

# **Energiatehokas ilmanvaihto teollisuudessa**

# Ilmanvaihto vie ison osan teollisuus- rakennusten energiankäytöstä



Suomessa on  
**68 000**  
teollisuuskiinteistöä  
ja -varastoa



Teollisuuskiinteistöjen  
lämmönkäytöstä  
**31 %**  
kuluu  
ilmanvaihtoon

**Jokaisen tehtaan ilmanvaihdon energiankäyttöä voi tehostaa. Muista, että energiansäästöä ei pidä tavoitella sisäolosuhteiden kustannuksella.**



# Tehtaan hyvä ilmanvaihto on



**TYÖHYVINVOINTIA  
EDISTÄVÄ**



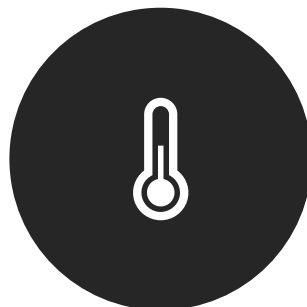
**KUSTANNUS-  
TEHOKAS**



**TARKOITUKSEN-  
MUKAISESTI  
TOIMIVA**



**TURVALLINEN**



**ENERGIATEHOKAS**



**ÄLYKKÄÄSTI  
OHJATTAVA**

# Ilmanvaihdon energiatehokkuus on monen tekijän summa



Tasapainoinen  
ilmatase

Toimivat  
kohdepoistot

Energiatehokas  
IV-tekniikka

Lämmön-  
talteenotto

Automaatio

Likaantumisen  
hallinta

Huolto &  
kunnossapito

Henkilöstön  
koulutus

Mittaaminen ja  
seuranta

# Ilmanvaihdon energiatehokkuustoimet



KESKISUURI TEOLLISUUS V. 2015

LÄMMÖN-  
TALTEENOTTO

ILMANVAIHTO

AUTOMAATIO-  
JÄRJESTELMÄT

Osuus kaikista vuoden  
2015 toimista/säästöistä

**TOIMIEN  
MÄÄRÄ**  
(kpl)

35

41

13

45%

**SÄHKÖN  
SÄÄSTÖ**  
(GWh)

5,3

2,9

0,3

32%

**LÄMMÖN JA  
PA. SÄÄSTÖ**  
(GWh)

39

5

4

65%

# Ilmanvaihdon energiatehokkuustoimet

ENERGIAVALTAINEN TEOLLISUUS V. 2015



LÄMMÖN-  
TALTEENOTTO ILMANVAIHTO

Osuus kaikista vuoden 2015  
toimista/säästöistä

TOIMIEN  
MÄÄRÄ  
(kpl)

13

2

12%

SÄHKÖN  
SÄÄSTÖ  
(GWh)

5

0,1

2%

LÄMMÖN JA  
PA. SÄÄSTÖ  
(GWh)

456

0,2

41%



# Tyypillisiä haasteita tuotantotilojen ilmanvaihdossa

- **Tuotantoprosessin ja kiinteistön ilmanvaihdon kokonaisuuden hallinta on puutteellista**  
→ ilmanlaatu vaihtelee tai on heikkoa työskentelyalueilla
- **Tuotantotilat ovat voimakkaasti alipaineisia**  
→ ongelmia työskentely- ja tuotanto-olosuhteissa
- **Suuret paine-erot tilojen välillä**  
→ likainen ilma kulkeutuu ei-toivotuille alueille
- **Puuttuvat tai vääränlaiset suodatin- ja laiteratkaisut**  
→ Heikko ilmanlaatu ja energiatehokkuus, korkeat huoltokustannukset
- **Kunnossapidon, epäpuhtauksien ja kosteuden hallinta on puutteellista**  
→ energiankäyttö lisääntyy ja olosuhteet heikentyvät

