

Tero Honkanen

SELLUTEHTAAN ILMANVAIHDON PTS-EHDOTUKSEN  
LAADINTA JA ENERGIATEHOKKUUDEN PARANTAMINEN

Rakennustekniikan koulutusohjelma  
2015

# SELLUTEHTAAN ILMANVAIHDON PTS-EHDOTUKSEN LAADINTA JA ENERGIATEHOKKUUDEN PARANTAMINEN

Honkanen, Tero  
Satakunnan ammattikorkeakoulu  
Rakennustekniikan koulutusohjelma  
Syyskuu 2015  
Ohjaaja: Kivioja, Teppo  
Sivumäärä: 24  
Liitteitä: 20

Asiasanat: Teollisuusilmanvaihto, Kunnossapitosuunnitelma, Energiatehokkuus

---

Tässä työssä selvitettiin teollisuuskiinteistön yleisilmanvaihdon ja prosessi-ilmanvaihdon koneiden sekä niiden osien, laitteiden ja kanaviston tämän hetkinen kunto kuntotutkimuksella.

Kuntotutkimuksen pohjalta laadittiin pitkän tähtäimen kunnossapitosuunnitelma (PTS-ehdotus), josta selviää kymmenen vuoden aikana suoritettavat korjaustoimenpiteet ja kustannusennusteet.

Tässä työssä selvitettiin myös energiatehokkuuden parantamista kahdella eri ratkaisulla, kuten puhaltimien sähkömoottorikäyttöjen vaihtamista uusiin hyötysuhteelta parempiin sähkömoottorikäyttöihin. Toisessa ratkaisussa selvitettiin puhaltimien vaihtoa nykyaikaisiin suorakäyttöisiin kammiopuhaltimiin ja lisäämällä taajuusmuuttajaohjaus.

Laskelmilla selvitettiin energiansäästö ja takaisinmaksuaika molemmilla eri ratkaisuilla. Vertailussa käytettiin neljää eri kokoluokan tuloilmakonetta.

# CREATING A LONG-TERM MAINTENANCE PLAN PROPOSAL FOR VENTILATION AND IMPROVING ENERGY-EFFICIENCY OF A PULP MILL

Honkanen, Tero

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Construction Engineering

September 2015

Supervisor: Kivioja, Teppo

Number of pages: 24

Appendices: 20

Keywords: Industrial ventilation, Maintenance plan, Energy efficiency

---

This thesis investigates the current condition of general and process ventilation installations of an industrial establishment, and their parts, equipment and ventilation ducts, using condition survey.

The condition survey is used as a basis to create a long-term maintenance plan proposal. The proposal includes repair actions to be carried out in a ten-year time span, with cost forecast.

This thesis also investigated improving energy efficiency via two solutions. Changing the fan electric motor drive to a new electric motor drive with a better efficiency was investigated as one solution. Another solution was changing fans to modern, direct driven plug fans and adding frequency converter control.

The calculations were used for counting the savings of energy and payback time, using both solutions. In the comparison four different-size supply air machines were used.

# SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
1.1	Teollisuusilmanvaihto- ja ilmastointijärjestelmät.....	5
1.2	Tutkimuksen tavoite.....	5
1.3	Tutkimuskohde ja tilaaja.....	6
2	IV-KUNTOTUTKIMUSPROSESSI TEOLLISUUSLAITOKSESSA .....	7
2.1	Yleistä kuntotutkimuksesta.....	7
2.2	Kuntoluokat.....	10
2.3	Kuntotutkimuksen suorittaminen.....	10
2.3.1	Kuntotutkimuksen suunnittelu.....	10
2.3.2	Yksityiskohtaisten kuntotutkimusten suorittaminen .....	11
2.4	Teollisuusilmanvaihto- ja ilmastointijärjestelmien tärkeät tarkastuskohteet....	12
3	PTS-EHDOTUKSEN LAADINTA .....	17
3.1	Yleistä .....	17
3.2	Kunnostus- ja korjaustoimenpiteiden ajankohdan arvioiminen.....	17
3.3	Arvio kunnostus- ja korjaustoimenpiteiden kustannuksista .....	18
3.4	Tulokset.....	19
4	ILMANVAIHDON JA ILMASTOINNIN ENERGIATEHOKKUUDEN PARANTAMINEN .....	20
4.1	Energiankulutuksen muodostuminen.....	20
4.2	Laskelmat ja tulokset .....	21
5	LOPPUSANAT .....	22
	LÄHTEET .....	24
	LIITTEET	

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Teollisuusilmanvaihto- ja ilmastointijärjestelmät

Teollisuusilmanvaihdossa ensisijaisena tavoitteena on usein teollisuuden prosessien toiminnan tavoitteet ja sen jälkeen työntekijöiden olosuhteiden viihtyvyyden tavoitteet. Teollisuuden tuotantotilojen ilmanvaihdossa on enemmän teknisiä vaatimuksia kuin esimerkiksi asuinrakennuksissa (Sandberg 2014, 535).

Teollisuuskiinteistöissä käytetään yleensä koneellista ilmanvaihtoa. Tämä tarkoittaa pelkkää koneellista poistoilmanvaihtoa tai yhdistettyä koneellista tulo- ja poistoilmanvaihtoa. Jos tuloilmaa jäähdytetään tai kostutetaan, niin puhutaan ilmastoinnista (Energiatehokas teollisuuskiinteistö 2012, 14).

Teollisuuden ilmanvaihto jaetaan kahteen osa-alueeseen, yleisilmanvaihtoon ja prosessi-ilmanvaihtoon. Nämä muodostavat yhdessä kokonaisuuden, jota on säädettävä ja ohjattava keskitetysti. Tarve ilmanvaihdolle ja laatuvaatimuksille vaihtelevat kohteen ja toiminnan mukaan. Suomen rakentamismääräyskokoelman osa D2 luo pohjan myös teollisuuskiinteistön ilmanvaihdolle (Energiatehokas teollisuuskiinteistö 2012, 15).

## 1.2 Tutkimuksen tavoite

Tutkimuksen tavoitteena oli tutkia teollisuuskiinteistön yleisilmanvaihdon ja prosessi-ilmanvaihdon koneiden sekä niiden osien, laitteiden ja kanaviston tämän hetkinen kunto. Kuntotutkimuksen pohjalta laadittiin pitkän tähtäimen kunnossapitosuunnitelma (PTS-ehdotus), josta selviää kymmenen vuoden aikana suoritettavat korjaustoimenpiteet ja kustannusarvio.

Energiätehokkuuden parantamista tutkittiin laskennallisesti - mitä vaikuttaa jos ilmanvaihtokoneen puhallin vaihdettaisiin hihnäkäyttöisestä nykyaikaiseen suorakäyttöiseen kammiopuhallin ratkaisuun sekä lisäämällä taajuusmuuttajaohjaus. Selvitettiin myös, mitä vaikuttaa jos vaihdettaisiin pelkästään sähkömoottorikäytöt uusiin paremmilla hyötysuhteilla oleviin. Laskelmissa selvitettiin energiansäästö ja takaisinmaksuaika.

### 1.3 Tutkimuskohde ja tilaaja

Tutkimuksen kohteena oli Metsä Fibre Oy Rauman sellutehdas, joka aloitti toimintansa vuonna 1996, kuva 1. Rauman tuotantolaitoksessa valmistetaan puuhakkeesta sellua, josta voidaan jatkojalostaa paperia tai kartonkia. Sellun valmistuksessa tärkein raaka-aine on puu, jota tuodaan laivoilla, junilla ja autoilla.

Tilajana toimi Caverion Suomi Oy Kiinteistöpalvelut Rauma. Caverion syntyi kesäkuussa 2013 kiinteistötekniikan ja teollisuuden palveluiden irtautuessa YIT-konsernista itsenäiseksi konsernikseen. Caverion on uusi yhtiö, mutta Caverionilla on pitkä historia ja paljon arvokasta kokemusta. Caverion on eurooppalainen yhtiö, jolla on vahvat juuret toimintamaissaan (Caverion Oy www-sivut 2015).



Kuva 1. Metsä Fibre Oy Rauman tehdas (Metsä Fibre Oy www-sivut 2015).

## 2 IV-KUNTOTUTKIMUSPROSESSI TEOLLISUUSLAITOKSESSA

### 2.1 Yleistä kuntotutkimuksesta

Ilmanvaihto- ja ilmastointijärjestelmien sekä niiden osien ja laitteiden kunto selvitetään kuntotutkimuksella (IV-kuntotutkimus). IV-kuntotutkimusmenettely saattaa liittyä usein myös kiinteistössä todettuun sisäilmaongelman selvittämiseen ja sen edellyttämään korjausselvitykseen. Kolmas näkökulma IV-kuntotutkimuksen käynnistämiseen on kiinteistön energiatalouden parantamismahdollisuuksien selvittäminen.

IV-kuntotutkimus syventää ja täydentää kuntoarvion sekä energiakatselmuksen tuloksia ilmastoinnin ja ilmanvaihdon osalta.

IV-kuntotutkimus ei ole yksi, kaikille kiinteistöille samanlainen toimenpide vaan kukin kuntotutkimus on suunniteltava kyseistä tarkoitusta ja kiinteistöä varten.

IV-kuntotutkimus sisältää IV-järjestelmien yleisarvioinnin – miten järjestelmä vastaa suunnitellun tai nykyisen käytön vaatimuksia. Jos järjestelmä ratkaisuihin ei ole korjattavissa vaatimuksia vastaavaksi, ei yksityiskohtaisiin tutkimuksiin kannata edetä. Tällöin kuntotutkija esittää, että kuntotutkimus päättyy tähän. Muussa tapauksessa edetään yksityiskohtaisiin kuntotutkimuksiin.

IV-kuntotutkimuksessa otetaan myös kantaa järjestelmän ylläpidon toteuttamiseen.

IV-kuntotutkimus pitää sisällään dokumenttien tutkimista, kyselyjä, havainnot tarkastelukohteissa, haastatteluja ja tarvittavat mittaukset.

IV-kuntotutkimuksessa tulee olla suuntaviivat IV-järjestelmän parannusten toteuttamiseksi ja ongelmien poistamiseksi. IV-kuntotutkimuksesta saatuja tuloksia käytetään korjaussuunnittelun lähtötietoina (Sulvi 8.04.2014 MJR, 2).

