



Ari Koukku

ILMALÄMMITTEISEN TALON KESÄAIKAINEN JÄÄHDYTYS

ILMALÄMMITTEISEN TALON KESÄAIKAINEN JÄÄHDYTYS

Ari Kouku
Opinnäytetyö
Syksy 2012
Talotekniikan koulutusohjelma
Oulun seudun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun seudun ammattikorkeakoulu
Talotekniikan koulutusohjelma

Tekijä: Ari Koukku

Opinnäytetyön nimi: Ilmalämmitteisen talon kesäaikainen jäähdytys

Työn ohjaaja: Pirjo Kimari

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: 2012

Sivumäärä: 34 + 1 liitettä

Opinnäytetyö tutkii 80-luvulla valmistuneen paritalon puolikkaan ilmanvaihtojärjestelmää. Lämmitys ja ilmanvaihto on toteutettu ilmalämmityksellä. Kesäaikaisten lämpötilat kohoavat epämiellyttävän korkealle, eikä tilanne helpotu edes öisin. Opinnäytetyössä tutkitaan mahdollisuutta käyttää hyväksi jo olemassa olevaa järjestelmää ja jäähdyttää sisäilmaa tehostetulla ilmanvaihdolla öisin.

Järjestelmän kunto kartoitettiin, lämpötilat, ilmavirrat ja äänitasot mitattiin ennen muutoksia ja muutosten jälkeen. Korkeiden äänitasojen takia ei pystytty käyttämään Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D2 määrittämää tehostetun ilmanvaihdon minimi-ilmavirtaa. Tuloilman lämpötilan laskemiseksi järjestelmään vaihdettiin kesäkenno ja kiertoilma tukittiin. Tuloilman lämpötila laski öisin melkein 10 celsiusastetta ja vuorokauden keskimääräinen tulolämpötila laski 3,2 celsiusastetta. Samanaikaisesti tuloilmavirta pieneni kuitenkin keskimäärin 65 %, koska kiertoilmaa ei käytetty.

Muutosten jälkeen lämpötilat lähtivät nousuun. Tuloilman lämpötila ja ilmavirta laskivat. Lämpötilan lasku ei ollut riittävä, jotta se olisi kompensoinut ilmavirtojen laskua. Muutosten jälkeen jäähtymistä saatiin aikaiseksi vain kellarissa. Vuorokauden keskimääräinen lämpötilaero kellarissa oli ennen muutoksia ja muutosten jälkeen -0,1 celsiusastetta. Muissa tiloissa lämpötilat nousivat. Vuorokauden keskimääräinen lämpötilaero muissa huoneissa oli noin +0,8 celsiusastetta. Näin ollen lämpötilat makuuhuoneissa nousivat muutosten jälkeen.

Mittaustuloksista ilmeni, että saatu jäähdytysteho on niin pieni, että se ei riitä korvaamaan edes yhden hengen tuottamaa lämpökuormaa.

Vaikka hyöty on pieni, kesäkennoa suositellaan kuitenkin käytettäväksi. Kennon käytöstä ei tule lisäkustannuksia ja se laskee tuloilman lämpötilaa.

Asiasanat:

Ilmalämmitys, Ilmanvaihto, Jäähdytys

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
SISÄLLYS	4
1 JOHDANTO	5
2 ILMALÄMMITYS	6
2.1 Ilmalämmityksen historiaa	7
2.2 Ilmalämmityksen toimintaperiaate ja mitoitus	7
2.3 Ilmalämmityksen käyttö ja huolto	9
3 TUTKIMUSKOHD	11
3.1 Muutostöimenpiteet	11
3.2 Järjestelmän huolto	12
4 MITTAUKSET	15
4.1 LTO kesäkenno	15
4.2 Ilmavirtojen mittaus	16
4.3 Äänitasot makuuhuoneissa	19
4.4 Lämpötilamittaukset	21
5 TULOSTEN ANALYSOINTI	30
6 YHTEENVETO	33
LÄHTEET	34
LIITTEET	35

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön kohde on kolmikerroksinen paritalon puolikas, joka on rakennettu 1980-luvulla. Asunnon pinta-ala on 160 m². Lämmitys ja ilmanvaihto on toteutettu ilmalämmityksellä. Kesällä päivisin sisäilman lämpötilat ovat kohonneet jopa yli 26 asteen ja yölliset lämpötilat ovat olleet samaa luokkaa. Tähän asti kohdetta on jäähdytetty päivin ja öin pitämällä ikkunoita auki.

Opinnäytetyössä tutkitaan mahdollisuutta käyttää hyväksi jo olemassa olevaa järjestelmää ja jäädyttää sisäilmaa tehostetulla ilmanvaihdolla. Kohteessa sisäilman ollessa yöllä noin 26 celsiusastetta oli ulkoilma noin 10 celsiusastetta viileämpää. Käytössä olevassa järjestelmässä viileä ulkoilma lämpenee ensin LTO-kennossa ja tämän jälkeen tuloilmaan sekoitetaan vielä lämmintä kierrätysilmaa. Näin ollen viileä ulkoilma lämpeni niin paljon, että tuloilman lämpötila oli samaa luokkaa kuin sisäilman lämpötila, eikä viileämpää ulkoilmaa saatu hyödynnettyä. Ajatuksena oli tehdä nykyiseen järjestelmään parannuksia, joiden avulla viileämpi ulkoilma saataisiin johdettua suoraan sisätiloihin.

Jotta ulkoilma saataisiin tuotua viileänä huonetilaan, piti vanhaan järjestelmään tehdä parannuksia. Järjestelmälle tehtiin peruskuntotarkastus ja -korjaus. Suodattimet ja puhaltimet vaihdettiin uusiin ja ilmamäärät mitattiin eri puhalltimien nopeuksilla. Ilmamäärämittauksissa käytettiin kuumalankaa ja anemometritorvea. Lisäksi kiertoilma tulpatitiin kokonaisuudessaan ja LTO-kennon paikalle tehtiin uusi kesäkenno, jossa ei ollut kuin yksi lämpöä siirtävä seinämä.

Järjestelmä on mitoitettu 80-luvulla ilman lämmitystehon perusteella (Himablock ilmalämmitys, 9), joten ensin mitattiin ilmamäärät asukkaiden käyttämällä puhallintehoilla. Tämän jälkeen selvitettiin ilmavirrat myös muilla puhallintehoilla. Tarkoituksena oli mitata ja säätää, jos mahdollista, kesäaikaiset ilmavirrat ilman puhtauden perusteella vähintään nykyisten rakentamismääräysten minimi-ilmavirtoihin, 0,35 (dm³/s)/m² (Suomen rakentamismääräyskokoelman osa D2 2012, 10). Koska korkeat lämpötilat haittasivat eniten yötilanteessa, mitattiin myös äänitasot makuuhuoneista eri puhallintehoilla (Suomen rakentamismääräyskokoelman osa D2 2012, 25).

2 ILMALÄMMITYS

Kaikkia järjestelmiä, jotka siirtävät lämpöä huoneeseen ilman välityksellä, voidaan kutsua ilmalämmitykseksi (Nyman 2000, 37). Ilmalämmityksessä on yhdistetty samaan järjestelmään sekä lämmitys että ilmanvaihto. Tuloilma johdetaan yleensä lattiassa ikkunoiden alle ja poisto pyritään ottamaan likaisista tiloista. Ilmalämmitysjärjestelmä tulee mitoittaa ilman puhtauden ja tilojen lämpöhäviöiden perusteella. (Seppänen1996, 221.)

Pientaloissa ilmalämmitysjärjestelmä on usein koottu omaksi kokonaisuudekseen, joka on kooltaan sama kuin jääkaappi-pakastinyhdistelmä (Seppänen1996, 218). Laite on yleensä sijoitettu keskelle huoneistoa, mutta ei kuitenkaan lähelle tiloja, joissa ilman liikkeestä aiheutuva ääni on haitaksi (Parma 10 energia professori, 1). Kuvassa 1 on esitetty ilmalämmityskone.



KUVA 1. Ilmalämmityskone

2.1 Ilmalämmityksen historiaa

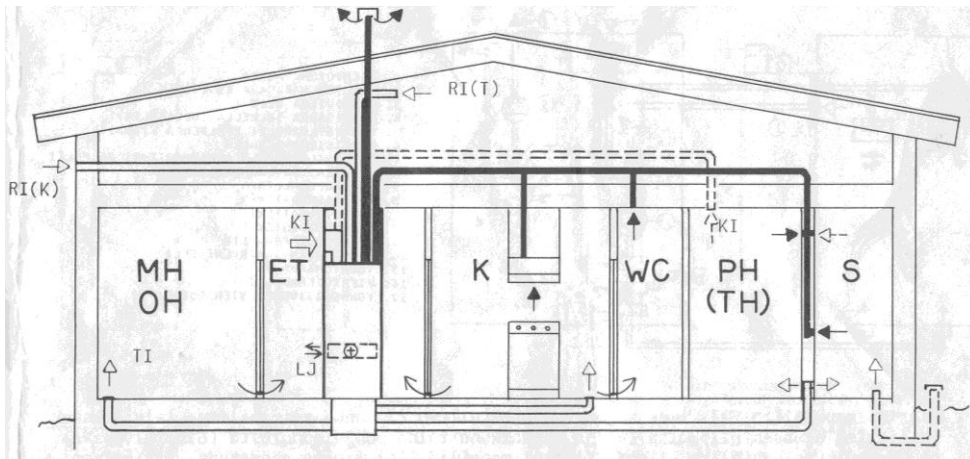
Ilmalämmitysjärjestelmää pientalojen lämmityksessä on Suomessa alettu käyttää vuonna 1976. Järjestelmä yleistyi nopeasti ja vuoteen 1981 mennessä se oli asennettu noin 10 000 suomalaiseseen pientaloasuntoon (Nyman 2000, 38.)

Ilmalämmitysjärjestelmiä on kokeiltu myös kerrostaloihin. Tämä ei yleistynyt hygienia- ja paloturvallisuusongelmien takia. Ilman kierrätyksen takia ilmalämmitysjärjestelmää voi käyttää vain yhden asunnon sisällä. (Seppänen 1996, 221.)

1980-luvun alussa ilmalämmitysjärjestelmien suosio taittui laskuun, mikä johtui suurelta osin suoran sähkölämmityksen markkinoinnista. (Nyman 2000, 38.) Tällä hetkellä ilmalämmityksiä ei asenneta kovin paljoa, mutta ilmalämmitysjärjestelmiä myydään edelleen. Ilmalämmitysjärjestelmän uskotaan yleistyvän matalaenergiarakentamisen vuoksi. Järjestelmä toimii sitä paremmin mitä pienempi talon lämmitysenergian tarve on. (Nyman 2000, 38.)

2.2 Ilmalämmityksen toimintaperiaate ja mitoitus

Ilmalämmityskoneessa on kolme puhallinta. Tulo- ja poistopuhallimet ovat saman kytkimen takana, ja alipaineisuus taloon luodaan laittamalla järjestelmään tulopuhallinta hieman isompi poistopuhallin. Kolmannen puhalltimen tehtävä on kierrättää sisäilmaa ja siirtää lämpöä tiloista, joissa on suurempia lämpökuormia kuin muissa tiloissa. Näin ollen kiertoilmapuhallin tasaa lämpötilaeroja. Kierrätysilmana ei käytetä ilmaa likaisista tiloista. (Seppänen 1996, 219.) Ilmalämmityksen perusperiaate on esitetty kuvassa 2.



KUVA 2. Periaatekuva ilmalämmityksestä (Himablock, 1)

Ulkoilman lämmitys tapahtuu ensin LTO-kennossa, joka siirtää likaisten tilojen poistoilman lämmön ulkoilmaan. Tämän jälkeen tuloilmaan sekoitetaan kierrätysilmaa, joka lämmittää tuloilmaa lisää. Lämmitetty ilma johdetaan lattian alla ikkunoiden alle.

