

Sami Hassinen

TEOLLISUUSKOHTEEN LVI-
KUNTOARVIO SEKÄ
ENERGIANSÄÄSTÖ-
MAHDOLLISUUDET

Opinnäytetyö
Talotekniikka

2017



**Kaakkois-Suomen
ammattikorkeakoulu**

| Tekijä/Tekijät | Tutkinto | Aika |
|--|-----------------|--------------------------|
| Sami Hassinen | Insinööri (AMK) | Toukokuu 2017 |
| Opinnäytetyön nimi | | |
| Teollisuuskohteen LVI-kuntoarvio sekä energiansäästömahdollisuudet | | 69 sivua 7 liitesivua |
| Toimeksiantaja | | |
| Okun Koneistuspalvelu Oy | | |
| Ohjaaja | | |
| Mika Kuusela | | |
| Tiivistelmä | | |
| <p>Opinnäytetyön tavoitteena oli toteuttaa LVI-kuntoarvio Okun Koneistuspalvelu Oy:n Sätöksentien yksikölle ja samalla kartoittaa kiinteistölle erilaisia energiansäästämahdollisuuksia. Energiatehokkuus ja energiansäästö ovatkin tällä hetkellä keskeisimpiä puheenaiheita teollisuuden kannattavuuden parantamisessa, joten opinnäytetyö oli todella ajankohtainen. Ennen tätä opinnäytetyötä kiinteistölle ei ollut suoritettu LVI-kuntoarviota, kuten ei myöskään merkittäviä energiatehokkuuden parantamiseen tähtääviä toimenpiteitä.</p> <p>Opinnäytetyössä selvitettiin ratkaisuja, joilla kiinteistön nykyistä energiankäyttöä voitaisiin tehostaa sekä lisäksi kartoitettiin uusien järjestelmä- ja laiteratkaisuiden, kuten poistoilmalämpöpumpun, ilma-ilma-lämpöpumpun, teollisuusilmaverhon ja emulsiosumuerottimen hankintojen kannattavuuksia. Näiden toimenpiteiden tavoitteena olisi saada aikaan kustannussäästöjä, parantaa kiinteistön energiatehokkuutta sekä pidentää rakennuksen käyttöikä.</p> <p>Tutkimusmenetelmänä LVI-kuntoarvion osalta käytettiin silmämääräistä arviointia sekä hyödynnettiin saatuja dokumentteja LVI-järjestelmiin liittyen. Saatujen tulosten perusteella LVI-järjestelmistä annettiin korjaussuosituksia, mikäli niissä ilmeni puutteita tai korjaustarvetta.</p> <p>Laskelmien perusteella sekä LVI-järjestelmien päivittämisellä kiinteistön lämmitysenergiankulutus olisi pienennettävissä yli puoleen nykyisestä tilanteesta, mikäli laskelmissa esitetyt järkevän takaisinmaksuajan puitteissa olevat laitteet investoitaisiin kiinteistöön. Uusien järjestelmien avulla vuotuiset energiansäästöt nousisivat tuhansiin euroihin verrattuna nykyiseen tilanteeseen.</p> | | |
| Asiasanat | | |
| Kuntokartoitus, energiansäästö, lämpöpumput, lämmitys, ilmanvaihto, vesijohdot, viemärointi | | |

| | | |
|--|-------------------------|-----------------------------------|
| Author (authors) | Degree | Time |
| Sami Hassinen | Bachelor of Engineering | May 2017 |
| Thesis Title | | |
| HVAC condition assessment and energy-saving potential in industrial building | | 69 pages 7 pages of appendices |
| Commissioned by | | |
| Okun Koneistuspalvelu Oy | | |
| Supervisor | | |
| Mika Kuusela | | |
| Abstract | | |
| <p>The purpose of this bachelor's thesis was to carry out a HVAC condition assessment and at the same time search energy-saving opportunities for the property. Energy efficiency and energy saving are now the most important topics in improving the profitability of the industry. Before this thesis, there has not been completed HVAC condition assessment for this building, so the systems condition was unknown. In addition, no significant measures to improve energy efficiency had been made.</p> <p>The primary goal of the thesis was to find out possible solutions to extend the building's life and as well to find out some solutions to improve energy efficiency. The research methods of the HVAC condition assessment were based on documents received and visual estimation.</p> <p>Improving energy efficiency, this thesis went through a variety of solutions to the energy efficiency of existing systems and facilities could be improved. In addition, the work looked at a variety energy saving systems such as heat pumps, industrial air curtains and emulsion separators which could be used to lower energy consumption.</p> <p>Building heating energy consumption could be reduced by more than half of the current situation, if the air-to-air heat pump and industrial air curtain would be installed. In addition, that equipment have also reasonable payback time. With the help of new systems, the annual energy savings would raise to thousands of euros compared to the present situation, so the installation of the systems would be very sensible.</p> | | |
| Keywords | | |
| Condition assessment, energy-saving, heat pumps, heating, ventilation, water pipes, sewerage | | |

SISÄLLYS

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | JOHDANTO..... | 7 |
| 2 | KOHDERAKENNUKSEN KUVAUS..... | 7 |
| 2.1 | LVI-järjestelmät..... | 8 |
| 2.2 | Energiankulutus..... | 8 |
| 3 | LVI-KUNTOARVIO..... | 10 |
| 3.1 | Kuntoarvion toteutus..... | 11 |
| 3.2 | Kunnossapitosuunnitelma..... | 12 |
| 3.3 | Kuntoluokat..... | 12 |
| 4 | ENERGIANKÄYTÖN TEHOSTAMINEN..... | 13 |
| 4.1 | Rakenteet..... | 15 |
| 4.2 | Lämmitys..... | 16 |
| 4.3 | Käyttövesi..... | 20 |
| 4.4 | Ilmanvaihto..... | 21 |
| 4.5 | Valaistus ja jäähdytys..... | 23 |
| 4.6 | Kiinteistöautomaatio..... | 24 |
| 4.7 | Prosessilaitteet ja tehdaspalvelujärjestelmät..... | 25 |
| 4.8 | Kiinteistöjen energiatehokas käyttö..... | 28 |
| 5 | ERILAISET ENERGIANSÄÄSTÖRATKAISUT..... | 28 |
| 5.1 | Lämpöpumput..... | 28 |
| 5.1.1 | Poistoilmalämpöpumppu..... | 31 |
| 5.1.2 | Ilma-ilma-lämpöpumppu..... | 32 |
| 5.2 | Teollisuusilmaverho..... | 36 |
| 5.3 | Emulsiosumuerotin..... | 38 |
| 6 | LVI-JÄRJESTELMIEN KUNTOARVIO..... | 39 |
| 6.1 | Lämmitysjärjestelmät..... | 39 |

| | | |
|-------|------------------------------------|----|
| 6.1.1 | Lämmitysjärjestelmä | 39 |
| 6.1.2 | Lämmöntuotanto ja -jakelu | 42 |
| 6.2 | Vesi- ja viemärijärjestelmät | 43 |
| 6.2.1 | Vesijohdot | 43 |
| 6.2.2 | Vesi- ja viemärikalusteet | 44 |
| 6.2.3 | Viemärit | 44 |
| 6.2.4 | Salaojajärjestelmä | 45 |
| 6.3 | Ilmanvaihtojärjestelmät | 46 |
| 6.3.1 | Ilmanvaihtokone | 46 |
| 6.3.2 | Kanavistot | 46 |
| 6.3.3 | Päätelaitteet | 48 |
| 6.3.4 | Säätölaitteet | 48 |
| 6.4 | Paineilmajärjestelmä | 48 |
| 7 | ENERGIANSÄÄSTÖTOIMENPITEET | 49 |
| 7.1 | Poistoilmalämpöpumppu | 49 |
| 7.1.1 | Rahallinen säästö | 52 |
| 7.1.2 | Takaisinmaksuaika | 52 |
| 7.2 | Ilma-ilma-lämpöpumppu | 53 |
| 7.2.1 | Rahallinen säästö | 54 |
| 7.2.2 | Takaisinmaksuaika | 55 |
| 7.3 | Teollisuusilmaverho | 56 |
| 7.3.1 | Rahallinen säästö | 58 |
| 7.3.2 | Takaisinmaksuaika | 58 |
| 7.4 | Emulsiosumuerotin | 58 |
| 7.4.1 | Rahallinen säästö | 60 |
| 8 | JOHTOPÄÄTÖKSET | 61 |
| 9 | POHDINTA | 62 |
| | LÄHTEET | 64 |
| | KUVALUETTELO | 67 |
| | TAULUKKOLUETTELO | 69 |

LIITTEET

Liite 1. Kiinteistön asemapiirros

Liite 2. Toshiba Super Digital RAV-SP804ATP-E -ulkoyksikön tekniset tiedot

Liite 3. Toshiba Digital RAV-SM806KRT-E seinäyksikön tekniset tiedot

Liite 4. Toshiba Digital RAV-SM806BTP-E sisäyksikön (puhallinmalli) tekniset tiedot

Liite 5. Induvent SU 6.0 teollisuusilmaverhon tekniset tiedot

Liite 6 FX 5002 emulsiosumuerottimen tekniset tiedot

Liite 7 LVI-tekniikan PTS

1 JOHDANTO

Energiatehokkuus ja energiansäästö ovat yksi keskeisimpiä puheenaiheita teollisuuden kannattavuuden parantamisessa. Energiansäästöön liittyvät toimet tuovat kustannussäästöjä ja ne ovat yleensä kannattavia toimenpiteitä yrityksen talouden parantamisessa. Innovatiivisten järjestelmäratkaisujen sekä teknologiakehityksen ansiosta investoinnit ovat pysyneet lisäksi kohtuullisina.

Energiatehokkuus kiinteistössä voidaan varmistaa päivittämällä LVI-järjestelmät nykypäivään sekä hyödyntämällä markkinoilla olevia lukuisia lämmöntalteenotto-ratkaisuja. Yleensä energiatehokkuustoimet maksavat itsensä nopeasti takaisin, joten energiankäytön tehostamisella saadut hyödyt ovat moninkertaisia. Erilaiset järjestelmä- ja laiteratkaisut, energiankulutuksen ohjaaminen juuri todellisen käyttötarpeen mukaisesti sekä hukkalämpövirtojen hyödyntämisen tehostaminen ovat varteenotettavia mahdollisuuksia teollisuuden parissa. Energiatehokkuudenparantamisessa ei tule myöskään unohtaa käyttötottumuksien muuttamista, joka on yksi kannattavimmista energiatehokkuustoimenpiteistä. /1, s. 3./

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on kartoittaa teollisuuskiinteistön LVI-järjestelmien tämän hetkinen kunto sekä selvittää erilaisia energiansäästömahdollisuuksia tehdasrakennukselle. Kohderakennuksen LVI-järjestelmien tämän hetkinen kunto on arvoitus, koska rakennusta on laajennettu useaan kertaan, eikä tehdyistä LVI-järjestelmien muutoksista ole kunnollista tietoa saatavilla. Energiansäästömahdollisuuksien kartoituksella pyritään löytämään keinoja ottaa lämmitysenergiaa talteen, joita runsaat kohdepoistot puhaltavat tällä hetkellä ulos. Tämän lisäksi lämmitysenergiankulutuksen pienentämiseen pyritään löytämään ratkaisuja. Näiden toimenpiteiden tavoitteena on saada kustannussäästöjä sekä pidentää rakennuksen käyttöikä.

2 KOHDERAKENNUKSEN KUVAUS

Kuntoarvioinnin kohteena on vuonna 1985 valmistunut teollisuuskiinteistö Outokummun Sätöksessä. Rakennusta on laajennettu rakentamisvuoden jälkeen kaikkiaan 5 kertaa, joten kiinteistön rakennusosat ovat hyvinkin eri-ikäisiä. Pinta-alaa

Kiinteistöllä on nykyisin 2152 m² ja tilavuutta 8168 m³. Julkisivut sekä katto ovat muovipinnoitettua profiilipeltiä ja perustukset ovat betonia. Teollisuuskiinteistö sisältää toimisto- ja sosiaali-tilat, koneistamon, hiomon, varastotilat sekä kokoonpanotilan. Opinnäytetyön liitteessä yksi on nähtävissä kohteen asemapiirros.

Kohteesta oli käytettävissä Outokummun kaupungin teknisen viraston arkistoon tallennettuja piirustuksia. Tehdyt toimenpiteet sekä korjaushistoria perustuvat saaduille tiedoille. Kiinteistön huoltotoimet ovat järjestetty ulkopuolisen huoltoliikkeen toimesta ja erityisosaamista vaativissa töissä on käytetty ulkopuolisten urakoitsijoiden palveluita.

2.1 LVI-järjestelmät

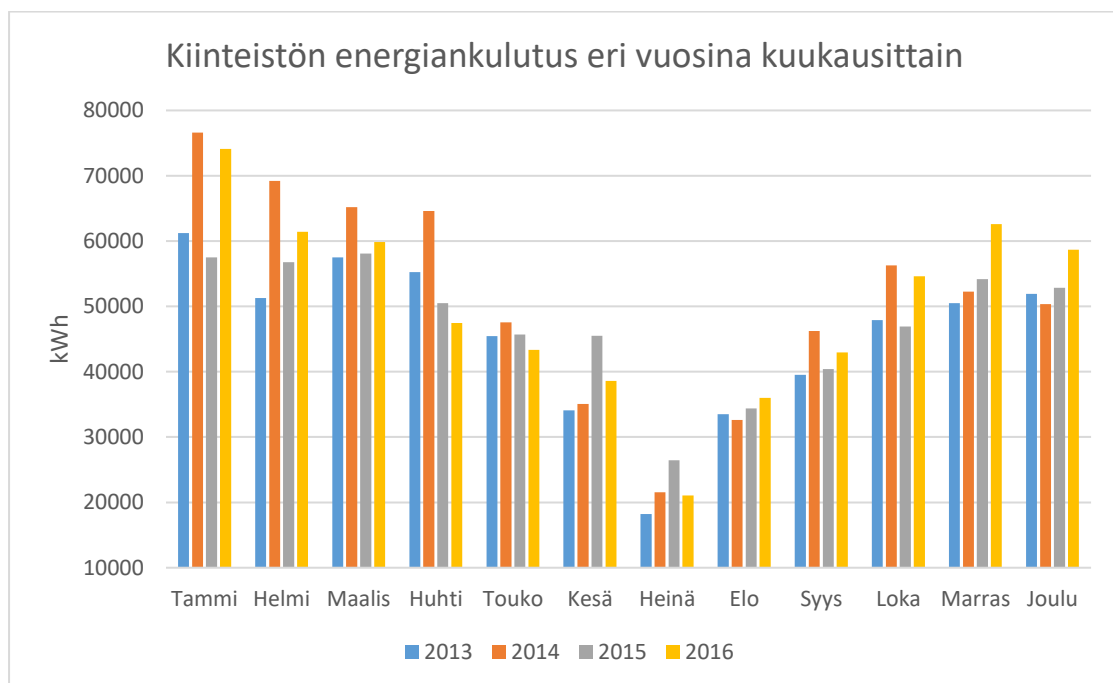
Kiinteistön lämmitys toimisto- ja sosiaali-tilojen osalta on toteutettu sähkölattialämmityksellä sekä ilmalämpöpumpuilla ja muiden tilojen osalta koneistusyksiköt ja sähköpuhaltimet lämmittävät tilat. Kiinteistö on liitetty Outokummun vesiosuuskunnan vesijohtoverkostoon. Viemärointi on toteutettu omaan käsittelyjärjestelmään. Vesijohdot ovat kuparia ja viemärit muovia.

Toimisto- sekä sosiaali-tiloissa on koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmä. Muissa tiloissa on koneellinen poistoilmanvaihtojärjestelmä rakentamivuosilta. Tuloilma on järjestetty ikkunoihin, seiniin ja kattoihin asennetuilla korvausilmaventtiileillä.

2.2 Energiankulutus

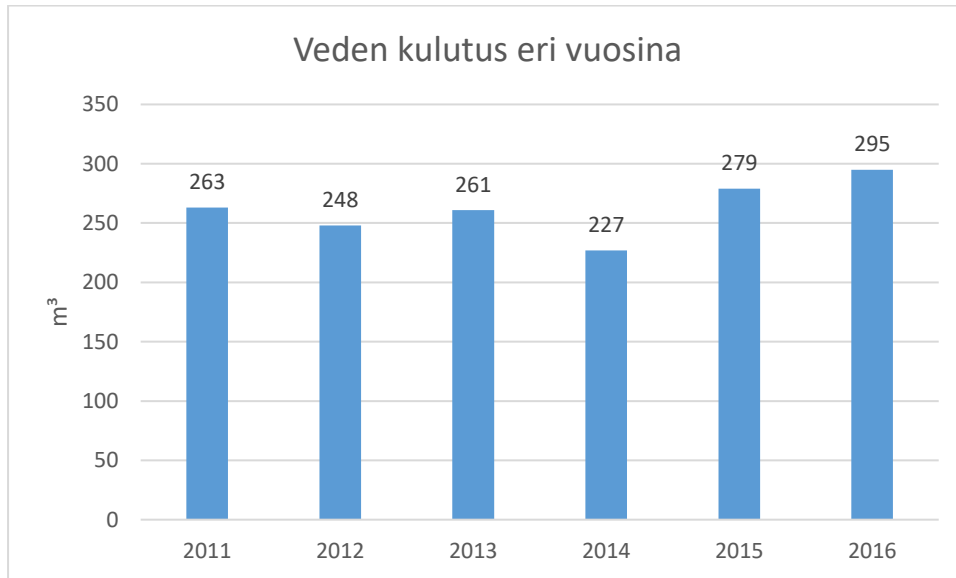
Kiinteistön kokonaissähkökulutuksesta (taulukko 1) sekä veden kulutuksesta (taulukko 2) oli käytettävissä useamman vuoden kulutustietoja, joita pystyin opinnäytetyössä hyödyntämään. Rakennukseen on tehty joitakin energiataloutta parantavia toimenpiteitä, kuten ilmalämpöpumppujen asennus toimistotiloihin sekä valaistuksen uusiminen led-valaistukseen koko kiinteistöön. Energiatodistusta kiinteistölle ei ole kuitenkaan laadittu.

Taulukko 1. Kiinteistön koko energiankulutus eri vuosina ja kuukausina



Ensimmäisestä taulukosta voidaan huomata, kuinka eri vuosien lämmitysenergiantarpeet ovat vaikuttaneet kiinteistön energiankulutukseen siten, että kylmimpinä talvina lämmitysenergiantarve on suurempi ja leudoimpina talvina taas pienempi. Kesäkuukausia tarkastellessa kiinteistön energiankulutus on pysynyt melko tasaisena eri vuosien välillä. Huomattava notkahdus heinäkuun energiankulutuksessa verrattuna muihin kesäkuukausiin selittyy työntekijöiden kesäloilla. Poikkeamia energiankulutuksissa kuukausien ja vuosien välillä selittävät myös tuotannolliset syyt, koska koneistusyksiköitä käytetään vaihtelevasti.

Taulukko 2. Kiinteistön veden kulutus kuutioina eri vuosina



Toisesta taulukosta voidaan nähdä, että kiinteistön veden kulutuksen osalta merkittävää vaihtelua eri vuosien välillä ei ole tapahtunut. Vuosina 2015 ja 2016 veden kulutus on kuitenkin kasvanut edellisvuosiin verrattuna, mutta tämän selittää vedenkulutuksen käyttötottumukset.

3 LVI-KUNTOARVIO

Kuntoarviolla tarkoitetaan kiinteistön rakennusosien, tilojen, järjestelmien, laitteiden ja ulkoalueiden kunnon selvittämistä aistinvaraisin menetelmin ilman, että materiaaleja ja rakenteita joudutaan rikkomaan. Olemassa olevilla dokumenteilla ja asiakirjoilla sekä tarvittaessa mittauksilla rakenteita rikkomatta voidaan täydentää kuntoarvioraportin sisältöä. Mahdollisia piileviä puutteita ei kuntoarvion suorittamisessa voida kuitenkaan todeta, joten jossain tapauksissa voidaan suositella kuntotutkimuksen tekemistä. Kuntoarvioraportissa esitetään pääasiassa isoja korjaus- ja kunnossapitotoimenpiteitä, kuten vesijohtoverkoston tai vesikalusteiden uusiminen. Tyypillisesti kiinteistön kuntoarvio käsittää rakennus-, LVI- ja sähkötekniikan, mutta tässä opinnäytetyössä perehdytään pelkästään LVI-tekniikkaan. /3, s. 1./

Kiinteistön kuntoarvion tavoitteena on pidentää rakennuksen käyttöikää, jolloin rakennuksen arvo säilyy sekä sen käytettävyys paranee. Säännöllisin väliajoin

suoritetun arvion avulla kiinteistön arvosta, energiatehokkuudesta ja teknisestä kunnosta saadaan kokonaiskuva, jolloin tarvittavat korjaustoimenpiteet voidaan ajoittaa oikein. /2, s. 1./

3.1 Kuntoarvion toteutus

Kuntoarvion toteuttamisessa tarkistetaan kaikki kiinteistön kunnan ja korjaustarpeiden kannalta keskeiset osa-alueet. Kuntoarvioon voidaan lisäksi erikseen sovitessa sisällyttää kiinteistön viihtyisyyteen, toiminnallisuuteen ja muunneltavuuteen liittyviä selityksiä. Täydellisessä kuntoarviossa kiinteistöstä tarkastetaan:

- Rakennus-, LVIA- ja sähkötekniiset järjestelmät
- Energiatalous
- Terveys- ja turvallisuusriskit
- Kiinteistön ylläpidon ja hoidon kehitystarpeet

Kuntoarvion toteuttamisen vaiheita ovat kiinteistötarkastukseen valmistautuminen, joka sisältää muun muassa ennakkosuunnittelua. Toisena vaiheena on lähtötietojen kerääminen kohderakennuksesta sekä tietojen läpikäyminen. Seuraavana käyttäjäkysely, jonka jälkeen kiinteistötarkastusta ja kuntoarviota voidaan lähteä toteuttamaan. Lopuksi raportin laatiminen ja sen luovuttaminen tilaajalle.