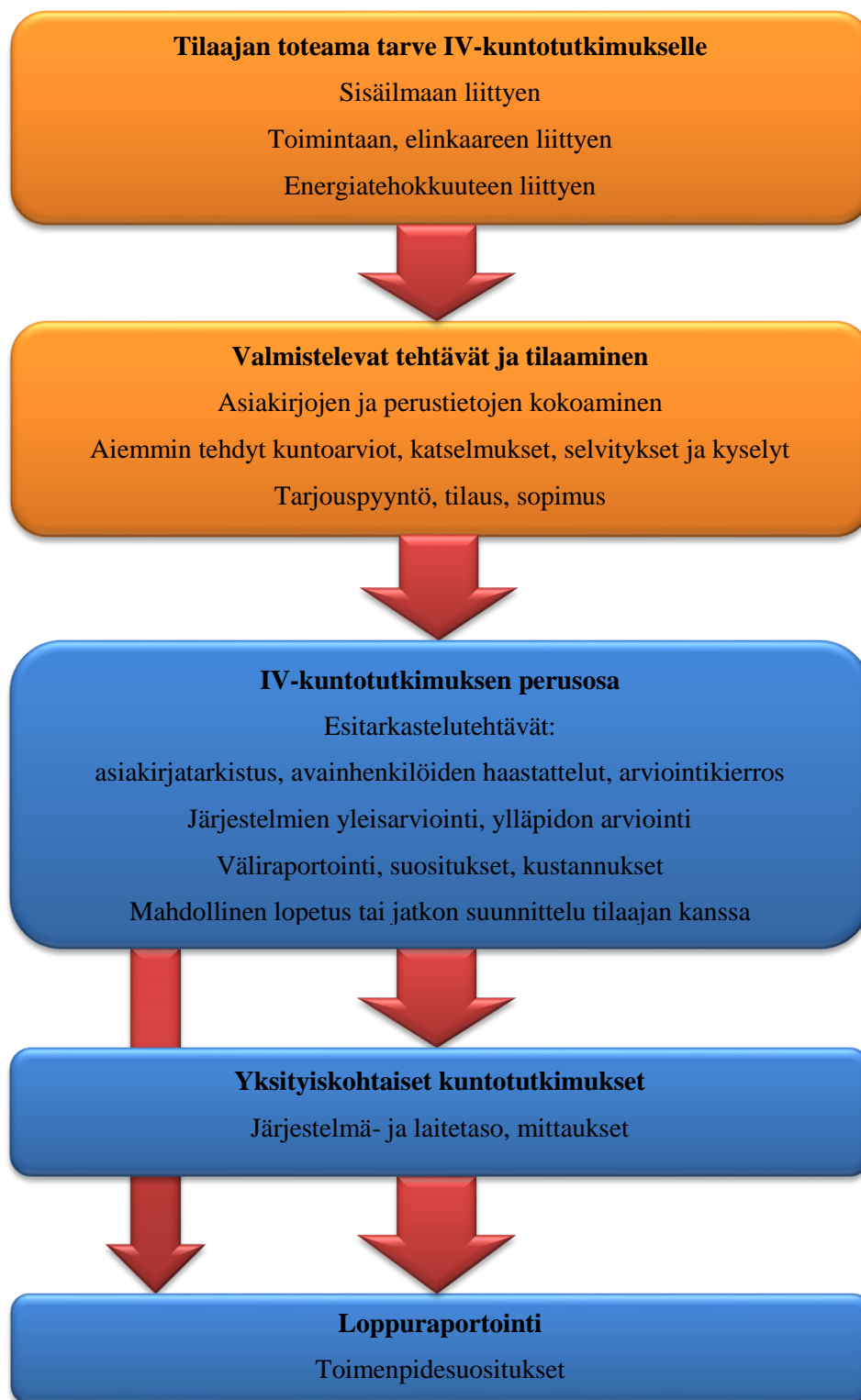
Kuntotutkimuksessa on tavoitteena muodostaa kokonaiskuva järjestelmien teknisestä kunnosta ja energiataloudesta, jonka jälkeen kunnossapitotoimet voidaan kohdistaa

oikein. Kuntotutkimus perustuu aistiensavaraisiin havaintoihin ja olemassa oleviin asiakirjoihin. Kuntotutkija voi suositella yksittäisten järjestelmien tai laitteiden tarkempaa tutkimista. Kuntotutkimuksessa on tavoitteena selvittää korjauksen tai uusi-  
misen lähtökohdat (Sulvi 8.04.2014 MJR, 6).

IV-kuntotutkimusprosessissa sisältö riippuu lähtökohdista – mitä ongelmaa tai tarvetta selvitetään. Kaavio 1 selventää IV-kuntotutkimusmenettelyn prosessia kokonaisuutena.

IV-kuntotutkimus jakaantuu perusosaan ja yksityiskohtaisiin kuntotutkimuksiin.





Kaavio 1. IV-kuntotutkimusmenettelyn prosessia kuvaava kaavio (Sulvi 8.04.2014 MJR, 10).

IV-kuntotutkimuksen perusosaan kuuluu ilmanvaihto- ja ilmastointijärjestelmien yleisarvio, jonka perusteella todetaan, onko koko järjestelmä uusittava – tällöin ei tutkimusta jatketa – tai suunnitellaan yksityiskohtaisten kuntotutkimusten suoritus (Sandberg 2014, 503).

Yksityiskohtaisessa kuntotutkimuksessa paneudutaan tarkemmin osajärjestelmiin (jäähdytys, mittaus ja säätö) sekä IV-järjestelmän komponentteihin (puhaltimet, kanavat, lämmön talteenotto, suodattimet jne.). Näille on tarkemmat ohjeet siitä, mihin tulee erityisesti kiinnittää huomiota (Sandberg 2014, 504).

## 2.2 Kuntoluokat

Kuntoluokka kuvaa nimikkeen (ulkosäleikköpatteri, lämmityspatteri, jäähdytyspatteri, puhallin jne.) kuntoa ja korjaustarpeen kiireellisyyttä. Kuntoluokat on esitetty taulukossa 1.

Luokka	Kuvaus
1	Hyväkuntoinen tai uutta vastaava
2	Tyydyttävässä kunnossa, ei välitöntä
3	Välttävässä kunnossa, uusimista tai korjaustarvetta
4	Huonokuntoinen, heti korjattava tai uusittava

Taulukko 1. Kuntoluokat.

## 2.3 Kuntotutkimuksen suorittaminen

### 2.3.1 Kuntotutkimuksen suunnittelu

Perustietoja lähdettiin kokoamaan tutustumalla olemassa oleviin asiakirjoihin, kuten vanhaan PTS-ehdotukseen. SAP-järjestelmästä ajettiin ilmanvaihtokoneiden tiedot osastoittain excel-tilukoon, josta oli helppoa kerätä tietoja varsinaiselle PTS-ehdotus laskentapohjaan.

Suunniteltiin uudet PTS-ehdotuksen laskentapohjat vanhoja muokkaamalla. Jokaiselle tehtaan osastolle tehtiin oma PTS-ehdotuksen laskentapohja, joihin kerättiin SAP-järjestelmästä saadut tiedot osaston ilmanvaihtokoneista ja niiden laitteista. Samaa pohjaa päätettiin käyttää IV-kuntotutkimuksessa, ettei tarvinnut tehdä erillisiä pohjia molemmille ja tämä helpottaa myöhemmin PTS-ehdotuksen ylläpitämistä.

PTS-ehdotuksen laskentapohjia tuli yhteensä 13 osastosta eli:

- ✓ kuorimo
- ✓ seulomo
- ✓ keittämö
- ✓ massatehdas
- ✓ haihduttamo
- ✓ kuivaamo
- ✓ soodakattilalaitos
- ✓ turbiinilaitos
- ✓ kaustistamo
- ✓ meesauuni
- ✓ klooridioksidilaitos
- ✓ jäähdytysvesitorni
- ✓ käyttökonttori

Osastointi helpotti huomattavasti IV-kuntotutkimuksen tekemistä ja PTS-ehdotuksen laadintaa. Tässä työssä näytetään esimerkkinä keittämön PTS-ehdotus.

PTS-ehdotuksen laskentapohja keittämö LIITE 1.

### 2.3.2 Yksityiskohtaisten kuntotutkimusten suorittaminen

IV-kuntotutkimusta lähdettiin tekemään kiertämällä osastoittain laitiloja ja laitteita. Kuntotutkimuksessa tutkittiin ilmanvaihtokoneiden ja niihin liittyvien komponenttien kunto ja kirjattiin kuntoluokat PTS-ehdotuksen laskentapohjaan.

Ilmanvaihtokoneiden ja komponenttien kunto määriteltiin aistienvaraisesti sekä olemassa olevien tietojen ja asiakirjojen perusteella.

PTS-ehdotuksen laskentapohjaan kirjattuna keittämön ilmanvaihtokoneiden ja niiden komponenttien kuntoluokat LIITE 2.

#### 2.4 Teollisuusilmanvaihto- ja ilmastointijärjestelmien tärkeitä tarkastuskohteita

Ilmanvaihtokoneen tarkistus ulkoapäin, kuten vaipan ja huoltoluukkujen kunto.



Kuva 2. Ilmanvaihtokone ulkoapäin (Sulvi www-sivut 2015).

Ilmanvaihtokoneen nestepiirien tarkistus, kuten pumput, sulku- ja säätöventtiilit.



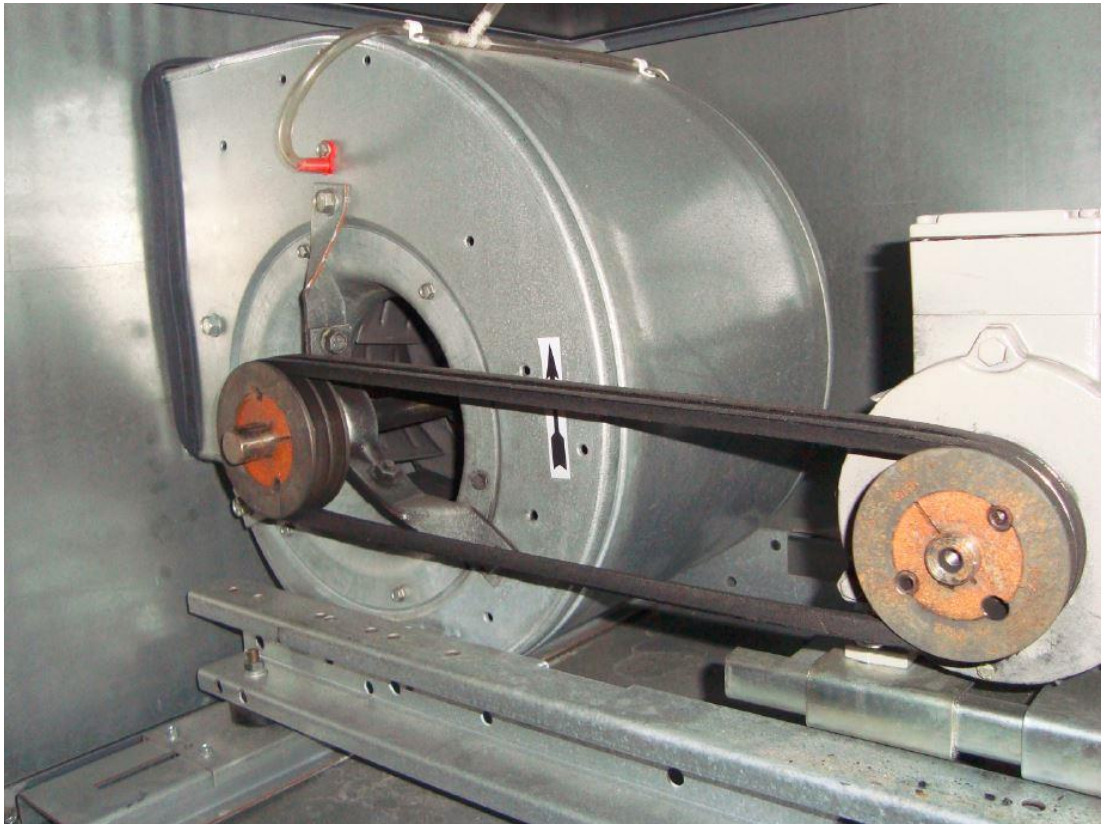
Kuva 3. Ilmanvaihtokoneen nestepiiri (Sulvi www-sivut 2015).

Ilmastoinnin patterien kunto, kuten ulkosäleikköpatteri, lämmityspatteri ja jäähdytyspatteri. Ulkosäleikköpatterit saattavat olla jäätyneet talvella ja sen myötä vaurioituneet. Jäätymisen syynä on yleensä kiertopumpun pysähtyminen tai rikkoutuminen talvella.