Ilmalämmitysjärjestelmän mitoituksessa on otettava huomioon ilman puhtaus. Ulkoilmavirta mitoitetaan poistoilmavirtojen perusteella. Tavoitteena ilman vaihtuvuudelle olisi 0,3–0,5 vaihtoa tunnissa. Ilmanvaihdon poistoa vastaava ulkoilmamäärä on tuotava ilmanvaihtokoneelle (Seppänen1996, 222.) Taulukossa 1 on esitetty vuodelta 1980 olevia Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D2 poistoilmavirtoja.

TAULUKKO 1. Mitoitusarvoja vuodelta 1980 (Himablock, 8)

Huone	Tehostettu l/s (m^3/h)	Normaali l/s(m^3/h)
Keittiö	22 (79)	12 (43)
Apukeittiö	12 (43)	
Kylpyhuone	16 (58)	8 (29)
WC	8 (29)	4 (14)
Löylyhuone	2 (7) / m^2	
Pesuhuone	16 (58)	8 (29)

Kaavalla 1 voi mitoittaa huonekohtaiset tuloilmavirrat lämmityskaudella lämpöhäviöiden perusteella. Lämmityskaudella tuloilma lämmitetään ja mitoitetaan 45–50 asteiseksi. (Seppänen1996, 222.) Tuloilmavirran voi myös selvittää ku-

vassa 2 esitetyn monogrammin perusteella (Himabloc, 9). Lämmityskaudella suurin osa tuloilmasta koostuu kierrätysilmasta.

$$q_v = \frac{\phi}{\eta_i(T_s - T_t)}$$

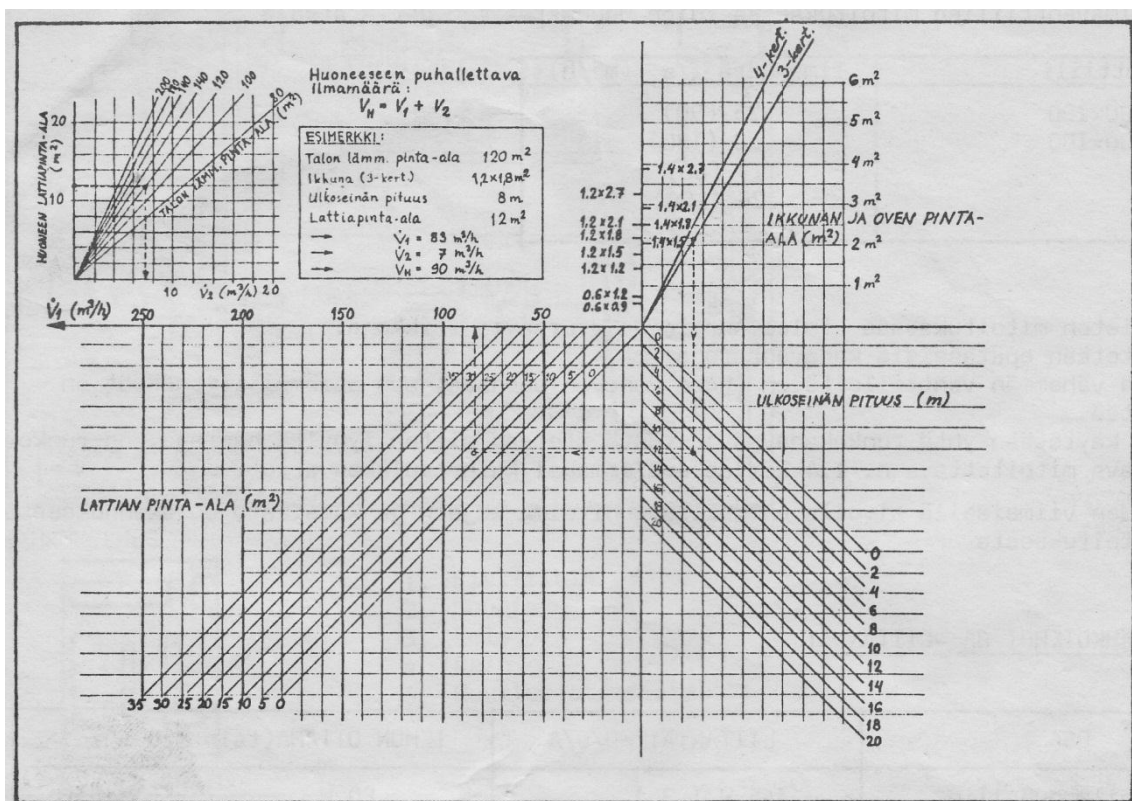
KAAVA 1

q_v = Huonekohtainen tuloilmavirta (m^3/s)

ϕ = Huoneen lämmöntarve mitoitusilanteessa (kW)

T_s = Sisäilman lämpötila ($^{\circ}\text{C}$)

T_t = Tuloilman lämpötila ($^{\circ}\text{C}$)



KUVA 3. Ilmamäärän mitoitus monogrammi (Himablock,9)

2.3 Ilmalämmityksen käyttö ja huolto

Ilman lämmityksessä käytetään vesikiertoista patteria, jonka vesivirta säätyy omavoimaisella säätöventtiilillä. Säätöventtiilin irtoanturi mittaa kiertoilman (huoneiston) lämpötilaa. Kuvassa 4 on esitetty ilmalämmityskoneen patteri. Lämmitysveden lämpötila määräytyy ilman ulkolämpötilan mukaan, kuten muissakin vesikiertoisissa lämmitysjärjestelmissä. (Himoblock ilmalämmitys 1980, 2.) Kier-

rätysilman puhallinta säädetään tarpeen mukaan, mutta sitä ei saa sammuttaa milloinkaan, koska se huolehtii myös huoneiden ilmanvaihdesta (Nyman 2000,38).



KUVA 4. Ilmalämmityskoneen lämmityspatteri

Ilmanvaihdon suodattimet olisi hyvä puhdistaa tai vaihtaa kaksi kertaa vuodessa. Puhdistusväli voi myös olla tiheämpi, jos asuinalueen ilmanlaatu on huono. Ulkoilmasäleikkö tulisi tarkistaa ja tarpeen mukaan puhdistaa vähintään kerran vuodessa. Tukkeentunut ulkoilmasäleikkö rajoittaa tuloilman virtausta ja samalla heikentää sisäilman puhtautta.

Ennen lämmityskauden alkua on tärkeää tarkastaa kondenssiveden poisto ja hajulukko, sekä pestä LTO-kenno (Nyman 2000, 39). Vähintään kerran vuodessa olisi hyvä tarkistaa puhaltimen toiminta ja puhdistaa likaantuneet siipipyörät (Himablock ilmalämmitys 1980,12).

Ilmanvaihtokanavan puhtautta tulisi seurata tarkasti. Likaantuneet kanavat ovat ongelma puhtaalle sisäilmalle ja asuinviihtyvyydelle. Sosiaali- ja terveysalan lupa- ja valvontavirasto suosittelee ilmanvaihtokanavien minimi puhdistusväliksi 10 vuotta (Ilmanvaihto. 2012.)

3 TUTKIMUSKOHDE

Kohde on rakennettu ja mitoitettu 1980-luvulla. Kohteesta ei löydy mitoitustietoa eikä ilmanvaihtokuvia. Kohteeseen on tehty muutoksia rakennuksen valmistamisen jälkeen, mutta näitä ei ole dokumentoitu. Rakennusvaiheessa ilmalämmitysjärjestelmään oli liitetty keittiön poistoilma, mutta se on myöhemmin uusittu rakentamalla katolle oma poistopuhallin.

Ennen työnaloitusta kohteeseen suoritetaan perushuolto ja ilmavirtojen mittaus. Kohteeseen suoritetaan myös parannustoimenpiteitä, joilla pyritään laskemaan tuloilman lämpötilaa kesällä.

3.1 Muutostoimenpiteet

Tuloilma lämpenee kolmessa eri ilmalämmityskoneen osassa. Ensimmäinen kohta on LTO-kenno, jonka tarkoitus on ottaa poistoilman lämpö talteen ja lämmittää tuloilmaa. Kesäaikana tästä ei ole hyötyä, koska taloa halutaan viilentää. Kohteeseen asennettiin kesäajaksi LTO-kenno, joka siirtää mahdollisimman vähän lämpöä tuloilmaan.

Toinen kohta jossa ilma lämpenee ilmalämmityskoneessa, on sisäilman kierrätys. Lämmityskaudella sisäilmaa kierrätetään uudestaan tulo-/poistokoneelle ja näin säästetään lämmitettävän ulkoilman määrää. Kierrätyksen ilmamäärät ovat moninkertaiset verrattuna ulkoilman määrään. Taulukossa 2 on esitetty erään ilmalämmityskoneen ilmavirtoja.

TAULUKKO 2. Ilmalämmityksen ilmavirrat

Kotilämpökojeen puhaltimien ilmamäärät ja sähkötehot:		
Lämmitys	Ilmamäärä m ³ /h	Moottorin keskimäärin ottama teho W
Lämmينilmapuhallin		
1 nopeus	150-300	65
2 nopeus	300-450	110
3 nopeus	450-750	160
4 nopeus	500-950	185
5 nopeus	600-1200	260
Ilmanvaihto		
Ulkoilmapuhallin ja poistoilmapuhallin (neliportainen säätö)	0-250	35-170

Kesätilanteessa kiertoilmasta ei ole muuta hyötyä kuin ilman suodatus. Kierrätysilma tulpataan ja tutkitaan sen vaikutusta tuloilman lämpenemiseen.

Ilmalämmityksen viimeinen kohta, jossa ilma lämpenee, on lämmityspatteri. Kesätilanteessa patteri ei ole päällä, joten ainoa, mitä patteri tuo järjestelmään on painehäviöt ja näin ollen ilmavirran pieneneminen. Painehäviöt on todennäköisesti otettu huomioon jo mitoitus-tilanteessa, joten ilmalämmityksen tälle prosessille ei tehdä mitään.

Ilmavirtojen vaikutus jäähdytystehoon lasketaan kaavaa 2 käyttäen. Ilmamäärät mitataan ja lasketaan, kuinka paljon jäähdytystä on mahdollista saada aikaan.

$$\dot{Q} = qv * \varphi_i * C_{pi} * \Delta T \quad \text{KAAVA 2}$$

$$qv = \text{Tilavuusvirta (m}^3/\text{s)}$$

$$\varphi_i = \text{Ilman tiheys (kg/m}^3\text{)}$$

$$C_{pi} = \text{Ilman ominaislämpökapasiteetti (Kj/kg}^0\text{C)}$$

$$\Delta T = \text{Lämpötilaero (}^0\text{C)}$$

Puhaltimien nopeutta kasvattamalla myös ilmavirran ja puhaltimien äänet kasvavat. Työssä pyritään parantamaan yöaikaista jäähdyttämistä, joten makuuhuoneiden ääniarvot mitataan eri puhallinnopeuksilla. Näin saadaan selville maksimiarvot, joilla puhaltimia voi käyttää. Ilmamäärät pyritään maksimoimaan vähintään rakentamismääräyskokoelman osan D2 minimi-ilmavirtoihin ja mahdollisuuksien mukaan tehostamaan niin suuriksi kuin rakentamismääräyskokoelman osan D2 maksimiarvot sallivat. (Suomen rakentamismääräyskokoelman osa D2 2012, 25.)

3.2 Järjestelmän huolto

Ennen mittauksia päätettiin suorittaa ilmanvaihtokoneelle perushuolto. Huollon yhteydessä todettiin ulkoilmavirtojen vähäisyys. Kuvassa 5 on irtiotettu ulkoilmasäleikkö. Säleikköön oli jätetty paikalleen hyönteisverkko, joka oli tukkeutunut kokonaan ja estänyt ilman virtauksen.



KUVA 5. Tukkeutunut tuloilmasäleikkö

Verkko irrotettiin ja samalla puhdistettiin säleikkö ja ulkoilmakanava. Vieläkään ilma ei liikkunut ulkoilmakanavassa, joten tämän jälkeen tutkittiin puhaltimia.

