



Satakunnan ammattikorkeakoulu

Pauli Santala

TEOLLISUUSHALLIN ILMANVAIHDON ESISUUNNITELMA

Tekniikka Pori
Energiatekniikan koulutusohjelma
LVI-tekniikan suuntautumisvaihtoehto
2008

TEOLLISUUSHALLIN ILMANVAIHDON ESISUUNNITELMA

Santala, Pauli Johannes
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Energiatekniikan koulutusohjelma
LVI-tekniikan suuntautumisvaihtoehto
Kesäkuu 2008
Ohjaaja: Heinola, Reino
UDK: 697.94
Sivumäärä: 56

Asiasanat: Teollisuus, sisäilmasto, ilmanvaihto, ilmastointi

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli laatia ilmastoinnin esisuunnitelma Raumalla sijaitsevaan YIT:n tehdashalliin. Työssä tutkittiin parhaat mahdolliset vaihtoehdot ilmanjakotavalle, päätelaitteille, kanaviston sijoittamiselle, ilmavirtojen suuruuksille sekä ilmastointikoneen sijoittamiselle. Ilmastoinnin lisäksi työssä selvitettiin sopivin lämmöntalteenottolaite ilmastointikoneeseen.

Kirjallisuuden, internetin sekä aikaisimpien kokemusten avulla perehdyttiin teollisuusilmastointiin ja laadittiin ilmastoinnin esisuunnitelma. Tämänhetkinen hallin sisäilmasto ei vastaa nykyaikaista teollisuushallien sisäilmaston laatua.

Hallin kohdepoistojärjestelmiä ei työssä ollut syytä muuttaa, koska ne toimivat vielä tehokkaasti. Kohdepoistot kuitenkin otettiin työssä huomioon ilmavirtoja laskiessa.

Uuden ilmastointijärjestelmän takaisinmaksuajaksi saatiin 5 vuotta.

Ilmastoinnin esisuunnitelma vastaa nykyaikaista hyvätasoista teollisuushallien ilmastointia, jolla pystytään hallitsemaan ilman epäpuhtauksia sekä tekemään vedoton sekä terveellinen työympäristö.

A PRELIMINARY PLAN FOR THE AIR CONDITIONING OF AN INDUSTRIAL HALL

Santala, Pauli Johannes
Satakunta University of Applied Sciences
Degree Programme in Energy Engineering
Field of Specialisation HVAC Engineering
June 2008
Supervisor: Heinola, Reino
UDC: 697,94
Number of Pages:

Key Words: Industry, indoor air, ventilation, air conditional

The aim of this Bachelor's thesis was to formulate a preliminary plan for an air conditioning system in an industrial hall which is located in Rauma. The study examines air distribution, terminal equipment, location of ducts, amount of air current and location of the air-conditioning machine. In addition to the air conditioning the most suitable heat recovery unit for the air-conditional machine was determined.

By means of literature, the Internet and previous experience, the challenges of industrial air conditioning were studied and the preliminary plan was made on the basis of that information. The current indoor air of the hall does not meet the quality of indoor air of modern industrial halls.

The local exhaust ventilations of the hall did not have to be changed because they still work effectively. However, local exhausts were taken into consideration when air current was calculated.

Repayment period of the new ventilation system was 5 years.

The preliminary plan of the industrial ventilation corresponds to the modern ventilation of an industrial hall of good quality. With this kind of ventilation, it is possible to control the impurities of the air and guarantee a healthy working environment without draught.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1 Johdanto.....	6
2 TEOLLISUUDEN ILMANVAIHTO	7
2.1 Sisäilmaston tavoitteet	7
2.2 Järjestelmät 8	
2.3 Ilman liike ja veto.....	10
2.4 Ilman epäpuhtaudet	10
2.5 YIT Tehdashallin ilmanvaihdon nykytila	11
3 ILMASTOINTIJÄRJESTELMÄN VALINTA	14
3.1 Mitoituksen perusteet	14
3.2 Ilmanjakotapa	16
3.3 Ilmavirtojen hallinta	17
4 ILMANVAIHTOLAITTEIDEN SIIJOITTAMINEN JA RAKENNE.....	18
4.1 Ilman otto ja poisto	18
4.2 Ilmanjakolaitteet	18
4.2.1 Tuloilma.....	19
4.2.2 Poistoilma	20
4.3 Kanavisto	21
4.4 Ilmastointikone	23
4.5 Lämmöntalteenotto	24
4.5.1 Lämmöntalteenottolaitetyypit.....	22
4.5.1.1 Valittu järjestelmä.....	26
4.5.2 Lämmöntalteenoton hyötysuhde	26
4.5.3 Lämmöntalteenoton erityisongelmat teollisuudessa	27
4.6 Oviverhot	27

5	KOHDEILMANVAIHTO	29
5.1	Kohdepoistojärjestelmä	29
5.1.1	Mittaukset.....	30
5.2	Kohdepuhallusjärjestelmä.....	31
6	ILMASTOINTIJÄRJESTELMÄN TAKAISINMAKSUAIKA.....	32
6.1	Lämmöntalteenoton säästö	32
6.2	Uuden ilmastointijärjestelmän kustannusarvio	34
7	YHTEENVETO	35
	LÄHTEET.....	36
	LIITTEET	

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on laatia ilmastonin esisuunnitelma Raumalla sijaitsevaan YIT:n halliin (Kuva 1.1)



Kuva 1.1 YIT Teollisuus sekä verkkopalvelut oy

Kohde on teollisuushalli, jota on rakennettu vaiheittain vuodesta 1978 lähtien. Kohde sijaitsee osoitteessa Latomäentie 2, 26101 Rauma. Rakennuksen kokonaiskerrosala on 3900 m², josta tehdashallin kerrosalaa on 3160 m². Kokonaistilavuutta rakennuksella on 36100 m³ ja siitä tehdashallin osuus on 33781 m³.

Tehdashallin ilmanvaihto on toteutettu koneellisena poistona. Tästä johtuen hallissa vallitsee suuri alipaine, mikä haittaa työskentelyä ovien avauduttua sekä aiheuttaa vedon tunnetta työntekijöille. Hallin korvausilma tulee pääosin oviraoista sekä rakenteiden raoista. Hallissa ei ole lämmöntalteenottoa.

Työssä pyritään löytämään sopivin ratkaisu ilmastointijärjestelmää valittaessa, jotta hallin alipaine saataisiin hallintaan sekä työntekijöille tuotettua terveellisempi ja miellyttävämpi työympäristö.

2 TEOLLISUUDEN ILMANVAIHTO

Peruserona teollisuusilmastoinnissa muihin tilojen ilmastointiin on se, että teollisuusilmastoinnissa mitoittavat tekijät ovat muut kuin ihmisperäiset tai rakennusten rakenteiden ja pintamateriaalien aiheuttamat päästöt. Mitoituksen tärkeimpiä tekijöitä ovat prosessin ominaisuudet. Tämän vuoksi tekninen vaatimus on usein huomattavasti suurempi kuin tavanomaisten tilojen ilmatekniikassa. (Tähti ym. 2002)

2.1 Sisäilmaston tavoitteet

”Ilmastointijärjestelmän valinnan ensimmäisiä perustehtäviä on sisäilmastotavoitteiden asettelu. Laatutavoitteissa on määriteltävä:

- termiset olosuhteet, ilman liikenopeus ja suhteellinen kosteus
- ilman epäpuhtauspitoisuusraja
- äänitaso
- yksilölliset säätömahdollisuudet
- olosuhteet tai kuormitus, joissa tavoitearvot saavutetaan”

(Neste ym. 1990)

Kohteen sisäilmaston tavoitteena on luoda halliin viihtyisä sekä tehokas työympäristö. Tavoitteena on myös suuren alipaineisuuden sekä ilman kovan vedon hallitseminen. Hallin tuotantoprosessi ei vaadi ilmastoinnilta sen enempää kuin siellä työskentelevät ihmisetkään.

2.2 Järjestelmät

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

Poistoilmaimun sekä tuloilmasuihkujen virtauskuviot poikkeavat suuresti toisistaan. Poistoilmaventtiilit vaikuttavat pelkästään välittömään läheisyyteen, eikä siis useimmiten ole kovinkaan merkityksellinen ilmastoinnin kannalta. Tästä huolimatta ei ole samantekevää, mihin poistoventtiilit asennetaan suhteessa sisäänpuhalluseliimiin. Poikkeuksena ovat tietysti erilaiset kohdepoistojärjestelmät, joissa epäpuhtauksia poistetaan välittömästi niiden muodostumiskohdasta. (Halminen ym. 1994)

”Ilmanjako ratkaisee viimekädessä ilmastointilaitoksen toiminnan. Ilmanjaon ja virtausten hallinta on keskeisin haaste myös teollisuushallien ilmastoinnissa.

Ilmanjaon teknisiä haasteita ovat:

- virtaukset hallitaan kaikilla halutuilla alueilla
- ei ylitetä vetokriteerien nopeuksia
- ei kiihdytetä emissiota, esim. haihtumista
- ei häiritä kohdepoistoja
- ei nostateta pölyä ilmaan”

(Neste ym. 1990)

Teollisuuden ilmanjakojärjestelmät voidaan luokitella kahteen perusjärjestelmään.

Sekoitus- eli laimennusilmanjako

Laimennusmenetelmässä pyritään voimakkaalla sekoituksella tasaamaan olosuhteet eri puolilla hallia siten, että taataan tuloilman sekoittuminen mahdollisimman tehokkaaksi kaikkialla halutuilla vyöhykkeillä. Sekoittavan järjestelmän tuloilmalaitteilla tulisi olla hyvä sekoitussuhde eli induktio ja yleensä suuri impulssi (jotta ilma huuhtelee kaikki paikat). Sekoituseriaate on usein tarkoituksenmukainen osavuotisessa käytössä tai pienillä lämpökuormilla. (Neste ym. 1990) Tässä järjestelmässä pyritään poistamaan epäpuhtauksien haittavaikutukset laimentamalla niiden pitoisuudet riittävän alhaisiksi ja pitämään lämpöolosuhteet vakiona koko huonetilavuudessa. Tiloissa, joissa on voimakkaita pistemäisiä lämpö- tai epäpuhtauslähteitä, ei sekoittava ilmanvaihto anna parhainta tulosta. (Seppänen 1990)

Syrjäyttävä ilmanvaihto

Syrjäyttävässä ilmanvaihdossa pyritään hyödyntämään tilassa olevien lämmönlähteiden kuten ihmisten aiheuttamia pystysuoria konvektiovirtauksia. Johtamalla alilämpöinen tuloilma hallin alaosaan, saadaan aikaan epäpuhtauksien kerääntyminen lämpimän ilman mukana tilan yläosaan mistä ne poistetaan. Syrjäyttävällä ilmanjaolla on mahdollista saada aikaan sekoittavaa ilmanjakoa huomattavasti tehokkaampi ilmanvaihto erityisesti tiloissa, joissa on lämpimiä epäpuhtauslähteitä. Silloin oleskelualueella on alhaisempi lämpötila kuin sekoittavassa ilmanjaossa samalla tuloilmavirralla. (Seppänen 1990) Syntynyt terminen rajakerros estää puhtaan ja likaantuneen ilman sekoittumisen keskenään ja työskentelyvyöhykkeelle muodostuu näin puhtaan ilman vyöhyke. (Neste 1987)

Lattialle sijoitettavat syrjäyttävät ilmanjakolaitteet vievät tilaa ja rajoittavat jonkin verran prosessilaitteiden sijoittelua ja muutosmahdollisuuksia. Laitteita ja muita kalusteita ei voida sijoittaa vapaasti varsinkaan saneerauskohteisiin. (Neste 1987)

2.3 Ilman liike ja veto

Vetokysymykset ovat teollisuusilmastoinnin hankalimpia ongelmia. Aina jos ilmaa joudutaan vaihtamaan lämpötilan tai epäpuhtauksien hallitsemiseksi, on ilman liikuttava. Käytännössä ilmasuihkut voivat yhtyä toisiinsa, ahtautua esteiden kohdalla, kääntyä esteistä väärään suuntaan jne. Vedon tunteen aiheuttaa ilman liikenopeus ja lämpötila. Vedon tunnetta aiheuttavalle teholliselle alilämpötilalle raskaassa työssä on annettu raja-arvoksi 3 °C. (Neste ym. 1990) YIT:n teollisuushallissa ongelmana tulee olemaan ilman kuljettaminen tasaisesti joka puolelle hallia ilman vedon tunnetta, koska etäisyydet ovat suuria.

