

Ville Salminen

ILMASTOINNIN JA LÄMMITYKSEN ESISUUNNITELMA
TEOLLISUUSRAKENNUKSEEN

Tekniikka ja merenkulku Pori
Energiatekniikan koulutusohjelma
2010



ILMASTOINNIN JA LÄMMITYKSEN ESISUUNNITELMA TEOLLISUUSRAK- KENNUKSEEN

Salminen, Ville
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Energiatekniikan koulutusohjelma
Helmikuu 2010
Sandberg, Esa
Sivumäärä: 60

Asiasanat: ilmastointi, lämmitys, lämmitystehon tarve

Tämän opinnäytetyön aiheena oli tehdä ilmastoinnin ja lämmityksen esisuunnitelma Porin Uusiniityn teollisuusalueella sijaitsevaan teollisuusrakennukseen. Työssä vertailtiin kahta erilaista ilmastointi- ja lämmitysjärjestelmää rakennuksen tuotanto-osalle. Laskelmien ja tavoitteiden pohjalta valittiin sopiva järjestelmä halliin. Laskelmissa otettiin huomioon investointikustannukset ja pitkäaikaiset energia- ja huoltokustannukset. Järjestelmävalinnassa otettiin huomioon myös hallin tulevan käyttäjän ja omistajan tarpeet ja vaatimukset.

Tuotantotilaan valittiin järjestelmä, jossa ilmalämpöpumput, kierrätysilmapuhaltimet ja ilmastointikone lämmittävät yhdessä tuotanto-osaa. Ilmalämpöpumppujen yhteisteho riittää lämmittämään hallin haluttuun n. 17°C lämpötilaan, kun ulkoilman lämpötila on matalimmillaan -5°C. Tuotanto-osan sisälämpötilan laskiessa työaikana alle asetusravon 17°C käytetään lämmitykseen kierrätysilmapuhaltimia. Työajan ulkopuolella lämmitykseen käytetään ilmalämpöpumppuja, kierrätysilmapuhallinta ja ilmastointikonetta. Työajan ulkopuolella ilmastointikone käyttää kierrätysilmaa tuolilmana.

Hallin lämmitys- ja ilmastointijärjestelmän lisäksi työssä suunniteltiin hallin oviverhojärjestelmä ja toimisto-osan ilmastointijärjestelmä.

Järjestelmävalintojen jälkeen pyrittiin laatimaan mahdollisimman kattava suunnitelma kaikista järjestelmiin liittyvistä laitteista, niiden sijoittamisesta halliin ja yleisesti asennustyöstä.

Opinnäytetyön laatimiseksi tutustuttiin erilaisiin järjestelmävaihtoehtoihin kirjallisuuden, asiantuntijoiden, laitevalmistajien ja Internetin avulla. Laskelmien ja tavoitteiden pohjalta valitut järjestelmät takaavat viihtyisän sisäilmaston ja energiatehokkaan kokonaisratkaisun.

A PRELIMINARY PLAN FOR THE AIR CONDITIONING AND HEATING OF AN INDUSTRIAL BUILDING

Salminen, Ville
Satakunta University of Applied Sciences
Degree Programme in Energy Engineering
February 2010
Sandberg, Esa
Number of pages: 60

Key words: air conditioning, heating, heating efficiency

The purpose of this thesis was to make a preliminary plan for the air conditioning and heating system of an industrial building which is located in Pori Uusiniitty. The thesis compared two different air conditioning and heating systems for the production area. The right system was selected according to calculations and aims of the study. Investment costs and long term energy and maintenance costs were taken into account in calculations. The requirements for the new user of the building and proprietor were also taken into account when choosing the system.

The chosen system to the production area uses air heating pumps, circulating fans and an air conditioning unit for heating. The overall power of the air heating pumps can provide a 17°C indoor temperature when the outdoor temperature is more than -5°C. The circulation fans will be turned on when the temperature in the production area drops below 17°C. The air heating pumps, circulating fan and air conditioning unit are used out of hours. The air conditioning unit uses circulated air out of hours.

The air conditioning system of office premises and the air envelope systems of the working area were also planned in addition to air conditioning and heating planning.

After choosing the right systems the aim was to make an overall plan for placing and installing all the equipment related to them.

The different kinds of air conditioning and heating systems were studied by means of literature, specialists, manufacturers of the equipment and the Internet. The new systems will provide a comprehensive solution to clean in-door air and energy consumption.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	KOHTEEN NYKYTILA	8
2.1	Rakennus.....	8
2.2	Ilmanvaihto	9
2.3	Lämmitys	10
2.4	Hallin tulevaisuuden käyttötarkoitus	12
3	TEOLLISUUSILMASTOINTI.....	13
3.1	Suunnitteluprosessi	14
3.2	Sisäilmastotavoitteet	15
3.3	Ilmastointilaitoksen tavoitteet.....	15
3.3.1	Äänitekniset tavoitteet.....	15
3.3.2	Ilman nopeus ja veto	16
3.3.3	Ilmanjako.....	16
3.4	Ilmanvaihtolaitteiden sijoittaminen ja rakenne.....	17
3.4.1	Ilmanotto ja poisto.....	17
3.4.2	Lämmöntalteenotto.....	18
3.4.3	Kanavistot.....	19
3.4.4	Konehuone	20
3.5	Kierrätysilma	21
3.6	Oviveto.....	21
3.7	Paloturvallisuus.....	22
3.8	Lämpöpumppulämmitys	23
4	LÄMMITYSTEHON TARVE.....	24
4.1	Johtuminen.....	24
4.2	Ilmastoinnin lämmitystehon tarve	26
4.3	Vuotoilma	28
4.4	Lämmitystehon tarpeet eriteltynä	29
4.5	Järjestelmien tehontarpeet ja tuotot	30
5	ILMANVAIHDON MITOITUS	31
5.1	Tuotanto-osan mitoitus	31
5.2	Toimisto-osan mitoitus	32
6	TUOTANTO-OSAN JÄRJESTELMÄVERTAILU.....	33
6.1	Järjestelmä 1 ilmalämmitys	33
6.1.1	Koneen valinta.....	34
6.1.2	Järjestelmän 1 investointikustannukset.....	35
6.2	Järjestelmä 2 ilmalämpöpumput.....	36

6.2.1	Ilmalämpöpumppujen valinta.....	36
6.2.2	Ilmastointikoneen valinta	38
6.2.3	Uusi kierrätysilmapuhallin	39
6.2.4	Järjestelmän 2 investointikustannukset	40
6.3	Järjestelmän valinta.....	41
7	VALITUT JÄRJESTELMÄT	42
7.1	Ilmastointi	42
7.1.1	Ilmastointipiirustus.....	42
7.1.2	Ilmastointikoneen sijoitus	42
7.1.3	Ilmastointilaitoksen säätöperiaate	43
7.1.4	Ulko- ja jäteilmalaitteiden sijoittaminen	44
7.1.5	Kanavistojen mitoitus.....	45
7.1.6	Kanavistojen sijoitus	46
7.1.7	Ilmanjako.....	47
7.2	Ilmalämpöpumput.....	48
7.3	Ilmaverhojärjestelmä	48
7.4	Toimisto-osan ilmastointi	50
7.4.1	Lämmöntalteenotto.....	52
7.4.2	Ulko- ja jäteilmalaitteet.....	52
7.4.3	Kanavisto.....	53
7.4.4	Paloturvallisuus	53
7.4.5	Päätelaitteet	54
7.4.6	Toimisto-osan investointikustannukset.....	55
7.5	Kokonaisinvestointikustannukset	56
8	YHTEENVETO	57
	LÄHTEET.....	58
	LIITTEET.....	60

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on laatia ilmastonin ja lämmityksen esisuunnitelma Porin Uusiniityssä sijaitsevaan teollisuusrakennukseen, Besteam-halliin (kuva 1.1). Kohde sijaitsee osoitteessa Maalaiskunnantie 23, 28760 Pori.



Kuva 1.1 Besteam-halli

Kohde on teollisuusrakennus, jonka rakentaminen on aloitettu v. 2002 ja rakennus on lopputarkastettu v. 2007. Rakennuksen kokonais- ja kerrosala on 592 m² ja rakennuksen tilavuus on 4680 m³.

Aluksi rakennuksen tiloissa on toiminut yritys, joka on erikoistunut teräksen myyntiin. Vuonna 2007 kohde vuokrattiin Lassila & Tikanoja Oyj:lle, joka käytti rakennusta säiliöautojen parkkihallina. Vuoden 2008 lopussa rakennus siirtyi IS Kiinteistöt Oy:n omistukseen. Besteam Oy siirtyy rakennuksen tiloihin syksyllä 2009. Besteam Oy käyttää rakennusta tuotteiden kokoonpanoon ja varastointiin.

Besteam Oy on vuonna 2008 perustettu perheyrittäjä, joka valmistaa, myy ja vuokraa Bestis-käsittelypöytiä. Bestis-käsittelypöytiä käytetään apuvälineinä hitsauksessa. Käsittelypöydät parantavat työn laatua ja ergonomiaa, sekä lyhentävät hitsauksen kaariaikaa.

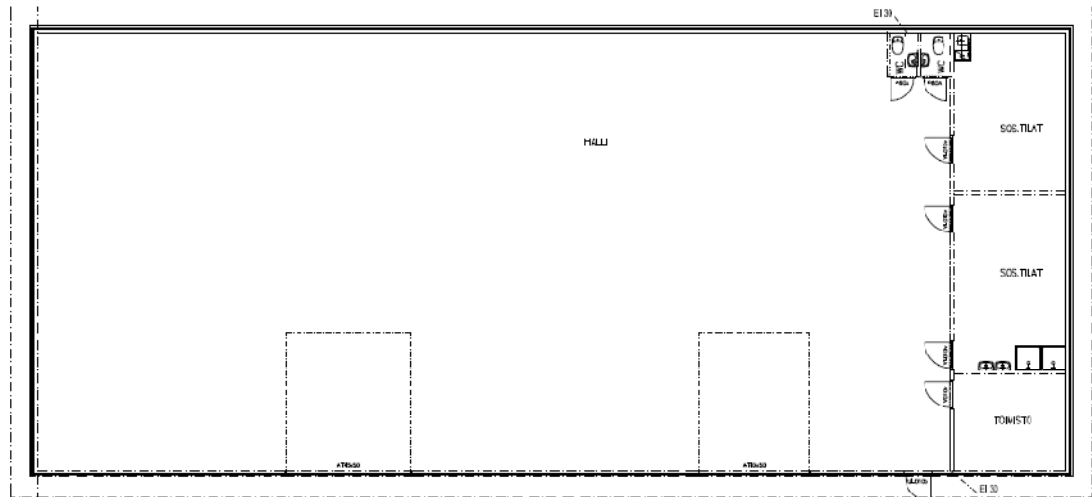
Kohde on alkujaan rakennettu kylmävarastoksi. Hallin rakenteisiin on kuitenkin myöhemmin lisätty lämmöneristystä ja kohteen uusi omistaja aikoo edelleen lisätä lämmöneristystä seiniin ja kattoon. Ilmanvaihto on suunniteltu koneellisena poistona säiliöautojen pakokaasujen vuoksi. Poistopuhallin luo halliin suuren alipaineen ja korvausilma otetaan pääosin liukuovien alta ja rakenteiden raoista. Hallia lämmitetään kahdella sähkölämmitteisellä kiertoilmapuhaltimella.

Opinnäytetyön tavoitteena on löytää sopivin ratkaisu ilmastointia ja lämmitystä valittaessa. Järjestelmien valinnassa täytyy huomioida työntekijöiden viihtyvyys, järjestelmien tehokkuus ja taloudellisuus.

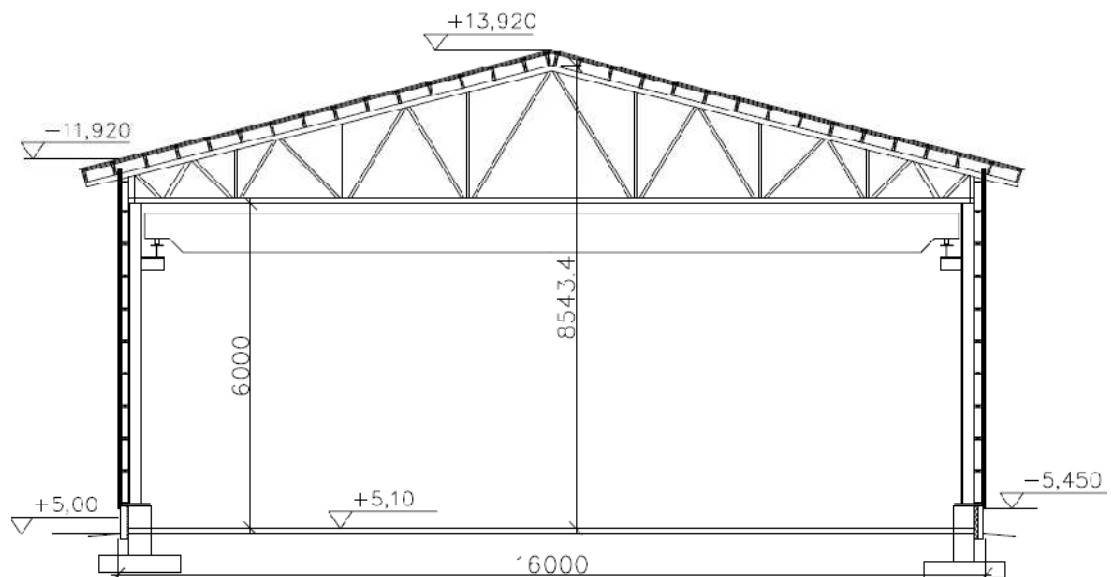
2 KOHTEEN NYKYTILA

2.1 Rakennus

Rakennuksen kokonais- ja kerrosala on 592 m² ja rakennuksen tilavuus on 4680 m³. Halli on 37 m pitkä ja 16 m leveä (kuva 2.1, 2.2).



2.1 Kuva 2.1 Besteam-hallin pohjapiirustus



Kuva 2.2 Besteam-hallin leikkauspiirustus

2.2 Ilmanvaihto

Hallin keskellä on poistoilmakanava, jossa on yhteensä 14 kpl LK-250 venttiileitä (kuva 2.3). Poistokanavassa on 1-nopeuksinen aksiaalipuhallin, jonka ilmavirta on - 3400 l/s. Koneellinen poisto on suunniteltu poistamaan säiliöautojen pakokaasupäästöt. Hallin itäseinässä on VK-sälesuljin, joka avautuu aina puhaltimen käynnistyessä ja paineen laskiessa sulkeutuu painovoimaisesti. Sälesuljinta ja kanavistoa ei ole lämpöeristetty.

Pakokaasunpoistopuhallinta ei ole suunniteltu jatkuvaan käyttöön. Puhallin on käynnistetty aina, kun halliin on ajettu säiliöautoja. Puhallin luo halliin suuren alipaineen ja ottaa korvausilmansa pääasiassa rakenteiden raoista ja ovien kautta. Käytännössä hallitilassa ei ole uuden yrityksen tarpeisiin sopivaa ilmanvaihtoa. Nykyinen poistoilmajärjestelmä ei takaa viihtyisää sisäilmastoa, eikä energiatehokkuutta

Hallin toimisto-osa sijaitsee rakennuksen itäpäädyssä. Toimisto-osan kerrosala on 64 m² ja tilavuus 192 m³. Toimisto-osa on 4 m pitkä, 16 m leveä ja 3 m korkea. Toimisto-osassa on kaksi erillistä WC:tä, joissa molemmissa on poistoilmavaihto. Tuotanto-osan parvella on kaksi kanavapuhallinta, jotka siirtävät vessojen poistoilman tuotantotilaan. Kahden kanavapuhaltimen yhteisilmavirta on - 94 l/s.



Kuva 2.3 Tuotantotilan poistokanava

2.3 Lämmitys

Hallin toimistotilan yläpuolella olevalle parvelle on sijoitettu kaksi Remkon Elkomat 6 sähkökäyttöistä kierrätysilmapuhallinta (kuva 2.4). Puhaltimet on varustettu termostaateilla. Lämmityksen yhteisteho on 12 kW, mikä ei ole riittävä pitämään yllä mitoittavaa sisälämpötilaa. Kierrätysilmapuhaltimet eivät myöskään jaa lämpöä tasaisesti koko halliin.

Hallin toimisto-osassa on lämmitykseen käytetty sähköpattereita ikkunoiden alla. Patterit ovat teholtaan riittäviä ja niiden toimintaan ei opinnäytetyössä puututa.



Kuva 2.4 Kierrätysilmapuhaltimet ja aksiaalipuhallin poistokanavassa

2.4 Hallin tulevaisuuden käyttötarkoitus

Besteam Oy siirtyy kohteen tiloihin syksyllä 2009. Besteam Oy rakentaa halliin tuotantolinjan, jossa kootaan Bestis-käsittelypöytiä (kuva 2.5). Bestis-käsittelypöytiä käytetään hitsauksen apulaitteina. Käsittelypöytiin voidaan kiinnittää erilaisia hitsattavia ja kokoonpantavia kappaleita, jonka jälkeen niitä voidaan nostaa, kallistaa ja pyörittää. Bestis-käsittelypöydät on kehitetty parantamaan käyttäjien kilpailukykyä, tehokkuutta, työn laatua, hyvinvointia ja motivaatiota.



Kuva 2.5 Bestis-käsittelypöytä

Hallin tiloissa tulee aluksi työskentelemään 2-4 henkilöä, mutta on mahdollista, että henkilömäärä tulevaisuudessa kasvaa. Opinnäytetyössä otetaan myös huomioon mahdollinen 300 m² tuotantotilan laajennus. Käsittelypöytien komponentit toimitetaan halliin puolivalmisteina ja varastoidaan siellä, kunnes menevät kokoonpanoon. Kokoonpanotyö on kevyttä tai keskiraskasta työtä. Kokoonpanolinjastossa ei synny epäpuhtauksia huomattavia määriä, sillä esim. hitsausta ei linjastossa harjoiteta.

3 TEOLLISUUSILMASTOINTI

Teollisuusilmastointi on laaja käsite, jonka piiriin kuuluvat mm. tuotantotilat, sairaaloiden toimenpidehuoneet, tunnelit, kaivokset, autohallit, ammattikeittiöt ja voimalaitokset. Teollisuusilmastoinnissa virtausteknisin keinoin pyritään saavuttamaan ja hallitsemaan terveellinen, turvallinen ja viihtyisä sisäilma. Ilman käsittelyn tarve ja mitoittavat tekijät määräytyvät ensisijaisesti tuotantoprosessien mukaan. Tekniset vaatimukset ovat täten huomattavasti suuremmat kuin tavallisten tilojen ilmatekniikassa. (Tähti 2002, 6-7)

Besteam Oy:n tuotantoprosessi ei ole ilmastoinnin kannalta kovin vaativa. Epäpuhtauksia ei synny prosessissa huomattavia määriä. Kosteuskuormat ovat myös pieniä. Hallissa tehdään keskiraskasta työtä, joten suositeltu lämpötila kokoonpano alueella on 17-21°C.

3.1 Suunnitteluprosessi

”Suunnittelumetodiikka on teknisen suunnitteluprosessin kuvaus. Se kuvaa suunnittelun osatehtävät aikajärjestyksessä, siten, että suunnittelun aikaisten takaisinkytkentöjen määrä edellisiin osatehtäviin on minimoitu. Täten se opastaa myös osatehtävien oikeaan suoritusjärjestykseen ja palvelee myös suunnitteluprosessin sisäisenä laadunohjaus työkaluna, sillä edellisen osatehtävän tulosten laatu tarkastetaan seuraavassa osatehtävässä, jossa niitä käytetään lähtötietoina.” (Tähti ym. 2002, 17)

Teollisuusilmastoinnin oppaassa kuvattu suunnittelumetodiikka :

- lähtötiedot
- prosessin kuvaus
- rakennus layout ja rakenteet
- tavoitetasojen määrittäminen
- lähteiden kuvaus
- paikallisten kuormien laskenta
- lähteiden paikallinen hallinta
- tilan kokonaiskuormien laskenta
- järjestelmän valinta
- laitteiden valinta
- toteutussuunnitelma

(Tähti ym. 2002, 18)

3.2 Sisäilmastotavoitteet

Ilmastointijärjestelmän valinnassa pitää ensimmäiseksi asettaa sisäilmastotavoitteet. Termisissä olosuhteissa täytyy ottaa huomioon operatiivinen lämpötila, suhteellinen kosteus, mahdolliset muutosnopeudet ja lämpötilagradientit. Muita huomioitavia asioita ovat ilman epäpuhtausraja, sallitut äänitasot, ilmastoinnin yksilölliset säätömahdollisuudet, sekä olosuhteet tai kuormitus, joissa tavoitearvot saavutetaan. Tavoite-
tasoja voivat olla mm. rakennusmääräyskokoelmien antamat raja-arvot ja kaikki sel-
laiset arvot, jotka täyttävät työsuojeluohjeet. (Neste 1990, 3)

3.3 Ilmastointilaitoksen tavoitteet

Ilmastointilaitoksen tavoitteisiin kuuluu käyttökustannustaso (hyötysuhteet yms.),
laitoksen huollettavuus, käyttövarmuus, luotettavuus, muunneltavuus, käyttöikä ja
ulkonäkö. Laitoksen suunnitelmakokonaisuus määrittelee kaikki lopulliset tavoitteet.
(Neste ym. 1990, 3)

3.3.1 Äänitekniset tavoitteet

Ilmastoinnin äänitason olisi syytä olla matalampi kuin prosessin melutason, jotta il-
mastoinnin aiheuttama melu ei lisää yleistä melutasoa. Kohtuullisena melutasona on
ilmastoinnille esitetty 55...60dB(A). Eniten ilmastointijärjestelmässä melua aiheut-
tavat yksittäiset kierrätysilmapuhaltimet, oviverhot ja paikalliset kanavoimattomat
puhaltimet. (Neste ym. 1990, 18)

Hallin nykyinen pakokaasupoistojärjestelmä aiheuttaa kovan melun. Melu on huo-
mattava ja häiritsevä. Besteam Oy:n kokoonpanoprosessissa ei synny jatkuvaa kor-
keaa melutasoa, joten myös ilmastoinnin melutason tulee olla alhainen. Kanavistoa
käytetään uuden järjestelmän poistoilmakanavana kohdan 7.1.3 mukaisesti.

