

Reima Kurtti

**LABORATORIOTILOJEN ILMASTOINTIKONEEN ILMAVIRTOJEN  
JA PAINEN SÄÄDÖN SELVITYS**

# **LABORATORIOTILOJEN ILMASTOINTIKONEEN ILMAVIRTOJEN JA PAINEEN SÄÄDÖN SELVITYS**

Reima Kurtti  
Opinnäytetyö  
Kevät 2016  
Talotekniikan koulutusohjelma  
Oulun ammattikorkeakoulu

# TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu  
Talotekniikan koulutusohjelma, LVI

---

Tekijä: Reima Kurtti

Opinnäytetyön nimi: Laboratoriotilojen ilmastointikoneen ilmavirtojen ja paineen säädön selvitys

Työn ohjaaja: Pirjo Kimari

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2016

Sivumäärä: 40 + 9

---

Opinnäytetyön aiheena oli selvittää Oulun ammattikorkeakoulun ilmastointikone TK02:n toiminta ja koneen palvelualueen ilmavirrat. Ilmastointikoneen palvelualueelle tehtyjen muutosten vuoksi ilmastointikoneen palvelualueella oli havaittu runsaasti puutteita. Työn tavoitteena oli mitata kohteen ilmavirrat ja tutustua koneen toimintaan ja koneen palvelualueeseen. Lisäksi työn tavoitteena oli tutustua ilmanvaihtojärjestelmän painetasoihin. Tutkimuksen tarkoituksena oli myös tehdä parannusehdotukset kohteeseen.

Tehtävä käynnistyi selvittämällä ilmastointikoneen suunnitellut ilmavirrat, minkä jälkeen tutkimuskohteeseen tutustuttiin ja suunnitelmien paikkaansa pitävyys tarkastettiin. Ilmastointikoneen ja sen palvelualueeseen kuuluvien huippuimureiden toiminnan selvittämisen jälkeen edettiin mittauksiin, jotka suoritettiin ennen joulua 2015. Mitattavina suureina olivat tapauskohtaisesti paine-ero, ilman nopeus tai ilmavirta. Lopulta ilmavirrat määritettiin tilakohtaisesti laskemalla ne mitatuista arvoista. Laskennan jälkeen tulokset analysoitiin ja niitä verrattiin suunniteltuihin arvoihin.

Mittaustuloksista nähtiin tutkimuskohteen ongelmakohdat. Ilmastointikoneen palvelualueen ilmavirrat eivät suurimmalta osin vastanneet suunniteltua. Syynä tähän oli järjestelmän säätämättömyys. Lisäksi puuttuvat tai vaillinaiset pääte-laitteet vaikuttivat osaltaan ilmanvaihtojärjestelmän epätasapainoon. Hitsaustilassa ongelmaksi muodostui kohdepoistojen riittämättömyys, huuvan toimimattomuus sekä moottoroidun tuloilmapellin toiminta.

Tutkimuksen aikana hitsauslaboratorioon tehtiin tarvittavat korjaukset parannusehdotuksien mukaisesti siinä määrin, mitä oli mahdollista tehdä. Parannukset tarkastettiin vielä lopuksi mittaamalla hitsaustilan ilmavirrat uudestaan ja täten todentamalla tilan ilmanvaihdon toiminta.

---

Asiasanat: sisäilma, ilmanvaihto, ilmanvaihtojärjestelmät, kohdeilmanvaihto

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
SISÄLLYS	4
1 JOHDANTO	5
2 SISÄILMA JA ILMANVAIHTO	6
2.1 Sisäilman laatu	6
2.2 Ilmanvaihto	6
2.3 Ilmanvaihdon suunnittelu	7
2.4 Laboratoriotilojen ilmanvaihto	7
2.5 Kohdeilmanvaihto	8
3 TUTKIMUSKOHDE	9
3.1 Ilmastointikone TK02	10
3.2 Huippuimurit ja kohdepoistot	12
3.3 Ilmavirrat	15
4 TYÖN SUORITUS	17
4.1 Mittaukset	17
4.2 Ilmavirrat	22
4.3 Ilmavirtamittausten analysointi	24
4.4 Kohteen MagiCAD-mallinnus	26
4.5 Tutkimuskohteen erot suunnitelmiin verrattuna	28
5 PARANNUSEHDOTUKSET	31
6 TOIMENPITEET	34
7 YHTEENVETO	37
LÄHTEET	38
LIITTEET	40

# 1 JOHDANTO

Opinnäytetyön aiheena on selvittää Oulun ammattikorkeakoulun ilmastointikone TK02:n toiminta ja koneen palvelualueen ilmavirrat. Lisäksi ilmastointikoneen kanaviston paineita tarkastellaan mallintamalla ne MagiCAD-ohjelmistolla. Työn tilaajana toimii tilakoordinaattori Janne Rähä Oulun ammattikorkeakoulun hallintopalveluista. Selvityksen tarve on ajankohtainen, sillä ilmastointikone TK02:n toiminnassa on havaittu runsaasti puutteita. Ilmanvaihto-ongelmat johtuvat osittain siitä, että ilmanvaihtokoneen palvelualueella on tehty vuosien saatossa muutoksia.

Ilmastointikone TK02:n palvelualue kuuluu rakennuksen A-siipeen, jossa sijaitsee paljon laboratoriotiloja. Tiloissa tapahtuvan laboratoriotyöskentelyn vuoksi on erityisen tärkeää, että ilmanvaihto toimii kohteessa moitteettomasti. Ilmastointikoneen palvelualueeseen kuuluu muun muassa hitsaamista varten oleva tila. Hitsauslaboratoriossa tuloilman ja huippuimurein toteutettavien kohdepoistojen toimivuus on erityisen tärkeää, jotta tilaan saadaan luotua ilmanvaihdon kannalta terveelliset ja turvalliset olosuhteet työskentelyä varten.

Ilmastointikone TK02:n toiminta selvitetään koneen valvomo-ohjelmasta, säätökaaviosta ja toimintaselostuksesta. Koneen palvelualueen ilmavirrat lasketaan ensin LVI-piirustuksista, minkä jälkeen kohteessa suoritetaan päätelaitekohtaiset ilmavirtojen mittaukset. Työssä selvitetään myös palvelualueelle kuuluvien kohdepoistojen toiminta ja niiden vaikutus tuloilmavirtasäätimen toimintaan. Ilmastointikoneelta lähtevien kanavien paineita tarkastellaan mallintamalla ne MagiCAD-ohjelmistolla ja tutkimalla onko ilmastointijärjestelmä toimiva. Ilmastointikoneen toiminnan sekä laskettujen ja mitattujen ilmavirtojen perusteella tehdään johtopäätökset ja sen myötä parannusehdotukset kohteeseen. Tilaajan toiveesta käydään vielä tutkimuskohteen parannusehdotukset läpi yhdessä ilmastointikoneen automaation tuottajan kanssa ja tehdään korjaukset mahdollisuuksien mukaisesti.

## 2 SISÄILMA JA ILMANVAIHTO

Sisäilma on ihmisen terveyteen ja viihtyvyyteen rakennuksessa vaikuttavia tekijöitä. Sen voidaan sanoa olevan sisätiloissa hengittämäämme ilmaa. Sisäilman laatuun vaikuttavat muun muassa huoneilman lämpötila ja alhainen epäpuhtauksien määrä. Ilmanvaihdon tarkoituksena on tuoda sisätiloihin puhdasta ilmaa ja poistaa sieltä epäpuhtauksia. Jotta ilmanvaihto toimisi oikein, sen tulee olla oikein suunnitellun lisäksi myös oikein säädetty. Vaativissa kohteissa ilmanvaihdon merkitys kasvaa, jotta tiloissa oleskelun ja työskentelyn viihtyisyys säilyy. Seuraavassa on käsitelty sisäilmaa ja ilmanvaihtoa sekä kerrottu laboratoriodien ilmanvaihdosta ja kohdeilmanvaihdosta.

### 2.1 Sisäilman laatu

Tärkein sisäilman laatuun vaikuttava tekijä on huonetilan lämpötila. Sopiva huoneilman lämpötila ei kuitenkaan yksistään riitä takaamaan hyvää sisäilmaa, vaan on siellä myös oltava sopiva happipitoisuus ja tarpeeksi vähän epäpuhtauksia. Riittävä kosteus ja puhtaus ovat myös hyvän sisäilman tunnusmerkkejä. Eniten sisäilman laadukkuuteen voidaan vaikuttaa toimivalla ilmanvaihtojärjestelmällä. (1; 2, s. 3.)

Huonolla sisäilmalla on vaikutus viihtyvyyteen ja terveyteen. Sisäilmassa yleisesti havaittuja ongelmia ovat puutteellinen ilmanvaihto, vedon tunne, hajuhaitat, ilman epäpuhtaudet, liian kuiva tai kostea ilma ja liian lämmin tai kylmä huoneilma. Huonosta sisäilmasta johtuvia terveyshaittoja ovat muun muassa päänsärky ja hengitystievaikkeudet. Sisäilman laadulla onkin merkittävä vaikutus ihmisen hyvinvointiin. (1; 2, s. 3.)

### 2.2 Ilmanvaihto

Toimivan ilmanvaihtojärjestelmän tarkoituksena on tuottaa ja ylläpitää sisätiloihin niiden käyttötarkoitukseen sopivaa tuloilmaa ja poistaa sieltä epäpuhtauksia ja kosteutta. Jotta ilmanvaihtojärjestelmä toimisi oikein, sen tulee olla suunnitel-

mien mukaan säädetty. Tällöin tilojen väliset painesuhteet pysyvät suunniteluissa ja ilma virtaa sen mukaisesti. Sillä tavalla vältetään turhalta vedolta ja meulta. Ilmanvaihdolla saadaan myös pidettyä hiilidioksidi ja epäpuhtaudet ihmisen kannalta terveellisellä tasolla. Hiilidioksidipitoisuus saa huonetilassa yleensä olla enintään 1200 ppm (3; 4 s.7.)

Jos ilmanvaihdon palvelualueelle joudutaan tekemään tila- tai rakennemuutoksia, on huomioitava ilmanvaihdon tarpeen muutos. Tällöin on hyvä korjata myös ilmanvaihdon ilmavirrat, jotta ilmanvaihtojärjestelmä toimisi rakennuksessa suunnitellusti myös jatkossa. (3)

### **2.3 Ilmanvaihdon suunnittelu**

Ilmanvaihdon suunnittelun pääperiaatteena on taata paras mahdollinen ilman laatu puhtaimpiin tiloihin, joissa yleensä ollaan. Tällöin ilmanvaihtojärjestelmän ilmavirrat tulisi suunnitella siten, että ilma virtaa siirtoilmana oleskelutiloista kohti sellaisia tiloja, joissa syntyy paljon epäpuhtauksia. Likaisista tiloista, kuten vessoista, ilma poistetaan erillisin poistoilmapuhaltimin. Näin rakennukseen saadaan ilmavirtojen ja paineiden osalta tasapaino. Ilmanvaihtoon on suunniteltava myös tehostuskäyttö, jotta voidaan taata puhtaan ilman riittävyys työskentelyn aikana. (3;4 s.19.)

Ilmavirrat suunnitellaan yleensä siten, että tulo- ja poistoilmavirta ovat yhtä suuria tai siten, että tiloissa vallitsee pieni alipaine ulkoilmaan nähden. Paine-ero saadaan ilmavirtojen avulla. Suomen rakentamismääräyskokoelman osa D2 on määrittänyt ohjeelliset arvot ilmavirtojen mitoitukseen. Rakentamismääräyskokoelmassa ilmavirrat on ilmoitettu pinta-alaa kohden. Kokoelmaa noudattamalla voidaan taata rakennukseen käyttöaikana terveellinen, turvallinen ja viihtyisä sisäilma. (4, s.19; 5.)