Kiertoilmapuhallin ja poistoilmapuhallin olivat päällä ja toimivat normaalisti, mutta tuloilmapuhallin ei pyörinyt. Asiakas kertoi laitteiston pitäneen kovaa ääntä pari vuotta aikaisemmin ja sittemmin hiljenneen. Todennäköisesti tässä vaiheessa tulopuhallin on rikkoontunut, mitä ei ollut huomattu, koska kiertoilmapuhallin on ollut päällä ja puhaltanut tuloilmaa huoneistoon.

Tuloilmasäleikön tukkeentuminen on voinut olla osasyynä tulopuhaltimen rikkoontumiseen. Asiakas kertoi energian kulutuksen olleen muutama vuosi aiemmin 33 000 kwh/a, josta se oli laskenut nykytasolle 27 000kwh/a.

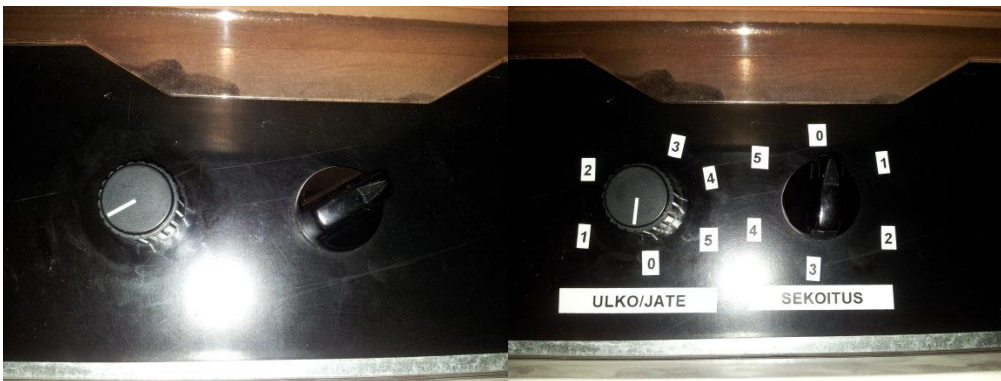
Taulukon 2 perusteella voidaan laskea, että tuloilmavirrasta 20 % koostuu ulkoilmasta ja 80 % kiertoilmasta. 20 % sähkönkulutuksen lasku voi johtua tulopuhaltimen rikkoutumisesta.

Kohteeseen oli uusittu kiertoilmapuhallin muutama vuosi aiemmin ja samalla asiakas oli tilannut uudet tulo ja poistopuhaltimet. Vaikka poistopuhallin oli vielä toimintakuntoinen, päätettiin silti vaihtaa molemmat puhaltimet. Kuvassa 6 on esitetty vanhat ja uudet puhaltimet.



KUVA 6. Vanhat puhaltimet vaihdettiin uusiin

Merkinnät puhaltimien kytkintaulusta olivat kuluneet, joten ne tehtiin uudelleen. Kuvassa 7 on esitetty kytkintaulu ennen ja nyt. Kaikki suodattimet puhdistettiin ja kone imuroitiin. Myös LTO-kenno pestiin.



KUVA 7. Puhaltimien kytkintaulu ennen ja nyt

4 MITTAUKSET

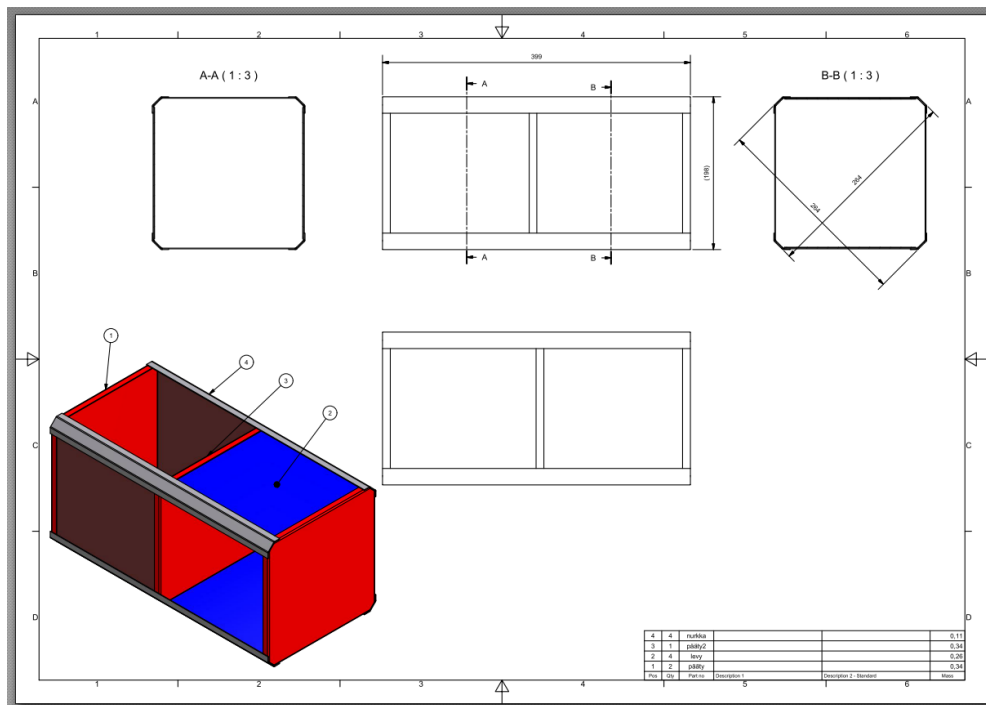
Ilmavirrat mitattiin eri puhallintehoilla käyttäen sekä LTO-kennoa, että kesäkennoa. Tämän jälkeen tutkittiin eri puhallinnopeuksilla syntyneitä ääniarvoja. Tulosten perusteella määriteltiin puhallinnopeudet lämpötilamittauksiin.

Lämpötilamittauksessa pyritään tutkimaan tuloilman lämpenemistä nykyisellä LTO-kennolla, sekä muutosten jälkeen. Lämpötilamittaukset pyritään ajoittamaan ajankohdalle, jolloin ulkolämpötilat ovat mahdollisimman tasaiset. Lämpötilamittausten aikana pyritään myös pitämään sisäiset lämpökuormat tasaisina.

4.1 LTO kesäkenno

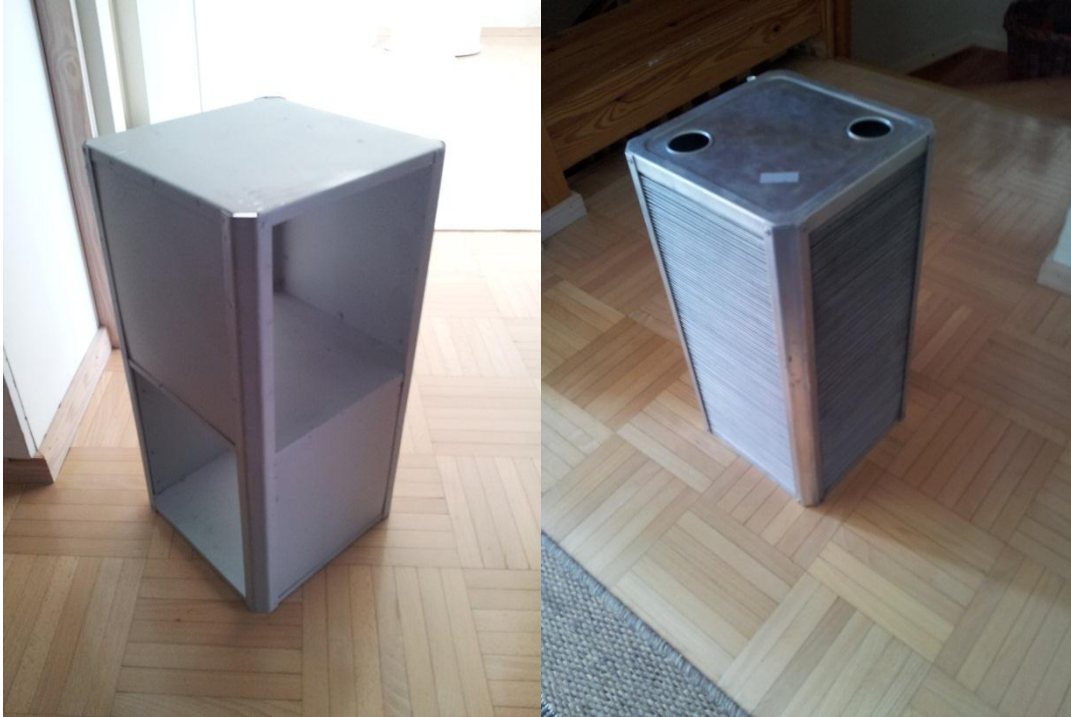
Pääosa ilman lämpenemisestä ilmanvaihtokoneessa tapahtuu LTO-kennossa. Tämän takia ensimmäinen tehtävä oli suunnitella ja rakentaa uusi kesäkenno.

Koska uuden kennon tuli sopia vanhan kennon paikalle, suunnittelu aloitettiin mittaamalla vanhan kennon ulkomitat. Rakenteella tulee olla myös mahdollisimman alhainen lämmönsiirtokyky, joten päätettiin tehdä rakenne, jossa on vain yksi seinämä. Kuvassa 8 on esitetty suunnitellun kesäkennon rakenne.



KUVA 8. Kesäkenno

Kesäkenno rakennettiin pellistä ja kiinnitykset tehtiin pistehitsauksella, jotta rakenteeseen ei tulisi lisäpaksuutta. Kennon valmistuttua pistehitsit maalattiin ruostumisen estämiseksi ja kammiot tiivistettiin silikonilla. Kuvassa 9 on rakennettu kesäkenno sekä vanha LTO-kenno.



KUVA 9. Valmis kesäkenno vasemmalla ja vanha kenno oikealla

4.2 Ilmavirtojen mittaus

Rakentamismääräyskokoelman osa D2 määrittelee ilmanvaihdon minimi-ilmavirraksi $0,35 \text{ (dm}^3\text{/s)/m}^2$. Talossa on 160 m^2 asuintilaa, johon pitää tuoda puhdasta ilmaa. Näin ollen minimi-ilmavirta taloon tulisi olla vähintään 56 l/s . Käyttöajan tehostettu ilmavirta on vähintään 30 % suurempi kuin käyttöajan ilmavirta eli 73 l/s . (Ympäristöministeriö D2 2012, 10.)

Ilmavirtojen mittauksen aikana kaikki ikkunat ja ovet suljettiin. Mittausten aikana keittiön liesituuletin oli pois päältä. Ilmavirtojen mittaukseen päätettiin käyttää kuumalankaa, joka mittaa ilman nopeutta. Kuumalanka laitettiin anemometritorveen, jonka valmistaja antoi kertoimet niin tulo- kuin poistoilmavirralle. Näin kaikki mittaukset pystyttiin tekemään samalla mittauslaitteella. Kuvassa 10 on erilaisia anemometritorvia.



KUVA 10. Erilaisia ilmamäärän mittaustorvia (Teknocalor)

Kun puhallinasetuksia muutettiin, mitattiin myös talon alipaineisuus ulkoilmaan nähden paine-ero mittauksella. Näin pystyttiin varmistamaan talon alipaineisuus laskennallisesti ilmavirroista sekä mittauksin.

Ilmavirrat päätettiin mitata systemaattisesti eri puhallinasennoilla, ennen kuin järjestelmään tehtäisiin muutoksia. Järjestelmässä on kolme puhallinta, joita ohjataan kahdella säätimellä. Molemmat säätimet ovat viisiportaisia. Näin ollen jos mitattaisiin jokaisella eri säätöasennolla, mittausasentoja tulisi 5×5 eli 25 eri säädinasentoa. Tämän takia ilmavirrat mitattiin puhallinasennoilla yksi, kolme ja viisi. Taulukossa 3 on ilmavirtojen mittaustuloksia ennen mitään muutoksia. Ennen muutoksia tuloilmamäärät olivat riittävät ainoastaan, kun kiertoilmapuhallin oli käytössä.

