

Kimmo Häkämies

TEOLLISUUSHALLIN  
ILMALÄMMITYSJÄRJESTELMÄN  
PARANTAMINEN

Opinnäytetyö  
Talotekniikan koulutusohjelma


Toukokuu 2012




**MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU**

Mikkeli University of Applied Sciences

## KUVAILULEHTI

 <p><b>MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU</b> Mikkeli University of Applied Sciences</p>	<b>Opinnäytetyön päivämäärä</b>	
<b>Tekijä(t)</b> Kimmo Håkämies	<b>Koulutusohjelma ja suuntautuminen</b> Talotekniikka	
<b>Nimeke</b>  Teollisuushallin ilmalämmitysjärjestelmän parantaminen		
<b>Tiivistelmä</b>  <p>Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää teollisuushallin ilmalämmityksestä aiheutuvien lämpötilakerrostumien muodostumiseen vaikuttavat tekijät. Työssä etsittiin myös ratkaisua lämpötilakerrostumien vähentämiseen sekä tuotannossa syntyvän kosteuden hallintaan. Tämän opinnäytetyön tuloksia tullaan käyttämään pohjana, kun yrityksen laajenevan tuotannon johdosta tarvittaville uusille toimitiloille valitaan lämmitys- ja ilmanvaihtojärjestelmää.</p> <p>Ilmalämmitysjärjestelmään perehdyttiin kirjallisuuden ja internet-lähteiden avulla sekä paikanpäällä laitteita testaamalla. Suunnittelijan ja hallin rakennuttajan haastatteluilla saatiin tietoa järjestelmän valintaan ja toimintaan vaikuttavista tekijöistä. Mittaamalla ilmamäärät ja simuloimalla päätelaitteiden heittokuviot saatiin tietoa ilmavirtojen liikkumisesta hallissa.</p> <p>Tavoitteisiin päästiin ottamalla käyttöön ilmalämmitysjärjestelmän automatiikan antama mahdollisuus ajastettuun järjestelmän toimintaan. Ilmavirtojen jakautumista ja ilmakerrosten sekoittumista parannettiin säätämällä päätelaitteet termisten ilmavirtojen vaatimaan asentoon. Kosteuden poiston hallinnalle määriteltiin ohjeistus, jossa kosteuden muodostumisalueita rajattaisiin ja niille järjestettäisiin omat kosteuden poistot.</p> <p>Tulevaisuudessa uusia toimitiloja suunniteltaessa tarvittavan hallin korkeuteen tulee kiinnittää suunnittelussa huomiota. Lämmönkehityksessä öljylämmityksen korvaaminen jollain taloudellisesti kannattavammalla vaihtoehdolla olisi järkevää. Järkevimpiä lämmönjakomuotoja olisi vesikierrolla varustetut kiertoilmakojeet ja lämpösäteilijät.</p>		
<b>Asiasanat (avainsanat)</b>  Teollisuus, ilmalämmitys, ilmanvaihto		
<b>Sivumäärä</b> 21	<b>Kieli</b> suomi	<b>URN</b>
<b>Huomautus (huomautukset liitteistä)</b>		
<b>Ohjaavan opettajan nimi</b> Erkki Karjalainen	<b>Opinnäytetyön toimeksiantaja</b> Kevee Oy	

## DESCRIPTION

 <p><b>MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU</b> Mikkeli University of Applied Sciences</p>		Date of the bachelor's thesis	
Author(s) Kimmo Häkämies		Degree programme and option Building Services Engineering	
Name of the bachelor's thesis  Improvement of the air heating system in an industrial hall			
<b>Abstract</b>  <p>The aim of this thesis was to clarify factors that affect layering formation in air heated industrial facilities. In the thesis the solution to reduce temperature layering and production based air moisture control is searched. The results of this thesis can be used when production expansion requires new production facilities and new air conditioning systems will be selected to new facilities.</p> <p>Orientation to air heating system took place via literature and internet sources, also equipment was tested. Interviewing the designer and builder of plant provided more information about factors affecting the selection of the system as well as factors affecting the system functioning.</p> <p>Objectives were reached by introducing the opportunity to preset automated air heating system. Air flow distribution and air layer mixing was improved by adjusting the interface to the position required by thermal air flows. Moisture removal control was limited moisture formation areas and the moisture removal was arranged.</p> <p>In future when new facilities will be planned, the required plant height should be considered. It would also be sensible to replace oil heating as heat generator with a more economical option. Reasonable forms of heat transfer would be air rotating devices and radiators.</p>			
Subject headings, (keywords)  Industry, air heating, ventilation			
Pages 21	Language finnish	URN	
Remarks, notes on appendices			
Tutor  Erkki Karjalainen		Bachelor's thesis assigned by  Kevee Oy	

## SISÄLTÖ

1	JOHDANTO .....	1
2	TEOLLISUUDEN ILMANVAIHTO .....	2
2.1	Ilmanvaihdon määritelmä .....	2
2.2	Sisäilmaston tavoitteet .....	2
2.3	Ilman liike ja veto .....	3
2.4	Ilmanjakamisen periaatteet .....	4
2.5	Ilmalämmitysjärjestelmä.....	5
3	KOHTEEN LÄHTÖTIEDOT .....	7
3.1	Hallin tiedot .....	7
3.2	Nykyinen ilmanvaihtojärjestelmä.....	7
3.2.1	Toimiston ja sosiaalitilojen ilmanvaihto.....	8
3.2.2	Tuotantotilojen ilmanvaihto.....	8
3.3	Nykyiset kanavat .....	9
3.4	Nykyiset päätelaitteet.....	10
3.5	Hallin nykytila .....	10
4	SUUNNITTELUPERUSTEET .....	11
4.1	Mitoitusperusteet .....	11
4.2	Ilmanjakomenetelmät ja niiden soveltuvuus kohteeseen.....	11
4.2.1	Sekoitus- eli laimennusilmanvaihto .....	12
4.2.2	Syrjäytysilmanvaihto .....	13
4.3	Lämmityksen mitoitus .....	13
5	NYKYISEN RATKAISUN PERUSTEET .....	14
6	TUTKITTAVAT RATKAISUT .....	15
6.1	Kohteen tarkastelu .....	15
6.2	Päätelaitteet.....	16
6.3	Lämmöntalteenotto .....	16
6.4	Ilman suodatus .....	17
7	ERILLINEN KOHDEPOISTO .....	17
7.1	Nykytilanne.....	17
7.2	Kohdepoiston muutos .....	17
8	KÄYTÖNOPASTUS .....	18

9	POHDINTA .....	19
	LÄHTEET .....	21
	LIITTEET	

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tavoitteena on selvittää teollisuushallin ilmalämmityksestä aiheutuvien lämpötilakerrostumien muodostumiseen vaikuttavia tekijöitä sekä pyrkiä löytämään ratkaisu lämpötilakerrostumien ehkäisemiseen ja tuotannossa syntyvän kosteuden hallintaan. Tässä työssä tarkastellaan pääasiassa tuotantotilojen lämmitystä ja ilmanvaihtoa tuotannon näkökulmasta. Tulevaisuudessa laajenevalle tuotannolle tullaan tarvitsemaan uudet toimitilat. Tämän opinnäytetyön tuloksia tullaan käyttämään pohjana uusien toimitilojen lämmitys- ja ilmanvaihtojärjestelmiä valittaessa.

Kangasniemellä sijaitseva Kevee Oy (kuva 1) valmistaa teräksen jatkojalostukseen ja eristelevyjen pinnoitusteknologiaan perustuvia tuotteita. Teollisuushallin kokonaiskerrosala on  $599 \text{ m}^2$  ja kokonaistilavuutta on  $4190 \text{ m}^3$ . Tuotantotilojen vapaakorkeus seinän vieressä on 5 m ja maksimikorkeus keskellä hallia harjankohdalla on noin 7 m.



**KUVA 1. Kevee Oy**

Nykyiset toimitilat on rakennettu vuonna 2000. Ilmanvaihto- ja lämmitysjärjestelmä on valittu silloista tuotantoa silmälläpitäen. Yrityksen tuotantomenetelmät ovat kehittyneet vuosien saatossa ja lämmitys- sekä ilmanvaihtojärjestelmät eivät enää vastaa tämän päivän vaatimuksia. Kyseiset järjestelmät ovat alkuperäisessä tilassaan, eikä niihin ole tehty muutoksia.

Työn tarkoituksena on pyrkiä löytämään ratkaisu, jolla jo olemassa oleva ilmalämmitysjärjestelmä saataisiin toimimaan tarkoitusta vastaavasti. Samalla pohditaan, mikä olisi parempi vaihtoehto toteuttaa tuotantotilojen lämmitys ja ilmanvaihto tuotantopro-

sessien kannalta huomioiden myös tuotantohenkilöiden työskentelyolosuhteille asetetut vaatimukset.

Ongelmaa lähestyttiin tutkimalla aiheesta löytyvää kirjallisuutta, mittaamalla paikanpäällä kohteen ilmavirtoja sekä simuloimalla päätelaitteiden toimintaa valmistajien ohjelmilla. Samalla selvitettiin myös hallin alkuperäisten suunnitelmien tarkoitusta keskustelemalla kohteen suunnittelijan kanssa. Hallin olosuhteista ja niiden parantamistarpeista keskusteltiin omistajan sekä kohteessa työskentelevien henkilöiden kanssa.

