

Ari-Matti Lahdenmäki

Tavaratalon ilmastokäsittelykoneiden dokumentointi ja energiansäästömahdollisuudet

Opinnäytetyö

Kevät 2018

SeAMK Tekniikka

Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma

SeAMK 

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Tekniikan yksikkö

Tutkinto-ohjelma: Rakennustekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: LVI-tekniikka

Tekijä: Ari-Matti Lahdenmäki

Työn nimi: Tavaratalon ilmapuhaltuskoneiden dokumentointi ja energiansäästömahdollisuudet

Ohjaajat: Tapani Palmunen ja Marita Viljanmaa

Vuosi: 2018 Sivumäärä: 55

Liitteiden lukumäärä: 2

Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää Veljekset Keskinen Oy:n tavarapuodin ja päävaraston ilmapuhaltuskoneiden sisältöä ja tehdä koneille täsmennyksiä huoltoon. Lisäksi tavoitteena oli tehdä ilmapuhaltuskoneista omat konekortit ja palvelualuekartat, sekä dokumentoida tiedot sähköiseen kiinteistöhoitojärjestelmään. Tarkoituksena oli löytää myös mahdollisia energiansäästömahdollisuuksia.

Työn teoriaosassa käytiin läpi ilmanvaihtoon liittyviä erilaisia järjestelmiä, rakennusautomaatiota, koneisiin kuuluvia komponentteja ja niiden teknisiä käyttöikäjä. Energiansäästölaskelmassa verrattiin käytössä olevista puhaltimista saatuja arvoja nykyisen kammio puhaltimiin. Laskelmissa käytettiin hyödyksi puhallinajoista ja rakennusautomaatiosta saatua informaatiota.

Kohteessa tehdyn kenttätyökierroksen avulla saatiin selvitettyä koneiden tiedot. Tiedot koneiden sisällöstä on kerätty valokuvaamalla ja havainnoimalla. Tehdyt havainnot dokumentoitiin ja käsiteltiin. Koneiden kunto tehdyn tarkastuskierroksen jälkeen voitiin todeta pääsääntöisesti hyväksi niiden ikäjakauman perusteella. Lähivuosina kannattaa kuitenkin varautua teknisen käyttöiän perusteella vanhimpien koneiden kohdalla komponenttien uusimiseen, jolloin voidaan saavuttaa samalla säästöjä energiankulutuksessa.

ilmapuhaltuskone, käyttöikä, energiansäästö, huolto

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Faculty: School of Technology

Degree programme: Construction Engineering

Specialisation: HVAC Technology

Author: Ari-Matti Lahdenmäki

Title of thesis: Ventilation machines in a department store

Supervisors: Tapani Palmunen and Marita Viljanmaa

Year: 2018

Number of pages: 55

Number of appendices: 2

The purpose of this thesis was to find out the content and condition of the ventilation machines at the Veljekset Keskinen -department store and to define specifications for the required maintenance work. The aim was to create machine-specific machine cards and service maps, and to file the gathered information on an electronic maintenance system. Also energy-saving possibilities were examined.

The theoretical part of the thesis covered various systems related to ventilation, building automation, machine components and their technical lifetime. The values of the existing fans were compared to modern machinery. The energy saving calculations were made based on the information received from the automation system.

The information on the machines was gathered by going through all the ventilation machines in the department store. The contents of the machines were photographed and observed. The observations were documented and processed. The condition of the machines was generally good considering their age. However, it is advisable to be prepared to renew the oldest components of the machines in the near future. Through the renewal of the components, also energy-saving is possible.

Keywords: air handling unit, operating life, energy saving, maintenance

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	2
Thesis abstract.....	3
SISÄLTÖ.....	4
Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo.....	6
Käytetyt termit ja lyhenteet.....	8
1 JOHDANTO.....	9
1.1 Työn tausta.....	9
1.2 Työn menetelmät ja rajaus.....	9
2 ILMANVAIHTO.....	11
2.1 Ilmanvaihto yleisesti.....	11
2.2 Järjestelmät.....	11
3 ILMANKÄSITTELYKONEIDEN OSAT JA HUOLTOKOhteet.....	12
3.1 Koteloidut ilmkäsittelykoneet.....	12
3.2 Sulkupelti.....	15
3.3 Suodatus.....	15
3.4 Poistoilman lämmöntalteenotto.....	17
3.4.1 Pyörivä lämmönsiirrin.....	17
3.4.2 Levylämmönsiirrin, risti- ja vastavirta.....	18
3.4.3 Nestekiertoinen lämmöntalteenotto.....	20
3.5 Lämmitys- ja jäähdytyspatterit.....	20
3.6 Puhaltimet.....	21
3.7 Äänenvaimentimet.....	24
3.8 Rakennusautomaatio.....	24
4 TEKNISET KÄYTTÖIÄT JA HUOLTO.....	27
4.1 Tekniset käyttöiät komponenteille.....	27
4.2 Huolto.....	28
5 KOHTEEN LÄPIKÄYNTI.....	30
5.1 Kohteen esittely yleisesti.....	30
5.2 Lämmitys.....	30
5.3 Tarkasteltavat ilmkäsittelykoneet.....	30

5.4 Kenttätyökierros	31
5.5 Havainnot.....	31
6 ILMANKÄSITTELYKONEIDEN ENERGIANKULUTUKSEN	
TARKASTELU	38
6.1 SFP-luvun määrittäminen.....	38
6.2 SFP-luku	39
6.3 Sähkätehon mittaus	40
6.4 Ilmavirran ja paineenkorotuksen mittaaminen.....	40
6.5 Mittaustulokset sähkötehoista ja ilmamääristä	42
6.6 SFP-luvun laskenta	44
7 ENERGIANKULUTUKSEN TULOSTEN VERTAILU JA	
TAKAISINMAKSUAIKA.....	45
7.1 Puhaltimien sähkönkulutus	45
7.2 Nykyisten puhaltimien energiankulutus verrattuna kammiopuhaltimiin	45
7.3 Huomioitavaa kammiopuhallin saneerauksesta ja kustannuksista.....	47
7.4 Puhaltimien energiankulutus, hintavertailu ja takaisinmaksuaika.....	49
7.5 Päätelmät takaisinmaksuajoista.....	50
8 YHTEENVETO.....	52
LÄHTEET	54
LIITTEET.....	55

Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo

Kuva 1. Konehuoneet kuvattuna ulkopuolelta.....	32
Kuva 2. Konehuoneen yleiskuva.....	33
Kuva 3. LTO:n roottorin kulunut harjatiiviste.....	34
Kuva 4. LTO:n kulmavaihdemoottori kuvattuna.....	35
Kuva 5. Käytössä oleva kaavullinen radiaalipuhallin koneessa.....	35
Kuva 6. Äänenvaimentimen sisäpuolinen havainnekuva.....	36
Kuva 7. Grafiikkakuva ilmankäsittelykoneen toimintatilasta.....	37
Kuvio 1. Tyypillinen 2000-luvulla käytetty koteloitu ilmankäsittelykone.....	13
Kuvio 2. Pyörivä lämmönsiirrin.....	18
Kuvio 3. Radiaalipuhallin kammiopuhaltimena.....	22
Kuvio 4. Rakennusautomaation hierarkkinen rakenne yleensä.....	26
Kuvio 5. Sähkötehonmittaus kaava sähkömoottoreille.....	40
Kuvio 6. Ilmamäärän laskenta esimerkki.....	41
Kuvio 7. Paineenmittaus puhaltimille paine-eromittarilla.....	42
Kuvio 8. Esimerkki kammiopuhaltimen vaihdosta kaavullisen radiaalipuhaltimen tilalle.....	48
Taulukko 1. Ilmankäsittelykoneen lämpöeristysluokat standardin SFS-EN 1886 mukaan.....	14

Taulukko 2. Ilmankäsittelykoneen tiiviysluokat standardin SFS-EN 1886 mukaan.	14
Taulukko 3. Hiukkassuodattimien luokitukset standardien SFS-EN 779 ja SFS-EN 1822 mukaan.	16
Taulukko 4. Ilmanvaihtokoneen rasitusluokat.	28
Taulukko 5. Ilmankäsittelykoneen tekniset käyttöiät.	28
Taulukko 6. Mitatut virtamäärät ja lasketut sähkötehot.	42
Taulukko 7. Mitatut ilmamäärät.	44
Taulukko 8. SFP-luvun laskentataulukko.	44
Taulukko 9. Puhaltimien energiankulutus vuodessa erilaisilla vaihtoehtoilla.....	46
Taulukko 10. Puhaltimien energiankulutus vuodessa erilaisilla vaihtoehtoilla.....	46
Taulukko 11. Takaisinmaksuaika kammiopuhaltimille eri moottorivaihtoehtoilla. .	50
Taulukko 12. Takaisinmaksuaika kammiopuhaltimille eri moottorivaihtoehtoilla. .	50

Käytetyt termit ja lyhenteet

Konekortti	Konekortissa kerrotaan tekniset tiedot koko koneesta tai sen komponenteista.
kW	kW. Tehon yksikkö.
LVIA	Lämpö, vesi, ilma ja automaatio.
LTO	Lämmöntalteenotto. Siirtää poistoilmasta saatua lämpöenergiaa tuloilmaan.
m³/s	Kuutiometriä sekunnissa. Tilavuusvirta.
Pa	Pascal. Paineen yksikkö.
Rasitusluokka	Kuvaa asteikolla 1-3 ilmankäsittelykoneelle tai sen komponentille ympäristöstä ja käytöstä aiheutuvat olosuhteet.
SFP	Specific Fan Power. Ominais sähköteho, kW/(m ³ /s).
SFS-EN 1886	Standardi keskusilmastointikoneiden mekaanisista ominaisuuksista.
Tekninen käyttöikä	Tarkoitetaan aikaa käyttöönoton jälkeen, kun rakenteen, rakennusosan, järjestelmän tai laitteen tekniset toimivuusvaatimukset täyttyvät. Perustuvat kokemuksesta saatuihin tietoihin.

1 JOHDANTO

Kauppakiinteistöjen LVIA-tekniikan määrä on kasvanut viime vuosikymmenten aikana runsaasti johtuen tiukentuneista määräyksistä ja ilmanvaihdon lisääntyneestä tarpeesta. Lisääntynyt tekniikan määrä asettaa myös vaatimukset laitteiden kunnossapidolle ja energiatehokkuudelle. Teknisten laitteiden ikä saavuttaa elinkaarensa huomattavasti ennemmin kuin rakennuksen elinkaari normaaliolosuhteissa. Tämä tarkoittaa laitteiden jatkuvaa huoltoa, kunnossapitoa, valvontaa ja mahdollisesti komponenttien uusimista tietyin väliajoin. Usein kunnossapitotoimia ruvetaankin tekemään vasta, kun on liian myöhäistä ja se tuo lisäkustannuksia. Näihin tulee puuttua hyvissä ajoin päivittämällä laitteet ja huolto kiinteistösähköiseen dokumentointijärjestelmään, seuraamalla kiinteistön ilmanvaihtojärjestelmien toimintaa automaation avulla ja pienentämällä näiden energiankulutusta mahdollisuuksien mukaan energiansäästötoimilla.

1.1 Työn tausta

Veljekset Keskinen Oy:n tavarapuodin ja päävaraston alueen koneista ei ole tehty juuri mitään dokumentointia ja huolloistakin on kirjattu vain lähinnä suodattimien vaihdot. Yrityksessä koettiin tärkeäksi tehdä tuo dokumentointi sekä selvittää samalla energiansäästömahdollisuuksia.

1.2 Työn menetelmät ja rajaus

Tähän opinnäytetyöhön kenttätyökierroksilta kerätyt tiedot ilmankäsittelykoneista ja tehdyistä mittauksista on tehty lähinnä valokuvaamalla ja havainnoimalla. Koneiden valmistajilta kyseltiin myös tietoja koneista. Tämä tieto auttoi konekorttien laadinnassa. Tutkitut tiedot perustuvat konehuoneista pääosin löytyneisiin tietoihin, konekilpien tietoihin, rakennusautomaation tuottamaan informaatioon ja tavaratalon huoltomiehiltä saatuihin tietoihin. Kaikkea informaatiota ei saatu kuitenkaan kerättyä talteen, kun rakennusautomaatiojärjestelmää päivitettiin työn aikana toisen merkki-

seen automaatiojärjestelmään ja niitä ei oltu keritty siirtämään vielä. Osasta koneista löytyi hyvinkin tietoa ja osasta vähemmän. Koneista kirjattiin ylös kaikki mahdollinen tieto konekortteja varten. Konekorteista saadun tiedon pohjalta voidaan viedä tieto kiinteistössä käytössä olevaan sähköiseen ylläpitojärjestelmään. Työkentely kentällä tuotti paljon tietoa järjestelmistä ja samalla itselle kertyi lisätietoa runsaasti.

Työ rajattiin ainoastaan tavarapuodin ja päävaraston alueita palveleviin ilmankäsittelykoneisiin, joita on tällä alueella 21 kappaletta. Tämän alueen koneet ovat vanhimpia ja tiedot pääosin puutteellisia. Koko tavaratalon alueella palvelee noin 60 kappaletta ilmankäsittelykoneita. Suurin osa uudemmista koneista on asennettu laajennusten yhteydessä ja tekniikka on melko tuoretta verrattuna tavarapuodin ja päävaraston alueella palveleviin koneisiin.

2 ILMANVAIHTO

2.1 Ilmanvaihto yleisesti

Ilmanvaihdolla tarkoitetaan ilmanlaadun ylläpitämistä hyvällä tasolla vaihtamalla rakennuksessa ilmaa ja poistamalla samalla ilmaan kertyneet epäpuhtaudet. Ylläpitämällä näitä hyvässä suhteessa ja oikealla käytöllä saadaan rakennukseen terveellinen ja viihtyisä sisäilmasto. Ilmanvaihto voi olla luonnollinen eli painovoimainen tai koneellisesti tehty. Nykypäivänä käytetään pääsääntöisesti koneellista ilmanvaihtoa. Painovoimaisessa ilmanvaihdossa käytetään hyödyksi ulko- ja sisälämpötilojen eroja, joilla saadaan aikaan paine-ero. Näiden avulla saadaan aikaan ilmanvaihtuvuus rakennuksessa. Koneellisessa ilmanvaihdossa ilma saadaan vaihtumaan tasan tasaisesti rakennuksessa. (Seppänen & Seppänen 1996, 48, 205.)