TAULUKKO 3. Ilmamäärät ennen muutoksia

PUHALLIN	Asento	Paine-ero			PUHALLIN	Asento	Paine-ero			PUHALLIN	Asento	Paine-ero		
Tulo/Jäte	1	Sisä/ulko			Tulo/Jäte	3	Sisä/ulko			Tulo/Jäte	5	Sisä/ulko		
Kierrätys	1	0,6 Pa			Kierrätys	1	1,6 Pa			Kierrätys	1	1,9 Pa		
Tulo	Poisto	Kierrätys		Ulko	Tulo	Poisto	Kierrätys		Ulko	Tulo	Poisto	Kierrätys		Ulko
75,05	22,2132	57,5052		23,874	76,19	36,9528	47,8518		33,0084	76,095	54,1836	41,52		39,963
				m/s					m/s					m/s
Otsapintanopeus				1,19	Otsapintanopeus				1,64	Otsapintanopeus				1,99
PUHALLIN	Asento	Paine-ero			PUHALLIN	Asento	Paine-ero			PUHALLIN	Asento	Paine-ero		
Tulo/Jäte	1	Sisä/ulko			Tulo/Jäte	3	Sisä/ulko			Tulo/Jäte	5	Sisä/ulko		
Kierrätys	3	1 Pa			Kierrätys	3	1,3 Pa			Kierrätys	3	2,1 Pa		
Tulo	Poisto	Kierrätys		Ulko	Tulo	Poisto	Kierrätys		Ulko	Tulo	Poisto	Kierrätys		Ulko
141,55	22,1094	110,443		20,76	142,785	36,6414	107,641		31,14	146,015	55,8444	102,035		41,2086
				m/s					m/s					m/s
Otsapintanopeus				1,03	Otsapintanopeus				1,55	Otsapintanopeus				2,05
PUHALLIN	Asento	Paine-ero			PUHALLIN	Asento	Paine-ero			PUHALLIN	Asento	Paine-ero		
Tulo/Jäte	1	Sisä/ulko			Tulo/Jäte	3	Sisä/ulko			Tulo/Jäte	5	Sisä/ulko		
Kierrätys	5	1,2 Pa			Kierrätys	5	1,5 Pa			Kierrätys	5	2,3 Pa		
Tulo	Poisto	Kierrätys		Ulko	Tulo	Poisto	Kierrätys		Ulko	Tulo	Poisto	Kierrätys		Ulko
192,375	21,0714	152,586		23,874	200,165	39,5478	154,662		34,8768	199,785	56,1558	147,915		46,71
				m/s					m/s					m/s
Otsapintanopeus				1,19	Otsapintanopeus				1,73	Otsapintanopeus				2,32

Kesätilanteessa kiertoilma vain puhdistaa sisäilmaa pölystä kierrättämällä sisäilmaa ilmalämmityskoneessa. Kun kiertoilma tulpataan, kiertoilmapuhallinta ei pidetä päällä. Ilmamäärien vähäisyyden vuoksi mitattiin ilmamäärät kiertoilma-luukkujen tulppauksen jälkeen kiertoilmapuhaltimen asennoilla nolla ja yksi. Tulo ja poistopuhaltimen asennot pidettiin samoina kuin aiemmin. Taulukossa 4 on esitetty ilmavirrat, kun kiertoilma on tulpattu.

TAULUKKO 4. Ilmamäärät kierto tulpattuna + LTO-kenno

PUHALLIN	Asento	Paine-ero			PUHALLIN	Asento	Paine-ero			PUHALLIN	Asento	Paine-ero		
Tulo/Jäte	1	Sisä/ulko			Tulo/Jäte	3	Sisä/ulko			Tulo/Jäte	5	Sisä/ulko		
Kierrätys	1	0,9 Pa			Kierrätys	1	1,4 Pa			Kierrätys	1	1,5 Pa		
Tulo	Poisto	Kierrätys		Ulko	Tulo	Poisto	Kierrätys		Ulko	Tulo	Poisto	Kierrätys		Ulko
38,19	21,1752	0		27,507	43,32	37,9908	0		36,33	49,4	52,8342	0		46,71
				m/s					m/s					m/s
Otsapintanopeus				1,37	Otsapintanopeus				1,81	Otsapintanopeus				2,32
PUHALLIN	Asento	Paine-ero			PUHALLIN	Asento	Paine-ero			PUHALLIN	Asento	Paine-ero		
Tulo/Jäte	1	Sisä/ulko			Tulo/Jäte	3	Sisä/ulko			Tulo/Jäte	5	Sisä/ulko		
Kierrätys	0	1,5 Pa			Kierrätys	0	1,7 Pa			Kierrätys	0	2,1 Pa		
Tulo	Poisto	Kierrätys		Ulko	Tulo	Poisto	Kierrätys		Ulko	Tulo	Poisto	Kierrätys		Ulko
15,01	21,9018	0		15,57	27,455	38,6136	0		31,14	31,635	53,7684	0		37,368
				m/s					m/s					m/s
Otsapintanopeus				0,77	Otsapintanopeus				1,55	Otsapintanopeus				1,86

4.3 Äänitasot makuuhuoneissa

Ilmamäärät olivat melko alhaisilta vielä isoillakin puhallinasetuksilla. Tämän vuoksi päätettiin mitata järjestelmän aiheuttamat ääniarvot. Suomen rakentamismääräyskokoelman osa D2 määrittelee asuinhuoneiden äänitasojen ohjearvot, eivätkä ne saisi ylittää 28 dB(A):ä (Suomen rakentamismääräyskokoelman osa D2 2012,25). Äänitasot mitattiin makuuhuoneista eri puhaltimien nopeuksilla.

Äänimittaukset suoritettiin täysin tyhjässä talossa ovet ja ikkunat kiinni. Mittaus-
ten aikana mittari oli asetettu keskelle huonetta oleskeluvyöhykkeelle. Mittauk-
set suoritettiin laittamalla mittari päälle keskelle huonetta ja mittaja siirtyi sei-
nämän viereen mahdollisimman hiljaa. Kun mittausarvo oli vakiintunut, sitä seu-
rattiin noin puoli minuuttia ja siitä otettiin keskiarvo. Äänitasot mitattiin kolmesta
makuuhuoneesta tulo-, poisto ja kiertoilmapuhaltimien eri säätöarvoilla. Läm-
möntalteenottokennona oli kesäkenno. Taulukossa 5 on esitetty ääniarvot ma-
kuuhuoneissa eri puhallinnopeuksilla kiertoilman ollessa kiinni ja taulukossa 6
kiertoilmaluukun ollessa auki.

TAULUKKO 5. Ääniarvot kiertoilmaluukut auki + LTO-kenno

Kerros	Tila	Asento Tulo/Jäte	Asento Sekoitus	SPL dB (A)	Kerros	Tila	Asento Tulo/Jäte	Asento Sekoitus	SPL dB (A)	Kerros	Tila	Asento Tulo/Jäte	Asento Sekoitus	SPL dB (A)
1	MH	1	1	26,6	1	MH	1	3	34,1	1	MH	1	5	40,2
2	MH1	1	1	27,6	2	MH1	1	3	37,3	2	MH1	1	5	43,3
2	MH2	1	1	26,8	2	MH2	1	3	36,5	2	MH2	1	5	42,8
Kerros	Tila	Asento Tulo/Jäte	Asento Sekoitus	SPL dB (A)	Kerros	Tila	Asento Tulo/Jäte	Asento Sekoitus	SPL dB (A)	Kerros	Tila	Asento Tulo/Jäte	Asento Sekoitus	SPL dB (A)
1	MH	3	1	27,6	1	MH	3	3	34,5	1	MH	3	5	41,5
2	MH1	3	1	27,7	2	MH1	3	3	37,7	2	MH1	3	5	44
2	MH2	3	1	27,2	2	MH2	3	3	36,2	2	MH2	3	5	43
Kerros	Tila	Asento Tulo/Jäte	Asento Sekoitus	SPL dB (A)	Kerros	Tila	Asento Tulo/Jäte	Asento Sekoitus	SPL dB (A)	Kerros	Tila	Asento Tulo/Jäte	Asento Sekoitus	SPL dB (A)
1	MH	5	1	33,6	1	MH	5	3	36,3	1	MH	5	5	42,3
2	MH1	5	1	32	2	MH1	5	3	38,2	2	MH1	5	5	44,5
2	MH2	5	1	29,7	2	MH2	5	3	36,8	2	MH2	5	5	43,4

TAULUKKO 6. Ääniarvot kiertoilmaluukut kiinni + LTO-kenno

Kerros	Tila	Asento Tulo/Jäte	Asento Sekoitus	SPL dB (A)	Kerros	Tila	Asento Tulo/Jäte	Asento Sekoitus	SPL dB (A)
1	MH	1	0	25,3	1	MH	1	1	30,6
2	MH1	1	0	25,2	2	MH1	1	1	30,8
2	MH2	1	0	25,3	2	MH2	1	1	29,3
Kerros	Tila	Asento Tulo/Jäte	Asento Sekoitus	SPL dB (A)	Kerros	Tila	Asento Tulo/Jäte	Asento Sekoitus	SPL dB (A)
1	MH	3	0	26,6	1	MH	3	1	30,8
2	MH1	3	0	25,7	2	MH1	3	1	30,5
2	MH2	3	0	26	2	MH2	3	1	28,2
Kerros	Tila	Asento Tulo/Jäte	Asento Sekoitus	SPL dB (A)	Kerros	Tila	Asento Tulo/Jäte	Asento Sekoitus	SPL dB (A)
1	MH	5	0	32,9	1	MH	5	1	34,3
2	MH1	5	0	28,3	2	MH1	5	1	31,7
2	MH2	5	0	30,3	2	MH2	5	1	29,8

Mittausten perusteella huomattiin, että kiertoilmapuhallinta ei voi käyttää liian korkean äänitason takia, jos kiertoilmaluukut on tulpattu. Näin ollen viimeiset ilmapvirtamittaukset, jotka tehtiin kesäkennolla, tehtiin kiertoilmapuhallin pois päältä.

Kiertoilma tulpattiin ja äänitasot mitattiin uudestaan kiertoilmapuhallin pois päältä. Tulo- ja poistopuhallin oli asennoilla 1, 3 ja 5. Lämmöntalteenottokenno oli kesäkenno. Taulukossa 7 on esitetty ilmamäärät ja äänitasot kesäkennolla, kun kiertoilma on tulpattu.