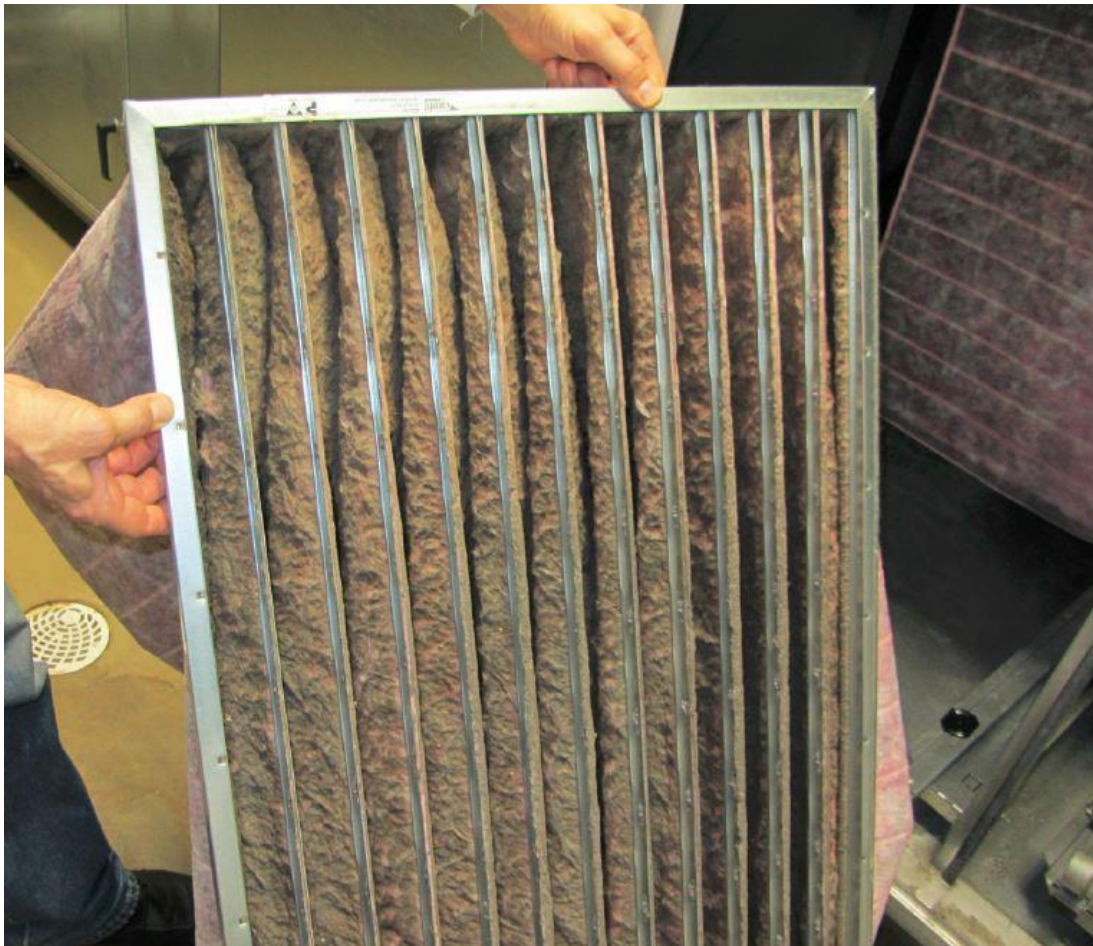
Kuva 4. Ilmanvaihtokoneen lämmityspatteri (Talotekniikan opetussivusto [www-sivut](http://www.sivut) 2015).

Puhaltimen ja sähkömoottorin tarkistus, kuten moottorin ja puhaltimen jalusta, laakerit, siipipyörä, tärinänvaimentimet, hihnapyörät ja käyttöhihnat.



Kuva 5. Hihnakäyttöinen puhallin (Sulvi [www-sivut](#) 2015).

Suodattimien tarkistus, vaikka suodattimet kuuluvat huoltoon. Suodattimet olivat ainakin tutkimuskohteessa puhtaat eli juuri vaihdettu. Samalla tarkistetaan, että ilman-suodattimien painehäviön mittausvarustus on kunnossa ja toimii.



Kuva 6. Pussisuodatin (Sulvi [www-sivut](#) 2015).

Ilmakanavistot tarkastettiin myös kierroksen yhteydessä. Vaihtokunnossa olevat kanavat olivat suurilta osin asiakkaan tiedossa.



### 3 PTS-EHDOTUKSEN LAADINTA

#### 3.1 Yleistä

PTS-ehdotuksessa tarkasteltava ajanjakso on 10 vuotta, ellei ole muuta sovittu. Tarkastelujakson jälkeiset isot korjaustyöt voidaan alustavasti esittää yhtenä kokonaisuutena.

Toimenpiteiden kustannukset lasketaan kalenterivuosittain yhteen ja esitetään vuotuisina kokonaiskustannuksina. Kiinteistön omistaja määrittää lopullisen korjausvuoden kunnossapitosuunnitelmasta ja korjausohjelmasta päätettäessä.

Kustannusennusteissa käytetään yleisiä kokemukseen perustuvia kustannustietoja. Ennusteet esitetään kuntoarvioajankohdan kustannustason mukaisesti. Kustannusennusteet ovat lähtötietoja budjetointia varten, eivätkä ne ole korjaushankkeen tarkkoja kustannusarvioita (LVI 01-10510 2012, 8).

PTS-ehdotuksen toimenpiteiden kustannusennusteisiin sisältyy:

- ✓ suunnittelukustannukset
- ✓ rakennuttamiskustannukset
- ✓ toteutuskustannukset
- ✓ valvontakustannukset
- ✓ muutostöiden kustannukset
- ✓ LVIA -töiden kustannukset
- ✓ sähkötöiden kustannukset jne.

#### 3.2 Kunnostus- ja korjaustoimenpiteiden ajankohdan arvioiminen

Kunnostus- ja korjaustoimenpiteiden ajankohtaa arvioitiin jo kuntotutkimusta tehdessä. Kuntoluokka määrittelee ajankohdan kunnostus- ja korjaustoimenpiteille seuraavasti: 1 = ei toimenpiteitä seuraavan 10 vuoden aikana, 2 = kevyt huoltokorjaus 1-5 vuoden kuluessa tai peruskorjaus 6-10 vuoden kuluessa, 3 = peruskorjaus 1-5 vuoden kuluessa tai uusiminen 6-10 vuoden kuluessa, 4 = uusitaan 1-5 vuoden kuluessa.

Lopullisen päätöksen kunnostus- ja korjaustoimenpiteiden ajankohdasta tekee kiinteistön omistaja tai edustaja.

### 3.3 Arvio kunnostus- ja korjaustoimenpiteiden kustannuksista

Kustannusennusteissa käytettiin kokemukseen perustuvia kustannustietoja. Tiettyihin erikoisuuksiin, kuten laitteisiin ja komponentteihin kysyttiin toimittajien hintoja, vaikka kustannusennusteet ovat lähtötietoja budjetointia varten, eivätkä niiden tarvitse olla korjaushankkeen tarkkoja kustannusarvioita. Toimittajien hintojen tietäminen helpotti huomattavasti joidenkin vaikein arvioitavien laitteiden ja komponenttien kustannusten arviointia.

Kustannusennusteisiin sisällytettiin myöskin seuraavat kustannukset: suunnittelukustannukset, rakennuttamiskustannukset, toteutuskustannukset, valvontakustannukset, muutostöiden kustannukset, LVIA -töiden kustannukset ja sähkötöiden kustannukset jne.

Puhaltimien peruskorjauksien kustannukset jaettiin eri vuosille, koska ei voida tarkkaan tietää milloin puhaltimeen tai sähkömoottoriin tulee vika.

LVI-pientöihin arvioitiin joka vuodelle kustannuksia, jotka kattavat seuraavat yllätykselliset työt: venttiilit, mutataskut, paisunta-astiat, vuotojen korjaukset ja glykolin lisäykset.

Pumppujen vaihdoista aiheutuvat kustannukset arvioitiin myös eri vuosille, koska tarkkaa aikaa ei voida tietää milloin joudutaan vaihtamaan.

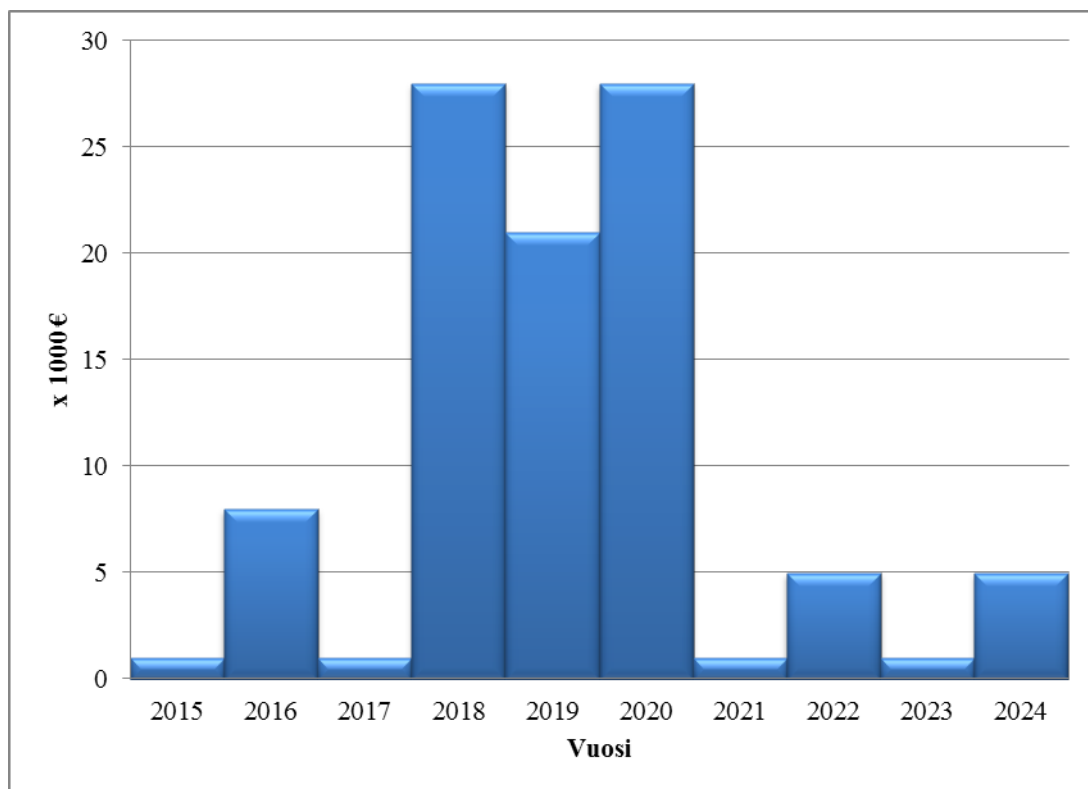
PTS-ehdotuksen laskentapohjaan kirjattuna keittämön ilmanvaihtokoneiden ja niiden komponenttien kunnostus- ja korjaustoimenpiteiden kustannusarviot LIITE 3.

### 3.4 Tulokset

Keittämön PTS-ehdotuksen yhteenveto kustannusarvioista vuosittain Taulukko 2 ja Kaavio 2.

	Kustannusarvio (x 1000 €) ja ehdotettu toteutusvuosi										2025	Yhteensä
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2034	
<b>LVI työt</b>	1	8	1	28	21	28	1	5	1	5	0	99
<b>Yhteensä</b>	1	8	1	28	21	28	1	5	1	5	0	99

Taulukko 2. Yhteenveto kustannusarvioista vuosittain.



Kaavio 2. Yhteenveto kustannusarvioista vuosittain.

Ilmanvaihtokoneiden patterien vaihdot nostavat kustannuksia vuosina 2018-2020, jonka jälkeen kustannukset putoavat normaali tasolle.