2.2 Järjestelmät

Ilmanvaihtojärjestelmillä saadaan sisäilman laatutavoitteet, kuten ilmanpuhtaus, koneellisesti halutulle tasolle. Samassa yhteydessä puhutaan yleensä ilmastointijärjestelmistä. Ilmastointijärjestelmä on monipuolisempi kokonaisuus. Sillä hallitaan lämpö- ja kosteusoloja ilmanpuhtauden lisäksi. Palveltaviin tiloihin johdetaan jäähdytetty tuloilmavirta, jonka ilmamäärä lasketaan jäähdytyskuorman perusteella. Ilmamäärä on jäähdytyskuorman ansiosta huomattavasti isompi kuin ilmanvaihtojärjestelmän mitoituksen perusteella. Tämä tulee huomioida ilmastointikoneen mitoituksessa. (Ilmastointitekniikka osa 1 2016, 113.)

3 ILMANKÄSITTELYKONEIDEN OSAT JA HUOLTOKOHTTEET

3.1 Koteloidut ilmankäsittelykoneet

Keskusilmanvaihtokoneina käytetään pääasiassa koteloituja ilmankäsittelykoneita ja ne ovat lähes aina tehdasvalmisteisia. Koneiden runko on teräksestä, ja runkoon liitetään valmiiksi eristettyjä vaippapaneeleita. Paneeleiden materiaalina käytetään sinkittyä teräslevyä. Näistä muodostuu koneeseen valmiita eristettyjä moduuleita, joita voidaan liittää toisiinsa haluttujen ilmankäsittelytoimintojen mukaan. Kuviossa 1. on esitettyä nykypäivänä käytetty tyypillinen koteloitu ilmankäsittelykone. (Ilmastointitekniikka osa 1 2016, 163.)

Ilmankäsittelykoneiden sijoituspaikat vaihtelevat rakennuksessa. Ne voivat olla palveltavassa tiloissa, jos tähän on varattu riittävästi tilaa suunnittelun aikana. Kanavien reitit tulee huomioida, jos kone jätetään sisätiloihin. Esimerkiksi raitis- ja jäteilmakanaville täytyy olla reitit kerrosten läpi, mikä aiheuttaa usein hankaluuksia reitivalinnoille ja lisää kustannuksia myös kanaviston eristyksistä johtuen. Samoin teknisiä asioita tulee huomioida, kuten esim. koneista aiheutuva ääni, mikä voi haitata ihmisten oleskelua rakennuksessa. Kone sijoitetaankin näistä syistä yleensä vesikatolle sinne valmiiksi tehtyyn ilmastoinnihuoneeseen tai ilmankäsittelykone voi olla valmiiksi tehty kokonaisuus tehtaalla. Valmis konehuone nostetaan paikoilleen kohteessa ja on lähes käyttövalmis. Näitä kokonaisuuksia kutsutaan myös kattokoneiksi. Koneille on myös varmistettava riittävä huoltotila, ja koneen eteen tulisi jättää koneen levyinen tila mahdollisia komponentin vaihtoja varten. (Ilmastointitekniikka osa 1 2016, 163.)



Kuvio 1. Tyypillinen 2000-luvulla käytetty koteloitu ilmankäsittelykone. (Ilmastointitekniikka osa 1 2016, 164.)

Koneen ulkovaipan tärkeä ominaisuus on hyvä lämmöneristävyys. Suomen rakennusmääräyskokoelman osassa E1 sanotaan, että keskusilmavaihtokone saa sisältää vain vähän palavaa materiaalia. Paljon käytetään nykyään ulkovaipan peltiosien välissä esim. 50 mm mineraalivillaa, mikä antaa koneen osille riittävän palosuojan sekä hyvän lämpö- ja äänieristävyyden. Vaipan lämpöeristävyysluokat määritellään standardissa SFS-EN 1886 ja ne on esitetty taulukossa 1. (Ilmastointitekniikka osa 1 2016, 165.)

Taulukko 1. Ilmankäsittelykoneen lämpöeristysluokat standardin SFS-EN 1886 mukaan.

(Ilmastointitekniikka osa 1 2016, 165.)

Vaipan lämpöeristysluokka	Lämmönläpäisykerroin W / m ² K
T1	$U \leq 0,5$
T2	$0,5 < U \leq 1,0$
T3	$1,0 < U \leq 1,4$
T4	$1,4 < U \leq 2,0$
T5	Ei vaatimusta

Ilmatiiviys on myös tärkeä ominaisuus koneen ulkovaipalle. Ilmankäsittelykoneen ilmavuodot määritellään standardissa SFS-EN 1886. Taulukossa 2. on esitetty maksimi-ilmavuodot. Koteloiduilla koneilla voidaankin nykypäivänä pitää vähimmäisvaatimuksena luokkaa L2. (Ilmastointitekniikka osa 1 2016, 165.)

Taulukko 2. Ilmankäsittelykoneen tiiviysluokat standardin SFS-EN 1886 mukaan.
(Ilmastointitekniikka osa 1 2016, 165.)

Vaipan tiiviysluokka	Maksimivuoto litraa/s, m ²	Vastaava tiiviysluokka (RakMK D2)
L1	0,15	A
L2	0,44	B
L3	1,32	C

3.2 Sulkupelti

Sulkupellin pääsääntöinen tehtävä on sulkea ilmavirta ja estää lämpövuotoja mahdollisimman hyvin ulkoilmaa vasten ja kanavistoon koneen ollessa pysäytettynä. Ilmavuodot suljetussa pellissä on huomioitava ominaisuus, josta on olemassa oma määrittely standardissa. Tiiviys riippuu pellin säleiden jäykkyydestä, reunatiivisteiden laadusta ja siitä, kuinka tiiviisti säleet painautuvat kehystä vasten. (Ilmastointitekniikka osa 1 2016, 166.)

Isommissa ilmankäsittelykoneissa käytetyt sulkupellit ovat yleensä suorakaiteen muotoisia ja ne on tehty useasta säleestä. Pinta-ala pyritään pitämään kuitenkin mahdollisimman suurena, jotta saataisiin pienemmät painehäviöt ilmanvirtaukselle. Peltiä ohjaa sähkökäyttöinen moottori, jossa on vääntömomentti. Usein peltimoottori on myös varustettu jousipalautuksella sähkökatkoja varten, jolloin pelti menee kiinni estäen lämpöhukkaa ja koneen jäätymisvaurioilta. (Ilmastointitekniikka osa 1 2016, 166.)

3.3 Suodatus

Suodattimien tarkoitus on poistaa ilmasta siinä olevia epäpuhtauksia, jotta saataisiin tuloilma tarpeeksi puhtaaksi palveltaviin tiloihin. Suodattimet sijoitetaan yleensä koneen alkupäähän heti sulkupellin jälkeiseen koneosaan. Tämä suojaa konetta ja kanavistoa likaantumasta vähentäen oleellisesti puhdistustarvetta. (Ilmastointitekniikka osa 1 2016, 167.)

Taulukko 3. Hiukkassuodattimien luokitukset standardien SFS-EN 779 ja SFS-EN 1822 mukaan.
(Ilmastointitekniikka osa 1 2016, 167.)

Karkeasuodatin	G1...G4
Perussuodatin	M5...M6
Hienosuodatin	F7...F9
EPA-suodatin	E10...E12
HEPA-suodatin	H13...H14
ULPA-suodatin	U15...U16

Taulukosta 3. käytetään kolmea ensimmäistä suodatinta eniten ilmankäsittelykohteissa. Näistä käytetään karkea- ja perussuodattimia esisuodatukseen ja hienosuodatinta pääsuodatukseen. Vakiintuneena käytäntönä on ollut Suomessa nykyäänä käyttää F7...F8 pussisuodatinta tuloilmansuodatuksessa. (Ilmastointitekniikka osa 1 2016, 168.)

Suodattimien seurannassa ja vaihtamisessa tulisi huomioida

- vaihtoväli, joka on yleensä konekohtainen ja ne tulee vaihtaa kuitenkin 6-12 kuukauden välein.
- likaantuneisuus suodattimista, mikä todetaan yleensä paine-eromittarista
- suodattimen tiiveys suodatinkehikkoon, jolla estetään turha ilmanvirtaus suodattamatta. (Korkala & Laksola 2012, 85.)

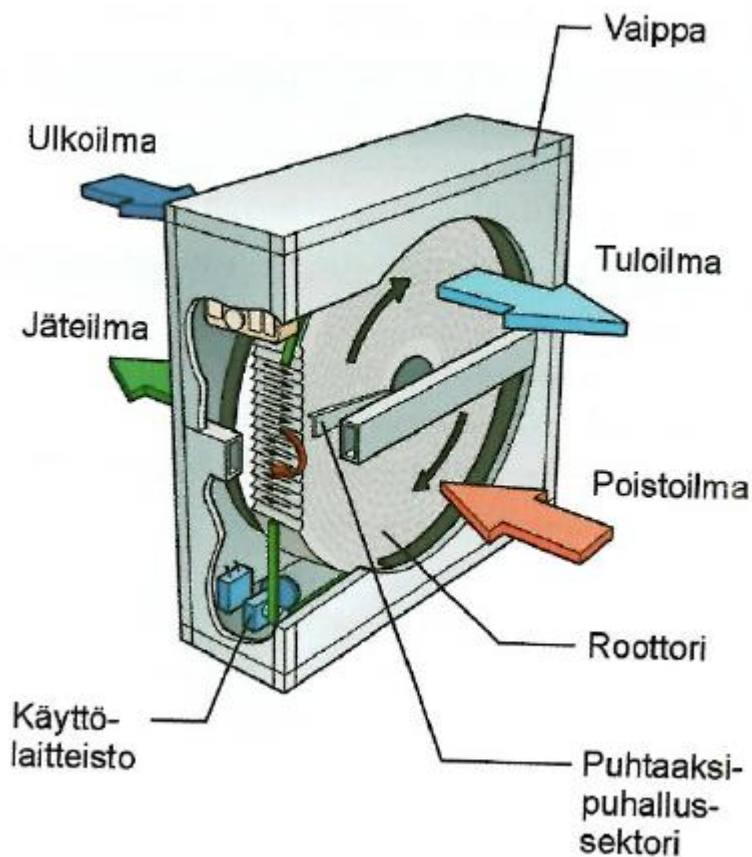
3.4 Poistoilman lämmöntalteenotto

3.4.1 Pyörivä lämmönsiirrin

Pyörivän lämmönsiirtimen tehtävä on siirtää poistoilmasta saatu lämpö tuloilmaan mahdollisimman hyvällä hyötysuhteella. Sen rakenne koostuu kiekkomaisesta roottorista ja roottorin pyörimiseen käytettävästä käyttölaiteistosta. Roottorin kotelo on jaettu käytännössä kahteen eri puolikkaaseen, joista toiseen johdetaan poistoilma ja toiseen tuloilma. Roottorin materiaalina on käytetty joko ohutta alumiinilevyä tai keraamista kennomateriaalia ja yleisempi näistä on alumiinilevy. Kennostorakenne on kolmionmallinen, mistä muodostuu hydrauliselta halkaisijaltaan pieniä kanavia ja näillä saadaan ilmanvirtaus pysymään täysin laminaarisena. Roottori toimii ainoastaan vastavirtaperiaatteella sekä ilman väliainetta ja tästä syystä se saavuttaa erittäin korkean hyötysuhteen, jopa 75-85 %, riippuen ilmamäärien suhteesta. Vastavirtamuutoksen ansiosta eli roottorin kääntyessä puolikierrosta poistopuolelta tulo puolelle ilmanvirtaussuunta muuttuu ja saadaan hyvä puhtaana pysyvyys roottorille. Kuviossa 2. esitetty LTO:n toimintaperiaate. (Ilmastointitekniikka osa 1 2016, 178-179.)

Pyörivän lämmönsiirtimen soveltuvuus on hyvä ilmankäsittelykoneelle sen pienestä tilantarpeesta johtuen. Syvyys ilman kulkusuunnassa on tyypillisesti vain 200 mm ja koko osan tarvitsema tila samassa suunnassa on noin 400mm. Energiatohokkuutensa ansiosta pyörivä lämmönsiirrin kattaa suurimman osan vuodesta ilmanvaihdon tarvitsemasta lämmityksestä ja näin ollen tuloilman jälkilämmityksen käyttö on vähäistä. Painehäviö pysyy kohtuullisella tasolla eikä aiheuta suurta sähkönkulutuksen kasvua puhaltimille. (Ilmastointitekniikka osa 1 2016, 178-179.)

Käytettäessä pyörivää lämmönsiirrintä keskitetyssä ilmankäsittelykoneessa asettaa luokan 3 poistoilma sille tiettyjä rajoituksia, koska se voi sisältää jossain määrin kosteutta, kemikaaleja tai hajuja ja ne voivat huonontaa sisäilmanlaatua oleellisesti. Luokan 3 poistoilmaa saa käyttää ainoastaan 5 % ilmanvaihtokoneessa. Ilmanvaihtokoneen palvellessa ainoastaan yhtä tilaa voidaan sitä käyttää likaisten tilojen ilmanvaihdossa. (Ilmastointitekniikka osa 1 2016, 178-179.)



Kuvio 2. Pyörivä lämmönsiirrin.
(Ilmastointitekniikka osa 1 2016, 178.)

