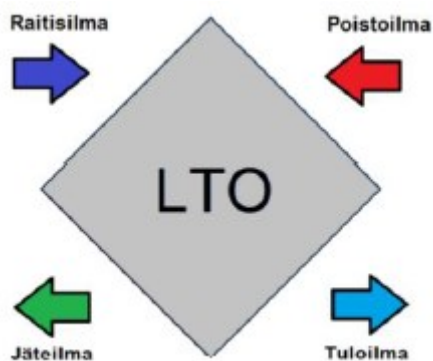
Risti- ja vastavirtakennoissa on paikallaan oleva levypakka, jonka joka toisesta välistä kulkeutuu tuloilma ja joka toisesta välistä virtaa poistoilma. Lämpö etenee alumiinisten levyjen läpi tuloilman puolelle. Tyypillisesti koneissa on säätöpellit, joilla hallinnoidaan hyötysuhdetta. Vanhoissa omakotitaloissa ilmanvaihtokoneen jäähdytysenesto oli toteutettu tuloilmapuhaltimen käyntiä ohjaamalla. Tällöin kennon huurtumistilanteessa koneen tuloilmapuhallin pysähtyi. (13, s. 91–93.)

Joissain malleissa on ennen lämmöntalteenottokuutiota sähköinen etulämmitysvastus. Tällä voidaan estää LTO:n huurtuminen. Lämpötilahyötysuhde on ristivirtakennoissa noin 50–65 %. Ristivirtaisen version erona verrattuna vastavirtaiseen on, että ilmavirtojen mentyä ristiin ne kulkevat lyhyemmän matkan kuin vastavirtaisessa koneessa. Kuvassa 9 on havainnollistettu ristivirtaisenlevylämmönsiirtimen toimintaperiaate. (13, s. 91–93.)

Levylämminsiirtimien tyypillisiä huoltokohteita ovat

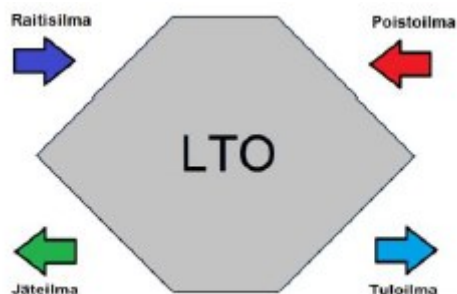
- lämpömittarit
- lämpötilasuhde
- automatiikka
- kondenssivesiputkisto
- tiivisteet
- suodattimet
- luukkujen tiiveys
- siirtimien puhtaus

(13, s. 91–93).



KUVA 9. Ristivirtalevylämmönsiirrin (14, s. 21)

Vastavirtakennoissa on suurempi pinta-ala ja ilmavirrat kulkevat osan matkasta vastakkaisiin suuntiin, mikä nostaa lämpötilahyötysuhdetta. Lämpötilahyötysuhde vastavirtaisessa lämmönsiirtimessä on noin 70–85 %. Kuvassa 10 on havainnollistettu vastavirtalevylämmönsiirtimen toimintaperiaate. (13, s. 92–93.)



KUVA 10. Vastavirtalevylämmönsiirrin (14, s. 21)

Kuutiolämmöntalteenottoa käytetään yleisesti kerros- ja omakotikiinteistöissä. Tällaisen koneen etuna on sen pieni koko. Kuutiokäyttöisen LTO:n saa mahdutettua usein hyvin pieneen tilaan, eikä se näin vie paljoa tilaa asuinkiinteistöstä. Kuvassa 11 on esitettyä tyypillinen kuutio LTO kerrostalokiinteistössä, jossa se on sijoitettu kylpyhuonetilan kattoon.



KUVA 11. Tyypillinen vastavirtalevylämmönsiirrin kerrostalokiinteistössä

5.6 Puhallin

Puhallin on osa, jolla siirretään ilmamassoja ilmanvaihdon sisälle ja sisältä ulos. Tyypillisesti isoissa ilmanvaihdon koneissa on tulo- poistopuolella omat puhaltimensa. Puhallintyyppejä on pääasiassa kahta erilaista. Toinen näistä puhallintyypeistä on keskipakoispuhallin ja toinen aksiaalipuhallin. Puhaltimien pyöriessä syntyy melua, tärinää ja rungosta johtuvaa ääntä. Meluhaittoja pyritään minimoimaan monilla eri ratkaisulla. Käytetyimpiä äänenvaimennusratkaisuja ilmanvaihdon koneissa ovat seuraavat:

- Puhallin kiinnitetään tärinävaimentimien varaan tai joihinkin muihin joustaviin pidikke ratkaisuihin.
- Kanavistoon asennetaan äänenvaimentimia, jotka mahdollistavat äänenvaimennuksen.
- Puhaltimien äänentaso pyritään hillitsemään verhoilemalla koneen sisusta ääntä vaimentavalla materiaalilla. (13, s. 102–103.)

5.6.1 Puhallintyytit

Aksiaalipuhaltimen toiminta perustuu potkurimaisen siivekkeen pyörimiseen. Pyörivä potkuri on kiinnitetty akselin avulla moottoriin, joka toimii puhaltimessa voimantuottajana. Aksiaalipuhallinmaleissa voidaan vaihtoehtoisesti käyttää myös kiilahihnaa, joka toimii voimansiirtäjänä siipipyörälle. (13, s. 102.)

Keskipakoispuhallin on kaikista käytetyin puhallintyyppi. Voimansiirto tuotetaan kyseisellä puhallintyyppillä kiilahihnaa hyödyntäen. Aksiaalipuhallin ei yleensä ole koteloitu, mutta keskipakoispuhallin yleensä on. Mahdollista on myös, että tulopuolella käytetään koteloitua puhallinta ja poistopuolella käytetään avointa puhallinta. (13, s.102.)