Varsinainen kuntoarvion etenemisjärjestys on seuraava:

1. Havaintojen tekeminen
2. Ongelmien ja niiden syiden arvioiminen
3. Riskien arvioiminen
4. Johtopäätösten tekeminen
5. Toimenpide-ehdotukset

Näiden tietojen pohjalta voidaan aloittaa kuntoarvioraporttia toteuttamaan, jossa tuodaan esille asioiden tärkeysjärjestys ja tarkoituksenmukainen toteutusjärjestys, kuten

- Terveellisyyteen ja turvallisuuteen vaikuttavat tekijät
- Korjauskustannuksiltaan suurimmat rakenteiden tai rakennusosien vauriot

- Vauriot, jotka aiheuttavat rikkoontuessaan merkittäviä riskejä kiinteistölle /3, s. 4./

3.2 Kunnossapitosuunnitelma

Kunnossapitosuunnitelma eli pitkän tähtäimen suunnitelma (PTS) on kuntoarvion laatijan tekemä suunnitelma, joka sisältää suositeltavien korjaus- ja kunnossapitotoimenpiteiden määrittelyn, ajoituksen sekä kustannusennusteen tyypillisesti seuraavan 10 vuoden ajalle. Tätä suunnitelma voidaan käyttää sitten korjausaikataulun suunnittelussa hyväksi. /3, s. 1./

Kiinteistön pitkän tähtäimen suunnitelma pohjautuu kontrolloituun kiinteistön ylläpitoon, huoltoon sekä korjauksiin. Kiinteistön PTS on keskeisiä työkaluja hallitun kiinteistön ylläpidossa. /4/. Kunnossapitosuunnitelman tavoitteena on taata, että jatkuva kunnossapito ja korjaukset toteutetaan oikeassa järjestyksessä siten, että hankkeet eivät ajaudu päällekkäin ja etteivät kustannukset kasva edes hetkellisesti kohtuuttomiksi /5/.

3.3 Kuntoluokat

Kiinteistön kuntoluokat ovat arvioita kiinteistön kunnosta, ja ne kertovat korjaustarpeen kiireellisyydestä. Kuntoluokalla voidaan määrittää yksittäisen järjestelmän, laitteen tai sen osan kunto. Luokituksen avulla rakennuksia ja rakennusosia voidaan verrata keskenään toisiinsa. Mikäli tarkastettavan kohteen kuntoa ei voida määrittää luokituksen mukaisesti, tästä tulee ilmoittaa tilaajalle erikseen sekä asia tulee selvittää kuntoarvioraportissa.

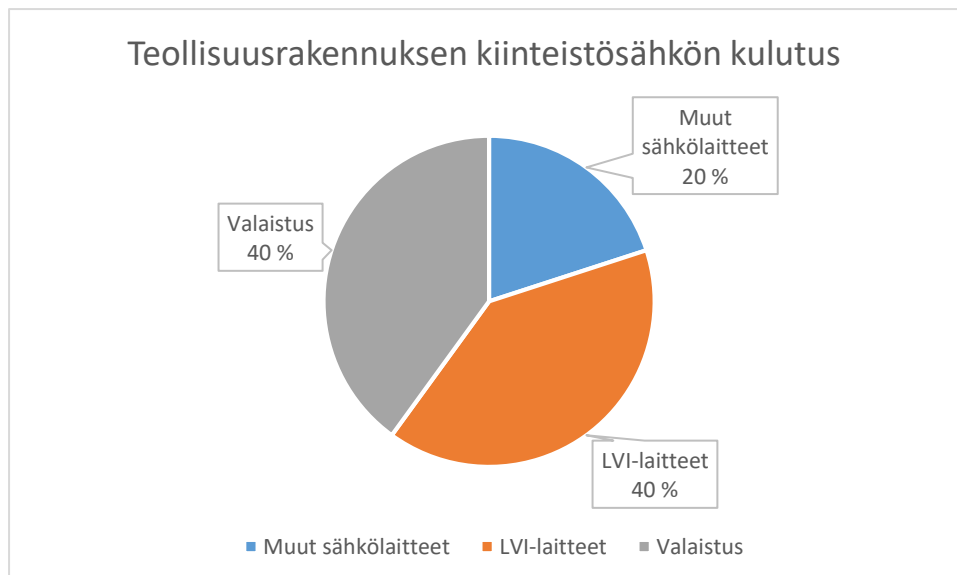
Kuntoluokkakriteerit perustuvat 5-portaiseen luokitukseen, jossa arvosana kertoo korjaustarpeen kiireellisyyttä. Kuntoluokkakriteerejä luetaan ylhäältä alaspäin eli 5-luokasta kohti 1-luokkaa. 5-luokka on paras mahdollinen arvosana rakennusosalla tai tekniselle järjestelmällä ja 1-luokka huonoin. /6, s. 2./ Taulukossa 3 on nähtävissä eri kuntoluokat sekä niiden kuvaukset.

Taulukko 3. Kuntoluokat /6, s. 2/

| Kuntoluokka | Kuvaus |
|-------------|--|
| 5 | uusi, ei toimenpiteitä seuraavan 10 vuoden kuluessa |
| 4 | hyvä, kevyt huoltokorjaus 6...10 vuoden kuluessa |
| 3 | tydyttävä, kevyt huoltokorjaus 1...5 vuoden kuluessa tai peruskorjaus 6...10 vuoden kuluessa |
| 2 | välttävä, peruskorjaus 1...5 vuoden kuluessa tai uusiminen 6...10 vuoden kuluessa |
| 1 | heikko, uusitaan 1...5 vuoden kuluessa |

4 ENERGIANKÄYTÖN TEHOSTAMINEN

Suomessa teollisuusrakennusten lämmitys käsittää yli neljäsosan maamme lämpöenergiankulutuksesta. Kiinteistösähkön osuus teollisuuskiinteistön sähköenergian koko kulutuksessa on osalla teollisuudenaloista jopa 70 %. Tämän takia teollisuusrakennuksen energiatehokkuuden parantamiseen on syytä kiinnittää huomiota. Kuvassa 1 on nähtävissä teollisuusrakennuksen kiinteistösähkönkulutuksen jakautuminen keskimäärin.



Kuva 1. Teollisuusrakennuksen kiinteistösähkön kulutus keskimäärin /1, s. 6/

Jokaisella teollisuuskiinteistöllä on oma kulutusprofiilinsa sähkö- ja lämmitysenergian osalta. Näiden tietäminen mahdollistaa energiatehokkuustoimenpiteiden kohdentamisen juuri oikeisiin kohteisiin. Suomen rakentamismääräyskokoelmissa annetaan ohjeita ja määräyksiä energiatehokkuudesta osissa D3 (energiatehokkuus), C3 (lämmöneristys) ja D2 (sisäilmasto ja ilmanvaihto). D2:ssa annetaan ulkoilmavirran ohjearvoksi työntekijää kohden esimerkiksi keskiraskaassa tehdastyössä 10 l/s/hlö, ilman maksiminopeudeksi työpisteellä talvella 0,25 m/s ja keuhällä 0,5 m/s sekä ohjeelliseksi sisäilman lämpötilaksi +17 °C.

Teollisuuskiinteistön rakenteiden lämmöneritystaso voidaan jättää rakentamismääräyksiä huonommaksi, mikäli tuotantoprosessit aiheuttavat niin suuren lämmityskuorman tiloihin, ettei muuta lämmitysenergiaa tarvita. Rakentamismääräysten mukaisista eristystasoista voidaan poiketa myös silloin, jos tilan lämpökuormat nostavat huomattavasti huoneen lämpötilaa lämmityskauden ulkopuolisena aikana ja lisäävät jäähdytyksen tarvetta kiinteistössä. /1, s. 3-5./

Keskeiset osa-alueet energiatehokkaan teollisuuskiinteistön suunnittelussa:

1. Ostoenergian tarve:

- Ostoenergian tarpeen pienentäminen → vähemmän hiilidioksidipäästöjä
- Suoran sähkölämmityksen ja fossiilisten polttoaineiden välttäminen
- Jäteilman tehokas hyödyntäminen ja tilojen viilennys vapaajäähdytyksellä

2. Tarpeenmukaiset ja ohjattavat järjestelmät:

- Energiatehokkaat valaistusratkaisut
- Ilmanvaihdon varustaminen lämmöntalteenotolla
- Lämpökuormien sekä siirto- ja kierrätysilman tehokas hyödyntäminen
- Energiatehokkaat lämmöntalteenotto- ja lämmityslaitteiden pumput säätöjärjestelmineen

- Vesikalusteiden virtaamien todentaminen normivirtaamia vastaaviksi
- Kiinteistöautomaatiojärjestelmä, joka mahdollistaa järjestelmien tarpeenmukaisen ja tehokkaan ohjauksen ja säädön

3. Energiatehokkaat rakenteet:

- Rakenteiden ilmatiiveyden ja lämmöneristävyyden varmistaminen
- Ylä- ja alapohjien liitosten, ovien sekä muiden rakenteiden kylmäsiltojen selvittäminen
- Ikkunoiden energiatehokkuus

4. Energiankulutuksen mittaus ja seuranta:

- Lämmöntuotannon vaatimat polttoaineet ja sähkö
- Laitteiden hyötysuhteiden seuranta
- Prosessien ja kiinteistön kuluttama sähkö
- Veden- ja lämmönkulutuksen mittaus
- Muut kulutusseurantajärjestelmät, joilla voidaan nopeuttaa reagointia ja tarvittavien toimenpiteiden kohdentamista. /1, s. 3-7./

4.1 Rakenteet

Teollisuuskiinteistöjen lämpöhäviöihin vaikuttaa eniten ilmanvaihdon lämpöhäviöt sekä lisäksi rakenteiden lämmöneristävyys, rakennusvaipan ilmatiiveys ja kylmäsiltoja. Nämä tekijät vaikuttavat merkittävästi heikentämällä tai parantamalla kokonaisuuden energiatehokkuutta. Kun vanhan rakennuksen vaipan ilmatiiviyttä tarkastellaan, tärkeimpiä huomioitavia tekijöitä ovat erilaisten ovien, ikkunoiden ja aukkojen tiiviys ja erilaisten suurten ovien (esimerkiksi nosto-ovet) käyttö. Laajamittainen lisälämmöneristys on järkevää yleensä toteuttaa erilaisten peruskorjaushankkeiden yhteydessä. Kun uutta rakennusta suunnitellaan ja rakennetaan, tärkeää on minimoida vaippa, välttää erilaisia kylmäsiltoja ja ottaa tulevat mahdolliset laajennukset huomioon jo ennakkoon. Tärkeää on myös miettiä erilaisia toimintatapoja, joilla kesän ajalle kohdistuvaa jäähdytystarvetta voidaan vähentää.

Lämmityskauden aikana merkittävää energiankulutusta voi aiheuttaa hallitsematon vuotoilmanvaihto. Lämmityskauden aikana toteutettavalla lämpökamerakuvausella voidaan päästä perille ulkovaipan ja sisäpintojen erilaisista lämpö- ja ilmavuodoista. Lisäksi voidaan helposti selvittää erilaiset kylmäsilat ja rakenteiden kosteusvauriot. /1, s. 8 – 10./

Rakennusvaipan tiiviiden kannalta tehokkain ja helpoin korjaus on ikkunoiden ja ovien uusiminen, jolloin tiiviyttä saadaan parannettua hyvin tiivistetyillä ovi- ja ikkuna-asennuksilla. Muita vaipan tiiviiden parantamismahdollisuuksia ovat pienillä purkutoimenpiteillä saatavien ilma- ja höyrysulkujen vuotokohtien tiivistäminen sekä betoni- ja betoniharkkojen sisäpuolinen tiivistäminen tasoitteella tai vuotavien halkeamien ja saumojen kittaus. /25, s. 9./

Rakennuksen energiakorjaus on yleensä kustannustehokkainta toteuttaa yleisen peruskorjauksen yhteydessä. Energiatehokkuuden lisäys saavutetaan tällöin melko kohtuullisen pienillä lisäinvestoinneilla, jolloin energiakorjauksen osuus jää elinkaaritaloudellisesti kannattavaksi. /25, s. 9./

4.2 Lämmitys

Teollisuuskiinteistön lämmitysenergia, jota kiinteistössä ja prosesseissa tarvitaan ovat mahdollista hankkia ostoenergiana, mutta yleensä kannattavinta energiatarpeen kattamiseksi on sen tuottaminen itse. Yrityksen tai kiinteistön itse tuottamasta lämmöstä aiheutuviin kustannuksiin vaikuttavat suuresti käytettävät polttoaineet ja tapa, jolla lämpöenergiaa tuotetaan.

Lämpöä tarvitaan teollisuudessa prosessia varten ja teollisuuden käyttämien tilojen lämmittämiseen. Monesti teollisuuskiinteistöjen lämmitykseen hyödynnetään kaukolämpöä, mutta läheskään aina sitä ei ole saatavilla, joten muiden energiatehokkaiden lämmöntuotantotapojen kartoittaminen on järkevää. Kuvassa 2 on nähtävissä erilaisten lämmitysjärjestelmien sopivuus teollisuuskiinteistöihin.

Erilaisten lämmitysjärjestelmien soveltuvuus teollisuuskiinteistöihin

● Vesikiertoinen
● Lämminilmakehitin

| | Patterit | Ilmalämmitys, keskuskoje | Ilmalämmitys, kiertoilmakoje | Kanavoitu | Ei kanavoitua |
|--------------------------------|----------|--------------------------|------------------------------|-----------|---------------|
| Hallin muoto | | | | | |
| Kapearunkoinen | × | × | × | | × |
| Leveärunkoinen | | × | × | × | |
| Matala | × | × | × | × | × |
| Korkea | | × | × | × | × |
| Suuri | | × | × | × | |
| Pieni | × | × | × | | × |
| Tuotannon vaatimukset | | | | | |
| Ilmassa epäpuhtauksia | | × | | × | |
| Lämpökuormia | × | × | × | × | × |
| Tarkat sisäilmastovaatimukset | | × | | | |
| Käyttöaika | | | | | |
| Pitkä, vuotuinen | × | × | × | × | × |
| Lyhyt, vuotuinen | | | × | × | × |
| Toimisto, sosiaalitalat | × | × | | | |

Kuva 2. Erilaisten lämmitysjärjestelmien soveltuvuus teollisuuskiinteistöihin /1, s. 11/

Useissa tapauksissa prosessia varten tarvittavan lämmön tuottamiseen soveltuu parhaiten höyry. Höyry tulee kuitenkin kehittää kulutuskohteen läheisyydessä, jotta verkostohäviöt voidaan minimoida. Sähkölämmitys puolestaan soveltuu puolestaan teollisuuden rakennuksen päälämmön lähteeksi todella huonosti.

Yrityksen omasta lämmöntuotannosta syntyviin kustannuksiin vaikuttavat suuresti lämmön tuotantotapa ja siinä apuna käytettävät polttoaineet. Erityisen hyvin teollisuuden lämmöntuotantoon sopivat polttoaineeksi maakaasu, turve, biopolttoaineet ja erilaiset omat sivutuotepolttoaineet. Jos yritys käyttää lämmöntuotannossaan fossiilisia polttoaineita, on sen tärkeää selvittää, voiko se mahdollisesti käyttää kotimaisia polttoaineita. Tilojen lämmitystä voidaan suorittaa hyvin pitkälle uusiutuvilla energianlähteillä, mutta osa prosessilämmityksestä tulee usein silti suorittaa fossiilisten polttoaineiden avulla. Jos yritys käyttää kotimaisia polttoaineita, tulee lämpölaitos mitoittaa sillä tavalla, että halvan polttoaineen hyötysuhde on mahdollisimman suuri vuosittaista energian tarvetta tarkasteltaessa. /1, s. 10 – 11./

Kun käytetään kaukolämmitystä, voidaan se yhdistää hybridilämmitykseksi muiden lämmöntuotantotapojen kanssa. Näin toimittaessa aurinko- tai maalämpöä tai erilaisia kiinteitä kotimaisia polttoaineita hyödynnetään lämpöä tuottaessa. Kiinteistöä lämmittäessä voidaan myös käyttää apuna hukkalämpöä, jota yrityksen prosessit tuottavat. Prosessissa syntyvä lämpö voidaan myös joskus varastoida seisokkiaikaista käyttöä varten lämpöakkuun.

Kun hyödynnetään suoraa sähkölämmitystä, käytetään lämmön tuottamiseen yleensä pattereita, jotka toimivat lämmönluovuttimina. Muissa tilanteissa lämpö täytyy siirtää pääasialliseen käyttökohteeseen eli yleensä johonkin huonetilaan siirtoputkistoja ja siirtokanavistoja apuna käyttäen. Lämmönsiirtoa varten tarvitaan pumppu, jonka hankintaan vaikuttaa merkittävästi koko pumppausjärjestelmä. Jos se ei ole energiatehokas, ei pumpun valinnalla saada erityistä hyötyä energiansäästön suhteen.

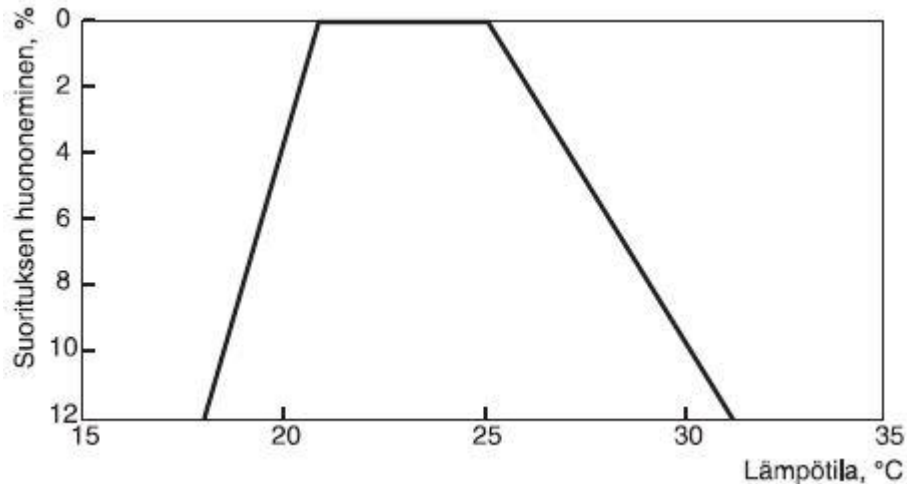
Lämmönsiirtoputkiston oikeanlaisessa mitoituksella voidaan vaikuttaa merkittävästi lämpöä siirtävän pumpun vaatimaan tehoon sekä kustannusten muodostumiseen. Tiukaksi mitoitettu putkisto säästää investointikustannuksissa, mutta se kasvattaa pumppauskuluja. Väljästi mitoitettu putkisto taas vähentää pumppauskuluja, mutta nostaa putkiston investointikustannuksia. Pumppujen energiatehokain säätötapa on hankkia se taajuusmuuttajalla varustettuna, jolloin pumpun pyörimisnopeutta säädetään muuttamalla syötetyn jännitteen taajuutta. Koska käyttökustannuksista muodostuu suurin osa pumpun elinkaarikustannuksista, pumpun hyötysuhteeseen on kannattavaa kiinnittää erityisesti huomiota. Huonolla hyötysuhteella varustettu pumppu kuluttaa käytön aikana moninkertaisesti investoinnissa säästyneet kustannukset

Lämmönjako kiinteistössä voidaan toteuttaa monella tapaa. Tyypillisiä ratkaisuja ovat lämminvesiverkostoon osaksi kytketyt lämpöpatterit, ilmanvaihtokoneiden lämpöpatterit, vesikiertoiset säteilylämmittimet ja kierrätysilmalämmittimet. Tuo-

tannon hukkalämmön talteenottojärjestelmät on mahdollista integroida vesikeskuslämmitykseen. Lisäksi oman höyryntuotannon verkostoa voidaan käyttää lämmönjakeluverkostona.

Sähkölämmityksessä käytettäviä laitteita ovat huonetilojen tai ilmvaihtokoneiden sähköpatterit, kierrätysilmapuhaltimien sähkö- tai säteilylämmittimet. Myös erilaisen muiden lämmittimien hyödyntäminen on mahdollista teollisuuskiinteistöissä, kuten öljy- ja kaasukäyttöisiä lämminilmakehittämiä tai säteilylämmittämiä. Säteilylämmittimien etuna on, että niiden avulla lämmitys voidaan kohdistaa juuri työpisteeseen. Näin toimittaessa voidaan alentaa ympäröivän ilman lämpötilaa. On myös hyvä muistaa, että ilmanvaihtokoneilla suoritettava ilmanlämmitys soveltuu paljon paremmin korkeisiin ja avoimiin tiloihin, kuin mataliin ja sokkeloisiin tiloihin. Pienissä kohteissa toimivat hyvin erilaiset lämminilmakehittimet, joiden lämmönluovutustehon tulee olla säädettävissä huoneilman lämpötilan perusteella. /1, s. 10 – 11./

Huonelämpötilan sekä muiden lämpöviihtyvyyteen vaikuttavien tekijöiden, kuten veto ja ilman liike, tulee olla tilan käyttäjien viihtyvyydelle ja terveydelle sopivat. Poikkeamat näissä aistitaan voimakkaasti ja ne aiheuttavat helposti valituksia. Lämpöolosuhteisiin pystytään kuitenkin vaikuttamaan taloteknisillä ratkaisuilla ja rakennesuunnittelulla. Erityisesti ikkunoiden erityskyvyllä, aurinko suojauksella ja suuntauksella voidaan vaikuttaa lämpöolosuhteiden muodostumiseen. Usein pelkät rakenteelliset ratkaisut eivät kuitenkaan riitä tuottamaan haluttua lopputulosta, vaan tarvitaan muitakin keinoja, kuten koneellinen jäähdytys. Kuvassa 3 on esitetty lämpötiloista johtuva suorituksen huononeminen prosentteina toimistotiloissa. /8, s. 2./



Kuva 3. Lämpötilan ja suorituksen välinen riippuvuus toimistotiloissa /8, s. 3/

Kuvan kolme taulukkoa voidaan hyödyntää myös tarkastellessa tuotantotiloissa tapahtuvaa lämpötilan ja suorituskyvyn välistä riippuvuutta. Työn luonteesta johtuen keskiraskaassa työssä tehdashallissa sopiva huonelämpötila olisi +17 °C Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D2 mukaan. Näin olleen työtehon aleneminen alkaa +17 °C alhaisemmissa lämpötiloissa sekä noin + 22 °C korkeammassa lämpötiloissa.