## **2 TEOLLISUUDEN ILMANVAIHTO**

### **2.1 Ilmanvaihdon määritelmä**

Teollisuuden ilmanvaihdon mitoitus poikkeaa asuin-, liike- ja toimistotilojen sekä muiden vastaavien tilojen mitoituksesta. Normaalisti rakennusten ilmanvaihdon mitoittavina tekijöinä ovat ihmisperäiset tai rakenteiden ja pintamateriaalien aiheuttamat päästöt. Teollisuudessa ilmamäärien mitoitukseen tärkeimpinä tekijöinä ovat tuotantoprosessien ominaisuudet. Teollisuusilmastoinnista käytetään seuraavaa määritelmää: ”Teollisuusilmastoinnissa virtausteknisin keinoin saavutetaan ja hallitaan turvallinen, terveellinen ja viihtyisä sisäilma teollisuustiloissa ja tiloissa, joissa ilmanvaihdon ja ilmaskäsitelyn tarpeen määrää työntekijän tarpeitten ja toimintojen sekä rakenteellisten asioiden lisäksi, ja useimmiten ensisijaisesti, muut tekijät, kuten tuotantoprosessit”. (Tähti ym. 2002, 6-7.)

Edellä mainittuja teollisuuden ilmanvaihdon mitoituserusteita käytettiin selvitettäessä alkuperäisten suunnitelmien paikkaansa pitävyyttä tuotantotilojen osalta. Samalla tarkasteltiin, toteutuuko teollisuuden ilmanvaihdon määritelmä kyseisessä kohteessa.

### **2.2 Sisäilmaston tavoitteet**

”Ilmastointijärjestelmän valinnan ensimmäisiä perustehtäviä on sisäilmastotavoitteiden asettelu. Laatutavoitteissa on määriteltävä (Neste ym. 1990, 3):

- termiset olosuhteet (operatiivinen lämpötila, ilmanliikenopeus, suhteellinen kosteus ja mahdollisesti muutosnopeudet ja lämpötilagradientit)
- ilman epäpuhtauspitoisuusraja
- äänitaso
- yksilölliset säätömahdollisuudet
- olosuhteet tai kuormitus, joissa tavoitearvot saavutetaan.”

Tässä kohteessa tarkastelu kohdistuu lähinnä termisiin olosuhteisiin. Tarkoituksena on löytää keinoja kosteuden ja oleskeluvyöhykkeen lämpötilojen hallintaan. Tuotantolähtöisenä tekijänä on kosteuden hallinta, johon olennaisesti liittyy myös lämpötilan hallinta. Oleskeluvyöhykkeen lämpötilalla on puolestaan olennainen vaikutus työntekijän työviihtyvyyteen.

### **2.3 Ilman liike ja veto**

Vedon tunne aiheutuu keskimääräistä voimakkaammasta lämmönsiirrosta iholla. Lämmön siirtymiseen vaikuttaa ilman liikkeen lisäksi myös lämpösäteily. Ilman nopeuden kasvaessa lämmön siirtyminen tehostuu ja vedon tunne syntyy herkemmin. (Seppänen 2007, 20.)

Jos ilmaa joudutaan vaihtamaan lämpötilan tai epäpuhtauksien hallitsemiseksi, on ilman liikuttava. Käytännössä ilmasuihkut voivat yhtyä toisiinsa, ahtautua esteiden kohdalla, kääntyä esteistä väärään suuntaan jne. Lisäksi sekoittavassa ilmanjaossa tuloilmasuihku saa aikaan monikertaisen sekundäärivirtauksen. (Neste 1990, 10.)

Tämän kohteen ilmamäärät ovat varsin suuria, ja niiden hallinta on erittäin tärkeää siksi, että väärin suunnatut ilmasuihkut voivat aiheuttaa voimakasta vedon tunnetta oleskeluvyöhykkeellä. Kun kyseessä vielä on terminen ilmanvaihto, jolla myös lämmitetään tuotantotiloja, on ilmasuihkujen suuntaaminen erityisen tärkeää. Väärällä suuntauksella voi oleskeluvyöhykkeelle syntyä kylmiä kohtia ja lämmin ilma kerros- tua katon rajaan. Näin menetetään haluttu lämmitysjärjestelmän tuottama lämmitys- vaikutus tuotantotiloissa.

### **2.4 Ilmanjakamisen periaatteet**



Ilmankäsittelyjärjestelmän ensisijaisena tehtävänä on antaa hyvä ilmanlaatu poistamalla epäpuhtaudet ja tuomalla puhdasta ilmaa. Järjestelmän toisena tehtävänä on antaa hyvä terminen viihtyvyys, mikä merkitsee tasaista lämpötilaa ja pieniä lämpötilaeroja. Ilmanjakolaitteiston valintaan vaikuttavat monet tekijät, esimerkiksi miten paljon epäpuhtauksia halutaan poistaa sekä terminen ja akustinen viihtyvyys. Akustiisuutta ei tässä kohteessa tarvitse ottaa huomioon. Valitsemalla sopiva ilmanjakomenetelmä ja käyttämällä oikeita ilmanjakolaitteita pystytään ilman virtaus huonetilan läpi toteuttamaan siten, että vaatimukset täytetään. (Halminen ym. 1994, 98.)

Poisto- ja tuloilmasuihkujen virtauskuviot poikkeavat suuresti toisistaan. Poistoilmapäätelaitteet vaikuttavat ainoastaan sijoituspaikan välittömään läheisyyteen, eikä niiden sijoituspaikka ole kovinkaan merkityksellinen ilmastoinnin kannalta. Tästä huolimatta ei ole aivan sama, mihin poistoilmapäätelaitteet asennetaan suhteessa tuloilmapäätelaitteisiin. Poikkeuksena ovat tietysti kohdepoistojärjestelmät, joissa epäpuhtauksia poistetaan välittömästi niiden muodostumiskohdasta. (Halminen ym. 1994, 98.)

”Teollisuusilmastoinnin hallintaperiaatteita on neljä, joiden avulla voidaan tarkastella ilmaolosuhteiden hallintaa käytännössä (Tähti ym. 2002, 7):

- Mäntäperiaate  
Tässä periaatteessa ilmaolosuhteita hallitaan puhtaasti mekaanisen virtauksen avulla ja pyritään pitämään virtauskenttä tasaisena läpi koko kentän.
- Kerrostumaperiaate  
Olosuhteita hallitaan lämpötilakerrostumien avulla. Ajavana voimana on useimmiten lämpötilaeroista johtuvat tiheyserot. Tyypillisiä esimerkkejä käytettävistä ilmanjako menetelmistä ovat mm. painovoimainen ilmanvaihto sekä syrjäyttävä ilmanjako.
- Vyöhykeperiaate  
Tässä olosuhteet pyritään hallitsemaan ilmastoinnilla tietyssä osassa tilaa ja sallia lämmön tai epäpuhtauksien kerrostuminen muualla tilassa. Ilmastoitava tila voidaan myös jakaa eri osiin, joita hallitaan eri periaatteita soveltaen.

- Sekoitusperiaate

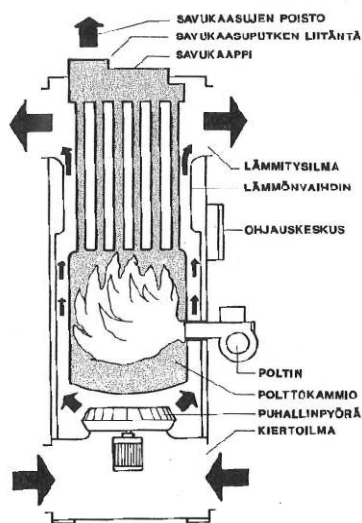
Periaatteen tavoitteena on, tasaiset olosuhteet koko huoneilmassa. Tyypillinen esimerkki tämän periaatteen toteuttamisesta on sekoittava ilmanjako.”

Näiden tietojen avulla on pyritty selvittämäänärkevin tapa ilmanjakamiselle ja ilmavirtojen hallinnalle kohteen tuotantotiloissa. Haluttu ilmavirtojen hallinta vaikuttaa olennaisesti ilman jakamiseen periaatteisiin ja sitä kautta päätelaitteiden valintaan.

## 2.5 Ilmalämmitysjärjestelmä

Ilmalämmitysjärjestelmässä ilmaa lämmitetään käyttämättä mitään väliainetta lämmönsiirtoon. Kohteessa on käytetty keskitettyä epäsuoraa ilmalämmitysjärjestelmää. Epäsuoralla lämmitysjärjestelmällä tarkoitetaan, että polttimen savukaasut ja lämmitettävä ilma on täysin erotettu toisistaan. Keskitettyjärjestelmällä puolestaan tarkoitetaan lämmitettävän ilman käsittelemistä yhdessä lämminilmakehittämissä, josta lämmitetty ilma jaetaan kanavaistoa pitkin lämmitettäviin tiloihin.

Lämminilmakehittimen sekoitus- eli imuosassa puhallin imee ilman alhaalta ja pakottaa sen edelleen ylöspäin pitkin polttokammion ulkoseinämiä sekä lämmönsiirtimen läpi puhallusaukosta ulos (kuva 2). Polttokammiossa ja lämmönsiirtimessä savukaasut siirtävät lämmön ilmaan. Lämmönsiirrin on rakenteeltaan moniputkirakenteinen ja toimii ristivirtaperiaatteella. (Neste 1990, 19.)



