

## HUOM!

Nämä periaatteet ovat vanhoja, osin päivitettyjä vuodelta 2016 ja joiltakin osin täysin vanhentuneet. Motiva ei ota mitään vastuuta tietojen ajantasaisuudesta tai paikkansapitävyydestä.

Tämä dokumentti ei ole osa energiakatselmusten virallista ohjeistusta eikä niitä pidä tulkita sellaisiksi, vaikka dokumentissa esiintyisi väitteitä, viittauksia tms.

## Periaatteita järjestelmäkohtaisiin tarkasteluihin katselmuksissa

<b>JOHDANTO</b> .....	<b>4</b>
<b>1 TYÖTURVALLISUUS</b> .....	<b>5</b>
1.1.1 Katselmoi turvallisesti .....	5
1.1.2 Turvallinen työasu .....	5
1.1.3 Laitteiden käyttö ja asetusten muuttaminen.....	5
1.1.4 Työturvallisuus sähkömittauksissa .....	5
1.1.5 Turvallista matkaa .....	6
<b>2 ENERGIAN JA VEDEN HANKINTA JA JAKELU</b> .....	<b>7</b>
2.1 LÄMPÖENERGIA .....	7
2.1.1 Lämpöenergian hankinta.....	7
2.1.2 Huipputeho .....	8
2.1.3 Tariffi ja lämpöenergian kustannukset .....	9
2.1.4 Lämmitysenergian kulutuksen normitus .....	11
2.1.5 Lämpöenergian kulutusjakauma .....	12
2.2 SÄHKÖENERGIA .....	13
2.2.1 Sähköenergian hankinta .....	13
2.2.2 Kulutusjakauman laadinta.....	15
2.2.3 Kiinteistön ja käyttäjän järjestelmien katselmointi .....	16
2.3 VESI .....	17
2.3.1 Veden hankinta.....	17
2.3.2 Kulutusjakauman laadinta .....	18
2.3.3 Kiinteistön / käyttäjän järjestelmien katselmointi .....	18
<b>3 LVI-TEKNISET JÄRJESTELMIEN KATSELMOINTI</b> .....	<b>20</b>
3.1 YLEISTÄ LVI-TEKNISTEN JÄRJESTELMIEN KATSELMOINNISTA .....	20
3.1.1 LVI-katselmukseen liittyvät mittaukset .....	20
3.1.2 Sisäolosuhteisiin vaikuttavat tekijät .....	21
3.2 LÄMMÖN TUOTANTO .....	22
3.2.1 Lämmön tuotannon katselmointi .....	22
3.2.2 Kattiloihin liittyvät tarkastuskohteet.....	23
3.2.3 Lämmitysjärjestelmän tarkastuskohteet lämpökeskuksessa .....	28
3.3 LÄMMITYS .....	30
3.3.1 Lämmitysjärjestelmän katselmointi ja tarkastuskohteet .....	31
3.3.2 Lämmön jakelu .....	31
3.3.3 Lämmitysjärjestelmän huonelaitteet .....	34
3.3.4 Lämmitysjärjestelmän säätö ja ohjaus .....	35
3.3.5 Lämmitysverkoston perussäädön tarve ja säätömahdollisuudet .....	37
3.3.6 Lämmitysjärjestelmän pumput, niiden ohjaus ja säätö .....	38
3.3.7 Tyypillisiä lämmitysjärjestelmän energiansäästömahdollisuuksia .....	38
3.4 KÄYTTÖVESI .....	42
3.4.1 Käyttövesijärjestelmän katselmointi ja tarkastuskohteet .....	42
3.4.2 Käyttövesijärjestelmä, yleistä .....	43

3.4.3	Käyttöveden kulutuksen pienentäminen .....	43
3.4.4	Lämpimän käyttöveden lämpötilan säätö .....	46
3.4.5	Muut säästökeinot .....	47
3.4.6	Käyttötottumukset .....	47
3.5	ILMANVAIHTO .....	47
3.5.1	Ilmanvaihtojärjestelmän katselmointi ja tarkastuskohteet .....	47
3.5.2	Ilmanvaihtojärjestelmät, yleistä .....	52
3.5.3	Tyypilliset ilmanvaihdon ongelmat .....	54
3.5.4	Ilmanvaihdon energiatalous .....	57
3.5.5	Ilmanvaihtojärjestelmän palvelualueet ja vyöhykkeet .....	58
3.5.6	Ilmanvaihdon ohjaus- ja säätötavat .....	59
3.5.7	Lämmöntalteenotto .....	60
3.5.8	Ilmanvaihtojärjestelmän säästömahdollisuudet .....	67
3.5.9	Suurten tilojen ilmanvaihtojärjestelmät .....	71
3.5.10	Ilmanvaihtojärjestelmän uusiminen ja parantaminen .....	75
3.6	TILAJÄÄHDYTYSJÄRJESTELMÄT .....	76
3.6.1	Ilmanvaihdon jäähdytys, tilajäähdytys .....	77
<b>4</b>	<b>RAKENNUSAUTOMAATIOJÄRJESTELMIEN KATSELMOINTI .....</b>	<b>83</b>
4.1	RAKENNUSAUTOMAATIOILLA HALLITAAN KIINTEISTÖN ENERGIAVIRTOJA .....	83
4.2	RAKENNUSAUTOMAATION TOTEUTUSPERIAATTEITA .....	83
4.2.1	Tietokonepohjaiset rakennusautomaatiojärjestelmät (1980 – 1990 luku) .....	86
4.3	RAKENNUSAUTOMAATIOJÄRJESTELMÄN KÄYTTÖ KATSELMUKSESSA .....	89
4.3.1	Rakennusautomaatiojärjestelmän hyödyntäminen katselmuksessa .....	89
4.3.2	Rakennusautomaatiojärjestelmän kunnon selvitys .....	90
4.3.3	Mittausten tarkastaminen ja kalibrointi .....	91
4.3.4	Ohjausten ja lukitusten testaus .....	91
4.3.5	Käyntiaikojen tarpeenmukaisuuden selvittäminen .....	92
4.3.6	Säätötoimintojen testaus .....	93
4.3.7	Trendiseurannan hyödyntäminen .....	94
4.4	RAKENNUSAUTOMAATIOJÄRJESTELMÄN UUSIMISTARPEEN ARVIOINTI .....	96
<b>5</b>	<b>SÄHKÖTEKNISTEN JÄRJESTELMIEN KATSELMOINTI .....</b>	<b>98</b>
5.1	YLEISTÄ .....	98
5.1.1	Sähkötekniset mittaukset .....	98
5.1.2	Sähkön kulutusjakauma .....	100
5.2	SÄHKÖNJAKELUJÄRJESTELMÄ .....	101
5.2.1	Sähkönjakelujärjestelmän mittaukset .....	101
5.2.2	Muuntajahäviöt .....	103
5.2.3	Loistehon kompensointi .....	104
5.2.4	Verkostojen ohjaus, kuormien tasaus .....	105
5.3	VALAISTUS .....	105
5.3.1	Valaistuksen katselmointi .....	105
5.3.2	Valaistustapa ja valaistuksen laatu .....	109
5.3.3	Päivänvalon hyödyntäminen .....	109
5.3.4	Laitetehokkuus .....	110
5.3.5	Valaistuksen ryhmittely ja ohjaus ja säätö .....	112
5.3.6	Ulkovalaistuksen erityispiirteet .....	113
5.3.7	Valaistuksen käyttö ja huolto .....	113
5.4	LVI-LAITTEET .....	114
5.4.1	LVI-järjestelmien sähkölaitteiden katselmointi .....	114
5.4.2	Moottorikäytöt .....	120
5.4.3	Höyrykostutus .....	123
5.4.4	Jäähdytys ja kylmälaitteet .....	124
5.4.5	Paineilmalaitteet .....	125
5.5	SÄHKÖLÄMMITYKSET JA SULATUKSET .....	126
5.5.1	Tilojen sähkölämmitys .....	126
5.5.2	Lisälämmitys .....	127
5.5.3	Sulanapito- ja saattolämmitykset .....	127
5.5.4	Autolämmitykset .....	128

5.5.5	Sauna.....	129
5.6	PISTORASIAKUORMA.....	129
5.6.1	Energiatehokkaat laitteet.....	129
5.6.2	Käyttötottumukset ja käytönopastus.....	129
5.7	MUUT SÄHKÖLAITTEET.....	130
<b>6</b>	<b>RAKENNUSTEKNISET TARKASTELUT ENERGIAKATSELMUKSESSA.....</b>	<b>134</b>
6.1	RAKENNUKSEN VAIPAN MERKITYS ENERGIATALOUELLE.....	134
6.2	RAKENNUKSEN KATSELMOINTI.....	134
6.2.1	Katselmuksessa tehtävät havainnot.....	135
6.2.2	Lämpökameran käyttö.....	135
6.3	RAKENNUSVAIPAN OSAT.....	136
6.3.1	Ikkunat.....	136
6.3.2	Ovet.....	137
6.3.3	Yläpohja.....	142
6.3.4	Alapohja.....	143
6.3.5	Ulkoseinät.....	144
6.4	ILMANPITÄVYYDEN PARANTAMINEN.....	144
<b>7</b>	<b>LÄMMITYSMUODON VAIHDON JA UUSIUTUVAN ENERGIAN KÄYTTÖMAHDOLLISUUKSIIEN TARKASTELU.....</b>	<b>146</b>
7.1	POLTTOAINEEN VAIHTO.....	147
7.1.1	Kattilalaitoksen ja lämmitysjärjestelmän tarkastelu.....	147
7.1.2	Biopolttoainekattilatarkastelun yleispiirteet.....	148
7.1.3	Öljykattilasta pelletteihin ja hakkeeseen siirtyminen.....	150
7.2	KAUKOLÄMPÖ.....	151
7.3	SÄHKÖLÄMMITYKSESTÄ UUSIUTUVIIN ENERGIAMUOTOIHIN.....	152
7.3.1	Ilmalämpöpumput (lämmitys- ja jäähdytyskäyttö).....	152
7.3.2	Poistoilmalämpöpumput.....	153
7.3.3	Ilma-vesi-lämpöpumput.....	153
7.3.4	Maalämpöpumput lämmitys- ja jäähdytyskäytössä.....	154
7.4	AURINKO- JA TUULIENERGIA.....	156
7.4.1	Aurinkolämpö.....	156
7.4.2	Aurinkosähkö.....	156
7.4.3	Tuulisähkö.....	157

## JOHDANTO

---

Energiakatselmus on asiantuntijoiden ja katselmuksen tilaajaorganisaation yhteistyössä suorittama **perusteellinen selvitys rakennuksen ja tuotantoprosessin ja sitä palvelevien järjestelmien energian ja veden käytöstä sekä niiden kannattavista tehostamismahdollisuuksista.**

### Energiakatselmus sisältää

1. nykyisen kulutustason ja -jakauman analysoinnin
2. taloudellisesti kannattavien säästömahdollisuuksien selvittämisen taloudellisuuslaskelmineen
3. toimenpide- ja jatkoehdotusten raportoinnin.

Energiakatselmoijan tehtävänä on löytää kannattavia toimenpiteitä, joilla voidaan **vähentää kohteen energian ja veden kulutuksia ja kustannuksia sekä kohteen energiankäytöstä aiheutuvia CO<sub>2</sub> -päästöjä.**

Nämä periaatteet on suunnattu ensisijaisesti energiakatselmoijille, jotka ovat toteuttamassa ensimmäisiä katselmuksiaan. Näkökulmana on siis esittää katselmustyön perusteet ja menettelytavat, joilla varmistetaan laadukas lopputulos. Ohjeistusta voivat toki hyödyntää kokeneemmatkin katselmoijat.

Ohjeeseen on sisällytetty myös runsaasti materiaalia, jonka vaikutus energiatalouteen on hyvinkin vähäinen, mutta vaikuttavat osaltaan laitteiston ja järjestelmien hyvin toiminnan ja energiataloudellisen toiminnan kannalta.

# 1 Työturvallisuus

## 1.1.1 Katselmoi turvallisesti

Energiakatselmoijan terve asenne ja viileä harkintakyky ovat tärkeimmät työturvallisuustekijät katselmoinnin kenttätyössä. Energiakatselmuksissa työskennellään tiloissa, jotka ovat yleisesti ottaen katselmoijalle vieraita, joten katselmoijan on työskenneltävä noudattaen hyviä käytöstapoja ja katselmuksikohteessa yleisesti käytössä olevia liikkumista ja turvallisuutta koskevia ohjeita.

Energiakatselmoijien kannattaa hankkia vapaaehtoinen työturvallisuuskortti ([www.tyoturvallisuuskortti.fi](http://www.tyoturvallisuuskortti.fi)), jota voidaan pitää eräänlaisena yleissivistyksen minimitasona työturvallisuuden alalla. Jotkut yritykset edellyttävät korttia kaikilta tiloissaan itsenäisesti toimivilta henkilöiltä, minkä lisäksi vierailijoita ja alihankkijoita varten on usein laadittu erityiset kohdekohtaiset turvallisuusmääräykset. Elintarviketeollisuudessa energiakatselmoivien henkilöiden on suotavaa hankkia itselleen hygieniaosaamistodistus (ns. *hygieniapassi*).

Katselmoijan tulee jo kenttätyön suunnitteluvaiheessa perehtyä näihin kohteen omiin turvallisuusmääräyksiin ja tietenkin noudattaa niitä kohteessa toimiessaan.

## 1.1.2 Turvallinen työasu

Kenttäkatselmoinnissa käytettävän vaatetuksen ja varusteiden osalta on varmistettava, että

- käytettävät työvaatteet (suoja-asu, turvajalkineet, kypärä jne.) ovat asiallisia ja ko. käyttötarkoitukseen soveltuvia
- työvaatteissa ei ole lenkkejä tms., jotka voisivat tarttua tai sotkeentua (pyöriviin) laitteisiin
- sähkötiloissa käytössä ei ole sähköä johtavia esineitä (taskulamppu, ruuvimeisseli tms.), jotka saattavat pudotessaan aiheuttaa oikosulkuja tms. vaaratilanteita.
- kaikkiaan lisäksi myös se että työasu täyttää tilaajan kohteessa asetetut vaatimukset (esimerkiksi hygienian tai kohdekohtaisten työturvallisuusvaatimusten osalta)

## 1.1.3 Laitteiden käyttö ja asetusten muuttaminen

Tämän lisäksi katselmoinnissa on noudatettava seuraavia ohjeistuksia:

- Laitteiden pysäyttämisen, toiminta-arvojen muuttamisen, luukkujen ja alakattojen avaamisen yms. tekee aina kohteen huolto- tai vastaava henkilö, jolla on oikea käsitys laitteiden, prosessien yms. toiminnasta. Kaikista tehdyistä muutoksista tulee myös kertoa tilaajalle, jotta hänellä on selkeä kuva mitä muutoksia eri järjestelmiin on tehty.
  - Pysäytettäessä laitteita (pumput, polttimet, puhaltimet yms.) ne tulee käynnistää uudelleen ja varmistaa, että ne todella käynnistyvät.
  - Varmista, ettei pysäytettyä laitetta käynnistetä ollessasi tutkimassa sitä (turvakytin 0-asennossa!). Jos muutoksia tehdään useamman henkilön kanssa yhteistyössä johonkin laitteeseen, sopikaa aina etukäteen miten pysäytys ja käynnistys tehdään turvallisesti yhteistyössä.
  - Muutettaessa lämpötilojen yms. asetteluja ne tulee palauttaa ennalleen tai normaaleihin käyttöarvoihin.
  - Kauan käyttämättä olleisiin venttiileihin ei ole suositeltavaa koskea – väkisin avattu/suljettu vanha venttiili alkaa usein vuotaa karan tiivisteestä.
  - Tunne sähkötyöturvallisuusmääräykset ja noudata niitä.

## 1.1.4 Työturvallisuus sähkömittauksissa

Sähkömittaukset eivät saa aiheuttaa haittaa tai riskiä

- henkilöturvallisuudelle
- prosessille tai muulle omaisuudelle

- sähköturvallisuudelle
- toiminnalle tiloissa.

Katselmoijan on huolehdittava osaltaan siitä, että mittauksista ei synny edellä esitettyjä haittoja tai riskejä. Mittaukset on tehtävä sähköturvallisuuslakeja noudattaen, mittaajan on omattava lain säättämä pätevyys, mikä tarkoittaa, että normaalisti käytännön työ on tehtävä yhteistyössä kiinteistön omien sähköammattilaisten kanssa. Lisäksi mitattaessa on aina käytettävä määräystenmukaisia suojarusteita.

### 1.1.5 Turvallista matkaa

Energiakatselmoija joutuu matkustamaan kokouksia ja kenttämittauksia varten katselmuskohteisiin. Matkustettaessa on aina pidettävä turvallisuus ykkösasiana ajankohdasta ja kelistä riippumatta. Energiakatselmoijan on matkustaessaan huolehdittava mm. seuraavista asioista:

- Lähte matkalle ajoissa.
  - Katso sääennuste ja kelivaroitukset edellisenä iltana.
  - Ilmoita ajoissa, jos on ilmeistä, että myöhästy!
- Noudata liikennesääntöjä.
  - Noudata nopeusrajoituksia!
  - Jätä riittävä turvaväli edellä ajavaan!
- Älä aja väsyneenä.
  - Pidä tauko, jos tunnet itsesi väsyneeksi
  - Ota nokkaunen (10–15 min), ellet saa unta pidä ainakin silmät suljettuina,

## 2 Energian ja veden hankinta ja jakelu

Energian ja veden hankintaa tarkasteltaessa selvitetään, miten energialajit ja vesi on mittaroitu ja miten niiden kustannukset määräytyvät käyttäjille. Esimerkiksi liikerakennuksessa selvitetään kiinteistön energian ja veden hankinnan lisäksi myös tilojen käyttäjien ratkaisut: onko liiketiloilla omat sähköliittymänsä vai syötetäänkö niiden sähkö rakennuksen liittymästä alamittausten kautta.

Tyypillisesti lämmitys- ja vesikustannukset sisältyvät tilavuokraan ja käyttäjät maksavat kuluttamastaan sähköstä mittauksen mukaan. Pyrittäessä vähentämään energiankulutusta tulisi tilojen käyttäjien toiminnan vaikutus pystyä havainnollistamaan kulutusmittausten avulla. Sähkön lisäksi myös muiden energialajien ja hyödykkeiden (höyry, paineilma ym.) kustannusten osoittaminen tilojen käyttäjille on perusteltua ja mahdollisuuksien mukaan aina järjestettävä. Lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmän sekä veden kulutuksen osalta käyttäjäkohtainen mittaus on yleistymässä. Esimerkiksi liikerakennuksessa tietty olosuhteiden perustaso saattaa sisältyä vuokraan, mutta lisäjäähdytyksestä maksetaan erikseen kulutusmittauksen perusteella. Teollisuudessa osasto- ja rakennuskohdaiset hyödykemittaukset parantavat merkittävästi energia- ja kustannustehokkuutta.

Energiahankinnan vaihtoehtoja tarkasteltaessa otetaan huomioon käytettävissä olevat kunnalliset järjestelmät, olemassa olevat liittymät ja niiden kapasiteetit, todellinen energian tarve sekä rakennuspaikan asemakaavan ja rakennuksen/alueen mahdolliset rajoitukset/mahdollisuudet esimerkiksi uusiutuviin energiamuotoihin.

### 2.1 Lämpöenergia

#### 2.1.1 Lämpöenergian hankinta

Energiakatselmuksikohteissa tyypillisimpiä lämpöenergian hankinta- ja lämmitysmuotoja ovat

- vesikiertoinen lämmitysjärjestelmä, jossa lämmön lähteenä on
  - kaukolämpö (kunnallinen tai alueellinen)
  - öljykattila
  - maakaasukattila
  - sähkökattila tai – varaaja
  - uusiutuva polttoaine
  - lämpöpumppu
- sähkölämmitys
  - suora
  - varaava

Useimmiten kattilalaitos on osa katselmoitavaa kiinteistöä tai aluetta, jolloin katselmukseen sisältyvät kattilalaitoksen katselmointi savukaasu- ym. mittauksineen. Lämmöntuotanto voi olla ulkoistettu ja lämmön toimittajalle maksetaan ostetusta lämmöstä samaan tapaan kuin kaukolämpökohteessa, jolloin kattilalaitos ei kuulu katselmoinnin piiriin.

Joissakin tapauksissa lämpökeskus sijaitsee naapurikiinteistössä tai palvelee useampaa rakennusta eikä lämpöenergiamittauksia ole toteutettu rakennuskohtaisesti. Tällöin energiakatselmoijan on arvioitava lämpöenergian kulutuksen jakautuminen eri kohteille riittävällä tarkkuudella. Jos rakennukset ovat hyvin samantyyppisiä ja niiden käyttöaika on sama, voidaan kulutus jakaa rakennustilavuuden tai pinta-alan perusteella. Mikäli rakennukset poikkeavat toisistaan iän, rakenteiden, käytön ja käyttöajan suhteen, on suositeltavaa laatia laskennallinen tarkastelu lämpöenergian kulutuksen jakautumisesta.

### Lämpöenergiankulutuksen mittarointi

Katselmuksessa selvitetään kohteen lämpömäärämittaukset ja niiden vaikutusalueet.

Kauko- ja aluelämpökohteessa on tyypillistä, että kohteessa on vain lämmön toimittajan energiamittari eikä alamittauksia yleensä ole. Myös maakaasun kulutus mitataan toimittajan toimesta.

Kattilalaitoksissa tulisi olla ainakin polttoaineen kulutuksen seurannan mahdollistava mittarointi. Öljykattiloissa tulisi olla lisäksi tieto polttimien käyttötunneista ja öljynpaineesta polttimessa. Tämän lisäksi kattilalaitoksen hyötysuhdetta tulisi seurata säännöllisesti. Tuotetun lämpömäärän seuranta (verkostopuolen mittaus) antaa parhaan kuvan kohteessa kulutetusta energiasta. Pelkkien polttoainetoimitusten perusteella tapahtuva kulutusseuranta on epätarkka eikä mahdollista tehokasta kulutusseurantaa.

Sähkölämmityskohteessa (sis. lämpöpumput) lämmityksen osuuden tulisi olla eriteltynä muusta kulutuksesta alamittauksella. Sähkölämmitys käsitellään raportissa sähkölämmitystä koskevassa kohdassa, 2.1.3.

Energiakatselmuksessa katselmoija ottaa lisäksi kantaa olemassa olevan mittaroinnin riittävyteen ja tarkoituksenmukaisuuteen energian käytön ja kustannusten hallinnan kannalta tarkasteltuna. Mikäli lämmityksen kulutusta ei mitata erikseen, katselmoijan on syytä ehdottaa mittari(e)n asentamista.

### **2.1.2 Huipputeho**

#### Kaukolämpökohde

Katselmuksessa selvitetään lämmön toimittajalta tai ao. laskusta

- kaukolämpöliittymän teho (kW) tai tilausvesivirta (m<sup>3</sup>/h)
- mahdolliset tiedot toteutuneista huipputehoista (ks. myös kulutusmittari)
- mahdolliset tiedot rekisteröidyistä tuntitehoista
- vuotuinen ostettu lämpöenergia (MWh) 3-5 katselmusta edeltävältä vuodelta.

Kaukolämpökohteessa tarkastellaan tunnuslukuihin (ominaistilausteho W/m<sup>3</sup> ja huipun käyttöaika h/a) perustuen nykyisen tilaustehon/tilausvesivirran tarpeenmukaisuutta. Arvio voi perustua lämmön toimittajan tuntitehomittaustietoihin, vuotuisista lämmönkulutuksista ja lämmitystarveluvuista laskettuihin kaukolämmön laskennallisiin huipputehoihin tai, jos kuukausittaiset kulutus- ja lämmitystarveluvut ovat käytettävissä, kuukausittaiseen tarkasteluun.

Tyypillisesti palvelusektorin rakennuksissa

- ominaistilausteho on 20–25 W/m<sup>3</sup>
- huipun käyttöaika on 1500–2000 tuntia.

Teollisuusrakennuksissa vastaavanlaisia tunnuslukuja ei ole mahdollista esittää tuotannon, talotekniikan ym. monimuotoisuuden vuoksi. Joillain toimialoilla benchmark-tarkasteluilla voidaan päästä suuruusluokkisiin tarkkuuksiin, mutta tällöin tiedossa on oltava varsin tarkkoja tietoja tuotannosta ja sen rakenteesta, tuotannon kapasiteetista ja kuormitusasteesta yms., rakennuksista jne. Näitä tietoja katselmoijilla ei ole normaalisti käytössään. Teollisuudessa on useimmiten paras tarkastella kyseisen kohteen kulutustrendejä ja niiden syitä.

Tunnuslukujen tarkastelun perusteella tehdään ehdotukset mahdollisesta tilausvesivirran pienentämisestä ja jatkoneuvotteluista lämpölaitoksen edustajan kanssa.

Lisätietoja tilaustehon/-vesivirran tarkasteluista saa seuraavista ohjeista:



- Energiategollisuus ry:n julkaisu: Teho ja vesivirta kaukolämmön maksuperusteina, Suositus K15/2014.

Katselmuksen yhteydessä suoritettavasta kaukolämmön tilaustehon mittaukseen perustuvasta tarkastelusta tulee sopia katselmustoimeksiannosta sovittaessa. Tilaustehon mittaus on katselmuksen lisätehtävä ja se tehdään yleensä mahdollisimman kylmällä säällä.

Tilaustehon sopivuudesta voi tiedustella myös kaukolämmön toimittajalta, jolla on katselmoijaa laajempi näkemys ko. asioista sekä pitkäaikaiset tilastotiedot ko. kohteesta. Kaukolämmön toimittajalla on usein myös merkittävä sana ko. muutoksissa, sillä he vastaavat omalta osaltaan lämmön riittävydestä. Tämän lisäksi useampi kaukolämpötoimija on siirtynyt tekemään tarkasteluja itse säännöllisesti tietyin väliajoin omilla tarkasteluilla, jolloin kohteen tilausteho tai tilausvesivirta päivittyy automaattisesti oikealle tasolle. Mikäli tilaustehon tarkastelua ei tehdä tästä syystä, on katselmuksessa kuitenkin mainittava miksi tarkastelua ei ole tehty.

### Kattilalaitos

Katselmuksessa paikan päällä, kiinteistöhuollolta tai rakennuksen omistajalta selvitetään

- kattiloiden kylttitiedot (valmistusvuosi, mitoitusteho jne.)
- kattiloiden yhteisteho (kW)
- kattiloiden käyttötapa (yksi käytössä, useita käytössä) ja niiden vaihtelut ulkolämpötilasta ja muusta kuormituksesta riippuvana
- polttimien öljynpaine, suutinkoot (vaihtoajankohta!) ja käyttötunnit vuodessa
- tiedot huoltotoimista (suutinten vaihdot/vaihtovälit, savukaasumittaukset, nuohous jne.)
- vuotuinen mitattu/ostettu öljy- tai kaasumäärä 3-5 katselmusta edeltävältä vuodelta
  - tarkemmat tiedot polttoainehankinnoista esimerkiksi polttoainetoimituksista saadaan niiden laskuista (ajankohta, toimitettu määrä ja laatu sekä toimituksen hinta).

Raportissa esitetään tunnuslukuihin ( $W/m^3, h/a$ ) perustuva arvio nykyisen kattilatehon tarpeenmuutoksesta ja huipputehon käyttöajasta perustuen käyttötuntilaskurien lukemiin.

### **2.1.3 Tariffi ja lämpöenergian kustannukset**

Lämpöenergian kustannukset muodostuvat seuraavista tekijöistä:

- kiinteät perusmaksut (€/a)
- energiamaksut (€/a)
- huolto- ja kunnossapitokustannukset (€/a).

Lämpöenergian kustannuksia on perusteltua tarkastella ainakin kolmen kuluneen vuoden ajalta. Lämpöenergian kustannukset määritetään viimeisimmän vuoden sääkorjatun kulutuksen perusteella. Tarkastelujaksoa on syytä pidentää, mikäli rakennuskannassa, toiminnassa tai tuotannossa on tapahtunut merkittäviä muutoksia. Tarkastelussa on otettava huomioon kulutuksen normitus sekä tuotannon yms. vaihtelut. Lämmön osalta lasketaan osalta vuosittaisten kokonaiskustannusten perusteella lämmön ominaiskustannus, €/MWh.

Tämän lisäksi esitetään kohteen lämpöenergian ominaiskulutus esimerkiksi palvelukohteissa rakennustilavuuteen suhteutettuna ( $kWh/m^3$ ). Ominaiskulutus lasketaan normitetusta lämpöenergian kulutuksesta. Ominaiskulutuksia verrataan vastaavanlaisten kohteiden keskimääräisiin ominaiskulutuksiin (lähde mainittava) sekä arvioidaan toiminnallisia ym. syitä, jos ominaiskulutus poikkeaa merkittävästi keskimääräisistä. On huomattava, että vaikka kulutus olisi ns. keskimääräistä tai pienempää kuin muissa vastaavan tyyppisissä kohteissa, asiakkaalle ei perusteettomasti saa antaa

kuvaa, että tämän tarkastelun perusteella voidaan suoraan pitää kohteen energiatehokkuutta hyvänä.

### Kaukolämpökohde

Katselmuksessa selvitetään

- vuotuinen liittymän tehoon perustuva perusmaksu (€/kW)
- energiamaksut (€/MWh) ja niiden mahdollinen ajallinen vaihtelu (kesä/talvi)
- kustannusten kehittyminen kolmenviime vuoden ajalta.

Kohteen lämmitysenergian kustannukset esitetään laskettuna normitetun kulutuksen perusteella. Kulutuksista esitetään sekä mitattu, että normitettu kulutus vähintään viimeiseltä kolmelta vuodelta.

Kohteessa toteutettavat energiansäästötoimenpiteet vaikuttavat yleensä vain kulutukseen, mutta joillakin toimilla voi olla vaikutusta myös huipputehoon, esimerkiksi lämmöntalteenoton lisäys useaan tuloilmakoneeseen tai muutokset tuotannon energiankulutuksessa. Säästötarkastelussa on siis tarvittaessa otettava huomioon tariffin mahdollinen muutos perusmaksuissa.

### Kattilalaitoskohde

Katselmuksessa selvitetään 3-5 aikaisemman vuoden ajalta kiinteistön omistajalta tai kiinteistöhuolloilta seuraavien osatekijöiden kehittyminen sekä katselmusajankohdan tilanne:

- polttoaineen hinta ao. veroineen katselmushetkellä
- mahdolliset kiinteät perusmaksut
- mahdolliset siirto- ja toimitusmaksut
- vuotuiset huolto- ym. kustannukset.

Öljy- ja nestekaasulämmityskohteessa ei perusmaksuja yleensä ole toisin kuin maakaasukohteissa. Kattilalaitoksissa on otettava huomioon nuohous-, polttimien uusiminen, palamisen säätö- ym. huolto- ja kunnossapitokustannukset.

Kattilalaitoksen osalta katselmoijan on tarkasteltava

- bruttokulutusta = kattilaan tuotu energia
- nettokulutusta = rakennuksessa kulutettu energia
- näiden erotusta = kattilalaitoksen häviöt.

Toteutuneen ja sääkorjatun lämmitysenergian kulutuksen perusteella määritellään ns. normaali-vuoden kulutus- ja kustannustiedot katselmushetkellä vallitsevassa tilanteessa. Normitustarkastelussa kattilahäviöt voidaan olettaa vakioksi, huomioiden kohteen kattilan mittauksin arvioitu vuosihyötysuhde, joten normitus kohdistuu rakennuksessa kuluvaan lämmitysenergiaan (nettokulutus). Nettokulutus normitetaan, kuten kappaleessa 2.1.4 on ohjeistettu. Raportissa esitetään sekä mitattu kulutus (polttoaineen kokonaiskulutus) että normitettu lämpöenergian kulutus viimeiseltä kolmelta vuodelta. Tarkastelussa on huomioitava, että kesäaikana kattilahäviöt saattavat olla suuret, mikäli lämmin käyttövesi valmistetaan kattilalla ja kuormitus on pieni. -> Voidaanko kattilalaitos sulkea kesäajaksi ja tuottaa lämmittää käyttövesi sähköllä?

Lämmitysmuodon vaihtoa tai polttoaineen vaihtoa tarkasteltaessa on otettava huomioon, että nettokulutus ei muutu, mutta lämmöntuotannon hyötysuhde ja kustannukset muuttuvat. Energiansäästötoimet vaikuttavat netto- ja bruttokulutukseen sekä mahdollisesti myös kattilahäviöihin (esim. kattilan toiminnasta tulee leudoilla säillä katkonaista).

### Sähkölämmityskohde

Katselmuksessa selvitetään 3-5 aikaisemman vuoden ajalta kiinteistön omistajalta, kiinteistöhuol-  
lolta tai sähkön toimittajalta seuraavien osatekijöiden kehittyminen sekä katselmusajankohdan ti-  
lanne:

- vuotuinen perusmaksu €/a (liittymän tehoon perustuva, €/kW)
- muut mahdolliset kiinteät maksut €/a
- energia- ja siirtomaksut €/MWh ja niiden mahdollinen ajallinen vaihtelu (kesä/talvi, päivä/yö)
- kustannusten kehittyminen parin viime vuoden ajalta.

Ellei kohteen sähkölämmitysenergian kulutusta ole eritelty muusta sähköenergian kulutuksesta, on  
katselmoijan arvioitava se riittävällä tarkkuudella. Sähkölämmitysenergian kulutus on myös sääkor-  
jattava ja kirjattava katselmusraportin taulukkoon 1, sarakkeeseen sähkölämmityksen osuus säh-  
köenergiasta.

Kohteessa toteutettavat energiansäästötoimenpiteet vaikuttavat yleensä vain kulutukseen, mutta  
joillakin toimilla voi olla vaikutusta myös huipputehoon. Säästötarkastelussa on siis otettava huo-  
mioon tariffin mukainen muutos perusmaksuissa ja joissakin tapauksissa voi myös tariffin rakenne  
ja hinnoittelu muuttua. Merkittävien sähkön käyttöä koskevien muutosehdotusten yhteydessä on  
tehtävä myös sähkön tariffitarkastelu.

#### 2.1.4 Lämmitysenergian kulutuksen normitus

Lämmitystarveluvun (aiemmin käytetty termi: astepäiväluku) avulla normeerataan toteutuneita  
lämmitysenergian kulutuksia, jotta voidaan verrata toisiinsa saman rakennuksen eri kuukausien tai  
vuosien kulutuksia ja eri kunnissa olevien rakennusten ominaiskulutuksia.

Lämmitystarveluvun käyttö rakennuksen lämmitystarpeen arvioinnissa perustuu siihen, että raken-  
nuksen energiankulutus on likipitään verrannollinen sisä- ja ulkolämpötilojen erotukseen. Lämmi-  
tystarveluvut ovat vapaasti kaikkien saatavilla ilmatieteenlaitoksen internetsivuilta.

Yksinkertaisesti lämmitysenergian kulutus normitetaan seuraavilla yhtälöillä:

$$Q_{norm} = \frac{S_{N \text{ vpkunta}}}{S_{toteutunut \text{ vpkunta}}} \times Q_{toteutunut} + Q_{\text{lämmin käyttövesi}}$$

$$Q_{toteutunut} = Q_{kok} - Q_{\text{lämmin käyttövesi}}$$

Yhtälöiden selitteet:

- $Q_{norm}$  = rakennuksen normitettu lämmitysenergian kulutus
- $Q_{toteutunut}$  =rakennuksen tilojen lämmittämiseen kuluva energia
- $Q_{kok}$  =rakennuksen kokonaislämmitysenergiankulutus
- $Q_{\text{lämmin käyttövesi}}$  =käyttöveden lämmittämisen vaatima energia (kts. alla oleva ohje las-  
kennasta)
- $Q_{N \text{ vpkunta}}$  = normaalivuoden tai –kuukauden (1981-2010) lämmitystarveluku vertailu-  
paikkakunnalla
- $Q_{toteutunut \text{ vpkunta}}$  = toteutunut lämmitystarveluku vuosi- tai kuukausitasolla vertailupaik-  
kakunnalla

Yhtälössä olevan käyttöveden lämmittämiseen liittyvä osuus ei juuri ole verrannollinen ulkolämpötilaan, joten sen osuus tulee erottaa normeerattavasta lämmitysenergian kulutuksesta. Käyttöveden lämmittämisen vaatima energia voidaan arvioida seuraavasti:

1. Lämpimän käyttöveden energiankulutuksena käytetään ensisijaisesti rakennuksen käyttöveden energiamittauksiin perustuvaa arvoa.
2. Mikäli lämpimän käyttöveden energiankulutusta  $Q_{lkv}$  (kWh/vuosi) ei ole mitattu erikseen, laskeaan se kulutetun lämpimän käyttöveden perusteella kaavalla  $Q_{lkv} = 58 \times V_{lkv}$  jossa
  - o  $V_{lkv}$  on kulutettu lämpimän käyttöveden määrä ( $m^3/vuosi$ ); ja
  - o 58 on veden lämmittämiseen (lämpötilan muutos  $50\text{ °C}$ ) tarvittava energiamäärä vesikuutiota kohden,  $kWh/m^3$
3. Jos lämpimän käyttöveden määrää  $V_{lkv}$  ei ole mitattu erikseen, oletetaan sen olevan asuinrakennuksissa 40 % veden kokonaiskulutuksesta ja muissa rakennuksissa 30 % veden kokonaiskulutuksesta.
4. Mikäli veden kokonaiskulutusta ei ole mitattu, käytetään lämpimän käyttöveden määrän  $V_{lkv}$  oletusarvona asuinrakennuksissa  $0,6\text{ m}^3/brm^2$  (=  $600\text{ dm}^3/brm^2$ ) vuodessa. Muissa kuin asuinrakennuksissa voidaan käyttää oheisen taulukon mukaisia arvoja.

Lämmitysenergian kulutusta arvioitaessa on otettava huomioon kulutustarkasteluun valittujen vuosien ja säätilaltaan keskimääräisen normaalivuoden lämmitystarvelukujen ero. Katselmuksessa tarkastellaan sääkorjattuja kulutuksia. Ohjeita lämmitystarveluvuilla tapahtuvaan normitukseen löytyy mm. Motivan internet-sivuilta. Toteutuneet lämmitystarveluvut julkaistaan ilmatieteenlaitoksen sivuilla kuukausittain.

### 2.1.5 Lämpöenergian kulutusjakauma

Katselmuskohteesta laaditaan sääkorjattuun kulutukseen perustuva lämmitysenergian kulutus- ja kustannusjakautuma energiankäytön nykytilanteen ja säästömahdollisuuksien tarkastelun tueksi. Kulutusjakauman perusteella nähdään kulutuksen tärkeimmät painopistealueet, joista myös säästömahdollisuuksia kannattaa ensimmäisenä etsiä.

Kulutuksen jakautuminen eri rakennusten kesken on syytä laatia silloin, kun katselmoidaan laajempaa kokonaisuutta (aluehanke) tai lämpöä toimitetaan rakennuksesta toiseen eikä energiamittauksia ole.

Kulutusjakauma voidaan selvittää laskennallisesti. Lähtötietoina käytetään kohteen LVISA -järjestelmien ja laitteiden todellisia toiminta- ja käyttöarvoja henkilökunnalta saatujen tietojen sekä katselmoijan kohteessa suorittamien havaintojen perusteella.

Yksinkertaisin tapa rakennuksen normitetun lämpöenergian kulutusjakauman laskemiseksi on seuraava:

- Mikäli lämpimän käyttöveden kulutusta ei ole erikseen mitattu, oletetaan lämpimän käyttöveden osuuden mitatusta veden kokonaiskulutuksesta olevan esim. 30 %. Jos lämpimän käyttöveden kulutus on mitattu, käytetään mitattua lukemaa. Joissain kohteissa lämpimän käyttöveden kulutus voi olla mitattuna lämpimän käyttöveden tuottamiseen menevän kylmän veden kautta. Mikäli tätä mittausta ei ole otettu kulutusseurantaan, kannattaa mittaukseen tehdä katselmuksen aikana riittävä seuranta, jolloin lämpimän käyttöveden määrästä saadaan parempi arvio.

- Ellei kulutusta ole mitattu arvioidaan rakennuksen kulutus esim. sen toiminnan perusteella (hotelli, toimista yms.) ja lasketaan lämpimän käyttöveden osuus siitä.
- Mikäli veden kulutusta ei ole mitattu, lämpimän käyttöveden osuuden voi myös arvioida käyttämällä seuraavia oletusarvoja lämpimän käyttöveden kulutukselle rakennuksen bruttoalaa kohti ( $\text{dm}^3/\text{brm}^2/\text{vuosi}$ )
  - toimisto  $100 \text{ dm}^3/\text{brm}^2/\text{vuosi}$
  - terveydenhoito  $520 \text{ dm}^3/\text{brm}^2/\text{vuosi}$
  - päiväkotia  $460 \text{ dm}^3/\text{brm}^2/\text{vuosi}$
  - teatteri ja kirjasto  $120 \text{ dm}^3/\text{brm}^2/\text{vuosi}$
  - uimahalli  $1\,800 \text{ dm}^3/\text{brm}^2/\text{vuosi}$
  - opetusrakennus  $180 \text{ dm}^3/\text{brm}^2/\text{vuosi}$
  - myymälä  $65 \text{ dm}^3/\text{brm}^2/\text{vuosi}$
  - muut rakennukset  $100 \text{ dm}^3/\text{brm}^2/\text{vuosi}$
- Lasketaan käyttöveden lämmitykseen kuluva energia vuodessa.
  - Karkeasti voidaan todeta, että  $1 \text{ m}^3$  vettä tarvitsee energiaa noin  $58,2 \text{ kWh}$ , kun sitä lämmitetään  $50 \text{ °C}$ .
- Lasketaan ilmanvaihdon energiankulutus tuloilmakoneittain.
- Vähennetään mitatusta lämpöenergian kulutuksesta laskettu lämpimän käyttöveden kulutus, normitetaan jäljellejäävä kulutusosuus (=lämmitys + ilmanvaihto) ja lisätään käyttöveden osuus, jolloin tuloksena on normitettu kokonaiskulutus.
- Vähennetään normitetusta kulutusosuudesta (=lämmitys + ilmanvaihto) ilmanvaihdon laskettu energiankulutus, jolloin tuloksena on johtumishäviöiden ja ilmapuotojen osuus kulutuksesta.

Vaihtoehtoinen menettelytapa on laskea karkeasti tunnuslukuja käyttäen myös johtumishäviöiden ja vuotoilmanvaihdon osuudet. Tällöin katselmoija joutuu todennäköisesti laskemaan useamman kierroksen, jotta lasketun kokonaiskulutuksen saa täsmäämään mitatun kulutuksen kanssa.

Säästömahdollisuuksien arvioinnin perustana on laitteen tai järjestelmän toiminnan ja toiminta-arvojen tuntemus. Järjestelmien toiminnan riittävän perusteellinen selvittäminen edellyttää yleensä mittauksilla (lämpötila, ilmavirta) saatavan lisätiedon hankkimista. Mitä merkittävämpi energian kuluttaja jokin laite tai järjestelmä on, sitä huolellisimmin lähtötiedot kannattaa selvittää.

## 2.2 Sähköenergia

### 2.2.1 Sähköenergian hankinta

Sähkön hankinta voi tapahtua kokonaan ostona tai se (tai osa siitä) voidaan tuottaa kohteessa. Energiakatselmuksissa tarkastellaan kokonaisuutta niin, että kohteen koko energiankäyttö ja kaikki sähkön käytöstä aiheutuvat kustannukset otetaan huomioon. Katselmuksessa selvitetään sähkön hankinta sekä hinta riittävän yksityiskohtaisesti. Näillä tiedoilla sähkön käytön kustannukset voidaan laskea oikein ja erilaisten säästötoimenpiteiden kustannusvaikutukset sähkön hankinnassa voidaan ottaa huomioon oikein ja oikeilla hinnoilla. Mahdollisesti ehdotetun tariffimuutoksen vaikutus muihin säästötoimenpiteisiin on myös otettava huomioon.

Tämän jälkeen parannusehdotukset ja säästötoimenpiteiden motivointityö voidaan kohdistaa oikein. Erityisen tärkeää on tietää ja kirjata katselmuksraporttiin, minkä hintaista sähkö on eri aikoina kohteessa (tarvittaessa eri käyttökohteissa) ja laskea säästötoimenpiteet oikeilla energian hinnoilla.

Kaikki sähkökustannuskomponentit, sisältäen myös pätö- ja loistehomaksut, on otettava huomioon säästötoimenpiteiden vaikutuksia laskettaessa.

Joissakin tapauksissa katselmuksen tilaaja saattaa hankkia vain osan katselmoitavassa kiinteistössä kulutettavasta energiasta (esim. kiinteistösähkö) ja vuokralaiset, kuten liikehuoneistot, voivat ostaa kuluttamansa energian suoraan energiayhtiöltä. Katselmuskohteessa saattaa siis olla useita sähköasiakkaita ja niiden maksama sähkön hinta voi vaihdella. On tärkeää tietää, kuka mistäkin sähkökustannuksesta vastaa. Tämän tyyppisissä tilanteissa on tärkeää määritellä katselmoitava kohde oikeiden kulustietojen mukaan, myös tukihakemuksessa on esitettävä oikeat tiedot.

Jos katselmoitavan kohteen sähkön hankinta on kilpailutettu ja todellista hankintahintaa ei voida (liikesalaisuus tms.) raportissa näyttää, näytetään kuitenkin selkeästi laskelmissa käytettäväksi sovitut hinnat (mielellään lähellä todellista) eri ajankohtina. Nämä säästölaskelmat tilaaja voi halutessaan tämentää oikein hintatiedoin. Jos kilpailutusta tehdään kohteessa vuosittain, hinta tulevina vuosina joka tapauksissa tulee vaihtelevaan ja säästötoimenpiteen kustannussäästöille ei varsinaisesti ”oikeaa” hintaa ole olemassakaan.

#### Tariffi ja sähköenergian kustannukset

Sähkön kokonaishinta muodostuu myyntihinnasta, siirto hinnasta ja veroista. Myynnin voi kilpailuttaa ja useissa katselmoitavissa kohteissa tämä on tehty jo ennen katselmuksen aloittamista. Siirtoa ei voi kilpailuttaa, mutta sähköyhtiöt tarjoavat erilaisia tariffeja varsinkin pienjännitesiiirtoon. Vaihtoehtoisten siirtotariffien kustannukset on vertailtava katselmuksen aikana.

Raportin sähkön hankintaa koskevassa kohdassa on syytä esittää kaikissa tapauksissa ainakin

- kohteen sähkön käytön energiamaksuista (ilman perusmaksuja) muodostuva vuotuinen keskihinta
- energian hinta eri ajankohtina (päivä, yö, talvi, kesä) tariffimäärittelyjen mukaisesti.
- tehotariffikohteessa tehomaksut ja näiden määräytymisperuste ja sähkön hankinnan vuotuinen keskihinta tehomaksut huomioituina.

#### Esimerkki erään sähköyhtiön siirtotariffin komponenteista ja sähkön hankinnan keskihinta tehomaksut huomioituna. Keskihinta lasketaan perus-, teho- ja energiamaksujen summana.

Sähkön siirtoyhtiönä toimii Vantaan Energia Sähköverkot Oy ja siirrossa käytetään tariffia keskijännitetelesiirto. 1.1.2016 voimassa olleen siirtotariffin ja sovitun energianhinnan mukaiset hintakomponentit (alv 0%) ovat seuraavat:

Osatelkijä	Myynti	Siirto	Sähkövero	Kokonaishinta	
Perusmaksu <sup>(1)</sup>	3,17	120,97		1 489,68	€/a
Pätötehomaksu <sup>(2)</sup>		1,94		23,28	€/kW,a
Loistehomaksu <sup>(3)</sup>		2,02		24,24	€/kVAr,a
Energiamaksut					
- talviarkipäivä	60	8,9	22,53 <sup>(5)</sup>	91,43	€/MWh
- muu aika	51,9	4,0	22,53 <sup>(5)</sup>	78,43	€/MWh

1. Perusmaksu sisältää mittausmaksun sekä muun kiinteän maksun.
2. Pätötehon laskutus perustuu käyttöpaikkakohtaisesti viimeksi kuluneiden 12 kuukauden aikana mitattuun suurimpaan tuntitehoon. Tehosiirron yhteydessä laskutetaan aina myös loissähkö.
3. Loissähkön otosta laskutetaan kuukausittain se osa, mikä ylittää 20 % asiakkaan laskutettavasta pätötehosta. Loissähkön annosta laskutetaan kuukausittain se osa, mikä ylittää 10 % asiakkaan laskutettavasta pätötehosta.

4. Talvipäiväsähkö voimassa myyntituotteissa 1.11.–31.3. ma–la klo 7–22. Tehosiirtotuotteissa talviarkipäivähinta on voimassa joului–helmikuu ma–pe klo 7–21. Sähkövero veroluokan I (2015) mukainen 2,253 snt/kWh, joka sisältää valmisteveron ja huoltovarmuusmaksun.

Sähkönmyynnissä yleistävä spot-hinnoittelu ja tästä seuraava vaihtelu sähkön hinnassa vaikeuttaa keskiarvon muodostamista. Spot-hinnoittelussa kohteessa toimiva vaihtoehto on sopia laskelmissa käytettävä sähkönhinta tilaajan kanssa.

Säästölaskelmissa on käytettävä tarpeen mukaan erilaista sähkön hintaa eri toimenpiteiden välillä. Sähkön hinta voi vaihdella vuorokauden tai vuoden ajan perusteella ja talotekniikan käyttö voi painottaa tiettyyn ajankohtaan. Seuraavassa on esimerkkejä tilanteista, joissa sähkön hinnan vaihtelu eri aikoina on tapauskohtaisesti otettava huomioon:

- Ulkovalaistuksen energiankulutus ajoittuu suurelta osin talvikauteen, jolloin sen sähkökustannus lasketaan talviaikaisia hintoja painottaen.
  - Kulutus painottuu aamuun ja iltaan, mutta talvella osa kulutuksesta syntyy myös päiväaikana ns. kalliin energian aikana. Koska ulkovalaistus syttyy talvella Etelä-Suomessa hämäräkytkimen ohjaamana jo klo 15 jälkeen, ulkovalaistusteho voi joissakin rakennuksissa osallistua huipputehon muodostukseen (esim. hotellit).
  - Rakennuksissa, joissa suurin sähkökuorma ajoittuu esimerkiksi keittiölaitteiden suuren kuormituksen takia aamupäivään (usein koulut/oppilaitokset), ulkovalaistusteho tai sen rajoittaminen ei vaikuta tehomaksuihin.
- Ilmastoinnin jäähdytyksen kustannusvaikutukset arvioidaan yleensä kesäaikaisen sähkön hinnan mukaan ja ilman höyrykustutuksen vastaavasti talviaikaisen. Kustannusten laskennassa on lisäksi selvitettävä laitteiden ohjausperiaate ja sen avulla käytön vuorokautinen ajoittuminen.