## 4 ILMANVAIHDON JA ILMASTOINNIN ENERGIATEHOKKUUDEN PARANTAMINEN

### 4.1 Energiankulutuksen muodostuminen

Ilmanvaihdon energiantarve on yksi merkittävimmistä koko rakennuksen energiantarpeista. Rakennuksen käyttämästä energiasta suurin osa kuluu hyvien sisäolosuh- teiden saavuttamiseen. Koko rakennuksen ja ilmanvaihdon energiankulutukseen voi- daan vaikuttaa arkkitehtonisten, rakenneteknisten ja taloteknisten ratkaisujen avulla.

Ilmastoinnin ja ilmanvaihdon energiankulutuksen laskennassa on erotettavissa seu- raavat osat:

- ✓ ilmanvaihtoilman lämmittäminen
  - huoneessa tilan lämmityslaitteilla
  - ilmanvaihtokoneessa
- ✓ ilmaa siirtävien puhaltimien sähkönkulutus
- ✓ ilmastointikoneen energiankulutus, johon kuuluvat mm:
  - jäähdytykseen käytettävä energia
  - kostutukseen käytettävä energia
- ✓ jäähdytysjärjestelmän energiankulutus

(Sandberg 2014, 448).

Puhaltimilla on merkittävä rooli ilmastointijärjestelmän energiankulutuksessa. Puhal- timien sähkönkulutus lasketaan ominaissähkötehon, ilmavirran ja käyntiajan tulona.

## 4.2 Laskelmat ja tulokset

Tarkoituksena oli selvittää energiatehokkuuden parantamista kahdella eri korjaustoimenpiteellä. Ensimmäisessä vaihtoehdossa vaihdettaisiin vanhat sähkömoottorit uusiin paremmilla hyötysuhteilla oleviin. Toisessa vaihtoehdossa vaihdettaisiin puhaltimet suorakäyttöisiin kammiopuhaltimiin ja lisäämällä taajuusmuuttajaohjaus. Molemmista laskettiin energiansäästö ja takaisinmaksuaika. Vertailussa käytettiin neljää eri kokoluokan tuloilmakonetta.

Tutkimuskohteessa olevat sähkömoottorikäytöt ovat 20 vuotta vanhoja ja alkavat olla vaihtoiässä.

Taulukosta 3 nähdään energiansäästö ja takaisinmaksuajat, kun vaihdetaan sähkömoottorikäytöt paremmalla hyötysuhteella oleviin. Sähkömoottorin käyttöikä on käytetty 20 vuotta, josta saadaan laskettua elinkaarisäästö. Koko laskelma löytyy LIITE 4.

Teho (kW)	Hyötysuhde	á hinta	Takaisinmaksuaika (vuotta)	Elinkaarisäästö (€)	CO2/vuosi (kg)	kWh/vuosi	Säästö/vuosi
18,5	0,93	1 378,00 €	5,3	5 185,92 €	2593	6482	259,30 €
15	0,92	1 194,00 €	7,6	3 153,60 €	1577	3942	157,68 €
5,5	0,90	755,00 €	7,8	1 927,20 €	964	2409	96,36 €
2,2	0,87	416,00 €	9,0	925,06 €	463	1156	46,25 €
		<b>3 743,00 €</b>	<b>29,7</b>	<b>11 191,78 €</b>	<b>5596</b>	<b>13990</b>	<b>559,59 €</b>

Taulukko 3. Energiansäästö ja takaisinmaksuajat sähkömoottorikäytöille.

Tällä ratkaisulla jäävät kuitenkin hihnakäytöt ja niiden huoltokustannukset. Huoltokustannuksia ei ole huomioitu laskelmassa.

Taulukosta 4 nähdään energiansäästö ja takaisinmaksuajat, kun vaihdetaan suorakäyttöisiin kammiopuhaltimiin ja lisätään taajuusmuuttajaohjaus. Laskentaan käytetty ABB:n FanSave 5.3 energiansäästölaskuria puhallinkäyttöille. Laskelmat löytyy LIITE 5 – 12. Laskennassa käytetyt kammiopuhallinajot löytyy LIITE 13 – 20.

<b>Teho (kW)</b>	<b>Hyötysuhde</b>	<b>á hinta</b>	<b>Takaisinmaksuaika (vuotta)</b>	<b>Elinkaari-säästö (€)</b>	<b>CO2/vuosi (kg)</b>	<b>kWh/vuosi</b>	<b>Säästö/vuosi</b>
30	91,7	7 600,00 €	4,4	34 580,00 €	17000	43000	1 729,00 €
15	89,7	7 600,00 €	7,2	20 980,00 €	10000	26000	1 049,00 €
4	86,6	4 400,00 €	11,8	7 480,00 €	4000	9000	374,00 €
2,2	84,3	4 400,00 €	25,8	3 420,00 €	2000	4000	171,00 €
		<b>24 000,00 €</b>	<b>49,2</b>	<b>66 460,00 €</b>	<b>33000</b>	<b>82000</b>	<b>3 323,00 €</b>

Taulukko 4. Energiansäästö ja takaisinmaksuajat suorakäyttöisille kammiopuhaltimille taajuusmuuttajaohjauksella.

Tällä ratkaisulla jäävät hihnakäytöt ja niiden huoltokustannukset pois.

## 5 LOPPUSANAT

Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää teollisuuskiinteistön yleisilmanvaihdon ja prosessi-ilmanvaihdon koneiden sekä niiden osien, laitteiden ja kanaviston tämän hetkinen kunto. Kuntotutkimuksen jälkeen laadittiin PTS-ehdotus, jolla voidaan suunnitella kymmenen vuoden aikana suoritettavat korjaustoimenpiteet ja käyttää kustannusennusteita seuraavien vuosien budjetointia varten.

Opinnäytetyössä selvitettiin myös energiatehokkuuden parantamista kahdella eri ratkaisulla. Ensimmäisessä ratkaisussa vaihdettaisiin vanhat sähkömoottorikäytöt uusiin hyötysuhteelta parempiin. Toisessa ratkaisussa vaihdettaisiin nykyaikaisiin suorakäyttöisiin kammiopuhaltimiin ja lisäämällä taajuusmuuttajaohjaus.

Työ oli erittäin mielenkiintoinen ja haastava kokonaisuudessaan. Työ oli todella laaja ja tämän johdosta paljon aikaa vievä. Täydellisiin tutkimuksiin olisi tarvittu loputon määrä resursseja, tutkimuksia ja aikaa, joten työtä oli rajattava.

Lopuksi haluan vielä kiittää opinnäytetyöni onnistumisen mahdollistaneita tahoja. Ensimmäkin kiitokset työkaverilleni Arto Vehmaselle työni ohjaamisesta ja Caverion Suomi Oy:lle, joka oli työn tilaaja. Kiitokset myös muille työkavereille, jotka osallistuivat tämän työn tekemiseen, kuten Timo Jalonen, Kari Lehtonen, Markku Lepistö ja Matti Halla-Aho. Kiitokset myös Markku Savolaiselle Metsä Group Oy:lle.

Koulun puolelta työtäni ohjasi Teppo Kivioja, joka ansaitsee myös kiitokset avustaan ja aidosta kiinnostuksesta.

## LÄHTEET

Sandberg, E. 2014. Ilmastointilaitoksen mitoitus. Ilmastointitekniikka osa 2. Tampere: Tammerprint.

Energiatehokas teollisuuskiinteistö. 2012. Helsinki: Motiva. Viitattu 13.4.2015.  
[http://www.motiva.fi/files/5847/Energiatehokas\\_teollisuuskiinteisto.pdf](http://www.motiva.fi/files/5847/Energiatehokas_teollisuuskiinteisto.pdf)

Caverion Oy www-sivut. Viitattu 8.6.2015.  
<http://www.caverion.fi/tietoa-caverionista/caverion-konserni>

Metsä Fibre Oy www-sivut. Viitattu 14.4.2015.  
<http://www.metsafibre.fi/Yritys/Tuotantolaitokset/Pages/rauma.aspx>

Sulvi 8.04.2014 MJR. IV-kuntotutkimus. Yleisohjeet kuntotutkimuksen suorittajalle ja tilaajalle. Suomen LVI-liitto ry Helsinki. Viitattu 24.4.2015.  
[http://www.sulvi.fi/wp-content/uploads/2013/12/IV-kuntotutkimus.\\_Yleisohjeet\\_kuntotutkimuksen\\_suorittajalle\\_ja\\_tilaajalle.pdf](http://www.sulvi.fi/wp-content/uploads/2013/12/IV-kuntotutkimus._Yleisohjeet_kuntotutkimuksen_suorittajalle_ja_tilaajalle.pdf)

LVI 01-10510. Liike- ja palvelukiinteistön kuntoarvio, Kuntoarvioijan ohje. 2012. Helsinki: Rakennustieto. Viitattu 27.4.2015. <https://www.rakennustieto.fi/>

Sulvi, Suomen LVI-liitto ry www-sivut. Viitattu 8.6.2015. [http://www.sulvi.fi/wp-content/uploads/2013/12/IV-kuntotutkimus\\_ilmanvaihtokoneet.pdf](http://www.sulvi.fi/wp-content/uploads/2013/12/IV-kuntotutkimus_ilmanvaihtokoneet.pdf)  
[http://www.sulvi.fi/wp-content/uploads/2013/12/IV-kuntotutkimus\\_puhaltimet.pdf](http://www.sulvi.fi/wp-content/uploads/2013/12/IV-kuntotutkimus_puhaltimet.pdf)  
[http://www.sulvi.fi/wp-content/uploads/2013/12/IV-kuntotutkimus\\_ilmansuodattimet.pdf](http://www.sulvi.fi/wp-content/uploads/2013/12/IV-kuntotutkimus_ilmansuodattimet.pdf)

Talotekniikan opstussivusto www-sivut. Viitattu 8.6.2015.  
<http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/lvi/aihio2/harjoitus1.htm>

ABB www-sivut. FanSave-laskentatyökalu. Viitattu 22.6.2015.  
<http://www.abb.fi/cawp/db0003db002698/66aa76d03af35607c12573d7003e8f2f.aspx>

x









LIITE 4

Metsä Fibre Oy, Rauma		Energian hinta		0,04		EUR/kWh									
			Käyttöikä		20		vuotta								
Koje	Vanha s.moottori	Teho (kW)	Hyötysuhde	Uusi s.moottori	Teho (kW)	Hyötysuhde	á hinta	Takaisinmaksuaika (vuotta)	Elinkaari-säästö (€)	CO2/vuosi (kg)	kWh/vuosi	Säästö/vuosi	Käyttöaika		
20M079 TK04	1LA5 183-4AA60-Z	18,5	0,89	M2BAX 180MLA4	18,5	0,93	1 378,00 €	5,3	5 185,92 €	2593	6482	259,30 €	8760		
20M090 TK4	1LA5 166-4CA60-Z	15	0,89	M2BAX 160MLB4	15	0,92	1 194,00 €	7,6	3 153,60 €	1577	3942	157,68 €	8760		
20M080 TK04	1LA5 130-4EA60-Z	5,5	0,85	M3BP 132SMB4	5,5	0,90	755,00 €	7,8	1 927,20 €	964	2409	96,36 €	8760		
20M091 TK4	1LA5 106-4AA60-Z	2,2	0,81	M3BP 100LA4	2,2	0,87	416,00 €	9,0	925,06 €	463	1156	46,25 €	8760		
<b>Yhteensä</b>							<b>3 743,00 €</b>	<b>29,7</b>	<b>11 191,78 €</b>	<b>5596</b>	<b>13990</b>	<b>559,59 €</b>			
										CO2 =	0,4	kg/kWh			

Energiansäästö ja takaisinmaksuaika sähkömoottorien uusinnalla.