**KUVA 2. Periaatekuva lämminilmakehittäjästä. (Neste 1990, 19)**

Lämminilmakehitintä voidaan käyttää varsinaisen lämmityksen ohella ilmanvaihtoon kytkemällä se toimimaan ulkoilmalla rinnan poistopuhaltimen kanssa. Tässä järjestelmässä tuloilmassa tuodaan ilmanvaihdon lisäksi tarvittava lämpömäärä huonetilojen lämmittämiseksi. Tästä johtuen järjestelmän ilmavirrat ovat suuremmat kuin koneellisessa tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmässä. Ilmalämmitysjärjestelmän ilmanjakotapa voi olla ala- tai yläjakoinen. (Halminen ym. 1994, 20.)

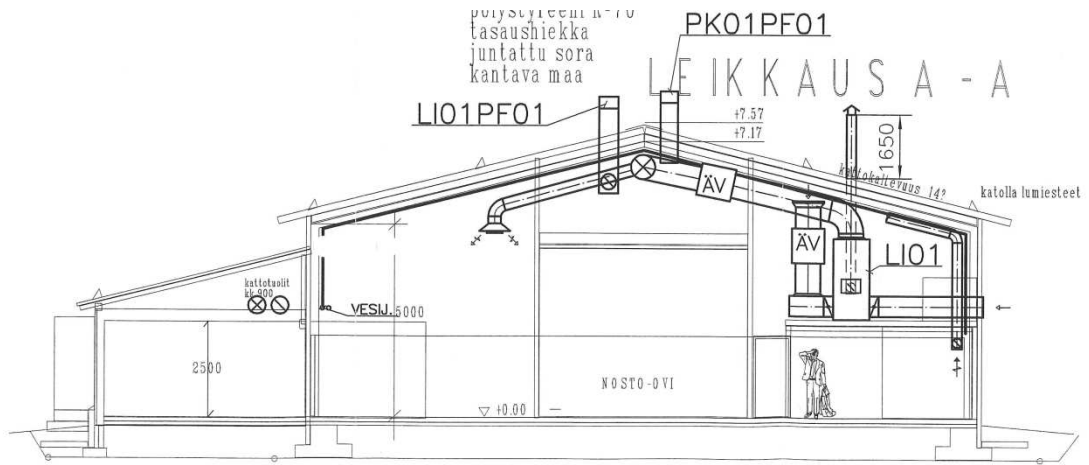
Ilmalämmityksessä käytetään kierrätysilmaa, jota ajetaan lämmittimen läpi ulkoilmaan sekoitettuna. Näin voidaan lähestyä tarpeenmukaista ilmanvaihtoa ja pitää lämmityskustannukset kurissa. Kierrätysilman käyttöön ei liity erityisiä rajoituksia tai säädöksiä. Kierrätystä syntyy aina, kun käytetään sekoitettavaa ilman jakoa. Primääriilmavirran mukana tempautuu moninkertainen kierrätysilmavirta induktion takia. (Neste 1990, 77.)

Tilojen sisällä olevasta ilmasta lämpöä voidaan ottaa talteen Suomen rakennusmääräyskokoelman mukaan seuraavasti. Palautus- ja siirtoilmana saadaan käyttää vain ilmanpuhtaudeltaan samanarvoisten tai puhtaampien tilojen ilmaa, joka ei saa sisältää haitallisia määriä epäpuhtauksia. Palautus- ja kierrätysilman käyttö ei saa aiheuttaa epäpuhtauksien, erityisesti hajujen, haitallista leviämistä. (D2, 11.)

### **3 KOHTEEN LÄHTÖTIEDOT**

#### **3.1 Hallin tiedot**

Teollisuushallin kokonaiskerrosala on  $596 \text{ m}^2$  ja kokonaistilavuutta on  $4190 \text{ m}^3$ . Tuotantotilojen vapaakorkeus seinän vieressä on 5 m ja keskellä hallia harjankohdalla noin 7 m. Hallilla on maavarainen perusta. Hallin kantavana rakenteena on teräsrunko, joka kannattelee teräskattoristikoita. Seinät ovat 100 mm ja katto 150 mm paksuista EPS eriste-elementeistä tehty. Toimistosiiivessä on puurunkorakenne. Seinissä on eristeenä 150 mm mineraalivillaa ja katossa 250 mm selluvillaa. Vesikatemateriaalina on konesaumattu peltikate (kuva 3).



**KUVA 3. Leikkauskuva hallista**

Täydentävinä rakenteina on kolminkertaiset lämpöeristetyt ikkunat. Varsinaisen hallin ja toimisto- sekä sosiaalityötilojen välillä ovat teräsrakenteiset palo-ovet. Hallin molemmissa päädyissä ovat isot noin 25 m<sup>2</sup> nosto-ovet.

Hallin sisällä on puurunkoinen sosiaalityötila, joka on pinnoitettu kipsilevyillä palo-osaston saavuttamiseksi. Hallissa sijaitsee myös kuivaushuone, jonka seinät ovat muurattu tiilestä. Katteena kuivaushuoneessa on teräsprofiilipelti.

### 3.2 Nykyinen ilmanvaihtojärjestelmä

Hallirakennuksessa on kaksi ilmanvaihtokonetta. Pienempi ilmanvaihtokoneista palvelee sekä toimisto- että sosiaalityötilaa, ja se on sijoitettu hallin toimistosiipeen. Isompi ilmanvaihtokone on puhaltimella varustettu ilmalämmitin, joka sijaitsee tuotantotilan keskiosassa öljysäiliötilan päällä.

#### 3.2.1 Toimiston ja sosiaalityötilan ilmanvaihto

Toimisto- ja sosiaalityötilassa on oma ilmanvaihtokone. Kone on Deekax Air Oy:n Talteri DIVK/97-900/EOK. Sosiaalityötila on osittain varsinaisen tuotantohallin puolella, mutta on rakenteellisesti erotettu varsinaisista tuotantotiloista samaan palo- ja ilmanvaihtoalueeseen kuin toimisto. Toimiston lämmitysmuotona toimii sähköinen lattialämmitys ja sosiaalityötiloissa on sähköpatteri. Ilmanvaihtokoneessa on sähköinen jälkilämmityspatteri, jonka avulla tuloilmaa lämmitetään tarvittaessa.

### 3.2.2 Tuotantotilojen ilmanvaihto

Tuotantotilojen ilmanvaihto on toteutettu Polartherm Oy:n Polar E-100-ilmalämmittimellä (kuva 4). Ilmalämmitin on tarkoitettu käytettäväksi teollisuushalleissa, varastoissa, myymälätiloissa, maalaamoissa, kasvihuoneissa ja muissa tiloissa, joissa tarvitaan tehokasta ilmalämmitystä. Tällä öljykäyttöisellä ja puhaltimella varustetulla hallilämmittimellä saadaan aikaan lämpimän ilman kierto lämmitettävässä tilassa. Lämmin ilma voidaan kanavoida tasaisesti lämmitettävälle alueelle, kuten tässä tapauksessa on tehty. Kesällä hallilämmitintä voidaan käyttää pelkkään tuuletukseen kytkemällä öljypoltin pois käytöstä. Talvella lämmittimen voi jättää kylmäksi ilman jäätymisvaaraa, koska laitteessa ei ole vesikiertoa.



**KUVA 4. Ilmalämmitin Polar E-100**

Ilmalämmitin on kytketty ilmanvaihtoon, jolloin lämminilma saadaan puhallettua tasaisesti halliin katossa olevien IV-kanavien kautta. Lämmittimelle tuleva 2100 l/s ilma on sekoitussuhteella 2/3 kiertoilmaa ja 1/3 ulkoilmaa.

Ilmanvaihdon poisto on tehty erillisellä yleispoistolla, joka on kytketty toimimaan rinnan ilmanlämmittimen kanssa. Poistopuhallin sijaitsee keskellä hallia korkeimmalla kohdalla hallia, eli aivan katon harjan tuntumassa. Poistoilman määrä vastaa ulkoilman määrää eli 700 l/s. Hallin sisällä on erillinen kuivaustila, jossa on erillispoisto. Tätä erillispoistoa ohjaa tilassa sijaitseva kosteusanturi.

Normaalisti tulo- ja poistoilmamäärät ovat hallissa tasapainossa. Hetkellinen alipaine syntyy, kun kosteuskuorma ylittää kosteusanturin asetusarvon. Erillispoiston käynnis-

tyminen aiheuttaa ilmamäärän muutoksen, joka on 1000 l/s. Tästä johtuva alipaine kohdistuu lähinnä kuivaustilaan. Näin estetään kosteuden leviäminen muualle tuotantotilaan ja saadaan kosteus poistettua rakennuksesta.

### 3.3 Nykyiset kanavat

Halli on harjakattoinen, ja sisällä on viistot sisäkatot, jossa kattorakenteet on näkyvisissä. Ilmanvaihtokanavat on kuljetettu kattorakenteiden lomitse ja kannakkeet on kiinnitetty kattorakenteisiin. Kanavat ovat kierresaumattuja peltikanavia. Ilmalämmitin sijaitsee kutakuinkin keskellä hallia. Ilmanlämmitin on yhdistetty katon tuntumassa kulkevaan runkokanavaan. Runkokanavasta on jaettu neljästä kohtaa haarakanavat molemmille sivuille. Haarakanavien päissä on käyrät, joihin on kiinnitetty päätelaitteet.