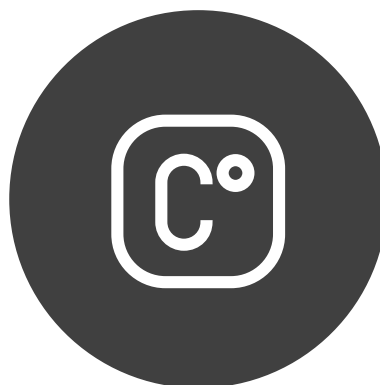


# Ilmanvaihdon energia- tehokkuuteen vaikuttavat

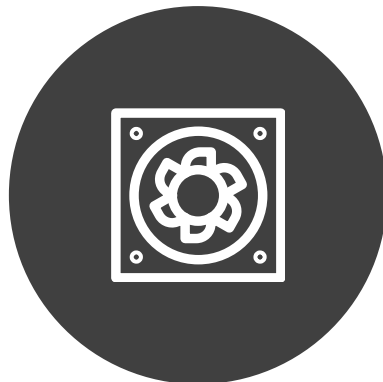
**ILMAVIRTA**



**TULOILMAN  
LÄMPÖTILA**



**PUHALTIMEN  
SÄÄTÖTAPA  
ja KÄYNTIAIKA**



**LÄMMÖNTALTEENOTTO  
JA SEN TEHOKKUUS**





# Vaikuta ilmanvaihdon energiatehokkuuteen säädöillä



## ILMA- VIRTA

- Voiko ilmavirtaa pienentää palvelualueella?
- Voiko ilmavirran puolittaa tai osittaa tietyissä tilanteissa?
- Voiko ilmavirta olla minimitasolla tietyissä tilanteissa?
- Voiko ilmavirtaa ohjata tarpeen mukaan, esim. läsnäolo- tai CO<sub>2</sub>-ohjaus, käyttöasteen tai muun suureen perusteella?



## TULOILMAN LÄMPÖTILA

- Voiko lämpötilaa alentaa?
- Onko säätötapa oikea ko. tapaukseen?
- Onko mittausanturi oikeassa paikassa?
- Toimiiko säätö oikein?
- Onko lämpötilalle vaihtoehtoisia säätötapoja, esim. sisälämpötilasta asetusrvo tuloilman lämpötilalle?



## PUHALTIMEN SÄÄTÖTAPA JA KÄYNTIAIKA

- Onko ohjaus- ja käyttötapa oikea?
- Voiko käyttöaikaa lyhentää arkisin tai viikonloppuisin?
- Onko keskitetty ohjausjärjestelmä?
- Toimiiko automatiikkaohjaus?
- Voiko ilmanvaihtoa ohjata jollakin muulla tavoin kuin aikaohjelman perusteella?



## LÄMMÖNTALTEEN- OTTO JA SEN TEHOKKUUS

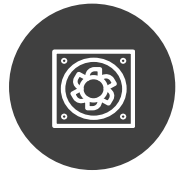
- Onko käytössä lämmöntalteenottoa?
- Toimiiko LTO oikein ja halutulla tavalla (lämpötilasuhde)?
- Onko siirtoilman käyttömahdollisuuksia?
- Onko mahdollisuutta lisätä lämmöntalteenottoa - lämpöä prosessista tai hyödyntää hukkalämpöjä?

# Ennen ilmanvaihdon energiansäästö- keinojen selvittämistä



## SELVITÄ JÄRJESTELMÄ- KOHTAISESTI:

- ilmkäsittelyprosessi
- säätötapa ja ohjaukset
- ilmavirran mitoitus ja toteumat
- tulo- ja poistoilman määrät
- tuloilman lämpötila ja muut toiminta-arvot
- käyntiajat
- lämmöntalteenoton toiminta
- palvelualueet ja niiden tarpeet.