5.6.2 Puhaltimen huolto

Puhallin on yksi tärkeimmistä osista ilmanvaihtokoneissa. Puhaltimen liikkuvien osien takia se ei ole ikuinen komponentti. Hyvällä kunnossapidolla puhallin saadaan pidettyä toimintakuntoisena pitkään. Puhaltimen huolto- ja tarkastuskohteita ovat

- moottori (lämpötila, käyntiääni, puhtaus ja voitelu)
- voimansiirto (kiilahihnat, säädöt, kunto ja mahdollinen vaihto)
- pyörimissuunta
- laakerit (lämpötila, ääni ja voitelu)
- värinänvaimentajat
- joustavat liittimet
- äänenvaimentimet
- kaapelit (liitännät ja kaapeleiden kunto)
- siipipyörän kunto
- tiiviys
- valvomon hälytykset
- automatiikka
- sähköiset lukitukset
- termostaatit
- varolaitteet (virtausvahdit) (13, s. 107.)

Puhallinpyörään kertynyt lika voi pahimmillaan aiheuttaa tasapainonhäiriöitä ja tärinän lisäystä. Lika aiheuttaa myös siipipyörän kulumista ja laakerivaurioita. Huollot suoritetaan puhaltimelle tyyppillisesti laitevalmistajan ohjeiden mukaan. Ensimmäinen asia, josta puhaltimen huollon tarpeen voi huomata, on laakerien pitämä voimakas ääni. Laakerit kuluvat ajan myötä ja jossain vaiheessa laakeri hajoaa. Siipipyörän hajottua ei se enää pyöri oikealla tavalla tai alkaa pitämään kovaa meteliä. Kovaan meteliin kiinnitetään yleensä huomiota ja tarkastetaan siipipyörän kunto. (13, s. 107.)

5.7 Lämmitys- ja jäähdytyspatterit

Lämmityspatterin tehtävä IV-koneessa on lämmittää tuloilma haluttuun lämpötilaan. Lämmitetty ilma siirretään puhaltimia käyttäen sisätiloihin. Lämmityspattereita voi olla useita IV-koneessa tilanteen mukaan. Lämmityspattereita on kolmea erilaista: vedellä, sähköllä ja höyryllä toimivia. Sähköpatterilla toimiva ratkaisu on kolmesta vaihtoehdosta helppokäyttöisin. Sähköpatterin toiminta perustuu vastuselementteihin. Patterin automatiikkaa hallinnoidaan vastuselementtejä kytkemällä päälle tai pois tarpeen mukaan. Ylläpidon kannalta tärkein asia on puhtaus. Mikäli vastuselementtejä ei pidetä puhtaana pölystä ja muista epäpuhtauksista, se heikentää merkittävästi lämmitetyn ilman kuljettamista sisätiloihin. Pölyn kertyminen on merkittävä turvallisuusriski. Pöly voi vastuksien lämmettyä syttyä palamaan ja aiheuttaa tulipaloriskin. Tällaisissa tilanteissa tosin ylikuumenemissuojan tulisi katkaista virta, mutta hyvällä ylläpidolla voidaan välttää riskitekijät. (13, s. 97.)

Toinen lämmityspatterimalli on vedellä toimiva versio. Sen toimintaperiaate perustuu lämmitetyn veden lämpötilan siirtämiseen tuloilmaan. Vesi kiertää kuparisissa vesiputkissa patterin sisällä. Kylmällä ilmalla vedellä toimiva patteri on todella herkkä jäätymään. Tämän takia veden kiertoa putkistossa ei keskeytetä missään vaiheessa. Veden kiertoa ei keskeytetä edes sellaisissa tapauksissa, joissa kone sammuisi. Vedellä toimivan lämmityspatterin tyypillisiä huoltokohteita ovat

- puhtaus
- vedenkierto ja lämpötila
- ilmaus
- varolaitteiden toiminta
- automatiikan toiminta
- mahdolliset vuodot (13, s. 95–96.)

Kolmas ja viimeinen lämmityspatterityyppi on höyryyn perustuva ratkaisu. Höyryyn perustuvan patterin toiminta on hyvin samankaltainen kuin vesipatterin. Höyrypatterilla toimivaa ratkaisua hyödynnetään erityisesti teollisuuslaitoksissa, joissa kuumaa höyryä voidaan hyödyntää lämmityksessä. Teollisuudesta sivutuotteena tuleva höyry on usein likaista, joten höyryn tulee mennä suodattimien läpi ennen kuin sitä voidaan hyödyntää lämmityksessä. Myös jäätymisen riski on talvella olemassa. Höyryä hyödyntävälle patterille on yleensä asetettu paineen ja lämpötilan yläraja. Paineen tai lämpötilan noustessa liian suureksi se voi aiheuttaa vaurioita patterille ja ilmanvaihtokoneen rakenteille. (13, s. 96–97.)

5.8 Suodatin

Suodatin on yksi ilmanvaihtokoneen tärkeimpiä osia. Suodattimen tarkoitus on suodattaa pöly ja epäpuhtaudet tuloilmasta. Yleisimpiä suodattimia ovat kuitu- ja sähkösuodattimet. Lisäksi tehtaissa voidaan käyttää kaasumaisten epäpuhtauksien suodatukseen suodatinta, joka kykenee puhdistamaan kaasuja. (13, s. 83.)

Suodattimet voidaan jakaa neljään eri kategoriaan: karkea, hieno, mikro- ja sähkösuodattimet. Karkeasuodatin on kuitumaisesta rakenteesta tehty matto, joka voi olla tasomainen tai laskostettu. Karkeasuodatin voi olla kertakäyttöinen tai puhdistettava. Tasomainen versio tarvitsee yleensä enemmän huoltoa. Tasomainen suodatin on pinta-alaltaan pienempi kuin laskostetussa suodattimessa. Tasomaisen suodattimen sitomiskyky ei myöskään ole yhtä hyvä kuin laskostetussa suodattimessa. Tämän takia tasomainen suodatin edellyttää yleensä enemmän huolenpitoa. (13, s. 83.)

