



ILMANVAIHTOKONEEN UUSIMI- NEN SANEERAUSKOHTEESSA

CASE: Koskikeskus

Vesa Kiviö

Opinnäytetyö
Huhtikuu 2015
Talotekniikan koulutus
LVI-talotekniikka

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Talotekniikka
LVI-talotekniikka

KIVIÖ, VESA:

Ilmanvaihtokoneen uusiminen saneerauskohteessa
CASE: Koskikeskus

Opinnäytetyö 53 sivua, joista liitteitä 5 sivua
Huhtikuu 2015

Opinnäytetyön tavoitteena oli laatia insinööritoimisto AX-LVI:lle muistilista ilmanvaihtokoneen uusimisessa tarvittavien lähtötietojen keräämiseksi. Muistilistan tarkoituksena on tehostaa suunnittelun lähtötietojen hankintaa. Muistilista on tarkoitettu liike- ja teollisuuskohteiden yleisilmanvaihtokoneiden uusimisen avuksi.

Opinnäytetyö koottiin aiheeseen liittyvän aineiston sekä LVI-suunnittelijoiden ja alan asiantuntijoiden neuvojen avulla. Opinnäytetyön raporttiosuudessa tarkennetaan muistilistassa esiintyviä lähtötietoja ja selvennetään, minkä takia kyseiset tiedot ovat tärkeitä ilmanvaihtokoneen uusimista ja sen suunnittelua ajatellen. Raporttiosuudessa kerrotaan myös erilaisia näkökohtia oikeanlaisten komponenttien valintaan. Muistilistan toimivuutta testattiin Tampereen Koskikeskuksessa ilmanvaihtokonesaneerauksen yhteydessä.

Ilmanvaihtokoneen uusiminen on aina tapauskohtainen, minkä takia opinnäytetyössä esitetyt asiat ovat yleisellä tasolla, ja niitä voidaan soveltaa tarpeen mukaan. Muistilistan kokeilu Koskikeskuksessa tuotti tyydyttävän tuloksen, mutta sen perusteella ei vielä voida todistaa sen toimivuutta myös muissa kohteissa. Muistilistasta on mahdollista saada toimiva apuväline pienillä kohdekohtaisilla muutoksilla.

Lopputuloksena saatu muistilista on luokiteltu luottamukselliseksi, joten liite 5 on poistettu opinnäytetyön julkisesta versiosta.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree programme in building services
HVAC building services engineering

KIVIÖ, VESA:
Renewal of the Ventilation Machine in the Renovation Project
CASE: Koskikeskus

Bachelor's thesis 53 pages, appendices 5 pages
April 2015

The aim of the thesis was to create a checklist for the company AX-LVI, regarding initial data for renewal of ventilation machine. The checklist was meant to enhance the ability to gain design base information and also to help the renewal of general ventilation machine in business and industrial buildings.

The thesis was put together using related material and advice from HVAC designers and field experts. The report section dealt with specified base information in the checklist that explained the important of information in the designing and renewal of ventilation machine. The section also described a variety of components to select from. Operability of the checklist was tested in ventilation machine renovation project in Tampere Koskikeskus.

Renewal of ventilation machine is always dealt with case by case basis, which is why the issues in the thesis are on a general level and they can be applied as needed. Testing of the checklist produced average result, but it's not able to prove the functionality in other sites. It is possible to make the checklist a better tool with small property-specific changes.

The result obtained from the checklist is classified as confidential. Thereby appendix 5 has removed from the public version of this thesis.

Key words: ventilation machine, renovation, business and industrial buildings

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	TAVOITTEIDEN JA VAATIMUSTEN MÄÄRITTELEMINEN.....	7
3	RAJOITTAVAT TEKIJÄT.....	9
3.1	Tilantarve.....	9
3.1.1	Rakenteet.....	11
3.1.2	Haalaus.....	12
3.1.3	Huollettavuus.....	13
3.2	Aikataulutus.....	14
4	KANAVISTO JA SEN VARUSTEET.....	15
4.1	Kanavat ja säätölaitteet.....	15
4.2	Eristykset.....	16
4.3	Palomääräykset.....	17
5	KONEEN OSAT.....	19
5.1	LTO-laitteisto.....	19
5.1.1	Rekuperatiivinen LTO-laitteisto.....	20
5.1.2	Regeneratiivinen lämmöntalteenotto.....	21
5.2	Lämmitys.....	22
5.3	Jäähdytys ja kuivaus.....	23
5.4	Puhallinosa.....	25
5.5	Tuloilman suodatus.....	25
5.5.1	Suodatinvaihtoehdot.....	26
5.5.2	Muut ilmanpuhdistimet.....	27
5.6	Ulkoilman otto.....	27
5.7	Jäteilman johtaminen ulos.....	28
6	SÄHKÖJÄRJESTELMÄ.....	30
7	RAKENNUSAUTOMAATIO.....	31
8	MUITA HUOMIOON OTETTAVIA ASIOITA.....	32
9	KAUPPAKESKUS KOSKIKESKUS.....	33
10	JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA.....	42
	LÄHTEET.....	44
	LIITTEET.....	46

LYHENTEET JA TERMIT

LTO	Lämmöntalteenotto
IV	Ilmanvaihto
GWP	Global warming potential
\emptyset	Jäähdytysteho
q_v	Ilmavirta
ρ	Tiheys
ΔH	Tilapisteiden välinen entalpiaero

1 JOHDANTO

Muuttuneet rakennusten ilmanvaihdon määräykset ja vanhentuneet ilmanvaihtojärjestelmät lisäävät saneeraus- ja korjausrakentamisen tarvetta jatkuvasti. Lämmitysenergian hinnat ovat kolminkertaistuneet viimeisen kymmenen vuoden aikana (Jari Lehtinen 2014, 1). Energianhinnan nousu sekä kiinteistöjen omistajien tietoisuus heidän järjestelmiensä energiansäästömahdollisuuksista on lisännyt ilmanvaihtokonesaneerausten määrää. Tietoa säästömahdollisuuksista lisää uusi energiatehokkuuslaki, joka velvoittaa suuret yritykset tekemään energiakatselmuksen neljän vuoden välein (Energiatehokkuuslaki 1429/2014).

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on tehostaa yleisilmanvaihtokoneen uusimisen suunnittelun lähtötietojen keräämistä. Varsinkin nuoret LVI-suunnittelijat eivät välttämättä osaa huomioida juuri niitä tärkeimpiä lähtötietoja heti ensimmäisellä kerralla, jolloin tiedonkeruuseen kuluu huomattavasti ylimääräistä aikaa. Opinnäytetyö auttaa tehostamaan suunnittelijan työtä.

Tämän työn tavoitteena on laatia insinööritoimisto AX-LVI Oy:lle muistilistan tapainen työkalu, joka helpottaa ja nopeuttaa suunnittelun lähtötietojen keräämistä sekä auttaa suunnittelijaa huomioimaan kaikki tärkeimmät asiat IV-koneen vaihtoon liittyen. Lopputuloksena on työkalun tapainen muistilista, jossa on kirjattu aihealueittain kerättävät lähtötiedot. Muistilistassa esiintyvien kohtien jälkeen suunnittelijalla on tarvittavat lähtötiedot, joiden avulla pystytään aloittamaan itse IV-koneen vaihtoon liittyvä suunnittelu.

Raporttiosuudessa annetaan suuntaa antavia ehdotuksia koneen osien valintaan liittyen sekä esitetään muistilistassa esiintyville kohdille perustelut. Opinnäytetyö käsittelee liike- ja teollisuusrakennusten koteloitujen yleisilmanvaihtokoneiden uusimista. Vaikka teollisuus- ja liikerakennusten yleisilmanvaihtoratkaisut eroavat toisistaan, voidaan suunnittelun lähtötietojen keräämiseen soveltaa harkitusti yhteistä muistilistaa. Opinnäytetyön tuloksena saatua muistilistaa käytettiin Tampereen Koskikeskuksen ilmanvaihtosaneerauksessa.

2 TAVOITTEIDEN JA VAATIMUSTEN MÄÄRITTELEMINEN

Ilmanvaihtojärjestelmät suunnitellaan ja rakennetaan käyttäjien käyttötarpeita varten. Tavanomaisissa rakennuksissa sisäilmaston tavoitteet määräytyvät ihmisten terveyden ja viihtyisyyden perusteella. Teollisuusrakennuksissa ensisijainen tavoite on prosessin toiminnan tavoitteet ja sen jälkeen työntekijöiden olosuhteiden tavoitteet (Sandberg Esa 2014, 21). Suunnittelun kannalta on tärkeää selvittää, miksi kone halutaan vaihtaa. Suunnittelijalla tulee olla selvä käsitys siitä, mitä ollaan tekemässä ja mitkä ovat uudet tavoitteet. Vaihdataanko ilmanvaihtokone, koska se on elinkaarensa lopussa vai onko vanha kone toiminnaltaan riittämätön? Halutaanko vanhasta ilmanvaihtokoneesta tehdä ilmastointikone?

Vanhan IV-koneen toimintaperiaate ja palvelualueet tulee selvittää, jotta saadaan selvitettyä muutoksen suuruus. Ilmanvaihtokoneet palvelevat aina yksilöllisiä alueita, joten on erityisen tärkeää selvittää aluksi millaisesta alueesta on kyse. Teollisuuskohteissa varsinkin tilojen olosuhteet poikkeavat merkittävästi tapauskohtaisesti toisistaan. On myös tärkeää selvittää, millä tavalla kone palvelee alueita. Hoitaako kone vain tilojen ilmanvaihdon vai pitäisikö koneella pystyä myös hallitsemaan tilan olosuhteita kuten jäähdyttämään, kostuttamaan tai kuivaamaan tuloilmaa. Tilaaajan ja käyttäjän kanssa tulee keskustella siitä, mitä ilmastoinnin ominaisuuksia pidetään tärkeimpinä ja mitkä tavoitteet ovat toisarvoisia. Ilmastoinnin tason nostamiseen myöhemmin voidaan varautua rakentamisvaiheessa yleensä pienillä lisäkustannuksilla. Ilmanvaihtojärjestelmän kannalta tärkeä kysymys on myös se, miten ilmavirtoja halutaan säätää. Monipuoliset säätömahdollisuudet vaikuttavat koneen osien valinnan lisäksi myös rakennusautomaatioon. Ilmanvaihtokoneen ominaisuuksien erikoistuesssa myös sähkön kulutus kasvaa, joten aluksi on syytä selvittää myös sähköjärjestelmän kapasiteetti.

Tiloista poistettavan ilman laatu on suuressa roolissa ilmanvaihtokoneen uusimisessa. Erityisesti teollisuuskohteiden tuotantotiloista saatetaan poistaa prosesseista lähtöisin olevia epäpuhtauksia, jotka vaikuttavat koneen ja koko järjestelmän osien sekä materiaalien valintaan. Liiketiloiissa sen sijaan epäpuhtauksia syntyy pääasiassa WC-tiloista, keittiöistä ja parkkihalleista. Poistettavan ilman epäpuhtaudet vaikuttavat myös ilmanvaihtojärjestelmän tiiveysvaatimukseen, sillä ilmanvaihtokone ja kanavat on nykyisten määräysten mukaan suunniteltava siten, etteivät epäpuhtaudet pääse leviämään tai pa-

lautumaan takaisin oleskeluvyöhykkeelle (Ympäristöministeriö RakMK D2, 17). Epäpuhtauskuormien lisäksi poistettavan ilman lämpötila sekä suhteellinen kosteus vaikuttavat ilmanvaihtokoneen osien valintaan. Tarkemmat osien valintaan liittyvät kriteerit määritellään opinnäytetyön muissa kohdissa.

Suunnittelua aloitettaessa on tärkeää selvittää kohteen edellyttämä sisäilmastoluokka (Sisäilmastoluokitus 2008), sillä se asettaa vaatimukset sisäilmaston tavoite- ja suunniteluarvoille. Määräysten mukaiset minimi-ilmavirrat eivät ole muuttuneet lähivuosien varrella, joten voidaan olettaa, että osa vanhoista rakennuksista on suunniteltu ilmavirroilla, jotka täyttäisivät nykyisen sisäilmastoluokan S3 mukaiset vaatimukset. S3:a korkeammat sisäilmastoluokat vaativat yleensä muutoksia vanhaan järjestelmään.

3 RAJOITTAVAT TEKIJÄT

Ilmanvaihtokone on yksinkertaista suunnitella toimivaksi ja vaatimusten mukaisiksi, kun mitään rajoittavia tekijöitä ei ole. Saneerauskohteissa suurimmaksi ongelmaksi muodostuu konehuoneen koko ja muut rakenteelliset rajoitteet. Sisäilmastovaatimusten lisääntyessä ilmanvaihtokoneen ja kanaviston koko kasvaa huomattavasti esimerkiksi ilmavirtojen kasvaessa. Konehuoneiden aiemmissa mitoituksissa ei ole aina otettu huomioon laajennusvaraa, joten uuden koneen mahdollistaminen saattaa olla ongelmallista. LVI-suunnittelijan tulee tehdä sujuvaa yhteistyötä kohteen muiden suunnittelijoiden kanssa, jotta lopputuloksena olisi toimiva kokonaisuus.

3.1 Tilantarve

Suurin rajoittava tekijä ilmanvaihtokonetta uusittaessa on tilantarve. Yleisesti vanhat konehuoneet ja ilmanvaihtokoneen paikat ovat ahtaita ja vanhan koneen tilalle voi olla erittäin hankalaa, ellei mahdotonta sijoittaa uutta konetta. On siis erityisen tärkeää kartoittaa paikan päällä tilan mitat suunnittelun helpottamiseksi. Myös palkit, pilarit ja muut tilaa rajoittavat rakenteet kannattaa kartoittaa tarkasti jo ensimmäisellä tutustumiskerralla. Ilmanvaihtokoneen sijoituksessa tulisi huomioida myös laajennusvara, jos vain mahdollista.