TAULUKKO 7. Ilma- ja ääniarvot kesäkennolla

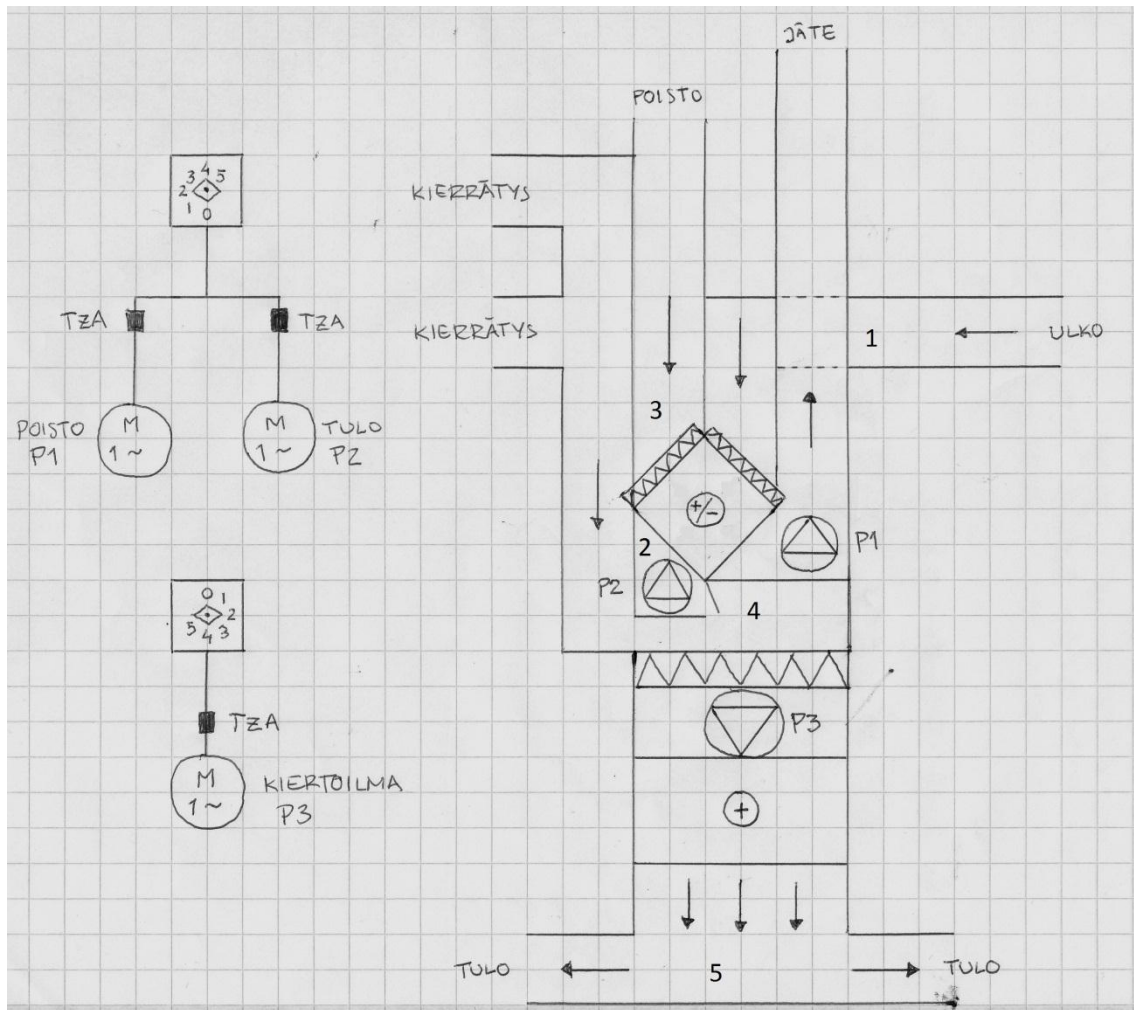
PUHALLIN	Asento	Paine-ero			PUHALLIN	Asento	Paine-ero			PUHALLIN	Asento	Paine-ero		
Tulo/Jäte	1	Sisä/ulko			Tulo/Jäte	3	Sisä/ulko			Tulo/Jäte	5	Sisä/ulko		
Kierrätys	0	1,7 Pa			Kierrätys	0	2,3 Pa			Kierrätys	0	2,6 Pa		
Tulo	Poisto	Kierrätys	Ulko		Tulo	Poisto	Kierrätys	Ulko		Tulo	Poisto	Kierrätys	Ulko	
15,39	21,0714	0	18,684		26,505	37,2642	0	32,178		34,485	52,8342	0	41,52	
			m/s					m/s						m/s
Otsapintanopeus			0,93		Otsapintanopeus			1,60		Otsapintanopeus				2,07
Kerros	Tila	Asento	Asento	SPL	Kerros	Tila	Asento	Asento	SPL	Kerros	Tila	Asento	Asento	SPL
		Tulo/Jäte	Sekoitus	dB (A)			Tulo/Jäte	Sekoitus	dB (A)			Tulo/Jäte	Sekoitus	dB (A)
1	MH	1	0	25,5	1	MH	3	0	27,3	1	MH	5	0	33
2	MH1	1	0	25,3	2	MH1	3	0	25,7	2	MH1	5	0	28
2	MH2	1	0	25,3	2	MH2	3	0	25,7	2	MH2	5	0	29

4.4 Lämpötilamittaukset

Lämpötilamittauksissa pyrittiin selvittämään, paljonko huoneilman lämpenemistä voidaan vähentää kesäkennoa käyttäen ja kiertoilma sulkien. Mittaukset suoritettiin tulo- ja poistopuhaltimien asennolla kolme ja kierrätysilmapuhaltimen asennolla yksi. Mittausten pituus oli neljä päivää ja ensimmäiset kaksi päivää mitattiin LTO-kennolla. Tämän jälkeen vaihdettiin kesäkennoon ja tulpattiin kierrätysilmaluukut. Kierrätysilmaluukkujen tulppauksen yhteydessä otettiin kiertoilmapuhallin pois käytöstä asennolle nolla.

Mittausjakson aikana huonetilojen lämpökuormat pyrittiin pitämään mahdollisimman vakioina ja ulkolämpötilan tulisi olla mahdollisimman samanlainen jokaisena päivänä. Kohteessa mittausten aikana ei käynyt muita kuin itse asukkaat.

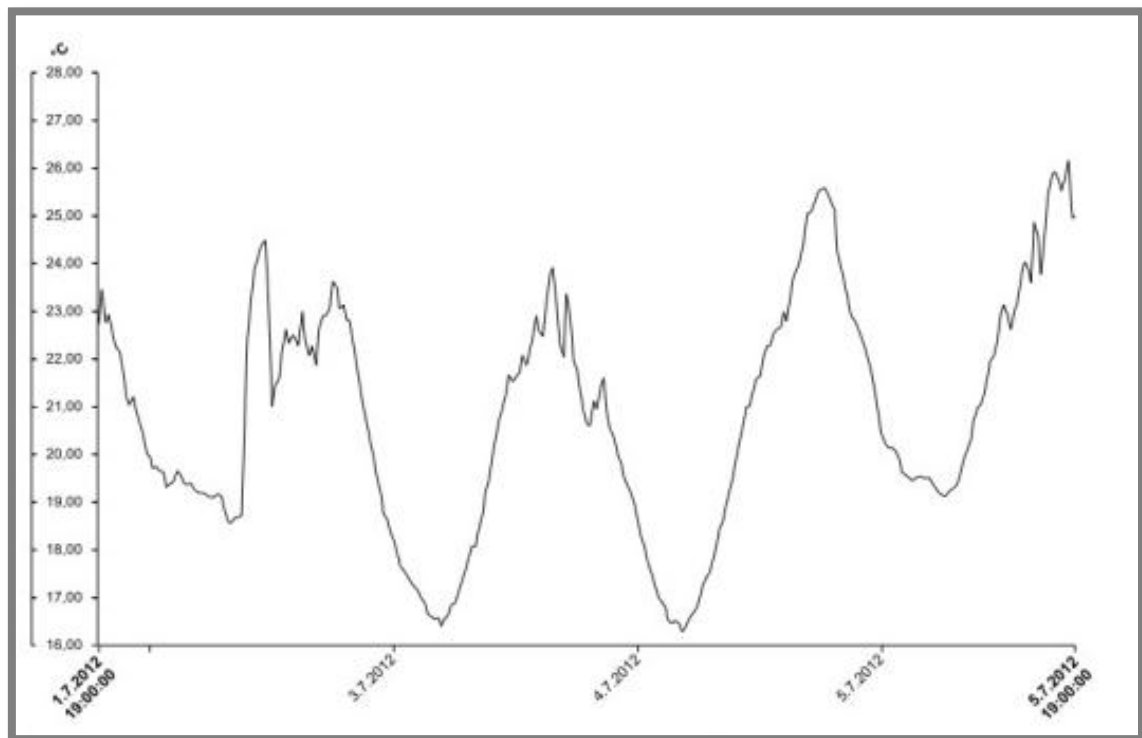
Ilmalämmityskoneesta lämpötilat mitattiin viidestä pisteestä. Ensimmäinen mittauspiste mittasi ulkolämpötilaa ulkoilmakanavasta. Seuraavat kaksi mittausta suoritettiin molemmin puolin LTO- kennoa. Neljännen mittauspisteen tarkoitus oli laskea, kuinka paljon ilma lämpenee kiertoilman vaikutuksesta. Viimeinen piste koneen sisällä oli tuloilmakanavassa. Siitä saadaan todellinen tuloilman lämpötilan. Kuvassa 11 on esitetty mittauspisteet ilmalämmityskoneessa.



KUVA 11. Mittauspisteet koneessa: 1) Ulkoilman lämpötila 2) Lämpötila LTO:n jälkeen 3) Poistoilman lämpötila 4) Tulo LTO:n jälkeen + sekoitusilman lämpötila 5) Tulolämpötila

Kaikkien makuuhuoneiden ja alakerran takkahuoneen ilmanlämpötilat mitattiin, jotta saataisiin selvillä huoneiden mahdollinen jäähtyminen parannusten jälkeen. Ilman lämpötilaa mitattiin myös kierrätysilmakanavan edustalta. Näin saataisiin mahdollisimman tarkka kuva rakennuksen jäähtymisestä yöaikana. Koska haluttiin selvittää vain ilmalämmitysjärjestelmän tuottama jäähdytysteho, ikkunat ja ovet olivat kiinni mittausten aikana.

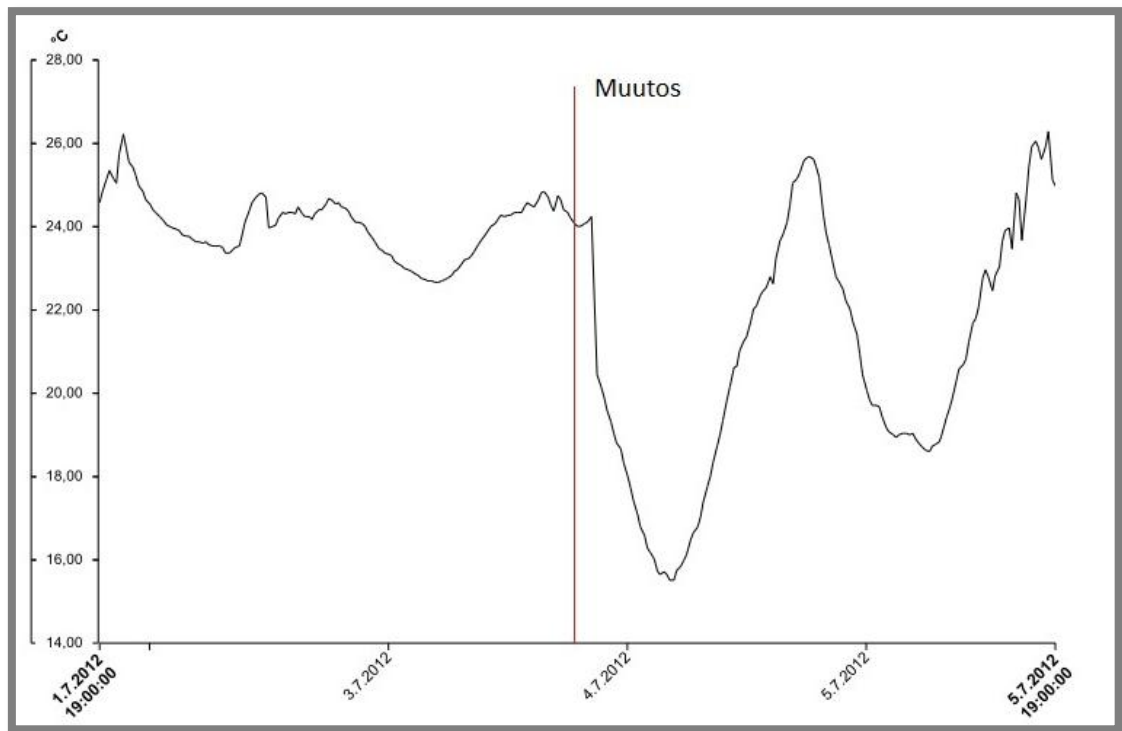
Lämpötiloja mitattiin neljän päivän ajan. Mittaukset pyrittiin ajoittamaan ulkolämpötilojen puolesta mahdollisimman tasaiselle ajankohdalle. Mittausten aikana lämpötila nousi joka päivä yli 23 asteen. Kuvassa 12 on esitetty ulkoilman lämpötilat mittausten aikana.



