

Heikki Hirvonen

RAUTAHALLIN ILMANVAIHDON KEHITTÄMISSUUNNITELMA

Tekniikka ja merenkulku, Pori
Rakennustekniikan koulutusohjelma
2012



RAUTAHALLIN ILMANVAIHDON KEHITTÄMISSUUNNITELMA

Heikki Hirvonen
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Rakennustekniikan koulutusohjelma
Tammikuu 2012
Esa Sandberg
UDK:
Sivumäärä: 39

Asiasanat: ilmanvaihto, ilmanjako, hitsaushuurut

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia K.T.Tähtinen Oy:n omistaman rautahallin verastilan ilmanvaihdon nykytila ja ongelmat sekä etsiä niihin parannusehdotuksia. Hallissa on aiemmin havaittu hitsaushuurujen jäävän ajoittain liiaksi oleskeluvyöhykkeelle. Tärkeä opinnäytetyön osa – alue oli myös kartoittaa nykyisen ilmanvaihtolaitteiston laitteet ja tekniset ominaisuudet.

Rautahallin verastilassa ilmanvaihtostrategiana on kerrostumaperiaatteella tapahtuva piennopeusilmanjako, joka yleensä edellyttää hieman alilämpöistä tuloilmaa. Työssä tehtiin lämpötilamittauksia työskentelytilassa ja ilmanvaihtokoneessa sekä suoritettiin ilmanjaon visualisointia savukokeilla työskentelytilassa.

Mittaustulosten ja visualisointien perusteella nykyisen järjestelmän ongelmaksi havaittiin liian lämmin tuloilma, jolloin suunniteltu ilmanvaihtostrategia ei toimi. Työssä päädyttiin suosittelemaan nykyisen rakennusautomaatiojärjestelmän korvaamista kokonaan uudella, koska nykyiseen järjestelmään ei ole saatavissa enää varaosia.

IMPROVEMENT PLAN OF VENTILATION FOR AN IRON HALL WORKSHOP

Hirvonen, Heikki

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Construction Engineering

January 2012

Sandberg, Esa

UDC:

Number of Pages:39

Key Words: ventilation, air distribution, welding fumes

The purpose of this thesis was to investigate the present condition and operation of ventilation system of an iron hall workshop owned by K.T.Tähtinen PLC and find out proposals for improvement. Earlier in the workshop it has been observed that the welding gasses periodically stay too long in the occupied zone. An important part of this thesis was also to document the ventilation units and equipments at present situation.

The room air conditioning strategy in the iron halls workshop was stratification with low momentum air distribution, which usually requires a low undertemperature of supply air. Temperature measurements were carried out in the workshop and in the main ventilation unit. The supply and room air flows were visualized with smoke in the workshop.

As a result of measurements and visualizations the problem of a present system was detected too warm supply air which prevents the good operation of the designed strategy. This thesis ends up suggesting that present automation system should be replaced with a new one because there are not any spare parts available for the old system.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
2	NYKYINEN ILMANVAIHTOJÄRJESTELMÄ	6
2.1	TK01, Tulo – ja poistoilmakone	6
2.2	Plasmaleikkurin kohdepoisto	15
2.3	Koneistustilan kohdepoistot.....	17
2.4	Koneistustilan yleispoisto	18
2.5	Rautahallin poistoilmapuhallin	18
3	SUORITETUT MITTAUKSET	20
3.1	TK01 – ilmanvaihtokoneen ja rautahallin lämpötilamittaukset.....	20
3.2	Savukokeet.....	31
3.3	TK01 – ilmanvaihtokoneen ja koneistustilan kohdepoiston ilmavirtojen mittaukset.....	32
3.4	SFP – luku.....	36
4.	NYKYISEN JÄRJESTELMÄN PARANTAMINEN	39

LÄHTEET

LIITTEET

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön kohteena on K.T.Tähtinen Oy:n omistama Kruuti – Jussintiellä Porissa sijaitsevan hallin ilmanvaihtojärjestelmä. Hallin suuruus on n. 1410 m² ja se on rakennettu vuonna 1991. Halliin kuuluu versta-tilan lisäksi myös toimisto, mutta tämä opinnäytetyö ei käsittele toimiston ilmanvaihtoa (kuva1.1). Rautahallissa on n. 20 kpl hitsauskoneita sekä yksi plasmaleikkuri ja näiden koneiden käyttämisen aikana on oleskeluvyöhykkeelle kertynyt pienhiukkaspäästöjä.

Tämän opinnäytetyön tarkoitus on tutkia nykyisen ilmanvaihdon toimivuus ja kar- toittaa nykyiseen ilmanvaihtojärjestelmään kuuluvat laitteet. Opinnäytetyössä olisi tärkeää löytää kustannustehokkaita keinoja nykyisen ilmanvaihdon parantamiseksi tai löytää kokonaan uusia ratkaisuja, jotta versta-tilaan saadaan toimivampi ilman- vaihto.



Kuva 1.1 Rautahalli, jonka versta-tilan ilmanvaihtoa tämä opinnäytetyö käsittelee. Toimisto on oikealla.

2 NYKYINEN ILMANVAIHTOJÄRJESTELMÄ

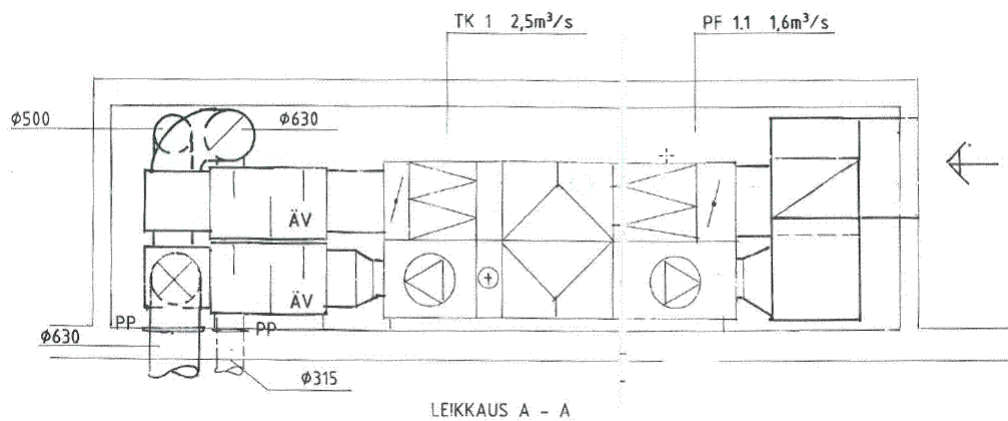
2.1 TK01, Tulo – ja poistoilmakone

Hallin nykyisenä tuloilmakoneena toimii Stratos Ventilationin ABX – 4 ilmanvaihtokone.

ABX – 4 ilmanvaihtokoneen tuloilmavirta on $2,5 \text{ m}^3 / \text{s}$ ja poistoilmavirta on $1,6 \text{ m}^3 / \text{s}$. Koneessa on tuloilma- ja poistoilmapuhallin ja suodattimet sekä tulo – että poistoilmapuolella. Tuloilmaa lämmittää vesipatteri ja poistoilmapuolelta lämpöä talteen ottava levylämmönsiirrin. Tulo – ja poistoilmapuolella on lämpöeristetyt sulukupellit. Ilmanvaihtokonehuone on oma paloalueensa ja siitä lähtevissä kanavissa on palopellit kuten kuvassa 2.1 on nähtävissä.

TK01 konehuone sijaitsee vesikatolla rautahallin matalamman osan päällä eli konehuoneella ja rautahallin korkeammalla osalla on yksi yhteinen seinä. Liitteestä 1A nähdään, että ilmanvaihtokanavilla tullaan iv- konehuoneen läpi verastilan kattoon ja tuloilma tuodaan lattiatasossa sijaitseville piennopeustuloilmalaitteille, jotka näkyvät kuvista 2.2 ja 2.3. Kuvasta 2.4 nähdään, että poistoilma poistetaan katon korkeudesta.

”Tällä tavalla tapahtuvaa ilmanjakoa kutsutaan kerrostumaperiaatteella tapahtuvaksi piennopeusilmanjaoksi. Etuina tällaisessa järjestelmässä on, että ilmastoidulla vyöhykkeellä voidaan saavuttaa alhainen pitoisuustaso, suhteellisen korkea lämpötilatehokkuus sekä epäpuhtauksien poistotehokkuus. Huonoina puolina tällaisella ilmanjalla ovat katvealueet, joissa esiintyy kohonneita pienhiukkaspitoisuuksia ja se on herkkä häiriötekijöille, joita saattavat olla esimerkiksi nosto – ovien tarpeeton auki pitäminen.”/2, s.13 / Tämä opinnäytetyö ei tule ottamaan huomioon nosto – ovien vaikutusta yleisilmanvaihtoon. Liitteessä 1A on periaatekuva koko olemassa olevasta ilmanvaihtojärjestelmästä ilman mittakaavaa.



Kuva 2.1 Tulo – ja poistoilmakoneen leikkauskuva



Kuva 2.2 Lattiatasossa sijaitseva piennopeustuloilmalaite. Hallissa on 6 kpl $\varnothing 315$ – kanavaliitoksella, 1 kpl $\varnothing 400$ – kanavaliitoksella ja 1 kpl $\varnothing 200$ - kanavaliitoksella varustettuja päätelaitteita. Näiden päätelaitteiden yhteenlaskettu tuloilmavirta on $2,5\text{m}^3 / \text{s}$.



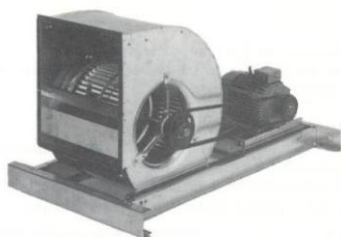
Kuva 2.3 Kuvassa näkyy miten tuloilmakanavat tulevat seinää vasten alas päätelaitteille.



Kuva 2.4 Poistoilmakanava. Poistoilmapuolella ei ole lainkaan venttiileitä. Poistoilmapuolen säätö on tapahtunut kanavissa olevista iris – säätimistä.

Tuloilma – ja poistoilmapuhallin

Tulo- ja poistoilmapuolella on ABX – 4 kokoinen ja pienellä F – siipipyörällä varustettu hihnavetoinen puhallin. Kuvassa 2.5 oleva pieni F – pyörä puhallin on valmistettu kuumasinkitystä teräslevystä ja puhallin moottoreineen on asennettu värinän ja runkoäänen eristävällä alustalle. Liitteinä 1B ja 1C ovat puhaltimen painehäviökäyrästä sekä mittapiirustus. Puhaltimien toimintapisteet on aseteltu alkuperäisten mitoitustietojen mukaan. Tuloilmapuhaltimen moottori on teholtaan 4 kW ja sen pyörimisnopeus on 1425 rpm, mutta hihnapyörillä moottorin nopeudeksi on aseteltu 1260 rpm, jolloin sen tehontarve on 2,7 kW. Liitteestä 1B nähdään, että mitoitettu kokonaispaine tuloilmapuhaltimelle on ollut n. 750 Pa ja puhaltimen hyötysuhde on tällöin 65 %. Poistoilmapuhaltimen moottori on teholtaan 2,2 kW ja sen pyörimisnopeus on 1490 rpm, mutta hihnapyörillä puhaltimen nopeudeksi on aseteltu 1110 rpm, jolloin sen tehontarve on 1,4 kW. Liitteestä 1B nähdään, että mitoitettu kokonaispaine poistoilmapuhaltimelle on ollut n. 600 Pa ja hyötysuhde on tällöin 64 %.



Kuva 2.5 Tulo – ja poistoilmapuhallin

Levylämmönsiirrin

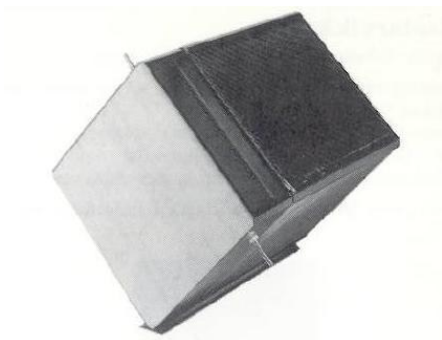
”Lämmönsiirtimeen kuuluu suuri määrä ohuita, kapeita kanavia muodostavia alumiinilamelleja. Kuvista 2.6 ja 2.7 näkyy levylämmönsiirtimen rakenne. Lämmin poistoilma kulkee joka toisen kanavan läpi ja kylmä tuloilma kulkee väliin jäävien kanavien läpi. Ilmavirrat tulevat ristikkäin lämmönsiirrinpaketissa. Lämmönsiirto tapahtuu ilmavirtojen koskettamatta toisiaan. Levyjen välissä on stanssatut profiilit tehokkaan lämmönsiirron varmistamiseksi, jotka samalla estävät lamelleja painumasta yhteen tulo- ja poistoilma paine – erojen ollessa suuria. Ensisijaisesti siirretään tuntuvaa lämpöä.”/1, s. 247/

”Alhaisilla ulkolämpötiloilla poistoilman kosteus tiivistyy lamelleihin. Silloin vapautuu myös sidottua lämpöä, joka siirtyy tuloilmaan. Alhaisilla ulkolämpötiloilla muodostuu huurretta lamellien poistoilmapuolelle. Se on poistettava lämmönvaihtimen jatkuvaa kunnollista toimintaa varten. Sulatustoiminta käynnistyy ulkolämpötilan ollessa alhaisempi kuin asetettu alaraja – arvo, tavallisesti n. $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$. Sulatus tapahtuu säätökeskuksen lämpötila – anturin sekä yhdistetyn sulatus- ja sulkupellin avulla. Yhdistettyyn sulatus- ja sulkupeltiin kuuluu joukko erillisesti ohjattavia peltejä. Ne on sijoitettu ulkoilmapuolelle ennen lämmönsiirintä. Lämmönsiirrin on asennettu kiinteästi koneeseen, jotta vähennetään mahdollisimman pieniksi lämmönsiirrimen ja kotelon välisistä tiivistyksistä tihkuvat ilmavuodot. Kun lämmityksen tarvetta ei enää ole, avautuu levylämmönsiirrimen ohituspelti ja voidaan estää tarpeeton ilmavirran lämpiäminen.”/1, s. 247/ Liitteessä 1D on levylämmönsiirrimen mitoitusdiagrammi ja siihen on piirretty suunniteltu toimintapiste. Liitteessä 1D on eritelty suuri - ja pienilamellinen levylämmönsiirrin ja tässä tapauksessa siirrin on pienilamellinen eli lamellien välit voidaan tehdä tarpeen vaatiessa tehtaalla suuremmiksi pienemmän painehäviön aikaansaamiseksi, mutta tässä tapauksessa se ei ollut tarpeellista. Tällä ilmanvaihtokoneella on huomattavasti enemmän tuloilmaa kuin poistoilmaa, joten mitoituksessa tarvittava K – arvo eli tuloilmavirran ja poistoilmavirran suhde ei mahdollista erityisen hyvää levylämmönsiirrimen hyötysuhdetta.

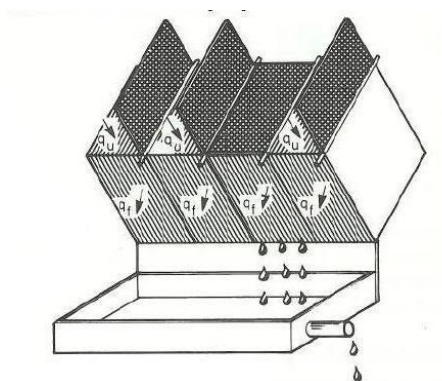
$$K = \frac{\text{tuloilmamäärä}}{\text{poistoilmamäärä}} = \frac{2,5\text{ m}^3 / \text{s}}{1,6\text{ m}^3 / \text{s}} = 1,6 \quad (1)$$

K – arvoa käytetään liitteen 1D mukaisen mitoitusdiagrammin levylämmönsiirrimen lämpötilahyötysuhteen tarkasteluun. Tässä tapauksessa lämpötilahyötysuhde on 52 %. Liitteessä 1E on levylämmönsiirrimen mittapiirustus konekoolla ABX – 4.