Kohteissa, joissa tilaa on erityisen vähän, tulee LVI-suunnittelijan kyetä punnitsemaan erilaisia koneensijoitusvaihtoehtoja. Kun tilaa on paljon korkeussuunnassa, voidaan tulo- ja poistoilmakoneet asentaa päällekkäin, jolloin muun muassa LTO-vaihtoehtoja on runsaasti. Päällekkäinasennus kuormittaa pientä lattia-alaa paljon. Mikäli ilmanvaihtokoneelle on varattavissa paljon tilaa leveyssuunnassa, voidaan tulo- ja poistoilmakone sijoittaa vierekkäin. Yhden koneen tilalle voidaan tarvittaessa valita korkeuden takia kaksi konetta (Sandberg Esa 2014, 208). Koneiden korkeustarve voidaan arvioida karkeasti ilmavirran ja otsapintanopeuden 1,5 m/s perusteella kaavan 1 avulla. Kaava on tarkoitettu päällekkäin oleville tulo-poistoilmakoneille.

$$A = \frac{2 \cdot q_v}{1,5 \frac{m}{s}}; H = \frac{A}{B} \quad (1)$$

jossa

A on koneen poikkipinnan otsapintanopeus ulkomittojen mukaan [m²]

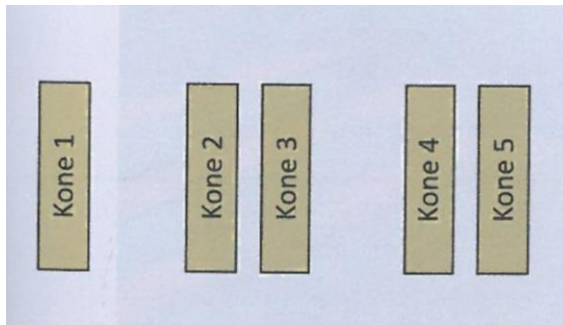
q_v on suurempi ilmavirta [m³/s]

H on koneen korkeus ilman alustakehikkoa ja jalkoja [m]

B on koneen leveys [m]

(Sandberg Esa 2014, 208)

Koneen viereen tulee aina varata pumppuryhmille tilaa 0,5...1m sekä huoltoon varten vähintään koneen leveyden verran. Konehuoneessa, jossa on useita koneita, voidaan ne sijoittaa siten, että kahdella koneella on yhteinen huoltotila (kuva 1). Vierekkäisten koneiden väliin jätetään kulkureitti, jonka leveys on luokkaa 0,5...1m (Sandberg Esa 2014, 209).



KUVA 1. Koneiden yhteinen huoltotila-sijoittelutapa (Sandberg Esa 2014, 209)

Jos ilmanvaihtokoneelle ei löydy sopivaa sijoituspaikkaa, on yhtenä vaihtoehtona ulko- tai sisäasennuskoneet, joihin voidaan suunnitella myös tehtaalla asennettavaksi konehuone. Sijoituspaikkana voi toimia tällöin esimerkiksi ullakko, tehdashalli, vesikatto tai piha-alue.

Tilakartoitusta tehdessä tulee huomioida tarvittava osien varastointimahdollisuus rakennusvaiheessa. Paikan päällä tulee myös ottaa huomioon, onko mahdollisten nosturien ja muiden apulaitteiden käytölle tilaa.

3.1.1 Rakenteet

Rakennusinsinööri Toni Kiviö mainitsi sähköpostissa, että IV-koneen saneerauksessa täytyy varautua lähes aina rakennusteknisiin muutoksiin (Toni Kiviö, sähköposti). Uusi ilmanvaihtokone painaa useissa tapauksissa vanhaa konetta enemmän, joten lattiarakenteiden kestävyys on selvitettävä yhteistyössä rakennesuunnittelijan kanssa. Ilmanvaihtokone tulisi pyrkiä sijoittamaan kantavien tukirakenteiden kohdalle. Mikäli se ei ole mahdollista, voidaan rakenteita vahvistaa tarpeen mukaan esimerkiksi runkorakenteiden lisäpalkistoilla. Rakenteiden kestävyys vaikuttavat myös seinä- lattia- ja kattoläpiviennit. On hyvin mahdollista, ettei uusia reikiä saa tehdä tai vanhoja suurentaa ilman rakenteiden vahvistamista. Ensisijaisesti pyritään käyttämään vanhoja läpivientejä, jolloin vältetään lisäkustannuksilta. LVI-suunnittelijan tulee suunnittelun edetessä laatia rakennesuunnittelijalle reikäkuvat, joista ilmenee vaadittavien läpivientien mitat ja sijainnit. Kattoläpivientien suunnittelusta tulee keskustella kohteen rakennesuunnittelijan kanssa. Vanhojen konehuoneiden lattian ja seinien äänieristystä on mahdollista lisätä, jos siihen on tarvetta. Ilmanvaihtokonetta uusittaessa on tarkistettava vanhan koneen jalkojen alapuolisten vesieristysten toimivuus ja riittävyys.

Kohteissa, joihin valitaan LTO:lla varustettu vesikatolle sijoitettava huippuimuri, täytyy vesikattorakenteiden kestävyys tarkistaa. LTO-huippuimurin sekä tulo- että poistoilmakatosten paino määräytyy tarvittavan ilmavirran mukaan (taulukko 1). Huippuimuri vaatii myös tukipiipun, joka koostuu puu-/teräsrungosta, vanerista, vedeneristyksestä ja pellityksestä (Retermia, LTO-huippuimuri). Joissain kohteissa voi löytyä valmiiksi vanhan huippuimurin tukipiippu, minkä kunto ja kestävyys on tarkistettava, mikäli sitä hyödynnetään. Vanhaa tukipiippua voidaan tarpeen tullen vahvistaa.

TAULUKKO 1. LTO-huippuimureiden ja katosten painoja ilmavirran funktiona (Re-termia, Lassi Saarinen 2015 sähköposti)

LTO-huippuimurit		Poistoilmakatokset/tuloilmakatokset	
Ilmavirta	Painoarvio	Ilmavirta	Painoarvio
m ³ /s	kg	m ³ /s	kg
0,5	140	0,5	112
1	200	1	163
1,5	280	1,5	243
2	350	2	285
2,5	485	2,5	355
3	550	3	420
3,5	585	3,5	455
4	660	4	530

Jäähdytyksen lisääminen ilmanvaihtokoneeseen vaatii myös jäähdytysjärjestelmän, joka tuo tehosta ja sijoituksesta riippuen lisää kuormaa rakenteille. Suorahöyrysteinen kone ja kaukojäähdytyksen lämmönsiirrin on massaltaan suhteellisen pieni verrattuna vedenjäähdytyskoneeseen. Suorahöyrysteinen jäähdytysyksikkö painaa tehosta riippuen alle 200 kg, eikä yleensä vaadi rakenteellisia muutoksia. Ulkoasenteinen vedenjäähdytyskonepaketti, jossa on samassa lauhdutin, voi painaa tehosta riippuen useita tuhansia kiloja. Ulkoasenteisen jäähdyttimen sijoittamisessa on huomioitava rakenteiden kestävyys ja tarvittaessa vahvistaa niitä. Sisäasenteinen vedenjäähdytyskone säiliöineen voi painaa myös useita tuhansia kiloja, mikä on huomioitava sijoitettavan tilan lattian kestävydessä. Sisäasenteiseen koneeseen kuuluu lisäksi esimerkiksi vesikatolle asennettava lauhdutin, joka vaatii myös rakenteellisia tarkasteluja. Vedenjäähdytysyksiköiden lisäksi järjestelmään kuuluvat putkistot, pumput ja säiliöt tuovat lisäpainoa, joka on huomioitava suunnittelussa. Kaukojäähdytykseen liittyvä lämmönsiirrin ei vaadi yleensä rakenteellisia muutoksia, sillä siirrin painaa tehosta riippuen vain muutamia satoja kiloja.

3.1.2 Haalaus

Koneen ja sen osien mitat tulee ilmoittaa sovitulla tavalla joko tilaajalle tai pääsuunnittelijalle, jotka yhdessä rakennesuunnittelijan kanssa hoitavat haalausreittien suunnitte-

lun. LVI-suunnittelijan on kuitenkin syytä olla tietoinen mahdollisista haalausongelmista. Ilmanvaihtokone voidaan tuoda sille varatulle paikalle joko lohkoina tai osissa. IV-urakoitsija Timo Kaihlanen sanoo sähköpostissa, että koneen tuonti osina tuo lisäkustannuksia 2-4 työpäivän verran koneen koosta riippuen (Timo Kaihlanen, sähköposti). Vanhat konehuoneet on saatettu koota siten, että ilmanvaihtokoneen osat on tuotu sisälle ennen katon ja seinien asentamista. Tällöin konehuoneen huolto-ovet voivat olla todennäköisesti liian pienet uudelle ilmanvaihtokoneelle tai ne saattavat puuttua kokonaan. Tilanteessa, missä huolto-ovet ovat liian pienet ja konetta ei saada tuotua kokonaisuutena pakettina, voidaan kone tuoda osissa tai vaihtoehtoisesti suurentaa huolto-ovea. Oven suurentaminen voi olla useissa tapauksissa rakenteellisesti mahdotonta, eikä se ole välttämättä edullisempi vaihtoehto kuin koneen tuonti osissa. Mikäli vaihdettavia koneita on useampia, tulee huolto-oven suurentaminen usein halvemmaksi kuin koneiden tuonti osissa. Jos huolto-ovi puuttuu kokonaan, täytyy sellaisen lisäämisestä keskustella tilaajan ja rakennesuunnittelijan kanssa. Osissa tuotuna ilmanvaihtokoneen muut osat saattavat hyvinkin mahtua vanhasta huolto-ovesta, mutta lämmöntalteenottolaite saattaa vaatia suuremman aukon. Esimerkiksi pyörivä lämmöntalteenottolaite on paljon muita osia korkeampi ja voi vaatia huolto-aukon suurentamista. Lämmöntalteenottokiekkoa ei myöskään saa kallistaa liikaa, ettei sen akseli vaurioidu. Rakennusinsinööri Toni Kiviö kertoo sähköpostissa, että huolto-oven lisäämisen karkea verollinen kustannusarvio töineen on noin 5000 € (Toni Kiviö, sähköposti). Uuden kattokonehuoneen lisäämisellä vältytään haalausaukkojen muokkaukselta.

3.1.3 Huollettavuus

Rakennusmääräyskokoelman D2 mukaan ilmanvaihtojärjestelmä ja sen huoltoväylät on suunniteltava ja rakennettava siten, että ilmanvaihtojärjestelmä on helposti ja turvallisesti huollettavissa ja korjattavissa (Ympäristöministeriö RakMK D2, 21). Ohjearvona koneen vierelle tulisi jättää huoltotila, joka on vähintään huollettavan osan levyinen. Koneen ja seinän väliin tulisi myös jättää vähintään 400 mm tila. Ilmanvaihtokoneelle tulisi lisätä siirrettävä tai kiinteä huoltotaso, mikäli kone sijaitsee yli 2 metrin korkeudella (Seppänen 2004, 109). Saneerauskohteissa tilaa on niukasti, mutta koneiden huoltotilaan on jätettävä vähintään sen verran tilaa, että koneen osat saadaan vaihdettua ja puhdistettua helposti.

3.2 Aikataulukus

IV-koneen vaihdossa täytyy huomioida ilmanvaihdon käyttökatkosta aiheutuva tuotantokatkos. Vaihto joudutaan mahdollisesti suorittamaan työajan ulkopuolella kuten yöllä tai pyhien aikana. Kohteissa, joissa tuotanto on ympärivuorokautista eikä tuotantokatkosta saa syntyä, täytyy uusi IV-kone vaihtaa ja laittaa toimintakuntoon ennen vanhan koneen purkamista. Mikäli se ei ole mahdollista, täytyy vaihdosta neuvotella tilaajan kanssa. Tarpeen vaatiessa voidaan joutua toteuttamaan väliaikainen ilmanvaihtoratkaisu.

4 KANAVISTO JA SEN VARUSTEET

IV-konetta vaihdettaessa olisi edullisinta hyödyntää mahdollisimman paljon vanhoja kanavia ja kanavavarusteita. Vanhojen kanavien ja varusteiden hyödyntämiseen vaikuttavat niiden kunto ja toimivuus uusilla suunnitteluarvoilla.

Vanhoissa kohteissa sen hetkiset ilmanvaihtosuunnitelmat saattavat olla todella puutteelliset tai puuttua kokonaan. Jos kohteesta löytyy vanhat suunnitelmat, on kanaviin saatettu tehdä muutoksia, jotka on jäänyt lisäämättä suunnitelmiin. Järjestelmäkokonaisuuden hahmottamiseksi on siis tärkeää kartoittaa kanavat täsmällisesti, jotta saadaan selville, miten ne ovat todellisuudessa asennettu. Kartoituksessa tarkistetaan samalla nykyisten kanavien ja laitteiden kunto, mikäli niitä hyödynnetään jatkossa.

4.1 Kanavat ja säätölaitteet

Saneerauskohteiden ulko- ja poistoilmavirrat pyritään lähtökohtaisesti mitoittamaan siten, että ne täyttäisivät nykyiset rakennusmääräyskokoelman D2 asettamat vähimmäisvaatimukset (Ympäristöministeriö RakMK D2, 27). Rakentamismääräysten vähimmäisvaatimukset rakennusten ulkoilmavirroille eivät kuitenkaan ole muuttuneet huomattavasti vuoden 1978 rakennusmääräyskokoelmasta D2. Voidaan siis olettaa, että saneerauskohteiden kanavat on mitoitettu riittävän suuriksi täyttääkseen nykyisen sisäilmastoluokituksen S3 mukaiset vaatimukset (Sisäilmastoluokitus 2008). Vuosien saatossa tehdyt tilamuutokset on saatettu tehdä huomioimatta lisääntyntä ulkoilmavirran tarvetta, jolloin S3:n mukaiset vaatimukset eivät mahdollisesti täyty. Mikäli kohteessa tarvitsee suurentaa ilmavirtoja, täytyy kanavakokojen ja kanavavarusteiden riittävyys tarkistaa uusilla ilmavirroilla. Tilanteessa, jossa vähimmäisilmavirrat eivät täyty ja niiden lisääminen tuottaisi ongelmia, voidaan asiaan hakea helpotusta kunnan LVI-rakennusvalvonnasta. Vanhat hyödynnettävät kanavat on nuohottava, mikäli niitä ei ole vähään aikaan nuohottu.