3.3.2 Ilman nopeus ja veto

Vedon tunne aiheutuu keskimääräistä voimakkaammasta lämmönsiirrosta iholla. Vedon tunne johtuu ilman lämpötilasta, lämpösäteilystä ja liikenopeudesta. (Seppänen, 19) Vetokysymykset ovat ilmastointitekniikan hankalimpia ongelmia. Ihmiset reagoivat yksilöllisesti sisäilmasto-olosuhteisiin, joten kaikkia ihmisiä on mahdotonta miellyttää. (Neste ym. 1990, 10)

Lämpötilaerot pään ja nilkkojen välillä aiheuttavat ihmisessä epämiellyttävää tunnetta. Kokeellisesti on havaittu, että lämpötilaeron ollessa yli 3°C tulee ihmisiltä jo selvästi enemmän valituksia. (Neste ym. 1990, 11)

3.3.3 Ilmanjako

”Ilmanjaon teknisiä tavoitteita ovat

- virtausten hallinta kaikilla halutuilla alueilla
- ei ylitetä vetokriteerien nopeuksia
- ei kiihdytetä emissiota, esim. haihtumista
- ei häiritä kohdepoistoja
- ei nosteta pölyä ilmaan”.

(Neste ym. 1990, 32)

Ilmanjako ratkaisee ilmastoinnin toimivuuden. Ilmasuihkujen taipuma ja heittopituus on laskettava huolellisesti. Prosessien muutosten vuoksi suunnattavuus on välttämätöntä. (Neste ym. 1990, 108)

Sekoitus- eli laimennusilmanvaihto

Laimennusmenetelmässä pyritään voimakkaan tuloilmasekoituksen avulla tasaamaan olosuhteet eripuolilla ilmastoitavaa tilaa. Tuloilmalaitteilla tulisi olla hyvä sekoitus-suhde eli induktio ja impulssi, jotta ilma sekoittuu kaikkialle. Suurin sekoitus saadaan aikaan impulssitekniikalla eli käyttämällä kuljetussuihkuja. (Neste ym. 1990, 41)

Huoneilmavirtauksia hallitaan usein tulo- ja/tai kierrätysilmasuihkuilla. Päätelaitteina käytetään esim. horisontaalisesti keskitettyjä suihkuja, kattohajottajia tai korkeaimpulsseja suutinmenetelmiä. (Tähti ym. 2002, 45)

3.4 Ilmanvaihtolaitteiden sijoittaminen ja rakenne

3.4.1 Ilmanotto ja poisto

“Ilmanottoaukkojen pääongelmat ovat seuraavat:

- poistoilman tai ympäristön epäpuhtaudet voivat tulla aukosta sisään
- lumi ja sadevesi voivat tulla aukosta
- ilmanottosäleikkö voi huurtua umpeen erityisesti rannikolla tai tehdasalueilla, joissa vapautuu runsaasti kosteutta ilmaan
- tuloilma lämpenee kesällä liiaksi katolla tai julkisivuilla”

(Neste ym. 1990, 101)

Ulkoilmalaitteet on sijoitettava siten, että rakennukseen tuleva ulkoilma on mahdollisimman puhdasta. Ulkoilmaa ei saa ottaa ilmanlaatua heikentävän rakennusosan tai rakenteen kautta. (D2, 8)

Jäteilma on johdettava ulos siten, ettei rakennukselle, sen käyttäjille tai ympäristölle aiheudu terveydellistä tai muuta haittaa. Jäteilma johdetaan yleensä ulos rakennuksen korkeimman osan vesikaton yläpuolelta. Puhallus suunnataan ylöspäin, jotta jäteilmän pääsy ulkoilmalaitteisiin, oleskelualueille ja ikkunoihin estetään. (D2, 9).

Koneellisen ilmanvaihtokanavan tulo- ja jäteilmakanavat varustetaan sulkupelleillä, kun kanavan poikkipinta-ala on suurempi kuin 0,06 m². (D2, 14)

3.4.2 Lämmöntalteenotto

Poisto- tai jäteilman lämpöenergiasta voidaan suuri osa käyttää tuloilman lämmittämiseen erilaisten lämmöntalteenottolaitteiden avulla (Tähti 2002, s.69). Lämmönsiirto on sitä tehokkaampaa mitä suurempi lämpötilaero on lämpöä luovuttavan ja vastaanottavan virran välillä. Lämpö voi siirtyä suoraan poistoilmavirrasta ulkoilmaan ilmavirtoja erottavan levyn lävitse, jolloin kysymyksessä on suora rekuperatiivinen lämmönsiirrin. Regeneratiivinen eli lämpöä varastoiva lämmönsiirrin varastoi lämpöä vuorotellen lämmiten ja jäähtyen ilmavirrassa. (Seppänen ym. 2007, 188)

Pyörivissä regeneraattoreissa on kennomainen, yleensä alumiinista valmistettu, lämmönsiirtopinta pyörii akselinsa ympäri. Otsapinta on jaettu poisto- ja tuloilmapuolen kesken. Poistoilmapuolella lämmennyt kenno luovuttaa lämpönsä tuloilmapuolelle. Lämmöntalteenoton tehoa säädetään muuttamalla kennon pyörimisnopeutta. Pyörivien regeneraattoreiden hyötysuhde on 70 – 85 % (Tähti ym. 2002, 70 - 71). Regeneratiivista lämmönsiirrintä voidaan käyttää, jos poistoilmassa on korkeintaan 5 % luokan 3 poistoilmaa, eikä lainkaan luokan 4 poistoilmaa. (D2, 13)

Levylämmönsiirtimissä lämpö siirtyy suoraan levyjen läpi poistoilmapuolelta tuloilmapuolelle. Normaalisti lämmönsiirrin on kytketty ristivirtaperiaatteella, mutta saatavana on myös vastavirtamalleja. Lämmönsiirtimen teho säädetään ohituspelleillä. Levylämmönsiirtimien hyötysuhde on 50 – 65 %. (Tähti ym. 2002, 70 - 71)

3.4.3 Kanavistot

Kanavistot tulee tehdä mahdollisimman symmetrisiksi, jotta tasapainotus on helppoa ja paineen tarve on pieni. Kanavistot sijoitetaan rakennuksen ja prosessien sallimien tilojen mukaan. Tiloissa, joissa prosessien tai hygienian vuoksi on pyrittävä pölyttömyyteen, on minimoitava kanavien käyttö tai sijoittaa kanavat tilan ulkopuolelle. Virtausteknisesti ja hankintakustannuksiltaan pyöreät kanavat ovat edullisempia kuin suorakaidekanavat. (Tähti ym. 2002, 64)

Kierresaumakanavat liitetään mm. kumirengasliitoksilla ja suorakaidekanavat vakioiduilla listaliitoksilla. Laippaliitoksia käytetään, jos kanavia joudutaan usein siirtämään ja avaamaan tai, jos ilma on kuumaa. (Neste ym. 1990, 106)

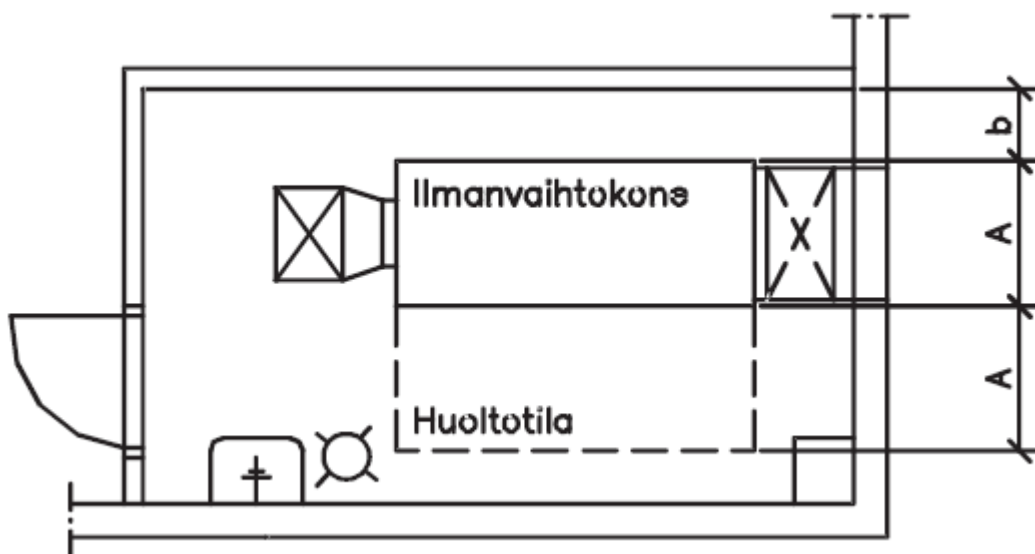
Ilmakanavat ja kammiot on varustettava riittävällä määrällä puhdistusluukkuja. Puhdistusluukut valitaan siten, että puhdistustyö voidaan tehdä helposti ja turvallisesti. Puhdistusluukku sijoitetaan yleensä kammioon palonrajoittimen kohdalle. Kanavaan puhdistusluukkuja asennetaan siten, että kahden luukun välissä on enintään kaksi yli 45° käyrää. Vaakasuoriin kanaviin tulisi puhdistusluukkuja asentaa 10 m välein. (D2, 15)

Teollisuusrakennusten mitoituksessa käytetään samoja periaatteita kuin muidenkin tilojen kanavien mitoituksessa. Yleensä prosessien vuoksi ilmanvaihtolaitokselle sallitaan suurempia äänitasoja, jolloin vastaavasti voidaan käyttää suurempia ilman nopeuksia. Suuria nopeuksia käytettäessä kitkavastukset eivät muodostu korkeiksi suurissa kanavissa. Tällöin kertavastusten merkitys kasvaa, joten haarojen ja käyrien muotoiluun ja käyttöön kannattaa kiinnittää huomiota. Mitoituksessa käytetään liitteen 2A taulukkoa. (Neste ym. 1990, 104)

Ilmavirtojen tasapainotus edellyttää oikean kanavistomitoituksen lisäksi säätöpeltien käyttöä. Mittasiivet, -renkaat ja mittausyhteet nopeuttavat ilmavirtojen mittaamista. Ilman virtaus voidaan sulkulaitteilla pysäyttää kokonaan.

3.4.4 Konehuone

Ilmastointijärjestelmän huoltoväylät on suunniteltava ja sijoitettava siten, että ilmastointijärjestelmä on helposti ja turvallisesti korjattavissa ja huollettavissa. D2 Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto rakennusmääräyskokoelma antaa konehuoneen mitoitukselle ohjeet (kuva 3.1). (D2, 16).



- A on ilmanvaihtokoneen leveys
- b on 0,4 kertaa ilmanvaihtokoneen korkeus tai vähintään 400 mm

Kuva 3.1 Koteloidun ilmanvaihtokoneen huoltotilan sijoitus ja mitoitus

Huollettavuuden vuoksi konehuoneisiin tulee järjestää vesi- ja viemäripiste, sekä mahdollisesti paineilmaliihtäntä ja keskuspölynimurijärjestelmän imupiste. Erityistä huomiota tulee kiinnittää koneiden ja kanavien tiiveyteen. (Neste ym. 1990, 103)

3.5 Kierrätysilma

Kierrätysilma on ilmanvaihdon lämpöenergian talteenotossa käytetty menetelmä. (Tähti ym. 2002, 48). Kierrätysilman käyttäminen ei saa haitallisesti lisätä epäpuhtauksien, erityisesti hajujen, haitallista leviämistä. (D2, 11) Sisäilman tavoitetason pitäminen vaatii ulkoa puhallettua ilmaa, sekä puhdistettua saman tilan ilmaa. Hiukkasmaisia epäpuhtauksia voidaan poistaa käyttämällä kuitu- tai sähkösuodattimia. (Neste ym. 1990, 76)

3.6 Oviveto

Teollisuusrakennusten ongelmana on usein ulko-ovien kohdalla sisäänvirtaavan ilman aiheuttama veto. Ulkoilman sisäänvirtauksen aiheuttaa kolme tekijää; talvella rakennukseen muodostuu hormivoima sisä- ja ulkolämpötilaerojen vuoksi, tuuli aiheuttaa paine-eroja ja siten virtauksia, sekä ilmastointi voi aiheuttaa paine-eroja, jos ei säädetty tasapainoon. (Neste ym. 1990, 18). Ovivetoa voidaan torjua oviverhojärjestelmillä.

”Oviverhojen tehokkuuteen vaikuttavat tekijät:

- neutraalitason korkeus, johon vaikuttavat
 - koneellisen ilmanvaihdon ilmatase ja tasevaihtelu
 - ulkovaipan tiiviys ja korkeus, sekä ilmayhteydet ympäröiviin tiloihin
 - paikalliset tuuliolot ja oviaukon tuulen suojaus
 - sisälämpötila, lämpötilakerrostuma ja sijaintipaikkakunta
- puhallussuihkun impulssi ja oviverhon tiiveys koko oviaukossa
- puhallussuihkun säädettävyys olosuhteiden mukaan
- puhallussuunta ja puhallusperiaate”

(Valkeapää, A. 2008)

”Oviverhojen mitoitukseen vaikuttavat tekijät:

- oviaukon korkeus ja leveys
- painesuhteet oviaukolla (neutraalitaso)
- työpisteiden sijainti oviaukkoon nähden
- prosessin ja tuotteiden vaatimukset
- toiminta-alueen laajuus
- sallitut lämpötilavaihtelut (alueajattelu)
- käytävissä oleva tila
- sisäilman likaisuus”.

(Valkeapää, A. 2008)

3.7 Paloturvallisuus

Pääperiaate ilmastointikanaviston sijoittamiseksi paloturvallisesti on, että jokaiselta paloteknisellä osastolle tulee ilmastointikoneelta oma kanava, joka kulkiessaan toisen osaston alueella on paloeristetty. Samassa kanavassa ei täten voi olla aukkoja eri osastoilla, ellei aukoissa ole palonrajoittimia. (Tähti ym. 2002, 72)

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

3.8 Lämpöpumppulämmitys

Lämpöpumpuissa käytetään hyväksi suljettua kylmäaineen kiertoprosessia. Kylmäainevirta vuoroin höyrystyy sitoen lämpöä ja lauhtuu luovuttaen lämpöä. (Seppänen 2001, 377)

Höyrystimen ja lauhtuttimen välillä on kompressori, jolla kylmäaineen paine korotetaan ennen lauhtumista. Paisuntaventtiili puolestaan alentaa paineen ennen höyrystintä. Höyrystimessä kylmäaineeseen sitoutunut lämpö on huomattavasti suurempi kuin kompressorin vaatima työ. Lauhduttimesta poistuva lämpövirta eli lauhduttimessa hyödyksi saatava lämpö on höyrystimessä sitoutuneen lämmön ja kompressorityön summa. Tätä kutsutaan Carnot-prosessiksi. (Seppänen ym. 2001, 377)

Ulkoilmalämpöpumpuissa on jäähdytysmahdollisuus ilmalämmityksen lisäksi. Ilmalämpöpumppujen höyrystymislämpötila laskee, kun ulkolämpötila laskee. Samalla ilmalämpöpumpun teho ja lämpökerroin pienenevät. Kompressorin käyttöalueen rajat eivät normaalisti salli ilmalämpöpumpun käyntiä alle -20°C ulkolämpötilalla. Ulkoilmalämpöpumppu vaatii siten lisälämmitysjärjestelmän, joka pystyy tuottamaan koko lämmöntehon. (Seppänen ym. 2001, 387)

Lämpöpumpun etuna verrattuna suoraan sähkölämmitykseen on, että lämmitykseen käytetyn sähkön määrä putoaa noin kolmannekseen. Haittana on, että huippupakkasia varten on varattava toinen lämmitystapa. (Seppänen ym. 2001, 388)

4 LÄMMITYSTEHDON TARVE

Hallin lämmitystehontarpeen määrittämisessä käytetään rakennusmääräyskokoelmien D5 ja C4 kaavoja ja ohjearvoja.

4.1 Johtuminen

Johtumisen laskennassa otetaan huomioon rakennuksen nykyiset lämmöneristykset ja rakennukseen peruskorjauksen yhteydessä lisättävät lämmöneristeet. Laskennassa ei otettu huomioon mahdollista laajennusta, koska ei tiedetä mahdollisen laajennusosan käyttötarkoitusta, haluttua sisälämpötilaa, eikä käytettäviä rakennusmateriaaleja.

Lämmönläpäisykertoimien laskennassa käytetään kaavaa:

$$U = 1/R_T \quad (1)$$

$$R_T = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + \Sigma R + R_{se}$$

Taulukossa 4.1 lasketaan rakennusosien yhteenlaskettu omaislämpöhäviö kaavan 2 mukaisesti. Rakenteiden läpi johtuva lämpöteho lasketaan kaavalla 3.

Taulukko 4.1 Rakennusosien yhteenlasketun ominaislämpöhäviön laskenta

	λn W/(m*K)	d m	R m ² K/W	U W/(m ² K)	A m ²	H W/K
Ulkoseinä					656	202
kovalevy	0,13	0,004	0,031	0,31		
lasivilla	0,06	0,175	2,917			
kipsilevy	0,21	0,026	0,124			
Rsi	0,13		0,130			
Rse	0,04		0,040			
Välikatto					583	114
kovavilla	0,055	0,05	0,909	0,19		
kipsilevy	0,21	0,013	0,062			
lasivilla	0,06	0,2	3,333			
puukuitulevy	0,055	0,025	0,455			
ilma	0,2		0,200			
Rsi	0,13		0,130			
Rse	0,04		0,040			
Alapohja					592	286
betoni	1,2	0,2	0,167	0,48		
routaeriste	0,17	0,05	0,294			
hiekkä	1,4		1,400			
Rsi	0,17		0,170			
Rse	0,04		0,040			
Ikkunat				1,4	9	13
Ovi				1,8	2,5	5
Nosto-ovi				1,5	40	60
						679

$$\phi_{joht.} = \Sigma H_{joht.}(T_s - T_{u.mit.}) \quad (2)$$

$$\Sigma H_{joht.} = \Sigma(U_{ulkoseinä}A_{ulkoseinä}) + \Sigma(U_{yläpohja}A_{yläpohja}) + \Sigma(U_{alapohja}A_{alapohja}) + \Sigma(U_{ikkuna}A_{ikkuna}) + \Sigma(U_{ovi}A_{ovi}) + \Sigma(U_{nosto-ovi}A_{nosto-ovi}) \quad (3)$$

ϕ_{joht}	rakenteiden läpi johtuva lämpöteho, kW
ΣH_{joht}	rakennusosien yhteenlaskettu ominaislämpöhäviö, W/K
U	rakennusosan lämmönläpäisykerroin, W/(m ² K)
R	rakennusosan lämmönvastus, m ² K/W
A	rakennusosan pinta-ala, m ²
T_s	sisäilman lämpötila, +17 °C
T_u	ulkoilman lämpötila, -26 °C
λn	lämmönjohtavuus, W/(m*K)
d	rakennusaineen paksuus, m

Rakennusosien läpi johtuvaksi tehoksi saadaan yhteensä 29 kW.