### **2.4 Laboratoriotilojen ilmanvaihto**

Terveellisen, turvallisen ja viihtyisän sisäilman takaamiseksi on otettava huomioon monia seikkoja. Laboratoriotiloissa korostuu erityisesti lämpö- ja henkilökuormat sekä laboratorioissa tehtävät prosessit. Myös laitekuormat ovat suu-

ressa osassa vaikuttamassa laboratorioden sisäilmaan. Laboratoriotiloissa tehtävien töiden vuoksi on tärkeää, ettei sisäilmassa ole terveydelle haitallisia kaasuja tai hiukkasia. Siksi laboratorioden ilmanvaihto tulee suunnitella siten, että tiloissa tehtävien prosessien hajut ja terveydelle haitalliset kaasut saadaan johdettua kohdepoistoin ja huippuimurein rakennuksesta ulos. Tällöin on myös tärkeää, että tilojen painesuhteet ovat myös kunnossa, jotta ilma ei virtaa likaisista tiloista puhtaisiin tiloihin. Riittävästä tuloilman määrästä on myös huolehdittava. Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D2 mukaan laboratoriotiloihin tulisi johtaa tuloilmaa 8 l/s henkilöä kohti tai 1 l/s tilan yhtä neliometriä kohden. (4 s.5,s.7.)

## **2.5 Kohdeilmanvaihto**

Vaativissa kohteissa tarvitaan hyvää kohdeilmanvaihtoa. Kohdeilmanvaihdolla tarkoitetaan työpisteen olosuhteiden hallintaa. Kun puhutaan kohdeilmanvaihdosta, tarkoitetaan yleensä kohdepoistoja. Kohdepoistoilla pyritään poistamaan epäpuhtaudet niiden muodostumispaikalta ennen niiden leviämistä muuhun huoneilmaan. Erityisesti tilanteissa, joissa työntekijä joutuu työskentelemään lähellä epäpuhtauslähdettä, se voi olla ainoa keino turvata työntekijän hyvän hengitysilman saaminen. Kohdeilmanvaihtoon kuuluu myös kohdepuhallus, jotta työpisteille saadaan tuotua puhdasta ilmaa. Tyypillisesti paikallisilmanvaihtoa käytetään esimerkiksi kohteissa, joissa on kuumia kaasuja tai höyryjä kehittäviä laitteita, hitsauksessa, polttoleikkauksessa tai kemikaalien käsittelyssä. (6 s.50 - 51.)

Hitsaus on tyypillisesti työtä, jossa syntyy suuria määriä epäpuhtauksia. Hitsauksessa syntyvät kaasut ovat terveydelle haitallisia hengitettynä. Kohdepoistojen merkitys hitsaustyössä korostuu, jotta säilytetään turvallinen ja terveellinen työympäristö. Kiinteiden hitsauspaikkojen kohdepoistona käytetään yleensä matalapainejärjestelmää. Matalapainejärjestelmässä työpisteeltä lähtevät ilmavirrat ovat yleensä 160–300 dm<sup>3</sup>/s. Kohdepoiston tulee sijaita aina niin lähellä työpistettä kuin suinkin on mahdollista ja sen tulee olla helposti käytettävä ja toimiva. Hitsaustilat on varustettava myös toimivalla yleisilmanvaihdolla, sillä pelkästään kohdepoistot eivät riitä kaikkien kaasujen hallintaan. (7 s.15–16;8 s.7.)



### 3 TUTKIMUSKOHDE

Tutkimuskohteen ilmanvaihto on toteutettu ilmastointikone TK02:lla ja seitsemällä huippuimurilla. Lisäksi kohteesta löytyy myös yksi huippuimuri, joka ei ole ollenkaan käytössä. Ilmastointikone TK02 palvelee Oulun ammattikorkeakoulun tekniikan yksikön A-siiven tiloja. Ilmastointikoneen sijainti Oulun ammattikorkeakoulussa on esitetty liitteessä 4. Tutkimuskohde on yksikerroksinen ja ilmastointikone sijaitsee rakennuksen katolla. Kohteeseen kuuluu kuusi laboratorioluokkaa, opettajanhuone, neljä WC-tilaa, kaksi siivoushuonetta ja käytävä, jonka varteen on sijoitettu yksi avoin työskentelytila.

Kohde on siiven eteläosasta huonekorkeudeltaan normaalia korkeampi, koska siellä sijaitsee kattoon asennettu liikuteltava nosturi. Kohteen tiloihin on jonkin aikaa sitten tehty remonttia ja samalla ilmanjakolaitteisiin on tehty hieman muutoksia. LVI-laboratoriossa on lisäksi oma ilmastointikone opetuskäyttöä varten ja siksi luokan ilmanvaihto toteutetaan osittain sillä. Kuva 1 on otettu A-siiven eteläosasta. Kuvassa oikealla sijaitsevat RP-laboratorion tilat, jotka ovat käytävän varrella.

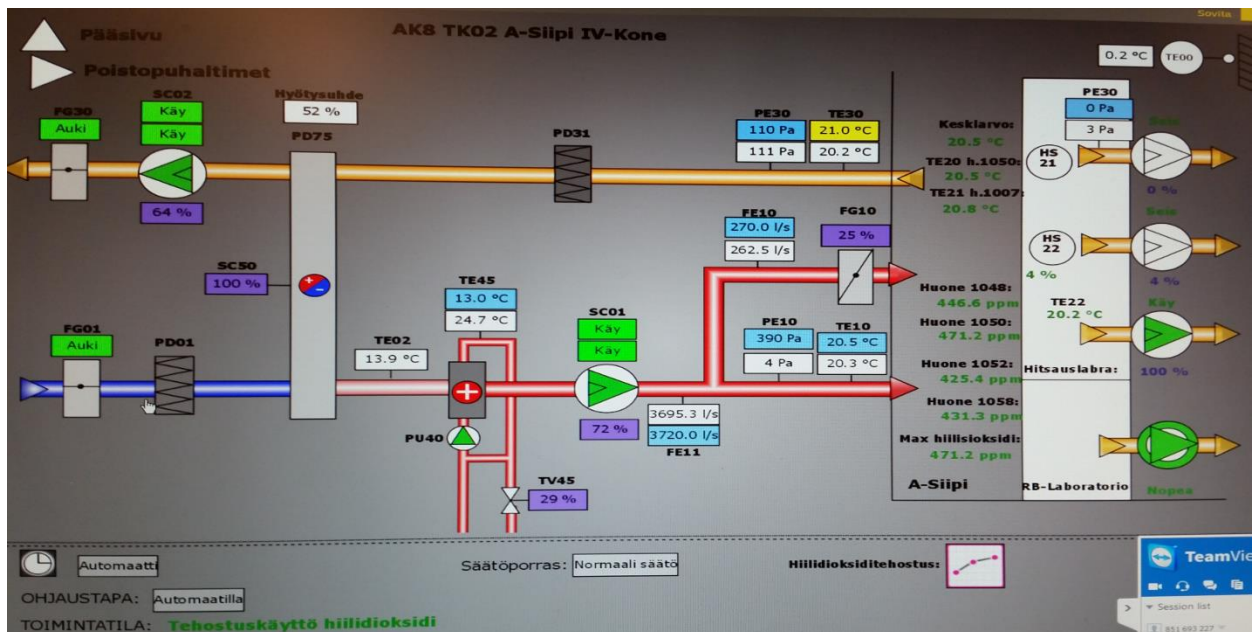


*KUVA 1. A-siiven eteläosan käytävä ja RP-laboratorio*

### 3.1 Ilmastointikone TK02

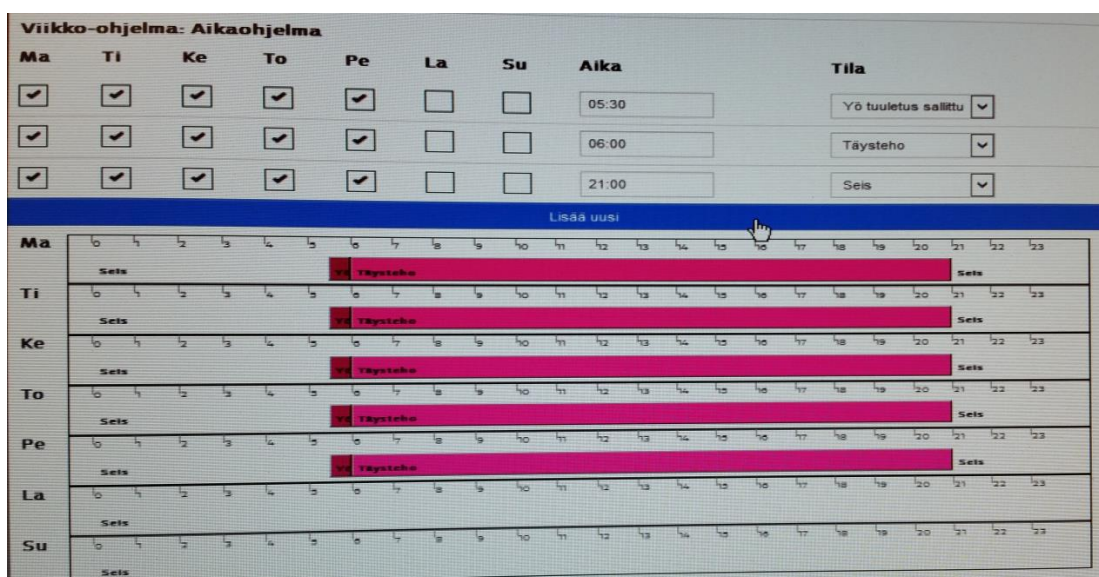
Ilmastointikone TK02 on varustettu pyörivällä lämmöntalteenottokennolla. Tuloilmaa lämmitetään myös koneeseen asennetulla jälkilämmityspatterilla. Koneessa on tulo- ja poistoilmakanavassa puhaltimet TF01 ja PF01. Poistoilmapuhallin käy rinnan tuloilmapuhaltimen kanssa. Tulo- ja poistoilmakanavissa on myös moottoroidut raitisilma- ja jäteilmapellit FG01 ja FG30. Koneen tuloilmakanavassa on raitisilmapellin jälkeen kaksi suodatinta ja poistoilmakanavassa yksi suodatin ennen pyörivää lämmöntalteenottoa. Koneessa on myös moottoroitu säätöpelti hitsaustiloihin kulkevassa tuloilmakanavassa.

Säätöpellin FG10 toiminta on kytketty poistoilmapuhaltimien PK41, PK42 ja PK43 toimintaan. Poistoilmapuhallin PK43:n toiminta on kytketty ilmastointikone TK02:n toimintaan ja se käy aina ilmastointikoneen käydessä. Kun jompikumpi kohdepoistoista PK41 ja PK42 tai molemmat kytketään päälle, säätöpelti FG10 avautuu suuremmalle ja täten tuloilmavirta kanavassa kasvaa. Koneeseen ei kuulu likaisten tilojen poistoja eikä kahden laboratorioluokan poistoilmanvaihtoa, jotka on toteutettu huippuimurein. Ilmastointikoneen palvelualue on esitetty liitteessä 5 ja ilmastointikoneen konehuone liitteessä 6. Kuvassa 2 näkyy ilmastointikoneen osat.



KUVA 2. Ilmastointikone TK02 valvomo-ohjelmasta

Ilmastointikoneen toimintaa ohjataan aikaohjelmalla. Aikaohjelmassa yötuuletus on maanantaista perjantaihin kello 5.30–6.00. Kone käynnistyy siis kaksi tuntia ennen koulun aukeamista. Täysteholla kone käy kello 6–21. Yöt ja viikonloput kone on seis-tilassa. Ilmastointikoneen aikaohjelma on esitetty kuvassa 3, joka on otettu valvomo-ohjelmasta.