Ilman maksiminopeus kanavassa riippuu siitä, onko kyseessä runkokanava, pystyroilo vai haarakanava. Kanaviston suunnittelussa käytetään yleensä ilman enimmäisnopeuteina pääkanavissa 5...6 m/s ja haarakanavissa 2...3 m/s (Seppänen 2004, 117). Liitteessä 1 on esitetty pyöreiden peltikanavien ilmavirrat ja painehäviöt kanavakoottain. Suora-

kaidekanavia käytetään usein silloin, kun pyöreille kanaville ei ole riittävästi tilaa (Sandberg Esa 2014, 220).

Täysin uutta kanavistoa suunniteltaessa tulee ottaa huomioon laajennusvara ja tilamuutokset. Esimerkiksi kauppakeskuksessa tilat saattavat muuttua liiketilasta toimistoksi jne. jolloin ilmanjakotapa täytyy valita mahdollisen yksinkertaiseksi ja muunneltavaksi. Kanavat mitoitetaan aina jonkin verran tarvetta suuremmaksi, jolloin muunneltavuus toimii ongelmitta. Laajennusvara ei ole pakollinen, mutta se on suositeltavaa tulevaisuutta ajatellen.

Suomen rakentamismääräyskokoelman osan E7 mukaan kanavien materiaalit ja seinämien paksuudet tulee valita siten, että kanavat kestävät niihin kohdistuvat rasitukset kuten kuumuuden, korroosion ja puhdistamisen (Ympäristöministeriö RakMK E7,4). Eritoten teollisuuskohteissa täytyy huomioida poistettavan ilman laatu. Mikäli poistettavassa ilmassa on syövyttäviä aineita, tulee kanavat rakentaa syöpymättömistä materiaaleista, kuten esimerkiksi haponkestävästä teräksestä tai muovista, mikäli ei haluta varautua normaalia tiheämpiin kanavauusintoihin. Muovikanavia käytettäessä pitää ottaa huomioon palomääräykset. Poistoilmakanavina voidaan käyttää myös muovipinnoitettuja tai epoksimaalattuja teräslevykanavia. Vaarana niiden käytössä on kuitenkin se, että päällisin puolin hyväkuntoinen kanava saattaa syöpyä puhki, jos muovipinnoite on vaurioitunut tai maalaus on tehty huolimattomasti (LVIS-2000, 47).

Vanhoja kanavia käytettäessä on huomioitava säätöpeltien toimivuus ja riittävyys uusilla ilmapirroilla. Vanhoja säätöpeltejä saattaa olla liian vähän tai ne on asennettu väärin kohtiin, jolloin ilmanvaihtojärjestelmän tasapainotus on haasteellista. Säätöpeltien asennuksessa ei ole vanhastaan välttämättä noudatettu suositeltuja varoetäisyyksiä esimerkiksi käyristä tai muista kanavaosista, mikä tuo haasteita ilmapirtojen säätöön. Vanhat pellit ovat hyvin todennäköisesti kertasäätöpeltejä, jotka eivät ole toimintaominaisuuksiltaan riittävät, mikäli kohteeseen halutaan esimerkiksi ilmamääräsäätäinen järjestelmä.

4.2 Eristykset

Kanavan ja ympäröivän ilman väliset lämpötilaerot aiheuttavat kanavien eristystarpeen (LVIS-2000, 49). Tuloilman kunnolliset kanavaeristykset parantavat energiatehokkuut-

ta, estävät kanavien kondensoimisen ja edistävät paloturvallisuutta. Kohteissa, joissa on tehty paljon tilamuutoksia, saattaa kanavaeristykset olla puutteelliset tai ne ovat huonossa kunnossa. Eristeet voivat muun muassa roikkua tai puuttua kokonaan. Eristysten kunto on hyvä tarkistaa, vaikka erillisiä kanavamuutoksia ei tehtäisi IV-koneen vaihdon yhteydessä. Mikäli ilmanvaihtokoneen uusimisen yhteydessä lisätään jäähdytys, täytyy se ottaa huomioon vanhojen eristeiden toimivuudessa. Lämpimissä tiloissa kulkevat tuloilmakanavat tulee eristää 30 mm paksuisella lämmöneristeellä. Mikäli kanava kulkee kosteassa tilassa, tulee kanavat varustaa tiiviillä höyrysululla, jotta vesi ei tiivistyisi kanavan ulkopinnalle eristeen sisään (LVIS-2000, 49).

4.3 Palomääräykset

Rakennukset on aina pyritty suunnittelemaan ja toteuttamaan määräysten mukaisesti paloturvalliseksi. Palomääräykset ovat kuitenkin muuttuneet vuosien varrella, joten vanhat kanavat eivät välttämättä täytä nykyisiä palomääräyksiä. Vanhojen käyttöön jäävien kanavien paloeristeet ja muut palorajoittimet voivat olla huonossa kunnossa tai joiltain osin puutteelliset. Sen takia kanaviston kartoitus on tärkeää paloturvallisuuden kannalta. Vanhat kanavat, joihin tehdään muutoksia saneerauksen yhteydessä, on pyrittävä muuttamaan nykyisten palomääräysten mukaisiksi, mikäli se on mahdollista. Jos määräystenmukainen rakentaminen on mahdotonta tai kohtuuttoman kallista, voidaan lievennyksistä neuvotella kunnan rakennusvalvonnan kanssa.

Rakennusmääräyskokoelman osan E7 mukaan palon leviäminen palo-osastosta toiseen voidaan estää ilmakehävien yhdistämisrajoituksilla, palonrajoittimilla ja palonkestävillä kanavilla (Ympäristöministeriö RakMK E7, 6). Yhdistämisrajoituksissa palo- tai räjähdysvaarallisen tilan yleisilmanvaihtoa ei yhdistetä keskusilmanvaihtolaitteistoon. Paloturvallisuuden ja puhdistettavuuden kannalta vaativan kohteen sekä palo- tai räjähdysvaarallisen tilan kohdepoistokanava johdetaan omana kanavana mahdollisimman suoraan ulos rakennuksen vesikatolle. Palonrajoittimien tehtävänä on estää tulen siirtyminen palo-osastosta toiseen ilmanvaihtokanavien kautta. Palonrajoitin valitaan yleensä siten, että se täyttää kanavan lävistämisen osastoivan rakennusosan palonkestoaikavaatimuksen (Ympäristöministeriö RakMK E7, 6). Jos palonrajoitin on tiiveydeltään riittävä, mutta ei täytä osastoivan rakennusosan eristävyysvaatimusta, voidaan läpivihti toteuttaa paloeristämällä kanava osastoivan rakenteen molemmin puolin taulukon 2 mukaises-

ti (Ympäristöministeriö RakMK E7, 7). Vanhoissa kohteissa palo-osastojen väliset palonrajoittimet ovat saattaneet jumiutua, tai ne eivät muuten vastaa nykyisiä määräyksiä. IV-urakoitsija Timo Kaihlanen muistuttaa sähköpostissa, että uudet palonrajoittimet vaativat enemmän tilaa kuin vanhat, joten uusien palonrajoittimien asentaminen vanhoihin kanaviin saattaa olla mahdotonta, koska kanavat ovat mahdollisesti liian lähekkäin (Timo Kaihlanen, Sähköposti).

TAULUKKO 2. Läpiviennin paloeristys (Ympäristöministeriö RakMK E7,7)

Rakennusosan palonkesto- aikavaatimus (min)	Kanavan nimellinen koko (mm)	
	≤ 300	> 300
	Eristetyn kanava- osan pituus L (m)	
30	0,5	1,0
60	1,0	2,0
90...120	2,0	4,0
240	4,0	4,0

Taulukon huomautus:

Kanavan nimelliskoko on pyöreän kanavan sisämitta tai suorakaidekanavan pidemmän sivun sisämitta.

Lämpölaukaisimen avulla laukeavan palonrajoittimen sulkeutumislämpötila on yleensä $70\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$. Erityistapauksissa voidaan sulkeutumislämpötila valita edellistä korkeammaksi, jollei tästä aiheudu vaaraa palo- ja henkilöturvallisuudelle. Vanhoja kanavia käytettäessä tulee palonrajoittimien toiminta varmistaa.

Palonkestävä kanava kiinnitetään siten, että se kestää paikoillaan vähintään siltä edellytetyn palonkestoajan. Ilmanvaihtokoneet sijoitetaan palotekniset vaatimukset täyttävään tilaan tai rakennuksen ulkopuolelle. Tämä ei ole tarpeen, jos koneet on sijoitettu rakennuksen ulkopuolelle siten, ettei niistä aiheudu palon leviämisvaaraa (Ympäristöministeriö RakMK E7,7).

Lämmöntalteenottolaitteissa, joissa lämpö siirretään tavanomaisten lämmityslaitteiden ja väliaineen avulla, tulee laite valita siten, ettei se missään olosuhteissa oleellisesti lisää palo- ja savukaasujen leviämisen vaaraa seuraavissa tapauksissa: lämmöntalteenottolaite palvelee palo- tai räjähdysvaarallista tilaa, lämmöntalteenottolaite palvelee paloturvallisuuden ja puhdistettavuuden kannalta vaatava tilaa, poisto- ja tuloilmakanavien välille on asetettu palonkesto-aikavaatimus. (Ympäristöministeriö RakMK E7, 7).

5 KONEEN OSAT

IV-koneen tarkoituksena on useimmiten käsitellä sisäänpuhallettava tuloilma haluttuun olotilaan. Koneiden peruskomponentit ovat käyttötarkoitukseltaan samanlaisia riippumatta ilmastointijärjestelmästä. Ilmanvaihtokoneen osien tarve on kuitenkin aina tapauskohtainen. Kohteen sijainti määrittää mitoituslämpötilat ilmanvaihtokoneen patte-reille sekä asettaa mahdollisesti esteettisyysrajoituksia. Ilmanvaihtokoneiden teknisenä käyttöikänsä voidaan pitää 25-30 vuotta. Tämän ajan kuluessa koneen ja sen varusteet sekä liikkuvat osat kuluvat, jolloin huoltotarve kasvaa ja koneen energiatehokkuus heikkenee (Kauri Salminen 2012, 1).

5.1 LTO-laitteisto

Rakennusmääräyskokoelman D2 mukaan muun kuin asuinrakennuksen ilmanvaihto suunnitellaan ja rakennetaan siten, että käyttöajan ulkopuolella rakennuksen ulkoilma-virta on vähintään $0,15 \text{ (dm}^3\text{/s)/m}^2$ (Ympäristöministeriö D2, 10). Ilmanvaihdon tulee siten toimia jatkuvasti, mikä johtaa energiankulutuksen suurenemiseen ilman toimivaa lämmöntalteenottoa. Teollisuuskohteissa saatetaan hukata sisäilmaan sitoutunutta läm-pöä viemällä poistoilma suoraan huippuimurin kautta ulos. Oikealla LTO-laitteistolla poistoilmavirrasta saadaan suuri määrä lämpöä talteen ja säästetään lämmityskustannuk-sissa. Tämän takia lämmöntalteenoton lisäys on tärkeässä roolissa IV-koneen vaihdossa. Ympäristöministeriön asetuksen (4/13) mukaan rakennuksen teknisiä järjestelmiä pe-ruskorjattaessa, uudistettaessa tai uusittaessa on rakennuksen ilmanvaihdon poistoilmas-ta otettava lämpöä talteen lämpömäärä, joka vastaa vähintään 45 % ilmanvaihdon läm-möntalteenoton tarvitsemasta lämpömäärästä (Ympäristöministeriö 4/13, 2). Rakennus-ten energiatehokkuuden parantamiseksi on ilmanvaihdon yhteyteen kehitetty erilaisia LTO-ratkaisuja, joilla voidaan ilmanvaihdon lämmönkulutus pienentää alle puoleen (Seppänen & Seppänen 2007, s. 260). LTO-laitteistot voidaan jakaa kahteen eri tyyppiin: regeneratiivinen lämmöntalteenotto ja rekuperatiivinen lämmöntalteenotto.

5.1.1 Rekuperatiivinen LTO-laitteisto

Rekuperatiivisessa lämmöntalteenotossa lämpö siirtyy väliaineen avulla tai suoraan jonkin materiaalin läpi johtumalla. Rekuperatiivinen lämmöntalteenotto on siten erityisen hyvä ratkaisu kohteisiin, joissa tiloista poistettava ilma on likaista tai kosteaa. Rekuperatiivisia lämmöntalteenottoratkaisuja ovat nestekiertoinen lämmöntalteenotto ja levylämmönsiirtimet (Seppänen 2008, s 285). Yleisimpiä rekuperatiivisia LTO-laitteistoja ovat a) nestekiertoinen järjestelmä ja b) levylämmönsiirrin.