## FanSave 5.3 Energiansäästöläskuri puhallinkäyttöille

Finnish



## Puhallin

Nimellinen virtaama	1,27	m <sup>3</sup> /s
Paineen nosto	800	Pa
Hyötysuhde	74,4	%
Välityksen hyötysuhde	100	%
Tyyppi	Keskipako	
Siipipyörän siivet	Taaksepäin	
Nykyinen säätö	Tulopuolen kuristus	

## Drive and motor

Syöttöjännite	400 V
Tarvittava moottorin teho	1,5 kW
Moottorin teho	2,2 kW
Moottorin hyötysuhde	84,3 %
Säätö AC käytöllä	ACS150

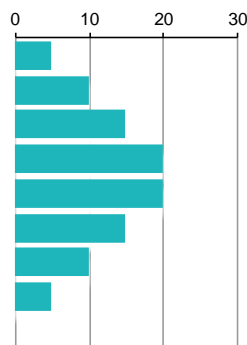
ACS150-03E-05A6-4

## Virtausprofiili

Vuotuiset käyttötunnit 8760 h

Virtaus OLETUS

100 %:	5	% =	438h
90 %:	10	% =	876h
80 %:	15	% =	1314h
70 %:	20	% =	1752h
60 %:	20	% =	1752h
50 %:	15	% =	1314h
40 %:	10	% =	876h
30 %:	5	% =	438h
20 %:	0	% =	0h
Sum:	100	%	8760 h



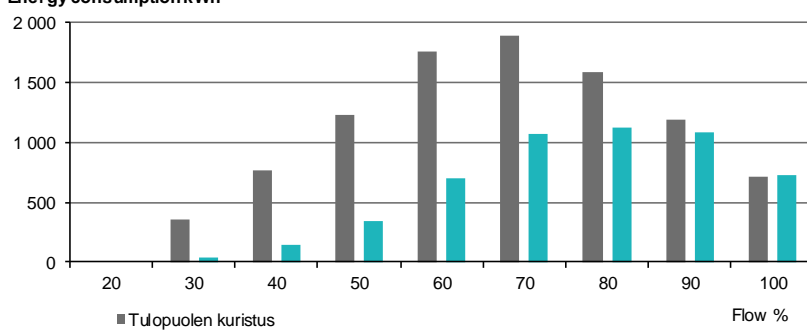
## Investoinnin tiedot

Rahayksikkö	€
Energian hinta	0.04 €/kWh
Investointi	4400 €
CO2 päästö	0.4 kg/kWh

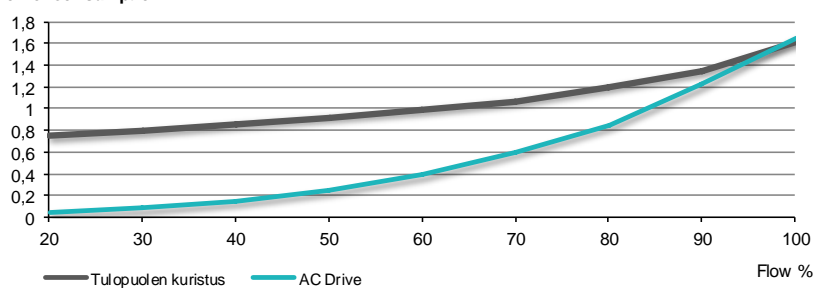
## Energiansäästö

<b>Vuosittainen säästö</b>	<b>4</b>	<b>MWh</b>
<b>Vuosittainen kulutus</b>		
nyky menetelmällä	<b>9</b>	MWh
parannetulla menetelmällä	<b>5</b>	MWh
Säästö %	<b>44,9</b>	%

## Energy consumption kWh



## Power consumption kW



## Investoinnin tiedot

Vuosittainen säästö	<b>171</b>	€
Takaisinmaksuaika	<b>25,8</b>	vuotta
CO2 vähennys	<b>2</b>	t/vuosi

## FanSave 5.3 Energiansäästölaskuri puhallinkäyttöille

Finnish



## Puhallin

Nimellinen virtaama	2,91	m <sup>3</sup> /s
Paineen nosto	800	Pa
Hyötysuhde	75,8	%
Välityksen hyötysuhde	100	%
Tyyppi	Keskipako	
Siipipyörän siivet	Taaksepäin	
Nykyinen säätö	Tulopuolen kuristus	

## Drive and motor

Syöttöjännite	400 V
Tarvittava moottorin teho	3,4 kW
Moottorin teho	4,0 kW
Moottorin hyötysuhde	86,6 %
Säätö AC käytöllä	ACS150

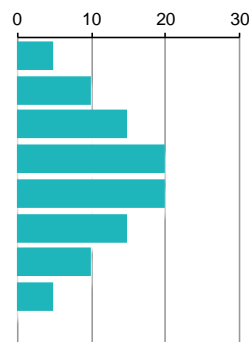
ACS150-03E-08A8-4

## Virtausprofiili

Vuotuiset käyttötunnit 8760 h

Virtaus OLETUS

100 %:	5	% =	438h
90 %:	10	% =	876h
80 %:	15	% =	1314h
70 %:	20	% =	1752h
60 %:	20	% =	1752h
50 %:	15	% =	1314h
40 %:	10	% =	876h
30 %:	5	% =	438h
20 %:	0	% =	0h
Sum:	100	%	8760 h



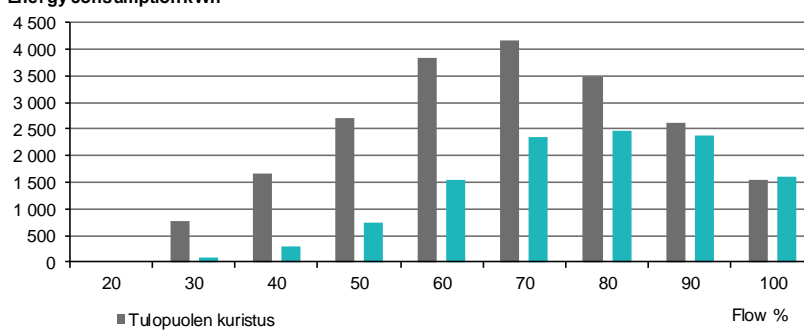
## Investoinnin tiedot

Rahayksikkö	€
Energian hinta	0.04 €/kWh
Investointi	4400 €
CO2 päästö	0.4 kg/kWh

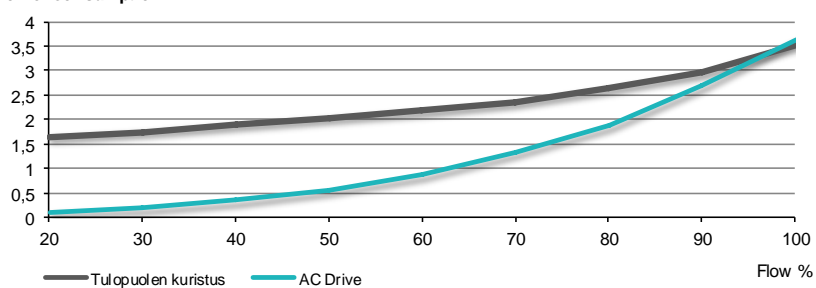
## Energiansäästö

<b>Vuosittainen säästö</b>	<b>9</b>	<b>MWh</b>
<b>Vuosittainen kulutus</b>		
nyky menetelmällä	<b>21</b>	MWh
parannetulla menetelmällä	<b>11</b>	MWh
Säästö %	<b>44,9</b>	%

## Energy consumption kWh



## Power consumption kW



## Investoinnin tiedot

Vuosittainen säästö	<b>374</b>	€
Takaisinmaksuaika	<b>11,8</b>	vuotta
CO2 vähennys	<b>4</b>	t/vuosi



## FanSave 5.3 Energiansäästölaskuri puhallinkäyttöille

Finnish



### Puhallin

Nimellinen virtaama	8,5	m <sup>3</sup> /s
Paineen nosto	800	Pa
Hyötysuhde	76,2	%
Välityksen hyötysuhde	100	%
Tyyppi	Keskipako	
Siipipyörän siivet	Taaksepäin	
Nykyinen säätö	Tulopuolen kuristus	

### Drive and motor

Syöttöjännite	400 V
Tarvittava moottorin teho	9,8 kW
Moottorin teho	15 kW
Moottorin hyötysuhde	89,7 %
Säätö AC käytöllä	ACS310

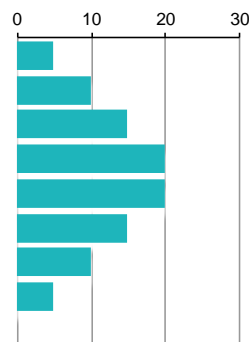
ACS310-03E-34A1-4

### Virtausprofiili

Vuotuiset käyttötunnit 8760 h

Virtaus OLETUS

100 %:	5	% =	438h
90 %:	10	% =	876h
80 %:	15	% =	1314h
70 %:	20	% =	1752h
60 %:	20	% =	1752h
50 %:	15	% =	1314h
40 %:	10	% =	876h
30 %:	5	% =	438h
20 %:	0	% =	0h
Sum:	100	%	8760 h



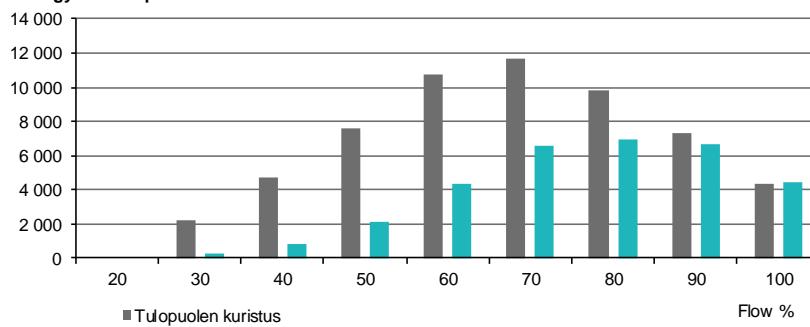
### Investoinnin tiedot

Rahayksikkö	€
Energian hinta	0.04 €/kWh
Investointi	7600 €
CO2 päästö	0.4 kg/kWh

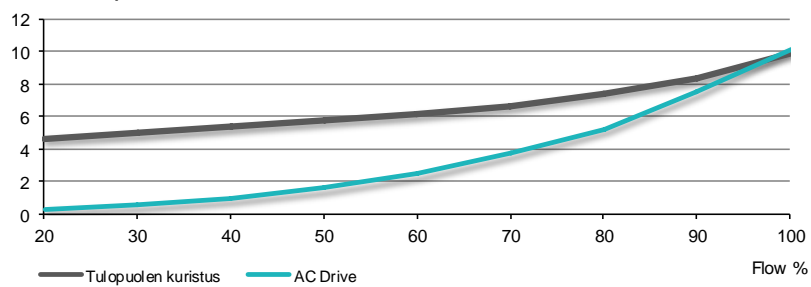
Energiansäästö

<b>Vuosittainen säästö</b>	<b>26</b>	<b>MWh</b>
<b>Vuosittainen kulutus</b>		
nyky menetelmällä	<b>58</b>	MWh
parannetulla menetelmällä	<b>32</b>	MWh
Säästö %	<b>44,9</b>	%

Energy consumption kWh



Power consumption kW



Investoinnin tiedot

Vuosittainen säästö	<b>1 049</b>	€
Takaisinmaksuaika	<b>7,2</b>	vuotta
CO2 vähennys	<b>10</b>	t/vuosi

## FanSave 5.3 Energiansäästölaskuri puhallinkäyttöille

Finnish



### Puhallin

Nimellinen virtaama	12,9	m <sup>3</sup> /s
Paineen nosto	800	Pa
Hyötysuhde	68,6	%
Välityksen hyötysuhde	100	%
Tyyppi	Keskipako	
Siipipyörän siivet	Taaksepäin	
Nykyinen säätö	Tulo puolen kuristus	