4.3 Käyttövesi

Käyttöveden osuus jää teollisuusyrityksissä monesti pieniksi, mutta silti ne tarjoavat helposti monia toteutettavia energiansäästömahdollisuuksia. Ensimmäinen toimenpide käyttöveden kulutuksen pienentämiseksi on tarkistaa vesikalusteet. Vesikalusteisiin asennetuilla vakiovirtaussuuttimilla voidaan pienentää vedenkulutusta, jolloin suuttimista tulee halutun suuruinen virtaama verkoston paineolosuhteista riippumatta. Lisäksi WC-kalusteiden huuhteluvesien kulutusta voidaan pienentää ottamalla käyttöön WC-istuimet, joissa on kaksoishuuhtelumahdollisuus.

Tehdaspalvelujärjestelmistä sekä teollisuuden tuotantoprosesseista, kuten paineilmakompressoreista voidaan hyödyntää hukkalämpöä esimerkiksi käyttöveden esilämmitykseen ja tilojen lämmitykseen. Haitallisten bakteerikasvustojen välttämiseksi lämpimän käyttöveden lämpötila on oltava vähintään 55 °C, mutta kuitenkin

kin korkeintaan 65°C kulutuspiisteeltä mitattuna. Käyttövesivaraajan lämmöneristämisen on lisäksi suositeltavaa lämpöhäviöiden vähentämiseksi. /1, s. 12 – 13./
Käyttöveden kulutuksen kannalta muita vedensäästömahdollisuuksia:

- Veden juoksutuksen minimoiminen
- Lämpimän käyttöveden lämpötilan alentaminen (min. 55°C)
- Hanojen ja WC-istuimien toiminnan tarkkailu → vuotojen tiivistäminen

4.4 Ilmanvaihto

Ilmanvaihdon tehtävänä on tuoda tilaan puhdasta ilmaa ja poistaa tilasta siellä syntyvät epäpuhtaudet, ylimääräinen lämpö sekä kosteus. Teollisuusrakennuksessa prosessi-ilmanvaihto ja yleisilmanvaihto muodostavat yhdessä kokonaisuuden, jota tulee pystyä säätämään ja ohjaamaan keskitetysti.

Teollisuusrakennuksissa käytetään pääosin koneellisista ilmanvaihtoa. Tällä voidaan tarkoittaa pelkästään koneellista poistoilmanvaihtoa tai sitten yhdistettyä koneellista tulo- ja poistoilmanvaihtoa. Mikäli tuloilmaa jäähdytetään tai kostutetaan, puhutaan tällöin ilmastoinnista.

Ilmanvaihto tarvitsee sähköä lämmöntalteenottoratkaisuissa, jälkilämmityspattereissa, sähkösuodattimissa ja puhaltimissa. Välillisesti sähköä tarvitaan lisäksi koneellisessa jäähdytyksessä. Suunnittelulla ja oikeilla ratkaisuilla voidaan vaikuttaa merkittävästi ilmanvaihtojärjestelmät sähköön kulutukseen. Sähköön ominaiskulutusluku (SFP-luku) on merkittävä tunnusluku energiatehokkaassa suunnittelussa. /1, s. 14 – 15./

Teollisuuskohteen ilmanvaihdon tarve on täysin sidonnainen itse kohteeseen ja sen toimintaan. Ilmanvaihdon tarpeeseen vaikuttavat todella monet erilaiset muuttujat, joten sitä ei tule suunnitella minimiarvojen mukaan. Laitteiden valinta ja ilmanjakojärjestelmän mitoitus voidaankin suorittaa vasta kokonaistarpeen tarkan kartoituksen jälkeen. Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa D2 ane-

taan ohjeet teollisuusrakennuksen ilmanvaihdolle. Kuvassa 4 on esitetty mitoitusarvoja tehdastyölle sekä toimisto- ja sosiaalityötilojen ilmanvaihdolle. Näistä tavoitearvoista voidaan kuitenkin poiketa ja käyttää mitoitus pienempiä ilmamääriä, kun tiloissa ei työskennellä. /1, s. 14 – 15./

| Ilmanvaihdon mitoitusarvoja | | | Lämpökuorman ja ilmanvaihdon tunnuslukuja | | |
|------------------------------------|--|---|--|------------------------------|---------------------|
| Tila/käyttötarkoitus | Ulkoilmavirta (dm ³ /s)/h/b | Ulkoilmavirta (dm ³ /s)/m ³ | Tuotantoala | Lämpökuorma W/m ² | Ilmanvaihto kerta/h |
| Kevyt tehdastyö | 10 | 1,5 | Hitsaus, levyt | 40-100 | 2-6 |
| Keskiraskas tehdastyö | 10 | 1,5 | | | |
| Toimistohuone | | 1,5 | | | |
| Neuvotteluhuone | 8 | 4 | | | |
| Taukotila | | 5 | | | |
| Pukuhuone | | 5 | | | |

Kuva 4. Ilmanvaihdon mitoitusarvoja ja tunnuslukuja /1, s. 15/

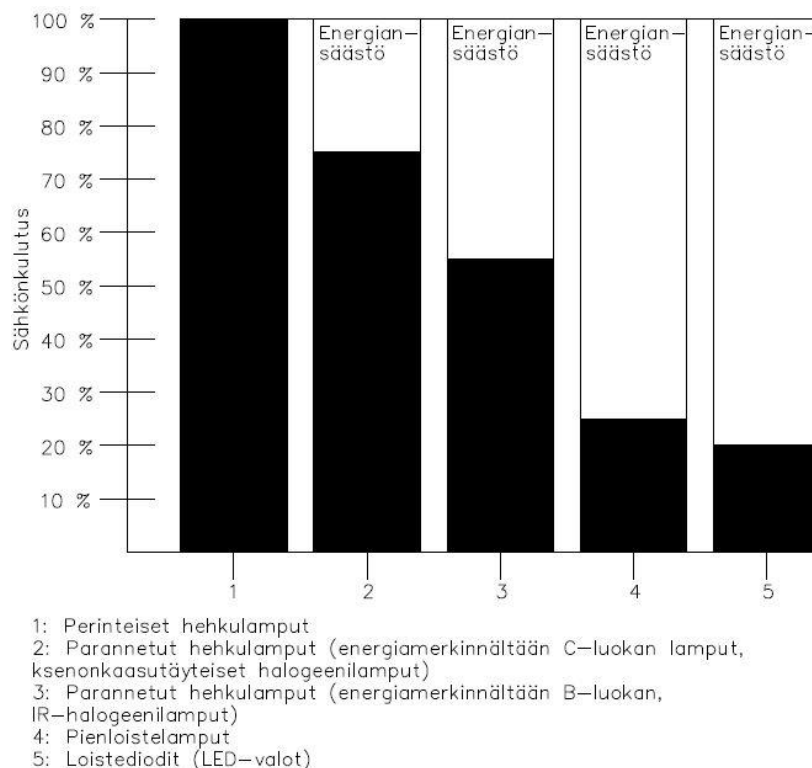
Laitevalintoja tehdessä, ja kanavamitoitusta miettiessä tärkeää on huomioida sekä investointikustannukset että käyttökustannukset. Jos tehdään alimitoitus, investoinnin suuruus on pienempi, mutta toisaalta puhaltimen käyttökustannukset nousevat. Kun tarkastetaan vanhaa teollisuuskiinteistöä, tärkeää on aluksi optimoida olemassa olevan ilmastoinnin toiminta. Sen jälkeen on mahdollista miettiä investointeja, joilla energiankäyttöä voitaisiin teollisuuskiinteistössä tehostaa. Usein investointeja vaativia toimenpiteitä ovat esimerkiksi lämmöntalteenoton asentaminen ja säätöautomaatiikan uusiminen. /1, s. 14 – 15./

Puhaltimien, kuten myös pumppujen kannalta merkittävään asemaan asettuu pyörimisnopeussäätö eli taajuusmuuttajasäätö, jolla sähkön taajuutta muutetaan. Pienelläkin moottorin kierrosnopeuden alentamisella saadaan aikaan merkittäviä säästöjä, sillä pyörimisnopeussäädön ansiosta toimintoihin kuluu aiempaa vähempää energiaa ja moottorin rasitus pienenee. LVI-järjestelmissä puhaltimien ja pumppujen energiankulutus alenee yleensä 30 – 50 % vuodessa, jos moottorin pyörimisnopeutta säädetään taajuusmuuttajalla. /26./

4.5 Valaistus ja jäähdytys

Suomessa kaikesta käytetystä sähköstä noin 10 % käytetään valaistukseen ja teollisuudessa valaistus vie jopa 40 % kiinteistön sähkönkulutuksesta. Tämän takia energiatehokkaisiin valonlähteisiin on kannattavaa panostaa. Energiatehokkuuden rooli korostuu entisestään, mikäli tilassa työskennellään pitkiä aikoja.

lääkäissä teollisuusrakennuksissa valaisimet ovat usein teknisen ikänsä lopussa sekä energiatehokkuudeltaan heikkoja ja ohjattavuudeltaan huonoja. Loppuun palanut loisteputki kuluttaa lisäksi saman verran sähköä kuin uusi, vaikka sen valaistusvoimakkuus on voinut romahtaa huomattavasti. Monesti tehokkain tapa pienentää valaistuksen energiankulutusta on suunnitella kohteeseen täysin uusi valaistusjärjestelmä ohjausjärjestelmineen. /1, s. 16 - 17./ Kuvassa 5 on kuvailtu eri valaisimilla saavutettavissa oleva energiansäästö.



Kuva 5. Eri valaisimilla saavutettavissa oleva energiansäästö /23/

Olemassa olevien valaistuslaitteiden energiankulutusta voidaan alentaa rajoittamalla valaistuksen käyttöaikaa sekä parantamalla valaisimien energiatehokkuutta. Valaistusjärjestelmän käyttöaikaa voidaan lyhentää esimerkiksi aikaohjauksella, valaisimien ryhmittelyyn, hämäräkytkimien, läsnäolo-ohjauksen ja käyttöpastuksen avulla.

Valaistusjärjestelmän valinnassa kannattaa ottaa huomioon sen elinkaarikustannukset, jotka muodostuvat investointikustannuksista, energiakustannuksista sekä lamppujen, huoltotöiden ja varaosien kustannuksista. Näiden lisäksi valaistuksen käyttöaika vaikuttaa huomattavasti järjestelmän takaisinmaksuaikaan. Teollisuusrakennusten vuotuinen valaistuksen käyttöaika vaihtelee yleensä 2000 – 8000 tunnin välillä, joten ennen kuin edes viitteellisiä takaisinmaksuaikoja voidaan esittää, vaatii se huolellista perehtymistä rakennuksen käyttöön sekä toimintaan. /1, s. 17./

Energiatehokkaan valaistusjärjestelmän valintaan huomioitavat tekijät:

- Valonlähteen valotehokkuus (lm/W), induktio- ja LED-tekniikka.
- Valaisimien ominaisuudet (hyötysuhde ja liitäntälaitteen häviöt).
- Yleisvalaistus standardin EN 12464-1 mukaan sekä paikallisvalaistus käytön ja tarpeen mukaan.
- Valaistuksen ohjaustapa ja ryhmittely sekä liittäminen kiinteistöautomaatiojärjestelmään.
- Laitteiden asennus mahdollisimman matalalle.
- Ulkovaistujärjestelmän ohjaus aikaohjelman ja valoisuusanturin perusteella.
- Valaistuksen himmentäminen alueittain liiketunnistimien avulla. /1, s. 16./

4.6 Kiinteistöautomaatio

Rakennuksen taloteknisiä järjestelmiä ohjataan, säädellään ja valvotaan kiinteistöautomaation avulla. Tässä perustana toimivat asetetut arvot ja erilaiset mit-

taukset. Kaikki kiinteistön talotekniset järjestelmät ovat järkevää liittää osaksi kiinteistöautomaatiota. Sen avulla voidaan seurata esimerkiksi kiinteistön energian- ja vedenkulutusta. Järjestelmä huomioikin kaikki erilaiset poikkeamat kulutuksessa ja olosuhteissa. Sen avulla voidaan myös tuottaa informaatiota muihin seurantajärjestelmiin.

Jos kiinteistöautomaatiota halutaan parantaa, on hyvä säilyttää järjestelmäratkaisuna sama prosessin alusta alkaen. Kiinteistöautomaation kehittämisessä ensimmäiseksi on järkevintä kiinnittää huomiota ilmanvaihtokoneiden ja valaistuksen ohjattavuutta, ja niiden säätöjen toimivuutta. Ohjausarvoja ja säätöjä valittaessa merkittävintä on, että talotekniset järjestelmät tukevat tilojen käyttöä, olosuhdevaatimuksia ja toimintoja niin, että säästetään energiaa. Kiinteistöautomaatiojärjestelmän käyttöliittymän avulla asetetaan tarvittavat säädöt ja ohjausasetukset. Käyttöliittymän helppokäyttöisyyteen on syytä panostaa, kuten myös käyttäjien huolelliseen perehdyttämiseen, jotta kiinteistöautomaatiojärjestelmästä saadaan täysi hyöty irti. Tehokkaalla ja oikeanlaisella kiinteistöautomaatiolla pystytään seuraamaan aktiivisesti järjestelmien toimintaa, minkä ansiosta olosuhteiden muutoksiin ja muihin poikkeamiin voidaan puuttua välittömästi.

Jos kiinteistöautomaatiota uusitaan, on tärkeää kiinnittää huomiota kokonaisuuden optimaaliseen ohjaukseen, jossa eri järjestelmien ohjauksia yhdistetään samaan järjestelmään. Näin muiden järjestelmien ohjauksessa voidaan käyttää toisten järjestelmien tuottamaa tietoa. Esimerkiksi jos valaistusryhmä laitetaan päälle, myös ilmanvaihdon ilmavirta lisääntyy. Kiinteistöautomaatiojärjestelmään kannattaa liittää kaikki kulutusmittarit, jotta niiden seuraaminen saadaan optimoitua mahdollisimman tehokkaaksi. Kiinteistöautomaatioon voidaan teollisuuskiinteistöissä integroida esimerkiksi lämpöpumppujen ohjaus- ja säätökeskukset sekä myös tuotantoprosessin valvonta- ja ohjausjärjestelmät. /1, s. 18-19./

4.7 Prosessilaitteet ja tehdaspalvelujärjestelmät

Tehdaspalvelujärjestelmät ja prosessilaitteet vaikuttavat ja kytkeytyvät monella tapaa kiinteistöön ja sen tekniikkaan. Teollisuusrakennusten kiinteistöttekniikka on

mitoitettu tiettyjä tuotantolaitteita ja -prosesseja varten. Itse rakennuksen elinkaari on yleensä kuitenkin pidempi verrattuna tuotantolaitteiden elinkaareen. Toiminta kiinteistössä voi muuttua vuosikymmenten aikana kokonaan, mikä luo omat haasteensa tehdaspalvelujärjestelmille. Näihin järjestelmiin tehtävät muutokset ovat avainasemassa teollisuuskiinteistön energiatehokkuutta tarkasteltaessa. Kiinteistötekniikan avulla pyritään varmistamaan, että työskentelyolosuhteet säilyvät prosessilaitteille ja käyttäjille vaatimusten mukaisina.

Tehdaspalvelujärjestelmien tavoitteena on luoda vaatimusten mukaiset olosuhteet. Prosessilaitteiden vaatimuksia tiloihin on muun muassa lämpö-, sähkö-, paineilma-, vesi-, jäähdytys- ja ilmanvaihtoliitynnät tilaratkaisuineen ja kanavistoinneen. Tuotantolaitteet voivat tuottaa ympäristöön lämpökuormia, hajuja, kosteutta, erilaisia kaasumaisia yhdisteitä, melua sekä kiinteitä partikkeleita. Tuotantoprosesseissa syntyvää lämpöä kannattaa yrittää hyödyntää uudelleen mahdollisimman paljon erilaisilla lämmöntalteenottoratkaisuilla.

Yleisilmanvaihdon käytössä ja suunnittelussa tulee aina ottaa huomioon prosessi-ilmanvaihto. Tyypillisesti prosessi-ilmanvaihdolla tarkoitetaan tuotantolaitteiden esimerkiksi työstökoneiden aiheuttamien epäpuhtauksien poistamista poistoilmapuhaltimien tai huuvien avulla. Pienet tuotantolaitteet hyödyntävät kuitenkin usein yleisilmanvaihdon tuloilmaa koneellisen poistoilman korvausilmana. Prosessi-ilmanvaihtojärjestelmää uusittaessa tulee tarkistaa tarpeen mukainen ohjaus, poistoilmavirtojen säätö, vaikutus yleisilmanvaihdon ilmapirtoihin sekä poistoilman lämmöntalteenotto. /1, s. 24./

Paineilmajärjestelmää tarkastellessa yrityksen energiankulutuksesta jopa kolmasosa voi aiheutua tuotantoprosessien paineilmajärjestelmästä. Onkin erityisen tärkeää selvittää paineilmajärjestelmän tehostamismahdollisuudet. Paineilmakompressorit tulisi sijoittaa tilaan, johon saadaan tuotua viileää korvausilmaa. Tilan tulee olla suljettu, jotta se ei toimisi läpivirtauskanavana tai imisi ilmaa kontrollottomasti sisätiloista. /1, s. 20 – 21./ Kuvassa 6 on esitetty paineilmajärjestelmän tehostamismahdollisuudet sekä viitteellisiä takaisinmaksuaikoja.

| Toimenpide | Takaisinmaksuaika, vuosia |
|---|---------------------------|
| Taajuusmuuttajainvestointi kompressoriin | 1,0-2,9 |
| Verkoston painetaso alentaminen | 0 |
| Paineilmaverkostojen vuotojen korjaus | 0,2-0,3 |
| Kompressorien ajotavan muuttaminen | 0,2 |
| Kompressorin öljykierron ja paineilman jäähdytyksen lämmöntalteenotto | 1,1-1,9 |

Kuva 6. Paineilmajärjestelmän tehostamismahdollisuudet sekä viitteelliset takaisinmaksuajat /24, s. 1/

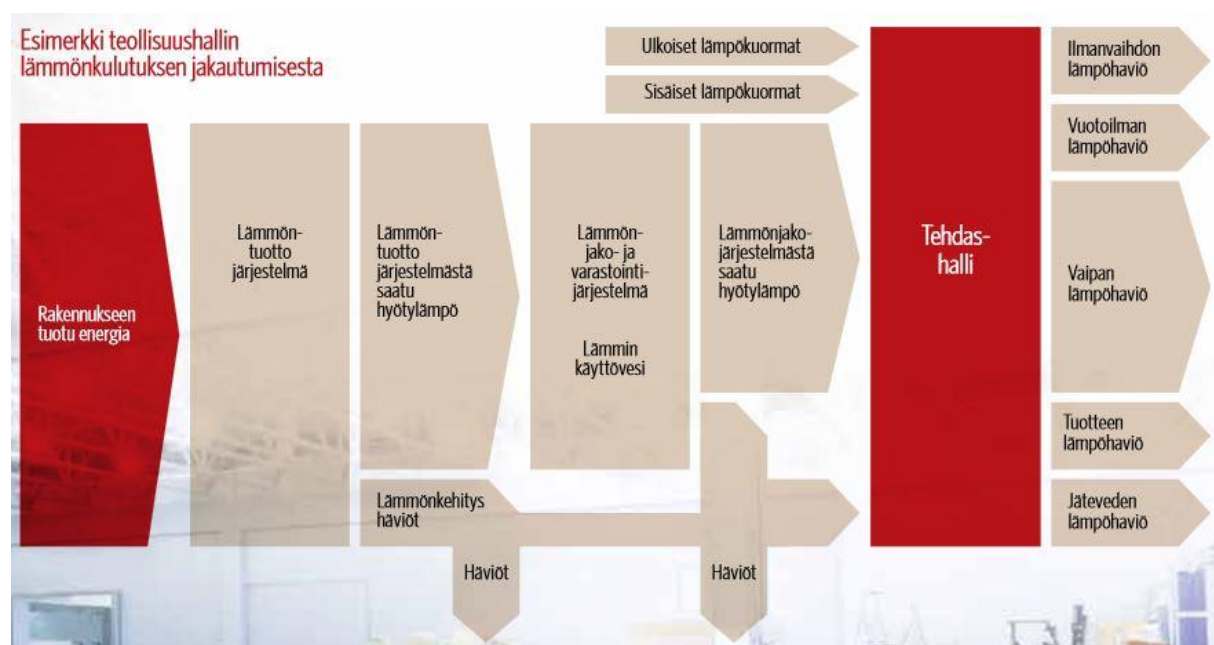
Vuotojen vaikutusta paineilmajärjestelmässä ei tule väheksyä, koska ne voivat viedä peräti 20 % paineilmajärjestelmän tuotosta. Vuotokartoitus kannattaakin tehdä järjestelmälle joka vuosi ja laajempi kartoitus muutaman vuoden välein. Kunnossapidon laiminlyönti aiheuttaa sen, että vuodot jäävät huomaamatta. Hyvin pienetkin vuodot aiheuttavat sen, että järjestelmän tehokkuus laskee ja kustannukset nousevat hyvin korkeiksi. Alempana kuvassa 7 on esitetty vuotavasta paineilmajärjestelmästä aiheutuvia kustannuksia. /24, s. 1./

| Vuotoreiän halkaisija mm | Vuotomäärä 8 bar l/min | Kustannukset euroa/vuosi |
|--------------------------|------------------------|--------------------------|
| 1 • | 75 | 290 |
| 1,5 ● | 150 | 580 |
| 2 ● | 260 | 1 000 |
| 3 ● | 600 | 2 320 |
| 4 ● | 1 100 | 4 260 |
| 5 ● | 1 700 | 6 580 |