Säästöjen laskennassa ja tariffitarkastelussa on otettava huomioon, että säästötoimenpiteet pienentävät kulutusta ja saattavat vaikuttaa myös siihen, mikä on edullisin tariffivaihtoehto. Katselmoijan on selvitettävä kannattaako tariffia vaihtaa ennen säästötoimenpiteitä vai niiden jälkeen. Tariffinvaihdolla on vaikutusta säästöjen laskennassa käytettävään energian hintaan ja on tärkeää, että säästöt lasketaan toimenpiteiden toteutusajankohtana voimassa olevan tariffin mukaan.

### Huipputeho, loisteho

Suuret sähköasiakkaat liittyvät sähköverkkoon tavallisesti pien- tai keskijännitetelesiirtotariffilla. Yleissiirtoon verrattuna tehosiirtotariffissa energian hinta on edullisempi, mutta tariffissa maksetaan kuukausittaisista huipputehoista (pätö- ja loisteho). Tehomaksujen osuus energiakustannuksista on esitettävä raportissa selvästi. Tehosiirtokohteissa säästötoimenpiteiden laskennassa on huomioitava energian hinnan lisäksi toimenpiteen vaikutus huipputehoon.

## **2.2.2 Kulutusjakauman laadinta**

Motivan energiakatselmuksissa edellytetään tehtäväksi ja esitettäväksi sähkönkulutuksen jakaumalaskelma. Tarkoitus on laskelmalla selvittää, mikä on eri laitteiden tai laiteryhmiä sähkönenergian kulutusosuus kohteessa.

Kulutusjakaumalaskelma tehdään, jotta

- saadaan käsitys kohteen tärkeistä sähkökustannuksista aiheuttavista laitteista ja laiteryhmisistä
- laitteiden tai laiteryhmiä energiankulutus ennen säästöehdotuksia saataisiin arvioiduksi mahdollisimman realistisesti, jottei säästöehdotuksissa yli- tai aliarvioitaisi syntyviä säästöjä.

Kulutusjakauma luonnollisesti vaihtelee kohdekohtaisesti riippuen kohteen sähköisestä varustetuksesta ja kohteen tilojen käytöstä, palvelujen laadusta tai tuotantoprosessien toteutuksesta. Katselmuksissa jakauma on aina tehtävä kohdekohtaisesti.

Kulutusjakauman tekoa palvelevat erityisesti asennetut alamittaukset, joita esimerkiksi teollisuuskohteissa voi olla runsaasti joka osastokohtaisen tai laiteryhmäkohtaisen kulutuksen mittauksessa. Yleensä jakauman tekemiseksi on kuitenkin tehtävä erillismittauksia, arvioita ja laskelmia.

Tyypillisiä erillismittauskohteita ovat ilmanvaihtokoneita syöttävät ryhmäkeskukset, suuret prosessilaitteet, paineilmakeskukset ja vedenjäähdytyskoneet. Myös muita suuria sähkönkuluttajia voi olla tarpeen mitata katselmuskohteesta riippuen. Kulutusjakauman lisäksi mittauksilla saadaan selville laitteiden tarkat käyttöajat sekä toiminnassa mahdollisesti esiintyviä epäkohtia.

Sähkölämmitystä tarkastellaan aina sääolosuhteiltaan ns. normaalivuoden mukaisissa olosuhteissa.

Valaistuksen kulutusosuuden laskemiseksi hyvä vaihtoehto on laskea tyyppitiloista valaistuksen teho pinta-alaa kohti ja käyttää saatua tehoa kaikissa samantyyppisissä tiloissa. Tämän lisäksi tarvitaan tieto valaistuksen käyttöajoista rakennusautomaatiojärjestelmän aikaohjelmiin, henkilökunnan haastatteluihin ja omiin havaintoihin sekä mittauksiin perustuen.

Kulutusjakaumasta pyritään tekemään riittävän tarkka, jotta tärkeimpien laiteryhmiä merkitys voidaan luotettavasti todeta. Erityisesti tulisi tuntea sellaisten laitteiden tai laiteryhmiä kulutusosuus, joihin ehdotetaan huomattavia investointeja vaativia säästöehdotuksia.

Kulutusjakaumassa kohta Muu kulutus, joka ylittää 20 %, on aivan liian suuri eikä ole millään tavoin hyväksyttävissä. Muun kulutuksen osuus on pyrittävä haarukoimaan 5 % tasolle, joka tapauksessa alle 10 % tason.

### 2.2.3 Kiinteistön ja käyttäjän järjestelmien katselmointi

Rakennuksen sähkönkulutus jakautuu käyttäjän ja kiinteistön kuluttamaan sähkөөn.

Myös kohteissa, joissa sähkö- ja/tai lämpöenergian kulutus jakaantuu usean eri tilan käyttäjän kesken, on tehtävä kokonaisvaltainen energiankäytön ja säästömahdollisuuksien tarkastelu siihen osuuteen rakennustilavuudesta tai energiankäytöstä, jonka perusteella katselmustuki on haettu.

Poikkeustapauksissa voidaan yksittäisiä rakennusosia jättää isossa katselmuskohteessa tarkastelun ulkopuolelle edellyttäen, että tähän osuuteen ei ole haettu katselmustukea. Jos esimerkiksi kauppakeskuksessa on katselmustuki haettu koko rakennustilavuudelle, ei sähkön osalta voida säästötarkastelua rajata yksinomaan kiinteistösähkөөn, vaan myös käyttäjien tilat tulee katselmoida säästömahdollisuuksien havaitsemiseksi. Yksittäisen käyttäjän osalta voidaan kuitenkin jättää kulutustiedot analysoimatta, mikäli kulutuksen osuus on alle 5 % kohteen kokonaiskulutuksesta.

Käyttäjien sähkönkulutusten säästömahdollisuuksia arvioitaessa apuna voidaan käyttää käyttäjien omia energiamittareita tai mitata erillisellä mittalaitteella käyttäjäkohtainen kulutusprofiili. Esimerkiksi kauppakeskuskohteissa käyttäjien yöaikainen sähkönkulutus voi usein olla koholla tarpeettoman (runsaan) yöaikaisen valaistuksen johdosta. Lisäksi turha yöaikainen lämpökuorma vaikuttaa välillisesti myös kiinteistön jäähdytysenergiankulutukseen.

Kiinteistösähkөөn sisältyviä laiteryhmiä ovat mm. seuraavat:

- ilmanvaihtokoneet
- yhteisten tilojen valaistus (aulat, porraskäytävät)
- ulkovalaistus
- pumpput
- jäähdytyslaitteistot
- sähkölämmitykset



- hissit ja rullaportaat.

Osa edellä mainituista laiteryhmistä voi olla varustettu sähkönkulutuksen alamittauksella, jolloin mittausta voidaan hyödyntää katselmuksen aikana.

## 2.3 Vesi

### 2.3.1 Veden hankinta

Energiakatselmuskohteissa rakennus on normaalisti liitetty kunnalliseen tai alueelliseen vesi- ja viemärijärjestelmään. Kohteella voi joissakin tapauksissa olla oma porakaivo tai vedenottamo.

Joissain kohteissa kaikki kulutettu vesi ei välttämättä päädy viemäriin, vaan osa siitä saattaa esimerkiksi tuotantolaitoksessa sitoutua tehtävään tuotteeseen. Palvelurakennuksissa taas mahdollisia jätevedeksi päätyttäviä kulutuskohteita voivat olla esimerkiksi kastelu, kostutusvedet. Tällaisten tapausten osalta voikin olla mahdollista, että säästökohteita havaitaan nimenomaan kustannusten puolesta mittaroimalla erikseen tämä osuus vedenkulutuksesta, joka ei päädy jätevesiviemäriin.

#### Vedenkulutuksen mittarointi

Katselmusraportissa esitetään kuvaus kohteen vesimittauksista vaikutusalueineen. Lisäksi raportissa otetaan kantaa olemassa olevan mittaroinnin riittävyyteen ja tarkoituksenmukaisuuteen veden käytön ja kustannusten hallinnan kannalta tarkasteltuna. Tarpeen mukaan katselmoija ehdottaa mittaroinnin täydentämistä

Vesilaitoksen asentama kiinteistön veden päämittaus antaa luotettavaa tietoa veden kulutuksesta. Veden alamittaukset ovat sen sijaan yleensä kiinteistön omia asennuksia, joissa tarkkuus on kyseenalainen. Asennuksissa on usein toivomisen varaa, mm. mittarin asento, mittarin koko kulutukseen nähden sekä mittarin vaatimat suojaetäisyydet saattavat olla virheellisiä ja lukemat tästä joutuessa epä tarkkoja. Katselmoijan on esitettävä raportissa omat kommenttinsa väärin asennetusta mittarista.

#### Veden hankinnan kustannukset

Veden vuotuiset kokonaiskustannukset käsittävät yleensä

- perusmaksut, €/a
- vesimaksut, €/a
- jätevesimaksut, €/a.

Joillakin paikkakunnilla vesilaitokset ovat lisänneet vesitariffiin ns. mittarimaksun, jolloin vesilaskussa on veden ja jäteveden kulutusmaksun lisäksi tietty perusmaksuosuus.

Katselmuksessa selvitetään 3-5 aikaisemman vuoden ajalta kiinteistön omistajalta, kiinteistöhuoltolalta tai veden toimittajalta seuraavien osatekijöiden kehittyminen sekä katselmusajankohdan tilanne:

- kulutettu vesimäärä, m<sup>3</sup>/a
- liittymän tai vesimittarin kokoon tai kohteen laajuuteen perustuva vuotuinen perusmaksu €/a
- vesi- ja jätevesimaksut sekä niiden mahdollinen ajallinen vaihtelu (kesä/talvi), €/m<sup>3</sup>
- vapautuminen jätevesimaksusta tapauksessa, jossa kaikki kulutettu vesi ei päädy jäteveksi
- vesi- ja jätevesikustannusten kehittyminen ko. ajanjaksolta.

Joissakin tapauksissa jätevesimaksusta on mahdollista saada vapautus, mikäli vesi sitoutuu tuotettiin, käytetään nurmikon kasteluun tms. eikä sitä johdeta viemäriverkostoon. Yleensä kyseinen osuus kulutuksesta on mittaroitu erikseen.

Mikäli vesi hankitaan omasta kaivosta tai vedenottamolta, on vedenhankinnan kustannuksina otettava huomioon ainakin pumppauskustannukset, huolto- ja kunnossapitokustannukset sekä mahdolliset kemikaali- ja suodatinkustannukset.

### 2.3.2 Kulutusjakauman laadinta

Palvelurakennuksissa lämpimän käyttöveden osuus kokonaiskulutuksesta voidaan olettaa olevan 30 %, kun lämpimän käyttöveden lämpötila on noin 55 °C. Tutkimukset osoittavat, että kun kulutuksen taso on alhainen, lämpimän veden osuus kokonaiskulutuksesta on suurempi kuin suurten kulutusten rakennuksissa. Jos kohteessa on lämpimän käyttöveden yhteydessä mittaus kylmän veden syötölle, kannattaa sitä hyödyntää lämpimän käyttöveden osuuden määrittämiseen esimerkiksi tekemällä mittarille katselmuksen yhteydessä mittarinseuranta riittävällä ajanjaksolla. Hyvin yleisesti tämän mittarin kulutustietoa ei kerätä mihinkään, vaan tyydytään pelkän päävesimittauksen seurantaan.

Lämpimän käyttöveden kulutus ei paljon vaihtele eri vuodenaikoina. Kesällä lomakausi näkyy monissa kohteissa jonkinlaisena kulutuksen pudotuksena.

Aluehankkeissa ja vastaavissa kohteissa voi veden kulutus olla mittaroitu yhdellä päämittarilla eikä rakennuskohtaisia alamittauksia ole. Tällaisissa tapauksissa voidaan kulutus jyvittää rakennuksille rakennustilavuuden, pinta-alan tai käyttäjämäärän suhteessa, mikäli rakennukset ovat keskenään samantyyppisiä ja veden käytöltään toistensa kaltaisia. Toinen mahdollisuus on laatia karkea kulutusjakauma.

Palvelusektorin rakennuksissa vettä kuluu tyypillisimmin sosiaaliloissa ja keittiössä. Usein merkittävien kulutuskomponenttien ovat WC-tilat (mm kouluissa). Siivous-, kastelu- ja pesutarkoituksiin vettä kuluu harvemmin suuria määriä.

Karkean kulutusjakauman laadinnassa voidaan lähteä henkilöperusteisista vuorokausikulutuksista, jolloin arvioidaan:

- työpäivän mittaan tapahtuva veden kulutus WC-käynteihin ja käsien pesuun per henkilö
- kahvi-, juoma-, huuhtelu- yms. veden kulutus per henkilö
- mahdollinen suihkujen veden kulutus per henkilö
- valmistettavien aterioiden määrään perustuva ruoanvalmistuksen ja astioiden tiskauksen veden kulutus.

Veden kulutukseen vaikuttaa oleellisesti mitä toimintoja on mahdollisesti ulkoistettu rakennuksen ulkopuolella tapahtuvaksi, esimerkiksi pyykin käsittely.

Liikerakennuksissa vettä kuluu edellä mainittujen lisäksi elintarvikemyymälöissä astioiden ja myyntitiskien pesuun sekä jäämurskeen valmistukseen. Kouluissa vettä voidaan käyttää viereisen urheilukentän luistinradan jäädytykseen, tämä kulutus on perusteltua mitata erikseen. Sairaaloissa höyryn valmistukseen, pesulatoimintoihin ja välinehuoltoon kuluu merkittävä määrä vettä.

### 2.3.3 Kiinteistön / käyttäjän järjestelmien katselmointi

Veden hankintaa tarkasteltaessa selvitetään, miten käyttövesi on mittaroitu ja miten vesikustannukset määräytyvät käyttäjille. Esimerkiksi liikerakennuksessa on selvitettävä, syötetäänkö liiketilojen vesi rakennuksen liittymästä alamittausten kautta. Tyypillistä on, että merkittävässä veden käyttä-

jillä, kuten keittiötiloilla on omat alamittarinsa. Alamittausten kulutustietojen saatavuus kannattaa selvittää heti katselmuksen alussa, jotta vesitase voidaan laatia parhailla saatavilla olevilla tiedoilla.

Joissakin tapauksissa on tarkoituksenmukaista lukea vesimittareita katselmuksen kenttätyön aikana esimerkiksi aamulla ja iltapäivällä sekä työajan päättyessä useampana päivänä. Mittarien lukemisella pyritään erityisesti selvittämään seisokkiaikaiset ja muut vuodot. Vuodottomuuden varmistamiseksi mittareita luettaessa on tarkistettava, pysähtyykö virtaus hetkellisesti. Tämä mittareiden luku on syytä sopia tilaajan huoltohenkilökunnan tehtäväksi.

### 3 LVI-tekniset järjestelmien katselmointi

#### 3.1 YLEISTÄ LVI-TEKNISTEN JÄRJESTELMIEN KATSELMOINNISTA

##### 3.1.1 LVI-katselmukseen liittyvät mittaukset

Kohteen olosuhteiden ja energian kulutusjakauman selvittämiseksi on kenttätöön yhteydessä suoritettava tarpeelliset lämpötila-, virtaus- ym. mittaukset. Tietoja täydennetään haastattelemalla käyttö- ja hoitohenkilökuntaa.

Kertamittaustuloksia analysoitaessa on aina muistettava, että ne usein edustavat vain

- sen hetkistä tilannetta (olosuhteet (sisäiset ja ulkoiset), tuotanto ja sen ajotilanteet, tilojen käyttö)
- paikallista pistemäistä olosuhdetta (toimisto, varasto, ilmanvaihtokanava, LTO-laitteen jälkeinen kanava)

Pitempiaikaisilla mittauksilla on mahdollisuus selvittää mitattavan suureen ja prosessin dynamiikkaa, mutta erikseen mitattuina ne vaativat aikaa ja ovat kalliita. Energiakatselmuksissa kannattaa mahdollisuuksien mukaan hyödyntää kiinteistö- ja prosessiautomaatiikan pitkäaikaisia seuranta-mittauksia.

Kenttämittauksissa käytetään mm. seuraavia menetelmiä ja välineitä:

##### Lämpötilamittaukset

- mitataan puikko- tai pintalämpötila-anturilla
  - erityisesti pintalämpötilamittausten virhemahdollisuudet tulee tiedostaa
- lämmityspuolella työtä voidaan nopeuttaa lukemalla lämpötila laitoksen putkiston taskuihin sijoitetuista mittareista
  - ilmanvaihtokoneiden viisarimittarit eivät yleensä ole riittävän luotettavia
- myös loggeria tai muuta tiedonkeruulaitteistoa voidaan käyttää
  - mittaustarkkuus ja tallennusjakso on otettava huomioon
- valvontajärjestelmän lämpötilamittausten hyödyntäminen edellyttää, että anturit sijaitsevat tarkoituksenmukaisissa paikoissa ja että ne on kalibroitu.

##### Ilmavirtamittaukset

- kokonaisilmavirran mittaukset kanavasta mikromanometrillä ja pitot-putkella standardin SFS 5512 mukaan tai säätöpelleistä paine-eromittauksena
  - mittausta säleiköistä siipipyöräänemometrillä ei suositella suuren virhemarginaalin vuoksi
- päätelaitteista mittausta laitteiden valmistajan ohjeiden mukaan
  - mittauksia suoritetaan vain, mikäli niihin on jokin erityinen syy tai niistä on erikseen sovittu tilaajan kanssa
- tulo- ja poistoilmakoneiden omiin ilmavirran mittaussosien näyttämiin ilmavirtoihin on hyvä suhtautua varauksella.

### Kattilalaitoksen mittaukset

- savukaasun lämpötila
- kattilahuoneen lämpötila alhaalta polttimeen kohdalta sekä katonrajasta
- ilmakerroin hiilidioksidi- ja happipitoisuus savukaasuanalysaattorilla tai CO<sub>2</sub>- tai O<sub>2</sub>-pitoisuusmittarilla
- häkäpitoisuus savukaasuanalysaattorilla
- biokattilan yhteydessä lisäksi nokiluku sekä mahdollisuuksien mukaan polttoaineen kosteus
- mittaukset eri tehoilla, jos kyseessä on 2-liekkipoltin tai moduloiva poltin.

### Muut mittaukset:

- vesikalusteiden virtaaman mittaus virtaamamittarilla tai litramitalla kellon avulla
- muut nestevirtaamamittaukset venttiilien paine-eromittauksena tai putken pinnalta ultraäänivirtausmittarilla
- nestekiertoisten lämmöntalteenottojärjestelmien liuospitoisuuden mittaus; optinen tai ominaispainomittari
- huoneilman suhteellisen kosteuden mittaus kostutettavissa tiloissa
  - voidaanko kosteusarvoja alentaa, voidaanko kostutuksesta luopua, onko kostutus tarpeen toiminta-ajan ulkopuolella?
- huoneilman CO<sub>2</sub>-pitoisuuden mittaus, jos ilmanvaihtoa ohjataan CO<sub>2</sub>-pitoisuuden mukaan
- erikoistiloissa ilman laadun mittaus, jos jonkin aineen pitoisuutta käytetään ilmanvaihdon ohjauksen kriteerinä, esim. parkkihallit.

### Muita tarvittavia mittausapuvälineitä:

- merkkisavut
- mitta
- taskulamppu
- työkalut; porakone (10 mm terä), ruuvimeisseleitä, jakoavain, pihdit
- kamera
- lämpökamera.

### **3.1.2 Sisäolosuhteisiin vaikuttavat tekijät**

Vaikka energiakatselmuksen tärkein motiivi onkin energiankäytön vähentäminen, se ei saa koskaan tapahtua sisäolosuhteiden kustannuksella. Esitettävien säästötoimenpiteiden yhteydessä on aina otettava huomioon toimenpiteen vaikutus sisäilman laatuun. Toisaalta, jos olosuhteiden parantamiseen tähtäävä toimenpide lisää energian kulutusta, on tämä tuotava esiin toimenpiteen kuvauksen yhteydessä.

Sisäolosuhteita arvioitaessa on otettava tilakohtaisten lämpötilojen ja ilmanvaihtokertaisuuksien sekä niihin vaikuttavien tekijöiden lisäksi huomioon

- Ilmanjako
- ikkunaveto, ilmavirtaukset ovista

- rakennuksen vaippa: eristystaso, ilmapuodot, kylmät pinnat ja erityisesti ikkunat
- korvausilmaventtiilit: sijainti, ilmasuihkun suunta, suljettavuus, käyttö
- aurinkosuojaus: sisään tulevan auringonsäteilyn hyödyntäminen lämmityksessä ja yllälämmityksen estäminen.

Erityisesti teollisuudessa sisäilmaolosuhteisiin kohdistuviin toimenpiteisiin ja niiden vaikutuksiin työntekijöihin, työturvallisuuteen sekä prosessiin on kiinnitettävä erityistä huomiota.

Sisäolosuhteet selvitetään tarpeellisilla mittauksilla ja haastatteluilla.

## 3.2 LÄMMÖN TUOTANTO

### 3.2.1 Lämmön tuotannon katselmointi

Lämpöä katselmoitavaan kohteeseen voidaan tuottaa usealla eri tavalla. Tyypillisimpiä ovat:

- kauko- ja aluelämpölaitteet (taajama-alueilla)
- erilaiset keskuslämmityskattilat (öljy, kaasu, biopolttoaine)
- sähkölämmitys (varaava tai suora)
- lämpöpumppu (maalämpöpumppu, ilmalämpöpumppu).

#### Kaukolämmön alajakokeskukset

Lämmönsiirtimessä kaukolämpövesi lämmittää rakennuksen käyttöveden ja lämmitysverkoston veden. Kaukolämpöön liitettyssä rakennuksessa on yleensä erilliset lämmönsiirtimet patterilämmityksen ja ilmanvaihdon lämmitysverkostoja ja käyttövettä varten. Tyypillisiä siirtimiä ovat mm. kierukka- ja levylämmönsiirtimet. Lämmönsiirtimien normaali käyttöikä on 25–30 vuotta.

Tyypillisiä kaukolämmön alajakokeskusten ongelmia:

- tiivisteelliset levylämmönsiirtimet vuotavat
- lämmönsiirtimet (putki-) voivat olla käyttöikänsä loppupuolella
  - lämmönsiirtimen avaaminen paljastaa kunnan, mutta on erittäin harvoin mahdollista tehdä katselmuksen yhteydessä
- vanhojen alakeskusten eristeet voivat sisältää asbestia
  - käyttövesisiirtimet saattavat vuotaa ilman ulkoisia merkkejä vuodosta. Riippuen tapauksesta painesuhteet kaukolämpöverkon ja käyttövesiverkoston välillä voivat olla kummin päin tahansa. Tyypillisesti kaukolämpövedeen on lisätty värinainetta, jolloin vuoto näkyy käyttöveden värjäytymisenä.– Oireena voi myös olla kasvanut energiankulutus
- patteriverkoston siirtimet vuotavat yleensä vettä kaukolämpöverkostosta patteriverkoston päin
  - oireena patteriverkoston varoventtiin laukeaminen, tosin varoventtiin toiminta tulee tarkistaa ensimmäisenä
- kohteissa ja verkostoissa, joissa tehdään paljon muutostöitä tai uusia kaukolämpöliitäntöjä, voi kiinteistön laitteisiin kulkeutua hiekkaa ja muita epäpuhtauksia.

### Kesäsulku

Rakennuksen turhaa kesäaikaista lämmittämistä ja tarpeetonta energiankulutusta vältetään sulkeamalla patteriverkoston lämmönsiirtimen kesäsulkuventtiili. Kesäsulkuventtiili estää kaukolämpöveden virtauksen siirtimen läpi ja siten lämmön siirtymisen siirtimen toisipuolelle ja edelleen patteriverkoston.

Kesäsulkuventtiilin käyttö määräytyy lämmityskauden ulkopuolella kohdekohtaisesti, mutta se on muistettava avata koleina, sateisina aikoina, jotta tilojen lämpötila ei laske liian alhaiseksi tilojen käyttäjien kannalta eikä kosteus pääse aiheuttamaan tuhojaan.

### **3.2.2 Kattiloihin liittyvät tarkastuskohteet**

#### Kattilalaitokset energian kuluttajina

Kattilalaitoksella kuluu ostetusta polttoaineesta 3-15 %. Lisäksi laitoksen toiminta vaikuttaa myös lämmönkuluttajien ja verkoston häviöihin. Kattilalaitoksen häviöt voidaan jakaa seuraaviin kohtiin:

- savukaasuhäviöt
- läpivirtaushäviöt
- kattilan lämpöhäviöt
- kattilalaitosvarusteiden häviöt
- öljysäiliön ja putkiston häviöt.

#### Yleinen laitoksen hoidon taso

Kun kattilalaitoksen käyttötaloutta aletaan tutkia, on ensin hyvä luoda silmäys laitoksen hoidon yleiseen tasoon. Jos laitoksen dokumentit, pöytäkirjat, keskeisten toiminta-arvojen ja kulutuksen seuranta ovat hyvässä järjestyksessä ja laitos on muutoinkin siisti, voidaan olettaa hoidon olevan hyvällä tasolla.

#### Kulutuksen mittaaminen

Lämpökeskuksen energiankulutus tulee mitata ja kirjata kuukausittain. Öljylämmitteisissä kattilakeskuksissa on kaksi mahdollisuutta: poltinkohtaisen kulutuksen mittaaminen tai koko keskuksen kulutuksen mittaaminen.

Poltinkohtainen kulutusmittaus on mahdollista, mikäli öljynmäärämittari on siten asennettu, ettei sen läpi mene kiertoöljyä. Jos mitataan meno- ja paluuöljyvirtojen erotus, ei saada luotettavaa tulosta mittarivirheiden ollessa suuria suhteessa mittareiden lukemien erotukseen.

Säiliöpinnan mittaukseen ja kuormakirjanpitoon pohjautuva mittaaminen ei ole riittävän tarkka vuotuisen kulutuksen normeerukseen ja keskinäiseen vertailuun kuukausitason tarkastelusta puhumattakaan.

Kulutuksen seurannan avulla voi nähdä esimerkiksi, miten kulutus putoaa kesäaikana, jolloin lämmitystä ei yleensä tarvita kuin käyttövetä varten. Jos kulutus ei putoa odotetulla tavalla, on syyt selvitettävä. Niistä löytyy lähes aina säästökohteita.

#### Tyhjäkäyntihäviöt

Normaalit tyhjäkäyntihäviöt muodostuvat kattilan läpivirtaushäviöistä (ilma kulkee polttimen läpi kattilaan ja kuuma ilma savupiippuun), kattilan ja siihen liittyvän putkiston lämpöhäviöistä ja öljyn ja

säiliön mahdolliseen lämmitykseen liittyvistä häviöistä. Lisäksi polttimen jokaisen käynnistyksen yhteydessä syntyy tuuletushäviöitä, kun ennen öljyn syöttämistä polttimeen puhalletaan ilmaa kattilaan varmistamaan, ettei kattilassa ole räjähdysherkkää kaasua.

#### Läpivirtaushäviöt

Kattilan seistessä polttimen läpi virtaa ilmaa, joka lämpenee kattilassa ja poistuu savupiipun kautta. Läpivirtaushäviöt ovat suhteessa sitä suuremmat, mitä pitempään poltin on pysähtynyt. Pienissä polttimissa voi olla vakiorakenteena sulkuläppä tai toiminto, joka sulkee ilman virtauksen. Isompiin se täytyy yleensä rakentaa erikseen esim. lähtevään savukanavaan. Oikein isoissa polttimissa on palamisilmapuhaltimessa johtosiipisäätö, joka sulkeutuu seisokkitilanteessa.

Paitsi polttimen kautta voi ilmaa virrata myös etuluukun huonoista tiivisteistä. Näiden kunto on syytä tarkistaa.

Läpivirtaushäviöiden suuruusluokan saa arvioitua tutkimalla polttimen ilma-aukon kokoa ja arvioimalla läpivirtaavalle ilmalle nopeus. Läpivirtaushäviöiden suuruusluokka on vuositasolla 1...4 %, ylisuureissa kattilassa voivat häviöt olla vieläkin suuremmat. Häviöiden suuruusluokka on mahdollista määrittää kattilan käyntiajan ja tyhjäkäyntitehon perusteella (esim. Neste Oy, Öljykattilalaitoksen käyttö- ja suunnittelutietoa. Pienen ja keskisuuren teollisuuden oppaat B3, Espoo 1989. ISBN 951-96064-3-2, ISSN 0787-5340).

#### Kattilan lämpöhäviöt

Kattilan eristeissä on usein parantamisen varaa. Eristeiden uusiminen/lisääminen voi tulla taloudelliseksi, jos pintalämpötila on selvästi yli 20 °C ympäristöä korkeampi. Normaali lämpötilaero on noin 15 °C. Eristeet ovat tyypillisesti heikoimmillaan luukkujen kohdalla. Polttimen ympärillä voi olla sisäpuolinen eriste, jolla on taipumus ajan mittaan hajota. Täysin hukkaan eivät kattilan lämpöhäviöt kuitenkaan mene, sillä niillä ja muilla häviöillä lämmitetään yleensä palamisilmaa. Kattilan lämpöhäviöt ovat tyypillisesti 0,5-2 % ja tämän lisäksi tulevat kattilahuoneen putkiston häviöt, joiden määrä voi olla suurempi.

#### Varusteiden lämpöhäviöt

Tavallisesti putkisto on kohtuullisesti eristetty, mutta varusteita ei ole joko alun perin eristetty lainkaan tai eristekotelot on huoltotöiden yhteydessä poistettu. Laipallisen venttiilin lämpöhäviö vastaa noin yhden putkimetrin lämpöhäviötä. Voidaan sanoa, että huoltokäyttämisyssä on jotain vikaa, jos venttiileiden eristekoteloita ei saada takaisin paikoilleen korjausten jälkeen.

Kattilahuoneen lämpöhäviöiden kartoitus on helppo tehdä lämpökameralla.

#### Palamishyötysuhteen mittaaminen

Palamishyötysuhde määritellään savukaasujen lämpötilan sekä happi- ja hiilidioksidipitoisuuden perusteella savukaasuanalysaattorilla.

Savukaasumittaukset suoritetaan tyypillisesti savukaasukanavan valmiista mittaaukosta. Mikäli sellaista ei ole, voidaan aukko porata tarvittaessa kanavaan. Tähän tulee tosin pyytää aina lupa tilaajalta. Savukaasumittaukset tehdään yleensä savukaasuanalysaattorilla, joka tyypillisesti soveltuu käytettäväksi useammalle eri polttoaineelle. Savukaasuanalysaattori laskee palamishyötysuhteen mitattavien suureiden (savukaasujen loppulämpötila, jäännöshappi ja hiilidioksidipitoisuus, huonetilan lämpötila) perusteella. Analysaattori mittaa myös tyypillisesti tämän lisäksi savukaasujen häikäpitoisuuden. Mitattujen arvojen perusteella palamistapahtuman energiatehokkuus voidaan analysoida sekä tehdä tarvittavat johtopäätökset säätötoimenpiteille. Mittaukset tulee aina suorittaa oikeissa olosuhteissa, jotta saadaan oikea kuva kattilan toiminnasta. Tämän lisäksi, mikäli poltin on



varustettu tehoportailta, tulee mittaukset suorittaa eri portaille. Savukaasuanalysointia varten kannattaa valita malli, joka mahdollistaa savukaasujen jatkuva-aikaisen mittauksen ja sen tallentamisen. Näin saadaan paras kuva kattilan käyttäytymisestä eri tilanteissa (käynnistyminen, palamisvaihe, sammuminen). Mittausajanjakso tulee myös valita riittävän pitkäksi, jotta näitä vaihteita saadaan mittausdataan mukaan useampia kappaleita.

On tapauksia, joissa palamishyötysuhde näyttää olevan kunnossa eli hiilidioksidipitoisuus korkea ja happipitoisuus matala, mutta poltin palaakin ali-ilmavirralla ja kehittää häkää. Tämän takia kunnollisissa savukaasuanalysointilaitteissa on myös häkämittari. Jos samalla selvitetään laitoksen kokonaispäästöjä, voidaan analysointilaitteella määrittää myös typen oksidien pitoisuus.

Savukaasuhäviöiden suuruusluokka on normaalisti 7-12 %. Hiilidioksidipitoisuuden tulisi olla noin 11–12 % ja happipitoisuuden alle 3 %. Oikeat arvot riippuvat kuitenkin käytettävästä polttoainesta.

Joissakin lähinnä kuumaöljykattiloissa palamisilma pääsee helposti vuotamaan savukanavan lähdön juuresta, jolloin savukaasujen mittaustuloksesta ei pysty päättelemään paljoakaan. Ilmavuotoja voi olla myös poltinluukussa, jolloin korkean hiilidioksidipitoisuuden saavuttaminen on mahdotonta.

Lähes kaikissa kattiloissa, aivan pieniä lukuun ottamatta, on jonkinlainen polttimen tehon säätö. Yksinkertaisimmillaan se on kaksiliekkisäätö eli polttimessa on kaksi erikokoista suutinta ja kattilatermostaatti ohjaa isomman suuttimen päälle, jollei pienemmän suuttimen avulla saavuteta kattilaveden tavoitelämpötilaa. Savukaasuanalyysi tehdään kummallekin teholle. Jos käytössä on moduuloinen poltin, tulisi mittaukset tehdä ja tallentaa jatkuvatoimisesti, jolloin nähdään arvojen muuttuminen useammalla tehoalueella.

Hyvät savukaasuanalyysin tulokset eivät vielä takaa, että kattila toimisi aina yhtä hyvin. Suuttimien öljyvirta riippuu öljyn viskositeetista ja paineesta. Jos nämä vaihtelevat, muuttuu öljyilmavirtasuhde ja kattila voi noeta tai palaa yli-ilmavirralla. Tämän takia erityisesti raskasöljylaitoksissa on syytä tarkkailla öljyn lämpötilan ja paineen tasaisena pysymistä.

### Suuttimen tai poltintehon valinta

Minimipolttoainevirran tulee olla sellainen, että savukaasujen lämpötila pysyy kyseisen polttoaineen happokastepisteen yläpuolella. Jos savukaasujen lämpötila on runsaasti kyseisen lämpötilan yläpuolella, on syytä vaihtaa suutin pienemmäksi tai muutoin pienentää tehoa.

Myös maksimiteho voi olla liian suuri, jos kattilat eivät koskaan eli käytännössä yleensä kovimmalla pakkasella käy kaikki täydellä teholla. Koska ylimitoitettu kattila ei pääse tässä tapauksessa käymään lähelläkään täyttä tehoa, ei myös sen palamishyötysuhde nouse hyvälle tasolle. Yleensä näissä tapauksissa kattila käykin lyhyitä käyntijaksoja. Ihanne olisi, että täydellä kuormituksella teho juuri ja juuri riittäisi (varakattila voi olla tarpeen kylmäsäilöttynä). Näin tyhjäkäyntihäviöt minimoituisivat. Tehon riittävyden selvittäminen voi olla hankalaa, sillä mitoitustulosten sattuminen katselmuksen aikaan on satunnaista ja käyttäjien havainnot ovat usein varsin ylimalkaisia. Mikäli käytössä on useampia eritehoisia kattiloita, voidaan niiden oikealla käyntijärjestyksellä korjata yllä esitettyä ongelmaa. Pienemmän kuorman aikaan valitaan käyntijärjestykseen pienempitehoinen kattila ja täyden kuormituksen aikaan suurempitehoinen.

Jos savukaasuanalyysi näyttää huonoa palamista, alhaista hiilidioksidipitoisuutta ja korkeaa happipitoisuutta, on ilmakerrointa syytä säätää. Joskus ongelmana on myös polttimen liekkirenkaan väärä asento.

Isoissa pyöriväkuppisissa, paineilma- tai höyryhajoitteisissa polttimissa on erityisiä laitekohtaisia syitä, joiden takia palaminen voi olla huonoa. Syihin perehdytään polttimen ohjeiden avulla tai kysymällä laitetoimittajalta neuvoa.

Savukaasun lämpötila

Korkea savukaasulämpötila on myös merkki siitä, että kattilan nokisuus tai polttimen säädöt on syytä tarkastaa. Kattilan nuohous tehdään yleensä silloin, kun savukaasun lämpötila on noussut 15 astetta puhtaan kattilan arvoista.

Taulukoissa 3.1 ja 3.2 esitetään yleiset periaatteet savukaasun lämpötilan arvioimiseksi ja tarvittavista energiataloudellisista toimista.

Taulukko 3.1. Kevyen polttoöljyn savukaasun lämpötilasta pääteltäviä seikkoja.

Savukaasun lämpötila täydellä kuormalla, °C	Toimenpide	
	Lämminvesikattila	Höyrykattila
140	Suurempi suutin	Mittausvirhe Jos käytössä on EKO tai LU-VO, ne on ohitettava
140–180	Hyvä arvo	Hyvä, jos paine on alle 0,5 MPa, muutoin kuten edellä
180–250	Hyväksyttävä säädettäville polttimille	Hyvä arvo
250–300	Pienempi suutin/poltin Turbulenssielimet Pienempi ilmakerroin	Pienempi suutin/poltin Turbulenssielimet Pienempi ilmakerroin
300-	Polttimen vaihto Suurempi kattila	Polttimen vaihto Suurempi kattila

Taulukko 3.1. Raskaan polttoöljyn savukaasun lämpötilasta pääteltäviä seikkoja.

Savukaasun lämpötila täydellä kuormalla, °C	Toimenpide	
	Lämminvesikattila	Höyrykattila
140	Suurempi suutin Turbulenssielimet pois	Mittaustarkistettava Turbulenssielimet pois EKO/LUVO on ohitus
140–160	Suurempi suutin Turbulenssielimet pois	Kuten edellä Vähärikkisen öljyn käyttö
160–180	Hyvä on/off-käytössä	Hyvä, jos höyrynpaine on alle 0,5 MPa, muutoin kuten edellä
180–250	Hyvä säädettävälle polttimilla	Hyvä arvo
250–300	Pienempi suutin/poltin Turbulenssielimet	Pienempi suutin/poltin Turbulenssielimet
300-	Polttimen vaihto Suurempi kattila	Polttimen vaihto Suurempi kattila

Ennen kylmäksi ajoa kattila nuohotaan ja pestään neutraloivalla aineella, jotta kylmässä kattilassa ei syntyisi happokorroosiota likaisilla lämmönsiirtopinnoilla.

Maakaasulla ja kiinteiden polttoaineiden kattiloissa puhdistus ei ole niin tarpeen, koska polttoaineen rikkipitoisuus on mitätön. Kattilavalmistajalta on hyvä kysyä kuitenkin neuvoa menettelyta-voista.

### Palaminen kattilassa

Idealisessa palamisessa liekit eivät osu kattilan mihinkään pintaan. Jos liekki osuu esimerkiksi jäähdytettyyn tulipesävaippaan, on seurauksena nokeaminen ja lisääntynyt nuohoustarve sekä päästöjen kasvu. Liekin muotoon voidaan vaikuttaa suuttimen tyypillä ja suutinpaineilla.

Joissakin kattiloissa on pieniin ulkomittoihin päästy siten, että takaseinässä on muuraus, johon lieskat osuvat. Kun muuraus on yleensä hehkuvan kuuma, se ei aiheuta merkittävää nokeamista. Kylmäkäynnistyksessä tällainen kattila on kuitenkin huono. Kattilan vaihto tulee kyseeseen, jos palamista tai savukaasulämpötilaa ei saada tyydyttäväksi millään säädöillä tai polttimen vaihdolla. Polttimen sopivuus ko. kattilalle voidaan varmistaa valmistajien taulukoista. Huonoon palamiseen voi olla syynä myös kattilan pienuus suhteessa tehon tarpeeseen. Pienessä kattilassa liekki ei mahdu palamaan kunnolla.

Joskus palamista on saatu paremmaksi vesiemulsiolaitteilla, joiden tavoitteena on pienentää pisarakokoa.

### Öljyn esilämmitys

Raskasöljylaitoksissa öljyn lämmitys on vakiona. Öljyn viskositeetin pienentäminen lämmittämällä sitä pienentää suuttimessa pisarakokoa, jolloin öljy palaa nopeasti ja nokeaminen vähenee. Esilämmitys auttaa erityisesti silloin, kun on havaittu esimerkiksi talvella huonompaa palamista kylmästä öljystä johtuen. Esilämmityslaitteita saa ostaa erillisenä. Lämmittimen saa asentaa vain valtuutettu asennusliike. Lämmityksen jälkeen on poltin säädettävä uudelleen, sillä lämmitys muuttaa öljyvirtaa.

Lämmittimen poiskytkentä kesäaikana ja muissa seisokeissa on varmistettava, jotta turhalta lämmitykseltä vältytään.

### Öljysäiliöiden eristykset ja lämmitykset

Kaikkien maanpäällisten öljysäiliöiden on oltava olla eristettyjä, sillä säiliöön tulee paluuöljyvirta, joka lämmittää säiliötä. Kylmä öljy voi olla liian jäykkää polttimen pumpuille, jolloin se aiheuttaa häiriöitä ja tukkii öljyn virtauksen suodattimien läpi.

Raskasöljysäiliöissä voidaan öljyn laadusta riippuen tarvita imulämmittimen lisäksi pohjalämmitystä. On kuitenkin muistettava, että säiliön liiallinen lämmitys paitsi kuluttaa lämpöä, voi muodostaa räjähdysvaaran öljyn kaasuuntuessa säiliössä. Öljyn krakkautuminen eli hajoaminen jakeiksi nostaa lisäksi öljyn viskositeettiä ja aiheuttaa hajuhaittoja. Sopiva raskaan öljyn imulämpötila riippuu öljyn laadusta, ollen alimmillaan 15–50 °C. Raskaimmille laaduille ylin sallittu imulämpötila on 70 °C.

Varsinaisessa raskasöljyn öljykoneikossa (pumppaus- ja lämmitysyksikkö) lämpötila nostetaan tavallisesti 60–80 °C:een. Polttimessa lämpötila nostetaan sähkölämmittimellä sumutuslämpötilaan eli öljyalaadusta ja poltintyyppistä riippuen 95–180 °C:een.

Lämpötilat on syytä tarkistaa, sillä yllilämmittäminen aiheuttaa putkistossa ja laitteissa lämpöhäviötä.

### Savukaasujen lämmön talteenotto

Lämmöntalteenotto tulee kyseeseen lähinnä höyry- ja kuumaöljykattiloissa, jotka toimivat luonnostaan paljon polttoaineen happokastepistettä korkeammilla savukaasun lämpötiloilla johtuen kuumasta nesteestä kattilan sisällä. Tavallisissa vesikattiloissa kohtuullisilla savukaasulämpötiloilla lämmöntalteenotto ei ole perusteltua, sillä savukaasujen jäädyttäminen ajaa lämpötilan alle kas-

tepisteen, jolloin lämmönsiirtimen tulee olla haponkestävä. Tämä taas ei useinkaan ole taloudellista.

### Palamisilman esilämmitys ja palamisilman johtaminen kattilahuoneeseen

Tavallisissa paineöljypolttimissa ei voida yleensä käyttää juurikaan yli 45-60 asteen lämpötilaa, sillä polttimen puhaltimen laakerit eivät kestä korkeampia lämpötiloja. Tämä asia on syytä varmistaa poltinvalmistajalta.

Palamisilma johdetaan kattilahuoneeseen siten, että ilma lämpenee ja käyttää hyödykseen laitoksen lämpöhäviöt. Tämä varmistetaan johtamalla sisään tuleva ilma kanavalla huoneen yläosaan ja suuntaamalla kanavan aukko siten, että ilma sekoittuu hyvin huoneen yläosan lämminilmapatjaan. Palamisilman lämpötilan noston vaikutus voidaan helposti laskea vuotuisen polttoainemäärän avulla lähtien siitä, että kukin polttoainekilo vie palamisilmaa noin 13 m<sup>3</sup>.

Huonosti eristetyssä kattilalaitoksessa lämpöhäviöt eivät riitä kovalla pakkasella palamisilman lämmittämiseen, vaan on käytettävä lisälämmitystä eli tyypillisesti kierrätysilmalämmitintä.

### **3.2.3 Lämmitysjärjestelmän tarkastuskohteet lämpökeskuksessa**

#### Paluuveden lämpötila

Varsinkin raskasöljylaitoksissa on korroosion estämiseksi tärkeää, ettei paluuveden lämpötila juurikaan alita 70 °C. Asia hoidetaan sekoituspumpulla eli sekoittamalla menovettä paluuveteen. Joskus asia hoidetaan lämminvesivaraajan pumpun avulla. Jos raskasöljylaitos on muutettu kaasukäyttöiseksi, on sekoituspumppu tarpeeton.

#### Paisuntajärjestelmän toiminta ja vuodot

Jos laitokseen joudutaan lisäämään vettä vaikkapa viikoittain, vikaa kannattaa etsiä paisuntajärjestelmästä, varoventtiilistä tai verkostovuodoista.

Paisuntajärjestelmän paisunta-astian kalvo voi olla rikki tai esipaine on vuotanut pois. Tällöin vesi voi poistua järjestelmästä varoventtiilin kautta lämpötilan noustessa. Jos vika ei ole varoventtiilissä (puutteellinen toiminta, roska), on koko putkisto tutkittava vuotojen osalta. Lisäveden jatkuva syöttö ruostuttaa laitoksen ja aiheuttaa ensi vaiheessa häiriöitä säätölaitteiden toiminnassa, mikä heikentää energiatehokkuutta. Jos lisävesi syötetään automaattisesti, on syöttölaitteessa oltava terminen hapen poisto eli kiehutusosa. Joskus vuodot ovat niin hankalissa paikoissa (esimerkiksi maanalaisissa putkistolinjoissa), että niiden löytäminen on erittäin vaikeaa.

Venttiilien karatiivistevuotoja tai laippatiivistevuotoja ei voida hyväksyä vesikeskuslämmitysjärjestelmässä.

#### Menoveden säätö

Mikäli katselmuskohteen LVI-tekniikka on kymmeniä vuosia vanhaa, on syytä tarkistaa että tuloilmakoneita ei ole jätetty ns. kuumaan ryhmään. Tämä tarkoittaa sitä, että ilmastoinnin lämmityspiiristä on aikanaan jätetty säätö kokonaan pois, jolloin koneiden oma säätö on joutunut kohtuuttoman vaikeisiin toimintaolosuhteisiin erityisesti ulkolämpötilan ollessa lähellä nollaa. Seurauksena on säädön huojuntaa ja yleensä patterin jäätyminen. Kuumista ryhmistä tulee luopua jo ylimääräisten lämpöhäviöidenkin takia.

Kaikissa keskuslämmityslaitoksissa on menoveden lämpötilaa ohjattava vähintään ulkolämpötilan eli käytännössä lämmöntarpeen mukaan. Lämmityksen lopetusajankohta riippuu rakennuksesta,

teollisuudessa se on usein sisäisten kuormien vuoksi ulkolämpötilan ollessa 10 °C kieppeillä, päiväkodeissa noin 20 astetta. Lämmityskauden ulkopuolella pitkään jatkuneet sateet saattavat aiheuttaa hetkellisen lämmityksen tarpeen.

Tarkka säätökäyrä on tapauskohtainen. Hyvin usein on havaittu, että ilmastoinnille ja pattereille sopii sama käyrä, koska mitään tarkempaakaan ei keksitä. Tilanne oli hieman toinen, kun aikoinaan huoneiden lämmityspattereissa ei ollut termostaattisia venttiileitä ja menoveden lämpötila valittiin mm. julkisivun mukaan siten, että pohjoissivulle johdettiin lämpimämpää vettä kuin auringonpuoleisille sivuille. Nykyään monien säätöryhmien ja säätökäyrien tarve on vähäistä hyvistä termostaattiventtiileistä johtuen.

### Käyttöveden säätö

Lämpimän käyttöveden on nykyisten määräysten (RakMK D1 kohta 3.4.8) mukaan oltava uusissa rakennuksissa vähintään 55 °C, myös paluuedestä mitattuna. Mikä tarkoittaa, että menoveden lämpötilan on oltava tasolla 58 °C. Vanhemmissa rakennuksissa veden menoveden lämpötilan on oltava ainakin tasolla 55 °C. Käyttöveden lämpötila ei saa ylittää 65 °C. Lämpötilaan on aina käytettävä nopeata säätölaitetta energiataloudellisen ja määräykset täyttävän lämpötilan saavuttamiseksi.

Energiakatselmuksen yhteydessä on hyvä seurata lämpimän käyttöveden lämpötilaa seuranta-mittauksella niissä kohteissa, joissa lämpimän veden käyttö on huomattavan vaihtelevaa ja runsasta.

Erityisesti teollisuuslaitoksissa hajautettujen sosiaalitulojen käyttöveden lämmitys on muodostanut aina ongelman. Suuren käyttövesiverkoston rakentaminen paluujohtoineen on kallista ja putkisto kuluttaa lämpöä, vaikka lämmintä käyttövettä ei paljoa kuluihakaan. Yleensä on taloudellisempi tapa on lämmittää ns. satelliittisosiaalilat sähkölämmitteisellä varaajalla. Kiertovesijohdon poistojäänti säästää lämpöhäviöitä, joiden osuus käyttöveden lämmönkulutuksesta voi ko. tilanteissa olla lähes 100 %. Menovesiputket kylmien tilojen ym. läpi saadaan nykyään pysymään sopivan lämpöisinä itsesäätyvillä vastusjohdoilla.