Pyörivän lämmöntalteenottokennon tärkeimpiä tarkastus- ja huoltokohteita ovat

- lämpötilasuhteiden vertailu (yleensä laskettava)
- automatiikan toiminnan tarkastus ja mahdolliset hälytykset
- voimansiirto, laakerit, roottorin harjatiiviste ja tiivisteet huoltoluukuista
- kennon puhtaus ja kuluminen (Korkala & Laksola 2012, 92).

3.4.2 Levylämmönsiirrin, risti- ja vastavirta

Ristivirta- ja vastavirtasiirtimillä on sama toimintatarkoitus, kun pyörivälläkin lämmönsiirtimillä. Levylämmönsiirtimet ovat rakenteeltaan lähes samanlaisia ja yhtenä eroavaisuutena on kuitenkin niiden ilmanvirtaussuunnat. Suurimpana erona näillä

kahdella levylämmönsiirtimellä voidaan pitää niiden lämpötilahyötysuhdetta, joka on saatu kehitettyä paremmaksi vastavirtasiirtimelle. Levylämmönsiirtimien etuina voidaan pitää niiden kustannustehokasta rakennetta, hygieenisyyttä ja kohtuullisen hyvää lämmön talteenoton lämpötilasuhdetta. Levylämmönsiirtimiä käytetään tyypillisesti eniten pientaloissa ja jossain määrin isommissakin ilmastointilaitteissa. (Ilmastointitekniikka osa 1 2016, 180-183.)

Ristivirtasiirrin koostuu neliönmallisista ohuista alumiinilevyistä, jossa tulo- ja poistoilma kulkee ristikkäin joka toisessa levyn välissä. Hyötysuhteen kannalta lämmönsiirtimelle ei ole väliä, kumpaan suuntaan tulo- ja poistoilmavirrat kulkevat, koska kyseessä on puhdas ristivirta. Ristivirtaperiaatteella päästään taloudelliseen maksimi hyötysuhteeseen, joka on noin 60-65 %:n luokkaa. (Ilmastointitekniikka osa 1 2016, 180-182.)

Vastavirtasiirtimellä saavutetaan parhaimmillaan yli 80 %:n hyötysuhde. Lämpötilasuhteen kasvun johdosta siirrin on huurtumisherkempi kuin ristivirtasiirrin ja toteutuksessa tuleekin huolehtia riittävästä toimintavarmuudesta. Joissakin tapauksissa siirtimien huurteenestomenetelmät ei riitä ja joudutaan lisäämään etulämmityspatteri lämmittämään ulkoilmaa tiettyyn lämpötilaan asti. (Ilmastointitekniikka osa 1 2016, 183.)

Ilmastointilaitteissa vastavirtalämmönsiirrintä käytettäessä tulee ilmavirtojen kulkea vastakkaisesti suuntiin. Tämä aiheuttaa rajoituksia kanavaliitoksiin ja samoin kondenssiveden määrä on suurempi. Tästä syystä tulee poistoilmavirran suuntautua alaspäin. Vastavirtasiirtimen koko on isoin verrattuna ristivirta- ja pyörivä kennoiseen siirtimeen. Tämä on hyvä huomioida konehuonetta suunniteltaessa. (Ilmastointitekniikka osa 1 2016, 183.)

Levylämmönsiirtimen huolto- ja tarkastustyötä tehdessä tulee huomioida

- säätöpeltien toiminnan tarkastus
- huurteen sulatukseen ja tehoon vaikuttavat sähkölaitteet
- siirtimen pintojen puhtaus
- kondenssiputkiston toimivuus, luukkujen tiiviys ja lämpötilasuhde (Korkala & Laksola 2012, 93).

3.4.3 Nestekiertoinen lämmöntalteenotto

Nestekiertoisessa lämmöntalteenottojärjestelmässä lämpö siirtyy poistoilmasta tuloilmaan kiertävän nesteen avulla, jossa usein käytetään vesi-glykoliliuosta jäätymisvaaran vuoksi. Kierto tapahtuu kiertovesipumppua käyttäen ja liuosvirtausta ohjataan 3-tieventtiilillä. Tulo- ja poistupuolelle sijoitettavat nestekiertoiset lämmönsiirtimekset ovat samanlaisia rakenteeltaan kuin lämmitys- ja jäähdytyspattereissa käytettävät siirtimekset (Ilmastointitekniikka osa 1 2016, 184.)

Nestekiertoisen järjestelmän edut muihin lämmöntalteenottojärjestelmiin verrattuna:

- Vuotojen mahdollisuutta ei käytännössä ole, kun tulo- ja poistoilmavirratt on erotettu toisistaan kokonaan. Näitä käytetään esimerkiksi sairaaloissa, eristystiloissa, puhdastiloissa ja laboratorioiden ilmanvaihdossa
- Järjestelmää on mahdollisuus käyttää sellaisissa ilmanvaihtolaitoksissa, missä tulo- ja poistokoneiden etäisyys on suuri
- Järjestelmä on helppo asentaa olemassa oleviin laitoksiin pienen tilantarpeen vuoksi. Ei tarvitse lähteä muuttamaan kanavistoa ja koneen paikkaa. (Ilmastointitekniikka osa 1 2016, 184.)

3.5 Lämmitys- ja jäähdytyspatterit

Ilmankäsittelykoneissa käytetään pattereita lämmittämään ja jäähdyttämään ilmaa ja näillä on käytännössä sama perusperiaate. Patterin päätehtävä on saada aikaan mahdollisimman hyvä lämmönsiirtoteho pienillä painehäviöillä. Patterit tarvitsevatkin paljon lämmönsiirtopinta-alaa, mikä toteutetaan laittamalla ohuita alumiinilamelleja tiheään patterin kuoreen. Näihin lamelleihin pujotetaan yleisimmin käytetyt kupariputket, joissa neste kiertää. Muitakin materiaaleja käytetään pattereiden valmistuksessa riippuen käyttökohteesta. (Ilmastointitekniikka osa 1 2016, 170).

Lämmityspattereissa käytetään yleensä lämmönsiirtoaineena vettä, joka kiertää lämmitysverkostossa. Vettä käytettäessä se täytyy suojata jäätymiseltä. Jäätymisen

estämiseksi asennetaan patteriin veden paluupuolelle anturi lamelliputkessa olevaan taskuun. Se mittaa veden lämpötilaa ja antaa siitä hälytyksen yleensä putken mahdollista jäätymistä vastaan. Ulkoilman lämmityksessä käytettävissä pattereissa tulee olla aina myös pumppukierto. Jatkuva kierto huolehtii, ettei patteriin pääse syntymään tulppakohtia veden virtaukselle, ja näin patteri saadaan suojattua jäätymiseltä. Pumppukierto on aina päällä koneen ollessa käynnissä tai sammuksissa. (Ilmastointitekniikka osa 1 2016, 170-171.)

Jäähdytyspatterin tehtävä on jäähdyttää lämmin ilma sopivaan lämpötilaan puhallettavaksi koneellisesti rakennuksen palveltaviin tiloihin. Patterin rakenne on samanlainen kuin vesipatterissa. Lämmönsiirtoaineena käytetään +7...+12 asteista vettä tai vesi-glykoliseosta. Tämä voidaan toteuttaa myös suora höyrystyksellä, jolloin patterin putkissa kiertää kylmäaine. Jäähdytyspatteri tulee varustaa aina kondenssivesialtaalla ja vesilukolla. Näillä saadaan johdettua pois patterin tuottamat isot kosteusmäärät. (Ilmastointitekniikka osa 1 2016, 171-172.)

Vesi- ja jäähdytyspatterin huolloissa ja tarkastuksissa huomioitavaa:

- pintojen puhtaus
- pumppukierron toiminnan seuraukset ja lämpötila
- ilmauksen toteaminen (ääni)
- mahdollisten vuotojen seuraaminen (vesi, kylmäaine ym.)
- varolaitteiden toiminta
- automatiikan toiminta käynti- ja seisokkitilanteissa (Korkala & Laksola 2012, 96).

3.6 Puhaltimet

Ilmanvaihtokoneen tärkeä komponentti on puhallin. Puhaltimen tulee saada aikaan ilman liike kanavistoon ja palveltavaan tilaan sen tärkeimpien osien avustuksella eli sähkömoottorilla ja siipipyörällä (puhallinpyörä). Sähkömoottori pyörittää siipipyörää sen tehdessä samalla työtä. Tämä saa aikaan ilmanvirtausnopeuden ja paineen kasvun. Kanavistossa muodostuva painehäviö vastaa puhaltimen kehittämää pai-

neenkorotusta. Puhaltimen ilmavirtaa saadaan muutettua pyörimisnopeuden säädöllä. Tämä tapahtuu hihnäkäytön osalta välityssuhteen muutoksella tai suoravetoisessa muuttamalla sähkömoottorin arvoja taajuusmuuttajalla. Puhaltimen moottoreina käytetään pääsääntöisesti EC-moottori, PM-moottori ja oikosulkumoottori. (Ilmastointitekniikka osa 1 2016, 174.)

Puhaltimet on jaettu käytännössä kahteen ryhmään ilmanvaihtokoneissa: kammiopuhaltimeen ja kaavulliseen radiaalipuhaltimeen (keskipakoispuhallin). Kammiopuhallin on kaavuton puhallin, mikä on suorakäyttöinen eli siipipyörä on kiinnitetty suoraan moottorin akselille. Kammiopuhaltimista puuttuu huoltoa vaativa hihnäkäyttö ja sen avoin rakenne on helpompi huoltaa ja puhdistaa. Kaavullinen radiaalipuhallin on suuremmissa ilmankäsittelykoneissa hihnäkäyttöinen ja sähkömoottori on sijoitettu mahdollisimman lähelle puhallinta tilantarpeen säästämiseksi. Kaavun ansiosta päästään parempaan hyötysuhteeseen ilmamäärien noustessa kuin kammiopuhaltimella. Nykypäivänä paljon ilmankäsittelykoneissa käytetty kammiopuhallin kuviossa 3. (Ilmastointitekniikka osa 1 2016, 174-177.)



Kuvio 3. Radiaalipuhallin kammiopuhaltimena. (Ilmastointitekniikka osa 1 2016, 203.)

Käytettäessä hihnavetoista radiaalipuhallinta tulee sen huolloissa ja tarkastuksissa kiinnittää seuraaviin asioihin

- sähkömoottorin (puhtaus, voitelu, käyntiääni ja lämpötila)

- kiilahihnat ovat ehjiä, sopivalla kireydellä ja oikeankokoisia siipipyörälle
- siipipyörien (kunto, tasapaino ja puhtaus)
- laakerien (voitelu, ääni ja lämpötila)
- tärinä- ja äänenvaimentimien kunto ja samoin joustavienliittimien ehjyys
- sähkö- ja varolaitteiden toiminta (Korkala & Laksola 2012, 105-107).

Oikosulkumoottori on ns. perinteinen 3-vaiheinen sähkömoottori. Se voidaan kytkeä 3 x 400V verkkoon suoraan tai taajuusmuuttajan kautta, jos haluaa portaattoman pyörimisnopeuden. Hyötysuhde oikosulkumoottorilla on korkea, mutta pienenee käytettäessä pieniä moottoritehoja. (Ilmastointitekniikka osa 1 2016, 175.)

EC-moottori on elektronisesti kommutoitu harjaton tasavirtamoottori varustettuna kestopagneeteilla. EC-moottorin hyötysuhde on parempi verrattuna oikosulkumoottoriin. Moottorin pyörimisnopeusalue on laaja ja pyörimisnopeus riippuu siitä, kuinka nopeasti moottorin magneettikenttä vaihtelee. Tämän ansiosta ne sopivat erinomaisesti esimerkiksi suoravetoisiin kammio puhaltimiin käytettäväksi, mutta vaatii kuitenkin aina säätöyksikön ja se on usein valmiiksi integroituna moottoriin. EC-moottoria ei voida kytkeä suoraan sähköverkkoon. EC-moottori sopii parhaiten pienille moottoritehoille, jolloin hyötysuhteen parannus on suurin. (Ilmastointitekniikka osa 1 2016, 175.)

PM-moottori on mekaaniselta rakenteeltaan samanlainen oikosulkumoottorin kanssa ja sopii tämän vuoksi hyvin käytettäväksi ilmankäsittelykoneiden puhallinkäytössä. PM-moottorissa on pystytty parantamaan hyötysuhdetta huomattavasti paremmaksi oikosulkumoottoriin verrattuna kehittyneemmän tekniikan ansiosta. Hyötysuhteen ero on suurin näiden kahden moottorin välillä varsinkin pienillä moottoritehoilla, mutta hyötysuhde pienenee lähes nolnaan saavuttaessa noin 11 kW:n tehoon. Moottoria ei voi kytkeä suoraan sähköverkkoon, vaan tarvitsee aina säätimen ja yleensä se on PM-moottorille erikseen suunniteltu taajuusmuuttaja, joka täyttää moottorille täytetyt parametrit. PM-moottori kytketään kuitenkin normaaliin 3-vaiheverkkoon taajuusmuuttajan välityksellä. (Ilmastointitekniikka osa 1 2016, 175.)

3.7 Äänenvaimentimet

Äänenvaimentimella alennetaan kanavistosta tai häiritsevästä lähteestä aiheutuvaa ääntä.

Isommissa ilmapuhaltuskoneissa käytetään yleensä lamellityyppistä äänenvaimenninta sekä tulo- että poistopuolella. Virtauspinta-alalle on tehty ääntä vaimentavasta materiaaleista lamelleja, joihin jää ilmanvirtaukselle vain kapeita solia. Vaimentimen valmistaja määrittelee lamellien leveyden ja ilmapälin sopivaksi. Leveällä lamellilla parane äänenvaimennus, mutta se tekee samalla ilmanvirtausnopeuden suuremmaksi ja aiheuttaa samalla painehäviöiden nousua. Se vaikuttaa äänitasoon vaimentimen jälkeisessä osassa. Äänenvaimentimien pituuksilla on vaikutusta äänitasoihin ja pituudet vaihtelevat yleensä 500 mm-1700 mm välillä. (Ilmastointitekniikka osa 1 2016, 188-189.)