Kuva 7. Vuotavasta paineilmajärjestelmästä aiheutuvia kustannuksia /24, s. 1/

4.8 Kiinteistöjen energiatehokas käyttö

Teollisuuskiinteistön energiatehokas käyttö vaatii tilojen käyttäjien ja henkilöstön opastusta laitteiden ohjaukseen, toimintaan ja käyttöön. Merkittävintä on lämmitys- ja ilmanvaihtojärjestelmien toiminta, mutta tärkeää on myös henkilökunnan ohjeistaminen kaikista merkittävistä energiankäyttöön ja kulutukseen vaikuttavista tekijöistä. Ilman kokonaisuuden sisäistämistä, ei paraskaan järjestelmän tai yksittäisen laitteen käyttöosaaminen tuota energiatehokkainta lopputulosta. Kuvassa 8 on esimerkki teollisuushallin lämmönkulutuksen jakautumisesta. /1, s. 22./



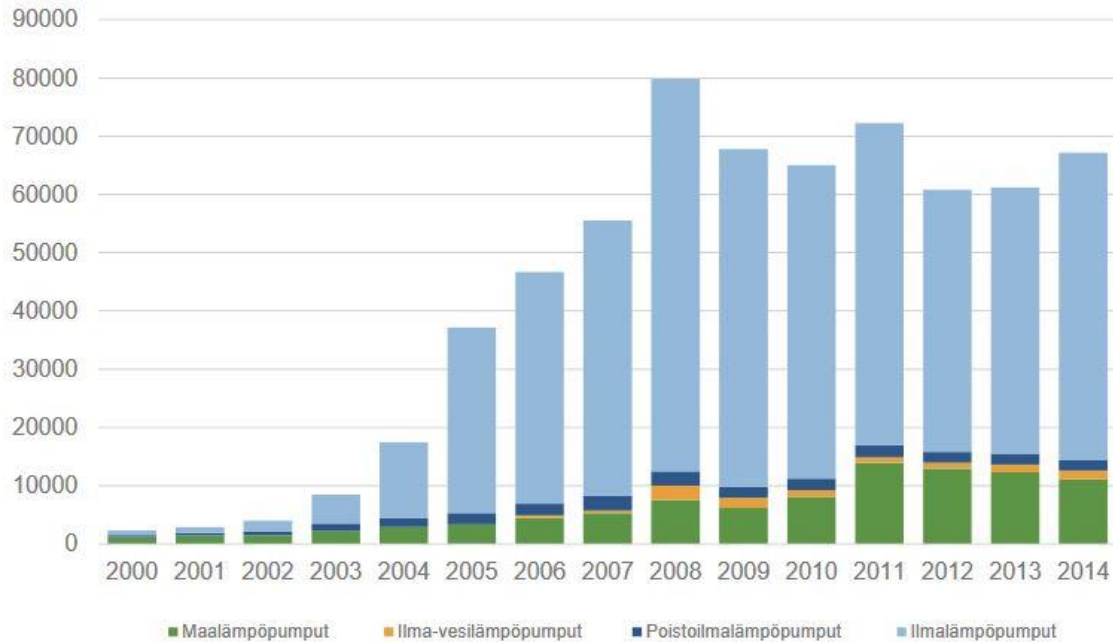
Kuva 8. Esimerkki teollisuushallin lämmönkulutuksen jakautumisesta /1, s. 5/

5 ERILAISET ENERGIANSÄÄSTÖRATKAISUT

5.1 Lämpöpumput

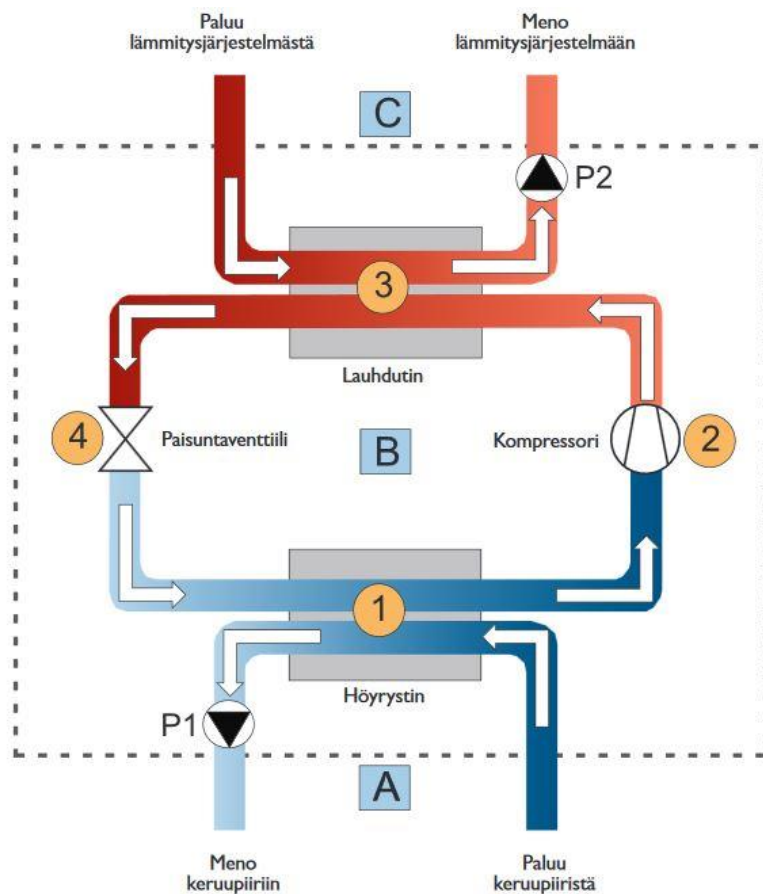
Erilaiset lämpöpumppujärjestelmät ovat nykyisin hyvin suosittuja ja energiatehokkaita ratkaisuja rakennusten lämmitystarpeen kattamiseksi. Lämpöpumppujärjestelmissä lämpöenergiaa siirretään alhaisesta lämpötilasta korkeampaan tuomalla järjestelmään vähän ulkopuolista energiaa. Osalla lämpöpumpuista voidaan lisäksi siirtää lämpöenergiaa sisältä ulos, jolloin sisäilmaa voidaan jäähdyttää. Taulukossa 4 on esitetty lämpöpumppujen myyntimäärät eri vuosina.

Taulukko 4. Lämpöpumppujen myyntimäärä kappaleina vuosina 2000-2014 /27/



Lämpöpumpputekniikka on viime vuosina kehittynyt huomattavasti ja lämpöä voidaan nykyisin kerätä aiempaa alhaisemmasta lämpötilasta ja siirtää sitä aiempaa kuumempaan lämpötilaan. Lisäksi laitteiden höytysuhteet ovat parantuneet huomattavasti. Parhaimmilla lämpöpumpuilla lämpöä voidaan kerätä jopa $-20 - -30$ °C lämpötilasta ja kompressorin avulla nostaa se $+60 - +70$ °C lämpötilaan. Ääriolosuhteissa höytysuhde kuitenkin kärsii ja antoteho on melko alhainen.

Lämpöpumpun lämpökerroin eli COP-kerroin (Coefficient Of Performance) kuvaa laitteen höytysuhdetta, joka ilmaisee kuinka paljon laite tuottaa lämpöä verrattuna sen kuluttamaan sähköenergian määrään. Esimerkkinä jos lämpöpumpun lämpökerroin on 3, niin laitteen höytysuhde on 300 %. Tällöin lämpöpumppu kuluttaa 1 kWh sähköenergiaa ja tuottaa 3 kWh lämpöenergiaa. Paras lämpökerroin ja kannattavuus saadaan lämpöpumpulle silloin, kun lämpötilaero on mahdollisimman pieni lämmönluovutuksen ja -keruun välillä. /9; 29; 30, s. 223 – 225./ Kuvassa 9 on esitetty lämpöpumpun toimintaperiaate ja taulukossa 5 kylmäainekierron vaiheet.



Kuva 9. Lämpöpumpun toimintaperiaate /14, s. 13/

Kuvassa 9 on esitetty lämpöpumpun pääkomponentit:

1. Höyrystin
2. Kompressori
3. Lauhdutin
4. Paisuntaventtiili

Taulukko 5. Kylmäainekierron vaiheet

| | |
|-----|--|
| 1→2 | Matalapaineinen höry |
| 2→3 | Korkeapaineinen höry |
| 3→4 | Korkeapaineinen neste |
| 4→1 | Osittain höyrystynyt matalapaineinen neste |

Höyrystimessä matalalämpötilainen ja -paineinen kylmäaine sitouttaa itseensä lämpöä lämmönkeruupiirissä (A) kiertävästä aineesta, jonka jälkeen se höyrystyy matalapaineiseksi kaasuksi lämpöpumpun kylmäainepiirissä (B). Tämän jälkeen höyrystynyt kaasu virtaa kompressorille, jossa kaasun lämpötila ja paine kasvavat huomattavasti. Kompressorilta lauhduttimelle kulkiessa korkeapaineinen ja lämpötilainen höyry luovuttaa lämpöä lämmitysjärjestelmään (C). Viimeisenä nestemäinen kylmäaine johdetaan paisuntaventtiilille, jossa sen paine ja lämpötila laskevat. Lopuksi kiertoprosessi alkaa taas alusta. /10, s. 2; 11; 30, s. 223 – 224./

5.1.1 Poistoilmalämpöpumppu

Poistoilmalämpöpumppu (PILP) kerää lämpöä talteen liuos- tai höyrystinpatterin avulla rakennuksen jäteilmasta, jonka jälkeen sitä voidaan hyödyntää lauhdutinpatterin avulla tuloilmaan, käyttöveteen ja vesikiertoiseen lämmitysjärjestelmään. Mallista riippuen PILPiä voidaan käyttää lisäksi sisäilman jäähdyttämiseen. Poistoilmalämpöpumpun avulla voidaan alentaa merkittävästi kiinteistön lämmitysenergiankulutusta sekä lämmityskuluja.

Poistoilmalämpöpumpulla saadaan vuositasolla energiaa jäteilmasta hyödyksi n. 60 – 80 %. Tämä kuitenkin edellyttää sitä, että ilmanvaihto toimii riittävän tehokkaasti. Mitä enemmän kiinteistössä on lämpökuormia, sitä paremmin myös energiaa saadaan talteen. Toimiakseen järjestelmä vaatii jatkuvan jäteilmavirran, joka on noin 0,5 kertaa kiinteistön ilmatilavuus tunnissa. Koska lämmönlähteenä on yleensä aina kiinteistön vähintään 21 °C poistoilma, keskimääräinen lämpökerroin vaihtelee poistoilmalämpöpumppu järjestelmissä välillä 2,6...3,8. Laitteiden tekninen käyttöikä on noin 15 – 20 vuotta. Poistoilmalämpöpumpuilla voidaan säästää jopa 40 % lämmityskuluista verrattuna suoraan sähkölämmitykseen. /10, s. 7; 12; 13./

Poistoilmalämpöpumpputjärjestelmän etuja ovat:

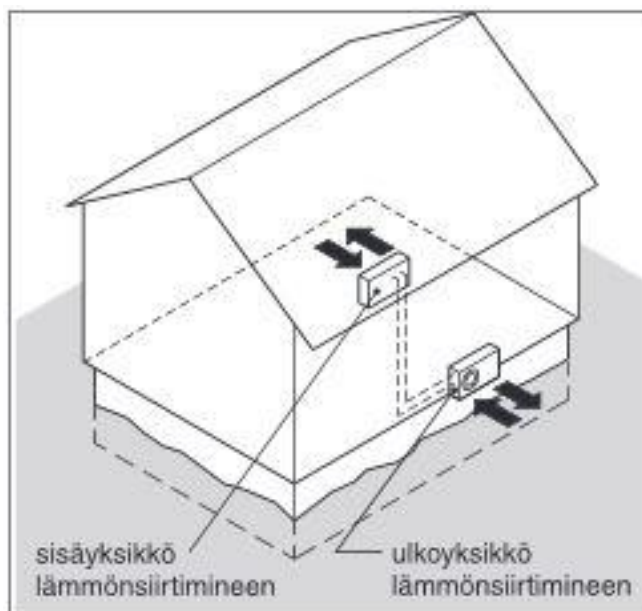
- Maalämpöpumpputjärjestelmään verrattuna kokonaiskustannukset ovat jonkin verran alhaisemmat, koska järjestelmä soveltuu lämmitykseen, käyttöveden lämmitykseen ja ilmanvaihtoon
- Matalat käyttökustannukset
- Osa laitteista soveltuu jäähdytykseen
- Varmatoiminen, eikä häiritseviä puhallinääniä. /10, s. 7./

Haittoja:

- Jäteilman energiasisällöllä voidaan kattaa vain osa kiinteistön lämmitysenergian tarpeesta, joten lisälämpöä on tuotettava esimerkiksi sähkövastuksilla
- Ilmastoinnin käsittävä järjestelmä kasvattaa kustannuksia. /10, s. 7./

5.1.2 Ilma-ilma-lämpöpumppu

Ilmalämpöpumppu kerää lämpöä ulkoilmasta sinne sijoitetun ulkoyksikön avulla, jonka jälkeen kompressorin avulla talteen otettu lämpöenergia siirretään sisäyksikköön, jossa lämpö luovutetaan huoneilmaan. Järjestelmän etuna on lisäksi se, että laitetta voidaan käyttää tilojen jäähdytykseen. Suorasähkölämmitteiseen kiinteistöön asennettuna ilmalämpöpumppu on taloudellisesti edullisimmillaan ja parhaimmillaan. Ilmalämpöpumppu pienentää lämmityskuluja, kun ulkolämpötila on lämpimämpi kuin -10 °C . Vuositasolla teollisuusilmalämpöpumpulla voidaan säästää laitevalmistajien mukaan jopa 40 – 60 % säästöt lämmityskuluissa ilmalämpöpumpun sisäyksikön sijoittelusta ja lämpöpumpun mitoituksesta riippuen. Tekninen käyttöikä ilmalämpöpumpulla on noin 10 – 15 vuotta. /10, s. 7; 15; 30, 1 – 2./ Kuvassa 10 on nähtävissä ilma-ilma-lämpöpumpun kaaviokuva.



Kuva 10. Ilma-ilma-lämpöpumpun kaaviokuva /10, s. 7/

Ilmalämpöpumpun COP-kerroin mitataan aina $+7\text{ °C}$ lämpötilassa, joten COP-arvon perusteella ei voida kuitenkaan päätellä kuinka hyvin laite toimii todellisuudessa talven pakkasilla. Tämän takia ilmalämpöpumpun toimintaa on kehitetty paremmin kuvaava suure, SCOP-kerroin (Seasonal Coefficient Of Performance), joka on koko lämmityskauden huomioiva lämpökerroin. Nykypäivän ilmalämpöpumpuissa COP-kertoimet ovat luokkaa 4,5...5,5 ja SCOP-kertoimet 3,5...5.

Ilmalämpöpumpuille ilmoitetaan myös kylmäkerroin eli EER (Energy Efficiency Ratio). Mitä suurempi EER-luku on, sitä energiataloudellisempi järjestelmä on. Esimerkiksi lukema 3 EER tarkoittaa, että yhdellä kilowatilla saadaan tuotettu 3 kilowattia jäähdytystehoa. Hyvänä EER-lukuna pidetään 3,5 suurempia arvoja. SEER-arvo (Seasonal Energy Efficiency Ratio) kuvaa jäähdytykseen vuotuista kylmäkerrointa. Taulukossa 6 on nähtävissä energiakertoimien mukaiset energialuokat. /16; 30, s. 3./

Taulukko 6. Energiakertoimien mukaiset energialuokat /16/



| | SEER | SCOP |
|-------------|-------------------------|-------------------------|
| A+++ | SEER \geq 8,50 | SCOP \geq 5,10 |
| A++ | 6,10 \leq SEER < 8,50 | 4,60 \leq SCOP < 5,10 |
| A+ | 5,60 \leq SEER < 6,10 | 4,00 \leq SCOP < 4,60 |
| A | 5,10 \leq SEER < 5,60 | 3,40 \leq SCOP < 4,00 |
| B | 4,60 \leq SEER < 5,10 | 3,10 \leq SCOP < 3,40 |
| C | 4,10 \leq SEER < 4,60 | 2,80 \leq SCOP < 3,10 |
| D | 3,60 \leq SEER < 4,10 | 2,50 \leq SCOP < 2,80 |
| E | 3,10 \leq SEER < 3,60 | 2,20 \leq SCOP < 2,50 |
| F | 2,60 \leq SEER < 3,10 | 1,90 \leq SCOP < 2,20 |
| G | SEER < 2,60 | SCOP < 1,90 |

Ilmalämpöpumpun lämpökerroin huononee merkittävästi ulkolämpötilan las-
kiessa, ja laitteesta riippuen noin -15 – -20 °C kylmemmissä lämpötiloissa ilma-
lämpöpumppua ei ole järkevää käyttää, koska laite tuottaa tällöin lämpöä saman
verran kuin se kuluttaa sähköä.

Ilmalämpöpumpun sisäyksikkö tulee sijoittaa niin, että laitteen tuottama lämmin
ilma pääsee leviämään vapaasti tiloihin, jotta järjestelmä toimisi tehokkaasti.
Myös ulkoyksikkö tulee sijoittaa sellaiseen paikkaan, jossa ilma pääsee kiertä-
mään vapaasti. Sisäyksikön sijoittamisessa tulee lisäksi ottaa huomioon viemä-
röinnin tarve, koska jos laitetta käytetään sisäilman jäähdytykseen, siihen tiivistyy
huomattavasti vettä, joka on johdettava ulos tai viemäriin.

Ilmalämpöpumppu tulee säätää niin, että järjestelmä kattaa mahdollisimman pal-
jon lämmitysenergiatarpeesta. Koska ilmalämpöpumppu kykenee tuottamaan
vähiten lämmitysenergiaa silloin, kun lämmöntarve on suurimmillaan, järjestelmä
vaatii rinnalleen toisen täydelle lämmitystarpeella mitoitettun lämmitysjärjestel-
män. Tämä huippukulutuksen vaatima lämmöntarve voidaan kattaa esimerkiksi
sähkölämmityspattereilla. Sähkölämmityspattereiden termostaatit tulisikin säätää
sitien, että niiden lämmitys kytkeytyy päälle hieman matalamassa lämpötilassa

kuin ilmalämpöpumpun. Tällä kytkentätavalla voidaan varmistaa, että ilmalämpöpumpusta saadaan täysi hyöty irti. /17, s. 3-5./

Jäähdytyskäytössä ilmalämpöpumppua ei tule hyödyntää liikaa, koska tällöin on vaarana, että kesäaikana kosteutta tiivistyy rakenteiden pinnoille, joista voi aiheutua kosteusongelmia. Lisäksi liiallisesta sisäilman jäähdytyksestä voi aiheutua keuhkosairauksia. Jäähdytyksessä on myös hyvä ottaa huomioon, että se kuluttaa sähköä, jonka kulutuksen seuraamiseksi laitteelle voidaan kytkeä oma sähkömittari. Energiankulutuksen kannalta jäähdytystä ei kannata pitää päällä vuorokauden ympäri, varsinkaan jos kiinteistössä ei ole käyttäjiä. Fiksusti käyttäen noin 150 neliön talossa jäähdytykseen kuluu noin 200 – 300 kWh vuodessa. /18, s. 7./

Ilmalämpöpumpun edut:

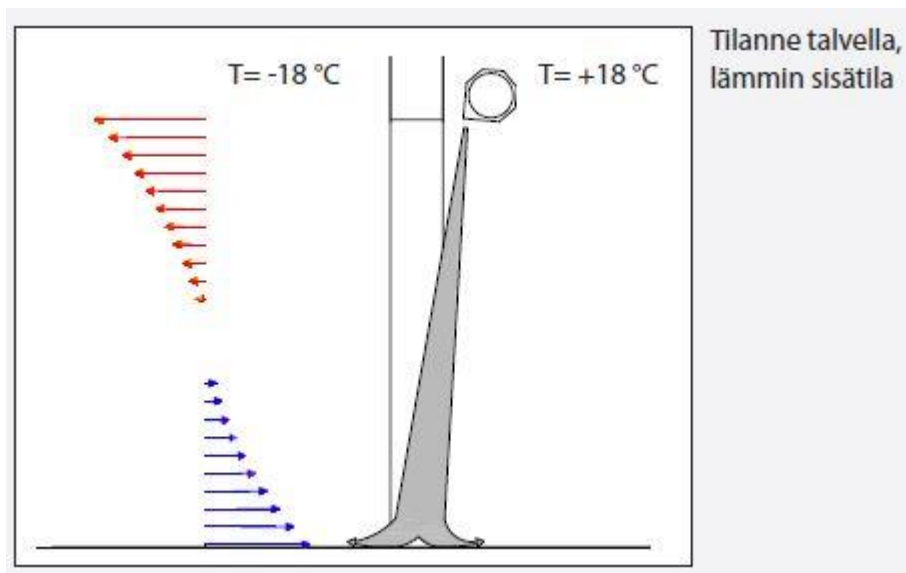
- Maalämpöpumppuun verrattuna huomattavasti pienemmän hankintakustannukset
- Varmatoiminen
- Vähäinen huoltotarve
- Alhaiset käyttökustannukset
- ilma-ilma-lämpöpumppu toimii myös jäähdytyslaitteena

Haitat:

- Vaatii rinnalleen toisen täydelle lämmitystarpeella mitoitettun lämmitysjärjestelmän
- Sisä- ja ulkoyksikön puhallinäänet
- Höyrystinpatterin tarvitsema ajoittainen sulatus pienentää lämpökerrointa. /10, s. 7./

5.2 Teollisuusilmaverho

Teollisuuskiinteistöissä olevia suuria nosto-ovia joudutaan monissa yrityksissä availemaan tuotannollisista ja logistisista syistä. Avoimesta nosto-ovesta karkaa kuitenkin huomattavasti lämpöä ulos, ja kylmää ilmaa pääsee virtaamaan sisälle kymmenien metrien päähän oviaukosta. Tällä on vaikutusta rakennuksen sisäilmastoon, energiankulutukseen ja siitä syntyy vetoa. Ilmaverhon tehtävänä on estää tämä konvektiosta aiheutuva luonnollinen ilmanvaihto oviaukossa. /19, s. 2./ Järjestelmän toimintaperiaate on esitetty kuvassa 11.