### Yölämpötilan lasku

Lämmityksen menoveden lämpötilaa saattaa olla järkevää laskea yöllä, jolloin kulutus on muutoinkin pientä, koska näin saadaan alennettua putkiston lämpöhäviöitä. Sisälämpötilaan ei välttämättä muutu paljoakaan, sillä lämmönkuluttajien automatiikka avaa vastaavasti venttiileitä enemmän, jos huonelämpötila alkaa laskea. Lämpötila on kuitenkin nostettava vähintäänkin normaaliksi hyvissä ajoin ennen aamulämmitystä ja erityisesti ennen maanantaita, jolloin viikonlopun jälkeen rakennus on ehtinyt jäähtyä.

Normaalisti esimerkiksi teollisuuden kaksivuorokäytössä rakennus ei ehdi juuri jäähtymään arkiöinä. Menoveden lämpötilan muuttelu rasittaa hieman normaalia enemmän lämmityspotkistoa, mutta tällä ei ole tavallisesti merkitystä, sillä menoveden lämpötilahan muuttuu paljon jo ulkolämpötilan mukaan, joka meillä voi vuorokaudessa hyvinkin muuttua 20 °C.

Yölämpötilan lasku menoveden laskemisen avulla tai tilojen lämpötilojen asetusarvojen muutosten avulla käy parhaiten itseoppivilla rakennusautomaatiojärjestelmillä, jotka valitsevat oikeat aamulämmityksen alkamisajankohdat ja lämpötilat tilojen mittaustietojen perusteella.

Yöajan lämpötilan pudotuksen toteuttamisessa on myös merkittävät hankaluutensa. Normaalisti yölämmityksen aikana menoveden lämpötila on nostettava huomattavasti normaalia menoveden lämpötilaa korkeammaksi. Tämä hankaloittaa säätölaitteiden toimintaa eikä haluttua lämpötilan nousua saada aikaan riittävän nopeasti, asia korostuu erityisesti alhaisemmillä ulkolämpötiloilla.

Keskeisin ongelma työntekijöiden kannalta on, että sisäilman lämpötila on kyllä kohdallaan, mutta pintojen, esineiden yms. ovat viileitä ja tuntuvat epämukavilta ja luovat epäviihtyisyyttä, sillä niiden lämpötila ei ole ehtinyt saavuttaa haluttua tasoa ennen työajan alkua. Pahimmissa tapauksissa tämä jopa viivästyttää tarkkojen laboratorio- ym. laitteiden käyttöönottoa. Tämä ei voi olla energia- tehokkuuden tavoitteena.

Yölämpötilojen alentamisella saavutettavaa säästöä ei voi ennakoita laskea, korkeintaan arvioida erittäin karkealla tasolla. Jokainen rakennus on oma yksilönsä, joten säästöjen arviointi on hyvin vaikea tehdä.

### Pumppujen pysäyttäminen

Lämmityskauden loputtua voidaan pääpumput pysäyttää. Pysäytys olisi hyvä automatisoida ohjaamalla sitä ulkolämpötilan mukaan, sillä kesälläkin voi yöllä tulla tilanteita, jolloin ulkolämpötila on niin alhainen, että ainakin ilmastointikoneiden jäätymissuojat hälyttävät. Toisaalta esim. kaukolämmityskohteissa käytetään käsikäyttöistä kesäsulkua tai lämmityskattila on suljettu, joten huoltohenkilökunnan on oltava tarkkana lämmitystarpeen suhteen kesäaikaanakin.

Kuivamoottoripumppuja tulee pyörittää lyhyt aika viikoittain tai päivittäin akselitiivisteiden kuivumisen estämiseksi. Parhaiten tämä käy automaatiojärjestelmän ohjaamana.

## 3.3 LÄMMITYS

### Olosuhteiden aistiminen

Rakennuksen sisäilmasto vaikuttaa ihmisten terveyteen ja viihtyvyyteen ratkaisevasti. Lämpö- ja kosteusolosuhteet (ilman ja pintojen lämpötilat, ilman suhteellinen kosteus, ilman liikenopeus) vaikuttavat kehon lämmönluovutukseen ja siten aineenvaihdunnan tasapainoon. Aineenvaihdunnan tuottaman lämmön on poistuttava kehosta kohottamatta sisäosien lämpötilaa. Mukavaksi koettu lämpötila-alue riippuu yksilöllisestä lämmön tuotosta ja on varsin kapea muutaman asteen alue.

Keskimäärin ihmiset ovat tyytyväisiä 20–22 °C lämpötiloihin. Erityisryhmillä (lapset, vanhukset, paikallaan olevat henkilöt) lämpötilataso saattaa olla 1-2 °C korkeampi. Korkeammat lämpötilat lisäävät ihmisten oireita ja lämmin ilma tuntuu kuivemmalta ja tunkkaisemmalta. Alhaisemmat lämpötilat lisäävät vedon tunnetta. Lämpötilan mukavuustasoon vaikuttaa myös tiloissa tapahtuvan työn ja toiminnan raskaus.

Vedon tunne aiheutuu ihon paikallisesta jäähtymisestä. Jotta vedon tunnetta ei aiheutuisi, tulee ilman liikenopeuden olla oikea suhteessa ilman lämpötilaan. Yleensä ilman liikenopeuden tulee oleskeluvyöhykkeellä olla alle 0,15 m/s.

Lämpötila-aistimukseen vaikuttavia tekijöitä ovat

- ympäröivien pintojen lämpötila, etenkin kylmä lattia ja ikkuna
- lämpötilan vaihtelu, muutosnopeus
- paikalliset lämpötilaerot, etenkin pystysuunnassa
- lämpösäteily, etenkin epäsymmetrinen
- vedon tunne – ilman liike, kylmät pinnat, epäsymmetrinen lämpösäteily
- työn raskaus ja työvaatetus.

## Rakennuksen lämpötase

Rakennuksen lämpötase muodostuu lämpöhäviöistä - rakennuksesta poistuvat lämpövirrat ja rakennukseen tulevat sekä siellä muodostuvat lämpövirrat (vrt. sähkömoottorit, valaistus, prosessit). Lämpöhäviöt aiheutuvat ulkovaipan läpi johtuvasta lämmöstä ja ilmanvaihdon jäteilman ja viemäriin johdetun veden mukana poistuvasta lämmöstä. Myös tilojen sisäiset lämpökuormat vaikuttavat oleellisesti toteutuviin lämpötiloihin. Toimisto- ja liikerakennuksissa kuormia ovat valaistus, sähkölaitteet ja ihmisten lämmönluovutus. Teollisuudessa lämpö- ja kylmäkuormitusten merkitys on yleensä vielä suurempi (valimot, elintarviketeollisuus, kylmätilat, nosto-ovien vetoisuudet jne.).

### 3.3.1 Lämmitysjärjestelmän katselmointi ja tarkastuskohteet

Lämmitysjärjestelmien katselmoinnissa on pidettävä mielessä itse tilojen lämmitykseen keskeisimmät vaikuttavat asiat: rakennuksen sisälämpötilataso, lämmönjakojärjestelmän säädettävyyden, vaipan tiiviys ja eristystaso sekä myös ilmanvaihto ja siihen liittyvät asiat.

Lämmitysjärjestelmän tarkastuskohteita käsitellään yksityiskohtaisemmin luvuissa 3.3.2 Lämmön jakelu, 3.3.3 Lämmitysjärjestelmän huonelaitteet ja 3.3.6 Pumput.

### 3.3.2 Lämmön jakelu

Lämmön jakelu tarkoittaa niitä järjestelmän osia, joilla lämpö siirretään varsinaiseen käyttökohteeseen. Lämmönjakojärjestelmään kuuluvat siirtoputkistot ja -kanavistot sekä huonetilojen ja tulo-/kierrätysilman lämmityslaitteet ja näiden säätölaitteet.

Lämmönjaon oikea mitoitus ja toteutus ovat avainasemassa hyvien sisäolosuhteiden saavuttamisessa. Tärkeimpiä seikkoja ovat lämmöntarpeen laskenta, tarpeenmukaisen lämmönjaon mitoitus (esim. patteriverkoston mitoitus) sekä lämmönjaon säädön suunnittelu. Tästä parhaan esimerkkinä toimii patteriverkoston oikea mitoitus ja verkoston sekä patterikohtaisten virtaaminen määrittäminen. Lämmityksen säätö yhdistyy verkoston toimintaan verkoston oikean säätökäyrän hakemisella, jolloin varmistetaan että sisäolosuhteet pysyvät tasaisina koko lämmityskauden ajan.

Lämmönjaon perusratkaisuja ovat

- vesikeskuslämmitys
  - lämpöä luovuttavat patterit tai lattiaan asennetut putkistot
- ilmalämmitys
  - tiloja lämmitetään niihin puhallettavan tai niissä kierrätettävän ilman avulla
- huonekohtaiset lämmitysjärjestelmät
  - sähkölämmittimet, ilmalämpöpumppu, lämminilmakehittimet...).

Pumpulla kierrätetään verkoston vettä, mutta verkoston oikea painetasoa ylläpitää paisuntajärjestelmä. Paisunta-astia ottaa vastaan veden lämpötilavaihteluista johtuvat veden tilavuuden muutokset. Jos paisunta-astia ja verkosto ovat kunnossa, lämmitysverkostossa pysyy riittävä paine ilman, että sinne täytyisi lisätä vettä. Veden lisäämisen syyt tulee aina selvittää.

Paisuntajärjestelmät ovat suljettua paisuntajärjestelmää, jolloin kalvopaisunta-astia ottaa vastaan veden lämpenemisestä aiheutuvan laajentumisen. Suuremmissa rakennuksissa käytetään myös paisunta-automaatteja, joissa paisunta-astian yhdistetyt pumput pitävät verkoston paineen vakiona.

Yksi- ja kaksikerroksisissa rakennuksissa patteriverkoston normaali painealue on 0,8-1,2 bar (80–120 kPa). Korkeammissa rakennuksissa painealue on 2,4-3 bar (240–300 kPa).

Paisuntajärjestelmän tyypillisiä vikoja ovat seuraavat:

- paisunta-astian kalvo on rikki ja astia on täynnä vettä
  - paisunta ei toimi
- verkostosta paisunta-astiaan johtava putki on tukkeutunut tai syöpynyt eikä vesi pääse astiaan
  - varoventtiili päästää vettä, kun verkoston lämpötila nousee
- kalvopaisunta-astia on liian pieni tai sen esipaine ei ole oikea, paisuntatilavuus ei riitä
  - varoventtiili päästää vettä, kun verkoston lämpötila nousee
- kalvopaisunta-astian esipaine on liian alhainen
  - vesi ei kierrä ylimmissä pattereissa.

Paisuntajärjestelmän ongelmat aiheuttavat tarpeetonta energiankulutusta, mikäli verkoston ylimpien osien puutteellisen kierron vuoksi pidetään verkoston lämpötilaa muiden tilojen kannalta liian korkeana ja näissä tiloissa yllämpöä tuuletetaan ikkunoista. Huonosti toimiva paisuntajärjestelmä saattaa aiheuttaa sen, että verkostoon pääsee ilmaa, jolloin se yleensä kertyy verkoston yläosiin, aiheuttaen sen että yläosissa kierto on puutteellista.

Lämmitysverkostossa on varoventtiili suojaamassa laitteita rikkoontumiselta mahdollisen toimintahäiriön sattuessa. Varoventtiili estää paineen liiallisen nousun. Varoventtiili on jousikuormitteinen venttiili, joka aukeaa tietyssä ennalta määrättyssä paineessa estäen liiallisen paineen kehittymisen suljettuun verkostoon.

Syy varoventtiilin jatkuvaan vesivuotoon tulee aina selvittää. Syynä voi olla viallinen varoventtiili, virheellisesti toimiva paisuntajärjestelmä, lämmönsiirtimien sisäinen vuoto tai lämmitysverkoston täyttöventtiilin aukiolo tai jatkuva vuoto.

### Putkisto ja sen varusteet

Lämmitysverkoston putkistot ovat muovia, terästä tai kuparia. Rakenteisiin sijoitetut putket ovat vanhemmissa kiinteistöissä paljaana tai kevyeen suojamateriaaliin käärittyjä, uudemmissa kohteissa käytetään joskus suojaputkea, jolloin lämmitysverkoston putkisto voidaan uusia rakennetta purkamatta.

Tyypillisiä ongelmia:

- putkistot ovat rakenteissa näkymättömissä ja verkostossa täyttötarvetta - vuoto on todennäköinen
- ei lainkaan / liian vähän / toimimattomia lämpömittareita verkoston lämpötilojen seurantaan
- ei lainkaan painemittaria / toimimaton mittari verkoston painetason seurantaan – verkostossa liian vähän vettä tai ongelmia paisuntajärjestelmässä
- ilmanpoistimia liian vähän / väärissä paikoissa / ilmausta ei ole suoritettu - verkostossa on ilmaa, joka aiheuttaa ääntä ja kierto-ongelmia
- verkostoon kertyy sakkaa, suodattimia tai mudanpoistimia ei ole.

### Verkoston täyttötarve, mahdolliset vuodot

Jos verkostoon joudutaan lisäämään vettä useammin kuin kerran puolessa vuodessa, on todennäköistä että verkostossa, siihen liittyvässä varaajassa tai paisuntajärjestelmässä on vuoto. Verkoston vuotoihin on aina suhtauduttava vakavasti, etenkin jos putkistoa on näkymättömissä rakenteissa. Varoventtiilin kautta tapahtuva verkoston tyhjentyminen viittaa ongelmaan paisuntajärjestelmässä.



Tyypillisiä vuotokohtia:

- maahan ja rakenteisiin asennetut putkistot
- ikääntyneet venttiilit, putkistoliitokset, ilmanpoistimet, laitteet
- sähkölämmiteinen varaaja (vastuksen liitos, miesluukku, ilmanpoistin).

Verkoston vuodot aiheuttavat tarpeetonta veden ja energian kulutusta, koska joudutaan jatkuvasti lisäämään kylmää vettä, joka lämmitetään verkoston lämpötilaan. Vuoto voi pitää eristeet jatkuvasti märkinä, jolloin niiden lämmöneristyskyky heikkenee ja putkiston häviöt kasvavat.

### Eristykset

Putkisto- ja laite-eristeitä tarvitaan useammasta syystä:

- turvallisuus
  - kuumien putkistojen pintalämpötila on työturvallisuus- ja viihtyisyysriski
- jäätymisriski
  - kylmissä tiloissa ja ulkoilmassa kulkevat putket
- energiatalous
  - pienennetään putkiston lämpöhäviöitä, jotta putkistossa virtaava neste saataisiin käyttöpisteeseen halutussa lämpötilassa
- olosuhteet
  - pienennetään putkistojen ja laitteiden lämpöhäviöitä, jotta tila, jossa putket kulkevat ja laitteet sijaitsevat ei lämpenisi tarpeettomasti.

Energiakatselmoijan osalta energiatalous on ensisijainen, mutta muutkin näkökohdat on otettava huomioon ja saatettava epäkohdat tilaajan tietoon (huoltohenkilöstö, katselmusraportti).

Hyvää eristämistä vaativat yleensä kattila- ja lämmönjakohuoneissa, roiloissa, kellareissa, ryömintätiloissa ja ullakolla olevat putket, venttiilit, laipat ym. varusteet ja laitteet.

Näkyvissä olevat patterien haarajohdot ja nousulinjat jätetään yleensä eristämättä. Toimisto- ja vastaavissa rakennuksissa eristämättömien nousulinjojen lämpöhäviöt saattavat olla yli 30 % ko. tilan lämmityspatterin tehosta, joten eristystarve on harkittava huolella tarkkaa lämpötilaa vaativissa tiloissa.

Yleisesti käytettyjä putkieristeitä ovat muotoon puristetut mineraalivillakourut. Eriste voidaan tehdä myös mattomaisesta eristeestä sitomalla. Maanalaisten putkien eristämiseen käytetään yleisesti eristyselementtejä, joissa eristeenä on polyuretaani / solumuovi.

Energian hinnan kohoamisen vuoksi on taloudellinen eristyspaksuus lisääntynyt, joten 30 vuotta vanhat eristeet saattavat nykyisin olla selkeästi alimitoitettut. Energiakatselmoijan on syytä tuoda tämä asia tilaajan tietoon, vaikka lisäeristäminen ei katselmoijan laskelmien mukaan olisikaan kannattavaa, mutta tilaaja osaa varautua asiaan seuraavan remontin/saneerauksen yhteydessä.

Energiakatselmoijan kannattaa tutustua myös Motivan julkaisemaan teollisen eristämisen energia-  
tehokkuutta koskevaan julkaisuun (v. 2016).

1970-luvulle saakka putket eristettiin kokonaan tai osittain putken pinnalle muotoiltavilla ja siihen kovettuvilla massoilla. Piimaa- ja magnesiapohjaisissa massoissa on käytetty sideaineena asbestia. Näitä eristeitä on edelleen vanhoissa rakennuksissa, erityisesti lämmönjakohuoneissa ja putkitunneleissa. Energiakatselmoija ei saa raaputtaa tms. näitä eristeitä. Ellei näitä eristeitä jostain syystä ole merkitty asianmukaisesti on niistä kerrottava tilaajalle (huoltohenkilöstö, raportti).

Katselmuksessa on kiinnitettävä huomiota seuraaviin seikkoihin:

- eristetyt ja eristämättömät putkiosuudet
- eristeiden materiaali ja pinnoitus
- mahdolliset asbestieristeet > ongelmat
- eristeiden ikä ja kunto > ongelmat
- lisäeristystarpeet – lähinnä kattila, varaaja, lämmönjakohuoneen laitteet.

### 3.3.3 Lämmitysjärjestelmän huonelaitteet

Lämmönluovuttimilla tarkoitetaan tiloissa sijaitsevia lämmitysjärjestelmän laitteita, joita ovat yleensä patterit varusteineen, kuten myös kierrätysilmakoneet, tuulikaappikoneet, ja vastaavat. Niillä sisälämpötila pidetään tavoitelluissa arvoissa.

Lämmönluovuttimien tulee sijaita paikoissa, joissa ne estävät mahdollisimman tehokkaasti kylmien pintojen kylmäsäteilyä ja ikkunoista tai ovista aiheutuvaa vetoa.

Pattereissa on yleensä termostaattiohjatut säätöventtiilit. Patteritermostaatin tehtävänä on rajoittaa lämmönluovutusta, eli kun huoneessa on ylikämpöä, venttiili sulkeutuu. Termostaatin toimintaa helpottaa oleellisesti, että patteriverkoston menoveden lämpötilaa säädetään oikein vallitsevien ulko-olosuhteiden mukaan.

Tyypillisimpiä vikoja ovat

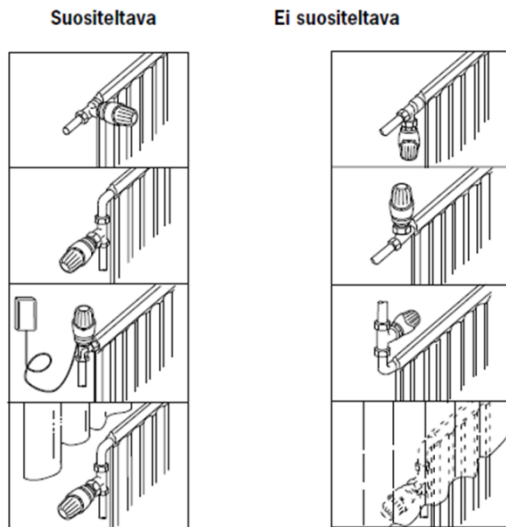
- termostaattinen patteriventtiili on väärässä paikassa
  - liian lähellä usein avattavaa ovea tai lämmittäviä laitteita
- termostaattinen patteriventtiili on väärässä asennossa
- eri valmistajilla on ohjeita venttiilien oikeasta asennustavasta
  - esim. termostaattiosa ei saa olla pystysuorassa ylöspäin
- termostaattinen patteriventtiili on peitetty
  - kalusteilla ja verhoilla peitetty termostaatti ei tunne todellista sisälämpötilaa
    - esteen verhouksen poisto
    - irtoanturi!
- termostaattinen patteriventtiili on rikki
  - väärin käsitelty ja rikkoontunut venttiili ei toimi luotettavasti
- termostaattinen patteriventtiili on juuttunut auki tai kiinni
  - venttiilin sisällä säätävä osa ei liiku.

Patteriventtiilin tulee olla esisäädöllä varustettu – patteriverkoston perussäädön toteuttamisen edellytyksenä on, että verkostossa on linjasäätöventtiilit ja esisäädettävät patteriventtiilit.

Patteriverkoston tarkistuksia katselmoinnin yhteydessä:

- pattereiden ikä, asennustapa ja -paikka
- patteriventtiilien tyyppi, ikä ja kunto, onko patteriventtiileissä esisäätö
- patteriventtiilien asetusarvot
- tilojen käyttäjien lyhyt suullinen haastattelu eri vuodenaikoina mahdollisesti ilmenevien ongelmien selvittämiseksi.

Asennustavan vaikutuksia pattereiden lämmönluovutukseen on esitetty alla olevassa kuvassa. Eri-tyisesti hotelleissa ja muissa majoitusliikkeissä on pattereita verhottu tms. esteettisistä syistä.



Kuva 3.1 Asennustavan vaikutus pattereiden lämmönluovutukseen.

Syitä huonelämpötilojen poikkeamiin ovat mm. seuraavanlaisia

- tilan käyttötarkoitus on muuttunut alkuperäisestä
- huoneen lämpöhäviö on laskettu väärin perustein
- seinämissä on jokin rakenteellinen vika, esim. elementtien saumat eivät ole tiiviit
- seinien lämmöneristävyys on heikentynyt iän myötä, eristeet ovat siirtyneet/vajonneet
- lämmöneristeiden lämmöneristävyys on heikentynyt kosteusvaurion johdosta
- ikkunoiden ja ovien huonokuntoiset tiivisteet
- ilmanvaihtuvuus on lisääntynyt tai vähentynyt ilmanvaihtojärjestelmän epätasapainon johdosta
- lämmönluovuttimet on peitetty paksulla verholla tai huonekaluilla, jolloin niiden lämmönluovutus heikkenee mitoitusarvosta
- lämmönluovuttimessa on ilmaa
- verkoston vesivirtoja ei ole säädetty tai ne on säädetty väärin, jolloin jokin patteri saa liikaa vettä ja huone lämpenee liikaa, tai jokin patteri saa liian vähän vettä, jolloin huonelämpötila on haluttua lämpötilaa alhaisempi.

### 3.3.4 Lämmitysjärjestelmän säätö ja ohjaus

Rakennuksen sisälämpötilat pidetään halutuissa arvoissa säätämällä lämmitysverkostoon menevän veden lämpötilaa. Periaatteena on, että ulkolämpötilan muuttuessa myös verkostoon menevän veden lämpötila muuttuu kiinteistön lämmöntarpeen mukaan.

Lämmityksen säätimeen on kytketty ulkolämpötilan ja patteriverkostoon menevän veden lämpötilan mittaus sekä patteriverkoston säätöventtiilin ohjaus. Säätokekskus ohjaa säätöventtiilin asentoa ulkolämpötilan mukaan. Kaukolämpökohteessa säätöventtiili on kaukolämpöverkoston puolella oleva kaksitieventtiili, kattilalaitos- ja varaajakohteessa venttiili on lämmitysverkostossa oleva kolmitieventtiili.

Käyttöveden säätimeen on kytketty verkostoon menevän käyttöveden lämpötilan mittaus sekä veden lämpötilaa ohjaava säätöventtiili (joko kaukolämpöpuolella tai käyttövesiverkostossa). Mikäli kulutuksen vaihtelu on suurta, parempi säätötulos saadaan käyttämällä kahta venttiiliä. Käyttöveden lämpötilan säätö edellyttää joka tapauksessa nopeaa säätöä. Säädön toiminnan voi tarkistaa parhaiten hyödyntämällä kiinteistöautomaatiojärjestelmää.

Säätökeskus on varustettu aseteltavalla säätökäyrällä tai näytöllä ja näppäimistöllä, joiden avulla käyttäjä voi vaikuttaa säätökeskuksen toimintaan, mm. valitsemalla tai muuttamalla lämmityksen säätökäyrää sekä käyttöveden lämpötilan asetusarvoa.

Lämmitysjärjestelmän säätimeen aseteltava säätökäyrä (verkon veden lämpötila suhteessa ulkolämpötilaan) on kiinteistökohtainen ja sen asettelu saadaan kohdalleen ajan mittaan tarkentamalla säätökäyrän asetuksia. Jos säätökäyrä on aseteltu väärin, koko lämmitysjärjestelmä toimii virheellisesti ja seurauksena on sisälämpötilaongelmia sekä usein myös tarpeetonta energiankulutusta.

Säätökeskuksen toimintoja ovat mm. säätökäyrän kulmakertoimen muutos, käyrän suuntaissiirto, yölämpötilan alentaminen, sekä lämpötilan vuorokausi- tai viikko-ohjaus. Säätimeen voidaan usein liittää myös antureita/toimintoja lämpötilan korjaamiseksi erityisen tuulisissa tai aurinkoisissa olosuhteissa.

Tyypillinen kattilalla lämmitetyn patteriverkoston säätökäyrän asettelu, kun käyrä on suora eli lineaarinen, taulukko 3.2.

Taulukko 3.3. Lämmitysverkoston menoveden lämpötila, esimerkki.

Ulkolämpötila, °C	Menoveden lämpötila, °C
+20	20
+10	30
0	48
-10	60
-20	75
-30	85

Säätökäyrän asetteluun vaikuttavat rakennuksen ominaispiirteet: sijaintipaikan tuulisuus ja aurinkoisuus, julkisivujen suuntaus, ikkunoiden kunto jne.. Usein käyrä asetellaan suhteessa korkeammaksi pakkasen ollessa 0 ja -15 °C välillä. Tällöin säätökäyrä ei ole lineaarinen vaan siinä on korrattava mutka, jolla kompensoidaan tuulen vaikutusta.

Lämpötilan säädössä esiintyy usein seuraavia ongelmia, jotka aiheuttava tarpeetonta energiankulutusta, sisälämpötilaongelmia yms.:

- säätölaitteet ovat ikääntyneitä (luokkaa 15-20 vuotta) eivätkä toimi luotettavasti
- säätölaitteiden huolto on laiminlyöty eivätkä ne toimi luotettavasti
- säätökäyrä on väärin aseteltu
- kylmällä säällä kylmä/kuuma sisällä
- lämpimällä säällä kylmä/kuuma sisällä
- säätö toimii käsikäytöllä
- säädin toimii, mutta säätöventtiili ei toimi (ei avaudu, ei sulkeudu kokonaan tai osittain, ei liiku)
- ulkolämpötila-anturi on väärässä paikassa eikä mittaa todellista ulkolämpötilaa
- verkoston lämpötila-anturit eivät anna oikeaa tietoa mitattavasta lämpötilasta – kalibrointiongelma, väärä sijainti, tuntoelin asennettu väärin, anturi rikki, anturin mittausarvo on ryöminyt.

Säädön ongelmia kompensoidaan usein tarpeettoman korkeilla asetusarvoilla, jotta kaikissa tiloissa saavutettaisiin siedettävät olosuhteet. Tästä aiheutuu usein muissa kuin kriittisimmissä tiloissa tarpeetonta energiankulutusta kun yliämpöä tuuletetaan ovista ja ikkunoista.

Katselmoijan on syytä sisällyttää (erityisesti kiinteistöpuolella) katselmusraporttiinsa taulukko ja kuva kaikkien ulkoilmasta riippuvien lämmitykseen liittyvien verkostojen menovesien lämpötilat, myös siinä tapauksessa, ettei käyriin ehdoteta muutoksia:

- lämmitysverkostojen menoveden säätökäyrät
  - alkuperäinen, katselmuksen aikainen, ehdotettu
- ilmanvaihdon lämmitysverkostojen menoveden säätökäyrät
  - alkuperäinen, katselmuksen aikainen, ehdotettu
- katselmusajankohdan menoveden mitatut lämpötilat.

### 3.3.5 Lämmitysverkoston perussäädön tarve ja säätömahdollisuudet

Lämmitysverkoston perussäädöllä tarkoitetaan vesikiertoisien järjestelmien vesivirtojen tasapainotamista eli virtaamien säätämistä tilojen lämmöntarvetta vastaaviksi. Perussäädön avulla saadaan sisälämpötilat hallintaan, pienennetään energiankulutusta, poistetaan verkoston ääniongelmia – ja joissakin tapauksissa pidennetään verkoston käyttöikää, kun pumppu ja virtaamat saadaan oikealle tasolle.

Perussäätöprojektissa patteriverkoston virtaamat määritellään tilakohtaisesti laskettujen lämpöhäviöiden ja lämmöntarpeen perusteella, venttiilien säätöarvot määritellään laskennallisesti ja säätötyö suoritetaan linjasäätöventtiilien ja esisäädettävien patteriventtiilien avulla. Pumpun toimintapiste tarkistetaan, tarvittaessa uusitaan pumpun juoksupyörä tai koko pumppu.

Vanhemmissa kiinteistöissä (ikä yli 15–20 vuotta) perussäätö harvoin onnistuu olemassa olevilla verkoston varusteilla, vaan tällöin joudutaan yleensä uusimaan linjasäätöventtiilit ja patteriventtiilit. Patteriventtiilien tulee olla esisäädettäviä ja linjasäätöventtiileissä tulee olla vesivirtojen mittausyhteet.

Ensimmäisellä lämmityskaudella perussäädön jälkeen lämmityksen säätökäyrälle etsitään uusi asettelu, joka vastaa verkoston muuttunutta toimintatilaa.

Perussäädön toteuttamismahdollisuuksien ja -kustannusten selvittämiseksi on tarkistettava vähintään seuraavat asiat:

- patteriventtiilien ikä ja tyyppi
  - onko esisäätöä – onko uusimistarvetta
- linjasäätöventtiilien ikä, sijainti ja tyyppi
  - onko mittausyhteitä
  - ovatko säädettävissä
  - onko uusimistarvetta
  - voidaanko vesivirrat mitata muulla tavoin, esimerkiksi ultraäänimittausta käyttäen
- putkiston eristeiden materiaali ja kunto
  - onko tarvetta asbestipurkutyölle.

Lämmitysverkoston perussäädön tarve voidaan todeta/tunnistaa seuraavien tunnusmerkkien avulla:

- epätasaiset ja yleensä paikalliset liian korkeat sisälämpötilat

- sisälämpötiloja mitattaessa tai arvioitaessa tulee huomioida sisäisten ja ulkoisten lämmönlähteiden vaikutus
- kohteessa on tilakohtaisia, siirreltäviä sähkölämmittimiä
- selkeät ongelmahuoneet, joiden alhaisen sisälämpötilan vuoksi joudutaan yllämmittämään muuta osaa kiinteistöstä
  - joissakin tiloissa yllämpöä tuuletetaan ulos myös pakkasella
- äänet pattereissa
  - kohina, naksuminen, äänet vaihtelevat eri tiloissa.
- suuri energiankulutus.
- kohteesta ei löydy patteriverkoston perussäädön pöytäkirjaa.

Sisälämpötilaongelmia ei ratkaista irrallisilla sähkölämmittimillä, jotka jäävät päälle yöajaksi ja viikonlopuiksi keväällä, jolloin lämmöntarvetta ei enää ole. Lämmittimien termostaattien asetusarvot ylittävät usein pattereiden asetusarvot, jolloin patteritermostaatti sulkeutuu ja lämmitys hoituu pääosin siirreltävän lämmittimen avulla.

### 3.3.6 Lämmitysjärjestelmän pumput, niiden ohjaus ja säätö

Lämmitysverkoston pumpulla kierrätetään vettä kiinteistön patteri- tai ilmanvaihdon lämmitysverkostossa. Oikein toimiva pumppu on hiljainen ja käy tasaisesti. Pumppu voidaan pysäyttää, kun lämmitystarvetta ei ole. Pumpun juuttumisen välttämiseksi on pumppu käynnistettävä muutamia kertoja viikossa muutamien minuuttien ajaksi esimerkiksi rakennusautomaatiojärjestelmän avulla.

Lämmitysjärjestelmän toiminnalle on tärkeää, että verkostossa kiertää mahdollisimman vähähappinen vesi, verkostossa ei ole ilmaa, kaikki järjestelmään kytketyt laitteet saavat oikean lämpöistä vettä ja että virtaamat jakaantuvat oikein.

Tyypillisiä ongelmia ovat mm. seuraavat:

- pumpun toimintapiste on epätaloudellinen
- pumppu on juuttunut pysähdyksiin, pitää ääntä tai käy epätasaisesti
  - pumppu on ikääntynyt, huolto on laiminlyöty
- pumppu äänekäs, verkostossa ääniongelmia
  - verkostoa ei ole ilmatu tyhjennyksen jälkeen
  - pumppu väärin mitoitettu ja sen teho on liian suuri kyseiseen järjestelmään
- pumppu kierrättää vettä epätasaisesti verkoston eri osissa
  - lämmitysverkosto perussäätämättä.

Pumpun ja vesikierron ongelmat aiheuttavat usein tarpeetonta energiankulutusta tiloissa, joissa vesivirta on liian suuri ja yllämpöä tuuletetaan ulos.

### 3.3.7 Tyypillisiä lämmitysjärjestelmän energiansäästämahdollisuuksia

#### Sisälämpötilan alentaminen

Rakennuksen sisälämpötilamittausten sekä katselmuskohteen käyttö- ja hoitohenkilökunnan haastattelujen perusteella selvitetään kohteen keskilämpötilataso ja lämpötilojen tasaisuus. Mittauksissa tulee ottaa huomioon edellä esitetyt mittaustulokset vaikuttavat tekijät - sisälämpötila ei ole yksinomaan lämmitysjärjestelmästä johtuva.

Rakennuksen sisälämpötilatasoa voidaan alentaa laskemalla lämmitysverkoston säätökäyrää, jos seuraavat ehdot täyttyvät

- rakennuksen sisälämpötilojen hajonta ei ole suurempi kuin 2-3 °C
- rakennuksessa ei ole ongelmaitoja (kylmä / kuuma).

Lämmitysverkoston vesivirtojen epätasainen jakautuminen johtaa yleensä sisälämpötilojen suureen hajontaan. Kylmimpien tilojen sisälämpötiloja pyritään tällöin usein nostamaan esimerkiksi verkoston lämpötilatasoa nostamalla. Näissä tapauksissa on ensin korjattava kylmissä tiloissa olevat mahdolliset muut ongelmat - esimerkiksi ikkuna/ovi ei sulkeudu kunnolla tai ikkunan/ovien tiivisteet ovat huonot tai patterissa on ilmaa jne. Joskus kylmimpien tilojen patterien uusiminen suurempitehoisiksi voi olla koko kiinteistön näkökulmasta kannattava toimenpide.

Jos kylmimpien tilojen parannustoimien jälkeen edelleen sisälämpötilojen hajonta on suuri, on lämmitysverkoston vesivirrat tasapainotettava. Tasapainotuksen jälkeen voidaan verkoston lämpötilatasoa alentaa säätökäyrää laskemalla, jolloin saavutetaan tavoitelämpötilataso eri tiloissa ja samalla myös lämmitysverkoston energiankulutus pienenee.

Nyrkkisääntönä voidaan pitää, että yhden asteen sisälämpötilan lasku vastaa viiden prosentin laskua johtumis- ja vuotoilmanvaihdon energiankulutuksesta. Jos kohteessa toteutetaan sisälämpötilan lasku vain yöllä ja viikonloppuisin, ei mainittu nyrkkisääntö tietenkään enää päde.

#### *Esimerkki 1: Lämmitysjärjestelmä, energiansäästön laskenta*

Toimistorakennuksen A-osan sisälämpötila vaihtelee +20 °C - +22 °C:een välillä. Matalan siipirakennuksen (B-osa) sisälämpötilan vaihteluväli on +21 °C - +25 °C. Rakennus on liitetty kaukolämpöön ja kummallakin osalla on oma säätöpiirinsä.

A-osan sisälämpötilataso on sopiva, mutta B-osan lämpötilaerojen syyt on selvitettävä tarkemmin.

Energiakatselmuksessa ehdotetaan toimistorakennuksen B-osan sisälämpötilatason laskua kahdella asteella. Säästöä laskettaessa on huomattava, että sisälämpötilatason lasku koskee siis vain B-osaa eli on selvitettävä ensin B-osan johtumisen ja vuotoilmanvaihdon aiheuttama energiankulutus.

Kohteen energiatase on seuraava:

<b>Kulutuserä</b>	<b>MWh/a</b>	<b>%</b>
Johtuminen ja vuotoilmanvaihto	525	30
Ilmanvaihto	1140	65
Käyttövesi	85	5
<b>Yhteensä</b>	<b>1750</b>	<b>100</b>

Toimistorakennuksen B-osan osuus koko kiinteistön johtumisen ja vuotoilmanvaihdon aiheuttamasta energiankulutuksesta lasketaan esimerkiksi Rakentamismääräyskokoelman D5 ohjeiden mukaisesti. Oletetaan tässä tapauksessa B-osan osuuden olevan 210 MWh/a.

Sisälämpötilatason alentamisen (2 °C) aikaansaama energiansäästö on siis 10 % B-osan johtumis- ja vuotoilmanvaihto-osuudesta eli 21 MWh/a.

#### Lämmitysverkoston perussäätö

#### *Esimerkki 2: Lämmitysjärjestelmän havainnointi ja säästömahdollisuudet*

Esimerkki kenttätyössä suoritettavasta havainnoinnista ja säästömahdollisuuksien etsimisestä.

Toimistorakennuksen A-osan sisälämpötila vaihtelee +20 °C - +22 °C:een välillä. Matalan siipirakennuksen (B-osa) sisälämpötilan vaihteluväli on +21 °C - +25 °C. Rakennus on liitetty kaukolämpöön ja kummallakin osalla on oma säätöpiiri.

A-osan sisälämpötilataso on sopiva, mutta B-osan lämpötilaerojen syyt on selvitettävä tarkemmin.

Löytyykö "kylmistä" tiloista mitään erityistä syytä alhaiseen sisälämpötilaan, esim.

- patteriventtiili juuttunut kiinni-asentoon
- patterissa ilmaa
- huonot vanhat ikkunat, huonot tiivisteet, ikkuna ei sulkeudu kunnolla
- ilmavuotoja, kylmiä pintoja
- liian vähän tai liian pieniä pattereita
- liian alhainen sisäänpuhalluslämpötila, liian tehokas ilmanvaihto
- huoneilman virtaus pattereiden ohi on estynyt?

Löytyykö "kuumista" tiloista mitään erityistä syytä korkeaan sisälämpötilaan, esim.

- paistoiko aurinko huoneeseen mittaushetkellä
- oliko huoneessa paljon sisäisiä lämmönlähteitä (atk-laitteet, valaistus ihmiset jne.)
- ilmanvaihdon vaikutus (korkea tuloilman lämpötila, olematon ilmanvaihto)?

Selvitä myös lämmitysverkoston säädettävyyttä, eli onko linjoissa toimivat, mittausyhteillä varustetut kertäsäätöventtiilit ja pattereissa esisäädettävät patteriventtiilit.

Energiansäästötoimenpiteenä pitäisi tulla mieleen B-osan sisälämpötilatason alentaminen ja tasaaminen. Ennen kuin B-osan sisälämpötilatasoa ryhdytään alentamaan, on ensin selvitettävä B-osan patteriverkoston perussäädön tarve ja sen kustannukset.

Edellä kuvatussa tilanteessa selvitetään kylmien tilojen ongelmat ja korjataan mahdolliset viat (ikkunoiden tiivistys, patterien ilmaus, jne.). Jos sisälämpötilojen hajonta on korjauksen jälkeenkin vielä suuri, on verkosto tasapainotettava.

Tasapainotuksen jälkeen voidaan B-osan lämmitysverkoston menoveden lämpötilaa laskea asetusarvoa muuttamalla siten, että sisälämpötilataso laskee noin 2 °C.

### Termostaattisten patteriventtiilien lisääminen

Termostaattisten patteriventtiilien hyöty on se, että ne leikkaavat yllämmön tiloista kuristamalla lämmityspatterin vesivirtaa silloin, kun sisäiset ja ulkoiset lämmönlähteet lämmittävät tiloja. Niiden hyöty kohdistuu pääsääntöisesti vain osaan tiloja – esimerkiksi rakennuksen eteläjulkisivulla ne estävät tarpeettoman lämmityksen silloin, kun lämmitystarvetta vielä esiintyy pohjoisjulkisivulla. Tämän vuoksi tulee pyrkiä välttämään säästövaikutuksen yliarvioimista, laskentaperusteena ei saa käyttää koko kiinteistön lämmitysverkoston kulutusosuutta, vaan katselmoijan on arvioitava niiden tilojen osuus, joissa säästöä voidaan saavuttaa.

### Säätökäyrän asettelu

Säätökäyrän asettelun säästövaikutus kohdistuu koko kiinteistöön, joten säästön arviointiperusteena voidaan pitää kiinteistön lämmitysverkoston kulutusosuutta.

Rakennuksen sisälämpötilatasoa voidaan alentaa laskemalla lämmitysverkoston säätökäyrää, jos seuraavat ehdot täyttyvät:

- rakennuksen sisälämpötilojen hajonta ei ole suurempi kuin 2-3 °C



- rakennuksessa ei ole ongelmaitoja (kylmä / kuuma).

Säästövaikutus lasketaan, kuten edellä on esitetty, arvioiden yhden asteen sisälämpötilan pudotuksen vastaavan noin 5 % säästöä lämmitysverkoston kulutusosuudessa.

### Säädön parantaminen

Rakennuksen lämmitysenergian tarvetta voidaan pienentää parantamalla ilmaise energioiden (aurin-  
gon lämpösäteily, ihmiset, valaistus, laitteet) hyväksikäyttöastetta. Tähän voidaan vaikuttaa paran-  
tamalla lämmitysjärjestelmän ja verkostojen menoveden säätöä mm.

- ulkolämpötilaohjauksella
- julkisivukohtaisella tai eri alueiden säädöllä
- huonekohtaisella säädöllä (esimerkiksi termostaattiset patteriventtiilit).

Näitä toimenpiteitä toteutettaessa on muistettava, että lämmitysverkoston tasapainotuksen tulee olla kunnossa. Lämmitysverkoston säädön parantamisen yhteydessä on otettava huomioon myös ilmanvaihtojärjestelmä ja siihen liittyvät säädöt.

### Säätötavan muutos

Lämmitysjärjestelmän säätötavan muuttaminen saattaa tulla kyseeseen, jos useaa rakennusta palvelevan alueverkoston lämpötilaa pidetään vakiona esimerkiksi rakennuskohtaisia käyttöve-  
sisiirtimiä tai –varaajia varten. Säästötoimenpiteenä saattaa tulla kyseeseen käyttöveden tuottami-  
nen keskitetysti tai rakennuskohtaisesti sähköllä sekä verkoston lämmityksen säätötavan muutos  
vakiolämpötilasta ulkolämpötilaohjatuksi.

Säästön laskennassa tulee ottaa huomioon verkoston häviöiden pieneneminen sekä mahdollisesti kasvavat käyttövesiverkoston häviöt sekä muutokset lämmityskustannuksissa. Toimenpiteellä on vaikutusta myös kattilalaitoksen toimintaan, erityisesti kesäaikana, ja energiatalouteen.

### Eristysten parantaminen

Rakenteiden eristysten parantaminen on harvoin kysymykseen tuleva säästötoimenpide. Lisäeris-  
tystä ei juuri koskaan voida perustella energiansäästöllä, vaan perusteena on tällöin viihtyvyyson-  
gelma, rakenteen uusimistarve tai ulkonäköseikka. Tämä pätee myös ikkunoihin, jolloin uusimis-  
syyinä ovat useimmiten vanhojen ikkunoiden toiminnalliset puutteet tai talvikauden veto-ongelmat.

Seuraavassa esitetään esimerkkejä eristysten parantamisesta. Laskentaoletukset:

- lämpöenergian hinta 50 €/MWh (kaukolämpö)
- sisälämpötila 20 °C
- lämmityskauden keskilämpötila 0 °C
- lämmityskauden pituus 6 000 h.

#### *Seinän lisäeristys*

Seinän U-arvo paranee 0,14 W/m<sup>2</sup>,°C 50 mm villan lisäyksellä

Säästö 0,14 x 6000 h x (20-0) °C = 16,8 kWh/m<sup>2</sup>,a joka vastaa kustannussäästöä 0,84 €/m<sup>2</sup>,a.

Eristyskustannus on esimerkiksi 30 €/m<sup>2</sup>, jolloin takaisinmaksuaika on 36 vuotta.

#### *Ikkunan uusiminen kolmilasiseksi*

U-arvo paranee noin  $0,7 \text{ W/m}^2, ^\circ\text{C}$  uusimalla 2-lasinen ikkuna 3-lasiseksi.

Säästö on noin  $84 \text{ kWh/m}^2, \text{a}$  (laskettu kuten edellä), tämä vastaa kustannussäästöä  $4,20 \text{ €/m}^2, \text{a}$ .

Ikkunan uusimiskustannus on esimerkiksi  $100 \text{ €/m}^2$ , jolloin takaisinmaksuaika on 24 vuotta.

Toisentyypinen eristysten parantaminen tulee kysymykseen, kun lämmitysjärjestelmässä on merkittävässä määrin eristämättömiä tai puutteellisesti eristettyjä putkiosuuksia sekä varaajia, laippoja ja venttiilejä. Katselmoijan on otettava laskelmissaan huomioon myös ne laipat, venttiilit, joiden huoltotoimen tms. yhteydessä poistetut eristeet lojuvat ko. tilan nurkassa. Säästöjen laskennassa katselmoija voi hyödyntää eristevalmistajien laskentaohjelmia, jotka perustuvat asiaa koskeviin standardeihin.

Hallityyppisissä rakennuksissa (varastot, korjaamot, teollisuushallit) on usein epätiiviyiskohtia, joiden läpi ilma virtaa hallitsemattomasti. Vaikka rakenteiden uusiminen ei tulisi energiansäästötoimenpiteenä kyseeseen, kannattaa kuitenkin tukkia tarpeettomat ilmavuodot, koska niillä on kuitenkin vaikutusta kohteen sisäolosuhteisiin. Tyypillisiä vuotoaikoja ovat poimulevykaton ja seinän liitos, josta profiilitiiviste on haurastunut tai kulunut pois, elementtien väliset saumat, sekä erilaiset kuljetin- ja putkiläpimenot sekä ovirakenteet, usein myös kellarikäytävät.

Säästövaikutuksen arvioinnissa on epävarmuustekijänä hallitsemattoman ilmanvaihdon suuruus. Se tulisi pyrkiä arvioimaan ilmanvaihtokertoimena ( $1/\text{h}$ ) tai ilmavirtana ( $\text{m}^3/\text{s}$ ). Ilmavuodon voi myös laskea keskimääräisen vallitsevan lämpötilaeron tai tuulen perusteella.

Jokainen katselmuskohde on aina ainutlaatuinen tapaus, jonka vuoksi yleisiä vuotoilmakertomia ei voi esittää, mutta katselmoija pääsee jonkinlaiseen suuruusluokkaan kiinni arvioimalla vuotoaukon pinta-alan sekä mittaamalla/arvioimalla ilman nopeuden muutamassa vuotoaukossa ja suhteuttamalla sen koko rakennuksen määrään. Näiden vuotojen osalta on muistettava, että niiden vaikutus on jatkuvaa, mutta voi vaihdella tuotanto- ja seisokkiaikojen välillä.

### Käyttötottumukset

Lämmitysjärjestelmään liittyvänä käyttötottumustyyppisenä säästömahdollisuutena tulee useimmiten kysymykseen ikkunatuuletuksen vähentäminen. Nyrkkisääntönä voidaan pitää, että viiden minuutin ikkunatuuletuksella saadaan tilan ilma vaihdettua tehokkaasti, pitempiaikainen tuuletus tuhlaa energiaa.

Säästöjen laskemiseen ei ole yksikäsitteistä menettelytapaa. Lähtökohtana säästölaskelmassa on ikkunan kautta tulevan ulkoilmavirran lämmittäminen tai tilan lämpötilan lasku ja uudelleen lämmitys. Laskennan perusteeksi katselmoija voi mitata ilmavirran nopeuden ja arvioida vapaan virtauspinta-alan ko. aukossa ja laskea useamman aukon keskiarvon sekä arvioida ikkunoiden aukioloajan.

Samantyyppisiä käyttötottumussäästöjä löytyy teollisuuskohteista, joissa esimerkiksi lastaus- ja kulkuovien aukioloaikoja voi olla mahdollista lyhentää mm. automatisoimalla ovien toiminta.

## **3.4 KÄYTTÖVESI**

### **3.4.1 Käyttövesijärjestelmän katselmointi ja tarkastuskohteet**

Katselmuskohhteessa on määriteltävä karkea kulutusjakauma kohteen veden kulutuksesta ja analysoida säästömahdollisuudet merkittävässä kulutuskohteissa.

Mikä on lähtötilanne?

- miksi kulutustaso on nykyinen?
- miksi käyttötavat ovat nykyiset?
- mitkä seikat vaikuttavat kulutukseen?

Käyttövesijärjestelmän energiankulutukseen vaikuttavat kylmän ja lämpimän veden kulutus ja veden lämpötila sekä lämpimän käyttöveden kierto piiri.

Säästömahdollisuuksia kartoitettaessa on mietittävä, onko

- järjestelmässä vuoto- tai hukkakulutusta
- verkoston painetaso tarkoituksenmukainen
- käyttötavoissa parantamisen varaa
- vesikalusteiden virtaamissa pienentämismahdollisuuksia
- käyttöveden lämpötila yli +55/58 °C?

Käyttöveden lämpötilan tulee olla myös kierron paluussa yli 50/55 °C, jotta haitallista bakteerikasvustoa ei pääse syntymään putkistoon.

Vesi- ja jätevesikustannuksien pienentämiseksi on selvitettävä seuraavia mahdollisuuksia:

- onko kohteessa puhtaita huuhteluvesiä, jotka voitaisiin johtaa sadevesiviemäriin
- onko kohteessa kastelu-, kostutus-, jäähdytys-, yms. vesiä, joiden osalta jätevesimaksu voitaisiin poistaa
- sitoutuuko kohteen tuotteisiin (leipomo, juomateollisuus, meijeri, pesuainetuotanto) huomattavia määriä vettä, josta jätevesimaksuosuus voitaisiin poistaa.