Kuvasta 2.7 nähdään, että levylämmönsiirrimen kondenssivesi ja huurteesta sulanut vesi kerätään suureen alumiiniseen kondenssivesisäiliöön. TK01 ilmanvaihtokoneen LTO – kuutiosta ei kuitenkaan ole kuvanmukaisia lohkoja.



Kuva 2.6 Levylämmönsiirrin



Kuva 2.7 LTO – kennon kondenssivesiallas

Vesilämmityspatteri

Kuvassa 2.8 näkyy vesilämmityspatterin rakenne. Vesilämmityspatteri on tyypiltään yksiputkirivinen lamellilämmönsiirrin, jossa on kupariputket ja alumiinilamellit. ”Lamellit on profiloitu niiden lämmönsiirto – ominaisuuksien lisäämiseksi. Kokoojaputki on kuparia, jossa on kupariset, sisäkierteiset liitosmuhvit. Liitännät on kiinnitetty koteloon, jotta estetään niiden rikkoutuminen asennuksen aikana. Kokoojaputken pohjassa ja yläosassa on sekä veden- että ilmanpoistoliittimet.”/1, s.256/ Liitteessä 1F on ilmoitettu patterin mittatiedot konekoolla ABX – 4. Lämmityspatteri on sijoitettu tuloilmapuolelle levylämmönsiirtimen jälkeen, jotta tuloilmaa saadaan esilämmitettyä LTO – kennossa ja säästetään lämmityskustannuksissa. Liitteessä 1G on mitoitusdiagrammi lämmityspatterin mitoitukseen. Mitoituksessa käytettyjä lähtötietoja ovat

$$\Delta_{ti} = -15^{\circ}\text{C} \dots + 20^{\circ}\text{C}, \Delta_{tv} = + 60^{\circ}\text{C} \dots + 40^{\circ}\text{C} \text{ ja } q = 2,5 \text{ m}^3/\text{s}.$$

$$\Delta_{ti} = \text{Poisto} - \text{jatuloilmalämpötilojen ero}$$

$$\Delta_{tv} = \text{Vedenlämpötilamuutos}$$

$$q = \text{Tuloilmavirta}$$

Näiden lähtötietojen perusteella saadaan lämmityspatterin läpi kulkevan ilman painehäviöksi 46 Pa. Mitoitusdiagrammista saadaan selville kaikki patterin valintaan tarvittavat tiedot, mutta tämä opinnäytetyö ei käsittele hallin lämmitystä, joten ne jätetään huomiotta. Diagrammissa näkyvä yhtenäinen viiva on tätä patteria koskeva mitoitus.



Kuva 2.8 Lämmityspatterin

Suodattimet

Tuloilmapuolella käytetään G3 tasoista suodatinta, joka sopii hyvin tuloilmapuolen komponenttien suojaksi, koska ulkoilma ei tässä tapauksessa ole erityisen likaista. Poistoilmapuolen suodattimelle onkin kovemmat vaatimukset johtuen hallista poistettavan ilmanlaadusta. Hallissa hitsataan ja käytetään sellaista laitteistoa, joka synnyttää sinne paljon pienhiukkaspäästöjä. Mikäli hallista poistettavaa ilmaa ei suodatettaisi ennen levylämmönsiirrintä, tukkeentuisi se melko nopeasti. Kuvassa 2.10 näkyy poistoilman suodattimena käytettävä F5 tasoinen suodatin, joka sopii hienosuodatukseen tämän tasoisessa laitoksessa.

Tyyppi	Suodatinluokka DIN 24 185	Materiaali	Nimellinen tilavuusvirta (m ³ /h)	Keskim. punnitus- erotusaste (%)	Keskim. pöly- täpläerotusaste (%)	Alkupaine- häviö (Pa)	Suosittelava loppupainehäviö (Pa)	Korkein käyttölämpötila (°C)	Rakennesyvyys, paksuus (mm)
Novatex	G3	FS-synt.	3400	90	-	30	350	100	600
Novatex	F5	FS-synt	3400	96	55	50	350	100	600

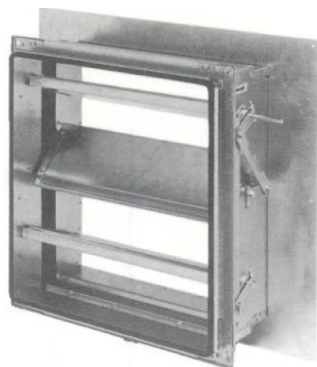
Kuva 2.9 Suodattimien tekniset tiedot



Kuva 2.10 Pitkässä pussisuodattimessa on paljon pinta-alaa johon epäpuhtaudet voivat sitoutua.

Lämpöeristetyt ja tiiviit sulkupellit

Kuvassa 2.11 on sulkupelti. Ilmastointikoneen kaikkiin sulkupelteihin kuuluu useampia vivustolla yhteen liitettyjä, jäykkiä peltisäleitä. ”Pellit on varustettu asennosoietusmerkinnöillä. Peltisäleet on valmistettu kuumasinkitystä teräslevystä ja laakeroitu muoviholkein. Peltisäleen pitkät sivut on varustettu silikonimuovisella tiivistyslistalla. Pienkitkainen muovilista tiivistää peltisäleen päätyjä. Yksi tai kaksi akselitapeista on pidennettyjä akseliin kiinnitettävää peltimoottoriliitintää varten.”/1, s. 236/



Kuva 2.11 Sulkupelti

TK01, Tulo – ja poistoilmakoneen toiminta

Liitteissä 1H ja 1I on TK01 ilmanvaihtokoneen säätökaavio ja säätökaavion laiteluettelo. Säätökaaviossa on kuvattu anturit, mittalaitteet, moottorit ja ilmanvaihtokoneen komponentit automatiikan näkökulmasta. Säätökaavion laiteluettelossa on sanallisesti kerrottu säätölaitteiden lyhenteiden merkitys ja miten ilmanvaihtokoneen tulisi toimia eri tilanteissa eli toimintaselostus.

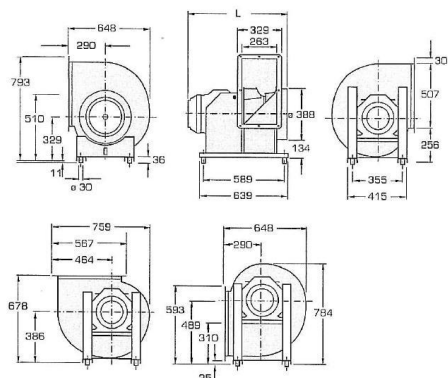
TK01 ilmanvaihtokoneen käyntiä ohjaa valvontajärjestelmän aikaohjelma. Ilmanvaihtokone on aseteltu käymään arkipäivinä klo 05 – 17 sekä olemaan pois päältä klo 17 – 05 ja viikonloppuisin kone on myös sammuksissa. Työt hallissa alkavat klo 7 ja loppuvat klo 15:30, viikonloppuisin hallissa ei tehdä töitä. Impulssikytkimellä (HS1) saadaan tuloilmakone käymään asetelluksi ajaksi aikaohjelman ulkopuolella.

Ilmanvaihtokoneen käynnistyessä sulkupellit (FG1 ja FG2) avautuvat. Säädin (TC1) pitää tuloilman lämpötilan (TE1 anturin antama tieto) asetusarvossaan ja mikäli tuloilman lämpötila alkaa laskemaan niin se pyritään saamaan kaksiportaisesti takaisin asetusarvoonsa. Ensimmäisessä portaassa ohjataan LTO – laitteen tehoa avaamalla LTO – sulkupelti (FG3) ja sulkemalla ohituspelti. Toisessa portaassa lisätään lämmityspatterin tehoa ohjaamalla patterin moottoriventtiiliä (TV1). Tuloilman lämpötilan noustessa liian korkeaksi tehdään päinvastoin eli suljetaan LTO – peltistö ja mikäli se ei riitä niin vähennetään myös patterin tehoa. Mikäli kone pysähtyy niin sulkupellit (FG1 ja FG2) sulkeutuvat ja patterin paluueden lämpötila pidetään asetusarvos-

saan ohjaamalla moottoriventtiiliä (TV1) paluuvien lämpötila – anturin (TE3) mittaustuloksen perusteella. Lämmityspatterin paluuvien lämpötila – anturi (TE3) pysäyttää ilmanvaihtokoneen mikäli patterin paluuvien lämpötila laskee alle asetusarvon. Paine – eron noustessa kytkimen (PDA1) kohdalla yli asetusarvon ja lämpötila – anturin (TE5) mittaustuloksen perusteella estetään LTO – laitteen huurtuminen vähentämällä LTO – laitteen tehoa ohituspelleillä.

2.2 Plasmaleikkurin kohdepoisto

Plasmaleikkuri on lisätty rautahallin konekantaan vuonna 2009 ja näin ollen sen tarvitsemaa kohdepoistoa ei ole huomioitu alkuperäisissä ilmanvaihtopiirustuksissa tai automatiikan säätökaavioissa. Kuvissa 2.13, 2.14 ja 2.15 näkyy plasmaleikkuri, jolla leikatessa syntyy huomattava määrä pienhiukkaspäästöjä ja on todella tärkeää, että leikkurin välittömässä läheisyydessä on tehokas kohdepoisto. Plasmaleikkuri ostettiin Teknohaus Oy:ltä ja sieltä myös annettiin mitoitus tiedot poistopuhaltimen valintaan. Teknohaus Oy myy kyseisiä laitteita jatkuvasti ja heillä myös pitäisi olla paras kokemukseen perustuva tieto kuinka suurella poistoilmavirralla leikkuri tulisi varustaa. Liitteessä 1J on poistoilmapöytään liitetyn keskipakoispuhaltimen mitoitus tiedot ja puhallinkäyrä. Poistoilmapöydällä tarkoitetaan sellaista kohdepoistoratkaisua, jossa pienhiukkaset imetään leikkaustason alapuolelle ennen kuin ne edes pääsevät oleskeluvyöhykkeelle. Keskipakoispuhallin menee päälle automaattisesti, kun plasmaleikkuria käytetään ja keskipakoispuhallinta ei ole liitetty muuhun ilmanvaihtoon millään tavalla. Kuvassa 2.12 on nähtävissä poistoilmapuhallin ja sen poistoilmavirta on $1,4 \text{ m}^3 / \text{s}$.



Kuva 2.12 Fläkt – Woods Oy:n Centrimaster keskipakoispuhallin, jota käytetään plasmaleikkurin poistoilman puhaltimena.



Kuva 2.13 Plasmaleikkuri, ilmastointipöytä, suojasermi sekä ilmanvaihtokanava.



Kuva 2.14 Ilmastointipöydän alta tuleva poistoilmaputki.



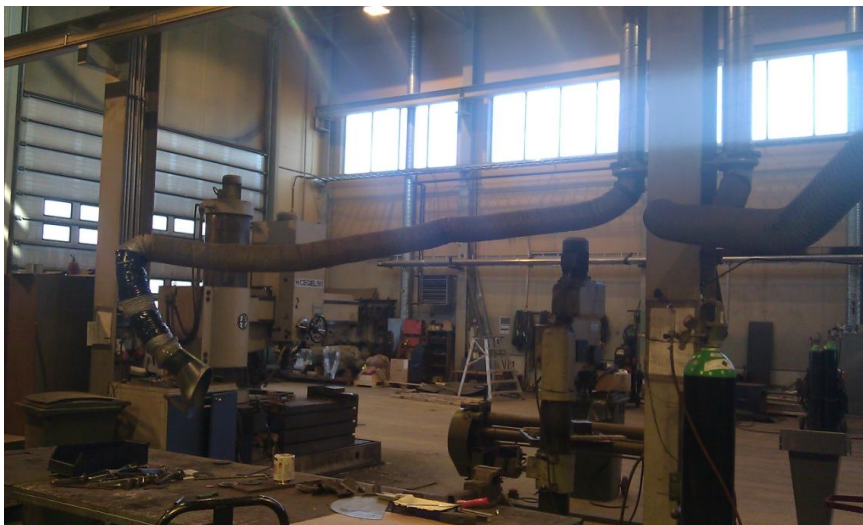
Kuva 2.15 Plasmaleikkurin poistoilmakanava, puhallin sekä seinän läpi menevä jäteilmaputki.

2.3 Koneistustilan kohdepoistot

Koneistustilan kohdepoistot on toteutettu kuvan 2.16 mukaisella keskipakoispuhaltimella. Puhaltimessa ei ole konekilpeä tai ulkoisia merkkejä, mistä sen voisi tunnistaa jonkin valmistajan laitteeksi ja siten lähteä tutkimaan puhaltimen tarkempia tietoja. Alkuperäisessä ilmanvaihtopiirustuksessa puhaltimen ilmavirraksi on kuitenkin ilmoitettu $1 \text{ m}^3 / \text{s}$ ja sen on tarkoitettu palvelevan neljää liikuteltavaa kohdepoistojen imukanavaa. Puhallinta ei ole liitetty automatiikkaan vaan käyttäjä ohjaa itse sen päälle kytkimestä ja ohjaa pois päältä käytön loputtua.



Kuva 2.16 Keskipakoispuhallin



Kuva 2.17 Koneistustilan liikuteltava kohdepoistoimukanava

2.4 Koneistustilan yleispoisto

Koneistustilan yleispoistona käytetään Valloxin valmistamaa Muh 31 - 4/8 - huippuimuria. Poistoilmapuhaltimen poistoilmavirta on $-0,4\text{ m}^3/\text{s}$, kun puhallin toimii suuremmalla ja $-0,2\text{ m}^3/\text{s}$, kun puhallin toimii pienemmällä nopeudella. Tämän puhaltimen ohjausta ei ole liitetty rakennusautomaatioon ja sen käyntiä ohjataan käsisytkimestä.

2.5 Rautahallin poistoilmapuhallin

Rautahallin yleispoisto on toteutettu korkeamman osan vesikatolle asennetulla Fläkt – Woodsin SSSH - 5 – huippuimurilla. Huippuimuria käytetään aikakytkinohjauksella ja imuri ohjataan päälle kytkimestä, kun todetaan että hitsausuurujen poistolle on tarvetta eli sitä ei ole kytketty rakennusautomaatiojärjestelmään. Tämän kaltainen poistoimuri on tyypillinen ratkaisu metalliteollisuuden halleissa, koska kohdepoistot eivät ime kaikkea metallin käsittelyssä syntyviä epäpuhtauksia pois hallin sisäilmasta. Liitteessä 1K on esitetty poistoimurin puhallinkäyrä ja liitteessä 1L on puhaltimen mittapiirustus. Huippuimurista ei tiedetä onko sen moottori 6 – vai 8 – napainen, joten sen tarkkaa ilmavirtaa voi olla hankala katsoa käyrästä, mutta sen poistoilmavirta

voidaan arvioida olevan n. $-2\text{ m}^3/\text{s}$ puhallinkäyrän perusteella. Poistoimurin imuaukon alapuolella ei ole lainkaan sulkupeltiä, jonka voisi sulkea puhaltimen ollessa pois päältä. Imuaukko on kooltaan n. 1 m^2 ja sen kokoisesta aukosta karkaa lämpöä runsaasti.