- a) Nestekiertoisessa järjestelmässä poistoilmasta talteenotettava lämpö siirretään väliaineen välityksellä tuloilmaan. Väliaineena käytetään yleensä vesimonoetyleeniglykoliseosta. Nestekiertoinen LTO-järjestelmä ei ole välttämättä tehokkain vaihtoehto, mutta se soveltuu hyvin kohteisiin, joissa käsitellään likaista ilmaa ja tulo- ja poistoilmakanavat sijaitsevat erillään toisistaan. Nestekiertoisen LTO:n tyypilliseksi lämpötilasuhteeksi esitetään 0,45 (Ympäristöministeriö RakMK D5, 23). Kyseinen järjestelmä on myös suhteellisen pienikokoinen verrattuna muihin LTO-ratkaisuihin. Saneerauskohteissa, joissa on useita erillispoistoja, voidaan poistoilmasta ottaa lämpö talteen esimerkiksi lämmönsiirtimellä varustetulla huippuimurilla. Lämmönsiirrin liitetään nestekiertoiseen LTO-järjestelmään. Neulalämmönsiirrin soveltuu muita lämmönsiirtimiä paremmin keittiöiden ja ravintoloiden rasvaisen poistoilman lämmöntalteenottoon (Retermia, teollisuuden sovellusesimerkkejä). Saneerauskohteisiin, joissa poistoilman kanavointi uudelleen ei ole mahdollista tai kannattavaa, valitaan nestekiertoinen LTO-järjestelmä. Nestekiertoinen järjestelmä tulee kysymykseen myös kohteissa, joissa tulo- ja poistoilmakone on pidettävä erillään liian vähäisen tilan takia (Ilkka Kasari 2010, 11).
- b) Levylämmönsiirrin on rakenteeltaan yksinkertainen, eikä siinä tarvita erillisiä pumppuja. Ohjauslaitteiden osalta levylämmönsiirrin rajoittuu huurtumisenesto-automatiikkaan. Levylämmönsiirrin voidaan tarpeenmukaan kytkeä siten, että tulo- ja poistoilmavirta kulkevat myötä- tai vastavirtaan toisiaan kohden (Ilkka Kasari 2010, 8). Vastavirtalevylämmönsiirtimen tyypilliseksi lämpötilasuhteeksi ilmoitetaan 0,70, kun taas ristivirtalevylämmönsiirtimen lämpötilasuhte on 0,55 (Ympäristöministeriö RakMK D5, 23). Kyseinen LTO-ratkaisu on tehokas ja soveltuu hyvin myös kohteisiin, joissa käsitellään likaista ilmaa. Hajujen ja bak-

teerien siirtymisen riski poistoilmavirrasta tuloilmaan on pieni. Levylämmönsiirrin tuo IV-koneelle huomattavasti enemmän lisää pituutta verrattuna muihin LTO-ratkaisuihin, mikä vaikuttaa IV-koneen tilantarpeeseen.

5.1.2 Regeneratiivinen lämmöntalteenotto

Regeneratiivisen LTO-laitteistossa poistoilman lämpöenergia varastoidaan lämmönsiirtimeen, josta se luovutetaan tuloilmaan. Regeneratiivinen LTO-järjestelmän pienenä ongelmana saattaa olla tulo- ja poistoilman vähäinen sekoittuminen. Regeneratiivinen on tehokas ratkaisu ja yleinen kohteissa, joissa poistoilma on sen verran puhdasta, että pienestä tulo- ja poistoilmavirtojen sekoittumisesta ei ole haittaa. Regeneratiivisen LTO-järjestelmän tyypillinen lämpötilasuhde on 0,75 (Ympäristöministeriö RakMK D5, 23). Rakennusmääräyskokoelman D2 mukaan palautus- ja siirtoilmana saadaan käyttää vain ilmanpuhtaudeltaan samanarvoisten tai puhtaampien tilojen ilmaa, joka ei saa sisältää haitallisia määriä epäpuhtauksia (Ympäristöministeriö RakMK D2, 14). Kuitenkin kohteissa, joissa prosessit, kosteus, kemikaalit ja hajut huonontavat poistoilman laatua, voidaan oikeanlaisella suodatuksella käyttää regeneratiivista lämmöntalteenottoa. Suodatuksesta on lisää kohdassa 5.5. Regeneratiivisia lämmöntalteenottolaitteita on a) pyörivä levylämmönsiirrin ja b) virtausta vaihtava LTO-järjestelmä.

- a) Pyörivä levylämmönsiirrin on yleisin regeneratiivinen lämmönsiirrintyyppi. Pyörivässä levylämmönsiirtimessä on korkea lämpötila- ja kosteushyötysuhde, joita pystytään hallitsemaan kiekon pyörimisnopeutta säätelämällä. Kyseinen LTO-ratkaisu soveltuu kaikkiin kohteisiin, joissa pienestä tulo- ja poistoilmavirtojen sekoittumisesta ei ole haittaa. Korkean kosteushyötysuhteen takia pyörivä levylämmönsiirrin soveltuu hyvin kohteisiin, joissa vaaditaan tuloilman erillistä kostutusta. Mikäli kohteessa ei haluta tai sallita kosteuden siirtymistä tuloilmaan, voidaan kiekon materiaali valita kosteutta absorboimattomaksi (Ilkka Kasari 2010, 15). Tällöin lämmönsiirrin siirtää kosteutta tuloilmaan vain tapauksissa, joissa poistoilman kosteus lauhtuu pisaroiksi siirtimen pinnalle. Pyörivä levylämmönsiirrin vaatii tilaa korkeussuunnassa, mutta ei tuo IV-koneeseen lisää pituutta verrattuna muihin LTO-laitteisiin. Hyvään hyötysuhteeseen päästään, kun poisto- ja tuloilmavirrat ovat lähes yhtä suuret.

- b) Virtausta vaihtava LTO-järjestelmä on ratkaisu, jossa lämmönsiirrin koostuu kahdesta erillisestä kennosta. Kennoihin johdetaan vuorotellen poisto- ja tuloilma. Poistoilmassa lämmennyt kenno luovuttaa lämpönsä, kun siihen johdetaan vuorostaan tuloilma. Erikoispelti ohjaa ilman vuorotellen kennoihin. Suunnanvaihtoväliä muuttamalla pystytään säätämään LTO:n tehokkuutta. Tämäkin LTO-järjestelmä siirtää kosteutta (Tähti Esko 2000, 70).

5.2 Lämmitys

Lämmityspatterin osalta ensisijaisen tärkeää lähtötietojen hankinnassa on se, mikä tehtävä IV-koneen lämmityspatterilla on. Onko kohteessa ilmalämmitys vai onko lämmityspatterin tehtävänä vain lämmittää LTO:n jälkeinen tuloilma miellyttävän lämpöiseksi, jotta se voidaan puhaltaa tiloihin. Ilmalämmityksen kohdalla lämmityspatterin mitoitus vaikuttaa kohteen sijainnista määräytyvä mitoitusulkolämpötila ja lämmitettävien tilojen lämmitystehontarpeet. Kohteessa, jossa tiloilla on erilaisia lämpöolotavoitteita, voidaan tuloilmakanavaan asentaa tarpeenmukaan jälkilämmityspatteri. Jälkilämmityspatterin lisäämisessä on huomioitava uuden lämmityspatterin tilantarve eristeinen.

Lämmönsiirtoaineena voidaan käyttää vettä, vesi-glykoliliuosta, öljyä, prosessinesteitä tai höyryä. On siis tärkeää selvittää, mitä lämmönsiirtoainetta kyseisissä kohteissa käytetään. Jotta lämmityspatterit saataisiin mitoitettua oikein, tulee selvittää myös käytössä olevan lämmitysverkon nesteen lämpötilat. Mikäli koneen vaihdon yhteydessä joudutaan lisäämään ilmavirtoja, voi olla, että myös lämmityspatterin tehontarve lisääntyy. Lämmitystehontarpeen lisääntyessä täytyy lämmityspatterin varusteineen kartoittaa, jotta saadaan tieto lämmitysjärjestelmän todellisesta lämmityskapasiteetista. Kartoituksessa selvitetään putkikoot, venttiilit, paisunta-astian, pumppujen sekä siirtimen tekniset tiedot. Näiden tietojen avulla voidaan määrittää järjestelmän riittävyys uusilla virtaamilta. Lämmitystehon pysyessä entisellään, riittää vanhojen pumppujen ja säätölaitteiden toimivuuden ja kunnan tarkastus. Jos lämmitysjärjestelmän kapasiteetti ei riitä uudelle koneelle, voidaan ilmanvaihtokoneeseen lisätä jälkilämmityspatteriksi sähköpatteri. Jos sähköisen jälkilämmityspatterin lisääminen ei ole mahdollista, joudutaan miettimään lämmityskapasiteetin lisäämiseksi siirtimen ja putkiston uusimista.

5.3 Jäähdytys ja kuivaus

IV-koneen jäähdytysosan tarkoituksena on useimmiten jäähdyttää ja kuivata kesäaikainen lämmin ulkoilma sopivaan lämpötilaan ja kosteuteen puhallettavaksi huonetilaan. Sisäänpuhallusilman tarvittava lämpötila ja kosteus vaihtelee tapauskohtaisesti. Siihen vaikuttavat haluttu jäähdytysteho- ja kuivausteho, onko vakio vai muuttuva ilmavirta, onko huonekohtaisia jäähdytyspalkkeja jne. Jäähdytyspatterit mitoitetaan kesäajan mitoitettavan ulkolämpötilan ja entalpian mukaan, jotka on D2:n mukaan 25 °C ja 55 kJ/kg (Sandberg Esa 2014, 172). Sisäänpuhallettavan ilman lämpötila vaihtelee tapauskohtaisesti +15...20 °C välillä. Jäähdytysjärjestelmän valinnalla on vaikutus jäähdytysveden lämpötilaan. Vedenjäähdytyskoneella tuotettu jäähdytysvesi on tyypillisesti 7 °C sisään ja 12 °C ulos. Kaukojäähdytyksessä veden lämpötilat ovat 8 °C sisään ja 16 °C ulos. Suorahöyrysteisessä jäähdytysjärjestelmässä käytetään kylmäainetta, joka höyrystyy jäähdytyspatterissa tuottaen halutun jäähdytyksen. Suorahöyrysteisessä järjestelmässä patterin mitoitukseen vaikuttaa kylmäaineen höyrystymislämpötila, joka on yleensä +7...+8 °C. Tilanteissa, joissa halutaan kuivata ilmaa, on höyrystymislämpötila huomattavasti alhaisempi.

Jäähdytyksen lisäämiseksi on huomioitava siitä aiheutuvat rakenteisiin kohdistuvat kuormat. Ilman jäähdyttäminen tehdään yleensä joko suorahöyrysteisellä jäähdytyksellä, erillisellä vedenjäähdytyskoneella tai kaukojäähdytyksellä. Pienissä kohteissa, joissa jäähdytystehontarve on alle 30 kW, suositaan yleensä suorahöyrysteistä järjestelmää. Jäähdytystehon ollessa yli 30 kW, on kannattavaa valita joko vedenjäähdytyskone tai kaukojäähdytys. Suorahöyrysteinen jäähdytys soveltuu myös teollisuuden sähkö- ja laitetiloihin, joissa jäähdyttämiseen ei haluta tai voida käyttää vettä. Jäähdytysyksiköiden painot riippuvat niiden jäähdytystehosta. Jäähdytysjärjestelmän valintaan vaikuttaa myös välimatka jäähdytyskoneen ja jäähdytyspatterin välillä. Erikoissuunnittelija Jani Kianta mainitsi haastattelussa, että suorahöyrysteisessä järjestelmässä voidaan jäähdytyskoneen ja jäähdytyspatterin maksimivälimatkana pitää 30 m (Jani Kianta, haastattelu).

Vedenjäähdytyskone voidaan valita joko ulko- tai sisäasenteisena tilasta riippuen. Ilmalauhdutteiset ulkoasenteiset vedenjäähdyttimet painavat tehosta riippuen noin 200 kg-5000 kg. Nestelauhdutteiset sisäasenteiset vedenjäähdyttimet painavat vähän yli puolet ulkoasenteisesta vedenjäähdyttimestä. Sisäasenteisen vedenjäähdyttimen rakennuksen

ulkopuolelle esimerkiksi katolle asennettava nestelauhdutin painaa myös vähän yli puolet ulkoasenteisesta jäädytinpaketista. Ulko- ja sisäyksiköiden sijoittamisessa on rakenteiden kestävyuden lisäksi otettava huomioon myös yksiköiden välinen etäisyys. Liian pitkä etäisyys ja korkeusero huonontavat laitteen toimintaa ja hyötysuhdetta. Mikäli kohde on mahdollista liittää kaukojäädytykseen, rakennus varustetaan lämmönsiirrinpaketilla, eikä ulkolauhdutusyksikölle ole tarvetta (Kiinteistön energiatehokkaat sähkötekniset ratkaisut, 13).

Jäädytyksen tarvitsemista läpivienneistä on keskusteltava kohteen rakennesuunnittelijan kanssa. Jäädytyskone pyritään ensisijaisesti sijoittamaan siten, että rakenteelliset muutokset olisivat mahdollisimman pienet. Tarvittaessa rakenteita voidaan myös vahvistaa lisäkustannuksin. Putkireitit lauhduttimelle ja mahdollisille palkki- ja puhallin-konvektoriverkoille tulee huomioida paikan päällä. Jäädytyskone ei vaadi tilalta erillistä palo-osastointia. EU-asetuksen 517/2014 mukaan kylmäaineen GWP-arvo ja aineen määrä määrittelevät, täytyykö tilaan asentaa vuotoanturit (EU-asetus 517/2014, 9). Jäädytyspatteri pitää aina varustaa kondenssivesialtaalla. Vesi johdetaan vesilukon kautta lattiakaivoon. Mikäli tilassa ei ole entuudestaan lattiakaivoa, tulee se lisätä tai ratkaista asia muilla keinoin.

Vanhaa jäädytysjärjestelmää hyväksi käytettäessä täytyy vanhojen putkien ja laitteiden kunto tarkistaa. Vanhat kylmäaineet joudutaan yleensä vaihtamaan ja se edellyttää myös putkien ja pattereiden uusimista. Vesi- tai glykolipiirin putkistoa ja pattereita ei tarvitse useinkaan vaihtaa. Putkiston ja laitteiden kunnon lisäksi tulee kartoittaa myös vanhan järjestelmän kapasiteetti, mikäli jäädytystehontarve on muuttunut. Vanhan järjestelmän kapasiteetin riittävyys pystytään varmistamaan vasta suunnitteluvaiheessa, kun tiedetään uuden jäädytyspatterin tehontarve. Uusien tehontarpeiden määrittämiseksi täytyy lähtötietoina selvittää vanhan verkoston veden lämpötilat, patterin läpi kulkeva tuloilmavirta sekä halutut ilman lämpötilan raja-arvot.

Jos jäädytystehontarve on muuttunut vain muutamassa erillisessä tilassa, voidaan harkita paikallista jäädytystä kuten jälkijäädytyspatteria tai kaappikonetta. Jäädytyskoneen lisäyksessä on huomioitava rakenteiden lisäksi myös sähkötehon muuttunut tarve. Vanhan kohteen sähkökeskukset saattavat olla liian pienet. Sähkösuunnittelijalle on siten ilmoitettava uuden jäädytyskoneen tarvitsemat sähkötehot (Jani Kianta, haastattelu).