### 3.4.2 Käyttövesijärjestelmä, yleistä

Veden kulutukseen yleisesti vaikuttavia tekijöitä ovat elintaso ja asenteet, hygieniataso sekä vesikalusteiden mallit ja kunto.

Palvelusektorin rakennuksissa vettä kuluu tyypillisimmin sosiaalitaloissa ja keittiössä. Usein merkittävimpin kuluttajaryhmä ovat WC-tilat (mm. kouluissa). Kostutus-, kastelu- ja pesutarkoituksiin vettä kuluu harvemmin suuria määriä.

Ellei toimistorakennuksen lämpimän käyttöveden määrästä ole mitattua tietoa, voidaan arvona käyttää 30 % osuutta kokonaiskulutuksesta. Lämpimän käyttöveden lämpötila on noin 55 °C. Tutkimukset osoittavat, että kun kulutuksen taso on alhainen, on lämpimän veden osuus suurempi ja suurten kulutusten rakennuksissa pienempi.

Lämpimän käyttöveden kulutus ei paljon vaihtele eri vuodenaikoina. Keskikesällä lomakausi kuitenkin näkyy jonkinlaisena kulutuksen pudotuksena.

### 3.4.3 Käyttöveden kulutuksen pienentäminen

Vedenkulutusta voidaan pienentää mm.

- rajoittamalla vesikalusteiden virtaamaa
  - kalustekohtainen säätö tai virtauksenrajoitin
- alentamalla verkoston painetasoa
  - paineenalennusventtiilin asentaminen, paineenkorotusaseman asetusarvon muutos
- korvaamalla vanhat hanat uusilla vettä säästävillä vesikalusteilla
  - elektroniset hanat ym.

- pienentämällä WC-huuhteluvesimäärää huuhtelukoneiston säädöllä
- uusimalla WC-kalusteet
  - kaksitoiminen huuhtelu
- pisuaarien huuhtelumekanismin parantamisella
  - huuhteluajan säätö, valokenno-ohjaus ym..

Arvioitaessa vedensäästötoimenpiteen kannattavuutta tulee ottaa huomioon veden säästön lisäksi myös lämpimän käyttöveden lämmitykseen kuluvan energian säästö sekä siihen liittyvät kesäajan vaikutukset (kattilalaitoksen toiminta, korvaus sähkölämmitteisellä varaajalla...).

Kalusteiden vaihdosta aiheutuvien investointien takaisinmaksuaika riippuu energian ja veden hinnasta, mutta ovat yleensä muutaman vuoden luokkaa. Säästävien suihkupäiden osalta takaisinmaksuajat ovat yleensä 3-4 kuukautta, julkisissa tiloissa vieläpä lyhyemmät.  
Kulutusmittarit

Keskeinen ja tehokas tapa vähentää käyttöveden kulutusta on lisätä kohteeseen *säännöllisesti seurattavat kulutusmittarit*, joiden perusteella käyttäjiä laskutetaan. Merkittävät vettä kuluttavat osastot, keittiöt, pesulat, prosessit ja prosessilaitteet jne. on ehdottomasti mittaroitava. Kylmä ja lämmin vesi on mittaroitava erikseen.

Energiakatselmoijan on kyettävä luomaan veden kulutusjakauma kohteesta. Mihin hän voi perustaa luotettavasti jakaumansa, ellei kulutusmittareilla ole selvitetty ainakin suurimpien kuluttajien kulutuksia?

### Paineen alentaminen

Käyttöveden painetasolla ja kulutuksella on selvä yhteys. Mitä korkeampi paine, sitä enemmän kalusteista virtaa vettä. Hyvin tyypillistä on, että paine on noin kaksinkertainen tarpeeseen nähden ja kalusteiden virtaamat ovat noin 30-40 % liian suuret.

Kunnallisen verkoston paineen vaikutus veden kulutukseen ja erityyppisiin ongelmiin käyttövesiverkostossa voi olla merkittävä. Normaalisti näitä ongelmia ei kuitenkaan esiinny. Ongelmakohteissa käyttöveden paineen tulisi olla ohjattu automaattisesti säätävällä paineentasausventtiilillä tai kiinteistökohtaisella paineenkorotuspumpulla.

Oikea painetaso käyttöpisteessä ohjaa veden kulutusta taloudellisemmaksi sekä pienentää virtausnopeuksia putkistoissa. Toisaalta oikealla painetasolla varmistetaan vesikalusteiden äänetön toiminta sekä pienennetään paineiskujen voimakkuutta ja edelleen putkistojen liikkeistä aiheutuvia ääniongelmia.

Vesikalusteiden mitoittavana tekijänä sekä toiminnallisen suunnittelun lähtökohtana on tietynsuuruinen paine-ero käyttöpisteessä. Hanatyyppistä riippuen käyttöpaine vaihtelee, nykyisillä hanoilla noin 60–200 kPa. Oikea painetaso pidentää hanatiivisteiden käyttöikä.

Korkealla painetasolla on vaikutusta myös putkistojen sisäpuoliseen korroosioon ja putkiston liitosten kestävyys. Korkea paine lisää veden virtausta kalusteissa ja virtausnopeutta putkistossa, mikä lisää sisäpuolisen syöpymisen riskiä putkistossa. Yksiotekalusteet sulkeutuvat nopeasti ja aiheuttavat paineiskuja, jotka ovat sitä suurempia mitä korkeampi verkoston paine on. Paineiskut vaikuttavat lähinnä putkistojen mekaaniseen kestävyys.

Vesijohtopaine voidaan vakioda käyttöpisteisiin sopivaksi yleensä heti vesimittarin jälkeen. Kunnallisen verkoston paine rajoitetaan vakio-paineventtiilillä oikeaksi ja kyseisen kiinteistön tarpeeseen sopivaksi. Kiinteistön korkeus, vallitseva verkostopaine, maasto-olosuhteet ja verkostoon kytketyt erikoislaitteet asettavat rajoituksia vakio-paineventtiilin käytölle. Venttiiliasennuksen jälkeen tulee hanavirtaamat tarkistaa.

## Vettä säästävät kalustetyypit

### *Yksiotesekoittajat*

Yksiotesekoittajien painehäviö on samalla virtaamalla moninkertainen (130-190 kPa) verrattuna aikaisemmin käytössä olleisiin kaksiotesekoittajiin (50-80 kPa), mikä johtaa 15-30 % pienempiin maksimivirtaamiin ja keskimäärin 10-25 % pienempään vedenkulutukseen

Toinen yksiotehanan vettä säästävä ominaisuus on sen käytön helppous. Hana on helppo sulkea ja oikean lämpötilan löytäminen on helppoa, näin hukkakulutus pienenee.

Yksiotehanojen mukana yleistyneet poresuuttimet lisäävät hanasta tulevaan veteen ilmakuplia. Näin syntyy runsaan tuntuinen veden virtaus pienemmällä vesimäärällä.

### *Yksiotesekoittaja virtauksen rajoittajalla*

Yksiotehana on usein on-off-hana, joka käytännössä usein avataan täysin auki. Tällöin korkea painetaso ja liian suuret maksimivirtaamat johtavat suureen veden kulutukseen.

Maksimivirtaamien pienentäminen on yksi tapa alentaa käyttäjäkohtaista veden kulutusta. Markkinoilla on yksiotehanoja, joissa on jousikuormitteinen tai rajoitinnupin takana oleva täyden virtaaman asento. Normaalisti virtaama on rajattu noin 60 %:iin maksimista. Normaali käyttöasento on pesuallassekoittajilla tällöin noin 4 litraa minuutissa.

Hanatyypistä riippuen on vivun rajoituksen säästövaikutus 15-20 %.

Jos verkoston painetaso on korkea, säädetyn hanan käyttövivun liikerata jää pieneksi ja haittaa käyttömukavuutta.

Mikäli sekoittimen sisäinen säätö ei ole mahdollista, voidaan poresuuttimen paikalle asentaa **virtauksenrajoituksella varustettu poresuutin**. Tällöin hanan painehäviö kasvaa ja maksimivirtaama alenee. Poresuuttimien vaihdolla voidaan saavuttaa noin 10 % säästö rakennuksen veden kulutuksessa.

Markkinoilla on myös poresuuttimen eteen asennettavia paineenalennussuuttimia tai priikkoja. Ennen priikkojen asentamista tulisi selvittää rakennuksen kylmä- ja lämminvesiverkostojen painetasot ja niiden vaihtelut. Painehäviön kasvaminen sekoitusosan jälkeen saattaa aiheuttaa ristivirtausta kylmän ja lämpimän verkoston välillä jos toisen putkiston painetaso on alhainen.

### *Termostaattinen suihkusekoitin*

Termostaattisessa suihkusekoittimessa hanassa oleva tuntoelin säätää sekoitetun veden lämpötilan automaattisesti haluttuun arvoon riippumatta verkoston paine- tai lämpötilavaihtelusta. Termostaattihanavan veden kulutus on samaa suuruusluokkaa kuin yksiotesekoittajan. Etuina on epäsuotuisissa verkosto-olosuhteissa veden lämpötilan pysyminen vakiona. Termostaattihanavat ovat arkoja likaantumiselle ja niiden tarvitsema huolto kasvattaa käyttökustannuksia.

### *Painonappihanat*

Painonappihanoja käytetään yleensä koulujen, julkisten tilojen ja taloyhtiöiden suihkuissa. Niiden antaman veden virtausaika yhdellä painalluksella on valittavissa muutamasta sekunnista minuuttiin. Optimaalinen virtausaika on puoli minuuttia. Maksimivirtaama on yleensä rajoitettu 12 litraan minuutissa.

Sekoitinmallin aikaansaama kalustekohtainen veden säästä voi olla 30–50 % verrattuna yksiotetai termostaattihanaan.

Painonappihanat ovat teknisesti herkkiä laitteita, jolloin niiden toiminnassa ilmenee ongelmia. Häiriöt aiheutuvat vedessä olevien mineraalien sakkautuessa hanassa oleviin kanaviin.

#### *Vettä säästävät suihkupäät*

Normaalissa suihkussa vesi virtaa yhtenäisinä noroina ulos suihkupään rei'istä ja suihku on pehmeän tuntuinen. Suihkun aikaansaaminen vaatii korkean painetason ja suuren virtaaman. Reikien lukumäärää pienentämällä ja lähtöpainetta alentamalla voidaan sama suihkuvaikutus säilyttää pienemmällä veden kulutuksella.

Markkinoilla olevilla säästävillä suihkupäillä maksimivirtaamat putoavat niiden suuremman painehäviön ansiosta. Vesivirtauksen pieneminen korvataan joko kasvattamalla ulos suihkuavan veden virtausnopeutta tai tekemällä virtauksesta hyvin pyörteinen tai sykkivä, jolloin myös suihkuvaikutus kasvaa.

Säästävät suihkupäät ovat kokemuksen mukaan hyviä vedensäästäjiä, niiden käyttämät vesimäärät ovat 30–50 % alhaisempia kuin normaaleilla suihkupäillä. Koska pesutapahtuman tehokkuus on osaksi riippuvainen vesivirrasta, on peseytymisajan todettu olevan säästösuihkuilla pidempi. Näin ollen todellinen säästö on 20–40 %.

Suihkun käyttömukavuus riippuu vesivirrasta, veden virtausnopeudesta, suihkun äänenmuodotuksesta sekä veden lämmittävistä vaikutuksista. Säästävien suihkujen käyttömukavuus on yleensä huonompi kuin perinteisten suihkujen. Verkostopaineen ollessa alhainen on syytä välttää säästösuihkujen käyttöä, koska käyttömukavuus heikkenee selkeästi.

#### *Sähköisesti ohjatut hanat*

Kosketusvapaasta elektronisesta hanasta virtaa vettä ainoastaan silloin kun kädet ovat pesutilanteessa hanan alla. Kyseinen hanatyyppe soveltuu parhaiten julkisiin tiloihin ja kulutuspisteisiin, joissa veden hukkauksutus on hyvin yleistä. Tällaisten hanojen hankintaan vaikuttaa yleensä myös hygienianäkökulma.

Elektronisten hanojen aikaansaama veden säästö on tutkimusten mukaan luokkaa 30...50 % kalustekohtaisista kulutuksista.

### **3.4.4 Lämpimän käyttöveden lämpötilan säätö**

Veden lämpötila koetaan ongelmaksi, kun kalusteista tuleva vesi on polttavan kuumaa tai lämpimän veden odotusaika on liian pitkä (RakMK osa D1: suositus alle 30 s).

Lämpimän käyttöveden lämpötilan tulee olla alle 65 °C (käytännössä 55–60 °C) ja kierrosta palaa van veden lämpötilan tulee ylittää 50 °C (RakMK osa D1).

Jos lämpimän käyttöveden lämpötila on tarpeettoman korkea, se voidaan alentaa +55 °C:een. Lämpötilan alentaminen lisää lämpimän käyttöveden kulutusosuutta. Säästöä ei tästä johtuen voi laskea täysimääräisenä lämpötilaeron ja kulutusosuuden perusteella.

Kun säätölaitteet ovat käyttöikänsä rajoilla tai vailla säännöllistä huoltoa tai säätöventtiili on liian suuri, on käyttöveden lämpötila useimmiten jatkuvasti liian korkea tai huojuu voimakkaasti.

Lämpimän käyttövesiverkoston paluueden lämpötila voi olla huomattavan jäähtynyttä. Syynä voi olla

- kiertojohdon virtaama on liian pieni
- putkiston puutteellinen eristäminen
- verkostoon kytketyt lämmityslaitteet.

### 3.4.5 Muut säästökeinot

Poikkeuksellisen korkean kulutuksen syynä voi olla vesijohtoverkostoon kytketyn laitteen virheellinen toiminta. Laitteita ovat yleensä pesukoneet ja astianpesukoneet, mutta laite voi olla myös tuotantoon liittyvä. Esimerkiksi erilaisissa pesu- ja huuhteluprosesseissa on usein tarpeetonta veden juoksutusta.

Jätevesimaksun poistaminen sellaisten vesien osalta, joita ei johdeta jätevesiviemäriin, on perusteltua, kun vesimäärä on luotettavasti mitattavissa ja asiasta voidaan sopia paikallisen vesi- ja viemärlaitoksen kanssa.

Tällaisia vesiä ovat esimerkiksi:

- tuotteisiin sitoutuva vesi esim. leipomoissa, virvoitusjuomateollisuudessa
- puhtaat huuhteluedet, jotka voidaan johtaa sadevesiviemäriin
- kastelu-, kostutus-, ja jäähdytysvedet, joita ei johdeta jätevesiviemäriin.

Vesijohtovettä voidaan korvata järvi- tai ns. teollisuusvedellä ja käyttää sitä esimerkiksi kasteluvedenä, ilmastoinnin tai prosessin jäähdytysvedenä. Tällöin on kuitenkin varmistettava, että puhdas vesi ei missään tapauksessa sekoitu talousveteen ja että veden epäpuhtaudet eivät aiheuta teknisiä ongelmia, kuten tukkeutumista ja lämmönsiirron heikentymistä.

### 3.4.6 Käyttötottumukset

Kiinteistössä työskentelevien tietämystä tulisi lisätä tiedottamalla ja opastamalla. Vettä käyttävien laitteiden käyttö vajeatytöllä (esimerkiksi pesukoneet) tai hanojen tarpeeton aukiolo johtuvat useimmiten tiedostamattomuudesta ja välinpitämättömyydestä.

Pelkällä tavoitteellisella kulutusseurannalla on todettu olevan vaikutusta veden käyttötottumuksiin. Asianmukainen ja tehokas kulutusseuranta edellyttää päämittauksen lisäksi ainakin merkittävien kulutuspisteiden/-osastojen ym. alamittauksia.

## 3.5 ILMANVAIHTO

### 3.5.1 Ilmanvaihtojärjestelmän katselmointi ja tarkastuskohteet

Ilmanvaihtojärjestelmän katselmointi alkaa aina järjestelmän yleisen toiminnan, ilmanvaihtoprosessin ja säätötavan selvittämisestä. Selvityksessä käydään myös läpi vastaako ilmanvaihtojärjestelmän toiminta ja käyttö suunnitelmia ja vallitsevaa todellista tarvetta sekä mahdollisten muutosten asianmukaisuutta ja energiatehokkuutta.

Tällöin havainnoidaan mm.

- onko palvelualueella selviä hajuja
- ovatko ikkunat huurteessa / huurtuvatko ne joskus
- mitkä ovat korvausilmareitit

- mitkä ovat tilojen väliset painesuhteet (havainnot oviaukoissa ja muissa vastaavissa aukoisissa savulla tai aistinvaraisesti)
- onko merkittävää hallitsematonta ilmavaihtoa (aistinvarainen havainnointi) – esimerkiksi hissikuilut, avoimet hormit
- liikkuuko ilma kaikissa tiloissa (ovatko esimerkiksi palopellit launneet)
- pyörivätkö puhaltimet
- toimiiko ilmanvaihto kello-ohjattuna vai käsikäytöllä
- ovatko kanavat ja koneet puhtaat vai likaiset
- onko kanavistossa merkittäviä ilmavuotoja
- onko koneiden huollot suoritettu säännöllisesti
- miten tuloilman lämpötilaa ohjataan
- toimivatko säätölaitteet oikein.

Tarvittaessa suoritetaan tarkempia selvityksiä, kuten

- ilmavirtamittaukset
- painesuhdemittaukset
- epäpuhtauksien leviämisen selvittäminen

Ilmanvaihtojärjestelmää tarkastettaessa on keskityttävä ilmanvaihdon energiankulutukseen keskeisesti vaikuttavat tekijät: ilmavirta, tuloilman lämpötila, puhaltimen säätötapa, käyntiaika ja lämmön talteenotto ja sen tehokkuus - sekä sisäolosuhteisiin vaikuttavat tekijät. **Energiansäästöä ei saa tavoitella sisäolosuhteiden kustannuksella.**

Ilmanvaihtojärjestelmien tarkastelussa on keskityttävä vain energiankäytön kannalta oleellisiin seikkoihin. Esimerkiksi koneiden kooditunnusten, asennusvuosien, tehtyjen korjausten, jne. selvittäminen ei ole olennaista, sen sijaan se saattaa olla työlästä.

Katselmuksessa selvitetään ilmanvaihtojärjestelmäkohtaisesti

- ilmankäsittelyprosessi
- säätötapa ja ohjaukset
- ilmavirta
- tuloilman lämpötila ja muut toiminta-arvot
- käyntiaika
- lämmön talteenoton toiminta
- palvelualue.

Ilmanvaihtojärjestelmän energiankulutuksen laskemiseksi tulee etenkin merkittävien kuluttajien osalta mitata kokonaisilmavirta, mikäli ilmavirtoja ei ole viime aikoina mitattu. Harkittaessa ilmavirtojen mittausta on otettava huomioon, että mittaus on kohtuullisella työllä suoritettavissa ja että löydetään mittauskohdat, jotka täyttävät mittausmenetelmän suojaetäisyydet virherajojen puitteissa. (esim. SFS 5512, Ilmastointi. Ilmavirtojen ja painesuhteiden mittaus ilmastointilaitoksissa)

#### Tulo- ja poistoilmakoneet

Ilmanvaihtokoneiden (tulo- ja poistoilmakoneet) sekä niiden varusteita ja säätölaitteita käydään läpi kenttätyön yhteydessä seuraavasti:

- laitteiden silmämääräinen tarkastus (kunto, ikä, puhtaus, kytkentä)
- ohjausten ja käyntiaikojen tarkastus



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

#### VINKKI 1

- Selvitä tuloilman lämpötila-anturin paikka ja mieti onko se paras mahdollinen.
- Onko tuloilman vakioilämpötilaohjaus oikea ratkaisu ko. tapauksessa?
- Tee asetusarvomuuotos ja katso toimiiko säätöventtiili.

#### VINKKI 2

Kello-ohjauksen yhteydessä tarkista:

- onko ohjauskello oikeassa ajassa
- ohjauksen aikakytkennät ja niiden oikeellisuus/tarkoituksenmukaisuus
- onko ryhmäkeskuksessa puhaltimien ohjauskytkin todella kello-ohjaus-asennossa, vai kenties käsikäyttöasennossa
- onko puhaltimet todella pakkokytketty keskenään
- tarkista aikaohjelmien toimivuus mahdollisen keskitetyn rakennusautomaation trenditoimintoja hyödyntämällä

#### Kanavat ja pääte-elimet

Katselmuksen yhteydessä tulisi tarkistaa:

- pääte-elimien soveltuvuus käyttötarkoitukseensa, veto ym. ongelmat
- kanavien vuodot
- kanavien painehäviöitä aiheuttavat tekijät
- kanaviston puhtaus
- kanaviston ja pääte-elimien säädettävyys
- onko kanavisto suunniteltu kyseiselle ilmavirralle vai onko koneen tehoa tai palvelualueita muutettu jälkeenpäin

#### *Esimerkki 3: Ilmanvaihtojärjestelmän havainnointi ja säästömahdollisuudet*

Esimerkki kenttätyössä suoritettavasta havainnoinnista ja säästömahdollisuuksien etsimisestä.

Kohteessa on kaksi erillistä tilaa (A-sali ja B-sali). Molempia tiloja palvelee yksi tulo- ja poistoilmakone (TK-1, PK-1). Tiloja käytetään samaan tarkoitukseen, mutta niiden käyttöajat poikkeavat toisistaan.

Katselmuksen yhteydessä kerättyjä tietoja:

#### Tuloilmakone TK-1

- ilmavirta 4 m<sup>3</sup>/s
- käyttöaika 7.30–21.30, 6 pv/vko
- tuloilman lämpötila 24 °C
- PK-1 pakkokytetty TK-1:n kanssa
- ei lämmöntalteenottoa
- vakio tuloilman lämpötila
- kello-ohjaus.

#### A-sali

- käyttöaika 8-16, 5 d/vko
- tuloilmavirta 2,0 m<sup>3</sup>/s (mitattu)
- poistoilmavirta 1,8 m<sup>3</sup>/s (mitattu)
- sisälämpötila 23 °C
- tila selvästi ylipaineinen

#### B-sali

- käyttöaika 8-21, 6 d/vko
- tuloilmavirta 2,0 m<sup>3</sup>/s (mitattu)
- poistoilmavirta 2,2 m<sup>3</sup>/s (mitattu)
- sisälämpötila 19 °C
- tila selvästi alipaineinen

Lähtötietojen perusteella pitäisi esille tulla seuraavia huomioita ja kysymyksiä:

1. tilojen painesuhteet eivät ole tasapainossa
2. tiloilla on erilaiset käyttöajat
3. miksi B-salin lämpötila on niin alhainen ja miksi A-salin lämpötila on niin korkea?
4. miksi sisäänpuhalluslämpötila on niin korkea?
5. onko vakio tuloilman lämpötila oikea säätötapa?

Ennen kuin mahdollisia säästötoimenpiteitä mietitään, on ensin etsittävä vastaukset edellä mainittuihin kysymyksiin.

Selvitettäessä mistä sisälämpötilan suuri vaihtelu salien välillä johtuu seuraavat tekijät ilmenivät:

- B-salissa on vanhat 2-kertaiset ikkunat, joiden tiivisteet ovat huonot, A-salin ikkunat on uusittu 3-kertaisiksi
- poistoilmavirta on 10 % suurempi kuin tuloilmavirta, joten korvausilma tulee suoraan ulkoa ikkunarakojen kautta
- osa pattereista oli kylmiä, koska termostaattiset patteriventtiilit olivat juuttuneet kiinni- asentoon

- huoltomiehen kertoman mukaan tuloilman lämpötila on pidetty korkeana, jotta vältetään B-salin työntekijöiden valituksilta

Seuraavien energiansäästötoimenpiteiden pitäisi tulla mieleen:

- Ilmanvaihdon vyöhykejako, jolloin A-salin ilmanvaihdon käyntiaikaa voidaan lyhentää
- Tuloilman lämpötilan alentaminen
- Ilmanvaihdon lämmöntalteenotto.

#### Ilmanvaihdon vyöhykejaon toteuttaminen

Poistoilmavirrat on säädettävä ennen vyöhykejaon toteuttamista. Vyöhykejako voidaan toteuttaa seuraavasti: muutetaan tulo- ja poistoilmapuhaltimet 2-kierrosnopeuksisiksi ja varustetaan A-salin tulo- ja poistoilmakanavat sulkupelleillä.

Tulo- ja poistoilmakoneiden kello-ohjaus muutetaan seuraavasti:

1/1-teho	klo 7.30 - 16.30	5 d/vko
½-teho	klo 16.30 - 21.30	5 d/vko
½-teho	klo 7.30 - 21.30	1 d/vko

A-salin tulo- ja poistoilmakanavien sulkupellit sulkeutuvat, kun IV-koneet ohjautuvat ½-teholle ja avautuvat, kun IV-koneet käynnistyvät 1/1-teholle.

#### Tuloilman lämpötilan alentaminen

Ennen kuin tuloilman lämpötilaa voidaan alentaa, on ensin tehtävä seuraavat toimenpiteet:

- poistoilmavirrat on säädettävä kummassakin salissa (2,0 m<sup>3</sup>/s)
- B-salin ikkunat uusittava tai ainakin tiivistettävä
- huollettava termostaattiset patteriventtiilit, jotta patterit lämpiävät.

Tuloilman lämpötilan alentaminen tapahtuu asetusarvoa muuttamalla.

#### Lämmöntalteenoton lisääminen

Tulo- ja poistoilmakoneet sijaitsevat kaukana toisistaan, joten ainoa kyseeseen tuleva vaihtoehto on nestekiertoinen lämmöntalteenottojärjestelmä.

Kenttätyön aikana on selvitettävä karkealla tasolla, miten LTO-patterien lisääminen onnistuu, riittääkö puhaltimien ja sähkömoottorien teho sekä mihin sijoitetaan mm. kiertopumppu ja glykolisäiliö.

#### Säästölaskelmat

Ilmanvaihdon energiankulutus lähtötilanteessa on 346 MWh/a.

Vyöhykejako ja ilmanvaihdon käyntiaikojen lyhentäminen säästää

- lämpöenergiaa 158 MWh/a
- sähköenergiaa 13 MWh/a.

Tuloilman lämpötilan alentaminen säästää

- lämpöenergiaa 38 MWh/a

Lämmöntalteenoton lisääminen

- säästää lämpöenergiaa 81 MWh/a
- lisää sähköenergian kulutusta 4 MWh/a.

Kustannukset on laskettava tapauskohtaisesti kahdelle investointeja vaativalle toimelle (vyöhykejako ja lämmöntalteenotto). Lisäksi säästöjen laskennassa on otettava huomioon toimenpiteiden toteutusjärjestys, eli esimerkin tapauksessa ensin toteutetaan ns. helpot toimenpiteet eli käyntiaikojen muutokset sekä tuloilman lämpötilan alentaminen. Vasta näiden toimenpiteiden jälkeen harkitaan lämmöntalteenoton lisäämistä. Tällöin lämmöntalteenoton lisäyksen energiansäästö lasketaan aikaohjelman sekä tuloilman lämpötilan alentamisen jälkeisen tilanteen (uudet käyntiajat ja tuloilman asetusarvo) mukaan.

### 3.5.2 Ilmanvaihtojärjestelmät, yleistä

#### Ilmanvaihdon rooli hyvän sisäilmaston luomisessa

Sisäilmasto voidaan jakaa kahteen osaan: sisäilman laatuun ja lämpöoloihin. Sisäilman laadun ratkaisee epäpuhtauspäästöjen määrä suhteessa ilmanvirtaan ja mm. epäpuhtauksien sieppausasteeseen. Lämpöoloihin vaikuttavat ensisijaisesti sisäiset ja ulkoiset lämpökuormat sekä lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmät, mutta ilmanvaihdollakin on keskeinen merkitys asiassa.

Ilmanvaihto vaikuttaa lämpöoloihin usealla eri tavalla. Ilmanvaihtoilman lämmittämiseen kuluu rakennustyypistä, toiminnasta, prosesseista ja ilmanvaihtoratkaisusta riippuen 20-80 % lämmitysenergiasta.

Ilmanvaihdon vaikutukset lämpöoloihin:

- epätiiviyiskohtien (ovat, ikkunat, läpiviennit) kautta ulkoa tuleva korvausilma aiheuttaa vetoa
- hallitsematon ilmanvaihto (= vuotoilma) aiheuttaa lämpötilaongelmia ja vetoa
- tilojen lämmitys ilmalla
- tilojen jäähdytys ilmalla
- lämpökuormien poistaminen tiloista yleis- tai kohdepoistoilla
- tuloilman lämpötilan asetusarvo ja säätötapa.

Ilmanvaihdolla on tärkeä rooli myös rakenteiden säilyvyyden varmistamisessa. Puutteellinen ilmanvaihto aiheuttaa kosteuden tiivistymistä rakenteisiin.

Ilmanvaihdon tehtävänä on tuoda puhdasta ilmaa rakennukseen ja poistaa siellä syntyvät lämpökuormat ja epäpuhtaudet. Rakennuksessa syntyy useita epäpuhtauksia, joiden lähteitä ei voida kokonaan poistaa ja epäpuhtauksien hallinnassa on ongelmia. Tällöin tarvitaan riittävää käyttöajan ilmanvaihtoa. Sen avulla esimerkiksi hiilidioksidin ja vesihöyryn pitoisuudet ilmassa saadaan pidettyä ihmiselle ja rakennukselle terveellisellä tasolla. Käyttöajan ilmanvaihdon lisäksi voidaan tarvita tehostettua ilmanvaihtoa viemään hetkellisesti toimivista lähteistä aiheutuvat epäpuhtaudet pois. Näitä ilmenee esimerkiksi prosessien käynnistysten ja päättymisten yhteydessä, kun prosessilaitteiden luukkuja avataan. Silloin, kun rakennuksessa ei ole ihmisiä, rakenteista ja kalusteista aiheutuvat epäpuhtaudet poistetaan perusilmanvaihdon avulla.

Paras sisäilman laatu voidaan saavuttaa tietyissä tapauksissa pienimmällä energiankulutuksella silloin kun ilmanvaihto mitoitetaan epäpuhtauspäästöjen mukaan. Tällöin on tarkasteltava myös voidaanko kohdepoistoilla ja niihin liittyvillä puhalluksilla hallita epäpuhtauslähteitä yleisilmanvaihtoa paremmin. Käytännössä ilmanvaihto mitoitetaan useimmiten kokemuseräisesti, määräyksiä noudattaen ja lämpötilojen hallinnan perusteella. Tällöin esimerkiksi normaalissa palvelurakennuksessa ilmanvaihdon tarpeenmukaiseen ohjaukseen tulee kiinnittää huomiota.

Huonosti hoidettu ja kunnossapidetty ilmanvaihtolaitos voi itse huonontaa sisäilman laatua. Järjestelmään kertynyt lika ja kosteus voivat aiheuttaa vakaviakin ongelmia, vrt. mm tukkeutunut lämmöntalteenotto-laite.

### Ilmanvaihdon tarve

Ilmanvaihtoa käytetään epäpuhtauksien ja lämpökuormien poistoon ja tilojen lämmitykseen ja jäähdytykseen. Luonnollisesti ilmanvaihdolla pyritään myös tuottamaan kyseessä olevaan rakennukseen hyvät sisäilmaolosuhteet.

Mitotettaessa ilmanvaihtoa ihmisistä aiheutuvien epäpuhtauslähteiden mukaan perusnyrkkisään-  
tönä voidaan käyttää 10 dm<sup>3</sup>/s, hlö.

Uudisrakennuksissa ja peruskorjauskohteissa on ilmanvaihto mitoitettava Rakentamismääräysko-  
koelman määräyksiä noudattaen. Ilmanvaihtoa koskevia keskeisimmät määräykset ovat osassa D2  
(Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto). Siinä annetaan yleiset määräykset ilmanvaihdon toteut-  
tamisesta ja esitetään ohjeena määräykset täyttävä suunnitteluratkaisu. Ohjeista löytyvät eri tilojen  
ilmanvaihdon vähimmäisvaatimukset.

Viranomaismääräyksissä ja ohjeissa esitetään sisäilmaston vähimmäistasoa edustavat ratkaisut. Olosuhdeluokitusten määrittämisessä apuna voi käyttää mm. Sisäilmayhdistyksen julkaisema Si-  
säilmastoluokitusta.

Sisäilmastotavoitteet ja huoneen käyttötarkoitus vaikuttavat ilmaston toteutustapaan. Tärkeim-  
mät sisäilmastotavoitteet ovat sisälämpötilat, veto, ilman kosteus, sisäilman puhtaus, ääni ja valais-  
tus. Näitä asioita on tarkasteltava erikseen talvi- ja kesäolosuhteissa. Korkein sallittu sisälämpötila  
kesällä vaikuttaa oleellisesti ilmastointitavan valintaan ja kustannuksiin.

### Vuotoilma ja rakennuksen tiiviyn merkitys

Rakennuksessa vaikuttaa aina sisä- ja ulkoilman lämpötilaerosta ja tuulesta johtuva paine-ero. Lämmin sisäilma on kylmää ulkoilmaa kevyempää ja se pyrkii nousemaan ylöspäin. Rakennuksen yläosaan muodostuu ylipaine ja rakennuksen alaosaan alipaine. Jos yläosassa on ilmalle virtaus-  
aukkoja ja alhaalla korvausilmareittejä (esimerkiksi oviaukot), virtaa ilmaa rakennuksen läpi paino-  
voimaisen ilmanvaihdon vaikutuksesta. Korkeassa rakennuksessa hissi- ja porraskuiluissa ”hormi-  
vaikutus” voimistuu ja aiheuttaa usein ongelmia myös koneelliseen ilmanvaihtoon.

Tuuli aiheuttaa ylipaineen rakennuksen tuulenpuoleiselle sivulle ja alipaineen vastakkaiselle puolel-  
le. Paine-eron vaikutuksesta ilma virtaa sisään tuulenpuoleisten rakenteiden kautta ja ulos toisilta  
sivuilta.

Lämpötilaerojen ja tuulen aiheuttama hallitsematon ilmanvaihto on riippuvainen ulko-olosuhteista ja  
sitä on vaikea hallita, jos rakennuksessa on paljon vuotoreittejä. Ilmalle on rakennuksessa useita  
mahdollisia virtausreittejä, joista se valitsee virtausteknisesti helpoimmat. Hatarassa talossa hallit-  
sematon vuotoilmanvaihto heikentää oleellisesti koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihdon toimintaa.

Rakennusvaipan tiiviydellä tarkoitetaan hyvää ilmanpitävyyttä niissä rakenteissa, joiden kautta il-  
manvaihtoilman ei ole tarkoitus kulkea. Rakennusvaipan tiiviyys on yksi tärkeimmistä rakenteiden ja  
LVI-tekniikan yhteistoimintaan vaikuttavista tekijöistä. Se on myös yksi hankalimmin hallittavista

tekijöistä. Hallitsemattomien ilmapuotojen suhteellinen merkitys vetovalituksissa ja energiataloudessa on kasvanut rakenteiden eristystason ja lämmöntalteenottolaitteiden tehokkuuden parantumisessa.

Rakennuksen tiiviys on tärkeässä asemassa myös tarkasteltaessa lämmön talteenottoa, ilman puhdistusta ja kostutusta. Vuotojen kautta tulevaa ilmaa ei pystytä suodattamaan eikä niiden kautta poistuvasta ilmasta saada lämpöä talteen.

Sisäilman laadun kannalta on olennaista että tuloilma jakaantuu rakennuksessa suunnitellulla tavalla ja että ilma virtaa puhtaista tiloista likaisempiin päin. Tämä saavutetaan vain, jos rakennuksen sisäinen ja ulkoinen tiiviys on riittävän hyvä.

Rakennuksen liiallisen tiiviyn on joskus myös esitetty aiheuttavan kosteusongelmia. Tiiviys sinänsä ei aiheuta ongelmia, vaan puutteellisesti suunniteltu, toteutettu ja/tai käytetty ilmanvaihtojärjestelmä. Ongelmatapauksissa on useimmiten kyse siitä, että rakennus on tiivistetty eikä korvausilman saannista ole huolehdittu.

Sisäilmastoon ja ilmanvaihtoon liittyvien ongelmien tarkastelussa tulee ottaa huomioon myös hallitsematon ilmanvaihto ja mahdolliset rakennustekniset parannukset.

Energiakatselmoijan on muistettava, että hallitsematon ilmanvaihto vaikuttaa 24 tuntia vuoden jokaisena päivänä riippumatta kohteen käyttöasteesta. Yksivuorotyötä tekevässä teollisuushallissa työajan ulkopuolinen aika on pyöreästi 70 % viikoittaisesta kokonaistuntimäärästä, kaksivuorotyössä tämä osuus on n. 50 % ja keskeytyvässä kolmivuorotyössä 25 %.

### 3.5.3 Tyypilliset ilmanvaihdon ongelmat

#### Veto

Vedon tunne syntyy silloin, kun kehosta tai sen osasta poistuu enemmän lämpöä kuin elintoiminnot tuottavat. Lämpötasapainoon vaikuttavat elimistön aineenvaihdunta ja lämmön siirtyminen ympäristöön. Liian alhainen huonelämpötila on yleisin syy vedontunteeseen. Lämmin keho luovuttaa lämpöä säteilyn kautta kylmille pinnoille. Vaikutus tuntuu vetona, kun kylmä pinta - esimerkiksi ikkuna - imee kehosta lämpöä. Suuret vaaka- ja pystysuuntaiset lämpötilaerot aiheuttavat saman tunteen.

Ilman liike ja kylmät pinnat aiheuttavat paikallista vedon tunnetta esimerkiksi niskassa ja nilkoissa. Liikkuva ilma kuljettaa tehokkaasti lämpöä pois kehon paljailta osilta. Ilman lämpötila vaikuttaa vedon tunteeseen merkittävästi. Samalla tavoin vaikuttaa ilman liikkeen ja/tai lämpötilan vaihtelu. Tärkeinä apuneuvoina veto-ongelmien havainnoinnissa ovat merkkisavut, pintalämpömittari ja lämpökamera.

Vedon tunteen syntyminen on yksilöllistä ja parannustoimenpiteetkin tulee harkita tapauskohtaisesti. Ensimmäinen toimenpide on huonelämpötilojen seuranta. Jos lämpötila on normaalilla tasolla (21–22 °C), tulee etsiä muita syitä vetoon. Tällöin etsitään paikkoja, joissa ilma liikkuu voimakkaasti tai pintoja, joiden lämpötila on alhainen.

Säteilyveto tulisi kompensoida kylmien pintojen eliminoimisella (lisäeristykset, tiivistykset...), suuntaamalla ilmapirtaukset uudelleen, suojautumalla vetoisuudelta (sermit yms.) ja vasta viimevaiheessa lämmityslaitteilla.

Hormiveto voi aiheuttaa voimakasta ilman liikettä esimerkiksi teollisuushalleissa tai liiketiloissa, joissa ovet ovat paljon auki, tila on korkea ja sen yläosassa on epätiiviyksiä.

### Liian korkea lämpötila

Liian korkea lämpötila lämmityskaudella tuhlaa energiaa ja lisää sisäilmaoireita. Asteen nousu lämpötilassa lisää lämmitysjärjestelmän energiankulutusta 4-5 %. Suomalaisen tutkimuksen mukaan lämpötilan nosto tasolta 20–21 °C tasolle yli 24 °C lisää sisäilmaoireiden määrää 50 %.

Rakennuksessa esiintyy usein samanaikaisesti liian alhaisia ja liian korkeita sisälämpötiloja. Tilanteen voi korjata lämmitysverkoston vesivirtojen perussäätö tai termostaattisten patteriventtiilien lisääminen, mutta syyt on ensin selvitettävä perusteellisesti.

Keväällä ja kesällä esiintyvä korkea lämpötila johtuu yleensä auringon säteilyn ja/tai suurten sisäisten lämpökuormien vaikutuksesta. Liian korkeat lämpötilat alentavat työtehoa ja viihtyisyyttä.

Kaikissa järjestelmissä tulee olla mahdollisuus säätää sisälämpötilaa huoneittain talviolosuhteissa, useimmiten tämä toteutetaan termostaattisten patteriventtiilien avulla. Korkeatasoisissa järjestelmissä on huonekohtainen jäähdytyksen säätö kesällä, mikä on tarpeellista erityisesti silloin, kun vierekkäisten huoneiden lämpökuormat poikkeavat toisistaan. Ilmanvaihto voidaan toteuttaa niin, että kunkin huoneen ilmavirtaa voidaan muuttaa huoneessa työskentelevien toiveiden mukaisesti. Huonekohtainen ilmavirtojen säätö on perusteltua tiloissa, joissa henkilömäärä tai epäpuhtauskuorma vaihtelee huomattavasti.

Keinoja korkeiden lämpötilojen hallinnassa ovat

- ikkunoiden aurinkosuojaus
  - rakenteelliset, markiisit, kalvot
- sisäisten lämpökuormien hallinta
  - energiaa säästävät toimistolaitteet, käyttämättömien laitteiden virrankatkaisu, valaistus
- tehostettu ilmanvaihto
- paikallinen ilman liikenopeuden lisäys (tuulettimet)
- yötuuletus ulkoilmalla
- koneellinen jäähdytys
- kohdepoistot, huuvat, lämmönlähteen kotelointi tai eristys.

Talviaikana korkeat lämpötilat johtuvat usein

- patteriverkoston säädön toimimattomuudesta
- patteriventtiilien toimimattomuudesta
- ilmanvaihdon tehottomuudesta
  - pieni ilmavirta, tehottomat kohdepoistot
- liian korkeasta tuloilman lämpötilasta
- toimimattomista säätölaitteista ja virheellisestä säätöperiaatteesta
  - esim. vakio tuloilman lämpötila
- suurista sisäisistä kuormista.

### Hajujen leviäminen

Hajut havaitaan yleensä hyvinkin pieninä pitoisuuksina. Normaalisti toimiva ilmanvaihtokaan ei aina pysty laimentamaan muista tiloista tulevia hajuja. Tällöin on selvitettävä, mitä reittiä pitkin epäpuhtaus tulee tilaan ja estettävä epäpuhtauksien kulkeutuminen. Virtaus tilojen välille syntyy yleensä silloin, kun likainen tila on ylipaineinen puhtaaseen nähden.

Teollisuudessa hajujen leviäminen ei-toivotuille osastoille saattaa aiheuttaa ongelmia tuotannossa ja sen laadussa. Myös työntekijöille epäpuhtauksista saattaa olla haittaa.

Vuodot ovat usein rakenteiden liitoskohdissa ja putkiläpivienteihin jääneissä tai syntyneissä au-koissa. Betoni- ja tiilirakenteet voivat halkeilla, jolloin syntyy vuotokohtia. Epäpuhtaudet voivat levi-tä myös porraskäytävän, hissikulun tai hormien kautta.

Koneellisessa tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmässä epäpuhtauksien leviämiseen on yleensä syytä ilmanvaihtojärjestelmän virheellinen tai muuttunut säätö. Säätö voi muuttua mm. siksi, että poistokanavat likaantuvat nopeammin kuin tulokanavat. Keskeinen syy on hyvin usein likaantunut lämmöntalteenottoalaite, jolloin poistoilmavirta on mitoitusvirtaamaa pienempi. Myös suodattimien likaantuminen, palopeltien laukeaminen ja venttiilien tukkeutuminen muuttavat tilojen paine-eroja ja järjestelmän toimintaa.

### Kosteuden tiivistyminen pinnoille

Kosteuden tiivistyminen rakennuksen sisäpinnoille johtuu pienestä ilmanvaihdosta suhteessa kos-teuden tuottoon. Sisäpuolelta huurtuvat ikkunat ovat tyypillinen esimerkki tästä ongelmasta - tosin myös ikkunan U-arvo vaikuttaa asiaan. Pitkään jatkuva kosteuden tiivistyminen johtaa kosteusvau-rioihin ikkunan alapuitteessa ja/tai seinässä ikkunan alla. Vastaavasti rakenteiden vettyneet eris-teet vaurioittavat rakenteita ja lisäävät osaltaan kohteen energiankulutusta.

Keinoja kosteuslähteiden hallintaan:

- lähteiden kotelointi
- kansien käyttö
- vuotavien tiivisteiden korjaus
- avokanavien käytön välttäminen
- märkien lattiapintojen välttäminen
- hönkien poisto ulkoilmaan
  - harkittava lämmöntalteenottoa
- kohdepoistot
- kondensoivat kuivaimet.

Kosteuden tiivistyminen tapahtuu, kun vesihöyry jäähtyy kastepisteeseensä. Kastepisteeseen vai-kuttavat ilmassa olevan vesihöyryn määrä, ilman lämpötila sekä pinnan lämpötila. Ilmassa olevaan vesihöyryn määrään puolestaan vaikuttaa vesihöyryn tuotto (ihmiset, prosessit, veden keitto, pyy-kin kuivaus, jne.) ja höyryn poistuminen (ilmanvaihto, tiivistyminen).

Höyryn päästessä rakenteen sisään tapahtuu tiivistyminen siinä osassa rakennetta, joka on kaste-pistelämpötilassa. Kosteuden pääseminen rakenteen sisään estetään höyrysululla ja huolehtimalla, että rakennus ei ole ylipaineinen.

Tiivistymistä rakenteiden sisäpinnoille voidaan estää pitämällä pintojen lämpötilat lähellä sisäilman lämpötilaa. Rakenteiden lisäeristys voi estää kosteuden tiivistymistä, mutta on huolehdittava myös hyvästä höyrysulusta sisätilan ja lisäeristeen välissä.

Ilmanvaihdon rooli kosteus- ja homeongelmissa:

- riittämätön ilmanvaihto johtaa kosteuden tiivistymiseen pinnoille
- ilmanvaihtojärjestelmään pääsevä vesi ja lumi johtaa ongelmiin (jos viemärointi ei toimi)
  - lumi tukkii suodattimet tulopuolella, jolloin rakennuksesta tulee merkittävästi alipai-neinen



- huonosti eristetyin raitisilmakanavan pinnalle tiivistyy kosteutta
- jatkuvasti vallitseva ylipaine johtaa kosteuden tiivistymiseen rakenteisiin.

Kosteusvauriot johtuvat useimmiten muista syistä kuin ilmanvaihdosta aiheutuvista syistä. Tärkeintä on estää veden pääseminen rakenteisiin ja kastuneiden rakenteiden korjaaminen. Hyvällä ilmanvaihdolla voidaan torjua kosteusvaurioiden haittoja ja pienentää ihmisten altistumista mikro-  
beille, mutta ilmanvaihdon avulla ei voida poistaa homeongelmaa.

### Melu

Ilmanvaihtojärjestelmän tärkein äänilähde on puhallin. Sen äänenvaimennukseen on useita keinoja (puhaltimen koon ja painetaso valinta, toimintapisteen valinta, äänenvaimennus), joiden käytännön toteutus ratkaisee onnistumisen.

Toinen merkittävä äänilähde on kanavistossa virtaava ilma, jonka äänenkehitys määräytyy sen nopeuden ja kanaviston virtausteknisten ominaisuuksien mukaan. Ilman nopeuksien tulisi olla alle 3-4 m/s mm. toimisto- ja työtilojen kanavistojen osissa. Kanavistossa ei saisi olla ylimääräisiä kuristuksia eikä virtausteknisesti huonoja ratkaisuja.

Ilmanvaihtojärjestelmän perussäätö vaikuttaa ratkaisevasti äänitasoon. Tasapainossa olevan järjestelmän painetaso saadaan mahdollisimman alhaiseksi, jolloin venttiilien ja säätöpeltien kuristus-  
tarve on pienimmillään ja puhaltimen energiankulutus optimissaan.

Laitemelun estäminen olemassa olevassa järjestelmässä voi olla vaikeaa, ellei ääni aiheudu jostakin viasta. Tärkeintä on tarkistaa ilmavirtojen suuruus.

Ääntä aiheuttavat vikaantumiset:

- laakeri rikki
- kiero akseli
- siipi epätasapainossa
- siipi likainen
- palopelti kiinni kokonaan tai osittain
- säätöpelti kiinni kanaviston jossakin osassa.

Suunnittelu- ja toteutusvirheitä:

- puhallin on väärin mitoitettu tai asennettu väärin
- äänenvaimennus on väärin mitoitettu tai toteutettu
- päätelaitteet ja/tai kanavisto väärin mitoitettu
- kanavisto suunniteltu ja/tai toteutettu virtausteknisesti huonoksi
- säätöpeltien ja ilmavirtasäätimien kehittämää ääntä ei ole otettu huomioon.

### **3.5.4 Ilmanvaihdon energiatalous**

Pyrittäessä hyvään sisäilmastoon mahdollisimman pienellä energiankulutuksella on välttämätöntä hallita rakennuksen läpi virtaavia ilmavirtoja mahdollisimman hyvin. Tarpeettoman suuri ilmanvaihto kuluttaa energiaa ja aiheuttaa viihtyvyyshaittoja. Toisaalta ilmavaihto ei saa missään nimessä eikä vuorokaudenaikana alittaa terveyden, viihtyisyyden ja rakenteiden toiminnan kannalta riittävää minimitasoa. Paras energiatalous saavutetaan, kun ilmavaihtoa ohjataan todellisen tarpeen mukaan ja kun ilmavirrat ovat tilojen epäpuhtauspäästöihin ja lämpökuormiin nähden riittävät.

Ilmanvaihtojärjestelmän läpi virtaavan ilman lämmittämiseen kuluva energia voidaan palvelusektorin rakennuksissa saada hyödyksi lämmöntalteenoton avulla vuositasolla noin 50-75 %. Teollisuuskohteissa on mahdollista toimittaessa korkeilla lämpötiloilla saada korkeampikin vuosihyötysuhde. Rakennusvaiheessa toteutettu lämmöntalteenotto on taloudellisesti kannattava toimenpide varsinkin ilmavirtojen tai käyntiaikojen ollessa merkittävät. Lämmöntalteenoton toteuttaminen tai vastaavan lämmönsäätön muu toteuttaminen uusissa rakentamiskohteissa on nykyisin pääsääntöisesti pakollista rakentamismääräysten (RakMK D3) mukaan. Jos määräysten mukaista lämmöntalteenottoa ei rakenneta, on sillä talteen saatava energiamäärä kompensoitava jollain muulla tavalla, esimerkiksi paremmilla rakenteilla.