4.2 Ilmastoinnin lämmitystehon tarve

Ilmavaihdon ominaislämpöhäviön laskentaan käytetään kaavaa 5 ja lämmityksen tarvitseman tehon määrittelyssä käytetään kaavaa 4. Ilmavirran arvona ilmanvaihdon ominaislämpöhäviön laskennassa on käytetty arvoa 1,24 m³/s (katso 5.1), joka vastaa hallin ilmavaihtoa 1,5 l/s/ m² huomioiden hallin mahdollinen 300 m² laajennus. Sisäilman lämpötilaksi kohteessa valitaan 17 °C ja ulkoilman mitoittava lämpötila $T_{u.mit.}$. Porissa on -26°C. Poistoilman lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteena käytetään valmistajan ilmoittamaa arvoa 78 %.

$$\phi_{iv} = \sum(H_{iv}(T_s - T_{u.mit.})) \quad (4)$$

$$\sum H_{iv} = \rho_i C_{pi} q_{v.poisto} (1 - \eta_a) \quad (5)$$

ϕ_{iv}	ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsema teho, W
H_{iv}	ilmanvaihdon ominaislämpöhäviö, W/K
ρ_i	ilman tiheys, 1,2 kg/m ³
C_{pi}	ilman ominaislämpökapasiteetti, 1000 Ws/(kgK)
$q_{v.ilmavirta}$	ilmavirta, 1,24 m ³ /s
T_s	sisäilman lämpötila, 17 °C
$T_{u.mit.}$	ulkoilman lämpötila, -26 °C
η_a	ilmanvaihdon poistoilman lämmöntalteenoton (LTO) vuosihyötysuhde tai keskimääräinen hyötysuhde laskentajaksolta, 78 %

Ilmanvaihdon ominaislämpöhäviöksi H_{iv} lasketaan 327 W/K. Ilmanvaihdon lämmityksen tehontarpeeksi saadaan 14 kW ilmavirralla 1,24 m³/s.

Ilmalämmitys tapauksessa tehontarve lasketaan samalla tavalla kuin edellä (kaavat 4 ja 5). Tässä tapauksessa ilmavirta on suurempi (katso 5.1).

$$\phi_{iv} = \sum(H_{iv}(T_s - T_{u.mit.}))$$
$$\sum H_{iv} = \rho_i C_{pi} q_{v.poiisto} (1 - \eta_a)$$

Ilmanvaihdon ominaislämpöhäviöksi H_{iv} lasketaan 712 W/K. Ilmanvaihdon lämmityksen tehontarpeeksi saadaan 30 kW ilmavirralla 2,7 m³/s.

4.3 Vuotoilma

Vuotoilmavirta lasketaan kaavan 7 mukaisesti. Vuotoilman ominaislämpöhäviön laskennassa on käytetty kaavaa 6.

$$\phi_{vuotoilma} = \sum H_{vuotoilma}(T_s - T_{u.mit.})$$

$$\sum H_{vuotoilma} = \rho_i C_{pi} q_{v.vuotoilma} \quad (6)$$

$$q_{v.vuotoilma} = n_{vuotoilma} V / 3600 \quad (7)$$

$\phi_{vuotoilma}$	vuotoilman lämmityksen tarvitsema teho, kW
$H_{vuotoilma}$	vuotoilman ominaislämpöhäviö, W/K
ρ_i	ilman tiheys, 1,2 kg/m ³
C_{pi}	ilman ominaislämpökapasiteetti, 1000 Ws/(kgK)
$q_{v.vuotoilma}$	vuotoilmavirta, m ³ /s
T_s	sisäilman lämpötila, 17 °C
T_u	ulkoilman lämpötila, -26 °C
$n_{vuotoilma}$	rakennuksen vuotoilmakerroin, kertaa tunnissa, 0,16 1/h
V	rakennuksen ilmatilavuus, 4680 m ³
3600	kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos m ³ /h > m ³ /s.

Vuotoilmavirraksi lasketaan 0,216 m³/s ja vuotoilman ominaislämpöhäviöksi saadaan 250 W/K. Vuotoilman tehontarpeeksi saadaan 13 kW.

4.4 Lämmitystehon tarpeet eriteltynä

$$\phi_{joht.} + \phi_{vuotoilma} = 29 \text{ kW} + 13 \text{ kW} = 42 \text{ kW}$$

$$\phi_{iv.ilmastointi} = 14 \text{ kW ilmanvaihdon osuus käyttöaikana}$$

$$\phi_{iv.ilmalämmitys} = 30 \text{ kW ilmanvaihdon osuus käyttöaikana}$$

Taulukko 4.2 Järjestelmien lämmitystehon tarpeet työaikana

	Järjestelmä 1 (kW)	Järjestelmä 2 (kW)
$\phi_{joht.} + \phi_{vuotoilma}$	42	42
$\phi_{iv.}$	30	14
Yhteensä:	72	56

Taulukko 4.3 Järjestelmien lämmitystehon tarpeet työajan ulkopuolella

	Järjestelmä 1 (kW)	Järjestelmä 2 (kW)
$\phi_{joht.} + \phi_{vuotoilma}$	42	42
Yhteensä:	42	42

Taulukosta 4.2 huomataan, että työaikana Järjestelmän 1 lämmitystehon tarve on 72 kW ja Järjestelmän 2 lämmitystehon tarve on 56 kW. Taulukossa 4.3 lasketaan, että Järjestelmien 1 ja 2 työajan ulkopuoliset lämmitystehon tarpeet ovat 42 kW.

4.5 Järjestelmien tehontarpeet ja tuotot

Taulukossa 4.4 on eritelty Järjestelmien 1 ja 2 tehontarpeet ja laitteiden tuottamat lämmitystekot. Lämmitystekon tarpeet on eritelty kappaleessa 4.4. Järjestelmän 2 laitteiden lämmitystekot on laskettu kappaleissa 6.2.1, 6.2.2 ja 6.2.3. Vanhojen kierrätysilmapuhaltimien lämmityksen yhteisteho on ilmoitettu kappaleessa 2.3 ja uuden kierrätysilmapuhaltimen teho on laskettu taulukossa 6.2. Halliin asennetaan myös 45 kpl:ta Zodiac T5 loisteputkivalaisimia, joiden hyötysuhde on n. 50 %. (SLO Oy:n nettisivu).

Taulukko 4.4 Järjestelmien tehontarpeet ja tuotot

Järjestelmä	Työaika (kW)	Työajan ulkopuolella (kW)
Järjestelmä 1		
Tarve	72 kW	42 kW
Tuotto	72 kW	42 kW
Järjestelmä 2		
Tarve	56 kW	42 kW
Tuotto:		
IV-kone	14 kW	20 kW
Ilmalämpöpumput	8 kW	8 kW
Vanhat kierrätysilmapuhaltimet	12 kW	0 kW
Uusi kierrätysilmapuhallin	20 kW	20 kW
Loisteputkivalaisimet (2 x 49 kW x 45 kpl x 0,5)	2 kW	0 kW
Yhteensä:	56 kW	48 kW

5 ILMANVAIHDON MITOITUS

Hallin ilmanvaihdon mitoituksessa otetaan huomioon hallin eri osat. Mitoituksen lähtökohdiksi valitaan tuotanto-osan ja toimisto-osan ilmanvaihdon erityistarpeet. Tuotanto-osan ja toimisto-osan välillä ei voida epäpuhtauksien vuoksi käyttää siirtoilmaa, joten rakennukseen mitoitetaan kaksi konetta, toinen tuotanto-osalle ja toinen toimisto-osalle. Mitoituksessa otetaan huomioon mahdollinen tuotanto-osan 300 m² laajennus. Tällöin tuotanto-osan lattiapinta-alaksi saadaan:

$$A = \text{tuotanto-osa} - \text{toimisto-osa} + \text{laajennus} = (592 - 64 + 300) \text{ m}^2 = 828 \text{ m}^2$$

5.1 Tuotanto-osan mitoitus

”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 1990, s.23)

D2 Rakennusten sisäilmaston ja ilmanvaihdon rakennusmääräyskokoelma antaa teollisuusrakennukselle, jossa tehdään keskiraskasta työtä ulkoilmavirraksi lattianeliötä kohden $q_u = 1,5 \text{ dm}^3/\text{m}^2$. (D2, 26)

Rakennuksessa työskentelee 2-4 henkilöä, joten $1,5 \text{ dm}^3/\text{m}^2$ riittää kohteen hallitilan ilmanvaihdoksi hyvin. Ilmastointikoneen mitoituksessa otetaan huomioon mahdollinen 300 m² laajennus. Tällöin kohteen ulkoilmavirraksi saadaan 1240 l/s.

Ilmalämmitystapauksessa tuloilmavirran mitoitukseen käytetään sisäänpuhallusilman lämpötilaa 30°C ja huonelämpötilaa 17°C, jolloin tuloilma on 13°C ylitämpiä. Lämmitystehontarpeena käytetään 42 kW ($\phi_{joht.} + \phi_{vuotoilma}$), kohdan 4.4 mukaan. Ilmavirta lasketaan kaavalla 8.

$$q_{v.tulo} = \phi_{lämmitys} / (\rho_i * \Delta t) \quad (8)$$

$$q_{v.tulo} = 2,7 \text{ m}^3/\text{s}$$

5.2 Toimisto-osan mitoitus

Toimisto-osan 64 m² mitoituksessa käytetään D2 Rakennusten sisäilmaston ja ilmanvaihdon rakennusmääräyskokoelman ohjearvoja; toimistohuoneen ulkoilmavirta 1,5 (dm³/s)/m², pukuhuoneen ulkoilmavirta 5 (dm³/s)/m² ja taukotila 5 (dm³/s)/m². (D2, 22, 27)

Toimisto:

$$q_v = q_u * A = 14 \text{ m}^2 * 1,5 \text{ (dm}^3/\text{s)/m}^2$$

$$q_v = 21 \text{ l/s}$$

Pukuhuone/pesutila:

$$q_v = 130 \text{ l/s}$$

Taukotila:

$$q_v = 120 \text{ l/s}$$

Toimisto-osa yhteensä:

$$q_v = 271 \text{ l/s}$$

6 TUOTANTO-OSAN JÄRJESTELMÄVERTAILU

Tarkasteluun valitaan kaksi yleisesti teollisuudessa käytössä olevaa järjestelmää. Vertailun rajauksen kriteereiksi valitaan energia- ja kustannustehokkuudet. Kaikki järjestelmät, jotka olisivat vaatineet erillisen lämpökeskuksen rakentamista, rajattiin pois tilaajan pyynnöstä.

Ensimmäinen järjestelmä käyttää ilmastointikoneen lämmityspatteria tuotantotilan lämmitykseen eli ns. ilmalämmitystä. Toinen järjestelmä käyttää lämmitykseen ilmalämpöpumppuja ja kierrätysilmapuhaltimia, sekä ilmastointikoneen lämmityspatteria työajan ulkopuolella. Halliin suunnitellaan myös oviverhojärjestelmä, riippumatta muista järjestelmistä.

6.1 Järjestelmä 1 ilmalämmitys

Ilmastointikone hoitaa sekä rakennuksen ilmanvaihdon että lämmityksen. Koneen lämmityspatteriksi valitaan sähkölämmityspatteri, sillä vedenlämmittintä ei ole käytössä. Sähkölämmityspatteri on helppo vaihtaa vesipatteriin, kun alueelle mahdollisesti tulee kaukolämpöverkko.

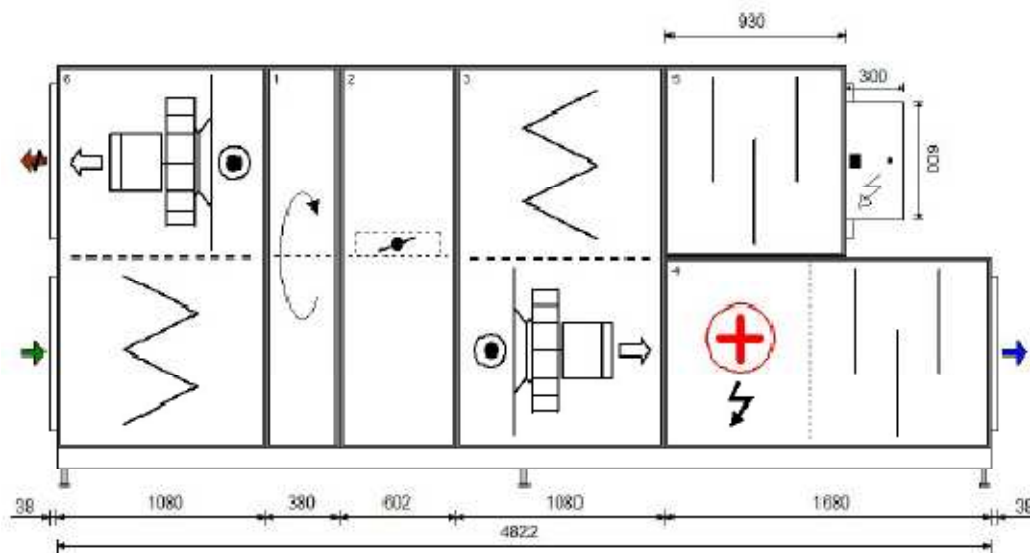
Kone käyttää kierrätysilmaa tuloilmana, kun rakennuksessa ei ole ihmisiä töissä. Kierrätysilmatoiminto säästää lämmitykseen käytettävää energiaa (ks. kappale 3.5).

6.1.1 Koneen valinta

Koneen valinnassa käytetään IV Produkt AB:n Designer mitoitusohjelmaa. IV Produkt AB:n ilmastointikoneet valmistetaan Ruotsissa ja ne ovat Eurovent sertifioituja. (Intervent Oy:n nettisivu)

Ohjelmaan kootaan haluttu ilmastointikone. Koneeseen valitaan kierrätysilmatoiminto ja sähkölämmityspatteri. Lämmöntalteenottotavaksi valitaan pyörivä lämmönsiirrin, koska se hyötysuhteeltaan hyvä ja tuotantotilan ilmanlaatu ei aseta erityisvaatimuksia lämmönsiirtimelle.

Koneen tuloilmavirta $2,7 \text{ m}^3/\text{s}$ ja poistoilmavirta $2,7 \text{ m}^3/\text{s}$ syötetään ohjelmaan. Kanavapaineeksi laskettiin 350 Pa . Suodatinluokaksi valitaan F7. Ulkoilman lämpötilaksi asetetaan -26°C ja ulkoilman suhteellisen kosteudeksi arvoksi 90% . Poistoilman lämpötilaksi valitaan hallin 17°C . Sähkölämmityspatterin tehoksi asetetaan 72 kW taulukon 4.2 mukaisesti. Koneeksi valitaan IV Produktin AB:n valmistama Envistar Flex 360 (kuva 6.1).



Kuva 6.1 Envistar Flex 360

6.1.2 Järjestelmän 1 investointikustannukset

Kustannukset on laskettu tarjousten ja arvioiden perusteella taulukossa 6.1 ja hinnat ovat alv 0 %. Kustannusten laskennassa on käytetty Ilmastointi Salminen Oy:n laskentataulukoita ja viitteellisiä hintoja. Kanavat ja osat ovat Fläkt Woods Oy:n valmistamia ja asennuksen on tarjonnut Ilmastointi Salminen Oy.

Taulukko 6.1 Järjestelmän 1 investointikustannukset

Envistar Flex 360	21800€
Kanavat ja kanavaosat	2500€
Päätelaitteet (KHD- ilmanhajoitin)	600€
Säätöpellit (Iris 3 kpl, BDEP-200 9 kpl)	900€
Ulospuhallushajottaja (EYMA-2-600)	900€
Ulkoilmasäleikkö	250€
Asennus	6000€
Yhteensä:	32950€

6.2 Järjestelmä 2 ilmalämpöpumput

Työaikana ilmalämpöpumput hoitavat yhdessä kierrätysilmapuhaltimien kanssa rakennuksen lämmityksen. Järjestelmässä käytetään työaikana manuaalisesti myös vanhoja kierrätysilmapuhaltimia (ks. kappale 4.5), jos ilmalämpöpumppujen ja termostaattiohjatun kierrätysilmapuhaltimen lämmitystehot eivät riitä ylläpitämään tuotantotilassa 17°C sisälämpötilaa.

Työajan ulkopuolella ilmastointikone käyttää kierrätysilmaa tuloilmana aikaohjelman mukaan, kun ihmisiä ei ole töissä (ks. kappale 7.3.1). Ilmastointikone alkaa lämmittää tuotantotilaa, kun lämpöpumput ja kierrätysilmapuhallin eivät pysty ylläpitämään 17°C sisälämpötilaa. Työajan ulkopuolella ei käytetä vanhoja kierrätysilmapuhaltimia.

6.2.1 Ilmalämpöpumppujen valinta

Lämpöpumpuksi valitaan Fuji Electricin ASYA 12LC (kuva 6.2, 6,3). Fujin lämpöpumpussa on hyvä hyötysuhde ja kuuden vuoden takuu. Fuji Electricin ASYA 12LC lämpöpumppuja hankitaan 6 kpl.

Lämpöpumpun tehoalue on 0,9-6,7 kW ja tehonkulutus 1,24 kW (Liite 4B). COP-luku on 3,86, kun ulkoilman lämpötila on 7°C. Lämpöpumppujen kokonaislämmitysteho on n. 20 kW, kun ulkoilman lämpötila on -4°C (Liite 4B). Rakennuksen lämmitystehontarve samalla lämpötilalla on n. 20 kW. Ilmalämpöpumppujen lämmitysteho mitoitussisälämpötilassa -26°C on 8 kW.



Kuva 6.2 Fuji Electricin ASYA 12LC sisäyksikkö



Kuva 6.3 Fuji Electricin ASYA 12LC ulkoyksikkö

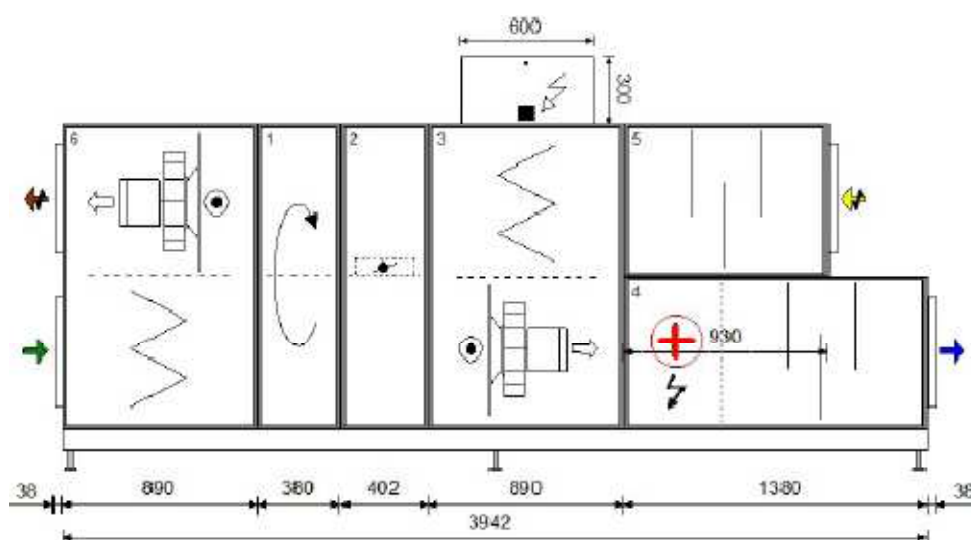
6.2.2 Ilmastointikoneen valinta

Koneen valinnassa käytetään IV Produktin Designer mitoitusohjelmaa. IV Produkt AB on luotettava ja arvostettu ilmastointikoneiden valmistaja. Ohjelmaan kootaan halutunlainen ilmastointikone. Mitoituksessa otetaan huomioon hallin mahdollinen 300 m² laajennus. Lämmöntalteenottotavaksi valitaan pyörivä lämmönsiirrin, koska se hyötysuhteeltaan hyvä ja tuotantotilan ilmanlaatu ei aseta erityisvaatimuksia lämmönsiirtimelle.

Sähkölämmityspatterin teho lasketaan kaavalla 9. Tuloilmavirran mitoitukseen käytetään sisäänpuhallusilman yllämpötilaa 30°C ja huonelämpötilaa 17°C, jolloin tuloilma on 13°C yllämpöistä.

$$\phi_{\text{sähköpatteri}} = \rho_i C_{pi} q_{v,\text{poisto}} (T_{s,\text{mit.}} - T_s) \quad (9)$$

Koneen tuloilmavirta 1,25 m³/s ja poistoilmavirta 1,3 m³/s syötetään ohjelmaan. Kanavapaineeksi lasketaan 300 Pa. Suodatinluokaksi valitaan F7. Ulkoilman lämpötilaksi asetetaan -26°C ja ulkoilman suhteellisen kosteudeksi arvoksi 90 %. Poistoilman lämpötilaksi valitaan hallin sisäilman lämpötila 17°C. Sähkölämmityspatterin tehoksi asetetaan 20 kW (kaava 9.). Ilmastointikoneeksi valitaan IV-Produkt AB:n valmistama Envistar Flex 190 (kuva 6.4).



