

Viivi-Maria Viitala

Liiketilöjen ilmanvaihdön energiatehokkuuden parantaminen

Opinnäytetyö

Syksy 2015

SeAMK Tekniikka

Rakennustekniikka



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Tekniikan yksikkö

Tutkinto-ohjelma: Rakennustekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: LVI-tekniikka

Tekijä: Viivi-Maria Viitala

Työn nimi: Liiketilojen ilmanvaihdon energiatehokkuuden parantaminen

Ohjaaja: Marita Viljanmaa

Vuosi: 2015

Sivumäärä: 40

Liitteiden lukumäärä: 6

Tässä työssä käsitellään Seinäjoella sijaitsevan kauppakeskuksen ilmastointikoketta TK/PK 57, joka palvelee kahta käyttäjäajaltaan erilaista liiketilaa.

Työn tavoitteena on selvittää ilmanvaihdon tämän hetkinen kokonaisuus ja sen vuotuinen energiankulutus. Tämän pohjalta suunnitellaan ilmanvaihto tarpeenmukaiseksi ja näin ollen nykyistä energiatehokkaammaksi sekä esitetään investoinnin takaisinmaksuaika.

Haasteena työssä on, että tilajaot ja tilojen käyttöajat ovat muuttuneet ilmavaihdon alkuperäisestä suunnittelusta. Myös liiketilojen muutosten yhteydessä ilmanvaihdon kanavaratkaisuja ja päätelaitteita on muutettu ja asiakirjat ilmanvaihdon kokonaisuudesta ovat jääneet päivittämättä tai niitä ei ollut tallessa.

Avainsanat: energiankulutus, ilmanvaihto, investointi

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Faculty: School of Technology

Degree programme: Construction Engineering

Specialisation: HVAC Technology

Author: Viivi-Maria Viitala

Title of thesis: Improving ventilation energy efficiency

Supervisor: Marita Viljanmaa

Year: 2015

Number of pages: 40

Number of appendices: 6

The aim of the thesis was to plan a more energy efficient way to execute ventilation for two business areas which have different opening hours, and to count the refund of the change. These business areas are located in a shopping mall in Seinäjoki and the same air conditioning unit TK/PK 57 serve them both.

The challenge of the work was that the current ventilation was not planned to serve the stores with current serving times and space divisions. Also old documents for the ventilation changes were or missing or not updated.

Keywords: energy efficiency, ventilation, invest

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	2
Thesis abstract.....	3
SISÄLTÖ.....	4
Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo.....	6
Käytetyt termit ja lyhenteet.....	8
1 JOHDANTO.....	9
1.1 Tausta.....	9
1.2 Nykytilanne.....	10
2 ILMASTOINTIKONEEN KOMPONENTIT.....	11
2.1 Kohteen lämmöntalteenotto.....	11
2.2 Puhallin.....	11
2.3 Jälkilämmitys ja jäähdytyspatterit.....	12
2.4 Taajuusmuuttaja.....	12
2.5 Ilmamääräsäädin.....	13
3 LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT.....	14
3.1 Ilmastointijärjestelmän energiankulutuksen muodostuminen.....	14
3.2 Ilmavirrat.....	14
3.3 Ilmamäärien arvot.....	15
3.3.1 Ilmastointikoneen ilmamäärät.....	15
3.3.2 Ravintolasalin ilmamäärät.....	17
3.3.3 Ravintolasalin ilmamäärän mittaukset.....	17
3.3.4 Vaateliikkeen ilmamäärät.....	19
3.4 Puhaltimen sähkönkulutus.....	19
3.5 Lämpötilat.....	21
3.6 Käyntiajat.....	21
4 ILMANVAIHDON LÄMMITYSENERGIAN LASKENTA.....	23
4.1 Ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsema energia.....	23
4.2 Lämmöntalteenotto.....	24
5 ILMANVAIHDON OMINAISSÄHKÖNKULUTUS (SFP).....	26
5.1 SFP-luvun määrittäminen.....	26

5.2 Ilmastointikoneen SFP-luku	26
5.3 Puhaltimien sähkönkulutus	27
5.4 Ilmanvaihtokoneen energiankulutus nykytilanteessa	27
6 SUUNNITTELUN LÄHTÖTIEDOT	29
6.1 Lähtötiedot	29
6.2 Ilmamäärät ja säätöpaine.....	29
6.3 Ilmamääräsäätimien uusinta	29
6.4 Käyntiajat	30
7 MUUTOKSEN ENERGIANSÄÄSTÖ LASKENTA	32
7.1 Lähtöarvot.....	32
7.2 Laskenta	33
8 MUUTOKSEN TUOMA ENERGIASÄÄSTÖ	35
8.1 Energiankulutus vuodessa.....	35
8.2 Takaisinmaksuaika	35
9 MUITA ENERGIATEHOKKUUTEEN VAIKUTTAVIA HUOMIOITA .	37
9.1 Puhaltimien uusinta.....	37
9.2 Kanavien nuohous	37
10 YHTEENVETO	38
LÄHTEET	39
LIITTEET	40

Kuva-, kuvio- ja taulukkoluettelo

Kuva 1. Taajuusmuuttaja. 13

Kuva 2. Poistopuhaltimen laitekilpi. 16

Kuva 3. Tulopuhaltimen laitekilpi. 16

Kuva 4. Poistoilman päätelaite. 19

Kuva 5. Tulopuhallinmoottorin tyyppikilpi. 20

Kuva 6. Poistopuhallinmoottorin tyyppikilpi. 20

Kuva 7. Ilmamääräsäätimien kuvaus. 33

Kuvio 1. Ilmanvaihdon toimintakaavio..... 11

Kuvio 2. Hihnäkäyttöisen puhaltimen periaate (Fläktwoods Puhaltimen vaihto, 5).
..... 12

Kuvio 3. Stifab VAB -ilmamääräsäädin. Stifab, 12. 13

Kuvio 4. Suomen säävyöhykkeet (D3 Suomen rakentamismääräyskokoelma
2012, 29)..... 21

Taulukko 1. Täystephon käyntiajat 9/8,80 m³/s..... 10

Taulukko 2. Osatehon käyntiajat 6/5,90 m³/s. 10

Taulukko 3. Sää tiedot kuukausittain vyöhykkeellä jyvaskylä (D3 Suomen
rakentamismääräyskokoelma 2012, 31). 21

Taulukko 4. Lämmitysenergian kulutus nykytilanteessa. 28

Taulukko 5. Sähköenergiankulutus nykytilanteessa..... 28

Taulukko 6. Täysteho.....	30
Taulukko 7. Osateho.....	30
Taulukko 8. Suunnitellut käyntiajat TK/PK 57.	31
Taulukko 9. Lämmitysenergian kulutus muutoksella.....	35
Taulukko 10. Sähköenergiankulutus muutoksella.....	35
Taulukko 11. Vuodessa säästetyt energiat.	36

Käytetyt termit ja lyhenteet

Takaisinmaksuaika

Aika, jona investointi maksaa itsensä takaisin.

Ilmanvaihdon lämmitysenergia

Lämmitysenergian tarve, joka muodostuu ilman lämmittämisestä lämmöntalteenoton jälkeen haluttuun sisälämpötilaan.

Ilmanvaihdon sähköenergiankulutus

Puhaltimien ja muiden mahdollisten apulaitteiden sähkökulutus.

Tarpeenmukainen ilmanvaihto

Ilmanvaihtoa ohjataan tarpeenmukaisesti tilaan, jossa on käyttäjiä.

1 JOHDANTO

1.1 Tausta

Tämän työn tarkoituksena on tehdä energiansäästöön pohjautuva muutosehdotus tarpeenmukaisen ilmanvaihdon toteutumiseksi liiketiloille. Alkuperäinen liiketilojen ilmanvaihto on suunniteltu, kun tilat olivat yhtenäistä tilaa. Nykyisin tilat ovat eritelty toisistaan ja niissä toimii kahdessa kerroksessa, kooltaan 1728 m²:n vaateliike H&M, sekä alemmassa kerroksessa 250 m²:n suuruinen pikaruokaravintola Hesburger. Näiden liiketilojen ilmanvaihtoa palvelee Ilmastointiteollisuus Oy:n valmistama ilmastointikone TK/PK 57.

Ensimmäinen askel oli selvittää ilmanvaihdon kokonaiskuva ja nykyinen energiankulutus. Tämän pohjalta luodaan muutosehdotus, jossa ilmanvaihdon energiankulutusta pyritään pienentämään muuttamalla ilmanvaihto tarpeenmukaiseksi. Muutosehdotuksen jälkeistä energiankulutusta verrataan nykykulutukseen ja näin saadaan selvitettyksi sen tuoma energiansäästö, josta voidaan laskea takaisinmaksuaika investoinnille.

Vaateliiketila H&M perustettiin nykyisiin tiloihin 2012, jolloin ilmanvaihtoon tehtiin kanavamuutoksia, päätelaitteita uusittiin sekä ilmamäärät säädettiin. Ravintolan ilmanvaihtoon ei näiden muutosten yhteydessä puututtu, vaan ne jäivät asiakastiloissa alkuperäisten suunnitelmien mukaisiksi. Ravintolan keittiötä palvelee oma ilmanvaihtokone TK/PK 94, joka toimii kahdella säätönopeudella ja on liitetty rakennusautomaatioon vuonna 2014.

Haasteena oli selvittää ilmavaihdon kokonaiskuva, koska ilmanvaihtosuunnitelmat olivat päivitetty vuonna 2012 vain H&M liikkeen ja Hesburgerin ilmanvaihtosuunnitelmat olivat alkuperäiset 1990-luvulta.

1.2 Nykytilanne

Ilmastointikone on liitetty Schneider Electricin etävalvontaan. Ilmanvaihtoa ohjataan automaation välityksellä aikaohjauksella täysi- ja osatehoisena seuraavien viikoittaisten käyntiaikojen mukaan (Taulukko 1 ja 2).

Taulukko 1. Täystehon käyntiajat 9/8,80 m³/s.