Hyviä ominaisuuksia äänenvaimentimelle

- vaimennuskyky laajalla taajuusalueella
- paloturvallisuus
- hygieenisuus, puhdistettavuus (toteutetaan yleensä märkä- ja kuivapyyhittäville menetelmillä materiaalin mukaan)
- lamellien ulosvetomahdollisuus
- pieni oman äänen kehitys (Ilmastointitekniikka osa 1 2016, 188-189).

3.8 Rakennusautomaatio

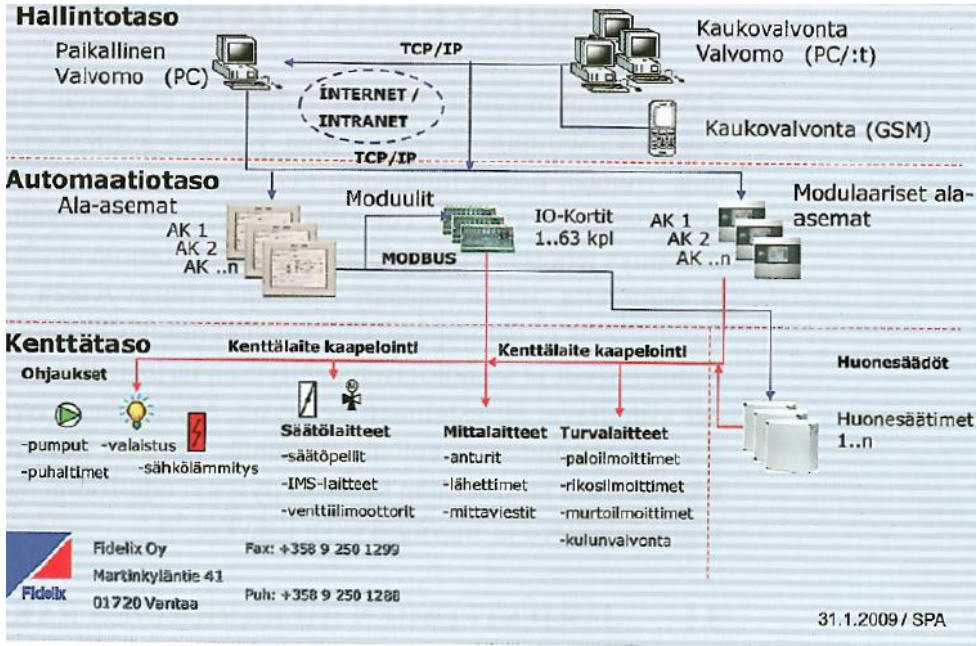
Rakennusautomaatio on nykyään rakennuksissa keskeinen työkalu, jolla ohjataan, säädetään ja valvotaan talotekniikan toimintaa. Talotekniikka pitää sisällään lämmitys-, vesi- ja ilmanvaihtojärjestelmät. Myös valaistus-, hälytys- ja valvontajärjestelmät kuuluvat osana siihen. Kiinteistöstä kerätään rakennusautomaatiojärjestelmän avulla informaatiota edellä mainituista järjestelmistä kulutuksesta, olosuhteista ja käyttötiloista. Kerätyn informaation avulla pyritään pitämään energiankulutus mahdollisimman pienenä ja vaikuttamaan talotekniikkalaitteiden kunnossapysymiseen.

Rakennusautomaatio koostuu erilaisista tasoista ja ne on jaettu kolmeen päätasoon: hallinto-, automaatio- ja kenttätaso. Nämä tasot on esitetty kuviossa 4. (Ilmastointitekniikka osa 1 2016, 293-294.)

Hallinta- eli valvomotaso toimii käyttäjärajapintana järjestelmään päin. Kiinteistön sisällä voi olla tällainen valvomo ja useampiakin riippuen kiinteistön koosta ja halutusta automaation paikallistasosta. Lisäksi voi olla kauko- tai etävalvomo, johon on keskitetty useita kiinteistöjä valvottaviksi. Valvomoihin tulee hälytyksiä eri prosesseista, esimerkiksi ilmankäsittelykoneen jäätymisvaara on tällainen. Valvomon tietokoneilta saadaan muuteltua eri prosessien asetusarvoja ja nähdään näyttöjen graafisista kuvista prosessien tila. Informaatiota kerätään raportointia sekä kunnossapitoa varten. (Rakennusautomaatiojärjestelmät 2012, 93-95.)

Automaatiotason perustana toimivat alakeskukset, joko kiinteinä tai itsenäisenä, sekä näihin liittyvät I/O-moduulit. Pienissä kohteissa voi alakeskukset korvata paikallisvalvomon. Alakeskus sisältää ohjelmoitavia logiikoita, jotka ohjaavat siihen liittyvien I/O-pisteiden välityksellä esimerkiksi ilmanvaihdossa käytettyjä prosesseja. I/O-pisteillä tarkoitetaan tulo- tai lähtöliityntöjä. (Rakennusautomaatiojärjestelmät 2012, 94-95.)

Kenttätaso käsittää kenttälaitteet, joita ovat itsenäisesti toimivat säätimet, anturi ja toimilaitteet talotekniikassa. Itsenäisiä säätimiä käytetään yleensä ilmanvaihtokoneissa, lämmönvaihtimissa sekä jäähdytyskoneikoissa säätöön ja ohjaukseen. Anturit siirtävät mitattua tietoa käytännössä reaaliajassa alakeskukseen prosessien tilasta ja olosuhteista. Alakeskus vertaa antureilta tullutta mittaustietoa käyttäjän asettamiin arvoihin ja ohjaa toimilaitetta niin, että tavoitellut arvot saavutetaan. (Rakennusautomaatiojärjestelmät 2012, 93-95.)



Kuvio 4. Rakennusautomaation hierarkkinen rakenne yleensä. (Rakennusautomaatiojärjestelmät 2012, 94.)

4 TEKNISET KÄYTTÖIÄT JA HUOLTO

Tekninen käyttöikä ja huolto tulee huomioida ilmanvaihtojärjestelmissä. Näistä löytyy määritelmät ohjekortista LVI 01-10424 Kiinteistön tekniset käyttöiät ja kunnossapitojaksot.

Teknisellä käyttöiällä tarkoitetaan aikaa käyttöönoton jälkeen, kun rakenteen, rakennusosan, järjestelmän tai laitteen tekniset toimivuusvaatimukset täyttyvät eli tulevat elinkaarensa loppupäähän. Rakenne, rakennusosa, järjestelmä tai laite on mahdollisuuksien mukaan korvattava uudella teknisen käyttöiän mennessä umpeen. Nämä tekniset käyttöiät perustuvat edellä mainittujen käytöstä ja kokemuksesta saatuihin tietoihin. (LVI 01-10424 2008, 1-2.)

4.1 Tekniset käyttöiät komponenteille

Tekniset käyttöiät vaihtelevat ilmanvaihtojärjestelmien eri komponenteille jonkin verran. Suurimmalle rasitukselle ilmapuhalluskoneessa joutuu yleensä puhallin. Lämmitys- ja jäähdytyspattereiden käyttöikä on samaa luokkaa, vaikka niissä kiertää yleensä erilaiset nesteet. Kanavistolle ja sen varusteille ei ole määritetty teknistä käyttöikää, koska niiden uusimistarve ei johdu mekaanisesta kulumisesta, vaan käyttötarkoituksen ja ilmanvaihtojärjestelmän mahdollisista muutoksista. Vanhempien ilmanvaihtojärjestelmien koneissa käytetyissä äänenvaimentimissa tulee huomioida niistä irtoavat kuidut myös käyttöikää määrittäessä. Vaihdataanko äänenvaimennin uuteen vai saadaanko kuitujen irtoamien hallintaan muulla tavalla? Rasitusluokat ilmanvaihtojärjestelmille on esitetty ohjekortin LVI 01-10424 mukaan taulukossa 4. ja komponenttien tekniset käyttöiät ja huolto on esitetty taulukossa 5. (LVI 01-10424 2008, 24.)

Taulukko 4. Ilmanvaihtokoneen rasitusluokat.
(LVI 01-10424 2008, 23.)

Rasitusluokka:	Ilmanvaihto käytössä:
1. vaikea	koko ajan (24h/d, 7pv/vko)
2. normaali	(9-10 h/d, 5päivää/vko) tai käyttöjaksolla(50h/vko)
3. helppo	joitakin tunteja vrk(10-20 h/vko)

Taulukko 5. Ilmankäsittelykoneen tekniset käyttöiät.
(LVI 01-10424 2008, 23-24.)

Komponentti	Keskimääräinen tekninen käyttöikä vuotta(J=järjestelmän ikä)			Suunnitelmallisen ylläpidon toimenpiteet (huolto)	
	Rasitusluokka			Tarkastusväli vuotta	Huoltoväli/kunnossa pitojakso vuotta
1. vaikea	2. normaali	3. kevyt			
Suodatin kammio	10...15	20...25	30...40	Puhtauden seuraus	6... 12 kk suodattimien vaihto
Lämmöntalteenotto	10...15	20...25	30...40	12 kk huurtumisenesto tark.	
Puhallin	10...15	20...25	30...40	kiilahihna kireys,laakeri,tasapaino, siipip.puhtaus	Riippuu käyttöajoista.
Lämmityspatteri	10...15	20...25	30...40		
Jäähdytyspatteri	10...15	20...25	30...40	12 kk kondenssiviemäri tark.	
Sulku-,säätö- ja mittauslaite	10...15	20...25		12 kk	Sulakkeen tark.
Sekoitusosa	10...15	20...25	30...40	12 kk	
Kostutin	10...15	20...25	30...40		

4.2 Huolto

Teknisen käyttöiän loppuunsaattamiseksi on edellytyksenä noudattaa järjestelmien asianmukaista kunnossapito-, hoito- ja huoltotoimenpiteitä. Huoltoa varten määritetäänkin tarpeenmukaiset aikavälit kunnossapitajaksoille sekä huolto- ja tarkastusväliille. Kunnossapitajakset vaihtelevat järjestelmillä käyttö- ja rasitusolosuhteiden vuoksi suuresti. Siinä täydennetään olemassa olevaa järjestelmää, kunnostetaan tai

uusitaan sitä. Huoltoväli tarkoittaa huoltosuunnitelmista laaditun huoltotoimenpiteiden tekemistä ja tarkastusväleistä saadun tiedon huomioimista. (LVI 01-10424 2008, 2).

Ennakoiva huolto määritellään huoltokirjassa ja se sisältää tietyt prosessit. Tarkoitus ennakoivalla huollolla on säästää kustannuksia etukäteen tehdyillä toimenpiteillä ja poistaa näillä turhia järjestelmien katkoja. Konekortit laaditaan komponenteista ja laitteista saaduista tiedoista. (Ilmastointitekniikka osa 2 2016, 501.)

Tietojen pohjalta on määritelty

- huoltosuunnitelma
- palvelukuvaukset
- laitteen käyttöikä ja huoltoväli
- toimenpiteet huollossa
- vaihtoväli laitteelle tai komponentille
- toimenpiteet kunnossapidolle (Ilmastointitekniikka osa 2 2016, 501).

Mittaava huolto sisältää käytännössä kaikki samat toimenpiteet kuin ennakoiva huoltokin, mutta se tapahtuu rakennusautomaation ja etävalvonnan avulla reaaliajassa edellyttäen eri järjestelmien toimivuutta keskenään. Nykyään ollaankin siirtymässä kiinteistössä yhä enemmän mittaavan huollon käyttöön. (Ilmastointitekniikka osa 2 2016, 501.)

5 KOHTEEN LÄPIKÄYNTI

5.1 Kohteen esittely yleisesti

Tutkittava kohde Veljekset Keskinen Oy on Etelä-Pohjanmaalla Alavudella toimiva tavaratalo. Se on kehittynyt yli 40 vuoden toimintansa aikana pienestä sekatavara-kaupasta useiden laajennusten ja peruskorjausten jälkeen suureksi tavaratalokokonaisuudeksi. Tavaratalon myymälä- ja palvelutilat toimivat käytännössä yhdessä kerroksessa. Henkilökunnan toimisto- ja sosiaalitulat, hotellihuoneet, osa varastotiloista ja osa ravintolapalveluista on ylemmissä kerroksissa. Kattopinta-alaa on koko tavaratalon osalta noin 6 hehtaarin verran.

5.2 Lämmitys

Kiinteistön lämmitysmuotona on pääasiassa kaukolämpö. Se toimitetaan kiinteistöön ostoenergiana ulkopuoliselta toimittajalta. Lämmönsiirtimiä on kiinteistössä useita ja lämmönjako tapahtuu niistä nesteen välityksellä kiinteistön ilmanvaihtokoneissa oleviin lämmityspattereihin. Näin suuren kiinteistön energiankulutus onkin huomattavan suuri lämmityksen osalta varsinkin talviaikaan.

5.3 Tarkasteltavat ilmapuhaltimet

Kiinteistön tarkasteltaviksi ilmapuhaltimiksi opinnäytetyöhön valittiin tavara-puodin ja päävaraston osalla olevat tulo- ja poistokoneet, jotka ovat käytännössä olleet käytössä pisimpään. Käsiteltäviä koneita on yhteensä 21 kappaletta ja ne sijaitsevat pääsääntöisesti katon päällä olevissa omissa konehuoneissaan. Osa tarkasteltavista koneista kuitenkin sijaitsee sisätiloissa teknisissä tiloissa ja yksi tavara-puodin sisäänkäynnin tuulikaapissa. Katolla olevat konehuoneet on valmistettu lähes valmiiksi paketeiksi tehtaalla. Nostamisen jälkeen on konehuoneista viety tulo- ja poistoilmakanavat myymälän puolelle. Samoin niihin on liitetty lämmitysputket, sähköt, rakennusautomaatio ja muu tekniikka. Yhdessä suuremmassa kone-

huoneessa on asennettuna kaksi ilmastointikonetta samaan tilaan näiden palvellessa vierekkäisiä alueita. Suurin osa ilmastointikoneista on asennettu 1990-luvun loppupuolella eli niiden keski-ikä on nyt noin 20 vuotta. Kaikissa koneissa on pyörivä lämmöntalteenottojärjestelmä sekä lämmityspatterit. Jäähdytys on kaikissa muissa koneissa paitsi päävaraston alueella toimivissa koneissa. Ilman jäähdytystä on kaikkiaan yhteensä seitsemän konetta.