Toimiston kanavointi on toteutettu ullakkotilassa eristetyllä kanavalla kiinnitettynä kattorunkoon. Sosiaalitilan kanavat kulkevat eristettynä runkorakenteen sisällä. Kohtaan, jossa tulo- sekä poistokanavat lävistävät hallin ja toimiston välisen seinän, on asennettu palonrajoittimet. Palonrajoittimet ovat Halton Oy:n valmistamia BSD-palopelpejä.

Pääperiaate ilmastointikanavien sijoittamiseksi paloturvallisesti on, että kullekin palotekniselle osastolle tulee koneelta oma kanava, joka kulkiessaan toisen osaston alueella on paloeristetty. Samassa kanavassa ei siten voi olla aukkoja eriosastoilla, ellei aukkoissa ole palonrajoittimia. (Tähti ym. 2002, 72.)

Palon leviämistä palo-osastosta toiseen voidaan estää mm. ilmankanavien yhdistämisaikarajoituksilla, palonrajoittimella ja palonkestävillä kanavilla. Kanava varustetaan yleensä palonrajoittimella, kun se lävistää osastoivan rakennusosan. Palonrajoitin valitaan siten, että se täyttää osastoivan rakennusosan palonkestoajat vaatimuksen. (E7, 6.)

### 3.4 Nykyiset päätelaitteet

Toimistossa ja sosiaalituloissa päätelaitteina on käytetty ilmanvaihtosuunnitelman mukaisia FläktWoods Oy:n KTS-tuloventtiileitä sekä KSO-poistoventtiileitä. Tuotantotiloissa sijaitsevan kuivaustilan erillispoiston päätelaitteina on käytetty niin ikään

FläktWoods Oy:n KSO-poistoventtiileitä. Yleispoiston ja kiertoilman sisäänotossa päätelaitteena on käytetty suojaverkolla olevia imukartioita.

Hallin tuloilman päätelaitteina on käytetty FläktWoods Oy:n KH-ilmanhajottajaa, joka sopii myös termisen ilmanvaihdon päätelaitteeksi. Ilmanvaihtosuunnitelman mukainen päätelaite olisi ollut Halton Oy:n THL-ilmanhajottaja.



**KUVA 5. FläktWoodsin KH päätelaite**

### **3.5 Hallin nykytila**

Tuotantotiloissa on terminen ilmanvaihto eli tuloilmaa lämmittämällä lämmitetään hallia. Ilmanvaihdon poisto tapahtuu katonrajassa olevalla erillispoistolla. Ongelmana on lämpimän ilman jääminen katonrajaan. Oleskeluvyöhykkeellä lämpötila jää liian alhaiseksi talvella kovien pakkasten aikaan. Myös tuotannossa syntyvä kosteus sitoutuu ilmaan eikä poistu kunnolla rakennuksesta. Tuotantotiloissa joudutaan käyttämään erillispuhaltimia, joiden avulla ilmakerrostumat saadaan sekoittumaan.

## **4 SUUNNITTELUPERUSTEET**

### **4.1 Mitoitusperusteet**

”Ilmavirtojen mitoitus perustuu seuraaviin tavoitteisiin (Neste 1990, 23):

- ilmaa vaihdetaan niin paljon, kuin epäpuhtauksien ja kuormitustekijöiden (pölyt, kaasut, kosteus, yllilämpö) hallitseminen vaatii
- ilmaa tuodaan sisälle niin paljon kuin poistot ja prosessi vie sitä pois

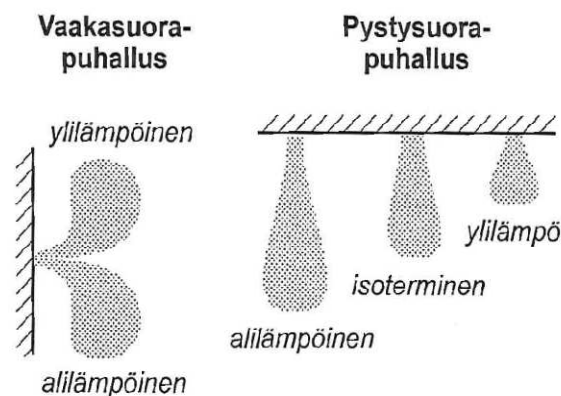
- ilmaa vaihdetaan niin paljon kuin määräykset edellyttävät
- ilmaa vaihdetaan niin paljon, että sen raikkaus on tyydyttävä.”

Suomen rakennusmääräyskokoelman D2 antaa työtiloille, jossa tehdään keskiraskasta tehdastyötä minimi ulkoilmavirraksi  $1,5 \text{ (dm}^3\text{/s)/m}^2$  (D2, 26).

Mitoitusperusteita tarkastelemalla selvitettiin kohteen suunnittelijan tekemät mitoitukset. Samalla tarkastettiin ilmamäärien riittävyys kohteen ilman epäpuhtauksien ja kuormitustekijöiden poistamiseksi.

#### 4.2 Ilmanjakomenetelmät ja niiden soveltuvuus kohteeseen

Ilmanjako ratkaisee ilmastoinnin toimivuuden. Teollisuustiloissa on tyypillistä suuret mitat sekä yli- ja alilämpötilat. Ilmasuihkujen taipuma ja heittopituus on huolellisesti laskettava kunnollisen tuloksen aikaansaamiseksi (kuva 6). Monesti prosessin muutosten takia suunnattavuus on välttämätöntä. (Neste 1990, 108.)



**KUVA 6. Tuloilman lämpötilan vaikutus ilmasuihkun taipumaan keskiakselin suhteen (Seppänen 2004, 146)**

”Ilmanjaon teknisiä tavoitteita ovat (Neste 1990, 32):

- virtaukset hallitaan kaikilla halutuilla alueilla
- ei ylitetä vetokriteereitten nopeuksia



- ei kiihdytetä emissiota, esim. haihtumista
- ei häiritä kohdepoistoja
- ei nosteta pölyä ilmaan.”

#### 4.2.1 Sekoitus- eli laimennusilmanvaihto

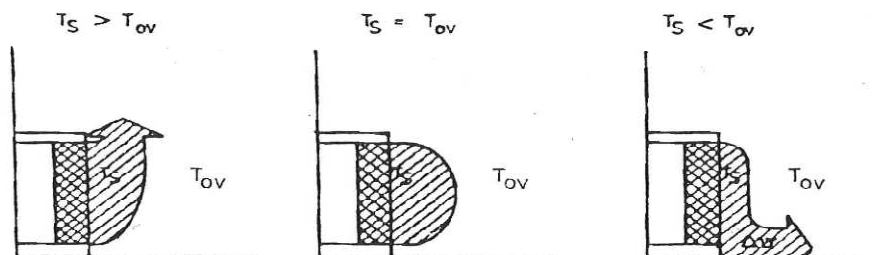
Laimennusmenetelmässä pyritään voimakkaalla sekoituksella tasaamaan olosuhteet eri puolella hallia siten, että taataan tuloilman sekoittuminen kaikkialla halutulla vyöhykkeellä. Tuloilmalaitteilla tulisi olla hyvä sekoitussuhde eli induktio ja yleensä suuri impulssi, jotta ilma huuhtelee kaikki paikat. (Neste 1990, 41.)

Huoneilmavirtauksia hallitaan yleensä tulo- tai/ja kierrätysilmasuihkuilla. Päätelaitteena käytetään esimerkiksi horisontaalisia keskitettyjä suihkuja, kattohajottajia tai korkeaimpulssisia suutinmenetelmiä. (Tähti ym. 2002, 45.)

Sekoitusilmanvaihto on tässä tapauksessa paras vaihtoehto, koska näin saadaan lämpö sekä ilma jakautumaan tasaisesti hallissa. Tämä on myös ilmanjakotapa, jota käytetään yleisesti ilmalämmityksen yhteydessä.

#### 4.2.2 Syrjäytysilmanvaihto

Syrjäyttävässä ilmanvaihdossa tuloilman virtausnopeus on alhainen ja heittokuvio jää lyhyeksi lämpimän ilman kiertyessä ylöspäin heti päätelaitteelta ulostullessa. Jos kyseessä ei olisi terminen ilmanvaihto, heittopituus olisi huomattavasti pidempi ja syrjäyttävä ilmanjako olisi käyttökelpoinen ilmanjakotapa (kuva 7). Rajoitteena olisivat kuitenkin päätelaitteet, jotka vievät lattia- ja seinänvieritilaa.



## **KUVA 7. Tuloilman käyttäytyminen lämpötilasta riippuen syrjäytysilmanvaihdossa (Neste 1990, 38)**

### **4.3 Lämmityksen mitoitus**

Teollisuuden lämmitystehon tarpeen määrittelyssä on syytä kiinnittää huomiota sisäisten lämmönlähteiden ja mahdollisten lämmöntalteenottojärjestelmien huipputehoa alentavaan vaikutukseen sekä lämmitystehon ajalliseen vaihteluun. Lämmöntuotanto- ja lämmönjakolaitteistojen mitoitusperusteena oleva tehon tarve määritetään ajan kohdalla, jolloin tehontarve on suurin. Tällöin otetaan huomioon epäjatkuvan lämmityksen, palamisilmankäytön sekä ilmavirtojen pienentämisestä aiheutuvat vaikutukset. Epäjatkuvaa lämmitystapaa käytettäessä suurin lämmitysteho esiintyy seisokkijakson jälkeisen lämmityksen tehostamisjakson aikana. (Neste 1990, 3)

## **5 NYKYISEN RATKAISUN PERUSTEET**

Suunnitteluratkaisujen perusteita selvitettiin tapaamalla suunnittelija, joka aikanaan suunnitteli hallin lämmitysjärjestelmän ja ilmanvaihdon. Ongelmana on hallitilan korkeus, jossa lämpö pyrkii katonrajaan. Hän oli tiedostanut korkeusongelman jo suunnitteluvaiheessa. Alakatto kattotuolien alapinnassa olisi parantanut tilannetta estämällä lämpöä karkaamasta liian ylös ja helpottanut näin ilmavirtojen hallintaa.