### Drive and motor

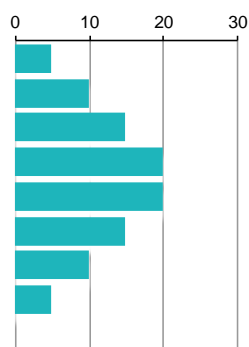
Syöttöjännite	400 V
Tarvittava moottorin teho	16,5 kW
Moottorin teho	30 kW
Moottorin hyötysuhde	91,7 %
Säätö AC käytöllä	ACS550

ACS550-01-059A-4

### Virtausprofiili

Vuotuiset käyttötunnit 8760 h

Virtaus	OLETUS	
100 %:	5	% = 438h
90 %:	10	% = 876h
80 %:	15	% = 1314h
70 %:	20	% = 1752h
60 %:	20	% = 1752h
50 %:	15	% = 1314h
40 %:	10	% = 876h
30 %:	5	% = 438h
20 %:	0	% = 0h
Sum:	100	% = 8760 h



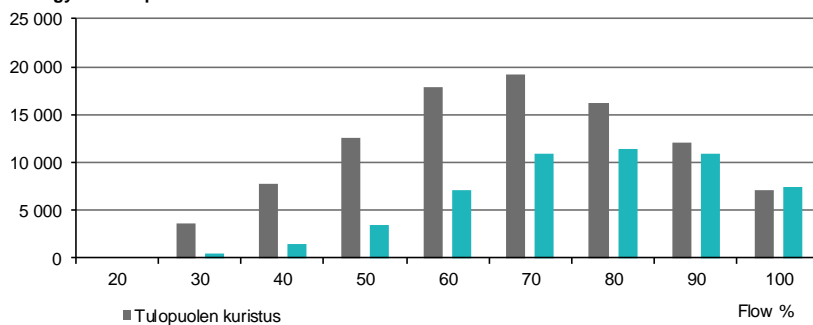
### Investoinnin tiedot

Rahayksikkö	€
Energian hinta	0.04 €/kWh
Investointi	7600 €
CO2 päästö	0.4 kg/kWh

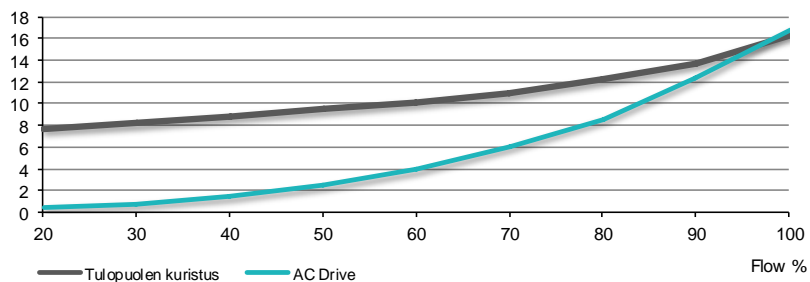
Energiansäästö

<b>Vuosittainen säästö</b>	<b>43</b>	<b>MWh</b>
<b>Vuosittainen kulutus</b>		
nyky menetelmällä	<b>96</b>	MWh
parannetulla menetelmällä	<b>53</b>	MWh
Säästö %	<b>44,9</b>	%

Energy consumption kWh



Power consumption kW



Investoinnin tiedot

Vuosittainen säästö	<b>1 729</b>	€
Takaisinmaksuaika	<b>4,4</b>	vuotta
CO2 vähennys	<b>17</b>	t/vuosi

Kammiopuhallin  
**CENTRIFLOW**

Tekniset tiedot



Projektin nimi :  
Positio : HFOK-8-AB  
Your reference :  
Asiakkaan viite :

Päiväys : 3.11.2014 10:11

Projektin tiedot :

Position tiedot :

**Puhallin : GPEB-1-00-040-10-0**

Ilmavirta : 1.270 m<sup>3</sup>/s  
Staatinnainen paine annettu 800 Pa

Kok. stat. paine : 813 Pa  
Dynaaminen paine : 38 Pa  
Liitäntähäviöt : 13 Pa  
Mitoitus taajuus : 76.91 Hz  
Kierros-luku : 2231 r/min  
Puhaltimen akseli teho : 1.389 kW  
Puh. p. st hyötysuhde : 74.4 %  
Puh. p. tot hyötysuhde : 77.8 %  
Äänen kokonaistehotaso 85.0 dB(A)

Rakenne: Normaali **1 kpl**

Tiheys : 1.200 kg/m<sup>3</sup>  
Lämpötila : 20.0 °C  
Korkeusasema : 0 m  
Max kierros-luku : 3325 r/min  
Max teho : 4.718 kW  
Ilmamäärämittarin k arvo 22.05  
Kammiopuhallin  
Oikea käänne (RD)  
Moottori valittu taaj.muut. käyttöön  
Standardi napa  
Asennus : vapaasti imevä -

Puhaltimen suoritusarvot AMCA standardien 210-85 ja 300-85 mukaan.  
Äänen tehotaso siipitaajuudella voi nousta enalta arvaamattoman korkeammalle, kun tulostessa.

Lwoct (dB)	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	Lwt	LwA
Vapaa painepuoli	70.0	75.0	84.0	82.0	80.0	78.0	72.0	70.0	88.1	85.0
Vapaa imupuoli	63.0	67.0	79.0	77.0	73.0	69.0	67.0	64.0	82.3	78.7

**Moottori : APAL-4-00220-1-2-7**

Nimellisteho : 2.20 kW  
Nimelliskierros-luku : 1450 r/min  
Nimellis hyötysuhde : 84.3 %  
Virta : 4.70 A  
Vaihe/Taajuus/Virta : 3-50Hz 400V  
IEC koko : 100L  
Verkosta ottama teho FW : 1.713 kW  
Verkosta ottama teho 97% : 1.70 kW  
SFP arvo (FW): 1.348 kW/m<sup>3</sup>/s  
SFP arvo (97%): 1.337 kW/m<sup>3</sup>/s

FW motor IE2

Moot. aks. halk. : 28 mm  
Max. taajuus: 88.91 Hz

**Painot :**  
Puhallin : 28.0 kg  
Moottori : 25.0 kg  
Lisätarvikkeet : 5.7 kg  
Kokonaispaino : 58.7 kg

**Lisätarvikkeet :**

Ilmamäärä / Paine-ero lähetin  
Imupuolen suojaverkko  
Ilmamääränmittaus neljällä nipalla  
Joustavaliitin, 2-laipalla  
Tärinänvaimenninsarja, kumi

GTLZ-86-00-0-0  
GPEZ-13-00-040-1-0  
GPEZ-09-00-040-1-0  
GPEZ-21-00-040-1-0  
GPEZ-42-00-040-1-0

**ErP arvot (Direktiivi 2009/125/EY)**



Kok. hyötysuhde N ed 60,6 %  
Hyötysuhdetaso N 71  
Nimellis ottotehto Ped opt. 2.701 kW  
Ilmamäärä opt. pisteessä 1.539 m<sup>3</sup>/s  
Paine opt. pisteessä 1064 Pa

Kierrosnop. opt. pisteessä 2578 r/min  
Tavoite-energiatehokkuus N 58  
Liitäntätapa A  
Hyötysuhde luokka static  
Taajuusm. puhalt. kanssa Yes

Kammio puhallin  
**CENTRIFLOW**

Puhallinkäyrä



Projektin nimi :  
Positio : HFOK-8-AB  
Your reference :  
Asiakkaan viite :

Päiväys : 3.11.2014 10:11  
Projektin tiedot :

Position tiedot :

**Fan :** **GPEB-1-00-040-10-0**

Ilmavirta : 1.270 m<sup>3</sup>/s  
Staatinen paine annettu 800 Pa

Kok. staat. paine: 813 Pa  
Dynaaminen paine : 38 Pa  
Liitäntähäviöt : 13 Pa  
Mitoitus taajuus : 76.91 Hz  
Kierros luku : 2231 r/min  
Puhaltimen akseliteho : 1.389 kW  
Staatinen hyötysuhde : 74.4 %  
Äänen kokonaisteho : 85.0 %

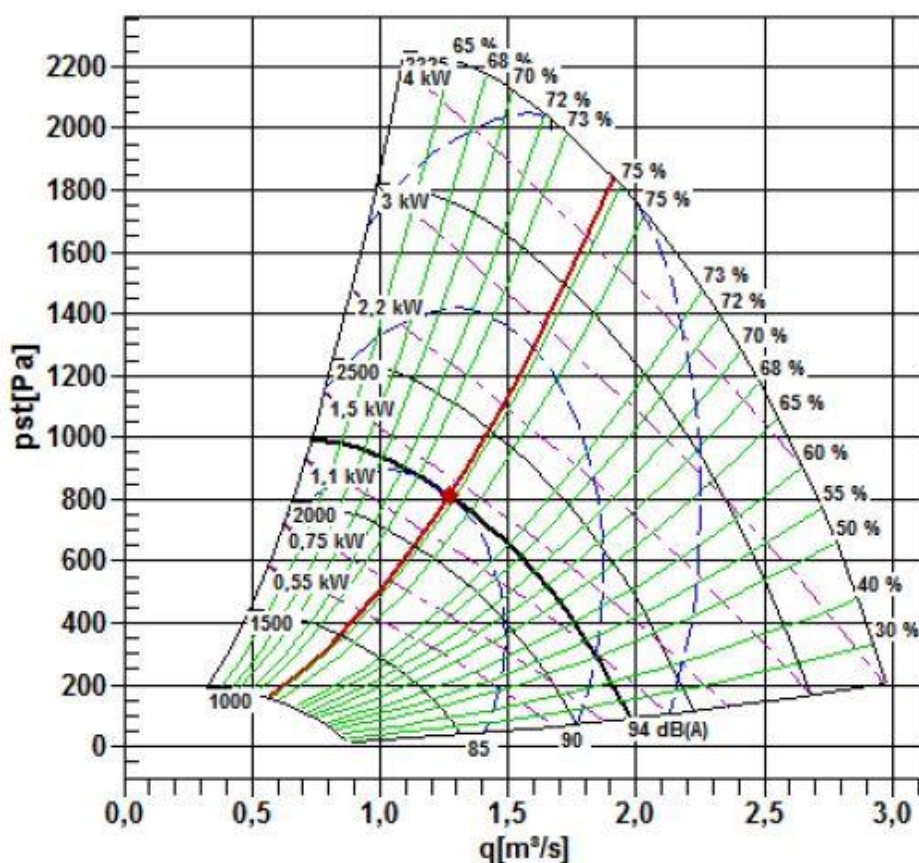
Tiheys : 1.200 kg/m<sup>3</sup>  
Lämpötila : 20.0 °C  
Korkeusasema : 0 m  
Max kierros luku : 3325 r/min  
Max akseli teho : 4.718 kW

**Motor :** **APAL-4-00220-1-2-7**

Nimellisteho : 2.20 kW  
Nimelliskierros luku : 1450 r/min  
Max motor Hz : 88.91 Hz

Moottori valittu taaj.muut. käyttöön  
Käyrästen staatilisen hyötysuhteen arvot pätevät maksimi kierrosluvulla

### GPEB-1-00-040-10-0



rho = 1.20 kg/m<sup>3</sup>  
FMEG: 71

2.0P/26.08.14 / Fan Curve DLL: 4.1.116

Kammio puhallin  
**CENTRIFLOW**

Tekniset tiedot



Projektin nimi :  
Positio : HFOK-8-AB  
Your reference :  
Asiakkaan viite :

Päiväys : 3.11.2014 10:12

Projektin tiedot :

Position tiedot :

**Puhallin : GPEB-1-00-056-11-0**

Ilmavirta : 2.910 m<sup>3</sup>/s  
Staattinen paine annettu 800 Pa

Kok. stat. paine : 818 Pa  
Dynaaminen paine : 52 Pa  
Liitäntähäviöt : 18 Pa  
Mitoitus taajuus : 56.57 Hz  
Kierrosluku : 1641 r/min  
Puhaltimen akseli teho : 3.141 kW  
Puh. p. st hyötysuhde : 75.8 %  
Puh. p. tot hyötysuhde : 80.6 %  
Äänen kokonaistehotaso 87.7 dB(A)

Rakenne: Normaali **1 kpl**

Tiheys : 1.200 kg/m<sup>3</sup>  
Lämpötila : 20.0 °C  
Korkeusasema : 0 m  
Max kierrosluku : 2400 r/min  
Max teho : 10.122 kW  
Ilmamäärämittarin k arvo 11.81

Kammio puhallin  
Oikea käsin (RD)  
Moottori valittu taaj.muut. käyttöön  
Standardi napa  
Asennus : vapaasti imevä -  
.....