Viikko-ohjelma										
Tapahtumien max määrä: 4										
ON joka päivä	Käynnistysaika	Pysäytysaika	Maanantai	Tiistai	Keskiviikko	Torstai	Perjantai	Lauantai	Sunnuntai	
☺	-	11:00	16:00	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON
☹	-	18:00	21:00	ON	ON	ON	ON	ON	ON	-
☺	-	1:00	4:00	-	-	-	-	ON	ON	ON
☹	-	17:00	19:00	-	-	-	-	-	-	ON

Taulukko 2. Osatehon käyntiajat 6/5,90 m³/s.

Viikko-ohjelma										
Tapahtumien max määrä: 4										
ON joka päivä	Käynnistysaika	Pysäytysaika	Maanantai	Tiistai	Keskiviikko	Torstai	Perjantai	Lauantai	Sunnuntai	
☺	-	9:00	22:00	ON	ON	ON	ON	-	-	-
☹	-	9:00	0:00	-	-	-	-	ON	ON	-
☺	-	0:00	6:00	-	-	-	-	ON	ON	ON
☹	-	11:30	20:30	-	-	-	-	-	-	ON

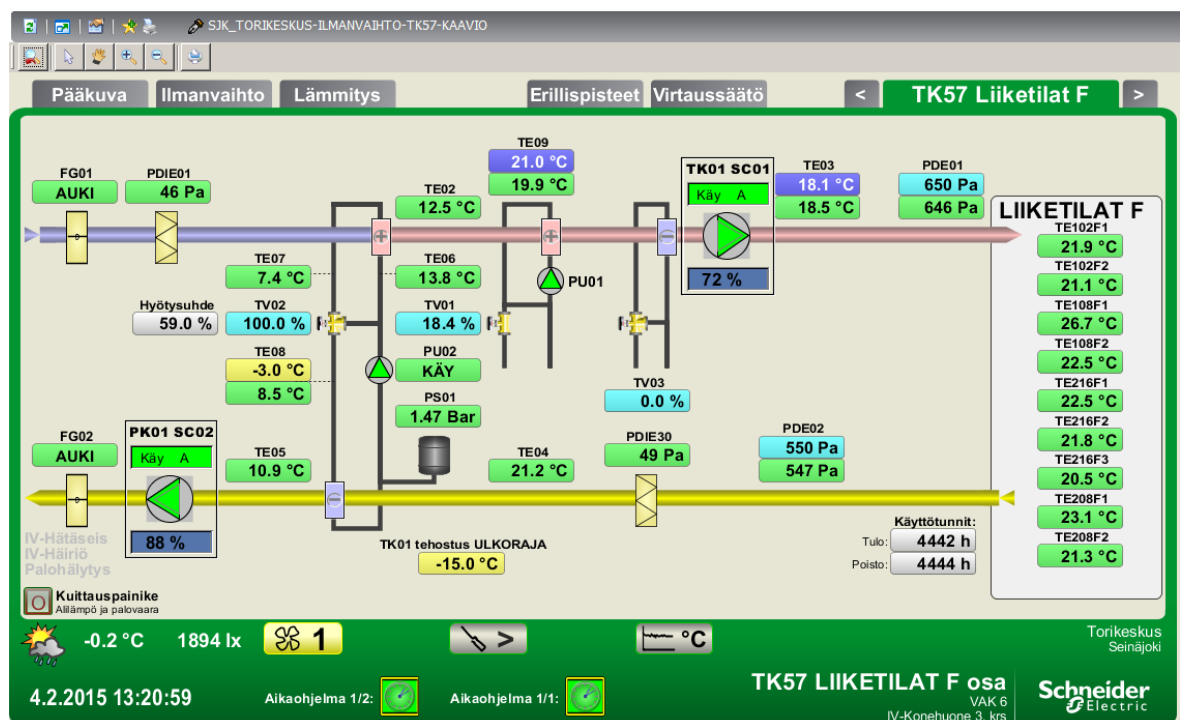
Uusi Muokkaa Poista

Ilmanvaihto koostuu koneellisesta tulo- ja poistopuolesta, tulo- ja poistupuolen suodatuksesta, glykolin lämmöntalteenotosta, sekä lämmitys- ja jäähdytyspatterista. Ilmastointikone on varustettu taajuusmuuttajalla. Jokainen koneelta liiketilaan lähtevä poisto- ja tulokanava on varustettu ilmamääräsäätimillä.

2 ILMASTOINTIKONEEN KOMPONENTIT

2.1 Kohteen lämmöntalteenotto

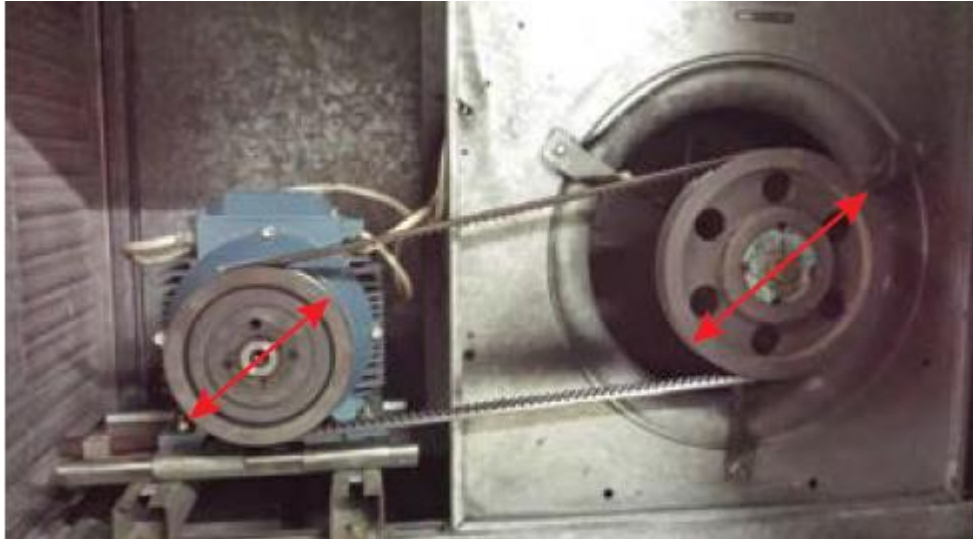
Kohteessa palvelee nestekiertoinen lämmöntalteenotto. Siinä poistoilma kulkee lämmöntalteenottopatterin läpi luovuttaen lämpöä patterissa virtaavaan jäätymättömään vesi-glykoliseokseen, joka siirtää lämmön edelleen tuloilmaan. Periaate on kuvattuna ilmanvaihdon toimintakaaviossa (kuvio 1).



Kuvio 1. Ilmanvaihdon toimintakaavio.

2.2 Puhallin

Ilmanvaihtokoneen puhallimet ovat hinnakäyttöisiä, mikä tarkoittaa, että sähkömoottori pyörittää puhallinta hinnan välityksellä (Kuvio 2). Puhallinkäyrästä ei enää ollut saatavilla ilmastointikoneen vanhan iän johdosta. (Fläktwoods Puhallimen vaihto, 5.)



Kuvio 2. Hihnäkäyttöisen puhaltimen periaate (Fläktwoods Puhaltimen vaihto, 5).

2.3 Jälkilämmitys ja jäähdytyspatterit

Jälkilämmityspatterin tehtävä on lämmittää tuloilma lämmöntalteenoton jälkeen haluttuun sisänpuhalluslämpötilaan. Sisänpuhalluksen asetustemperatuurina (TE0 3) on 18,1 °C (kuvio 1). Jälkilämmityspatterissa siis kiertää lämmin vesi, joka lämmittää patterin läpi virtaavan ilman haluttuun lämpötilaan.

Jäähdytyspatterin toiminta perustuu samaan periaatteeseen. Tosin tällöin patterissa virtaavana aineena toimii glykoli kylmäaine. Jäähdytyspatteria käytetään silloin, kun halutaan ilmanvaihdon sisänpuhalluslämpötilan olevan alhaisempi kuin ulkoilman lämpötilan. (Harju, 58.)

2.4 Taajuusmuuttaja

Taajuusmuuttaja on sähkölaite, joka kytketään kahden erillisen sähköverkon välille. Taajuusmuuttaja säätelee portaattomasti moottorin pyörimisnopeutta ja vääntömomenttia. Samalla se myös säästää energiaa, koska puhaltimen moottorille syötettävää sähkötehoa saadaan ohjattua portaattomasti taajuusmuuttajan avulla. Kohteessa on painesäätöinen Schneider Electricin valmistama Altivar 212 -

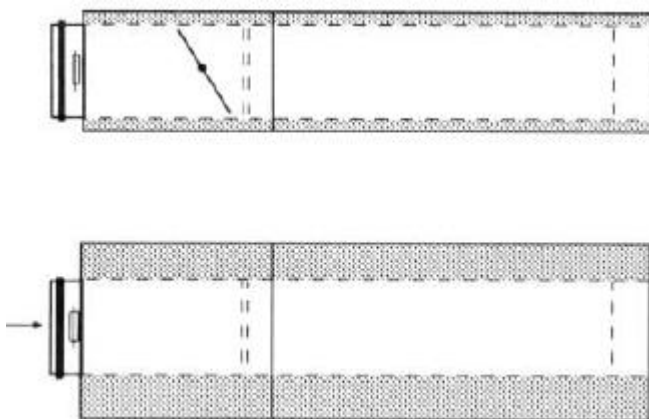
taajuusmuuttaja, joka muuttaa puhaltimen pyörimisnopeutta suhteessa haluttuun kanavapaineeseen (Kuva 1).



Kuva 1. Taajuusmuuttaja.

2.5 Ilmamääräsäädin

Ilmamääräsäädin eli IMS on laite, jolla pystytään ohjaamaan kanavaan menevän ilman määrää. Ilmamääräsäädin asennetaan kanavaan joko tulo- tai poistupuolelle, tai molempiin. Ilmamääräsäätimellä voidaan ohjata kanavasta läpimenevää ilmaa painesäätöisesti. Kohteessa oli alkuperäiset Stifabin valmistamat VAM-ilmamääräsäätimet (Kuvio 3).



Kuvio 3. Stifab VAB -ilmamääräsäädin. Stifab, 12.