Kuva 11. Ilmaverhon toimintaperiaate /20, s. 3/

Avoimessa oviaukossa painesuhteet pyrkivät tasoittumaan jatkuvasti johtuen tuulesta, lämpötilaeroista sekä yli- tai alipaineesta. Lämmityskaudella kylmä ilma pyrkii kiinteistön sisäpuolelle oviaukon alareunasta synnyttäen vedontunnetta ja tilan jäähtymistä. Ilmasulun tehtävänä on jakaa kahden ilmamassan väliin ilmaverho, jolloin eri lämpötilat ja ilmanlaadut eivät pääse sotkeutumaan keskenään. Ilmaverho luodaan voimakkaalla laminaarisella ilmavirralla, joka puhalletaan nosto-oven yläreunasta lattiaan saakka. Ilmasulun puhaltamaa ilmaa pystytään vaivattomasti lämmittämään sähköllä tai vedellä. Kuvassa 12 on nähtävissä asennusesimerkki ilmaverhojärjestelmästä. /20, s. 2 – 4./



Kuva 12. Vaakasuoraan asennettu ilmaverho /19, s. 7/

Ilmasulun ansiosta työskentelyolosuhteet sisätiloissa saadaan pidettyä jatkuvasti optimaalisina ilman suuria lämpötilojenvaihteluita. Suurimpana etuna ilmaverhojärjestelmässä on sillä saavutettavissa oleva energiansäästö, kun tiloja ei tarvitse lämmittää niin paljo vähäisten lämpöhäviöiden takia. Varsinkin suurien nosto-ovien kohdalla ilmatilavuus vaihtuu todella nopeasti, jos ovia joudutaan pitämään pitempiä aikoja auki. Tästä aiheutuu merkittäviä lämmityskustannuksia, jotka olisi estettävissä ilmaverholla. /20, s. 2 – 4./

Nosto-oven ilmavirtausten voimakkuus riippuu oviaukossa vaikuttavasta paine-erosta, oviaukon koosta ja mahdollisesti nosto-oveen asennetun ilmaverhon tiiviydestä. Kun teollisuuskiinteistön sisälämpötila eroaa ulkoilman lämpötilasta, aiheuttaa se lämpötilaerosta johtuva tiheysero paine-eron rakennuksen ulkovaipan yli. Tämän lisäksi koneellisen ilmanvaihdon ilmamäärät sekä tuuli vaikuttavat paine-erojen suuruuteen.

Korkeutta lattiapinnasta, jossa paine-eroa ulkovaipan yli ei ole, sanotaan neutraalitason korkeudeksi. Korkeus, johon neutraalitaso asettuu, on se missä rakennuksen ulkovaipan ilmatase toteutuu. Rakennuksessa siis ulkoa sisään virtaavien vuotoilmavirtojen massavirta on yhtä suuri kuin sisältä ulos virtaavien vuotoilmavirtojen massavirta. Neutraalitaso asettuu ovet suljettuina likimain puoleen väliin hallin korkeutta, mikäli kiinteistö on täysin tiivis tai ulkovaippa vuotaa tasaisesti koko seinän korkeudelta ja ilmanvaihto on tasapainossa.

Neutraalitaso voi asettua mihin tahansa lattia- ja kattotason välille tai niiden alla tai yläpuolelle vaipan ilmapuotojen sijainnin ja koon, tuulen vaikutuksen sekä ilmanvaihdon ilmataseen mukaan. Mikäli koneellisen ilmanvaihdon poistoilmavirrat ovat tuloilmavirtoja suuremmat, aiheuttaa se rakennukseen alipaineisuutta, jonka johdosta neutraalitaso nousee ylemmäs. /27, s. 551 – 552./

5.3 Emulsiosumuerotin

Emulsio- ja öljysumuerottimien (kuva 13) toiminta perustuu imuun, jossa työstökoneen poistoilmasta erotellaan laitteen avulla nesteet ja kiinteät partikkelin erilleen, jonka jälkeen puhdas ilma palautetaan takaisin työtilaan suodattimien läpi ajettuna. Päätehtävänä laitteella on poistaa terveydelle haitalliset leijuvat emulsiosumupisarat ja -pienpartikkelit koneistuksen aikana siten, että ovien avautuessa niitä ei sekoittuisi huoneilmaan. Järjestelmän etuna on lisäksi huomattava energiansäästö lämmityskuluissa, kun poistoilmaa ei turhaan johdeta ulos, vaan se suodatetaan ja hyödynnetään uudelleen.



Kuva 13. Filtermist emulsiosumuerotin /21/

Emulsiosumunerottelu tapahtuu keskipakoisvoiman avulla, jossa nestesumu imeytään rumpuun, jonka jälkeen se iskeytyy siipiin korkealla nopeudella saaden pienet nestepisarat kasaantumaan suuremmiksi. Keskipakoisvoima pakottaa nes-

teen liikkumaan päin laitteen seinämiä, jonka jälkeen se johdetaan palautusputkea pitkin takaisin leikkuunestealtaaseen tai laitteen tankkiin. Lopuksi jäljelle jäävä ilma palautetaan takaisin huonetilaan suodattimien läpi ajettuna laitteen yläosasta. Laitteen suodatustehoa voidaan parantaa käyttämällä hienosuodattimia, jolloin myös höyry ja savu saadaan suodatettua ilmasta pois. /21; 22, s. 2./

Emulsiosumuerotinlaitteiston hyötyjä:

- Poistaa haitallisen nestesumun hengitysilmosta
- Öljysumu aiheuttaa liukkaita ja voi vahingoittaa sähkölaitteita
- Öljysumua voi kertyä ilmastointikanaviin aiheuttaen tulipaloriskin
- Puhtaan ilman palauttaminen huonetilaan säästää lämmityskustannuksissa
- Laitteella edulliset käyttökustannukset yksinkertaisen toimintaperiaatteen ansiosta

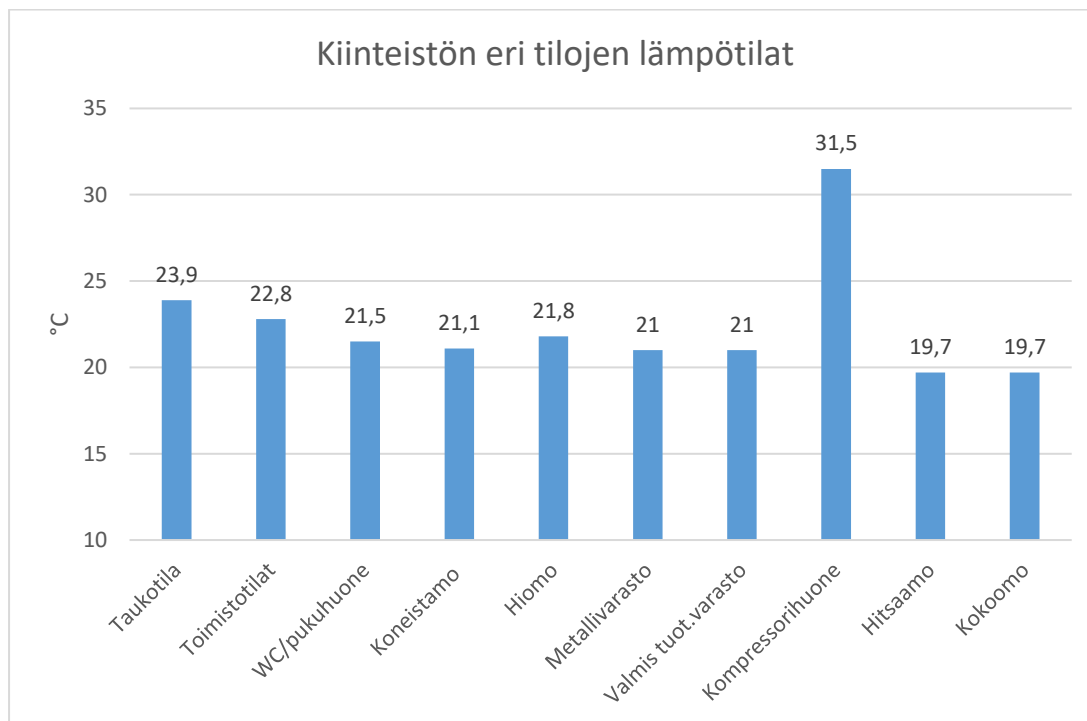
6 LVI-JÄRJESTELMIEN KUNTOARVIO

6.1 Lämmitysjärjestelmät

6.1.1 Lämmitysjärjestelmä

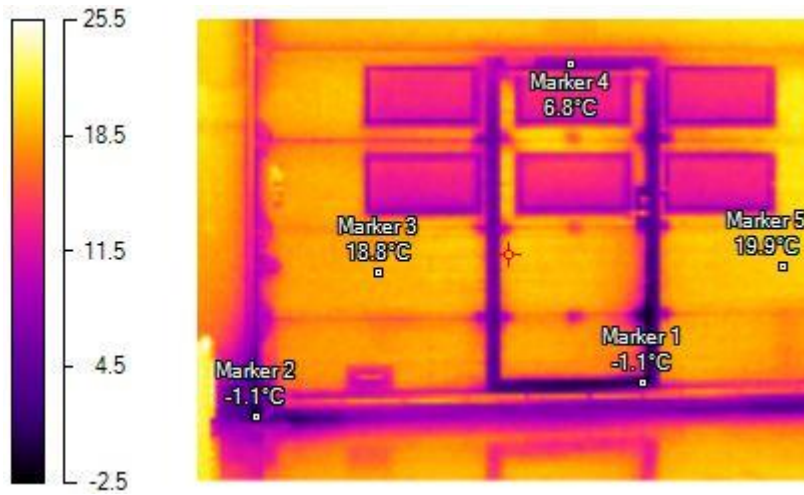
Kiinteistön lämmitys toimisto- ja sosiaalityötilojen osalta on toteutettu sähkölattialämmityksellä, sähköpattereilla sekä ilmalämpöpumpuilla ja muiden tilojen osalta koneistusyksiköt ja kiertoilmalämmittimet lämmittävät tilat. Koneistamo hyödyntää paljon laitteiden tuottamaan hukkalämpöä, jonka tuottoa on hyvin hankala estää. Tästä johtuen varsinkin lämmityskauden ulkopuolella lämpötila sisätiloissa tahtoo nousta kovin korkeaksi. Taulukossa 7 nähtävissä lämpötilamittausten mukaiset huonelämpötilat 20.1.2017 mitattuna.

Taulukko 7. Kiinteistön eri tilojen sisälämpötilat. (Ulkolämpötila mittaushetkellä -5,9 °C.)

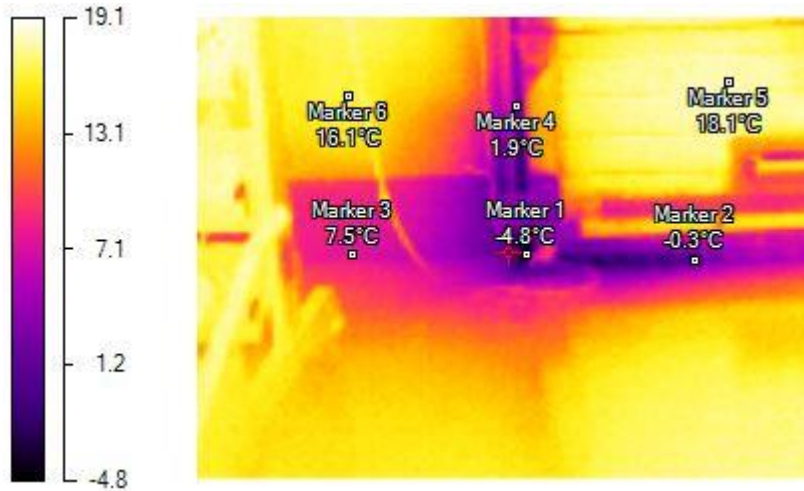


Koneistamossa, jossa työ sisältää liikkumista ja istumista, sopiva huonelämpötila olisi n. +18 °C ja muissa tiloissa +21 °C. Kaikissa mitatuissa tiloissa lämpötilaa olisi potentiaalia pudottaa alaspäin. Laskemalla huoneen sisälämpötilaa yhdellä asteella voidaan säästää noin 5 % lämmityskuluissa. /32./ Kompressorihuoneen korkean lämpötilan selittää kompressorin itse tuottama lämpö tilaan.

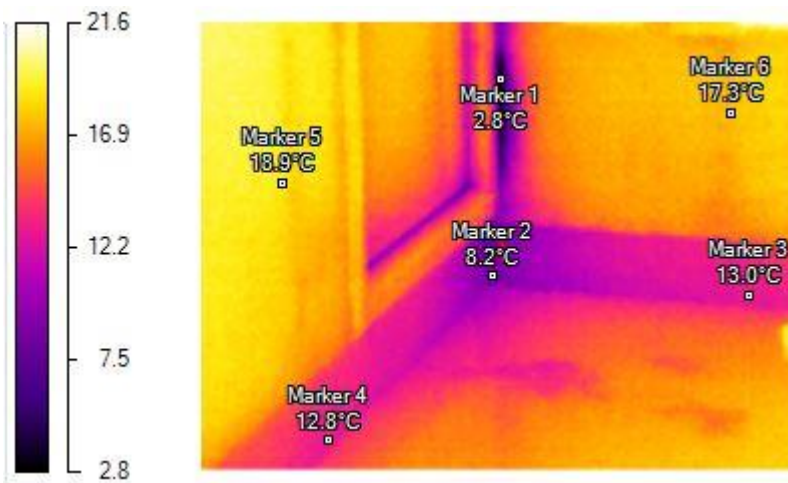
Lämpökamerakuvauksen perusteella tiloissa oli havaittavissa selkeitä kylmäsiltoja nosto-ovien, muutamien ikkunoiden sekä lattian ja seinien liitoskohdissa. Kylmäsiltojen kohdalla huoneilmassa oleva kosteus voi tiivistyä rakenteen pinnalle, josta aiheutuu laho- ja homevaara. Kuvissa 14 – 17 on esitetty muutamia lämpökamerakuvia kohteesta. Lämpökamerakuvaushetkellä ulkolämpötila oli -5,9 °C. Suositeltavia toimenpiteitä on ilmavuotokohtien tiivistäminen sekä sokkelissa olevien kylmäsiltojen lämmöneristäminen.



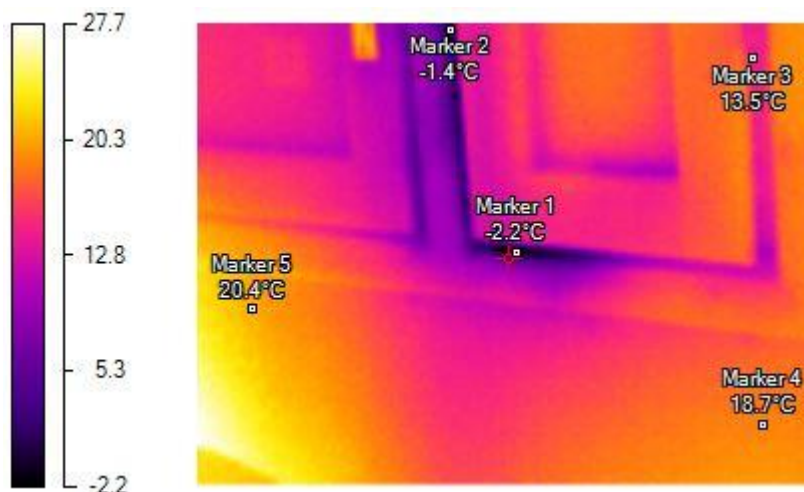
Kuva 14. Koneistamon nosto-oven lämpökamerakuva



Kuva 15. Koneistamon nosto-oven vasen alanurkka



Kuva 16. Koneistamon erään ulkonurkan kylmäsiilat



Kuva 17. Toimistotilojen erään ikkunan kylmäsilta

6.1.2 Lämmöntuotanto ja -jakelu

Lämmöntuotannosta toimisto- ja sosiaalityloissa vastaa vuonna 2005 asennettu Mitsubishiin ilmalämpöpumppu sekä vuonna 1998 asennettu sähköinen lattialämmitys ja sähköpatterit.

Muiden tilojen osalta lämmöntuotannosta vastaavat koneistusyksiköt sekä kiertoilmapuhaltimet. Kiertoilmapuhaltimien käyttö lämmitystarkoituksessa ei ole missään tapauksessa suositeltavaa, koska nämä eivät ole energiatehokkaita laitteita huonon hyötysuhteen takia. Tekninen käyttöikä sähköpuhaltimilla on noin 30 – 45 vuotta. /32, s. 18./ Kuvassa 18 on nähtävissä yksi hallin kiertoilmapuhaltimista.



Kuva 18. Metallivaraston 15 kW hallipuhallin

6.2 Vesi- ja viemärijärjestelmät

Kiinteistö on liitetty Outokummun vesiosuuskunnan vesijohtoverkoston. Päävesimittari sijaitsee sosiaalityötoimiston vieressä koneistamon puolella. Vesimittarin yhteyteen on asennettu paineenalennusventtiili. Vesimittarin tekninen käyttöikä on noin 20 vuotta. Kuvassa 19 on nähtävissä kiinteistön päävesimittari.



Kuva 19. Kiinteistön päävesimittari

Suosittelavat toimenpiteet:

- Venttiilien toiminnan testaus kerran vuodessa sulkemalla ja avaamalla venttiili
- Suositeltavaa on harkita vesimittarin uusimista johtuen teknisen iän täyttymisestä
- Vesi- ja viemärijärjestelmien toiminnan tarkkailu järjestelmien korkeasta iästä johtuen

6.2.1 Vesijohdot

Kiinteistön kylmä- ja lämminvesijohdot ovat kuparia. Käyttöveden vesijohdot ovat eri ikäisiä, johtuen kiinteistön laajennustöistä. Vesijohtoja ei ole kuitenkaan kiinteistöön uusittu missään vaiheessa. Kylmävesijohtojen sulkuventtiilit ovat pääasiassa vanhoja venttiilejä, kuten myös lämpimän käyttöveden sulkuventtiilit. Kuparisten putkien tekninen käyttöikä on n. 40 – 50 vuotta ja linja- ja sulkuventtiilien tekninen käyttöikä 25 – 30 vuotta. /7, s. 38; 33, s.19./ Vesijohtojen uusimista seu-

raavan 10 vuoden kuluttua on syytä harkita rakennuksen vanhimpien osien kohdalla, koska putkistojen tekninen käyttöikä alkaa olla silloin täynnä. Kuvassa 20 on nähtävissä erään vesikalusteen vesijohdot.



Kuva 20. Vesijohdot ovat pääsääntöisesti tyydyttävässä kunnossa

6.2.2 Vesi- ja viemärikalusteet

Vesihanoja ja vesikalusteita on uusittu yksittäin ja osa tilojen laajennusten yhteydessä. Vesikalusteiden hanojen virtaamat vaikuttivat olevan tavanomaisella tasolla vesikalusteita tarkastaessa. Osa posliinikalusteista ovat alkuperäisiä. Vesikalusteiden kytkentäjohdot ovat joiltakin osin alkuperäisiä ja putkistot ovat tyydyttävässä kunnossa. Maalien hilseilyä oli havaittavissa monien putkistojen pinnoilla. Hanojen tekninen käyttöikä on 15 – 25 vuotta, ja WC-istuimien käyttöikä on n. 40 – 50 vuotta. /33, s.22./ Suositeltavia toimenpiteitä on WC-istuimien uusiminen kaksoishuuhtelumalliin sekä vesikalusteiden uusiminen vanhimpien hanojen osalta.

6.2.3 Viemärit

Jäte- ja sadevedet johdetaan kiinteistön omaan jäteveden käsittelyjärjestelmään. Tarkastuskaivot ovat piha-alueella. Rakennuksen sisäpuoliset viemärit ovat muovia ja ne ovat suurimmaksi osin alkuperäisiä. Viemäreiden kuntoa ei pystytty erityisen laajasti arvioimaan, koska ne kulkevat suurimmaksi osaksi lattian alla näkymättömissä. Tukoksia ei ole kuitenkaan esiintynyt viemäreissä. Mikäli tukoksia

esiintyy, kuntotutkimus kannattaa suorittaa viemäreiden toiminnan varmistamiseksi. Tekninen käyttöikä muoviviemäreillä on 40 vuotta ja valurautaviemäreille 50 vuotta. /33, s. 22./ Viemäröntien uusimista on syytä harkita 10 vuoden kuluttua, koska putkistojen tekninen ikä alkaa olla silloin täynnä. Viemärikuvauksella voidaan varmistaa paremmin viemäreiden todellinen kunto. Kuvassa 21 on nähtävissä viemäröintejä.



Kuva 21. Viemäröinnit ovat vaihtelevia kunnoiltaan

6.2.4 Salaojajärjestelmä

Rakennustapaselvityksen mukaan kiinteistö on varustettu 100mm salaojajärjestelmällä, jossa 300mm tarkastusputket rakennuksen nurkilla. Salaojajärjestelmän toimintaa ei pystytty tarkistamaan johtuen talvisista olosuhteista, eikä toimeksiantajallakaan ollut varmuutta, milloin järjestelmä on viimeksi tarkastettu. Näin ollen on hyvin todennäköistä, että salaojajärjestelmän toimivuudessa on puutteita johtuen sen korkeasta iästä. Salaojien toimivuus olisi hyvä tarkistaa vuosittain, ja salaojajärjestelmä kannattaisi huoltaa 5 – 10 vuoden välein. Salaojajärjestelmän puutteellinen toiminta voi johtaa pahimmillaan veden tai kosteuden tunkeutumiseen rakenteisiin.

6.3 Ilmanvaihtojärjestelmät

6.3.1 Ilmanvaihtokone

Toimisto- ja sosiaalityötiloja palveleva ilmanvaihtokone on Ilto Flex 1200 varustettuna ristivirtalevyllämmönsiirtimellä. Tuloilman lämmitys on toteutettu 6 kW jälkilämmityspatterilla. Kone-tietojen mukaan laite on vuodelta 1996. LTO:n vuosihyötysuhdetta tai lämpötilasuhdetta ei ollut laitteen teknisissä tiedoissa saatavilla.