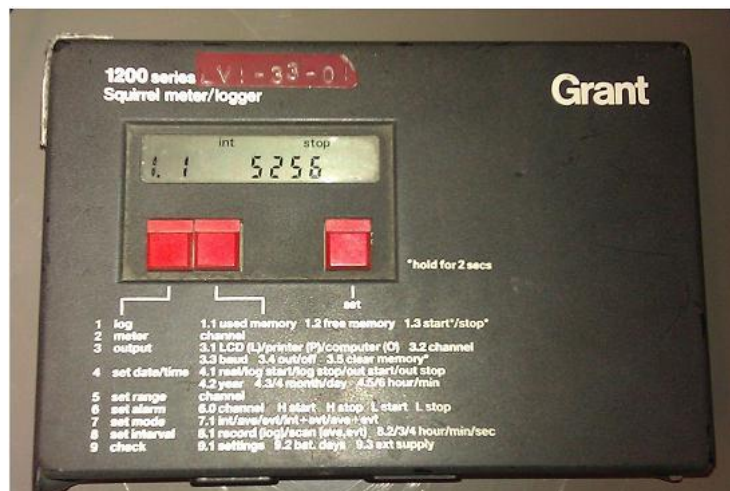
Kuva 2.18 Rautahallin savunpoistoimuri SSSH – 5

3 SUORITETUT MITTAUKSET

Rautahallissa suoritettiin TK01 – ilmanvaihtokoneen ulko -, jäte -, tulo – ja poistoilman lämpötilamittaukset 10.11.2011 – 17.11.2011 välisenä aikana. Samaan aikaan asennettiin neljä lämpömittaria rautahallin oleskeluvyöhykkeelle sellaisiin paikkoihin, joissa lämpötila saattaisi nousta eniten ja johon ne oli mahdollista asentaa. Työnjohto tarkkaili hallin nosto – ovien aukioloaikoja ja niiden käyttö voidaan todeta vähäiseksi. 17.11.2011 tehtiin rautahallin TK01 – ilmanvaihtokoneen tulo – ja poistoilman ilmavirran mittaus sekä koneistustilan kohdepoiston ilmavirran mittaus. TK01 – ilmanvaihtokoneesta mitattiin myös tuloilma – sekä poistoilmapuolen sähkömoottorien kuluttama sähköteho. Yleispoistojen ilmavirtoja ei mitattu, koska se ei ollut mahdollista. Yleispoistojen yhteydessä ei ole kanavistoa, josta voisi mitata nopeuden eikä puhaltimessa itsessään ole paine – eron mittaussyhteitä. Näiden puutteiden takia ilmavirran luotettava mittaaminen yleispoistoista ei ole mahdollista.

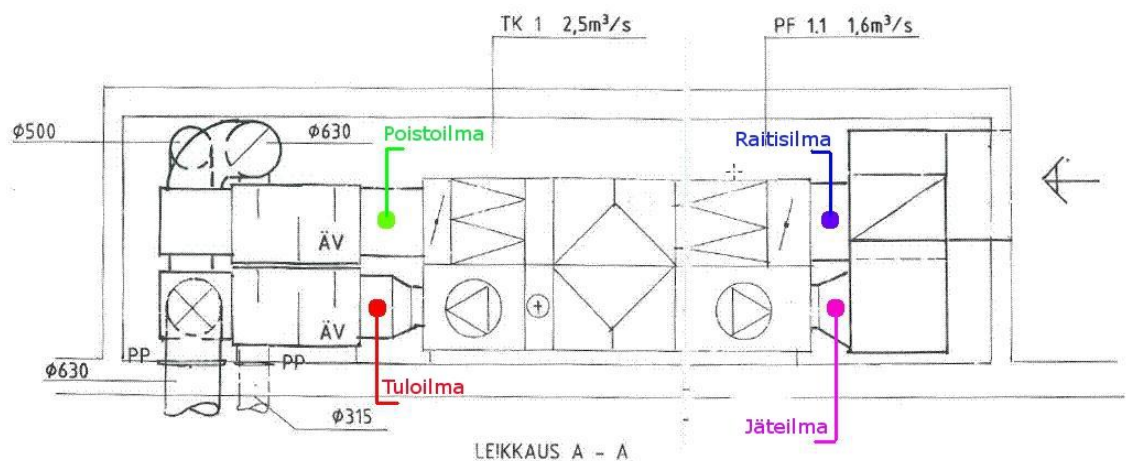
3.1 TK01 – ilmanvaihtokoneen ja rautahallin lämpötilamittaukset

TK01 – ilmanvaihtokoneen lämpötilamittaukset suoritettiin käyttämällä Squirrel meter / logger – mittaria, joka näkyy kuvassa 3.1. Antureina käytettiin termopareja. Mittari tallentaa mittauspisteiden datan omaan sisäiseen muistiinsa ja muistin sisältö voidaan purkaa tietokoneelle käyttäen siihen soveltuvaa ohjelmaa. Mittalaitteen päässä on 8 kpl lämpötilamittaukseen tarkoitettuja sisääntuloja ja niihin voidaan kiinnittää pitkiä johdinpareja, joihin mittalaite syöttää pienen jännitteen ja johdinresistanssin muuttuessa jännitekin muuttuu ja laite pystyy mittamaan lämpötilan.

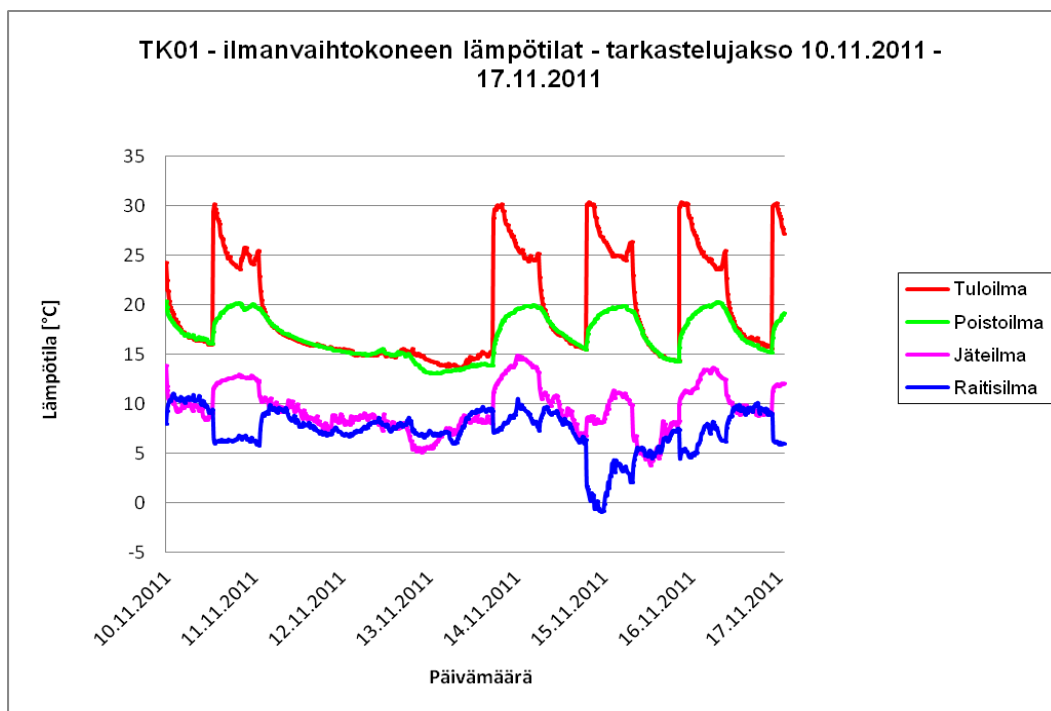


Kuva 3.1 TK01 – ilmanvaihtokoneen lämpötilamittauksissa käytetty mittalaite.

Mittalaitteen mittauspisteet oli sijoitettu tulo-, poisto -, jäte – ja ulkoilmaan alla olevan kuvan mukaisesti.



Kuva 3.2 Mittalaitteen anturit oli kiinnitetty kuvassa esitettyihin paikkoihin.

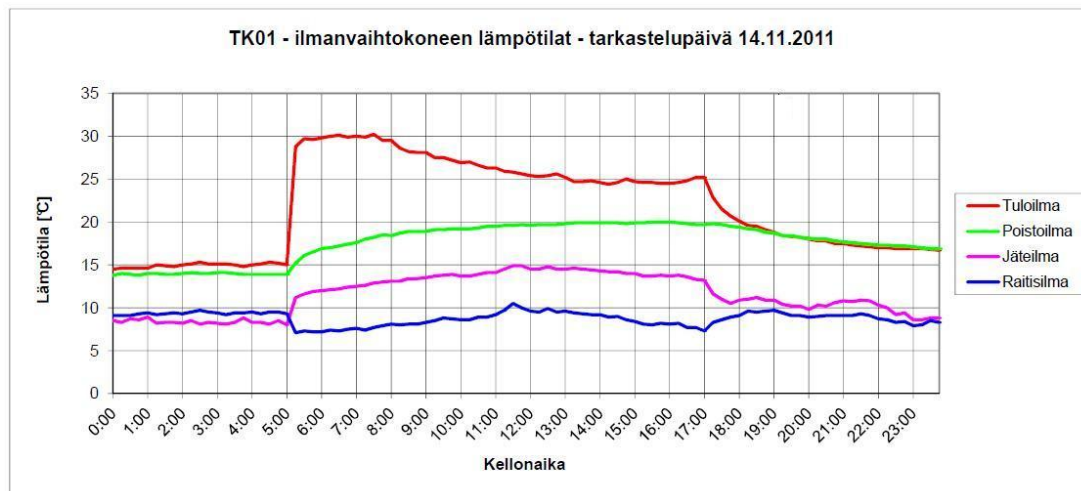


Kuva 3.3 Kuvaajassa on esitetty jokainen lämpötilan mittautulos jonka mittalaite on rekisteröinyt aikavälillä 10.11.2011, klo 16:55 ja 17.11.2011, klo 7:55. Marraskuun 12 ja 13 olivat lauantai ja sunnuntai, jolloin kone oli poissa päältä aikaohjelman mukaisesti.

Kuvasta 3.3 on nähtävissä, että TK01:n mennessä päälle, tuloilman lämpötila on yli 30 °C. Ilmanvaihtokoneen säätimestä on nähtävissä, että tuloilman lämpötilaksi pyydetään 18 °C. Säätimen pyynnissä on virhe, koska tuloilman lämpötila pitäisi olla 16 °C. Rautahallin verstausta lämmitetään kiertoilmalämmittimillä 18°C. Rautahallin verstaustilassa ilmanvaihtostrategiana on kerrostumaperiaatteella tapahtuva piennopeusilmanjako. Strategian toimiminen vaatisi, että tuloilmalämpötila olisi pari astetta viileämpää kuin oleskeluvyöhykkeen lämpötila.

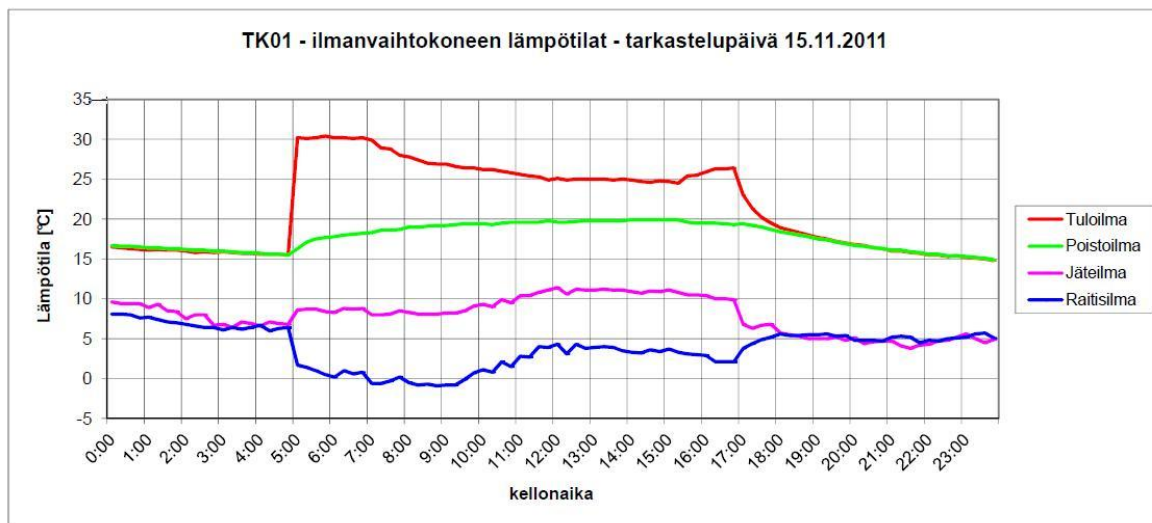
On myös syytä tarkastella päiväkohtaisia lämpötiloja tarkemmin ja sitä varten on tehty kaksi alla olevaa kuvaajaa tarkastelupäiviltä 14.11.2011 ja 15.11.2011. Kuvaajasta on nähtävissä, että TK01 käynnistyy klo 5:00 aikaohjelman mukaisesti ja tuloilman lämpötila on n. 30°C eli lämmönsäätö toimii väärin. Tuloilman pitäisi olla 16 °C. Kuvasta 3.4 on myös nähtävissä, että poistoilman ja jäteilman lämpötilaero on LTO – lämmönvaihtimen poistoilmasta talteen ottama lämpötila, mutta tuloilmapuolelta ei tietoa ole, koska lämpötila – anturia ei saanut sijoitettua LTO – lämmönvaihtimen ja lämpöpatterin väliin. Voidaan kuitenkin todeta, että LTO –

lämmönsiirrin ei ole tukossa hitsauksessa syntyvistä pienhiukkaisista, koska LTO pystyy ottamaan lämpöä talteen. Työt loppuvat hallissa klo 15:30 ja ilmanvaihtokone toimii jälleen aikaohjelman mukaisesti eli pysähtyy automaattisesti klo 17 .



Kuva 3.4 Kuvaajassa on nähtävissä tarkastelupäivänä tulo-, poisto-, jäte- ja ulkoilman lämpötilat.

Seuraavaksi tarkastellaan päivää 15.11 2011, koska ulkona oli pakkasta, vaikkakin vain hetkellisesti, mutta se muutti hieman käyrien muotoja. Nyt on nähtävissä, että jäteilman lämpötila on oleellisesti matalampi kuin kuvassa 3.4. Voidaan olettaa, että jäteilmasta siirtyy nyt enemmän lämpöä LTO - lämmönvaihtimen välityksellä tuloilmaan. Työt loppuvat hallissa klo 15:30 ja kuvasta 3.5 voidaan nähdä, että ilmanvaihtokone toimii jälleen aikaohjelman mukaisesti ja automatiikka ohjaa koneen pois päältä klo 17.



Kuva 3.5 Ulkoilma menee pakkaselle.

Kuvassa 3.6 on nähtävissä miniloggeri, jolla mitattiin hallin sisäilman lämpötiloja oleskeluvyöhykkeellä eli mittalaitteet olivat n. 1,8 metrin korkeudella ja sijoitettu sellaisille paikoille, joihin hitsauskaasut vaikuttavat oletettavasti eniten. Tällaisella mittalaitteella saavutetaan lämpötilamittauksissa +/- 0,1asteen tarkkuus. Loggereita asennettiin 4 kpl ja ne säädettiin ottamaan mittaustuloksen 5 minuutin välein. Oetaan erityistarkkailuun päivät 14.11.2011 ja 15.11.2011, koska niistä päivistä on lämpötilakuvaajat jo TK01:n osalta. Kaksi minilogger – mittalaitetta sijaitsee hallin matalammalla osalla ja kaksi korkeamman ja matalamman hallin osan rajalla. Korkeammalla osalla lämpötila pääsee paremmin karkaamaan ylös eli sinne ei kannattanut asentaa erikseen miniloggeria. Kuitenkin haluttiin tutkia miten lämpötila käyttäytyy korkeamman ja matalamman osan rajalla.