Hienosuodattimet ovat rakenteeltaan samanlaisia kuin karkeasuodattimet. Karkeasuodattimeen verrattuna hienosuodattimia saa ainoastaan kertakäyttöisenä. Lisäksi hienosuodattimia ei saa tasomaisina vaan ainoastaan laskostettuna versiona. Laskostetun suodattimen avulla saavutetaan mahdollisimman suuri suodatuspinta-ala. Hienosuodattimien huoltoväli on myös lyhyempi kuin karkeissa suodattimissa. (13, s. 83–84.)

Mikrosuodattimet ovat tarkoitettu erikoiskohteisiin. Tällaisia kohteita ovat sellaiset, joissa tarvitaan korkeaa erottelukykä. Rakenteeltaan ne ovat kertakäyttöisiä ja vaativat esisuodatuksen. Huomiona voidaan mainita, että kanaviston tulisi olla erittäin tiivis ja lievästi ylipaineinen. (13, s. 84.)

Sähkösuodattimessa epäpuhtauksille annetaan pieni sähkövaraus. Sähkövarauksen omaava pöly kohtaa vastaelektrodisen suodattimen ja tarttuu näin suodattimeen. Sähköisessä suodattimessa kiertää usean voltin jännite, joten pölyhiukkaset tarttuvat tukevasti kiinni suodattimeen. Suodatin ei ole kertakäyttöinen, mutta sitä tulee muistaa pestä tietyin väliajoin optimaalisen suodatuksen saavuttamiseksi. (13, s. 84.)

Tuloilmasuodatin on yleensä todella altis rasvalle, pölylle ja muille epäpuhtauksille. Säännöllinen suodattimen puhdistus parantaa energian siirtoa ja estää painehäviötä. Lika ja kosteus yhdessä voivat aiheuttaa myös epämiellyttäviä hajuhaittoja. Hajuhaitat voidaan välttää säännöllisellä puhdistuksella. Suodattimen puhdistuksen tarpeen voi nähdä paine-eromittarilla tai suodattimen värin muutoksesta. Huollon aikana kone sammutetaan ja käytetyt suodattimet siirretään seuraavaan jatkokäsittelypisteeseen. Suodattimen vaihdon tai pesun yhteydessä suodattimen kammio ja kehys imuroidaan puhtaaksi. (13, s. 85.)

5.9 Kostutin

Kostuttimen ideana on kostuttaa sisään tuotettava ilma. Etuina tässä on se, että etenkin kesällä ilmanlaatu voi olla hyvin kuivaa ja kosteuttamalla tuotettua ilmaa saadaan aikaan hieman helpommin hengitettävää ilmaa. Tällä on ihmisille myös sairastumisia ehkäisevä vaikutus. Kostuttimet jaetaan kolmeen erilaiseen tyyppiin. Ensimmäinen kostutintyyppi on sumutuskostutin. Sumutinkostuttimen ideana on hajottaa vesi ilmaan pieniksi pisaroiksi. Pisaroiden saavuttua höyrystimelle syntyy vesihöyryä. Tällä saavutetaan jäähdytettyä ilmaa, joka saadaan kuljetettua sisätiloihin. Toinen kostutintyyppi on haihdutinkostutin. Haihduttimen idea perustuu märkänä pidettävään materiaaliin, jonka läpi menee ilmavirta. Märän pinnan läpi menevä ilmavirta haihduttaa kostettua. Kolmas kostutintyyppi on höyrykostutin. Höyrykostuttimen ideana on kuljettaa kuumaa vesihöyryä sisäilmaan. Kahteen aikaisempaan kostutintyyppiin verrattuna lämpötila ei muutu johtuen vesihöyryn olomuodosta. (13, s. 98.)

6 ENERGIA TEHOKKUUS

Ilmanvaihdon energiakulutuksen optimointi on hyvin tärkeä osa tehtaiden ja kotitalouksien energia-tehokkuutta. Kotitalouksien energiankulutuksesta suuri osa kuluu juuri ilmanvaihtoon. Sähkön osuutta energian kulutuksesta seurataan erittäin tarkasti. Ominaissähköteho eli SFP (Specific Fun Power) on ilmanvaihtojärjestelmän vertailutapa, jolla mitataan rakennuksessa toimivan ilmanvaihtojärjestelmän ottamaa sähkötehoa. (13, s. 207–208.)

Uudiskohteita suunniteltaessa ilmanvaihdon osalta tärkeänä seikkana voidaan pitää juuri SFP-lukua. Mikäli energiatehokkuus saadaan pysymään hyvällä tasolla, voi sillä olla vaikutusta jopa rakennuksen elinikään. SFP-luku määritellään mittaamalla tai laskemalla. Yleensä määrittämisestä mitaus ja laskenta suoritetaan yhdessä. Kaava 2 on laskentakaava, josta käy ilmi SFP-luvun laskentaan tarvittavat suureet.

$$SFP = \frac{P_{tuloilmapuhaltimet} + P_{poistoilmapuhaltimet}}{q_{max}} \quad \text{KAAVA 2}$$

SFP = ilmanvaihtojärjestelmän ominaissähköteho, kW/(m³/s)