Puhaltimen suoritusarvot AMCA standardien 210-85 ja 300-85 mukaan  
Äänen tehotaso siipitaajuuksilla voi nousta enalta arvaamattoman korkeammalle, kun tulostessa.

Lwoct (dB)	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	Lwt	LwA
Vapaa painepuoli	68.7	69.7	88.7	85.7	83.7	76.7	70.7	68.7	91.6	87.7
Vapaa imupuoli	62.7	66.7	80.7	77.7	75.7	70.7	65.7	63.7	83.8	80.1

**Moottori : APAL-4-00400-2-2-7**

Nimellisteho : 4.00 kW  
Nimelliskierrosluku : 1450 r/min  
Nimelliskierrosuhde : 86.6 %  
Virta : 8.60 A  
Vaihe/Taajuus/Virta : 3-50Hz 400V  
IEC koko : 112M  
Verkosta ottama teho FW : 3.737 kW  
Verkosta ottama teho 97% : 3.74 kW  
SFP arvo (FW): 1.284 kW/m<sup>3</sup>/s  
SFP arvo (97%): 1.285 kW/m<sup>3</sup>/s

FW motor IE2

Moot. aks. halk. : 28 mm  
Max. taajuus: 60.73 Hz

**Painot :**  
Puhallin : 59.0 kg  
Moottori : 35.0 kg  
Lisätarvikkeet : 10.0 kg  
Kokonaispaino : 104.0 kg

**Lisätarvikkeet :**

Ilmamäärä / Paine-ero lähetin  
Imupuolen suojaverkko  
Ilmamääränmittaus neljällä nipalla  
Joustavaliitin, 2-laipalla  
Tärinänvaimenninsarja, kumi

GTLZ-86-00-0-0  
GPEZ-13-00-056-1-0  
GPEZ-09-00-056-1-0  
GPEZ-21-00-056-1-0  
GPEZ-42-00-056-1-0

**ErP arvot (Direktiivi 2009/125/EY)**



Kok. hyötysuhde N ed 63.4 %  
Hyötysuhdetaso N 70  
Nimelliskierrosuhde Ped opt. 4.788 kW  
Ilmamäärä opt. pisteessä 3.001 m<sup>3</sup>/s  
Paine opt. pisteessä 1012 Pa

Kierrosnop. opt. pisteessä 1761 r/min  
Tavoite-energiatohokkuus N 58  
Liitäntätapa A  
Hyötysuhde luokka static  
Taajuusm. puhalt. kanssa Yes

Kammiopuhallin  
**CENTRIFLOW**

Puhallinkäyrä



Projektin nimi :  
Positio : HFOK-8-AB  
Your reference :  
Asiakkaan viite :

Päiväys : 3.11.2014 10:12  
Projektin tiedot :  
Position tiedot :

**Fan :** **GPEB-1-00-056-11-0**

Ilmavirta : 2.910 m<sup>3</sup>/s  
Staattinen paine annettu 800 Pa

Kok. staat. paine: 818 Pa  
Dynaaminen paine : 52 Pa  
Litätähäviöt : 18 Pa  
Mitoitus taajuus : 56.57 Hz  
Kierros-luku : 1641 r/min  
Puhaltimen akseliteho : 3.141 kW  
Staattinen hyötysuhde : 75.8 %  
Äänen kokonaisteho : 87.7 %

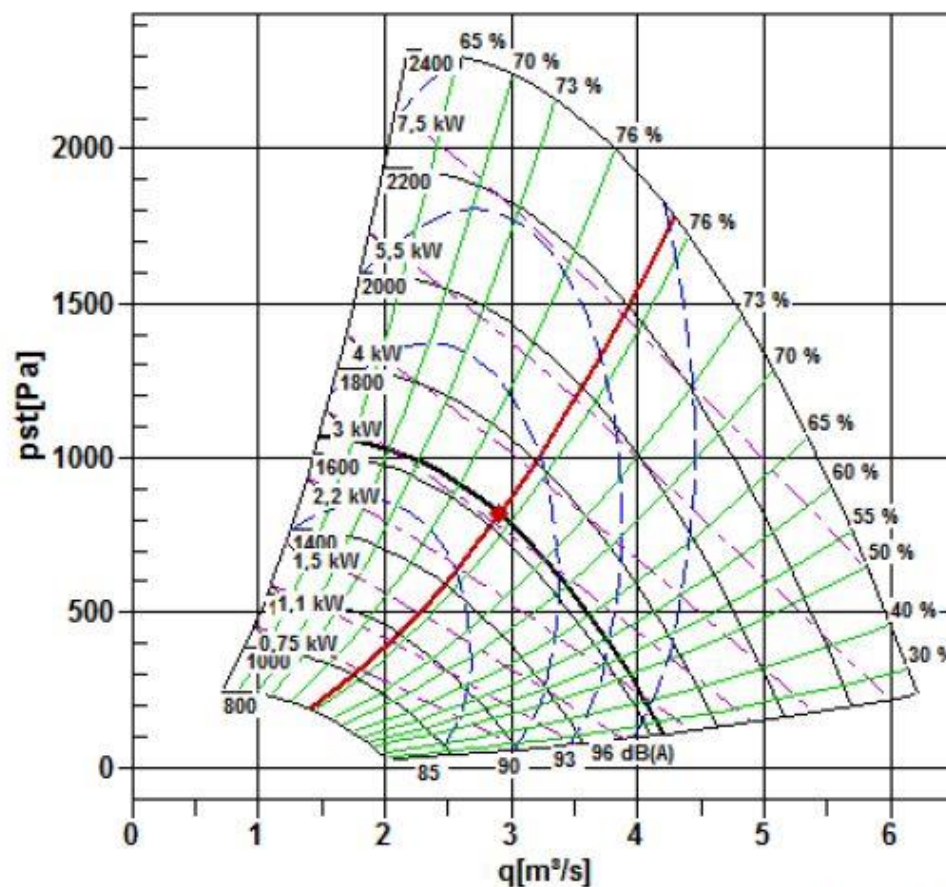
Tiheys : 1.200 kg/m<sup>3</sup>  
Lämpötila : 20.0 °C  
Korkeusasema : 0 m  
Max kierros-luku : 2400 r/min  
Max akseli teho : 10.122 kW

**Motor :** **APAL-4-00400-2-2-7**

Nimellisteho : 4.00 kW  
Nimelliskierros-luku : 1450 r/min  
Max motor Hz : 60.73 Hz

Moottori valittu taaj.muut. käyttöön  
Käyrästen staattisen hyötysuhteen arvot pätevät maksimi kierros-luvulla

**GPEB-1-00-056-11-0**



$\rho = 1.20 \text{ kg/m}^3$   
FMEG: 70



Kammio puhallin  
**CENTRIFLOW**

Tekniset tiedot



Projektin nimi :  
Positio : HFOK-8-AB  
Your reference :  
Asiakkaan viite :

Päiväys : 3.11.2014 10:09  
Projektin tiedot :

Position tiedot :

**Puhallin : GPEB-1-00-100-18-0**

Ilmavirta : 8.500 m<sup>3</sup>/s  
Staatinnainen paine annettu 800 Pa

Kok. stat. paine : 815 Pa  
Dynaaminen paine : 43 Pa  
Liitäntähäviöt : 15 Pa  
Mitoitus taajuus : 46.27 Hz  
Kierrosnopeus : 908 r/min  
Puhaltimen akseli teho : 9.095 kW  
Puh. p. st hyötysuhde : 76.2 %  
Puh. p. tot hyötysuhde : 80.2 %  
Äänen kokonaistehotaso 93.4 dB(A)

Rakenne: Normaali **1 kpl**

Tiheys : 1.200 kg/m<sup>3</sup>  
Lämpötila : 20.0 °C  
Korkeusasema : 0 m  
Max kierrosnopeus : 1150 r/min  
Max teho : 19.009 kW  
Ilmamäärämittarin k arvo 3.54  
Kammio puhallin  
Oikea katinen (RD)  
Moottori valittu taaj.muut. käyttöön  
Standardi napa  
Asennus : vapaasti imevä -  
-----

Puhaltimen suoritusarvot AMCA standardien 210-85 ja 300-85 mukaan  
Äänen tehotaso siipitaajuudella voi nousta enalta arvaamattoman korkeammalle, kun tulostessa.

Lwoct (dB)	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	Lwt	LwA
Vapaa painepuoli	77.3	92.3	95.3	93.3	86.3	81.3	76.3	73.3	98.9	93.4
Vapaa imupuoli	80.3	92.3	88.3	83.3	81.3	76.3	71.3	68.3	94.6	86.5

**Moottori : APAL-6-01500-2-2-7**

Nimellisteho : 15.00 kW  
Nimelliskierrosnopeus : 981 r/min  
Nimellis hyötysuhde : 89.7 %  
Virta : 31.00 A  
Vaihe/Taajuus/Virta : 3-50Hz 400V  
IEC koko : 180M  
Verkosta ottama teho FW : 10.325 kW  
Verkosta ottama teho 97% : 10.45 kW  
SFP arvo (FW) : 1.215 kW/m<sup>3</sup>/s  
SFP arvo (97%) : 1.230 kW/m<sup>3</sup>/s

FW motor IE2

Moott. aks. halk. : 48 mm  
Max. taajuus : 54.16 Hz

**Painot :**  
Puhallin : 151.0 kg  
Moottori : 163.0 kg  
Lisätarvikkeet : 18.3 kg  
Kokonaispaino : 332.3 kg

**Lisätarvikkeet :**

Ilmamäärä / Paine-ero lähetin  
Imupuolen suojaverkko  
Ilmamääränmittaus neljällä nipillä  
Joustavalitiini, 2-laipalla  
Tärinänvaimenninsarja, kumi

GTLZ-86-00-0-0  
GPEZ-13-00-100-1-0  
GPEZ-09-00-100-1-0  
GPEZ-21-00-100-1-0  
GPEZ-42-00-100-2-0

**ErP arvot (Direktiivi 2009/125/EY)**



Kok. hyötysuhde N ed 66.8 %  
Hyötysuhdetaso N 67  
Nimellis ottotehto Ped opt. 17.100 kW  
Ilmamäärä opt. pisteessä 9.519 m<sup>3</sup>/s  
Paine opt. pisteessä 1200 Pa

Kierrosnop. opt. pisteessä 1062 r/min  
Tavoite-energiätehoisuus N 58  
Liitäntätapa A  
Hyötysuhde luokka static  
Taajuusm. puhalt. kanssa Yes

Kammiopuhallin  
**CENTRIFLOW**

Puhallinkäyrä



Projektin nimi :  
Positio : HFOK-8-AB  
Your reference :  
Asiakkaan viite :

Päiväys : 3.11.2014 10:09  
Projektin tiedot :  
Position tiedot :