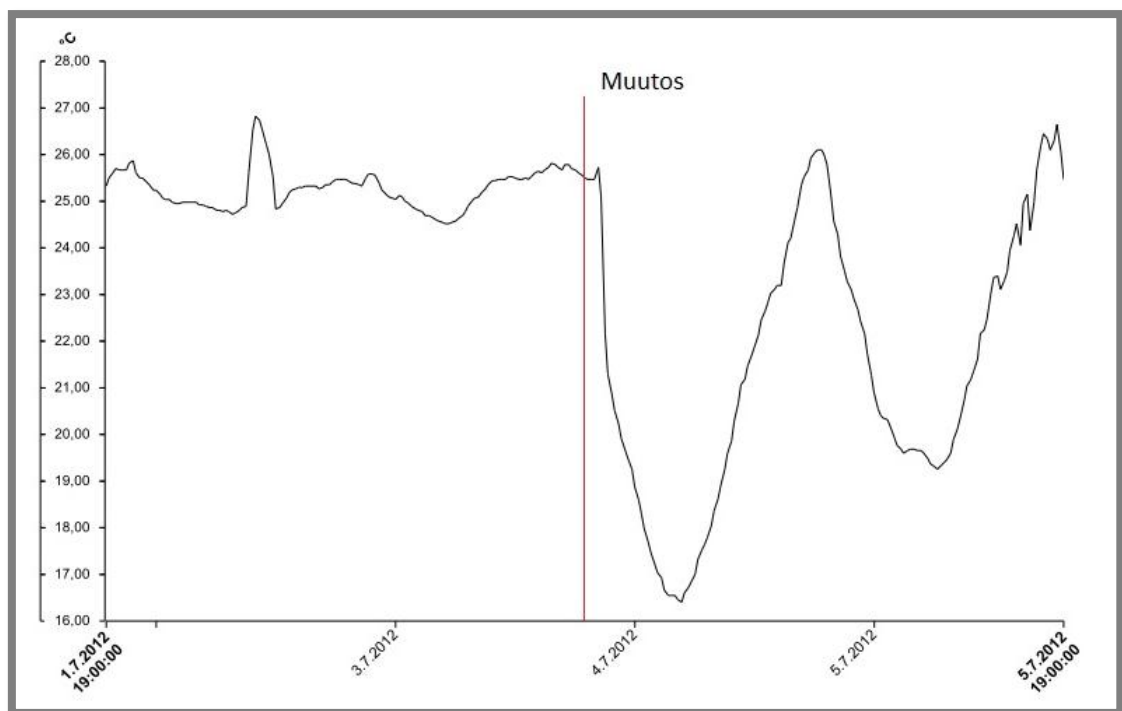
KUVA 12. Ulkolämpötilat mittauksen aikana

Ulkoilma lämpenee ilmanvaihtokoneessa kahdessa kohdassa. Eniten lämpötilaan vaikuttaa LTO-kenno. Sen jälkeen kiertoilma lämmittää tuloilmaa lisää. Kuvassa 13 näytetään ilman lämpeneminen LTO-kennossa. Ilma lämpeni LTO-kennossa keskimäärin $3,3^{\circ}\text{C}$. Kesäkenno lämmitti ulkoilmaa vain $0,3^{\circ}\text{C}$. Vertaamalla kuvaa 13 ja 14 voi nähdä ilman lämpenemisen kiertoilman seurauksena. Keskimääräisesti kiertoilma lämmitti tuloilmaa $1,4^{\circ}\text{C}$. Ilmanvaihtokoneeseen tehtyjen muutosten ajankohta on esitetty punaisella viivalla.

Ennen muutoksia tuloilman lämpötila pysyi melko korkeana myös yöllä. Muutosten jälkeen yöaikainen lämpötila laski noin 10 celsiusastetta alemmaksi.



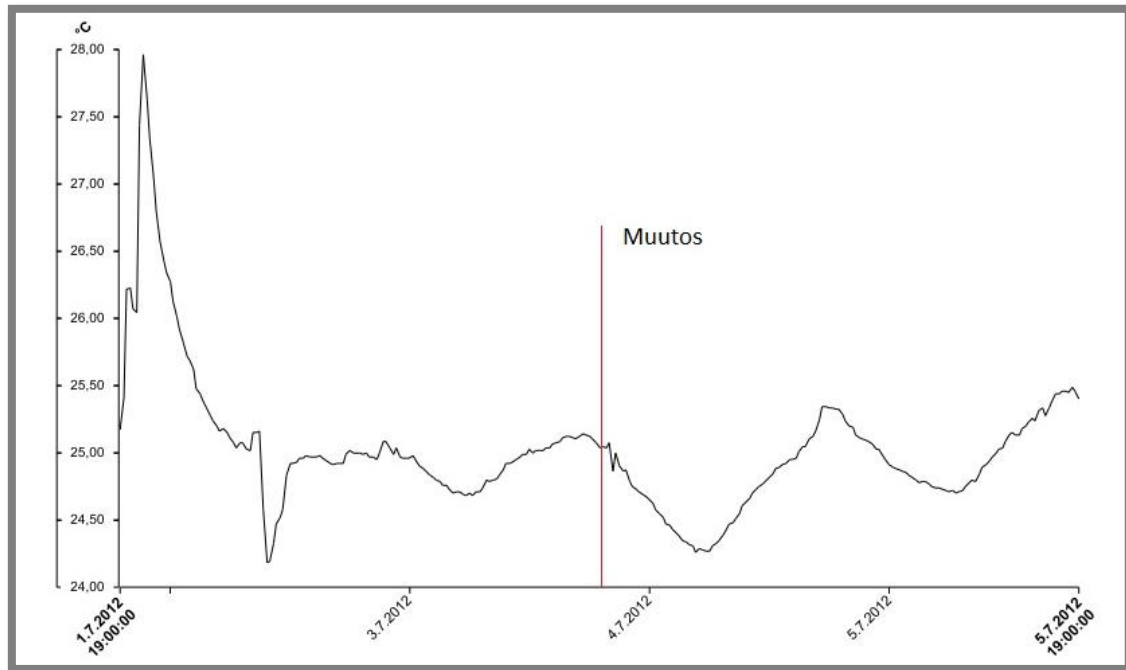
KUVA 13. Ilman lämpeneminen LTO-kennossa



KUVA 14. Kiertoilman vaikutus tuloilman lämpötilaan

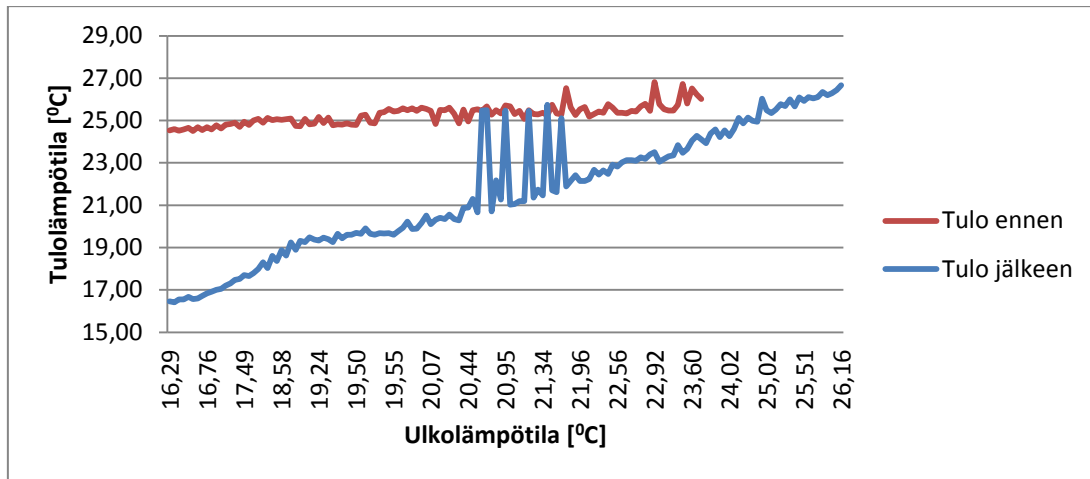
Ilmanvaihtokoneesta mitattiin myös poistoilman lämpötila. Poistoilman lämpötila kertoo talon keskimääräisen lämpötilan eri ajanjaksoilla. Poistoilman mittaustu-

lokset on esitetty kuvassa 15. Kuvan ensimmäisen yön lämpöpiikki johtui täydestä talosta, minkä vuoksi kuvissa 16–23 esitetyistä mittaustuloksista on poistettu ensimmäiset 10 tuntia.



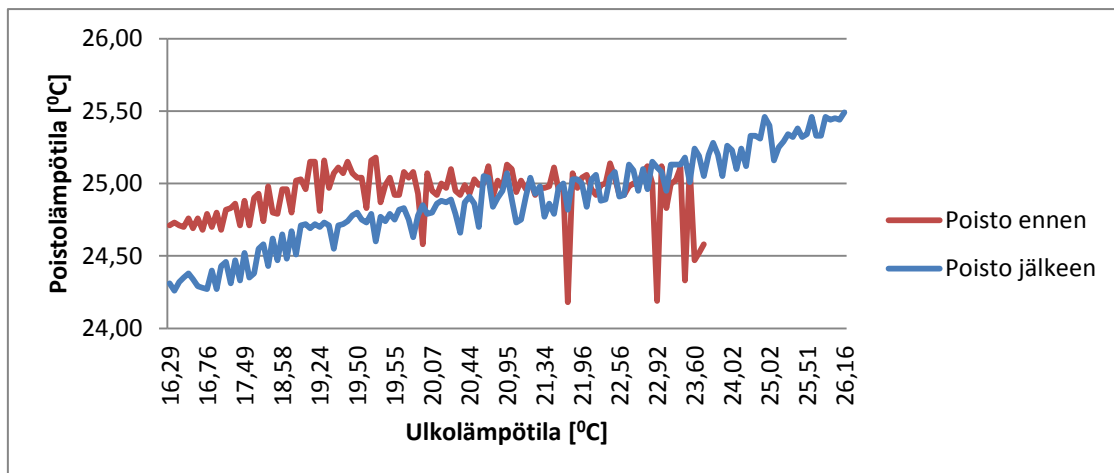
KUVA 15. Poistoilman lämpötilat

Kuvassa 16 on esitetty tulolämpötila ulkolämpötilan funktiona. Tulo ennen-käyrä on lyhyempi, koska tuloksista poistettiin alkupäästä 10 tuntia. Tulo jälkeen-käyrän piikit ajoittuvat klo 17–19 jolloin ilta-aurinko paistaa suoraan tuloilmasäleikön puoleiselle seinälle. Kuvasta näkyy, että muutosten jälkeen tuloilman lämpötilaa saatiin alennettua parhaassa tapauksessa noin 9 celsiusastetta.