Kuva 6.4 Envistar Flex 190

6.2.3 Uusi kierrätysilmahuallin

Taulukosta 6.2 huomataan, että työaikana uuden kierrätysilmahuallimen tehontarve on 20 kW. Lisälämmittimeksi valitaan Hedtec Oy:n valmistama seinäkiinnitteinen kierrätysilmahuallin Panther SE20, jonka lämmitysteho on 20 kW (Liite 6A). Kierrätysilmahuallinta ohjataan termostaatilla sekä työaikana, että työajan ulkopuolella.

Taulukko 6.2 uuden kierrätysilmahuallimen mitoitus

Järjestelmä 2	
Tarve	56 kW
Tuotto:	
IV-kone	- 14 kW
Ilmalämpöpumput	- 8 kW
Vanhat kierrätysilmahuallimet	- 12 kW
Loistevalaisimet	- 2 kW
Uusi kierrätysilmahuallin	20 kW

6.2.4 Järjestelmän 2 investointikustannukset

Kustannukset on laskettu tarjousten ja arvioiden perusteella taulukossa 6.3 ja hinnat ovat alv 0 %. Kustannusten laskennassa on käytetty Ilmastointi Salminen Oy:n laskentataulukoita ja viitteellisiä hintoja. Kanavat ja osat ovat Fläkt Woods Oy:n valmistamia ja asennuksen on tarjonnut Ilmastointi Salminen Oy.

Taulukko 6.3 Järjestelmän 2 investointikustannukset

6 kpl Fuji Electric ASYA 12LC + kierrätysilmapuhallin Panther SE20	8700€
Envistar Flex 190	14300€
Kanavat ja kanavaosat + ÄV:t	2300€
Säätöpellit	640€
Päätelaitteet	600€
Ulospuhallushajottaja	800€
Ulkoilmasäleikkö	200€
Asennus	6000€
Yhteensä	33540€

6.3 Järjestelmän valinta

Järjestelmän valinnassa määrääviä tekijöitä ovat kustannukset, toimivuus, luotettavuus, huoltovälit, takuuasit ja tehokkuus. Huomioon otetaan myös työntekijöiden viihtyvyyteen liittyvät tekijät, sekä energiatehokkaan kokonaisratkaisun tuomat taloudelliset edut. Kustannukset muodostuvat investointikustannuksista, energian kulu- tuksesta ja huoltokustannuksista.

Lämmitysenergian kulutukset on laskettu käyttämällä Satakunnan ammattikorkea- koulun, Tekniikka Porin Fysiikan laboratorion sääaseman viiden vuoden kuukausi- lämpötilakeskiarvoja (Liite 4A). Laskutapa ottaa tarkasti huomioon alueelliset läm- pötilat ja antaa siksi tarkat kuvan energiankulutuksesta.

Taulukosta 6.4 huomataan, että järjestelmä 2 on huomattavasti järkevämpi vaihtoehto. Investointikustannukset järjestelmien välillä ovat lähes samat. Järjestelmällä 2 on n. 4300 € pienempi energiankulutus vuodessa (huomioiden kulutushuiput), kun säh- kön energiamaksu on 5,36 c/kWh ja siirtomaksu 2,24 c/kWh (Liite 4B). Ilmastointi- koneiden osalta huoltovälit ovat molemmissa järjestelmissä samat. Ilmalämpöpump- pujen suodattimet lisäävät vuosittaisia huoltokustannuksia n. 50 €.

Taulukko 6.4 Järjestelmien kustannuslaskenta

Kustannukset	Järjestelmä 1	2. Vuosi	3. Vuosi
Investointikustannus	32700€	-----	-----
Energian kulutus	6800€	6800€	6800€
Huollot	-----	300€	300€
Yhteensä:	39500€	7100€	7100€

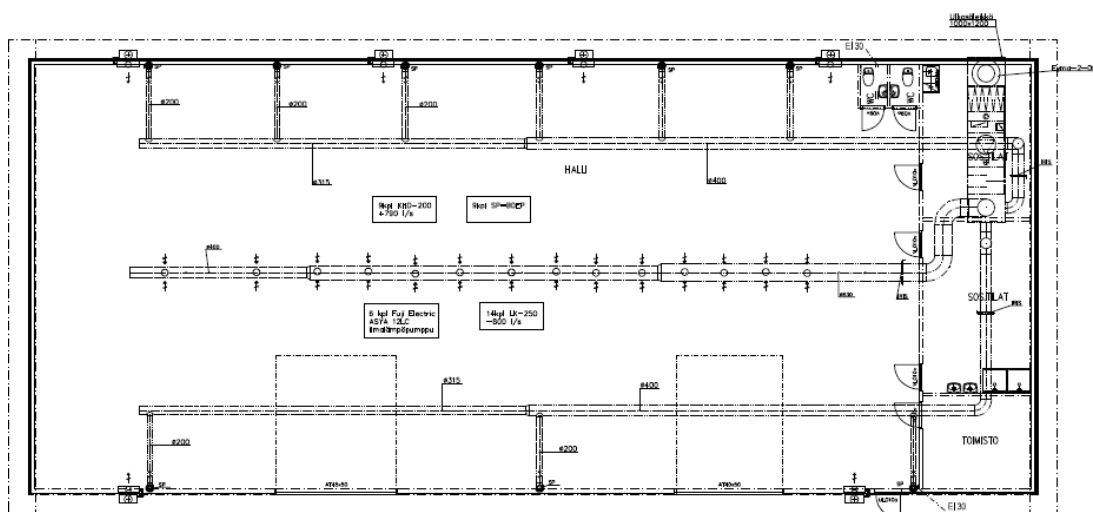
Kustannukset	Järjestelmä 2	2. Vuosi	3. Vuosi
Investointikustannus	33600€	-----	-----
Energian kulutus	2500€	2500€	2500€
Huollot	-----	350€	350€
Yhteensä:	36100€	2950€	2950€

7 VALITUT JÄRJESTELMÄT

7.1 Ilmastointi

7.1.1 Ilmastointipiirustus

Tuotanto-osan IV-piirustus (kuva 7.1) tehtiin CADS Planner suunnitteluohjelmalla.



Kuva 7.1 Ilmastointipiirustus

7.1.2 Ilmastointikoneen sijoitus

Ilmastointikoneen sijoituksessa noudatetaan D2 Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto rakennusmääräyskokoelman määräyksiä ja ohjeita (ks. kappale 3.4.4). Ilmastointikone Envistar Flex 190 sijoitetaan toimiston yläpuolella sijaitsevalle parvelle (kuva 7.2). Kone sijaitsee tällöin hyvässä paikassa mm. tilan käytön, kanavoinnin ja huollettavuuden kannalta. Kone asennetaan pohjois- eteläsuunnassa siten, että ulkoilmalaite on pohjoisseinässä.



Kuva 7.2 Ilmastointikoneen sijoituspaikka

7.1.3 Ilmastointilaitoksen säätöperiaate

Työaikana ilmastointikone käyttää tuloilmana ulkoilmaa ja työaikojen ulkopuolella kone ei käy. Koneen vuorokautisia käyntiaikoja ohjataan säätö- ja valvontajärjestelmän aikaohjelman mukaan.

Säätöjärjestelmä ohjaa lämmityspatterin tehoa, siten että tuloilman lämpötila pysyy asetusarvossaan. Mikäli tuotanto-osan lämpötila alittaa asetusarvon 17°C , säätöjärjestelmä lisää portaattomasti lämmityspatterin tehoa.

Työajan ulkopuolella ilmastointikone käynnistyy asetetuin väliajoin ja tarkistaa lämpötila-anturien välityksellä tuotanto-osan lämpötilan. Lämmityksen tarvetta ilmetessä kone jää käyntiin käyttäen kierrätysilmaa tuloilmana ja sammuu, kun tavoitelämpötila on saavutettu.

7.1.4 Ulko- ja jäteilmalaitteiden sijoittaminen

Ulko- ja jäteilmalaitteiden sijoituksessa käytetään rakennusmääräyskokoelman D2 Rakennuksen sisäilmasto ja ilmanvaihto ohjearvoja ja määräyksiä (katso 3.4.1). Tuotanto-osan poistoilma kuuluu luokkaan 3, jolloin jäteilmalaitteen tulee olla vähintään 4 m ulkoilmalaitteen yläpuolella (Liite 1I).

Ilmanvaihtokoneen ulkoilmanotto sijoitetaan rakennuksen itäpäädyn seinään n. 4 m korkeuteen. Ulkoilmakanava eristetään 50 mm lämpöeristeellä. Ulkoilmanoton kooksi valitaan 2000*1200 ja aukkoon asennetaan Fläkt Woods Oy:n valmistama lumisuoja LSJ (kuva 7.3). Lasketulla ilmavirralla (ks. kappale 5.1) otsapintanopeus on 0,7 m/s ja painehäviö on n. 25 Pa (Liite 1H).



Kuva 7.3 Lumisuoja LSJ

Ilmanvaihtokoneen jäteilma johdetaan ulos rakennuksen itäpäädyn katolta n. 8 m korkeudelta. Katolle johdetaan lämpöeristetty kanava ilmastointikoneelta, jonka päälle asennetaan Fläkt Woods Oy:n valmistama ulospuhallushajotin EYMA-2-500 (kuva 7.4), jolloin painehäviö on n. 25 Pa (Liite 1I).



Kuva 7.4 EYMA-2-ulospuhallushajotin

7.1.5 Kanavistojen mitoitus

Kanavistot mitoitetaan kohdan 3.4.2 mukaisesti siten, että painehäviöt ja ilmannotteudet eivät kasva liian suuriksi. Tulokanavina käytetään \varnothing 400 ja \varnothing 315 kierresaumakanavia, jolloin kanavanopeudet ovat 3 – 5 m/s ja painehäviö 0,2 – 1 Pa/m (Liite 1F, G).

7.1.6 Kanavistojen sijoitus

Kanavistojen sijoituksessa otetaan huomioon mm. kanavalinjojen symmetrisyys ja prosessien vaatima tila (ks. kappale 3.4.3). Kanavamitoituksessa otetaan huomioon myös tuotanto-osan mahdollinen laajennus.

Rakennuksen poistoilmakanavana käytetään hallin vanhaa poistoilmakanavaa. Tarkastuksessa huomattiin kanavan olevan hyvässä kunnossa ja puhdas, joten kanavaa ei tarvitse puhdistaa. Vanhasta poistoilmakanavasta puretaan poistopuhallin, jonka jälkeen kanava on helppo yhdistää uuden ilmastointikoneen poistokammioon. Kanavassa on 14 kpl LK-250 venttiileitä, jotka on asennettu alaspäin n. 45° kulmaan. Kanava käännetään siten, että venttiilit osoittavat kohtisuoraan ylöspäin, jotta poistettava/kierrätettävä ilma on mahdollisimman lämmintä. Poistokanavaan asennetaan Iris-630 säätöpelti mittausta varten.

Tulokanavien suunnittelussa otetaan huomioon siltanosturin vaatima tila. Tulokanavina käytetään Fläkt Woods Oy:n teräksisiä kierresaumakanavia. Tulopuolen runkokanavat asennetaan kulkemaan rakennuksen molemmilla pitkillä sivuilla n. 3 m etäisyydelle seinistä. Runkokanaviin asennetaan puhdistusluukut n. 10 m välein.

Runkokanavista johdetaan yhteensä 9 kpl Ø 200 mm kanavaosuuksia alas seiniä pitkin, joiden päähän asennetaan venttiilit. Molempiin runkokanaviin asennetaan Iris-400-säätöpellit (Liite 1K) mittausta ja säätöä varten. Runkokanavat yhdistyvät ilmastointikoneen tulokammiossa.

7.1.7 Ilmanjako

Sekoitusperiaate sopii hyvin kohteen ilmanjakotavaksi (ks. kappale 3.3.3). Sekoitusperiaatteen avulla saadaan sekä lämpöolot että ilmanjako tasaiseksi koko hallissa. Ilmalämpöpumppujen heittopituus on varsin lyhyt, joten tuloilman ilmasuihkut levittävät ilmalämpöpumppujen tuottamaa lämpöä.

Tuloilmalaitteiden valinnassa käytetään Fläkt Woods Oy:n WinDon 2.98 mitoitusohjelmaa. Mitoitusohjelmaan syötetään lasketut ilmavirrat (ks. kappale 5.1). Toisin kuin ilmastointikoneen mitoituksessa, ilmavirtana käytetään hallin todellista tuloilmavirtaa ennen mahdollista laajennusta $(592 \text{ m}^2 - 64 \text{ m}^2) * 1,5 \text{ l/s/m}^2 = 792 \text{ l/s}$.

Hallin tuloilmaelimiksi valitaan Fläkt Woods Oy:n valmistamat KHD-200-ilmanhajottimet (kuva 7.6). Tuotanto-osan itäseinälle asennetaan 6 kpl ilmanhajottimia ja länsiseinälle asennetaan 3 kpl ilmanhajottimia. Ilmanhajottimet asennetaan 2,5 m korkeudelle ja ilmasuihku suunnataan 15° kulmassa alaviistoon. Heittokuvioksi valitaan kapea, jolloin mitoitetulla ilmamäärällä 88 l/s/venttiili ilmasuihkun pituus on n. 15 m eli ilmasuihkut sekoittavat hyvin koko tuotanto-osan ilman. Painehäviö on 18 Pa/venttiili (Liite 1F).

Ilmanhajottimien yläpuolelle, kierresaumakanavaan, asennetaan Fläkt Woods Oy:n valmistamat BDEP-200-säätöpellit.



Kuva 7.6 KHD ilmanhajotin

7.2 Ilmalämpöpumput

Fuji Electricin ASYA 12LC ilmalämpöpumppuja asennetaan kuusi kappaletta. Neljä konetta asennetaan rakennuksen eteläseinälle ja kaksi rakennuksen pohjoisseinälle. Koneiden ulkoyksiköt asennetaan suoraan sisäyksiköiden tasolle ulkoseinään käyttäen konsolikannakkeita. Ilmalämpöpumppujen ulkoyksiköt eivät tarvitse erillistä suojausta, sillä räystäs antaa riittävän sääsuojan.

Koneet asennetaan tuloilmaelimiä läheisyyteen, jotta lämpimän ilman heittopituus kasvaa ja lämpö jakautuu tasaisesti koko halliin.

7.3 Ilmaverhojärjestelmä

Ilmaverhojärjestelmällä pyritään mm. säästämään energiaa ja lisäämään työntekijöiden viihtyvyyttä kohdan 3.6 mukaisesti.

Hallissa on kaksi nosto-ovea, $l = 4,5$ m, $h = 5$ m. Molempien nosto-ovien sivuille asennetaan OPU-oviverhoputket (kuva 7.7) ja molemmille oville omat aksiaalipuhaltimet. Aksiaalipuhaltimen imu- ja painepuolelle asennetaan äänenvaimentimet. Puhaltimet asennetaan ovien yläpuolelle ja ilmanotto puhaltimille otetaan katoniskoja välistä, jotta puhallettava ilma on mahdollisimman lämmintä. Puhaltimia ohjataan rajakytkimillä, jotka toimivat ovien avautumisen ja sulkeutumisen perusteella.

Puhaltimiksi valitaan F.lli Ferrari Ventilatori Industriali S.p.A:n valmistama EF 455/H (S) (Liite 5A), joiden tehot ovat 2,2 kW/3000rpm. Ilmavirtojen mitoituksessa käytetään valmista Opu- oviverhoputkien mitoitustaulukkoa. Mitoitusohjelmalla lasketaan, että keskimääräinen puhallusnopeus aukoista on 26 m/s. Keskimääräinen ilmannopeus \varnothing 250 mm oviverhoputkissa on 24 m/s. Yhdestä putkesta johdetaan ilmaa 1 m³/s. Oviverhojen ilmasuihkut suunnataan kohtaamaan toisensa oven keskilinjalla ja oven ulkopinnan tasolla.



Kuva 7.7 OPU-oviverhoputki

Ilmaverhojärjestelmän investointikustannukset

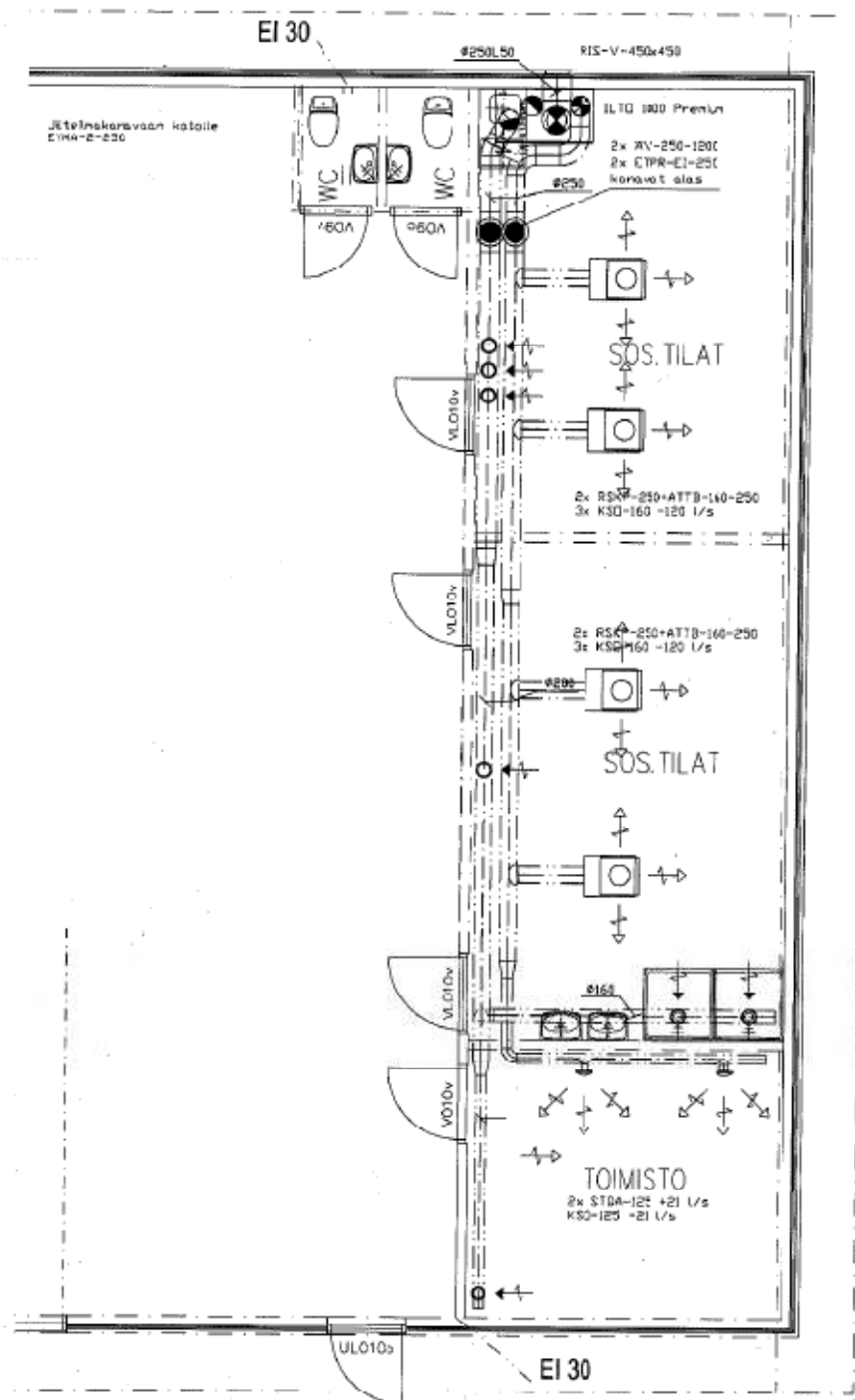
Kustannukset on laskettu tarjousten ja arvioiden perusteella taulukossa 7.1 ja hinnat ovat alv 0 %. Kustannusten laskennassa on käytetty Ilmastointi Salminen Oy:n las-
kentataulukkoita ja viitteellisiä hintoja. Kanavat ja osat ovat Fläkt Woods Oy:n val-
mistamia ja asennuksen on tarjonnut Ilmastointi Salminen Oy.

Taulukko 7.1 Ilmaverhojärjestelmän investointikustannukset

2 kpl. F.lli Ferrari EF 455/H (S)	1700€
4 kpl. OPU oviverhoputki	2650€
24m kierresaumakanavaa	250€
Kanavaosat	60€
4 kpl. äänenvaimentimet	300€
Asennus	1000€
Yhteensä	5950€

7.4 Toimisto-osan ilmastointi

Toimisto-osan IV-piirustus (kuva7.8) tehtiin CADS Planner suunnitteluohjelmalla. WC-tiloissa on toimiva kanavapuhallin, jota käytetään jatkossakin. Kanavapuhallin ja siihen liittyvä kanavisto ei esiinny kuvassa.