Kun ilman keskinopeus kasvaa, lämmön siirtyminen tehostuu ja synnyttää vedon tunnetta. Samaan tapaan vaikuttaa ilman liikkeen vaihtelu. Aina mitä suurempi vaihtelu eli turbulenssi on, sen helpommin vedon tunnetta syntyy. (Seppänen 2004)

Ilman virtaukset saattavat häiritä tehdashallin prosessin osia eli yksikköoperaatiota. Tällaisia tekijöitä ovat suojaakaasuhitsaus, juotosliekit sekä kohdepoistot. (Neste ym. 1990)

2.4 Ilman epäpuhtaudet

Epäpuhtauksien hallinta ja poistaminen ilmastoitavasta tilasta kohdeilmastointiratkaisuin on yleensä tehokkain tapa. Ratkaiseva tekijä järjestelmävalinnan kannalta on epäpuhtauksien haitallisuus työntekijöille ja tuotantoprosesseille. Haitalliset epäpuhtaudet tulee aina pyrkiä poistamaan paikallisesti. Yleisilmastoinnilla ei voida hallita työpisteen epäpuhtauspitoisuuksia, jos työntekijä joutuu työskentelemään epäpuhtauslähteen läheisyydessä, kuten hitsaamisessa. (Tähti ym. 2002)

YIT:n tehdashallin epäpuhtaudet muodostuvat pääosin hitsauksesta, laitteiden koamisesta, hionnasta, leikkuutöistä ym. konepajan toiminnoista sekä ihmisistä.

2.5 YIT Tehdshallin nykytila

Tehdshallin kokonaiskerrosala on 3160 m² ja tilavuus 33781 m³. Hallilla on pituutta hieman alle 80 metriä, leveyttä hieman alle 40 metriä sekä korkeutta 9-10 metriä, riippuen paikasta.

Hallin ilmanvaihto on toteutettu lähes kokonaan pelkkänä koneellisena poistona. Korvausilma halliin tulee pääosin ovien sekä rakenteiden raoista sekä pieni osa työjohtotilan palautusilmasta.

Hallin katolla viisi huippuimuria, joista neljän poistoilmamäärä on 1700 l/s ja yhden 1400 l/s. Hitsauksen kohdepoistopuhaltimia hallissa on kaksi, joista toisen poistoilmamäärä on 1200 l/s ja toisen 1000 l/s. Hallissa on myös vielä ”soopakuupan” kohdepoistopuhallin, jonka poistoilmamäärä on 700 l/s sekä plasmapolton poistoilmahuoneen, jonka poistoilmamäärä on 500 l/s. Poistoilman määrä hallista kokonaisuudessaan on 11600 l/s. Halliin tulevan ilman määrä on 2200 l/s, joka muodostuu sosiaali-tilojen palautusilmasta sekä öljykattilahuoneen palautusilmasta. (LIITE 1A)

Suuri alipaine aiheuttaa veto-ongelmia, koska korvausilma tulee sisälle lämmittämättömänä. Ongelma korostuu hallin ovia avattaessa. Mm. hitsaus kärsii liian suuresta ilman vedosta. Kesällä ongelmana on ollut ovien avauduttua myös pölyn suuri määrä sekä pölyn sekoittuminen hallissa.



Kuva 2.1 YIT:n teollisuushalli

Hallin lämmitys hoidetaan kuvassa 2.2 näkyvillä 30 kappaleella 21 kW:n nestekaasusäteilijöillä, jotka tuottavat yhteisteholtaan 630 kW lämpöä. Nestekaasusäteilijät ovat suunnattu pisteisiin, joissa työskennellään. Säteilijät toimivat moitteettomasti ja hallin lämpötila on noin 17 °C.



Kuva 2.2 Tehdashallin seinillä sijaitsevat nestekaasusäteilijät

3 ILMASTOINTIJÄRJESTELMÄN VALINTA

3.1 Mitoituksen perusteet

”Ilmavirtojen mitoitus perustuu seuraaviin tavoitteisiin:

- ilmaa vaihdetaan niin paljon, kuin epäpuhtauksien ja kuormitustekijöiden (pölyt, kaasut, kosteus, yllämpö) hallitseminen vaatii
- ilmaa tuodaan sisälle niin paljon kuin poistot tai prosessi sitä vie pois
- ilmaa vaihdetaan niin paljon kuin määräykset edellyttävät
- ilmaa vaihdetaan niin paljon, että sen raikkaus on tyydyttävä”

(Neste ym. 1990)

Epäpuhtauksien perusteella ilmanvaihdon mitoittaminen on ongelmallista teollisuudessa. Suurin ongelma liittyy epäpuhtausvirtojen selvittämiseen. Vain satunnaisissa yksinkertaisissa tapauksissa prosessin asiantuntijat pystyvät luotettavasti arvioimaan päästöjä tai edes käsiteltäviä aineita. Toinen mitoitukseen liittyvä tekninen ongelma on epäpuhtauskentän syntyminen päästön lähellä. Altistuspitoisuus muodostuu tilan yleisilman ns. taustapitoisuudesta ja lähteiden aiheuttamista paikallisista lähteistä. Paikalliseen pitoisuuteen vaikuttavat monet tekijät, kuten työntekijän työasento ja työskentelytapa, joten asian matemaattinen hallinta luotettavasti on yleensä mahdotonta, vaikka laskentaa varten on joissakin tapauksissa kehitelty erilaisia kaavoja. (Neste ym. 1990)

Ilmanvaihdon tarve voidaan mitoittaa myös yllämpövirtojen tai kosteuden mukaan, mutta tässä kohteessa se ei ole tarpeen.

Suomen rakennusmääräyskokoelman D2:n mukaan keskiraskaan tehdastyöpaikan minimi ulkoilmavirta on 1,5 (l/s)/m². Tuloilmavirta on kuitenkin vähäinen tähän kohteeseen. Tehtaaseen, joka edustaa ilmastointijärjestelmän osalta uutta ja korkeatasoista tekniikkaa konepajateollisuudessa tuodaan ulkoilmavirtaa kuitenkin enemmän.

YIT:n tehdashallin tuloilmavirraksi lattianeliötä kohden valitaan 3 l/s, koska se vastaa nykyaikaista hyvätasoista teollisuushallien ilmastoinnin tuloilmavirtaa. Kohteen ulkoilmavirraksi saadaan:

$$q_v = q_u * A = 3 \frac{l/s}{m^2} * 3160 m^2 = 9480 \frac{l}{s}$$

q_v = ulkoilmavirta [l/s]

q_u = ulkoilmavirran tarve lattianeliötä kohden [$\frac{l/s}{m^2}$]

A = Tehdashallin pinta-ala [m²]

Tuloilmavirta ilmanvaihtokoneen kautta mitoitetaan 1,05 m³ pienemmäksi, koska sosiaalitalon sekä kattilahuoneen poistoilmapuhaltimet puhaltavat suoraan halliin. Kattilahuone on eri paloaluetta, joten palautusilman kanavassa täytyy olla palopelti. Tällöin tuloilmavirraksi saadaan:

$$q_v = 9480 \text{ l/s} - 1050 \text{ l/s} = 8430 \text{ l/s}$$

Poistoilmavirraksi valitaan sama ilmamäärä, kuin tulopuolella, mutta tästä vähennetään kohdepoistojen ilmavirrat, Näin hallin painesuhteet ovat aina tasapainossa tai kohdepoistoista riippuen hieman alipaineinen. Poistoilmavirraksi saadaan:

$$q_v = 9480 \text{ l/s} - 2200 \text{ l/s} = 7280 \text{ l/s}$$

$$\text{Tuloilmavirta} = 8,43 \frac{m^3}{s}$$

$$\text{Poistoilmavirta} = 7,28 \frac{m^3}{s}$$

3.2 Ilmanjakotapa

Tehdashallin ilmanjakotavaksi parhaiten soveltuu syrjäyttävä ilmanjako. Tällöin saadaan estettyä epäpuhtauksien leviäminen ympäri hallia sekä parantamaan työpisteiden ilman laatua. Ilmaa tuodaan halliin paljon, mutta syrjäyttävässä ilmanjaossa ilma tuodaan piennopeuslaitteilla, joten ilman nopeus ei kasva suureksi ja näin ollen hallin epäpuhtaudet eivät pääse pölyämään. Tarkoitus on tehdä työskentelytila hallissa ilmanvaihdon avulla puhtaaksi.

Lämmennyt sekä likaantunut ilma nousee ylös kohti poistoilmaventtiileitä. Yli 2,5 metrin korkeudelle nousseella ilmantilalla ei enää ole väliä, koska siellä ei työskennellä.

Ilma tuodaan halliin alilämpöisenä, jotta se kulkeutuisi mahdollisimman pitkälle lattiaa pitkin. Hallissa ongelmana tulevat kuitenkin olemaan pitkät etäisyydet piennopeuslaitteiden välillä. Hallin leveys on 40 metriä ja vaikka piennopeuslaitteita sijoitetaan myös keskelle hallia, jää välimatkaksi 20 metriä. Halliin siis sijoitetaan tuloilmalaitteet niin, että ne palvelisivat mahdollisimman paljon pisteitä, joissa suurimman osan ajasta työskennellään. Tarkoitus on kuljettaa ilmaa puhtaammasta likaisempaan päin.

Hallin keskiosaan sekä hallin takaseinällä sijaitseville hitsauspisteille tuodaan omat piennopeuslaitteet. Näin saadaan tehostettua kohdepoistojen toimintaa sekä parantamaan hitsareiden työskentelyalueen ilman laatua. Ilma tuodaan hitsareiden etupuolelta, jotta se kulkeutuisi lattian kautta ylös kohdepoistoihin vieden hitsauskaasuja mukanaan. Hitsari ei saa jäädä tuloilman sekä kohdepoiston väliin.

Hallin katossa sijaitsevat viisi huippuimuria, joiden yhteisteho on 8,2 m³/s jäävät kokonaan pois käytöstä. Huippuimurit jäävät pois, koska niiden liittäminen lämmöntalteenottolaitteeseen ei ole kannattavaa. Huippuimureihin tulisi rakentaa suodattimet sekä jonkinlainen vesi-glykolikiertoinen lämmöntalteenottopatteri. Edullisempaan järjestelmään päästään rakentamalla erillinen ilmanpoistojärjestelmä, joka menee ka-

navistoa pitkin suoraa ilmastointikoneeseen sekä lämmöntalteenottolaitteeseen. Näin ollen saadaan myös ilmavirtoja hallittua hallissa paljon paremmin.

Hallin likaisen ilman poistamisen toteutetaan poistoilmasäleiköillä. Laitteita sijoitetaan enemmän sinne, missä epäpuhtautta esiintyy enemmän.

Valitulla syrjäyttävällä ilmanvaihtotavalla pyritään saamaan viihtyisä sekä vedoton työympäristö sekä ennen kaikkea poistamaan hallin suuri alipaine, joka on talvella vedon pääasiallinen syy.

3.3 Ilmavirtojen hallinta

Mikään ilmanjakomenetelmä ei ole yleisesti toistaan ylivoimaisempi, vaan jokaiselle menetelmälle sopivat omat tyyppiset sovellusalueensa. Eri menetelmiä voidaan myös yhdistellä.

Yleisperiaatteena tulee myös olla se, että voimakkaat epäpuhtauspäästöt eristetään puhtaammista alueista mieluiten erillisiksi osastoiksi. Osastojen väliset painesuhteet valitaan siten, että likaisempi ilma ei leviä puhtaammalle osastolle.

YIT:n tehdashallissa ilmavirtojen hallinnan ongelmana ovat häiriövirtaukset. Hallissa sekoittavia virtauksia aiheuttavat monet asiat, kuten sähkömoottoreiden tuulettimet, ajoneuvot (trukit, kuorma-autot ym.), kaksi siltanosturia, ovien sekä rakenteiden aukot, ihmiset sekä lämpösäteilylähteet.

Häiriövirtaukset vaikuttavat juuri eniten syrjäyttävään ilmanjakoon, koska ilmaa puhalletaan pienillä nopeuksilla piennopeuslaitteista ja näin ollen pienetkin häiriötekijät vaikuttavat ilmavirtojen hallintaan helpommin.

4 ILMANVAIHTOLAITTEIDEN SJOITTAMINEN JA RAKENNE

4.1 Ilman otto ja poisto

Hallin jäteilma kuuluu poistoilmaluokkaan 4, koska se sisältää paljon epäterveellisiä epäpuhtauksia. Hallin kohdepoistopuhaltimet sijaitsevat keskellä kattoa, länsi- sekä pohjois-seinällä sekä katon länsipäädyssä. Ilmastointikoneen jäteilmailman poisto sijoitetaan katolle hallin lounaiskulmaan. Näin ollen jäteilmanpoisto on mahdollisimman kaukana raitisilman ottopaikasta.

Ulkoilman ottopaikka sijoitetaan sille kohdalle, josta saadaan otettua sisälle mahdollisimman puhdasta ilmaa. Ulko- ja jäteilman ottopaikkojen etäisyydet voidaan tarkastaa Suomen rakennusmääräyskokoelmasta D2. Ulkoilmalaite sijoitetaan pohjois-seinälle lännen päätyyn noin 3 metriä katon rajan alapuolelle.