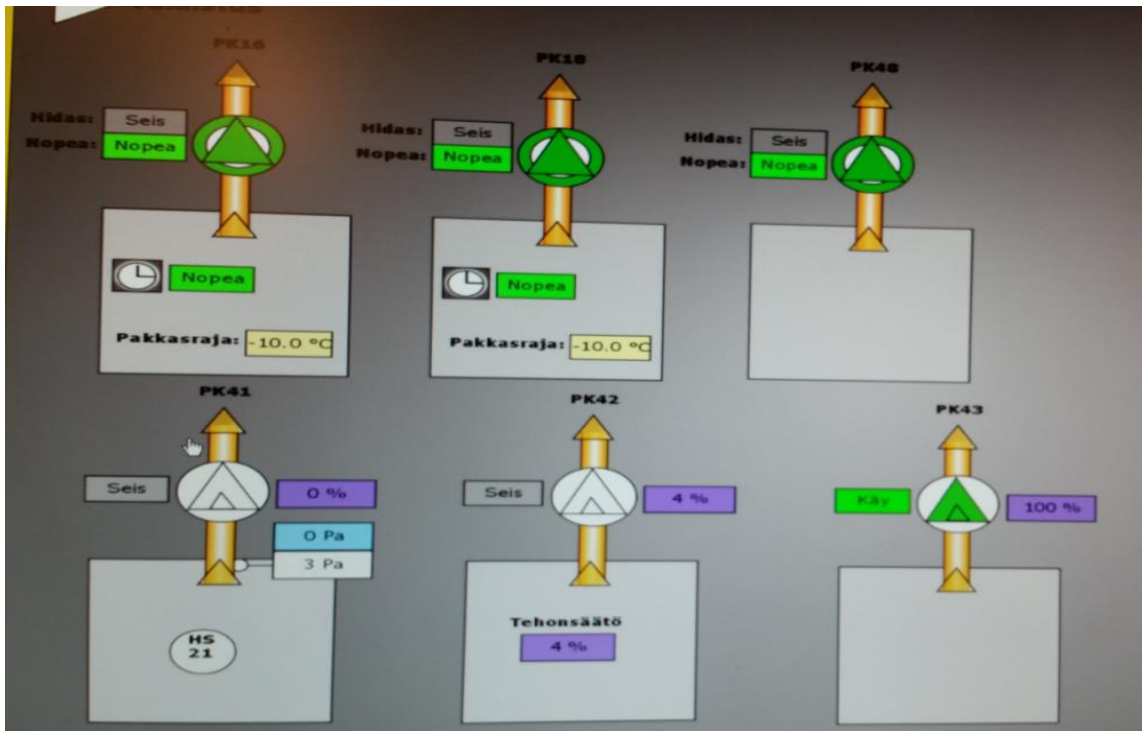


KUVA 3. Ilmastointikone TK02:n aikaohjelma

Ilmastointikoneesta löytyy myös hiilidioksidiohjaus, jolloin kone käy tehostetusti. Vakio asetusarvo on 600 ppm, jolla hiilidioksiditehostus käynnistyy. Hiilidioksidiarvon noustessa arvoon 750 ppm saakka, ilmastointikonetta tehostetaan lineaarisen kuvaajan mukaisesti. Sähkövoimatekniikan laboratoriossa, ETT-laboratoriossa, koneautomaatioluokassa ja konetekniikan atk-luokassa on hiilidioksidipitoisuuden mittaamista varten anturit, joiden mukaan ilmastointikone säätää joko tehostetun hiilidioksidikäytön päälle tai pois päältä. Automatiikka on ohjattu siten, että kun jossain luokassa hiilidioksidipitoisuus menee yli asetusarvon, lähtee hiilidioksiditehostus käyntiin. Edellä mainituissa tiloissa on tarpeen mitata hiilidioksidipitoisuutta, koska ne ovat opetuskäytössä. Näin ollen tilojen hiilidioksidipitoisuudet saattaisivat käyttöaikana nousta liian korkeiksi.

### 3.2 Huippuimurit ja kohdepoistot

Tiloissa on huippuimureita likaisten tilojen poistoa sekä kohdepoistoja varten. WC-tiloja ja siivoushuoneita palvelevat huippuimurit PK16 ja PK18. Huippuimurit PK43 ja PK48 ovat kahden laboratorioluokan ilman poistamista varten. Huippuimurit PK41 ja PK 42 ovat sen sijaan laboratorioluokissa kohdepoiston tarvetta varten. PK41 on hitsauksesta tulevien kaasujen poistamista varten ja PK42 on saman tilan huuva. Huippuimurit on esitetty kuvassa 4. Yksi huippuimuri kuvasta puuttuu, sillä sitä ei ollut valvomo-ohjelmassa ollenkaan. Kyseistä huippuimuria ei käytetä ollenkaan. Lisäksi RP-laboratoriossa on kohdepoistolla toteutettu liuotinkaapin ilmanvaihto, jota ei myöskään valvomo-ohjelmasta löydy.



KUVA 4. Huippuimurit ja niiden toiminta

PK16-, PK18- ja PK48-huippuimureiden toiminnassa on kaksi ohjelmaa. Ne toimivat joko hitaalla tai nopealla nopeudella. Ilmastointikoneen käyttöajan ulkopuolella on tärkeää, että likaisten tilojen poistot ovat käynnissä hitaalla nopeudella. Käyttöaikana ne toimivat nopealla pyörimisnopeudella. Huippuimuri PK48 käy myös tuloilmakoneen TK02 kanssa rinnan. PK41, PK42 ja PK43 ovat huippuimureita, joissa on seis- ja käyntitila. Huippuimuri PK41:ssä tehoa säädetään avaamalla ja sulkemalla kohdepoistoimurien portaattomia luokkuja. Huippuimuri PK42:n tehonsäätö tapahtuu portaattomasta säätönupista.

Kuvassa 5 on esitetty hitsauksessa käytettäviä kohdepoistoja. Kun huippuimuri PK41 on kytketty päälle, kohdepoistojen tehoa voidaan säätää kuvassa näkyvällä sinisellä kääntönupilla. Nuppia kääntämällä pelti avautuu ja poistoilmavirta kasvaa. Jokaisella hitsauspaikalla on oma kohdepoistonsa. Hitsauksen kohdepoistoja käytetään aina työskenneltäessä hitsauspaikalla. Yleensä hitsauksen kohdepoistoja tarvitaan syyslukukaudella viikoittain ja kevätlukukaudella päivittäin.



*KUVA 5. Hitsauksen kohdepoistoja*

Kuvassa 6 on esitetty hitsauslaboratorion huuva. Huuvalla poistetaan ainoastaan karkaisu-uuneissa syntyvät epäpuhtaudet. Sillä johdetaan myös lämpöä ulos tilasta. Huuvaa käytetään ainoastaan kevätlukukaudella, keskimäärin kerran viikossa.



*KUVA 6. Hitsauslaboratorion huuva*

Kuvassa 7 on esitetty liuotinkaapin kohdepoisto. Huippuimuri toimii vakioteholla yleensä aina. Muutaman kerran vuodessa voidaan tarvita suurempaa poistoa, jolloin siitä kytketään täysteho päälle. Kyseistä huippuimuria ei ole nähtävissä valvomo-ohjelmasta.



*KUVA 7. Liuotinkaapin kohdepoisto*

RP-laboratoriossa on myös yksi käyttämätön huippuimuri, joka on esitetty kuvassa 8. Laboratorioinsinöörin mukaan sitä ei käytetä ollenkaan, koska sitä ei tarvita. Kyseistä huippuimuria ei myöskään ole nähtävissä valvomo-ohjelmasta.



*KUVA 8. RP-laboratorion käyttämätön huippuimuri*

### **3.3 Ilmavirrat**

Taulukon 1 yläosassa on esitetty tiloittain suunnitellut ilmavirrat. Ilmavirtoja laskettaessa on käytetty hyödyksi kohteen alkuperäistä LVI-suunnitelmaa. Taulukossa 1 on eritelty sarakkeittain tuloilmavirta, poistoilmavirta, huippuimurein poistettava ilmavirta ja kohdepoistoratkaisulla poistettava ilmavirta. Ilmavirtoja on tarkasteltu tilakohtaisesti, lukuun ottamatta WC- ja siivoustiloja ja käytävää ja sen varrella olevaa avointa laboratoriotilaa, jotka on esitetty taulukon 1 alaosassa. Näitä tiloja on tarkasteltu yhtenä kokonaisuutena painesuhdetarkastelun vuoksi. Taulukon alaosaan on laskettu suunnitellut tulo- ja poistoilmavirrat yhteensä.

TK02:n ja huippuimurien palvelualueen suunnitellut ilmavirrat ovat 3,015 m<sup>3</sup>/s tuloilman osalta ja 3,225 m<sup>3</sup>/s kaiken poistoilman osalta. Poistoilman määrästä 1,380 m<sup>3</sup>/s poistetaan ilmastointikone TK02:n avulla. Ilmastointikoneen käyntiaikana päällä ovat jatkuvasti huippuimurit PK16, PK18, PK43 ja PK48. Näiden poistama ilmamäärä on yhteensä 0,830 m<sup>3</sup>/s. Käyttöajan poistoilmavirran määrä on siis yhteensä 2,210 m<sup>3</sup>/s. Sääteipelti FG10:n läpi kulkevaksi tuloilmavirraksi jää siis 1,015 m<sup>3</sup>/s.

TAULUKKO 1. Ilmastointikone TK02:n palvelualueen suunnitellut ilmavirrat.

		l/s	l/s	l/s	l/s	
tilanro.	tila	tulo	poisto	huippumuri	kohdepoisto	
1048	sähkövoim.lab.	200	-220			
1050	ETT-laboratorio	280	-290			
1052	konea.+opettaja	300	-345			
1058	kone-atk	400	-300			
1088	lab.ins./teknik.	50	-55			
1090	konetekniikka	1120			-640	PK41
					-350	PK42
				-350		PK43
1074	LVI-laboratorio	65	-70			
1082&1084 &1086	RP-laboratorio	400	-70	-280		PK48
					*	liuotinkaappi
1076	WC			-40		
1078	WC/N			-20		PK18
1080	Siivous			-20		
1092	WC/N			-20		
1094	Siivous			-20		PK16
1098	WC			-80		
	käytävä	300	-30			
	likaiset tilat		suunnitellut			
	yhteensä:	tuloilma	700	l/s		
		poistoilma	-580	l/s		

\*ei ollut LVI-suunnitelmassa ollenkaan merkitty

Suunniteltuja ilmavirtoja tarkasteltaessa voidaan huomata, että pieni alipaine on suunniteltu seuraaviin tiloihin: sähkövoimatekniikan laboratorio, ETT-laboratorio, laboratorioinsinöörien huone ja LVI-laboratorio. Koneautomaatiolaboratorio on suunniteltu tarpeeseen nähden hieman liian alipaineiseksi. Konetekniikka-tila, jossa muun muassa hitsataan, on suunniteltu selvästi alipaineiseksi. Likaisten tilojen, RP-laboratorion ja käytävän muodostama kokonaisuus on suunniteltu todella ylipaineiseksi.



## 4 TEHTÄVÄN SUORITUS

Tehtävän toteuttaminen aloitettiin perehtymällä työn aiheeseen ja tutustumalla ilmastointikoneen palvelualueeseen. Työtä jatkettiin LVI-piirustusten hankkimisella työn tilaajalta. Piirustuksiin perehtymisen jälkeen oli selvítettävä niihin suunnitellut ilmapirrat. Excel-taulukkolaskentaohjelmaa apuna käyttäen laskettiin tilakohtaiset ilmapirrat. Näin saatiin selville, millaiset ilmapirrat kustakin päätelaitteesta pitäisi tulla ja miten huoneiden painesuhteet on mitoitettu. Seuraavaksi oli tutustuttava ilmastointikoneen säätökaavioon ja selvítettävä koneen toiminta. Huippuimureiden ja kohdepoistojen toiminta ja käyttö oli myös selvítettävä, jotta mittausten aikana saataisiin kytkettyä käsikäyttöiset huippuimurit päälle.