5.4 Puhallinosa

Yleisilmanvaihtokoneiden puhaltimina käytetään radiaalipuhaltimia, joista yleisin on nykyisin kammiopuhallin, toiselta nimeltään sekavirtapuhallin. Muita radiaalipuhallinmalleja on sekä suorakäyttöisiä että hihnakäyttöisiä, ja ne soveltuvat paremmin prosessi-ilmanvaihtoon. Kammiopuhaltimesta puuttuu spiraalinmuotoinen kaapu, joka erottaa sen muista radiaalipuhaltimista.

Puhaltimen mitoittamiseksi tarvitaan tiedot ilmavirroista ja paineenkorotustarpeesta. Puhaltimen paineenkorotusvaatimus riippuu täysin kanavien ja kanavavarusteiden painehäviöstä. Epäpuhtaudet eivät yleisesti vaikuta puhaltimen valintaan, sillä ilma pystytään suodattamaan tarvittavin keinoin. Vanhat puhaltimet olivat usein hihnakäyttöisiä radiaalipuhaltimia ja ne ovat usein joko 1- tai 2- nopeussäätöisiä. Nykyään päädytään lähes aina EC-moottorilliseen tai taajuusmuuttajakäyttöiseen kammiopuhaltimeen. EC-moottorillinen puhallin ja taajuusmuuttajakäyttöinen puhallin ovat molemmat pyörimisnopeussäätöisiä. Sekä EC-moottorillisen että taajuusmuuttajakäyttöisen puhaltimen lisääminen vaatii aina muutoksia kohteen rakennusautomaatiojärjestelmään. Taajuusmuuttajakäyttöinen puhallin on edellä mainituista vaihtoehdoista helpompi korjata/uusia, mikäli se hajoaa. Puhaltimen uudet sähkötehot on ilmoitettava sähkösuunnittelijalle.

5.5 Tuloilman suodatus

Ilmanvaihdon suodatusta tarvitaan ensisijaisesti ihmisen terveyden ja viihtyvyyden takia. Oikeaoppista suodatusta edellyttävät myös erilaiset tuotantoprosessit, ilmanvaihtojärjestelmän toiminta ja muut laitteet. Epäpuhtauksia on sekä käsittelemättömässä ulkoilmassa että myös sisältäpoistettavassa ilmassa. Ulkoilman puhtaus vaihtelee merkittävästi paikkakunnittain. Kaupungissa varsinkin ilmanlaatua huonontavat liikenne, teollisuuskohteet ja muut epäpuhtauslähteet. Monet epäpuhtaudet on peräisin luonnosta kuten siitepölyt, virukset jne. Oikean suodattimen valinnassa tulee siis tuntea kohteen ympäristö sekä sisäiset epäpuhtauskuormat. Kohteen sisäilmastoluokka määrää sen onko suodatus 1- vai 2- porraksinen. Sisäilmastoluokassa 1 ja 2 tulee olla kaksiportainen suodatus, jolloin esisuodatin sijoitetaan useimmiten koneen alkupäähän heti sulkupellin jälkeen ja pääsuodatin ilmankäsittelyosien jälkeen (Sandberg Esa 2014, 167- 169).

Suodattimia tulee vaihtaa säännöllisesti, jotta ilmanvaihtokone kykenisi tuottamaan puhdasta ilmaa. Suodattimien likaantuminen lisää painehäviöitä ja huonontaa suodattimien tehokkuutta poistaa hajupäästöjä ja muita epäpuhtauksia. Likaiset suodattimet huonontavat myös järjestelmän energiatehokkuutta.

Ilmanvaihtokonetta vaihdettaessa pystytään suodatinvalinnassa käyttämään hyväksi vanhan koneen suodattimia. Ennen koneen purkamista pystytään sen aikaisten suodattimien soveltuvuus todeta epäpuhtausmittauksilla. Vanhojen suodattimien vaihtovälit kertovat myös paljon niiden toimivuudesta.

5.5.1 Suodatinvaihtoehdot

Suodattimen valintaan vaikuttavat suodatettavan ilman ominaisuudet, määritelty suodatusarve ja tavoitetaso puhallettavalle ilmalle. Ilmanvaihtokoneissa yleisimmin käytettävät suodattimet ovat pussimaisia hiukkassuodattimia. Pussisuodattimet jaotellaan niiden erotuskyvyn mukaan karkeasuodattimiin, perussuodattimiin ja hienosuodattimiin. Karkeasuodattimet kuuluvat suodatinryhmään G, perussuodattimet ryhmään M ja hienosuodattimet ryhmään F. Ryhmät määrittyvät 0,4 µm kokoisten hiukkasten erotusasteen perusteella. Karkeasuodattimia ja perussuodattimia käytetään yleisimmin suojaamaan lämmöntalteenottolaitteistoja likaantumiselta sekä esisuodattimina vaativimmissa kohteissa (Sandberg Esa 2014, 2012). Liitteessä 2 on suodattimen valintaa helpottava diagrammi.

Tavanomaisen toimisto-, koulu-, majoitus- ja liikerakennusten koneellisessa ilmanvaihdossa yleisesti käytettävät suodatusasteet ovat seuraavat:

- Tuloilmassa F7
- Poistoilmassa G4 tai F5
- Palautusilmassa samat kuin tuloilmassa

Poistoilma suodatetaan yleensä vain, kun se johdetaan koteloitujen LTO- tai puhallinosien kautta. Mikäli poistoilmapuhaltimena toimii huippuimuri, ilmaa ei yleensä suodateta (LVI-kalenteri 2015, 26).

5.5.2 Muut ilmanpuhdistimet

Muut ilmanpuhdistimet, kuten sähkösuodatin, kaasusuodatin ja UVC- ilmanpuhdistin ovat harvinaisempia normaaleissa ilmanvaihtoratkaisuissa. Näitä suodatinratkaisuja käytetään erikoiskohteissa kuten puhdastiloissa ja jotkin teollisuuskohteet, joissa esimerkiksi jäteilma on suodatettava ennen ulospuhallusta. Kohteilla on päästörajoitukset, joiden toteutuminen on selvitettävä ja suunniteltava tapauskohtaisesti.

5.6 Ulkoilman otto

Ulkoilman otto tulee suunnitella siten, että sisään otettava ilma olisi mahdollisimman puhdasta ja kesällä viileää. Saneerauskohteissa täytyy huomioida, onko vanhojen ulkoilman ottojen sijainti optimaalinen ja onko niiden sijainnit aiheuttaneet aiemmin mitään hajuhaittoja tai muita ongelmia. Mikäli ulkoilman otto on sijoitettava uuteen paikkaan, on hyvä seurata ympäristöministeriön rakennusmääräyskokoelman osan D2 ohjeita. Ulkoilmalaitteen sijoituksessa on huomioitava määräysten lisäksi myös esteettisyys. Varsinkin kaupunkialueella sijaitsevalla kohteella on tärkeää pitää huolta rakennuksen ulkonäöstä, mikä asettaa rajoitteita muun muassa ulkoilmalaitteiden sijoitukselle ja tavalle. Rakennuksen ulkonäköön liittyvissä asioissa tulee tarvittaessa olla yhteydessä kunnan julkisivulautakuntaan.

Rakennusmääräyskokoelman osan D2 mukaan ulkoilman otto ohjeistetaan sijoittamaan 8 m etäisyydelle ulkoilman laatua pilaavista lähteistä, kuten jätteidensäilytyspaikasta, tuuletusviemäreistä ja autojen lastaus- ja säilytyspaikoista. Etäisyys savupiipun aukkoon on 5 m jos aukko sijaitsee 3 m ulkoilman ottoa korkeammalla. Ilman pölypitoisuus laskee huomattavasti, mitä korkeammalle nouseaan katutasosta. Ulkoilman otto on siis hyvä sijoittaa vähintään 2 m korkeudelle maanpinnasta, jolloin vältytään suurten pölymäärien kulkeutumiselta ilmanvaihtokoneelle. Vesikatolla sijaitsevat ulkoilman otot tulisi asentaa vähintään 0,9 m korkeudelle vesikatosta, mutta mieluiten vielä korkeammalle (Ympäristöministeriö RakMK D2, 11). Kun vesikattopinta-alaa on paljon, saattaa lämpötila nousta korkeaksi ja tällöin voidaan harkita ulkoilmapiipun rakentamista.

Rakennusmääräyskokoelmassa D2 sanotaan, että ulkoilman otot sekä niiden liitännät ilmanvaihtojärjestelmään ja rakennukseen sijoitetaan, suojataan tai mitoitetaan niin tai ulkoilmalaitteiden rakenteen on oltava sellainen, ettei ilmanvaihtojärjestelmään pääse

lunta tai sadevettä haitallisessa määrin (Ympäristöministeriö RakMK D2, 21). Ulkoilmamasäleikön vapaa otsapintanopeus olisi hyvä olla korkeintaan 1,5 m/s, jotta estettäisiin lumen ja sadeveden kulkeutuminen tuloilmakoneeseen. Ulkoilmakammion on oltava riittävän suuri, jotta ilmannoisuus siellä olisi alle 1 m/s. Ulkoilmakanavan sekä kammion tulee olla lämpöeristettyjä ja diffuusiotiiviitä, ettei kosteuden tiivistyminen aiheuta vahinkoja rakenteille tai ilmanvaihtojärjestelmälle (Sandberg Esa 2014, 207).

Saneerauskohteessa voi olla mahdollista käyttää alkuperäistä ulkoilmakammiota. Tällöin täytyy saada kammion tarkat mitat ja selvittää sen toimivuus. Kammiossa on oltava toimiva vedenpoisto, ettei vesi pääse siirtymään koneen tai konehuoneen rakenteisiin. Säleikköön ja ulkoilmakammioon on mahdollista asentaa sulatus, mikäli olosuhteet sen vaativat.

5.7 Jäteilman johtaminen ulos

Rakennusmääräyskokoelman osan D2 mukaan jäteilma on johdettava ulos siten, ettei rakennukselle, sen käyttäjille tai ympäristölle aiheudu terveydellistä tai muuta haittaa. Jäteilma johdetaan yleensä rakennuksen vesikatolle ja puhallus suunnataan siten, etteivät epäpuhtaudet pääse leviämään oleskelualueille tai ulkoilmalaitteen lähistölle. Saneerattavassa kohteessa vanhojen päätelaitteiden sijainnit on tarkistettava, jotta ne täyttävät nykyiset määräykset (Ympäristöministeriö RakMK D2, 11;12). Jäteilmalaitteen sijoituksessa on huomioitava määräysten lisäksi myös esteettisyys. Varsinkin kaupunkialueella sijaitsevalla kohteella on tärkeää pitää huolta rakennuksen esteettisyydestä, mikä asettaa rajoitteita muun muassa jäteilmalaitteiden sijoitukselle. Rakennuksen ulkonäköön liittyvissä asioissa tulee olla tarvittaessa yhteydessä kaupungin julkisivulautakuntaan.

Vanhoissa ilmanvaihtokoneissa on yleisesti lämmöntalteenottona poistoilman hyväksi käyttö palautusilmana. Tästä aiheutuu se, etteivät jäteilmakanavat tai jäteilmalaitteet ole tarpeeksi suuria uudessa tilanteessa, jotta kaikki jäteilmavirta pystyttäisiin viemään helposti ulos. Uusien jäteilmakanavien mahdollistaminen vanhaan konehuoneeseen voi olla erittäin haastavaa. Jos konehuoneessa on useita koneita, voidaan miettiä, pystyisikö niiden jäteilmakanavia yhdistämään. Jos koneiden jäteilma on entuudestaan jo yhdistetty, kannattaa miettiä, voidaanko kanavat vaihtaa suurempaan vai pitääkö jäteilma kanavoi-

da kahtena erillisenä kanavana ulos. Jäteilman kanavointitarve on aina tapauskohtainen ja sen takia on todella tärkeää kartoittaa konehuoneen mitat mahdollisimman tarkkaan valokuvien kera.

6 SÄHKÖJÄRJESTELMÄ

LVI-suunnittelijan tulee tehdä sujuvaa yhteistyötä kohteen sähkösuunnittelijan kanssa, jotta lopputuloksena olisi toimiva kokonaisuus. Sähköjärjestelmän tehtävänä on tuoda ilmastointi- ja automaatiojärjestelmälle energia, jota ne tarvitsevat toimiakseen (Sandberg Esa 2014, 287). Sähköjärjestelmän kapasiteetti määräytyy palveltavien sähkölaitteiden tehontarpeen mukaan. Mikäli uusi ilmanvaihtokone edellyttää sähkölaitteiden uusimista tulee LVI-suunnittelijan selvittää laitteiden uudet tehotiedot ja käyttömuutokset. Suurin sähköjärjestelmään vaikuttava komponentti on vedenjäähdytyskone. Seuraavaksi suurimmat komponentit ovat pumput ja käyttömootorit puhaltimissa sekä pyörivässä lämmönsiirtimessä. Vanhoissa ilmanvaihtokoneissa on yleisimmin käytössä yksinopeusmoottoreita ja uudet koneet sen sijaan varustetaan lähes aina EC-moottorillisella tai taajuusmuuttajakäyttöisellä kammiopuhaltimella. Taajuusmuuttajakäyttöinen sekä EC-moottorillinen kammiopuhallin ovat molemmat pyörimisnopeussäätöisiä. Tämä muutos vaikuttaa sekä sähkön syöttöön että myös sähkötehontarpeeseen. Kohteen sähkösuunnittelija tarkastelee muutosten ja sähkötehojen vaikutuksen sähkökeskuksiin. Sähkösuunnittelija laatii myös uudet suunnitelmat tehdyistä muutoksista.