Ilma-aukkoihin tulee mahdollisesti myös asentaa suojat estämään sadevettä sekä lunta pääsemästä sisälle.

4.2 Ilmanjakolaitteet

Ilmanjako ratkaisee ilmastoinnin toimivuuden. Tuloilma- sekä poistoilmalaitteet tulee olla oikein suunnattu, jotta ilmastointi palvelisi juuri niitä alueita kuin on suunniteltukin.

4.2.1 Tuloilma

Hallin syrjäyttävässä ilmanjaossa ilmanjakolaitteina käytetään FläktWoods Oy:n (kuva 4.1) lattialle sekä hieman lattiapinnan yläpuolelle sijoitettavia rei'itettyjä piennopeuslaitteita. Näin saadaan tuotua suuria ilmamääriä halliin ilman suurempaa vedontunnetta tai ilman pölyämistä.



Kuva 4.1 FläktWoods Floormaster DVHA

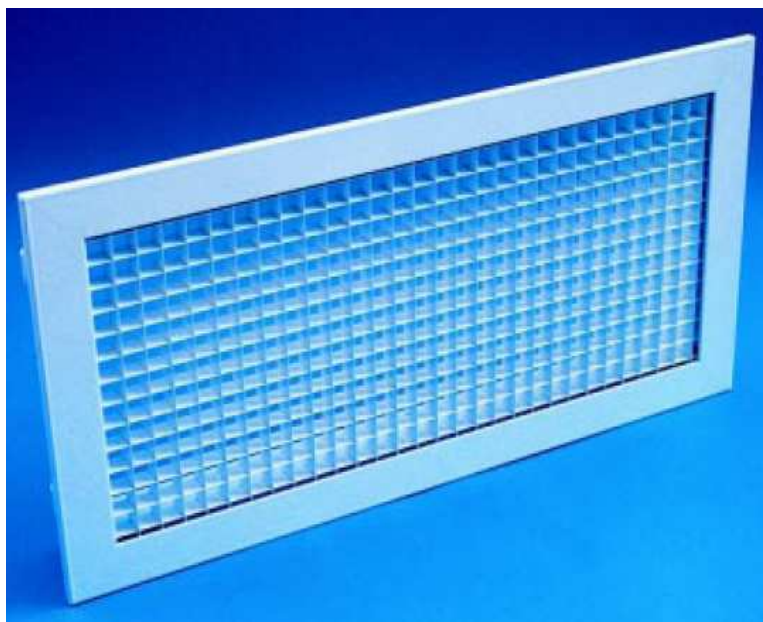
Piennopeuslaitteita (Liite 2A) sijoitetaan ympäri hallia. Kiinteisiin hitsauspisteisiin tuodaan omat pienikokoiset laitteet. Kohdepoiston tehokkuutta sekä työntekijöiden ilman laatua saadaan näin ollen tehostettua.

Suuremmat piennopeuslaitteet sijoitetaan hallin pohjois-, etelä- sekä länsiseinille. Hallin itäseinälle ei ilmanjakolaitetta kannata tuoda, koska työskentely siellä on vähäistä sekä seinässä on kaksi suurta ovea. Piennopeuslaitteita sijoitetaan enemmän hallin itäpäätyyn, koska ilman laatu on siellä puhtaampaa. (Liitteessä 2B on periaatepiirros tuloilmalaitteiden sijoittamisesta.) Poistoja puolestaan viedään enemmän hallin keskiosaan sekä hallin lounaiskulmaan, koska epäpuhtauksia syntyy siellä huomattavasti enemmän. Näin ilma saadaan kuljetettua puhtaammasta likaisempaan päin.

Koska hallin tuloilmamäärät ovat suuria, tarkoittaa se myös, että piennopeuslaitteiden koot ovat suhteellisen suuria. Suuremmat seinille asetettavat ilmanjakolaitteet ovat hieman yli kaksi metriä korkeita, melkein metrin leveitä sekä reilut puoli metriä syviä. Suurimmista piennopeuslaitteista tuodaan ilmaa noin 1000 l/s. Pienemmistä laitteista ilmaa tuodaan vähemmän, työpisteen tarpeen mukaan.

4.2.2 Poistoilma

Poistoilma hoidetaan hallissa jo ennestään olevilla kohdepoistoilla sekä hallin kattoon sijoitettavilla poistoilmasäleiköillä. Poistoilmasäleiköt ovat mallia FläktWoods USR (kuva 4.2). Näiden avulla, eripuolelle kattoa sijoitettuna saadaan ilmaa poistettua hallista tehokkaasti sekä halutulla tavalla.

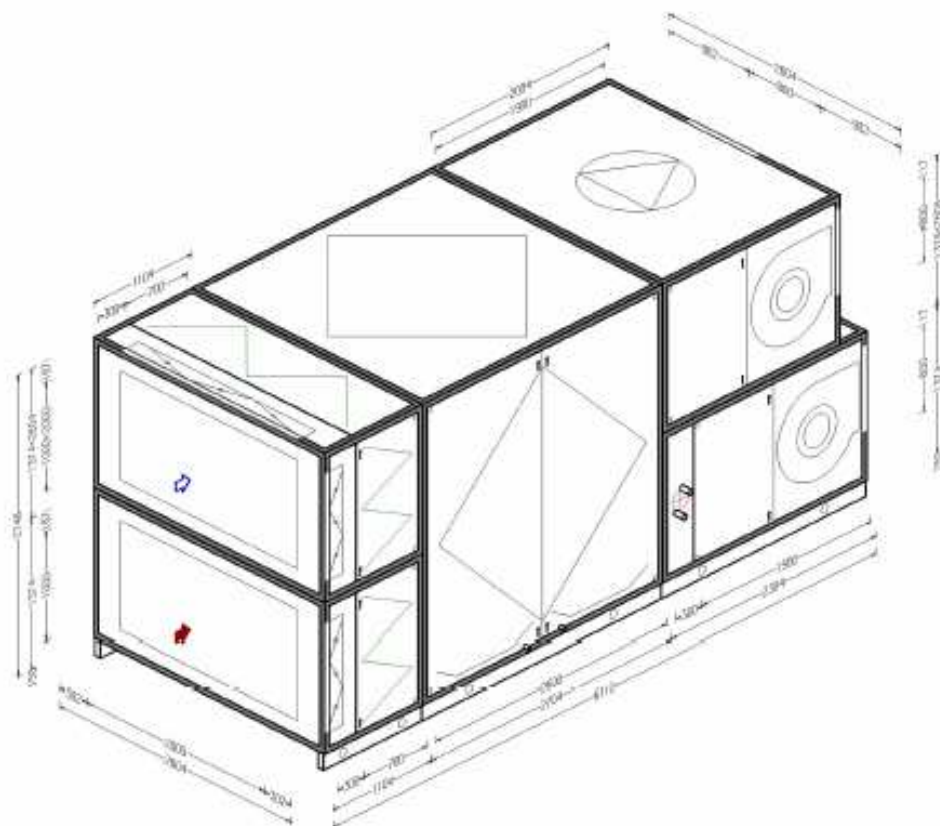


Kuva 4.2 FläktWoods USR poistoilmasäleikkö

Poistoilmasäleiköt (Liite 3A) sijaitsevat suurimmaksi osaksi hallin keskiosassa sekä hallin länsipäädyssä, koska suurin osa hallin epäpuhtauksista esiintyy siellä. Suurimmista säleiköistä ilmaa poistetaan noin 1000 l/s. (Liitteessä 3B on kuvattu poistoilmalaitteiden sijainti hallissa.)

4.3 Ilmanvaihtokone

Ilmanvaihtokone valitaan myöskin FläktWoods Oy:ltä (Liite 4A-N). Kone mitoite-
taan FläktWoods Oy:n Acon-valintaohjelmalla. Ohjelmaan syötetään halutut tulo-
sekä poistoilmamäärät, jotka hallissa ovat noin 8 m³/s tuloilmaa sekä 7,3 m³/s pois-
toilmaa. Myös tulo- sekä poistoilmapuolen painehäviöt pitää ilmoittaa. Painehäviöik-
si kumpaankin puoleen asetetaan 500 Pa. Seuraavaksi valitaan haluttu koneen malli
sekä tarvittavat komponentit. Lämmöntalteenottolaitteeksi tähän kohteeseen sopii
joko vesi-glykoli- tai levylämmönsiirrin. Tuloilmailman lämmittimeksi valitaan ve-
sikiertoinen lämmityspatteri, johon lämpö saadaan öljykattilasta. Jäähdytystä ei ko-
neeseen laiteta, mutta tyhjä paikka koneeseen jätetään varmuuden vuoksi, jos sellai-
nen tulevaisuudessa halutaan lisätä. Jäähdytykselle varattava tyhjä kohta ei koneen
hintaa nosta juuri lainkaan. Ohjelmalla valittu koneen tyyppi on FläktWoods EU
2000 (kuva 4.3).



Kuva 4.3 FläktWoods EU 2000 Ilmanvaihtokone

Kone on hieman yli 6 m pitkä, 2,75 m korkea sekä noin 1,4 m syvä. Ilmanvaihtokoneeseen kuuluu:

- 2 sulkupeltiä
- 2 suodatinta
- lämmönsiirrin
- ilmanlämmitin
- pelti-/liitäntäosat
- 2 radiaalipuhallinta
- paikka ilmanjäähdyttimelle

Kone asennetaan sisälle työnjohtotilan katon päälle (kuva 4.4). Sisälle asennettuna ns. konehuoneen hinta tulee huomattavasti halvemmaksi, koska ei tarvitse rakentaa esim. katolle konehuoneita, eikä kanavia näin ollen tarvitse eristää. Työnjohtotilan päällä on runsaasti tilaa kanavien sekä ilmastointikoneen huoltotilaa varten. Ilmanvaihtokoneiden huoltotilat on erikseen määrätty Suomen rakentamismääräyskokoelmassa. Koneesta täytyy pystyä irrottamaan kaikki komponentit huoltoja varten.



Kuva 4.4 Ilmastointikone sijoitetaan työnjohtotilan päälle hallin sisätilaan.

4.4 Kanavisto

Teollisuushallien kanaviston yleisperiaate on samanlainen kuin missä tahansa muual-
lakin. Kanavistosta tulisi tehdä mahdollisimman symmetrinen, jotta sen tasapainoitus
olisi helppoa sekä paineen korotuksen tarve mahdollisimman pieni. Ilmanvaihto-
kanavat sijoitetaan käytännössä rakennuksen ja prosessien sallimien tilamahdolli-
suuksien mukaan. (Neste 1990) Hallin katossa liikkuu kaksi siltanosturia, jotka kul-
kevat hallin päästä päähän. Tilaa kuitenkin jää seinille katon rajaan juuri sen verran,
että kanaviston mahtuu kuljettamaan sieltä.

Myös kanaviston mitoitus tapahtuu teollisuushalleissa samanlaisesti, kuten muissakin
rakennuksissa. Mitoituksessa käytetään mitoituskäyrästä (LIITE 5A) tai mitoitusoh-
jelmia. Tässä kohteessa ei kanaviston äänitasolla ole merkitystä, koska hallin jatkuva
äänitaso on niin korkea, että se ei merkitsisi enää mitään. Tästä johtuen voidaan ka-
navistossa käyttää myös suurempia ilman nopeuksia.

Tulo- sekä poistoilmakanavistot kulkevat rinta rinnan katon rajassa samaa reittiä
(Liite 6A). Näin saadaan tehtyä kanavisto hallissa symmetriseksi. Näin suurilla il-
mamäärillä etelään päin lähtevät kanavat ovat kokoa 1250 mm. Koska kanavien hal-
kaisija on yli metrin mittainen, tulee tulo- sekä poistoilmapuolen kulkea päällekkäin.
Itään päin lähtevien kanavien koot ovat 630 mm. Myös nämä kanavat kulkevat sei-
nän vieressä päällekkäin.

Kanavana käytetään FläktWoods Oy:n pyöreän muotoisia teräksestä valmistettuja
kanavaa. Teräs on materiaalina hyvä, koska se kestää korroosiota eikä kovetu tai hal-
keile. Kanaviston liitokset hoidetaan kumiliitoksin, joka tekee kanavistosta tiiviin.

Kanavistoon tulee myös asentaa puhdistusluukkuja siten, että kanavan joka kohta on
mahdollista puhdistaa tietyin aikaväleihin. Tässä kohteessa puhdistamaan pääsee pääte-
laitteista sekä kanaviston puhdistusluukuista.