Nykyisen ilmalämmitysjärjestelmän toimivuus käytännössä kyseenalaistettiin. Suunnittelijan mukaan vastaavia järjestelmiä suunnitellaan ja toteutetaan edelleen suurissa tiloissa, joissa edellytetään tehokasta ilmanvaihtoa ja ilmankiertoa.

Ilmanjakotavoista myös keskusteltiin, kumpi sopisi paremmin kohteeseen syrjäyttävä vai sekoittava ilmanjako. Hänen selkeä kantansa oli sekoittavailmanjako ja perustelut olivat samat, jotka on jo aiemmin tässä työssä tullut mainittua. Myös sekoittavan ilmanvaihdon päätelaitteiden merkityksestä keskusteltiin. Suunnitelmissa päätelaitteena oli Halton Oy:n THL. Ilmanvaihtourakoitsija oli asentanut FläktWoods Oy:n KH päätelaitteen. Suunnittelija ei ollut tietoinen päätelaitteen vaihdosta, mutta sanoi, ettei päätelaitetyypin vaihto vaikuta merkittävästi ilmanjakoon. Molempien valmistajien päätelaitteet ovat tarkoitettu myös termiseen ilmanvaihtoon. Tätä tukee myös valmis-

tajien simulointiohjelmat, jotka antoivat hyvin samankaltaiset heittokuviot päätelaitteille.

Lämmön talteenotosta keskusteltiin myös. Poistopuhallin poistaa lämmintä ilmaa hallin korkeimmalta kohdalta suoraan ulos. Suunnittelijan mukaan toteutus on mahdollinen, mutta kyseenalaisti investoinnin järkevyyden. Lämmöntalteenotto olisi helppo asentaa poistopuhaltimeen, mutta lämmönsiirtoon tarvittaisiin väliaine. Lämmöntalteenoton lämmönluovuttaja pitäisi asentaa ulkoilmakanavaan, jossa jäätymisvaaran vuoksi olisi väliaineena glykoliliuos. Lämmönluovuttaja olisi asennettava ulkoilmakanavaan siksi, että lämpötilaero olisi riittävän suuri lämmönsiirtymisen maksimoimiseksi. Lämmönsiirtyminen olisi kuitenkin vähäistä, koska ilmalämmitimen käyttämättä ilmasta vain kolmasosa on ulkoilmaa ja kaksi kolmasosaa on jo valmiiksi lämmintä kiertoilmaa. Tästä johtuen hyöty lämmöntalteenotosta jää varsin pieneksi. Sitä paitsi kierrätysilman käyttö on jo lämmöntalteenottoa.

## **6 TUTKITTAVAT RATKAISUT**

### **6.1 Kohteen tarkastelu**

Ongelmaa lähestyttiin ensin tutustumalla olemassa oleviin laitteisiin ja niiden toimintaan. Ilmalämmittimen automatiikasta löytyi heti ongelma. Ilmalämmittimessä on kelloajastin, joka ohjaa lämmitystä. Kelloajastinta ei ollut ajastettu ollenkaan. Ohjauksessa on kaksi termostaattia, toinen yö- ja viikonloppukäyttöön sekä toinen tuotannon aikaiseen käyttöön lämpötilan säädössä. Kelloajastimella määritellään, kumpi termostaatti ohjaa kulloinkin ilmalämmitysjärjestelmää.

Kohteessa suoritettiin ilmamäärien mittaus, koska pöytäkirjaa aikaisemmista mittauksista ja säädöstä ei löytynyt. Mittaus ja säätö oli varmasti asennuksen jälkeen tehty, koska lopputarkastuksessa valvova viranomainen sen vaatii. Myös kanaviin oli porattu reikiä aikaisempia mittauksia varten ja ilmamäärät päätelaitteilta mitattuna olivat suunnitelman mukaiset. (Liite 1.)

Samalla tarkastettiin toimiston ilmanvaihto. Havaintona oli, että sosiaalituloissa ilmanvaihto ei toiminut kunnolla. Mittaus osoitti, ettei kanavissa liikkunut ilma. Ongelma

kuitenkin selvisi pian. Sosiaalitila on erillään toimistosta hallin puolella, mutta on saman ilmanvaihtojärjestelmän piirissä kuin toimistotilat.

Sosiaalitilan kanavat kulkevat toisen palotilan kautta, jolloin vaaditaan palonrajoittimet eli palopellit. Nämä palopellit oli asennettu jälkikäteen ilmeisesti paloviranomaisen vaatimuksesta, koska alkuperäisissä suunnitelmissa niitä ei ollut mainittu. Asentaja, joka palopellit oli asentanut, oli jättänyt palopellit virittämättä ja ne olivat kiinni. Kun mittaus suoritettiin uudelleen palopeltien avaamisen jälkeen, sosiaalituloihin virtasi ilmaa ja ilmamäärät olivat kohdallaan.

## 6.2 Päätelaitteet

Päätelaitteet Haltonin THL:n (Liite 2) ja FläktWoods:in KH:n (Liite 3) heittokuviot ovat muodollisesti hyvin lähellä toisiaan. THL:n heittokuvio on hieman parempi siksi, että lämmin ilma tulee lähemmäs oleskeluvyöhykettä verrattuna KH-päätelaitteeseen. Nykyisin myös FläktWoodsilta löytyy vastaava tuote Haltonin THL:n kanssa. FläktWoodsilla tuotteen nimi on KHL tai oikeammin KHLA, sillä FläktWoods on siirtynyt nelikirjaimisiin tuotenimikkeisiin. KH:kin on nykyisin KHAA. KH:n heittokuvio oli säädetty väärin tai oli kokonaan säätämättä. Päätelaite pitää olla säädetty termisessä ilmanvaihdossa niin, että heittokuvio on suoraan alaspäin eikä sivulle. Suoraan alas puhallettuna lämminilma saadaan mahdollisimman tehokkaasti oleskeluvyöhykkeelle.

Syrjäyttävässä ilmanvaihdossa ei termisen ilman heittopituudet riitä lämmittämään suurta hallitilaa. Ilmaa jouduttaisiin syöttämään liian kovalla nopeudella, jotta heittopituus riittäisi. Tämä kasvattaisi painehäviötä päätelaitteella ja aiheuttaisi myös ääniongelman. Sekoittava ilmanvaihto on näin ollen paras vaihtoehto. Lämminilma puhalletaan mahdollisimman alas ja näin ilman sekoittuminen tapahtuu lämpimän ilman noustessa ylös.

## 6.3 Lämmöntalteenotto

Lämmön talteenotto on toteutettavissa vain jäteilman ja ulkoilman välillä. Suurin osa hallissa käytettävästä ilmasta on kiertoilmaa (kuva 8). Jäätymisvaaran vuoksi lämmön

talteenotossa olisi käytettävä glykoliliuosta nesteenä. Investointi on kallis ja takaisin maksuaika pitkä saatavaan hyötyyn nähden.



**KUVA 8. Kiertoilman sisäänotto**

#### **6.4 Ilmansuodatus**

Kanaviin on kertynyt vuosien varrella sementtipölyä. Kanavat olisi hyvä nuohota sementtipölyn poistamiseksi sillä, kun ilmalämmittimen puhallin käynnistyy sementtipölyä pölähtää aina vähän tuloilmapäätelaitteista. Nuohoamalla ilmanvaihtokanavat saataisiin ilman epäpuhtaudet pois kierrosta. Pöly on nykyisin hyvin vähäistä ja lähinnä peräisin laastiasemalta, jossa pölyä syntyy vain laastiasemaa täytettäessä.

Sisäilman laadun pitäminen tavoiteltuna voidaan hoitaa puhaltamalla ulkoa otettua ilmaa tai käyttämällä saman tilan tai toisen tilan puhdistettua ilmaa. Yleisesti voidaan sanoa, että puhdistaminen on taloudellisesti mielekästä vain hiukkasmaisten epäpuhtauksien poistamisessa. Hiukkasmaisia epäpuhtauksia voidaan poistaa käytännössä vain kuitu- tai sähkösuodattimilla. (Neste 1990, 78.)

Suosittelavaa olisi kohdepoiston asentaminen lastiasemalle paremman pölynhallinnan aikaansaamiseksi. Tällöin suodatus ei olisi ilmanvaihdossa välttämätön.

### **7 ERILLINEN KOHDEPOISTO**

#### **7.1 Nykytilanne**

Nykyisen kuivaustilan poisto on järjestetty omalla huippuimurilla, joka puhaltaa jäteilmän suoraan ulos. Huippuimuria ohjaa kuivaustilan seinässä oleva kosteusanturi. Kuivaustilassa on neljä ilmanpoiston päätelaitetta. Niillä pyritään ilmanpoisto jakamaan mahdollisimman tasaiseksi kuivaustilassa. Ongelma kuitenkin on että kuivattavien tuotteiden eli elementtien saaminen kuivaustilaan on mahdotonta. Kuivaustila on tiilirakenteinen ja kulkuaukot ovat kuivaustilan sivulla, josta ei trukki mahdu sisälle. Elementit pitäisi pystyä kuljettamaan trukilla kuivaustilaan.