Tiloihin tehtyjen muutosten vuoksi oli syytä tarkastaa, pitivätkö suunnitelmat päätelaitteiden osalta paikkaansa. Tarkastus suoritettiin käymällä kanava kerrallaan päätelaitteet läpi. Tällöin saatiin selvyys kohteeseen suunnitelmiin nähden toteutetuista muutoksista. Päätelaitteiden tunnistamisen jälkeen aloitettiin mittausjärjestelyt ja mittaukset

### 4.1 Mittaukset

Mittaukset suoritettiin 18. ja 21.12.2015. Työn suorituksen aikana ulkoilman lämpötila oli noin +0 °C. Ennen mittauksia oli tehtävä suunnitelma työssä käytettävistä mittareista ja mittausmenetelmistä. Oli myös tarpeen miettiä, miten jokainen päätelaite päästään mittaamaan. Kohde on osittain todella korkea ja siellä sijaitsee paljon kaappeja, työpöytiä ja isoja työvälineitä päätelaitteiden alapuolella.

Mittauksissa käytettiin Velocicalc TC9565 monitoimimittaria (kuva 9) ja balometriä (kuva 10). Mittausmenetelminä käytettiin neljää eri tapaa. Paine-eromenetel-

män lisäksi käytettiin ilman nopeuteen perustuvaa viiden- ja yhden pisteen menetelmää. Balometrillä mitattiin huuvan poistoilmavirta. Tulosten luotettavuuden kannalta optimaalisin tilanne olisi ollut käyttää vain ensiksi mainittua menetelmää, mutta mittauskohteisiin tutustuttaessa huomattiin tarvittavan myös muita. Syynä tähän oli suunnitelmista poikkeavat hyvin omaperäiset ratkaisut ja vaikeat mittausolosuhteet



*KUVA 9. Velocicalc TC9565 (9)*



*KUVA 10. Balometri*

Paine-eromenetelmässä Velocicalc-mittarilla määritetään paine-eroa päätelaitteessa. Mittaus tapahtuu siten, että mittariin asetetut mittaletkut kytketään päätelaitteissa oleviin mittaletkuihin. Tämä edellyttää sitä, että päätelaitteessa on mittaletkut paikallaan. Kytkemisen jälkeen laite suorittaa mittauksen, jonka jälkeen kirjataan saatu paine-ero ylös. Paine-eromittaus on esitelty kuvassa 11.

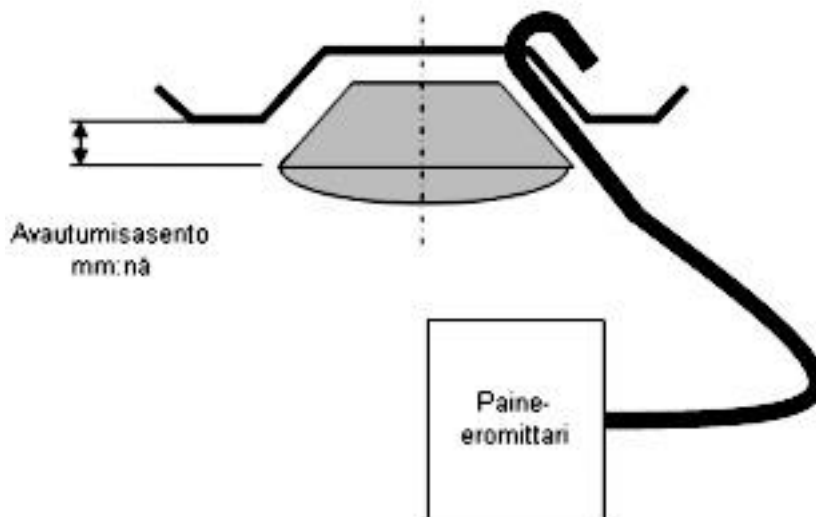


*KUVA 11. Paine-eromittaus Velocicalcilla*

KSO-venttiileihin käytettiin hieman erilaista tapaa, sillä niissä ei mittaletkuja ole. Mittauksen kohteena on paine-eron lisäksi venttiilin avauma. Avauma mitataan erillisellä apuvälineellä, joka näyttää venttiilin avauman millimetrin tarkkuudella (kuva 12). Sen jälkeen venttiilin paine-ero mitataan erillisellä mittauskoukulla kuvan 13 osoittamalla tavalla.



KUVA 12. KSO-venttiilin avauman mittaaminen



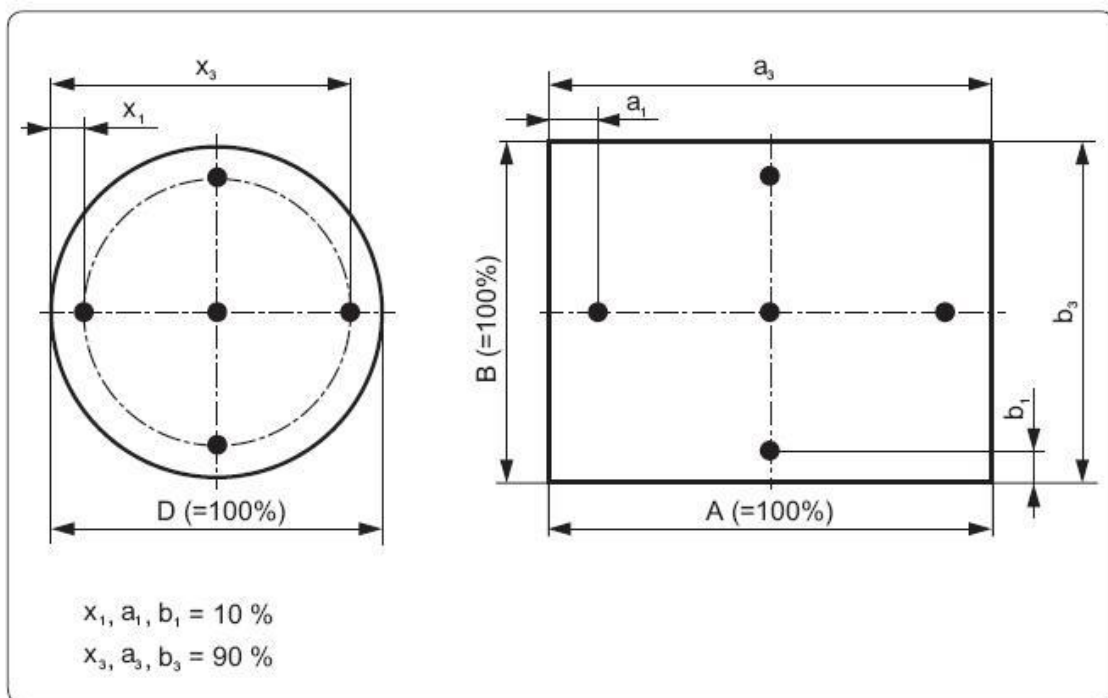
KUVA 13. KSO-venttiilin paine-eron määritys mittauskoukun avulla (10)

Viiden pisteen menetelmää käytettiin siellä, missä kanava oli katkaistu ja päätelaite poistettu kokonaan tai jos päätelaiteesta puuttui osia, jolloin paine-eromenetelmää käyttäen laskettu k-kerroin ei täsmäisi. Viiden pisteen menetelmää käytettiin myös yhdessä kanttikanavassa, jonka päätelaitteiden paine-eroja ei päästy mittaamaan niiden haastavan sijainnin vuoksi.

Viiden pisteen menetelmässä mitattiin ilmavirran nopeutta viidessä eri kohtaa kanavassa. Mittaus suoritettiin käyttäen Velocicalc-mittarin teleskooppista anturia. Kanavan kylkeen ja siihen nähden kohtisuoraan kanavan pohjaan porattiin

reiät. Siten saatiin kaksi linjaa, kyljestä ja pohjasta. Molemmilta linjoilta, kohtisuoraan kanavan halkaisijaan nähden 10 %, 50 % ja 90 % päästä reiästä, kirjattiin ilman nopeudet muistiin. Näin saatiin viidestä eri kohtaa mittaustulokset, keskimmäisten pisteiden ollessa samalla kohdalla. Kuvassa 14 on esitetty kuvan muodossa mittauspisteiden paikat.

Yhden pisteen menetelmää jouduttiin käyttämään sellaisissa kanavissa, joiden halkaisija oli niin pieni (alle 150 mm), ettei viiden pisteen menetelmällä olisi onnistunut määrittää ilman nopeutta. Menetelmässä kanavaan porattiin reikä, minkä jälkeen mitattiin ilman nopeus kohtisuoraan keskeltä kanavaa teleskooppisella anturilla. (11)



KUVA 14: Viiden pisteen menetelmä (11)

## 4.2 Ilmavirrat

Päätelaitteista mitatuista paine-eroista saatiin ilmavirrat lasketuksi päätelaitteiden k-kertoimien avulla. Kertomalla k-kerroin paineen neliöjuurella saatiin ilmavirta. Ilmavirta lasketaan kaavalla 1 (12, s.6).

$$q = k * \sqrt{p} \text{ (l/s)}$$

KAAVA 1

q = ilmavirta (l/s)

k = k-kerroin

p = paine (Pa)

K-kertoimet on ilmoitettu valmistajien taulukoissa (12,s.21,23,35 ; 13,s.10 - 14 ; 14,s.45 - 46).

Mitatuista ilman nopeuksista saatiin ilmavirta lasketuksi, kun ilman nopeus ja ilmastointikanavan halkaisija oli tiedossa. Ilmavirta lasketaan kaavalla 2 (2,s.116).

$$q = \pi * \frac{d^2}{4} * 1000 \text{ (l/s)}$$

KAAVA 2

q = ilmavirta (l/s)

d = putken halkaisija (m)

Mittauspöytäkirjat on esitetty liitteessä 2. Niissä on esitetty mitatut paine-erot ja ilman nopeudet sekä k-kertoimet päätelaittekohtaisesti. Lisäksi ilmavirrat on laskettu päätelaitteittain sekä tilakohtaisesti yhteen laskettuna.

Taulukon 2 yläosassa on esitetty tiloittain mitatut ilmavirrat. Ilmavirtoja on tarkasteltu tilakohtaisesti, lukuun ottamatta WC- ja siivoustiloja ja käytävää ja sen varrella olevaa avointa laboratoriotilaa, jotka on esitetty taulukon 2 alaosassa. Näitä tiloja on tarkasteltu yhtenä kokonaisuutena painesuhdetarkastelun vuoksi. Taulukon 2 alaosaan on laskettu mitatut tulo- ja poistoilmavirrat yhteensä. Ilmavirtojen analysointi on suoritettu samalla periaatteella tarkastelemalla taulukon yläosaa tiloittain ja taulukon alaosan tiloja yhtenä kokonaisuutena.

**TAULUKKO 2. Ilmastointikone TK02:n palvelualueen mitatut ilmavirrat.**

tilanro.	tila	I/s tulo	I/s poisto	I/s huippuimuri	I/s kohdepoisto	
1048	sähkövoim.lab.	159	-301			
1050	ETT-laboratorio	309	-241			
1052	konea.+opettaja	334	-313			
1058	kone-atk	162 *	-115			
1088	lab.ins./teknik.	26	-87			
1090	konetekniikka	592			-202	PK41
					- **	PK42
				-326		PK43
1074	LVI-laboratorio	85	-52			
1082&1084 &1086	RP-laboratorio	615	-80	-356		PK48
					-62	liuotinkaappi
1076	WC			-61		
1078	WC/N			-35		PK18
1080	Siivous			-32		
1092	WC/N			-29		
1094	Siivous			-33		PK16
1098	WC			-123		
	käytävä	580	-29			
	likaiset tilat		mitatut			
	yhteensä:	tuloilma	1195	I/s		
		pois- toilma	-840	I/s		

\* = toista tuloilmapäätelaitetta ei päästy mittaamaan

\*\* huuvan poistoilmavirta puuttuu, laite ei toiminut

### 4.3 Ilmavirtamittauksien analysointi

Mittaamalla saatiin selville tilakohtaiset todelliset ilmavirrat. Kun tuloksia käytiin läpi, selvisi, että sähkövoimatekniikan laboratoriossa vallitsee merkittävä alipaine. Syynä on se, että mitattu poistoilmavirta  $-301$  l/s on lähes kaksinkertainen tuloilmavirtaan  $159$  l/s nähden. Suunniteltuihin arvoihin nähdenkin erot ovat huomattavat sillä suunniteltu tuloilmavirta oli  $200$  l/s ja poistoilmavirta  $-220$  l/s. Vaikka tilassa on kaksi tuloilmapäätelaitetta, tilaan ei silti saada tuotua suunnitelman mukaista tuloilmavirtaa. Poistoilmavirtaa tilasta lähtee liian paljon suunniteltuun nähden. Mitattuja ilmavirtoja tarkasteltaessa huomataan, että tilassa vallitsee erittäin suuri alipaine.