3 LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT

3.1 Ilmastointijärjestelmän energiankulutuksen muodostuminen

Kiristyneiden energiamääräysten vuoksi Suomessa kiinnitetään nykyään paljon huomiota rakennusten energiankulutukseen. Suomalaisissa viranomaissäännöksissä rakennuksen energiatehokkuutta käsitellään rakentamismääräyskokoelman osassa D3 ja energiankulutuksen laskentaa osassa D5. Näissä ohjeissa annetaan myös selkeät ohjeet ilmanvaihdon energiankulutukselle. Ilmanvaihdon ja ilmastoinnin energiankulutus muodostuu ilmanvaihtoilman lämmittämiseen kuluvasta energiasta, rakennuksen vuotoilman lämmittämisestä, ilmaa siirtävien puhaltimien sähkönkulutuksesta sekä ilmastointikoneen muodostamasta energiankulutuksesta, johon sisältyy ilman jäähdytykseen, kostutukseen sekä esi- ja jälkilämmitykseen käytettävä energia (Seppänen, 99–100). Suomessa ylivoimaisesti suurin osa energiasta kuluu tilojen lämmittämiseen. Jäähdytyskautena Suomessa pidetään yleisesti kesä- ja heinäkuuta. Jäähdytysenergian nettotarve on riippuvainen vuodenajasta, vuorokaudenajasta sekä tilojen jäähdytystarpeesta. Tässä työssä ei oteta huomioon jäähdytyksen kuluttamaa energiaa, vaan keskitytään laskemaan vuotuinen kulutus lämmitysenergian ja sähkönkulutuksen osalta.

3.2 Ilmavirrat

Ilmanvaihdon ilmavirrat mitoitetaan rakennuksen huonetilojen käytön tarpeiden mukaisesti. Oleskelutiloille tulee olla johdettuna terveellistä, turvallista ja viihtyisän sisäilman laadun takaavaa ulkoilmavirtaa. Ilmanvaihdolla halutaan usein vaikuttaa myös huonetilan lämpöolosuhteisiin, erityisesti tiloissa, joissa oleskelee ajoittain tai jatkuvasti paljon ihmisiä. Tämän vuoksi ilmanvaihtojärjestelmä voidaan varustaa lämmitys- ja jäähdytyspattereilla. Suomen rakennusmääräyskokoelman osa D2 antaa ohjeet ilmavirtojen mitoittamiselle huone- ja tilakohtaisesti. Ilmavirrat mitoitetaan ulkoilmavirran mukaan. Ensisijaisesti ulkoilmavirta mitoitetaan henkilöperusteen mukaan. Ilmavirtojen mitoituksessa voidaan myös käyttää pinta-alaan perus-

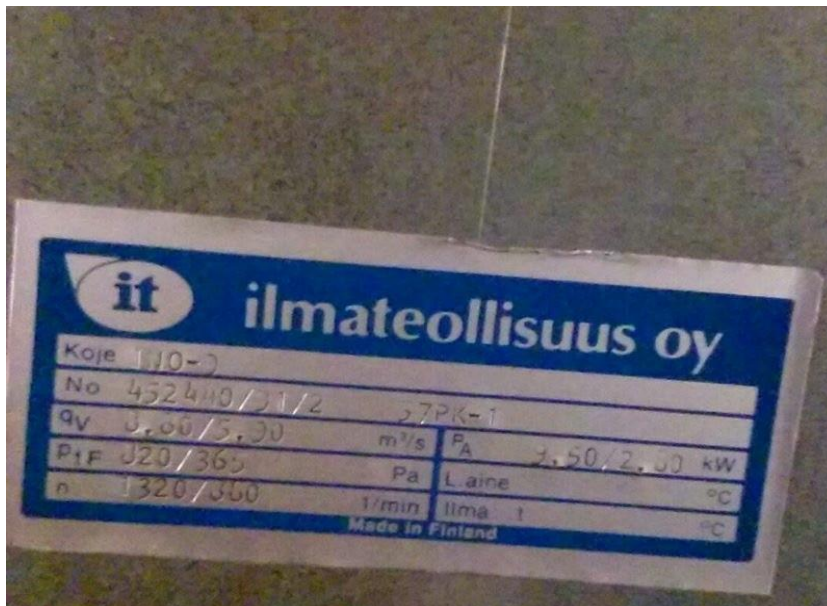
tuva mitoitusta, jos henkilökuorman mukaiselle mitoitukselle ei ole perusteita. (D2 Suomen rakentamismääräyskokoelma 2012, 8.)

3.3 Ilmamäärien arvot

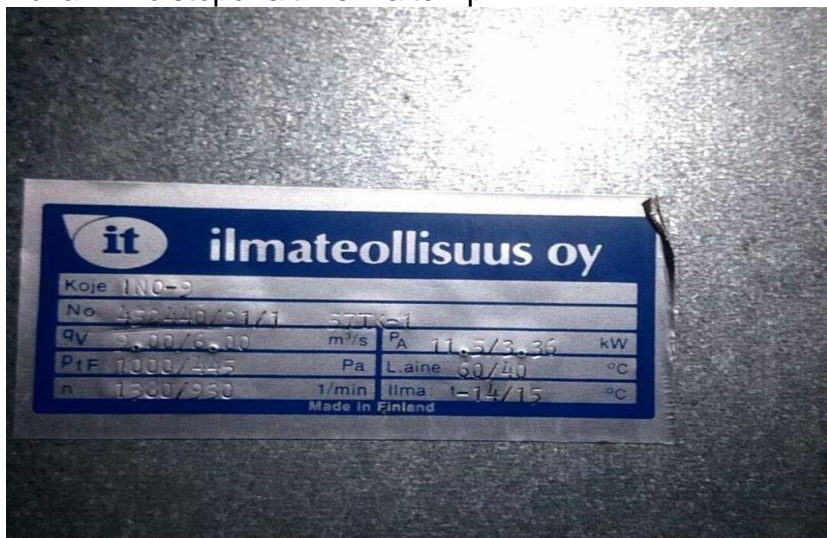
3.3.1 Ilmastointikoneen ilmamäärät

Ilmastointikoneen ilmamäärien selvittämiseksi mitattiin koneelta lähtevistä tulo- ja poistoilmakanavista ilman virtausnopeus kanavassa sekä kanavien pinta-alat. Mittaukset suoritettiin TSI Velocicalc -mittauslaitteella. Kalibrointitodistuksen mukaan mittari antaa mittausepävarmuuden paineella 100-500Pa +/- 0,20 %. Mittaukset suoritettiin koneen ollessa täysteholla, sekä osateholla. Näin saatiin laskettua tuloilmavirraksi täysteholla 8,48 m³/s ja osateholla 5,65 m³/s. Vastaavasti poistoilmavirraksi täysteholla saatiin 11,52 m³/s ja osateholla 7,83 m³/s (Kaava 1).

Mitatut tulokset antoivat ilmastointikoneelle epäilyttävän suuret ilmamäärät sekä suuren alipaineen, vaikka ilmastointilaitos oli mitoitettu ylipaineiseksi. Mahdollisimman häiriöttömän mittauspaikan löytäminen on tuloksien kannalta olennaista, sillä mittaushäiriöitä voivat aiheuttaa muun muassa puhaltimet, kanavan osat, säätöpellit sekä patterit. Mittaukset pyrittiin ottamaan mahdollisimman häiriöttömistä paikoista ennen kanavan haarautumista. Tällaisen paikan löytäminen oli kuitenkin käytännössä mahdotonta poistoilmakoneesta, joten tuloksiin ei tässä työssä voida luottaa, vaan käytetään laskelmissa ilmastointikoneen tyyppikilvissä ilmoitettuja qv-arvoja (Kuvat 2 ja 3). Poistoilmalle 8,80/5,90m³/s ja tuloilmalle 9,00/6,00 m³/s. (Harju, 126.)



Kuva 2. Poistopuhaltimen laitekilpi.



Kuva 3. Tulopuhaltimen laitekilpi.

Ilmamäärien laskennassa käytetään laskukaava

$$V = kAv \quad (1)$$

Missä

V on ilmavirta, m³/s

k on menetelmäkerroin

A on pinta-ala, m²

v on keskinopeus, m/s

3.3.2 Ravintolasalin ilmamäärät

Vanhoista mittauspöytäkirjoista (liite 1) saatiin selville ravintolasalin suunniteltu ilmamäärä, joka ovat 1190 l/s tuloilmalle ja 630 l/s poistoilmalle. Ravintolan keittiön TK/PK 94:n suunnitellut ilmavirrat ovat poistoilmalle 1400 l/s ja tuloilmalle 800 l/s. Ravintolan kokonaisilmavirraksi siis muodostuu 2030 l/s poistoilmaa ja 1990 l/s tuloilmaa. Ravintolan ilmanvaihto on näin ollen riittävän alipaineinen. Näistä suunnitelluista ilmavirroista voidaan todeta, että ilmastoinnin periaate on tuoda ylipaineista ilmaa asiakastilaan ja poistaa se alipaineisen keittiön kautta. Näin ollen ruuanlaiton käryt eivät kulkeudu salin puolelle.

Rakentamismääräyskokoelma 2012 osa D2 ohjeistaa ulkoilmavirraksi tupakoimattomissa henkilöstö- ja lounasravintoloissa 6 (dm³/s)/hlö. Määräys ohjeistaa myös, että ravintolan ilmanvaihto on oltava ohjattavissa tarpeen mukaan. Ravintolassa on pelastussuunnitelmaan pohjautuen 130 asiakaspaikkaa. Näin saadaan lasketua ravintolasaliin tarvittava ulkoilmavirta 130 hlö x 6 (dm²/s)= 780 dm²/s.

Tämä on siis nykymääräysten mukainen ohjearvo lounasravintoloiden ilmanvaihdolle. Kuitenkin rakennusmääräyskokoelma D2 1987 antaa ohjearvoksi 10 (dm³/s)/hlö. Ilmanvaihto on aikanaan luultavasti mitoitettu tätä määräystä koskien ja todennäköisesti asiakaspaikkoja on tähän aikaan ollut vähemmän kuin nykytilanteessa. Työssä pyritään kuitenkin tuomaan tilaan alkuperäisen suunnitelman mukainen ilmamäärä (1190 l/s). (D2 Suomenrakentamismääräyskokoelma 1987, 17.)