Kuva 7.8 Toimisto-osan ilmanvaihtopiirustus

Toimisto-osaan asennetaan oma ilmastointikone. Toimisto-osan ilmanvaihto on helppo hallita oman ilmastointikoneen avulla. Ilmastointikoneen mitoituksessa käytetään Meptek Oy:n Khw-Vent energialaskentaohjelmaa.

Tuloilmavirraksi laitetaan 261 l/s ja poistoilmavirraksi 270 l/s kohdan 5.2 mukaisesti. Kanavapaineeksi laskettiin 150 Pa ja lämmitykseen käytetään sähkölämmityspatteria. Ilmastointikoneeksi valitaan Ilto 1000 Premium (kuva 7.9). Ilmastointikone asennetaan toimisto-osan yläpuolella olevalle parvelle hallia palvelevan koneen viereen.



Kuva 7.9 Ilto 1000 Premium ilmastointikone

7.4.1 Lämmöntalteenotto

Toimisto-osan pukuhuone/pesutila kuuluu poistoilmaluokkaan 3. Lämmöntalteenototavaksi valitaan levylämmönsiirrin (katso 3.4.2).

Meptek Oy:n Ilto 1000 Premium ilmastointikoneessa on levylämmönsiirrin. Lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteeksi Meptek Oy:n Khw-Vent ohjelmalla mitoitusolosuhteissa saadaan n. 49 % (Liite 2A).

7.4.2 Ulko- ja jäteilmalaitteet

Ulko- ja jäteilmalaitteiden sijoituksessa käytetään rakennusmääräyskokoelman D2 Rakenuksen sisäilmasto ja ilmanvaihto ohjearvoja ja määräyksiä (katso 3.4.1). Toimisto-osa kuuluu jäteilmaluokkaan 3, jolloin jäteilmalaitteen tulee olla vähintään 4 m ulkoilmalaitteen yläpuolella (Liite 1D).

Ilmanvaihtokone sijoituspaikaksi valitaan toimiston kotolla oleva parvi. Ilmanvaihtokoneen ulkoilmanotto sijoitetaan rakennuksen itäpäädyn seinään 4 m korkeuteen. Ulkosäleiköksi valitaan Fläkt Woodsin RIS-V-Sfe-400-450*450, jolloin otsapintanopeus on 1,3 m/s. Ulkoilmakanava lämpöeristetään.

Ilmanvaihtokoneen jäteilma johdetaan ulos itäpäädyn katolta n.8 m korkeuteen. Jäteilmakanava lämpöeristetään ja katolle asennetaan Fläkt Woods Oy:n valmistama ulospuhallushajotin EYMA-2-250.

7.4.3 Kanavisto

Kanavistojen sijoituksessa otetaan huomioon mm. kanavalinjojen symmetrisyys ja prosessien vaatima tila (katso 3.4.3).

Kanavat koteloidaan toimisto-osan katonrajaan. Kanavina käytetään Fläkt Woodsin teräksisiä kierresaumakanavia, jotka tuodaan toimiston katosta läpi venttiileille. Kanavistoon ei tarvitse asentaa puhdistusluukkuja, sillä kanavat on mahdollista puhdistaa päätelaitteiden kautta. Kanavien liitoksiin käytetään Fläkt Woodsin LY-liitinyhteitä, joissa on kumitiivisteet. Tulo- ja poistokanaviin asennetaan Fläkt Woods Oy:n valmistamat Iris-250 säätöpellit ja BDER-60-250-90 äänenvaimentimet (katso 3.4.3).

7.4.4 Paloturvallisuus

Rakennuksen toimisto-osan paloluokka on EI30 ja kone sijaitsee hallin puolella. Ilmastointikoneen asennuspaikasta johtuen täytyy tulo- ja poistokanavaan asentaa palonrajoitin eli palokatko. Palonrajoittimeksi valitaan Fläkt Woods Oy:n valmistamat ETPR-EI (kuva 7.10) eristetyt palopellit toimilaitteilla. Kanavat koteloidaan toimisto-osan puolelle katonrajaan, joten paloeristystä ei tarvita.



Kuva 7.10 ETPR-EI palopelti

7.4.5 Päätelaitteet

Päätelaitteiden valinnassa käytetään Fläkt Woods Oy:n WinDon 2.98 mitoitusohjelmaa. Ohjelmaan syötetään lasketut mitoitusarvot.

Taukotilan ja pukuhuoneen tuloilmalaitteiksi valitaan Fläkt Woods Oy:n valmistama RSKP-250-kattohajotin (kuva 7.11) ATTB-160-250-1 tasauslaatikolla. RSKP-kattohajotin on ilmaa sekoittava ja lasketuilla ilmavirroilla (katso 5.2) heittopituus on n. 2 m ja painehäviö 50 Pa (Liite 9B). RSKP-kattohajotimen heittokuviota ja heittopituutta on helppo säätää. Hajotin on valmistettu teräksestä ja se on polttomaalattu. (Fläkt Woods Oy:n nettisivu).

Toimiston tuloilmalaitteeksi valitaan Fläkt Woods Oy:n valmistama STQA-tuloilmahajotin. Lasketulla ilmavirralla (katso 5.2) tuloilmahajotimen heittopituus on 2,5 m ja painehäviö 10 Pa.

Toimisto-osan poistoilmalaitteiksi valitaan Fläkt Woods Oy:n valmistamat KSO-poistoilmaventtiilit (kuva 7.12). Lasketuilla ilmavirroilla (katso 5.2) taukotilaan ja pukuhuoneeseen valitaan kumpaankin 3 kpl KSO-160 poistoilmaventtiileitä, jolloin painehäviö on n. 35 Pa/venttiili. Toimistoon valitaan poistoilmaventtiili KSO-125, jolloin painehäviö on 15 Pa.

KSO-venttiilit on valmistettu teräksestä ja ne on polttomaalattu valkoiseksi. Venttiilin rungossa on solumuovi tiiviste ja kierrekara, jonka avulla venttiiliä säädetään ja lukitaan haluttuun asentoon. Kiinnityskehys KKT kiinnitetään kanavaan niiteillä ja KSO-venttiili kierretään kehykseen kiinni. (KSO tekninen esite)



Kuva 7.11 RSKP-kattohajotin



Kuva 7.12 KSO-poistoilmaventtiili

7.4.6 Toimisto-osan investointikustannukset

Kustannukset on laskettu tarjousten ja arvioiden perusteella taulukossa 7.2 ja hinnat ovat alv 0 %. Kustannusten laskennassa on käytetty Ilmastointi Salminen Oy:n laskentataulukoita ja viitteellisiä hintoja. Kanavat ja osat ovat Fläkt Woods Oy:n valmistamia ja asennuksen on tarjonnut Ilmastointi Salminen Oy.

Taulukko 7.2 Toimisto-osan investointikustannukset

Ilto 1000 Premium ilmastointikone	2800€
Ulospuhallushajottaja+US	350€
Kanavat, kanavaosat ja ÄV:t	500€
Päätelaitteet	150€
Säätölaitteet	100€
Palonrajoittimet	400€
Kotelointi	500€
Asennus	1000€
Yhteensä	5800€

7.5 Kokonaisinvestointikustannukset

Kustannukset on laskettu tarjousten ja arvioiden perusteella taulukossa 7.3 ja hinnat ovat alv 0 %. Kustannusten laskennassa on käytetty Ilmastointi Salminen Oy:n laskentataulukkoita ja viitteellisiä hintoja (katso 6.2.3, 7.3.1, 7.4.6).

Tuotanto-osan ilmastointikoneen ja ilmaverhojärjestelmän aksiaalipuhaltimen on tarjonnut Intervent Oy. Tuotanto-osan ilmalämpöpumput on tarjonnut Lämpömaailma Oy. Toimisto-osan ilmastointikoneen on tarjonnut Onninen Oy.

Kanavat ja osat ovat Fläkt Woods Oy:n valmistamia ja asennuksen on tarjonnut Ilmastointi Salminen Oy.

Taulukko 7.3 Kokonaisinvestointikustannukset

Hallin ilmastointi	14300€
Hallin lämmitys	8700€
Hallin ilmaverhojärjestelmä	5950€
Toimisto-osan ilmastointi	5800€
Yhteensä	35100€

8 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli laatia esisuunnitelma ilmastointi- ja lämmitysjärjestelmistä teollisuusrakennukseen. Rakennuksen nykyiset järjestelmät eivät vastaa halliin muuttavan Besteam Oy:n tarpeita, eivätkä laadullisesti relevanttia rakennuskulttuuria.

Esisuunnitelman laatimiseksi tutustuttiin teollisuuden ilmastoinnin ja lämmityksen kirjallisiin julkaisuihin ja Internetin tietoihin aiheesta. Aikaisemmat kokemukset, laitevalmistajat ja alan asiantuntijat auttoivat myös suunnittelun valmistelussa.

Tarkasteluun valittiin kaksi erilaista järjestelmäkokonaisuutta. Ensimmäinen järjestelmä oli ilmalämmitys ja toisessa järjestelmässä lämmitykseen käytettiin ilmalämpöpumppuja, kierrätysilmapuhaltimia ja ilmastointikonetta. Hallin ilmastointi- ja lämmitysjärjestelmän lisäksi suunniteltiin myös hallin ilmaverhojärjestelmät ja toimisto-osan ilmastointi.

Laskelmien pohjalta ja mitoitusohjelmien avulla valittiin rakennukseen sopivat ilmastointi- ja lämmitysjärjestelmät. Järjestelmä 2 osoittautui kustannustehokkaimmaksi ja järkevimmäksi vaihtoehdoksi. Järjestelmien 1 ja 2 investointikustannukset olivat laskelmien perustella lähes samat, mutta järjestelmä 2 on energiakustannuksissa n. 4500 € edullisempi vuodessa.

Opinnäytetyön tilaaja saa työstä kattavan ohjenuoran järjestelmien valintaan. Tilaa-
jan kannattaa nopeasti hankkia rakennukseen uudet ilmastointi- ja lämmitysjärjestelmät, sillä nykyiset järjestelmät eivät vastaa nykyistä teollisuusrakentamisen tasoa.

LÄHDELUETTELO

Ahokas, R. (2003). C4 Suomen rakennusmääräyskokoelma. Lämmöneristys [verkkodokumentti]. Saatavissa:

<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=198063&lan=fi>

[Viitattu 5.6.2009]

Kalliomäki, P. (2007). D5 Suomen rakennusmääräyskokoelma. Rakennusten energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta [verkkodokumentti]. Saatavissa:

<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=198063&lan=fi>

[Viitattu 5.6.2009]

Kalliomäki, P. (2003). D2 Suomen rakennusmääräyskokoelma. Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto [verkkodokumentti]. Saatavissa:

<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=198063&lan=fi>

[Viitattu 5.6.2009]

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

Seppänen, O. & Seppänen, M. (2007). Rakennusten sisäilmasto ja LVI-tekniikka.

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.

Valkeapää, A. Energiatehokas ovivedontorjunta teollisuusoviaukoissa -vaatimuksia oviverhosuunnittelulle [verkkodokumentti]. Oulun aluetyöterveyslaitos. Saatavissa:

www.sah-ko.fi/aeroclaus/oviverhosuunnittelu.ppt.pdf

[Viitattu 25.6.2009]

Vastamäki, J. (2007). E7 Suomen rakennusmääräyskokoelma, Ilmanvaihtolaitteistojen paloturvallisuus [verkkodokumentti]. Saatavissa:

<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=198063&lan=fi>

[Viitattu 5.6.2009]

Päätelaitteet ja kanavaosat.

www.flaktwoods.fi.

[Viitattu 15.7.2009]

Tuotanto-osan ilmastointikone.

www.intervent.fi.

[Viitattu 18.12.2009]

Loisteputkivalaisimet.

www.slo.fi

[Viitattu 11.01.2010]

LIITTEET

Liite 1A	Ilmastointikone Envistar Flex 190
Liite 1B	Ilmastointikoneen tekniset tiedot
Liite 1C	Ilmastointikoneen tekniset tiedot
Liite 1D	Kanavistojen mitoitusaulukko
Liite 1E	Tuotanto-osan venttiilimitoitus
Liite 1F	KHD-ilmanhajottimen virtauskuvio, painehäviö ja heittopituus
Liite 1G	KHD-ilmanhajottimen mittatiedot
Liite 1H	Lumisuoja LSJ
Liite 1I	Ulospuhallushajottaja EYMA-2 tekniset tiedot
Liite 1J	Säätöpelti BDEP tekniset tiedot
Liite 1K	Mittaus- ja säätölaite Iris tekniset tiedot
Liite 1L	Mittaus- ja säätölaite Iris tekniset tiedot
Liite 2A	Toimisto-osan ilmastointikone Ilto 1000 Premium tekniset tiedot
Liite 2B	Palonrajoitin ETPR-EI tekniset tiedot
Liite 2C	Palonrajoitin ETPR-EI tekniset tiedot
Liite 2D	Tuloilmalaite RSKO + ATTB mitoitus
Liite 2E	Tuloilmalaite RSKO + ATTB virtauskuvio
Liite 2F	Tuloilmalaite RSKO + ATTB painehäviö ja heittopituus
Liite 2G	Tuloilmalaite RSKO + ATTB mittakuva
Liite 2H	Poistoilmaventtiili KSO tekniset tiedot ja painehäviö
Liite 2I	Tuloilmahajotin STQA tekniset tiedot
Liite 2J	Tuloilmahajotin STQA tekniset tiedot
Liite 3A	Opu-laskentataulukko
Liite 4A	Porin lämpötilakeskiarvot
Liite 4B	Järjestelmien energiakustannuslaskelma ja lämpöpumpun hyötysuhde
Liite 5A	Aksiaalipuhallin EF 455/H (S) tekniset tiedot
Liite 5B	Aksiaalipuhallin EF 455/H (S) tekniset tiedot
Liite 6A	Kierrätysilmahuallin Panther SE tekniset tiedot

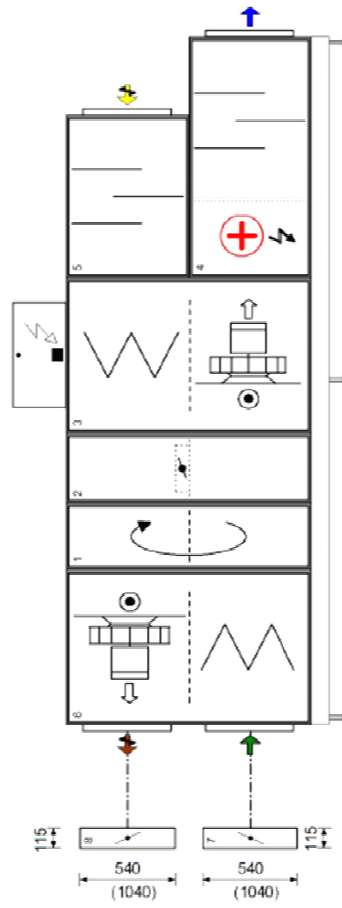


Envistar Flex **Mittakuva**
 Projekti IS Kiinteistöt
 Ilmastointikone TK
 Koko 190

Efficient energy efficiency classes are under revision

Kanavavarusteet

- 1) 160 kg
- 2) 75 kg
- 3) 235 kg
- 4) 212 kg
- 5) 136 kg
- 6) 235 kg
- 7) 9 kg
- 8) 9 kg





Envistar Flex Tekniset tiedot

Projekti	IS Kiinteistöt
Ilmastointikone	TK
Koko	190

Euroveit energy efficiency classes are under revision

Tämän koneen sähkötehokkuusluku (SFPv) on laskettu puhtaililla suodattimilla, roottorin puhtaaksipuhallus ja lisäpainehäviö huomioiden

SFP-LUKU

Laskelma	Ilmastointikone	1,99	kW/m ³ /s
----------	-----------------	------	----------------------

MITAT JA PAINOT

Leveys	1380	mm
Korkeus	1585	mm
Pituus	3942	mm
Paino	1098	kg

PAINEHÄVIÖ

Alkutiedot	Ilmavirta	Tuloima	Poisto
Roottorin puhtaaksipuhallus		1,40	1,40 m ³ /s
			0,11 m ³ /s

Laskelma		Tuloima	Poisto
LTO-ruulluri		112	112 Pa
Suodatin		99	Pa
Alkupainehäviö	(59)		Pa
Looppupainehäviö	(139)		Pa
Lämmityspatteri, sähkö	10		Pa
Äänenvaimennin	22		Pa
Äänenvaimennin			22 Pa
Suodatin			88 Pa
Alkupainehäviö			(48) Pa
Looppupainehäviö			(128) Pa
Sulkupelti	4		Pa
Sulkupelti			4 Pa
Liitäntähäviöt	29		31 Pa
Koneen painehäviöt	276		257 Pa
Kanavapaine	300		300 Pa

Puhaltimet

Laskelma		Tuloima	Poisto
Kokonaispainehäviö		578	557 Pa
Kierrosnopeus		1979	2038 r/m
Puh. hyötysuhde		73,0	71,0 %
Puh. akseliteho		1,1	1,2 kW
Muottorin hyötysuhde		70,1	77,2 %
Kokonaishyötysuhde		55,5	54,8 %
Sähköteho mitoitusp.		1,46	1,54 kW
Sähköteho puhtaillla suod.		1,36	1,43 kW
Moottoriteho		2,20	2,20 kW
Moottorin virta jännitteellä 400V		4,7	4,7 A
Max. kierokset		2435	2435 r/m
Max. taajuus		85	85 Hz
K-arvo ilmamäärämittaukselle		23,4	23,4


Envistar Flex Tekniset tiedot

Projekti	IS Kiinteistöt
Ilmastointikone	TK
Koko	190

Eurovent energy efficiency classes are under revision

ÄÄNITIEDOT

Taajuus	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k		Kokon
	--	--	--	--	--	--	--	--		--
Tuloilma:										86 dB
Ympäristöön	68	67	67	52	47	43	34	24	dB	60 dB(A)
Ulkoilma	65	68	75	69	64	58	49	38	dB	71 dB(A)
TuloilmaÄV:llä	66	64	67	49	37	39	38	46	dB	59 dB(A)
Poistoilma										87 dB
Ympäristöön	69	68	68	53	48	44	35	25	dB	61 dB(A)
PoistoÄV:llä	61	57	58	40	30	27	23	24	dB	50 dB(A)
Jäteilma	73	76	87	81	79	76	70	64	dB	84 dB(A)

LTO-ROOTTORI

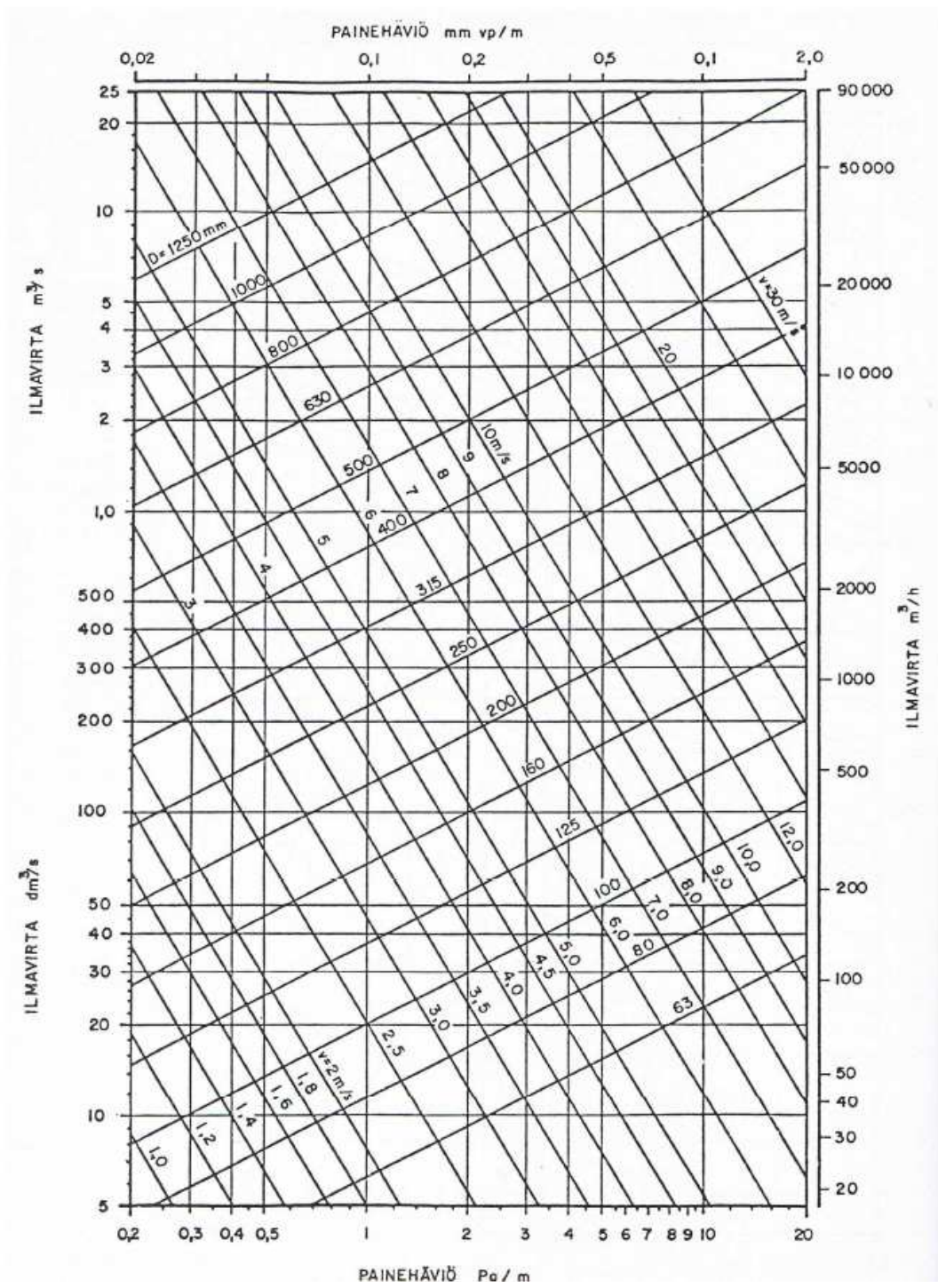
Alkutiedot	Roottorin tyyppi	Vakio	
	Ilman sisäänmenolämpötila	-26,0	°C
	Suhteellinen kosteus ulkoilma	90	%
	Poistoilman lämpötila	17,0	°C
	Suhteellinen kosteus poistoilma	30	%
Laskelma	Tuloilma LTO:n jälkeen	7,5	°C
	Lämpötilahyötysuhde (kuiva)	77,9	%

LÄMMITYSPATTERI, SÄHKÖ

Alkutiedot	Sisääntulevan ilman lämpötila	7,5	°C
	Toivottu ilman lämpötila	17,0	°C
Laskelma	Ilman lämpötila ulos	17,0	°C
	Tehovaihtoehto	02	
	Lämmitysteho	17,0	kW
	Lämmitysteho (vaadittu)	16,0	kW

SUOSITELTU SULAKEKOKO

Ilmastointikone	16 AT 3x400 V
Sähkölämmitys	25 A 3x400 V





Huoneen nimitys: Tuotantohalli

Projektitietoja

Projekt	Besteam halli
Käsittelijä	Ville Salminen
Rakennustyyppi	Teollisuus ym.