P_{tuloilmapuhaltimet} = tuloilmapuhaltimien ottama sähköteho yhteensä, kW

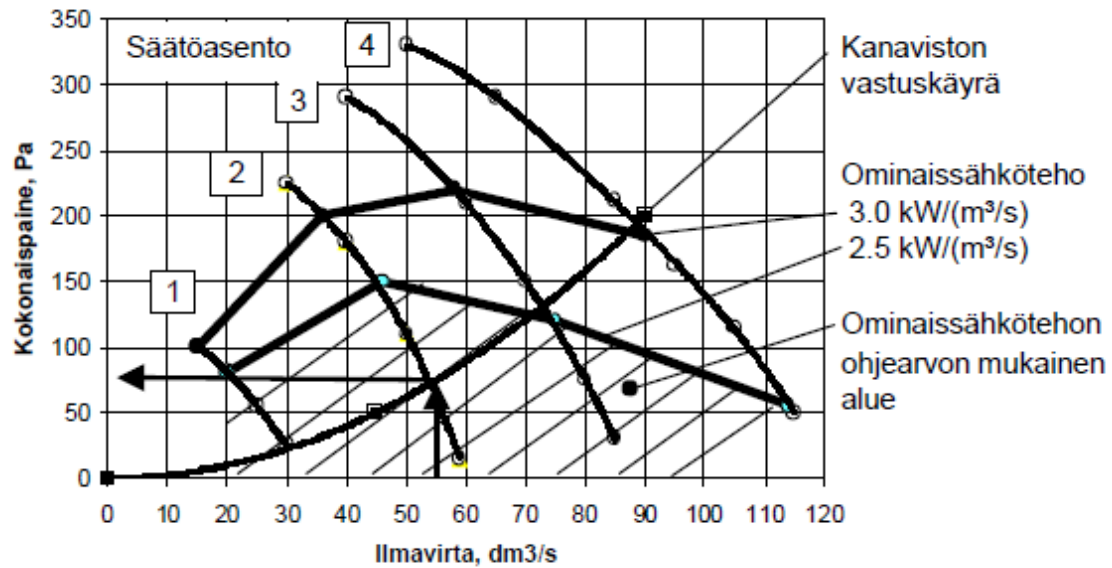
P_{poistoilmapuhaltimet} = poistoilmapuhaltimien ottama sähköteho yhteensä, kW

q_{max} = mitoittava jäteilmavirta tai ulkoilmavirta, m³/s.

(8, s. 9.)

SFP- luvun mittausta varten mittauslaitteiston tulisi olla sellainen, että virran ja jännitteen mitaus voidaan tehdä samanaikaisesti. Lisäksi mittauksen aikana tulee nähdä verkosta otetun sähkötehon suuruus. Ilmavirran mittausta varten tarvitaan siihen soveltuvat anturit. Poistoilmavirtaa mitattaessa anturilla pitää ottaa huomioon korjauskerroin. Sähkötehon mittaaminen suoritetaan yleensä pihtityyppisellä mittarilla, joka ei vaadi johtimien irrottamista. Mittaus suoritetaan aina taajuusmuuttajan tulopuolelta, ei koskaan taajuusmuuttajan lähtöpuolelta. Mittauspiste sijaitsee muuntajan ja moottorin välissä. (8, s. 9.)

Energiatohokkuuteen liittyy kulutuksen lisäksi oikeanlaiset säädöt. Säättöjen tulisi olla riittäviä ja ennen kaikkea tilanteeseen sopivia. Asuinkiinteistön ilmanvaihdon säädöt tehdään tänä päivänä valmiille pohjille, jotka tietokone laskee. Tietokone tekee arviolaskelmansa käyrien perusteella, jotka asiantuntija on laatinut. Kuvassa 12 on esitetty asuinpientalon lämmöntalteenotolla varustetun ilmanvaihtokoneen ominaissähkötehon tarkistus. Kulutuksen vertailuna ominaissähkön osalta pidetään $2,5 \text{ kW}/(\text{m}^3/\text{s})$. Tämä on yleensä luku, jonka alle kulutuksen tulisi jäädä. Asetusarvo on hyvin yleinen, mutta joitakin poikkeustapauksia on, joissa sallitaan suurempi kulutusmäärä.



KUVA 12. Asuinpientalon lämmöntalteenotolla varustetun ilmanvaihtokoneen ominaissähkötehon tarkistus (8, s. 14)

Kaaviossa oleva viivoitettu alue kuvaa sitä ilmanvaihtokoneen toiminta-aluetta, jossa ominaissähköteho on alle $2,5 \text{ kW}/(\text{m}^3/\text{s})$. Laitteen valmistaja voi esittää koneelle soveltuvan toiminta-alueen esimerkiksi tällä tavalla, jolloin suunnittelu- ja valintavaiheessa on helppo todeta, täyttääkö laite ominaissähkötehon vaatimuksen halutulla käyttöajan ilmavirralla. (8, s. 14).

7 VALVONTA-ALAKESKUS

Valvonta-alakeskus on eräänlainen kaappi, jonka sisään on asennettuna ohjainkortteja. Ohjainkortteja on sekä analogiliitännöille että digitaaliliitännöille. Keskukselle tuodaan kaapelit kenttälaitteilta, jotka liitetään oikeille korteille. Asentaja tekee kytkennät korteille projektinhoitajan kytkentäsuunnitelman mukaan, jossa on tarkkaan määrättyä jokaiselle toimilaitteelle oma kytkentäpaikkansa. Tänä päivänä alakeskukset sisältävät oman hallintanäyttönsä, josta kiinteistön huollosta vastaava toimija voi hallinnoida päätelaitteita. Hallinnointi etenkin uudiskohteiden testausvaiheessa on hyvin tärkeää. Päätelaitteiden hallinta onnistuu tänä päivänä yleensä myös etänä. Keskus on liitettynä yleensä johonkin langattomaan sisäverkkoon, johon huollosta tai projektista vastaava henkilö voi olla yhteydessä vpn-yhteyttä hyödyntämällä. Alakeskukseen kuuluvat tyypillisesti

- CPU (prosessori)
- käyttöliittymä
- modeemi
- I/O moduulit ja moduulien liitäntäkaapelit
- jäätymissuoja, apureleet, muuntajat jne. (apulaitekotelo)
- ylijännitesuoja
- maadoituskisko
- pistorasialue
- pääkytkin
- sulakkeet
- johtokourut
- johtojen läpivienti
- kytkentäkuvat ja liitännät

(14, s. 298.)