5.4 Kenttätyökierros

Kenttätyökierros toteutettiin kiertämällä kaikki koneet läpi kiinteistössä. Kiertämistä oli paljon ja koneiden etäisyydet toisistaan osaksi pitkiä. Kierroksen yhteydessä kerättiin tiedot konehuoneiden numeroista myöhempiä palvelualueiden kartoittamista varten. Kaikki koneet pysäytettiin tarkastelun ajaksi ja samassa yhteydessä voitiin todeta koneen sisäpuolinen puhtaus yleisesti, suodattimien puhtaus ja nähtiin samalla sulkupeltien toiminta ja kunto. Lisäksi konekorttiin kirjattiin tiedot koneiden valmistajasta, valmistusvuodesta, lämmöntalteenoton tyyppi, puhaltimien siipipyörät, sähkömoottorien kilpitiiedot, suodattimien koko- ja suodatusluokka, moottoripellit, lämmitys- ja jäähdytyspatterit. Konekorteista laaditaan erikseen liitteet (malli liite 1.), joiden pohjalta tieto viedään kiinteistön sähköiseen ylläpitojärjestelmään. Rakennusautomaatiosta saatiin tiedot koneiden käyntiajoista, osaksi ilmamääristä, lämpötiloista ym. teknistä tietoa.

5.5 Havainnot

Konehuone. Kaikissa vesikatolla olevissa konehuoneissa oli jätetty riittävästi tilaa koneen huoltotoimintoja ja mahdollisia komponenttien uusimista varten. Samoin konehuoneet oli merkitty selvillä numeroilla. Näiden avulla huoltomies löytää oikeaan paikkaan helposti. Ääneneristys konehuoneesta ulospäin oli huomioitu hyvin ja se oli kunnossa joka konehuoneessa. Huoltoluukut puuttuivat lähes kaikista kanavista ja tämä aiheuttaa lisätyötä huoltoja tehdessä, kun joutuu irrottamaan esimerkiksi

koneesta puhaltimen päästökseen kyseiseen kanavaan käsiksi. Kondenssiviemäroinnistä oli huolehdittu konehuoneissa ja ne oli kytketty asianmukaisesti lattiakavoihin. Kuvassa 1. muutama konehuone esitettynä ulkopuolelta.



Kuva 1. Konehuoneet kuvattuna ulkopuolelta.

Konehuoneet olivat pääsääntöisesti siistejä, vaikka jossain ei oltu siivottu huoltojen/remonttien yhteydessä kertyneitä roskia. Koneiden varasuodattimet oli säilytettyinä niihin tarkoitetuissa pahvilaatikoissa. Kuvassa 2. esitetty yleiskuvaa konehuoneen sisäpuolelta.



Kuva 2. Konehuoneen yleiskuva.

Lämmöntalteenotto. Kaikissa koneissa oli pyörivä lämmöntalteenottojärjestelmä ja ne olivat puhtaudeltaan hyvässä kunnossa käyttökään nähden. Tähän on vaikuttanut suuremmissa osin se, että pyörivä lämmöntalteenottojärjestelmä käyttää puhdasta vastavirtatekniikkaa ilmanvirtauksessa ja tästä johtuen ei pääse kertymään suuria määriä epäpuhtauksia roottorin kennoston pinnoille. Samoin suodattimien vaihdolla on ollut vaikutus järjestelmän hyvään kuntoon.

Koneiden LTO:ssa lähes jokaisessa oli havaittavissa roottorin ulkokehällä olevissa harjatiivisteissä kulumista tai tiiviste oli kulunut kokonaan pois kuten kuvassa 3. on esitetty. Tiivisteiden tarkoitus on estää roottorin läpi kulkevia ilmavirtoja sekoittumasta LTO:n kammiossa. Tiivisteet olisi hyvä vaihtaa uusiin, koska tällä on vaikutusta myös LTO:n hyötysuhteeseen.



Kuva 3. LTO:n roottorin kulunut harjatiiviste.

LTO:n roottoria pyörittävä kulmavaihdemoottori ja siihen kuuluva säätökeskus on melkein kaikissa koneissa alkuperäinen. Niistä tehtyjen havaintojen perusteella ilmeni moottoreissa öljyvuotoja ja osittaista kulmavaihteen kulumista ja näiden uusimisen tuleekin varautua lähivuosina. Muutamiiin koneisiin olikin jo vaihdettu edellä mainitut komponentit ja ne on kirjattu tehtyihin konekortteihin. Mahdollisen uusimisen yhteydessä kannattaa hankkia moottori sekä säätökeskus valmiina pakettina. Vaarana pelkällä moottorin uusimisella on se, ettei vanha säätökeskus vastaa uuden moottorin tekniikkaa. Käytössä oleva kulmavaihdemoottori kuvassa 4.



Kuva 4. LTO:n kulmavaihdemoottori kuvattuna.

Puhallin. Ilmankäsittelykoneissa on käytössä kaavulliset radiaalipuhaltimet ja ne olivat kaikki hihnavetoisia kuten kuvassa 5. Puhaltimet ovat kaikissa alkuperäiset ja vaikuttivat silmämääräisesti toimintakuntoisilta. Muutamiiin puhaltimiin on vaihdettu sähkömoottorit alkuperäisten hajottua.



Kuva 5. Käytössä oleva kaavullinen radiaalipuhallin koneessa.

Puhaltimissa ei suurempia laakerin ääniä kuulunut, mutta hihnat olivat löysällä useassa puhaltimessa. Tämä aiheuttaa hihnapölyn kerääntymistä puhallinkammioon ja

hyötysuhteen alenemista. Muutama hihna oli katkennut. Oli myös käytetty vääräntyyppisiä hihnoja eli ne eivät olleet sopivia käytössä oleviin puhaltimien siipipyöriin.

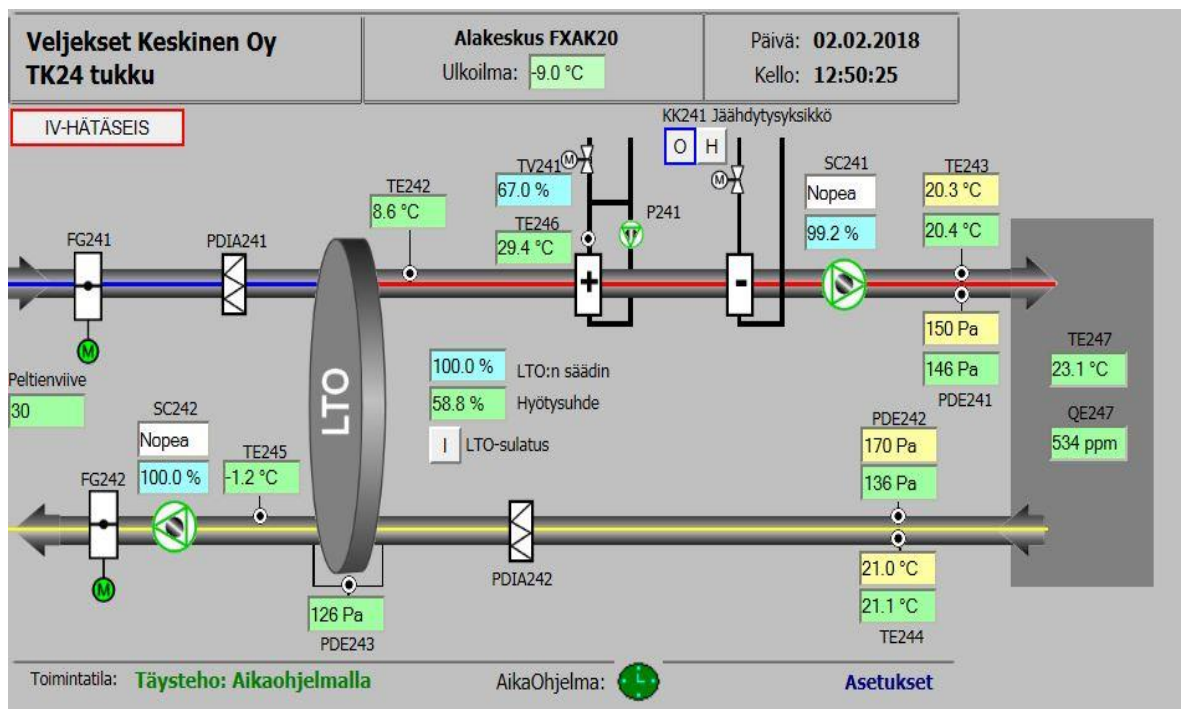
Äänenvaimennin. Tarkasteltavissa ilmapuhaltimikoneissa ei ollut lamellityyppisiä äänenvaimentimia konehuoneiden tilantarpeen säästämiseksi. Äänenvaimennus oli toteutettu kantikkailla eristetyillä osilla, jossa ulkopuolella on sinkitty teräslevy, sisäpuolella rei'itetty sinkitty teräslevy ja näiden välissä 50 mm mineraalivilla kuten kuvassa 6. Huomautuksena LVI 10424-ohjekortissa mainitaan, että mineraalivillasta irtoavat kuidut aiheuttavat äänenvaimentimen uusimistarpeen. Tähän tulisi kiinnittää huomiota ja selvittää, löytyisikö korvaavaa vaihtoehto, jolla saadaan villasta irtoavien kuitujen irtoaminen hallintaan.



Kuva 6. Äänenvaimentimen sisäpuolinen havainnekuva.

Käyntiajat. Kohteen ilmapuhaltimikoneiden käyntiaikoja seurattiin lähinnä rakennusautomaation kautta saaduilla tiedoilla. Esimerkiksi tavarapuodin alueen koneilla käyntiajat on viikon jokaisena päivänä klo. 6.00-23.00 välinen aika ja muuten 0 %. Käyntiaikoihin tulisi kiinnittää huomiota, kun kyseessä on kuitenkin kauppa ja olisi

hyvä saada ilma vaihtumaan vuorokauden ympäri. Tämä voitaisiin toteuttaa muuttamalla rakennusautomaation kautta koneiden viikko-ohjelmaa niin, että yöllä koneet voisi käydä minimiteholla noin 25-30 % teholla. Tällä varmistettaisiin riittävä ilmanvaihtuvuus yöaikaan ja saataisiin epäpuhtaudet poistettua sisäilmasta. Kuvassa 7. esitetty rakennusautomaation grafiikkakuva, jossa näkyy esimerkiksi koneen toimintatila ja puhaltimien käyntiteho.



Kuva 7. Grafiikkakuva ilmapuhaltimen toimintatilasta.

6 ILMANKÄSITTELYKONEIDEN ENERGIANKULUTUKSEN TARKASTELU

Tutkittavien koneiden keski-ikä on noin 20 vuotta. Teknisen käyttöiän perusteella koneiden komponenttien uusimiseen on varauduttava lähivuosina. LVI 01-10424 ohjekortin perusteella koneet kuuluvat korkeimpaan rasisluokkaan 1. Kuitenkin on mahdotonta ennustaa koneiden rungon ja siihen kuuluvien komponenttien käyttöikää edellä mainitun ohjekortin mukaan eli on mahdollista, että ne kestävät vielä useita vuosia pidempään keskimääräiseen tekniseen käyttöikään verrattuna. Ikään vaikuttaa oleellisesti koneeseen tehdyt säännölliset huollot ja koneiden käyntiajat. Sähköenergiaa kuluu tulo- ja poistoilmankäsittelykoneissa käytännössä eniten puhaltimien käyttämiin sähkömoottoreihin. Tässä onkin suuri mahdollisuus parantaa koneiden energiatehokkuutta nykyaikaisilla kammiopuhaltimilla ja niissä käytettävien paremman hyötysuhteen omaavilla sähkömoottoreilla. Sähkönkulutusta mitataan koneiden puhaltimista yleensä SFP-luvun avulla, joka tarkoittaa ominaissähkötehoa.

Tässä luvussa on tarkoitus selvittää SFP-lukua ensin teorian kautta ja sen jälkeen tehdä mittaukset muutamista kohteen koneista. Mittausten kautta saaduilla tuloksilla määritetään nykyinen SFP-luku koneiden puhaltimista ja tätä tietoa hyödynnetään myöhemmin tehtävässä energiansäästölaskelmaehdotuksessa.

6.1 SFP-luvun määrittäminen

Ilmanvaihtojärjestelmille on määrätty tietty vaatimustaso sen kuluttaman sähkötehon suhteen ja se voidaan määrittää myös yksittäiselle ilmankäsittelykoneelle tai sen käyttämille puhaltimille. Sähkötehoa kuvataan ominaissähköteholla eli SFP-luvulla, mikä tulee englanninkielisistä sanoista Specific Fan Power. Tällä tarkoitetaan yksittäisessä ilmankäsittelykoneessa tulo- ja poistokoneen puhaltimien yhteenlaskettua sähköverkosta ottamaa sähkötehoa ja se jaetaan tulo/poistoilmavirrasta suuremmalla. Tämä kuvaa käytännössä sitä, kuinka paljon puhallin tarvitsee sähkötehoa yhden kuution ilmamäärän siirtämisessä yhden sekunnin aikana ($\text{kW/m}^3/\text{s}$).

Mitä pienempi SFP-luku on sen energiatehokkaampia puhaltimetkin ovat. Sähkönkulutukseen puhaltimissa vaikuttavat kaikki siihen kuuluvat järjestelmän osat kuten ulkoilmasäleikkö, tulo- ja poistoilmakanavisto koneen imu- ja painepuolella, ympärillä oleva ilmankäsittelykone ja päätelaitteet. (LVI 30-10529 2013, 1-3.)