Koneistamopuolen yhtä toimistotilaa palvelee lisäksi oma ilmanvaihtokone, Ilto 270 varustettuna ristivirtalämmönsiirtimellä. Laite on vuodelta 2007. Kone-tietoja ei ollut saatavilla.

Puhaltimien, lämmöntalteenottolaitteiden sekä lämmityspattereiden tekninen käyttöikä on noin 15 – 25 vuotta. /33, s. 23./ Tekniseen käyttöikään vaikuttaa olennaisesti ilmanvaihdon käyttöajat sekä varaosien saatavuus. Suositeltavia toimenpiteitä on ilmanvaihtojärjestelmien suodattimien puhdistus säännöllisin väliajoin aina, kun suodattimen taustapuoli on ympäriinsä tummunut.

Toimisto- ja sosiaalityötilojen ilmavirtojen mittausten perusteella tiloissa on huomattavan suuret tulo- ja poistoilmavirrat verrattuna Suomen rakentamismääräyskoelman osan D2 ohjeilmavirtoihin. Turhan suurista ilmavirroista aiheutuu huomattavia puhallin- sekä lämmityskustannuksia. Ilmamäärät tulisi säätää RakMk osan D2 toimistorakennuksen ohjearvoihin, jolloin puhallinkustannuksia sekä lämmityskustannuksia saataisiin pienennettyä.

6.3.2 Kanavistot

Kiinteistössä on suoritettu toimisto- ja sosiaalityötilojen ilmanvaihtojärjestelmien puhdistus ja ilmavirtojen säätö vuoden 2015 alussa. Puhdistukseen sisältyi kanavistojen koneellinen harjaus, päätelaitteiden pesu, suodattimien vaihto ja konelaatikoiden puhdistus. Puhdistuksen aikana ei kuitenkaan tarkistettu kanaviston tiivi-

yttöä tai paloeristeiden kuntoa. Vanhoissa kanavistoissa olevien vuotokohtien korjaus olisi hyvä toteuttaa puhdistuksen yhteydessä. Kuvissa 22 – 24 on nähtävissä ilmanvaihtojärjestelmien osia.

Suosittelavat toimenpiteet:

- Korvausilmaventtiilien puhdistus vähintään kerran vuodessa
- Tehdashallin yleispoistoilmanvaihtokanavien puhdistus



Kuva 22. Nykyisiä prosessi-ilmanvaihtokanavistoja



Kuva 23. Seinällä oleva likainen korvausilmaventtiili



Kuva 24. Tehdashallin yleispoistoilmanvaihtventtiili

6.3.3 Päätelaitteet

Toimisto- ja sosiaaliiloissa on uudenlaiset tulo- ja poistoilmaventtiilit ja niiden il-mavirrat ovat säädetty ilmanvaihtojärjestelmien puhdistuksen yhteydessä. Sisäil-man vaihtuvuus ja laatu olivat toimistohuoneissa erinomaisella tasolla. Koneista-mon puolella sisäilman laatu oli huonompi, johtuen tuotantoprosesseissa synty-vistä epäpuhtauksista.

6.3.4 Säätolaitteet

Ilmanvaihdon säätolaitteet sekä muut ohjauslaitteet, kuten poistoilmapuhaltimien ohjauslaitteet vaativat säännöllistä huoltoa.

6.4 Paineilmajärjestelmä

Paineilmajärjestelmästä vastaa vuonna 2014 uusittu ilmajäähdytteinen ruuvi-kompressori. Itse paineilmaputkisto on alkuperäisessä kunnossa, jota on raken-nettu lisää aina laajennusten yhteydessä. Laittevalmistajan mukaan kompressorin käyttöikä on 100+ vuotta, mikäli vaadittavat huollot toteutetaan säännöllisesti. Säännöllisiin huoltotoimenpiteisiin sisältyy moottoriyksikön laakeroinnin uusimi-

nen 30 000 h tunnin välein ja ruuviyksikön laakeroinnin uusiminen 40 000 h välein. Lisäksi taajuusmuuttajien puhdistus ja huolto tulee toteuttaa 5 – 6 vuoden välein.

Paineilmajärjestelmää tarkastaessa putkistosta oli havaittavissa lukuisia vuotoja, jotka ilmenivät suhinana hallitilassa. Kaikki havaittavat vuodot ilmenivät joko paineilmaliittimissä tai paineilmapistooleissa. Koneistuskarojen läpi paineilmaa vuotaa jatkuvasti, mutta tämä ei ole kuitenkaan vika, vaan laitteen ominaisuus.

Vuotokohtien tiivistäminen kannattaa toteuttaa pikimmiten, koska turhista vuodoista kertyy huomattavia kustannuksia. Vuotokartoitus järjestelmälle kannattaa tehdä vuosittain, ja laajempi kartoitus on hyvä toteuttaa muutaman vuoden välein. Tarkempien paineilmavuotojen kartoittamiseksi olisi suositeltavaa suorittaa paineilmakartoitus ammattitaitoisen paineilmaurakoitsijan toimesta, jotta kaikki vuotokohdat saadaan löydettyä ja vuotomääriä arvioitua.

7 ENERGIANSÄÄSTÖTOIMENPITEET

7.1 Poistoilmalämpöpumppu

Poistoilmalämpöpumpun hankinnan kartoituksessa selvitettiin, olisiko taloudellisesti kannattavaa hyödyntää kohdepoistojen hukkalämpöä lämpimän käyttöveden lämmitykseen sekä ilmanvaihdon esilämmitykseen. Vesikiertoista lämmitysjärjestelmää ei kohderakennuksesta löydy, mutta työssä kartoitettiin nestekiertoisten lämminilmapuhaltimien hankinta, joihin lämpöpumpulla voitaisiin lämpöä ajaa. Tavoitteena olisi pienentää lämmityskuluja, kun nykyisin tilojen lämmityksestä vastaa sähkötoimiset kiertoilmapuhaltimet.

Hankaluuksia lämmitysenergian osuuden selvittämisessä aiheutti se, että kiinteistöllä ei ole erillistä kulutusmittausta lämmitysenergialle, joten lämmitykseen kuluvan energian osuus jouduttiin laskemaan ja arvioimaan kiinteistön kokonaisenergiankulutuksesta. Lämmityksen osuus saatiin kuitenkin haarukoitua siten, että ke-

säkuussa oletettiin, että lämmitykseen ei kulu ollenkaan energiaa, koska prosessilaitteet lämmittävät tuolloin kaikki tilat. Tämän jälkeen kesäkuun energiankulutusta verrattiin muihin kuukausiin, jolloin näiden kuukausien erotuksesta saatiin lämmitysenergian osuus. Laskelmissa oletettiin, että prosessilaitteiden energiankulutus pysyy ympäri vuoden vakiona pois lukien heinä- ja elokuu, jolloin työntekijät ovat kesälomilla porrastetusti.

Sähkön hintana laskelmissa on käytetty toimeksiantajan sopimussähkön hintaa, joka on 0,094€/kWh (sis. sähkö + siirto + verot). Kaikki investoinnit, joita työssä tarkastellaan ovat verottomia hintoja, koska tämä on yleinen käytäntö teollisuuden parissa tarkastella investointeja, sekä tämä oli myös toimeksiantajan halu.

Kiinteistön kokonaissähkönkulutus 4 vuoden keskiarvoina laskettuna on 578 071 kWh/v, josta lämmitysenergianosuudeksi saatiin 144 381 kWh/v. Tästä lämmitysenergian osuudesta voidaan vähentää toimisto- ja sosiaalitulojen lämmitysenergian osuus arvioilta n. 10 000 kWh/v, koska näihin tiloihin ei energiansäästötoimenpiteitä olla kohdentamassa.

Koneistamon lämmityksen osuus koko sähkönkulutuksesta:

$$\frac{134381 \text{ kWh}}{583434 \text{ kWh}} = 0,23$$

→Koneistamon lämmityksen osuus vuoden kokonaissähkön kulutuksesta n. 23 %.

Lämmityksen kustannukset vuodessa:

$$134\,381 \text{ kWh} \cdot 0,094 \text{ kWh/€} = 12\,632 \text{ €/vuosi}$$

Lämpimän käyttöveden kulutuksen mittausta ei kohderakennuksessa ole, joten lämpimän veden kokonaiskulutus on arvioitu Motivan ohjeiden mukaisesti olevan

n. 30 % käyttöveden kokonaiskulutuksesta. Käyttöveden kulutustietojen mukainen keskimääräinen vuosikulutus viimeisen 6 vuoden ajalta on 262 m³. Sähkön energian hintana on käytetty laskelmissa 0,094 €/kWh.

Lämmittämiseen kulutettu energia saadaan laskettua kaavalla 1: /36./

$$Q = (\rho \cdot c_p \cdot V \cdot (t_2 - t_1)) / 3600 \quad (1)$$

jossa

Q on veden lämmittämiseen kuluva energia, kWh

ρ on tiheys, kg/m³

c_p on ominaislämpökapasiteetti, kJ/kg°C

V on vedenkulutus, m³

t_2 on lämmitetyn veden lämpötila, 58 °C

t_1 on lämmittävän veden lämpötila, 10 °C

3600 on yksikkömuunnoskerroin, kJ → kWh

Lämpimän käyttövedenosuus 30 %:

$$Q = (1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 4,2 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C} \cdot (262 \text{ m}^3 \cdot 0,3) \cdot (58 \text{ }^\circ\text{C} - 10 \text{ }^\circ\text{C})) / 3600 = 4402 \text{ kWh}$$

Sähkölaskun mukaisen energianhinnan mukaan laskettu lämpimän veden lämmitykseen kuluvat kustannukset vuositasolla:

$$4402 \text{ kWh} \cdot 0,094 \text{ €/kWh} = 414 \text{ €}$$

Poistoilmalämpöpumpun hankinta vaatisi kanavoinnin uusimista, koska nykyisin kiinteistöstä löytyy erilliskanavointi, siten että jokaiselta koneelta lähtee oma poistoilmakanavisto ulos. Arelta pyydetyn tarjouksen perusteella kanaviston uudelleen rakentaminen yhteiskanajärjestelmäksi kustantaisi koneistamon osuudelle noin 5000€ sis. asennukset. Tämän lisäksi Kojalta pyydetyn tarjouksen perusteella lämminilmapuhaltimien investointikustannus olisi 2429€/per yksikkö ALV

0% sis. kannakkeet ja viisiporrasmuuntajan. Laitemyyjän kanssa käydyn keskustelun perusteella lämminilmapuhaltimia tulisi asentaa 4 kpl. Gebwelliltä pyydetyn tarjouksen perusteella itse poistoilmalämpöpumpputarjousjärjestelmä kustantaisi noin 30 000€ ALV 0% sisältäen asennukset. Lisäksi vesikiertoisen lämmitysjärjestelmän putkistojen rakentamisesta tulisi kustannuksia, joten järjestelmien yhteenlasketut kustannukset nousisivat noin 50 000€.

7.1.1 Rahallinen säästö

Rahallinen säästö perustuu poistoilmalämpöpumpulla saavutettavissa oleviin lämmityskustannusten säästöön. Laitemyyjän mukaan lämmityskustannuksista poistoilmalämpöpumpulla olisi säästettävissä n. 20 – 25 %.

Näin ollen ilmalämpöpumpputarjouksen säästöpotentiaaliksi saadaan:

$$12\,632 \text{ €/v} \cdot 0,2 = 2526 \text{ €}$$

$$12\,632 \text{ €/v} \cdot 0,25 = 3158 \text{ €}$$

7.1.2 Takaisinmaksuaika

Takaisinmaksuajan laskenta perustuu poistoilmalämpöpumpun kokonaiskustannusten vertaamista vuotuisen rahalliseen säästöön. Poistoilmalämpöpumpun kokonaiskustannukset muodostuvat kanavoinnin uudelleen rakentamisesta, lämminilmakehittimien hankinnasta sekä itse poistoilmalämpöpumpusta.

Takaisinmaksuaika saadaan kaavalla 2:

$$\text{Takaisinmaksuaika} = \frac{\text{Järjestelmien kokonaishinta}}{\text{Rahallinen säästö vuodessa}} \quad (2)$$

Kaavassa 2

Järjestelmien kokonaishinta = 50 000€

Rahallinen säästö vuodessa = 2526 – 3158 €

Järjestelmän takaisinmaksuajaksi saadaan 19,8 – 15,8 vuotta. Tulosten perusteella voidaan todeta, että laitteiston hankkiminen ei ole kannattava toimenpide ajatellen rahallista säästöä lämmityskuluissa, koska järjestelmä vaatisi suuria investointeja toimiakseen.

7.2 Ilma-ilma-lämpöpumppu

Ilmalämpöpumppujen hankinnan kartoituksessa selvitettiin, olisiko niillä mahdollista pienentää lämmityskuluja, kun nykyisin tilojen lämmityksestä vastaa sähkötoimiset kiertoilmahuuhtimet. Lämpöyökkösen edustajan kanssa käydyn keskustelun perusteella kiinteistöön olisi järkevintä asentaa näin alkuvaiheessa kaksi kappaletta teollisuusilmalämpöpumppuja. Laitteet sijoitettaisiin koneistamon puolelle. Mikäli näyttäisi, että säästöpotentiaalia jää käyttämättä, voitaisiin kolmatta laitetta harkita parin vuoden käytön jälkeen. Pyydetyn tarjouksen perusteella lämpöyökkösellä oli tarjota kaksi erilaista leasing-vaihtoehtoa laitteista.

Leasing vaihtoehto 1:

87€/kk ALV 0% per laitteisto seinämällisellä yksiköllä, jossa suodattimet tulisi puhdistaa 2 – 4 viikon välein. Laitteen lämpötilasäätöalue lähtee lämmityspuolella +5 °C ja puhalluksen heittoalue on noin 5 – 10m. Vaikutusalue yhdellä laitteella noin 400 m².

Leasing vaihtoehto 2:

134,5€/kk ALV 0% per laitteisto puhallinmallisella yksiköllä, joka sietää paremmin likaisempaa ilmaa, jolloin puhdistuksen tarve on vähäisempi. Laitteen lämpötilasäätöalue lämmityspuolella lähtee +16°C ja puhalluksen heittoalue noin 20m. Vaikutusalue tällä laitteella noin 400 m².

Tarjoukset käsittäisivät 72kk leasing-sopimuksen, johon sisältyisi 24/7 helpdesk, laitteiston tarkistus 24kk ja 48kk käyttöönotosta sekä 72kk All safe takuu. Laitteiston huolto/ylläpito ei kuulu tarjoukseen. Laitteiden kuukausihinnan lisäksi sopimukseen kuuluu laitteiden loppulunastushinta 100€/per sopimus.

Ulkoyksikkönä molemmissa vaihtoehdoissa toimisi Toshiba Super Digital RAV-SP804ATP-E, mutta sisäyksikkönä ensimmäisessä vaihtoehdossa Toshiba Digital RAV-SM806KRT-E seinäyksikkö ja toisessa vaihtoehdossa Toshiba Digital RAV-SM806BTP-E sisäyksikkö (puhallinmalli). Laitteistojen tarkemman konetiedot ovat nähtävissä liitteissä 2, 3 ja 4.

7.2.1 Rahallinen säästö

Rahallinen säästö perustuu ilmalämpöpumpuilla saavutettavissa oleviin lämmityskustannusten säästöön. Laitemyyjän mukaan lämmityskustannuksista ilmalämpöpumpuilla olisi säästettävissä n. 40 – 60 %.

Näin ollen ilmalämpöpumppujen säästöpotentiaaliksi saadaan:

$$12\,632 \text{ €/v} \cdot 0,4 = 5053 \text{ €}$$

$$12\,632 \text{ €/v} \cdot 0,6 = 7579 \text{ €}$$

Rahallista säästöä vuodessa kuitenkin pienentää hieman kesäajan jäähtyksen osuus, mikäli sitä hyödynnetään. Hellepäivien lukumäärä 6 vuoden keskiarvona Suomessa on 38 päivää vuodessa, jolloin päivän huippulämpötilat ylittävät 25 °C./28./ Jäähdytystarvetta kiinteistöllä on kuitenkin muulloin kuin vain hellepäivinä, koska koneistusyksiköistä muodostuu tiloihin kesäajalla yllämpöä. Työntekijöiden kesälomat kuitenkin pienentävät jäähdytyksentarvetta, joten juuri kuumimpaan kesäaikaan jäähdytykselle ei ole tarvetta. Näin ollen jäähdytyksentarve voidaan arvioida olevan n. 60 päivää vuodessa. Jäähdytystä tarvitaan n. 10 h vuorokaudessa, jolloin jäähdytyksen tarve vuodessa olisi:

$$60 \cdot 10 \text{ h} = 600 \text{ h}$$

Viilennyksen ottoteho tällöin 100 % kapasiteetilla (viilennysteho n. 7,63 kW 25 °C ulkolämpötilassa) 1890 W.

Sähkönkulutus tällöin 600 h · 1,89 kW = 1134 kWh.

0,094 €/kWh sähköhinnalla jäähdytyksen kustannukseksi tulee:

0,094 €/kWh · 1134 kWh = 107€/per yksikkö. Kahdella yksiköllä jäähdytykseen kuluu vuodessa noin 215€.

Vuodessa säästettävä todellinen rahamäärä on siis välillä 4838 – 7364 €.

7.2.2 Takaisinmaksuaika

Takaisinmaksuajan laskenta perustuu ilmalämpöpumppujen kokonaiskustannusten vertaamista vuotuisen rahalliseen säästöön. Ilmalämpöpumppujen kokonaiskustannukset muodostuvat leasing-sopimusten mukaisista kuukausihinnoista sekä loppulunastushinnasta.

Tarjousten perusteella **ensimmäisellä vaihtoehdolla** kokonaiskustannukseksi muodostuu:

87€/kk ALV 0% · 72 kk · 2 laitetta + 100€ loppulunastus = 12628€.

Takaisinmaksuaika saadaan kaavalla 3:

$$Takaisinmaksuaika = \frac{\text{Ilmalämpöpumppujen kokonaishinta}}{\text{Rahallinen säästö vuodessa}} \quad (3)$$

Kaavassa 3

Ilmalämpöpumppujen kokonaishinta = 12628€

Rahallinen säästö vuodessa = 4838 – 7364€

Ilmalämpöpumppujen takaisinmaksuajaksi ensimmäisellä vaihtoehdolla saadaan 1,7 – 2,6 vuotta. Takaisinmaksuaikaa voidaan pitää melko hyvänä, mutta haittapuolena on kuitenkin järjestelmän vaatima huolto/puhdistus 2 – 4 viikon välein.

Toisella vaihtoehdolla kokonaiskustannukseksi muodostuu:

134,5€/kk ALV 0% · 72 kk · 2 laitetta + 100€ loppulunastus = 19468€.

Takaisinmaksuajoiksi toisella vaihtoehdolla saadaan 2,6 – 4,0 vuotta. Takaisinmaksuaikaa voidaan pitää kohtalaisen hyvänä, ja etuna aikaisempaa tarjoukseen on laitteiston parempi rakenne, jolloin huoltojen tarve on vähäisempi.

7.3 Teollisuusilmaverho

Teollisuusilmaverhon hankinnassa selvitettiin, minkälaisia säästöjä laitteella voitaisiin saavuttaa, kun metallivaraston nosto-oven (3,3m x 7m) yhteyteen asennettaisiin ilmaverho. A-Incon Oy toimii teollisuusilmaverhojen jälleenmyyjänä, jonka järjestelmiä työssä tarkastellaan. Nosto-ovea joudutaan availemaan työpäivisin noin 5 – 8 kertaa, jolloin ovi on auki kaikkiaan n. 0,75 – 1 h päivässä auki. Tästä johtuen metallivaraston ilmatilavuus pääsee vaihtumaan hyvin nopeasti, josta aiheutuu huomattavia lämmityskustannuksia. Oviaukon alaosa sisälle virtaavan ilman massavirta saadaan laskettua kaavalla 4: /34, s. 556./

$$Q_{m,u} = \frac{2}{3} \cdot C_d \cdot L \cdot C_{na}^{3/2} \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot P_u \cdot (P_u - P_s)} \quad (4)$$

jossa

| | |
|-----------|--|
| $Q_{m,u}$ | ulkoilman massavirta oviaukosta sisään, kg/s |
| C_d | oviaukon suutinkerroin, 0,6 – 0,7 |
| L | oviaukon leveys, m |
| C_{na} | neutraalitason korkeus oven auki ollessa, laitemyyjän arvion mukaan noin 1,9 m |
| g | maanvetovoiman kiihtyvyys, 9,81 m/s ² |
| P_u | ulkoilman tiheys, kg/m ³ |

P_s sisäilman tiheys, kg/m³

Oviaukon lämpöhäviöt saadaan kaavalla 5: /34, s. 558./

$$\dot{Q}_o = q_{m,max} \cdot c_{pi} \cdot (t_s - t_u) \quad (5)$$

jossa

\dot{Q}_o oviaukon aiheuttama lämpöhäviö, kW

$q_{m,max}$ oviaukon massavirta, kg/s

c_{pi} ilman ominaislämpökapasiteetti, 1 kJ/(kg°C)

t_s sisäilman lämpötila, °C

t_u ulkoilman lämpötila, °C

Ilman lämmittämiseen kuluva energia saadaan kaavalla 6:

$$Q = \dot{Q}_o \cdot T \quad (6)$$

jossa

Q ilman lämmittämiseen kuluva energia, kWh

\dot{Q}_o oviaukon aiheuttama lämpöhäviö, kW

T ajanjakson pituus, h

Kaavoista neljä, viisi ja kuusi Exceliin tehdyn laskurin perusteella vuodessa hukataan ulos lämpöenergiaa 52 539 kWh yhden tunnin päivittäisellä käyttöasteella. Laskelmissa on hyödynnetty D2 säävyöhyke kolmen lämpötilojen pysyvyysetietoja, jotka perustuvat Suomen energialaskennan referenssivuoden (D3 2012) tunnittaisiin ulkolämpötiloihin.