ETT-laboratoriossa mitattu tuloilmavirta  $309$  l/s vastaa lähes suunniteltua arvoa,  $280$  l/s. Eroa näiden kahden arvon välillä on, mutta ei merkittävän paljon. Mitattu poistoilmavirta on  $-241$  l/s eli tila on selvästi ylipaineinen. Suunniteltuun poistoilmavirtaan,  $-290$  l/s, eroa kuitenkin on lähes  $50$  l/s, joka on prosentuaalisesti jo suhteellisen paljon.

Koneautomaatiolaboratoriossa, jossa on myös pieni opettajan työskentelytila, suunnitellut ja mitatut ilmavirrat ovat suhteellisen lähellä toisiaan. Suunniteltu tuloilmavirta oli  $300$  l/s ja mittaamalla saatiin  $334$  l/s. Suunniteltu poistoilmavirta oli  $-345$  l/s ja mitattu oli  $-313$  l/s. Tila oli suunniteltu hieman liian alipaineiseksi, mutta mittaamalla selvisi tilan olevan ylipaineinen. Tilassa suunnitellut ja mitatut ilmavirrat olivat tutkimuksen muihin kohteisiin nähden jopa yllättävän lähellä toisiaan.

Konetekniikan ATK-tilassa yhtä poistoilman päätelaitetta ei päästy mittaamaan ollenkaan, joten se vaikutti osaltaan tämän tilan analysointiin. On kuitenkin selvää, että tuloilmaa tilaan ei tule läheskään niin paljon kuin oli suunniteltu. Tuloilmaa ATK-tilaan piti virrata  $400$  l/s, mutta tuloilmavirta olikin ainoastaan  $162$  l/s. Suunniteltu poistoilmavirta tilassa oli  $-300$  l/s. Huoneessa oli kaksi samanlaista poistoilmapäätelaitetta ja toisesta mittaamalla saatiin  $-115$  l/s. Näin ollen voi olettaa että huonetila ei jäänyt ainakaan ylipaineiseksi, mikäli toisesta päätelait-



teesta ilmaa poistui lähellekään toisen vertaa. Päätelaitteita oli kaksi samanlaista ja ne oli suunniteltu niin että niistä poistuu yhtä suuret ilmavirrat. Kertomalla mitattu ilmavirta kahdella saadaan  $-230$  l/s ja, täten huonetila jäisi selvästi alipaineiseksi. Tällöinkin mitattu poistoilmavirta jää kauas suunnitellusta arvosta.

Konetekniikka-tilassa eli hitsauslaboratoriossa tuloilmavirta  $592$  l/s jää lähes puoleen suunnitellusta arvosta, joka oli  $1120$  l/s. Tuloilmakanavassa on säätöpelti, joka säätelee tulevan ilman määrää huippumurien käytön perusteella. Mittauksissa huomattiin, että oli hitsauksen kohdepoistot päällä tai pois päältä, sillä ei ollut vaikutusta mitattuun tuloilmavirtaan. Hitsaustilassa olevasta huvasta ei poistoilmavirtaa saatu mitattua, koska se ei lähtenyt päälle ollenkaan. Näin ollen jäikin arvoitukseksi, mikä huuvin vaikutus olisi ollut tuloilmavirran suuruuteen. Tilan huippumurein toteutetusta poistoilmanvaihdosta ja kohdepoistoista saatiin mittaamalla yhteensä  $-528$  l/s. Tästä määrästä  $-202$  l/s lähti hitsauksen kohdepoistojen ja  $-326$  l/s huippumurein toteutetun ilman poiston kautta. Kun hitsauksen kohdepoistot ja huuva ovat pois käytöstä, tila on selvästi ylipaineinen. Hitsauksen kohdepoistojen ollessa tilanne muuttuu kuitenkin siltä osin, että tila on silloin vain hieman ylipaineinen.

LVI-laboratoriossa mitatut ja suunnitellut ilmavirrat olivat lähellä toisiaan. Tuloilmavirraksi oli suunniteltu  $65$  l/s ja mittaamalla saatiin  $85$  l/s. Poistoilmavirraksi oli suunniteltu  $-70$  l/s ja mittaamalla saatiin  $-52$  l/s. LVI-laboratorion yli- ja alipaineisuuden tarkastelua ei ole kuitenkaan järkevää tehdä, koska tilassa on koulutuskäytössä olevan ilmastointikone. TK02:n ilmavirrat ovatkin vain osa tilan ilmanvaihtoa.

Likaisia tiloja, käytävää ja sen varrella olevaa RP-laboratoriota tarkasteltiin kokonaisuutena. Suunnitellut tulo- ja poistoilmavirrat olivat  $700$  l/s ja  $-580$  l/s. Mittaessa tuloilmavirraksi saatiin kuitenkin  $1195$  l/s ja poistoilmavirraksi  $-803$  l/s.

Tilaaajan toiveesta tehtiin vielä taulukko 3, johon on koottu suunnitellut ja mitatut ilmavirrat yhteen ja laskettu niiden erotus. Taulukossa on tiloittain suunnitellut ja

mitatut ilmavirrat ja niiden perään on laskettu erotus näiden kahden välillä. Tu-  
loilmavirta ja jokainen poistoilmavirta on eritelty taulukkoon siten, että ne ovat  
helposti havaittavissa.

**TAULUKKO 3. Suunniteltujen ja mitattujen ilmavirtojen erot tiloittain**

tilanro.	tuloilma			poistoilma			huippuimuri			kohdepoisto				
	suun. l/s	mit. l/s	ero. l/s	suun. l/s	mit. l/s	ero. l/s	suun. l/s	mit. l/s	ero. l/s	suun. l/s	mit. l/s	ero. l/s		
1048	200	159	-41	-220	-301	-81								
1050	280	309	29	-290	-241	49								
1052	300	334	34	-345	-313	32								
1058	400	162 *	- 238	-300	-115	185								
1088	50	26	-24	-55	-87	-32								
1090	1120	592	- 528							-640	-202	438	PK41	
										-350	- **			PK42
										-350	-326	24		
1074	65	85	20	-70	-52	18								
1082&1084	400	615	215	-70	-80	-10	-280	-356	-76				PK48	
&1086										- ***	-62	-62	liuotinkaappi	
1076							-40	-61	-21				PK18	
1078							-20	-35	-15					
1080							-20	-32	-12					
1092							-20	-29	-9				PK16	
1094							-20	-33	-13					
1098							-80	-123	-43					
käyt.	300	580	280	-30	-29	1								

\* toisen tuloilmapäätelaitteen mittausta puuttuu

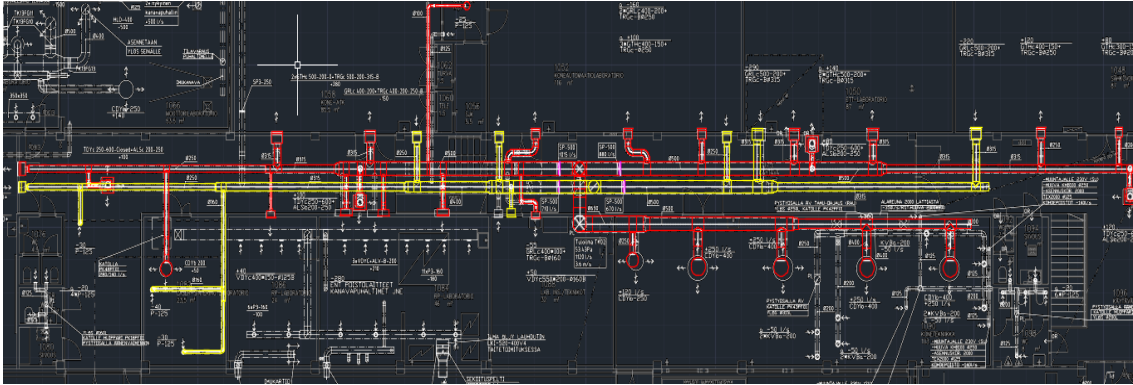
\*\* huuva ei toiminut mitattaessa

\*\*\* poistoilmavirtaa ei ollut merkitty LVI-suunnitelmiin

#### 4.4 Kohteen MagiCAD-mallinnus

Tutkimuskohdetta lähdettiin myös tarkastelemaan MagiCAD-ohjelmiston avulla. Ilmastointikone TK02:n järjestelmä mallinnettiin MagiCAD-ohjelmistolla, vastaa-

maan täsmälleen suunniteltuja päätelaitteita, kanavistoa ja ilmavirtoja. Tarkoituksena oli selvittää, onko ilmanvaihtojärjestelmää edes mahdollista saada tasapainotettua ja säädettyä toimivaksi järjestelmäksi.



*KUVA 15. Ilmastointikone TK02:n MagiCAD-mallinnus*

Kun tarkasteltiin ensin säätöpeltien esisäätöarvoja, huomattiin mallinnuksella tulevan kohtuullisen suuria eroavaisuuksia nykytilanteeseen verrattuna. Ilmastointikoneelta tulevasta kanavasta lähtee käytävältä linjat molempiin päihin A-siipeä. Näin ollen sekä tulo- että poistoilmakanavaan on asetettu kumpaankin haaraan omat säätöpeltinsä. Säätöpeltinä toimii Iris-500. Hitsauslaboratorioon kulkevassa kanavassa olevaa moottoroitua säätöpeltiä ei tähän tarkasteluun mallinnettu.

Tuloilmakanavan kahden linjan alussa olevissa Iris-säätöpelleissä esisäätöarvot ovat 3. Mallintamalla ilmanvaihtojärjestelmä MagiCADilla, saatiin tuloilmakanavien säätöpeltien esisäätöarvoiksi 4,3 ja 5,4. Poistoilmakanavan kahden linjan alussa olevissa säätöpelleissä esisäätöarvot ovat 1. Mallintamalla saatiin esisäätöarvoiksi 5,6 ja 5,8. Säätovaraa siis olisi jo linjojen aluissa.

Kanavien painehäviöitä tarkasteltiin ja tuloilmakanaviston kokonaispainehäviöksi saatiin 192 Pa ja poistoilmakanaviston kokonaispainehäviöksi -101 Pa. Mallinnettaessa vaikutti siltä, että kanavistojen paineet pysyivät kohtuullisina ja kanavistot saatiin tietokoneella hyvin tasapainoon. Ainoa seikka, joka tuotti hankaluuksia, oli koneautomaatiolaboratorioon kulkeva tuloilmakanava. Suunnitelmista laskettu tuloilman määrä oli sinne yli nelinkertainen sopivaan ja sieltä

mitattuun ilmavirtaan verrattuna ja siksi tietokonemallintamisella paineet kohosivat aluksi mahdottomiin lukemiin. Kun kyseisen kanavan ilmavirta säädettiin oikeaksi, saatiin kanavistot tasapainoon.

Päätelaitteiden paineita vertailtiin myös mitattujen ja tietokoneella mallinnettujen välillä. Yleisesti kun tarkastelee ja vertailee edellä mainittuja paineita huomaa selvästi, että MagiCADilla saatiin mallinnettua päätelaitteille suuremmat paineet, kuin mitä mittaamalla saatiin. Tämä johtuu jo siitä, että ohjelma asetti säätöpölyille esisäätöarvot vastaamaan sitä, että päätelaitteista saadaan halutut ilmavirrat tuotua tai poistettua.

#### **4.5 Tutkimuskohteen erot suunnitelmiin verrattuna**

Tutkimuskohteen alueelta löytyi myös muutamia kohteita, jotka saattavat osaltaan vaikuttaa ilmanvaihtojärjestelmän tasapainoon. Kuvassa 16 on esitetty RP-laboratorion yksi tuloilmakanava, jonka yhteen kanavanhaaraan on tehty hieinan muutoksia suunnitelmiin verrattuna. Kanava on katkaistu ja sen päästä on otettu päätelaite pois.