Vuoden 2018 alusta voimaantulleessa ympäristöministeriön asetuksessa on enimmäisvaatimuksena ominaissähköteholle koneellisessa tulo- ja poistojärjestelmässä 1,8 kW/(m³/s) ja koneellisessa poistojärjestelmässä enintään 0,9 kW/(m³/s). Perustelluista syistä voidaan poiketa kuitenkin näistä edellä mainituista arvoista suurempiin ominaissähkötehoihin. (Suomen säädöskokoelma 1010/2017, 14.)

6.2 SFP-luku

Tämän työn tarkoitus ei ole selvittää koko ilmanvaihtojärjestelmän SFP-lukua, vaan ainoastaan kahden eri tulo- ja poistokoneen SFP-luku, joissa on erikokoiset ilmamäärät. Tutkittavien koneiden mitoitusilmamäärät ovat 2 m³/s ja 3 m³/s. Näitä edellä mainittujen ilmamäärän omaavia koneita on tutkittavassa kohteessa eniten mitoitusilmavirran perusteella ja näin ollen näistä mitatut SFP-luvut tulevat toimimaan hyvänä pohjana, jos päätetään hankkia myöhemmin energiatehokkaammat kammiopuhaltimet nykyisten hinnakäyttöisten radiaalipuhaltimien tilalle.

Ilmanvaihtojärjestelmän SFP-luku lasketaan konekohtaisesti kaavalla:

$$SFP = \frac{P_{\text{puh}}}{q_v} \quad (1)$$

,missä

SFP = puhaltimen tai ilmanvaihtokoneen ominaissähköteho, kW/(m³/s)

P_{puh} = puhaltimen tai ilmanvaihtokoneen sähköteho tehonsäätölaitteineen, kW

q_v = puhaltimen tai ilmanvaihtokoneen ilmavirta, m³/s.

(Suomen rakentamismääräyskokoelma 2017, 56.)

6.3 Sähkötehon mittaus

SFP-luvun laskentaa varten täytyy selvittää puhaltimen verkosta ottama sähköteho. Mittaus suoritetaan yleensä pihtiampeerimittarilla, jokaisesta vaiheesta erikseen tai samanaikaisesti jokaisesta vaiheesta kertamittauksella. Mittaukset tulisi suorittaa aina taajuusmuuttajan tulopuolelta, jos mahdollista. Mittaustuloksista otetaan keskiarvo ja luotettavan tuloksen varmistamiseksi on hyvä suorittaa useita mittauksia samasta paikasta. Sähkötehon mittaukset tulisi teettää mahdollisuuksien mukaan aina sähköalan ammattilaisella. Kuviossa 5. on esitetty laskentakaava sähkömoottorin tehon mittaukseen. Kaavassa mainitun $\cos \varphi$ -arvon löytää sähkömoottorin laitekilvestä. (Fläktwoods Puhaltimenvaihto 2015, 8.)

$$P_{\text{moottori}} = \sqrt{3} \times 400V \times A_{\text{(mitattu keskiarvo)}} \times \cos\varphi$$

P_{moottori}	= Teho	[kW] (kaavaan 1 sijoitettava teho)
U	= Jännite	[V] (normaalisti 400V)
$I_{m.k.}$	= Virta	[A]. (eri vaiheiden virran keskiarvo)
$\cos\varphi$	= moottorin kilvestä saatava vaihekulma	

Kuvio 5. Sähkötehonmittaus kaava sähkömoottoreille.
(Fläktwoods Puhaltimenvaihto 2015, 8.)

6.4 Ilmavirran ja paineenkorotuksen mittaaminen

Tutkittavien koneiden ilmamäärät ovat suuntaa antavia ja niitä tulee mitata tarkemmin SFP-lukua varten. Puhaltimiin on asennettu ilmamäärämittarit, joihin on syötetty arvot lähinnä vanhan rakennusautomaatiojärjestelmästä saadun tiedon mukaan. Tarkempia k-arvoja tiedusteltiin maahantuojilta ja osa toimittekin ne. Näiden avulla saadaan syötettyä uudet arvot ilmamäärämittareille ja päästään lähemmäksi todellista ilmamäärää. Ilmamäärämittarin näytöltä näkyy puhallinpyörän keskeltä mitattu, sen hetkinen paine pitot-putkesta ja ilmamäärä m³/s. Ilmamäärien tulosten varmistamiseksi tehdään vielä lisäksi mittauksia kanavasta.

Ilmavirta voidaan laskea pyöreästä ja kantikkaasta kanavasta virtausnopeuden ja kanavakoon perusteella. Pienissä kanavissa virtausnopeus mitataan ns. yksipistemittauksena ja suuremmista kanavista se tehdään viisipistemittauksena, koska ilmanvirtaus on kanavien reunoilla pienempää verrattuna kanavan keskelle. Saa-
duista virtausmittauksista käytetään tuloksena niistä saatua keskiarvoa. Kuviossa 6. esimerkki pyöreänkanavan ilmamäärän laskennasta. (Fläktwoods Puhaltimenvaihto 2015, 6.)

Koska puhaltimen mitoituksessa ilmavirran yksikkönä käytetään m^3/s , kannattaa koko ajan pysyä metrisessä skaalassa. Täten \varnothing 400 mm kanava on \varnothing 0,4 m ja nopeus kanavassa aina m/s.

Kanava- koko	Pinta- ala
\varnothing [m]	A [m^2]
0,160	0,020
0,200	0,031
0,250	0,049
0,315	0,078
0,400	0,126
0,500	0,196
0,630	0,312
0,800	0,503
1,000	0,785
1,200	1,131

Viereisessä taulukossa (Taulukko 1) on tavallisimpien kanavakokojen pinta-ala. Ensimmäisessä sarakkeessa ovat tutut kanavakoot metrisinä, toisessa niiden pinta-ala.

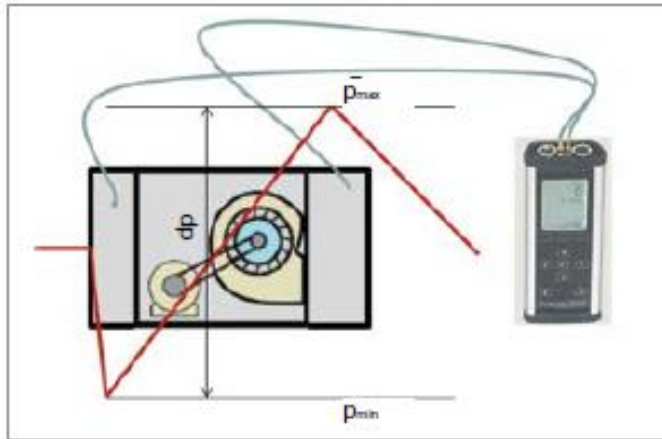
Esim. \varnothing 500 ja siinä nopeus 5 m/s. Taulukosta 1 saadaan ko. kanavan pinta-ala.

$$0,196 \text{ m}^2 \times 5 \text{ m/s} = 0,98 \text{ m}^3/\text{s}.$$

Taulukko 1

Kuvio 6. Ilmamäärän laskenta esimerkki.
(Fläktwoods Puhaltimenvaihto 2015, 6.)

Puhaltimien paineenkorotus tulee selvittää myös mahdollisimman tarkasti, jotta voidaan syöttää mitoitusohjelmaan puhaltimen toimintapiste energiankulutuksen selvittämistä varten. Paineenkorotuksen mittaukseen käytetään paine-eromittaria. Paine-eromittarilla mitataan puhaltimen kammiosta alipainetta ennen puhallinta ja välittömästi sen läheltä olevasta osasta ylipainetta. Näiden kahden mittauspisteen välille syntynyt paine-ero on puhaltimella aikaan saatava paineenkorotus. Mittausten suoritus on tärkeää tehdä mahdollisimman läheltä puhallinta, koska ilmanvirtaussuunnassa siinä vallitsee koko järjestelmän suurin alipaine ja vastaavasti puhaltimen jälkeen suurin ylipaine. Havainnollinen mittaussuoritus paineenkorotuksesta esitetty kuviossa 7. (Fläktwoods Puhaltimienvaihto 2015, 7.)



Kuvio 7. Paineenmittaus puhaltimille paine-eromittarilla. (Fläktwoods Puhaltimenvaihto 2015, 7.)

6.5 Mittaustulokset sähkötehoista ja ilmamääristä

Kahdelle ilmankäsittelykoneelle TK/PK 1 ja 2 suoritettiin sähkötehon määrittämistä varten virtamittaukset Fläktwoods'n puhaltimenvaihto-oppaassa annettujen ohjeiden mukaisesti jokaisesta vaiheesta erikseen ja mitatuista arvoista käytettiin keskiarvoa tuloksena. Mittaukset suoritettiin koneiden omista sähkökeskuksista jokaiselle puhaltimelle erikseen ja ne suoritti sähköalan ammattilainen. Sähkömiehellä oli käytössä pihtimittari Fluke 322. Tässä mittarissa ei ollut kuitenkaan toimintoa suoran sähkötehon mittaukseen. Virtamittausten jälkeen suoritettiin varsinaiset sähkötehon laskennat luvussa 6.3 olevan kaavan mukaan ja ne esitetään taulukossa 6. Mittausten aikana taajuusmuuttajasta yritettiin katsoa virtamääriä lähinnä tarkistuksen vuoksi, mutta ilmeni, ettei taajuusmuuttajissa ollut mahdollisuutta lukea näitä osaksi epäselvien näyttöjen vuoksi.

Taulukko 6. Mitatut virtamäärät ja lasketut sähkötehot.

Tunnus:	Keskiarvo virta(A)	Jännite (V)	cos φ -arvo	Teho(kW)
TK 1.	7,1	400	0,79	3,9
PK 1.	5,6	400	0,79	3,1
TK 2.	3,9	400	0,77	2,1
PK 2.	3,2	400	0,77	1,7

Suunnitellut ilmamäärät TK/PK 1-koneelle oli siis 3 m³/s ja TK/PK 2-koneelle 2 m³/s. Tiedot käyvät ilmi vanhoista suunnitteluasiakirjadokumenteista ja ei ole ainakaan tiedossa, että olisi muutosta tullut näihin edellä mainittuihin suunnitteluarvoihin eli näitä mitoitusilmamääriä lähdettiin hakemaan mittauksia tehdessä. Kummassakin koneessa oli mittaushetkellä tulo- ja poistopuolella uudet suodattimet sekä hihnojen kireys puhaltimista tarkistettu oikeaksi.

Koneiden ilmamäärämittareista luettiin aluksi niihin halutut mitoitusilmamäärät. Mittareissa oli syötettynä puhallinvalmistajilta saadut k-arvot ja näiden arvojen oikeellisuuden tarkistamiseksi tuli tehdä muitakin toimenpiteitä. Koneelta lähtevien kantikkaiden tulo- ja poisto runkokanavien keskeltä virtausnopeudenmittauksia sellaisella paine-eromittarilla, joka näyttää virtausnopeuden suoraan kanavasta. Ilmamäärät saatiin laskettua kuvion 6. esimerkin mukaan. Mitatut lukemat osoittivat isoja heittoja ilmamäärämittarin lukemiin verrattuna. Tähän vaikuttaa osaksi heti koneen jälkeen lähtevät kanavakulmat, joiden välissä on vain lyhyitä kanavaosia ja näin ollen ilmanvirtaus ei ehdi tasoittua riittävästi oikean tuloksen saamiseksi.

Mittauksia tehdessä huomattiin, että koneiden jakolaatikoista lähtevissä runkokanavissa on säätöpellit, mistä ilmamäärämittaukset olisi hyvä suorittaa tarkistuksen vuoksi. TK/PK 1-runkokanavat sijaitsevat tavarapuodin uuden kassalinjan kohdalla ja näissä on tulo- ja poistokanavissa kummassakin säätöpellit. Näistä säätöpelleistä mitattujen ilmamäärien yhteenlaskettua tulosta verrattiin ilmamääräsäätimen arvoihin ja arvoissa havaittiin virhettä. Automaatioasentaja teki korjaukset säätimen k-arvoihin ja säädön jälkeen voitiin todeta automaation avulla lähellä oikeaa lukemaa oleva ilmamäärä. Vastaavasti TK/PK 2-runkokanavat sijaitsevat päävaraston ylimässä kerroksessa ja täällä on säätöpellit ainoastaan tulokanavissa. Sieltä mitatut ilmamäärät tulopuolen säätöpelleistä oli yhteensä +1,74 m³/s ja ilmamäärämittarin näyttämä lukema mittaushetkellä +1,68 m³/s. Erotus on noin 3-4 % luokkaa ja pysyy sallitun +/- 10% sisällä. Huomioitavaa on kuitenkin, että TK/PK 2-koneen poistopuhallin ei täyttänyt mitoitusilmamäärien arvoja, vaikka poistopuolen taajuusmuuttajalla oli arvo 50 Hz ja ohjausviesti 10 voltia eli käytännössä puhallin kävi täydellä teholla ja ilmamääräksi tälle tuli 1,77 m³/s. TK/PK 1-kone saavutti täydellä teholla niukasti molemmilla puhaltimilla mitoitusilmamäärän arvon 3 m³/s. Mitatut ilmamäärät ja paineenkorotukset esitetty taulukossa 7.

Taulukko 7. Mitatut ilmamäärät.

Tunnus:	Mitoitus ilmamäärä:	Mitattu ilmamäärä:	Kanavapaine:
TK 1.	3 m ³ /s	3 m ³ /s	150 Pa
PK 1.	3 m ³ /s	3 m ³ /s	150 Pa
TK 2.	2 m ³ /s	2 m ³ /s	145 Pa
PK 2.	2 m ³ /s	1,77 m ³ /s	110 Pa

6.6 SFP-luvun laskenta

SFP-luku laskettiin TK/PK 1- ja 2-koneille mitatuilla ilmavirroilla ja sähkötehoilla, jotka olivat samalla koneiden täydet tehot. Paineenkorotus puhaltimille mitattiin toimintapisteen määrittämistä varten ja ne esitetään tässä laskentataulukossa 8. myös. Paineenkorotuksen mittausarvoissa numeron 1-koneen puhaltimissa oli eroa noin 110 Pa:n verran, vaikka mittaukset tehtiin samoista kohdista. Eroavaisuuksia ei lähdetty tutkimaan tarkemmin, vaan puhallinajoa varten käytettiin isompaa paineenkorotuslukua mitoitusarvona.