Huonetiedot

Huoneen mitat	33.0 * 16.0 * 6.0 m
Pinta-ala	528 m ²
Tilavuus	3168 m ³
Henkilömäärä	1
Toiminta huoneessa	Seisova, keski
Äänen absorptio	0.05 Kova huone
Etäisyys	2.0 m
Huonevaimennus	7 dB
Sallittu äänenpainetaso	35 dB(A)

Mitoitustiedot

Huonelämpötila (asetettu)	17.0 °C
Sallittu ilmannonp. ol.vyöhyke	0.25 m/s
Tuloilmalaitteet	
Kokonaisilmavirta	792.0 l/s 1.50 l/s,m ²
Tuloilman lämpötila	15.0 °C
Tuotettu jäähdytysteho	1901 W 3.6 W/m ²
Painehäviö	50 Pa

Jäähdytyksen tehontarve

Vuototekija	0.10 l/h
Huonelämpötila (asetettu)	17 °C
Paikkakunta	Helsinki
Jäähdytyslaitos	0 - 0 h

Laskelmatulokset

Äänitaso (laite ja kanava)

Tuloilma	31 dB(A)
Huoneen äänitaso	31 dB(A)

Laitteet

	Tuloilmalaitteet
Tuotekoodi	KHD-200
Laitemäärä	9
Ilmavirta / laite	88.0 l/s
Äänitaso / laite (luettelotiedot)	
Kokonaispainehäviö	19 Pa
Suurin painehäviö	19 Pa (Mahdollinen painehäviö äänelle 35 dB(A))
Ilmannonpeus oleskeluvyöhykkeessä	0.24 m/s

Äänilaskelma

Taajuuskaista (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Summa
Kanavaääni, tuloilma	0	0	0	0	0	0	0	0	0 dB
Äänenvaimennus / laite	0	-12	-7	-3	-1	0	0	0	
Kanavaääni	0	0	0	0	0	0	0	0	0 dB
Tuloilmalaitteet	25	27	24	23	26	22	8	-0	
Äänet (laite ja kanava)	25	27	24	23	26	22	8	0	32 dB
A-suodattimen korjaus	-26	-16	-9	-3	0	1	1	-1	
Yhteensä	0	10	15	19	20	23	9	0	28 dB(A)
Huonevaimennus									-7 dB
Laitemäärästä aiheutunut lisäys									10 dB

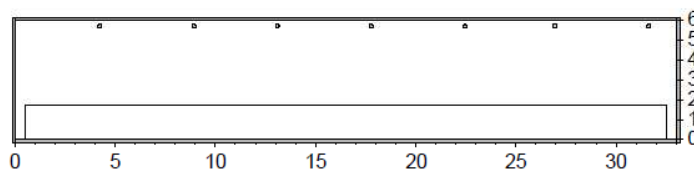
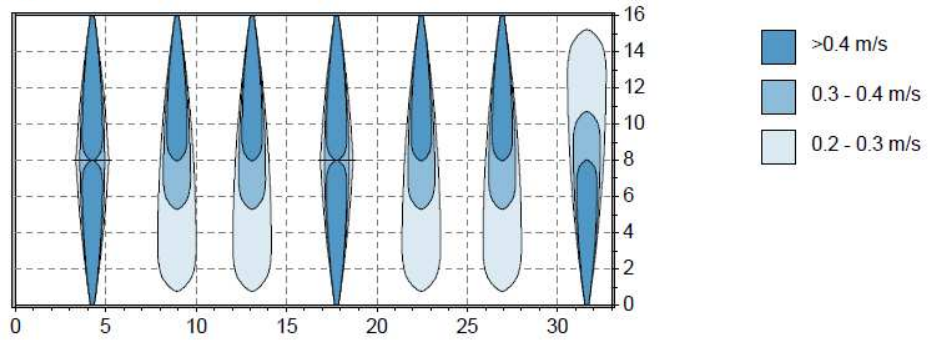


Huoneen nimitys: Tuotantohalli

Huoneen äänitaso / Tuloilmakanava ja laite

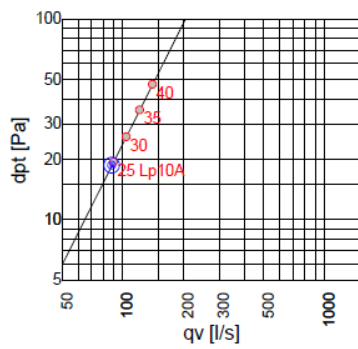
31 dB(A)

Virtauskuvio



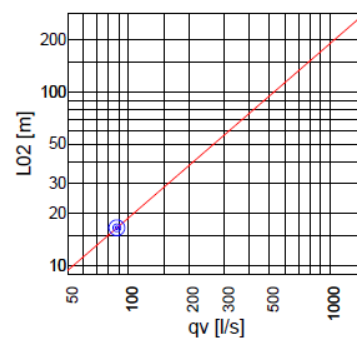
Painehäviökaavio

KHD-200

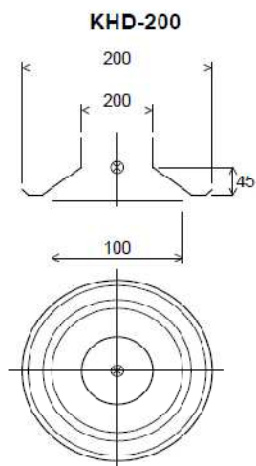


Heittopituustaulukko

KHD-200

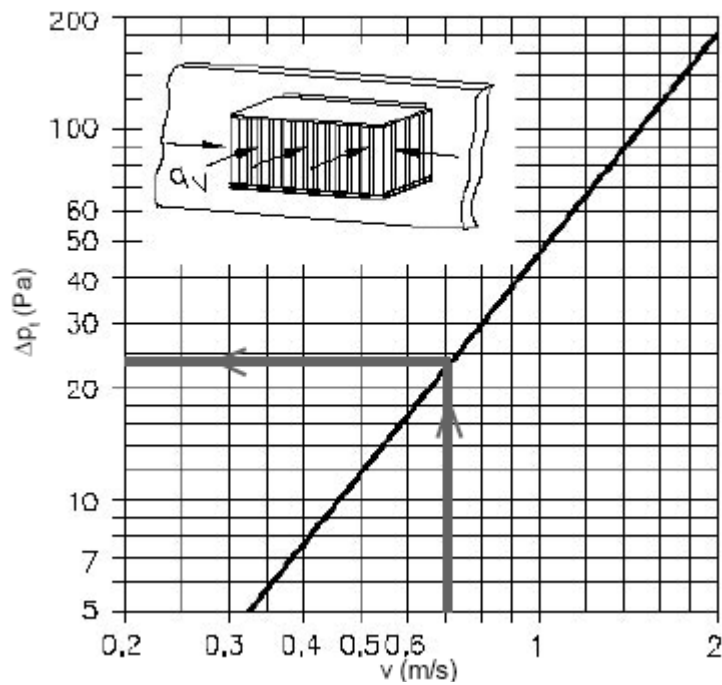


Huoneen nimitys: Tuotantohalli

Mittakuvio**Kuva**

LUMISUOJA LSJ

Painehäviö



Valintaesimerkki

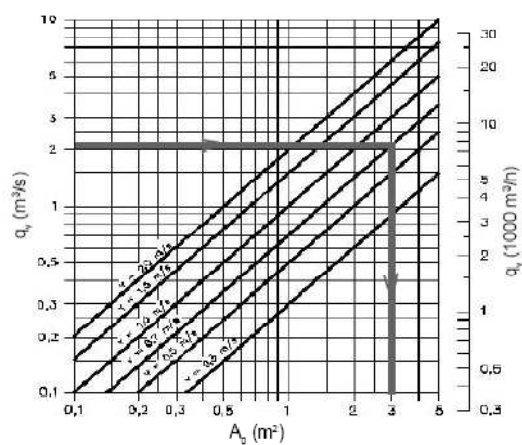
Tilavuusvirta $q_v = 2,1 \text{ m}^3/\text{s}$ ja haluttu otsapintanopeus $v = 0,7 \text{ m/s}$.

Painehäviökäyrästä saadaan painehäviöksi $\Delta p_t = 23 \text{ Pa}$.

Mitoituskäyrästä saadaan otsapinta-ala $A_o = 3,0 \text{ m}^2$, joten sopiva säleikkö on esim. LSJ-2000x1000x500.

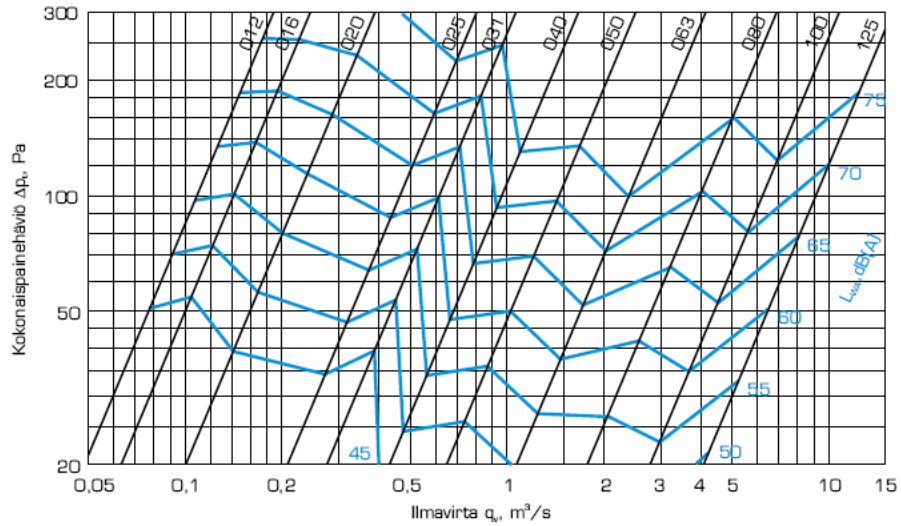
Käytetyt merkinnät

q_v	tilavuusvirta	(l/s)
v	otsapintanopeus	(m/s)
Δp_t	kokonaispainehäviö	(Pa)
A_o	otsapinta-ala ($B \times H + 2 \times S \times H$)	(m ²)



Tekniset tiedot EYMA-2

Painehäviö, äänitiedot EYMA-2



Äänen tehotasot L_{Wokt}

Koko	Äänitason korjauskertoimen K_{okt} (dB)							
	Oktaavikaistan keskitäajuus [Hz]							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
012	-4	2	4	1	0	-5	-14	-21
016	-7	0	1	0	1	-4	-13	-23
020	-4	2	3	3	0	-7	-16	-25
025	0	3	3	1	0	-6	-16	-26
031	-2	3	3	3	0	-10	-19	-25
040	-8	-4	0	0	-7	-16	-24	-33
050	-6	-3	1	0	-6	-17	-24	-31
063	-6	-3	2	1	-8	-18	-25	-30
080	-9	-6	4	-4	-13	-20	-25	-31
100	-7	-1	3	-1	-10	-16	-25	-27
125	2	6	4	-3	-9	-15	-22	-25

Äänen tehotasot oktaavikaistoittain saadaan lisäämällä äänen kokonaistehotasoon L_{WA} dB(A) taulukossa esitetyt oktaavikaistojen korjaukset K_{okt} seuraavan kaavan mukaan:

$$L_{Wokt} = L_{WA} + K_{okt}$$

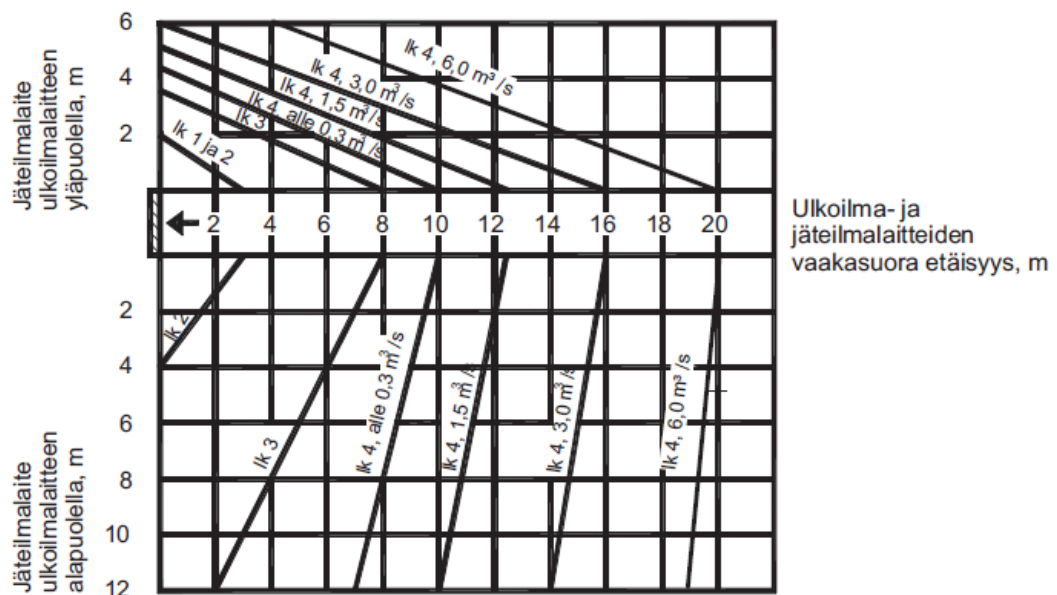
Korjaus K_{okt} on keskiarvo EYMA-2:n käyttöalueella.

Äänenpainetaso L_{pA}

Etäisyys L (m)	1	3	5	10	15	20	25	30	40
Vaimennus ΔL (dB)	7	17	22	28	31	34	36	37	40

Äänen kokonaispainetaso ympäristöön voidaan arvioida eri etäisyyksille alla olevan kaavan mukaan:

$$L_{pA} = L_{WA} - \Delta L$$



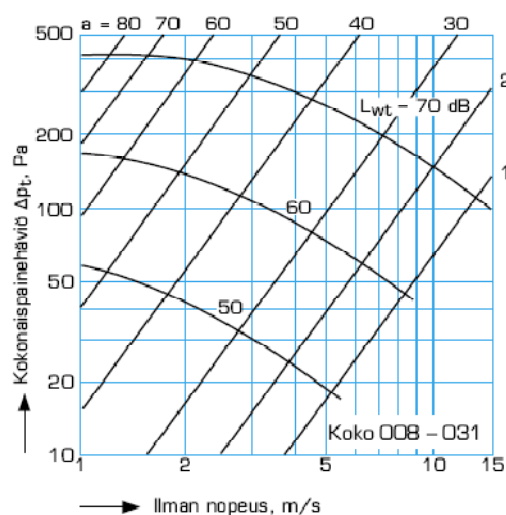
Kuva 2. Jäte- ja ulkoilmalaitteiden väliset etäisyydet. Viivojen väliarvot voidaan arvioida.

Poistoilma- Kuvaus ja käytön rajoitus
luokka

- | | |
|---|--|
| 1 | Poistoilma, joka sisältää vain vähän epäpuhtauksia. Epäpuhtaudet ovat pääasiallisesti lähtöisin ihmisistä tai rakenteista.
Ilma soveltuu palautus- ja siirtoilmaksi. |
| 2 | Poistoilma, joka sisältää jonkin verran epäpuhtauksia.
Ilmaa ei käytetä muiden tilojen palautus- ilmaana, mutta se voidaan johtaa siirtoilmana esimerkiksi WC- ja pesutiloihin. |
| 3 | Poistoilma tiloista, joissa kosteus, prosessit, kemikaalit ja hajut oleellisesti huonontavat poistoilman laatua.
Ilmaa ei käytetä palautus- tai siirtoilmana. |
| 4 | Poistoilma, joka sisältää pahanhajuisia tai epäterveellisiä epäpuhtauksia huomattavasti enemmän kuin sisäilman hyväksyttävät pitoisuudet
Ilmaa ei käytetä palautus- tai siirtoilmana. |

Säätöpelti BDEP

Säätöpelti BDEP-1

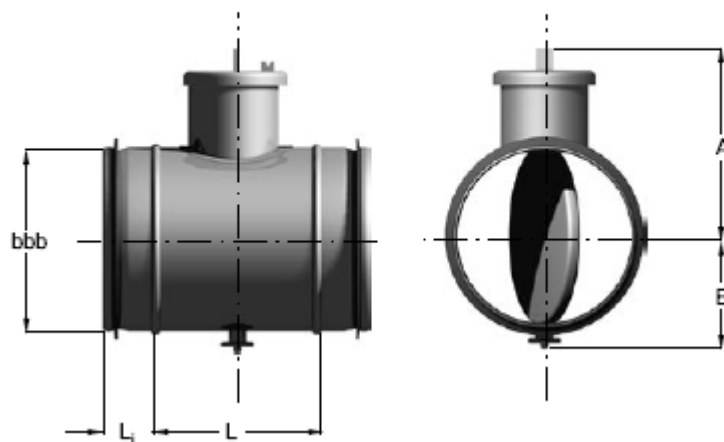


Sälekulman vaikutus K2

Koko	Sälekulma a°	K ₂ , dB						
		Oktaavikaistan keskeisaajuus, Hz						
		125	250	500	1000	2000	4000	8000
008-031	10	0	-12	-15	-22	-27	-32	-37
	20	0	-9	-14	-20	-26	-30	-36
	30	-2	-7	-12	-17	-20	-23	-29
	40	-4	-7	-12	-15	-12	-8	-6
	50	-4	-6	-8	-12	-14	-17	-22
	60	-6	-4	-10	-16	-18	-22	-25
040-063	70	-7	-2	-13	-23	-27	-35	-42
	80	-13	-1	-16	-24	-28	-36	-45
	20	0	-16	-18	-24	-27	-31	-33
	30	0	-13	-16	-20	-21	-26	-29
	40	-1	-10	-13	-17	-16	-20	-24
	50	-5	-11	-12	-13	-11	-15	-19
60	-12	-13	-13	-9	-6	-11	-13	