## 7.2 Kohdepoiston muutos

Vanha kuivaustila puretaan pois ja tehdään tilalle uusi käytännöllisempi tila. Elementtien kuivaushyllyt sijoitetaan seinän viereen ja poisto kanavoidaan hyllyjen yläpuolelle. Hyllyjen eteen rakennetaan siirrettävät, helposti liikuteltavat suojaseinät tai suoja- peitteet, jotta elementtejä on helppo viedä ja hakea pois kuivaustilasta. Tilan suojaseinien ei tarvitse ulottua lattiaan asti, koska siirtoilmaa hallinpuolelta pääsee näin kuivaustilaan. Kuivaustilan yläpuolella oleva poisto vie kuivauksessa syntyvän kosteuden pois rakennuksesta. Tällä tavoin saadaan kuivauksessa syntyvä kosteus paremmin hallintaan.

Nykyisin elementtien ruiskutus tapahtuu hallitilassa. Ruiskutettaessa syntyy suuri määrä kosteutta, joka jää leijumaan hallitilaan. Suositeltavaa olisi uuden huippuimurilla olevan kohdepoiston lisäämistä ruiskutuspaikalle. Jotta kosteuden hallinta olisi helpompaa, ruiskutuspaikallekin olisi suositeltavaa saada jonkinlaiset suojaseinät. Pelkkä poisto ei auta, ellei kosteutta saada ohjattua lähemmäs poistoa. Poistohuippuimurin ohjaus tulisi toteuttaa joko käsikäytöllä tai kosteusanturilla.

## 8 KÄYTÖNOPASTUS

Tulevaisuudessa talotekniikan osuus tulee kasvamaan rakentamisessa johtuen tulevista energiamääräyksistä. Samoin talotekniikan osuus rakentamiskustannuksista tulee kasvamaan. Taloteknisillä laitteilla on oikein käytettynä selvä vaikutus rakennusten käyttökustannuksiin. Määräykset vaativat ja niistä on luvattu myös rahallista hyötyä rakennusten energiatehokkuuden parantuessa. Käyttäjät varmasti myös haluaa käyttää hankkimiaan laitteita oikein saadakseen niistä kaiken tuon hyödyn irti.

Läheskään kaikki pienyrittäjät eivät tiedä tai osa käyttää omistamiensa kiinteistöjen talotekniikkaa, niin kuin ne on suunniteltu käytettäväksi. Monesti heillä ei ole aikaa tai halua opetella käyttämään taloteknisiä laitteita. Varsinkin pienemmillä paikkakunnilla ei välttämättä ole edes huoltoyhtiöitä, jotka pitäisivät näistä laitteista huolta. Monelle yrittäjälle huoltoyhtiön mukaan tulo voi myös olla suuri taloudellinen rasite.

Monille yrittäjille kiinteistön omistaminen on välttämätöntä, jotta olisi toimitilat, joissa toimia. Kaupunkien ja kuntien pitäisi pystyä enemmän järjestämään toimivia toimitiloja vuokrattavaksi yrityksille. Näin yrittäjät pystyisivät keskittymään siihen osaluueeseen, jonka oikeasti hallitsevat. Kunta tai kaupunki saisi vuokratuloja, joilla kiinteistöjen huolto pystyttäisiin keskittämään osaaviin käsiin. Tästä hyötyisi sekä omistava taho, että yrittäjä ja lisäksi kiinteistöjen kuntotaso olisi varmasti parempi.

Tulevaisuutta ajatellen käytön opastuksessa suunnittelijan tulisi olla myös mukana. Nyt urakoitsija pitää käyttökoulutuksen ja tulkitsee suunnittelijan ajatuksia käyttäjälle. Näin välttyttäisiin väärin käsityksiltä käytön opastuksen suhteen. Tarkoitus ei ole siirtää vastuuta suunnittelijalle vaan urakoitsija olisi myös mukana kertomassa, kuinka asia on toteutettu. Näin pääkäyttäjällä ja sitä kautta heidän huoltoyhtiöllään olisi tieto, miten asioita hoidetaan. Tällöin vastuu ja samalla oikea tieto huollosta ilman ylimääräisiä välikäsiä siirtyisi oikealle taholle. Myös käyttäjän pitäisi olla paikalla, sillä monesti kilpailutetaan huoltoyhtiöitä ja tieto ei välity huoltoyhtiöltä toiselle, joten kilpailuttajan täytyisi myös osata opastaa uusi huoltoyhtiö käyttämään kyseistä tekniikkaa. Monesti yrityksillä on omia taloteknisiä ratkaisuja mukana, jotka vaikuttavat tuotantoprosesseihin tai ovat osana sitä.

## 9 POHDINTA

Tavoitteena tässä työssä oli selvittää ilmalämmityksestä aiheutuvien lämpötilakerrostumien muodostumiseen vaikuttavat tekijät ja pyrkiä löytämään ratkaisu kerrostumien vähentämiseen sekä tuotannossa syntyvän kosteuden hallintaan. Suurimmat ongelmat olivat siinä, ettei päätelaitteita ollut säädetty termiselle ilmalle. Kosteuden poisto oli puutteellinen, koska varsinaista kuivaustilaa ei voitu käyttää tilan oviaukkojen pienenä takia. Myös elementtien ruiskutus tapahtuu tilassa, jossa ei ole hallittua kos-

teuden poistoa. Automatiikan säätö oli jäänyt tekemättä. Käytönopastus käyttäjälle on ollut puutteellista tai jäänyt kokonaan pitämättä.

Ilmanvaihdon tulo ja poisto eivät toimineet rinnan, joten osittain kosteusongelma nähdäkseni johtuu siitä. Jos poisto toimisi sen suuruisena kuin on suunniteltu, lämpöhäviö olisi poistoilman kautta suurempi ja tämä vaikuttaisi öljyn kulutukseen. Tulevaisuutta ajatellen, jos uutta hallia suunnitellaan, lämmönkehitys tulisi tapahtua muutoin kuin öljyllä.

Vanha ilmavaihto ennen säätöä toimi ilmamäärällisesti oikein päätelaitetta kohden. Ongelma oli, että lämmin ilma kääntyi ylös liian nopeasti. Ratkaisuna oli päätelaitteiden säätö niin, että lämminilma puhalletaan mahdollisimman lähelle lattiaa. Tällä säästetään paras lämmitysvaikutus oleskeluvyöhykkeelle ja lämpö jakautumaan tasaisemmin.

Tulevaisuudessa uutta hallia suunniteltaessa tarpeettoman korkeita tiloja kannattaa välttää. Lämmönjakomuotona vesikierrolla oleva säteilylämmitys olisi yksi järkevä vaihtoehto. Sillä saadaan tasainen lämpövaikutus aikaan jopa 10 metriä korkeissa tiloissa. Toisena vaihtoehtona voisi olla vesikierrolla varustetut kiertoilmakojeet, jotka ovat sijoitettuna erikseen hallissa, joilla saadaan aikaan tasainen lämpövaikutus ja ilmankierto. Teollisuushalleissa yleisesti lattialämmitys ei ole paras mahdollinen lämmönjakomuoto tilojen muunneltavuuden kannalta. Tällöin lattiaan ei voi kiinnittää mitään jälkeempään.

Näillä toimenpiteillä, joita tässä työssä on esitetty, nykyisen hallin ilmanvaihto ja lämpöolosuhteet saadaan lähtötilannetta paremmalle tasolle. Uusia toimitiloja suunniteltaessa tulee ottaa tuotannon näkökulma paremmin huomioon. Näin saadaan aikaan tuotteen laadun kannalta paras toimintaympäristö.



**LÄHTEET**

NESTE, AIR-IX, EKONO. 1990. Teollisuusrakennusten lämmitys ja ilmastointi. NESTE.

Tähti, E, Selin, M, Railio, J, Sainio, S, Hagström, K, Niemelä, R, Kulmala, I, Sulamäki, H, Sjöholm, P, Laine, J, Kuoksa, T, Pöntinen, K. 2002. Teollisuusilmastoinnin opas. Suomen talotekniikan kehityskeskus.

Halminen, E, Kuvaja, O, Köttö, R. 1994. Ilmastointitekniikka. Rakennusalan kustantajat.

Ympäristöministeriö. 2010. Suomen Rakentamismääräyskokoelma D2.

Ympäristöministeriö. 2010. Suomen Rakentamismääräyskokoelma E7.

Seppänen, O. 2004. Ilmastoinnin suunnittelu. Talotekniikka-Julkaisut.

Seppänen, O, Seppänen, M. 2007. Rakennusten sisäilmasto ja LVI-tekniikka. Sisäilmatieto.