Taulukko 8. SFP-luvun laskentataulukko.

Tunnus:	Paineenkorotus:	Mitattu ilmamäärä :	Sähköteho:	SFP-luku:
	Pa	m ³ /s	kW	kW/(m ³ /s)
TK 1.	500	3	3,9	2,33
PK 1.	390	3	3,1	
TK 2.	-	2	2,1	1,9
PK 2.	370	1,77	1,7	

7 ENERGIANKULUTUKSEN TULOSTEN VERTAILU JA TAKAISINMAKSUAIKA

7.1 Puhaltimien sähkönkulutus

Puhaltimien sähkönkulutus voidaan määrittää, jos tiedossa on suunniteltu ominais-sähköteho eli SFP-luku, ilmavirta ja käyntiajat. (Suomen rakentamismääräyskoelma 2017, 56.)

$$W_{\text{ilmanvaihto}} = \sum SFP q_v \Delta T + W_{iv, \text{muut}} \quad (2)$$

,missä

$W_{\text{ilmanvaihto}}$ = ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergiankulutus, kWh

SFP = puhaltimen tai ilmanvaihtokoneen ominais-sähköteho, kW/(m³/s)

q_v = puhaltimen tai ilmanvaihtokoneen ilmavirta, m³/s

ΔT = puhaltimen tai ilmanvaihtokoneen käyttöaika laskentajaksolla, h

$W_{iv, \text{muu}}$ = muu ilmanvaihtojärjestelmän sähkönkulutus, kWh.
(Suomen rakentamismääräyskoelma 2017, 56.)

7.2 Nykyisten puhaltimien energiankulutus verrattuna kammionpuhaltimiin

Puhaltimien sähkönkulutuksen selvittämiseksi tulee tietää niiden käyttöajat. Tämä tieto löytyi rakennusautomaatiosta selvitysten jälkeen TK/PK 1-kone käy, joka päivä klo 7.00-23.00 eli vuosittaiseksi käyntiajaksi muodostuu tämänhetkisinällä aikaohjelmilla 5840 h/vuosi. Vastaavasti TK/PK 2-kone käy, joka päivä klo. 6.00-19.00 ja vuotuisesti käyntiajaksi tulee 4745 h/vuosi.

Tähän energiankulutuksen vertailuun otetaan mukaan myös Fläktwoods Oy:n puhallinasiantuntijan tekemät puhallinajot (liite 2) Centriware-ohjelmalla kammiopuhaltimille, jotka on merkiltään kaikki Fläktin valmistamia. Puhallinajoissa on käytetty hyödyksi luvussa 6. mitattuja arvoja ja ne on esitetty taulukossa 9. ja 10. Puhallinajoista selviää ainakin puhaltimien toimintapiste, malli, verkosta otettu sähköteho, käytetyt ilmamäärät, SFP-luku ym. Puhaltimen vertailussa on käytetty kaikissa kammiopuhallinta ja sähkömoottoreina AC-, PM- ja EC-moottoreita ja lisäksi nykyisiä käytössä olevia radiaalipuhaltimia.

Taulukko 9. Puhaltimien energiankulutus vuodessa erilaisilla vaihtoehtoilla.

TK/PK 1.				
Puhallin malli+moottori:	Ilmamäärä m ³ /s:	Laskettu SFP-luku:	Käyntiajat h/vuosi:	Energiankulutus kWh/vuosi:
Kammiopuhallin CF3D, AC-moottori	3	1,75	5840	30660
Kammiopuhallin CF3D, PM-moottori	3	1,65	5840	28908
Kammiopuhallin CF3D, EC-moottori	3	1,6	5840	28032
Nykyiset puhaltimet	3	2,33	5840	40822

Taulukko 10. Puhaltimien energiankulutus vuodessa erilaisilla vaihtoehtoilla.

TK/PK 2.				
Puhallin malli+moottori:	Ilmamäärä m ³ /s:	Laskettu SFP-luku:	Käyntiajat h/vuosi:	Energiankulutus kWh/vuosi:
Kammiopuhallin CF3D, AC-moottori	2	1,42	4745	13476
Kammiopuhallin CF3D, PM-moottori	2	1,39	4745	13191
Kammiopuhallin CF3D, EC-moottori	2	1,34	4745	12717
Nykyiset puhaltimet	2	1,9	4745	18031

Lyhyenä yhteenvetona voidaan todeta taulukoista 9. ja 10. EC-moottorin olevan vähiten energiaa kuluttava näistä vertailussa olleista vaihtoehdoista kummassakin tapauksessa, mutta puhaltimen kokonaishyötysuhde toimintapisteessä täydellä teholla on jonkin verran parempi AC-moottorilla varustetussa vaihtoehdossa. AC- ja EC-moottorilla ero on noin 7-8 % ja PM-moottori jää kokonaishyötysuhteeltaan näiden väliin. Voidaan todeta vielä tuon nykyisten puhaltimien TK/PK 2-osalta SFP-luvun 1,9 kW/(m³/s) olevan aika pieni vertailussa. Sen vaikutus on puolestaan vain vähän vuodessa energiankulutuksessa.

7.3 Huomioitavaa kammiopuhallin saneerauksesta ja kustannuksista

Jos päädytään vaihtamaan kammiopuhaltimet kaavullisten radiaalipuhaltimien tilalle, tämä vaatii osittaisia muutoksia ilmankäsittelykoneeseen. Isoin muutos on puhallinkammioon tehtävä väliseinä, joka täytyy tehdä puhallinkammion koko mitalle pysty- ja vaakasuunnassa. Fläktwoodsien puhallinvaihto-oppaassa mainitaan, että väliseinä täytyy tehdä aina. Väliseinän teko johtuu kammiopuhaltimen imuaukon muodosta ja mitä isompi kammiota saadaan tehtyä väliseinän avulla niin sitä parempaan lopputulokseen päästään ja tähän vaikuttaa oleellisesti käytössä oleva tila. Puhaltimenvaihdosta esimerkki kuviossa 8. Alkuperäisessä tilanteessa radiaalipuhaltimilla puhallinkammio on alipaineinen ja kammiopuhaltimen vaihdon jälkeen käyttötilanteessa lähes kokonaan ylipaineinen. Tulee kiinnittää huomioita puhallinkammion tiiveyteen ja samoin huoltoluukun lukitukseen. (Fläktwoods Puhaltimenvaihto 2015, 12.)



Kuvio 8. Esimerkki kammio puhaltimen vaihdosta kaavullisen radiaalipuhaltimen tilalle.

(Fläktwoods Puhaltimenvaihto 2015, 12.)

Puhaltimen, kammioon tehtävän väliseinän, rakennusautomaation ja sähkön työ- ja tarvikkekustannukset täytyy huomioida, jos lasketaan takaisinmaksuaikaa. Tässä työssä vertailtavien puhaltimien kustannukset työlle ja tarvikkeille arvioidaan olevan noin 2000 €/ilmankäsittelykone. Tämä on arvioitu summa ja sitä on vaikea ennustaa tarkasti oikeaksi, kun ei tiedä etukäteen mahdollisista yllätyksistä asennustyövaiheessa.

Huoltokustannukset vähenevät oleellisesti suoravetoisen kammio puhaltimen käytön myötä. Pois jäävät siipipyörien vaihdot, jotka yleensä vaihdetaan noin 5 vuoden

välein sekä vetohihnat, joiden vaihtoväli on noin 1-2 vuotta. Säästö ilmankäsittelykonetta kohden on noin 150 euroa vuodessa.

7.4 Puhaltimien energiankulutus, hintavertailu ja takaisinmaksuaika

Puhaltimien hintoja vertaillessa niistä on mahdotonta tehdä täysin yksiselitteistä päätöstä, mikä on täysin siihen sopiva vaihtoehto ja niitä onkin tarkasteltava aina tapauskohtaisesti. Hintaan vaikuttavat oleellisesti puhaltimen koko, puhaltimen asennukseen tarvittavat lisätarvikkeet, saatu tarjous ym. Samoin takaisinmaksuaikaa tarkasteltaessa on sähkönhintaa vaikea ennustaa, mutta voidaan hinnan nousun olettaa olevan keskimäärin 3 % vuodessa. Tässä takaisinmaksuaikavertailussa kammiopuhaltimille ei kuitenkaan huomioida sähköhinnan nousua. Sähkönkulutukseen vaikuttaa lisäksi, millaisilla tehoilla puhaltimia käytetään.

Hintavertailun vuoksi kysyttiin lisäksi hankintahinnat lisätarvikkeineen kammiopuhaltimille samalta Fläktwoods'in puhallinasiantuntijalta, mikä teki puhallinajot TK/PK 1- ja 2-ilmankäsittelykoneille. Hankintahintojen pohjana on käytetty samoja puhallin- ja sähkömoottorivaihtoehtoja kuin puhallinajoissakin käytettiin. Kammiopuhaltimen hankintahinta AC-moottorilla sisältää siihen sopivan taajuusmuuttajan irrallaan, jota ei ole parametroitu ja lisäksi tärinänvaimenninsarjan ja joustavan liittimen. PM-moottorilla varustettu kammiopuhallin sisältää samat tarvikkeet kuin edellinenkin, mutta siihen kuuluva taajuusmuuttaja on parametroitu valmiiksi ja moottorikaapeli kuuluu myös lisänä. Kammiopuhallin EC-moottorilla hankintahintaan ei sisälly muita lisätarvikkeita.

Takaisinmaksulaskelmissa käytettiin sähkön hintana 0,08 €/kWh (sähköenergia+siirto) alv. 0 %. Hintatiedot on saatu Veljekset Keskinen Oy:n kiinteistöpäällikön kanssa käydyin sähköpostikeskustelun kautta 22.2.2018. Laskelmataulukossa näkyy investointina kammiopuhaltimien hankintahinnat tarvikkeineen ja samoin työ- ja tarvikekustannuksien arviohinnat. Huoltokustannukset huomioidaan myös takaisinmaksuajassa. Takaisinmaksuaikalaskelmat 1- ja 2-koneilla on esitetty taulukoissa 11. ja 12.

Taulukko 11. Takaisinmaksuaika kammiopuhaltimille eri moottorivaihtoehdoilla.

TK/PK 1.				
Ilmamäärä	3 m ³ /s			
Käyntiaika h/vuosi	5840			
Puhallin malli+moottori:	Kammiopuhallin CF3D, AC- moottori	Kammiopuhallin CF3D, PM- moottori	Kammiopuhallin CF3D, EC- moottori	Nykyiset puhaltimet
Investointi puhaltimet(2 kpl) €	2400	3800	2440	-
Investointi (työ/tarvike) €	2000	2000	2000	-
Säästö huoltok. €/vuosi	150	150	150	-
Puhaltimet kWh/vuosi	30660	28908	28032	40822
Puhaltimet €/vuosi (0,08 €/kWh)	2453	2313	2243	3266
Takaisinmaksuaika vuosina	4,57	5,26	3,78	-

Taulukko 12. Takaisinmaksuaika kammiopuhaltimille eri moottorivaihtoehdoilla.

TK/PK 2.				
Ilmamäärä	2 m ³ /s			
Käyntiaika h/vuosi	4745			
Puhallin malli+moottori:	Kammiopuhallin CF3D, AC- moottori	Kammiopuhallin CF3D, PM- moottori	Kammiopuhallin CF3D, EC- moottori	Nykyiset puhaltimet
Investointi puhaltimet(2 kpl) €	2000	2800	1980	-
Investointi (työ/tarvike) €	2000	2000	2000	-
Säästö huoltok. €/vuosi	150	150	150	-
Puhaltimet kWh/vuosi	13476	13191	12717	18031
Puhaltimet €/vuosi (0,08 €/kWh)	1078	1055	1017	1442
Takaisinmaksuaika vuosina	7,78	8,94	6,92	-

7.5 Päätelmät takaisinmaksuajoista

Takaisinmaksuaikoja vertailemalla edellisen luvun taulukoista voidaan todeta kammiopuhaltimen vaihdon nykyisten kaavullisten radiaalipuhaltimien tilalle olevan kaikilla vertailluilla moottoreilla kannattavaa. Samalla saataisiin parannettua ilmankäsittelykoneiden energiatehokkuutta. Takaisinmaksuajat jäävät TK/PK 1-koneen kammiopuhaltimille keskimäärin 5 vuodeksi ja TK/PK 2- koneella noin 10 vuodeksi. Kammiopuhaltimen elinkaari on reilut 20 vuotta riippuen sen käyttöajoista eli puhaltimien toimiessa reilusti yli niiden takaisinmaksuajan saadaan lisättyä energiansäästöä. Huomiona voidaan verrata ilmamäärän kasvun kahdesta kuutiosta kolmeen puolittavan takaisinmaksuajan. Tähän vaikuttaa eniten puhaltimien hankintahinta,

sillä niissä käytettävät puhaltimet ovat lähes samankokoisia, eikä hinnoissa ole silloin suuria eroja. Jos takaisinmaksuajan laskelmiin olisi huomioitu lisäksi sähkön hinnan nousu vuositason tasolla, olisi se muuttanut tilannetta vielä paremmaksi kammiopuhaltimien käyttämien energiatehokkaampien PM- ja EC-moottoreiden hyväksi.