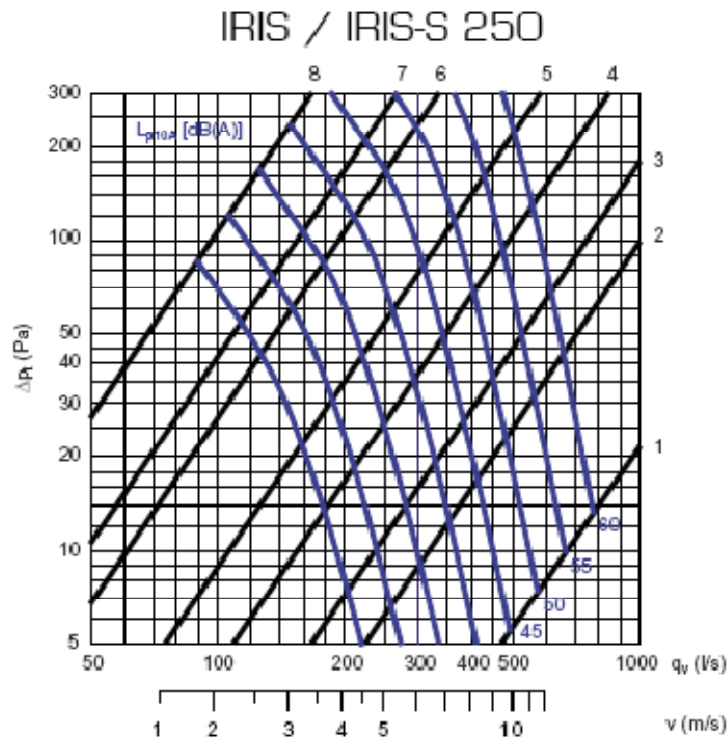
Mitta- ja painotiedot

Koko 008 - 031



Koko bbb	L	A	B	Paino, kg
008	100	105	55	0,30
010	100	115	65	0,34
012	100	125	75	0,42
016	100	145	95	0,46
020	130	165	115	0,82
025	130	190	140	1,2
031	130	220	170	1,5
040	130	265	215	2,7
050	130	315	265	3,9
063	130	380	330	5,2

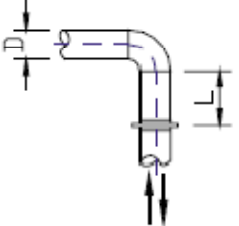
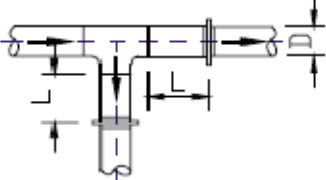
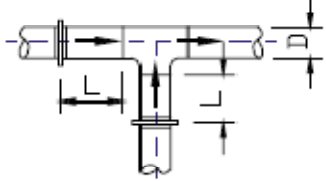
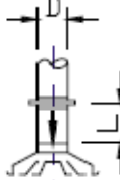
Mittaus- ja säätölaitteet IRIS



Äänen tehotaso L_w

IRIS	KORJAUS K_{okt} (dB)							
	Oktaavikaistan keskitäajuus (Hz)							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
80	10	16	12	9	5	-1	-6	-23
100	25	21	16	9	4	-6	-12	-25
125	17	17	13	7	1	-4	-6	-17
150	21	20	14	8	0	-6	-16	-29
160	19	18	14	6	-1	-6	-13	-25
200	20	17	12	5	-2	-5	-14	-26
250	16	12	8	3	1	-4	-17	-32
315	24	12	5	0	1	-2	-13	-27
400	15	9	6	2	-1	-4	-9	-13
500	14	7	4	1	-1	-4	-8	-11
630	15	7	3	2	-1	-5	-9	-11
800	9	5	3	3	-1	-6	-10	-13
Tol.±	6	3	2	2	2	2	2	3

Suojaetäisyydet

Häiriötapaus	Tarvittava suojaetäisyys L	
	$m_2 = \pm 7\%$	$m_2 = \pm 10\%$
	$\geq 1 D$	$\geq 1 D$
	$\geq 4 D$	$\geq 2 D$
	$\geq 2 D$	$\geq 2 D$
	$\geq 2 D$	$\geq 2 D$

Koko	$\varnothing d$	$\varnothing D$	L	A	B	Paino kg
250	249	335	132	40	42	2,1
315	314	410	132	40	47	3,5
400	398	525	155	50	62	6,4
500	498	655	170	50	77	9,6
630	628	815	170	50	92	15,6
800	798	1015	270	100	107	25,0

YleistäIlmanvaihtokone: **ILTO 1000-Premium**

Säähdöt: Säilytysyhte (I) Helsinki-Vantaa 1979
 Mitoitustilapöytä: -26 °C
 Sisälämpötila: 21 °C
 Lämmitysraja (uukolma): 12 °C

Tuloilman min. lämpötila: 17,0 °C
 Tuloilman maks. lämpötila: Ei rajoitettu
 Jäteilman min. lämpötila: 4,7 °C

Swegon ILTO

Swegon ILTO Oy
 Aseosrinnekatu 10
 FI-20780 KAARINA
 FINLAND

VAT FI04601905

Puh (02) 210 5111
 Fax (02) 210 5150
 Sähköposti info@ilto.fi
 Internet www.ilto.fi

Säättö

Oletusarvot:	Poisto			Tulo			Käyttöaika	Ääntaso
	ilmavirta	kanavap.	säättöas.	ilmavirta	kanavap.	säättöas.		
Normaali ilmavirta	270 l/s	150 p/s	180 v	261 l/s	145 p/s	230 v	24,0 h/d	44 dB

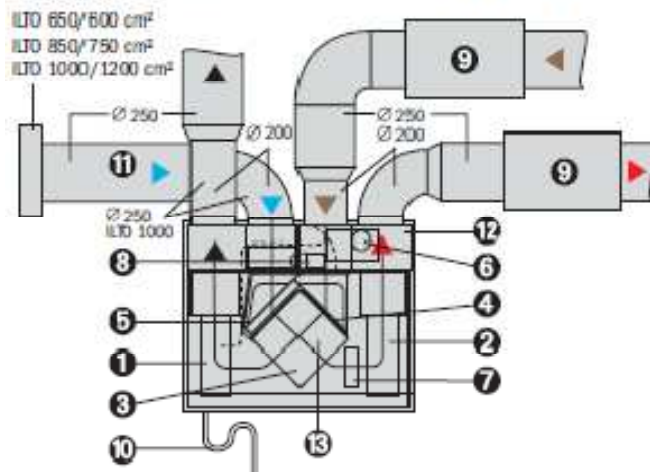
Energiakustannukset

Energiakulutus:	Tuloilman lämmitys				Puhaltimet	
	Kokonaisenergia	Hyötysuhde	Energiatarve lto-n jälk.	Jäkilämmitys	Lisälämmitys (asunto)	SFP
Normaali ilmavirta	42604 kWh	49 %	22336 kWh	11463 kWh	10872 kWh	5235 kWh 2,2

Lämmitysmuoto:		COP	Hinta / kWh	
			Lämpöpumppu	Sähkö
		2,90	0,10	0,10
		1,00	0,10	0,10

Ilmanvaihtokoneen vuotuiset kustannukset:	Energiatarve		Maksettu energia		Kustannus / vuosi	
	Puhaltimet	Sähköinen jälkilämmitys	5235 kWh	11463 kWh	5235 kWh	11463 kWh
					673,49 €	1146,33 €
	Tuloilman lämmitys asunnossa	10072 kWh	3749 kWh			374,00 €
	Summa		20447 kWh			2044,73 €

Jäteilma ulos pienellä painehäviöllä esim. ILPO-kattoläpiviennin kautta.



- Poistoilma puhallin
- Tuloilmapuhallin
- LTO-tenno
- Poistoilmasuodatin
- Ulkolämpösuodatin G3 ja F7
- Suodatinvaihti
- Jäkilämmityskasetit tai vesipatterit
- Vaihtopelti (vesi/taivi) pellinmootorilla
- Äänenvaimennin (ei sisälly valikoitumukseen)
- Kondensiveden poisto (vesi/taivi ja -letku)
- Perhospellit (Econo-mallit, lisävaruste)
- Esälämmittäminen (sisälämmittäminen)
- Melokenno (650 ja 850 lisävaruste, 1000 valiko)

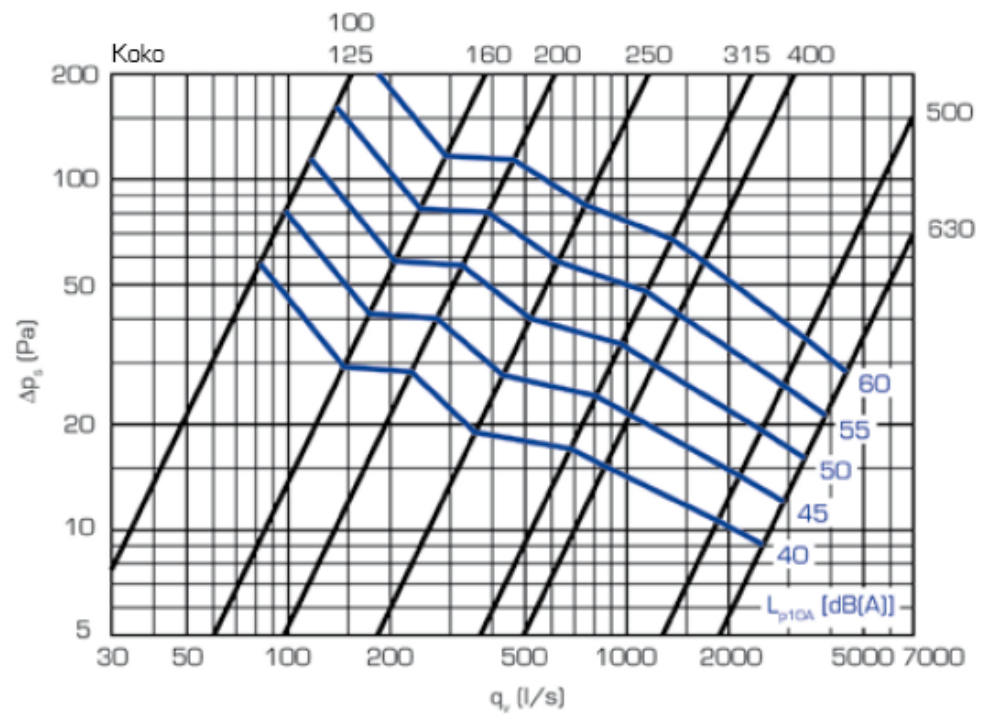
ILTO 650:n ja 850:n kanavat suurennetaan
 Ø 200:sta Ø 250:een mahdollisimman lähellä
 konetta. ILTO 1000:n kanavalihdöt ovat valmiiksi
 Ø 250.

Palopellit ETPR-EI ja ETPR-120-EI

Tekniset tiedot - painehäviö, äänitiedot

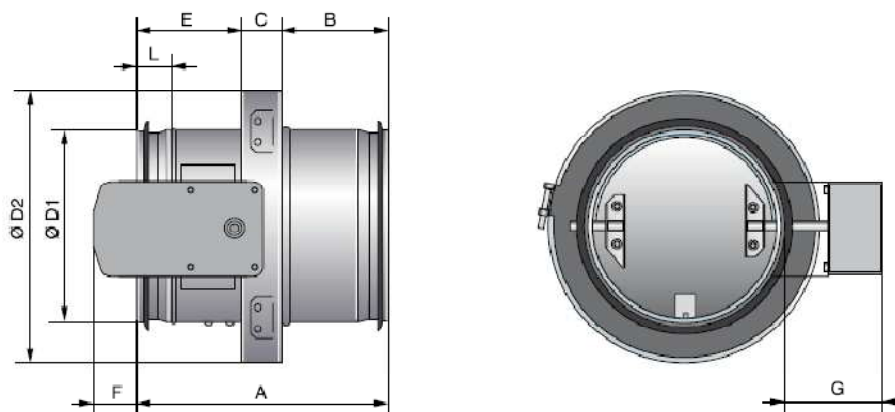
Painehäviö ja äänen painetaso

ETPR-EI

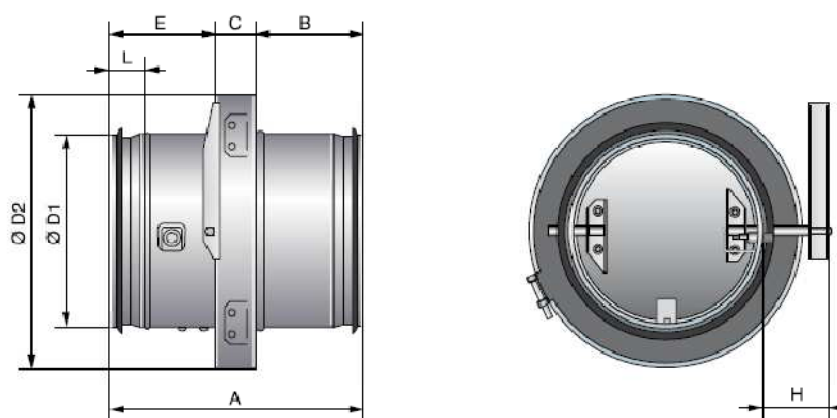


Mitat ja painot ETPR-EI

Moottorimalli



Sulakemalli



Mitat

Koko D1	D2	A	B	C	E	F	G	H	L
100 *	210	320	175	25	120	25	110	70	35
125	210	320	175	25	120	25	110	70	35
160	245	320	175	25	120	25	110	70	35
200	285	320	170	40	110	25	110	70	35
250	335	320	170	40	110	25	110	70	40
315	400	320	170	40	110	25	110	70	40
400	505	370	180	40	150	80	120	80	60
500	605	370	180	40	150	80	120	80	60
630	735	370	180	40	150	80	120	80	60

Painot

Koko D1	Moottorimalli kg	Sulakemalli kg
100 *	3,5	1,9
125	3,2	1,6
160	3,6	2,0
200	4,5	2,9
250	5,6	4,0
315	6,6	5,0
400	11,5	8,5
500	15,0	12,0
630	20,0	17,0

* Toimitetaan muuntokappaleilla BDED, jolloin kokopituus on 450 mm.



Huoneen nimitys: Taukuhuone, pukuhuone
Projektittetoja

Projekti	Besteam halli
Käsittelijä	Ville Salminen
Rakennustyyppi	Teollisuus ym.

Huonetiedot

Huonetyyppi	Taukuhuone
Huoneen mitat	6.0 * 4.0 * 2.7 m
Pinta-ala	24 m ²
Ilavuus	65 m ³
Ihenkilömäärä	4
Toiminta huoneessa	Istuva, lepo
Äänen absorptio	0.15 Normaali huone
Etäisyys	2.0 m
Huonevaimennus	4 dB
Sallittu äänepainotaso	35 dB(A)

Mitoitustiedot

Huonelämpötila (asetettu)	20.0 °C
Sallittu ilmannop. ol.vyöhyke	0.25 m/s
Tuloilmalaitteet	
Kokonaisilmavirta	120.0 l/s 5.00 l/s,m ²
Tuloilman lämpötila	19.0 °C
Tuotettu jäähdytysteho	144 W 6.0 W/m ²
Painehäviö	50 Pa
Poistoilmalaitteet	
Kokonaisilmavirta	120.0 l/s 5.00 l/s,m ²
Painehäviö	50 Pa

Jäähdytyksen tehontarve

Vuototekijä	0.10 1/h
Huonelämpötila (asetettu)	20 °C
Paikkakunta	Helsinki
Jäähdytyslaitos	0 - 0 h

Laskelmatulokset**Äänitaso (laite ja kanava)**

Tuloilma	25 dB(A)
Poistoilma	24 dB(A)
Huoneen äänitaso	28 dB(A)

Laitteet

	Tuloilmalaitteet	Poisto-/siirtoilmalaitteet
Tuotekoodi	RSKO-250+ATTB-160-250-1	KSO-160
Laitemäärä	2	3
Säätöasento/sälokulma	25	
Ilmavirta / laite	60.0 l/s	40.0 l/s
Äänitaso / laite (luettelotiedot)	< 15 dB(A)	19 dB(A)
Kokonaispainehäviö	50 Pa	50 Pa
Suurin painehäviö	195 Pa	(Mahdollinen painehäviö äänelle 35 dB(A))
Ilmanopeus oleskeluvyöhykkeessä	0.13 m/s	

Äänilaskelma

Taajuuskaista (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Summa
Kanavaääni, tuloilma	0	0	0	0	0	0	0	0	0 dB
Äänenvaimennus / laite	-15	-9	-9	-8	-9	-8	-10	-13	
Kanavaääni	0	0	0	0	0	0	0	0	0 dB
Tuloilmalaitteet	33	30	25	20	16	18	19	19	
Äänet (laite ja kanava)	33	30	25	20	16	18	19	19	35 dB
A-suodattimen korjaus	-26	-16	-9	-3	0	1	1	-1	

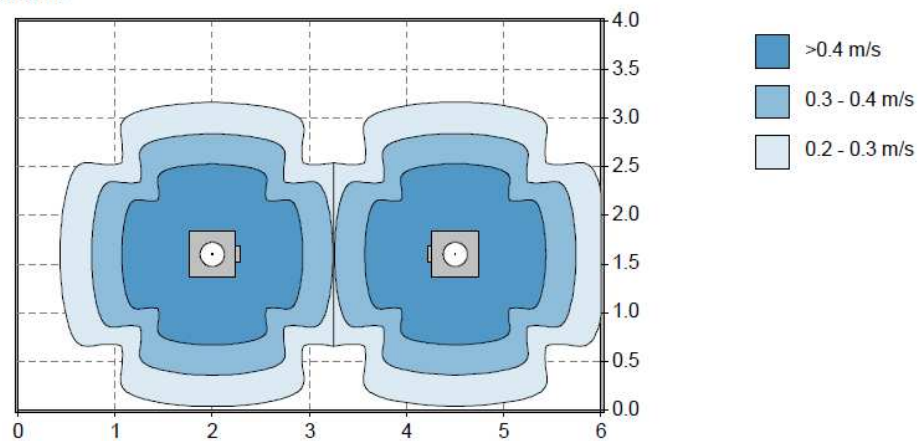


Huoneen nimitys: Taukuhuone, pukuhuone

Yhteensä	7	14	16	17	16	19	20	18	26 Sivu
Huonevaimennus									-4 dB
Laitemäärästä aiheutunut lisäys									3 dB
Huoneen äänitaso / Tuloilmakanava ja laite									25 dB(A)

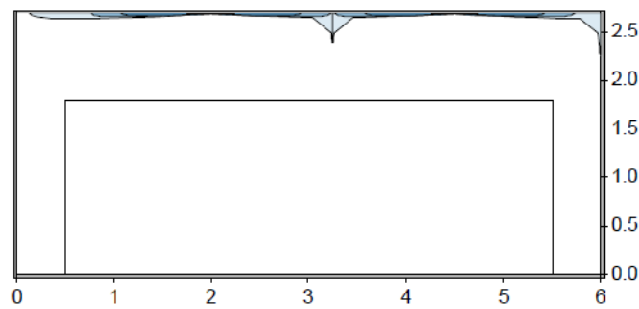
Taajuuskaista (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Summa
Kanavaääni, poistoilma	0	0	0	0	0	0	0	0	0 dB
Äänenvaimennus / laite	-19	-14	-12	-11	-11	-14	-5	-7	
Kanavaääni	0	0	0	0	0	0	0	0	0 dB
Poisto-/siirtoilmalaitteet	0	21	17	19	22	12	8	-5	
Äänet (laite ja kanava)	0	21	17	19	22	12	8	-5	26 dB
A-suodattimen korjaus	-26	-16	-9	-3	0	1	1	-1	
Yhteensä	0	5	8	15	22	13	9	0	23 dB(A)
Huonevaimennus									-4 dB
Laitemäärästä aiheutunut lisäys									5 dB
Huoneen äänitaso / Poistoilmakanava ja laite									24 dB(A)