3.3.3 Ravintolasalin ilmamäärän mittaukset

Asiakastilan päätelaitteista käytiin tarkistamassa mittaamalla tämän hetkiset ilmamäärät. Saatuja tuloksia verrattiin vuonna 1994 tehtyyn säätöpöytäkirjaan (liitteet 1 ja 2), jossa asiakastilan ilmamäärät oli säädetty keittiön ilmanvaihtokoneen uusimisen yhteydessä.

Tuloilman päätelaitteina toimivat STIFAB FAREXin valmistamat PMTc päätelaitteet. Päätelaitteista mitattiin mittausletkujen avulla päätelaitteen säätöpaine käyttämällä Testo 435 -mittauslaitetta. Säätöpaineen avulla saadaan päätelaitteesta huoneeseen tuleva ilmamäärä selville valmistajan ilmoittaman säätöarvon eli k-arvon avulla seuraavasti (STIFAB FAREX Säätöopas 07-98, 2 ja 6.)

$$q = k\sqrt{pi} \quad (2)$$

missä

q on ilmavirta, l/s

k on laitteen k-kerroin

pi on säätöpaine, Pa

Poistokanavat olivat niin likaisia, (kuva 4) että ne eivät vetäneet lainkaan.



Kuva 4. Poistoilman päätelaite.

3.3.4 Vaateliikkeen ilmamäärät

Uudemmissa vuonna 2012 päivitetystä ilmastointipiirustuksista saatiin H&M:n tilan suunnitellut ilmamäärät: poistoilma oli 6117 l/s ja tuloilma 6379 l/s.

3.4 Puhaltimen sähkönkulutus

Puhaltimien sähkönkulutusta varten saatiin taajuusmuuttajalta tulopuhaltimen ja poistopuhaltimen sähkövirta täystehon ja puolitehon ilmavirroille. Puhaltimien vaihekulma $\cos\varphi$ saatiin moottorin tyyppikilvestä (kuva 5 ja 6.). Näillä tiedoilla saatiin laskettua puhaltimien sähköverkosta ottama teho käyttämällä kaavaa

$$P = \sqrt{3} * U * I * \varphi \cos \quad (3)$$

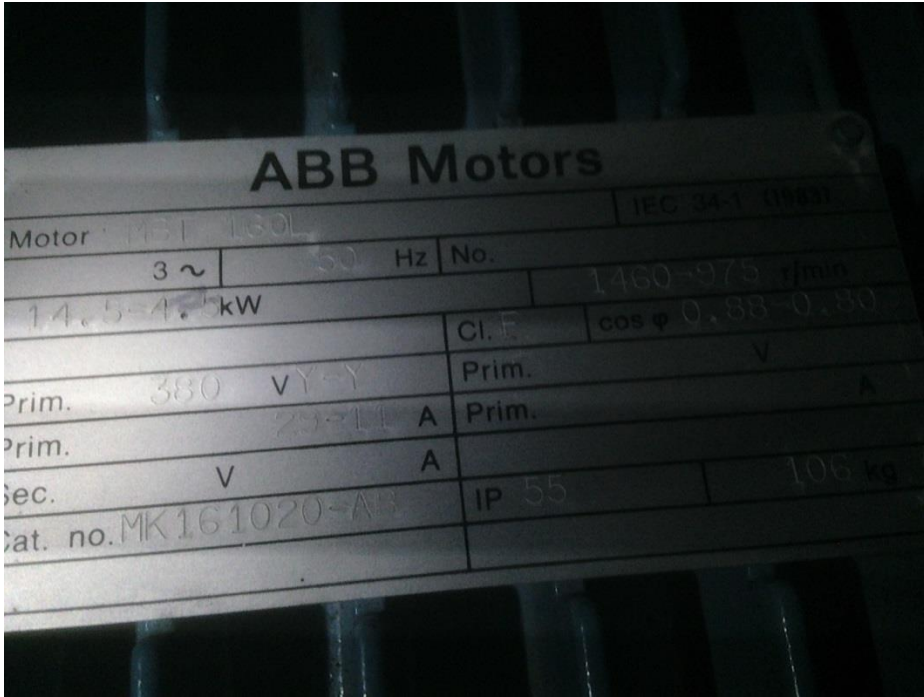
missä

P on teho, W

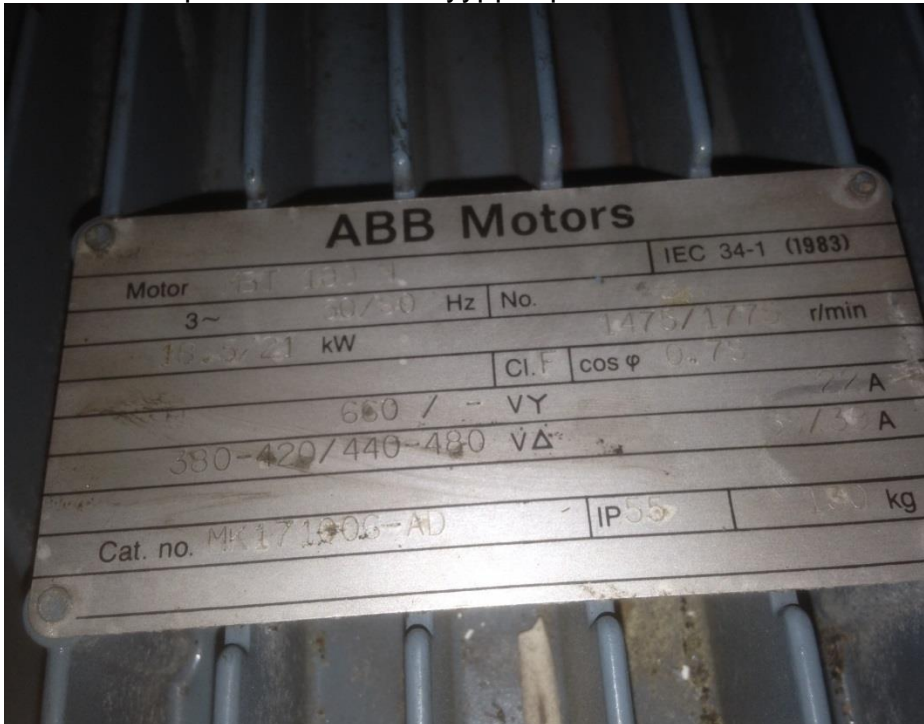
U on jännite, V

$\varphi \cos$ on moottorin tyyppikilvestä saatu vaihekulma

I on virta, A



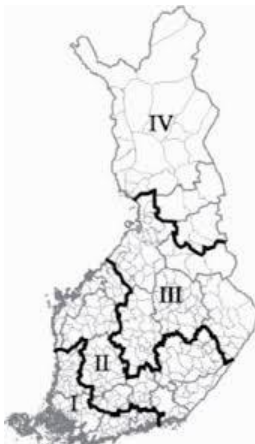
Kuva 5. Tulopuhallinmoottorin tyypikilpi.



Kuva 6. Poistopuhallinmoottorin tyypikilpi.

3.5 Lämpötilat

Suomi on jaettu neljään säävyöhykkeeseen (kuvio 4). Ilmanvaihdon energiankulutus laskettiin jokaiselle kuukaudelle erikseen käyttämällä rakentamismääräyskoelman D3 ilmoittamien testivuoden kuukausittaisia keskilämpötiloja vyöhykkeellä 2 (Taulukko 3).



Kuvio 4. Suomen säävyöhykkeet (D3 Suomen rakentamismääräyskokoelma 2012, 29).

Taulukko 3. Säätiiedot kuukausittain vyöhykkeellä jyvaskylä (D3 Suomen rakentamismääräyskokoelma 2012, 31).

<i>Taulukko L2.3. Säätiiedot kuukausittain säävyöhykkeellä III. Jyväskylä.</i>			
Kuukausi	Ulkoilman keskilämpötila, T_u , °C	Auringon kokonaissäteilyenergia vaakatasolle, $G_{\text{säteily, vaakapinta}}$, kWh/m ²	Normitukseen käytettävä lämmitystarveluku, S17, Kd
Tammikuu	-8,00	5,4	775
Helmikuu	-7,10	20,1	675
Maaliskuu	-3,53	51,9	637
Huhtikuu	2,42	102,9	437
Toukokuu	8,84	171,4	210
Kesäkuu	13,39	159,1	60
Heinäkuu	15,76	158,2	22
Elokuu	13,76	113,9	78
Syyskuu	9,18	71,1	218
Lokakuu	4,07	25,3	401
Marraskuu	-1,76	7,3	563
Joulukuu	-5,92	3,2	706
Koko vuosi	3,43	890	4782

3.6 Käyntiajat

Ilmanvaihtokoneen viikoittaiset käyntiajat täyseholla ovat maanantaista torstaihin 8 h ja perjantaista sunnuntaihin 13,5 h. Osatehon käyntiajat ovat maanantaista

torstaihin 4 h, perjantaista lauantaihin 6,5 h ja sunnuntaisin 9,5 h. Ilmastointikoneen keskimääräiset käyntiajat viikossa täysteholla ovat 10,35 h ja osateholla 5,5 h.

Ilmastointikoneen keskimääräiset käyntiajat viikossa ovat täydellä teholla 10,35 h ja puoliteholla 5,5 h.

4 ILMANVAIHDON LÄMMITYSENERGIAN LASKENTA

4.1 Ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsema energia

Ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsemalla lämpömäärällä tarkoitetaan sitä lämpömäärää, joka tarvitaan lämmittämään ilmanvaihdon ilmavirta ulkolämpötilasta huonelämpötilaan. Rakentamismääräyskokoelman osan D2 kohdassa 2.2.1.1 määritellään sisälämpötilat käyttötarkoitustensa mukaisille rakennuksille. Yleisesti huonelämpötilana pidetään 21 °C:ta ja sen oletetaan pysyvän vakiona koko vuoden ajan. Tässä työssä lasketaan eritellysti lämmitysenergian kulutus koneen käyttämille ilmavirroille ja niiden käyntiajoille. (D5 Suomen rakentamismääräyskokoelma 2012, 20-24.)

Ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarve lasketaan kaavalla

$$Q_{iv} = t_d t_v \rho_i C_{\rho i} q_v \left((T_{sp} - \Delta T_{puhallin}) - T_{lto} \right) \Delta t / 1000 \quad (4)$$

missä

Q_{iv} on ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarve, kWh

t_d on ilmanvaihtolaitoksen keskimääräinen vuorokautinen käyntiaikasuhde, h/24h

t_v on ilmanvaihtolaitoksen viikoittainen käyntiaikasuhde, vrk/7vrk

ρ_i on ilman tiheys, 1,2 kg/m³

$C_{\rho i}$ on ilman ominaislämpökapasiteetti, 1000 J/kg°K

T_{sp} on sisäänpuhallus-lämpötila, °C

$\Delta T_{puhallin}$ on lämpötilan nousu puhaltimessa, °C

T_{lto} on lämmöntalteenoton jälkeinen lämpötila, °C

Δt on ajanjakson pituus, h

1000 on kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos kilowattitunneiksi

4.2 Lämmöntalteenotto

Lämmöntalteenotolla pyritään vähentämään ilmanvaihdon aiheuttamaa lämpöhäviötä. Lämmöntalteenotolla poistoilmasta talteenotettua lämpöenergiaa käytetään lämmittämään tuloilmaa. Rakentamismääräyskokoelman osan D2 kohdan 4.1.2 mukaan jäteilmän lämmöstä on otettava talteen vähintään 45 % ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsemasta lämpömäärästä. Lämmöntalteenoton tehokkuutta kuvaava suure on vuosihyötysuhde. Vuosihyötysuhdetta voidaan käyttää kaikkina kuukausina laskettaessa ilmanvaihdon lämmöntalteenotolla talteenotettua tehoa. Kuitenkin laskennassa kesäkuukausina (kesä-, heinä- ja elokuu) ei lämmöntalteenotto ole käytössä ja niitä kuukausia ei näin ollen laskennassa huomioida.

Vuosihyötysuhde määritellään kaavalla

$$\eta_a = \frac{Q_{LTO}}{Q_{iv}} \quad (5)$$

missä

η_a on ilmanvaihdon poistoilmän lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde

Q_{LTO} on poistoilmasta talteenotettu energia, kWh

Q_{iv} on ilmanvaihdon käyttämä lämmitysenergia, kWh

Lämmöntalteenotettu kuukauden keskimääräinen teho lasketaan kaavalla

$$\Phi_{lto} = \eta_{a,ivkone} t_d t_v \rho_i C_{pi} q_{v,poisto} (T_s - T_u) \quad (6)$$

missä

Φ_{lto} on lämmöntalteenotolla talteenotettu kuukauden keskimääräinen teho, (W)

$\eta_{a,ivkone}$ on ilmanvaihtokoneen lämmöntalteenoton poistoilman vuosihyötysuhde

t_d on ilmanvaihtolaitoksen keskimääräinen vuorokautinen käyntiaikasuhde, (h/24h)

t_v on ilmanvaihtolaitoksen viikoittainen käyntiaikasuhde, vrk/7vrk

ρ_i on ilman tiheys 1,2kg/m³

C_{pi} on ilman ominaislämpökapasiteetti, 1000 J/kg °K

T_s on sisälämpötila, °C

T_u on Ulkolämpötila, °C

Lämmöntalteenoton jälkeinen kuukauden keskimääräinen tuloilman lämpötila lasketaan kaavalla

$$T_{LTO} = T_u + \frac{\phi_{lto}}{t_d t_v \rho_i C_{pi} q_{v,tulo}} \quad (7)$$

missä

T_{LTO} on lämmöntalteenottolaitteen jälkeinen lämpötila

Tuloilman lämpötilan hyötysuhde saadaan kaavasta

$$\eta_t = \frac{(t_{LTO} - t_u)}{(t_s - t_u)} \quad (8)$$

missä

η_t on tuloilman lämpötilan hyötysuhde

t_{LTO} on tuloilman lämpötila lämmöntalteenoton jälkeen, °C

t_u on ulkoilman lämpötila, °C

t_s on sisäilman lämpötila, °C

5 ILMANVAIHDON OMINAISSÄHKÖNKULUTUS (SFP)

5.1 SFP-luvun määrittäminen

Suomen rakentamismääräyskokoelman vaatimuksiin ilmanvaihdon energiankulutukselle kuuluu myös enimmäisohjearvon antaminen ilmanvaihtojärjestelmän puhaltimien käyttämälle sähköteholle. Ilmansiirtämiseen käytettävää sähkötehoa kuvataan ominaissähköteholla (SFP- Specific Fan Power). Puhaltimien sähkönkulutukseen vaikuttavat ulkosäleikkö, tuloilmakanavisto koneen imu- ja painepuolella, ilmapuhaltin, poistoilmakanavisto koneen imu- ja painepuolella sekä pääte-laitteet. Ominaissähkötehon määrittelyssä ei oteta huomioon muuttuvia ilmavirtoja, eri järjestelmien tai tilojen käyttöaikoja eikä muita kuin ilmanvaihtoa tai ilman käsittelyä koskevia koneita ja laitteita. Tässä työssä se on kuitenkin laskettu erikseen jokaiselle ilmavirralle ja käyntiajalle, jotta voidaan esittää niiden vaikutus energiankulutukseen. Suomen Rakentamismääräyskokoelman osan D2 mukaan ilmanvaihtokoneiden SFP-luvun tavoitetasoksi on määritetty 2,5 kW/m³/s. (Fläktwoods Oy SFP-OPAS 2004, 9-12.)

5.2 Ilmastointikoneen SFP-luku

Tässä työssä lasketaan vain tarkasteltavan koneen TK/PK57 SFP-luku. Yksittäisen ilmanvaihtokoneen ominaissähköteho SFP on tulo- ja poistupuolen puhaltimien yhteenlaskettu sähköverkosta ottama sähköteho jaettuna koneen ilmavirroista suuremmalla. (D5 Suomenrakentamismääräyskokoelma 2012, 52.)

SFP-luku lasketaan kaavalla

$$SFP = \frac{P_{tulo} + P_{poisto}}{q_{max}} \quad (9)$$

missä

SFP on ilmapuhaltinkoneen ominaissähköteho, Kw/(m³/s)

P_{tulo} on tuloilmapuhaltimen ottama sähköteho, kW

P_{poisto} on poistopuhaltimen ottama sähköteho, kW

q_{max} on koneen ilmavirroista suurempi (tulo tai poisto), m³/s

5.3 Puhaltimien sähkönkulutus

Puhaltimien sähkönkulutus lasketaan ominaissähkötehon, ilmavirran ja käyntiajan tulona kaavasta (D5 Suomen rakentamismääräyskokoelma 2012, 52.)

$$W_{ilmanvaihto} = \Sigma SFP q_v \Delta t \quad (10)$$

missä

$W_{ilmanvaihto}$ on ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergiankulutus, kWh

SFP on puhaltimen ominaissähköteho, kW/(m³/s)

q_v on ilmanvaihtokoneen ilmavirta, m³/s

Δt on puhaltimen käyttöaika laskentajaksolla, h

5.4 Ilmanvaihtokoneen energiankulutus nykytilanteessa

Koko ilmanvaihdon energiankulutukseksi näillä ilmavirroilla ja käyntiajoilla saadaan noin 246 MWh, josta lämmitysenergian osuus on 84 MWh ja sähköenergian kulutus 162 MWh (Taulukko 4 ja 5).

Taulukko 4. Lämmitysenergian kulutus nykytilanteessa.

Lämmitysenergian kulutus kuukausitasolla TK / PK 57									
qv_tulo (m3/s)	kuukausi	h / kk	Δt	$\eta_{a,ivkone}$	Td	Tv	ϕ_{lto}	T_lto	Qiv / kWh
9 / 6	tammi	321 / 171	-8	62	0,43 / 0,25	1	81644 / 31825	10	12554 / 2553
9 / 6	helmi	290 / 154	-7,1	62	0,43 / 0,25	1	79110 / 30837	10	10862 / 2208
9 / 6	maalis	321 / 171	-3,53	62	0,43 / 0,25	1	69059 / 26919	11	9929 / 2018
9 / 6	huhti	311 / 164	2,42	62	0,43 / 0,25	1	52308 / 20390	14	6228 / 1263
9 / 6	touko	321 / 171	8,84	62	0,43 / 0,25	1	34234 / 13344	16	2666 / 536
9 / 6	kesä	311 / 165	13,39	62	0,43 / 0,25	1	21424 / 8351	18	0
9 / 6	heinä	321 / 171	15,76	62	0,43 / 0,25	1	14752 / 5750	19	0
9 / 6	elo	321 / 171	13,76	62	0,43 / 0,25	1	20383 / 7945	18	0
9 / 6	syys	311 / 165	9,18	62	0,43 / 0,25	1	33277 / 12971	16	2387 / 479
9 / 6	loka	321 / 171	4,07	62	0,43 / 0,25	1	47663 / 18579	14	5467 / 1107
9 / 6	marras	311 / 165	-1,76	62	0,43 / 0,25	1	64076 / 24977	12	8603 / 1748
9 / 6	joulu	321 / 171	-5,92	62	0,43 / 0,25	1	75788 / 29542	10	11333 / 2304
Yhteenlaskettu läm.energia vuodessa=									84248,22291

Taulukko 5. Sähköenergiankulutus nykytilanteessa.

NYKYTILANNE				
SPF (kW /m3/s)	qv m3/s	t (h)	Wilmanvaihto	
3,53	9,0	3780	120101,9	kwh
SPF (kW /m3/s)	qv m3/s	t (h)	Wilmanvaihto	
3,45	6	2007,5	41555,25	kwh
yhteenlaskettu sähkönkulutus			161657,2 kwh	

6 SUUNNITTELUN LÄHTÖTIEDOT

6.1 Lähtötiedot

Suurin ongelma ilmanvaihdossa oli, että se kulutti turhaa energiaa pyörittäessään molempien liiketilojen ilmanvaihtoa myöhempään auki olevan liiketilan aukioloaikojen mukaan. Ilmanvaihdon kuvia tarkasteltaessa selvisi, että Hesburgerin tilaa palvelevat kanavat lähtivät omana haaranaan ilmanvaihtokoneelta. Jokainen päärun-gosta lähtevä haara oli varustettu Stifab VAB -ilmamääräsäätimillä, joiden kunnos-ta tai säätöasennosta ei ollut tietoa. Energiankulutuksen pienentämiseksi ehdotuk-sena onkin uusia ilmamääräsäätimet ja liittää ne automaatioon sekä päivittää käyntiajat energiatehokkaammiksi muutoksen yhteydessä.