4.5 Lämmöntalteenotto

Poistoilmassa olevasta lämpöenergiasta voidaan suuri osa saada palautettua takaisin tuloilman lämmittämiseen lämmönsiirtimen avulla. (Neste ym. 1990) Lämmöntalteenoton lämmönsiirtimessä lämmin poistoilmavirta jäähtyy ja viileä tuloilmavirta lämpenee. Poistoilmavirran luovuttama lämpöteho on yhtä suuri kuin tuloilman vastaanottama. (Seppänen 2004)

4.5.1 Lämmöntalteenottolaitetyypit

Pyörivät regeneraattorit

Laitteistossa tulo- ja poistoilman välillä pyörii kennomainen roottori, joka toimii lämmönsiirtomateriaalina. Roottori koostuu 1,5...2,5 mm:n läpimittaisista, virtauksen suuntaisista kennoista. Kennorakenteen ansiosta lämmönsiirtopinta-ala on suuri ja lämpötilahyötysuhde vastaavasti korkea, 70...85 %.

Regeneraattorin ongelmana on epäpuhtauksien siirtyminen tuloilmaan. Roottorin liikkumisesta johtuen tulo- ja poistopuolen välillä on ilmarakoja. (Neste 1987) YIT:n tehdashalliin ei laitteiston hyvästä hyötysuhteesta huolimatta voi laittaa pyörivää regeneraattoria, koska poistoilmassa on liikaa epäpuhtauksia palautettavaksi takaisin halliin.

Nestekiertoiset lämmönsiirtimet

Nestekiertoisessa lämmönsiirtimessä sijaitsee tulo- sekä poistoilmapuolella lämmöntalteenottopatteri sekä näiden välissä kiertävä kiertonesteputkisto. Pattereissa kiertää jäätymätön nesteseos, joka yleensä on vesietyleeniglykoliliuos.

Patterit ovat, kuin ilmastointipatteritkin, kupariputkia ja alumiinilamelleja. Nestekier-
toisen järjestelmän hyötysuhde on noin 45...55 %. (Neste 1987) Tämä on yksi mah-
dollisuus, joka soveltuisi YIT:n tehdashalliin.

Levylämmönsiirtimet

Levylämmönsiirtimissä (kuva 4.5) kulkee joka toisessa levyvälissä tuloilmaa ja joka
toisessa poistoilmaa. Virtaus tapahtuu ristivirtauksena, ja joissakin tapauksissa siir-
timiä asennetaan useampia peräkkäin korkeamman hyötysuhteen saavuttamiseksi.
Levylämmönsiirtimiä on olemassa myös vastavirtatyypisiä laitteita.

Lämmönsiirtimen levyt ovat yleensä alumiinia, mutta erikoistapauksiin on saatavana
muitakin vaihtoehtoja. Levylämmönsiirrin valmistajia löytyy monia eriä. Siirtimen
levyt ovat normaalisti aallotettuja tai poimutettuja. Levylämmönsiirtimen hyötysuhde
on luokkaa 55...65 %. (Neste 1987)



Kuva 4.5 FläkWoods Recuterm levylämmönsiirrin

4.5.1.1 Valittu järjestelmä

YIT:n hallin ilmanvaihtokoneen lämmönsiirtimeksi valitaan kuution mallinen levylämmönsiirrin. Hallin poistoilmassa on niin paljon epäpuhtauksia, että vaihtoehtoiksi jää nestekiertoinen- tai levylämmönsiirrin. Levylämmönsiirrin valitaan, koska siinä on hieman parempi hyötysuhde, eikä järjestelmä tarvitse pumppua lainkaan, kuten nestekiertoinen järjestelmä. Lämmönsiirrin kuuluu ilmanvaihtokoneen kanssa samaan pakettiin ja se myös valitaan samalla FläktWoods Oy:n ohjelmalla, kuin ilmanvaihtokone.

4.5.2 Lämmöntalteenoton hyötysuhde

”Lämmöntalteenottolaitosten kannattavuuteen (tai paremminkin voiton suuruuteen) vaikuttavat seuraavat tekijät voimakkaimmin:

- käyttöikä
- laitoksen koko
- säästetyn energian hinta
- poistupuolen kanavointitarpeet
- erityisolosuhteet (korroosion kesto, lika)
- lämmitysjärjestelmässä saavutettavat säästöt
- Lämmityskauden aikainen käyttöikä”

(Neste 1987)

Oleellista lämmityskustannusten kannalta on, pystytäänkö lämmöntalteenottoa käyttämään talvella kovien pakkasten aikaan täydellä teholla vai joudutaanko tehoa rajoittamaan lämmönsiirtimen huurtumisvaaran takia. (Neste 1987)

Lämmönsiirtimen hyötysuhteen voi laskea kaavalla:

$$\eta_t = \frac{t_{u2} - t_{u1}}{t_{p1} - t_{u1}}$$

η = lämpötilahyötysuhde

t_{u2} = tuloilman lämpötila lämmöntalteenoton jälkeen (°C)

t_{u1} = tuloilman lämpötila ennen lämmöntalteenottoa (°C)

t_{p1} = poistoilman lämpötila ennen lämmöntalteenottoa (°C)

4.5.3 Lämmöntalteenoton erityisongelmat teollisuudessa

Lämmöntalteenoton yksi erityisongelma teollisuudessa on laitteen nopea likaantuminen. Tämä saattaa myös näkyä YIT:n tehdashallin lto-laitteessa, koska ilmassa leijuu runsaasti hitsauspölyä ym. teollisuuspölyä. Tästä johtuen hallin levylämmönsiirrin tarvitsee säännöllistä huoltoa sekä puhdistamista. Lämmönsiirtimen eteen asennetaan suodatin estämään siirtimen likaantumista. Näin saadaan pidettyä siirrin kauemmin puhtaana suodattimia vaihtamalla. Myös korroosio saattaa olla ongelma teollisuuden lämmöntalteenottolaitoksissa, mutta kohteen laite on tehty alumiinista, joten korroosio ei tule olemaan ongelma tässä tapauksessa.

4.6 Oviverhot

YIT:n tehdashallissa suuria ovia joudutaan pitämään useaan otteeseen päivän mittaan auki tavarankuljetuksen vuoksi, joka aiheuttaa suurta vetoa halliin. Varsinkin talvisaikaan tapahtuu hallista voimakasta kylmän ilman sisäänvirtausta, joka aiheuttaa suu-

ria lämpöhäviöitä sekä ovien läheisyydessä työskenteleville epämiellyttävää sekä terveydelle haitallista vedon tunnetta.

Hallin eteläseinän ovella sijaitsee hallin ainoa ilmaverho (kuva 4.7). Tällä hetkellä siihen ei kuitenkaan olla kovin tyytyväisiä, mutta tämä saattaa johtua hallin suuresta alipaineesta. Oven aukaistaessa puhaltimet lähtevät käymään, mutta silti halli imee suuret ilmamäärät sisään aiheuttaen edellä mainittuja ongelmia. Uuden ilmastointijärjestelmän rakennettaessa saattaisi oviverhojen asennus muihinkin oviin olla hyvä ratkaisu, sillä kun hallin ilmamäärät saadaan tasapainoon, ei halli ime sisälle niin suuria ilmamääriä. Tällöin puhaltimet voisivat hyvin hoitaa hommansa ja varsinkin talvisai-kaan säästyttäisiin suurilta lämpöhäviöiltä.



Kuva 4.7 Tehdashallin eteläpäädyssä sijaitseva ilmaverho

5 KOHDEILMANVAIHTO

Kohdeilmanvaihto on usein tehokkain sekä edullisin tapa prosesseista vapautuvien epäpuhtauksien hallitsemiseksi. Tilanteissa joissa työntekijä työskentelee epäpuhtauslähteiden lähellä voi kohdeilmanvaihto olla ainoa tapa taata hyvä hengitysilma työntekijälle. Kohdeilmanvaihdolla voidaan myös suojata laitteita sekä ylimääräistä tilojen likaantumista. (Tähti ym. 2002) Kohdeilmanvaihto käsittelee perinteisesti kahta asiaa: kohdepuhallusta sekä kohdepoistoja.

5.1 Kohdepoistojärjestelmä

YIT:n tehdashallissa kohdepoistojärjestelmät poistavat suurimmat siellä syntyvät epäpuhtaudet. Hallin länsipäädyssä sijaitsee ”soopakuupan” kohdepoisto, joka poistaa 700 l/s ilmaa suoraan ulos. Kohdepoistoa käytetään erittäin harvoin. Pohjoisella on plasmapolton kohdepoistopuhallin, jonka teho on 500 l/s. Myös tätä kohdepoistoa käytetään vain satunnaisesti.

Hallissa on myös kaksi hitsauksen kohdepoistoryhmää (kuva 5.1). Toinen poistoryhmä sijaitsee keskellä hallia ja toinen hallin eteläpäädyssä. Keskellä hallia sijaitsevan ryhmän puhallin poistaa 1200 l/s ilmaa. Tässä ryhmässä hitsaaminen on jatkuvaa aamusta iltapäivään. Hitsauksen kohdepoistot toimivat hyvin, jos niitä vain oikein käytetään. Hitsauskartio tulisi aina viedä mahdollisimman lähelle hitsattavaa osaa, jotta epäpuhtaudet poistuisivat mahdollisimman tehokkaasti. Kaksi kohdepoistokartiota on poissa käytöstä. Kuudessa hitsauspisteessä joissa hitsataan, on ympärille rakennettu kevyet seinät, jotka myös tehostavat kohdepoistojen tehokkuutta. Osan hitsauspisteen kartio oli rikkoutunut ja ne tulisi korjata.



Kuva 5.1 Hitsauspisteen kohdepoisto

Eteläpäädyssä sijaitsevaa kohdepoistoryhmää ei käytetä aivan niin paljon, kuin keskellä sijaitsevaa, mutta sielläkin kuitenkin hitsataan. Myös tämän ryhmän kohdepoistot toimivat hyvin kunhan niitä vain käytetään oikein. Näissä hitsauspisteissä on myös kevyet seinät ympärillä. Ryhmän kohdepoistopuhallin poistaa ilmaa 1000 l/s.

5.1.1 Mittaukset

Kohdepoistojen tehokkuus varmistettiin mittaamalla jokaisen kohdepoistokartion päästä niiden ilmavirrat (Liite 7A). Mittalaitteena käytettiin Balometria sekä Swe-maAiria (kuva 5.2). Mittaukset suoritettiin kaikki kohdepoistot täysin avoimna, jotta saataisiin selville ilmavirrat sellaisessa tapauksessa, että jokaista kohdepoistoa käytettäisiin. Mittauksista selvisi, että katolla sijaitsevat puhaltimet toimivat hyvin. Jotkin kohdepoistokartiot olivat rikkoutuneet, joten niistä oli vaikeaa saada tarkkaa ilmamäärää mitattua.



Kuva 5.2 SvemaAir sekä Balometri

5.2 Kohdepuhallusjärjestelmä

Uuden ilmastointijärjestelmän tullessa halliin, tulisi hitsauspisteisiin tuoda myös kohdepuhalluslaitteita kohdepoistojärjestelmän lisäksi. Tämä tehostaisi kohdepoistojärjestelmän tehokkuutta sekä parantaisi huomattavasti työntekijän puhtaan ilman saantia.

Kohdepoiston puhallus tulisi tuloilmakanavasta ja päätelaitteet olisivat piennopeuslaitteita, kuten muuallakin hallissa. Piennopeuslaitteet sijoitettaisiin lattialle tai hie-
man lattian rajan yläpuolelle niin, että tuloilma suuntautuisi kohdepoistokartioon päin. Kohdepoistossa on tärkeä huomioida, että työntekijä ei saa jäädä puhalluksen sekä poistoilmalaitteen väliin.

6 ILMASTOINTIJÄRJESTELMÄN TAKAISINMAKSUAIKA

6.1 Lämmöntalteenoton säästö

Uuden ilmastointijärjestelmän kautta poistetaan ilmaa 7,28 m³/s. Koneen lämmöntalteenoton hyötysuhde on noin 60%.

Ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsema energia Q_{iv} saadaan kaavalla:

$$Q_{iv} = \sum(H_{iv}(T_s - T_u)\Delta t)/1000$$

Ilmanvaihdon ominaislämpöhäviö H_{iv} lasketaan kaavalla:

$$H_{iv} = \delta_{iv} * C_{pi} * q_v * t_d * r * t_v * (1 - n_a)$$

Q_{iv} = ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsema energia, kWh

H_{iv} = ilmanvaihdon ominaislämpöhäviö, W/K

δ_{iv} = ilman tiheys, 1,2 kg/m³

C_{pi} = ilman ominaislämpökapasiteetti, 1000 W/s/(kg/K)

q_v = poistoilmavirta, m³/s

t_d = ilmanvaihtolaitoksen keskimääräinen vuorokautinen käyntiaikasuhde, h/24h

t_v = ilmanvaihtolaitoksen viikoittainen käyntiaikasuhde, vrk/7vrk

r = muuntokerroin, joka ottaa huomioon ilmanvaihtolaitoksen vuorokautisen käyntiajan

T_s = sisäilman lämpötila, °C

T_u = ulkoilman lämpötila, °C

Δt = ajanjakson pituus, h

1000 = kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos kilowattitunneiksi

n_a = ilmanvaihdon poistoilman lämmöntalteenoton (LTO) vuosihyötysuhde tai keskimääräinen hyötysuhde laskentajaksolta.