## Mittauspöytäkirja

Mittauskohde	<b>Kevee Oy</b>	Tila	<b>Teollisuushalli</b>
Mittalaite	<b>Air Flow TA 460-P</b>	Serial Number	<b>TA4600848001</b>
Päätelaiteet	<b>KH-315</b>	Päivämäärä	<b>26.3.2011</b>
Suunnittelu-arvo	<b>260 l/s</b>		

<b>Päätelaite 1</b>		
	m/s	l/s
Ylin	3,52	274,23
Alin	1,68	130,67
Keskiarvo	2,81	219,37

<b>Päätelaite 2</b>		
	m/s	l/s
Ylin	3,17	247,37
Alin	2,46	191,71
Keskiarvo	2,81	219,11

<b>Päätelaite 3</b>		
	m/s	l/s
Ylin	3,62	282,45
Alin	2,53	197,32
Keskiarvo	3,21	249,94

<b>Päätelaite 4</b>		
	m/s	l/s
Ylin	3,32	258,86
Alin	2,85	222,22
Keskiarvo	3,10	241,90

<b>Päätelaite 5</b>		
	m/s	l/s
Ylin	3,46	269,35
Alin	3,13	210,56
Keskiarvo	2,70	243,74

<b>Päätelaite 6</b>		
	m/s	l/s
Ylin	3,04	236,83
Alin	2,70	210,60
Keskiarvo	2,85	222,44

<b>Päätelaite 7</b>		
	m/s	l/s
Ylin	2,97	231,31
Alin	2,25	174,98
Keskiarvo	2,68	209,18

<b>Päätelaite 8</b>		
	m/s	l/s
Ylin	3,91	305,04
Alin	1,80	140,40
Keskiarvo	2,82	219,49

## **THL** Kartiokattohajotin

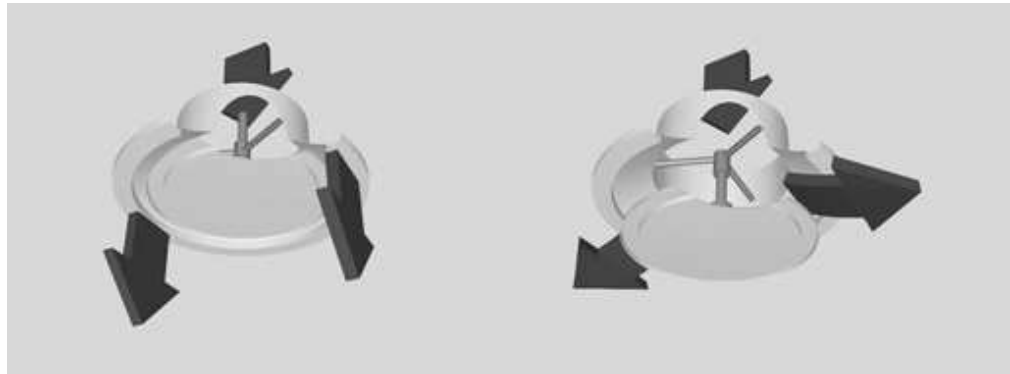


Vaaka- tai pystysuuntainen (kompakti tai radiaali ) säädettävä ilmasuihku, soveltuu sekä jäähdytys- että lämmityskäyttöön. Voidaan asentaa kattoon tai vapaasti (erityisesti korkeissa tiloissa). Pyöreä kanavaliitäntä on varustettu kumiivisteellä. Avattava etulevy helpottaa hajottimen ja kanavan puhdistusta.

### **Lisävarusteet**

Ilmavirran mittaus- ja säätötoiminnoilla varustettu tasaava liitäntälaatikko

## TOIMINTA



**Kompakti suihku**

**Radiaalisuihku**

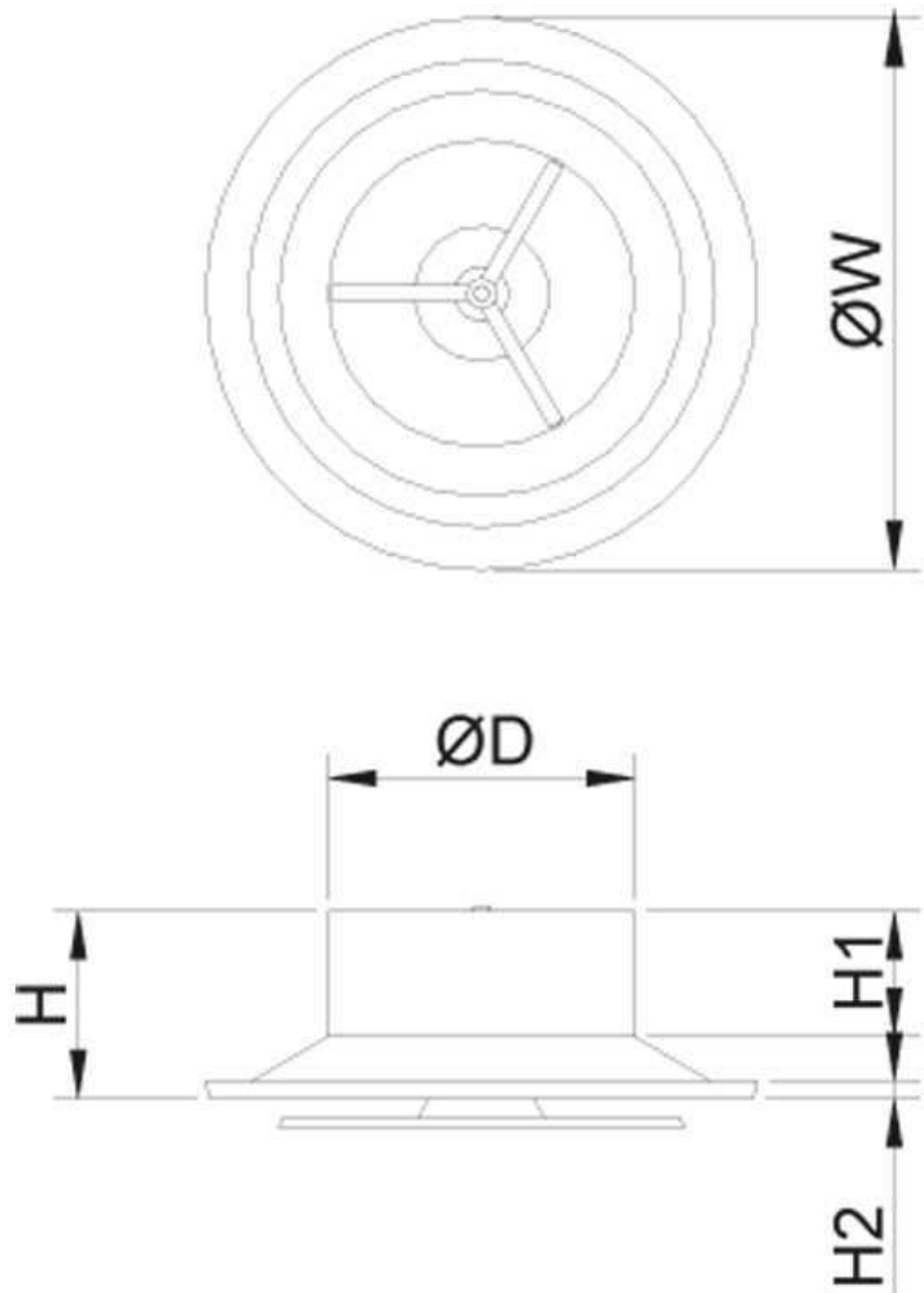
THL on kattohajotin, jossa on säädettävä virtauskuvio.

Vaakasuuntaista radiaalisuihkuä käytetään pääasiassa jäähdytys tilanteissa, ja pystysuuntaista kompaktia suihkuä käytetään lämpimän tuloilman puhaltamiseen lämmitystilanteissa.

Tuloilman virtauskuviota voidaan säätää kiertämällä etulevy haluttuun asentoon.

Suosittelava jäähdytystilanteen enimmäislämpötilaero tuloilman ja huoneilman välillä on 10 °C.

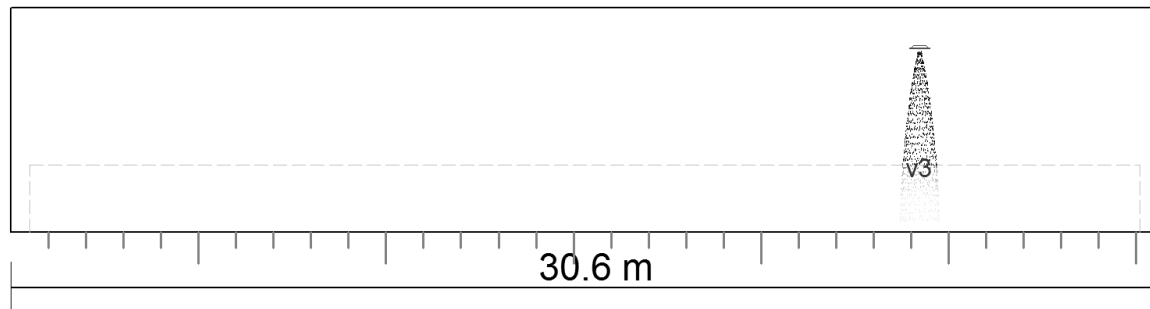
## MITAT



NS	ØW	H	H1	H2	ØD
100	286	97	25	9	99
125	286	97	25	9	124
160	286	97	25	9	159
200	354	81	30	10	199
250	440	84	39	12	249
315	546	102	52	14	314
400	685	135	70	14	399