Keskuksessa olevaan prosessorin muistiin on ohjelmoituna prosessin hallinta sekä grafiikkaan ja toimintaan liittyvät toimenpiteet. Ohjelmaa voidaan käyttää niin sanotussa automaattitilassa, jossa toimenpiteet toimivat kuten ne on ohjelmoitu prosessintekovaiheessa. Huoltotoimenpiteitä tehtäessä on myös mahdollista laittaa toiminnot tai halutut toiminnot käsiohjaukselle, jolloin ohjelman avulla käyttäjä saa toimilaitteet toimimaan määräämällään tavalla. Käsiohjauksen ollessa päällä ei ohjelmoitu ohjelma pääse sotkemaan mahdollisia huoltotoimenpiteitä. Käsiohjausta voidaan hyödyntää lisäksi laitteiden kuntoa testattaessa tai vianetsintätilanteessa. Kuvassa 13 on esitettyä yksi Hydnumin tehtaalla useista valvonta-alakeskuksista.



KUVA 13. Valvonta-alakeskus Hydnumin tehtaalla

8 FIDELIX

Fidelix on vuonna 2002 perustettu yritys, joka on tullut tunnetuksi kiinteistöautomaatioon erikoistuneista laitekokoonpanoista ja järjestelmistään. Fidelix on tällä hetkellä yksi suurimmista automaatiolaitteita ja järjestelmiä myyvistä yrityksistä Suomessa. Monet kiinteistöautomaatiota harjoittavat yritykset käyttävät Suomessa Fidelixin toimilaitteita ja järjestelmää. Fidelixillä on toimipisteitä ympäri Suomea ja päätoimipiste sijaitsee Vantaalla, jossa laitteet suunnitellaan ja tehdään. Ruotsissa Fidelixillä on tytäryhtiö. (15.)

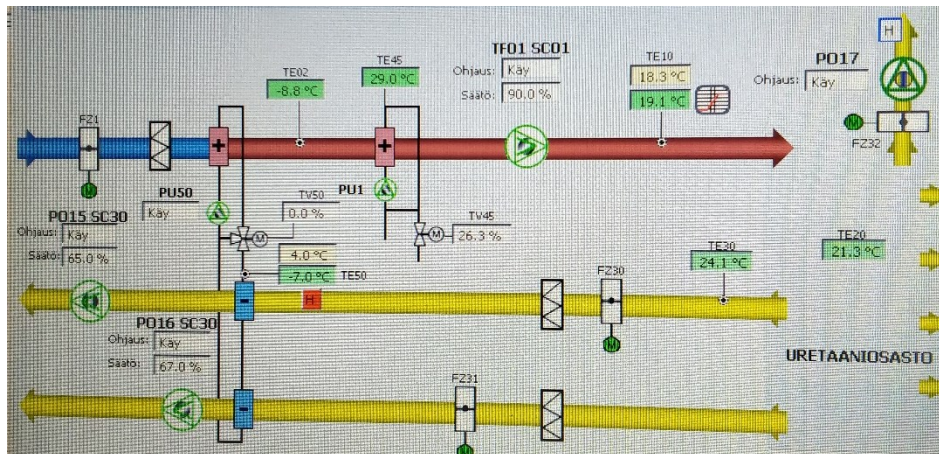
8.1 FX-editor

Fx-editor on projektinhallintatyökalu alakeskuksen ohjelmointia varten. Ohjelmisto sisältää kaikki tärkeimmät rakennusautomaatioon liittyvät toimenpiteet. Ohjelmassa luodaan grafiikkakuva vastaamaan haluttua prosessia. Grafiikkakuvaan lisätään pisteet, joita prosessin hallinta edellyttää. Tällä mahdollistetaan myöhemmässä vaiheessa ohjelman luonti. Ohjelmassa voi halutessaan ottaa käyttöön I/O-moduuleita. Ohjelman toiminta edellyttää Modbus-laitteiden rekisteriä, jota IEC-ohjelman rajapintakoodi vaatii. Fx-editor -ohjelman avulla voidaan olla yhteydessä alakeskukseen myös etänä. Etäyhteys mahdollistaa prosessiin hallinnoinnin muualta käsin.

8.2 Grafiikka

Projektin alkuvaiheessa on tapana lähteä liikkeelle grafiikan piirtämisestä. Tässä vaiheessa piirretään grafiikkakuva, joka vastaa kentällä olevaa tilannetta. Monet yritykset omistavat kattavan määrän sopivia prosessipohjia, joten yleensä tämä hoituu todella nopeasti. Ilmanvaihtokoneiden peruseriaate on hyvin samanlainen, joten muokkaus tapaukseen sopivaksi ei ole yleensä kovinkaan haastava toimenpide. Grafiikkakuva tehdään tyypillisesti kaikista ilmanvaihtokoneista, erillispiisteistä ja lämmönjaosta vastaavista prosesseista. Kaikille prosesseille tehdään oma grafiikkakuva lehtensä, jota voidaan hallinnoida hallintatyökalun avulla. Kuvassa 14 on esimerkkinä yhden Hydnumin ilmanvaihtokoneen prosessinäkymä. Fidelixin järjestelmässä eri mittaukset on ilmoitettu vihreällä, erilaiset säädöt valkoisella ja eri asetusarvot keltaisella pohjalla. Grafiikkatyökalu on apuväline, jota käytetään kunnossapidon seurannassa. Grafiikkatyökalulla voidaan huomata mahdolliset ongelmat ja rikkoutumiset äärimmäisen nopeasti. Ylläpidon osalta se toimii myös loistavasti.

Esimerkiksi eri lämpötilat tallentuvat rekisteriin ja näitä voidaan seurata säännöllisellä tarkastuksella. Tarkastuksen avulla voidaan puuttua mahdollisiin ongelmiin ja epäkohtiin.