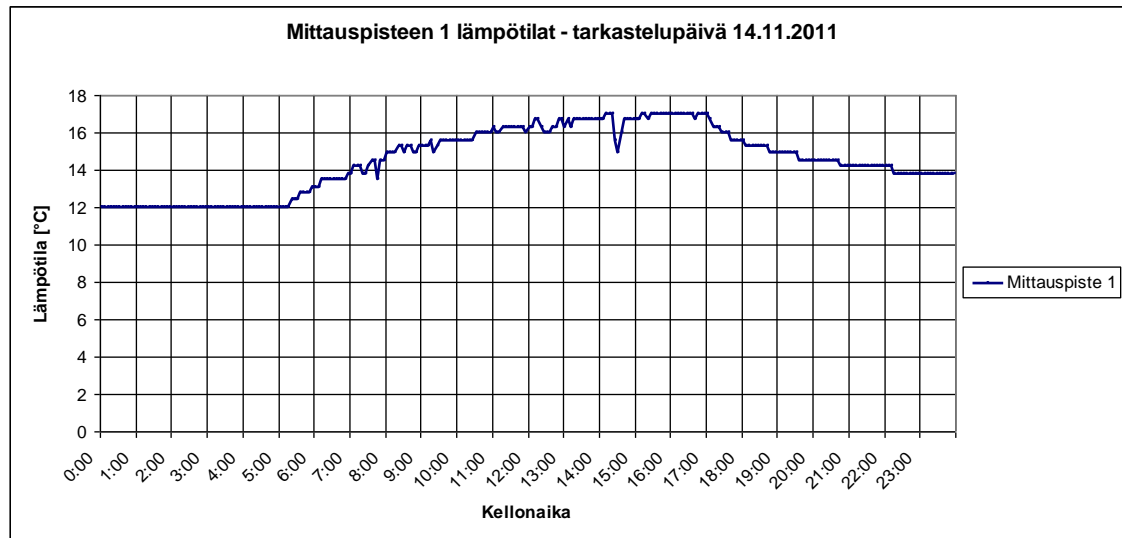
Kuva 3.6 Minilogger, suojakotelo, mittapää ja patteri.



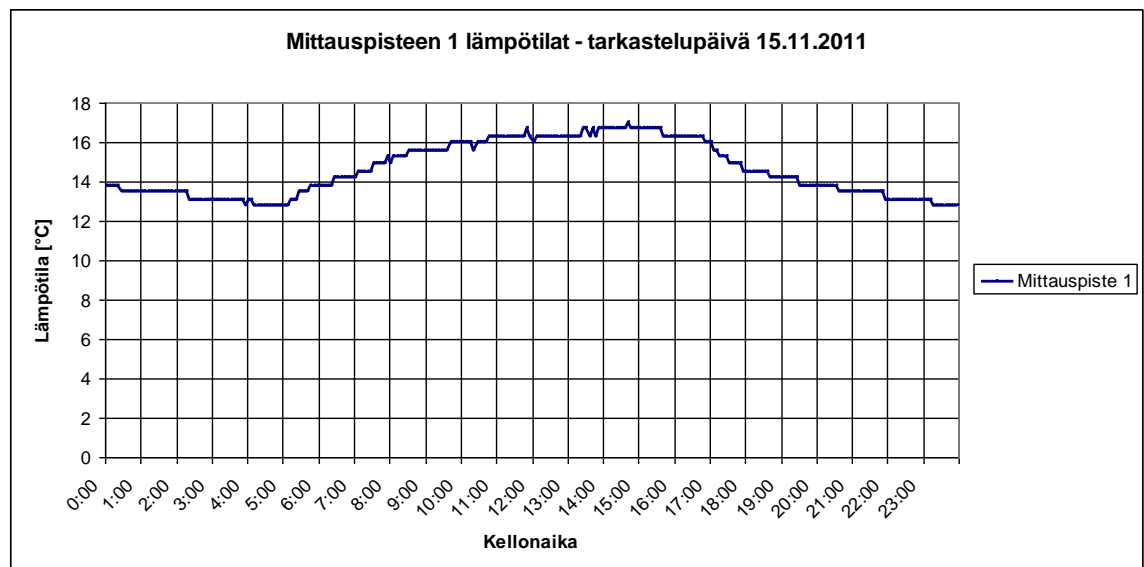
Kuva 3.7 Mittausalue 1, mittauspisteen sijoituspaikka lähellä koneistusalueen hitsauspaikkaa.

Kuvaajat 3.8 ja 3.9 ovat mittausalueen 1 lämpötilokuvaajia kahdelta eri tarkastelupäivältä. Mittausalue 1 sijaitsee myös rautahallin korkean ja matalan osan rajalla. Kuvaajista on nähtävissä, että hallin yölämpötila on n. 12 °C ja klo 5:00 alkaa hallin lämmitys kohti työaikaista lämpötilaa. Kuvassa 3.8 on nähtävissä yksi lämpötilan

notkahdus ja se on tapahtunut 14.11.2011 n. klo 15:30 eli töiden loppuessa, mutta lämpötilan notkahduksen syytä ei ole tiedossa.



Kuva 3.8 Mittauspisteen 1 miniloggerin rekisteröimät lämpötilat 14.11.2011.

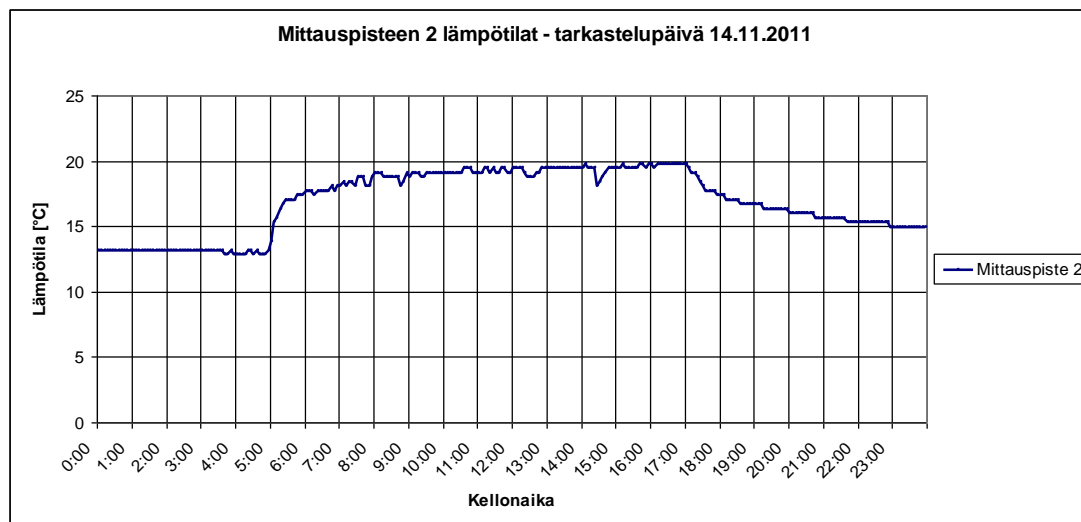


Kuva 3.9 Mittauspisteen 1 miniloggerin rekisteröimät lämpötilat 15.11.2011.

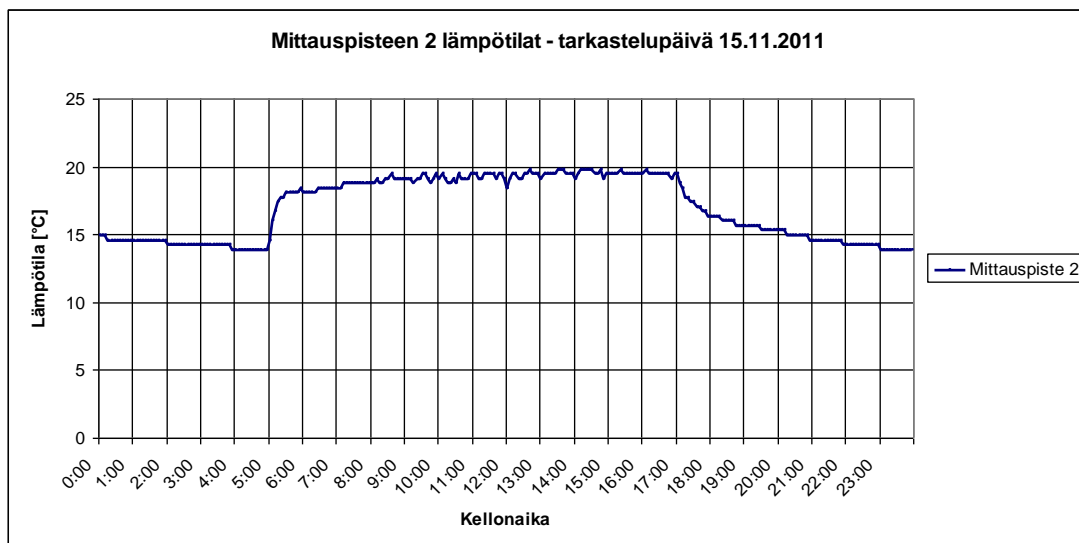


Kuva 3.10 Minilogger mittausalue 2, mittauspisteen sijoituspaikka lähellä hitsauspistettä.

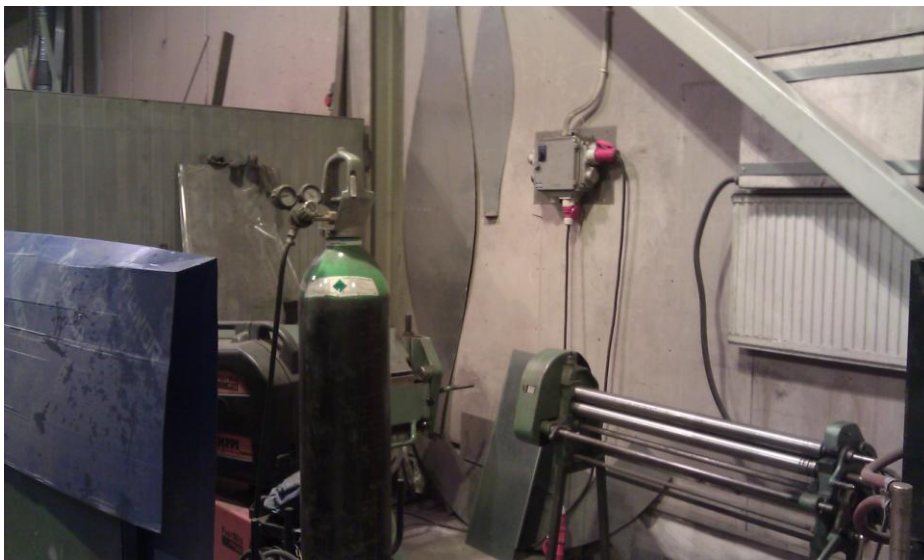
Kuvaajat 3.11 ja 3.12 ovat mittausalueen 2 lämpötilakuvaajia kahdelta eri tarkastuspäivältä. Kuvaajista 3.11 ja 3.12 on nähtävissä, että mittauspisteen 2 lämpötila on keskimäärin korkeampi kuin mittauspisteen 1. Kuvaajassa 3.11 on nähtävissä sama lämpötilan notkahdus, kuin kuvaajassa 3.8. Kuvaajat 3.11 ja 3.8 ovat samalta päivältä. Lämpötilan notkahdus on siis rekisteröinyt kahteen eri alueella olevaan miniloggeriin.



Kuva 3.11 Mittauspisteen 2 miniloggerin rekisteröimät lämpötilat 14.11.2011

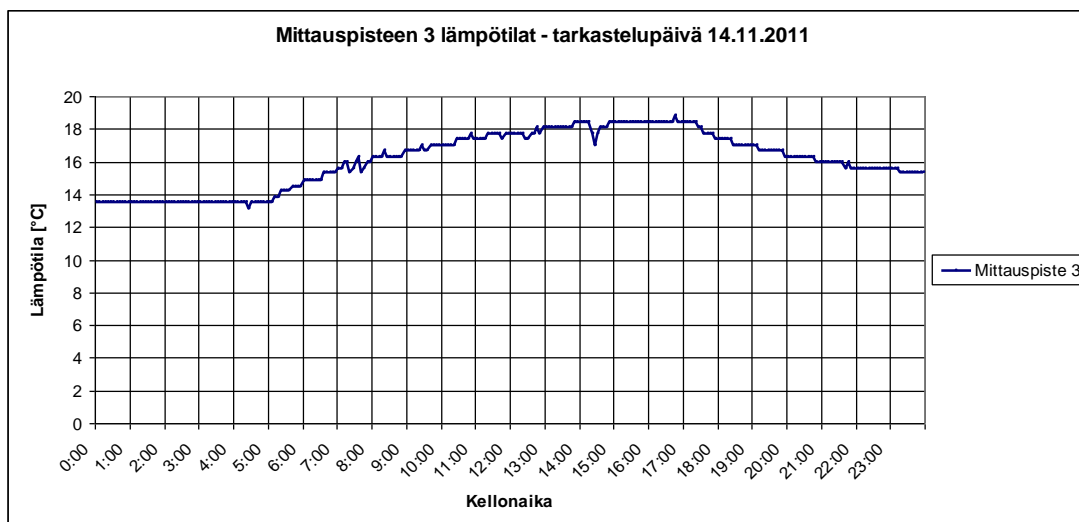


Kuva 3.12 Mittauspisteen 2 miniloggerin rekisteröimät lämpötilat 15.11.2011.

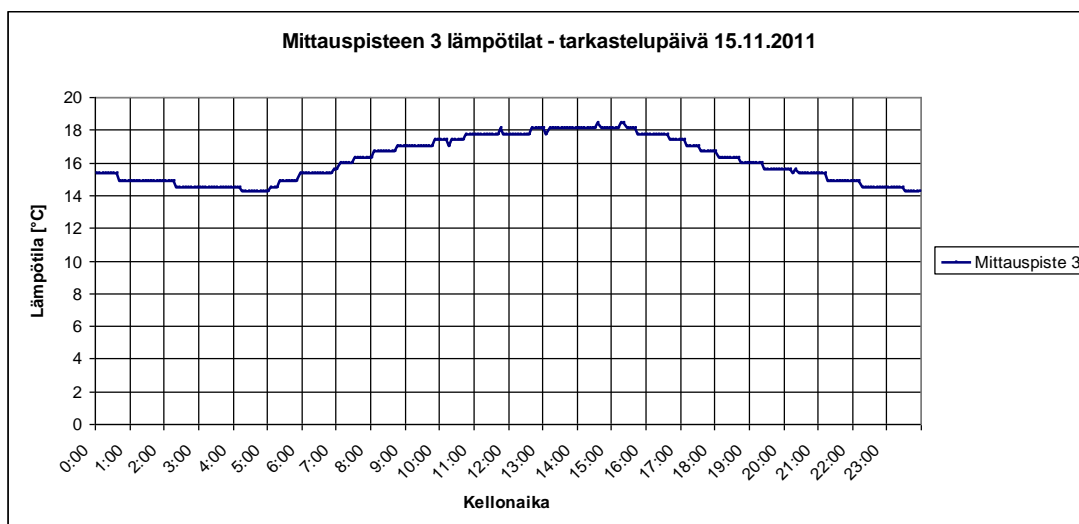


Kuva 3.13 Minilogger mittausalue 3, mittauspisteen sijoituspaikka lähellä hitsauspaikkaa.