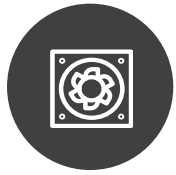


# Säästöt tulo- ja poistoilmakoneista



Käy läpi tulo- ja poistoilmakoneista sekä niiden varusteista ja säätölaitteista:

- laitteiden silmämääräinen tarkastus (kunto, ikä, puhtaus, kytkentä)
- ohjausten ja käyntiaikojen tarkastus
- säätöperiaatteen tarkoituksenmukaisuuden tarkastus
- säätöportaiden järjestyksen toiminnan tarkastus
- toimintalämpötilojen mittaus ja vertailu säätölaitteen asetusarvoihin
- muut mittaukset tarpeen mukaan (kosteus, glykolipitoisuus, ilmavirrat ym.)
- käyttötavan ja asetusten tarkoituksenmukaisuuden arviointi
- käyttökytkimien asentojen ja paikallisten ohjausten toiminnan selvitys
- lämmityspatterin säätöventtiilin toiminnan tarkastus
- sulkupeltien tiivis sulkeutuminen
- LTO:n oikean toiminnan tarkastus
- LTO:n hyötysuhteen mittaus/ selvittäminen
- palautusilmakäytön toiminnan tarkastus
- puhaltimen säätötavan tarkastus (muuttuvailmavirtainen järjestelmä)
- puhaltimen tarkoituksenmukaisen toiminnan tarkastus, taajuusmuuttajan tarve
- puhaltimen toimintapiste, hyötysuhde, SFP-luku.



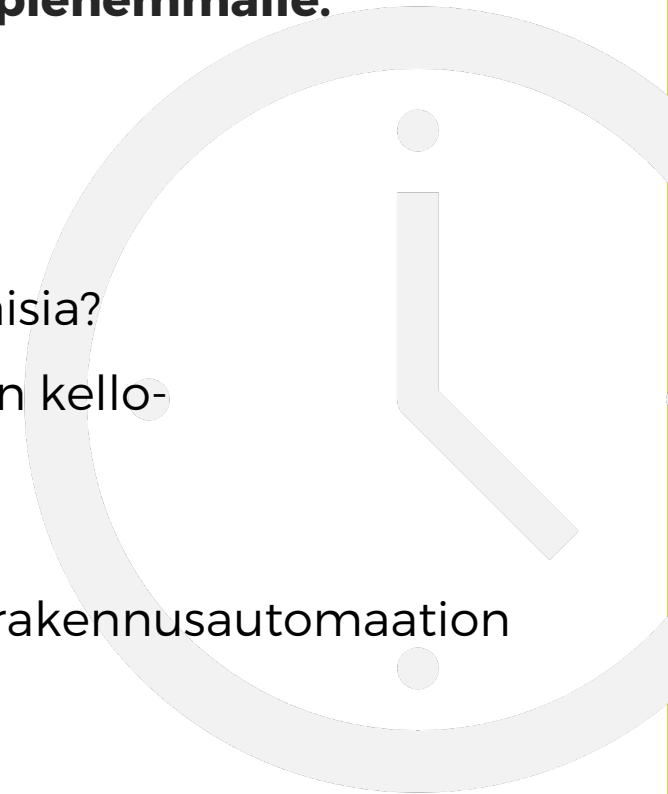
# Ajasta ilmanvaihto pienemmälle



**Tuotantoaikojen ulkopuolella ajasta ilmanvaihto pienemmälle.**

## **Kello-ohjauksen yhteydessä tarkista:**

- onko ohjauskello oikeassa ajassa?
- onko ohjauksen aikakytkennät tarkoituksenmukaisia?
- onko ryhmäkeskuksessa puhaltimien ohjauskytkin kello-ohjaus- vai käsikäyttöasennossa?
- onko puhaltimet pakkokytetty keskenään?
- toimivatko aikaohjelmat mahdollisen keskitetyn rakennusautomaation trenditoimintoja hyödyntämällä?





# Lämpöä talteen?



## LTO:n kannattavuuteen vaikuttavat tekijät

- poistoilman (tai prosessin ilma- tai nestevirran) ominaisuudet
  - lämpötila, kosteus, epäpuhtaudet sekä niiden pitoisuudet ja ominaisuudet
- käyttöaika (h/vrk, h/vko, h/a)
- energian hinta
  - säästettävä energia, käyttökustannukset
- poisto- ja tuloilman keskinäinen etäisyys
- laitteiston koko
  - lämmöntalteenottolaite, kanavistot eristyksineen
- erityisjärjestelyt puhdistuksen suhteen
  - suodatukset, pesujärjestelyt viemäröinteineen ja jätteenkäsittelyineen
- tarvittavat LTO-laitteen erityismateriaalit
- käytettävissä olevat tilat
- käytettävissä olevat puhallinpaineet
  - usein puhallinmoottori pitää uusia lisääntyneen painehäviön takia
- lämmön käyttökohteen soveltuvuus
  - energiankulutus ja sen samanaikaisuus talteen otetun lämmön kanssa, lämpötilataso