8 YHTEENVETO

Tutkittavia koneita oli kohteessa paljon ja niistä tehtyjen lähempien tutkimusten pohjalta voidaan koneiden todeta olevan suurimmaksi osaksi hyväkuntoisia niiden ikään nähden. Vielä, kun kiinnitetään huomioita puhaltimien hihnojen kuntoon ja vaihtoväliin säännöllisesti. Samoin LTO:n harjatiivisteiden kunto oli puutteellinen monessa koneessa. Näillä pienillä kunnostus- ja huoltotoimilla saataisiin nostettua hyötysuhdetta entisestään. Suodattimien vaihdosta oli huolehdittu koneisiin keskimäärin 2 kertaa vuodessa. Näin ne täyttävät niille asetetut suositusvaatimukset. Näistä tulisi kuitenkin pitää jatkuvaa dokumentaatio, että pysyttäisiin käsityksessä vaihtoväleistä.

Ilmankäsittelykoneiden uusimista ei ole tarpeen suunnitella kuitenkaan lähivuosien aikana tutkituille koneille, sillä niiden runko-osat olivat vielä kelpokuntoisia ja elinkaarta on jäljellä hyvin. Niissä käytettävät komponentit rupeavat olemaan kuitenkin teknisen käyttöikänsä loppupäässä ja niitä tuleekin seurata tarkasti ja uusia mahdollisuuksien mukaan. Hyvänä vaihtoehtona olisi nykyään lähes kaikissa uusissa ilmankäsittelykoneissa käytettyjen energiatehokkaimpien kammiopuhaltimien vaihto vanhojen kaavullisten radiaalipuhaltimien tilalle. Näistä tekemäni energiansäästölaskelma investointeineen ja takaisinmaksuaika huomioituna ne puoltavat hankinnan tekemistä. Puhaltimien vaihto parantaisi koneiden energiatehokkuutta ja pystyttäisiin tarkemmin seuraamaan automaation avulla puhaltimien käyttämiä ilmamääriä. Samoin taajuusmuuttajakäytöllä ohjatut puhaltimet varustettuna nykypäivän energiatehokkailla sähkömoottoreilla mahdollistaa laajemman säätöalueen ja päästään käyttämään tarvittaessa pienempiäkin ilmamääriä. Huollon tarve vähentyisi oleellisesti näillä kammiopuhaltimilla, kun kiilahihnojen ja siipipyörien vaihto- ja huoltotyö jäisi pois kokonaan, koska kammiopuhaltimet ovat suoravetoisia.

Olisi mielenkiintoista nähdä, miten kammiopuhaltimien hankinnalla olisi vaikutusta ilmankäsittelykoneiden toimintaan. Aluksi kannattaisi tehdä varmaan saneerauskokeilu yhteen ilmankäsittelykoneeseen ja seurata sitä tietyn ajanjakson ja niistä tehtyjen päätelmien avulla toteuttaa saneerausta mahdollisesti muihin koneisiin.

Dokumentaatio oli tutkittujen koneiden osalta puutteellinen isoilta osin. Huoltohistoriasta löytyi koneiden ovista tietoja ja osaksi ne perustuivat kiinteistön huoltomiesten

muistelmiin. Laadin näiden puutteellisuuksien takia kaikista tutkittavista koneista omat konekortit, joiden pohjalta on tarkoitus viedä tiedot kiinteistössä vuosia käytössä olleeseen sähköiseen kiinteistön ylläpitojärjestelmään. Ylläpitojärjestelmässä saadaan laadittua koneille oma huoltokirja ja tätä seuraamalla saadaan koneiden huolto suunnitella säännölliseksi edellyttäen, että kaikki kirjaukset tehdään järjestelmään heti huoltojen ja korjausten jälkeen.

Lopuksi vielä todettakoon työn olleen mielenkiintoinen. Kentällä tehty tutkimus täydensi mukavasti teorian kautta saatuja tietoja.

LÄHTEET

- Fläktwoods Oy. 2015. Puhaltimen vaihto: Opas puhaltimen vaihtoon. [Verkköjulkaisu]. [Viitattu 7.2.2017]. Saatavana: <http://resources.flaktwoods.com/Perfion/File.aspx?id=70072eb6-48a7-4534-a1e1-9db6709cb22b>
- Gustafsson J. 2018. Puhallinajot. [Henkilökohtainen sähköpostiviesti]. Vastaanottaja: Ari-Matti Lahdenmäki. [Viitattu 20.2.2018].
- Hannonen M. 2018. Sähkönhinta. [Henkilökohtainen sähköpostiviesti]. Vastaanottaja: Ari-Matti Lahdenmäki. [Viitattu 22.2.2018].
- Ilmastointitekniikka osa 1. 2016. Sisäilmasto ja ilmastointijärjestelmät: Perustietoa ilmastointitekniikasta rakentamisen ja rakennusten käytön asiantuntijoille. 2. p. Helsinki: Talotekniikka-Julkaisut Oy.
- Ilmastointitekniikka osa 2. 2016. Ilmastointilaitoksen mitoitus: Opastusta sisäilma-aston, ilmastointilaitoksen järjestelmien, tilailmastoinnin, kanavistojen, koneiden sekä jäähdytys- ja rakennusautomaatiojärjestelmien suunnitteluun ja mitoittamiseen. Helsinki: Talotekniikka-Julkaisut Oy.
- Korkala, T. & Laksola, J. Ilmastointi: Hoito ja huolto. 5. p. Helsinki: Kiinteistöalan kustannus Oy.
- LVI 01-10424. 2008. Kiinteistön tekniset käyttöiät ja kunnossapitajaksot. Helsinki: Rakennustieto.
- LVI 30-10529. 2013. Ilmanvaihtojärjestelmän ominaissähköteho SFP. Helsinki: Rakennustieto
- Rakennusautomaatiojärjestelmät. 2012. ST-käsikirja 17: Tietotekniset järjestelmät. 3. p. Espoo: Sähköinfo.
- Seppänen, O. & Seppänen, M. 1996. Rakennusten sisäilmasto ja LVI-tekniikka. Helsinki: Sisäilmayhdistys.
- SFP-opas. 2009. Opas ilmanvaihtojärjestelmän ominaissähkötehon määrittämiseen, laskentaan ja mittaamiseen. 3. p. Helsinki: LVI-talotekniikkateollisuus ry.
- Suomen rakentamismääräyskokoelma. 2017. Energiatehokkuus. Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehon tarpeen laskenta. Ohjeet. Helsinki: Ympäristöministeriö.
- Suomen säädöskokoelma.1010/2017. Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta. Helsinki: Ympäristöministeriö.

LIITTEET

Liite 1. Konekortti

Liite 2. Esimerkki puhallinjosta

LIITE 1. Konekortti

KONEKORTTI

Kohde:	Tarkennus:
Veljekset Keskinen Oy	tavarapuoti
Laitetyyppi:	Laitetunnus:
Tulo/ Poisto ilmastointikone	TK 11
Sijainti:	Vaikutusalue:
Konehuone, vesikatolla	kauppakäytävä ja tekstiilitoimistot
Merkki/ Malli:	Valmistusvuosi:
Enervent LTR 70	1997
Ilmamäärät mitoitus:	
Tulo: 3,0 m³/s	Poisto: 3,0 m³/s
Hihnat:	Sulkupelti ja moottori:
Tulo:	Ulkoilma:
Hihna: XPZ 1180	Koko: 800x 600
Määrä: 2 kpl	Merkki peltimoottori: Belimo, 24V
Poisto:	Jäteilma:
Hihna: XPZ 1180	Koko:
Määrä: 2 kpl	Merkki peltimoottori:
Suodattimet:	Puhaltimet:
Tulo:	Tulopuhallin:
Koko: 592x592x500	Merkki: Comefri/Ziehl
Määrä: 3 kpl	Malli: TLZ 450
Suodatusluokka: F7	Hihnapyörä:
	Merkki: SKF Tohmac
Poisto:	Koko(alkup.): SPA 200/35mm,2-ura
Koko: 592x592x500	Sähkömoottori: Brook Crompton
Määrä: 3 kpl	Tunniste: T-DA132S-4, 1450rpm, 5,5kW
Suodatusluokka: M5	10,9A
	Poistopuhallin:
	Merkki: Comefri/Ziehl
	Malli: TLZ 450
	Hihnapyörä:
	Merkki: SKF Tohmac
	Koko(alkup.): SPA 224/35mm,2-ura
	Sähkömoottori: Brook Crompton
	Tunniste: T-DA132S-4, 1450rpm, 5,5kW
	10,9A

Lämmöntalteenotto/LTO: Malli: Pyörivä lämmönsiirrin Valmistaja: OY COMBINENT AB Koko: 1600x 200mm Laakerit: FY30TF, 2kpl Moottori/vaihde: Valmistaja: Emotron Malli: VVX-2-MO-26 Lisätiedot: 0,09 kW, 1,2A Säätökeskus: VVX 2/N	Patterit: Vesilämmityspatteri: ON Valmistaja: Dimico Lisätiedot: 46,9 kW, ilma 2,9 m3, vesi 0,5 dm3/s, DN 32 Jäähdytyspatteri: ON Valmistaja: Dimico Lisätiedot: 49,3 kW, ilma 2,9m3/s
Lisätiedot:	Huoltohistoria:

LIITE 2. Esimerkki puhallinjosta

Tekniset tiedot



Projektin nimi		Päivämäärä	19.2.2018 8:36
Positio/tuote	TKPK 1a	Projektin tiedot	
Asiakkaan viite		Positio	
Viitteemme			
Puhallintyyppi	Kammio puhallin CF3D	Puhaltimen tiedot	
Puhallinkoodi	GMEB-1-04-056-3070	Max pyörimisnopeus	2600 r/min
Lukumäärä	1	Ilmavirran mittauksen k-arvo	14.56
Lähtöarvot		Liitännätapa	
Ilmavirta	3.000 m ³ /s	Liitostapa : Puhallin ilmastointikoneessa	
Syötetty staattinen paine	500 Pa	IV-koneen leveys	1830 mm
		IV-koneen korkeus	890 mm
		AHU vaippa pienempi kuin optimi	
Lasketut toiminta-arvot		Kaasun ominaisuudet	
Ilmavirta	3.000 m ³ /s	Tiheys	1.200 kg/m ³
IV-koneen liitäntähäviö	11 Pa	Lämpötila	20.0 °C
Muut häviöt	0 Pa	Ilmankosteus	50.00 %
Puhaltimen staattinen paine	511 Pa	Korkeusasema	0 m
Pyörimisnopeus	1599 r/min		
Kokonaisäänitaso	81.0 dB(A)	Paino	
Akseliteho	2.166 kW	Puhallin	61.0 kg
Verkosta otettu teho Ped	2.620 kW	Moottori	– kg
Staattinen kokonaishyötysuhde	58.5 %	Lisätarvikkeet	7.4 kg
SFP-arvo	0.873 kW/m ³ /s	Yhteensä	68.4 kg

Puhallindata on testattu standardien ISO 5801 ja ISO 13347-2 mukaisesti. Äänidata alla on annettu valitulle liitännätavalle.

Oktaavikaistoittainen äänitaso siipitaajuudella voi olla korkeampi kuin alla laskettu.

Äänitaso ilmastointikoneessa on laskennallinen

Lwoct (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Lwt (dB)	LwA (dBA)
Ulospuh. rak.osaan	70.2	75.3	76.5	77.3	75.9	74.5	70.9	65.5	83.5	81.0
Vapaa imupuoli	67.9	74.8	76.2	69.1	70.2	68.2	68.2	63.8	80.5	75.9

Moottorikoodi	APAL-4-00300-1-2-7	Nopeussäädin	TJM ei sisälly FW:n toimit
Moottorityyppi	FW IE2 moottori	Taajuusmuuttajan teho	– kW
Moottorin teho	3.00 kW	Laskennallinen toimintapisteen Hz	55.1 Hz
Nimellispyörimisnopeus	1450 r/min	Laskennallinen ohjaujännite	8.9 V
Moottorin hyötysuhde	85.5 %	Max pyörimisnopeus moottorin kans	1761 r/min
Hyötysuhdeluokka	IE2	Laskennallinen max Hz	60.7 Hz
Moottorin nimellivirta	6.49 A	Syötön nimellinen virta	– A
IEC-koko	100L	Sähkönsyöttö	400V 3~50Hz
		Puhaltimen nimellisteho	– kW
Lisätarvikkeet			
Tärinänvaimenninsarja, kumi		GMEZ-42-00-056-1-0	
Joustava liitin		GMEZ-21-00-056-1-0	

ErP-direktiivin mukaiset tiedot

Kokonaishyötysuhde	61.6 %	Pyörimisnopeus	1594 r/min
Hyötysuhdetaso N	71	Tavoite hyötysuhdeluokka N	62
Verkosta otettu teho	2.681 kW	Liitännätapa	A
Ilmavirta	2.414 m ³ /s	Hyötysuhdeluokka	staattinen
Paine	684 Pa	Taajuusmuuttaja	Kyllä
TÜV-luokitus	NC	DIN 24166 luokitus	LK 2

Puhallinkäyrä



Projektin nimi
Positio/tuote
Asiakkaan viite
Viitteemme

TKPK 1a

Päivämäärä
Projektin tiedot
Positio

19.2.2018 8:36

Puhallin	GMEB-1-04-056-3070	Liitântätapa	
Puhallintyyppi	Kammio puhallin CF3D	Liitostapa : Puhallin ilmastointikoneessa	
Lukumäärä	1	IV-koneen leveys	1830 mm
		IV-koneen korkeus	890 mm

Lasketut toiminta-arvot

Ilmavirta	3.000 m ³ /s	SFP-arvo	0.873 kW/m ³ /s
IV-koneen liitântähäviö	11 Pa	Käyrästön tiheys	1.200 kg/m ³
Muut häviöt	0 Pa	Tiheys	1.200 kg/m ³
Puhaltimen staattinen paine	511 Pa		
Pyörimisnopeus	1599 r/min		
Kokonaisäänitaso	81.0 dB(A)		
Verkosta otettu teho Ped	2.620 kW		
Staattinen kokonaishyötysuhde	58.5 %		

GMEB-1-04-056-3070