Ilmanvaihdon laskelmat on laskettu taulukkoon 6.1.

kk	hki Tu	Ts-Tu °C	aika (Ts-Tu)*h h	(Ts-Tu)*h °Ch/1000
Tammikuu	-8,53	25,53	744	19,0
Helmikuu	-9,75	26,75	672	18,0
Maaliskuu	-1,68	18,68	744	13,9
Huhtikuu	1,8	15,2	720	10,9
Toukokuu	10,8	6,2	744	4,6
Kesäkuu	16	1	720	0,7
Heinäkuu	14,7	2,3	744	1,7
Elokuu	16	1	744	0,7
Syyskuu	9,69	7,31	720	5,3
Lokakuu	3,95	13,05	744	9,7
Marraskuu	1,42	15,58	720	11,2
Joulukuu	-3,85	20,85	744	15,5
				111,3
Qiv:n lto vuodessa	208 359	kWh		
sisälämpötila		17 °C		
vrk -käyntiaika		12 h		
vko-käyntiaika		5 pv		
lto:n hyötysuhde		60 %		

Taulukko 6.1 Ilmanvaihdon laskut.

Nestekaasun hinnalla 0,117 €/kWh (alv. 0%), saadaanlämmöntalteenoton vuotuiseksi säästöksi:

$$0,117 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} * 208359 \text{ kWh} = 24378 \text{ €}$$

6.2 Uuden ilmastointijärjestelmän kustannusarvio

Ilmastointikoneen sekä päätelaitteiden hinnat on pyydetty FläktWoods Oy:ltä. Koneen sekä yhteensä 31 päätelaitteen hinnaksi saatiin n. 65000 €. Kanaviston hinnat puolestaan saatiin LVI-DAHL Oy:ltä. Kanaviston koot sekä pituudet laskettiin ja niiden pohjalta saatu kustannusarvio on n. 11000 €.

Hintaan tulee myös lisätä säätöpellit, t-haarat, kulmat, kanaviston kannakkeet, ilmastointikoneen tukiraudat, mutterit sekä ruuvit ym. Näiden tuotteiden hinta-arvio yhteensä on noin 8000 €. Tämän lisäksi ilmastointilatokseen rakennetaan automaatiojärjestelmä, jonka hinta-arvio on noin 15000 €.

Ilmastointijärjestelmän rakennuttamisen kustannusarvio pyydettiin eräältä Raumalla sijaitsevalta lvi-alan liikkeeltä. Hinta-arvioksi saatiin 25000 €, johon sisältyy työ alusta loppuun saakka.

Uuden ilmastointijärjestelmän kokonaisinvestoinniksi saadaan 124000 €. Kaikki hinnat ovat alv. 0%.

Näin ollen ilmastointijärjestelmän takaisinmaksuajaksi saadaan:

$$TMA = \frac{\textit{kokonai sin vestointi}}{\textit{säästö}} = \frac{124000\textit{€}}{24378\textit{€}} = 5\textit{vuotta}$$

7 YHTEENVETO

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli laatia ilmanvaihdon esisuunnitelma Raumalla sijaitsevaan YIT:n teollisuushalliin. Hallissa vallitsee tällä hetkellä suuri alipaine. Ilmaa poistetaan hallista paljon, mutta korvausilma tulee pääosin ovien sekä rakenteiden raoista. Tämä ei vastaa nykyistä hyvätasoista teollisuushallien ilmanvaihtoa.

Opinnäytetyötä varten perehdyttiin teollisuushallien ilmanvaihdon tarpeisiin sekä ongelmiin kirjallisuuden, internetin, eri laitevalmistajien sekä aikaisempien kokemusten perusteella.

Esisuunnitelman laatimiseksi laskettiin hallin ilmavirrat, valittiin ilmanvaihtokone sekä tulo- ja poistoilman päätelaitteet. Kaikki laitteet valittiin FläktWoods Oy:n internetissä olevilla ohjelmilla. Työn mielenkiintoisin vaihe oli kanavien sijoittaminen halliin tilan puutteen vuoksi. Reitit kuitenkin löytyivät pienen suunnittelun jälkeen.

Uuden ilmastointijärjestelmän takaisinmaksuajaksi laskettiin 5 vuotta.

YIT:n teollisuushalliin olisi syytä tulevaisuudessa toteuttaa uusi ilmanvaihtojärjestelmä. Nykyinen järjestelmä ei takaa tehokkainta työn laatua, eikä terveellistä työympäristöä.

LÄHDELUETTELO

Neste, AIR-IX, Ekono. (1990). Teollisuusrakennusten ilmastointi ja lämmitys.

Neste. (1987). Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton käyttö- ja suunnittelutietoa teollisuudelle.

Neste. (1987). Teollisuushallien lämmityksen ja ilmastoinnin suunnittelutietoa.

Halminen, E, Kuvaja, O, Köttö, R. (1994). Ilmastointitekniikka.

Seppänen, O, Hausen, A, Hyvärinen, K, Heikkilä, P, Kaappola, E, Kosonen, R, Oksanen, R, Railio, J, Ripatti, H, Saari, A, Tarvainen, K, Vuolle, M. (2004). Ilmastoinnin suunnittelu.

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.

Ilmanvaihtokone sekä päätelaitteet. www.flaktwoods.fi. (10.4.2008).

Ulkoilmalaitteiden sijoitus. www.sulvi.fi. Suomen rakentamismääräyskokoelma D2 (19.3.2008)

LIITTEET

Liite	1A	Hallin tulo- sekä poistoilmavirrat
Liite	2A	Piennopeuslaite esimerkki
Liite	2B	Piennopeuslaitteiden sijainti
Liite	3A	Poistoilmasäleikkö esimerkki
Liite	3B	Poistoilmalaitteiden sijainti
Liite	4A	Ilmanvaihtokone (FläktWoods)
Liite	4B	Ilmanvaihtokone
Liite	4C	Ilmanvaihtokoneen yhteenveto
Liite	4D	Ilmanvaihtokoneen tekninen erittely
Liite	4E	Ilmanvaihtokoneen tekninen erittely
Liite	4F	Ilmanvaihtokoneen tekninen erittely
Liite	4G	Ilmanvaihtokoneen tekninen erittely
Liite	4H	Ilmanvaihtokoneen tekninen erittely
Liite	4I	Tuloilman puhallinkäyrät
Liite	4J	Poistoilman puhallinkäyrät
Liite	5A	Kanavien mitoitusaulukko
Liite	6A	Kanavisto

Liite 7A

Kohdepoistojen ilmavirtojen mittauspöytäkirja

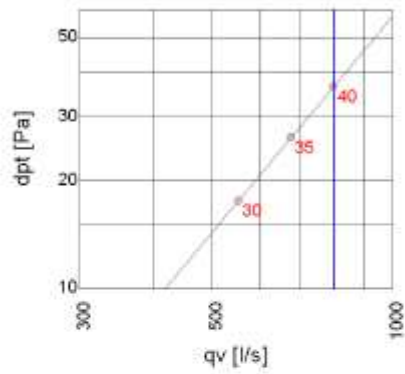
Hallin tulo- sekä poistoilmavirrat

Laite	Poistoilma- virta (max) (l/s)	Poistoilma- virta (min) (l/s)	Tuloilma- virta (max) (l/s)	Tuloilma- virta (min) (l/s)
Kattilahuoneen poistopuhallin			1100	500
Sos. Tilan poistopuhallin			1100	550
Huippuimuri 1	1700	850		
Huippuimuri 2	1700	850		
Huippuimuri 3	1700	850		
Huippuimuri 4	1700	850		
Huippuimuri 5	1400	700		
Hitsauksen kohdepoisto 1	1000	1000		
Hitsauksen kohdepoisto 2	1200	1200		
Soopakuupan kohdepoisto	700	700		
Kohdepoisto	500	500		
Yhteensä	11600	7500	2200	1050