7 RAKENNUSAUTOMAATIO

Rakennusautomaatiojärjestelmällä pystytään keräämään kiinteistön toiminnasta kulutus-, olosuhde-, ja käyttötilainformaatiota, jonka avulla saadaan pidettyä kiinteistön talotekniikka kunnossa sekä energiankulutus matalana (Sandberg Esa 2014, 287). Rakennusautomaatiojärjestelmästä saadaan kaikki hyöty irti vain silloin, kun se on suunniteltu, rakennettu sekä säädetty oikein. Toimiva rakennusautomaatiojärjestelmä edellyttää myös sen, että sitä osataan käyttää oikein (Jorma Suomäki ja Sami Vepsäläinen 2013, 10). Automaatiojärjestelmät ovat kehittyneet vuosien varrella paljon sekä toiminnan että myös laitteiston osalta. Vanhoissa kohteissa ilmanvaihtojärjestelmän automaatio rajoittuu hyvin usein olosuhdeinformaation keräämiseen tai se saattaa puuttua kokonaan. Automaatiosta on mahdollista tehdä todella monipuolinen, joten on erityisen tärkeää selvittää automaation tarve ja vanhan järjestelmän toimivuus, mikäli sellainen on. Ilmanvaihto- ja ilmastointijärjestelmän automaatio vaatii oikeanlaiset laitteet ja varusteet toimiakseen oikein. Saneerauskohteessa, jossa halutaan päivittää automaatiojärjestelmää, joudutaan usein myös vaihtamaan tai lisäämään laitteistoja ja varusteita.

Vanhoja kenttälaitteita hyödynnettäessä tulee huomioida niiden ikä ja yhteensopivuus uusien laitteiden kanssa. Kenttälaitteiden soveltuvuus ja hyödyntäminen on tarkastettava aina tapauskohtaisesti. Automaation kenttälaitteiden tekninen käyttöikä ei ole suoraan verrannollinen laitteen ikään, mutta yli 10 vuotta vanhojen toimilaitteiden uusiokäyttöä tulisi harkita vakavasti (Petri Pyykönen, haastattelu). Jos ilmanvaihtokoneen ilmavirrat muuttuvat, täytyy vanhojen venttiilien mitoitus ja auktoriteetti tarkastaa uusilla virtaamilla. Automaatiosuunnittelijan työn helpottamiseksi tulisi selvittää kohteen vanhan automaatiojärjestelmän valmistaja.

8 MUITA HUOMIOON OTETTAVIA ASIOITA

Asbestipitoisia rakennusmateriaaleja on käytetty Suomessa 1920-luvulta 1990-luvun alkuun saakka. Mikäli epäillään, että rakennuksessa esiintyy asbestipitoisia materiaaleja, ei niiden purkutöihin pidä koskaan ryhtyä ennen asbestipitoisuuden tarkkaa selvittämistä. Asbestikartoituksen hoitaa siihen pätevä henkilö (Asbesti- ja haitta-ainekartoituksella tavoitteena terveellinen elinympäristö).

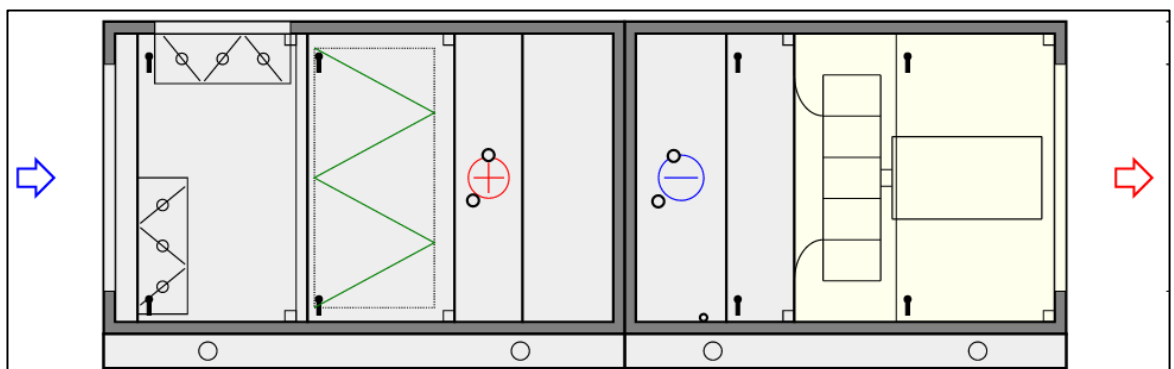
Rakennusmääräyskokoelman D2 mukaan ilmanvaihtojärjestelmä on suunniteltava ja rakennettava siten, ettei se aiheuta vesi-, kosteus- tai muita vahinkoja (Ympäristöministeriö RakMK D2, 20). Jotta välttyttäisiin nestevuotojen ja kondenssivesien aiheuttamilta rakennevahingoilta, IV-konehuoneessa tulee olla lattiakaivo.

Konehuoneesta olisi hyvä löytyä vesipiste, jotta huoneen sekä osien puhdistus hoituisi helposti. Vesipiste lisätään tarvittaessa.

9 KAUPPAKESKUS KOSKIKESKUS

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tehdä AX-LVI Oy:lle muistilista, joka helpottaisi suunnittelun lähtötietojen hankintaa IV-koneen uusinnan suunnittelussa. Muistilistan toimivuutta testattiin Tampereella sijaitsevassa kauppakeskus Koskikeskuksessa. Tässä raporttiosiossa käydään muistilistan kohdat läpi ja esitetään kohteesta saadut arvot ja tiedot. Pyrkimyksenä oli saada kerättyä mahdollisimman tarkat lähtötiedot, joiden avulla uuden koneen suunnittelu kävisi vaivatta. Liitteessä 5 on opinnäytetyön tuloksena tehty luottamuksellinen muistilista.

Koskikeskus sijaitsee Tampereen ydinkeskustassa ja luokitellaan liikekohteeksi. Koskikeskuksessa on lukuisia ilmanvaihtokoneita, joita ollaan vaihtamassa. Ajankohtaisin vaihdettava ilmanvaihtokone on TK121, jonka palvelualue on urheiluliike Intersport. Kone on palvellut aiemmin elintarvikeosastoa, joka on muutettu liiketiloiksi. Tilamuutokset eivät ole kuitenkaan vaikuttaneet ilmanvaihtokoneen ominaisuuksiin. Palvelualue pysyy todennäköisesti jatkossakin liiketilana, joten tilavarauksia ei tehdä. Osa tilan poistoilmasta on tällä hetkellä käytetty palautusilmana ja osa poistetaan erillisellä huipputuimurilla, joka sijaitsee kiinteistön vesikatolla. Kiertoilmakanavassa on alkuperäinen kanavapuhallin. Tuloilmakoneessa on sekä lämmitys- että jäähdytyspatteri entuudestaan. Koneen aikaisempi lämmöntalteenotto on hoidettu Intersportin tiloista otettavalla palautusilmalla. Tuloilmakoneen rakenne on esitetty kuvassa 2. Liitteessä 3 on vanhan tuloilmakoneen alkuperäiset tekniset tiedot. Koneesta on purettu lauhdutinosa. Teknisissä tiedoissa olevat PF-121.2...121.6 eivät ole tällä hetkellä tuloilmakone TK121:n vaikutusalueella.



KUVA 2. TK121 rakenne

Koskikeskuksessa on ryhdytty uusimaan vanhoja ilmanvaihtokoneita, koska vanhat koneet ovat toiminnaltaan hyvin puutteellisia ja jäteilma puhalletaan suurimmalta osin huippuimureiden kautta suoraan ulos ilman minkäänlaista lämmöntalteenottoa. Mitään ilmanlaadullisia ongelmia ei ole ilmennyt käytön aikana. TK121 on vuodelta 1986, joten kone vaihdetaan myös sen teknisen käyttöiän täyttymisen myötä. Ilmanvaihtokoneen vaihdon tavoitteena on lisätä toimiva lämmöntalteenottoratkaisu sekä tarkastaa, täyttääkö vanha ilmanvaihtojärjestelmä nykyiset määräykset. Mikäli vanhan koneen ominaisuuksissa havaitaan puutteita, lisätään ne uuteen koneeseen.

TK121 käyttötarkoitus ja palvelualueet säilyvät samana kuin vanhassa koneessa. Tilan lämpötilan ja suhteellisen kosteuden raja-arvot noudattavat sisäilmastoluokan S3 vähimmäisvaatimuksia (Ympäristöministeriö RakMK D2, 5). Liitteessä 4 on esitetty vanhan ilmanvaihtokoneen virtauskaavio. Kohteesta oli saatavilla alkuperäiset ilmanvaihtosuunnitelmat, lämmityssuunnitelmat ja säätökaaviot. Koska kuvat olivat alkuperäiset, täytyi kanavat ja putkistot kartoittaa, koska kaikkia muutoksia ei oltu dokumentoitu. Kartoituksessa ei ilmennyt mitään muutoksia vanhoihin suunnitelmiin nähden, mutta näin varmistuttiin kuvien paikkansa pitävyydestä. Taulukossa 3 on Intersportin tilojen vanhat ilmavirrat. Tuloilmavirta on huomattavasti suurempi kuin poistoilmavirta, koska osa poistoilmasta kulkeutuu siirtoilmana käytävälle, jossa on erillispoistot.

TAULUKKO 3. Palveltavien tilojen vanhat ilmavirrat

TK121 Intersport				
Tila	Tulo (l/s)	Poisto (l/s)	Pinta-ala (m ²)	(l/s)/m ²
Liiketila	2633	2030	1150	2,3
Varasto	204	290	132	1,5
TSTO	345	285	91	3,8
WCt+SK		50		
Sos.tilat	90	160	25	3,6
YHT	3272	2815		

Taulukosta 3 on luettavissa myös ilmavirrat lattiapinta-alaa kohden. Intersportin tiloissa on aiemmin pyritty täyttämään sisäilmastoluokan S3 ilmavirtojen vähimmäisvaatimukset, joita noudatetaan myös uuden koneen mitoituksissa. Liiketilöiden vähimmäisvaatimus on 2 (l/s)/m², toimistoissa 1,5 (l/s)/m² ja taukotiloissa 5 (l/s)/m² (Ympäristöministeriö RakMK D2, 22;24). Tällä hetkellä ilmanvaihtojärjestelmän säätö on hoidettu IRIS-

merkkisillä kertosäätölaitteilla. Uudelta järjestelmältä ei vaadita tarpeenmukaista ilmapuhtauslaitetta, joten vanhoja säätölaitteita voidaan hyödyntää.

Tuloilmakone TK121 sijaitsee Koskikeskuksen 0.kerroksen konehuoneessa, missä on 8 muutakin ilmanvaihtokonetta. Ilmanvaihtokoneen uusiminen ja kanaviston muokkaaminen ei onnistu yhdessä yössä, joten vaihdosta aiheutuu välttämättä käyttökatko. Toteutus on suunniteltava siten, että olisi mahdollisimman vähän koneita kerralla pois päältä. Konehuoneessa on tällä hetkellä tilaa riittävästi uudelle koneelle, mutta sijoittamisessa joudutaan huomioimaan myös muiden uusien ilmanvaihtokoneiden asennusmahdollisuus. Raporttiosassa 3.1 tilantarve esitetyn kaavan 1 avulla pystytään arvioimaan uuden koneen vaatimat mitat.

$$A = \frac{2 \cdot 5,1 \frac{m^3}{s}}{1,5 \frac{m}{s}} = 6,8 m^2 ; H = \frac{6,8 m^2}{2 m} = 3,4 m \quad (1)$$

Kun otsapintanopeus on 1,5 m/s ja ilmanvaihtokoneen leveys on 2 m, on koneen karkea korkeusarvio 3,4 m, johon lisätään vielä alustakehikko ja jalat. Kaava antaa todella karkean arvion koneen korkeudesta. Otsapintanopeus voidaan kuitenkin kyseisessä kohteessa pitää 2 m/s, koska ulkoilmakammio on todella suuri ja näin ollen ulkoilmakammiokorkeus ei kasva liian suureksi. Suuremmalla otsapintanopeudella koneen arvioiduksi korkeudeksi saadaan kehikkoineen ja jalkoineen noin 3 m.

Kohteen huippuimureiden määrä on suuri ja jos jokaiselle huippuimurille asennettaisiin LTO-huippuimuri, kuormittaisi se liikaa kattorakenteita. Myös huippuimureiden etäisyys tuloilmakoneesta tai ulkoilmapäätelaitteista on niin suuri, ettei LTO-huippuimureiden käyttö olisi senkään takia kannattava ratkaisu. Konehuone on sen verran tilava, että sinne on mahdollista sijoittaa sekä tuloilmakone että poistoilmakone. Intersportin tiloissa ei ole epäpuhtauslähteitä, joten lämmöntalteenottoratkaisuksi on mahdollista valita pyörivä levylämmönsiirrin. Konehuoneessa on myös riittävästi tilaa korkeussuunnassa pyörivän levylämmönsiirtimen asentamiseksi. Pyörivässä levylämmönsiirtimessä olisi hyvä olla yhtä suuret tulo- ja poistoilmavirrat, jotta saadaan hyvä lämpötilasuhde. Tällä hetkellä Intersportin tilojen poistoilmavirta on pienempi suhteessa tuloilmavirtaan, joten lisäksi joudutaan kanavoimaan myös toisen tilan erillispoisto, esimerkiksi liitteessä 3 oleva PF-121.2. Intersportin uuden poistoilman kanavan vienti konehuoneeseen, jossa tuloilmakone sijaitsee, on rakenteellisesti mahdollista. Intersport

sijaitsee konehuoneen yläpuolella 1.kerroksessa, joten kanavoitava välimatka jää suhteellisen lyhyeksi. Vanha palautusilmakanava säilytetään ennallaan, mutta siitä puretaan vanha kanavapuhallin ja palopelti vaihdetaan uuteen.