KUVA 14. Grafiikkakuva nestekiertoisesta ilmanvaihtokoneesta Hydnumin tehtaalta

8.3 Pisteet

Grafiikkakuvan ollessa valmiina aletaan kuvaan lisäämään eri komponenteille pistetunnuksia. Pistetunnukset ovat tässä vaiheessa fyysisiä pisteitä. Fyysisellä pisteellä tarkoitetaan pistettä, joka on kentällä oikeasti olemassa. Grafiikkakuvaan sijoitettujen pistetunnusten nimeäminen on tärkeä osa pisteiden tekoa. Pistetunnuksen nimellä osataan viitata ohjelmointivaiheessa oikeaan pisteeseen ja komponenttiin. Pistetunnus sisältää tyypillisesti alakeskustunnuksen, koneentunnuksen ja komponentin lyhenteen esimerkiksi "01_TK07_TE30_M". Alkuosalla "01_" viitataan alakeskustunnukseen, "TK07" viittaa koneentunnukseen ja "TE30_M" viittaa mittaukseen kyseistä pisteestä.

Pisteet jaetaan Fidelixin järjestelmässä seitsemään eri tyyppiluokkaan. Tyyppiluokkia ovat indikointi, hälytys, ohjaus, mittaus, säätöviesti, säädin ja aikaohjelma. Luokilla on oma I/O-tyyppi ja omat loppupäänteensä. I/O-tyypistä käy ilmi pisteen mittaustapa, asetusarvo ja aikaohjelma. Loppupäänteen tunnuksesta käy ilmi pisteen tarkoitus ja tehtävä. Digitaalisiin sisääntulopiireihin kuuluvat indikointi, hälytys ja ohjaus. Analogiseen sisääntulonpiiriin kuuluvat mittaus ja säätöviesti. Säätimen I/O perustuu asetettuun arvoon ja aikaohjelman ohjelmallisesti toteutettuun käyntisuunnitelmaan.

8.4 OpenPCS

OpenPCS on tiettyä rakennusautomaatiostandardia noudattava ohjelmointityökalu. Se on Fidelixin kehittämä ohjelma, joten se on sovitettu yhteen FX-editorin kanssa. OpenPCS perustuu lausekieliseen ohjelmointiin. Ohjelmointi on samantyylistä kuin mikä tahansa lausekielinen ohjelmointikieli. Näin ollen eri muuttujien käyttö toimii kuten muissakin ohjelmointikielissä. PCS-ohjelmalla hallinnoidaan ensisijaisesti digitaalipisteitä, joita ei fyysisesti ole olemassa. Analogisia pisteitä, kuten lämpötiloja hyödynnetään yleensä esimerkiksi vertailussa. Vertailujen tarkoituksena on tehdä muutoksia tai pieniä säätöjä ohjelman tilaan.

Valmiin ohjelman lataus valvonta-alakeskukseen tapahtuu FX-editorin kautta. Tämän jälkeen prosessia voidaan seurata lähes reaaliajassa. Tämä on erittäin hyvä ominaisuus vian etsinnässä ja valmiin prosessin pistetestausvaiheessa. Tällä tavoin viat osataan kohdentaa ja löytää oikeasta paikasta. Tällöin ohjelman hallinnoijan ei välttämättä tarvitse olla itse fyysisesti paikalla, vaan säädöt voidaan tehdä mistä päin maailmaa tahansa.

9 KUNNOSSAPITO-OHJELMA

Huoltoon liittyvä ohjeistus pohjautuu yrityksen omiin kokemuksiin ja laitteiston valmistajan huolto-ohjeeseen. Tässä työssä prosessina on ilmanvaihtokone ja sen järjestelmä. Työssä paneudumme ilmanvaihtoon ja ilmanvaihtokoneeseen liittyviin määräaikaistarkastuksiin ja huoltoihin. Apuna määräaikaisen kunnossapitosuunnitelman laadinnassa oli yleinen kirjallinen materiaali ja aiemmat omakohtaiset kokemukset.

9.1 Huolto

Nykypäivänä huoltotoimenpiteet pohjautuvat erityisesti kuluvien osien säännölliseen puhtaanapitoon ja osien vaihtamiseen. Huoltotoimenpiteet on yleensä ennakoon määriteltä ja ajoitettu. Kuluvat osat voivat vioittua jo ennakoitua aiemminkin, mutta osat vaihdetaan viimeistään ennalta sovittuna aikana. Tällä tavoin voidaan välttää myös muiden osien rikkoutuminen. Myös yleinen puhtaanapito lisää liikkuvien osien kestävyyttä. Lika ja muut epäpuhtaudet rasittavat liikkuvien osien toimintaa ja pahimmassa tapauksessa lyhentävät osien elinikää merkittävästi. Toinen nykypäivänä yleistynyt toimenpide pohjautuu automaatioon. Erilaiset pienet ja nopeat tarkastukset on helppo käydä katsomassa esimerkiksi automaatiota hallinnoivalta valvonta-alakeskukselta. Taulukossa 3 on kerrottu Ilmanvaihtojärjestelmän kunnossapidon toimenpiteistä.