KUVA 16. Tulolämpötila ulkolämpötilan funktiona ennen ja jälkeen muutosta

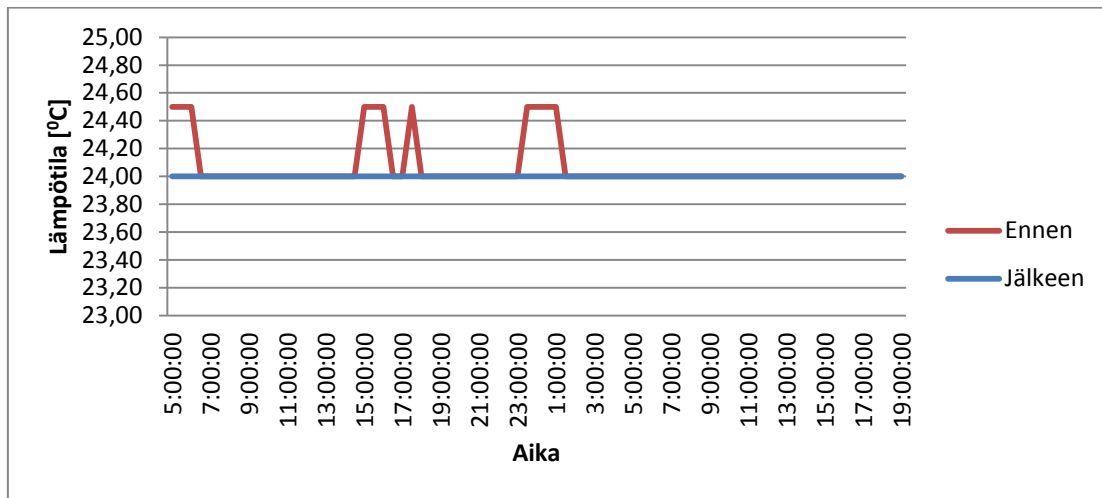
Poistoilmanlämpötila näyttää talon keskimääräisen lämpötilan. Kuvassa 17 on esitetty poistoilman lämpötila ulkolämpötilan funktiona ennen muutoksia ja muutosten jälkeen. Muutostoimenpiteet alensivat poistoilman lämpötilaa noin puoli celsiusastetta alimmilla ulkoilman lämpötiloilla. ”Poisto ennen”- käyrän lämpötilan laskun piikeille ei saatu selvyyttä.



KUVA 17. Poistoilmanlämpötila ulkolämpötilan funktiona ennen ja jälkeen muutosta

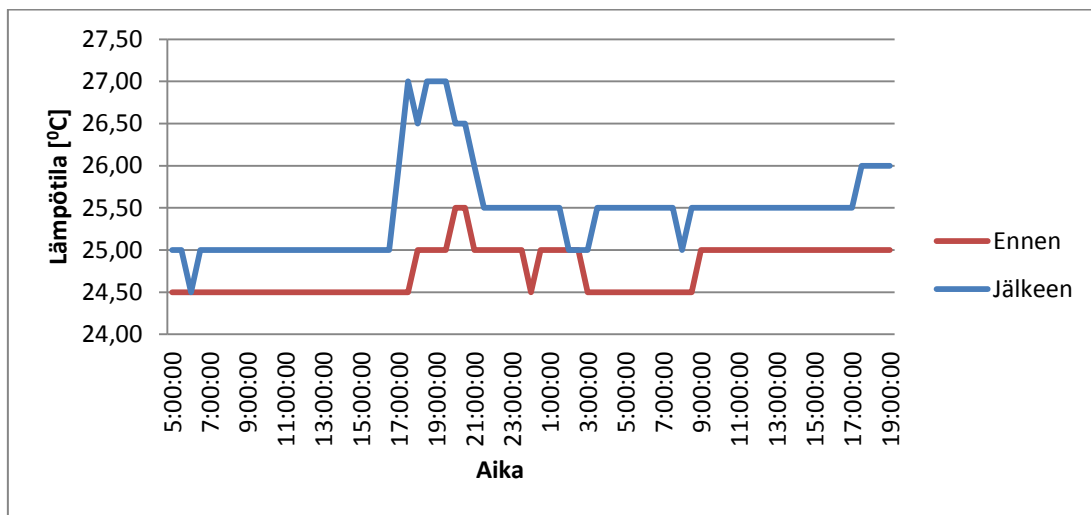
Ilmanvaihtokoneen lämpötilamittausten lisäksi suoritettiin huonekohtaisia mittauksia joka kerroksesta. Alimman kerroksen mittaukset suoritettiin takkahuoneesta. Kuvassa 18 näkyy lämpötilat ennen muutoksia ja muutosten jälkeen. Kuvasta näkee, että kellarissa ei tapahdu suuria muutoksia lämpötilojen suhteen. Tämä johtuu siitä, että kellari on osittain maanvarainen eikä ulkoisia läm-

pökuormia pääse syntymään. Muutosten jälkeen lämpötila pysyi kellarissa vakiona.

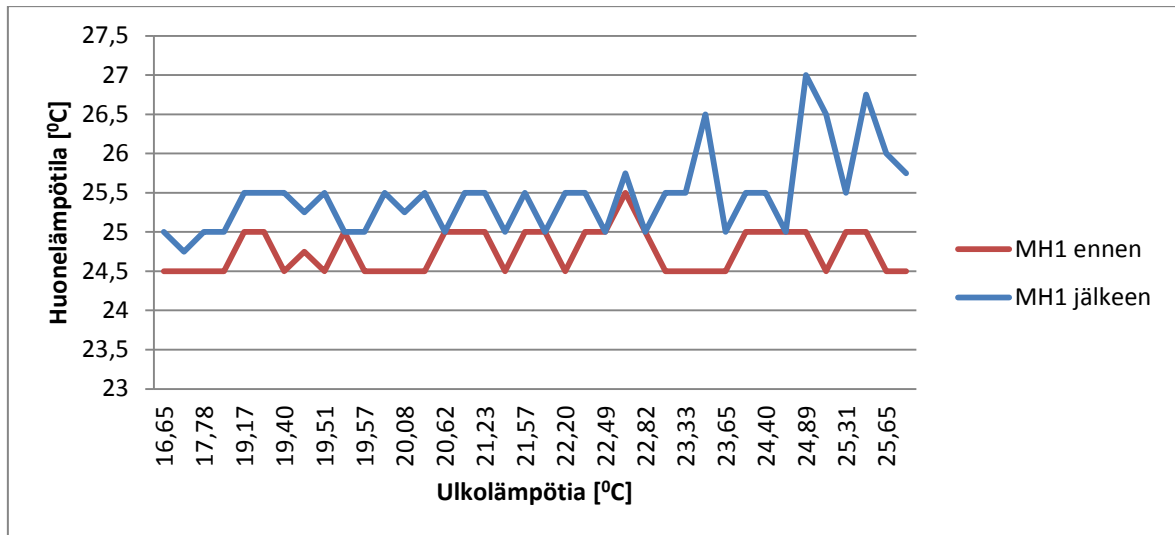


KUVA 18. Kellarin lämpötilat ennen ja jälkeen muutoksia

Keskimmäisen kerroksen lämpötila seuranta otettiin kerroksen ainoasta makuuhuoneesta. Kuvassa 19 on esitetty lämpötilat ennen muutoksia ja muutosten jälkeen. Kuvassa 20 on makuuhuoneen lämpötila ulkolämpötilan funktiona. Huonelämpötila on muutosten jälkeen korkeampi kuin ennen muutoksia johtuen ilmavirtojen pienentymisestä.

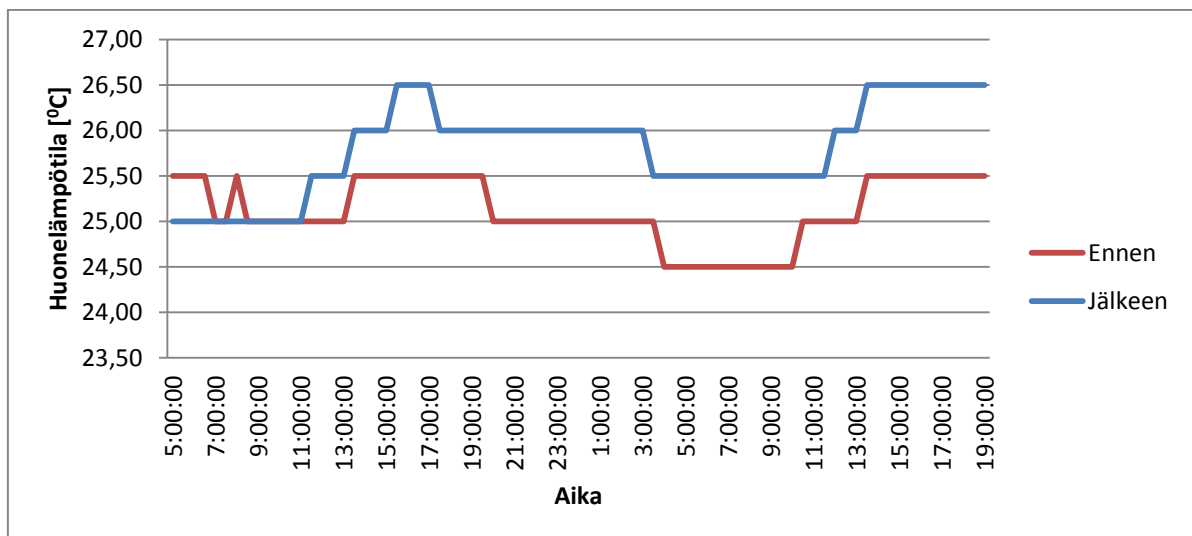


KUVA 19. Ensimmäisen kerroksen makuuhuoneen lämpötilat ennen muutoksia ja muutosten jälkeen

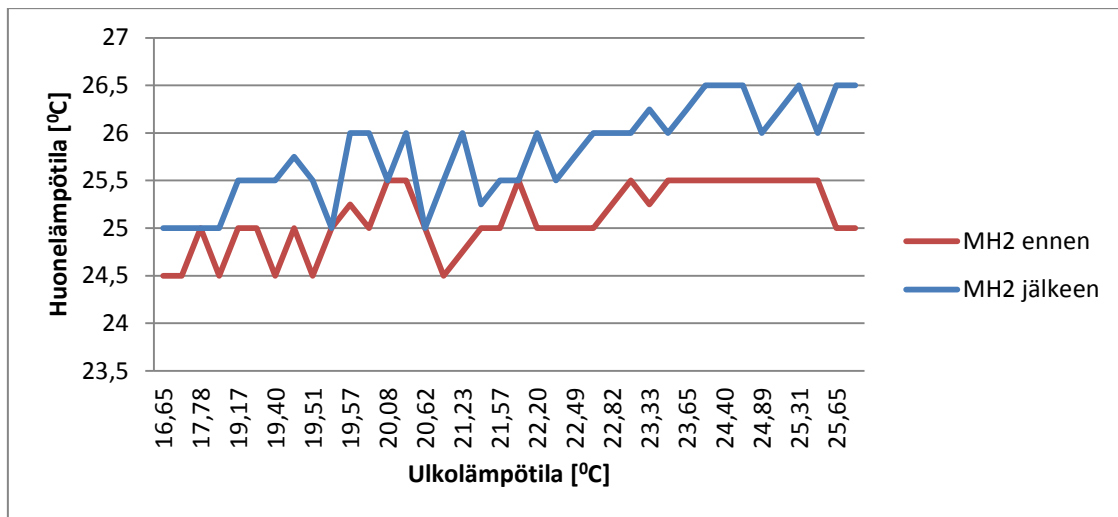


KUVA 20. Ensimmäisen kerroksen makuuhuoneen lämpötilat ulkolämpötilan funktiona

Ylimmästä kerroksesta otettiin myös lämpötilamittaukset makuuhuoneista. Kuvassa 21 on makuuhuoneen lämpötilat ennen ja jälkeen muutoksia. Kuvassa 22 on makuuhuoneen lämpötila ulkolämpötilan funktiona.



KUVA 21. Toisen kerroksen makuuhuoneen lämpötilat ennen ja jälkeen muutoksia



KUVA 22. Toisen kerroksen makuuhuoneen lämpötilat ulkolämpötilan funktiona

5 TULOISTEN ANALYYSINTI

Vaikka tuloilman lämpötila aleni muutosten jälkeen yöaikana melkein 10 celsiusastetta, tuloilman vuorokauden keskimääräinen lämpötila aleni kuitenkin vain 3,2 celsiusastetta. Talon poistolämpötila aleni yöaikana puoli celsiusastetta, mutta keskimääräisessä lämpötilassa tapahtunut muutos oli niin pieni, että se ei näy huonekohtaisissa lämpötiloissa. Muutosten jälkeen jäähtymistä ei tapahtunut makuuhuoneissa, vaan makuuhuoneet lämpenivät.