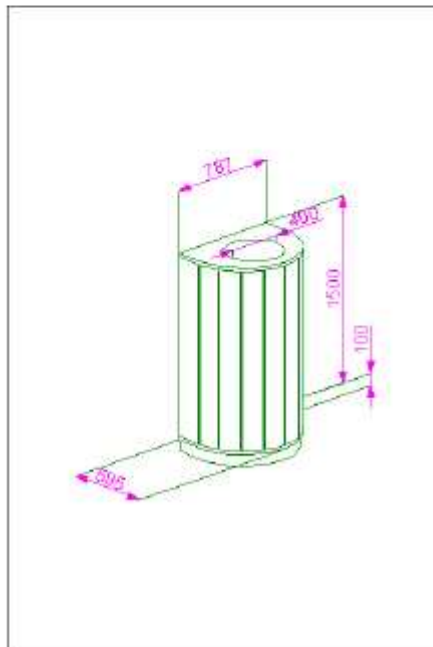
DVHA-400-0-0-1-0

Floormaster, puolipyöreä

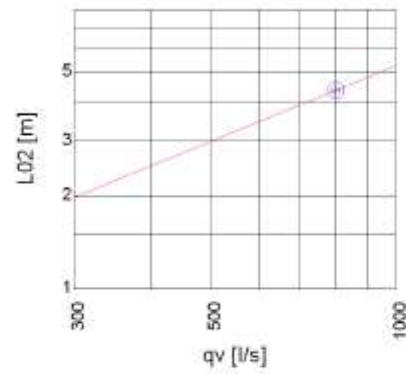
Painehäviökaavio
DVHA-400-0-0-1-0



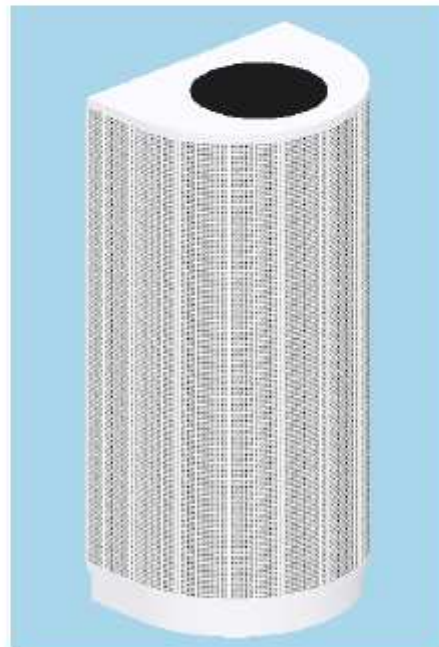
Mitat

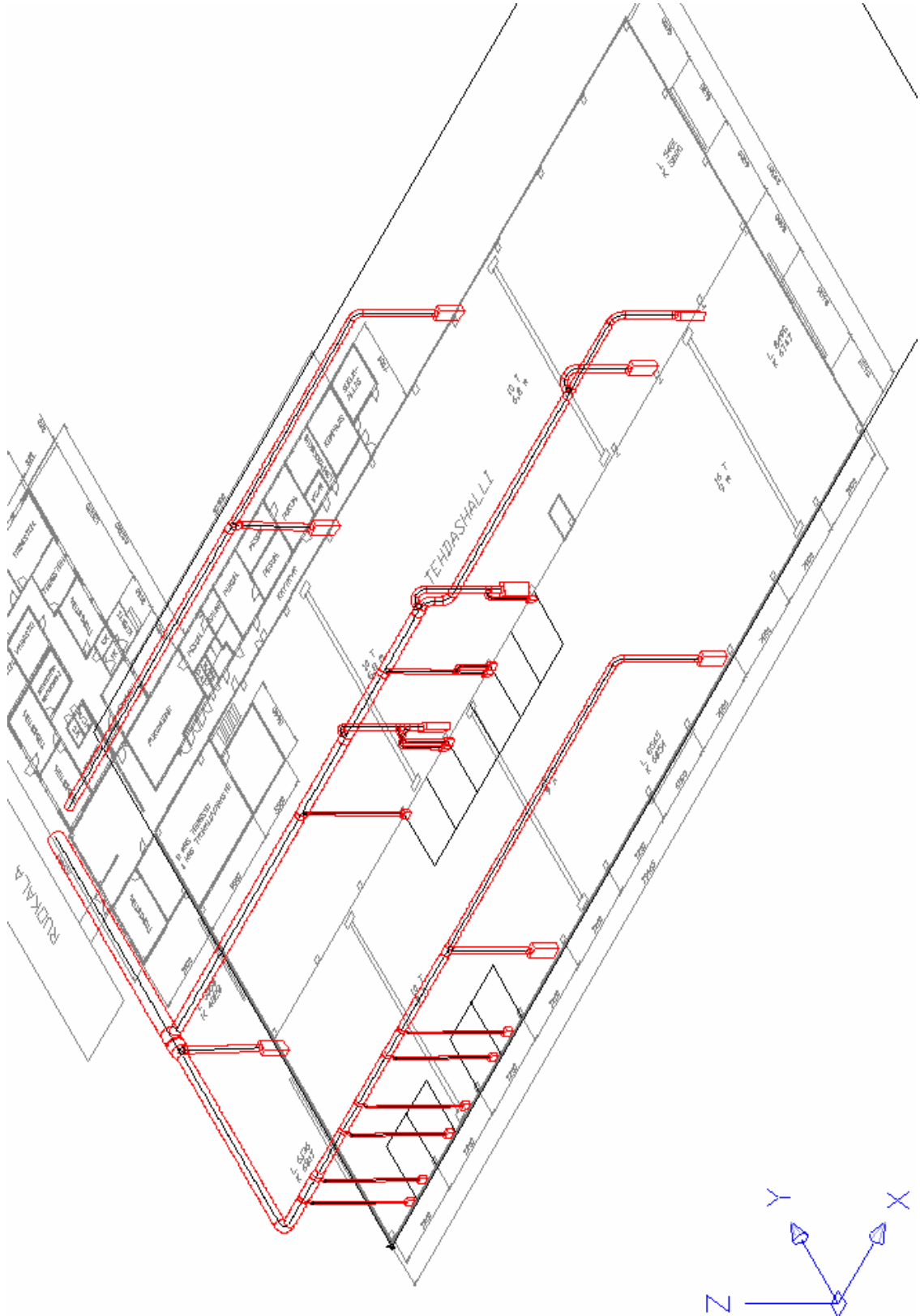


Heittopituuspiirros
DVHA-400-0-0-1-0



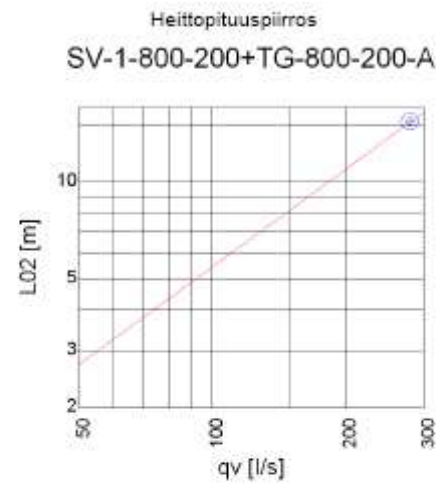
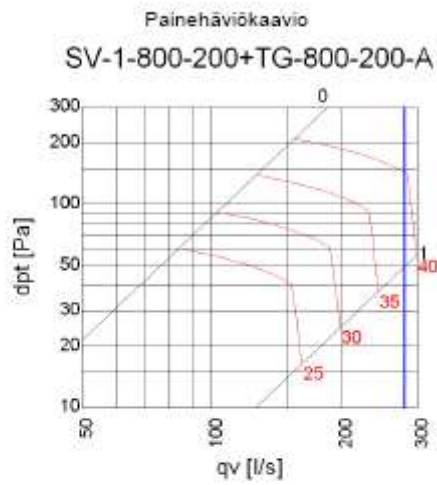
Renderoitu kuva