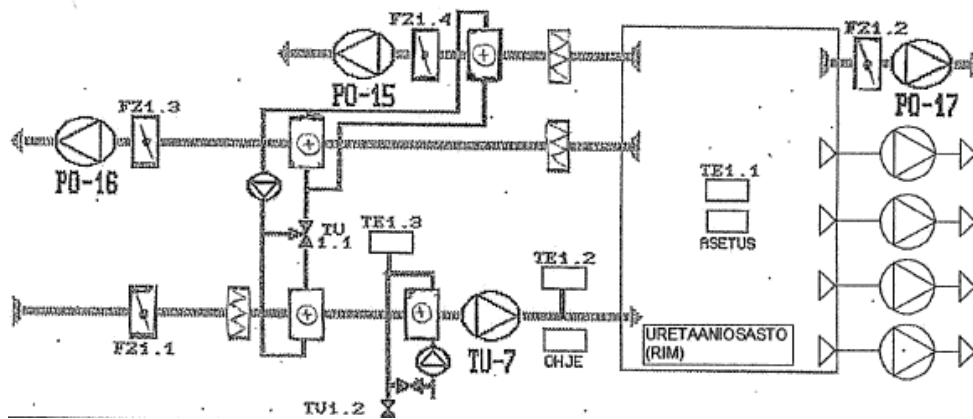
Kunnossapidon aikataulusuunnitelma tehdään yleensä järjestelmän valmistajan suositusten pohjalta. Huollon voi tehdä sen yrityksen henkilöstö, josta tuotteet on tilattu tai asiakas voi tilata huoltopalvelun. Huollon suorittajan ja tilaajan tulee osata kommunikoida mahdollisten akuuttien ongelmien korjaamista varten. Kumpikin noudattaa tahoillaan yleensä yhdessä tehtyä ja aikataulutettua huoltosuunnitelmaa. Näin tilaaja ja huollon suorittaja osaavat aikatauluttaa oman työnsä. Tilaaja voi halutessaan yrittää kilpailuttaa huoltoyrityksiä ja löytää hinta-laatusuhteeltaan parhaan mahdollisen ratkaisun juuri omaan yritykseensä (16.)

TAULUKKO 3. Ilmanvaihto järjestelmän kunnossapidon toimenpide listaus (17, s. 113)

Toimenpide	Tarkoitus tai Lisäselite
Yleishavainnointi	Kuuntelua ja näköhavainnointi. Jokaisella konehuoneella on oma ääni, joka jää yleensä huoltajan muistiin. Poikkeava ääni kertoo jostain viasta tai muutoksesta.
Lähtötilanteen havainnointi	Tarkastetaan ilmanvaihdon meno- ja paluuilmojen lämpötilojen sekä lämmitys- ja mahdollisen jäähdytyspiirin lämpötilojen ja paineiden oikeellisuus, paisunta-astian toiminta ja muut havainnot sekä poikkeavuudet normaalista toiminnasta.
Huoltotyöt	Tehdään huoltokirjan mukaiset huoltotyöt ja suodattimien vaihdot. Kanavien puhdistus voi sisältyä huoltotyöhön, mutta useimmiten kunnossapitotehtävään. Huoltotyö voi sisältää myös ilmavirtojen mittauksia, mikäli epäillään ilmavirtojen poikkeavan suunniteluarvoista.
Ilmanvaihdon pellit	Tarkistetaan ilmanvaihtopeltien auki/kiinni toiminta.
LTO-laitteen lämpötilanhyöty	Hyötysuhde voidaan mitata kiinteistönvalvonnan kautta tai sen voi myös laskea paikan päällä.
Huollon jälkeinen automaatiolaitteiden tarkistus	Tarkistetaan ilmanvaihto, nestepiirien lämpötilat ja säätöjen oikeellisuus sekä varmistetaan, ettei ilmanvaihdon lämmitys ja jäähdytys ole päällä samanaikaisesti.
Tarkistetaan palo- ja turvallisuus järjestelmän toiminta	Testataan palo- ja turvallisuuteen liittyvät järjestelmät ja tietoliikenneyhteydet.
Tehdään korjausta vaativat ilmoitukset	Korjaustarpeiden havainnot ilmoitetaan korjausorganisaatiolle.
Kuittaus	Tehdäänhuollot ja huoltoon liittyvät kirjaukset sovitulla tavalla.

9.2 Ilmanvaihtokoneen huoltosuunnitelma

Esimerkkinä tässä työssä on käytetty uretaanitilan ilmanvaihdosta vastaavaa ilmanvaihtokonetta. Kyseinen ilmanvaihtokone on tyypillinen nestekiertoisella lämmöntalteenotolla varustettu kone, joita on käytössä paljon erityisesti vanhemmissa kiinteistöissä. Kuvassa 15 on esitetty uretaani-osaston ilmanvaihtokoneen pohjakuva. Työ suoritettiin luomalla Excel-taulukko-ohjelmalla pohja, jota voidaan jatkossa kehittää. Pohja sisältää huoltoon liittyvät tarkastukset, ajoitettujen huoltojen jaksotuksen ja niiden toimenpiteet. Pohja perustuu yleiseen lähdemateriaaliin eikä referenssinä toimivan koneen omaan huoltosuunnitelmaan. Referenssinä toimivan koneen tehtävä oli työssä toimia havainnollistavana esimerkkinä. Tämän takia ei ollut mahdollista eikä tarpeellista käyttää koneen omaa huoltosuunnitelmaa.



KUVA 15. Uretaaniosaston ilmanvaihtokone

Kuvassa 16 on Hydnumin tehtaan kattoon sijoitettu ilmanvaihtokone. Tänä päivänä puhdistuksen helppouteen ja ylläpitoon kiinnitetään uudiskohteissa hieman paremmin huomiota kuin takavuosina. Ilmanvaihtokone kuvassa 16 on haasteellisessa paikassa, koska tila on ahdas ja sijaitsee korkealla. Nykyään ilmanvaihtokoneet pyritään sijoittamaan helpommin lähestyttäviin paikkoihin, joissa on riittävästi tilaa operoida. Tämä nopeuttaa ja helpottaa ylläpitoa merkittävästi.



KUVA 16. Hydnumin tehtaalla oleva ilmanvaihtokone.