Lämmitysenergian lisäksi ilmanvaihto kuluttaa myös sähköä. Puhaltimien sähköenergian kulutus riippuu mm. järjestelmän painetasosta, kanaviston ja puhaltimien mitoituksesta ja lopullisesta asennuksesta, puhaltimen toimintapisteestä, säätötavasta ja ilmavirtojen likaisuudesta. Pienten ilmavirtojen laitoksissa SFP-luku (sähkönkulutus käsiteltyä ilmavirtaa kohden eli ominaissähköteho kW/m<sup>3</sup>/s) on suurempi kuin suurissa laitoksissa. SFP-lukua on käsitelty tarkemmin mm. lähteessä: [http://www.sulvi.fi/wp-content/uploads/2013/12/IV\\_kuntotutkimus. Energian ja tehontarpeen laskenta.pdf](http://www.sulvi.fi/wp-content/uploads/2013/12/IV_kuntotutkimus_Energian_ja_tehontarpeen_laskenta.pdf) (sivu 6)

Energiakatselmoijan on syytä selvittää ja laskea katselmuksikohteen merkittävimpien ilmanvaihtokoneiden SFP-luvut ja tarvittaessa ehdottaa toimenpiteitä lukujen pienentämiseksi.

Ilmanvaihdon käyntiajat tulee valita siten, että tarpeetonta ilmanvaihtoa vältetään silloin, kun tilat eivät ole käytössä. Silloinkin on kuitenkin huolehdittava esimerkiksi rakennuksesta itsestään syntyvien epäpuhtauksien poistamisesta, mm. WC-tilat, uima-allastilat ja haihtuvia liuottimia sisältävät tilat. Tarpeenmukainen ohjaus voidaan toteuttaa myös tilakohtaisesti.

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

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

### 3.5.5 Ilmanvaihtojärjestelmän palvelualueet ja vyöhykkeet

Rakennuksen jakaminen erillisiin palvelualueisiin eli käyttövyöhykkeisiin on perusteltua, jos rakennuksen eri osien käyttöajat poikkeavat selvästi toisistaan. Aluejako voidaan tehdä esimerkiksi kerroksittain, rakennusosittain, tilaryhmittäin, julkisivuittain tai jopa huoneittain.

Kunkin käyttövyöhykkeen ilmanvaihto voi toimia muusta rakennuksesta riippumatta. Ilmanvaihto voidaan tällöin käynnistää esim. illalla tai viikonloppuna yhdellä vyöhykkeellä. Käyntiaikoja voidaan ohjata aikaohjelmilla tai tiloissa olevilla lisäaikapainikkeilla.

Energiakatselmoija voi ehdottaa uusia palvelualueita katselmuksikohteeseen, mutta tällöin on oltava tarkkana mm. painesuhteiden säilyttämisestä sekä säästötoimen kannattavuuden laskemisessa, *kaikki* kustannukset otettava huomioon.

### 3.5.6 Ilmanvaihdon ohjaus- ja säätötavat

Ilmanvaihtojärjestelmät jaotellaan ohjaustavan mukaan seuraavasti:

- vakioilmavirtajärjestelmät
- moni-ilmavirtajärjestelmät
  - ilmavirtaa muutetaan portaittain kahdelle tai useammalle teholle
- muuttuvailmavirtajärjestelmät.

**Vakioilmajärjestelmissä** aikaan perustuva ohjaus olettaa ilmanvaihtojärjestelmän palvelualueen tilojen toiminnot, kuormituksen ja käytön samanlaisiksi päivästä ja viikosta toiseen.

**Moni-ilmavirtajärjestelmistä** kaksinopeuskäyttö on ehdottomasti yleisin. Kaksinopeuskäytöllä voidaan palvelualueen ilmavirta puolittaa tai muuten pienentää tietyissä tilanteissa, esimerkiksi kellon taikka sisä- tai ulkotermostaatin ohjaamana. Usein kuitenkin kuormitus vaihtelee huomattavasti ja ennalta arvaamattomasti, eikä aikaan ja kahteen ilmavirtaan perustuvalla ratkaisulla päästä aina hyvään sisäilmaston laatuun ja energiataloudelliseen toimintaan.

**Muuttuvailmavirtaisessa järjestelmässä** pidetään yleensä yllä *vakiopainetta kanavistossa*, säätö tapahtuu usein huoneyksiköillä ja vanhemmissa järjestelmissä kuristamalla puhaltimen ilmavirtaa säätöpellillä (*kuristussäätö*) tai puhaltimen imuaukossa olevalla siivellä (*johtosiipisäätö*) puhaltimen pyöriessä nimellistehollaan. Järjestelmän sähköenergian kulutus voi olla korkea, vaikka lämpötilat ja epäpuhtauspitoisuudet ovat hallinnassa. Tämäntyyppisten ratkaisujen käyttöön oli aikaisemmin syynä energiataloudellisempien säätövaihtoehtojen korkea hinta. Nykyisin puhaltimen pyörimisnopeussäätö toteutetaan lähes poikkeuksetta taajuusmuuttajalla.

Nykyisin käytetään ilmanvaihtojärjestelmien ohjaukseen yksinkertaisten aika- ja termostaattiohjausten lisäksi mm.

- sisäilman hiilidioksidipitoisuuden mittaukseen perustuvaa muuttuvailmavirtaista järjestelmää (CO<sub>2</sub>-anturit ja puhaltimien taajuusmuuttajakäyttö)
- hiilimonoksidipitoisuuden (CO) mittaukseen perustuvaa kaksinopeuskäyttöä esimerkiksi aulohalleissa
- läsnäoloanturiin perustuvaa yksi- tai kaksinopeuskäyttöä esimerkiksi neuvotteluhuoneissa, liikuntasaleissa ja muissa jaksoittain käytetyissä tiloissa
  - normaalin aikaohjauksen lisäksi liiketunnistin käynnistää suuremman tehon ja pienempi teho palautuu, kun toiminta tilassa lakkaa
- lisäaikatoimintoa, jossa lisäaikapainike- ja ”munakello”-ohjaukset normaalin käyntiajan ulkopuolella
  - käynnistävät ilmanvaihdon tai jatkavat sen toimintaa määrätyn pituiseksi ajaksi esimerkiksi satunnaisesti käytössä olevissa kokous- ym. tiloissa
- jäähdytysenergiaa säästävä yötuuletus ohjelmoidaan koneen aikaohjelmaan.

Muuttuvailmavirtajärjestelmällä pyritään hallitsemaan sisäilmasto-olosuhteita muuttamalla jatkuva-toimisesti tuloilmavirtaa ja/tai tuloilman lämpötilaa kuormituksen mukaan. Muuttuvailmavirtajärjestelmäksi voidaan myös luokitella järjestelmät, joissa tuloilmavirtaa ohjataan henkilötunnistimen, ilmanlaatuanturin tai kellon avulla.

Yleensä MIV-järjestelmällä tarkoitetaan ilmavirran säätöä lämpötilan perusteella. Muuttuvaa ilmavirtaa käytetään tällöin vain tuodun jäähdytystehon säätöön. Suurimman jäähdytystarpeen aikana tuloilman alilämpötila on noin 9-12 °C huonelämpötilaan verrattuna. Mikäli MIV-järjestelmällä suoritetaan myös tilojen lämmitys, tapahtuu se yleensä minimi-ilmavirtaa käyttäen. Lämmitys tapahtuu jälkikäsitelly-yksikössä sijaitsevalla vesi- tai sähköpatterilla.

MIV-järjestelmässä voidaan huoneeseen tulevaa tuloilmavirtaa ohjata myös muun kuin lämpötilan perusteella. Ilmavirran ohjaus voidaan suorittaa esimerkiksi henkilötunnistimen, kellon, hiilidioksidianturin, hiilimonoksidianturin tai huoneilman laatua analysoivan anturin avulla. Henkilötunnistin on yleensä infrapuna-anturi.

Myös valokennoja tai työntekijöiden mukana kulkevia magneetikortteja voidaan käyttää tunnistimena. Tunnistimen avulla ohjataan joko suoraan huoneen ilmavirtoja tai siirretään ilmavirran ohjaus lämpötilaan perustuvan säädön piiriin. Henkilötunnistimeen perustuva ratkaisu soveltuu hyvin esimerkiksi hotelleihin tai rakennuksiin, joissa työskentely tapahtuu pääasiassa henkilöhuoneissa ja osa huoneista on ajoittain tyhjinä. Huoneen ollessa tyhjänä ilmavirta säätyy minimille.

Moni-ilmavirtajärjestelmää käytetään tiloissa, joissa ilmanvaihdon tarve muuttuu selkeästi portaittain, esimerkiksi luokkahuoneissa.

### 3.5.7 Lämmöntalteenotto

#### LTO-laitteiden toiminnan luotettavuus

Eräässä teollisuuden ilmastoinnin lämmöntalteenottolaitteita koskevassa tutkimuksessa käytiin läpi 60 laitetta. Niistä 20 toimi moitteetta, loppuissa oli pienempiä tai suurempia ongelmia. Osaa ei voitu käyttää lainkaan. Yleensä kyse ei ollut kokonaan väärästä järjestelmästä vaan sinänsä verraten pienistä virheistä suunnittelussa, asennuksessa ja käytössä.

Tavallisissa kiinteistöissä LTO-laitteet toimivat yleensä paremmin kuin em. teollisuustutkimuksessa, mutta LTO-laitteissa on laitetyypistä riippumatta usein ongelmia.

#### LTO-laitteen lämpötilasuhteen mittaaminen

Yleensä LTO-laitteista pyritään selvittämään lämpötilasuhte (aikaisemmin käytettiin termiä lämpötilahyötysuhde). Mittauksiin liittyy merkittävä joukko epätarkkuustekijöitä, minkä vuoksi mittaukset on pyrittävä suorittamaan (mahdollisimman) kylmällä ilmalla. Muutoin lämpötilaerot voivat olla niin pieniä, ettei laitteen toiminnasta saa selvää, ainakaan luotettavasti.

Mittauksissa selvitetään tulo- ja poistoilmavirrat ja molempien lämpötilat ennen ja jälkeen LTO-laitetta. Ilmavirran edes kohtuullisen tarkka mittaaminen voi olla työlästä, ellei puhaltimissa ole vakiona ilmavirtamittaria. Nämäkään eivät ole kovin tarkkoja, mutta antavat suuntaa. Karkeaan tarkasteluun riittää usein, jos saadaan selville edes toinen ilmavirta. LTO-laitteen yli mitatut lämpötilaerot kertovat ilmavirtojen suhteen. Jos ilmavirrat ovat tulo- ja poistopuolella samansuuruiset, ovat lämpötilaerot tulo- ja poistopuolella laitteen yli yhtä suuret, ellei poistopuolella tapahdu kondensoitumista.

Lämpötilamittauksissa on muistettava, että erityisesti pyörivän regeneraattorin, mutta myös levylämmönsiirtimen jälkeen lämpötila on voimakkaasti jakautunut! Lämpötilaerot äärireunojen välillä voivat olla alhaisilla ulkolämpötiloilla kymmeniä asteita, jolloin lämpötilasuhteen arvo voi näennäisesti vaihdella esimerkiksi välillä 30–95 % riippuen siitä, mistä kohtaa lämpötila on mitattu. Lisäksi nämä jakautumat vaihtelevat eri ulkolämpötiloilla!

Koneiden kyljissä olevista lämpömittareista ei niiden epätarkkuuden takia saa kuin erittäin karkeita lukemia. Niitä ei voi normaalisti käyttää kuin hätätapauksissa. Lämpötila on mitattava kohdasta, jossa ilma on riittävästi sekoittunut. Yleensä puhaltimen jälkeen saadaan luotettavia arvoja. Puhaltimessa ilma lämpenee noin 0,4–0,8 °C (lisäepätarkkuus!), mikä tietysti otetaan huomioon tuloksissa. Tarkan lämpenemisen voi laskea puhaltimen akselitehon ja ilmavirran avulla. Tulopuolella LTO-laitteen jälkeen on kuitenkin lähes aina lämmityspatteri, joka vaikeuttaa mittauksia. Lämpötilaa voi yrittää mitata nestekiertoisissa järjestelmissä myös nestepuolelta virtaaman ja lämpötilaerojen avulla.

LUOTETTAVA, MUTTA RISKIALTIS MITTAUSMENETELMÄ  
MOTIVA EI OTA VASTUUTA KO. MENETELMÄN KÄYTÖSTÄ EIKÄ SEN AIHEUTTAMISTA VA-  
HINGOISTA EIKÄ MUISTA MAHDOLLISISTA SEURAAMUKSISTA

Mikäli energiakatselmoijan on varma, että lämmityspatterin vesi ei missään tapauksessa jäädy, niin tuloilman lämpötila saadaan selville

- sulkemalla lämmityspatterille tulevan lämpöjohdon sulkuventtiili
- annetaan lämmityspatterin meno- ja paluupuolen menovesien lämpötilojen tasoittua, jolloin niiden näyttämä on ko. tuloilmavirran lämpötila LTO-laitteen jälkeen.
- avataan lämmityspatterille tulevan lämpöjohdon sulkuventtiili.

Eri LTO-laitteiden tavanomaisia tuloilman lämpötilasuhteita on esitetty taulukossa 3.4:

Taulukko 3.4 Lämmöntalteenottolaitteiden lämpötilasuhteita (tulo- ja poistoilmavirtojen suhde 1:1).

LTO-laitetyyppi	Lämpötilasuhde %
nestekiertoiset	40–55
levylämmönsiirtimet	45–55
lämpöputkipatterit	45–60
pyörivät regeneraattorit	65–78
kiinteäkennoiset regeneraattorit	73–80

Jos lämpötilasuhde poikkeaa selvästi yllämainituista, on syytä epäillä

- mittauksia
  - ilmavirrat
  - lämpötilat
- laitteiston toimintaa
  - puutteellinen toiminta (esim. hihna luistaa...)
  - likaantuminen
  - säädöt (asetusarvot, anturien sijoittelu...)

Joka tapauksessa katselmoijan on selvitettävä, mikä aiheuttaa poikkeavan lämpötilasuhteen.

Korkea lämpötilasuhde voi johtua paitsi tuloilmavirtaa selvästi suuremmasta poistoilmavirrasta, myös poistoilman suuresta kosteudesta, jolloin rekuperatiivisissa laitteissa saadaan talteen veden haihtumislämpöä. Korkealta näyttävä lämpötilasuhde voi olla seurausta myös siitä, että laitteistossa on palautusilmakäyttö esimerkiksi yöaikaa varten ja palautusilmapelti on jäänyt auki myös päiväajaksi. Jos tämä ei heikennä haitallisesti sisäilman laatua, ei palautusilman käyttöä tietenkään tarvitse rajoittaa.

Kovalla pakkasella lämpötilasuhdetta voi rajoittaa myös poistopuolen huurtumisen **estoautomaatiikka**, jonka **oikean toiminnan varmistaminen** on tärkeä tarkastuskohde energiakatselmuksessa. Monessa kohteessa on väärin asetettu huurtumisenestolämpötila osoittautunut energiaa haaskaavaksi yksityiskohdaksi.

Vuosienergiälaskelmia tehtäessä on kuitenkin muistettava, että LTO-laitteen vuosihyötysuhde on eri asia kuin nimellinen lämpötilasuhde. Vuosihyötysuhteellahan tarkoitetaan sitä prosenttiosuutta, kuinka paljon vuosittain tarvittavasta tuloilman lämmitystarpeesta on saatu lämmöntalteenotosta. Jos poistoilma on lämpimämpää kuin keskimääräinen lämmityskauden puhallusilma, nousee vuosihyötysuhde nimellistä lämpötilasuhdetta korkeammaksi. Asian saa parhaiten selville piirtämällä pysyvyysskäyrään poistoilman, ulkoilman, sisäänpuhallusilman ja LTO-laitteen jälkeisen ilman lämpötilat. Myös poistoilman kosteus voi nostaa lämpötilasuhdetta rekuperaattoreissa useita prosent-

teja. Jos regeneraattorissa on kyse kostutetusta tilasta, on laskelmissa otettava huomioon myös säästöt kostutuksessa, sillä erikoiskäsitelty regeneraattorihan siirtää kosteutta tuloilmaan.

Ilmanvaihdon lämmöntalteenottolaskelmia on käsitelty lähteessä "Ilmanvaihdon lämmöntalteenotto lämpöhäviöiden tasauslaskennassa. Ympäristöministeriön moniste 122 ([http://www.laskentapalvelut.fi/maaraykset/YM\\_opas\\_122.pdf](http://www.laskentapalvelut.fi/maaraykset/YM_opas_122.pdf))

Huono lämpötilasuhde on joskus räätälöidyissä laitteissa seuraus ilman nopeuden voimakkaasti kuroutuneesta profiilista LTO-laitteen otsapinnalla. Tällöin ilmanohjaimet voivat auttaa. Lisäksi erityistapauksissa poistoilman sisältämät epäpuhtaudet voivat aiheuttaa suuria ongelmia LTO-laitteen toiminnassa tai estää kokonaan sen käytön tai asentamisen kohteeseen.

Aina ei mittauksillakaan saada selvää laitteen toiminnasta. Tällöin on syytä tarkastaa laitteen toiminta muutoin. Joka tapauksessa energiakatselmoijan on tarkistettava mm. poistopuolen pintojen puhtaus sekä ilmanvaihtokoneen suodattimien puhtaus. Suodattimien likaantumisen johtuva heikentyntä ilmavirta heikentää myös lämmöntalteenoton toimintaa ja hyötysuhdetta.

### Nestekiertoiset järjestelmät

Ylivoimaisesti eniten lämpötilasuhdevajauksia on ollut nestekiertoisissa järjestelmissä, erityisesti kiertopumpussa ja sen mitoituksessa/toiminnassa. Asia korostuu pakkasolosuhteissa, jolloin liuoksen viskositeetti kasvaa, lämmönsiirtokerroin heikkenee ja virtaus voi mennä jopa laminaariseksi. Jos pumpun paine näyttää jäävän alle 150 kPa, on syytä epäillä virtauksen riittävyyttä. Pumpun paine 200 kPa on usein oikeaa suuruusluokkaa.

LTO-kiertopumppu on syytä pysäyttää kesäksi rakennuskohtaisesti automaattisella ohjauksessa. Kuivamoottoripumpun akselitiivisteiden kuivumisen estämiseksi pumppua on pyörytettävä automaattisesti aikaohjelmalla viikoittain tai hetki joka päivä. Pumpun sähköteho on suhteellisen korkea suuresta paine-erosta johtuen, joten pysäyttäminen kannattaa.

Säätöventtiilin toiminnassa voi myös olla virheitä ja tuloilmapatteri ohitetaan, vaikkei vielä olisi vaa-  
raa poistopatterin huurtumisesta tai tuloilman liiasta lämpenemisestä. Venttiili voi olla asennettu väärään paikkaan, väärin päin ja sen rajoituksenasettelu voi olla tehty väärin.

Huurtumisenestoautomaatiikan toiminnan raja-arvo on useimmiten aseteltu siten, että poistoilman ei anneta jäähtyä alle +3 °C. Tämä ei läheskään aina ole järkevää, sillä esimerkiksi kostuttamattomissa teollisuushalleissa poistoilman kastepiste on vain muutaman asteen ulkoilman lämpötilaa korkeammalla, jos itse prosessista ei tule kosteutta. Tämän takia huurtumisraja voidaan asettaa usein esimerkiksi -5 asteeseen. Tällöin voi käydä niin, ettei LTO-lämpötilasuhdetta tarvitse rajoittaa käytännössä koskaan.

Pakkasnesteidien inhibiitit kuluvat vähitellen, jolloin glykoli muuttuu aggressiiviseksi orgaaniseksi hapoksi. Inhibiittipitoisuutta sekä liuenneen raudan ja kuparin pitoisuuksia tulee mitata vuosittain. Jos tätä ei ole tehty, on ainakin selvitettävä, koska liuos on vaihdettu tai ainakin koska inhibiittia on lisätty. Samalla selvitetään mikä on liuoksen pitoisuus. Yli 40 %:n pitoisuus ei ole Suomessa tarpeen kuin aivan poikkeusolosuhteissa. Liian korkea pitoisuus heikentää lämpötilasuhdetta ja joskus on siis säästötoimenpiteenä mahdollista alentaa pitoisuutta. Tarpeettoman korkea glykolipitoisuus lisää myös pumppauskustannuksia, joten pitoisuudella on selkeä merkitys ko. laitteen energiatehokkuudelle.

Pakkasnesteliuosten ilmanpoistimissa on usein vuoto-ongelmia ja seurauksena voi olla, että ilmanpoisto ei ole käytössä ja pattereissa on ilmaa.

LTO-patterin ilman virtausreitit ovat ahtaat (lamelliväli 4- mm), joten patterin otsapinta (ja usein sisustakin) kerää herkästi likaa pinnoilleen. Esisuodatuksella tätä voidaan vähentää, mutta esimer-

kiksi teollisuudessa suodattimet saattavat aiheuttaa kohtuuttomia huoltokustannuksia tiheine vaihtoväleineen.

Kaikkien LTO-patterien kunto ja puhtaus syytä tarkistaa huolto-ohjelman mukaisesti ainakin kerran tai pari vuodessa. Patteri on saattanut likaantua poistoilman epäpuhtauksista (suodattimen asennusvirhe tms.) tai kärsiä mekaanisista kolhuista tms. ja vaatii näin ollen huoltoa/korjausta toimiakseen tehokkaasti. Jos liika tukkoisuus on jatkuva ongelma, saattaa uusi patteri oleellisesti harvemmalla lamellivälillä auttaa ratkaisemaan ongelman.

LTO-patterien pinnoite on tarkoitettu, vaihtoehtona kalliille ja hankalasti käsiteltäville materiaaleille, suojaamaan patteria teollisuuspoistoilman aggressiivisilta epäpuhauksilta. Pinnoitteiden haittapuolena on lamellipintojen paksuuntuminen, mikä aiheuttaa kasvua LTO-patterin syvyydessä lisäten paine-eroa. Toisena haittana on, että usein pinnoite vaurioituu helposti mekaanisista kolhuista ja näiltä osin menettää merkityksensä ja epäpuhtaudet pääsevät syövyttämään herkempää patterimateriaalia.

Lamellipatterien lamellien kolhut on hyvä käydä läpi. Litistymät voi kammata suoriksi. Likaisessa teollisuuspoistoilmassa voi olla niin paljon ja herkästi tarttuvaa epäpuhtautta, että lamellivälit ovat (liki) tukossa. Tällöin katselmoijan on arvioitava, että riittääkö puhdistus pitämään LTO-patterin riittävän puhtaana riittävän ajan, jolloin puhtaanapitokustannukset eivät muodostu kohtuuttomiksi. Katselmoijan on tässä yhteydessä selvitettävä patterin vaihtoa suuremman lamellivälin patteriin.

Lamellipatterien syvyydellä on suuri merkitys niiden likaantumiseen/puhdistettavuuteen. Suositeltava maksimisyvyys on 8 riviä, jotta puhdistus voidaan suorittaa kohtuullisin ponnistuksin.

Ennen poistopatteria on tavallisesti suodatin. Jos se on tukossa, on poistoilmavirta vastaavasti heikentynyt. Suodattimien paine-eromittareiden kunto on tarkistettava. Usein mittareista puuttuu nestettä tai joku letkuista on irti. Paine-eromittarissa (tai automaatiojärjestelmässä) on oltava merkinnät Puhdas ja Likainen, ja hälytys likaantuneesta suodattimesta.

Poistopuolen patterin kondenssiviemärijärjestelyt on syytä tarkastaa. Vaikka kondenssin huono poisto ei liity energiansäästöön, se aiheuttaa ajan mittaan ilmanvaihtokanaviston korroosiota.

Jos laitteistossa on lämpömäärämittari, on hyvä tarkistaa pistokokein virtausmittauksen tarkkuus. Lämpömäärämittarin nestemittari voi näyttää väärin.

#### Lämpöputkipatterit (heat pipe coil)

Lämpöputkipatterit ovat varsin harvinaisia LTO-laitteita. Toiminta perustuu putkien sisällä olevan aineen höyrystymiseen poistopuolella ja lauhtumiseen tulopuolella. Putket voivat olla asennettuna joko kiinteästi pystyasentoon tai hieman kallistettuna vaaka-asentoon, jolloin niiden tehoa säädetään usein kallistusta muuttamalla. Muuten patterin tehoa säädetään ilmavirtojen ohituksella/säädöllä.

Suurimmat ongelmat ovat liittyneet kallistussäätölaitteistoon. Kallistusmoottorin voima voi olla liian heikko, kun joustavat liittimet ovat talvella jäykkiä.

Energiakatselmuksen yhteydessä lämpöputkipatterien suodattimien ja lamellien kunto on tarkistettava kuten suodattimien likaisuus.

#### Levylämmönsiirtimet

Levylämmönsiirtimien tehoa ohjataan ohituspelleillä. Näiden tiivis sulkeutuminen on hyvän hyötysuhteen edellytys. Automaatiikan toiminta on syytä tutkia. On myös tärkeää, että ohitus aukeaa ja lämmönsiirtimen sulkupelti vastaavasti sulkeutuu kesäksi. Muutoin tuloilma lämpenee ja heikentää sisäilmastoa.

Levylämmönsiirtimet ovat poistopuolen huurtumisen suhteen kaikkein herkimpiä ns. kylmän kulman takia. Huurtumisenestojärjestelyt on hyvä tarkastaa. Nykyään yleisin huurtumisen mittaamistapa on paine-eromittaus.

Poistopuolen suodattimen kunto on tarkistettava. Jos poistopuolella ei ole suodatinta, on ehdottomasti tarkistettava kennon likaisuus.

Jatkuvasti tai pitkiä aikoja kosteina toimivissa levylämmönsiirtimissä voi esiintyä korroosion takia vuotoja. Vuodot eivät sinänsä huononna kovin herkästi hyötysuhdetta, mutta voivat olla hygieenisesti vaarallisia.

#### Tarkistuslista

- automatiikan toiminta
- peltien avautuminen ja tiivis sulkeutuminen
- huurtumisenestojärjestelyt
- suodattimien ja lämmönsiirtimen pintojen puhtaus.

#### Pyörivät regeneraattorit

Pyörivät regeneraattorit ovat yleisiä sekä kiinteistöjen että teollisuuden yleisilmanvaihdossa, mutta niitä esiintyy myös teollisuudessa haastavammissa olosuhteissa. Hyvä hyötysuhde on regeneraattorin selkein etu.

Pyörivien laitteiden ylivoimaisesti yleisin toimintahäiriö on vetohihnan katkeaminen tai luistaminen.

Vaikeuksia on usein myös pyörimisnopeuden säädössä sekä säädön toimintajärjestyksessä. Pyörimisnopeuden säätöongelman näkee siitä, ettei roottori pyöri täyttä nopeutta, vaikka lämmityspattere on päällä eikä huurtumisesta ole vaaraa. Joissain tapauksissa roottorin pyörimissuunta on poikennut suunnitellusta, jolloin puhtaaksipuhallussektori ei ole toiminut oikein. Säädön toimintajärjestyksessä yleisin vika on, että lämmityspattere avautuu ennen kuin LTO-laite käynnistyy. Ylipäänsä säädön toiminta on syytä ajaa läpi.

Huurtumisen suhteen regeneraattorit ja varsinkin kosteutta siirtävät roottorit ovat sikäli hyviä, ettei niissä tarvitse ottaa kustuttamattomissa ja muutoin kuivissa tiloissa huurtumista huomioon. Sen sijaan kosteissa tiloissa, kuten uimahalleissa, roottori voi huurtua niin umpeen, että ilman läpivirtaus estyy kokonaan. Kosteissa tiloissa, joissa kosteuden siirto ei ole toivottua, ei pitäisi käyttää regeneraattoria ollenkaan. On lisäksi muistettava, että ns. kosteutta siirtämättömätkin regeneraattorit siirtävät kosteutta kovalla pakkasella mm. sen takia, että poistoilma kondensoituu lämmönsiirtopintaan ja kondenssi siirtyy tuloilmaan.

Roottorin tiivisteiden asento ja kunto on hyvä tarkastaa, usein tiivisteessä on suuri rako. Kosteuden tai likaantumisen aiheuttaman siirtimen tukkeutumisen yhteydessä ilmavirtaus vähenee, painesuhteet regeneraattorin sisällä muuttuvat, mikä saattaa aiheuttaa ongelmia ilmastoidussa tilassa (mm. painesuhteet muuttuvat, hajut ja epäpuhtaudet leviävät väriin tiloihin...).

Jos roottori on vaakasuoraan asennettu, on syytä tarkistaa roottorin pyörimisen suoruus. Vääntymiset ja laakerivauriot ovat niin yleisiä, ettei vaaka-asennusta suositella valmistajien esityksistä huolimatta.

Jos roottori toimii rasvaisissa olosuhteissa, on hyvin tavallista, että kennosto on tukossa.

Eräissä tapauksissa regeneraattorin ilmavirrat on suunniteltu samansuuntaisiksi, mikä johtaa tilanteeseen, jossa regeneraattorin hyötysuhde saattaa teoreettisestikin kohota 50 % suuruisiksi. Tä-



män ongelman korjaaminen on taloudellisesti kallista ja tulee kyseeseen useimmiten vasta seuraavan saneerauksen yhteydessä.

#### Tarkistuslista

- hihnan kunto ja roottorin pyörimissuunta
- säätöportaiden toiminta
- roottorin puhtaus ja tiivisteiden kunto.

#### Kiinteäkennoiset regeneraattorit

Kiinteäkennoisissa regeneraattoreissa tulo- ja poistoilmavirrat virtaavat vuorotellen vastakkaisiin suuntiin kiinteiden lämpöä varaavien kennojen lävitse. Nämä kennot voivat olla alumiinisia nopeatoimisissa laitteissa tai sitten esim. lämpöä varaavia tiilirakennelmia, joiden syklistyys on usein vartitunnin luokkaa.

Laitteiden hyötysuhde on tyypillisesti korkea.

Tavanomaisissa kiinteäkennoisissa regeneraattoreissa eniten ongelmia on esiintynyt vaihtopeltikoneistossa. Vaikka koneistossa on vahva moottori, voi vivusto olla rikki. Myös vaihtopellistön jakotusautomaatiikan toiminta ja viritysarvot on syytä tarkistaa. Liian nopea tai hidas ilmansuuntien vaihto heikentää laitteen toimintaa.

Teollisuuden kiinteäkennoisten regeneraattorien (esim. lasiuunit) energiakatselmointi on kytkettävä saumattomasti ko. prosessilaitteen katselmointiin. Katselmointiin on varattava runsaasti aikaa, osaamista ja voimavaroja, sillä energiavirrat ovat huomattavia, kuten säästöpotentiaalitkin. Esimerkiksi poistoilmavirta regeneraattorin jälkeen voi olla satoja asteita, vaikka laite toimii suunnitellusti. Tästä lämpövirrasta voi lämpöä saada merkittävästi talteen.

#### LTO-laitteiden toiminnan valvonta

Nykyaikaisilla rakennusautomaatiojärjestelmillä voidaan LTO-laitteiden toimintaa valvoa automaattisesti. Järjestelmään kuuluu ilmavirtojen tai ainakin lämpötilasuhteen valvonta. Lämpötilat mitataan joko pitkillä keskilämpötila-antureilla tai sitten luotettavista paikoista puhaltimen jälkeen. Lämmöntalteenoton toiminnan tarkistusta ei kuitenkaan tule pohjata automaation näyttämiin arvoihin, koska niiden on havaittu näyttävän vääriä lukemia, johtuen mm. lämpötila-antureiden huonoista paikoista. Joka tapauksessa, mikäli lämmön talteenoton kattavaa seurantaa ei ole järjestetty rakennusautomaatiojärjestelmään, on sitä suositeltavaa ehdottaa katselmuksen yhteydessä (ml. tarvittavat mittaukset sekä poisto- että tuloilma lämpötilan osalta sekä ennen että jälkeen lämmöntalteenoton. Hyvillä mittauksilla varmistetaan lämmöntalteenoton toiminnan seuraaminen jatkuvana toimintana..

Käyttäjille on syytä tuoda esiin, että LTO-laitteet ovat rinnastettavissa lämmönkehityslaitteisiin. Jokainen ymmärtää, että kattila vaatii jonkinlaista huoltoa vähintään vuosittain, aivan samoin on syytä ajatella LTO-laitteista. Niiden vuosittainen läpikäynti kuuluu normaaliin toimintaan.

#### Jos lämmöntalteenottoa ei ole ollenkaan

Jos ilmastoinnissa ei oteta lämpöä talteen, on syytä selvittää ensin perussyyt miksi LTO-laitteita ei ole. Tämä voi johtua esimerkiksi siitä että poistoilmanvaihto on toteutettu useammilla erillisillä poistoilmapuhaltimilla ja ne ovat hajallaan eri puolilla rakennusta. Tällöin lämmön talteenoton rakentaminen käytössä olevaan järjestelmään ei ole kannattavaa. Joskus myös korroosiota tai tukkeutumista aiheuttava poistoilma voi estää talteenoton.

Mikäli LTO-järjestelmän asentaminen vaikuttaa alustavan tarkastelun perusteella kannattavalta, tulee tehdä ainakin karkeita kannattavuuslaskelmia talteenoton käytöstä.

### Ensin minimoitava ulosmenevä ilmavirta

Ennen kuin aletaan selvittää lämmöntalteenoton kannattavuutta, on syytä selvittää, voisiko ilmavirtoja pienentää taloudellisesti esimerkiksi tarpeenmukaisella ilmanvaihdon ohjauksella. Joskus on hyvät mahdollisuudet myös siirtoilman käyttöön.

Myös ilmanvaihdon tehokkuutta eli hyötysuhdetta saattaa olla mahdollista nostaa tarkoituksenmukaisella ilmanjaolla ja esimerkiksi kohdepoistojen lisäämisellä. Asiaa on käsitelty tarkemmin luvussa 3.5.5.

Poistoilman lämmöntalteenoton rinnalla voi löytyä taloudellisia keinoja ottaa lämpöä talteen jätevesistä tai jäähdytyslaitteiden lauhdelämmöstä tai käyttää vapaajäähdytystä ilman esilämmitykseen. Näiden mahdollisuuksien kokonaisvaltainen katselmointi, laskelmien tekeminen ja investointien selvittäminen on keskeinen osa Motiva-energiakatselmusta.

Kannattavuuslaskelmissa on muistettava ottaa huomioon LTO-laitteistolla mahdollisesti saavutettavat investointisäästöt. Tällaisia saavutetaan myös vanhoissa laitoksissa, jos esimerkiksi lämmitystehosta on pulaa ja jouduttaisiin hankkimaan suurempi kattila tai kaukolämpöliittymä ilman lämmöntalteenottoa. Myös säästöt lämmitysverkostossa voivat olla merkittävät. Jos kyse on jäähdytetyistä tiloista, saadaan lämmöntalteenotolla talteen myös jäähdytystehoa. Tämän arvo voi olla yhtä suuri kuin investointi LTO-laitteeseen.

Erittäin suuriksi investointisäästöt voivat muodostua käytettäessä regeneraattoria, jolloin saadaan talteen entalpiaa ja laitteen hyötysuhde on muutoinkin korkeampi kuin muiden tyyppisten laitteiden. Entalpialla on suuri energiataloudellinen merkitys kustutetuissa tiloissa, mutta myös jäähdytetyissä tiloissa.

LTO-laitteiden kannattavuus on tapauskohtainen. Erityisesti seuraavat tekijät vaikuttavat kannattavuuteen:

- poistoilman ominaisuudet
  - lämpötila, kosteus, epäpuhtaudet sekä niiden pitoisuudet ja ominaisuudet
- vuorokautinen käyttöaika
- energian hinta
  - säästettävä energia, käyttökustannukset
- poisto(je)n ja tuloilman keskinäinen etäisyys
- laitteiston koko
  - LTO-laite, kanavistot eristyksineen
- erityisjärjestelyt puhdistuksen suhteen
  - suodatukset, pesujärjestelyt viemärointeineen ja jätteenkäsittelyineen
- tarvittavat LTO-laitteen erityismateriaalit, jos alumiini ja kupari eivät sovellu
- käytettävissä olevat tilat
- käytettävissä olevat puhallinpaineet
  - yleensä ainakin puhallinmoottori joudutaan uusimaan lisääntyneen painehäviön takia

Kukin kohde on siis yksilö, jonka kannattavuusarvio on tehtävä kyseisen kohteen tietojen perusteella.

LTO-laitteiden yleiset soveltamisperiaatteet on esitetty taulukossa 3.5.

Taulukko 3.5. Lämmöntalteenottolaitteiden yleiset soveltamisperiaatteet.

<b>Tarve tai sovellusolosuhde</b>	<b>Soveltuvat laitetypit</b>
Ahtaat tilat	Nestekiertoiset tai lämpöputkipatterit
Poisto- ja tuloilma erillään	Nestekiertoiset patterit
Edullinen lämpöpinta	Levylämmönsiirrin
Korkea hyötysuhde (kallis energia, pitkä käyttöaika)	Regeneraattori
Puhdistus edellyttää irrottamista	Lämpöputkipatteri, sektoroitu regeneraattori
Poistoilman epäpuhtaus kuiva pöly	Regeneraattori
Erityisen likaava poistoilma	Levylämmönsiirrin + puhdistuslaitteet
Halutaan kosteuden siirtoa	Regeneraattori
Poisto ei saa sekaantua tuloilmaan yhtään	Nestekiertoiset patterit, lämpöputkipatterit kaksoisväliseinällä

Levylämmönsiirtimien hyötysuhdetta nostetaan usein teollisuussovelluksissa asentamalla kaksi siirrintä peräkkäin.

#### Laskentaparametrien valinta

Oikean laitetyypin ja sen hyötysuhteen valinta edellyttää vaihtoehtojen vertailua. Ongelmana laskelmissa on mm. lämmön ja sähkön järkevän hinnan valinta.

Lämmöntalteenoton valinnassa ja mitoituksessa on syytä suosia käyttökustannusten hillitsemiseksi pieniä painehäviöitä ja siis pieniä otsapintanopeuksia, mikä merkitsee monien laitetyyppien kohdalla myös korkeaa lämpötilasuhdetta.

Asiakkaille tulisi esittää vaihtoehtoista elinkaarikustannuslaskelmaa mahdollisuuksien mukaan jo energiakatselmuksen yhteydessä, mutta viimeistään ensimmäisten luonnossunnitelmien yhteydessä. Kuitenkin varsinkin teollisuudessa on usein laitoskohtaisia omia lähtökohtia, joihin yleiset ohjeet eivät sovellu. Joskus vertailulaskelmissa esitetään herkkyytarkasteluja esimerkiksi energioiden hinnan, laskentakoron, pitoajan ja käyttöasteen suhteen. Nämä tarkastelut ovat sinänsä hyviä, mutta liian monen parametrin käyttö voi tehdä koko esityksen niin vaikeaselkoiseksi, ettei päätöstä synny lainkaan.

### **3.5.8 Ilmanvaihtojärjestelmän säästämöhdollisuudet**

#### Yleistä

Ilmanvaihdon energiankulutukseen vaikuttavat ilmavirta, tuloilman lämpötila, käyttöaika ja lämmöntalteenotto. Säästämöhdollisuuksia etsittäessä on mietittävä mihin em. tekijöistä voidaan vaikuttaa.

#### Ilmavirta

- voiko ilmavirtaa pienentää ko. palvelualueella
- voiko ilmavirtaa säätää tarpeen/käyttöasteen/muun suureen perusteella tietyllä käyttövyöhykkeellä
- voiko ilmavirran puolittaa tai osittaa tietyissä tilanteissa
- voiko ilmavirta olla minimitasolla tietyissä tilanteissa
- voiko ilmavirtaa ohjata tarpeen mukaan (esim. läsnäolo- tai CO<sub>2</sub>-ohjaus).

#### Sisäänpuhalluslämpötila

- voiko lämpötilaa alentaa
- onko säätötapa oikea ko. tapaukseen
- onko mittausanturi oikeassa paikassa
- toimiiko säätö oikein
- onko lämpötilalle vaihtoehtoisia säätötapoja, esim. sisäilman laatu.

#### Käyttöaika

- onko ohjaus- ja käyttötapa oikea
- voiko käyttöaikaa lyhentää arkisin tai viikonloppuisin
- onko keskitetty ohjausjärjestelmä
- toimiiko automatiikkaohjaus
- voidaanko ilmanvaihtoa ohjata jollakin muulla tavoin kuin aikaohjelman perusteella.

#### Lämmöntalteenotto

- onko lämmöntalteenottoa
- toimiiko lämmöntalteenotto oikein ja halutulla tavalla (lämpötilasuhde)
- onko siirtoilman käyttömahdollisuuksia
- onko mahdollisuutta lisätä lämmöntalteenottoa.

#### Ilmanvaihtokoneiden käyntiaikojen lyhentäminen

Ilmanvaihtokoneiden käyntiajat ovat usein tarpeettoman pitkiä. Helpoimpia tapoja säästää energiaa on muuttaa ilmanvaihtokoneiden käyntiajat vastaamaan niiden palvelualueiden käyttöaikoja. Käyttöaikamuutoksista ja niihin liittyvistä ehdotuksista on ehdottomasti keskusteltava paitsi kiinteistön hoidosta vastaavan henkilön/henkilöstön kanssa myös tilojen käyttäjien kanssa. Käyntiaikoja lyhennettäessä on muistettava, että työskentelyolosuhteita ei saa heikentää energiansäästön nimissä.

Käyntiaikamuutokset voidaan yksinkertaisesti toteuttaa olemassa olevan ohjausjärjestelmän asetusarvomuutosten avulla. Mikäli ohjausjärjestelmää ei ole tai se on puutteellinen (esimerkiksi pakkokytkeiden osalta), joudutaan tapauskohtaisesti selvittämään tarvittavat järjestelmämuutokset ja lisäykset.

Mikäli kohteessa käyntiaikoja hoidetaan edelleen paikallisilla kellokytkimillä, on aikojen muuttaminen kirjattava huoltokirjaan, jolloin tiedetään tarkalleen milloin ja mitä on tehty/muutettu ja kuka on tehnyt. Parin kuukauden kuluttua asioiden selvittäminen on huomattavan työlästä, jopa mahdotonta.

### Ilmavirran pienentäminen

Ilmavirran pienentäminen tulee kyseeseen esimerkiksi tapauksissa, joissa tilan käyttötarkoitus on muuttunut, ja alun perin mitoitettu ilmavirta on nyt uuteen tilanteeseen nähden liian suuri.

Ilmanvaihdon käyttö osateholla tai ohjaaminen paikallisin käyttökytkimin tulee kyseeseen silloin, kun palvelualueen tilojen käyttö on vaihtelevaa. Esimerkiksi auditorion tai suuren neuvotteluhuoneen täyttä ilmanvaihtoa tarvitaan vain tilojen ollessa tehokkaassa käytössä, muulloin riittää osateho.

Tiloja, joissa ohjaus- tai käyttötavan muutos voi tulla kyseeseen, ovat mm. kokous- ja luokkatilat, teatterit, liikuntatilat ja autohallit (hiilidioksidi- ja/tai häkäpitoisuusmittaus).

### Palvelualueiden osittaminen

Jos yhden tuloilmakoneen palvelualueella on tiloja, joiden käyttöaika poikkeaa huomattavasti toisistaan, kannattaa palvelualue jakaa osiin tilojen käytön mukaan. Tällöin voidaan ilmanvaihdon käyntiajat säätää tilojen todellisen käytön mukaan ja näin energiankulutus pienenee.

Palvelualueen ositus voidaan toteuttaa joko kanavistoon asennetuilla sulkupelleillä tai hankkimalla toiselle uudelle palvelualueelle oma tuloilmakone. Toimenpiteen yhteydessä on myös tarkasteltava taajuusmuuttajan käyttöönoton kannattavuus. Toimenpiteen yhteydessä on muistettava tehdä myös poistopuhaltimelle tarvittavat muutokset, jotta painesuhteet säilyvät oikeina.

### Tuloilman lämpötilan säätö

Lämpötilan säätötavan muutos vakiotulolämpötilasäädöstä poistolämpötilaohjatuksi säädöksi on yleinen säästötoimenpide tiloissa, joissa kuormitus vaihtelee.

Säätötavan muutoksen säästövaikutusta laskettaessa on arvioitava arvioida lämpötilan muutos (°C) ja aika/ajanjakso (h/a), johon muutos kohdistuu. Eri säätötavoilla toteutuvissa lämpötiloissa ei välttämättä ole suurta eroa pakkaskaudella, vaan säätötavan muutos näkyy selvimmin lämmitys- ja jäähdytyskauden taitteissa.

### Lämpötilan asetusarvon muutos

Jos tuloilmakoneella on tarkasteltavassa kohteessa käytetty korkeita lämpötilojen asetusarvoja (tuloilma, poistoilma), on selvítettävä miksi näin on tehty. Syynä voi olla virheellinen suunnittelu, asetusarvo tai käyttäjän keino vähentää olosuhteisiin kohdistuvia valituksia. Ilmanvaihdolla lämmittäminen ei ole energiataloudellisin keino sisäilman lämpötilan hallintaan, mikäli ilmanvaihtoa ei ole siihen tarkoitukseen nimenomaisesti suunniteltu.

Normaalista poikkeavat lämpötilan asetusarvot on aina selvítettävä tapauskohtaisesti. Usein taustalla syynä on jonkin on jokin muu huonoon olosuhteeseen johtava syy, kuten esimerkiksi vuotavat ikkunantiivisteet tai lämmitysjärjestelmän puutteellinen toiminta. Korjaamalla ongelman alkuperäinen syy, voidaan olosuhteita tiloissa parantaa, tuloilman asetusarvoa alentamalla saavutetaan energiansäästöä. Joissain tapauksissa liian korkea asetusarvo on myös saattanut johtaa lämpötilan voimakkaaseen kerrostumiseen tilassa, jolloin lämmin tuloilma ei laskeudu tiloihin suunnitellulla tavalla, vaan päätyy katonrajaan.

### Säätölaitteiden korjaaminen tai uusiminen

Viallisesti toimivat säätölaitteet lisäävät usein merkittävästi energiankulutusta. Virheellinen toiminta saattaa esiintyä liian korkeana toimintalämpötilana, kesäaikaisena lämmityksenä, yhtäaikaisena

lämmityksenä ja jäähtymisenä jne.. Säätolaitteiden korjaamisesta tai uusimisesta saatavat mahdolliset säästöt energiankulutuksessa ovat tapauskohtaisia. Uusimis- ja korjaustoimenpiteitä ei yleensä tule perustella pelkästään saatavilla säästöillä, vaan myös paremmalla sisäolosuhteiden hallinnalla.

Kiinteistöautomaatiojärjestelmän seurantamittaukset ja niiden säännöllinen seuranta vähentää merkittävästi vikaantumisista aiheutuvia ongelmia ja niistä aiheutuvia kustannuksia. Kaikki keskeiset energiankulutukseen liittyvät mittaukset ym. on liitettävä seurantaan. Seuranta voi olla 1 min., 10 min., 30 min., tunnin tms. tiheydellä tallentuvia mittaustietoja, tärkeintä on, että mittaustuloksia seurataan ja toimeen tartutaan tarvittaessa saman tien.

#### Lämmöntalteenottolaitteen toiminnan tarkistaminen

Kenttätyön yhteydessä tarkastetaan lämmöntalteenoton lämpötilasuhde, jonka laskentaa varten mitataan seuraavat lämpötilat:

- ulkoilma
- tuloilma lämmöntalteenoton jälkeen
- poistoilma (ennen lämmöntalteenottoa).

Lämmöntalteenoton lämpötilasuhde lasketaan seuraavasti:

$$\eta_{LTO} = \frac{T_{tulo, lto\ jälk} - T_{ulkoilma}}{T_{poistoilma} - T_{ulkoilma}}$$

,jossa

$\eta_{LTO}$  = LTO:n lämpötilasuhde

$T_{tulo, lto\ jälk}$  = Tuloilman lämpötila LTO:n jälkeen

$T_{ulkoilma}$  = Ulkoilman lämpötila

$T_{poistoilma}$  = Poistoilman lämpötila

Mikäli mitattu arvo on alhainen ko. menetelmän tavanomaiseen lämpötilasuhteeseen verrattuna, on selvítettävä syy ja pyrittävä korjaamaan tilanne.

Toimiiko nykyinen järjestelmä tehokkaasti?

- lämpötilasuhde ääriolosuhteissa ja ns. nollakelillä
- painehäviö, puhtaus
- huollettavuus
- tulo- ja poistoilmavirran suhde.

Virheisiin on useita mahdollisuuksia, jotka voidaan jaotella karkeasti seuraavasti:

- väärin suunniteltu
- väärin toteutettu
- väärin käytetty
- väärin huollettu.

Tyypillisiä suunnitteluvirheitä ovat mm. seuraavat:

- väärin valittu lämmöntalteenottolaite
- väärin mitoitettu lämmöntalteenottolaite
- suunniteltu vastoin laitevalmistajan ohjeistusta
- puutteellinen poistoilman puhdistusjärjestely

- puutteellinen mittaus ja anturointi

Tyypillisiä toteutusvirheitä ovat mm. seuraavat:

- ilmavirrat poikkeavat suunnitelluista
  - mm. kanavistomuutosten vaikutuksia ei ole otettu huomioon
- anturiläpiviennit eivät ole tiiviitä
- lämpötilan mittausanturit on sijoitettu sopimattomiin tai väriin paikkoihin

Tyypillisiä käyttöön ja huoltoon liittyviä toteutusvirheitä ovat mm. seuraavat:

- poistopuolen suodatuksista ja puhdistuksista ei ole huolehdittu
- poistopuolen epäpuhtauksien muuttuessa vastaavia tarkistuksia ei ole tehty poistopuolella
- suodattimia ei ole vaihdettu säännöllisesti
- Lämmöntalteenottoa ei ole puhdistettu

Tyypillisiä vikoja

- säätö toimii väärin
- laitteet likaiset, poistoilmasuodatin tukossa
- pyörivä: hihna poikki, väärä nopeus
- kuutio: ohituspellit auki, peltejä ei ole
- nestekierto: liian korkea glykolipitoisuus, väärät lämpötilat, pumpun teho liian pieni.