Vanhassa koneessa on vesijäähdytyspatteri, joka on vaihdettu alkuperäisen suorahöyrysteisen jäähdytyspatterin tilalle, eikä siitä ollut saatavilla teknisiä dokumentteja. Tämän hetkiselällä patterilla jäähdytetään sekoitusosan jälkeinen tuloilma 16 asteiseksi, jos on tarvetta. Jäähdytyspatterissa kiertävän veden jäähdytys on hoidettu konehuoneessa sijaitsevalla vedenjäähdytyskoneella, joka palvelee useaa konetta samanaikaisesti. Tuloilmakoneessa ei ole tarvetta ilmavirtojen lisäämiselle, joten myöskään tarvittava jäähdytysteho ei suurene. Vanhan sekä uuden patterin tuloilman kesäolosuhteen mitoitustilapötila on 26 °C ja suhteellinen kosteus 52 kJ/kg. Tilaan puhallettavan tuloilman lämpötilaksi halutaan 16 °C. Ilmanvaihtokoneen tuloilmavirran suuruus on molemmissa tapauksissa 5,1 m³/s, jolloin kaavan 2 avulla pystytään määrittämään tarvittava jäähdytysteho. Jäähdytysverkoston menoveden lämpötila on 7 °C ja verkostosta palaavan veden lämpötila 12 °C. Intersportissa on erilliset puhallinkonvektorit, jotka hoitavat tilan ylimääräisten lämpökuormien jäähdytyksen.

$$\dot{Q} = q_v \cdot \rho \cdot \Delta H \quad (2)$$

jossa

\dot{Q}	Jäähdytysteho [kW]
q_v	Ilmavirta [m ³ /s]
ρ	Ilman tiheys [kg/m ³]
ΔH	Tilapisteiden välinen entalpiaero [kJ/kg]

$$\dot{Q} = 5,1 \frac{m^3}{s} \cdot 1,2 \frac{kg}{m^3} \cdot \left(53 \frac{kJ}{kg} - 37,5 \frac{kJ}{kg} \right) \quad (2)$$

$$\dot{Q} = 94,86 \text{ kW}$$

Jäähdytystehontarve ei muutu alkuperäisestä, joten konehuoneessa sijaitsevan vedenjäähdytyskoneen jäähdytyskapasiteetti on riittävä myös uudelle ilmanvaihtokoneelle. Sama pätee jäähdytysverkoston putkistoon ja sen varusteisiin.

Koskikeskus on liitetty kaupungin kaukolämpöverkkoon. IV-lämmönsiirtimet sijaitsevat Koskikeskuksen eteläpäädyssä lämmönjakohuoneessa, josta on lämmitysputket jaettu koko rakennukselle. Vanhan lämmitysverkon menoveden lämpötila on 70 °C ja paluuveden lämpötila 40 °C. Intersportissa ei ole ilmalämmitystä, joten TK121 tarkoituksena on lämmittää LTO:n jälkeinen tuloilma 16 asteiseksi. Koneen aiemman lämmityspatterin sekoitusosan jälkeinen tuloilma on ilmoitettu olevan -20 °C. Uudet lämmönsiirtimet ovat kuitenkin paljon tehokkaampia, jolloin lämmöntalteenottopatterin jälkeinen tuloilman lämpötila on huonoimmillaankin lähempänä -10 astetta. Tällöin tarvittava lämmityspatterin teho pienenee alkuperäisestä. Vanha lämmitysverkosto olisi riittävä myös uudelle patterille, mutta lämmitysverkoston tekninen käyttöikä on täyttynyt ja sen takia lämmitysputket uusitaan varusteineen.

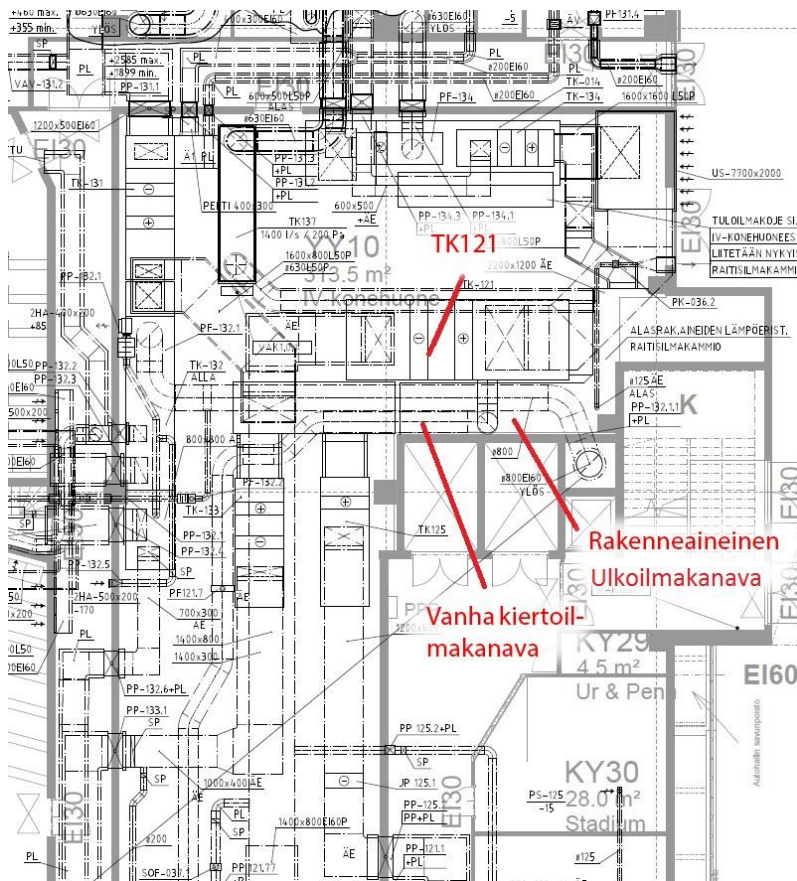
Uusi ilmanvaihtokone vaatii tilavaraukset uusille jäteilmakanaville konehuoneessa, sillä vanhassa järjestelmässä jäteilma on viety suoraan vesikatolle, kun taas uudessa koneessa poistoilmakone tulee sijaitsemaan tuloilmakoneen yhteydessä. Konehuoneessa on myös monia muita vaihdettavia ilmanvaihtokoneita, jotka vaativat myös uudet jäteilmakanavat. Konehuoneessa ei ole paljoa ylimääräistä tilaa uusille kanaville, joten tilan käytön maksimoimiseksi pyritään useamman koneen jäteilma hoitamaan yhdellä yhteisellä kanavalla. Suorakaidekanava soveltuu pyöreitä kanavia paremmin ahtaisiin tiloihin. Koneiden jäteilmakanavien vienti erillään vaatisi tilaa huomattavasti laajemmalla alalta kuin yksi suuri kanava.

Uusi ilmanvaihtokone ei paina paljoakaan enempää kuin vanha kone, joten lattiarakenteet oletetaan kestävän painon lisäyksen ilman rakenteellisia vahvistuksia. Tarkemmat rakennetarkastelut tehdään tulevan rakennesuunnittelijan kanssa suunnittelun edetessä. Intersportin tiloista rakennettavat uudet poistoilmakanavat vaativat uusien läpivientien tekoa yläpohjaan, joista on keskusteltava rakennesuunnittelijan kanssa suunnittelun edetessä. TK121 on sijoitettava rakenneaineisen ulkoilmakanavan paikalle, jotta saadaan lisätilaa muille vaihdettaville ilmanvaihtokoneille. Jotta ilmanvaihtokone saadaan siirrettyä, joudutaan vanha ulkoilmakanava purkamaan (kuva 3). Koneen siirron myötä saadaan uusi jäteilmakanava sijoitettua kulkemaan TK121:en aiemmalla paikalla. Kuvassa 4 on esitetty vanhan ilmanvaihtokoneen sijainti ja kuvassa 5 on koneen sekä jäteilmakanavan suunniteltu uusi sijainti. Jäteilmakanava voidaan asentaa kulkemaan esimerkiksi ulkoilmakammion kanssa samassa hormissa katolle asti. Kuvassa 6 on esitetty ulkoilma-aukon paikka ja uuden jäteilmakatoksen paikka. Uusi jäteilmakatos voi-

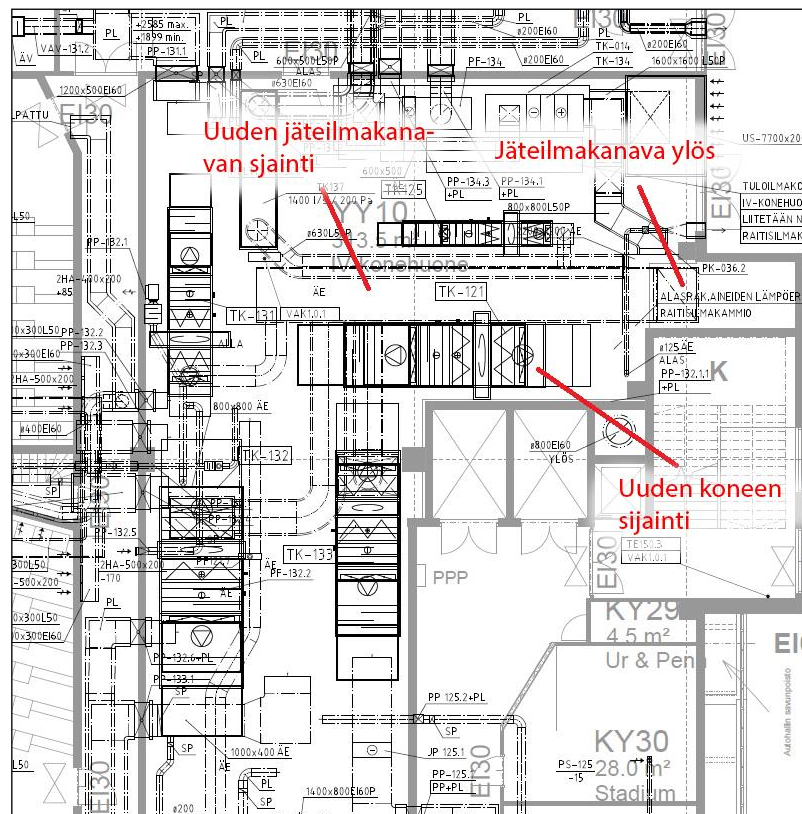
daan sijoittaa vanhan lauhdutinjärjestelmän paikalle, joka puretaan saneerauksen yhteydessä. Vanhan ulkoilma-aukon sijainti on nykyiset määräykset täyttävä, eikä sitä ole tarvetta suurentaa ilmavirtojen pysyessä samana. Jäteilmakatos on mahdollista asentaa kuvan 6 mukaiseen paikkaan, sillä kyseisessä paikassa se ei aiheuta hajuhaittoja ulkoilma-aukon läheisyydessä, eikä myöskään muualla. Ulkoilmalaitteet sijaitsevat sisäpihan puolella, eikä näin ollen huononna rakennuksen julkisivun esteettisyyttä.



KUVA 3. Purettavan rakenneaineisen ulkoilmakanavan sijainti



KUVA 4. Ilmanvaihtokoneen vanha sijainti



KUVA 5. Ilmanvaihtokoneen ja jäteilmakanavan uusi sijainti



KUVA 6. Vanha ulkoilma-aukko sekä uuden jäteilmakatoksen paikka

IV-konehuoneessa on kaksi huolto-ovea, joista molemmat on leveydeltään 1,4 m ja korkeudeltaan 2,1 m. Konehuoneessa on aiemmin ollut käytössä myös edellisiä suurempi huolto-ovi, jonka leveys on 2,3 m ja korkeudeltaan 2,4 m. Vanhat ilmanvaihtokoneet on todennäköisesti tuotu aikaisemmin kyseisestä ovesta, mutta nykyään oven edessä on ulkoilmakammio, eikä se näin ollen ole käytössä. Vaihtoehtoisia haalausreittejä on kaksi. Ensimmäinen haalausreitti on konehuoneen yläpäädyssä, josta on suora yhteys ulos. Toinen vaihtoehto on konehuoneen alareunassa, josta on suora yhteys Koskikeskuksen lastaustiloille ja siitä edelleen ulos. Rakenteellisten muutosten minimoimiseksi kone tuodaan osina. Vaikka kone tuodaan osina, joudutaan olemassa olevia huolto-ovia todennäköisesti suurentamaan. Mikäli uudelle koneelle valitaan pyörivä levylämmönsiir-

rin, joudutaan oviaukkoa suurentamaan myös korkeussuunnassa. Edellä mainitut toimenpiteet joudutaan tekemään molemmissa haalausreiteissä. Konehuone on riittävän tilava osien varastointiin saneerauksen aikana ja siellä on tilaa myös apulaitteiden käytölle.

Intersportissa on alkuperäiset tulo- sekä poistoilman päätelaitteet, mutta niiden uusiminen ei kuulu kyseiseen IV-koneen vaihtourakkaan. Päätelaitteiden vaihtamista uudempiin olisi kuitenkin hyvä harkita lähitulevaisuudessa. Nykyinen sekoittava ilmanjakotapa on tilaan soveltuva.

Nykyisessä ilmanvaihtojärjestelmässä on konehuoneen osalta puutteita sen palontorjuntaratkaisuisissa. Palopellit uusitaan, koska vanhat pellit ovat huonokuntoisia, eikä niitä ole varustettu toimilaitteella. Uudet toimilaitteella varustetut palopellit aiheuttavat muutoksia rakennusautomaatiojärjestelmään, joten uusien palopeltien tiedot on ilmoitettava kohteen automaatio suunnittelijalle. Paloeristeet ovat hyvässä kunnossa, eikä niitä tarvitse uusida tai korjata. IV-konehuone on erillistä palo-osastoa muihin tiloihin nähden. Uusi poistoilmakanava tulee siten varustaa määräysten mukaisilla palonrajoittimilla.

Vanhan ilmanvaihtokoneen tuloilmapuhallin on yksinopeussäätöinen, joka muuttuu vaihdon yhteydessä pyörimisnopeussäätöiseksi kammiopuhaltimeksi. Uudessa ilmanvaihtokoneessa tulee olemaan myös pyörimisnopeussäätöinen poistoilmapuhallin ja pyörivän LTO:n käyttömoottori, jotka vaativat sähkönsyötön lisäksi myös muutoksia automaatiojärjestelmään. Uuden koneen vaatimat sähkötehot on ilmoitettava kohteen sähkösuunnittelijalle. Ilmanvaihtokoneelle tuleva lämmitysputkisto joudutaan uusimaan kokonaan, jolloin uusien LVI-säätölaitteiden tiedot tulee ilmoittaa kohteen automaatio suunnittelijalle.

10 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

Ilmanvaihtokoneiden uusiminen on yleistynyt vuosien varrella paljon. Energian hinnan nousu sekä energiakatselmusten muuttuminen pakolliseksi toimenpiteeksi suuremmissa yrityksissä ovat muuttaneet kiinteistön omistajien tietoisuutta ilmanvaihtojärjestelmän potentiaalisista energiansäästämahdollisuuksista. Osaksi ilmanvaihtokoneen uusimiset johtuvat vanhojen koneiden elinkaaren täyttymisestä ja niiden ilmanvaihdollisista puutteista.