*KUVA 16. Katkaistu tuloilmakanava*

RP-laboratoriossa oli myös kaksi tuloilman päätelaitetta, joista oli poistettu osia. Kuvassa 17 näkyy toinen näistä päätelaitteista, jotka eivät vastaa suunnitelmia. Päätelaite ei vastaa valittua, sillä siitä on poistettu ilmanohjaimia, jotka tuottavat painetta päätelaitteen kautta kanavistoon.



*KUVA 17. Tuloilmalaite RP-laboratoriossa.*

RP-laboratoriossa on myös kaksi poistoilmakanavaa, joissa on tulppaamattomia kanavan päitä. Kaksi niistä on esitetty kuvassa 18. Kuvassa on liutinkaapilta lähtevä poistoilmakanava, jonka kyljessä on tulppaamattomat kanavan päät. Ilmeisesti toisessa niistä on ennen remonttia ollut jokin kohdepoisto, mutta remontissa tehtyjen rakennemuutosten vuoksi se on jouduttu poistamaan ja jäljelle on jäänyt vain avoin kanavan pää. Kolmas tulppaamaton kanavan pää on huippuimurille PK48 johtavan kanavan ääripäässä.

Huippuimurin PK48 poistoilmakanavistosta oli myös poistettu suunnitelmiin verrattuna kaksi KSO-venttiiliä. Siihen kohtaan oli kuitenkin asiaan kuuluvat tulpaukset tehty.



*KUVA 18. Tulppaamattomia kanavan päitä.*

Koneautomaatioluokassa olevassa opettajanhuoneessa piti suunnitelmien mukaan olla tuloilmavirran päätelaitteen lisäksi myös poistoilmavirran päätelaite. Tilasta ei sellaista kuitenkaan löytynyt.

## 5 PARANNUSEHDOTUKSET

Ilmanvaihtojärjestelmän ja sen palvelualueen tiloissa havaittujen puutteiden vuoksi seuraavassa on esitetty parannusehdotuksia tilanteen ratkaisemiseksi. Parannusehdotukset on alustettu kertomalla taustaa ja syitä, jotka ovat korjaus-ehdotusten taustalla.

Ilmavirtamittauksissa huomattiin, että osassa tiloista ilmavirrat ovat liian pienet. Tällaisia tiloja ovat konetekniikan atk-luokka ja hitsauslaboratorio. Konetekniikan atk-luokassa poistoilmavirta on tarpeeseen nähden liian suuri. Hitsauslaboratoriossa sekä tuloilmavirta että poistoilmavirta ovat liian pieniä käyttötarkoitukseen nähden. Lisäksi tarkastellessa mitattua kokonaisilmavirtaa tulo- ja poistoilmavirran osalta, voidaan todeta ilmastointikoneen palvelualueen olevan kokonaisuutena selvästi ylipaineinen. Ylipaineisuus johtaa siihen, että kosteus kulkeutuu ja tiivistyy rakenteisiin ja saattaa aiheuttaa terveydellisten haittojen lisäksi myös homeongelmia pidemmällä aikavälillä tarkasteltuna.

Kun koulurakennusta ajatellaan kokonaisuutena, voidaan todeta tutkittavan ilmastointikoneen palvelualueen olevan vain osa koko rakennusta. Kun ilmastointikoneen palvelualue on kokonaisuutena ylipaineinen, vaarana on ilman virtaaminen koulurakennuksen muihin osiin. Koska ilmastointikoneen palvelualueella on tiloja joissa syntyy runsaasti epäpuhtauksia, siirtoilman virtaaminen rakennuksen muihin osiin ei ole missään tapauksessa suotavaa. Oikein säädettyä siirtoilman kulkeutuminen rakennuksen muihin osiin ei ole mahdollista, sillä ilmanvaihtojärjestelmän toimiessa suunnitelmien mukaisesti on ilmastointikoneen palvelualue alipaineinen. Siksi poistoilmavirran määrää suhteessa tuloilmavirran suuruuteen tulisi lisätä, jotta ylipaineisuudesta päästäisiin eroon.

Ilmanvaihtojärjestelmän toimintaa tutkiessa on hyvä muistaa, että ilmastointikoneen palvelualueen tiloihin on tehty muutoksia. Muutosten vuoksi myös kanavistoon ja päätelaitteisiin on jouduttu tekemään ratkaisuja, jotka ovat rakennusvaiheessa vaikuttaneet hyviltä. Aina, kun tilojen käyttötarkoitukseen joudutaan tekemään muutoksia, olisi aina syytä tarkistaa päätelaitteiden ilmavirrat.

Ilmanvaihtojärjestelmässä esiintyy puutteellisia päätelaitteita ja avoimia kanavan päitä. Jotta ilmavirrat kulkisivat laskelmien mukaisesti, tulee päätelaitteiden olla suunnitelmia vastaavat. Puutteelliset päätelaitteet tulee ensitilassa korjata alkuperäisten kaltaisiksi ja mikäli se ei ole mahdollista, ne pitää vaihtaa uusiin vastaaviin päätelaitteisiin. Lisäksi ne kanavan osat, joista ei ole suunniteltu tuotavan tai poistettavan ilmaa, täytyy tulpata. Näin niiden tuoma häiriö järjestelmän tasapainoon saataisiin poistettua. Ilman edellä mainittuja toimenpiteitä kanaviston tasapainotus on erittäin hankalaa tai jopa mahdotonta.

Jotta sisäilmaston terveellisyys taattaisiin, tulee puutteellisesti toimiva ilmanvaihtojärjestelmä säätää. Säätäminen täytyy suorittaa siten, että ilmavirrat ovat alkuperäisten suunnitelmien mukaiset. MagiCAD-mallinnuksella päästiin siihen lopputulokseen, että ilmanvaihtojärjestelmä on nykyisellään mahdollista säätää oikein, kunhan huolehditaan siitä, että järjestelmä on kaikilta osin suunnitelmien mukainen. Ensiksi kannattaa tarkastaa säätöpeltien esisäätöarvot, sillä MagiCAD-mallinnuksen perusteella säätöpellit ovat nykyisellään väärissä arvoissa.

Ilmavirtamittauksissa huomattiin myös tuloilmakanavan ilmavirrassa humppaamista. Asian saattaa selittää se, että ilmastointikoneen tuloilmapuhallin pyrkii koko ajan säätämään puhaltimen pyörimisnopeutta. Tämän arvellaan johtuvan siitä, että valvomo-ohjelmasta tutkiessa tuloilmakanavassa oleva painemittari näyttää toimimattomalta. Valvomo-ohjelma näyttää painemittarilla niin alhaista arvoa, että puhallin ei tuottaisi painetta käytännössä ollenkaan. Siksi se pyrkiikin säätämään puhallinta suuremmalle pyörimisnopeudelle toistuvasti. Lisäksi valvomo-ohjelmaa tutkiessa huomattiin painemittarin olevan väärässä paikassa. Painemittari tulee vaihtaa uuteen ja sen paikan pitää sijaita tuloilmakanavassa, ennen kuin kanava haarautuu useaan suuntaan.

Hitsauslaboratorion ilmanvaihto ei myöskään toiminut suunnitellusti. Tuloilmavirran säätö toimii moottoroidulla säätöpellillä, mutta näin ei mittausten perusteella asia ollut. Tuloilmavirtaa säätävän pellin toimintaan ei ollut vaikutusta, kytkeäkäänkö hitsauksen kohdepoistot päälle tai pois päältä. Huuvan vaikutusta säätöpellin toimintaan ei voitu todeta, sillä huuva ei toiminut. Tutkimuksen kannalta oleellista olisi ollut saada huuva toimintakuntoiseksi.



Hitsauslaboratorion kohdepoistot eivät olleet tarpeeksi tehokkaat käyttötarkoitukseen nähden. Poistoilmapuhaltimen säätömahdollisuutta tulee tutkia, sillä jo mittausten aikana huomattiin, ettei poistoilmapuhallin toimisi täydellä teholla. Näin ollen hitsaustöiden työturvallisuutta ilmanvaihdon kannalta ei kyseisessä tilassa pystytä nykyisellään takaamaan.

Jotta hitsauslaboratorioon voitaisiin taata tarpeen mukainen ilmanvaihto, tulisi tuloilmavirran säätöpellin toiminta tarkastaa. Lisäksi kohdepoistojen toimivuus olisi syytä tarkastaa, sillä niiden poistaman ilmavirran määrä jäi puoleen siitä, mitä niiden pitäisi oikeasti tilasta poistaa. Huuva tulisi myös korjata käyttökuntoon, jotta siitä olisi hyötyä ilmanvaihdossa. Näiden korjaustoimenpiteiden avulla voitaisiin hitsauslaboratoriossa päästä jälleen tarpeen mukaiseen ilmanvaihtoon.

## 6 TOIMENPITEET

Hitsauslaboratorion ilmanvaihto-ongelmat aiheuttivat välittömiä toimenpiteitä. Tuloilmakanavan säätöpellin toimintaa tarkasteltiin yhdessä automaation tuottajan, Ganen, Jukka Kärkkäisen kanssa. Tarkastelun kohteena olivat myös huuvan toiminta ja kohdepoistojen riittämättömyys. Lisäksi huomiota kiinnitettiin tutkimuskohteen muihinkin ongelmakohtiin, siltä osin mitä mahdollista oli.

Kohdepoistojen ollessa pois päältä tilassa vallitsi huomattava ylipaine. Asiaa tarkasteltiin ja syy saatiin selville. Huuva toimii portaattomalla säätönupilla, jota kääntämällä voidaan huuvan poistoilmavirtaa säätää 0 ja 100 prosentin välille. Automatiikka säätää tuloilmavirtapellin toimintaa huuvan käytön mukaan. Vaikka valvomo-ohjelmasta luettuna huomattiin huuvan poistoilmapuhaltimen olevan seis-tilassa, säätönupin asento sääti tuloilmavirtaa koko ajan suuremmalle. Tämä tapahtui siitä huolimatta, että poistoilmapuhallin ei käynyt. Näin saatiin selville, miksi tuloilmaa tuli tilaan koko ajan käyttötilanteeseen nähden liian paljon.

Seuraavana perehdyttiin huuvan ja sen huippuimurin toimimattomuuteen. Konehuoneesta alettiin selvittää, miksi huuva ei toimi, vaikka säätönuppia kääntämällä sen tehoa lisätään. Sähkökaapilta ilmeni, että huuva oli joko käsin kytketty tai se oli itsestään kytkeytynyt kokonaan pois käytöstä. Sähkötaululta kuitattiin jälleen huuva toimintakuntoon ja valvomo-ohjelman tilatietoonkin saatiin samalla näkymään huuvan poistoilmapuhaltimen käynti. Asia menttiin myös todentamaan paikan päälle, jossa todettiin huuvan poistoilmapuhaltimen jälleen toimivan.

Kohdepoistojen tehottomuus ja alhainen poistoilmavirran määrä olivat sen jälkeen tarkastelun kohteena. Valvomo-ohjelmasta huomattiin, että kyseinen huippuimuri ei käy kuin noin 60–70 prosentin teholla. Asiaa alettiin korjaamaan säätämällä valvomo-ohjelmasta kanavan painetta 300 Pa:sta ylöspäin. Painetta säädettiin aine 500 Pa:iin asti, jolloin poistoilmapuhallin saavutti täyden tehonsa. Samalla huomattiin jo aistinvaraisestikin, että poistoilmavirran suuruus kasvoi huomattavasti.

Huuvan käyttökuntoon laittamisen ja kohdepoistojen säädön jälkeen suoritettiin uudestaan ilmavirtamittaukset tilaan, jotta nähtäisiin oliko tehdyillä korjauksilla vaikutusta tuloilmavirran säätöpellin sekä kohdepoistojen toimintaan. Huippuimurin PK43 poistoilmavirtoja ei enää mitattu, koska sen toimintaan ei muutoksia tehty.