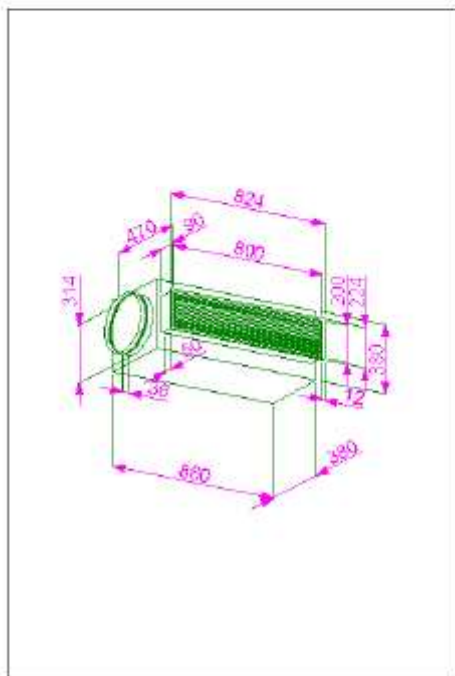


SV-1-800-200+TG-800-200-A / Tuloilma

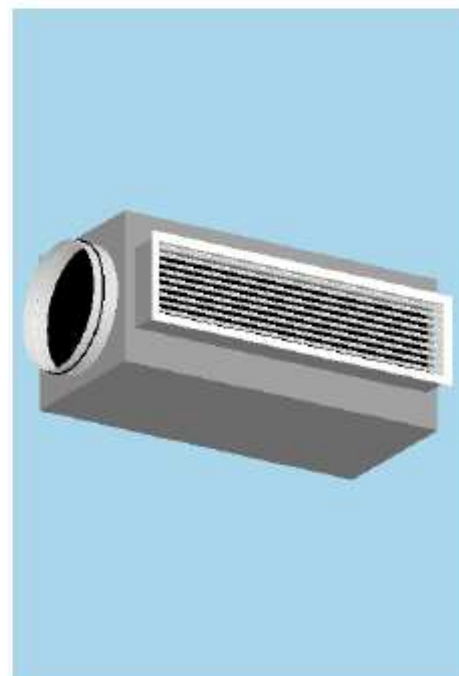
Säleikkö laatikolla

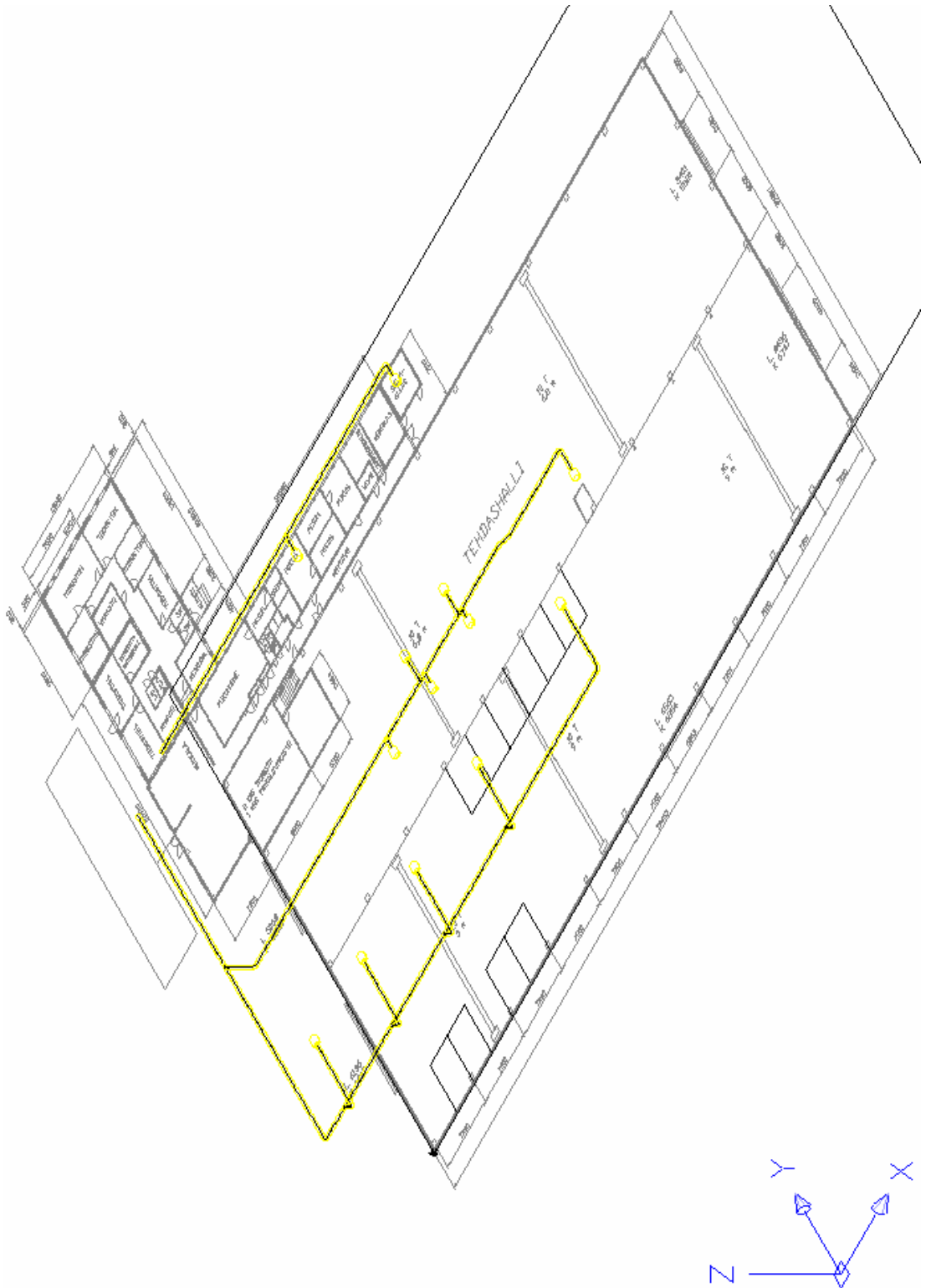


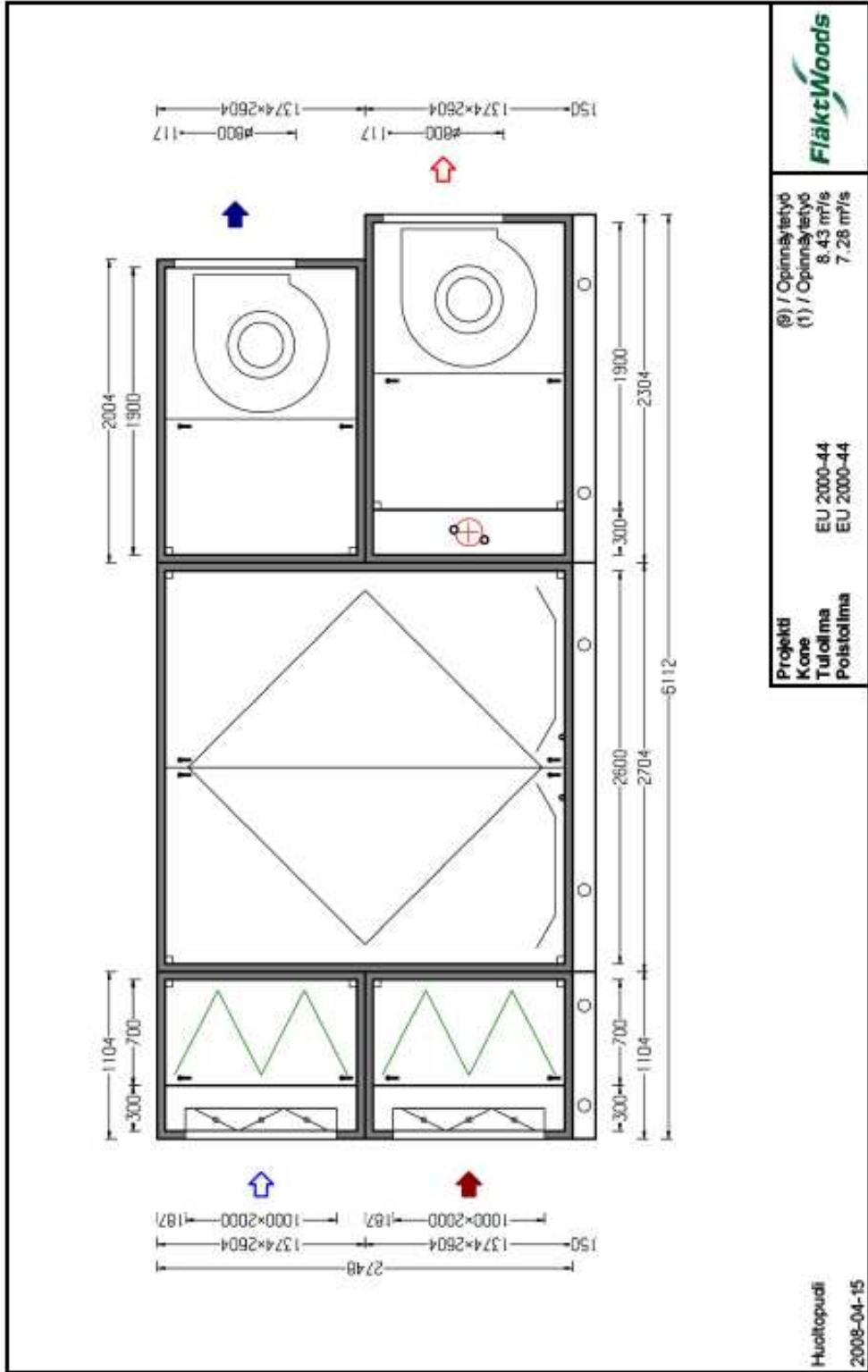
Mitat

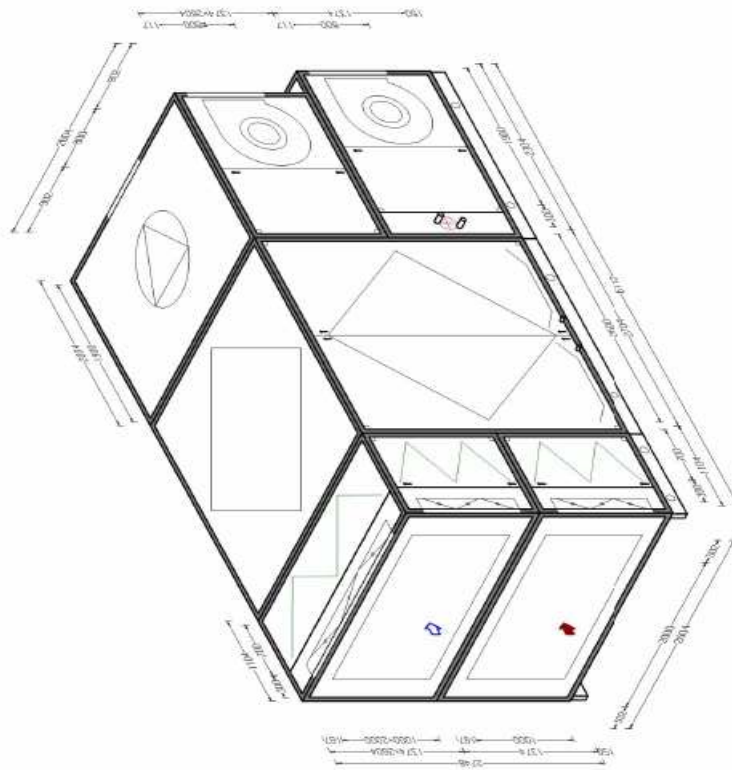


Renderoitu kuva









(9) / Opinnäytetyö
 (1) / Opinnäytetyö
 8.43 m³/s
 7.28 m³/s

Projekti
 Kone
 Tulolilma
 Poistoilma

EU 2000-44
 EU 2000-44

Etuvasemmalta
 2008-04-15



ILMANKÄSITTELYKONE EU 2000

Projekti	(9) / Opinnäytetyö			
Kone	(1) / Opinnäytetyö		2008-04-15	
Konekoko	44		Sivu 3	
Asiakas				
Asiakkaan viite				
Oma viite	Pauli Santala			
Tuloilmavirta	8.43	m ³ /s	Poistoilmavirta	7.28 m ³ /s
Ulkoisen painehäviö	300	Pa	Ulkoisen painehäviö	300 Pa
Jännite	3 x 400 V, 50	Hz	Paino	3248 kg
SFP _v	2.1	kW/m ³ /s		

YHTEENVETO

Toiminto-osat ilmavirran suunnassa	v0 (m/s)	Et (%)	tw (°C)	ts (°C)	dP (Pa)
Tuloilma:					
Peltiosa/liitäntäosa	4.3				9
Suodatin	3.0				175
Lämmönsiirrin	2.3	56.2	-20.0 / -11.0		183
Ilmanlämmitin	2.9		-11.0 / 19.0		73
Radiaalipuhallin		69.6	19.0 / 20.0	24.0 / 25.1	810
Poistoilma:					
Peltiosa/liitäntäosa	3.7				7
Suodatin	2.6				155
Lämmönsiirrin	2.3		22.0 / 11.6		134
Radiaalipuhallin		70.8			649

ÄÄNEN TEHOTASOT

(standardi: prEN13053 ISO/CD 13347-2)

Oktaavikaista (Hz)	Lw oktaavikaistoittain (dB)								LwA dB(A)
	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	
Ulkoilmaliitäntä	77	79	81	75	70	59	48	38	77
Tuloilmaliitäntä	86	90	96	89	93	88	84	81	96
Poistoilmaliitäntä	75	77	80	74	69	59	49	42	76
Jäteilmaliitäntä	83	87	93	86	90	85	81	78	93
Koneen vaipan läpi	79	82	79	65	61	62	50	44	73



ILMANKÄSITTELYKONE EU 2000

Projekti	(9) / Opinnäytetyö	
Kone	(1) / Opinnäytetyö	2008-04-15
Konekoko	44	Sivu 4

TEKNINEN ERITTELY
(toiminto-osat ilmavirran suunnassa)

TULOILMA**Peltiosa****EUVB-44-1-2-2-1-1**

Konekoko: 44	
Asennusvaihtoehto: Pelti päädyssä	
Peltityyppi: sinkitty pelti, tiiviysluokka 4 (CEN 3)	
Liitäntä: laippaliitäntä	
Sijoitus: ensimmäisenä osana koneessa	
Huoltoapuoli: oikea	
Mitoittava painehäviö	9 Pa

Pitkä suodatin**EUPC-44-07-1-0-1-1-1**

Konekoko: 44	
Suodatintyyppi: suodatinluokka F7, synteettinen	
Suodatinkehys: sinkitty teräs	
Materiaali, kehysosat: sinkitty teräs	
Rakenne: vakio-liitäntä	
Huoltoapuoli: oikea	
Suodatinpussien koot	8*592x592
Alkupainehäviö	125 Pa
Mitoittava painehäviö	175 Pa
Loppupainehäviö	225 Pa
Suodattimen otsapinta	2.9 m ²
Otsapintanopeus	3.0 m/s

Levylämmönsiirin RECUTERM**EURC-44-1-1-1-0-1-1**

Lamellimateriaali: alumiini		
Rakenne: ohituspelti		
Materiaali: sinkitty teräs		
Huoltoapuoli: oikea		
Tehotiedot ilman huurtumisen estoa		
Lämpötila sisään	-20.0	0.0 °C
Lämpötila ulos	4.2	12.4 °C
Hyötysuhde	57.6	56.2 %
Huurtumisen eston aikana		
Lämpötilahyötysuhde mitoittavassa ulkolämpötilassa		21.5 %
Teho mitoituspisteessä		91 kW
Tuloilma		
Mitoittava painehäviö		183 Pa
Ilman lämpötila	-20.0 / -11.0	°C
Suhteellinen kosteus	90.0 / 39.0	%
Poistoilma		
Mitoittava painehäviö		134 Pa
Ilman lämpötila	22.0 / 11.6	°C
Suhteellinen kosteus	20.0 / 38.7	%



ILMANKÄSITTELYKONE EU 2000

Projekti	(9) / Opinnäytetyö	
Kone	(1) / Opinnäytetyö	2008-04-15
Konekoko	44	Sivu 5

Ilmanlämmitin, vesi**EUEE-44-4-01-1-4-1-1**

Tehovaihtoehto: 4	
Materiaali: Cu/Al	
Rakenne: yhtenäinen lamellirunko	
Kehyosat: sinkitty teräs	
Liitäntäpuoli: oikea	
Putkikoko	50
Mitoittava painehäviö	73 Pa
Mitoituspisteen teho	302.1 kW
Ilman lämpötila	-11.0 / 19.0 °C
Lämmittimen säätötapa	Mitoitus ilman pumppuryhmää
Veden lämpötila	60.0 / 30.0 °C
Vesivirta	2.44 l/s
Veden nopeus	1.1 m/s
Vesipuolen painehäviö	17.6 kPa



ILMANKÄSITTELYKONE EU 2000

Projekti	(9) / Opinnäytetyö	
Kone	(1) / Opinnäytetyö	2008-04-15
Konekoko	44	Sivu 8

Kaavullinen radiaalipuhallin**EULR-44-2-1-7-1-01-1-1-3**

Konekoko: 44	
Puhallinkoko: koko 2	
Pyörätyyppi: B-pyörä	
Varustelu: ilmavirran mittausanturi Q-dysa, ei näyttölaitetta	
Materiaali: sinkitty teräs	
Imu- ja paineaukko: paineaukko eteenpäin ylhäällä	
Moottori / vaimentimet: kumivaimentimet	
Huoltopuoli: oikea	
Pyörimisnopeus	1459 rpm
Maks. pyörimisnopeus	1600 rpm
Puhaltimen hyötysuhde	89.8 %
Puhallinkäytön kokonaishyötysuhde	80.1 %
Paineenkorotus	810 Pa
Puhaltimen akseliteho	9.9 kW
Sähkön ottoteho	11.5 kW
Lämpötilan nousu puhaltimessa	1.1 °C
SFP-laskenta	
SFP	1.27 kW/m ³ /s
Sähkön ottoteho SFP-laskennan mukaan	10.8 kW
Paineenkorotus	753 Pa
Pyörimisnopeus	1415 rpm
Moottori	APAL-4-01500-2-0-2
Jännite: 380-420 VD/660-690 VY	
Merkki/malli: WEG	
Hyötysuhde	90.6 %
Pyörimisnopeus	1455 rpm
Moottorin nimellisteho	15.0 kW
Nimellisvirta	28.4 A
Napaluku	4
Hihnakäyttö	EULS-44-2-1-1-0-1459-1-0-3
Pyörätyyppi: B-pyörä	
Rakenne: kiilahihna	
Puhaltimen pyörimisnopeus: 1459	
Moottori / vaimentimet: kumivaimentimet	
Hyötysuhde	95.3 %

POISTOILMA**Peltiosa****EUVB-44-1-2-2-1-1**

Konekoko: 44	
Asennusvaihtoehto: Pelti päädyssä	
Peltityyppi: sinkitty pelti, tiiviysluokka 4 (CEN 3)	
Liitäntä: laippaliitäntä	
Sijointus: ensimmäisenä osana koneessa	
Huoltopuoli: oikea	
Mitoitettava painehäviö	7 Pa



ILMANKÄSITTELYKONE EU 2000

Projekti	(9) / Opinnäytetyö	
Kone	(1) / Opinnäytetyö	2008-04-15
Konekoko	44	Sivu 7

Pitkä suodatin**EUPC-44-07-1-0-1-1-1**

Konekoko: 44	
Suodatintyyppi: suodatinluokka F7, synteettinen	
Suodatinkehys: sinkitty teräs	
Materiaali, kehysosat: sinkitty teräs	
Rakenne: vakioliitäntä	
Huoltopuoli: oikea	
Suodatinpussien koot	8*592x592
Alkupainehäviö	105 Pa
Mitoittava painehäviö	155 Pa
Loppupainehäviö	205 Pa
Suodattimen otsapinta	2.9 m ²
Otsapintanopeus	2.6 m/s



ILMANKÄSITTELYKONE EU 2000

Projekti	(9) / Opinnäytetyö	
Kone	(1) / Opinnäytetyö	2008-04-15
Konekoko	44	Sivu 8

Kaavullinen radiaalipuhallin**EULR-44-2-1-7-1-01-1-3**

Konekoko: 44	
Puhallinkoko: koko 2	
Pyörätyyppi: B-pyörä	
Varustelu: ilmavirran mittausanturi Q-dysa, ei näyttölaitetta	
Materiaali: sinkitty teräs	
Imu- ja paineaukko: paineaukko eteenpäin ylhäällä	
Moottori / vaimentimet: kumivaimentimet	
Huoltopuoli: oikea	
Pyörimisnopeus	1289 rpm
Maks. pyörimisnopeus	1600 rpm
Puhaltimen hyötysuhde	70.8 %
Puhallinkäytön kokonaishyötysuhde	60.5 %
Paineenkorotus	649 Pa
Puhaltimen akseliteho	6.8 kW
Sähkön ottoteho	7.9 kW
Lämpötilan nousu puhaltimessa	0.9 °C
SFP-laskenta	
SFP	1.00 kW/m ³ /s
Sähkön ottoteho SFP-laskennan mukaan	7.2 kW
Paineenkorotus	590 Pa
Pyörimisnopeus	1239 rpm
Moottori	APAL-4-01100-2-0-2
Jännite: 380-420 VD/660-690 VY	
Merkki/malli: WEG	
Hyötysuhde	89.9 %
Pyörimisnopeus	1460 rpm
Moottorin nimellisteho	11.0 kW
Nimellisvirta	21.0 A
Napaluku	4
Hihnakäyttö	EULS-44-2-1-1-0-1289-1-0-3
Pyörätyyppi: B-pyörä	
Rakenne: kiilahihna	
Puhaltimen pyörimisnopeus: 1289	
Moottori / vaimentimet: kumivaimentimet	
Hyötysuhde	95.0 %