Kuvaajat 3.14 ja 3.15 ovat mittausalueen 3 lämpötilakuvaajia kahdelta eri tarkastelupäivältä. Mittauspisteen 3 lämpötilat ovat keskimäärin samanlaisia kuin mittauspisteen 2 lämpötilat. Mittauspisteiden 1, 2 ja 3 kuvaajissa 3.8, 3.11 ja 3.14 näkyy kaikissa sama lämpötilan lasku, joka on tapahtunut 14.11.2011 klo 15:30.



Kuva 3.14 Mittauspisteen 3, miniloggerin rekisteröimät lämpötilat 14.11.2011.

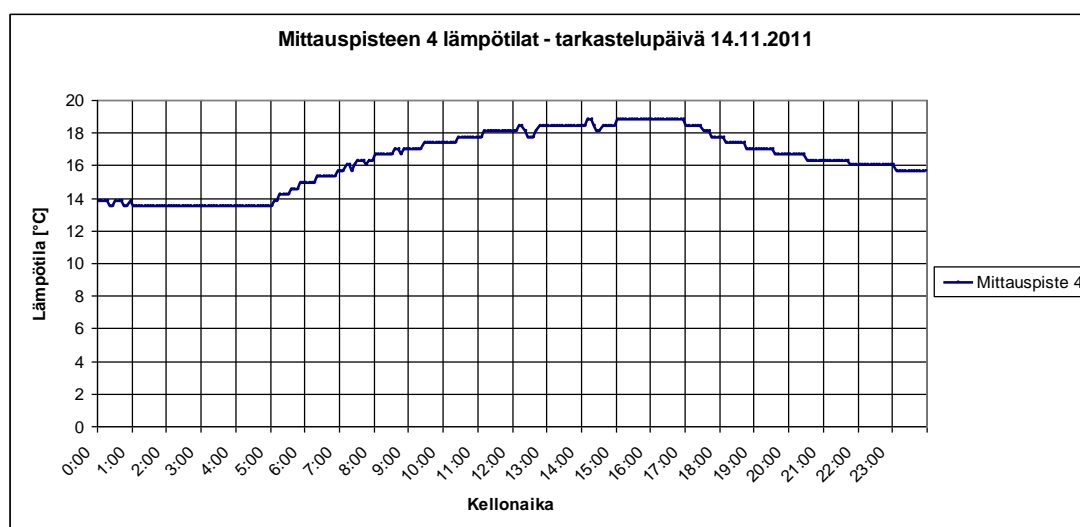


Kuva 3.15 Mittauspisteen 3, miniloggerin rekisteröimät lämpötilat 15.11.2011.

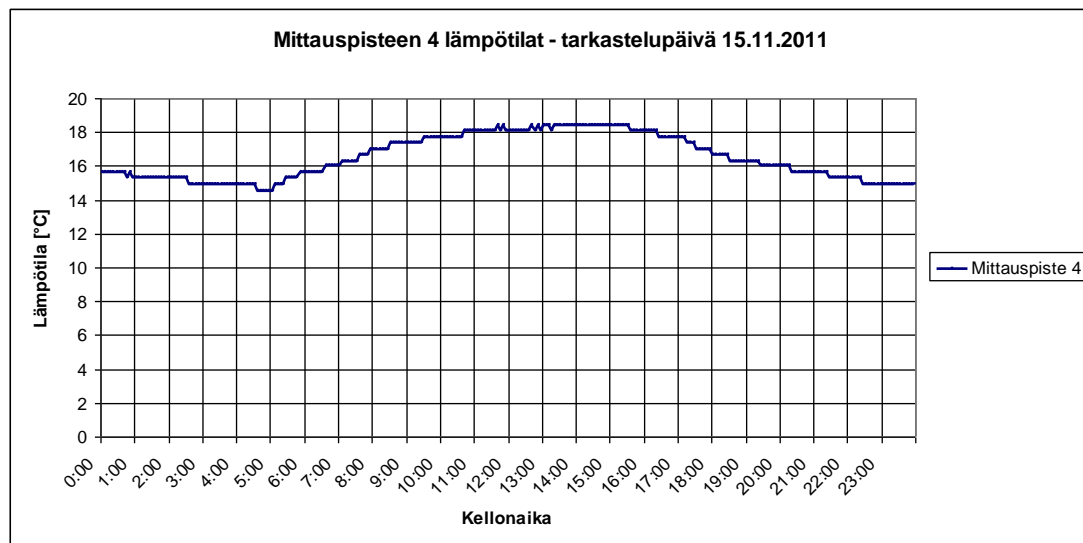


Kuva 3.16 Minilogger mittausalue 4, sijoituspaikka lähellä plasmaleikkuria.

Kuvaajat 3.17 ja 3.18 ovat mittausalueen 4 lämpötilakuvaajia kahdelta eri tarkastuspäivältä. Mittausalue 4 sijaitsee rautahallin korkean ja matalan osan rajalla. Mittauspisteiden 2, 3 ja 4 lämpötilat ovat hyvin lähellä toisiaan, mutta mittauspisteen 1 lämpötilat ovat selkeästi matalammat. Mitään selkeää syytä yhden mittauspisteen matalampaan lämpötilaan ei ole olemassa.



Kuva 3.17 Mittauspisteen 4 miniloggerin rekisteröimät lämpötilat 14.11.2011.



Kuva 3.18 Mittauspisteen 4 miniloggerin rekisteröimät lämpötilat 15.11.2011.

Hallin lämpötilan pitäisi olla 18 °C ja ilmanvaihtokoneen tuloilman pitäisi olla n. 16 °C, jotta järjestelmä toimisi suunnitellulla tavalla. Nykyisessä tilanteessa tuloilma nousee päätelaitteilta suoraan ylös sekoittumatta oleskelualueen ilmaan. Tästä syystä johtuen ilmanvaihtokoneen poistoilman lämpötila on suurempi kuin oleskeluvyöhykkeen.

3.2 Savukokeet

Savukokeet tehtiin tuloilman lämpötilan ollessa noin 26 °C. Savukokeiden tarkoituksena oli saada käsitys piennopeuspäätelaitteiden antamasta tuloilmasuihkusta. Mikäli ilmanvaihto toimisi suunnitellusti niin päätelaitteista puhallettavan ilman täytyisi olla pari astetta viileämpää, kuin oleskeluvyöhykkeellä oleva ilman lämpötila. Aikaisemmista lämpötilamittauksista voi tehdä sen johtopäätöksen, että tuloilma on liian lämmintä ja savukokeet vahvistivat, että ilma nousee suoraan ylös päätelaitteelta eikä tuloilma pääse koskaan oleskeluvyöhykkeelle kuten kuvasta 3.19 nähdään. Nykyisellään ilmanvaihto ei toimi ja on oletettavaa, että lämmin ilma pakkautuu ylös ja jopa häiritsee hitsauskaasujen poistoa.



Kuva 3.19 Piennopeuspäätelaitteen ilmavirta nousee suoraan ylös sekoittumatta oleskeluvyöhykkeen ilmaan.

3.3 TK01 – ilmanvaihtokoneen ja koneistustilan kohdepoiston ilmavirtojen mittaukset

Ilmavirtojen mittauksiin käytettiin Mikor TT470S – mittalaitetta ja ilmavirrat on saatu joko iris – säätimen yli olevalla paine – eromittauksella tai kanavasta mitatulla nopeudella pitot – putki menetelmällä. Pitot – putki on mittalaite, jolla mitataan virtauksen paikallista nopeutta paine – eron avulla. Ilmavirrat on mitattu 17.11.2011 ja liitteessä numero 3A on mittauspöytäkirja. TK01 – koneen poistoilmavirta oli suhteellisen helppo selvittää, koska poistopuolen ilmavirta oli mitattavissa kahdesta säätimestä, jotka oli asennettu ilmanvaihtokonehuoneeseen.



Kuva 3.20 Kahdesta poistupuolen ilmavirtasäätimestä mittaamalla paine – ero saatiin poistupuolen kokonaisilmavirta koneelle TK01.

TK01 – ilmanvaihtokoneen tuloilmavirta piti selvittää useammalla mittauksella, koska konehuoneessa ei ollut siihen liittyviä säätimiä ja runkokanavisto sijaitsee pääasiassa niin korkealla, että siihen ei kovin helposti pääse käsiksi. Kuvassa 3.20 on myös nähtävissä tuloilmakanava, joka sijaitsee poistoilmakanavan takana ja siitä kanavasta mitattiin ilmannopeus ja käyttämällä kaavaa 1 saadaan laskettua tilavuusvirta kanavassa. Kuvasta 3.21 on koneistustilan päätelaite ja sen yläpuolelta saadaan mitattua päätelaitteelle tulevan ilman nopeus ja käyttämällä kaavaa 1 saadaan laskettua tilavuusvirta kanavassa. Koneistustilassa on myös yksi ilmavirtasäädin, jonka yli voidaan mitata paine – ero ja katsomalla ilmavirtasäätimen k – arvo valmistajan taulukosta voidaan laskea ilmavirta. Kaavasta 2 on nähtävissä säätimen yli mitattavan ilmavirran laskukaava.



Kuva 3.21 Koneistustilan päätelaite joita on kyseisessä tilassa 3 kpl.

Tilavuusvirta kanavassa:

$$q_v = v \times A \quad (1)$$

q_v = tilavuusvirta, [m^3 / s]

A = pinta-ala, [m^2]

v = nopeus, [m / s]

Ilmavirta – säätimestä mitattava ilmavirta:

$$q = k \times \sqrt{\Delta p_m} \quad (2)$$

q = ilmavirta, [l / s]

Δp_m = mittaamalla saatu paine – ero, [Pa]

k = k – kerroin joka saadaan laitevalmistajan säätöoppaasta

TK01 – ilmanvaihtokoneen mittaamalla saatu kokonaistuloilmavirta on 2119 l / s ja kokonaispoistoilmavirta on 2179 l / s . Ilmanvaihtokone on siis erittäin hyvin tasa-

painossa, kun erillispoistoilmapuhaltimet eivät ole käytössä. Suunnitellut ilmavirrat olivat 2500 l/s tuloilmavirtaa ja 1600 l/s poistoilmavirtaa.



Kuva 3.22 Koneistustilan kohdepoistoletku ja siihen liittyvä kanavisto.

Rautahallissa on kaksi kiinteästi asennettua kohdepoistoimuria. Toinen palvelee koneistustilaa, jossa imurin kanavisto haarautuu neljälle eri kohdepoistoletkulle. Kuvas-
ta 3.22 nähdään kahden letkun haarautuminen. Toinen erillispoisto on plasmaleikkurin kohdepoistoimuri. Ei kuitenkaan katsottu aiheelliseksi tutkia plasmaleikkurin kohdepoistoimurin poistoilmavirtaa, koska imuri on hiljattain hankittu ja siitä on olemassa kattava dokumentaatio.

Loput rautahallin poistoimurit ovat kaksi yleispoistoa, joissa ei ole edes kanavistoa ja imureissa ei ole mittaukseen tarkoitettuja paine – eroyhteitä, joten niistä ei ole edes mahdollista saada luotettavaa mittaustulosta.

Koneistustilan kohdepoiston ilmavirta mitattiin siten, että kaksi letkua avattiin ja kaksi suljettiin jolloin mitattiin auki olevien letkujen kanavista nopeus pitot – putki menetelmällä. Suunnitelmissa tämän kohdepoistoimurin ilmavirraksi mainitaan 1000 l/s, mutta mittausten perusteella ilmavirraksi saatiin 700 l/s.

3.4 SFP – luku

“Ominais sähköteho eli SFP – luku (Specific Fan Power) kuvaa ilmanvaihtojärjestelmän sähkötehokkuuden. SFP – luku antaa lukuarvon sille, miten paljon sähkötehoa rakennuksen ilmanvaihto tarvitsee. Oikealla suunnittelulla ja laitevalinnoilla voidaan vaikuttaa rakennuksen ja sen ilmapuhaltusjärjestelmien sähkönkulutukseen. Koska sähkönkulutuksella on hyvin merkittävä osuus energian tarpeesta, voidaan määräysten mukaisella suunnittelulla merkittävästi vaikuttaa koko rakennuksen elinkaarikuormitukseen ja ympäristökuormitukseen.”/4, s.4/ ”SFP – luku on tarkoitettu apuvälineeksi, jolla voidaan ennalta määrittää suunniteltavan kohteen ominais sähkötehon tavoitetaso ja täten varmistua siitä, että suunnittelu- ja toteutusprosessi johtavat halutun tasoiseen lopputulokseen. Esimerkiksi jos määritellään ilmanvaihtojärjestelmän SFP – arvoksi $2,0 \text{ kW}/(\text{m}^3 / \text{s})$ on tällöin kaikki puhaltimet ja ilmapuhaltuskoneet mitoitettava ja valittava siten, että kaikkien ilmapuhaltuskoneiden painotettu keskiarvo alittaa $2,0 \text{ kW}/(\text{m}^3 / \text{s})$. Yksittäisen puhaltimen tai ilmapuhaltuskoneen kohdalla voidaan sallia tavoitearvon ylitys, jos se kompensoidaan matalammilla arvoilla muissa koneissa.” /4, s.4/ Rakennusmääräyskokoelman D2 mukaan kuitenkin ”koneellisen tulo- ja poistoilmajärjestelmän ominais sähköteho saa olla yleensä enintään $2,5 \text{ kW}/(\text{m}^3/\text{s})$. Koneellisen poistoilmajärjestelmän ominais sähköteho saa olla yleensä enintään $1,0 \text{ kW}/(\text{m}^3/\text{s})$.”/6, s.23/

Rautahallin tapauksessa on tarpeetonta määrittää koko ilmanvaihtojärjestelmän ominais sähköteho, koska yleis – ja kohdepoistot ovat päällä hyvin satunnaisesti eli ne ovat käsikäyttöisten kytkinten takana ja ne on tarkoitettu pienhiukkasten poistoon tarvittaessa. Rautahallin tapauksessa tulee olennaiseksi määrittää TK01 tulo – ja poistoilmakoneen ominais sähköteho. ”Ilmapuhaltuskoneen (joka sisältää tulo- ja poistoilmakoneen) ominais sähköteho SFP on puhaltimien yhteenlaskettu sähköverkosta ottama sähköteho kW jaettuna koneen tulo- tai poistoilmavirralla m^3 / s , suuremmalla näistä. Sähkön ottoteho lasketaan mitoitusilmavirralla.”/4, s.6/

$$SFP = \frac{P_{tulo} + P_{poisto}}{q_{\max}} \quad (3)$$

SFP = puhaltimen ominaissähköteho, [kW/(m³/s)]

P_{tulo} = tuloilmapuhaltimen ottama sähköteho [kW]

P_{poisto} = poistoilmapuhaltimen ottama sähköteho [kW]

q_{\max} = koneen ilmavirroista suurempi [m³/s]

Pihtimittaria käyttämällä mitattiin TK01 – ilmanvaihtokoneen tulo – ja poistoilmapuhaltimen sähkömoottorien ottama virta vaihekohtaisesti koneen ollessa normaalissa käyntitilassa ja lisäksi moottorikilvestä katsottiin moottorin tehokerroin eli $\cos \varphi_{tulo} = 0,8$ ja $\cos \varphi_{poisto} = 0,76$. Tuloilmapuhaltimen sähkömoottorin virta – arvot vaiheittain olivat L1 = 7,7A, L2 = 7,4A ja L3 = 8,0A. Poistoilmapuhaltimen sähkömoottorin virta – arvot vaiheittain olivat L1 = 4,3A, L2 = 4,6A ja L3 = 4,4A. Tuloilmapuhaltimen sähkömoottorin virta – arvojen keskiarvo on 7,7A ja poistoilmapuhaltimen virta – arvojen keskiarvo on 4,4A.

$$P_{moottori,tulo} = \sqrt{3} \times U \times I_{keskia,tulo} \times \cos \varphi_{tulo} \quad (4)$$

U = vaihejännite, [V]

$I_{keskia,tulo}$ = virta – arvojen keskiarvo tuloilmapuolelta, [A]

$\cos \varphi_{tulo}$ = tehokerroin tuloilmapuolelta

$P_{moottori,tulo} = \sqrt{3} \times 230V \times 7,7A \times \cos(0,8) = 2140W$ eli tuloilmapuolen sähkömoottorin verkosta ottama teho on noin 2,1 kW.

$$P_{moottori,poisto} = \sqrt{3} \times U \times I_{keskia,poisto} \times \cos \varphi_{poisto} \quad (5)$$

U = vaihejännite, [V]

$I_{keskia,poisto}$ = virta – arvojen keskiarvo poistoilmapuolelta, [A]

$\cos \varphi_{poisto}$ = tehokerroin poistoilmapuolelta

$P_{\text{moottoritulo}} = \sqrt{3} \times 230V \times 4,4A \times \cos(0,76) = 1270W$ eli poistoilmapuolen sähkömoottorin verkosta ottama teho on noin 1,3 kW.