Virtauskuvio

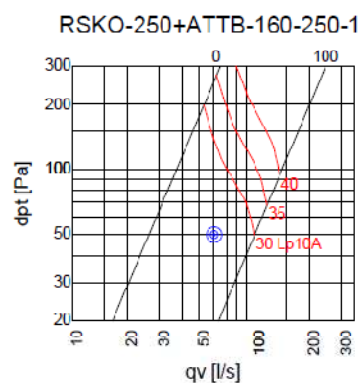




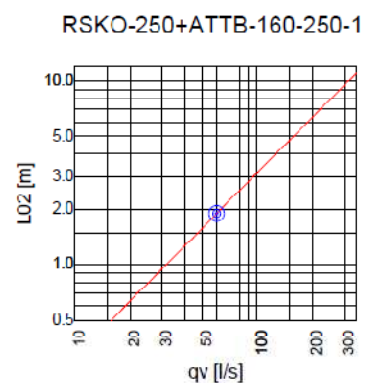
Huoneen nimitys: Taukuhuone, pukuhuone



Painehäviökaavio



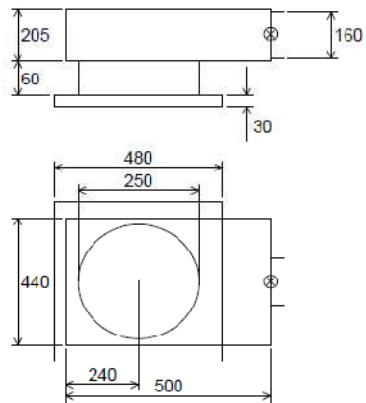
Heittopituustaulukko



Huoneen nimitys: Taukokuone, pukuhuone

Mittakuvio

RSKO-250+ATTB-160-250-1



Kuva

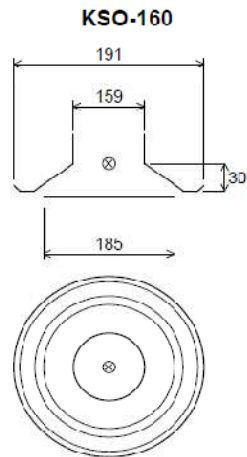




Huoneen nimitys: Taukokuone, pukuhuone

Besteam-halli

Mittakuvio

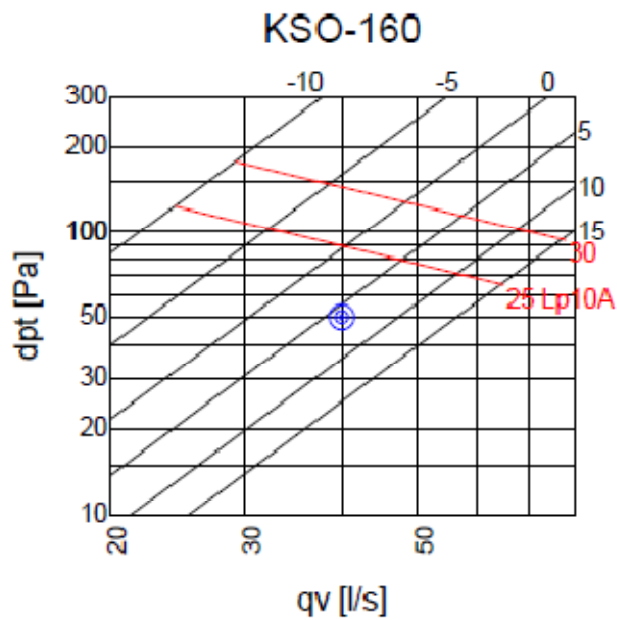


Kuva

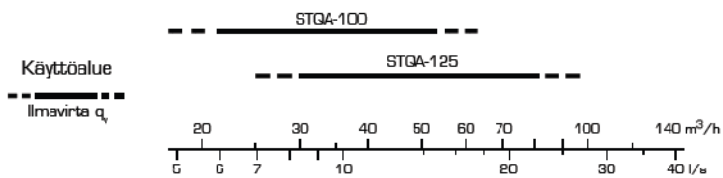
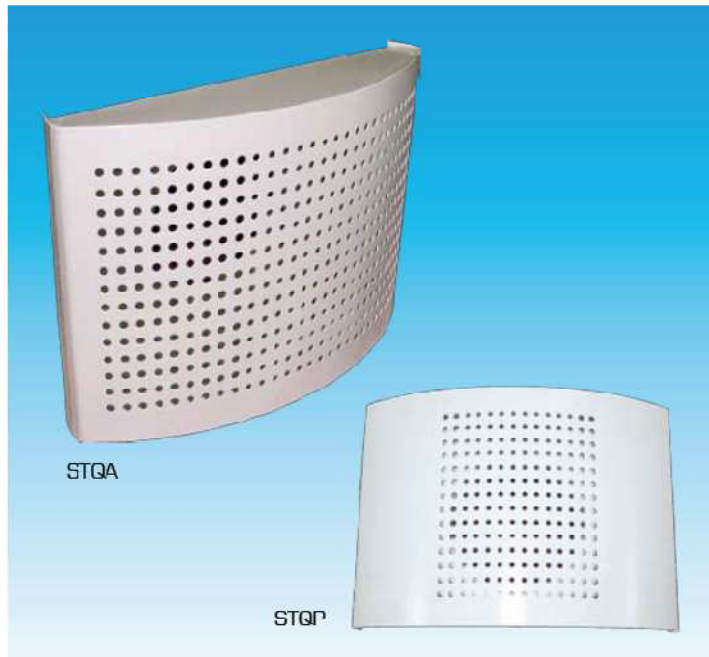


Poistoilmalaitteet KSO-160

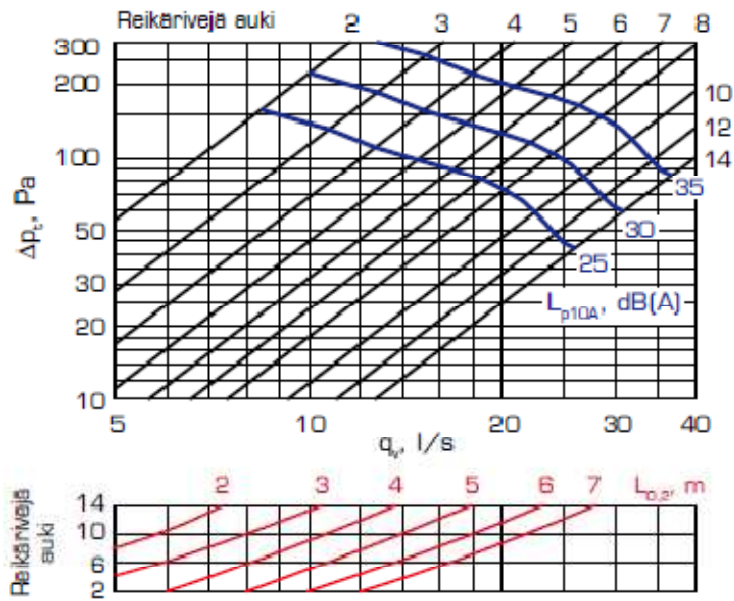
Painehäviökaavio



Tuloilmahajotin STQA, STQP



STQA-125



Äänen tehotaso L_W

Koko	KORJAUS K_{ok} (dB)						
	Oktaavikaistan keskitäajuus (Hz)						
	125	250	500	1000	2000	4000	8000
STQA-100	-1	-4	0	0	-2	-11	-14
STQA-125	2	-3	-2	-1	-1	-8	-13
STQP-100	2	-5	-1	-2	-2	-4	-8
Toler.±	3	2	2	2	2	2	3

OPU- LASKENTATAULUKKO

Ilmamäärä		1	m ³ /s				
Reikä1		50	mm	puhalluspinta-ala		0,001963	m ²
lukum.		20	kpl			0,03927	m ²
Reikä2		0	mm	puhalluspinta-ala		0	m ²
lukum.		8	kpl			0	m ²
Reikä3		80	mm	puhalluspinta-ala		0,005027	m ²
lukum.		0	kpl			0	m ²
putken D		250	mm	putken pinta-ala		0,049087	m ²
				reiät yhteensä		0,03927	m ²
puhallusnopeus		25,46	m/s, keskimäärin				
nopeus putkessa		20,37	m/s, keskimäärin				

PORIN KUUKAUSILÄMPÖTILAT 2003-2007

2003	Tammi	-9,2905		
	Helmi	-5,8267		
	Maalis	0,0536		
	Huhti	2,5045		
	Touko	9,6982		
	Kesä	14,1819		
	Heinä	20,5233		
	Elo	16,0215		
	Syys	11,5262		
	Loka	3,303		
	Marras	2,3684		
	Joulu	-0,4673	Keskiarvo 2003	5,3830083
2004	Tammi	-5,6079		
	Helmi	-3,5344		
	Maalis	-0,8216		
	Huhti	6,3563		
	Touko	10,3771		
	Kesä	12,8599		
	Heinä	16,6005		
	Elo	16,8392		
	Syys	12,2415		
	Loka	5,7595		
	Marras	0,5074		
	Joulu	0,5997	Keskiarvo 2004	6,0147667
2005	Tammi	-1,1208		
	Helmi	-4,157		
	Maalis	-4,9244		
	Huhti	4,6492		
	Touko	9,4648		
	Kesä	14,3207		
	Heinä	18,6609		
	Elo	15,9856		
	Syys	12,2635		
	Loka	7,2694		
	Marras	3,7881		
	Joulu	-3,64	Keskiarvo 2005	6,0466667
2006	Tammi	-3,2383		
	Helmi	-6,4348		
	Maalis	-5,9226		
	Huhti	4,0408		
	Touko	10,6737		
	Kesä	15,2801		
	Heinä	18,3411		
	Elo	19,1883		
	Syys	13,61		
	Loka	7,2		
	Marras	2,56		
	Joulu	3,83	Keskiarvo 2006	6,594025
2007	Tammi	-2,33		
	Helmi	-8,75		
	Maalis	2,2		
	Huhti	4,83		
	Touko	10,33		
	Kesä	15,79		
	Heinä	17,06		
	Elo	17,31		
	Syys	10,8		
	Loka	7,64		
	Marras	0,8858		
	Joulu	2,1818	Keskiarvo 2007	6,4956333

FUJI ELECTRIC

ASYA07 - 14 LG

Inverter

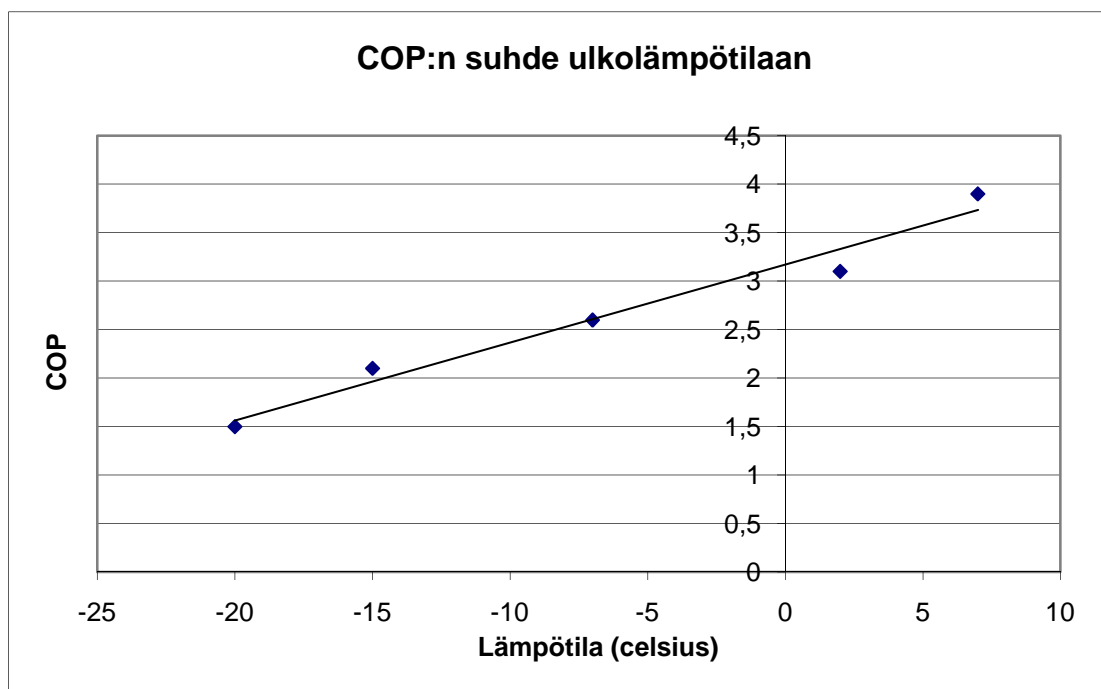
Scandic

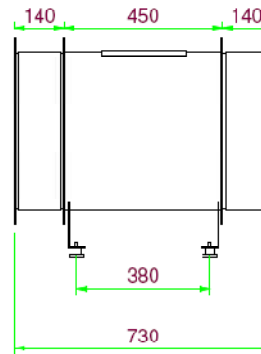
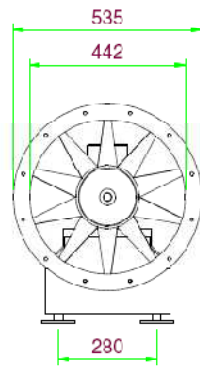
VERSION

6 VUODENTAKUU

Malli	Sisäyksikkö		ASYA07LG	ASYA09LG	ASYA12LG	ASYA14LG	
	Ulkoyksikkö		AOYR07LG	AOYR09LG	AOYR12LG	AOYR14LG	
Jännite/Vaihe/taajuus		V / ø / Hz	230 / 1 / 50	230 / 1 / 50	230 / 1 / 50	230 / 1 / 50	
Teho	Jäähdytys	kW	2,1	2,50 (0,5 – 3,2)	3,40 (0,9 – 3,9)	4	
	Lämmitys		3	3,20 (0,5 – 4,5)	4,00 (0,9 – 5,6)	5	
Tehonkulutus	Jäähdytys	kW	0,47 / 0,66	0,63 / 0,75	0,90 / 0,97	1,08 / 1,30	
	Lämmitys		0,47 / 0,66	0,63 / 0,75	0,90 / 0,97	1,08 / 1,30	
EER - Energialuokka	Jäähdytys	kW/kW	4,47 - A	3,97 - A	3,80 - A	3,70 - A	
COP - Energialuokka	Lämmitys	kW/kW	4,55 - A	4,27 - A	4,12 - A	3,86 - A	
Virta	Jäähdytys/Lämmitys	A	2,5 / 3,2	3,2 / 3,7	4,3 / 4,6	5,0 / 6,4	
Kuivaus		l / h	1,0	1,3	1,8	2,1	
Ääni (sisäyksikkö)	Jäähdytys/H/M/L/O	dB	42/ - / - / 21	43/39/33/21	43/39/33/21	44/ - / - / 25	
Ääni (ulkoyksikkö)	Jäähdytys	dB	47	45	46	48	
Ilmavirta (Korkea)	Jäähdytys/Lämmitys	m ³ / h	595 / 1870	750 / 1720	750 / 1830	700 / 1910	
Mitat (K x L x S)	Paino	Sisäyksikkö	mm	260 x 790 x 198	260 x 790 x 198	260 x 790 x 198	260 x 790 x 198
			kg	7,5 (17)	7,5 (17)	7,5 (17)	7,5 (17)
		Ulkoyksikkö	mm	540 x 660 x 290	540 x 660 x 290	540 x 660 x 290	620 x 790 x 298
		kg	25 (55)	25 (55)	32 (71)	40 (88)	
Jäähdytysputken halkaisija	Neste/Kaasu	mm	6,35 / 9,52	6,35 / 9,52	6,35 / 9,52	6,35 / 12,7	
Kondenssivesiputken halkaisija	Sisä/Ulko	mm	16 / 29	16 / 29	16 / 29	16 / 29	
Max. Putkenpituus		m	20 (15)	20 (15)	20 (15)	20 (15)	
Max. Korkeusero		m	15	15	15	15	
Ulkoilman lämpötila	Jäähdytys	°C	-10 – 43	-10 – 43	-10 – 43	-10 – 43	
	Lämmitys		-20 – 24	-20 – 24	-20 – 24	-20 – 24	
Kylmäaine			R410A	R410A	R410A	R410A	

	°C	Tehontarve W	kW	kWh / a	Lämpöpumput kWh/a	Ilmalämmitys €	Lämpöpumput €
tammikuu	-2,5	18362,5					
helmikuu	-4,4	20246,0					
maaliskuu	-2,6	18516,3					
huhtikuu	4,3	12030,6					
toukokuu	8,5	8023,0					
kesäkuu	14,5	2318,7					
heinäkuu	17,5	0,0					
elokuu	16,8	174,8					
syyskuu	11,7	5028,6					
lokakuu	7,1	9325,0					
marraskuu	2,1	14083,7					
joulukuu	0,7	15392,0					
		123501,2					
		10291,8	10,3	90155,9	30052,0	6851,8	2283,9





Project (4.0.0) EF 4SE H4A A 00L2

Author pakka-kotiranta

Date: 20.5.2009



This drawing is the property of InterVent. It is not to be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording, or by any information storage and retrieval system, without the prior written permission of InterVent.

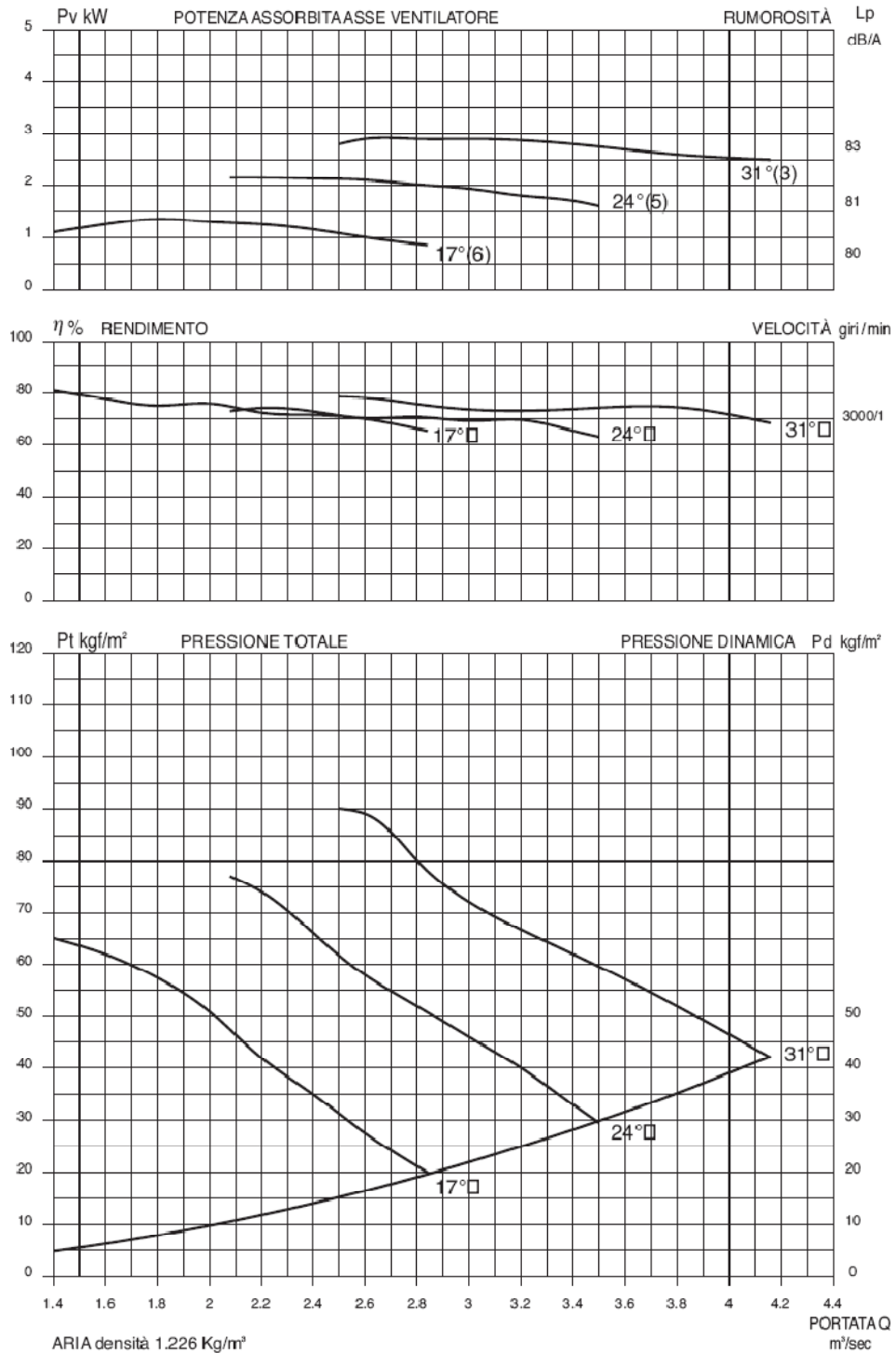
ELVE EF 456-455-453/H 4A/A ELVE ES 456-455-453/H 4A/A

Potenza installata 1.5-2.2-3 kW

Potenza installata 1.5-2.2-3 kW



Diagramma di funzionamento in PREMENTE - Diametro girante 450 mm





Panther lämpöpuhallin, 20–30 kW

Tyyppi	Sähkö nro.	Tehoportaat [kW]	Ilmavirta [m ³ /h]	Äänitaso ¹⁾ [dB(A)]	Δt ²⁾ [°C]	Jännite [V]	Virta [A]	KxLxS [mm]	Paino [kg]
PE20	81 476 26	0/10/20	1900/2600	52/60	31/23	400V3N~	29,5	576x478x54S	27
PE30	81 476 27	0/10/20/30	1900/2600	52/60	47/34	400V3N~	43,9	576x478x54S	31
PE30S (kytkettävissä)	-	0/7,5/15/23	1900/2600	52/60	36/26	440V3~	30,8	576x478x54S	32
		0/10/20/30			47/34	500V3~	35,1		

¹⁾ Mittausjärjestelyt: Etäisyys laitteeseen 3 metriä. Suuntaavuuskertoim: 2. Ekvivalentti absorptiolla: 200 m³.

²⁾ Δt = lämpötilan nousu suurimmalla lämpötehoilla ja ilmavirralla.

Kotelointiluokka Panther 20–30 kW: (IP44), roiskeveden pitävä.
SEMKO:n hyväksymä ja CE-merkitty.

MITAT