Ilmanvaihdon energiankulutuksen pienentämiseksi tulee ainakin ilmavirraltaan ja käyntiajaltaan merkittäväillä tuloilmakoneilla kyseeseen lämmöntalteenoton lisääminen.

Tapauskohtaisesti on määriteltävä, mikä järjestelmä on mahdollinen ja edullisin toteuttaa. Lämmöntalteenoton lisääminen olemassa olevaan järjestelmään lisää puhaltimien sähköenergian kulutusta, mikä tulee ottaa säästölaskelmissa huomioon. Samoin pitää muistaa samaan järjestelmään mahdollisesti ehdotettujen muiden säästötoimenpiteiden vaikutus lämmöntalteenoton lisäämisen kannattavuuteen.

### 3.5.9 Suurten tilojen ilmanvaihtojärjestelmät

#### Ilmanvaihdon tehokkuuden nostaminen

Ilmanvaihdon tehokkuudella tarkoitetaan ilmanvaihdon kykyä viedä epäpuhtaudet poistoon ja tuoda puhdas tuloilma työskentelypaikoille. Mitoituslaskelmissa hyötysuhde näkyy varmuuskertoimena, jota tarvitaan valittaessa epäpuhtauden laimentamiseen tarvittavaa ilmavirtaa. Hyvässä kerrostavassa eli syrjäyttävässä ilmanvaihdossa epäpuhtauspäästön yhdistyessä lämpimään nousevaan virtaukseen ilmavirran mitoituskerroin voi olla 0,5 kun se huonossa ilmanvaihdossa voi olla jopa 4.

Ilmanvaihdon pääperiaate on, että tuloilma huuhtelee mahdollisimman tehokkaasti ilmastoitavan tilan ilmanvaihtoa tarvitaan ja poistuu tilasta.

Tyypillinen oikosulkuvirtaus syntyy tilassa, jossa talvella lämmitystä vaativassa hallissa käytetään tuloilmaa lämmitykseen ja ilma jaetaan piennopeuslaitteilla (ns. syrjäyttävät eli kerrostavat tuloilmalaitteet). Lämmin ilman nousee laitteen kohdalta ylös ja menee yleensä katossa oleviin poistoihin. Piennopeuslaitteet eivät sovi korkeissa tiloissa lämmittimiksi kuin vain sellaisissa tapauksissa, jois-

sa poisto imetään alhaalta. Lämmön nousemista kattoon voidaan estää tehokkaasti piennopeuslaitteen yläosaan asennetulla vaakasuoraan puhaltavalla suihkuvirtauksella.

Kesällä tuloilma on viileämpää kuin sisäilma. Jos poistot ovat lattialla, virtaa piennopeuslaitteista ilma suoraan poistoon. Tällaisia virheitä on tehty mm. maalaamoissa.

Pääperiaatteena on, että lämpimän, tuotannosta tulevan likaisen ilman annetaan nousta rauhassa ylös ja poistetaan sieltä. Tätä termistä virtausta eikä myöskään mahdollisia kohdepoistoja häiritä tuloilmalaitteilla. Toinen periaate on, että paikalliset epäpuhtauslähteet mahdollisuuksien mukaan koteloidaan ja pidetään alipaineisina tai varustetaan kohdepoistolla. Lämpimien lähteiden kohdepoistot sijoitetaan lähteen päälle, mutta ilmaa raskaampien liuotinpäästöjen kohdepoisto sijoitetaan lähteen alle tai esimerkiksi laitteen tai pöydän reunoihin. Monissa tapauksissa kohdepoistoa tehostetaan puhalluksella.

Kohdepoistot voivat olla tuotannon tiellä, mutta käyttämällä esimerkiksi kääntyvää puomia, nousevaa teleskooppiputkea tai kevyitä irrotettavia sivulevyjä tai suikaleverhoja on usein päästy riittävän toimivaan ratkaisuun. Monissa tapauksissa ilman kohdepoistoa ei työntekijän haitallista altistusta voida estää kuin hengityssuojaimella.

Oikealla tuloilman jaolla ja poistojen sijoittamisella on hallien ilmanvaihdon hyötysuhde voitu nostaa eräissä tapauksissa nelinkertaiseksi eli ilman laatu on parantunut tai ilmavirtaa on voitu pienentää.

#### Tarpeenmukainen ilmanvaihdon ohjaaminen

Suurissa tiloissa on tyypillistä, että niissä ilmaa pilaava kuormitus vaihtelee tuotannon tai yleisömäärän mukaan hyvinkin runsaasti. Tuotannossa voi olla taukoja ruokailujen tai vuoronvaihtojen ajan. Ilmanvaihtoa voidaan mahdollisesti pienentää ajoittain. Suurissa tiloissa tämä ei aina ole helppoa, sillä ilman laatua mittaavien antureitten sijoittaminen voi olla vaikeaa tarvekohtiin siltanosturin ja pitkien jänneväliden takia. Joskus kello-ohjaus on riittävä. Monissa tapauksissa impulssi saadaan suoraan tuotantokoneista, esimerkiksi virran kulutuksesta.

Ohjausjärjestelmää harkittaessa on selvítettävä, onko vaarana, että jossain työpisteessä voi paikallisesti ilman laatu heiketä liikaa. Joissain erityistapauksissa on menetelty siten, että ilmanjakolaitteiden haarakanavissa on säätöpellit ja ilmavirtaa tehostetaan siellä missä työskennellään, muualla on vain tietty perusilmanvaihto. Samantapaiseen tulokseen pääsee, jos halli on ilmastoitu useilla erillisillä koneilla, jolloin koneitten tehoa voidaan ohjata alueittain.

Ohjaamiseen tarvittavia pitoisuusantureita on nykyään tarjolla useita. Niiden haittapuolena on kuitenkin säännöllinen kalibroinnin tarve. Hyvin likaisissa olosuhteissa kuten valimoissa anturin tukkeutuminen voi tulla ongelmaksi.

Käytettäessä hiilidioksidianturia ilman laadun mittarina on muistettava, että ilmaa pilaavat ihmisten lisäksi mm. rakenteista ja ilmastoinnista tulevat hajut, joiden merkitys ilmanvaihdon tarpeesta toimistotiloissa on jopa ihmiskuormaa suurempi. Näin ollen kunnollinen ilmanlaadun mittaaminen edellyttää myös haihtuvien hiilivetyjen mittaamista. Markkinoilla on tarkoitukseen kehitettyjä VOC-antureita.

Tarpeenmukaisessa ilmanvaihdossa on myös muistettava, että harvoin ilman laatu on liian hyvä missään tilassa tai missään olosuhteissa. Haitallisiksi tunnetut pitoisuudet eli HTP-arvot eivät suinkaan ole tavoitearvoja vaan äärimmäisiä rajoja, joihin nähden pitää käyttää aina riittäviä turvamarginaaleja. Voimassaolevat HTP-arvot löytyvät sosiaali- ja terveysministeriön internetsivustoilta ([www.stm.fi](http://www.stm.fi)) julkaisusta "HTP-arvot 2014. Haitallisiksi tunnetut pitoisuudet". Ohjetta päivitetään parin vuoden välein. *Varmista, että käytät uusinta versiota.*



### Lämmitysjärjestelmien käyttötalouden parantaminen

Suurissa tiloissa pitkät etäisyydet aiheuttavat erityisongelmia lämmittämisessä ja ilmanvaihdossa johtuen lämpimän, kevyen ilman taipumuksesta nousta ylös ja kylmän, raskaan ilman taipumuksesta laskea alas. Tämä näkyy siinä, että hallien yläosassa voi olla varsin lämmintä vaikka alhaalla on kylmä.

Nopeimmin lämmityksen oikean toiminnan näkee mittaamalla lämpötilakerrostuma. Lämpötilakerrostuman mittaaminen voi kuitenkin olla hyvin työläs suorittaa, joten sen suorittamista kannattaa harkita tapauskohtaisesti. Joissain tapauksissa lämpökerrostuma saattaa olla jopa hyödyksi, esimerkiksi teollisuuskohteissa, koska se voi pitää pölyn ja muut hiukkaset katon rajassa.

Lämpötilakerrostuman poistamisesta saadaan säästöjä kahta kautta. Yläosan lämpötilan lasku pienentää johtumishäviöitä ja poistoilman kautta ulos menevää lämpövirtaa. Johtumishäviöiden pienentymisessä säästö riippuu katon ja seinien lämpöhäviöiden suhteesta. Erillisessä hallityypissä rakennuksessa voi karkeasti arvioida, että lämpötilakerrostuman pienentyminen asteella pienentää lämpöhäviöitä 3-4 %, kun taas koko hallin lämpötilan lasku asteella pienentäisi kulutusta 5 %.

Poistoilman lämpötilan laskun säästöt riippuvat jonkin verran siitä, mistä poistot imetään ja paljonko korvausilmasta tulee vuotoina, joka lämpenee siten ainakin osittain ilmaislämmöillä. Myös lämmöntalteenotto vaikuttaa asiaan. Karkeasti voisi arvioida, että poistossa asteen pudotus pienentää lämmitysarvetta 4 %, ellei käytössä ole LTO-laitetta.

### Ilman suuntaaminen

Vanhoissa teollisuushalleissa on vielä jonkin verran käytössä kierrätysilmalämmittimiä, joissa ei ole ilman suuntausta ollenkaan tai ilma on suunnattu vaakasuoraan. Tällöin lämmin puhallusilma nousee siis ylös ja katon rajassa on taatusti lämmintä. Ilma on suunnattava alas. Jos tämä ei ole mahdollista esimerkiksi vetosyistä, on lämmitin siirrettävä.

### Erillisten kierrätyspuhallusten käyttö

Ylhäällä oleva lämminilmapatja saadaan kierrätettyä alas myös erillisillä kierrätyspuhaltimilla. Tarkoitukseen myydään termostaattiohjattuja potkureita ja pienellä suuntaimella varustettuja puhaltimia. Ilman siirtämiseen ylhäältä alas voidaan hyödyntää erillisiä ilmanvaihtokanavia. Lämmön kierrättäminen alas ei sovellu tapauksiin, joissa ylös kertyy lämmön mukana myös epäpuhtauksia.

### Viileän ilman poisto lattialta

Joskus lattialla mahdollisesti oleva kylmäilmapatja on saatu imettyä pois asentamalla kierrätysilmalämmittimiin imupuolelle kanava lattian rajaan. Kylmä ilma imeytyy näin lämmittimeen ja vastaavasti lämmintä ilmaa painuu alas, mutta katon rajan ylälämpimyyttä tämäkään ei poista.

### Kierrätysilmalämmittimien vesiventtiilit

Melko yleinen omalla kattilalla varustetuissa kohteissa on ajatus, ettei kierrätysilmalämmittimiä tarvitse varustaa vesiventtiilillä, riittää kun ohjataan puhaltimen käyntiä. Lämmitin toimii kuitenkin myös painovoimaisena konvektiivisena lämmittimenä ja sen läpi kiertää ilmaa. Lämmin ilma nousee ylös, jolloin hallin katon rajaan kertyy hyödytön lämpökerrostuma. Lämmittimet kannattaa aina varustaa magneettiventtiilillä. Jäätymisvaarallisissa paikoissa venttiilille tehdään pieni ohitus, jolla linja pidetään lämpimänä mutta ei varsinaisesti itse lämmitintä.

Magneettiventtiilien sulkeutuminen on hyvä tarkastaa.

### Kaksoistermostaatin käyttö

Jos lämmitin on sijoitettu esimerkiksi katon rajaan ja kohteessa muodostuu tuotannosta yllämpöä, on toimiva ratkaisu varustaa lämmitin kaksipuolaisella termostaatilla. Ensimmäinen porraskäynnistää lämmittimen puhaltimen ja toinen vaihe avaa venttiilin. Usein tällöin lämmön kierrättäminen alas riittää ja lisälämpöä ei juuri tarvita kuin yöaikaan.

### Lämmittimien sijainti

Hallien suurin lämpöhukan aiheuttaja on ovet niin auki kuin kiinni ollessaan. Tämän takia lämmittimet sijoitetaan oven viereen tai sen yläpuolelle. Sijainti on sikäläkin hyvä, että oven kohdalla on aina käytävä, jolloin lämmittimien ilmavirta ei häiritse ihmisiä tai tuotantoa.

### Säteilylämmityksen käyttö

Erityistapauksissa voidaan käyttää säteilylämmitystä hoitamaan paikallisesti muutoin hankalasti lämmitettäviä kohteita, esimerkiksi viileiden varastojen keskiosia tai isojen ovien lähellä olevia

työpisteitä. Energian säästö syntyy siitä, ettei tarvitse lämmittää koko hallia samaan lämpötilaan, vaan säteilylämmittimellä voidaan tehokkaasti lämmittää vain yksittäisen työpisteen alue.

Säteilylämmittimiä tehdään sähkö- ja kaasulämmitteisinä. Sähkölämmittimiäkin on kahta tyyppiä, matalalämpötilaisia (200...300 °C) paneeli- eli tasolämmittimiä ja korkealämpötilaisia (600 °C) kvartsisauvalämmittimiä. Lämmittimien säteilyhyötysuhde on varsin korkea, 90...93 %. Toisin sanoen varsin pieni osa tehosta menee konvektiolämpönä tilan katon rajaan ilmaa lämmittämään.

Edellä mainittujen lisäksi käytössä on rakennusten lämmitysverkostoon kytkettyjä kattoon asennettavia säteilylämmittimiä, joita käytetään mm. varasto- ja urheiluhallien lämmityksessä.

Säteilylämmitys lämmittää niitä pintoja, joihin säteily osuu. Pinnat lämmittävät ilmaa. Jos säteily osuu lattiaan, se vastaavasti lämpenee. Tämän takia lattian tulee olla eristetty. Säteilyä voidaan käyttää myös varaavana lämmityksenä juuri sen takia, että sillä lämmitetään pintoja kuten lattiaa.

Säteilylämmityksen erityisen hyvänä puolena on se, ettei se kierrätä pölyjä, on äänetön eikä aiheuta vetoa.

Säästöjä laskettaessa on otettava huomioon tietysti myös energian hinta, joka on maakaasutapauksia lukuun ottamatta korkeampi kuin esimerkiksi kaukolämpöön perustuvassa vesikeskuslämmityksessä.

### Lattialämmitys

Lattialämmityksen lisääminen ei juuri tule kyseeseen olemassa oleviin kohteisiin. Tosin eräitten arvioiden mukaan puolet teollisuustilojen lattioista on susia, joten lattioiden uusimiseen voi olla tarpeita. Lattialämmityksessä lattian alle on nykyään asennettava eristettä 150-200 mm. Lattialämmitystä ei aina tarvitse asentaa koko halliin, vaan saattaa riittää, että sillä hoidetaan kriittiset kohteet.

Lattialämmitystä on käytetty menestyksellä erityisesti huoltohalleissa, joissa ovista tuleva kylmä veto on vaikea torjua kierrättämättä samalla pölyjä.

Lattialämmityksen avulla voidaan hyödyntää matalalämpöistä jätelämpöä tai lämpöpumppulämpöä, jos ilmalämmitystä ei voida käyttää.

Jo asennetun lattialämmityksen tehon ohjaamisessa voi olla parantamisen tarvetta. Lattialämmitys on hidas reagoimaan lämmöntarpeen muutoksiin. Aikaohjelmalla voidaan muuttaa lämmityksen asetusarvoja, jos tilan yllämmön kehitys on säännöllisesti tuotantoajoista riippuvaa.

### Lämminilmakehittimet

Pienissä teollisuustiloissa ja erillisissä varastoissa käytetään joskus öljylämmitteisiä lämminilmakehittäjiä. Nämä olivat vielä 60-luvulla erityisen suosittuja. Niiden hyvänä puolena on itsenäinen muusta lämmitysverkosta riippumaton toiminta ja jäätymättömyys. Huonona puolena on puhalluslämpötilan vaihtelu polttimen käynnin mukaan ja usein alkeellinen ohjaus, kallis energia ja joissakin tapauksissa huono palaminen.

Lämminilmakehittimille tehdään savukaasuanalyysi kuten kattiloillekin. Isommissa laitteissa on yleensä kaksiliekkipoltin.

Lämminilmakehittimestä tulevan ilman lämpötila voi olla erityisen korkea, joten on varmistettava, että ilmapirta on suunnattu lattialle, muutoin lämpö nousee ylös ja hukkaan.

Joissakin erityisesti ulkomaista valmistetta olevissa lämminilmakehittimissä on niin huono tulipesän muotoilu ja sopimaton poltin, ettei laitetta saa toimimaan kunnolla millään säädöllä.

Jos kohteessa on riittävän lähellä vesikeskuslämmityksen putket, voidaan lämminilmakehittimestä tehdä vesilämmiteinen lisäämällä puhalluskanavaan vesipatteri. Samalla uusitaan kierto- ja ulkoilmapeltien ohjaus tarkoituksenmukaiseksi.

Laitteeseen voidaan asentaa myös etulämmitys esimerkiksi lämmöntalteenottoverkosta, mutta tällöin on tarkistettava puhallinpaineen riittävyys. Neulaputkipatteri voi soveltua pienen painehäviönsä takia.

Kovin paljon ei vanhan lämminilmakehittimen varusteluun pitäisi uhrata, helposti kunnollinen uusi tuloilmakone on pitemmän päälle edullisempi.

### **3.5.10 Ilmanvaihtojärjestelmän uusiminen ja parantaminen**

Ilmanvaihdon perusparannustarvetta aiheuttavat mm.

- korkeampi sisäilmaston tavoitetaso (vedottomuus, parempi ilman laatu, lämpötilojen hallinta eri vuodenaikoina jne.)
- pienempi energiankulutuksen tavoitetaso (lämpöenergia, sähköenergia)
- tilojen käyttötarkoituksen tai tiloissa tapahtuvan toiminnan muutokset
- lämmitysjärjestelmän toiminnan muutokset
- rakennustekniset muutokset (lisäeristys, tiivistys, uudet sisärakenteet ja -pinnat).

Rakennuksen peruskorjauksen yhteydessä tulee toteuttaa vähintään ilmanvaihtojärjestelmän puhdistus ja perussäätö. Tilojen kuormituksen ja käyttötarkoituksen muutokset edellyttävät aina ilmanvaihdon toiminnan uudelleenarviointia ja aiemman järjestelmän soveltuvuus tulee harkita tapauskohtaisesti (ilmapirrat, säätötavat, ilmanjako jne.).

Ilmanvaihtojärjestelmän valinta pohjautuu kiinteistön omistajan ja käyttäjän sisäilmasto- ja muihin tavoitteisiin ja järjestelmäratkaisu valitaan investointi- ja elinkaarikustannusten perusteella. Ilmastoinnin eri ominaisuuksien tärkeys on päätettävä huonetyypeittäin projektikohtaisesti. Ratkaisuun vaikuttavat mm. rakennuksen yleinen laatutaso ja imago sekä se miten ilmastointi sovitetaan arkkitehtuuriin ja muuhun tekniikkaan.

Ilmanvaihtojärjestelmän ominaisuuksia ovat mm.

- ilmanvaihdon tehokkuus
- vedottomuus
- meluttomuus
- huonekohtainen säätö
- investointikustannukset
- käyttökustannukset
- joustavuus ja muunneltavuus
- käytön ja huollon helppous
- asennuksen helppous ja nopeus.

Yleisiä virheitä suunniteltaessa ilmanvaihtojärjestelmää

- ilmastointia mitoitettaessa ei tiedetä huoneen käyttötarvetta
- ilmavirrat määräytyvät lattian pinta-alan, ei kuormituksen mukaisesti
- kanavamitoitusta ei tehdä, lopullisten laitteiden ominaisuuksia ei tunneta suunnitteluvaiheessa
- ääniteknistä suunnittelua ei viedä loppuun asti, lopullisten laitteiden ominaisuuksia ei tunneta suunnitteluvaiheessa
- säätölaitteiden toimintaa ei mitoiteta
- ulkoilman sisäänottojen sijoittelu tuloilman laadun kannalta usein huono
- ulkoilmasäleiköt tukkiutuvat
- ilmansuodatus ennen lämmöntalteenottopatteria on puutteellista
- lattiakaivojen ja vesipisteiden puute vaikeuttaa ilmanvaihtokoneiden puhdistusta
- ilmastointiprosessin säädettävyys on huono
- kylmien kanavien eristys ei ole vesihöyryn pitävää, eikä estä vesihöyryn kondensoitumista eristeisiin.
- 

### 3.6 TILAJÄÄHDYTYSJÄRJESTELMÄT

Motiva on tehnyt vuonna 2016 tilojen jäähdytysjärjestelmien katselmointiin tarkoitetun katselmusmalliohjeen, jota voi hyvin käyttää erillisen katselmuksen tekemiseen tai sitten osana energiakatselmusta, jos kiinteistön jäähdytysjärjestelmiä halutaan tarkastella tarkemmin katselmuksessa.

Ilmastointilaitoksen jäähdytyskoneiston katselmointi tulee suorittaa aikana, jolloin jäähdytyskoneisto on toiminnassa. Itse katselmointi jakaantuu kahteen osaan: jäähdytyskoneiston tarkastus ja järjestelmätason tarkastus.

Jäähdytyskoneistosta tarkastetaan itse jäähdytyskoneisto ja siihen liitettyjen laitteiden asianmukainen toiminta ja kunto. Katselmuksessa ei kuitenkaan normaalisti ole tarvetta koskea kylmäainetta sisältäviin piireihin, joiden käsittely onkin sallittua vain TUKES-sertifioituille kylmäalan ammattilaisille.

Järjestelmätasolla tarkastetaan koko rakennuksen energiatehokkuus jäähdytysjärjestelmän kannalta. Lisäksi selvitetään mahdollisuudet parantaa jäähdytysjärjestelmän energiatehokkuutta sekä mahdollisuudet pienentää rakennuksen jäähdytystehontarvetta. Myös jäähdytyskoneiston tehomitoituksen oikeellisuus rakennuksen jäähdytystehontarpeeseen nähden tarkastetaan.

### 3.6.1 Ilmanvaihdon jäähdytys, tilajäähdytys

#### Jäähdytysjärjestelmien yleisiä energiansäästömahdollisuuksia

Vaihtoehtoisia ratkaisuja:

- hajautetun järjestelmän korvaaminen keskitetyllä
- vapaajäähdytyksen rakentaminen
- kaukojäähdytysmahdollisuuden selvittäminen
- koneiston uusiminen oikean tehoiseksi ja tehonsäädöllä varustetuksi
- säätöjärjestelmän parantaminen

Parannus- ja tehostamistoimenpiteitä:

- jäähdytyskoneiston hyötysuhteen parantaminen esimerkiksi tehonsäätöä parantamalla tai lauhduttimen puhaltimien ohjauksen avulla
- välisäiliöiden lisääminen järjestelmiin, joiden vesitilavuus on jäähdytyskoneiston tehoon tai tehon säätöön nähden liian pieni
- vesi- ja nestevirtojen saattaminen suunnitelmien mukaisiksi
- lämmön talteenotto jäähdytysjärjestelmästä lämmityspiiriin (erityisesti nestejäähdyttimet)

Huonetasolla toteutettavia toimenpiteitä:

- ikkunoiden sisä- tai ulkopuolinen aurinkosuojaus tai sen parantaminen
- ikkunalasien muuttaminen
- termostaattien asetusarvojen tarkastaminen
- käyttöaikojen muuttaminen.

Järjestelmä- ja rakennustasolla toteutettavia toimenpiteitä:

- jäähdytystehontarpeen pienentäminen (ulkopuolinen aurinkosuojaus, sisäisten lämpökuormien pienentäminen)
- vaihtoehtoisten jäähdytystapojen hyödyntäminen (yötuuletus, joissakin tapauksissa kostutusjäähdytys).

Seuraavassa luetteloidaan jäähdytyskoneistotyyppikohtaisesti asioita, joita on hyvä tarkastaa ja arvioida katselmuksen yhteydessä kohteen jäähdytyksen energiatehokkuuden selvittämiseksi. Luettelot on karsittu Suomen Kylmäyhdistyksen Ympäristöministeriölle vuonna 2007 laatimasta tarkastusmenettelyohjeesta.

#### Kompressorilauhduksimet

Tarkastettavat asiat:

- laitteiston yleiskunto
- lämmönvaihtimien lämpöpintojen puhtaus
- putkieristykset
- puhaltimien kunto ja toiminta
- putkikomponenttien kunto ja toiminta
- kondenssivesiviemäröinnin kunto ja toiminta
- tehonsäätölaitteiden toiminta
- tehonsäätölaitteiden asetusarvot
- käykö tuloilmakoneen jäähdytys ja lämmitys samanaikaisesti

- onko tuloilmakoneessa vakio vai vaihtuva ilmavirta (vaihtuvan ilmavirran tuloilmakoneissa tulee käyttää välillistä jäähdytysjärjestelmää).

Arvioitavat asiat:

- höyrystimen ja kompressorin mitoitus tarvittavaan jäähdytystehoon nähden
- mahdollisuudet pienentää tarvittavaa jäähdytystehon tarvetta
- mahdollisuudet parantaa jäähdytyskoneiston hyötysuhdetta
- toiminta- arvojen vertailu alkuperäisiin mitoitusarvoihin (jos tiedossa)

### SPLIT-järjestelmät

Tarkastettavat asiat:

- laitteiston yleinen kunto
- lämmönvaihtimien puhtaus
- ilmansuodattimien puhtaus
- putkieristysten kunto
- kondenssivesiviemäröintien kunto ja toiminta
- puhaltimien kunto ja toiminta
- putkikomponenttien kunto ja toiminta
- tehonsäätölaitteiden toiminta
- tehonsäätölaitteiden asetusarvot

Arvioitavat asiat:

- laitteiston mitoitus tarvittavaan jäähdytystehoon nähden
- mahdollisuudet pienentää tarvittavaa jäähdytystehon tarvetta

### Vedenjäähdytyskoneet

#### *Ilmalauhdutteinen sisäasenteinen vedenjäähdytyskone*

Tarkastettavat asiat:

- laitteiston yleinen kunto
- lämmönvaihtimien puhtaus
- ilmalauhduttimien puhtaus
- ilmalauhduttimien puhaltimien kunto ja toiminta
- putki- ja säiliöeristysten kunto
- putkikomponenttien kunto ja toiminta
- tehonsäätölaitteiden toiminta
- tehonsäätölaitteiden asetusarvot

Arvioitavat asiat:

- nestevirrat (arvioidaan teknisten tietojen ja mahdollisesti mitattujen lämpötilojen avulla)
- vedenjäähdytyskoneen mitoitus tarvittavaan jäähdytystehoon nähden
- mahdollisuudet pienentää tarvittavaa jäähdytystehon tarvetta
- mahdollisuudet parantaa jäähdytyskoneiston hyötysuhdetta

- verkoston nestetilavuuden riittävyys jäähdytyskoneiston tehoportaisiin nähden eli tasaussäiliön koko.

#### Ilmalauhdutteinen ulkoasenteinen vedenjäähdytyskone

##### Tarkastettavat asiat:

- laitteiston yleinen kunto
- lämmönvaihtimien puhtaus
- ilmalauhduttimien puhtaus
- ilmalauhduttimien puhaltimien kunto ja toiminta
- putki- ja säiliöeristysten kunto
- putkikomponenttien kunto ja toiminta
- tehonsäätölaitteiden toiminta
- tehonsäätölaitteiden asetusarvot.

##### Arvioitavat asiat:

- nestevirrat (arvioidaan teknisten tietojen ja mahdollisesti mitattujen lämpötilojen avulla)
- vedenjäähdytyskoneen mitoitus tarvittavaan jäähdytystehoon nähden
- mahdollisuudet pienentää tarvittavaa jäähdytystehon tarvetta
- mahdollisuudet parantaa jäähdytyskoneiston hyötysuhdetta
- verkoston nestetilavuuden riittävyys jäähdytyskoneiston tehoportaisiin nähden eli tasaussäiliön koko.

#### Nestelauhdutteinen sisäasenteinen vedenjäähdytyskone

##### Tarkastettavat asiat:

- laitteiston yleinen kunto
- lämmönvaihtimien puhtaus
- nestejäähdyttimien puhtaus
- nestejäähdyttimien puhaltimien kunto ja toiminta
- vesiruiskutusputkistojen kunto ja toiminta (jos on)
- putki- ja säiliöeristysten kunto
- putkikomponenttien kunto ja toiminta
- tehonsäätölaitteiden toiminta
- tehonsäätölaitteiden asetusarvot.

##### Arvioitavat asiat:

- nestevirrat (arvioidaan teknisten tietojen ja mahdollisesti mitattujen lämpötilojen avulla)
- vedenjäähdytyskoneen mitoitus tarvittavaan jäähdytystehoon nähden
- mahdollisuudet pienentää tarvittavaa jäähdytystehon tarvetta
- mahdollisuudet parantaa jäähdytyskoneiston hyötysuhdetta
- verkoston nestetilavuuden riittävyys jäähdytyskoneiston tehoportaisiin nähden eli tasaussäiliön koko.

#### Kaappi- ja vakioilmastointikoneet

Ilmalauhdutteinen kaappi- ja vakioilmastointikone

## Tarkastettavat asiat:

- laitteiston yleinen kunto
- ilmalauhduttimien puhtaus
- ilmalauhduttimien puhaltimien kunto ja toiminta
- ilmansuodattimien puhtaus
- putkieristysten kunto
- putkikomponenttien kunto ja toiminta
- kondenssivesiviemäröinnin kunto ja toiminta
- höyr sylinterin kunto ja toiminta (vakioilmastointikoneet)
- tehonsäätölaitteiden toiminta
- tehonsäätölaitteiden asetusarvot
- esiintyykö vakioilmastointikoneella samanaikaista kuivausta ja kostutusta.

## Arvioitavat asiat:

- ilmavirrat (arvioidaan teknisten tietojen ja mahdollisesti mitattujen lämpötilojen avulla)
- kaappi- ja vakioilmastointikoneen mitoitus tarvittavaan jäähdytystehoon nähden
- mahdollisuudet pienentää tarvittavaa jäähdytystehon tarvetta
- mahdollisuudet parantaa jäähdytyskoneiston hyötysuhdetta.

Nestelauhdutteinen kaappi- ja vakioilmastointikone

## Tarkastettavat asiat:

- laitteiston yleinen kunto
- nestejäähdyttimien puhtaus
- nestejäähdyttimien puhaltimien kunto ja toiminta
- ilmansuodattimien puhtaus
- putkieristysten kunto
- putkikomponenttien kunto ja toiminta
- kondenssivesiviemäröinnin kunto ja toiminta
- höyr sylinterin kunto ja toiminta (vakioilmastointikoneet)
- tehonsäätölaitteiden toiminta
- tehonsäätölaitteiden asetusarvot
- esiintyykö vakioilmastointikoneella samanaikaista kuivausta ja kostutusta.

## Arvioitavat asiat:

- ilmavirrat (arvioidaan teknisten tietojen ja mahdollisesti mitattujen lämpötilojen avulla)
- kaappi- ja vakioilmastointikoneen mitoitus tarvittavaan jäähdytystehoon nähden
- mahdollisuudet pienentää tarvittavaa jäähdytystehon tarvetta
- mahdollisuudet parantaa jäähdytyskoneiston hyötysuhdetta.



### Lämpöpumput (jos jäähdytyskäytössä)

#### Maalämpöpumput

Tarkastettavat asiat:

- laitteiston yleinen kunto
- putkieristysten kunto
- putkikomponenttien kunto ja toiminta
- tehonsäätölaitteiden toiminta
- tehonsäätölaitteiden asetusarvot.

Arvioitavat asiat:

- nestevirrat (arvioidaan teknisten tietojen ja mahdollisesti mitattujen lämpötilojen avulla)
- lämpöpumpun mitoitus tarvittavaan jäähdytystehoon nähden
- mahdollisuudet pienentää tarvittavaa jäähdytystehon tarvetta
- mahdollisuudet parantaa jäähdytyskoneiston hyötysuhdetta
- verkoston nestetilavuuden riittävyys jäähdytyskoneiston tehoportaisiin nähden.

#### Ilmasta-nesteeseen -lämpöpumppu

Tarkastettavat asiat:

- laitteiston yleinen kunto
- ilmalauhduttimen puhtaus
- lauhduttimen puhaltimien kunto ja toiminta
- putkieristysten kunto
- putkikomponenttien kunto ja toiminta
- tehonsäätölaitteiden toiminta
- tehonsäätölaitteiden asetusarvot.

Arvioitavat asiat:

- nestevirrat (arvioidaan teknisten tietojen ja mahdollisesti mitattujen lämpötilojen avulla)
- lämpöpumpun mitoitus tarvittavaan jäähdytystehoon nähden
- mahdollisuudet pienentää tarvittavaa jäähdytystehon tarvetta
- mahdollisuudet parantaa jäähdytyskoneiston hyötysuhdetta
- verkoston nestetilavuuden riittävyys jäähdytyskoneiston tehoportaisiin nähden.

### Vapaajäähdytysjärjestelmät

Tarkastettavat asiat:

- laitteiston yleinen kunto
- lämmönvaihtimien puhtaus
- nestejäähdyttimen puhaltimien kunto ja toiminta
- putkieristysten kunto
- putkikomponenttien kunto ja toiminta
- tehonsäätölaitteiden toiminta

- tehonsäätölaitteiden asetusarvot.

Arvioitavat asiat:

- nestevirrat (arvioidaan teknisten tietojen ja mahdollisesti mitattujen lämpötilojen avulla)
- lämmönvaihtimien mitoitus tarvittavaan jäähdytystehoon nähden
- mahdollisuudet pienentää tarvittavaa jäähdytystehon tarvetta
- mahdollisuudet parantaa jäähdytyskoneiston hyötysuhdetta.

Suuremmissa kohteissa jäähdytysjärjestelmän osalta on suositeltavaa mitata yksittäisten jäähdytyskoneikkojen sähköteho, jotta saadaan ensinäkkin selville niiden toiminta ja kuormitukset eri vuorokauden aikoina (seisokkiajat, viikonloppu, yöaika). Mittauksella saadaan myös selville tarkasti jäähdytysjärjestelmän osuus kohteen sähköenergian kulutuksesta. Mikäli jäähdytysjärjestelmä on kytketty rakennusautomaatioon kattavasti mittausten osalta, kannattaa eri mittauksien trenditietoja hyödyntää vastaavasti järjestelmän toiminnan analysoimiseksi.

## 4 Rakennusautomaatiojärjestelmien katselmointi

### 4.1 Rakennusautomaatiolla hallitaan kiinteistön energiavirtoja

Rakennusautomaatiojärjestelmä on nykyään yksi tärkeimmistä kiinteistön käyttö- ja huoltoorganisaation työkaluista. Sen avulla ohjataan, säädetään ja valvotaan talotekniikkaa ja edelleen energiankäyttöä kiinteistössä.

Rakennusautomaatiojärjestelmää voidaan katselmuksessa hyödyntää hahmotettaessa LVI-järjestelmien rakennetta toimintaa sekä järjestelmien ohjaus- ja säätötapoja. Katselmuksessa on arvioitava rakennusautomaatiojärjestelmän toimintaa ja käytön oikeellisuutta energiatalouden näkökulmasta.

Eri käyttöparametrit, kuten käyntiajat ja asetusarvot vaikuttavat oleellisesti ilmanvaihdon energiankulutuksiin. Näitä käyttöparametreja monien muiden asioiden ohella hallitaan rakennusautomaatiolla. Rakennusautomaatiojärjestelmän käyttäjällä on siten mahdollisuus oleellisesti vaikuttaa kiinteistön energiakustannuksiin. Edellytyksenä on luonnollisesti, että järjestelmä on riittävän kattavasti toteutettu, toimintakuntoinen ja sitä osataan käyttää ja hyödyntää tehokkaasti.

Valitettavasti järjestelmän toiminnoissa on usein suoranaisia virhetoimintoja ja sen hyödyntäminen on usein puutteellista eikä käyttäjien motivaatio ja osaaminen aina tuota pelkästään positiivisia yllätyksiä.

### 4.2 Rakennusautomaation toteutusperiaatteita

Rakennusautomaatio on yleisnimitys rakennuksen säätö-, ohjaus-, mittaus- ja valvontalaitteille. Rakennusautomaatio - termin ohella käytetään myös muita samaa kokonaisuutta tarkoittavia nimiä, kuten taloautomaatio tai kiinteistövalvontajärjestelmä.

Rakennusautomaatio voidaan toteuttaa useilla eri tavoilla. Toteutustapa vaikuttaa oleellisesti myös järjestelmän energiataloudellisuuteen ja hyödyntämismahdollisuuksiin katselmuksien yhteydessä. Pitkälti rakentamis- tai peruskorjausajankohdasta riippuen järjestelmäratkaisu voi perustua seuraaviin toteutustapoihin ja -tekniikoihin.

Aina 80-luvun loppupuoliskolle asti rakennusautomaatiotoiminnot toteutettiin lähes poikkeuksetta omilla, toisistaan riippumattomilla erillisilaitteilla tai -järjestelmillä:

- säätötoiminnot analogisilla (pneumaattisilla tai elektronisilla) yksikkösäätimillä,
- ohjaukset sähkömekaanisilla, järjestelmäkohtaisilla kellokytkimillä,
- valvonta LVI-hälytyskeskuksilla.

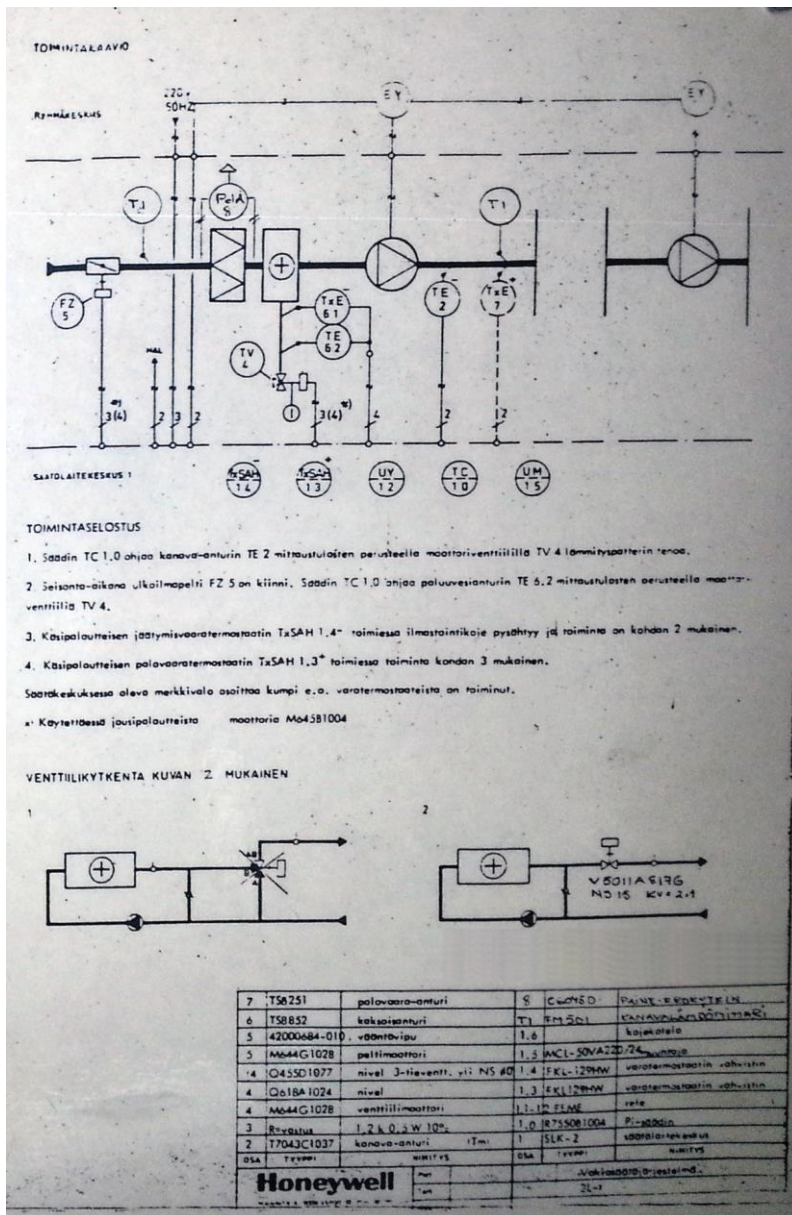
LVI- ja sähköjärjestelmiä palvelevat säätö-, ohjaus- ja valvontalaitteet sijoitettiin ko. järjestelmien yhteyteen IV-konehuoneisiin, lämmönjakohuoneisiin, sähkökeskuksiin jne. Laitteiden hajasijoittaminen heikentää järjestelmien tarkoituksenmukaista käyttöä ja valvontaa, koska se vaatii aina käyntiä valvottavassa kohteessa.

Erilliset järjestelmät on pääsääntöisesti korvattu 2000-luvulla tietokonepohjaisilla järjestelmillä. Mikäli tällaisen harvinaisuuden kuitenkin kohtaa katselmoinnin yhteydessä, on suositeltavaa ehdottaa sitä saneerattavaksi tietokonepohjaiseksi järjestelmäksi.

Erillisi järjestelmien katselmuinnissa huomioitavaa

Kuvassa 3.1 on esitetty tyypillinen analogisilla säätölaitteilla toteutettu ilmastointijärjestelmä toimintaselostuksineen. Kuvassa 3.2 on vastaavasti tyypillinen lämmitys- tai IV –verkoston säätöjärjestelmä toimintaselostuksineen. Vaikka käytännön toteutukset vaihtelevat yksityiskohdiltaan merkittävästikin eri kohteiden välillä, löytyvät samat peruspiirteet ja niihin liittyvät mahdolliset puutteet ja ongelmat useimmista 1970 – ja 1980 luvuilla rakennetuista säätölaiteratkaisuista.

Rakennusautomaatiototeutuksille luonteenomaisia piirteitä ja niistä mahdollisesti aiheutuvia vikoja ja puutteita energiatalouden näkökulmasta on kuvattu alla olevassa kappaleessa. Kuvauksella muistilista asioista, joihin katselmuksen kenttäkierroksilla kannattaa erityisesti kiinnittää rakennusautomaation osalta huomiota. Merkittävä osa em. epäkohdista ei kohdistu vanhoihin laitteisiin ja asennuksiin, vaan näihin ongelmiin törmää uusissakin kohteissa.



Kuva 4.1 Elektronisilla säätölaitteilla toteutetun tulo- ja poistoilmakoneen säätökaaviotoimintaselostuksineen.

Tyypillisiä epäkohtia vanhoissa analogisissa säätöjärjestelmissä ovat:

- Säätöperiaatteet reagoivat huonosti sisäisiin lämpökuormiin, syynä tähän mm.
  - vakiotulolämpötila, jolloin tuloilman lämpötila on vakio huonelämpötilasta riippumatta
  - huone-/poistoanturi ohjaa suoraan tuloilman lämpötilaa
    - säätö ”makaa” yleensä tuloilman minimi- tai maksimirajoituslämpötilassa
      - ongelma esiintyy erityisesti PI – säätömuodossa, jossa ”I-termi” ajaa säädön jompaa kumpaan laitaan
    - Minimirajoituksen asetusarvo on usein nostettu tarpeettoman korkeaksi johtuen mm. vetovalituksista, jolloin säätimen varsinainen asetusarvonuppi ei vaikuta enää säätöpiirin toimintaan millään tavalla.
- Tuloilmakoneen patterin jäätymissuojaus on toteutettu usein ns. rajoittavalla jäätymissuoja-termostaattilla, joka ohittaa pääsäätimen ohjauksen myös koneen käydessä ja alkaa avata venttiiliä hyvissä ajoin patterin paluuveden lämpötilan laskiessa.
- Säätimien asetusarvot ja viritysparametrit ovat vaikeita asetella ja edellyttävät usein erityistyökaluja, mistä johtuen asetellut yleensä virheellisiä
  - vanhoissa pneumaattisissa säätimissä ”kaikki vaikuttavat kaikkiin” eli lämpötila-asetusarvoa muutettaessa myös viritysparametrit muuttuvat, jolloin koko säädin täytyy virittää uudelleen
  - lämpötila-asetusarvojen lisäksi otettava huomioon mm. säädön oikea porrastus: tuloilman lämpötilan laskiessa otetaan ensin kaikki teho irti lämmöntalteenotosta tai kierrätysilmasta ja vasta sen jälkeen avataan venttiiliä,. Porrastusta voidaan testata asetusarvoa muuttamalla ja seuraamalla toimilaitteiden liikkeitä.
    - Tyypivirheitä ovat mm. portaiden päällekkäisyys tai väärä järjestys).
    - Porrastuksen korjaaminen edellyttää yleensä erikoisosaamista.
- Ilmastoinnin toimintaa ohjataan usein myös erillisillä tehonvaihto- yms. termostaateilla, joiden asetusarvot saattavat olla virheellisiä ja lisäksi termostaattien löytyminen on yleensä hankalaa ja aikaa vievää
- Säätöventtiilit vuotavat tai ovat liian suuriksi mitoitettuja, jolloin tuloilman tai verkostoveden lämpötila on tarpeettoman korkea pienillä kuormilla.
- Säätöpiirit saattavat värähdellä jatkuvasti, mikä voi johtua esimerkiksi ylimittaisista venttiileistä tai säätöportaiden päällekkäisyydestä. Värähtelyjakso voi olla useita kymmeniä minuutteja. Säädön toimintaa on seurattava riittävän pitkä aika!
- Säätävät anturit voivat sijaita virtauskatveessa (esim. ääniloukku, kanavaeriste, kanavan mutkan sisäkehä, puhaltimen ulospuhallusaukon vieressä), jolloin säätö ei reagoi oikealla tavalla. Vastaava ongelma esiintyy anturin suojataskun ollessa prosessin nopeuteen nähden massiivinen (esim. käyttövesipiiri).
- Säätävän anturin sijainti voi heikentää säätöpiirin toimintaa oleellisesti myös silloin, jos anturi sijaitsee suuren lämpökapasiteetin jälkeen virtaussuunnassa. Tyypillinen esimerkki on tuloilmakoneen massiivinen jäähdytyspatteri lämmityspatterin ja säätävän anturin välissä. Oireena tällaisissa tapauksissa on säädön huojunta ja yleensä hidas reagointi kuormitusmuutoksiin.
- Erityisesti puhaltimen imupuolella olevat anturit, kuten poistoilma-anturit, saattavat mitata asennusympäristön lämpötilaa poistoilman sijasta johtuen huonosti tiivistetyn asennusreiän ohivirtauksesta tai epätiivisiin anturirakenteen läpivirtauksesta. Vastaava ongelma esiintyy pinta-antureilla, joita on käytetty erityisesti vanhoissa verkostosäätimissä.
- Ulko- ja kierrätysilmapeltien toimintavivustoissa on tyypillisesti isoja välyksiä, mistä johtuen pellit eivät sulkeudu tiiviisti.
- Kaikissa kohteissa ei välttämättä ole poistoilmakanavissa sulkupeltejä ollenkaan, mikä aiheuttaa vuotoja puhaltimien ollessa pysähdyksissä. Nämä vuodot voivat olla poistovirtauksia

(termiset voimat) tai tulovirtauksia (alipaine!), molemmat aiheuttavat lämpöhäviöitä, sisäänvirtaava ilma saattaa aiheuttaa paikallisesti jäätymisvaurioita.

- Kierrätysilmaosien peltien asennot eivät vastaa kierrätysilman osuutta tuloilmassa, mikä voi johtaa joko energian tuhlaukseen (liian pieni kierrätysilmaosuus) tai sisäilmaongelmiin.
  - Kierrätysilmasuhde voidaan määrittää laskennallisesti lämpötilamittauksien perusteella vastaavalla kaavalla, millä lasketaan lämmöntalteenottolaitteiston hyötysuhde. Mittaustarkkuuteen tulee kiinnittää erityistä huomiota kanavan lämpötilakerrostmista johtuen.
- Patteri- ja IV-verkoston säätimien ns. kompensointikäyriä (menoveden lämpötila ulkolämpötilan funktiona) ei ole välttämättä viritetty huolella tai patteriverkostoja ei ole perussäädetty.
  - Huonelämpötilaongelmia on mahdollisesti yritetty korjata tuloilman lämpötilaa nostamalla, vaikka ilmanvaihtoa ei olisi mitoitettu lämmitystarkoituksiin. Tämä saattaa johtaa siihen, että huonetilassa sijaitsevat termostaattiset patteriventtiilit ovat sulkeutuneet, jolloin ikkunat ”valuttavat” kylmän patjan lattialle.
- Ilmastoinnin ohjauskellojen käyntiajat saattavat olla vanhentuneita eivätkä vastaa tilojen käyttöä.
  - Vanhemmat kellot tahdittavat tyypillisesti itsensä verkkovirran taajuuteen (huojuu), mikä johtaa virheellisiin kellonaikoihin ja käyntiaikoihin.
  - Ohjauskellot voivat sijaita epäloogisesti ja etäällä varsinaisesta ohjattavasta koneesta, jolloin käyttäjät eivät välttämättä yhdistä oikeita kelloja oikeisiin koneisiin.
  - Ns. ratsastajilla varustetuista ohjauskelloista on hyvä ottaa valokuva ja tulkita käyntiajat kaikessa rauhassa konttorilla. Tarvittaessa ko. kuva on hyvä liittää katselmusraporttiin.

Mahdolliset puutteet säätölaitteiden toiminnassa on ehdottomasti noteerattava katselmuskierroksilla ja esitettävä katselmusraportissa, koska niillä on merkittävä vaikutus koko kiinteistön energiatalouden kannalta.

Toiminnallisten puutteiden vaikea havaittavuus tekee asiasta ongelmallisen. Esimerkiksi säädön porrastuksen testaaminen edellyttää käytännössä ”hands on” -toimenpiteitä. Tämän tyyppiset asiat ja niiden tekeminen kuuluvat katselmuksen asiaa hoitavalle henkilöstölle, EI energiakatselmoijalle. Riskinä on säätimen viritysten häiriintyminen, joka taas saattaa johtaa mm. porrastuksien muuttumiseen. Puutteiden korjaaminen, kuten esimerkiksi säätimien uudelleen viritäminen, edellyttää erikoisosaamista, jota ei välttämättä ole enää saatavilla. Tällöin toimenpiteenä on syytä harkita yhtenä vaihtoehtona myös koko säätöjärjestelmän uusimista.