# Eri kohteisiin sopivat lämmöntalteenottolaitteet



## Tarve tai sovellusolosuhde

Ahtaat tilat

Poisto- ja tuloilma erillään

Edullinen lämpöpinta

Korkea hyötysuhde  
(kallis energia, pitkä käyttöaika)

Puhdistus edellyttää irrottamista

Poistoilman epäpuhtaus kuiva pöly

E erityisen likaava poistoilma

Halutaan kosteuden siirtoa

Poisto ei saa sekaantua tuloilmaan

## Sopiva laitetyyppi

Nestekiertoiset tai lämpöputkipatterit

Nestekiertoiset patterit

Levylämmönsiirrin

Regeneraattori

Lämpöputkipatteri, sektoroitu regeneraattori

Regeneraattori, neulalämmönsiirrin

Levylämmönsiirrin + puhdistuslaitteet,  
lämpöputkilämmönsiirrin

Regeneraattori

Nestekiertoiset patterit, lämpöputkipatterit  
kaksoisväliseinällä



# Asiantuntijan energiatehokkuusvinkit 1/3

## □ Juuri sopiva lämpötila

Liian korkea lämpötila lämmityskaudella tuhlaa energiaa. Asteen nousu lämpötilassa lisää lämmitysjärjestelmän energiankulutusta 4–5 %. Liika lämpö heikentää myös sisäilman laatua.

## □ Tarpeen mukaan

Tarpeettoman suuri ilmanvaihto kuluttaa energiaa ja aiheuttaa viihtyvyyshaittoja. Toisaalta ilmavaihto ei saa alittaa määräysten, viihtyisyyden ja rakenteiden toiminnan kannalta riittävää minimitasoa. Paras energiatalous saavutetaan, kun ilmavaihtoa ohjataan todellisen tarpeen mukaan ja kun ilmavirrat ovat tilojen epäpuhtauksiin ja lämpökuormiin nähden riittävät.

## □ Käyntiajat kuntoon

Ilmanvaihdon käyntiajat tulee valita siten, että tarpeetonta ilmanvaihtoa vältetään silloin, kun tilat eivät ole käytössä. Silloinkin on kuitenkin huolehdittava esimerkiksi rakennuksesta itsestään syntyvien epäpuhtauksien ja haihtuvien liuottimien poistamisesta suositusten ja määräysten mukaisesti. Tarpeenmukaisen ohjauksen voi toteuttaa myös tilakohtaisesti.



# Asiantuntijan energiatehokkuusvinkit 2/3

## ☐ Lämpö talteen ja hyödyksi

Ilmanvaihtojärjestelmän läpi virtaavan ilman lämmittämiseen kuluvasta energiasta voidaan palvelusektorin rakennuksissa saada hyödyksi lämmöntalteenoton avulla vuositasolla noin 50-75 %. Teollisuuskohteissa on mahdollista saada korkeampikin vuosihyötysuhde, sillä lämpötilat ovat usein korkeammat.

## ☐ Puhaltimen sähkönkäyttö kuriin

Ilmanvaihto kuluttaa merkittävästi sähköä. Puhaltimien sähkönkulutus riippuu mm. järjestelmän painetasosta, kanaviston ja puhaltimien mitoituksesta ja lopullisesta asennuksesta, puhaltimen toimintapisteestä, säätötavasta ja ilmavirtojen likaisuudesta.