Taulukossa 4 on kuvattu hitsauslaboratorion ilmavirrat toimenpiteiden jälkeen. Lisäksi liitteessä 3 on esitetty mittauspöytäkirja korjausten jälkeisistä mittauksista. Huippuimuri PK43 on koko ajan käynnissä, koska sen toiminta on kytketty ilmastointikoneen toimintaan. Ensimmäisessä tilanteessa on esitetty poistoilmavirta ja tuloilmavirta, kun ainoastaan edellä mainittu huippuimuri on käynnissä. Seuraavaksi kytkettiin huuva täydelle teholle ja mitattiin sen ilmavirta ja tuloilmavirta tilassa. Sen jälkeen huuva laitettiin pois päältä ja kytkettiin kohdepoistot päälle ja suoritettiin samat mittaukset kuin huuvan kanssa. Neljäntenä mitattiin vielä tuloilmavirta kun tilan kaikki kolme huippuimuria ovat käynnissä.

*TAULUKKO 4. Hitsauslaboratorion ilmavirrat toimenpiteiden jälkeen*

	ilmavirta l/s
vain yleisilmanvaihto (PK43) päällä	-326
tuloilmavirta	256
huuva (PK42)	-277
huuva (PK42) + yleisilmanvaihto (PK43)	-603
tuloilmavirta	572
kohdepoistot (PK41)	-273
kohdepoistot (PK41) + yleisilmanvaihto (PK43)	-599
tuloilmavirta	565
kohdepoistot + huuva + yleisilmanvaihto	-876
tuloilmavirta	931

Mittauksista on nähtävissä se, että toimenpiteet autoivat tilan ilmanvaihtoon. Perustilanteessa saatiin tuloilmavirtaa pienemmäksi, kun huuvan automatiikka ei tee enää häiriötä moottoroidulle tuloilmavirtapellille. Näin saatiin tilan ylipaine

poistettua. Myös tuloilmapelti saatiin todettua toimivaksi, sillä kohdepoistojen ja huuvan päälle ja päältä pois kytkeminen sai muutosta tuloilmavirrassa aikaan. Poistoilmapuhallin PK42 ongelmat tuottivat siis aiemmin häiriötä tuloilmavirtaan.

Huuvasta saatiin myös lähes vastaava ilmavirta kuin suunnitelmiin oli merkattu. Huomion arvoista on kuitenkin, että vaikka säätönupista käänsi 100 prosentin tehon huuvan poistoilmapuhaltimelle, valvomo-ohjelma ilmoitti sen käyvän ainoastaan 93 prosentin teholla. Voidaan olettaa säätönupissa olevan kuluneisuutta, ja mikäli huuvasta haluaisi täyden tehon ja suunnitellun ilmavirran saada, tulisi säätönuppi vaihtaa uuteen.

Kohdepoistojen ilmavirtaa saatiin myös hieman suurennettua. Mittaamalla saatiin nyt -273 l/s, joka on 71 l/s enemmän kuin aiemmin. Edelleenkin kohdepoistojen poistama ilmamäärä ei vastaa tavoiteltua eikä suunniteltua, joten veilä jää pohdittavaksi, miten se saataisiin toteutettua. Todennäköisesti poistoilmapuhallin liian tehoton halutun ilmamäärän poistamiseksi kohteesta.

Valvomo-ohjelmassa näkyneeseen tuloilmakanavan paine-eromittaukseen tehtiin myös muutos. Mittauksen näkymä poistettiin valvomo-ohjelmasta kokonaan, koska sillä ei ollut merkitystä koneen toimintaan. Tarkoituksena on mitata ainoastaan tuloilmavirran suuruutta. Samalla saatiin selville, ettei tuloilmavirran humpuaminen ainakaan paine-eroanturista johtunut.

Opinnäytetyön valmistumiseen mennessä muita toimenpiteitä kohteeseen ei ehditty suorittaa. Päätelaitteiden asennukset ja korjaukset sekä ilmanvaihtojärjestelmän säätö ja tasapainotus jäivät siis edelleen ongelmakohdiksi. Hitsauslaboratorion ilmanvaihto saatiin kuitenkin korjattua niiltä osin, mitä mahdollista oli tehdä.

## 7 YHTEENVETO

Työn tavoitteena oli selvittää Oulun ammattikorkeakoulun ilmastointikoneen toiminta ja koneen palvelualueen ilmavirrat. Työssä perehdyttiin myös palvelualueen huippuimurien toimintaan. Työn tarkoituksena oli mitata tilakohtaisesti päätelaitteiden ilmavirrat ja verrata niitä suunnitelmissa esitettyihin arvoihin.

Työ suoritettiin tekemällä mittaukset kohteessa ennen joulua 2015. Kohteissa mitattiin sekä paine-eroa päätelaitteissa että ilman nopeutta kanavassa paikoissa, joissa paine-eron mittaaminen oli mahdotonta. Mittaustuloksista laskettiin päätelaitteiden ilmavirrat ja niitä verrattiin suunniteltuihin ilmavirtoihin. Lisäksi ilmanvaihtojärjestelmän painetasoja tarkasteltiin mallintamalla järjestelmä MagiCAD-ohjelmistolla.

Tuloksista nähtiin tutkimuskohteen ongelmakohdat. Tilojen suunnitellut ja mitatut ilmavirrat eivät vastanneet toisiaan. Osasyynä tähän oli puuttuvat tai vaillinaiset päätelaitteet ja tulppaamattomat kanavanpäät. Lisäksi hitsauslaboratoriossa esiintyi ongelmia kohdepoistojen riittämättömyydessä, huuvan toimimattomuudessa sekä tuloilmavirran säätöpellin toiminnassa.

Kohteeseen tehtiin parannusehdotukset ja niiden pohjalta korjaukset siinä määrin mitä oli mahdollista toteuttaa. Korjausten perusteella hitsauslaboratorion ilmanvaihtoa saatiin lähemmäksi tavoiteltua, mutta suunnitelman mukaiseen toimintaan ei vielä kukaan päästy. Lopuksi ilmanvaihtojärjestelmän säätäminen ja päätelaitteiden puutteiden korjaaminen jäivät tilaajan vastuulle tulevaisuuteen.

## LÄHTEET

1. Lämpöolot ja sisäilma. Työturvallisuuskeskus TTK. Saatavissa: [http://www.tyoturva.fi/tyosuojelu/lampoolot\\_ja\\_sisailma](http://www.tyoturva.fi/tyosuojelu/lampoolot_ja_sisailma). Hakupäivä 19.1.2016.
2. Seppänen, Olli 1996. Ilmastointiteknikka ja sisäilmasto, uudistettu painos. Anjalankoski: SOLVER palvelut Oy.
3. Sisäilmasto 2008. Sisäilmayhdistys. Saatavissa: <http://www.sisailmayhdistys.fi/Perustietoa-sisailmasta/Ilmanvaihdon-perusteet>. Hakupäivä 19.1.2016.
4. D2 (2012). Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. Määräykset ja ohjeet 2012. D2 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Helsinki: Ympäristöministeriö, Rakennetun ympäristön osasto. Saatavissa: [http://www.finlex.fi/data/normit/37187-D2-2012\\_Suomi.pdf](http://www.finlex.fi/data/normit/37187-D2-2012_Suomi.pdf). Hakupäivä 3.2.2015
5. Kimari, Pirjo 2013. T670104. Ilmastointiteknikka 1, luennot 4 op. Opintojakson materiaali keväällä 2013. Oulu: Oulun ammattikorkeakoulu, tekniikan yksikkö.
6. Hagström, Kim – Kulmala, Ilpo – Kuoksa, Taavi - Laine, Juhani - Niemelä, Raimo – Pöntinen, Kalevi – Railio, Jorma - Sainio, Sakari - Selin, Mikko – Sjöholm, Petri – Sulamäki, Hanna – Tähti, Esko 2000. Teollisuusilmastoinnin opas.
7. Kulmala, Ilpo 1992. Kohdeilmanvaihto. Kirjallisuuskatsaus.
8. Hitsauksen työturvallisuus. ESAB. Saatavissa: [http://www.esab.fi/fi/fi/support/documentation/educational/upload/hitsauksen\\_tyoturvaluus.pdf](http://www.esab.fi/fi/fi/support/documentation/educational/upload/hitsauksen_tyoturvaluus.pdf). Hakupäivä 3.2.2016.
9. Monitoimimittari TC9565. Teknocalor. Saatavissa: <http://www.teknocalor.fi/fi/mittauslaitteet/tuotteet/ilmastointi/kuumalankamittarit/tsi-velocicalc-plus-9565>. Hakupäivä 13.1.2016.
10. Poistoilmaventtiili. Talotekniikan oppimateriaalia. Edu.fi. Saatavissa: <http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/lvi/aihio5/iv-koje/poistoilmaventtiili.htm>. Hakupäivä 25.1.2016.

11. Tilavuusvirran mittaus kanavasta paikalliseen virtausnopeuteen perustuen. Saatavissa: <https://ilmastointitekniikka.wikispaces.com/Monipistemenetelma>. Hakupäivä 18.12.2015.
12. Hajottimet, ilmavirtasäätimet, ilmastointijärjestelmät. Säättöopas. Versio 2010-01. Swegon. Saatavissa: [https://swegon.com/Global/PDFs%20Archive/Air%20diffusers/K-factors/\\_fi/K-faktor201001.pdf](https://swegon.com/Global/PDFs%20Archive/Air%20diffusers/K-factors/_fi/K-faktor201001.pdf). Hakupäivä 5.1.2016.
13. Hajottimet, ilmastointijärjestelmät. Säättöopas. Versio 0002. Hajottimet, ilmastointijärjestelmät. Swegon. Saatavissa: [https://swegon.com/Global/PDFs%20Archive/Air%20diffusers/K-factors/\\_fi/kff0002.pdf](https://swegon.com/Global/PDFs%20Archive/Air%20diffusers/K-factors/_fi/kff0002.pdf). Hakupäivä 5.1.2016.
14. Ilmavirtojen mittaus- ja säättöopas. Fläkt Woods. Huhtikuu 2015. Saatavissa: <http://www.flaktwoods.dk/184/0/3/aaf939c0-af71-4df4-9f84-b5513b9ed6f3>. Hakupäivä 5.1.2016

## **LIITTEET**

Liite 1 Lähtötietomuistio

Liite 2 Mittauspöytäkirja

Liite 3 Mittauspöytäkirja hitsauslaboratoriosta

Liite 4 Ilmastointikone TK02:n sijainti Oulun ammattikorkeakoulussa

Liite 5 Ilmastointikone TK02:n palvelualue

Liite 6 Ilmastointikone TK02:n konehuone



## LÄHTÖTIETOMUISTIO

Tekijä Reima Kurtti

Tilaaaja OAMK Janne Räihä

Tilaaajan yhdyshenkilö ja yhteystiedot

Työn nimi

Laboratoriotilojen ilmastointikoneen ilmavirtojen ja paineen säädön selvitys

Työn kuvaus

OAMK:n Kotkantien kiinteistössä on tulo-/poistoilmakone TK02, joka on muuttuvailmavirtainen. Koneen toiminnassa on havaittu runsaasti puutteita johtuen osittain siitä, että koneen palvelualueella on tehty ilmanjakomuutoksia.

Tässä työssä mitataan koneen palvelualueiden ilmavirrat tilakohtaisesti. Työssä selvitetään koneen palvelualueella olevien kohdepoistojen toiminta ja niiden vaikutus tuloilmavirta säätimen toimintaan. Työssä selvitetään myös puhaltimen paineen säätö ja ilmavirtasäätimien toiminta.

Työn tavoitteet

Työn tavoitteena on selvittää ilmastointikone TK02:n toiminta ja sen palvelualueiden ilmavirrat. Työn tavoitteena on löytää ilmavirtasäätimen ja puhaltimen toiminnalle sopivat painetasot.