Työssä luotiin hyvin jaksotettu suunnitelma eri tarkastuksia ja huoltotoimenpiteitä varten. Tarkastuksissa tarkastetaan koneen erityisen kriittiset osat ja määräaikaishuolloissa huolletaan ennakolta määritellyt osat. Säännöllinen tarkastus onkin tämän työn keskeisin asia. Hyvä säännöllinen tar-

kastus takaa sen, että järjestelmä pysyy toimintakuntoisena mahdollisimman pitkään. Tällöin vältetään turha ennenaikainen osien vaihtaminen ja vältetään turhilta kustannuksilta. Ennen kaikkea energiatehokas ja määräaikainen seuranta takaavat sen, että ilmanvaihto toimii oikein. Isoissa tehtaissa tilanne korostuu entisestään. Talvella, kun lämmitystä vaaditaan kaikkein eniten, ero hyvän energiatehokkaan koneen ja huonosti huolletun koneen välillä on todella suuri. Säästöjä hyvin ylläpidetyllä ja energiatehokkaalla ilmanvaihtokoneella voi vuositasona tulla jopa tuhansia euroja.

10 YHTEENVETO

Työn päätarkoituksena oli kehittää ilmanvaihtokoneen kunnossapitosuunnitelma. Työ pohjautui julkiseen materiaaliin, erilaisiin säädöksiin ja lakeihin. Työn suorittamisen suurimmat haasteet olivat materiaalin löytäminen ja saaminen. Rakennusautomaatioon liittyvää kunnossapidon materiaalia oli saatavilla huomattavasti vähemmän kuin teollisuuden puolella. Tämä kertoo kiinteistön kunnossapidon asemasta. Pieniä haasteita työssä tuotti referenssiprosessin sijainti, joka oli kolmannen osapuolen tehtaan tiloissa. Työn suoritusvaiheen aikana maailmantilanne vaikutti siihen, että tehtaalla pääsi käymään paikan päällä vasta työn loppuvaiheessa. Myös referenssikoneen materiaalin saaminen kesti odotettua kauemmin.

Ongelmat kuitenkin saatiin ratkaistua ja työn suoritus meni lopulta aikataulun mukaisesti. Työstä tuli mielestäni järkevä kokonaisuus, joka sisältää ilmanvaihtoon ja kunnossapitoon liittyvät oleelliset asiat. Kaikkea ei saatu mahtumaan rajattujen asiasisältöjen joukkoon, mutta kaikki oleellinen työstä löytyy. Lisäksi Excelillä tehty varsinainen kunnossapitopohja on mielestäni onnistunut. Pohja sisältää kaikki oleelliset perustiedot, jotka ovat tärkeitä ilmanvaihtokoneen kunnossapidossa ja sen aikataulutuksessa. Työssä ei ole materiaalia Excelillä tehdystä pohjasta, koska se on tarkoitus tuotteistaa tulevaisuudessa.

LÄHTEET

1. Heinonkoski, Risto 2013. Kone- ja prosessiautomaation kunnossapito. Helsinki: Opetushallitus.
2. Järviö, Jorma, Lehtiö, Taina 2012. Kunnossapito: tuotanto-omaisuuden hoitaminen. Helsinki: KP-Media Oy.
3. Opetushallitus. Menestystekijä. Hakupäivä 8.9.2020.
http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/perusteet_5-4_tuottava_kunnossapito.html
4. SFS-EN 13306. 2017. Kunnossapito. Kunnossapidon terminologia. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS.
5. SFS-EN 12097/ 2007. Rakennusten ilmanvaihto. Kanavistot. Kanaviston puhdistettavuuden edellyttämät vaatimukset kanavaosille. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS. Hakupäivä 4.1.2021.
<https://online.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFS/CEN/ID2/1/160012.html.stx>. Vaatii lisenssin.
6. SFS-EN 12599/ 2013. Rakennusten ilmanvaihto. Ilmastointi- ja ilmanvaihtojärjestelmien luovutukseen liittyvät testimenettelyt ja mittausmenetelmät. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS. Hakupäivä 4.1.2021.
<https://online.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFS/CEN/ID2/1/388382.html.stx>. Vaatii lisenssin.
7. SFS-EN 12599/ 2013. Rakennusten ilmanvaihto. Ilmankäsittelykoneet. Yksiköiden, komponenttien ja osien luokitus ja suorituskky. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS. Hakupäivä 4.1.2021
<https://online.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFS/CEN/ID2/1/894863.html.stx>. Vaatii lisenssin.
8. SFP-opas. 2009. LVI-talotekniikkateollisuus ry. Hakupäivä 20.1.2021.
https://filtech.fi/data/sfpopas3_060709.pdf.

9. Hengitysliitto. Ilmanvaihtojärjestelmät. Hakupäivä 7.12.2020.
<https://www.hengitysliitto.fi/fi/sisailma/ilmanvaihto/ilmanvaihtojarjestelmat>.
10. Sandberg, Esa 2014. Sisäilmasto ja ilmastointijärjestelmät. Ilmastointitekniikka osa 1. Helsinki: Talotekniikka-Julkaisut.
11. Salminen, Kauri 2012. Ilmanvaihtokoneiden kuntotutkimus ja peruskorjaus. Opinnäytetyö. Metropolia ammattikorkeakoulu. Talotekniikan osasto. Hakupäivä 9.12.2020.
<https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/49364/ilmanvai.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
12. Energiatehokas koti. Ilmanvaihto. Hakupäivä 9.12.2020.
https://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikan_suunnittelu/ilmanvaihto.
13. Korkala, Tapio 2016. Ilmastointi. Hoito ja huolto. Helsinki: Kiinteistöalan kustannus Oy.
14. Nastolin, Matias 2016. Kauppakeskuksen ilmastoinnin energiatehokkuus. Opinnäytetyö. Metropolia ammattikorkeakoulu, Talotekniikan osasto. Hakupäivä 7.12.2020.
https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/112510/Nastolin_Matias.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
15. Fidelix Oy. UKK. Hakupäivä 23.11.2020. <https://www.fidelix.fi/fidelix-esittely/>
16. KW-set Oy. Huolto. Hakupäivä 3.12.2020.
<https://www.kwset.fi/fi/huolto/kunnossapitosuunnitelmat/>
17. Myyryläinen, Leevi 2019. Rakennusten elinkaari, energia ja kunto Helsinki: Rakennusieto Oy.