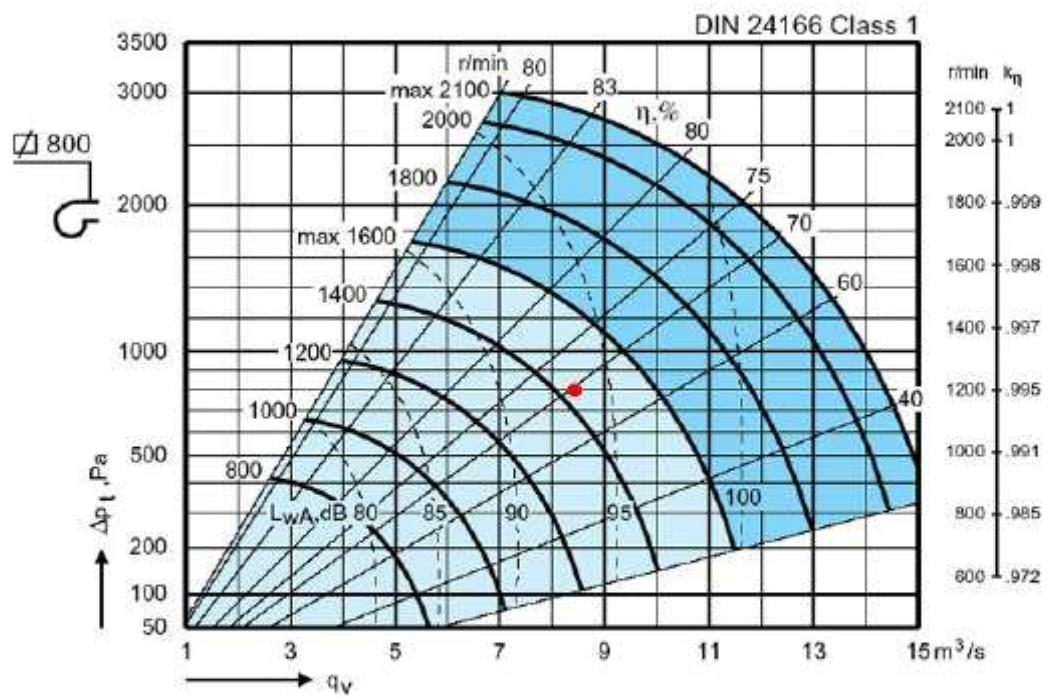


ILMANKÄSITTELYKONE EU 2000

Projekti (9) / Opinnäytetyö
 Kone (1) / Opinnäytetyö
 Konekoko 44

2008-04-15
 Sivun 9

Puhallinkäyrät - Tuloilma - EULR-44-2-1-7-1-01-1-3



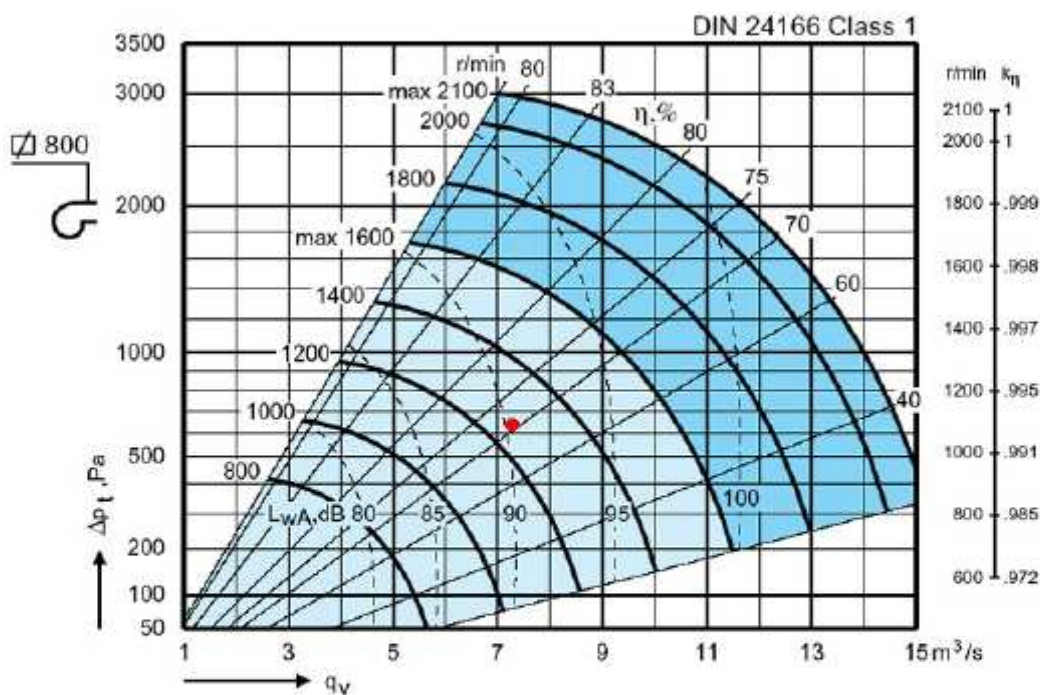


ILMANKÄSITTELYKONE EU 2000

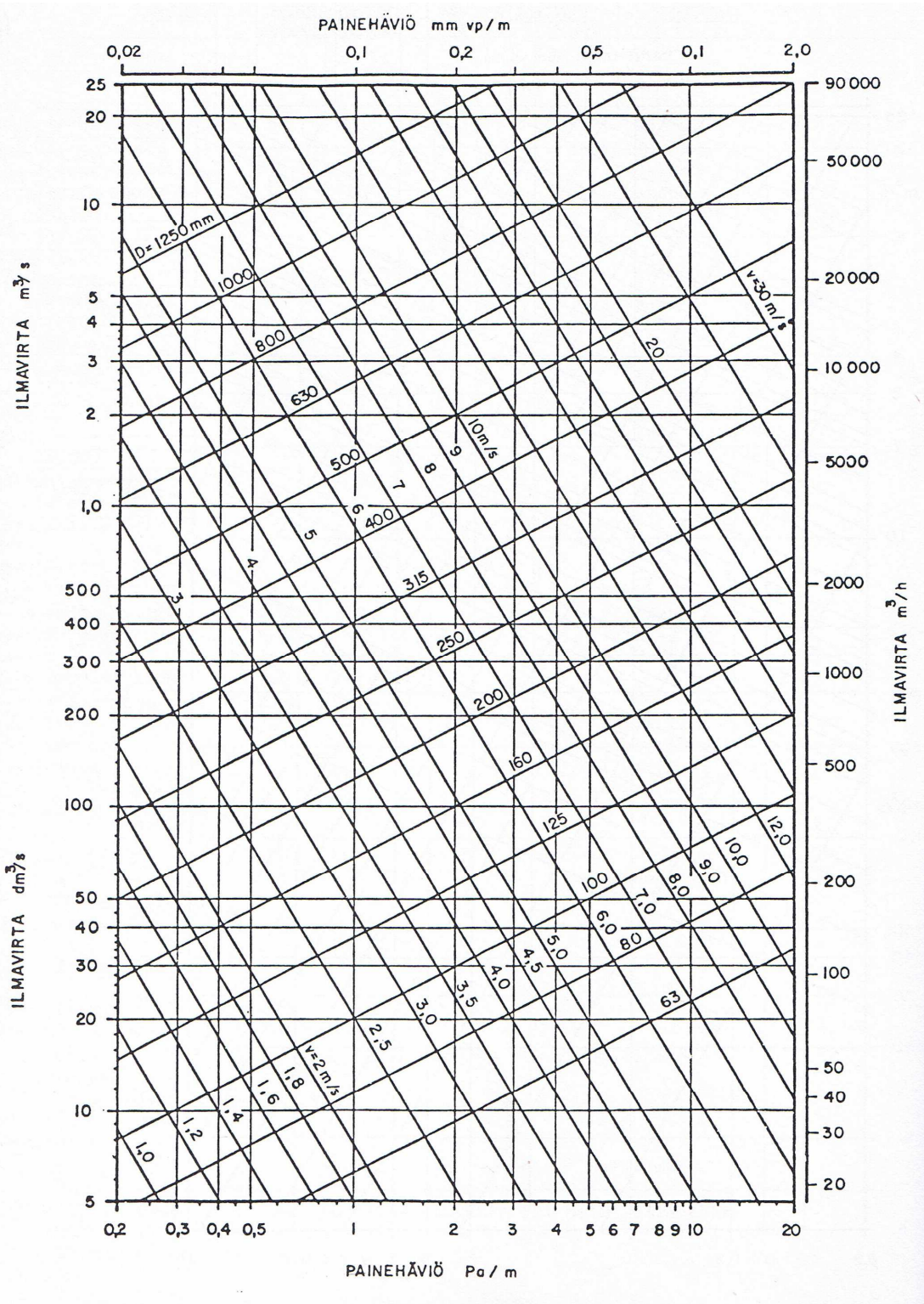
Projekti (9) / Opinnäytetyö
 Kone (1) / Opinnäytetyö
 Konekoko 44

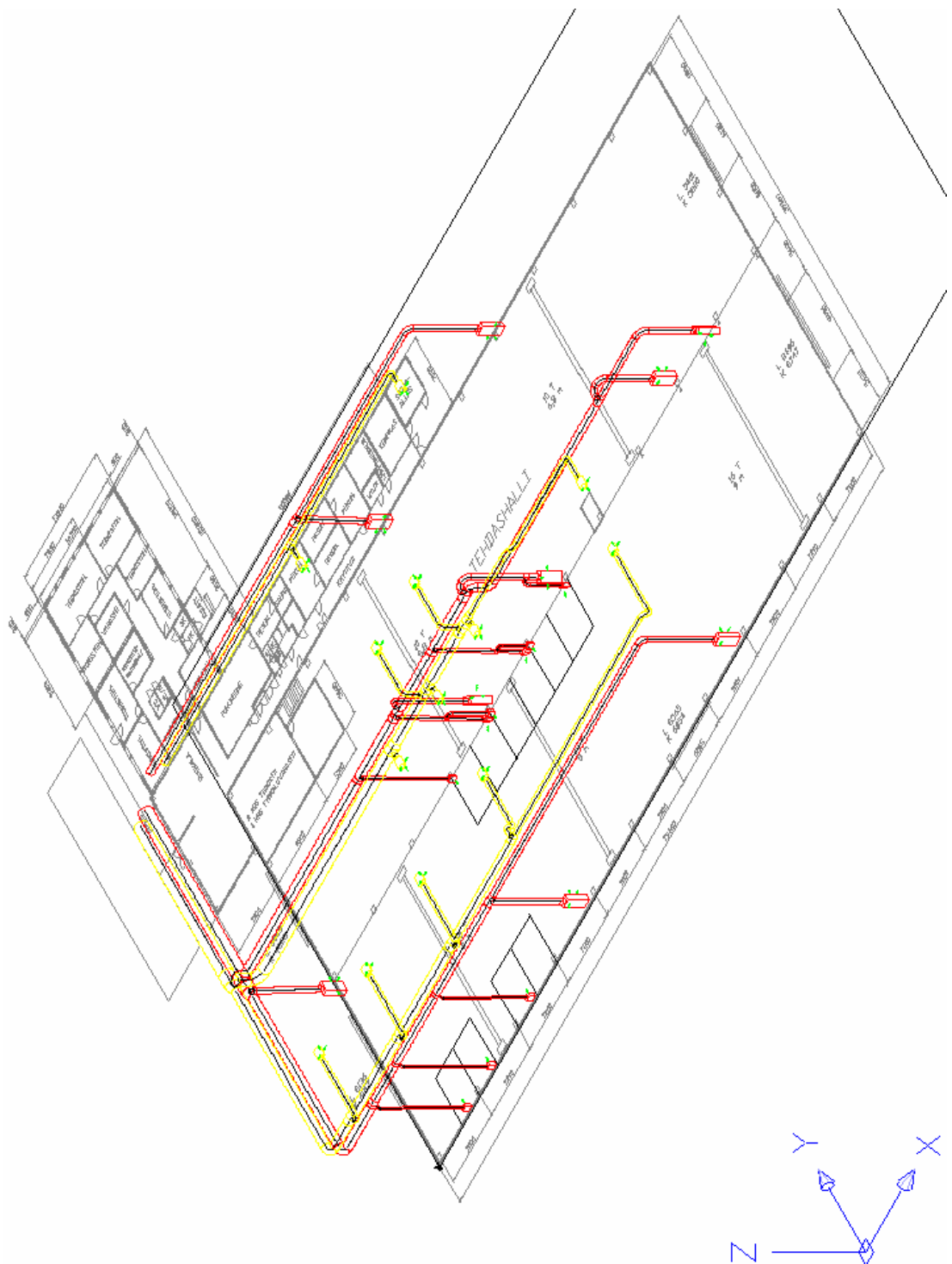
2008-04-15
 Sivuu 10

Puhallinkäyrät - Poistoilma - EULR-44-2-1-7-1-01-1-1-3



Pyöreiden ilmastointikanavien mitoittaminen





Hallin kohdepoistojen ilmavirtojen mittaukset	
---	--

Klo	11.00 - 11.32
-----	---------------

Päivämäärä	15.3.2008
------------	-----------

Mittari: Balometri & SwemaAir

Eteläpään kohdepoistot	1	2	3	4	5	6	7
Ilmavirta [l/s]	119	121	0	124	138	135	150

Keskiosan kohdepoistot	1	2	3	4	5	6	7	8
Ilmavirta [l/s]		181	176	163	170	170	172	