Huonetilojen poistoilman lämpötilaan vaikuttaa tuloilman alilämpöisyyden lisäksi huonetilan ilmavirta. Ulkoilmavirta ennen muutoksia oli 33 l/s ja muutosten jälkeen 31 l/s. Muutokset eivät siis vaikuttaneet ulkoilmavirtaan.

Vaikka muutokset eivät vaikuttaneet ulkoilmavirtoihin, taulukosta 8 näkee, että muutoksilla oli iso vaikutus huonekohtaisiin tuloilmavirtoihin. Ilmavirrat laskivat keskimäärin 65 %. Taulukosta 8 voidaan myös laskea muutosten jälkeiset ilmavirrat. 62 % kaikesta poistoilmavirrasta tulee alimmasta kerroksesta, joka on osittain maavarainen ja näin ollen siellä on pienimmät ulkoiset kuormitukset. Tämä selittää poistoilman jäähtymisen vaikka huonelämpötilat nousivat.

TAULUKKO 8. Huonekohtaisia tulo- ja poistoilmavirtoja ennen muutosta ja muutosten jälkeen

TILA	TULOILMAVIRTA (l/s)			TILA	POISTOILMAVIRTA (l/s)				
	ENNEN MUUTOSTA	MUUTOSTEN JÄLKEEN			ENNEN MUUTOSTA	MUUTOSTEN JÄLKEEN			
Takka kellari		12,92		5,70	Takka kellari		3,53		3,74
Pukuh. kellari		9,22		3,33	Pukuh. kellari		2,28		2,28
MH		9,31		2,66	Sauna kellari		3,01		3,11
OH		12,45		4,47	Suihku kellari		4,67		4,46
K		6,94		2,28	WC kellari		6,85		6,75
TK		3,90		1,24	Varasto kellari		2,60		2,70
MH 2 Krs.		7,32		2,28	WC		3,43		3,22
MH 2 Krs.		6,75		2,28	ET		1,76		1,56
VH 2 krs.		7,41		2,28	WC 2 Krs.		8,82		9,45
	Σ	76,19	Σ	26,51		Σ	36,95	Σ	37,26

Vuorokauden keskimääräinen tuloilman lämpötila muutosten jälkeen oli 22,0 celsiusastetta. Kaavalla 2 voidaan laskea huonekohtaiset jäähdytystehot taulukon 8 ilmavirroilla. Taulukossa 9 on esitetty huonekohtaiset lämpötilat ennen

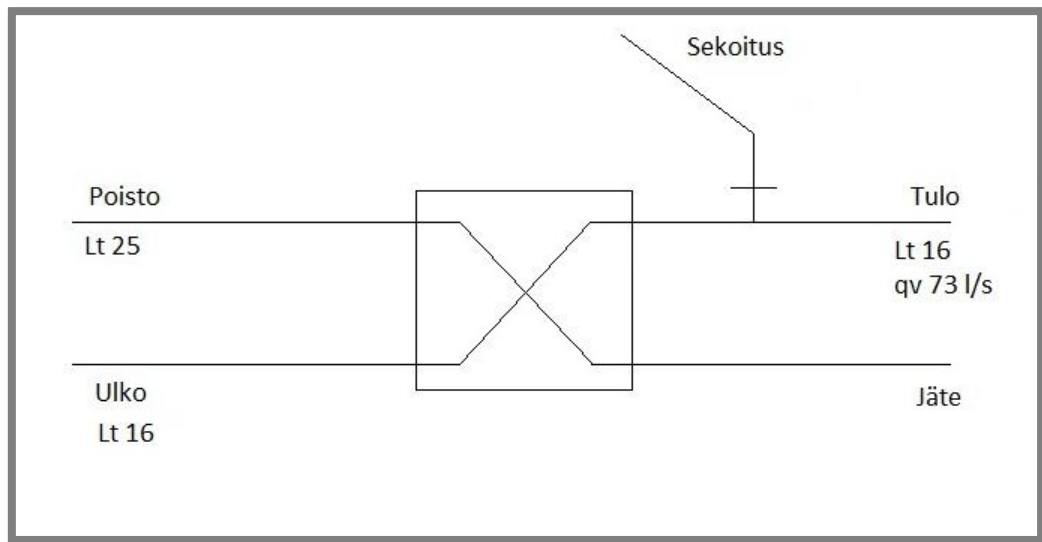
muutosta ja lämpötilat muutosten jälkeen, sekä jäähdytysteho muutoksen jälkeen.

TAULUKKO 9. Huonekohtaiset lämpötilat ennen muutosta ja lämpötilat, sekä jäähdytysteho muutoksen jälkeen

TILA	Vuorokauden keskimääräinen huonelämpötila (°C)			Muutosten jälkeen		
	Ennen muutoksia	Muutosten jälkeen		qv (l/s)	ΔT (°C)	Teho (w)
Takka kellari		24,07	24,00	5,7	1,96	13,4
MH		24,76	25,47	2,66	3,43	10,9
MH 2 Krs.		25,11	25,80	2,28	3,76	10,3
MH 2 Krs.		25,29	26,16	2,28	4,12	11,3

Suomen rakentamismääräyskokoelman osa D5 määrittää yhden ihmisen lämpökuorman olevan 70 wattia (Suomen rakentamismääräyskokoelman osa D5 2012,31). Arvioidaan yhden makuuhuoneen lämpökuormaksi kaksi henkilöä, eli 140 wattia. Huonekohtaiset jäähdytystehot eivät riitä muutosten jälkeen edes siihen, että lämpötila pysyisi vakiona kahden ihmisen kuormituksella.

Alun perin suunniteltiin, että käyttöajan tehostettu ilmavirta olisi vähintään 30 % suurempi kuin käyttöajan ilmavirta eli 73 l/s. (Suomen rakentamismääräyskokoelman osa D2 2012, 10.) Ilmanvaihtokoneesta ei niin isoja ilmavirtoja saatu aikaiseksi. Kuvassa 23 on esitetty teoreettinen jäähdytysteho tehostetulla ilmanvaihdolla. Tulolämpötilana käytetään 16 celsiusastetta, poistolämpötilana 25 celsiusastetta ja virtaamana 73 l/s. Jäähdytystehoa yöaikana saataisiin aikaan 788 W.



KUVA 23. Teoreettinen jäähdytysteho koko koneen osalta

6 YHTEENVETO

Kesällä päivisin tutkitun kohteen sisäilman lämpötilat kohosivat jopa yli 26 asteen ja yölliset lämpötilat olivat samaa luokkaa. Opinnäytetyön tarkoitus oli tutkia mahdollisuutta jäähdyttää sisäilmaa yöaikaisella tehostetulla ilmanvaihdolla. Jotta ulkoilmavirta saatiin tuotua mahdollisimman viileänä huonetiloihin, ilmanvaihtokoneeseen tehtiin kesäkenno ja kiertoilmavirta tukittiin.

Suomen rakentamismääräyskokoelman osa D2 2012 mukaan tehostetun ilmavirran tulisi olla kohteen kokoisessa talossa 73 l/s. Kohteessa mitattiin ensin ilmamäärät ja äänitasot. Mittauksissa todettiin, että äänitasot kasvoivat liian suureksi makuuhuoneissa, jotta olisi voitu käyttää rakentamismääräyskokoelman mukaista tehostettua ilmamäärää. Ääniarvojen perusteella lämpötilamittauksissa voitiin käyttää ilmavirtaa, joka oli vain noin 30 l/s.

Jäähdytystehoon vaikuttaa ilmavirta sekä tulo- ja poistoilman välinen lämpötilaero. Vaihtamalla LTO-kenno kesäkennoon saatiin tuloilman lämpötilaa yötilanteessa laskettua melkein 10 celsiusastetta. Vuorokauden keskimääräinen tuloilmanlämpötila laski 3,2 celsiusastetta. Kiertoilma tulpattiin, jotta se ei lämmitäisi tuloilmaa. Tulppaamalla kiertoilma tuloilmavirrat laskivat keskimäärin 65 %.

Muutosten jälkeen lämpötilat lähtivät nousuun. Tuloilman lämpötila ja ilmavirta laskivat. Lämpötilan lasku ei ollut riittävä, jotta se olisi kompensoinut ilmavirtojen laskua. Muutosten jälkeen jäähtymistä saatiin aikaiseksi vain kellarissa. Vuorokauden keskimääräinen lämpötilaero kellarissa oli ennen muutoksia ja muutosten jälkeen -0,1 celsiusastetta. Muissa tiloissa lämpötilat nousivat. Vuorokauden keskimääräinen lämpötilaero muissa huoneissa oli noin +0,8 celsiusastetta.

Tulosten analysoinnissa laskettiin jäähdytystehoja huoneista muutosten jälkeen. Tulosten perusteella huomattiin, että ilmavirrat ovat liian pienet, jotta lämpötila pysyisi vakiona edes yhden hengen kuormituksella.

Mittaustulosten perusteella jäähdytystehot ovat niin pienet, että niistä ei saada mainittavaa hyötyä. Vaikka hyöty on hyvin pieni, kesäkennoa suositellaan käytettäväksi kesätilanteessa.

LÄHTEET

Himoblock-ilmalämmitys, Suunnittelu-, mitoitus-, käyttö- ja huolto-ohjeet. 1980. Ab Teknokyl Oy. Nummela: Teknokyl Oy

Ilmanvaihto. 2012. Sosiaali- ja terveysalan lupa- ja valvontavirasto. Saatavissa: http://www.valvira.fi/ohjaus_ja_valvonta/terveydensuojelu/asumisterveys/hiukkaset_ja_kuidut/ilmanvaihto. Hakupäivä 14.11.2012.

Nyman, Mikko. 2000. Lämmitysjärjestelmien oikea käyttö ja kunnossapito. Saarijärvi: Gummerus.

Parma 10 energiaprofessori. Suunnitteluohjeet, Rakennusvalmiste Oy. Forssa: Rakennusvalmiste Oy

Seppänen, Olli. 1996. Ilmastointiteknikka ja sisäilmasto. Anjalankoski: Solverpalvelut Oy.

Suomen rakentamismääräyskokoelman osa D2. Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. Määräykset ja ohjeet. 2012. Ympäristöministeriö. Helsinki.

Suomen rakentamismääräyskokoelman osa D3. Rakennusten energiatehokkuus. Määräykset ja ohjeet. 2010. Ympäristöministeriö. Helsinki.

Suomen rakentamismääräyskokoelman osa D5. Rakennusten energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta. Ohjeet. 2007. Ympäristöministeriö. Helsinki.

Teknocolor. AM-Anemometritorvet. Saatavissa: <http://www.teknocalor.fi/fi/mittauslaitteet/tuotteet/ilmastointi/lisavarusteet/am-anemometritorvet>. Hakupäivä: 15.09.2012.

LIITTEET

Liite 1 Lähtötietomuistio

LÄHTÖTIEDOMUISTIO

Tekijä Ari Koukku _____

Tilaaja _____

Tilaajan yhdyshenkilö ja yhteystiedot _____

Työn nimi Ilmalämmitteisentalon kesäaikainen jäähdytys _____

Työn kuvaus Kohde on vuonna 1981 rakennettu paritalon puolikas. Talossa on kolme kerrosta, joissa ylimmässä on kesäisin ongelma lämpötilojen kanssa. Koh-
teessa on ilmalämmitys. _____

Työn tavoitteet

Tavoitteena on tutkia mahdollisuutta jäähdyttää taloa tukkimalla kesäisin
kiertoilmaventtiilit, valmistaa uusi LTO-kenno, joka ei siirrä lämpöä pois-
toilmasta tuloilmaan ja tehostaa yöaikaista tuuletusta. _____

Tavoiteaikataulu _____

Työn tutkinta ja toteutus tehdään kesän aikana, kun jäähdytystarve on suu-
rin. _____

Päiväys ja allekirjoitukset _____