# Asiantuntijan energiatehokkuusvinkit 3/3

## □ Kanaviston painetaso kohdilleen

Ilmavirtojen tulee vastata todellista tarvetta eli tilojen käyttötarkoitusta ja kuormitusta sekä täyttää määräyksissä esitetyt minimivaatimukset. Ilmavirtojenmuutokset tulee aina suunnitella ja toteuttaa alan ammattilaisten toimesta. Ilmavirtojen säädössä kanaviston oikealla painetasolla on oleellinen merkitys. Paine saadaan mahdollisimman alhaiseksi, kun järjestelmässä ei ole tarpeettomia kuristuksia, suunnanmuutoksia yms. ja kanavisto on oikein rakennettu. Esimerkiksi vanhat, käytöstä poistetut kostuttimet ja jälkilämmityspatterit aiheuttavat tarpeetonta painehäviötä ja ne on syytä poistaa. Tämän jälkeen ilmavirrat on säädettävä kohdalleen.

## □ Kanaviston puhdistus ja säännöllinen huolto

Säännöllinen kanavistojen ja laitteiden puhdistus parantaa sisäilmastoa ja energiataloutta. Puhaltimien ja muiden järjestelmän osien säännöllinen huolto on välttämätöntä ilmanvaihdon oikean toiminnan ylläpitämiseksi.



# Ilman epäpuhtaudet kuriin

Teollisuudessa ilman epäpuhtauksien (kuten käryjen, pölyn tai hajujen) leviäminen ei-toivotuille osastoille heikentää merkittävästi työskentelyn olosuhteita ja aiheuttaa ongelmia tuotannolle ja tuotteiden laadulle.

Likainen ilma virtaa puhtaaseen tilaan yleensä tilojen paine-erojen vuoksi.

## Pohdi:

- toimiiko poistot suunnitellusti?
- sopiiko nykyisen lämmöntalteenoton sijaan käyttötarkoitukseen joku toinen, paremmin likaantumista kestävä tai helpommin puhdistettava LTO-ratkaisu?
- puhdistetaanko suodattimet säännöllisesti?
- onko käytössä oleva suodatinratkaisu toimiva?
- voiko tuloilman määrää lisätä, jos poistoilmaa on lisätty?



# Eroon vetoisuudesta

**Vetoiset paikat sisätiloissa ovat usein merkki alipaineesta, joka syntyy kun tiloista poistetaan ilmaa enemmän kuin sinne johdetaan tuloilmaa. Liiallinen alipaine heikentää energiatehokkuutta.**

## 1) Etsi lämpötilaeroja

Mittaa sisälämpötilat eri tiloista. Jos lämpötilat ovat normaalitasolla, etsi paikkoja, joissa ilma liikkuu voimakkaasti tai pintoja, joiden lämpötila on alhainen. Esim. hormiveto voi aiheuttaa voimakasta ilman liikettä tiloissa, joissa ovet ovat paljon auki, tila on korkea ja sen yläosassa on epätiiviyksiä.

## 2) Ota avuksi välineistö

Tärkeitä apukeinoja veto-ongelmien havainnoinnissa ovat

- merkkisavut,
- pintalämpömittari ja
- lämpökamera.

## 3) Löydä sopiva ratkaisu

Lääkkeitä vetoon ovat kylmien pintojen lisäeristykset tai tiivistykset, ilmavirtauksien uudelleen suuntaaminen, vetoisuudelta suojautuminen.



# Automaatio auttaa käytössä ja ohjauksessa

Älykkäät automaatiojärjestelmät ja laiteratkaisut tuovat uusia mahdollisuuksia ilmanvaihtojärjestelmien ohjaukseen ja energiatehokkuuden parantamiseen.

Rakennusautomaatiojärjestelmä kuuluu kiinteistön ylläpidon ja huollon tärkeimpiin työkaluihin. Sen ohjelmistot ja automaattiset toiminnot varmistavat ilmanvaihdon toiminnan kokonaisuuden kannalta oikein ja energiatehokkaasti.

Rakennusautomaatiojärjestelmä tarvitsee hyvin suunnitellun ja toteutetun käyttöliittymän, johon kannattaa tuoda kaikki ilmanvaihtojärjestelmän toiminnan seurannan vaatimat mittaus-, säätö-, asetusarvo-, valvonta- ja hälytyspisteet. Näin LVISJ-prosessien kokonaiskuva hahmottuu ja virhetoiminnot havaitaan helposti.