TK01 – ilmanvaihtokoneen mittaamalla saatu kokonaistuloilmavirta on 2119 l/s ja kokonaispoistoilmavirta on 2179 l/s. Seuraavaksi valitaan kahdesta mittaamalla saadusta ilmavirrasta suurempi eli kokonaispoistoilmavirta, jota käytetään SFP – luvun laskennassa. Käytetään alla olevassa laskussa kaavaa 3.

$$SFP = \frac{2,1kW + 1,3kW}{2,2m^3 / s} = 1,6 \text{ kW}/(m^3/s)$$

Nykyaikaista järjestelmää suunniteltaessa SFP – opas suosittelee, että pyrittäisiin valitsemaan sellaisia tuotteita, että saavutettaisiin 1,5..2 kW/(m³/s) tavoitetaso. Rautahallin ilmanvaihtokone TK01 saavutti SFP – luvun 1,6 kW/(m³/s), joten voidaan todeta sen olevan riittävällä tasolla myös nykyaikaisten suositusten ja määräysten kanssa.

4. NYKYISEN JÄRJESTELMÄN PARANTAMINEN

Nykyisen ilmanvaihtojärjestelmän puutteet liittyvät automaatiojärjestelmään.

Automaatiojärjestelmä säättää väärin TK01 – ilmanvaihtokoneen tuloilman lämpötilaa. Verstastilaan puhallettava tuloilma vaihtelee välillä 30 °C – 24 °C. Tuloilman täytyy pysyä vakiolämpöisenä 16 °C ja kiertoilmalämmittimien täytyy pitää hallin lämpötila tasaisesti 18 °C.

Korjattava puute on myös verstastilan korkeamman osan katossa olevan yleispoiston imuaukon tukkiminen sulkupellillä, kun poistopuhallinta ei käytetä.

Tämä opinnäytetyö suosittelee, että rakennusautomaatiojärjestelmä vaihdetaan kokonaisuudessaan uuteen, koska nykyiseen järjestelmään ei ole saatavissa enää varaosia.

Lähdeluettelo

1. Stratoco Ventilationin (1990) kokoama tuotetietokantakansio ilmankäsittelyjärjestelmästä ABX

[viitattu 6.10.2011]

2. Sandberg, E.(2011). Tilailmastointi ja ilmanjako. Kurssilla RA080703 Ilmastointilaitoksen mitoitus jaettu materiaali.

[viitattu 7.10.2011]

3. Fläkt – Woods Oy:n huippuimuri SSSH – esite.

[viitattu 8.10.2011]

4. SFP – opas (Heinäkuu 2009). LVI-talotekniikkateollisuus ry

[viitattu 29.12.2011]

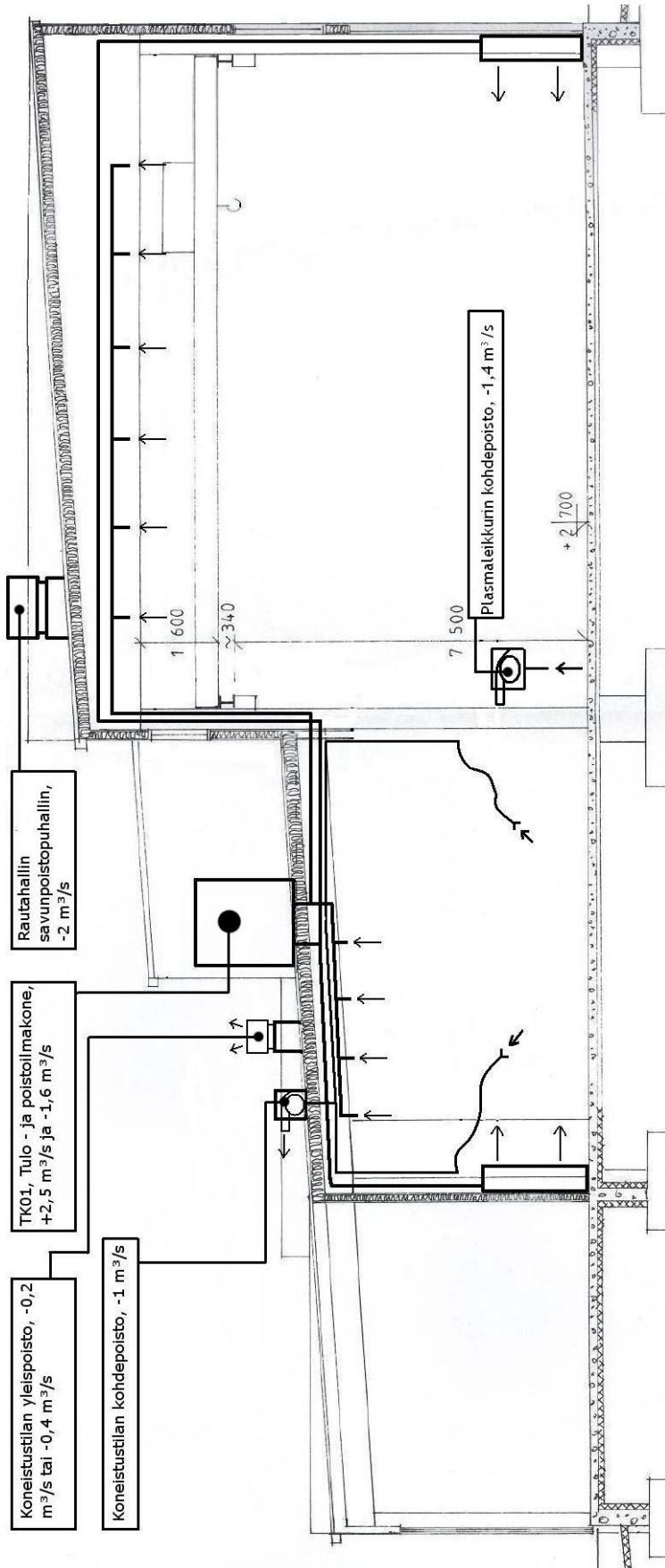
5. LVI – kortti 30-10455 (2010). Ilmavaihtojärjestelmän ominaissähköteho SFP

6. D2(2010). Rakennusmääräyskokoelma

[viitattu 29.12.2011]

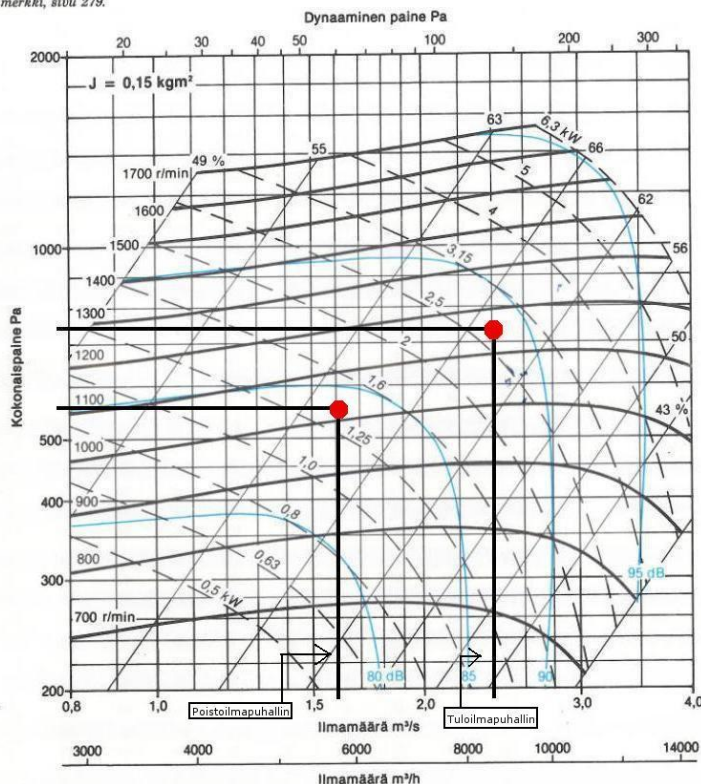
LIITEET

- LIITE 1A Periaatekuva olemassa olevasta ilmanvaihtojärjestelmästä ilman mit-takaavaa
- LIITE 1B ABX-4 puhaltimien painehäviökäyrästä
- LIITE 1C ABX-4 puhaltimen mittakuva
- LIITE 1D Levylämmönvaihtimen mitoitusdiagrammi
- LIITE 1E Levylämmönvaihtimen mittakuva
- LIITE 1F Vesilämmityspatterin mittatiedot
- LIITE 1G Vesilämmityspatterin mitoitus
- LIITE 1H TK01 ilmanvaihtokoneen säätökaavio
- LIITE 1I TK01 ilmanvaihtokoneen säätökaavion laiteluettelo
- LIITE 1J Plasmaleikkurin poistoilma keskipakoispuhaltimen mitoitustiedot
- LIITE 1K Savunpoistoimurin puhallinkäyrä
- LIITE 1L Savunpoistoimurin mittakuva
- LIITE 3A TK01 – ilmanvaihtokoneen säätöpöytäkirja



Pieni F-pyörä

Mitoitusesimerkki, sivu 279.



Äänenvaimennus oktaavikaistoittain

Vaimennus	Oktaavikaista, keskitajuus Hz							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Pieni roottori	12	14	13	13	15	12	9	11
Suuri roottori	11	13	12	12	14	11	8	10
Pieni levylämmönv.	5	6	6	13	13	11	20	22
Suuri levylämmönv.	6	9	9	16	18	17	28	30
Pieni kaksoislevy lämmönv.	14	14	10	15	16	22	31	35
Suuri kaksoislevy lämmönv.	15	17	13	18	21	27	39	43
kostutusosa, korkea kostaste	3	2	2	3	5	6	12	15
kostutusosa, matala kostaste	3	2	2	2	4	5	8	10
Äänenvaimennin, pienteho 0,6 m	6	4	10	13	9	8	8	8
Äänenvaimennin, pienteho 1,2 m	9	7	16	19	15	17	14	14
Äänenvaimennin, pienteho 1,8 m	12	10	21	26	21	20	17	17
Äänenvaimennin, normaali 0,6 m	9	9	14	20	15	18	18	16
Äänenvaimennin, normaali 1,2 m	13	13	23	33	28	31	25	22
Äänenvaimennin, normaali 1,8 m	16	16	34	41	38	42	33	27
Äänenvaimennin, suurteho 0,6 m	12	12	20	31	31	31	29	27
Äänenvaimennin, suurteho 1,2 m	18	18	41	47	52	50	44	42
Äänenvaimennin, suurteho 1,8 m	19	22	50	55	58	54	48	46

Suurin vakiokoko moottorille

Tyyppi	Yksi tai kaksi nopeutta	Kaksimoottori-käyttö
Suurin vakiokoko	132M	132M/112

Äänitehotaso oktaavikaistoittain

Korjausarvo lisätään taulukon mukaan (etumerkein) käyrästästä luettuun kokonaisäänitasoon.

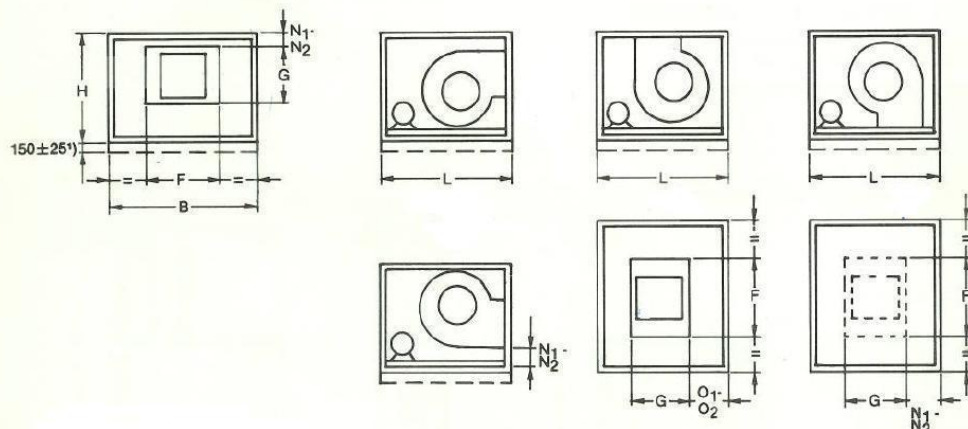
Ääni	Työpiste	Oktaavikaista, keskitajuus, Hz							
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
kanavaan	η ₁ -sta vasemmalle	+ 7	- 3	- 6	- 8	- 12	- 16	- 24	- 31
kanavaan	η ₁ -sta oikealle	+ 2	- 6	- 5	- 5	- 11	- 16	- 23	- 29
konehuoneeseen puhallintilaan	η ₁ -sta vasemmalle	- 8	- 19	- 24	- 34	- 38	- 40	- 45	- 52
konehuoneeseen puhallintilaan	η ₁ -sta oikealle	- 13	- 22	- 23	- 31	- 37	- 40	- 44	- 50

Moottorikoon valinta

Moottorin tehontarve mukaanluettuna laakeri- ja hihnakäyttöhäviöt saadaan sen jälkeen kun on lisätty taulukon mukainen puhallinakselin tehontarve.