**Fan :** **GPEB-1-00-100-18-0**

Ilmavirta : 8.500 m<sup>3</sup>/s  
Staatinen paine annettu 800 Pa

Kok. staat. paine: 815 Pa  
Dynaaminen paine : 43 Pa  
Liitäntähäviöt : 15 Pa  
Mitoitus taajuus : 46.27 Hz  
Kierros-luku : 908 r/min  
Puhaltimen akseliteho : 9.095 kW  
Staatinen hyötysuhde : 76.2 %  
Äänen kokonaisteho : 93.4 %

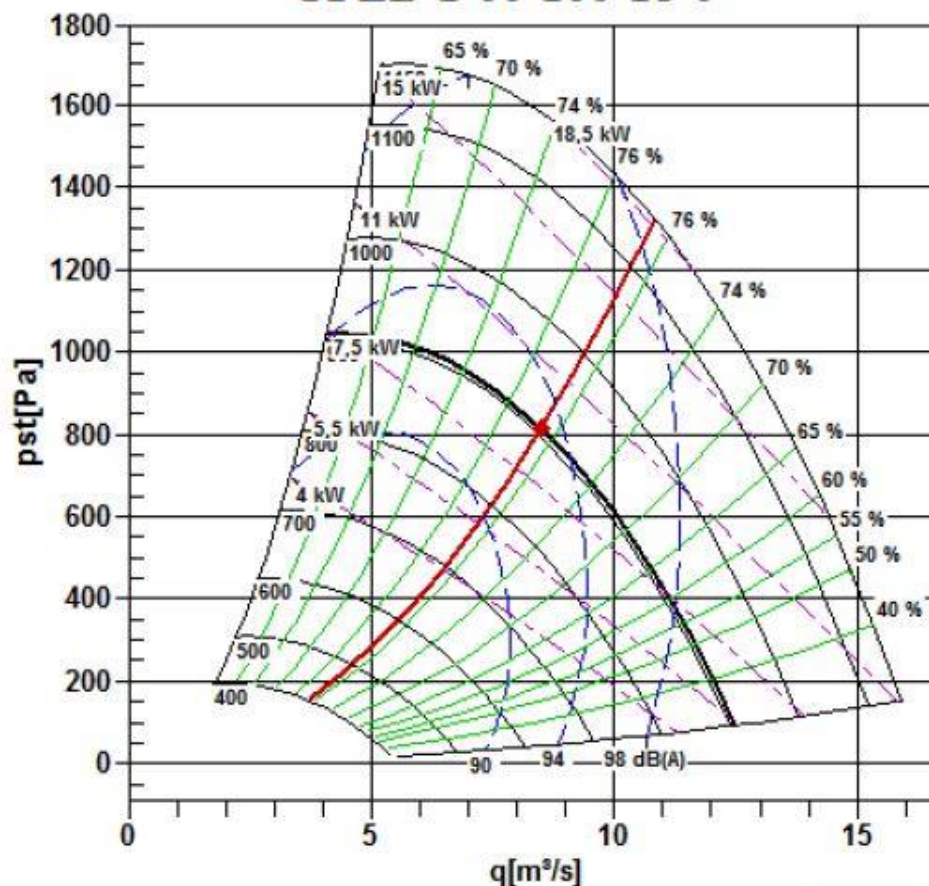
Tiheys : 1.200 kg/m<sup>3</sup>  
Lämpötila : 20.0 °C  
Korkeusasema : 0 m  
Max kierros-luku : 1150 r/min  
Max akseli teho : 19.009 kW

**Motor :** **APAL-6-01500-2-2-7**

Nimellisteho : 15.00 kW  
Nimelliskierros-luku : 981 r/min  
Max motor Hz : 54.16 Hz

Moottori valittu taaj.muut. käyttöön  
Käyräsiön staatisen hyötysuhteen arvot pätevät maksimi kierros-luvulla

**GPEB-1-00-100-18-0**



rho = 1.20kg/m<sup>3</sup>  
FMEG: 67

2.0P:26.08.14 / Fan Curve DLL: 4.1.116

Kammiopuhallin  
**CENTRIFLOW**

Tekniset tiedot



Projektin nimi :  
Positio : HFOK-12-AB  
Your reference :  
Asiakkaan viite :

Päiväys : 3.11.2014 10:01  
Projektin tiedot :

Position tiedot :

**Puhallin : GPEB-1-00-125-22-0**

Ilmavirta : 12.900 m<sup>3</sup>/s  
Staattinen paine annettu 800 Pa

Kok. stat. paine : 814 Pa  
Dynaaminen paine : 41 Pa  
Liitäntähäviöt : 14 Pa  
Mitoitus taajuus : 36.99 Hz  
Kierrosluku : 730 r/min  
Puhaltimen akseli teho : 15.314 kW  
Puh. p\_st hyötysuhde : 68.6 %  
Puh. p\_tot hyötysuhde : 72.0 %  
Äänen kokonaistehotaso 95.4 dB(A)

Rakenne: Normaali **1 kpl**

Tiheys : 1.200 kg/m<sup>3</sup>  
Lämpötila : 20.0 °C  
Korkeusasema : 0 m  
Max kierrosluku : 900 r/min  
Max teho : 29.628 kW  
Ilmamäärämittarin k arvo 2.49  
Kammiopuhallin  
Oikea katinen (RD)  
Moottori valittu taaj.muut. käyttöön  
Standardi napa  
Asennus : vapaasti imevä -

Puhaltimen suoritusarvot AMCA standardien 210-85 ja 300-85 mukaan  
Äänen tehotaso siipitaajuudella voi nousta enalta arvaamattoman korkeammalle, kun tulostessa.

Lwoct (dB)	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	Lwt	LwA
Vapaa painepuoli	98.3	97.3	94.3	94.3	89.3	86.3	80.3	76.3	102.8	95.4
Vapaa imupuoli	97.3	98.3	85.3	85.3	85.3	82.3	75.3	71.3	101.3	90.0

**Moottori : APAL-6-03000-2-2-7**

Nimellisteho : 30.00 kW  
Nimelliskierrosluku : 986 r/min  
Nimellis hyötysuhde : 91.7 %  
Virta : 57.00 A  
Vaihe/Taajuus/Virta : 3-50Hz 400V  
IEC koko : 225S  
Verkosta ottama teho FW : 17.111 kW  
Verkosta ottama teho 97% : 17.22 kW  
SFP arvo (FW): 1.326 kW/m<sup>3</sup>/s  
SFP arvo (97%): 1.335 kW/m<sup>3</sup>/s

FW motor IE2

Moot. aks. halk. : 60 mm  
Max. taajuus: 42.81 Hz

**Painot :**

Puhallin : 299.0 kg  
Moottori : 266.0 kg  
Lisätarvikkeet : 20.5 kg  
Kokonaispaino : 585.5 kg

**Lisätarvikkeet :**

Imupuolen suojaverkko  
Ilmamääränmittaus neljällä nipalla  
Joustavaliitin, 2-laipalla  
Tärinänvaimenninsarja, jousi

GPEZ-13-00-125-1-0  
GPEZ-09-00-125-1-0  
GPEZ-21-00-125-1-0  
GPEZ-43-00-125-d-0

**ErP arvot (Direktiivi 2009/125/EY)**



Kok. hyötysuhde N ed 61.1 %  
Hyötysuhdetaso N 60  
Nimellis ottotehto Ped opt. 26.645 kW  
Ilmamäärä opt. pisteessä 14.592 m<sup>3</sup>/s  
Paine opt. pisteessä 1115 Pa

Kierrosnop. opt. pisteessä 844 r/min  
Tavoite-energiatehokkuus N 58  
Liitäntätapa A  
Hyötysuhde luokka static  
Taajuusm. puhalt. kanssa Yes

Kammiopuhallin  
**CENTRIFLOW**

Puhallinkäyrä



Projektin nimi :  
Positio : HFOK-12-AB  
Your reference :  
Asiakkaan viite :

Päiväys : 3.11.2014 10:01  
Projektin tiedot :  
Position tiedot :

**Fan : GPEB-1-00-125-22-0**

Ilmavirta : 12.900 m<sup>3</sup>/s  
Staattinen paine annettu : 800 Pa

Kok. staat. paine : 814 Pa  
Dynaaminen paine : 41 Pa  
Liitäntähäviöt : 14 Pa  
Mitoitus taajuus : 36.99 Hz  
Kierros-luku : 730 r/min  
Puhaltimen akseliteho : 15.314 kW  
Staattinen hyötysuhde : 68.6 %  
Äänen kokonaisteho : 95.4 %

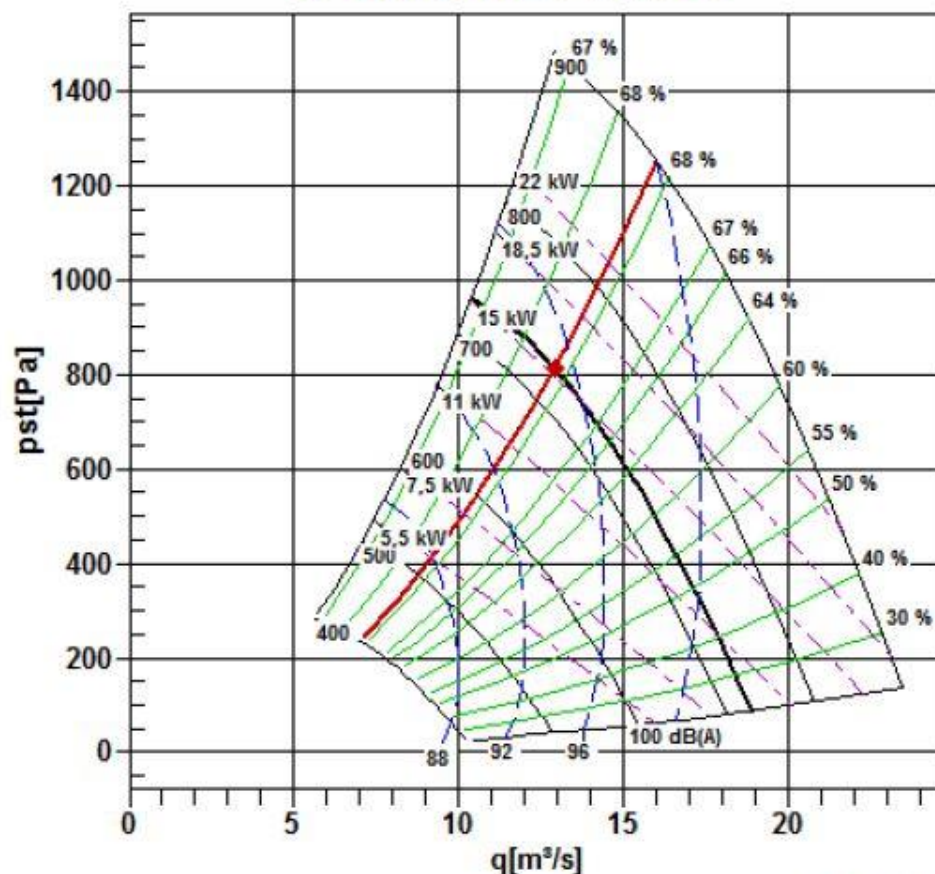
Tiheys : 1.200 kg/m<sup>3</sup>  
Lämpötila : 20.0 °C  
Korkeusasema : 0 m  
Max kierros-luku : 900 r/min  
Max akseli teho : 29.628 kW

**Motor : APAL-6-03000-2-2-7**

Nimellisteho : 30.00 kW  
Nimelliskierros-luku : 986 r/min  
Max motor Hz : 42.81 Hz

Moottori valittu taaj.muut. käyttöön  
Käyräsiön staattisen hyötysuhteen arvot pätevät maksimi kierros-luvulla

**GPEB-1-00-125-22-0**



rho = 1.20 kg/m<sup>3</sup>  
FMEG: 60

2.0P:26.08.14 / Fan Curve DLL: 4.1.116