6.2 Ilmamäärät ja säätöpaine

Tällä hetkellä ilmanvaihto käy kanavapaineasetuksilla 650 / 350 Pa tulo ja 550 / 250 Pa poisto. Koska luotettavia mittaustuloksia ei saatu, oletuksena on, että kone käy ilmavirroilla +9/6 m³/s ja -8,8/5,9 m³/s. Koneen maksimi-ilmamäärä suunnitel-lun ilmamäärän saavuttamiseksi on +7,5 m³/s ja – 6,7 m³/s (kohdat 2.9 ja 2.10). Koneen täysitehon ilmamäärä olisi varaa pudottaa 16 % nykyisestä. Investoinnin laskennassa on käytetty suunnitelman mukaisia ilmavirtoja +7,5 ja -6,7 m³/s.

6.3 Ilmamääräsäätimien uusinta

Jotta ilmanvaihto saataisiin muutettua tarpeenmukaisemmaksi ja säästettyä ener-giaa, tulisi ilmamääräsäätimet uusia ja liittää automaation perään. Myös käyntiajat tulisi tarkastaa ja muokata energiatehokkaammaksi. Rakennusautomaation avulla ilmamääräsäätimien säätöasentoja ohjataan käyntiaikojen mukaan, jolloin saa-daan ohjattua ilmanvaihtoa käyttötarpeen mukaan vain Hesburgerin tilaan. Taa-

juusmuuttaja laskee kanavapaineen perusteella puhaltimen pyörimisnopeutta il-
mamääräsäätimien sulkeutuessa.

6.4 Käyntiajat

Ilmanvaihdon käyntiajat suunniteltiin liikkeiden aukioloaikojen mukaan ja mahdolli-
simman energiatehokkaasti niin, että täyden tehon ilmavirtaa pyritään pyörittä-
mään vain, kun molemmat tilat ovat käytössä samanaikaisesti. Ilmanvaihto lähtee
aamulla puolella teholla puolituntia etuajassa päälle, jotta ilma liiketiloissa ehtisi
vaihtua ennen käyttäjien tuloa. Maksimi ilmavirraksi valittiin suunnitelmien mukai-
set +7,5 / - 6,7, osatehon ilmamäärät pidettiin alkuperäisten mukaisina ja Hesbur-
gerin ilmämääräsäätimillä säädettyyn ilmavirtaan lisättiin vuotoilman vuoksi 59 %.
Asiakastilan ilmanvaihdon käyntiajoissa pitää huomioida myös keittiön koneiden
käyntiajat (Taulukko 6 ja 7), jotta ilmanvaihdon suhde pysyy tasapainossa.

Taulukko 6. Täysteho.

Käynnistysaika	Pysäytysaika	Maanantai	Tiistai	Keskiviikko	Torstai	Perjantai	Lauantai	Sunnuntai
7:00	22:00	ON	ON	ON	ON	-	-	ON
7:00	6:00	-	-	ON	ON	ON	ON	ON

Taulukko 7. Osateho.

Käynnistysaika	Pysäytysaika	Maanantai	Tiistai	Keskiviikko	Torstai	Perjantai	Lauantai	Sunnuntai
7:00	22:00	ON	ON	ON	ON	-	-	ON
7:00	6:00	-	-	ON	ON	ON	ON	ON

Liikkeiden normaalit aukioloajat:

- H&M: Ma-Pe klo: 10-20, La klo: 10-17

- Hesburger: Ma-To klo: 10-21, Pe-La klo: 10-05, Su 12-20

Suunnitellut käyntiajat ja ilmavirrat TK/PK 57 on esitetty taulukossa 8.

Taulukko 8. Suunnitellut käyntiajat TK/PK 57.

	Suunnitellut käyntiajat			
m ³ /s	MA-TO	PE	LA	SU
7,5/6,7	10:00-19:00	10:00-19:00	10:00-16:00	
6/5,9	09:30-20:00	9:30-20:00	9:30-17:00	
2 / 1	20:00-21:00	20:00-06:00	17:00-06:00	11:00-20:00

7 MUUTOKSEN ENERGIANSÄÄSTÖ LASKENTA

7.1 Lähtöarvot

Jotta saadaan laskettua muutoksen tuoma energiasäästö, täytyy selvittää puhaltimien sähköenergiankulutus muutoksella. Tähän vaikuttavat ilmanvaihtojärjestelmän painehäviö ja puhaltimen hyötysuhde. Puhaltimen paineenkorotus muodostuu koneen sisäisistä painehäviöistä (mm. äänenvaimentimet, sulkupellit, suodatin, LTO, lämmityspatteri) sekä koneen ulkopuolisista painehäviöistä (kanavisto, imu- ja painepuoli.) (Fläktwoods. SFP-opas, 25-28).

Koska puhaltimen säätökäyrää ei ollut saatavilla koneen vanhasta iästä johtuen, tarkan sähkönkulutuksen saamiseksi käytettiin hyväksi vanhoja ilmamääräsäätimiä. Ne suljettiin käsin H&M:n tilaa palvelevista kanavista. Koska ilmamääräsäätimien asentoja ei pystytty lukemaan suoraa ilmamääräsäätimeltä, tehtiin kanaavaan reikä tai käytettiin hyväksi puhdistusluukkuja ja laitettiin sisään kamera, jolla nähtiin säätölautasen asento (Kuva 7).



Kuva 7. Ilmamääräsäätimien kuvaus.

Kun ilmamääräsäätimet saatiin suljettua tarvittavilta osin, käynnistettiin kone painasetuksille 400 Pa tulo ja 300 Pa poisto. Näin saatiin luettua taajuusmuuttajalta puhaltimen virtateho tällä hetkellä sekä mitattua Hesburgerin tilaan menevä ilmamäärä.

Mittaukset suoritettiin 5 -pistemenetelmällä kanavasta. Nopeuksien keskiarvosta saatiin kanavassa kulkeva ilmamäärä, joka oli tuloilmalle noin 1070 l/s ja poistoilmalle noin 750 l/s. Ravintolan toisesta poistoilmakanavasta ei saatu tuloksia, koska ilmeisesti kanavaan on jäänyt jokin pelti sulkuasentoon tai sitten kanavan likaisuudesta johtuen ilma ei kulje kanavassa. Taajuusmuuttajalta saatiin luettua puhaltimen virta-arvot 15 A (tuloilmapuhallin) ja 11A (poistoilmapuhallin).

7.2 Laskenta

Edellä mainittujen mittausten avulla nähdään nyt, että painesäädöllä 400 Pa päästään lähelle ravintolasalin suunniteltua ilmamäärä. Edellä kerättyjen tietojen avulla

voidaan nyt laskea energiankulutus muutoksen myötä. Laskennassa käytetään samoja kaavoja kuin edellä laskettaessa nykyistä energiankulutusta. Lämmitysenergia lasketaan nyt taulukon 8 mukaisia käyntiaikoja ja ilmamääriä käyttäen. Sähkönkulutuksen laskennassa käytettiin laskennallisia arvoja suhteutettuina mitattuihin arvoihin.

8 MUUTOKSEN TUOMA ENERGIASÄÄSTÖ

8.1 Energiankulutus vuodessa

Taulukossa 9 on kuvattu ilmanvaihdon lämmitysenergiankulutus vuodessa muutoksella sekä vastaavasti sähköenergiankulutus taulukossa 10.

Taulukko 9. Lämmitysenergian kulutus muutoksella.

Lämmitysenergian kulutus kuukausitasolla TK / PK 57									
qv_tulo (m ³ /s)	kuukausi	h / kk	Δt	η _{a,ivkone}	T _d	T _v	φ _{lto}	T _{lto}	Q _{iv} / kWh
7,6 / 6 / 2	tammi	213/40/159	-3,97	61	0,25/0,05/0,21	0,71/0,86/1	21737/4884/3917	9/11/4	2939/96/2526
7,6 / 6 / 2	helmi	192/36/144	-4,5	61	0,25/0,05/0,21	0,71/0,86/1	22199/4988/4000	9/11/3	2731/89/2341
7,6 / 6 / 2	maalis	213/40/159	-2,85	61	0,25/0,05/0,21	0,71/0,86/1	20762/4665/3741	10/11/4	2761/90/2389
7,6 / 6 / 2	huhti	206/39/154	4,5	61	0,25/0,05/0,21	0,71/0,86/1	14364/3227/2588	13/14/10	1541/48/1442
7,6 / 6 / 2	touko	213/40/159	10,76	61	0,25/0,05/0,21	0,71/0,86/1	8914/2003/1606	16/17/14	596/0/725
7,6 / 6 / 2	kesä	206/39/154	14,23	61	0,25/0,05/0,21	0,71/0,86/1	5893/1324/1062	18/18/16	43/0/290
7,6 / 6 / 2	heinä	213/40/159	17,3	61	0,25/0,05/0,21	0,71/0,86/1	3221/724/580	19/19/18	0/0/0
7,6 / 6 / 2	elo	213/40/159	16,05	61	0,25/0,05/0,21	0,71/0,86/1	4309/968/776	19/19/18	0/0/77
7,6 / 6 / 2	syys	206/39/154	10,53	61	0,25/0,05/0,21	0,71/0,86/1	9114/2048/1642	16/17/14	613/17/728
7,6 / 6 / 2	loka	213/40/159	6,2	61	0,25/0,05/0,21	0,71/0,86/1	12884/2895/2321	14/15/11	1322/41/1282
7,6 / 6 / 2	marras	206/39/154	0,5	61	0,25/0,05/0,21	0,71/0,86/1	17846/4010/3216	12/13/7	2157/69/1916
7,6 / 6 / 2	joulu	213/40/159	-2,19	61	0,25/0,05/0,21	0,71/0,86/1	20188/4536/3638	11/10/5	2656/86/2309
Yhteenlaskettu läm.energia vuodessa=									33921