IV-konesaneeraukset luovat uusia haasteita ja työllistävät paljon LVI-suunnittelijoita. Muistilistan avulla LVI-suunnittelijan työ tehostuu, kun lähtötiedot saadaan kerättyä jo ensimmäisellä työmaakäynnillä perusteellisesti, eikä valtaosa ajasta kulu työmaan ja toimiston välisiin matkoihin. Jokainen ilmanvaihtokoneen uusiminen on tapauskohtainen, eikä tästä syystä opinnäytetyössä luodun muistilistan toimivuutta voida taata. Muistilistaa on käytettävä varauksellisesti ja siinä esiintyviä kohtia on mahdollista soveltaa tarpeen vaatiessa.

Alussa opinnäytetyön aihe vaikutti liian yksinkertaiselta ja tarpeettomalta. Yleisin ajatus oli, ettei ilmavaihtokoneen uusimisessa ole huomioitavia asioita kuin muutamia ja näin ollen muistilistan hyötyä oli vaikea sisäistää. Ajatus vaihdon yksinkertaisuudesta osoitautui kuitenkin vääräksi opinnäytetyön edetessä. Ilmanvaihtokoneen uusiminen saneerauskohteessa vaatii LVI-suunnittelijalta tarkkaa lähtötietojen selvittämistä sekä ongelmanratkaisukykyä. Uuden ilmanvaihtokoneen yhteensovittaminen vanhojen laitteiden ja järjestelmien kanssa luo suunnittelijoille uudet haasteet tapauskohtaisesti. IV-koneen mahdolluttaminen ahtaisiin tiloihin ei käy ongelmitta koskaan ja yhteistyö kohteen rakennesuunnittelijan kanssa on erittäin tärkeässä roolissa.

Opinnäytetyön tavoitteena oli laatia insinööritoimisto AX-LVI Oy:lle muistilista ilmanvaihtokoneen uusimisen lähtötietojen keräämiseksi. Tavoite saavutettiin ja muistilistan toimivuutta testattiin onnistuneesti Tampereen Koskikeskuksessa. Ilmanvaihtokoneen uusiminen on aina tapauskohtainen, joten muistilistan toimivuutta ei vielä voida luvata yhden kohteen perusteella. Muistilistaa olisi voitu kokeilla liikerakennuksen lisäksi myös teollisuuskohteessa, jolloin kohteet olisivat eronneet toisistaan huomattavasti. Tämä olisi antanut paremman kuvan muistilistan toimivuudesta kohteissa, joihin se on

tarkoitettu. Vaikka muistilista oli alunperin tarkoitettu liike- ja teollisuuskohteille, voidaan sitä mahdollisesti hyödyntää myös muissa samankaltaisissa kohteissa. Muistilistan versio ei ole vielä lopullinen vaan sitä on mahdollista muokata ajan myötä, mikäli siihen on tarvetta.

Opinnäytetyön raportointiosuus on koottu suurimmaksi osaksi aiheeseen liittyvästä aineistosta sekä AX-LVI:n suunnittelijoiden neuvojen perusteella. Tietoa hankittiin myös alan asiantuntijoilta sekä sähköpostitse että puhelimitse. Tietojen keräämistä olisi voinut parantaa käyttämällä apuna haastattelulomaketta, jonka jokainen suunnittelija olisi täyttänyt omilla näkemyksillään. Suunnittelijoiden kiireiden vuoksi haastattelut olisi pitänyt toteuttaa mahdollisimman lyhyesti ja ytimekkäästi. Haastattelun kysymysten laatiminen lyhyinä vaikutti kuitenkin mahdottomalta aiheen ollessa todella yleinen ja laaja. Ajanpuutteen vuoksi tyydyin kysymään neuvoja pienissä osissa.

Opinnäytetyö muutti täysin näkemystäni IV-koneen vaihdon suunnittelun laajuudesta ja siinä huomioitavista asioista. Työssä tarkentui myös yhteys lähtötietojen hankinnan ja suunnittelun välillä. Ilmanvaihtokoneen uusimisen suunnittelua auttaa suuresti lähtötietojen perusteellinen selvittäminen. Työ muutti myös omaa näkemystäni eri alojen suunnittelijoiden välisen yhteistyön tärkeydestä. LVI-suunnittelijan on osattava tehdä yhteistyötä kohteen muiden suunnittelijoiden kanssa, jotta saavutettaisiin haluttu lopputulos.

LÄHTEET

Jari L. 18.12.2014. Lämpövinkki Oy. Pihamaasi on lämpöpankki. Mitä jos nostaisit tal-
letuksesi? Luettu: 22.02.2015.

[http://www.lampovinkki.fi/DowebEasyCMS/Sivusto/Dokumentit/ladattavatoppaatjatyo
kalut/Maal%C3%A4mm%C3%B6n%20kustannukset%20pikaopas.pdf](http://www.lampovinkki.fi/DowebEasyCMS/Sivusto/Dokumentit/ladattavatoppaatjatyo
kalut/Maal%C3%A4mm%C3%B6n%20kustannukset%20pikaopas.pdf)

Kasari I. 2010. Teollisuuskiinteistön ilmanvaihtokoneen LTO- laitteiston hyötysuhteen
parantaminen. Energiatekniikan koulutusohjelma. Lappeenrannan teknillinen yliopisto.
Kandidaatintyö.

Kianta, J. Erikoissuunnittelija. Haastattelu 20.3.2015. Haastattelija Kiviö, V. Tampere

Kiviö, T. Rakennusinsinööri. Haastattelu 12.3.2015. Haastattelija Kiviö, V.

LVI 05-10440 – ohjekortti. Sisäilmastoluokitus 2008. Sisäympäristön tavoitearvot,
suunnitteluohjeet ja tuotevaatimukset.

Motiva Oy. Kiinteistön energiatehokkaat sähkötekniiset ratkaisut. Luettu 10.01.2015.

[http://www.motiva.fi/files/7974/Kiinteiston_energiatehokkaat_sahkotekniset_ratkaisut.p
df](http://www.motiva.fi/files/7974/Kiinteiston_energiatehokkaat_sahkotekniset_ratkaisut.p
df)

Pietiläinen J., Kauppinen T., Kovanen K., Nykänen V., Nyman M., Paiho S., Peltonen
J., Pihala H., Kalema, T & Keränen H. 2007. ToVa- käsikirja. Rakennuksen toimivuu-
den varmistaminen energiatehokkuuden ja sisäilmaston kannalta. Espoo: VTT

Pyykönen, P. Automaatiosuunnittelija. Haastattelu 27.2.2015. Haastattelija Kiviö, V.
Tampere

Raksystems. Asbesti- ja haitta-ainekartoituksella tavoitteena terveellinen elinympäristö
<http://www.raksystems-anticimex.fi/content/fi/1/1360/Asbestikartoitus.html>

Salminen K. 2012. Ilmanvaihtokoneiden kuntotutkimus ja peruskorjaus. Talotekniikan
koulutusohjelma. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Insinöörityö.

Sandberg E. 2014. Ilmastointilaitoksen mitoitus. Tampere: Tammerprint

Sandberg E. 2014. Sisäilmasto ja ilmastointijärjestelmät. Tampere: Tammerprint

Seppänen, O. 2008. Ilmastointitekniikka ja sisäilmasto. Espoo: Suomen LVI liitto

Seppänen O. Seppänen M. 2007. Rakennusten sisäilmasto ja LVI-tekniikka. Espoo: SIY
sisäilmätieto Oy

Suojanen R. 1996. LVIS-2000, kanavisto-opas. Kausalan kirjapaino Oy 1996.

Tähti E. 2000. Teollisuusilmastoinnin opas. Suomen talotekniikan kehityskeskus TA-
KE.

Ympäristöministeriö. 1987 SRMK D2: Asetus rakennusten sisäilmastosta ja ilmanvaih-
dosta

Ympäristöministeriö. 2002 SRMK D2: Asetus rakennusten sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta.

Ympäristöministeriö. 2003 SRMK E7: Asetus ilmanvaihtolaitteistojen paloturvallisuudesta.

Ympäristöministeriö. 2013. 4/13 Asetus rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä.

LIITTEET

Liite 1. Pyöreiden kanavien mitoitusdiagrammi (LVI-kalenteri)

Liite 2. Suodattimen valinta-diagrammi (LVI 31-10508, 5)

Liite 3. TK121:n Alkuperäiset tekniset tiedot

Liite 4. TK121 vanha virtauskaavio

Liite 5. Muistilista (luottamuksellinen)

Liite 1. Pyöreiden kanavien mitoitusdiagrammi (LVI-kalenteri)

Pyöreiden peltikanavien ilmamäärä ja painehäviö

Taulukkoon on merkitty ohjeelliset mitoitusrajat kun huoneiden äänitasovaatimus on 33 dB(A).
Sarakkeen ylempi luku on ilmavirta [dm³ /s], alempi luku kanavan kitkapainehäviö [pa/m]

Kanava	2 m/s	3 m/s	4 m/s	5 m/s	6 m/s	7 m/s	8 m/s	9 m/s	10 m/s	V = dm ³ /s R = Pa/m
Ø 80	10	15	20	25	30	35	40	45	50	
	0,8	1,7	2,5	4,0	6,0	7,0	9,0	13,0	18,0	
Ø 100	16	24	32	40	48	56	64	72	80	
	0,6	1,4	2,0	3,0	4,2	5,8	7,0	8,5	10,0	
Ø 125	24	36	48	60	72	84	96	108	120	
	0,5	1,1	1,7	2,7	3,5	4,7	6,0	7,0	8,0	
Ø 160	40	60	80	100	120	140	160	180	200	
	0,4	0,8	1,3	2,0	2,8	3,6	4,5	5,5	6,5	
Ø 200	62	93	124	155	186	217	248	280	310	
	0,3	0,6	1,0	1,5	2,2	2,8	3,5	4,0	5,0	
Ø 250	100	150	200	250	300	350	400	450	500	
	0,3	0,7	1,1	1,6	2,2	2,8	3,8	4,2	5,0	
Ø 315	155	235	310	390	470	545	624	702	780	
	0,2	0,6	0,9	1,4	1,8	2,2	3,0	3,5	4,0	
Ø 400	250	380	505	630	755	880	1010	1135	1260	
	0,2	0,4	0,7	1,1	1,5	2,0	2,5	3,0	3,2	
Ø 500	390	590	785	980	1175	1370	1570	1765	1960	
	0,2	0,4	0,6	0,9	1,2	1,5	2,0	2,5	3,0	
Ø 630		935	1250	1560	1870	2180	2495	2800	3120	
		0,3	0,4	0,7	1,0	1,2	1,6	2,0	2,2	
Ø 800		1500	2000	2510	3010	3515	4015	4520	5020	
		0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,4	1,5	1,8	
Ø 1000			3140	2925	4710	5495	6280	7065	7850	
			0,3	0,4	0,6	0,8	1,0	1,4	1,5	
Ø 1250			4910	6135	7360	8590	9815	11040	12270	
			0,3	0,4	0,5	0,7	0,8	1,0	1,2	
	Venttiilien kytkentä- kanavat		Haara- kanavat		Runko- kanavat kerroksissa					

Kanavat SFS-EN 1506 ja SFS 3541 mukaisia.

Liite 3. TK121:n Alkuperäiset tekniset tiedot

TUNNUS	LÄITE, TEKNISET ARVOT, MATERIAALI YM. TIEDOT	TUNNUS	LÄITE, TEKNISET ARVOT, MATERIAALI YM. TIEDOT
TK-121	<p>PUOLILÄMPÖKEISTO elintarvikkeosasto 1-K</p> <p>- lauhduttimosa</p> <p>- sekoitusosa ulko- ja kierto- limapelleihin</p> <p>- lauhdutuspatteeri Teho: 1200 kW Myydä: tekn. osasto</p> <p>Kokoluokka m³/s Fincoil/STO-140</p>	PF-121.1	<p>POISTOILMAPUHALLIN elintarvikkeosasto 1-K, taitot</p> <p>- poistoilmapelti</p> <p>Huippumurti Ilma: 0,94 m³/s</p>
PF-121.1 LF-121.2	<p>- lauhdutuspuhaltimeet</p> <p>Ilma: 10,4 m³/s (molemmat kdy) i 6,7 m³/s (yksi kdy) -yhteisvoimapelti -poistoilmapelti</p> <p>- sekoitusosa ulko- ja kierto- limapelleihin</p> <p>EU 3 4000 g 180 Pa</p>	PF-121.2	<p>POISTOILMAPUHALLIN elintarvikkeosasto 1-K, girallit</p> <p>- poistoilmapelti</p> <p>Huippumurti Ilma: 0,90 m³/s</p>
	<p>- suodattimosa</p> <p>EU 3 4000 g 180 Pa</p>	PF-121.3	<p>POISTOILMAPUHALLIN elintarvikkeosasto 1-K, uuni</p> <p>- poistoilmapelti</p> <p>Huippumurti Ilma: 0,60 m³/s</p>
	<p>- lämmityspatteeri</p> <p>Ilma: 5,1 m³/s -20/18°C Vesi: 1,85 dm³/s -70/40°C Teho: 232 kW</p>	PF-121.4	<p>POISTOILMAPUHALLIN elintarvikkeosasto 1-K, tiiskaus</p> <p>- poistoilmapelti</p> <p>Huippumurti Ilma: 0,26 m³/s</p>
	<p>- välilosa</p> <p>Pituus: 400 mm Varustettuna huoltoluukulla</p>		
	<p>- jäähdytyspatteeri (vesijäähdytyspatteeri)</p> <p>Ilma: 5,1 m³/s - tulo: 26°C/52 kJ/kg - lähtö: 12°C/32 kJ/kg Vesi: 5,03 dm³/s -7/12°C Teho: 122 kW - lauhdevesiallas</p>		
PF-121	<p>- tuuloilmapuhallin</p> <p>Ilma: 5,1 m³/s</p>		
	<p>- kollektorit</p> <p>ks. sähkökaavio</p>		

Liite 4. TK121 vanha virtauskaavio