Tehontarve puhallinakseli kW	0,5-1	1-2	2-4	4-8
Lisäys %-na	25	20	18	15
Lisäys poistopuolella lämmönvaihtimella %	35	30	28	25

Malli 850
Puhallinosa



ABX	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
B	750	850	1050	1350	1350	1550	1750	2050	2050	2250	2650	2850	3250
H	550	750	850	950	1050	1350	1350	1550	1750	2050	2050	2650	2850
L	850	1050	1150	1350	1450	1650	1750	1950	2150	2400	2600	2800	3000
F	400	400	500	600	600	700	800	900	1000	1200	1200	1500	1800
G	300	400	400	500	600	700	800	900	1000	1000	1200	1200	1200
N ₁	110	175	175	140	175	250	160	200	200	250	200	350	250
N ₂	80	110	110	80	65	150	100	90	100	150	60	200	60
O ₁	140	175	275	310	275	400	390	450	550	800	650	1100	1200
O ₂	170	240	340	370	385	500	450	560	650	900	790	1250	1390
W1	55	88	112	149	167	220	257	363	491	616	733	953	1235
W2	58	93	122	159	187	241	377	493	636	836	1098	1278	1459

F × G = kanavamitta

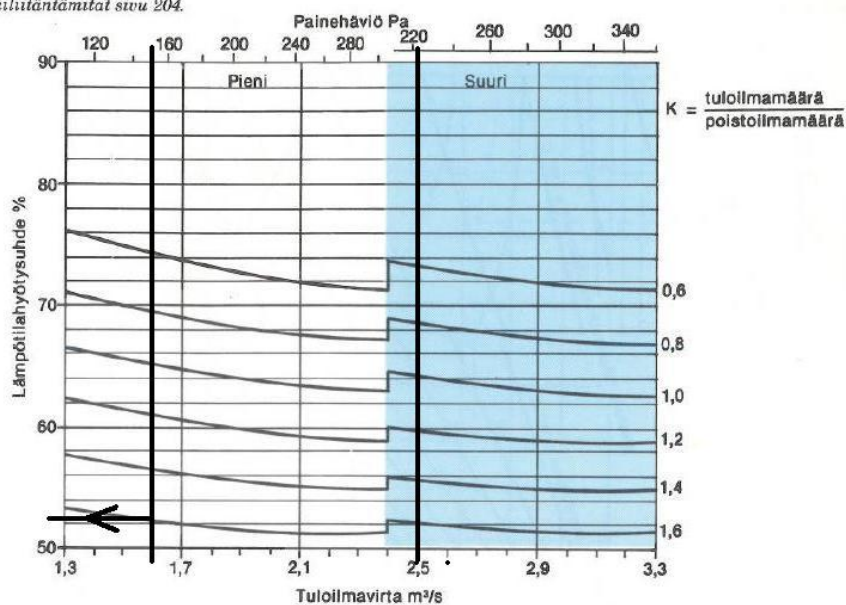
N₁ = pieni F- ja B-pyörä O₁ = pieni F- ja B-pyörä W1 = paino kg:na pienille F- ja B-pyörille ilman moottoria ja hinnakäyttöä
 N₂ = suuri F- ja B-pyörä O₂ = suuri F- ja B-pyörä W2 = paino kg:na suurille F- ja B-pyörille ilman moottoria ja hinnakäyttöä

¹⁾ Koot 9-13 sisältävät pohjakehyksen.

Levyilmänvaihdin, yksinkertainen

Mitoitusmerkki sivu 249.

Tulo- ja poistoputkiliitäntämitat sivu 204.

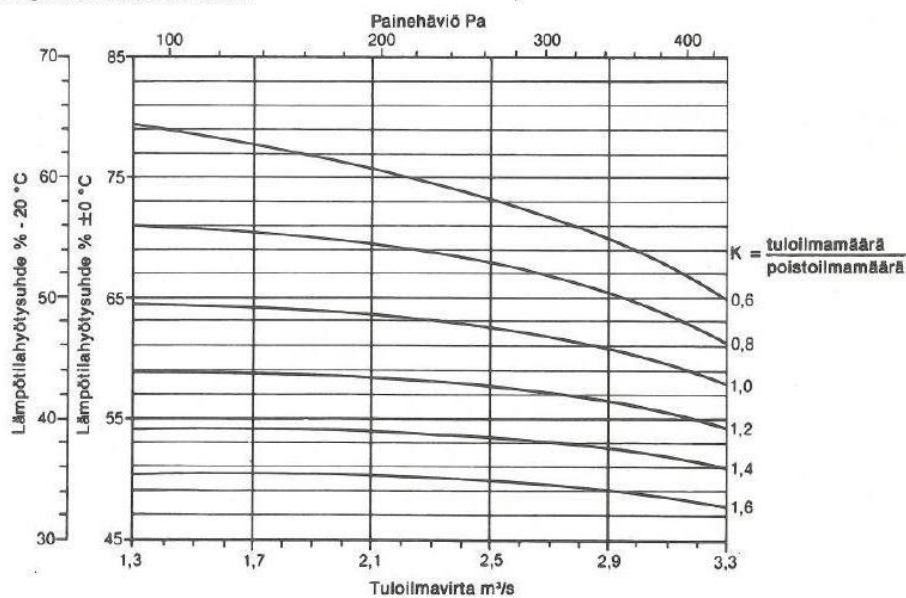


Kaksinkertaisen vaihtimen hyötysuhde voidaan laskea seuraavasti: $\eta_2 = \frac{2 \cdot \eta_1}{1 + \eta_1}$
Painehäviö on kaksinkertainen.

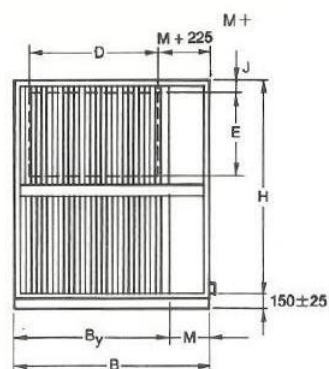
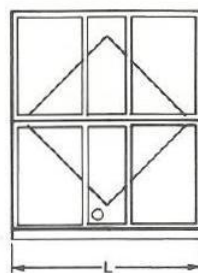
Patterilämmönvaihdin, 12 putkiriviä

Mitoitusmerkki sivu 253.

Tulo- ja poistoputkiliitäntämitat sivu 204.



10- ja 8-syvien vaihtimien osalta hyötysuhde laskee 4 ja 8 prosenttiyksikköä. Painehäviö muuttuu suhteessa putkirivien lukumäärään.

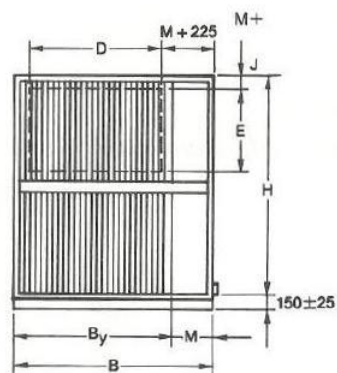
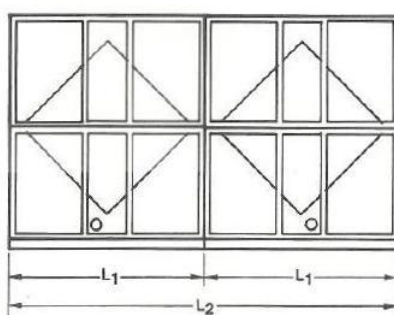
Malli 825
Levylämmönvaihdin, yksinkertainen


ABX	B		B _y	H	L	D	E	J	M		W	
	Pieni	Suuri							Pieni	Suuri	Pieni	Suuri
1	750	750	750	1100	1350	400	400	75	-	-	137	175
2	850	1150	850	1500	1550	500	500	125	-	300	195	248
3	1050	1350	1050	1700	1550	700	600	125	-	300	236	302
4	1350	1650	1350	1900	1550	1000	700	125	-	300	302	362
5	1350	1650	1350	2100	2150	1000	800	175	-	300	556	690
6	1550	1850	1550	2700	2150	1200	1000	175	-	300	665	793
7	1750	2050	1750	2700	2150	1400	1000	175	-	300	740	880
8	2250	2450	2050	3100	2150	1600	1200	175	200	400	886	1020

D × E = kanavamitta

W = paino kg:na

putkielitäntämitat, sivu 204.

Malli 826
Levylämmönvaihdin, kaksinkertainen


ABX	B		B _y	H	L ₁	L ₂	D	E	J	M		W	
	Pieni	Suuri			Pieni	Suuri				Pieni	Suuri	Pieni	Suuri
1	750	750	750	1100	1350	2700	400	400	75	-	-	274	350
2	850	1150	850	1500	1550	3100	500	500	125	-	300	390	496
3	1050	1350	1050	1700	1550	3100	700	600	125	-	300	472	604
4	1350	1650	1350	1900	1550	3100	1000	700	125	-	300	604	724

D × E = kanavamitta

W = paino kg:na

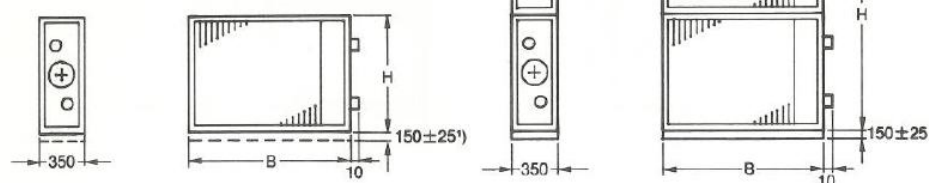
putkielitäntämitat, sivu 204.

Malli 835

Lämmityspatteri, kuumavesi

Koko 10-13

Koko 1-9



ABX	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
B	750	850	1050	1350	1350	1550	1750	2050	2050	2250	2650	2850	3250
H	550	750	850	950	1050	1350	1350	1550	1750	2050	2050	2650	2650
W1	27	34	41	53	57	69	74	93	145	181	205	244	292
W2	32	41	51	69	75	96	105	133	189	237	271	332	400
W3	37	48	61	86	93	123	135	174	233	295	339	420	508

W1 = paino kg:na ilman nestettä 1 putkiriville

W2 = paino kg:na ilman nestettä 2 putkiriville

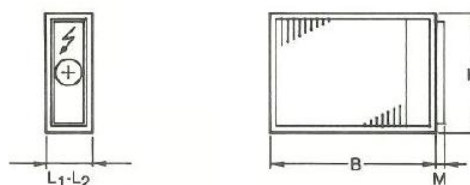
W3 = paino kg:na ilman nestettä 3 putkiriville

*) Koot 9-13 sisältävät pohjakohyksen.

Tulo- ja poistoputkiliitännämitat, sivu 204.

Malli 837

Lämmityspatteri, sähkö



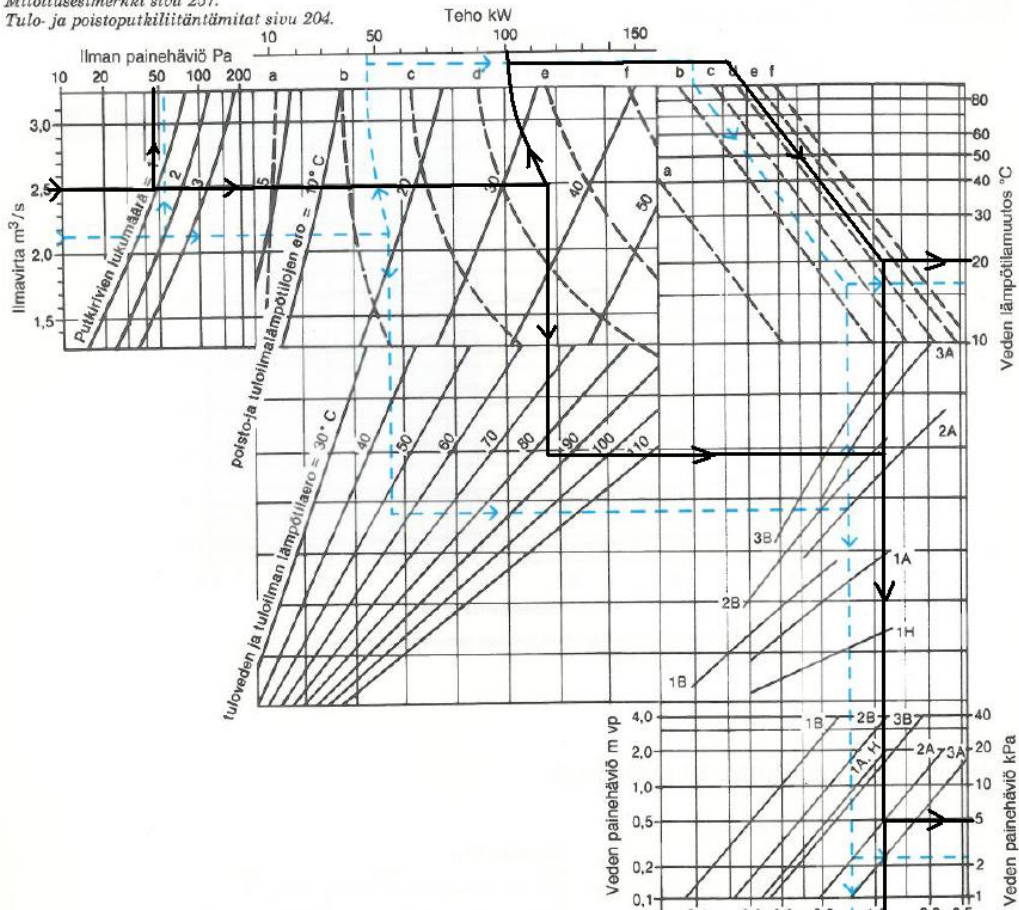
ABX	1	2	3	4	5	6	7	8
B	750	850	1050	1350	1350	1550	1750	2050
H	550	750	850	950	1050	1350	1350	1550
L ₁	350	350	350	350	350	350	350	350
L ₂	450	450	450	450	450	450	450	450
M	110	110	110	130	180	180	180	180
W1	24	30	37	48	52	63	68	85
W2	30	39	48	59	63	84	92	115
W3	32	41	51	69	75	96	105	121
W4	41	53	68	89	95	131	144	161

L₁ = 1-3 putkiriviä (lyhyt runko).L₂ = 4-5 putkiriviä (lyhyt runko).W1 = paino kg:na tasomallille, 1-3 putkiriviä (L₁)W2 = paino kg:na tasomallille, 4-5 putkiriviä (L₂)W3 = paino kg:na tasomallille, 1-3 putkiriviä (L₁)W4 = paino kg:na tasomallille, 4-5 putkiriviä (L₂)

Lämmityspatteri, kuumavesi

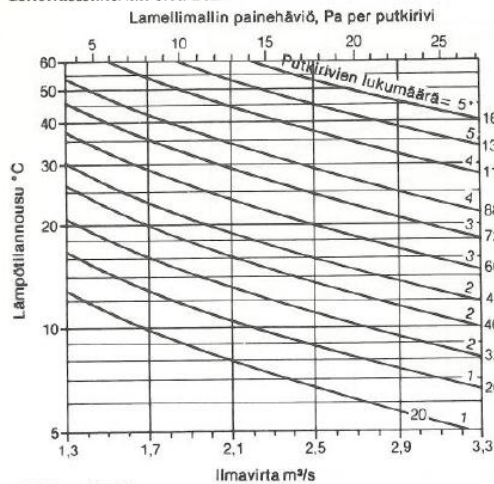
Mitoitusimerkki sivu 257.

Tulo- ja poistoputkiliitäntämitat sivu 204.



Lämmityspatteri, sähkö

Mitoitusimerkki sivu 261.