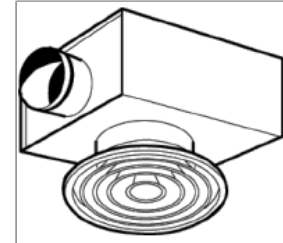
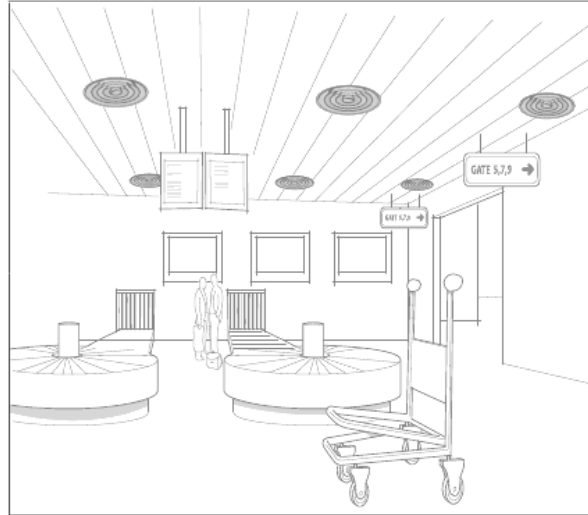
**Halton**

<b>Lämmitys</b>		<b>THL-315(C)</b>		2007.02
Huone:		Tuloilmavirta	260 l/s	
Huoneen mitat:	30.6 x 17.6 x 6.0 m		0.5 l/(sm <sup>2</sup> )	
Oleskeluvyöhyke:	h=1.8 m / dw=0.5 m	Tuloilman lämpötila:	25.0 °C	
Huoneilma:	20.0 °C / 50 %	Kokonaispainehäviö:	46 Pa	
Lämpöhäviöt:	-	Laitteen äänenpainetaso:	27 dB(A) 10m <sup>2</sup> sab	
Asennuskorkeus:	5.00 m	Kokonais äänenpainetaso:	13 dB(A)	
		Kokonaislämmitysteho:	1566 W	
			3 W/m <sup>2</sup>	
Nopeuspiste	v3			
v	~0.85 m/s			
▲T	0.7 °C			
v <sub>lim</sub> = 0.20 m/s				



Ilmanhajotin KH

## Ilmanhajotin KH



KH soveltuu käytettäväksi myymälä-, teollisuus-, ym. tilojen tuloilmalähteenä. Hajotin voidaan asentaa kattoon tai vapaaseen tilaan. Puhalluskuvio on säädettävissä. Hajotin voidaan toimittaa tasauslaatikolla, joka yhdessä KH hajottimen kanssa saa aikaan matalan äänitason.

## Pikavalinta

50Pa

Air diffuser	Diffuser connection	Box ATTB connection	Air flow range l/s at sound level		
			25 dB(A)	30 dB(A)	35 dB(A)
KH-100	100	100	26	34	-
KH-125	125	125	35	44	50
KH-160	160	160	53	65	80
KH-200	200	200	80	105	125
KH-250	250	250	125	145	165
KH-315	315	315	140	195	230
KH-125	125	100	30	40	-
KH-160	160	125	45	57	-
KH-200	200	160	58	83	105
KH-250	250	200	90	120	147
KH-315	315	250	127	175	220
KH-400	400	315	160	215	260

## Tuotetiedot

- Liitäntämitta 100 - 500 mm
- Heittokuvio on 360°
- Puhalluskuvio on säädettävissä vaak- tai pystysuoraksi sisäkartiota säätämällä

## Tuotemerkintäesimerkki

KH-160 + ATTB-125-160-0

Ilmanhajotin KH

## Rakenne ja toiminta, materiaali

### Toiminta

KH soveltuu käytettäväksi myymälä-, teollisuus-, ym. tilojen tuloilmalaitteena. Sen heittokuvio on 360° ja se voidaan asentaa kattoon tai vapaseen tilaan. Puhalluskuvio on säädettävissä vaak- tai pystysuoraksi sisäkartiota säätämällä. Hajottajan liitäntäyhde on varustettu kumitiivisteellä. KH kiinnitetään liitäntäyhdestä kanavistoon joko suoraan tai tasauslaatikon välityksellä. Ilmavirtojen säätö suoritetaan tasauslaatikossa olevalla säätöosalla.

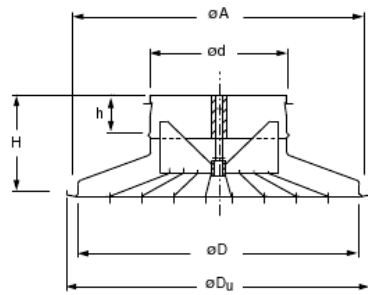
### Materiaali

Hajotin on valmistettu kuumasinkitystä teräslevystä. Hajotin on polttomaalattu, jolloin pinnan laatu on korkealuokkainen. Vakioväri on valkoinen RAL-9010, kiilto 30. Erikoistilauksesta hajotin voidaan maalata haluttuun värisävyyteen.



Ilmanhajotin KH

## Mitat



Koko	Mitat [mm]					
	$\varnothing d$	$\varnothing D$	$\varnothing D_u$	H	$\varnothing A$	h
100	99	259	280	115	269	30
125	124	259	280	95	269	30
160	159	310	339	100	320	30
200	199	414	450	115	424	30
250	249	518	560	135	528	40
315	314	612	668	155	622	40
400	399	825	890	175	835	75
500	499	1008	1080	210	1018	75

Ilmanhajotin KH

### 3D malli



Ilmanhajotin KH

## Laskenta

Tuotemerkintä: KHAA-31-1-1

Liitäntärivittä [mm]	315
Väri	Standardi RAL 9010
Liitäntälaatikko	Ei mitään
Laatikon liitäntärivittä [mm]	Ei mitään
Laatikkossa eristys	Ei
Pelti	Ilman
Lämmitys	Kyllä
Puhallussuunta	Alas
Vapaaaseen asentukseen	Kyllä

Huonelämpötila [°C]	24.0	20.0
Laitteen ilmavirta [l/s]	260.0	260.0
Ilmavirta (kaikki laitteet) [l/s]	260.0	260.0
Laitteen tuloilman lämpötila [°C]	20.0	25.0
Tuloilman teho [W]	1248	1560
Laitteiden määrä	1	
Ilman painehäviö [Pa]	14	14
Teho (kaikki laitteet) [W]	1248	1560
Äänitaso Lp(A) [dB]	26.3	26.3
Äänenpainetaso (kaikki laitteet) [dB]	26.3	26.3

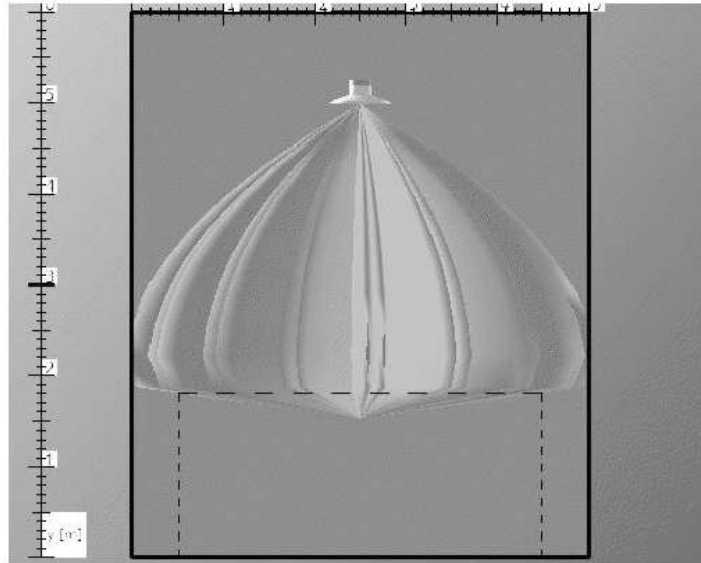
## Tekniset tiedot

	Jaahdytys	Lämmitys
NR arvo	0	0
NC value	0	0
Heittäpituus [m]	6.9	3.5
Pituus [m]	5.0	
Leveys [m]	5.0	
Korkeus [m]	6.0	
Sijainti x-akselilla [m]	2.5	
Sijainti z-akselilla [m]	2.5	
Sijainti y-akselilla [m]	5.0	
Loppunopeus [m/s] [m/s]	0.20	

Ilmanhajotin KH

## Heittokuvio

Näkymä edestä



Ilmanhajotin KH

### Käyttöönotto

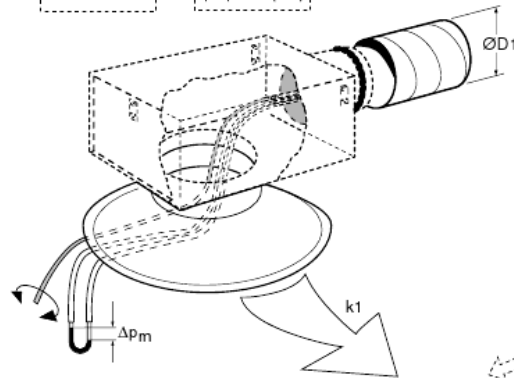


$$q = 3.6k \sqrt{\Delta p_m}$$

(m<sup>3</sup>/h) (Pa)

$$q = k \sqrt{\Delta p_m}$$

(l/s) (Pa)



ØD1	0ØD1	1-7 ØD1	>7ØD1
100	6.7	7.0	6.3
125	10.6	11.7	10.7
160	17.6	20.0	18.5
200	26.9	31.6	29.2
250	44.8	50.5	46.7
315	75.0	80.0	80.0