Laitemyyjältä saadun tarjouksen perusteella nosto-oveen olisi järkevintä asentaa yksi kpl Induvent-SU-6.0 teollisuusilmaverho vaaka-asentoon oven päälle. Laitteen hyötysuhde on 70%, jolloin melkein ¾ lämpöhäviöistä voidaan järjestelmällä kattaa.

7.3.1 Rahallinen säästö

Rahallinen säästö perustuu laitteistolla vuotuisesti säästettävään lämpöenergian määrään, josta on vähennetty laitteiston itsensä kuluttama sähköenergiamäärä. Teollisuusilmaverholla olisi säästettävissä vuodessa noin 3055€ lämmityskustannuksista yhden tunnin päivittäisellä käyttöasteella.

7.3.2 Takaisinmaksuaika

Takaisinmaksuajan laskenta perustuu teollisuusilmaverhon kokonaiskustannusten vertaamista vuotuisen rahalliseen säästöön. Ilmaverhon veroton investointikustannus olisi 9850€, jonka päälle tulisi asennuskustannuksia noin 1200€.

Laitteiston takaisinmaksuaika saadaan kaavalla 7:

$$Takaisinmaksuaika = \frac{Teollisuusilmaverhon\ kokonaishinta}{Rahallinen\ säästö\ vuodessa} \quad (7)$$

Kaavassa 7

Ilmaverhon kokonaishinta = 11 050€.

Rahallinen säästö vuodessa = 3055€

Ilmaverhon takaisinmaksuajaksi saadaan 3,6 vuotta, jota voidaan pitää melko hyvänä. Takaisinmaksuaikaan vaikuttaa kuitenkin merkittävästi päivittäinen nosto-oven käyttöaste. Mikäli oven aukioloaika saadaan pienennettyä 0,5 h päivässä, rahallinen säästö vuodessa puolittuu, jolloin taas takaisinmaksuaika kasvaa puolet suuremmaksi.

7.4 Emulsiosumuerotin

Emulsiosumuerotinlaitteiston hankinnassa selvitettiin, minkälaisia säästöjä järjestelmällä voitaisiin saavuttaa, kun poistoilmaa ei enää puhallettaisi ulos, vaan se suodatettaisiin ja hyödynnettäisiin uudelleen. Industrial Trading Helsinki Oy toimii jälleenmyyjänä laitteille, joiden järjestelmiä työssä tarkastellaan. Laitemyyjän

kanssa käydyn keskustelun perusteella jokaiselle tarkasteltavalle koneistusyksikölle tulisi asentaa oma emulsiosumuerotin, koska rajoittavana tekijänä on laitteen imukyky. Yli 2 – 3 metrin kanavoinneissa järjestelmä ei pysty enää toimimaan, joten useamman koneistusyksikön yhdistäminen samalle emulsiosumuerottimelle ei onnistu, poikkeuksena mikäli yksiköt sijaitsevat todella lähellä toisiaan.

Laitteiden kannattavuuksia lähdettiin selvittämään aluksi kolmelle eniten käytetyimmälle koneistusyksikölle, jotka sijaitsevat eri puolilla hallia. Kaikki kolme laitetta toimivat 18 h vuorokaudessa, 5 päivää viikossa ja noin 45 viikkoa vuodessa. Ilmavirtamittausten perusteella laitteista poistetaan tällä hetkellä noin 500 l/s ilmaa suoraan ulos. Poistoista johtuen korvausilmaventtiileistä virtaa lämmittämättä ilmaa sisälle, joka lämpenee koneistusyksiköiden ja kiertoilmapuhaltimien avulla + 21 °C. Tuloilman lämmittämiseen kuluva energia saadaan laskettua kaavan 4 avulla:

Ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsema energia Q_{iv} lasketaan kaavalla 8: /35, s. 22./

$$Q_{iv} = \sum (H_{iv} (T_s - T_u) \Delta t) / 1000 \quad (8)$$

Ilmanvaihdon ominaislämpöhäviö H_{iv} lasketaan kaavalla 9: /35, s. 22./

$$H_{iv} = \rho_i \cdot c_{pi} \cdot q_{v, poisto} \cdot t_d \cdot t_v \cdot (1 - \eta_a) \quad (9)$$

jossa

Q_{iv} ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsema energia, kWh

H_{iv} ilmanvaihdon ominaislämpöhäviö, W/K

ρ_i ilman tiheys, 1,2 kg/m³

c_{pi} ilman ominaislämpökapasiteetti, 1000 Ws/(kgK)

$q_{v, poisto}$ poistoilmavirta, m³/s

t_d ilmanvaihtolaitoksen keskimääräinen vuorokautinen käyntiaikasuhde, h/24h

| | |
|------------|---|
| t_v | ilmanvaihtolaitoksen viikoittainen käyntiaikasuhde, vrk/7 vrk |
| T_s | sisäilman lämpötila, °C |
| T_u | ulkoilman lämpötila, °C |
| Δt | ajanjakson pituus, h |
| 1000 | kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos kilowattitunneiksi |
| η_a | lämmöntalteenottoa ei ole, niin kaavassa käytetään arvoa 0 |

Kaavoista kahdeksan ja yhdeksän Exceliin tehdyn laskurin perusteella kolmen koneistusyksikön poistojen tilalle tuoman ilman lämmittämiseen kuluu energiaa vuodessa 25 713 kWh. Laskelmissa on hyödynnetty säävyöhyke kolmen lämpötilojen pysyvyystietoja, jotka perustuvat Suomen energialaskennan referenssivuoden (D3 2012) tunnittaisiin ulkolämpötiloihin.

7.4.1 Rahallinen säästö

Rahallinen säästö perustuu laitteistolla vuodessa säästetyn lämpöenergian määrään, josta tulee vähentää itse laitteiston kuluttama sähköenergianmäärä. Emulsiosumuerotinlaitteiston ottoteho on 2,2 kW/per yksikkö, jolloin vuodessa yhden laitteen kuluttama sähköenergianmäärä on 8910 kWh. Tuntimääränä vuodessa on käytetty laitteiston toiminta-aikaa, joka on 18h vuorokaudessa, 5 vrk viikossa ja 45 viikkoa vuodessa. Näin ollen todelliseksi vuotuiseksi lämpöenergian säästökseen saadaan:

$$25713 \text{ kWh} - 26730 \text{ kWh} = -1017 \text{ kWh}$$

Tulosten perusteella voidaan todeta, että näillä poistoilmamäärillä laitteiston hankkiminen ei ole kannattava toimenpide ajatellen rahallista säästöä lämmityskuluissa. Tulee kuitenkin ottaa huomioon, että laitteiston päätehtävänä on poistaa ilmasta haitalliset leijuvat emulsiosumupisarot ja pienpartikkelit, jonka etuna on työntekijöiden työskentelyolosuhteiden parantuminen. Vastuullisessa yritystoiminnassa tulisi myös ottaa huomioon ympäristönäkökulmat, joihin emulsiosumuerotinlaitteisto tarjoaa ratkaisun suodattamalla haitallisen emulsiosumun.

8 JOHTOPÄÄTÖKSET

Opinnäytetyön tavoitteena oli suorittaa puolueeton LVI-kuntoarvio koneistamolle sekä lisäksi kartoittaa erilaisia energiansäästämahdollisuuksia kiinteistölle. Kuntoarvion perusteella voidaan todeta, että kiinteistön nykyiset LVI-järjestelmät ovat tyydyttävässä kunnossa, joista erityisesti vesi- ja viemärijärjestelmien uusiminen sekä lämmitysjärjestelmän päivittäminen olisi suositeltavia toimenpiteitä seuraavan 5 – 10 vuoden sisällä.

Energiansäästämahdollisuuksien kannalta järkevimät investoinnit takaisinmaksuaikojen puitteissa olisivat ilma-ilmalämpöpumppujen hankinta sekä teollisuusilmaverhon hankinta. Laitteilla olisi saavutettavissa huomattavia säästöjä niin taloudellisesti kuin energiankulutuksenkin kannalta. Tuloksia tarkastellessa on hyvä kuitenkin ottaa huomioon, se että teollisuusilmaverhon hankinta vaikuttaa ilmalämpöpumpuilla vuodessa säästettävään energiaan, koska ilmaverho vaikuttaa pienentäen kiinteistön lämmitysenergiatarvetta. Lopputuloksena opinnäytetyöstä voidaan todeta, että sille asetetut tavoitteet täyttyivät ja kannattavimmat energiansäästökohteet löytyivät, joilla energiankäyttöä voitaisiin tehostaa. Taulukossa 8 on vielä nähtävissä yhteenveto järjestelmistä ja niiden takaisinmaksuajoista.

Taulukko 8. Yhteenveto järjestelmistä ja niiden takaisinmaksuajoista

| Järjestelmä | Investointikustannus ALV 0% (€) | Takaisinmaksuaika (v) |
|------------------------------|---------------------------------|-----------------------|
| Poistoilmalämpöpumppu | 50 000 | 15,8 – 19,8 |
| Ilmalämpöpumppu vaihtoehto 1 | 12 628 | 1,7 - 2,6 |
| Ilmalämpöpumppu vaihtoehto 2 | 19 468 | 2,6 - 4,0 |
| Teollisuusilmaverho | 11 050 | 3,6 |
| Emulsiosumuerotin | 9000 | - |

Jatkotoimenpiteinä kiinteistölle olisi hyvä toteuttaa rakennustekninen kuntoarvio, koska lämpökamerakuvaus antoi olettaa, että myös rakennustekniikan osalta parannus/korjauskohteita olisi tiedossa. Havaitut ilmapuodot sekä eristepuutteet lisäävät energiankulutusta ja rakenteiden rakennusfysikaalinen toiminta heikke-

nee, jolloin kosteutta voi tiivistyä ilmapuotokohdista rakenteisiin. Muutamissa kohdissa oli jo havaittavissa lattian ja seinän liitoskohdissa alkavia vaurioita rakenteissa.

9 POHDINTA

Opinnäytetyöprosessi alkoi joulukuussa 2016, jolloin työ lähti liikkeelle lähtötietojen keräämisellä. Idea toteuttaa LVI-kuntoarvio sekä samalla tutkia erilaisia energiansäästämiseen liittyviä mahdollisuuksia alkoi jo teoriaopintojen aikaisen kiinnostuksen takia. Sopiva kohde löytyi lopulta nopeasti ennestään tutusta yrityksestä, johon työ oli mahdollista toteuttaa. Erityisen palkitsevaa opinnäytetyöprosessissa oli se, että kuntoarvion toimeksiantaja sitoutui ensi hetkestä alkaen täysin projektiin, ja oli valmis tarvittaessa tekemään investointeja energiansäästämistä varten.

Opinnäytetyötä tehdessä vastaan tuli myös joitakin haasteita. Alusta asti oli selvää, että toimeksiantajayrityksen sijainti vaikeuttasi projektin toteuttamista hie-man, koska välimatkaa oli paljon. Toimeksiantajan aktiivinen yhteydenpito kuitenkin helpotti työn tekemistä, ja loppujen lopuksi projektin toteuttaminen sujui melko vaivattomasti. Lisäksi haasteita tuotti se, että koko kiinteistön lämmitysenergian osuuden selvittäminen kokonaissähkökulutuksesta oli hankalaa, sillä kiinteistöllä ei ole erillistä kulutusmittausta lämmitysenergialle. Lämmitysenergianosuus saatiin kuitenkin selville laskelmien avulla. Haasteita tuotti myös se, että toimeksiantajan LVI-järjestelmistä ei ollut tarjolla LVI-piirustuksia, jotka olisivat helpottaneet merkittävästi työn toteuttamista.

Kokonaisuutta katsottaessa opinnäytetyöprosessi eteni todella hyvin, ja LVI-kuntoarvion toteuttaminen sujui ilman suurempia ongelmia. Laskelmien avulla pystyttiin todistamaan toimeksiantajalle, että ilmalämpöpumppujen sekä teollisuusilma-verhon hankkiminen kiinteistöön olisi erittäin järkevä investointi tulevaisuutta ajatellen.

Oppimisen kannalta oli myös todella hyödyllistä päästä tutustumaan LVI-kuntoarvion toteuttamiseen, ja kerätä informaatiota erilaisista energiansäästömahdollisuuksista. Kokonaisuudessaan opinnäytetyöprosessi tulee olemaan erittäin hyödyllinen tulevaisuudessa LVI-insinöörin uralla.

LÄHTEET

1. Energiatehokas teollisuuskiinteistö. Motiva Oy. 2012. PDF-dokumentti. Saatavissa: http://www.motiva.fi/files/5847/Energiatehokas_teollisuuskiinteisto.pdf [viitattu 2.1.2017].
2. LVI 01-10487. Kiinteistön kuntoarvio. Kuntoluokan määräytyminen. Rakennustieto Oy. 2012.
3. LVI 01-10538. Asuinkiinteistön kuntoarvio. Kuntoarvioijan ohje. Rakennustieto Oy. 2013.
4. PTS. Talokeskus Oy. s.a. Saatavissa: <http://www.talokeskus.fi/yllapitopalvelut/kunnossapito/pts/> [viitattu 2.1.2017].
5. Kunnossapitosuunnitelma (PTS). Taloyhtio.net. www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.taloyhtio.net/kiinteistonpito/kunnossapitosuunnitelma/> [viitattu 2.1.2016].
6. LVI 01-10537. Asuinkiinteistön kuntoarvio. Tilaajan ohje. Rakennustieto Oy. 2013.
7. Opas vesi- ja viemäriputkistojen kuntoarvioihin, Jyrki Karjalainen. Suomen Kiinteistöliitto Ry. s.a.
8. LVI 05-10417. Rakennusten sisäilmaston suunnitteluperusteet. Rakennustieto Oy. 2007.
9. Lämpöpumput. Motiva Oy. 2016.. Saatavissa: http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/lampopumput [viitattu 3.2.2017].
10. LVI 11-10332. Lämpöpumput. Rakennustieto Oy. 2002.
11. Mikä on kylmäainepiiri. Rauman Kylmä rakenne Oy. s.a. Saatavissa: <http://www.kylmarakenne.fi/Sivusto/Kylmaainepiiri.html> [viitattu 3.1.2017].
12. Poistoilmalämpöpumppu. Motiva Oy. 2016. www-dokumentti. Saatavissa: http://www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/lammitysmuodot/poistoilmalampopumppu [viitattu 3.1.2017].
13. Poistoilmalämpöpumppu. Motiva Oy. 2016. www-dokumentti. Saatavissa: http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/lampopumput/lampopumppu-teknologiat/poistoilmalampopumppu [viitattu 3.2.2017].
14. Lämpökaivo. Maalämmön hyödyntäminen pientaloissa. Ympäristöopas 2009. Suomen ympäristökeskus. PDF-dokumentti. Saatavissa: https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/38833/YO_2009_Lampokaivo_26_4_2011.pdf?sequence=1 [viitattu 17.2.2017].

15. Ilmalämpöpumppu tukilämmityslähteenä. Motiva Oy. 2016. www-dokumentti. Saatavissa: http://www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/lammitysmuodot/ilmalampopumppu_tukilammityslahteenä [viitattu 3.2.2017].
16. Energian säästö ja lämpökertoimet. RefGroup Oy. s.a. Saatavissa: <http://www.ilmalampopumput.fi/fi/mika-ihmeen-lampopumppu/energian-saasto> [viitattu 3.2.2017].
17. Ilmalämpöpumpun energiataloudellinen käyttö. Motiva Oy. 2012. PDF-dokumentti. Saatavissa: http://www.motiva.fi/files/6794/Ilmalampopumpun_energiataloudellinen_kaytto.pdf [viitattu 3.2.2017].
18. Lämpöä ilmassa. Motiva Oy. Lämmitysjärjestelmät. Ilmalämpöpumput. s.a. PDF-dokumentti. Saatavissa: <http://www.motiva.fi/files/175/Ilmalampopumput.pdf> [viitattu 3.1.2017].
19. Teollisuuskäyttöön tarkoitetut ilmaverhot. Stravent Oy. s.a. PDF-dokumentti. Saatavissa: <http://www.stravent.fi/uploads/file/ratkaisut/IndAC-Fi-709.pdf> [viitattu 27.1.2017].
20. Mesvac ilmasulku. Tehokasta energiansäästöä. s.a. PDF-dokumentti. [viitattu 27.1.2017].
21. Filtermist emulsiosumerottimet. Industrial Trading Helsinki Oy. s.a. Saatavissa: <http://www.ith.fi/tyostokoneiden-ilmansuodatus/filtermist-emulsiosumerottimet.php> [viitattu 26.1.2017].
22. Filtermist öljysumerottimet. Industrial Trading Helsinki Oy. s.a. PDF-dokumentti. Saatavissa: <http://www.ith.fi/perch/resources/filtermistesitesuomi.pdf> [viitattu 26.1.2017].
23. Valaistus. Motiva Oy. 2015. Saatavissa: http://www.motiva.fi/julkinen_sektori/koulut_oppilaitokset/aktiivista_oppimista_ja_konkreettisia_saastoja/valaistus [viitattu 7.1.2017].
24. Paineilma-analyysi tuo säästöjä. Motiva Oy. s.a. PDF-dokumentti. Saatavissa: http://www.motiva.fi/files/6017/Paineilma-analyysi_tuo_saastoja.pdf [viitattu 12.1.2017].
25. Rakennuksen tiiviys. Asko Sarja, Tekn. tri. Innokas Ky. PDF-dokumentti. [viitattu 17.1.2017].
26. Energiatehokkuus talotekniikka. Vem Motorst Finland Oy. s.a. Saatavissa: <http://www.vem.fi/toimialaratkaisut/talotekniikka/energiatehokkuus-talotekniikassa> [viitattu 18.1.2017].

27. Käyttöön otetut lämpöpumput vuosittain. Lämpöpumpputilasto. SULPU ry. s.a. PDF-dokumentti. Saatavissa: <http://www.sulpu.fi/documents/184029/0/La%CC%88mpo%CC%88pumpputilasto%202014%2C%20kuvaajat%20lehdist%C3%B6tiedotteeseen.pdf> [viitattu 9.2.2017].
28. Ilmatieteenlaitos. Helletilastot 2011 – 2016. Saatavissa: <http://ilmatieteenlaitos.fi/helletilastot> [viitattu 9.2.2017]
29. Heat pump systems. U.S Department Of Energy. s.a.. Saatavissa: <https://energy.gov/energysaver/heat-pump-systems> [viitattu 20.2.2017].
30. The Future Of Energy Use. Second edition. Phil O'Keefe, Geoff O'Brien and Nicola Pearsall. Published in 2010 by Earthscan.
31. Air-Source Heat Pumps. Energy Efficiency And Renewable Energy. 2001. PDF-dokumentti. Saatavissa: <http://www.nrel.gov/docs/fy01osti/28037.pdf> [viitattu 20.2.2017].
32. Huonelämpötilat, patterit ja termostaatit. Motiva Oy. 2016. Saatavissa: http://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/energiatehokas_sahkolammitys/huonelam-potilat_patterit_ja_termostaatit [viitattu 20.2.2017].
33. LVI 01-10424. Kiinteistön tekniset käyttöiät ja kunnossapitojaksot. Rakennustieto Oy. 2008. [viitattu 20.2.2017].
34. Ilmastointilaitoksen mitoitus. Ilmastointitekniikka osa 2. Talotekniikka-Julkaisut Oy.
35. D5 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta. Ohjeet 2007. Ympäristöministeriö.
36. Laskukaavat: Lämmin käyttövesi. Motiva Oy. 2016. Saatavissa: http://www.motiva.fi/julkinen_sektori/energiankayton_tehostaminen/kiinteistojen_energianhallinta/kulutuksen_normitus/laskukaavat_lammin_kayttovesi [viitattu 22.2.2016].

KUVALUETTELO

Kuva 1. Teollisuusrakennuksen kiinteistösähkön kulutus keskimäärin. Energiatehokas teollisuuskiinteistö. Motiva Oy. 2012. PDF-dokumentti. Saatavissa: http://www.motiva.fi/files/5847/Energiatehokas_teollisuuskiinteisto.pdf [viitattu 2.1.2017].

Kuva 2. Erialaisten lämmitysjärjestelmien soveltuvuus teollisuuskiinteistöihin. Energiatehokas teollisuuskiinteistö. Motiva Oy. 2012. PDF-dokumentti. Saatavissa: http://www.motiva.fi/files/5847/Energiatehokas_teollisuuskiinteisto.pdf [viitattu 2.1.2017].

Kuva 3. Lämpötilan ja suorituksen välinen riippuvuus toimistotiloissa. LVI 05-10417. Rakennusten sisäilmaston suunnitteluperusteet. Rakennustieto Oy. 2007.

Kuva 4. Ilmanvaihdon mitoitusarvoja ja tunnuslukuja. Teollisuusrakennuksen kiinteistösähkön kulutus keskimäärin. Energiatehokas teollisuuskiinteistö. Motiva Oy. 2012. PDF-dokumentti. Saatavissa: http://www.motiva.fi/files/5847/Energiatehokas_teollisuuskiinteisto.pdf [viitattu 2.1.2017].

Kuva 5. Eri valaisimilla saavutettavissa oleva energiansäästö. Valaistus. Motiva Oy. 2015. Saatavissa: http://www.motiva.fi/julkinen_sektori/koulut_ja_oppilaitokset/aktiivista_oppimista_ja_konkreettisia_saastoja/valaistus [viitattu 7.1.2017].

Kuva 6. Paineilmajärjestelmän tehostamismahdollisuudet sekä viitteelliset takaisinmaksuajat. Paineilma-analyysi tuo säästöjä. Motiva Oy. s.a. PDF-dokumentti. Saatavissa: http://www.motiva.fi/files/6017/Paineilma-analyysi_tuo_saastoja.pdf [viitattu 12.1.2017].

Kuva 7. Vuotavasta paineilmajärjestelmästä aiheutuvia kustannuksia. Paineilma-analyysi tuo säästöjä. Motiva Oy. s.a. PDF-dokumentti. Saatavissa: http://www.motiva.fi/files/6017/Paineilma-analyysi_tuo_saastoja.pdf [viitattu 12.1.2017].