Tavoiteaikataulu

Selvitetään ilmastointikone TK02:n suunnitelman mukainen toiminta lokaan 2015 loppuun mennessä.

Ilmavirrat ja paineet mitataan joulukuun loppuun 2015 mennessä.

Selvitetään parannusehdotukset helmikuun 2016 loppuun mennessä.

Loppuraportti valmis maaliskuun 2016 puoliväliin mennessä.

Päiväys ja allekirjoitukset \_\_\_\_\_

1048 sähkövoimatekniikan laboratorio		Paine	k-kerroin	I/s	YHT I/s
tulo	GTHc300-150+TRGc-Bø200	16,1 Pa	19,3	77,4	
	GTHc400-150+TRGc-Bø250	9,4 Pa	26,5	81,2	158,7
poisto	GRLc500-200+TRGc-Bø315	28 Pa	56,8	300,6	300,6
1050 ETT-laboratorio					
tulo	GTHc500-200+TRGc-Bø315	2,9 Pa	50,5	86,0	
	GTHc500-200+TRGc-Bø315	19,5 Pa	50,5	223,0	309,0
poisto	GRLc500-200+TRGc-Bø315	18 Pa	56,8	241,0	241,0
1052 Koneautomaatiolaboratorio + opettajanhuone					
tulo	GTHc400-150+TRGc-Bø250	19,3 Pa	26,5	116,4	
	GTHc400-150+TRGc-Bø250	11,7 Pa	26,5	90,6	
	GTHc400-150+TRGc-Bø250	14,1 Pa	26,5	99,5	
	CDYb-100	29,4 Pa	5	27,1	333,7
poisto	GRLc400-200+TRGc-Bø250	7,8 Pa	46,6	130,1	
	GRLc400-200+TRGc-Bø250	15,4 Pa	46,6	182,9	313,0
1058 Kone-ATK					
tulo	GTHc500-200-0+TRGc 500-200-315	10,3 Pa	50,5	162,1	162,1
	GTHc500-200-0+TRGc 500-200-315	-			
poisto	Halton PRA 250 ES 1,5 säätöpelti	93,6 Pa	11,9	115,1	115,1
1088 Lab.ins./teknikot					
tulo	VDYc550*200-ø160B	2 Pa	18,4	26,0	26,0
poisto	GRLc400*100+TRGc-Bø160	21,3 Pa	18,9	87,2	87,2
1090 konetekniikka					
ilman huuvaava ja hitsauksen kohdepoistoa					
tulo	CDYb-250	2,3 Pa	39,4	59,8	
	CDYb-400	1,9 Pa	101	139,2	
	CDYb-400	1,9 Pa	101	139,2	
	CDYb-400	2,3 Pa	101	153,2	
	CDYb-400	1 Pa	101	101,0	592,4
poisto	KSO-200 avauma +3	189,9 Pa	3,2	44,1	
	KSO-200 avauma +1	201,9 Pa	2,7	38,4	
	KSO-200 avauma +9	220,4 Pa	4,8	71,3	
	KSO-200 avauma 0	238 Pa	2,4	37,0	
	KSO-200 avauma +2	231,3 Pa	3	45,6	
	KSO-200 avauma +4	280,4 Pa	3,5	58,6	
	KSO-200 avauma -2	247 Pa	2	31,4	326,4
hitsauksen kohdepoiston ollessa päällä ja huuvan pois päältä					
tulo	CDYb-250	0,2 Pa	39,4	17,6	
	CDYb-400	3,4 Pa	101	186,2	
	CDYb-400	3,3 Pa	101	183,5	
	CDYb-400	0,7 Pa	101	84,5	
	CDYb-400	1,1 Pa	101	105,9	577,8

poisto	KSO-200	avauma +3	198,6 Pa	3,2	45,1
	KSO-200	avauma +1	200,5 Pa	2,7	38,2
	KSO-200	avauma +9	219,9 Pa	4,8	71,2
	KSO-200	avauma0	237 Pa	2,4	36,9
	KSO-200	avauma +2	228,8 Pa	3	45,4
	KSO-200	avauma +4	279,4 Pa	3,5	58,5
	KSO-200	avauma -2	249,2 Pa	2	31,6

hitsauksen kohdepoistot

			yht		
12,7 m/s	+	3,75 m/s	16,45 m/s		201,8

1082&amp;1084&amp;1086 RP-laboratorio

k-kerroin l/s

tulo

	avoin kanavan pää	5pist- men.	sivusta	pohjasta		
			8,25	8,2 m/s		
			7,45	7,8 m/s		
			7,4	8,15 m/s		
			ka	7,875 m/s		247,3
	VDYc400*150- ø125B	1pistmen.		2,15 m/s		67,5
	VDYC+ALV-B-200			23,8 Pa	23,9	116,6
	VDYC+ALV-B-200			16,5 Pa	23,9	97,1
	VDYC+ALV-B-200			13 Pa	23,9	86,2

poisto

	KSO-160	avauma +15	75,3 Pa	6,2	53,8
	KSO-125	avauma +4	68,9 Pa	3,2	26,6
				yht	80,4

liuotinkaappi

osateho

		sivusta	pohjasta		
		0,8	0,9 m/s		
		0,85	0,9 m/s		
		0,9	0,9 m/s		osateho
		ka	0,875 m/s		42,9

täysteho

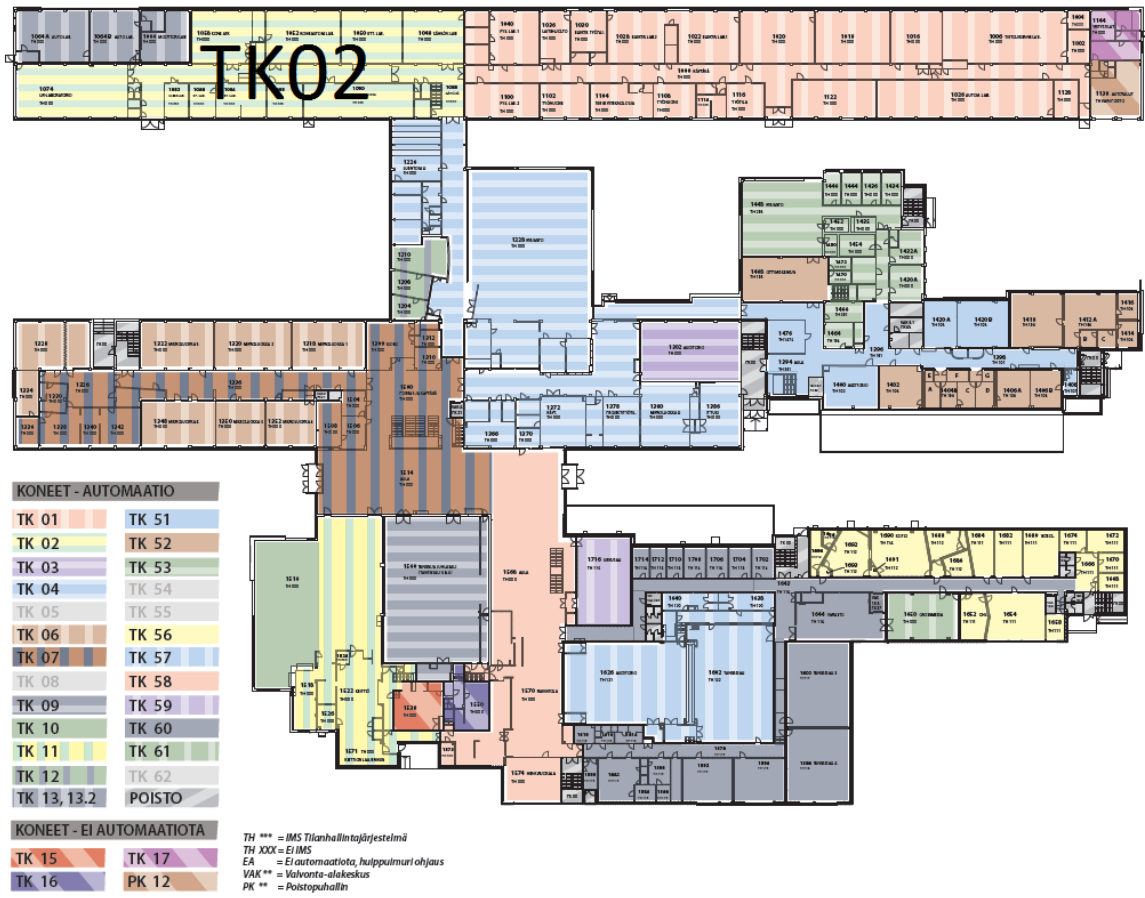
		1,2	1,3 m/s		
		1,25	1,25 m/s		
		1,3	1,25 m/s		täysteho
		ka	1,258333 m/s		61,7

huip- puimuri	kanttikanava	350*400	sivusta	pohjasta			
			2,69	1,9	m/s		
			2,6	2,5	m/s		
			2,7	2,85	m/s		
			ka	2,54	m/s		355,6
1076 WC							
poisto	KSO- 125	avauma -1		130,7	Pa	2,6	29,7
	KSO- 125	avauma -1		139,7	Pa	2,6	30,7
1078 WC/N							
poisto	KSO- 125	avauma +1		155,5	Pa	2,8	34,9
1080 Siivous							
poisto	KSO- 125	avauma 0		146,3	Pa	2,7	32,7
1092 WC/N							
poisto	KSO- 125	avauma 0		118,4	Pa	2,7	29,4
1094 Siivous							
poisto	KSO- 125	avauma +2		132,8	Pa	2,9	33,4
1098 WC							
poisto	KSO- 125	avauma 0		127,4	Pa	2,7	30,5
	KSO- 125	avauma +1		119,1	Pa	2,8	30,6
	KSO- 125	avauma 0		128,4	Pa	2,7	30,6
	KSO- 125	avauma +2		120,4	Pa	2,9	31,8
						yht	123,4
käytävä							
tulo				50,6	Pa	21,5	152,9
				4,8	Pa	29,5	64,6
				39,3	Pa	29,5	184,9
				36	Pa	29,5	177,0
						yht	579,5
poisto	KSO- 125	avauma +5		79,1	Pa	3,3	29,3

Mittauspöytäkirja hitsauslaboratoriosta parannusten jälkeen tehdyistä mittauksista:

1090 konetekniikka						
ilman hitsausluipparia						
tulo	CDYb-250	0,5 Pa		39,4	27,9	
	CDYb-400	0,4 Pa		101	63,9	
	CDYb-400	0,4 Pa		101	63,9	
	CDYb-400	0,3 Pa		101	55,3	
	CDYb-400	0,2 Pa		101	45,2	256,1
huuva						-277
tulo	CDYb-250	1,3 Pa		39,4	44,9	
	CDYb-400	1,8 Pa		101	135,5	
	CDYb-400	0,9 Pa		101	95,8	
	CDYb-400	2,1 Pa		101	146,4	
	CDYb-400	2,2 Pa		101	149,8	572,4
		m/s	m/s	YHT		
kohdepoisto		17,63	4,64	22,27	m/s	-273,2
tulo	CDYb-250	2,2 Pa		39,4	58,4	
	CDYb-400	1,7 Pa		101	131,7	
	CDYb-400	0,9 Pa		101	95,8	
	CDYb-400	2,5 Pa		101	159,7	
	CDYb-400	1,4 Pa		101	119,5	565,1
huuva + kohdepoisto						
tulo	CDYb-250	2,9 Pa		39,4	67,1	
	CDYb-400	3,4 Pa		101	186,2	
	CDYb-400	4,7 Pa		101	219,0	
	CDYb-400	5 Pa		101	225,8	
	CDYb-400	5,3 Pa		101	232,5	930,7

Ilmastointikone TK02 sijaitsee kuvan vasemmassa yläaidassa, rakennuksen A-siivessä. Kuvan käyttöoikeus on saatu sen laatijalta, Paavo Koskivuorelta.









Ilmanvaihtosuunnitelma. Saatua käyttöön tilakoordinaattori Janne Rähältä Oulun ammattikorkeakoulun hallintopalveluista vuonna 2015.