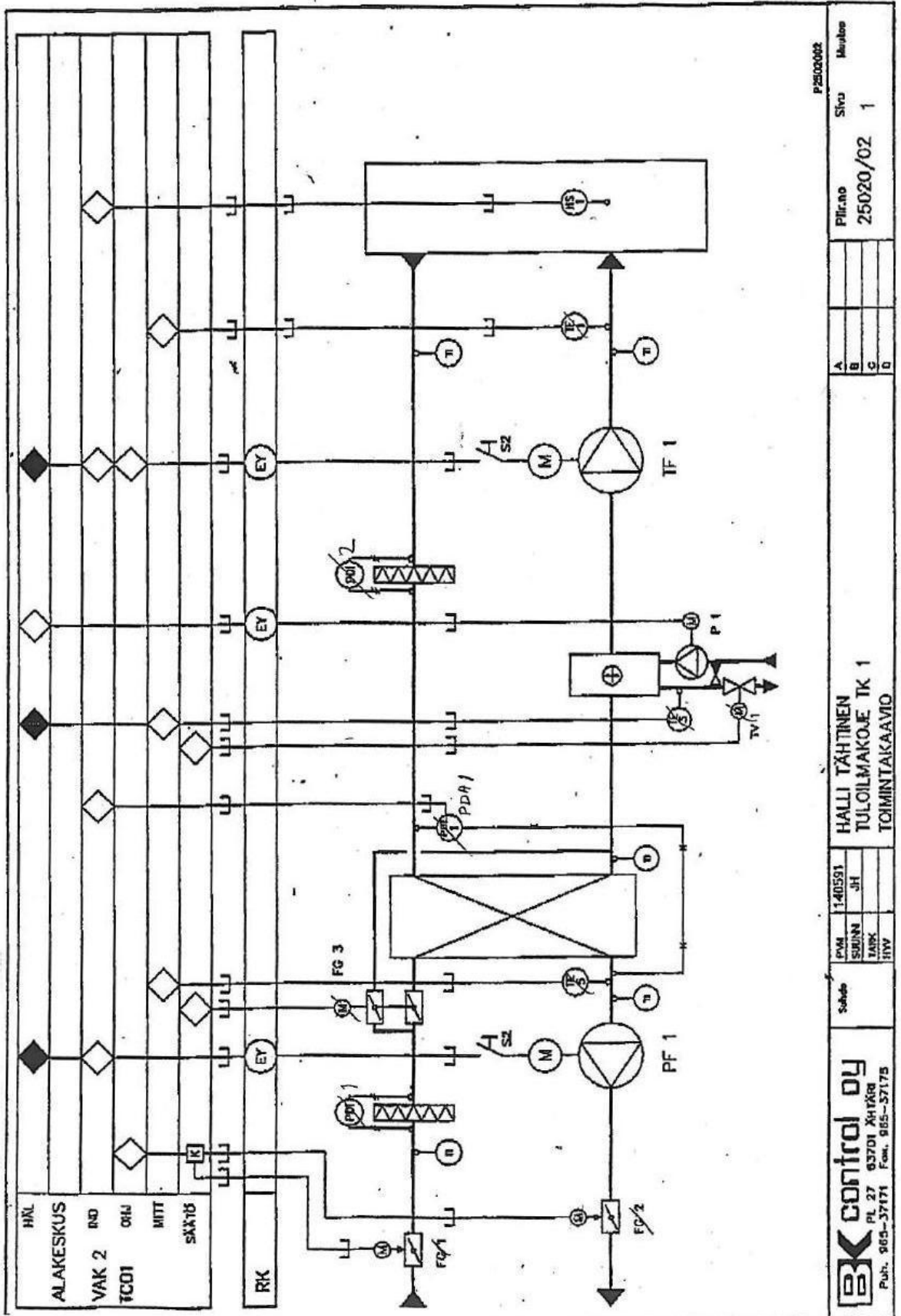


* Ei lamellimalli

Shunttisyksikkö		1	2	1	2	2	1	2	1	2
Ensimmäinen painehäviö m vp		1,0	1,6	2,5	4,0	6,3	10	16	25	
k_v -arvo m ³ /h		25	25	25	25	32	32	50	50	
Litänäkoko		12	30	30	30	50	50	50	150	
Pumpun teho W		0,23	0,23	0,23	0,30	0,30	0,30	0,70		
Nimellisvirta 980 V, A		2X	3X	4X	5X	6X	7X	8X	9X	

X = 2, kaksitieventiilille
X = 3, kolmitieventiilille
1-vaihevirta 220 V, 0,19 A


Kokonaisteho kW



P2500002

PVM		140591	Sähkö									
SUUNN	JHT											
TARKK	HYV											
HALLI TÄHTINEN TULOILMAKOE TK 1 TOIMINTAKAAVIO												
Proj.no	25020/02	1	Sivu	1								
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td>A</td> <td>B</td> <td>C</td> <td>D</td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </table>					A	B	C	D				
A	B	C	D									
		Puh. 965-37171 Fax. 965-37175 PL 27 63701 XIITÄRRI										

LAITELUETTELO				
POSITIO	NIMIKE	LAITETYYPPI	HUOM	TOIMINTASELOSTUS
VAK 2	SÄÄTÖKESKUS SÄÄDIN	VAK1 MBK-500-V		Kojelatan kyynnillä ohjaua vahvankäyräsuojelmän alkoohjaima
TC01				TOIMINTA KOJIEEN KÄYDESSÄ
1 TE 1	KANAVATUNTOELIN	PTK 10		Kojien kyynnilyyessä peili FG 1 ja FG 2 avautuvat
1 TE 3	VESTITUNTOELIN	PTJ 10		Säädin TC 1 pitää tulotilman lämpötilan TE 1 kohdalla asetussuorvoosiam ohjauksella lämpötilan tasataso
1 TE 5	KANAVATUNTOELIN	PTK 10		1. porttoassa LTO-laitteen tehoa avauksella LTO-peiliä FG 3 ja sulkuksella ohituspeliä
1 FG 1	PELTIHOOTTORI	SF 24	JOUSPALAUTUS	2. porttoassa Lämmityspolterin moottoriventtiiliä TV 1 lisäksi lämmitystehoa.
1 FG 2	PELTIHOOTTORI	SF 24	JOUSIPALAUTUS	Lämpötilan nousteissa toiminta pölvästoim.
1 FG 3	PELTIHOOTTORI	SM 24 SR		Paine-eron nousteissa kytkimen PDS 1 kohdalla yllä asetussarven TE 5 mitattuutuloon perusteella esitetään LTO-laitteen huurtumihin vähentämällä LTO-laitteen tehoa.
1 TV 1	SÄÄTÖHOOTTORI VENTTIILI	M51/24/6S RGA.25- B.D	a8908 / 1544	TE 3 avaa tarvittaessa venttiiliä TV 1 pyrkien estämään jäätymisvaaroja- termostaatin laukeamisen
1 PDS 1	PAINE-EROKYTKIN	LOW 3		LISÄKÄIKKÄYTTÖ Impulssikytkimellä HS 1 (SU) sadaan tulotilmakolje kyynnään asatelluolal ajaksi alkoohjaiman ulkopuolella.
1 PDI 1	PAINE-EROMITTARI	MARK II		KOJIEEN PYSÄHTYESSÄ Peiliä FG 1 ja FG 2 sulkeutuvat ja polttarin paluuveden lämpötila pölvällä asetussarven ohjauksella moottoriventtiiliä TV 1 kumoileman TE 3 mitattuutuloon perusteella
1 PDI 2	PAINE-EROMITTARI	MARK II		VAROTOIMINNAT
IT 1...5	KANAVALÄMPÖMITTARI	239100		Jäätymisvaarojermostaattii TE 3 pysäyttää tulotilmakojien mihili polttarin potuuveden lämpötila laskee alle asetussarven ja teppähtii läilyy

 BK control oy PL 27 03701 KHTXRI Puh. 085-37171 Fax. 085-37175		Sähkö f PVM SIKUN TARK HVV	140591 JH	HALLI TÄHTINEN TUULOILMAKOJE TK 1 LAITELUETTELO	A B C D	Pilt.no 25020/02	Sivut 2	Muuten P2502002
---	--	--	--------------	---	------------------	---------------------	------------	--------------------

Keskipakoispuhallin
CENTRIMASTER

Puhallinkäyrä



Projektin nimi :
Positio : K.T.T PORI
Teidän viite :
Meidän viite :

Päiväys : 9.9.2009 18:06
Projektin tiedot :
Position tiedot :

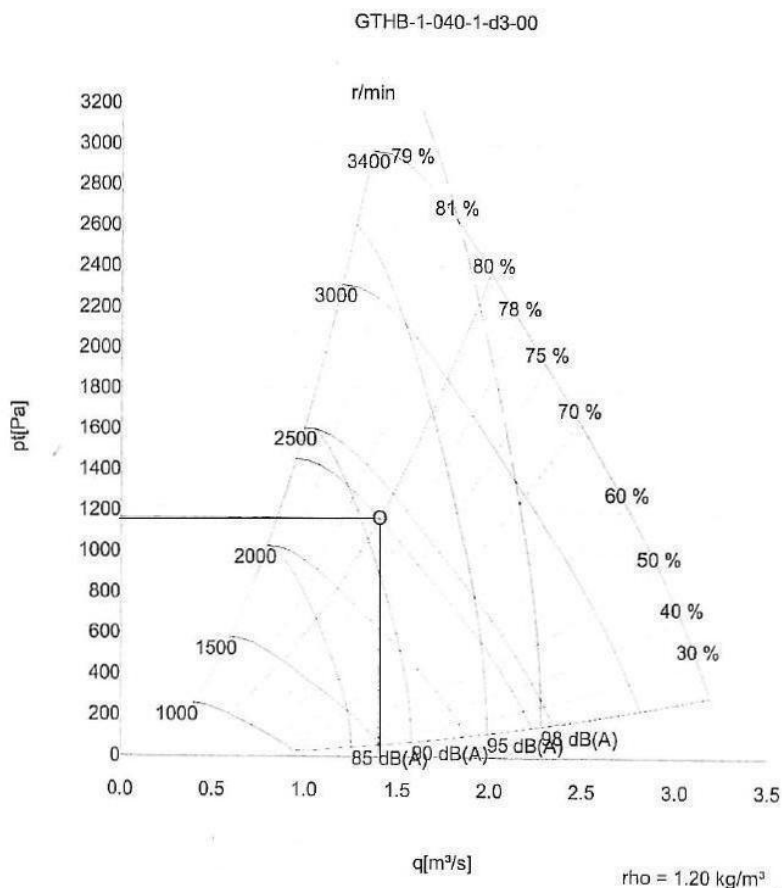
Puhallin : GTHB-1-040-1-d3-00

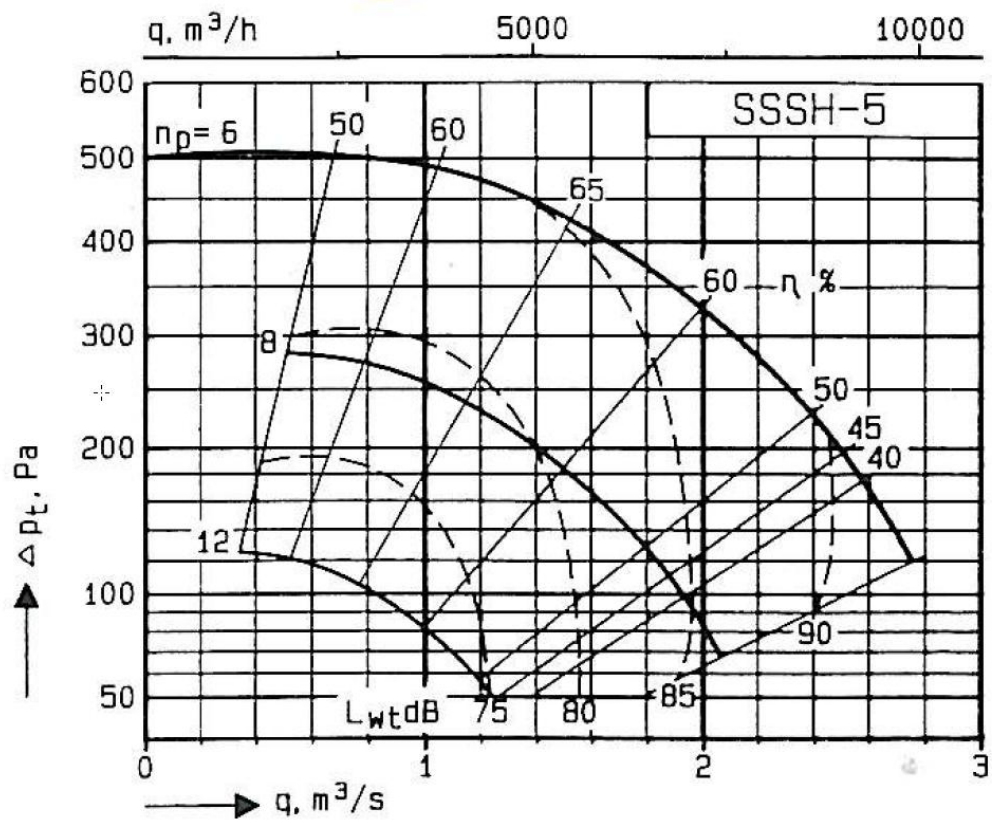
Ilmavirta annettu : 1.40 m³/s
Staatlinen paine annettu : 1100 Pa
Ilmavirta valittu : 1.40 m³/s
Kokonaispaineen nousu : 1163 Pa
Staatlisen paineen nousu : 1100 Pa
Dynaaminen paine : 63 Pa
Liitäntähäviöt : 0 Pa
Ulospuhallusnopeus : 10.3 m/s
Kierrosluku : 2379 r/min
Puhaltimen akseliteho : 2.03 kW
Hyötysuhde : 80.2 %
Äänen kokonaisteho : 91.0 dB(A)

Tiheys : 1.20 kg/m³
Lämpötila : 20 °C
Korkeusasema : 0 m
Max kierrosluku : 3400 r/min
Max akseli teho : 5.93 kW

Moottori :
APAL-2-00300-1-0-2
Nimellisteho : 3.00 kW
Nimelliskierrosluku : 2870 r/min

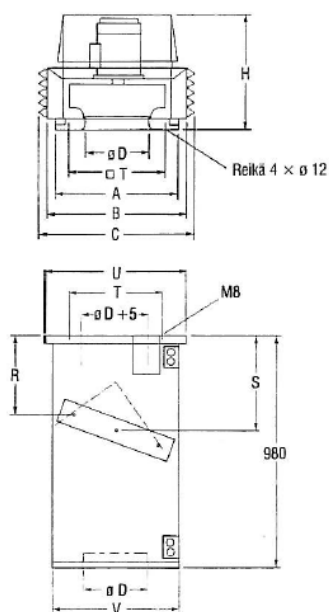
Käyrästäön hyötysuhde arvot pätevät maksimi kierrosluvulla





HUIPPUIMURI SSSH

Mitta- ja painotiedot



Koko SSSH	A	B	C	D	H	T	Paino, kg
1	324	372	419	160	336	200	10
2	384	442	489	200	366	200	14
3	484	556	605	250	442	420	30
4	608	700	747	315	547	420	53
5	766	880	944	400	643	695	100
6	965	1109	1173	500	799	695	190

Koko BOGA	D	R	S	T	U	V	Paino, kg
2	200	—	400	200	380	325	10
4	315	—	400	420	600	545	30
6	500	350	—	695	960	880	100

T = kiinnitysreikien väli.

Puhaltimen mukana toimitetaan asennusta varten 4 kpl ruuveja M8 × 30 aluslaattoineen. Tiiviste on kiinni puhaltimen pohjalevyssä.

Tilaus

Huippuimuri SSSH-a-bbb-c

Koko 1, 2, 3, 4, 5, 6

Moottorin napaluku
2-nopeusmoottoreiden ensimmäinen numero vastaa pienempää napalukua ja seuraavat kaksi suurempaa.

Esim.: 408 = 4/8-napainen

Jännite

0 = 380 V, 3-vaihe

1 = 220 V, 1-vaihe, säädettävä

2 = 220 V, 3-vaihe, Norjaa varten

Suojaverkko

SSSZ-01-b

Koko 1, 2, 3, 4, 5, 6

Kattoläpivienti

BOGA-a-3

Koko 2, 4, 6

Huippuimurin koot 1 ja 2 sopivat BOGA-2:een

Huippuimurin koot 3 ja 4 sopivat BOGA-4:ään

Huippuimurin koot 5 ja 6 sopivat BOGA-6:een