#### 4.2.1 Tietokonepohjaiset rakennusautomaatiojärjestelmät (1980 – 1990 luku)

80-luvun puolivälissä jalansijaa saavuttaneet tietokonepohjaiset rakennusautomaatiojärjestelmät ovat tekniikan kehittymisen ja halpenemisen myötä yleistyneet vauhdilla ja nykyisin poikkeuksetta lähes kaikki uudis- ja peruskorjauskohteet toteutetaan säätö-, ohjaus- ja valvontatoiminnot yhdistävällä rakennusautomaatiojärjestelmällä.

Järjestelmät perustuvat DDC- tai hajautetumpaan kenttäväylä- (esim. LonWorks, Modbus, BACnet) tekniikkaan. Termi DDC tulee sanoista Direct Digital Control eli suora numeerinen säätö. Kenttäväylätekniikka on yleistymässä rakennusautomaatiomarkkinoilla ja siihen voi katselmuksien yhteydessä törmätä uusimmissa tai hiljan peruskorjatuissa kohteissa.

Rakennusautomaatiojärjestelmät ovat tyypillisesti vapaasti ohjelmoitavia järjestelmiä, joka tarkoittaa sitä, että samalla laitteistolla voidaan suorittaa tarpeen mukaan mm.:

- hälytys- ja mittauspisteiden valvontaa
- koneiden ja järjestelmien välisiä pakko-ohjauksia ja lukituksia

- aikaan sidottuja ohjauksia
- säätötoimintoja
- energiankäytön seuranta ja optimointia.

Rakennusautomaatiojärjestelmä rakentuu seuraavista osista:

- valvomo(t) järjestelmän operointia varten
- alakeskukset säätö-, ohjaus- ja valvontatoimintojen toteuttamiseen
- kenttälaitteet tiedonkeruuta sekä säätö- ja ohjauskäskyjen toteuttamista varten
- tiedonsiirtoverkko tiedon välittämistä varten.

Toiminnallisesti nämä ratkaisut eroavat erillisjärjestelmistä käyttötavaltaan. Tietokonepohjaisen järjestelmän avulla LVI- ja sähköjärjestelmien käyttö ja käytönvalvonta voidaan hoitaa keskitetysti, nykyisin myös paikasta riippumatta. Käyttöliittymänä voi olla esimerkiksi kiinteä valvomo, kannettava PC tai gsm-puhelin. Joustavan käyttöliittymän ja kattavuuden ansiosta järjestelmät soveltuvat hyvin myös aputyökaluksi energiakatselmusten suorittamisessa.

#### Tietokonepohjaisten rakennusautomaatiojärjestelmien katselmoinnissa huomioitavaa

Säätöperiaatteiden osalta ilmastoinnin vakiotulolämpötilatoteutukset ja suoraan huone- tai poistomittaukseen perustuvat ratkaisut ovat korvautuneet paremmin huonetilan lämpökuormat huomioiduilla kaskadisäätö- ja kompensointiperiaatteilla. Tällöin huone- tai poistoilman lämpötilaa mittaavan anturin perusteella ohjataan tuloilman lämpötilan säätöpiirin asetusarvoa, vrt. kuva 3.3. Säätöpiirin viritysparametrien avulla voidaan aiempaa paremmin asettaa ne raja-arvot, missä tuloilman lämpötila voi liikkua samoin kuin huone/poistolämpötilan vaikutusaste tuloilman lämpötilaan. Prosessi on paremmin hallittavissa, mikä oikein hyödynnettynä johtaa myös aiempaa parempaan energiatalouteen ja sisäilmastoon.

DDC-tekniikkaan perustuvissakin toteutuksissa on omat ”tyyppivikansa”, jotka on hyvä katselmuskierroksilla tunnistaa. Useimmat edellä kuvatut kenttälaitteisiin (anturit, vivustot, termostaatit ym.) ja säädön porrastuksiin liittyvät puutteet voivat yhtä hyvin esiintyä myös DDC-järjestelmien yhteydessä.

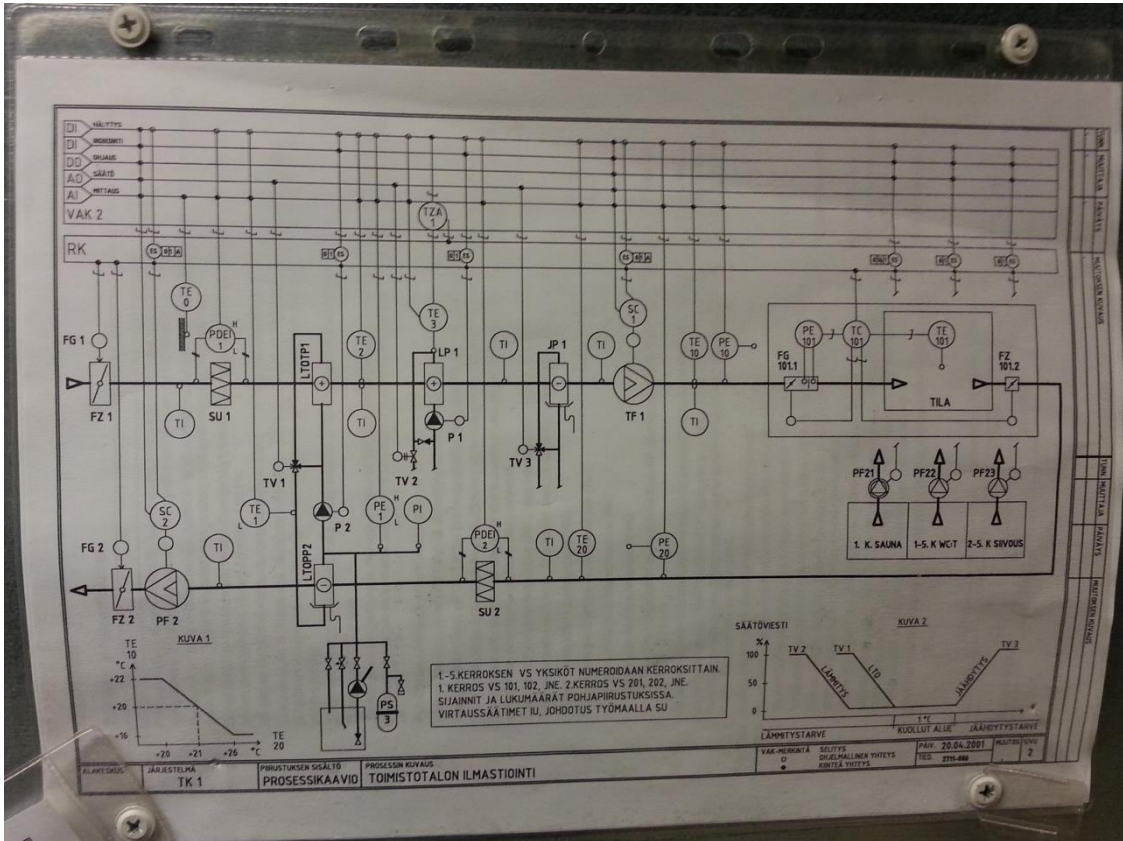
DDC-järjestelmien katselmoinnissa on tarkistettava/muistettava mm. seuraavat asiat:

- DDC-järjestelmät ovat kentällä tarkasteltuna analogisia järjestelmiä epähavainnollisempia, koska asetusarvo- yms. säätönupit puuttuvat.
  - Ainoa keino selvittää säädön toiminta on perehtyä dokumentointiin, erityisesti säätökaavioihin.
  - Muistettava, että säätökaaviot ja toimintaselostukset voivat olla vanhoja/päivittämättä, joten ne eivät vastaa toteutusta.
  - Alakeskuksissa olevat järjestelmätoimittajan kuvat saattavat olla puutteelliset/päivittämättä viimeisimmillä muutoksilla.
  - Dokumenttien saatavuus ja ajantasaisuus on syytä varmistaa ennen kenttäkierrokselle lähtöä.
- Joissakin järjestelmissä on mahdollisuus käyttää suoraan alakeskukseen liitettävää käsikäyttöä.
  - Päänteen käyttö voi kuitenkin olla monimutkaista ja epähavainnollista, joten siihen on ensisijaisesti varattava päänteen käyttöön vihkiytynyt käyttäjä mukaan kierroksille. Toissijaisesti katselmoijan on perehdyttävä ko. päänteen käyttöön perusteellisesti ennen kenttäkierrosta.

- Usein ainoa keino saada viimeisin, ajantasainen tieto järjestelmästä on todellisuudessa tustua graafiseen käyttöliittymään.
  - Uusimmissa järjestelmissä on kuitenkin usein mahdollista konehuonekierroksella käyttää huollon kannettavaa tietokonetta tai muuta kannettavaa laitetta ja tarkastella näin graafista käyttöliittymää konehuoneessakin, tämä antaa yleensä parhaan mahdollisuuden tarkastella prosesseja käytännön tasolla.
- Ohjelmavirheet aiheuttavat ei-toivottuja muutoksia, toimintoja ja puutteita mm. asetusarvoihin, säädön porrastuksiin, lukituksiin, tuloilmapatterin jäätymissuojaukseen (ohjelmallinen ja/tai fyysinen jäätymissuoja), hälytyksien perillemenoon jne.
  - Ohjelmavirheiden havaitseminen on työlästä ja yleensä sattumanvaraista ellei kaikkia toimintoja testata.
  - Ohjelmavirheitä saattaa olla odotettavissa, mikäli järjestelmään on tehty ohjelmistopäivityksiä tai alakeskusohjelmien uudelleen latauksia.
  - Uudet ohjelmaversiot/uudelleen ladatut alakeskusohjelmat eivät välttämättä noteeraa aiemmin mahdollisesti työllä ja vaivalla kohdalleen haettuja käyttöparametreja.
- Sääto- ja viritysarvojen testaaminen ja muuttaminen lämpötila-asetusarvoja lukuun ottamatta edellyttää yleensä hyvää perehtyneisyyttä järjestelmään, eikä välttämättä onnistu katselmuksien yhteydessä.
  - *Katselmuksessa havaittujen muutostarpeiden toimeenpano on aina suositeltavaa tehdä kiinteistön huollosta ja ylläpidosta vastaavan tahon toimesta sen vuoksi, että näin muutokset pysyvät käyttöhenkilökunnan tiedossa/hallussa.*
- DDC- järjestelmien säätö- ja mittaustoiminnot ovat epäjatkuvia toisin kuin analogisilla säätimillä.
  - DDC-alakeskus mittaa säädettävää suuretta ottamalla siitä näytteen tietyin aikaväleillä ja päivittämällä tämän jälkeen toimilaitteohjausta. Aikaväliä kutsutaan säätöaikaväliksi.
  - Nopeissa prosesseissa (esim. ilmavirtasäätö, lämmin käyttövesisäätö) DDC-säädin ei välttämättä ehdi muutoksiin mukaan, mikä voi näkyä värähtelytaipumuksena ja suurina säätöpoikkeamina. Joissakin DDC-toteutuksissa on käytetty tämän vuoksi analogisia säätimiä esimerkiksi käyttövesipiireissä.



Kuvassa 3.3 on esitetty tyypillinen DDC-tekniikalla toteutettu ilmastointijärjestelmä toimintaselostuksineen. Kuvassa 3.4 on vastaavasti tyypillinen lämmitys- tai IV -verkoston DDC-säätöjärjestelmä toimintaselostuksineen. Oleellisia muutoksia analogisiin toteutuksiin verrattuna on tietotekniikan soveltamisen ohella säätöperiaatteiden kehittyminen ja prosessien runsaampi instrumentointi (enemmän mittauksia), jolloin talotekniikan toimivuudesta saadaan kattavampi kuva.



Kuva 4.3 DDC-järjestelmään liitetyn tulo- ja poistoilmakoneen säätökaavio

## 4.3 RAKENNUSAUTOMAATIOJÄRJESTELMÄN KÄYTTÖ KATSELMUKSESSA

### 4.3.1 Rakennusautomaatiojärjestelmän hyödyntäminen katselmuksessa

Rakennusautomaatiolla on energiakatselmuksien suorittamisen kannalta kaksi roolia. Toisaalta automaatiojärjestelmät ovat katselmoitavia kohteita eli niiden toimintakunto ja käyttöperiaatteet on selvitettävä osana katselmusta. Toisaalta rakennusautomaatiota voidaan hyödyntää myös työkaluna muiden järjestelmien toiminnan ja olosuhteiden seurannassa. Tämä mahdollisuus on tosin hyödynnettävissä vasta, kun automaation toimintakunto on ensin varmistettu.

Rakennusautomaatiojärjestelmä on hyvä työkalu energiakatselmoijalle, mutta hyödyntämislajuuus on kuitenkin viimekädessä katselmoijan päätettävä tapauskohtaisesti. Epäluotettavan ja epätarkan tiedon tarkastelusta ei ole hyötyä katselmointityössä. Toisaalta hyvin toimiva ja luotettava rakennusautomaatiojärjestelmä on erittäin tehokas apuväline katselmuksessa.

Mikäli mahdollista, katselmus kannattaa tehdä jäähdytyskaudella ja lämmityskaudella. Näin voidaan kiinnittää erityishuomiota molempina kausina esiintyviin, kauden mukaan vaihtuviin asioihin. Samojen grafiikkanäkymien läpikäynti eri toimintatilanteissa antaa nopeasti hyvän kuvan lämpötilojen, olosuhteiden ja muiden toiminta-arvojen muutoksista. Jälkimmäisellä katselmuskerralla voidaan myös varmistua, että ensimmäisellä kerralla havaitut viat ja puutteellisuudet on korjattu.

**Energiakatselmoija käy läpi rakennusautomaatiojärjestelmän keskeiset ominaisuudet läpi yhteistyössä kohteen henkilökunnan kanssa.**

**HUOM! Energiakatselmuksessa katselmoija ei tee muutoksia havaitsemiinsa epäkohtiin, vaan kirjaa ne ja kohteen henkilökunta hoitaa asiat kuntoon. Mitään asetusarvoja, käyntiaikoja, käyttötiloja, ym. energiakatselmoija ei saa muuttaa omatoimisesti. Myös testaus-toiminnassa on noudatettava erityistä huolellisuutta ja KAIKKI muutetut arvot on palautettava desimaalilleen alkuperäisiksi.**

Alakeskusten epähavainnollisuuden vuoksi DDC-järjestelmää kannattaa tarkastella katselmuksien yhteydessä ennen kaikkea valvomon grafiikkanäyttöjä hyödyntäen. Tällöin saadaan nopeasti hyvä yleiskuva järjestelmän ja samalla koko talotekniikan toimivuudesta. Yksittäisten prosessien seurannassa kannattaa lisäksi hyödyntää rakennusautomaation trendiseurantaominaisuuksia, mikäli ne ovat käytettävissä. Kohteen omassa käytössä on usein jatkuvasti ajettavia trendejä esim. keskeisistä lämpötiloista. Näitä valmiita trendejä voidaan yleensä hyödyntää katselmuksessa. Katselmoija voi myös pyytää kohteen henkilökuntaa asettamaan seurantaan erityisiä kiinnostavia pisteitä.

Katselmoijan on otettava huomioon, että valvomopäätteen grafiikalla näkyvät mittausarvot, toimintatilat, jne. eivät välttämättä ole totuudenmukaisia. Mittausten virheellisyys, ohjelmallisesti lukitut arvot, laitevauriot, ryhmäkeskuksissa olevat käsiohjaukset ym. ovat mahdollisia ja saattavat johtaa virheellisiin johtopäätöksiin tarkasteltaessa tilannetta vain valvomopäätteeltä. Katselmoijan on syytä varmistaa rakennusautomaation mittausten luotettavuus ja kalibrointi, koska suuri osa katselmuksinformaatiosta saadaan tällöin näiden mittausten kautta. Milloin järjestelmän (edes tärkeimmät) mittaukset on viimeksi kalibroitu?

**Merkittävien ja tavanomaisesta poikkeavien toiminta-arvojen ja käyttötilojen todellinen tilanne on aina varmistettava paikan päällä ko. tiloissa tai konehuoneissa.**

#### **4.3.2 Rakennusautomaatiojärjestelmän kunnon selvitys**

Rakennusautomaation toimintakunnon selvittäminen kannattaa aloittaa kuten muidenkin järjestelmien osalta yleiskuvan muodostamisella. Tämä onnistuu parhaiten perehtymällä saatavilla olevaan dokumentointiin, käyttäjähaastatteluilla ja selailemalla järjestelmän grafiikoita valvomon käyttöpäätteellä.

Dokumentoinnin paikkansapitävyys on ensin selvitettävä, ovatko arkistosarjat ja käyttösarjat kunnossa? Tässä käyttäjien, mahdollisesti rakennusautomaatiojärjestelmän ulkopuolisen ylläpidosta vastaavan tahon ja/tai järjestelmätoimittajan haastattelu on ensiarvoisen tärkeää. Mikäli dokumentointi ei ole ajan tasalla, on tärkeää tuoda katselmuksessa esille päivitystarve, paperinen dokumentointi kuntoon myös sähköiseen muotoon.

Lisäksi tulee varmistaa, että järjestelmän alakeskus- ja valvomo-ohjelmista on ajantasaiset varmuuskopiot ja että niiden säännölliselle tallentamiselle on olemassa rutiinit ja menettelytavat.

Rakennusautomaatiojärjestelmä on huollettava ja tarkastettava säännöllisesti. Usein tehokkaan säännöllisen huollon, tarkastuksen ja raportoinnin ylläpito ja seuraaminen vaatii ulkopuolisen koordinoivan tahon, joka valvoo ja raportoi rakennusautomaation- ja huollon toiminnasta kiinteistön johdolle ja/tai tilaajalle säännöllisesti esim. 2-4 kertaa vuodessa. Lisäksi on suositeltavaa tehdä aika ajoin kenttäauditoiteja ulkopuolisen tahon toimesta, jossa tarkastetaan esim. rakennusautomaation toiminta, energiatehokkuus, talotekniikan yleinen toimivuus, kiinteistöhuollon toimivuus. Normaalisti kohteen henkilökunnalla ei ole aikaa eikä riittävää pätevyyttä hoitaa näitä asioita.

Tarkempi katselmointi voidaan jäsentää esimerkiksi seuraaviin vaiheisiin:

- Mittausten tarkistaminen (ja kalibrointi, mikäli järjestelmää aiotaan hyödyntää seurantatyökaluna katselmuksessa)
- On-off-tyyppisten ohjausten ja lukitusten testaus
- Käyntiaikojen tarpeenmukaisuuden selvittäminen
- Säättöimintojen testaus ja trendiseuranta.

Varsinainen kenttäkatselmointityö kannattaa luonnollisesti yhdistää muiden järjestelmien katselmoinnin yhteyteen kenttäkierroksien nopeuttamiseksi.

#### 4.3.3 Mittausten tarkistaminen ja kalibrointi

Energiakatselmuksessa ei ole tarkoituksenmukaista (aika- ja kustannusrajoitus) käydä yksityiskohdaisesti läpi rakennusautomaatiojärjestelmien mittauksia ja tarkistaa niiden luotettavuutta. Katselmoijalla tulee kuitenkin olla käsitys siitä, ovatko grafiikanäkymien mittaustulokset ylipäättään luotettavia. Pistokoemaisia mittaustulosten tarkistuksia on katselmuksessa joka tapauksessa tehtävä ja etenkin valvomopäätteeltä havaittujen, tavanomaisesta merkittävästi poikkeavien mittaustulosten osalta.

Mittausvirheet voivat johtua useista eri syistä. Tyypillisiä virhelähteitä ovat

- anturin asennusvirhe
- anturin mittaavan elementin epätarkkuus
- anturikaapeloinnista aiheutuvan linjavastuksen aiheuttama virhe
- asennusympäristön aiheuttamat häiriötekijät, kuten lähellä sijaitsevan kuuman kappaleen säteilylämpö ja vuotovirtaukset esim. konehuoneesta anturiin päin.

Anturin mahdollinen asennusvirhe tai ympäristön aiheuttamat häiriöt voidaan arvioida silmämääräisesti. Tyypillisimpiä ovat tilanteet, joissa mittaustulokseen vaikuttaa auringon säteily, avoimen ulkoven kautta tapahtuva ilman virtaus, lähistöllä sijaitseva lämpöä tuottava laite jne.

Anturin näyttämä saadaan joko alakeskukseen liitetyllä kannettavalla käyttöpäätteellä tai valvomon näytöltä. Anturikaapeloinnin aiheuttaman linjavastuksen ja anturin oman epätarkkuuden vaikutus selvitetään ottamalla kalibroidulla käsimittarilla vertailumittaus ao. anturin välittömästä läheisyydestä ja vertaamalla lukemia keskenään. Toimenpiteen jouheva suorittaminen vaatii usein kahden henkilön työpanosta ja esim. radiopuhelinyhteyttä, jolloin toinen on prosessin luona ja toinen alakeskuksella tai valvomossa.

Useimmissa rakennusautomaatiojärjestelmissä mittausten kalibroiminen on mahdollista. Tämä tapahtuu esimerkiksi muuttamalla mittaussiirin ns. offset-asetusta käyttöpäätteellä vertailumittauksen osoittamalla tavalla. Toimenpide saattaa järjestelmästä riippuen vaatia erikoisosaamista ja siten esimerkiksi ko. järjestelmätoimittajan apua.

Edellä mainittujen anturikaapelointivikojen selvittäminen tai kalibrointien suorittaminen ei kuulu tuettuun Motiva-energiakatselmukseseen, vaan niiden osalta on tehtävä tilaajan kanssa erillinen toimeksiantosopimus.

#### 4.3.4 Ohjausten ja lukitusten testaus

Rakennusautomaation liittyviä on-off -ohjauksia ja lukituksia ovat tyypillisesti

- tulo- ja poistoilmakoneiden käy-seis -ohjaukset
- ulkopeltien auki-kiinni -ohjaukset
- erillisten puhaltimien ja pumppujen ohjaukset

- rinnankäyviin puhaltimien ja pumppujen lukitukset
- valaistuksen ohjaukset
- jäähdytyskoneistojen, kompressoreiden yms. käyntilupaohjaukset
- vyöhykekohtaisten (tai vast.) peltien auki-kiinni -ohjaukset.
- Saatto-, räystäs- yms. lämmitysten ohjaukset.

Ohjauksiin liittyy usein aikaohjaus viikko-vuorokausiajastukseen perustuen. Niillä on keskeinen rooli energiataloudellisen käytön kannalta.

Energiakatselmuksessa ei ole tarkoituksenmukaista käydä yksityiskohtaisesti läpi rakennusautomaatiojärjestelmien ohjauksia ja lukituksia ja tarkistaa niiden toimintaa. Katselmoijalla tulee kuitenkin olla käsitys siitä, ovatko laitteiden käyntitilatiedot grafiikkanäkymissä ylipäättään luotettavia ja toimivatko esimerkiksi järjestelmään asetetut aikaohjelmat vai tapahtuuko ohjaus esimerkiksi käsi-kytkimin.

Pistokoemaisia toimintojen tarkistuksia ohjausten toiminnasta on katselmuksessa joka tapauksessa syytä suorittaa. Tämä voidaan suorittaa trendiajojen avulla tai tekemällä havaintoja valvomopäätteeltä eri vuorokaudenaikoina. **Etenkin valvomopäätteeltä havaittujen, tavanomaisesta poikkeavien puhaltimien, pumppujen, tms. käyntitilojen ja toimintojen osalta on syytä varmistaa havainnot paikan päällä konehuoneessa.**

Ohjauksien toimivuus voidaan tarkastaa joko ohjauslähtökohtaisesti tai ao. prosessin osan kokonaistoiminnan testaamisen ja seurannan yhteydessä, mistä tavoista viimeksi mainittu on havainnollisempina suositeltavampi. Tällöin katselmoitavaa prosessia ajetaan eri toimintatiloissa esimerkiksi asetusarvoa liu'uttamalla ja seurataan, että ohjaukset ja lukitukset toimivat tarkoituksenmukaisesti vertaamalla toimintaa säätökaavion ja toimintaselostuksen kuvauksiin.

Puhaltimien ja pumppujen keskinäiset lukitukset voidaan testata ryhmäkeskuksen käyttökytkimien avulla. Ennen testaamista on kuitenkin selvitettävä, miten kokonaisuuden pitäisi toimia ja miten tämä heijastuu lukituksiin ja ohjauksiin. Tyypillisesti varsinkin vanhemmissa kohteissa myös dokumenteissa saattaa olla virheitä tai niitä ei ole päivitetty muutoksien jälkeen. Usein puhaltimien ja pumppujen tarkoituksenmukainen toiminta joudutaan osittain päättelemään kentällä ja testaamaan lukitukset sen perusteella. Toimenpide saattaa olla työläs ja mm. kellokytkimien ja muiden ohjaukseen vaikuttavien laitteiden löytäminen voi olla tuskan takana, mitä työtä helpottaa huoltomiehen paikallaolo. Tämänkin vuoksi kohteeseen tulisi perehtyä riittävästi etukäteen saatavilla olevan materiaalin ja käyttäjähaastatteluiden perusteella sekä hyödyntämällä paikallista osaamista ja tietämystä.

Saatto-, räystäs-, ajoluiska- ja muut vastaavat lämmitykset ovat usein sähköteholtaan merkittäviä ja valitettavan usein myös tarpeettomasti päälle kytkettyinä. Näiden toiminta- ja käyttöperiaatteet kannattaa selvittää huolella katselmuksen yhteydessä. Valitettavan usein myöskään käyttö- ja hoitohenkilöstö ei tiedosta lämmityskytkentöjen olemassaoloa eikä ohjausperiaatteita.

#### 4.3.5 Käyntiaikojen tarpeenmukaisuuden selvittäminen

Yleistavoitteena voidaan pitää sitä, että tilaan liittyvän talotekniikan käyttö on tarpeenmukaista. Tilan ollessa käytössä on myös ilmanvaihto ja valaistus kytkettyinä. Tilan ollessa tyhjänä voidaan valot ja ilmanvaihto pääsääntöisesti kytkeä pois. Tarpeenmukaisella jaksottaisella käytöllä voidaan saavuttaa merkittäviä lämmitys- ja sähköenergiesäästöjä. Taulukossa 3.1 on esitetty säästövaikutusten havainnollistamiseksi käyntiaikojen merkitystä ilmanvaihdon kokonaisenergiankulutuksen kannalta. Koko rakennuksen ollessa tyhjänä on huolehdittava riittävän perusilmanvaihdon toteutumisesta mm. kosteus- ja sisäilmaongelmien välttämiseksi.

Yksinkertaisimmillaan tarpeenmukainen käyttö voidaan toteuttaa tulo- ja poistoilmakoneiden sekä valaistuksen aikaohjelmien tai vanhemmissa kohteissa erillisten ohjauskellojen avulla. Edistyneemmissä ohjausratkaisuissa hyödynnetään esimerkiksi läsnäolotunnistinta ja hiilidioksidipitoisuuden mittausta, joiden toimintakunto voidaan testata ao. tilan säätötoimintojen testaamisen yhteydessä.

Oikeiden käyntiaikojen selvittäminen edellyttää katselmuskierroksilla kiinteistön käyttö- ja hoitohenkilöstön haastatteluja. Voimassaolevat käyntiajat selviävät rakennusautomaatiojärjestelmän aikaohjelmia tai ohjauskelloja tutkimalla. Ongelmana on tyypillisesti kuitenkin se, että käyttö- ja hoitohenkilöstökään ei tiedä eri tilojen todellisia käyttöaikoja, jolloin myös tilojen käyttäjien edustajia on kuultava katselmusten yhteydessä.

Taulukko 4.1. Ilmanvaihdon käyntiaikojen merkitys lämpö- ja sähköenergian kulutukseen eräessä esimerkkitapauksessa.

Käyttötapa	Ei lämmön talteenottoa			Varustettu lämmön talteenotolla		
	Lämpö	Sähkö	Kustannukset	Lämpö	Sähkö	Kustannukset
	MWh/a	MWh/a	eur/a	MWh/a	MWh/a	eur/a
1/1-teho jatkuvasti	900	60	45 900	450	90	28 350
1/1-teho työaikana, muulloin ½	570	25	27 900	280	35	15 750
1/1-teho työaikana	240	15	12 150	120	25	7 650
Ilmavirta	5 m <sup>3</sup> /s					
Lämpö	45 eur/MWh					
Sähkö	90 eur/MWh					
Työaika 7-17 arkisin						

#### 4.3.6 Säätötoimintojen testaus

Energiakatselmuksessa ei ole tarkoituksenmukaista käydä yksityiskohtaisesti läpi rakennusautomaatiojärjestelmien säätötoimintoja ja tarkistaa niiden toimintaa. Katselmoijalla tulee kuitenkin olla käsitys siitä, toimiiko lämpötilojen ja muiden toiminta-arvojen säätö tarkoituksenmukaisella tavalla.

Pistokoemaisia säätötoimintojen tarkistuksia on katselmuksessa joka tapauksessa tehtävä. Tämä voidaan suorittaa trendiajojen avulla tai tekemällä havaintoja valvomopäätteeltä eri olosuhteissa (esimerkiksi eri ulkolämpötiloilla, eri vuorokaudenaikoina, jne.). **Etenkin valvomopäätteeltä havaittujen, tavanomaisesta poikkeavien säätötoimintojen osalta on syytä varmistaa havainnot paikan päällä konehuoneessa.**

Katselmointikierroksen aikana tuloilmakone- ja verkostokohtaisesti

- tarkastetaan säätöpiirin reagointi esimerkiksi pienen asetusarvomuutoksen avulla
- tarkastetaan säädön porrastus liu'uttamalla asetusarvoa siten, että kaikki säätöportaat ja toiminnot käydään läpi
- seurataan säädettävää suuretta (lämpötila, kosteus, kanavapaine) riittävä aika jatkuvan huojunnan paljastamiseksi – tämä käy yleensä ilmi myös trendiseurannassa
- tuloilmakoneen osalta pysäytetään kone esimerkiksi jäätymissuojan avulla sulkemalla patteripiirin virtaus hetkellisesti käsisulkuventtiilillä
  - **varottava jäädyttämästä patteria, toimenpidettä ehdottomasti vältettävä kovalta pakkasella**
  - tarkastetaan lukituksien toiminta, ulkopeltien sulkeutuminen tiiviisti sekä paluuvessäädön toimivuus ja asetusarvo
  - kuitataan jäätymissuoja ja valvotaan, että kone palautuu normaaliin käyttötilaan.

**Säätötoimintojen testauksessa on kohteen henkilökunnan läsnäolo välttämätöntä. Kaikki asetusrvot on palautettava alkuperäisiksi heti testin jälkeen.**

Säädön reagoinnin tarkastamisella varmistutaan, että säätöpiiri yleensä on "hengissä". Säätöporrastus on tärkeää tarkastaa siinä usein esiintyvien virhetoimintojen ja päällekkäisyyksien vuoksi. Lukituksien, jäätymissuojan ja ulkopeltien sulkeutumisen toimivuus on syytä tarkastaa, koska tulo- ja poistoilmakoneiden tarkoituksenmukainen toiminta on edellytyksenä ilmanvaihdon energiataloudelliselle käytölle.

#### 4.3.7 Trendiseurannan hyödyntäminen

Trendiseurantojen avulla voidaan tarkastella katselmuskohteen LVI-järjestelmien toimintaa laajemmin kuin ainoastaan katseluspäivänä. Oikein määritellyt trendit ovat hyvä työkalu, kun tarkastellaan toteutuneita lämpötiloja ja sisäolosuhteita eri sää- ja kuormitusolosuhteissa.

Kenttäkatselmuskierrosta on hyvä täydentää trendiseurannalla, mikäli rakennusautomaatiojärjestelmässä tämä mahdollisuus on hyödynnettävissä. Trendiseurannassa järjestelmä kerää omien antureidensa välityksellä asetelluin aikavälein trendiin liitettyjen mittausta-, asetusrvo- ja ohjauspiirien arvoja ja tallentaa mittaustulokset valvomon kovalevyille. Mittaustieto on tämän jälkeen hyödynnettävissä ja jatkojalostettavissa esimerkiksi taulukkolaskentaohjelmien avulla.

Joissakin automaatiojärjestelmissä kovalevyille tallentavia trenditoimintoja voidaan kutsua myös historia- tai tilastointitiedon keruuksi ja varsinaisella trendiohjelmalla tarkoitetaan reaaliaikaista, valvomon kuvaruudulla näkyvää grafiikkaesitystä. Reaaliaikainen seuranta sitoo kuitenkin katselmoijan pitkäksi aikaa päätteen ääreen (LVI prosessien aikavakiot ovat usein pitkiä, pahimmillaan tunteja, jopa vuorokausia), joten tallentava seurantamuoto soveltuu katselmuksien yhteyteen ehdottomasti paremmin.

Pitkäaikainen trendiseuranta kertoo rakennuksen olosuhteista ja eri prosessien toimivuudesta huomattavasti enemmän kuin katselmuskierroksen aikana saatava hetkellisinformaatio. Seurantapisteet kannattaa valita jo katselmoinnin valmisteluvaiheen aikana (erillinen mittaussuunnitelma yhdessä tilaajan ja huoltohenkilökunnan kanssa!). Tarkoituksenmukainen seurantajakso on vähintään vuorokausi seurattavaa prosessia kohden, jolloin tyypillisimmät käyttötilanteet tallentuvat analysoitavaksi. Suositeltavaa on käyttää pidempiä seurantajaksoja, jolloin myös erikoistilanteita (viikonloppu, ylityökäyttö, ulkolämpötilan muutokset jne.) saadaan tallennettua. Mittaustiedon tallennusaikaväliksi riittää esimerkiksi tuloilma- ja verkostolämpötilojen osalta 10 minuuttia ja huone/poistolämpötilojen osalta 30-60 minuuttia, mutta esimerkiksi paineilmakompressorien osalta voidaan tarvita jopa 1-10 s välein tallentuvaa tietoa. Seurantatiedoista on selkeästi käytävä ilmi ajankohta, jolloin asioita on seurattu.

Seurantaan liitettäviä pisteitä ovat esimerkiksi:

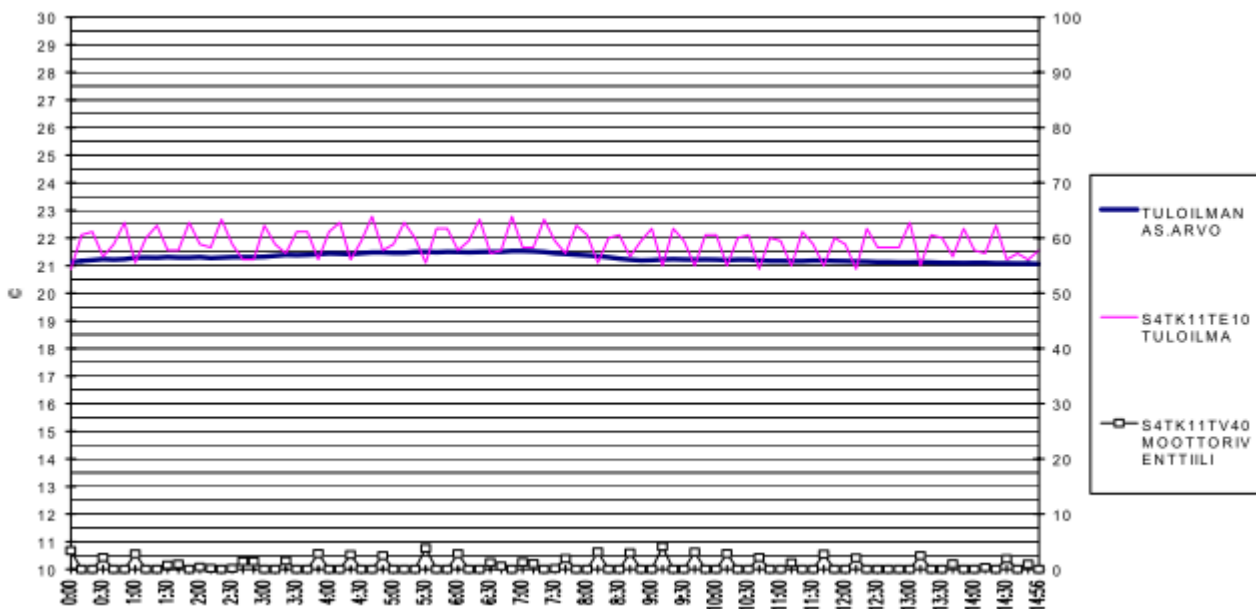
- ulkolämpötila
- lämmitysverkostojen meno- ja paluuveden lämpötila
- jäähdytysverkostojen meno- ja paluuveden lämpötila
- lauhdutusverkostojen toiminta-arvot
- tuloilman lämpötilat, kosteus, kanavapaine
- huone- ja / tai poistolämpötilat, CO<sub>2</sub>-pitoisuus, kosteus
- lämmön talteenoton lämpötilasuhde
- lämpötilat eri käsittelyportaiden jälkeen (LTO, kierrätys), mikäli mittaustuloksen luotettavuudesta on varmistuttu
- toimilaitteohjaukset
- taajuusmuuttajan ohjausviesti

- ilmavirtatieto koneelta tai kanavasta.

Seurantatietojen graafisissa esityksissä on

- asiat esitettävä selkeästi ja riittävän suurin kirjaimin ja numeroin aika- ja suureakselin tiedot
- esitettävä sekä vaaka- että pystyakseliivoitus
- akseliivoitusten on oltava riittävä tiheä/harva asioiden helpon tulkinnan varmistamiseksi.
- suureiden viivoituksissa on käytettävä (myös mustavalkotulosteissa) selkeästi erottuvia viivatyyppisiä ja -leveyksiä
- aika-akselin alkuhetken oltava tasainen ajankohta, esim. 0.00, 6.00 12.00
- aika-akselin merkintöjen on oltava riittävän selkeitä/lyhyitä ajankohdan helpon tunnistamisen varmistamiseksi.

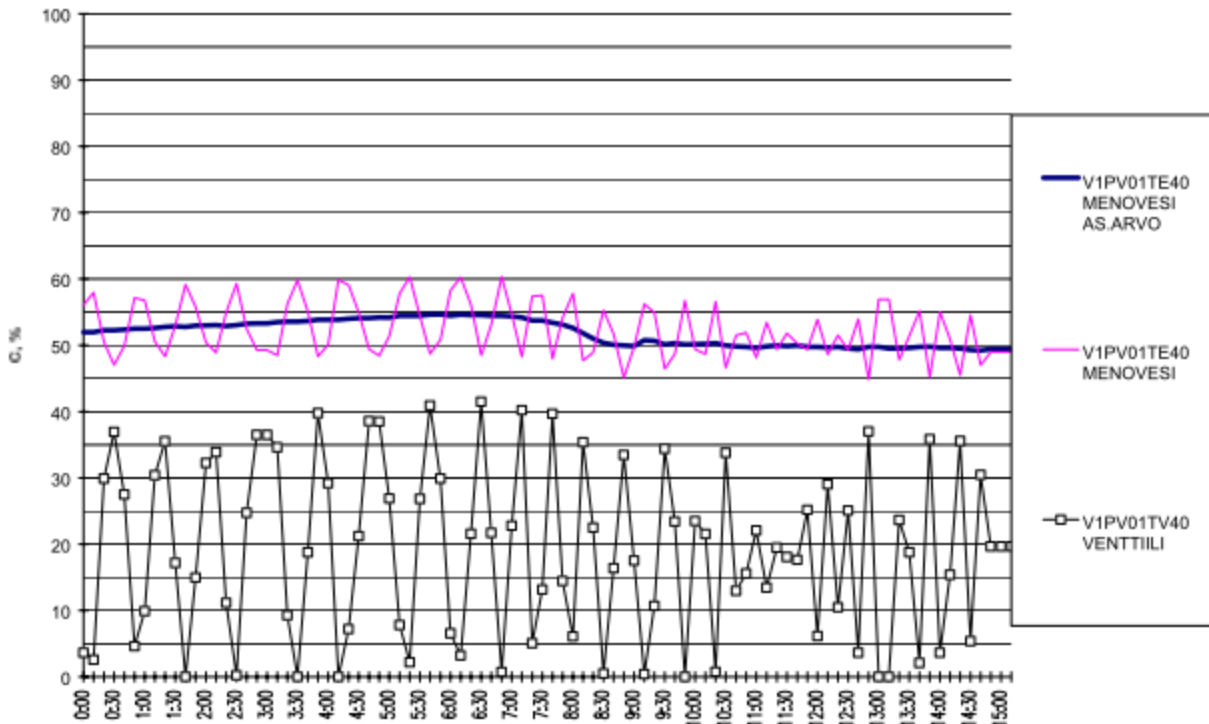
Kuvissa 4.5 ja 4.6 on esitetty esimerkkejä trendiajoista ja testauksien tulkinnasta.



Ylimitoitettu tuloilmakoneen lämmityspatterin säätöventtiili. Kuvasta 3.5 voidaan havaita, että venttiili toimii koko ajan lähellä kiinniasentoa (moottoriventtiilin ohjausviesti tasolla 0...5 %) samalla kun säätöpiiri värähtelee jatkuvasti. Kyseessä on istukkaventtiilin ns. avausvärähtely. Ilmiö johtuu siitä, että venttiili joutuu toimimaan säätöalueensa ulkopuolella. Istukkaventtiili muuttuu käytännössä on-off -tyyppiseksi toiminnaltaan, mikäli sillä on yritetään hallita säätöalueeseen ja mitoitusnähdessä liian pieniä virtaamia. Vaihtoehtoja korjaustoimenpiteiksi on useita: Ensisijainen harkittava vaihtoehto on IV - verkoston säätökäyrän pudottaminen, jolloin venttiilin toimintapistettä saadaan nostettua lineaarisen toiminnan alueelle. Mikäli tämä ei onnistu (esim. muiden verkostoon liitettyjen järjestelmien tehot eivät riitä), joudutaan harkitsemaan venttiilin korvaamista pienemmällä tai jakamalla venttiili kahteen portaaseen esim. kv - arvojen suhteessa 1/3 - 2/3.

Kuva 4.5 Esimerkki trendiajoista ja tulkinnasta





Kuvassa 3.6 on esitetyssä esimerkissä mahdollisia syitä säätöpiirin värähtelyyn voivat olla mm. puutteellinen viritys (liian kireä eli säätimen P - alue liian kapea), anturin tai toimilaitteen hitaus suhteessa prosessin aikavakioon (30 sekunnin prosessiin ei sovellu 60 sekunnin moottori) tai anturin väärä asennuspaikka (prosessin aikavakioon nähden liian pitkä viive; viive eli kuollutaika saa olla vain murto-osia aikavakiosta).

Kuva 4.6. Esimerkki 2 trendiajoista ja tulkinnasta.

#### 4.4 RAKENNUSAUTOMAATIOJÄRJESTELMÄN UUSIMISTARPEEN ARVIOINTI

Mitkä asiat ovat yleensä rakennusautomaatiojärjestelmän uusimisen perusteina:

- Järjestelmän ikä (yleensä uusimis- tai vähintään päivitystarve, kun järjestelmä 12–15 vuotta vanha)
  - toimenpiteet kohdistuvat yleensä alakeskus- ja valvomolaitteisiin, kentälaitteiden (anturit, toimilaitteet, yms.) käyttöikä on yleensä pidempi
- Järjestelmän varaosien tai huolto-/korjauspalveluiden saatavuus, ohjelmointi-/ohjelmistotuen saatavuus
  - täsmälliseen arviointiin tarvitaan kirjallista lausuntoa järjestelmän toimittajalta, kärkeän arvioin voi saada kokeneelta rakennusautomaatiokonsultilta
- Järjestelmän toimintakunto.
  - Haastattelemalla huoltoliikettä, kiinteistöpäällikköä tai muita järjestelmää työssään paljon käyttäneitä henkilöitä saa pohjan arviolle
  - Mikäli toimintakunto on heikko, mutta järjestelmä on suhteellisen uusi, on yleensä mahdollista ja kannattavaa perusparantaa järjestelmää (esim. käyttöliittymän uusi versio ja lisätään käytettävyyden ominaisuuksia). Tämä vaatii usein suunnitelman tai vähintään neuvottelun järjestelmätoimittajan kanssa (mitä ominaisuuksia parannetaan ja miten).



Jos kiinteistössä on useita osajärjestelmiä, joilla on erillissäätölaitteita ilman keskitettyä rakennusautomaatiojärjestelmää, on lähes poikkeuksetta syytä uusien erillisjärjestelmien keskitetyllä rakennusautomaatiojärjestelmällä. Tämä parantaa talotekniikan ja energiatehokkuuden hallittavuutta sekä vapauttaa huoltohenkilökuntaa muihin tarpeellisiin töihin niin merkittävästi, että se on jo itsessään peruste investoinnille.

Mahdollisia säästöjä rakennusautomaatiojärjestelmän uusimisessa; Säästöjä (tuottavuutta) syntyy usein ainakin seuraavista aihealueista:

- aikaohjelmien parempi hallinta
- asetusarvojen parempi hallinta
- säätöjen parempi hallinta
- seuranta, analysointi, vikojen etsintä paranee.
- etäkäyttömahdollisuuksien hyödyntäminen parantaa järjestelmän käytettävyyttä ja lisää käyttöhalukkuutta organisaatiossa.
- etäkäyttö mahdollistaa erilaisten ulkopuolisten konsultointipalveluiden käytön, mikä voi tehostaa merkittävästi energiatehokkuutta ja sen seuranta (esim. erilaiset energiahallinta-, seuranta-, analysointi-, optimointi- ja auditointipalvelut).
- mahdollisen tarpeenmukaisen ilmanvaihdon toteutus/hallinta
- mahdollisen tarpeenmukaisen valaistus-, lämmitys-, jäähdytysohjausten toteutus/hallinta.

Mikäli kiinteistössä on vain vähän taloteknisiä järjestelmiä (esim. 1 IV-kone + LJH) on mahdollista toteuttaa valvomo käyttöliittymä ns. miniserverillä, jolla tarkoitetaan pientä alakeskusmoduulin tyyppistä laitetta, johon integroidaan käyttöliittymä grafiikat ja johon liitytään esim. kannettavalla tietokoneella tai muulla kannettavalla laitteella joko fyysisesti kiinteistössä tai usein myös Internet selaimella etäyhteydellä. Laajemmissa järjestelmissä on usein järkevämpää/välttämätöntä käyttää varsinaista valvomo tietokonetta/serveriä graafisena käyttöliittymänä.

Järjestelmän uusimistarpeen arvioinnissa voi tarvita apua kokeneelta rakennusautomaatioalan konsultilta/suunnittelijalta. Usein uusiminen täsmälleen vastaavaksi kuin olemassa oleva järjestelmä ei ole järkevää, vaan uusiminen kannattaa yleensä tehdä suunnitellusti, ts. teettää suunnitelmat ammattitaitoisessa suunnittelutoimistossa. Tämä siksi, että tekniikka on kehittynyt vuosien saatossa ja lisäksi esim. uusimmat energiatehokkuudelle asetetut vaatimukset edellyttävät usein tekniikan lisäämistä (esim. anturoinnin, taajuusmuuttajien tms. laitteiden lisäämistä) sekä seurannan ja raportoinnin parantamista ja talotekniikan ajantasaisuuden muutakin arviointia laajemmin kuin vain rakennusautomaation näkökulmasta. Tämä saattaa tarkoittaa esim. tarpeenmukaista ilmanvaihtoa/valaistusta yms. siis asioita, jotka edellyttävät myös LVIS-suunnittelua

Katselmuksessa ei ole tarpeen määritellä rakennusautomaatiojärjestelmän mahdollisen uusimisen kustannuksia budjettitasoa tarkemmin. Tärkeämpää on arvioida järjestelmällä mahdollisesti saavutettavaa energiansäästöä riittävän tarkasti. Uusinnan selvittämiseen käytettävän ajan määrä kannattaa harkita tarkoin, sillä kentällä on paljon katselmoitavaa ja säästöjä saavutettavana.

## 5 Sähkötekniisten järjestelmien katselmointi

### 5.1 Yleistä

#### 5.1.1 Sähkötekniset mittaukset

TEM:n tukemien Motiva-mallisten energiakatselmusten yhteydessä tehtävät vähimmäismittaukset sähkön osalta on esitetty Energiakatselmustoiminnan yleisohjeet -julkaisussa

Sähköteknisissä mittauksissa on energiakatselmoinnissa pitäydyttävä siirrettävien mittareiden käyttöön (pois lukien kohteen omilla mittareilla tehtävät tehomittaukset). Sähkötekniisiä mittauksia voidaan tehdä myös monilla kohteessa jo olemassa olevilla, mm. kiinteästi asennetuilla mittareilla tai energiaseurantajärjestelmillä. Näitä pyritään luonnollisesti hyödyntämään katselmuksissa mahdollisimman tehokkaasti

Katselmuksen kenttätyössä

- kartoitetaan kohteen sähköä kuluttavat järjestelmät ja laitteet
- kirjataan keskeiset tekniset tiedot
- arvioidaan säästömahdollisuudet.

Energiakatselmuksessa toteutetaan yleensä seuraavat sähkömittaukset (vrt. yleisohjeiden vaatimukset):

- valaistustasot tyyppitiloista
- sähkön yö- ja päiväenergioiden suhde
- pätötehon tunnittainen tarkastelu arkivuorokaudelta (pienet kohteet)
- pätötehon mittaaminen tiedonkeruulaitteistolla siten, että mittausjakso sisältää arkivuorokausia ja viikonlopun (isot kohteet).

Pätötehotiedot saa nykyisin paikalliselta sähkölaitokselta ja niitä tietoja voi hyvinkin käyttää, mikäli kohteen toiminnassa ei ole tapahtunut muutoksia.

Säästömahdollisuuksien selvittämiseksi katselmuksessa:

- laaditaan kulutusten jakauma järjestelmittäin sekä suurimpien yksittäisten kulutuskohteiden osalta
- analysoidaan lähtötietojen, kenttätyön ja mittausten perusteella energiankäytön taso ja säästömahdollisuudet
- lasketaan säästötoimenpiteiden kannattavuus
- valmistellaan toimenpiteet katselmusraporttia varten riittävällä tarkkuudella päätöksentekoa varten.