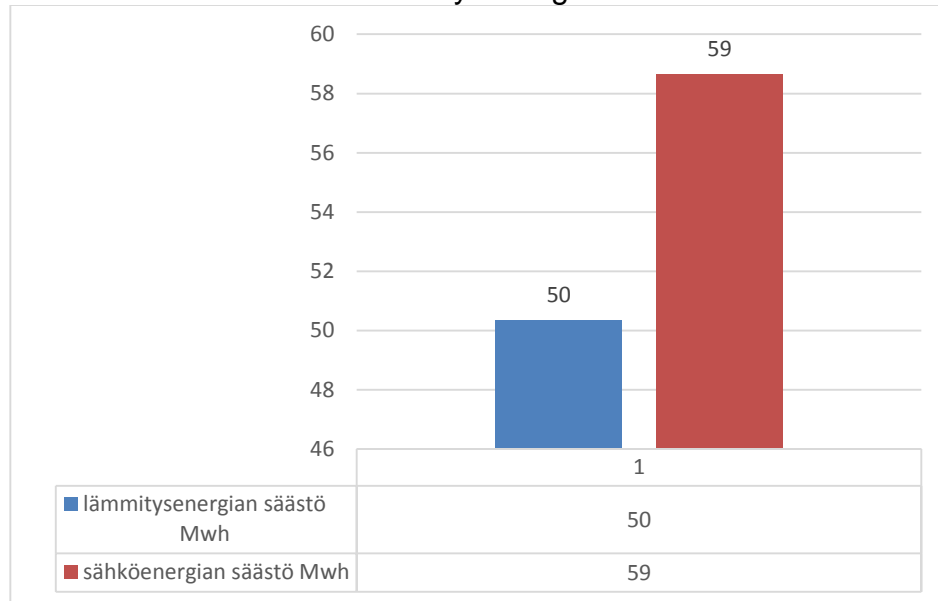
Taulukko 10. Sähköenergiankulutus muutoksella.

MUUTOS				
SPF	qv	t	Wilmanvaihto	
	3,49	7,5	2502,857	65512,29
SPF	qv	t		
	3,45	6	469,3	9714,214
SPF	qv	t		
	7,48	2	1877,143	28082,06
				103308,6 kwh

8.2 Takaisinmaksuaika

Nykyinen ilmanvaihdon kokonaisenergiankulutus vuodessa on siis 246 MWh ja investoinnin jälkeen 137 MWh. Investoinnilla siis säästettäisiin 109 MWh energiaa vuodessa. Lämmitysenergian ja sähköenergian vuodessa tuoma säästö on esitetty taulukossa 11.

Taulukko 11. Vuodessa säästetyt energiat.



Edellä esitetyistä tuloksista saadaan nyt laskettua muutoksen tuoma energiasäästö. Laskennassa käytetään Seinäjoen Energian ilmoittamia verottomia yksikköhintoja: kaukolämpö 43,55 €/MWh, yleissähkö 5,10 c/kWh ja siirtomaksu 2,95 c/kWh. Arvioitu aikaansaatu säästö investoinnilla on: 7000 € vuodessa, alv 0 %.

Muutoksen idea on siis, että H&M:n tilaa palvelevat kanavien ilmamääräsäätimet (18 kpl) vaihdettaisiin uusiin TROX-merkkisiin ilmamääräsäätimiin (liite 5) ja liitetäisiin rakennusautomaatioon. Rakennusautomaation avulla ilmamääräsäätimien säätöasetoja voidaan ohjata joko liiketunnistuksen avulla tai aikaohjelmalla, jolloin saadaan ohjattua ilmanvaihtoa käyttötarpeen mukaan vain Hesburgerin tilaan. Ilmavirta lasketaan tarpeenmukaiseksi +7,5/-6,7 m³/s ja kanavapaineasetus ilmavirroille haetaan säätämällä. Taajuusmuuttaja laskee kanavapaineen perusteella puhaltimen pyörimisnopeuden halutulle ilmavirralla. Muutoksen kustannusarvio on 20 300 €, alv 0 %.

Investointi siis maksaisi itsensä takaisin noin 3 vuodessa. Tämä hinta siis sisältää vanhojen ilmamääräsäätimien purun ja uusien asennuksen 16 kpl, rakennusautomaatio-työt, kaapeloinnit, nostot sekä ilmastointikoneen säädön. Kustannukset on laskettu toimittajan tarjouksena asiakkaalle tehtävästä muutostyöstä ja siinä on käytetty toimittajan omaa hinnoitteluperustetta.

9 MUITA ENERGIATEHOKKUUTEEN VAIKUTTAVIA HUOMIOITA

9.1 Puhaltimien uusinta

Puhaltimien uusintaa olisi myös hyvä miettiä tulevissa investoinneissa energiatehokkuutta parannettaessa. Esimerkiksi vaihtamalla vanhat hihnakäyttöiset puhaltimet kammio puhaltimiksi saataisiin sähköenergiankulutusta pienennettyä nykyisestä käytöstä noin 24 % vuositasolla. (Koja Oy, Liite 6) Samalla myös ilmastointikoneen käyttöikä kasvaa ja puhaltimen huoltotarve pienenee.

9.2 Kanavien nuohous

Mittauksia suoritettaessa havaittiin, että kanavat sekä päätelaitteet Hesburgerin tilassa olivat erittäin likaisia (kuva 4). Tämän pohjalta suositellaan kanaviston nuohousta Hesburgerin asiakastilan sekä päätelaitteiden säätämistä nuohouksen yhteydessä. Tämä parantaisi olennaisesti ilmanvaihtuvuutta tilassa. Myös ilmamääriä mitattaessa konehuoneelta huomattiin, että ravintolasalin toisesta poistokanavasta ei kulkenut ilma lainkaan. Kanavassa on luultavasti palopelti kiinni tai sitten kanava on niin likainen, ettei se ime ilmaa lainkaan päätelaitteelta.

10 YHTEENVETO

Koska nykyisestä ilmastointikoneesta ja sen kokonaisuudesta oli puutteelliset dokumentoinnit, oli suurin osa lähtötiedoista selvitettävä mittaamalla kohteessa. Mittauksiin ei kuitenkaan voida 100 prosenttisesti luottaa tässäkään tapauksessa, koska konehuoneen ahtauden ja kanavaratkaisujen vuoksi ei luotettavaa mittausta paikkaa saavutettu. Edellä lasketut arvot ovat siis vain suuntaa antavia. Lämmitysenergian suhteen laskemisessa päästiin varmasti lähelle totuutta, mutta suunnitelmien mukaisille ilmavirroille puhaltimen sähkönkulutus laskettiin verrannollisesti edellisistä mittauksista, joten nämä arvot ja optimaalinen sähkönkulutus puhaltimelle voidaan mitata ainoastaan, kun kanavapaine on säädetty oikein ja koneelta lähtevä realistinen ilmamäärä on tiedossa. Oikean kanavapaineen ja ilmavirran mitoittamiseksi olisi syytä tehdä laajempi säätötyö kohteessa, jotta päästäisiin optimaaliseen energiansäätöön. Samoin kanavien likaisuudesta johtuen ei voida pitää koneelta mitoitettavia ilmamääriä luotettavana. Esimerkiksi liitteessä 1 ilmoitettuihin suunniteltuihin ilmamääriin ei päästy Hesburgerin tilassa edes koneen käydessä tehostuksella eli 650 Pa:n kanavapaineella. (liite 3) Hesburgerin tilasta myös löytyi 3 tuloilmanpäätelaitetta, joita ei ollut merkitty kuviin ja joista ei vuoden 1994 mittauspöytäkirjassa ole merkintää (huom. liitteessä 1 on mitattu myös tuulikaapin päätelaitteet, liitteessä 3 ei).

LÄHTEET

- D2 Suomen rakentamismääräyskokoelma. 1989. Rakennuksen sisäilmasto ja ilmanvaihto. Määräykset ja ohjeet. Helsinki: Ympäristöministeriö.
- D2 Suomen rakentamismääräyskokoelma. 2012. Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. Määräykset ja ohjeet. Helsinki: Ympäristöministeriö.
- D3 Suomen rakentamismääräyskokoelma. 2012. Rakennetun ympäristön osasto. Rakennusten energiantehokkuus. Määräykset ja ohjeet. Helsinki: Ympäristöministeriö.
- D5 Suomen rakentamismääräyskokoelma. 2012. Rakennetun ympäristön osasto. Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehon tarpeen laskenta. Ohjeet. Helsinki: Ympäristöministeriö.
- Seppänen, O. 2004. Ilmastoinnin suunnittelu. Forssa: Forssan Kirjapaino Oy.
- Fläktwoods Oy. Puhaltimen vaihto. [Verkkajulkaisu]. Opaspuhaltimen vaihtoon. [Viitattu 10.9.2015]. Saatavana: <http://www.flaktwoods.fi/31743ab8-9311-4d38-99d4-ed0cc62ca64e>
- Fläktwoods Oy. SFP-OPAS. [Verkkajulkaisu] Opas ilmanvaihtojärjestelmän ominaissähkötehon määrittämiseen, laskemiseen ja mittaamiseen. [Viitattu 10.9.2015]. Saatavana: <http://www.flaktwoods.fi/476d6be3-be6e-42e9-bd82-6152ff71a7aa>
- Koja Oy. 2015. Tietoa tarjoushinnoista. Kysely 8.10.2015.
- Pentti Harju. Talotekniikan automaatio, mittaus ja säätö. [Verkkajulkaisu]. [Viitattu 28.7.2015]. Saatavana: http://www.penantieto-opus.fi/files/Talotekniikan_automaatio_oppikirja.pdf
- Seinäjoen energia. [Verkkajulkaisu]. Hinnastot. [Viitattu 28.9.2015] Saatavana: http://www.seinajoenenergia.fi/Sahkon_hinnat
- Stifab farex. Säättöopas 07-98. [Verkkajulkaisu]. [Viitattu 8.9.2015]. Saatavana: <http://swegon.com/Global/PDFs%20Archive/Air%20diffusers/K-factors/ fi/FIN0998.pdf>
- Stifab. [Verkkajulkaisu]. [Viitattu 8.9.2015] Saatavana: http://www.mittarimato.fi/Swegon_FIN0291.pdf