Kuva 8. Esimerkki teollisuushallin lämmönkulutuksen jakautumisesta. Energiatehokas teollisuuskiinteistö. Motiva Oy. 2012. PDF-dokumentti. Saatavissa: http://www.motiva.fi/files/5847/Energiatehokas_teollisuuskiinteisto.pdf [viitattu 2.1.2017].

Kuva 9. Lämpöpumpun toimintaperiaate. Maalämmön hyödyntäminen pientaloissa. Ympäristöopas 2009. Suomen ympäristökeskus. PDF-dokumentti. Saatavissa: https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/38833/YO_2009_Lampokaivo_26_4_2011.pdf?sequence=1 [viitattu 17.2.2017].

Kuva 10. Ilma-ilma-lämpöpumpun kaaviokuva. LVI 11-10332. Lämpöpumput. Rakennustieto Oy. 2002.

Kuva 11. Ilmaverhon toimintaperiaate. Mesvac ilmasulku. Tehokasta energiansäästöä. s.a. PDF-dokumentti. [viitattu 27.1.2017].

Kuva 12. Vaakasuoraan asennettu ilmaverho. Teollisuuskäyttöön tarkoitetut ilmaverhot. Stravent Oy. s.a. PDF-dokumentti. Saatavissa: <http://www.stravent.fi/uploads/file/ratkaisut/IndAC-Fi-709.pdf> [viitattu 27.1.2017].

Kuva 13. Filtermist emulsiosumuerotin. Filtermist emulsiosumuerottimet. Industrial Trading Helsinki Oy. s.a. Saatavissa: <http://www.ith.fi/tyostokoneiden-ilman-suodatus/filtermist-emulsiosumuerottimet.php> [viitattu 26.1.2017].

Kuva 14. Koneistamon nosto-oven lämpökamerakuva

Kuva 15. Koneistamon nosto-oven vasen alanurkka

Kuva 16. Koneistamon erään ulkonurkan kylmäsillat

Kuva 17. Toimistotilojen erään ikkunan kylmäsilta

Kuva 18. Metallivaraston 15 kW hallipuhallin

Kuva 19. Kiinteistön päävesimittari

Kuva 20. Vesijohdot ovat pääsääntöisesti tyydyttävässä kunnossa

Kuva 21. Viemäröinnit ovat vaihtelevia kunnoiltaan

Kuva 22. Nykyisiä prosessi-ilmanvaihtokanavia

Kuva 23. Seinällä oleva likainen korvausilmaventtiili

Kuva 24. Tehdashallin yleispoistoilmanvaihtotenttiili

TAULUKKOLUETTELO

Taulukko 1. Kiinteistön koko energiankulutus eri vuosina ja kuukausina.

Taulukko 2. Kiinteistön veden kulutus kuutioina eri vuosina.

Taulukko 3. Kuntoluokat. LVI 01-10537. Asuinkiinteistön kuntoarvio. Tilaajan ohje. Rakennustieto Oy. 2013.

Taulukko 4. Lämpöpumppujen myyntimäärä kappaleina vuosina 2000-2014. Käyttöön otetut lämpöpumput vuosittain. Lämpöpumpputilasto. SULPU ry. s.a. PDF-dokumentti. Saatavissa: <http://www.sulpu.fi/documents/184029/0/La%CC%88mpo%CC%88pumpputilasto%202014%2C%20kuvaajat%20lehdist%C3%B6tiedotteeseen.pdf> [viitattu 9.2.2017].

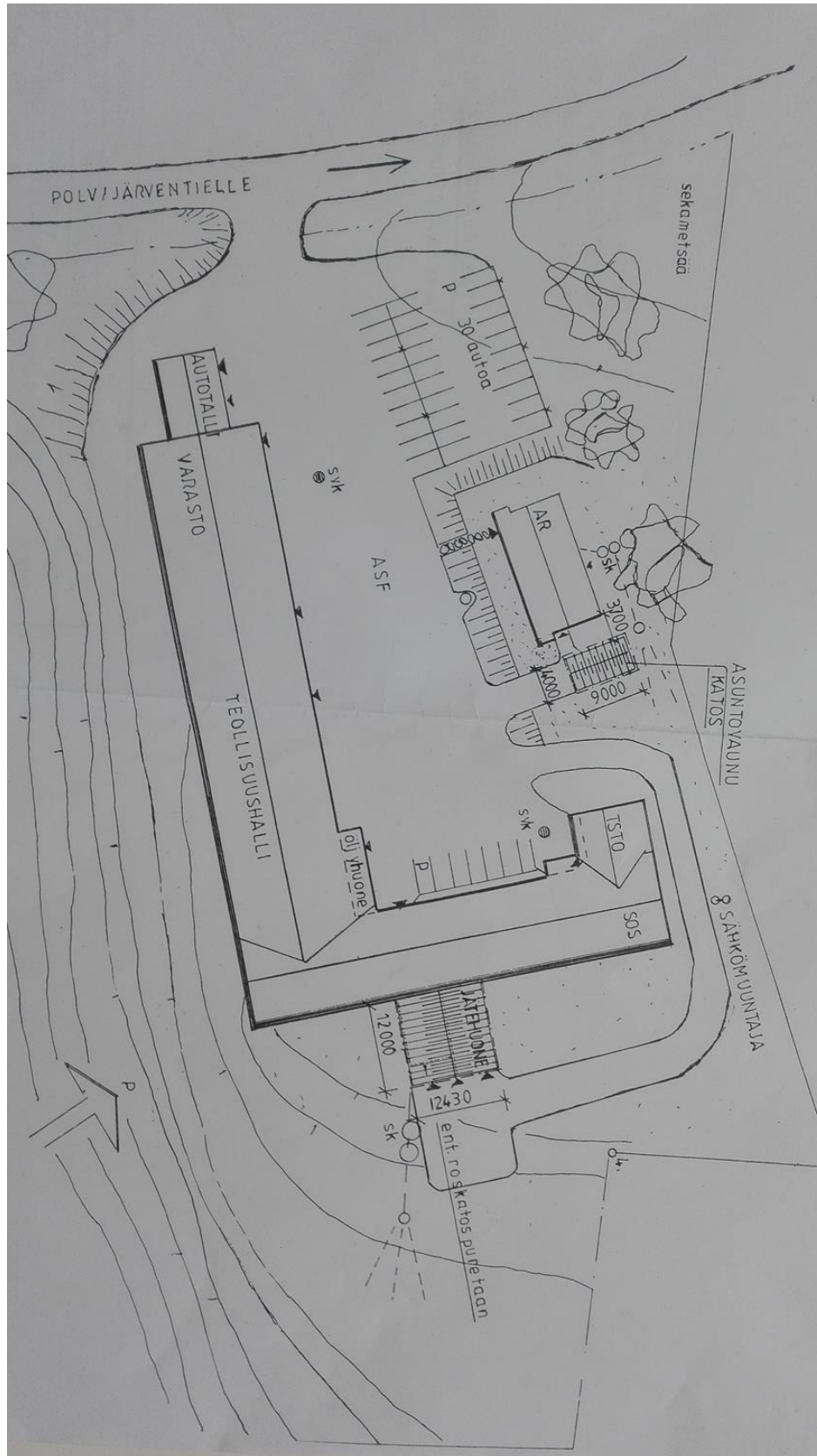
Taulukko 5. Kylmäainekierron vaiheet.

Taulukko 6. Energiakertoimien mukaiset energialuokat. Energian säästö ja lämpökertoimet. RefGroup Oy. s.a. Saatavissa: <http://www.ilmalampopumput.fi/fi/mika-ihmeen-lampopumppu/energian-saasto> [viitattu 3.2.2017].

Taulukko 7. Kiinteistön eri tilojen sisälämpötilat. (Ulkolämpötila mittaushetkellä -5,9 °C.)

Taulukko 8. Yhteenveto järjestelmistä ja niiden takaisinmaksuajoista.

Kiinteistön asemapiirros



Toshiba Super Digital RAV-SP804ATP-E -ulkoyksikön tekniset tiedot

| Outdoor unit | | | |
|---|------|---|-------------|
| Cooling capacity (cooling) | kW | ● | 7,10 |
| Range of performance (cooling) | kW | ● | 1,90-8,00 |
| Heating capacity (heating) | kW | ● | 8,00 |
| Range of performance (heating) | kW | ● | 1,30-10,60 |
| Energy label (cooling) | | ● | A+ |
| Energy label (heating) | | ● | A |
| Efficiency (EER) (cooling) | | ● | 3,21 |
| Efficiency (COP) (heating) | | ● | 3,42 |
| Efficiency (SEER) (cooling) | | ● | 5,88 |
| Efficiency (SCOP) (heating) | | ● | 3,87 |
| Power supply | V | | 230 |
| Fusing | A | | 16 |
| Power consumption (cooling) | kW | ● | 0,30 - 2,88 |
| Power consumption (heating) | kW | ● | 0,27 - 3,87 |
| Compressor power output | W | | Twin Rotary |
| Pipe dimension liquid | mm/" | | 9,5 (3/8) |
| Pipe dimension gas | mm/" | | 15,9 (5/8) |
| Pipe length, maximum | m | | 50 |
| Pipe length, pre-charged | m | | 30 (40g/m) |
| Refrigerant, charged | kg | | 2,10 |
| Height difference (outdoor unit higher/lower) | m | | 30 |
| Outdoor temperature (cooling) | °C | ● | -15 / +43 |
| Outdoor temperature (heating) | °C | ● | -15 / +15 |

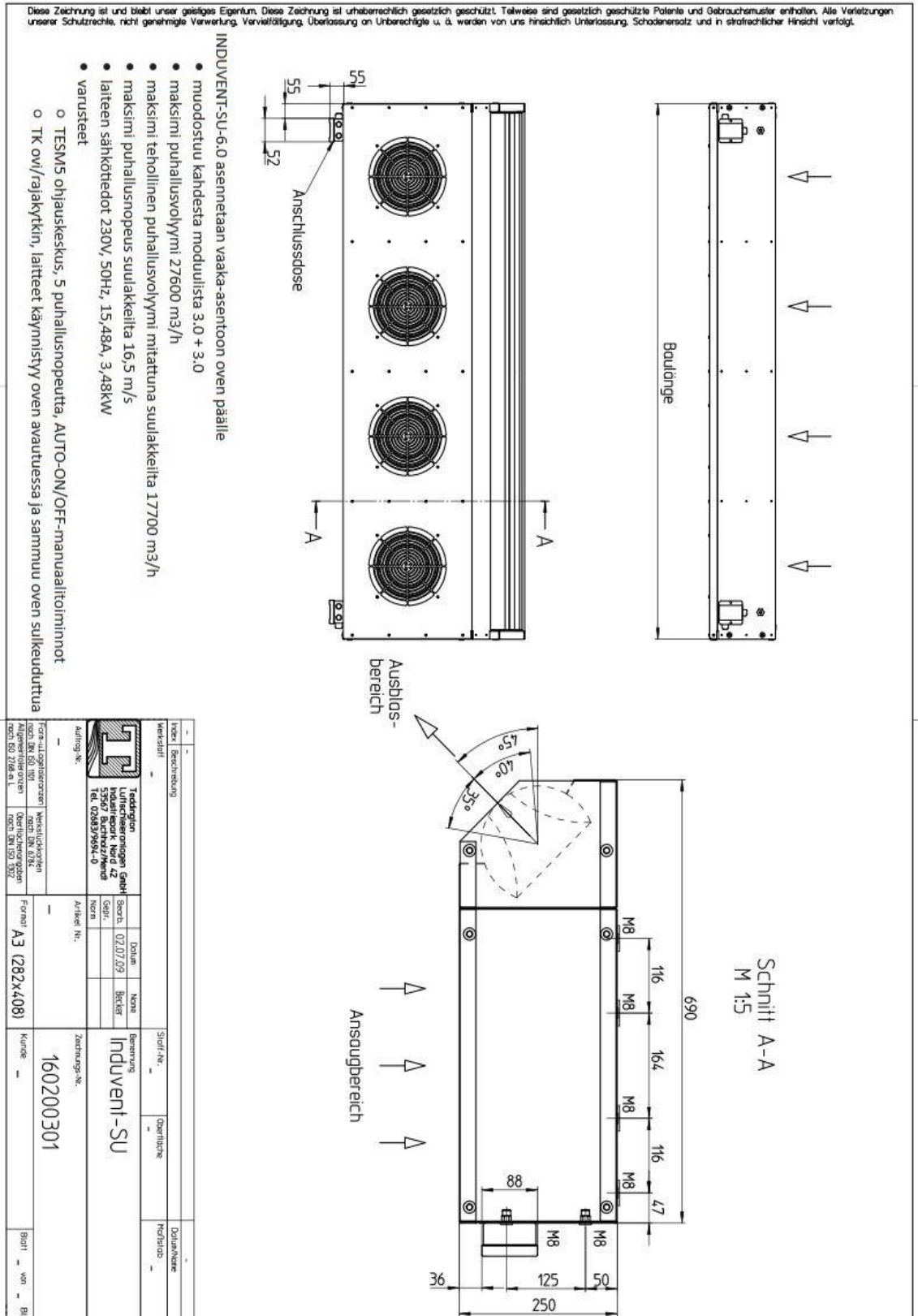
Toshiba Digital RAV-SM806KRT-E seinäyksikön tekniset tiedot

| Indoor unit | | | |
|---|-------------------|---|------------------|
| Cooling capacity (cooling) | kW | ● | 7,10 |
| Range of performance (cooling) | kW | ● | 1,90-8,00 |
| Heating capacity (heating) | kW | ● | 8,00 |
| Range of performance (heating) | kW | ● | 1,30-10,60 |
| Energy label (cooling) | | ● | A+ |
| Energy label (heating) | | ● | A |
| Efficiency (EER) (cooling) | | ● | 3,21 |
| Efficiency (COP) (heating) | | ● | 3,42 |
| Efficiency (SEER) (cooling) | | ● | 5,88 |
| Efficiency (SCOP) (heating) | | ● | 3,87 |
| Power supply | V | | 230 |
| Fusing | A | | 13 |
| Power consumption (cooling) | kW | ● | 0,30 - 2,88 |
| Power consumption (heating) | kW | ● | 0,27 - 3,87 |
| Dimensions (H/W/D) | mm | | 320 x 1050 x 228 |
| Net weight | kg | | 12 |
| Air power volume | m ³ /h | | 1020 |
| Sound pressure level (cooling) | db(A) | ● | 36/-/47 |
| Sound pressure level (heating) | db(A) | ● | 36/-/47 |
| Sound power level (cooling) | db(A) | ● | 62 |
| Sound power level (heating) | db(A) | ● | 62 |
| Pipe dimension liquid | mm/" | | 9,5 (3/8) |
| Pipe dimension gas | mm/" | | 15,9 (5/8) |
| Pipe length, maximum | m | | 50 |
| Pipe length, pre-charged | m | | 30 (40g/m) |
| Refrigerant, charged | kg | | 2,10 |
| Height difference (outdoor unit higher/lower) | m | | 30 |
| Outdoor temperature (cooling) | °C | ● | -15 - +43 |
| Outdoor temperature (heating) | °C | ● | -20 - +15 |

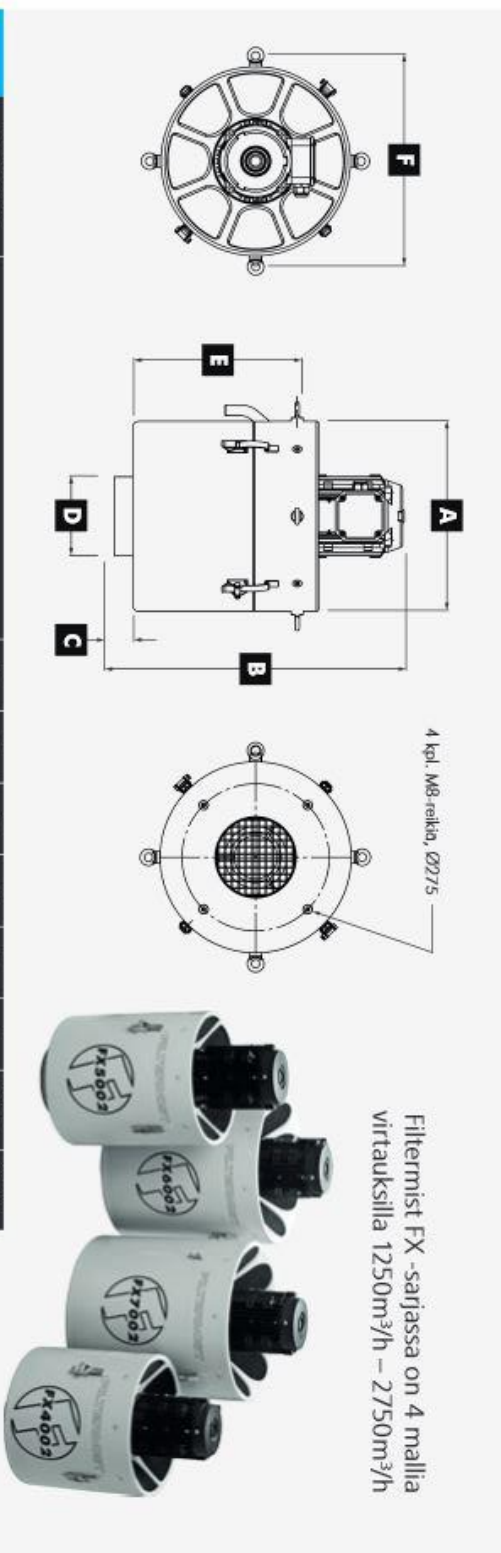
Toshiba Digital RAV-SM806BTP-E sisäyksikön (puhallinmalli) tekniset tiedot

| Indoor unit | | | |
|---|-------------------|---|------------------|
| Cooling capacity (cooling) | kW | ● | 7,10 |
| Range of performance (cooling) | kW | ● | 1,90-8,00 |
| Heating capacity (heating) | kW | ● | 8,00 |
| Range of performance (heating) | kW | ● | 1,30-10,60 |
| Energy label (cooling) | | ● | A+ |
| Energy label (heating) | | ● | A |
| Efficiency (EER) (cooling) | | ● | 3,21 |
| Efficiency (COP) (heating) | | ● | 3,42 |
| Efficiency (SEER) (cooling) | | ● | 5,88 |
| Efficiency (SCOP) (heating) | | ● | 3,87 |
| Power supply | V | | 230 |
| Fusing | A | | 13 |
| Power consumption (cooling) | kW | ● | 0,30 - 2,88 |
| Power consumption (heating) | kW | ● | 0,27 - 3,87 |
| Dimensions (H/W/D) | mm | | 320 x 1050 x 228 |
| Net weight | kg | | 12 |
| Air power volume | m ³ /h | | 1020 |
| Sound pressure level (cooling) | db(A) | ● | 36/-/47 |
| Sound pressure level (heating) | db(A) | ● | 36/-/47 |
| Sound power level (cooling) | db(A) | ● | 62 |
| Sound power level (heating) | db(A) | ● | 62 |
| Pipe dimension liquid | mm/" | | 9,5 (3/8) |
| Pipe dimension gas | mm/" | | 15,9 (5/8) |
| Pipe length, maximum | m | | 50 |
| Pipe length, pre-charged | m | | 30 (40g/m) |
| Refrigerant, charged | kg | | 2,10 |
| Height difference (outdoor unit higher/lower) | m | | 30 |
| Outdoor temperature (cooling) | °C | ● | -15 - +43 |
| Outdoor temperature (heating) | °C | ● | -20 - +15 |

Induvent SU 6.0 teollisuusilmaverhon tekniset tiedot



FX5002 emulsiosumuerottimen tekniset tiedot



| Malli | Ilmavirtaus m ³ /h | Moottori ¹ | A mm | B mm | C mm | D mm | E mm | F mm | Paino kg | Ääni ² dB(A) | |
|--------|----------------------------------|---|---|---------|---------|---------|---------|---------|-------------|----------------------------|----|
| FX4002 | 1250 @ 50Hz 1500 @ 60Hz | 1,5kW 50Hz 200V, 220V, 380V, 400V, 415V | 1,5kW 60Hz 200V, 220V, 230V, 440V, 460V, 480V | 357 | 540 | 35 | 148 | 309 | 398 | 24 | 70 |
| FX5002 | 1675 @ 50Hz 2000 @ 60Hz | 2,2kW 50Hz 200V, 220V, 380V, 400V, 415V | 2,2kW 60Hz 200V, 220V, 230V, 440V, 460V, 480V | 357 | 639 | 35 | 198 | 378 | 398 | 29 | 71 |
| FX6002 | 2000 @ 50Hz 2400 @ 60Hz | 2,2kW 50Hz 200V, 220V, 380V, 400V, 415V | 2,2kW 60Hz 200V, 220V, 230V, 440V, 460V, 480V | 438 | 643 | 35 | 198 | 432 | 485 | 34 | 73 |
| FX7002 | 2750 @ 50Hz | 2,2kW 50Hz 200V, 220V, 380V, 400V, 415V | ei saatavana | 438 | 643 | 35 | 198 | 432 | 485 | 34 | 73 |

¹ Moottoreita saa käyttää vain määrättyillä jännitteillä.

² Tulokset testolosuhteissa ± 3%, n tarkkuudella. Paikalliset vaihtelet ja olosuhteet voivat vaikuttaa lukemiin.

LVI-tekniikan PTS

| PTS LVI-TEKNIikka | | | | | | | | | | | | | |
|--|-------|---|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Järjestelmä | KL | Toimenpiteet | Kustannusarvio x 1000€ ja ehdotettu toteutusvuosi | | | | | | | | | | |
| | | | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 |
| Lämmöntuotanto | 3 | Ilmalämpöpumput lisälämmönlähteiksi | | 16 | | | | | | | | | |
| Vesijohdot + kalusteet | 2 - 3 | Vesijohdojen + kalusteiden uusiminen | | | | | | | | | | | 10 |
| Viemärit | 2 - 3 | Viemäreiden sukitus | | | | | | | | | | | 50 |
| Ilmanvaihtojärjestelmät | 2 - 3 | Teollisuushallin yleisilmanvaihtokanavien puhdistus | | | 5 | | | | | | | | |
| Kustannukset perustuvat karkeaan määräraivoon sekä saatavilla oleviin tietoihin. | | | | | | | | | | | | | |