Trendi- ja historiaseurantaohjelmistot mahdollistavat järjestelmien toiminnan pitkäjänteisen seuraamisen. Analysoimalla trendejä voi havaita toiminnallisia puutteita ja virhetoimintoja, jotka jäävät huomaamatta hetkellisessä tarkastelussa. Kaikkiin LVISJ-prosesseihin tulee asettaa trendiseuranta seuraamaan prosessiin vaikuttavia asetusarvoja, säätöviestejä, mittauksia ja laitteiden tilaa osoittavia tietoja.



# Tarkistuslista

<p><b>1) ILMANVAIHDON OHJAUS</b> Tarkista toiminnan tarpeen- mukaisuus tuotannon aikana ja tuotantotuntien ulko- puolella.</p>	<p><b>2) ASETUSARVOT JA TOTEUMA</b> Vertaa ilmanvaihdon asetus- arvoja, mittausarvoja ja tilojen todellisia lämpötiloja.</p>	<p><b>3) LÄMMITYS/JÄÄHDYTYS- PIIRIT</b> Tarkista ilmanvaihdon lämmitys- ja jäähdytyspiirien meno-lämpötilan säätötavat ja niiden toimivuus.</p>	<p><b>4) LTON:n KIERTOPIIRIT</b> Tarkista lämmöntalteenoton kiertopiirien paluulämpötilat, glykolipitoisuus, paine ja virtaussäätötavat.</p>
<p><b>5) ILMATASE</b> Tarkastele ilmatasetta kokonaisuutena ja eri tilojen välillä. Vertaa havaintoja mahdollisiin ilmanlaatu- tai alipaineongelmiin. Katso samassa yhteydessä rakenteiden ilmapuodot/ tiiveys.</p>	<p><b>6) ILMAJAKO JA PAINETASOT</b> Tutki ilmanjakoa eri alueilla ja sen toimivuutta ilman- laadun ja lämmönjaon näkökulmasta.</p>	<p><b>7) LÄMPÖVUODOT</b> Etsi mahdolliset rakenteiden lämpövuotokohdat lämpökameralla.</p>	<p><b>8) POISTOILMAN LÄMPÖVIRRRAT</b> Tarkasta prosessi- ja yleisilmanvaihdon poistoilmojen lämpövirrat ja laske lämmön talteenoton potentiaali.</p>
<p><b>9) ILMANLAATU JA SUODATUS</b> Tarkastele poistoilman laatua ja suodatuksen toimivuutta. Voiko poistoilman palauttaa alipaineiseen tilaan?</p>	<p><b>10) LÄMMÖNTALTEENOTTO JA SUODATUSTARPEET</b> Selvitä mahdolliset lämmöntalteenoton hyödyntämiskohteet ja toteutusmahdollisuudet ja suodatustarpeet.</p>	<p><b>11) KUNNOSSAPITO- HAVAINNOT</b> Listaa ilmanvaihdon kunnossapitohavainnot ja toimimattomat laitteet ja tarkastele niiden vaikutuksia energiatehokkuuteen.</p>	<p><b>12) SEURANNAN KEHITTÄMINEN</b> Mieti, miten järjestelmän toiminnan ja energia- tehokkuuden seuranta on mahdollista kehittää niin, että sen toiminnan tilaa olisi helppo seurata.</p>

Tämä aineisto on laadittu osana  
"Teollisuuskiinteistöjen ilmanvaihdon  
energiatehokkuus" -hanketta. Motivan  
koordinoimaan hankkeeseen osallistuivat  
Beckhoff Automation Oy, Corenso United Oy Ltd,  
Nokian Renkaat Oyj, Retermia Oy, TECA Oy ja  
Valmet Technologies Oy. Hanketta rahoittivat  
Energiavirasto ja hankkeeseen osallistuneet  
yritykset.

[www.motiva.fi/teollisuuden-ilmanvaihto](http://www.motiva.fi/teollisuuden-ilmanvaihto)



Motiva Oy | PL 489, 00101 HELSINKI | [www.motiva.fi](http://www.motiva.fi)