LIITTEET

Liite 1. Mittauspöytäkirja, Hesburgerin ravintolasali 1994

Liite 2. Mittauspöytäkirja, Hesburgerin keittiö 1994

Liite 3. Mittauspöytäkirja, Hesburgerin ravintolasali 2015

Liite 4. Ilmanvaihtosuunnitelma Hesburger ravintolasali 1994

Liite 5. TROX-ilmamääräsäädin

Liite 6. Koja Oy, kammiopuhaltimen tekninen tuloste

Liite 2 Mittauspöytäkirja, Hesburgerin keittiö 1994

LVI-SÄÄTÖPALVELU
Timo Nissilä

Toukokatu 9 A Puh. / fax 064-4121211
E150 Seiskojoki Mallaportti 040-964446

MITTAUSPÖYTÄKIRJA

Käimämäärien mittaus

3 / 3

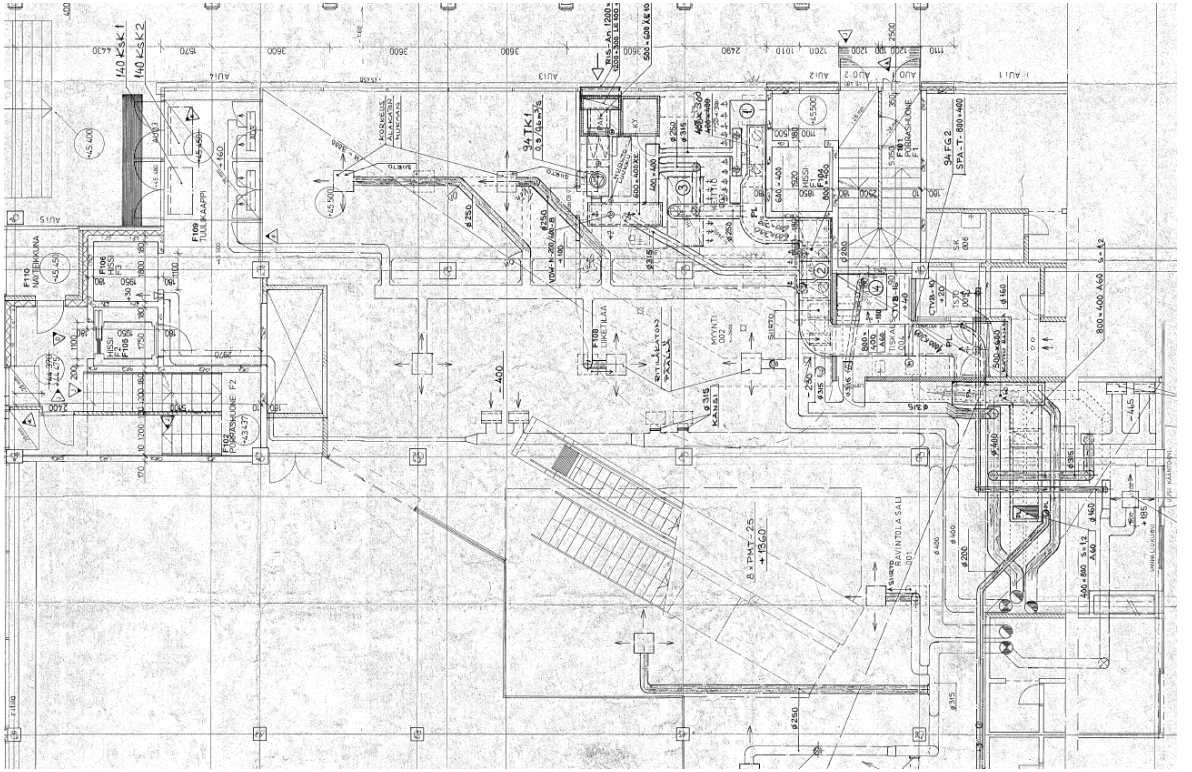
Kohde: Hesburger, Seinäjoki

20.6.94

Koje	Huone	Tyyppi ja koko	Mitt. menet.	Aseento	Huomautuksia	Mittarin lukema	Mittaus	Suunnitelma
94 PK 1	003 Keittiö	2xCHU-PT-B-1500	kal. venttiili			16,16 Pa	-740 l/s	-800 l/s
94 PK 1	003 Keittiö	CHU-PT-B-2000	kal. venttiili			6 Pa	-280 l/s	-200 l/s
94 PK 1	003 Keittiö	2xCHU-PT-B-1500	kal. venttiili			24,25 Pa	-800 l/s	-800 l/s
94 TK 1	003 Keittiö	2xCHU-PT-B-1500					290 l/s	300 l/s
94 TK 1	003 Keittiö	CHU-PT-B-2000					200 l/s	200 l/s
94 TK 1	003 Keittiö	2xCHU-PT-B-1500					290 l/s	300 l/s
94 TK 1	Yhteensä	1150x230	monip. menet.				880 l/s	900 l/s

Huomautuksia

Liite 4 Ilmanvaihtosuunnitelma Hesburger ravintolasali 1994



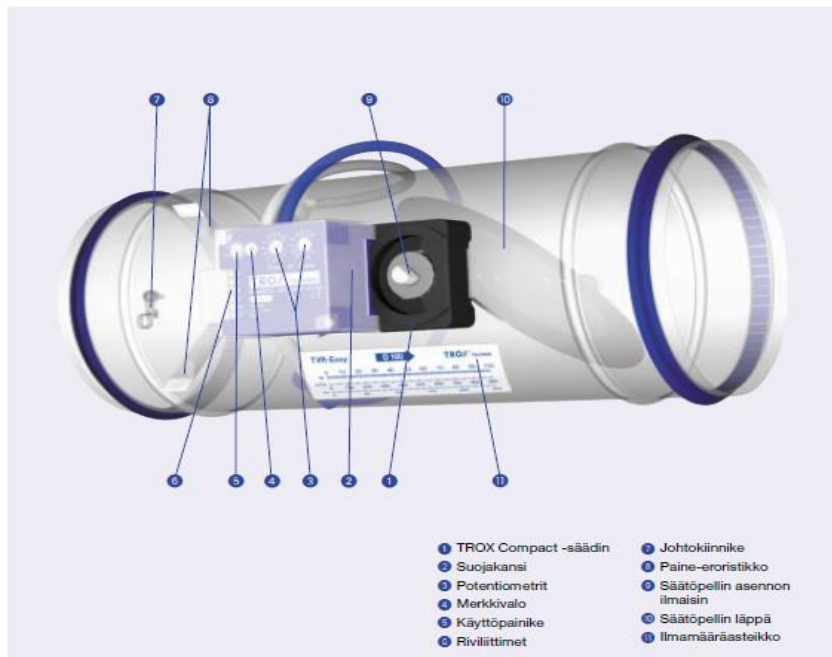
Innovaatio

TROX TVR-Easy – innovatiivinen ratkaisu

- **Easy** Valinta kanavajärjestelmän nimelliskoon mukaan
- **Easy** Ilmamäärän säätäminen ilman erillistä työkalua
- **Easy** Toiminnan testaus käyttöpainikkeella
- **Easy** Toiminnan testaus merkkivalon avulla

Pienikokoisen vakioilmavirtasäätimen toimivaksi osoitettu tekniikka on nyt optimoitu. Yksinkertainen säätäminen säästää arvokasta työaikaa.

TVR-Easy, kehitetty yhteistyössä suunnittelijoiden ja asiakkaiden kanssa!





Future++
Ohjelmaversio 27.3.2015

8.10.2015
Sivu: 1 / 6
TK1 / PK1

Kohde V-MV/ energia
Käsittelijä Matti Riskumäki

Projektin yhteenlaskettu sähköteho 23.9 kW
Projektin yhteenlaskettu SFP 2.66 kW/(m³/s)

Koneen kuvaus

Ilman tiheys 1.2 kg/m³
SFP 2.66 kW/(m³/s)
Tulokone
Konekoko 1818
Ilmavirta 9.00 m³/s
Otsapintanopeus 2.63 m/s
Raitisilmavirta m³/s
Kanaviston painehäviö, pst 1000 Pa
Poistokone
Konekoko 1818
Ilmavirta 8.80 m³/s
Otsapintanopeus 2.57 m/s
Kanaviston painehäviö, pst 820 Pa
Ulkoilma
Lämpötila / suhteellinen kosteus kesällä 27.0 °C / 50 %
Lämpötila / suhteellinen kosteus talvella -32.0 °C / 90 %
Tuloilma
Lämpötila / suhteellinen kosteus kesällä 27.0 °C / 50 %
Lämpötila / suhteellinen kosteus talvella -32.0 °C / 90 %
Poistoilma
Lämpötila / suhteellinen kosteus kesällä 25.0 °C / 30 %
Lämpötila / suhteellinen kosteus talvella 22.0 °C / 30 %

Äänen tehotaso

	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	Hz	
Raitisilmakanavaan	89	100	94	87	85	80	75	72	dB	91 dB(A)
Tulokanavaan	83	98	100	96	88	83	78	75	dB	96 dB(A)
Poistokanavaan	88	99	93	86	84	79	74	71	dB	90 dB(A)
Jäteilmakanavaan	81	96	99	95	87	82	77	74	dB	95 dB(A)
Konehuoneeseen, tulopuhallin	80	93	77	66	59	53	48	40	dB	78 dB(A)
Konehuoneeseen, poistopuhallin	79	92	76	65	58	52	47	39	dB	77 dB(A)
Konehuoneeseen, yhteisvaikutus	82	95	79	68	61	55	50	42	dB	80 dB(A)

Koneen toiminnot

Tulokone
Typpi

Koja Oy
Vaasantie 255
61600 JALASJÄRVI

Puhelinnumero
040 865 7972

Telefax

Email
matti.riskumaki@koja.fi

energia.kit