#### Miksi tehdään sähkömittauksia

Koska kaikkia mittauksia ei kannata eikä voi tehdä kaikissa kohteissa, jätetään katselmoijalle runsaasti harkintavaltaa mielekkäistä mittauksista. Käytännössä kuitenkin laadukkaaseen lopputulokseen pääseminen edellyttävää merkittävän määrän muitakin sähkömittauksia kuin mitä katselmustoiminnan yleisohjeisiin on kirjattu.

## **Sähkömittauksissa on ehdottomasti huolehdittava, että mittajailla on tarvittavat oikeudet ja pätevyudet voimassa!**

### Sähkömittausten hyötyjä

- Mittauksilla saadaan selville laitteiden todellinen toiminta sekä todellinen tehonkäyttö ja käyttöajat. Tämä edesauttaa laitteiden virheellisen toiminnan havaitsemista ja säästöjen löytymistä.
- Mittaukset ovat edellytys riittävän tarkan kulutusjakauman muodostamiselle. Kulutusjakauma taas ohjaa katselmoijaa keskittymään olennaiseen. Kulutusjakauma on usein myös edellytys säästöjen löytymiselle ja säästöjen arvioinnin realistisuudelle.
- Riittävän tarkkaa kulutusjakautta voi katselmuksen tilaaja käyttää esimerkiksi kustannusten jakamisessa eri kustannuspaikoille.
- Mittauksilla saadaan selville laitteiden ohjausten todellinen toiminta, joka edesauttaa säästöjen löytymistä.
- Mittauksilla voidaan selvittää kuormitushuiput ja niiden ajoitus, joka edesauttaa huipputehon rajoitusmahdollisuuksien tarkastelua sekä peruskartoituksessa sähköjärjestelmien kapasiteettitarkastelua.
- Seurantamittauksella voidaan selvittää laitteiden yö- ja viikonloppuaikainen käyttö, sillä katselmuksia tehdään suurelta osin normaalityöaikana.
- Todellista sähkön käyttöä on mahdotonta selvittää ilman mittauksia. Mittauskustannusten ja –panostusten tulee kuitenkin aina olla järkevissä suhteissa saavutettavaan hyötyyn
- Sähkölaitteiston loistehon kulutusta tai tuottoa ei voi määrittää ilman sähkömittausta. Loistehon kompensointi tai kompensoimattomuus on kuitenkin olennaista mm. sähköverkon mitoituksen ja tariffivertailujen kannalta.
- Nykyaikaisilla mittalaitteilla saadaan samalla työäärällä selville myös muita kuin energiakatselmuksessa tarvittavia tietoja. Esimerkiksi havaitut sähkölaitteiden ylikuormitukset tai sähkön laatuun liittyvät ongelmat voivat olla tärkeitä asiakasta palvelevia lisätietoja.

### Mitä sähkömittauksia tehdään energiakatselmuksessa ja miten

Katselmuksissa tehtävät sähkömittaukset voidaan jakaa mittausten keston perusteella kerta- ja seurantamittauksiin. Vakiona pysyvän tehon mittaaminen on perusteltua tehdä kertamittauksena silloin, kun käyttöaika voidaan määrittellä riittävän luotettavasti ilman seurantamittauksia. Silloin, kun teho vaihtelee tai käyttöaikoja ei voida muutoin määrittellä luotettavasti, on käytettävä seurantamittauksia. Seurantamittaukset tehdään rekisteröivillä mittalaitteilla.

### Jännitemittaukset

Suorilla jännitemittauksilla on energiakatselmuksessa varsin harvoin itseisarvoa energiansäästämiseksi. Peruskartoituksessa on kohteen jännitetaso kuitenkin todettava. Jännitetietoa tarvitaan mm. tehokalkelmissa. Jännite on aina mitattava tarkoituksenmukaisilla suojaetuilla mittapöydillä ja mittaus on pyrittävä tekemään mahdollisimman pienen etusulakkeen jälkeen.

### Virtamittaukset

Virtamittaukset tehdään kenttäolosuhteissa yleensä pihtivirtamittareilla suoraan virrallisista johtimista. Lisäksi mittauksissa voidaan hyödyntää, varsinkin isoissa lähdöissä, keskuksessa jo olevia virtamuuntajia, jolloin mittaus tehdään ko. muuntajien toisiopiiristä virta-alueeseen sopivalla pihtivirtamittarilla. Toisiopiiristä virtaa mitattaessa on kiinnitettävä erityistä huomiota virtamuuntajien kerroksiin sekä virhetarkasteluun.

### Tehomittaukset

Tehomittaukset tehdään yleensä tarkoitukseen soveltuvalla monikanavaisella tehoanalysointilaitteella, johon kytketään vaihe- ja nollajohtojen virtaa mittaavat virtapihdit sekä vaihejännitteet. Tehoanalysointilaitteilla saadaan lisäksi tietoa sähkönsäädön laadusta ja mahdollisista sähköverkon häiriöistä.

Päätö- ja loistehomittaukset voidaan tehdä myös dataloggereilla käyttämällä apuna tehomuuntimia.

### Valaistusmittaukset

Valaistuksesta mitataan energiakatselmuksessa vähintään valaistusvoimakkuudet tyyppitiloista valaistusvoimakkuusmittarilla.

Valaistuksen mittauksia käsitellään tarkemmin kohdassa 5.3.1.

### Käyntiaikamittaukset

Ilmanvaihdon ym. käyntiaikoja voidaan tarkastella rakennusautomaatiojärjestelmän avulla. On kuitenkin otettava huomioon, että grafiikassa näkyvä puhaltimen käyntitila ei välttämättä ole todellinen. Puhallin voi käydä käsikäytöllä, hihna voi olla poikki, tms. Todellisen tilanteen voi selvittää ilmanvaihtokoneen lämpötilojen avulla tai paikalla toteamalla.

Sähköverkkoon kytkettävien mittalaitteiden lisäksi myös muilla mittalaitteilla voidaan selvittää helpposti mm. laitteiden käyttöaikoja. Esimerkiksi rekisteröivillä lämpömittareilla voidaan mitata mm. valaistuksen, ilmanvaihdon ja sähkölämmityksen käyttöaikoja asentamalla mittalaitte valaisimen tai lämmittimen yhteyteen tai esimerkiksi tuloilmakanavaan.

### Yhdistelmämittaukset

Yhdistelmämittaukset vaativat LVI- ja sähkökatselmoijan välistä yhteistyötä. Näillä mittauksilla tarkoitetaan sellaisia mittauksia, joissa mitattavan järjestelmän sähkötehon lisäksi mitataan esimerkiksi lämpötilaa tai painetta. Yhdistelmämittaukset ovat hyödyllisiä optimoitaessa esimerkiksi

- sähkölämmitysten energiankäyttöä
- tuotantolaitteiden ylöslämmityksiä ja alasajoa
- paineilmajärjestelmien energiankäyttöä
- jäähdytysjärjestelmien energiankäyttöä.

#### **5.1.2 Sähkön kulutusjakauma**

Motivan energiakatselmuksissa edellytetään tehtäväksi sähkön kulutuksen jakaumalaskelma. Tarkoitus on laskelmalla selvittää, mikä on eri laitteiden tai laiteryhmiä sähköenergian kulutusosuus kohteessa. Kulutusjakaumalaskelma tehdään siksi että

- saadaan käsitys kohteen tärkeistä sähkökustannuksista aiheuttavista laitteista ja laiteryhmistä
- saadaan arvioiduksi laitteiden tai laiteryhmiä energiankulutus ennen säästöehdotuksia mahdollisimman realistisesti
- jakauma auttaisi paljastamaan energianhukkaa tapauksissa, joissa mitattu/laskettu/arvioitu kulutus jää selvästi pienemmäksi kuin laskutusmittauksissa todettu.

Kulutusjakauma luonnollisesti vaihtelee kohdekohtaisesti riippuen kohteen sähköisestä varustetuksesta ja kohteen tilojen käytöstä, palvelujen laadusta tai tuotantoprosessien toteutuksesta. Esi-merkkeitä erilaisten kohteiden sähkökulutusjakaumista on vähitellen syntynyt toteutettujen katselmuksien myötä, mutta katselmuksissa jakauma on kuitenkin tehtävä aina tapauskohtaisesti.

Kulutusjakauman tekoa palvelevat asennetut alamittaukset, joita esimerkiksi teollisuuskohteissa voi olla runsaasti jopa osastokohtaisen tai laiteryhmäkohtaisen kulutuksen mittauksessa. Yleensä kuitenkin jakauman tekemiseksi on tehtävä erillismittauksia, arvioita ja laskelmia.

Kulutusjakaumaa laadittaessa on pyrittävä siihen, että yksilöimätöntä muuta kulutusta on alle 15 % kokonaiskulutuksesta. Mikäli yksilöity kulutusosuus ylittää 15 %, kannattaa sekin jakaa pienempiin osiin. Esimerkiksi merkittävä LVI-järjestelmien sähkökulutuksen osuus on suositeltavaa jakaa pienempiin osiin (puhaltimet, pumput, jäähdytys jne.). Valaistuksen osalta kulutusjakauma kannattaa esittää esim. kerroksittain.

Energiakatselmuksissa ei kyetä mittaamaan kuin osa sähkömoottoreista. Katselmoijan on säästöjä laskiessaan muistettava, että sähkömoottorin kuormitus on usein vain n. 70 % nimellistehosta. Harjoitusta on toki huomattava, jopa yli 100 % kuormasta alle 30 %. Tämänkin vuoksi kertamittauksin antaa laskelmille paremman pohjan kuin nimellistehon käyttäminen.

## 5.2 Sähkönjakelujärjestelmä

### 5.2.1 Sähkönjakelujärjestelmän mittaukset

Energiankäytön tarkastelussa lähdetään yleensä liikkeelle kokonaisuudesta (vuosi- ja kuukausikulutuksista). Sähköliittymän teho- ja loistehovaihteluiden selvityksen/mittaamisen jälkeen kokonaisuus puretaan esimerkiksi sähkötehon tunnitteiseksi vaihteluksi.

#### Liittymän pätöteho ja sen ajallinen vaihtelu

Liittymän pätötehon mittaaminen antaa tietoa kohteen huipputehosta ja energian käytön ajallisesta vaihtelusta. Nämä tiedot saa normaalitilanteessa paikalliselta sähköyhtiöltä. Näitä tietoja tarvitaan energiankäytön kokonaiskuvan saamiseksi, säästöpotentiaalin selvittämiseksi sekä erityisesti tariffivertailua, huipputehon rajoittamismahdollisuuksia ja kuormitusten ajoitusta varten.

#### Mitä mitataan ja miten

Servitetään liittymän pätötehoaihe ja pätötehon ajallinen vaihtelu. Pätötehoaihe ja kuukausittaisen vaihtelun saa tehomitatuista kohteista esimerkiksi energian toimittajien kulutusseurannasta. Lähes kaikki kohteet ovat nykyisin varustettu tuntikeruulaitteilla, joten sähkötehon kuormitusprofiili on tällöin mahdollista saada tunnin tarkkuudella pitkältikin aikaväliltä. On yleistymässä, että tuntikeruulaitteelta saadaan myös lämmön ja veden tuntitasoinen kuormitusprofiili, jotka taas ovat LVI-katselmoijalle hyödyllisiä.

Niissä kohteissa, joissa ei tuntikeruulaitetta ole, mitataan sähkötehon vaihtelu esimerkiksi tehoanalysointilaitteella. Yleensä viikonlopun ja muutaman arkipäivän mittaaminen antaa jo riittävän tarkan kuvan tavanomaisten kohteiden sähkön käytöstä, jos kulutus ei ole voimakkaasti olosuhderiippuvaista tai tilojen käyttö, palvelujen tuotto tai tuotantomäärät eivät suuresti vaihtele.

Pienimmissä, lähinnä alamittauskohteissa tehoprofiilia voidaan selvittää myös kWh-mittarin tehostetulla lukemisella katselmuspäivän aikana noin tunnin välein. Tariffivertailun tueksi tarvitaan lisäksi aamuin illoin luetut mittarilukemat esimerkiksi viikon jaksolta yö- ja viikonloppukulutuksen selvittämiseksi.

#### Miten tuloksia tulkitaan ja hyödynnetään

Liittymän pätötehovaihteluiden mittauksia

- hyödynnetään aina tariffivertailussa, jossa tarvitaan myös loistehotiedot.
  - Jotta eri tariffeja voidaan vertailla, tarvitaan liittymän pätötehosta tehohuippu sekä yö- ja päiväenergiavaihtelu eri viikonpäivinä ja vuoden aikoina.
- hyödynnetään energiankäytön nykytilanteen tarkastelussa.

- Katselmoijalle tulee muodostua kuva siitä, mistä eri kuormista teho eri aikoina muodostuu (tehojakauma).
- Erityisesti tulee selvittää vastaako tehoprofiili kohteen käyttöprofiilia ja onko kaikki kuormat tarpeellisia.
- hyödynnetään arvioitaessa voidaanko joitain sähkökuormia siirtää halvemman energian aikaan.
- hyödynnetään arvioitaessa kohteen huipputehon rajoittamismahdollisuuksia.

### Esimerkkejä

- yöaikainen peruskuorma on korkea.
  - Yöaikana voi olla käytössä tarpeettomia sähkölaitteita (esimerkiksi valaistusta tai ilmanvaihtokoneita, paineilmakompressori).
- yöaikainen peruskuorma on korkea.
  - Havaitaan, että yöaikaiset sähkökuormat ovat tarpeenmukaisia, mutta aikatariffi tulee kohteelle edullisemmaksi kuin yleistariffi.

### **Jännitetason tarkastus**

Liittymän jännitetason tarkastus tehdään, jotta varmistutaan, että jännitetaso on sähköntoimitusehtojen mukainen. Poikkeuksellisen matala tai korkea jännite aiheuttaa häiriöitä sekä sähkölaitteiden ennenaikaisia rikkoontumisia. Jännitetasolla on jossain määrin vaikutusta myös kohteen energian kulutukseen, mutta säästötoimenpiteenä jännitetason muuttaminen on erittäin harvinainen.

### Mitä mitataan ja miten

Mitataan liittymän jännitetaso esimerkiksi pistorasiasta tai pienen sulakkeen takaa asianmukaisilla mittapäillä ja jännitemittarilla. Jos liittymän jännitetason oletetaan vaihtelevan vuorokauden eri aikoina, voidaan mitata jännitetason ajallinen vaihtelu seurantamittauksella.

### Miten tuloksia tulkitaan ja hyödynnetään

Liittymän jännitetason mittaamista hyödynnetään peruskartoituksessa. Jos jännitetaso on poikkeuksellinen, voidaan tehdyllä havainnolla laajentaa energiakatselmuksen toimeksiantoa esimerkiksi sähkölaitteiston kuntotutkimukseksi.

### Esimerkkejä

- Kohteen jännitetaso on poikkeuksellisen korkea.
  - Ehdotetaan jännitetasoa korjattavaksi muuntajan väliotto- tai käämikytkimellä.
- Jännitemittauksen yhteydessä mitataan lisäksi kohteen virran ja jännitteen harmoniset yliaallot.
  - Tulosten analysointi tuo lisäarvoa asiakkaalle, erityisesti, jos sähkön laadun kanssa on ollut ongelmia.

### **Kohteen sähkökulutuksen jakaminen veroluokkiin 1 ja 2**

Sähkövero määräytyy rakennuksen käyttötarkoituksen ja toiminnan mukaan. Teollisuustoimintaa harjoittaville toimijoille sähköveroluokka on alhaisempi. Veron osuus ja veroluokka on eritelty sähkölaskussa.

Miksi mitataan

Erikoistapauksissa kohteissa voi olla sekä veroluokka 1:n että veroluokka 2:n mukaista sähkön käyttöä.

Niiden rakennusten, joissa on sekä teollisuustoimintaa että muuta toimintaa, on mittarein erotettava toisistaan em. toiminnat, jos halutaan käyttää veroluokka 2:n mukaista sähköveroa ”teollisuuskulutukselle”.

Joissain tapauksissa on myös osoittautunut, että vaikka kohde kuuluisi veroluokkaan 2, maksetaan kohteessa veroluokka 1:n mukaisesti ”tarpeettoman kalliita” sähköveroja.

Mitä mitataan ja miten

Mitataan molempien veroluokkien mukainen sähköenergiankulutus esimerkiksi tehon seuranta-mittauksella.

Miten tuloksia tulkitaan ja hyödynnetään

Lista siitä, mikä tuotanto/toiminto luetaan kuuluvaksi veroluokkaan 2, on saatavissa tullihallitukselta tai paikalliselta jakeluverkon haltijalta.

Esimerkkejä

- Kenttäkierroksella havaitaan, että kohteessa on veroluokka 2 mukaista toimintaa.
  - Eriytetään eri veroluokkien mukaiset kulutukset toisistaan esimerkiksi alamittareilla ja laaditaan paikallisen jakeluverkonhaltijan kanssa veropalvelusopimus.
  - Teollisuussähkökäytön osalta saavutetaan merkittävästi säästöjä sähkökustannuksissa.
- Kohteen sähkölaskusta havaitaan, että tuotantolaitos maksaa veroluokka 1:n mukaisesti sähköveroa.
  - Ilmoitetaan kohteen siirtymisestä veroluokkaan 2 jakeluverkon haltijalle ja saavutetaan säästöjä sähkökustannuksissa. Palautusta ylimääräisestä maksetusta verosta on mahdollisuus saada n. kolmen vuoden ajalta.

**5.2.2 Muuntajahäviöt**

Muuntajat kuuluvat energiakatselmuksen piiriin vain jos katselmuksen kohde omistaa ne. Sähkölaitoksen omistamat muuntajat eivät kuulu katselmuksen piiriin.

Muuntajahäviöt voidaan arvioida laskennallisesti seuraavan kaavan avulla:

$$P_{\text{kok}} = P_0 + P_k$$

$$P_k = (S / S_n)^2 \times P_{kn}$$

missä

$P_{\text{kok}}$	kokonaishäviö
$P_0$	nimellinen tyhjäkäyntihäviö
$P_k$	kuormitushäviö
$S$	siirrettävä teho
$S_n$	nimellisteho
$P_{kn}$	nimelliskuormitushäviö.

Mitattaessa kiinteistön muuntajakohtaiset kuormitusprofiilit, voidaan todeta muuntajien käyttöasteet tarkasti. Häviölaskennan yhteydessä tulee arvioida olisiko edullisempaa syöttää sähköjärjestelmää yhdellä vai useammalla muuntajalla, mikäli tämä muuten on teknisesti mahdollista. Sähkönsyötön käyttövarmuuden on aina oltava etusijalla laskelmien tuloksia arvioitaessa!

### 5.2.3 Loistehon kompensointi

#### Loistehon tarkastelu

Loistehon mittaaminen on yleensä hoidettu energialaitoksen toimesta, joten ei ole vaikeaa hankkia tehotietoja pätötehotietojen yhteydessä. Loistehotarkastelu on syytä suorittaa, koska se ei vaadi paljoakaan katselmoijan aikaa/vaivaa ja mikäli laskutettavaa loistehoa on esiintynyt, kyseessä voi olla rahallista säästöä tuova parannustoimenpide. Lisäksi tarpeeton loistehon siirto kuormittaa sähköverkkoa sekä aiheuttaa häviöitä verkossa.

Loistehohuipun ja loistehon ajallisen vaihtelun perusteella voidaan

- arvioida loistehon kompensoinnin tarpeellisuutta tai olemassa olevan laitteiston kapasiteettia
- tehdä tariffivertailu
- selvittää mahdollinen kapasiteettivaje kompensoinnissa
- arvioida sähkönjakelun tehosiirtokapasiteettia sekä häviöitä.

Loistehon kompensointi on yleensä taloudellisesti kannattavaa. Loisteho kannattaa yleensä kompensoida mahdollisimman lähellä kulutusta.

#### Mitä mitataan ja miten

Loistehohuipun ja kuukausitasoisen vaihtelun saa tehomitatuista kohteista esimerkiksi energian toimittajien kulutusseurannasta. Lähes kaikki kohteet on nykyisin varustettu tuntikeruulaitteilla. Pätötehon kuormitusprofiiliin lisäksi on myös loistehon kuormitusprofiili usein mahdollista saada tunnin tarkkuudella pitkältikin aikaväliltä.

Niissä kohteissa, joissa ei tuntikeruulaitetta ole, mitataan loistehon vaihtelu esimerkiksi tehoanalyysaattorilla. Yleensä viikonlopun ja muutaman arkipäivän mittaaminen antaa jo riittävän tarkan kuvan kohteen loistehon käytöstä.

Pienissä kohteissa loistehon käyttö voidaan arvioida hetkittäismittausten, havaintojen ja suunniteluasiakirjojen perusteella.

#### Miten tuloksia tulkitaan ja hyödynnetään

Liittymän loistehovaihteluiden mittausta

- hyödynnetään aina tariffivertailussa.
  - Jotta eri tariffeja voidaan vertailla, tarvitaan liittymän loistehosta tehohuippu eri kuukausina.
- hyödynnetään arvioitaessa kohteen loistehon kompensoinnin kannattavuutta suhteessa maksettaviin loistehomaksuihin ja siirtokapasiteettiin.
- hyödynnetään energiankäytön nykytilanteen tarkastelussa.
  - Katselmoijalle tulisi muodostua kuva siitä, mistä eri kuormista loisteho eri aikoina muodostuu (tehojakauma). Eryityisesti tulisi selvittää vastaako tehoprofiili kohteen käyttöprofiilia ja ovatko kaikki kuormat tarpeellisia.
- hyödynnetään lois- ja pätötehoaiheiden ristikkäistarkastelussa, jossa päätellään mistä kuormista tehon käyttö muodostuu.



### Esimerkkejä

- Havaitaan, että kohteen loisteho ylittää verkkoyhtiön salliman laskutusrajan.
  - Lisäselvityksessä havaitaan loistehon kompensointilaitteiston olevan nykykäyttöön kapasiteetiltaan liian pieni.
- Havaitaan, että kohteen loisteho ylittää verkkoyhtiön salliman laskutusrajan.
  - Lisäselvityksessä havaitaan, että kohteen loistehon kompensointi ei toimi oikein.

#### **5.2.4 Verkostojen ohjaus, kuormien tasaus**

Mikäli kohteen mitatussa tehoprofiilissa on yksittäisiä piikkejä ja pätöteho on veloitusperusteena tariffissa, kannattaa katselmoijan tarkastella onko kohteessa kuormia, joita voidaan kytkeä pois huipputehoaikana tai siirtää niiden ajankohtaa.

Huipputehon rajoitus voidaan tehdä yksinkertaisimmillaan käyntiaikoja muuttamalla tai jopa manuaalisesti, jos huipputeho aiheutuu esimerkiksi käsin päälle ohjattavista prosessikuormista. Tällöin käyttöhenkilökuntaa ohjeistetaan laitteistojen vuorottelukäytöstä. Yleisesti kuitenkin huipputeho muodostuu suuremman laitekannan kokonaisuutena ja tällöin huipun rajoitus on käytännössä mahdollista vain automaattisesti toimivilla järjestelmillä. Tarkoitukseen on tarjolla erilaisia sovelluksia joko erillisinä laitteistoina tai esimerkiksi rakennuksen kiinteistöautomaatioon liitettynä ominaisuutena. Oikean laitteistokokoonpanon määritys tapahtuu aina tapauskohtaisesti laitekannan ja tavoiteltavien tulosten perusteella. Huipputehon rajoitusta suunniteltaessa on aina tarkasteltava myös toimenpiteen haittavaikutuksia suhteessa saavutettuun säästöön.

### Esimerkkejä

- Kohteen normaali tehon käyttö päiväaikana on 900 kW tasolla muulloin paitsi kello 13-14, jolloin teho nousee 100 kW. Todetaan, että kello 13 käynnistetään suuritehoinen astianpesukone ja lisäksi kello 13-14 välillä on käytössä pakastimien höyrytimien sähkösulatukset.
  - Siirretään höyrytimien sulatukset yöaikaan, jolloin saadaan säästöjä tehomaksuis-  
sa sekä siinä, että sulatukseen käytettävä sähköenergia käytetään edullisemman  
yösähkön aikana.

## **5.3 Valaistus**

### **5.3.1 Valaistuksen katselmointi**

#### Valaistuksen energiankulutus

Katselmoijan tavoitteena on selvittää valaistuksen kulutus- ja kustannusmerkitys kohteessa sekä löytää säästömahdollisuuksia. Valaistusmittauksia ja kulutuslaskelmia tehdään tärkeimpien tilojen ja tilatyyppien osalta ja samalla selvitetään näiden nykyinen valaistusenergian kulutus. Katselmuksessa selvitetään valaistusasennuksen energiatehokkuus, tarpeettoman käytön laajuus ja sen syy sekä haetaan ratkaisumalleja (teknisiä tai käyttöteknisiä) energian käytön tehostamiseksi.

Valaistuksen energiankulutus jakautuu rakennuksissa moniin erityyppisiin tarpeisiin ja tiloihin. Valaistusta tarvitaan tilojen yleisvalaistuksessa, paikallisvalaistuksessa, eli työpaikkavalaisuksessa toimisto-, ravintola ym. tiloissa, hotellihuonevalaistuksessa, koristevalaistuksessa ja ulkovalaistuksessa.

Katselmoijan on pidettävä mielessä, että jokainen kohde on tapauskohtainen ja tarkastelut kohdistettava juuri. Valmista mallia tai sääntöä ei ole siitä, mikä on valaistuksen energiankulutusosuus tai miten tämä energiankulutus jakautuu. Palvelurakennuksissa kulutusosuus on yleensä alueella 20–50 %. Valaistuksen energian kulutus on laskettava tilakohtaisesti tai valaisimien määrään, yksikkötehoon ja käyttöaika-arvioon perustuen.

Tilakohtainen valaistustehon määrittäminen voi perustua arvioituun tai tiedettyyn ominaistehoon ( $W/m^2$ ) ja pinta-alaan tai laskettuihin valaisinmääriin ja näiden yksikkötehoon (lampputeho + liitäntälaitteiden teho). Käyttöajat joudutaan arvioimaan tilakohtaisesti käyttäen hyväksi käyttöhenkilöiden näkemystä nykyisestä valaistuksen käytöstä, mutta myös valaistustarpeesta ja tarpeettoman käytön laajuudesta.

### Valaistusenergian säästö ja muut vaikutukset

Toimenpiteet ja investoinnit valaistusenergian käytön pienentämiseksi säästävät myös koneellisen jäähdytyksen energiankulutuksessa ja parantavat usein sisäolosuhteita. Tarpeettoman kulutuksen vähentäminen säästää usein myös lamppujen hankinta- ja jättekustannuksissa sekä huoltokustannuksissa.

Sisävalaistuksen energiankäyttö muuttuu lämmöksi ja pienentää lämmitysenergian kulutusta lämmityskautena. Kuinka suuri osa valaistusenergiasta tulee hyödynnetyksi rakennuksen lämmityksessä riippuu mm.

- rakennustyyppistä (julkisissa ja palvelurakennuksissa valaistuksen hukkaenergiaa voidaan hyödyntää vain lämmityskautena).
  - Kesällä tarpeeton valaistuksen käyttö lisää koneellisen jäähdytyksen energiankulutusta tai voi huonontaa sisäolosuhteita
- lämmityksen, jäähdytyksen ja ilmanvaihdon säätöjärjestelmästä ja lämmön talteenoton olemassaolosta ja toteutuksesta
- valaistusasennuksesta sekä ilmanvaihdon, lämmityksen ja jäähdytyksen toteutuksesta.

Aina ei voida tehdä tilakohtaisia ja tarkkoja laskelmia valaistusenergian säästön vaikutuksesta lämmityskulutukseen katselmuksikohteissa. Silloin nyrkkisääntönä voidaan pitää sitä, että vuositasolla palvelu- ja julkisissa kohteissa valaistusenergian säästön vaikutus lämmitysenergian kulutukseen on vuositasolla suuruusluokkaa 20-40 % säästetystä valaistusenergiasta. Kustannusvaikutus riippuu kohteen lämmön ja sähkön hankinnan hintasuhteista. Tosin monissa kohteissa valaistuksen säästöt parantavat sisäolosuhteita alentamalla tarpeettoman korkeaa sisälämpötilaa.

### Ohjeita katselmoijalle valaistuksen katselmointiin

Katselmoijan on kiinnitettävä energiakatselmuksessa huomiota erityisesti niihin tiloihin, joissa valaistustehot ovat suuret tai valaistuksen käyttöajat pitkät. Kaikkia samantyyppisiä tiloja ei erikseen tarvitse tutkia vaan tarkastelu toteutetaan mahdollisuuksien mukaan tyyppitiloittain.

Katselmoijalle erityisen tärkeitä asioita ovat seuraavat:

- tarkista valaistustasot (ja valaistuksen laatu) työpistekohtaisesti (tyyppitiloittain)
- mieti miten hyödynnät valaistusvoimakkuusmittauksia
  - Kattava luettelo erinimisissä tiloissa mitatuista keskimääräisistä valaistusvoimakkuusarvoista ei ole mittausten ainoa tai edes tärkeä tavoite
- merkitse mittauspiste (esim. kuva) ja mittaushetki
  - Tarkasti dokumentoitua mittaustulosta voidaan hyödyntää myöhemmin, kun arvioidaan likaantumisen ja asennuksen vanhenemisen vaikutusta valaistustasojen muutokseen ja huoltotarpeeseen.
- mitatessasi valaistusta ota huomioon
  - päivänvalon vaikutus
    - Mittaa yöllä, verhot suljettuna tai tee kaksi mittausta valot sammutettuna ja sytytettyinä.

- Ota huomioon, että valaistusvoimakkuuden nousu nimellisarvoonsa loiste-lamppu- ja purkauslamppuvalaistuksessa kestää useita minutteja lamppujen sytyttämisen jälkeen.
- lamppujen asennus- ja polttoikä
- valaisimien ja lamppujen likaantumisaste
- valaistusolosuhteet yleisesti, heijastuminen ym. ja arvioi valaistusolosuhteiden parantamistarpeet ja -mahdollisuudet erityisesti muistaen energian tehokas käyttö
- tarkista käytettyjen valaistuslaitteiden tehokkuus ja soveltuvuus tilan käyttöön ja tarpeisiin
- tutki erityisen huolellisesti valaistuksen ohjausratkaisun käytettävyys, soveltuvuus ja tehostamismahdollisuus
- valaistushaastustaulun loogisuus, kytkimien tai painonappien vaikutusalueen merkitsemistarve
- ryhmittymisen soveltuvuus katselmusaikaiseen tilojen käyttöön ja valaistuksen käyttötärpeeseen
- automaattisten ohjausratkaisujen soveltuvuus
- on tärkeää tiedottaa valaistuksen sammuttamisen kannattavuudesta, lamppu- ja energiakustannusten suhteista, valaistusolosuhteiden parantamismahdollisuuksista, valaistuksen laadun parantamisesta energiankäyttöä lisäämättä, valaistushuollon merkityksestä.

### Valaistuksen sähkönkulutuksen mittaukset

Valaistus kuluttaa yleensä 25-50 % palvelurakennuksen sähköenergiasta. Teollisuudessa valaistuksen kulutusosuus voi olla pienempi, mutta laajojen valaistujen alueiden ja pitkien käyttöaikojen vuoksi valaistuksen kulutusosuus on yleensä teollisuudessa merkittävä.

#### Mitä mitataan ja miten

Yksittäisten valaisimien sähkötehot ovat yleensä suhteellisen pieniä (normaalisti alle 1 kW). Valaistusryhmien lukumäärä voi olla helposti useita satoja, joten kaikkien valaistusryhmien mittaaminen on yleensä energiakatselmuksessa mahdotonta. Valaistuksen teho voidaan yleensä laskea valaisinluetteloiden ja valaisinmittausten avulla, mutta käyttöaikojen luotettava selvittäminen ilman seurantamittauksia on epäluotettavaa. Silloin, kun valaistuksella on aikaohjaus tai hämäräkytkinohjaus, päästään käyttöajoissa riittävään tarkkuuteen myös ilman mittauksia.

Valaistuksen nykyisessä energiankulutuksessa luotettavaan arvioon päästään, kun

- lasketaan valaisintehot tiloittain
- haastatellaan käyttöhenkilökuntaa valaistuksen käyttötavoista
- havainnoidaan valaistuksen käyttötapoja kenttäkierroksilla.
  - Usein, jos valaistuksen yöaikaisesta käytöstä ei saada riittävää varmuutta muuten, on kohteiden yöaikainen katselmointi osoittautunut kannattavaksi. Yökierroksella selviää usein muitakin asioita laitteiden todellisesta käytöstä. Kokemuksen mukaan isommissa kohteissa yökierroksilla selvinnyt säästöpotentiali, joka ei muuten olisi selvinnyt, on ollut erittäin merkittävä.
- tehdään eri tilojen valaistuksista seurantamittauksia riittävällä otoksella.
  - Valaistuksen käyttöaikoja voi hyvin mitata myös lämpötilaloggereilla, jolloin lämpötila-anturi kiinnitetään esimerkiksi valaisimen välittömään läheisyyteen.

Valaistuksista mitataan sähkötehojen lisäksi valaistusvoimakkuudet tyyppitiloista valaistusvoimakkuusmittarilla. Valaistusvoimakkuusmittauksen tuloksia verrataan vastaaviin tiloihin suositeltuihin arvoihin. Yleiskuvan saamiseksi mittauksia tehdään riittävän monessa tilassa riittävän monessa mittapisteestä. Lisäksi tarkastellaan silmämääräisesti onko valaistus tarkoituksenmukaista ja laadukasta.

Valaistusmittausten käytännön tekemisestä on annettu tarkempia ohjeita esimerkiksi käsikirjassa Valaistuksen laskenta, mittaukset ja huolto (Suomen Sähköurakoitsijaliitto ry ja Suomen Valoteknillinen Seura ry).

Valaistusvoimakkuus on vain yksi valaistuksen laatua kuvaava tekijä. Siksi valaistusvoimakkuuden määrittämisellä ei yleensä yksin pysty arvioimaan valaistuksen laatua. Tämän takia lisäksi tarkastellaan onko valaistus tarkoituksenmukaista, häikäisemätöntä ja muutenkin laadukasta sekä selvitetään ovatko käyttäjät tyytyväisiä valaistukseen.

Muita valaistukseen liittyviä mittauksia voivat olla

- läsnäolomittaukset läsnäolomittarilla valaistuksen käyttötarpeen määrittämiseksi
- valaistusvoimakkuuden pysyvyydsmittaukset valaistusvoimakkuusmittarin seurantamittauksella
- valaisimen hyötysuhdemittaukset
- luminanssimittaukset
- heijastussuhteen määrittäminen
- häikäisyn arvosteleminen
- varjonmuodostuksen arvosteleminen
- valon värilaatu ja värintoisto
- päivänvalosuhteen mittaaminen.

#### Miten tuloksia tulkitaan ja hyödynnetään

- Valaistusvoimakkuusmittauksella arvioidaan osaltaan tilan valituksen laadun tarkoituksenmukaisuutta.
  - Jos valaistusvoimakkuudet ovat tilan tosiasialliseen jatkuvaan toimintaan huomattavan korkeat, voidaan ehdottaa esimerkiksi osaa loistelampuista poistettavaksi tai korvattavaksi lamput pienempitehoisilla malleilla.
  - Toimenpiteitä ehdotettaessa tulee varmistua ko. valaisimen toimivuudesta em. muutoksin.
  - Jos taas tilojen valaistusvoimakkuus on huomattavasti alle suositusten, tulee harkita valaistussaneerausta.
- Seurantamittauksilla selvitetään käyttäjäohjatun valaistuksen käyttörytmi.
  - Jos valaistuksen käyttöaika ei varstaa tilojen käyttöä, voidaan harkita valaistuksen läsnäolo-ohjauksen soveltuvuutta tilan valaistusohjaukseen.
  - Seurantamittaus voidaan tehdä valaistusryhmän virran tai jännitteen seurantamittauksena tai esimerkiksi valaisimen yhteyteen asennettavalla rekisteröivällä lämpötilamittarilla.
- Päivänvalosuhteen määrittämisellä tarkastetaan tuleeko tiloihin niin paljon luonnonvaloa, että keinovalaistusta voitaisiin merkittävästi vähentää päivänvaloaikana.
  - Jos luonnon valon osuus on riittävällä pysyvyydellä riittävä, voidaan ehdottaa valaistuksen päivänvalo-ohjausta.
  - Päivänvalo-ohjauksessa voidaan osa valaisimista sammuttaa, kun päivänvaloa on riittävästi tai tiloissa pidetään valaistusvoimakkuus vakiona käytännössä himmentämällä loistelamppuja säädettävien elektronisin liitäntälaittein luonnon valon aikana (vakiovalaistusvoimakkuusohjaus).
- Valonlaadun muut mittaukset antavat lisäinformaatiota arvioitaessa valaistusolosuhteiden tarkoituksenmukaisuutta ja energiatehokkuutta.
  - Vanhojen valaisimien uusimien nykyisillä energiatehokkaammilla valaisimilla mak-  
saa yleensä itsensä takaisin varsin pitkällä takaisinmaksuajalla (esimerkiksi 5-15 vuotta). Yleensä valaisinsaneeraus tarvitsee käynnistyäkseen muitakin perusteita kuin energiansäästön. Tästä syystä on valaistuksen laadun arvioinnilla suuri lisäarvo ehdotettaessa valaisinsaneerausta.

### Esimerkkejä

- Toimistotilan valaistusvoimakkuusmittausten tulokset olivat korkeita, jonka johdosta ehdotettiin valaisimiin asennettavaksi pienempitehoisia loistelamppuja energiakulutuksen pienentämiseksi.
- Seurantamittauksella todettiin toimistorakennuksen kellarikäytävien valaistuksen olevan päällä aamusta iltaan, vaikka tiloissa liikuttiin vain harvoin. Valaistuksen painonappiohjaus päätettiin muuttaa läsnäolo-ohjaukseksi energiataloudellisista syistä.

### **5.3.2 Valaistustapa ja valaistuksen laatu**

Suuren yleisvalaistuksen sijasta tulisi käyttää tarvittaessa paikallis- ja kohdevalaistusta ja kohdistaa valaistus tärkeisiin paikkoihin. Jos kohteen tiloissa käytetään epäsuoraa valaistusta, tulisi käytön aikana erityisesti muistaa valaistuksen huolto ja puhdistus. Lisäksi, jos ratkaisussa käytetään purkauslamppuvalaistusta, katselmoijan on arvioitava, voidaanko valaistusta käyttää energiatehokkaasti eli sytyttää ja sammuttaa valaistustarpeen mukaan katselmuksijankohdan käyttötilanteessa.

Vanhoissa kohteissa voidaan usein vähentää yleisvalaistusta ja lisätä tarvittaessa valaistusta paikallisesti kohdevaloilla. Yksinkertaisimmillaan tämä onnistuu joskus poistamalla joitakin loisteputkia valaisimista. Toinen yksinkertainen tapa pudottaa valaistusvoimakkuutta on vaihtaa valaisimiin pienempitehoiset loisteputket. Näitä toimenpiteitä ehdotettaessa tulee kuitenkin aina varmistua valaisimien toimivuudesta vajaalla lamppumäärällä tai pienempitehoisilla lampuilla. Jos lisävalaistusta tärkeille alueille tämän jälkeen tarvitaan, tulisi käyttää energiatehokkaita lampputyyppejä.

Jos valaistusta ei kohteessa voi käyttää suunnitteluvaiheessa tehtyjen ryhmittely- tai ohjausratkaisujen takia energiatehokkaasti, katselmuksissa arvioidaan näiden ratkaisujen muutosmahdollisuus ja –kustannus. Jos kustannukset ja muutoksen kannattavuus ei vaikuta taloudelliselta, tulisi nämä asiat kuitenkin raportoida käyttäjän tietoon. Kohteessa mahdollisesti tehtävien tila- ym. muutosten yhteydessä näiden ehdotusten kannattavuus voi olla selvästi parempi ja tehostamisajatukset voivat silloin toteutua. Suunnittelussa tulisi luoda mahdollisuudet joustavasti muuttaa valaisimien sijoitusta ja valaistuksen ohjausta tilojen käytön muuttuessa. Kosketinkiskoasennukset, pistokeliitäntäiset moduulimittaiset valaisimet, valaisinkohtaiset ohjaukset ja ohjauksen väyläratkaisut tuovat mukanaan joustavuutta ja muunneltavuutta.

### Valaistuksen laatu

Valaistuksen laatuun ja näkemiseen vaikuttaa valon määrä eli valaistusvoimakkuus, mutta tämän lisäksi myös mm. valaisimien sijoitus, valaistuksen suuntaus ja ympäröivien pintojen ja esineiden varjostus ja väritys. Siksi valon määrän lisääminen ei aina paranna valaistuksen laatua tai tilasta saatavaa yleisvaikutelmaa. Tavoitteena on katselmuksissa varmistua siitä, että tiloissa on laadultaan hyvä valaistus ja se on toteutettu energiatehokkaasti. Ohjearvoja on esitetty mm. standardissa SFS-EN 12464-1 ”Valo ja valaistus. Työkohteiden valaistus. Osa 1: Sisätilojen työkohteiden valaistus”.

### **5.3.3 Päivänvalon hyödyntäminen**

Luonnonvalon hyödyntäminen tulisi ottaa huomioon jo rakennusten suunnitteluvaiheessa mm. kiinnittämällä huomiota:

- ikkunoiden koko ja suuntaus (=valon määrä) vs. häikäisy
- ikkunalasin valonläpäisy vs. lämpöominaisuudet
- ikkunoiden rakenne vs. valon sisäänohjaus.

Energiakatselmuksikohteissa yllämainittuihin asioihin ei voida useinkaan juuri vaikuttaa, joten päivänvalon hyödyntämiseen on keskityttävä lähinnä nykyisillä rakenteilla ja järjestelmillä.

Katselmoijan tulee kiinnittää erityistä huomiota ikkunavyöhykkeiden valaistusohjausmahdollisuuksiin sekä esimerkiksi suurten aulatilojen valaistuksen ohjaukseen. Päivänvalo-ohjaus voidaan tehdä nykyiseen valaistusryhmään yksinkertaisesti muutamalla keskeisesti sijoitetulla valoisuusanturilla. Yleensä olemassa olevien järjestelmien yhteydessä on tyydyttävä päälle pois ohjaukseen.

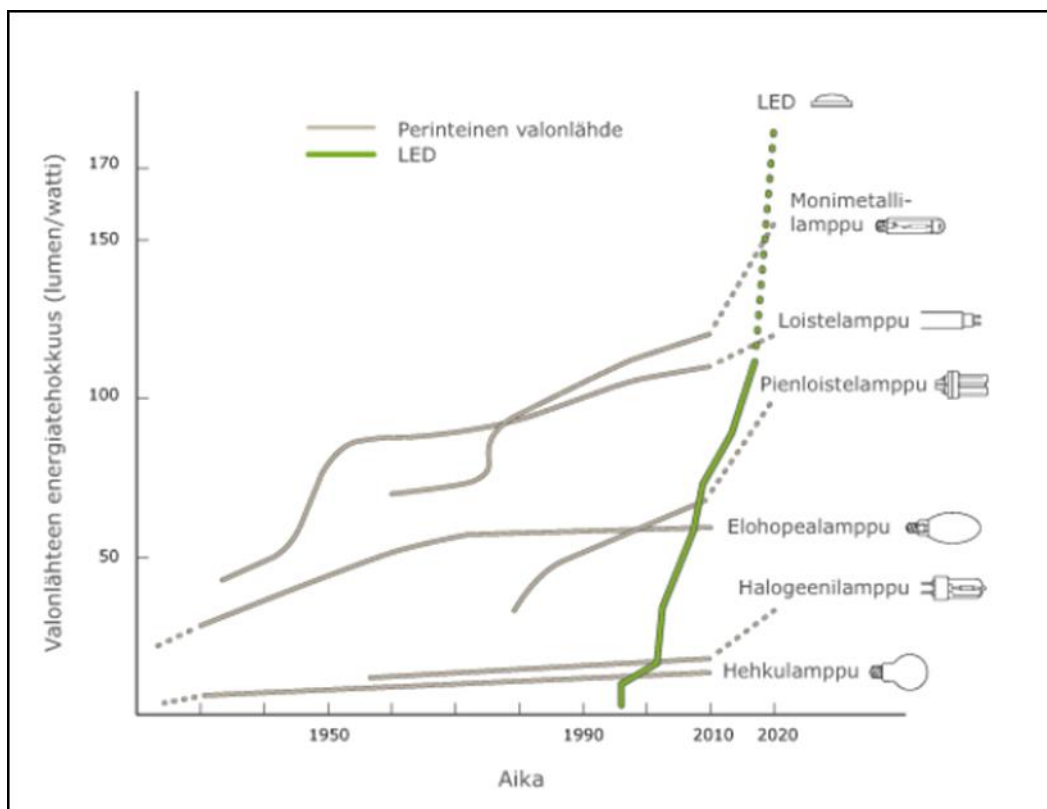
Muita luonnonvalon käyttöä parantavia ratkaisuja ovat erilaiset valohyllyt ja erikoisvalmisteiset prismalasiset, jotka molemmat muuttavat valon suuntaa ja näin parantavat sen sisään ohjautumista. Valohyllyratkaisu voi olla myös aktiivinen järjestelmä, jolloin valohyllyn kulmaa voidaan muuttaa ja näin ollen rajoittaa kesäaikana auringon aiheuttamaa lämpökuormitusta. Valohyllyjen ja prismalasisien lisääminen on mahdollista myös olemassa oleviin rakennuksiin riippuen ikkuna ja rakennerratkaisuista.

### 5.3.4 Laitetehokkuus

#### Lamppujen energiatehokkuus

Katselmuksissa tarkistetaan lamppujen valotehokkuus lm/W (lampun tuottama valovirta (lm) jaettuna lampun ja liitäntälaitteen yhteisellä teholla (W) ja lamppujen soveltuvuus (väri, värintoisto ym.).

Seuraavassa on esitetty erilaisten lampputyyppien tyypillistä valontuottoa ja sen kehitystä.

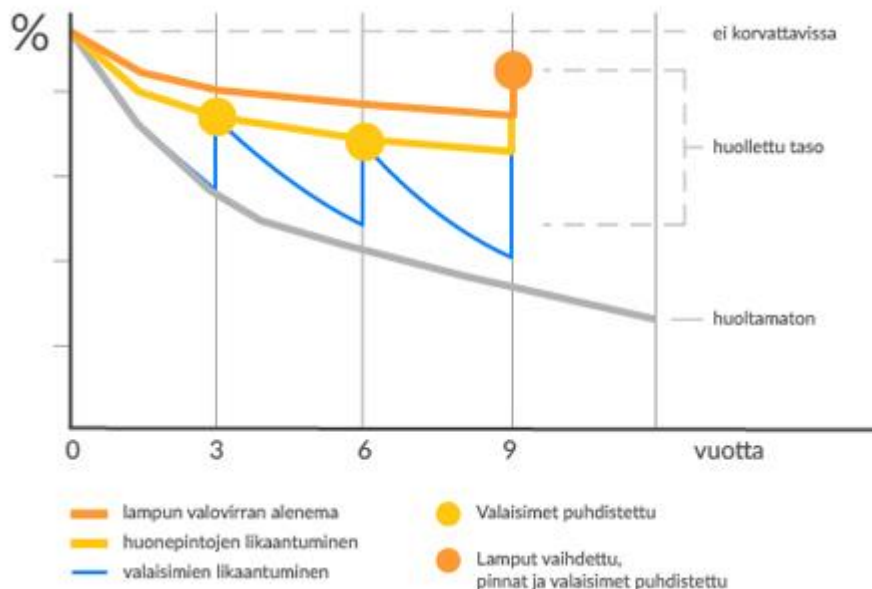


Kuva 5.1 Tyypillisten valonlähteiden energiatehokkuuden (lumen/W) kehitys. Lähde: Glamox/Osram

Esitetyt arvot ovat tyypillisiä arvoja ko. lampputyyppille. Tarkemmin ja yksilöidymmin tietoja löytyy eri valmistajien esitteistä. Lamppujen valotehokkuus on vain yksi peruste lamppujen valinnalle, muita ovat valon väri, värintoistokyky, kestävyys, polttoikä jne.

### Valaisimien energiatehokkuus

Katselmoijan on arvioitava käytettyjen valaisimien soveltuvuus asennuspaikkaan, niiden tehokkuus ja hyötysuhde ja hyötysuhteen pysyvyys. Esimerkiksi joskus hyötysuhteen parantaminen onnistuu puhdistamalla valaisimen kuvut ja heijastimet. Lisäksi uusien valaisimien heijastinmateriaalit ovat aikaisempaa parempia ja valaistuksen hyötysuhteen paraneminen voi yksistään tästä syystä olla 10 %.



Kuva 5.2 Valaisimien huollon vaikutus valomäärään. Lähde: [www.valaistustieto.fi](http://www.valaistustieto.fi)

Valaistushyötysuhteeseen vaikuttavat valaisimien lisäksi myös tilan ominaisuudet. Katselmoinnin tuloksena voi joissakin tiloissa olla ehdotus pintojen maalaamisesta vaaleiksi.

Vanhojen valaisimien kunnostaminen ja lisävarustelu ei ole useinkaan taloudellisesti kannattavaa vaan tällöin kannattaa uusien ko. valaisimien.

### Korvaavat lampputyypit

#### *Kierrekantaiset loistelamput eli ns. energiansäästölamput*

Hehkulamppujen korvaajaksi kehitetty lampputyyppe. Nykyisin tuotevalikoima on niin kattava, että lähes kaikkiin valaisimiin on saatavilla sopiva lamppu. Energiansäästöpotentiaali n. 50–60%

#### *Kierrekantaiset halogeenilamput*

Hehkulamppujen tilalle kehitetty hehkulamppujen ulkonäön omaava halogeenilamppu. Energiansäästöpotentiaali n. 30 %

#### *Kierrekantaiset LED-lamput*

Hehkulamppujen korvaajaksi kehitetty lampputyyppe. Myynnissä yleisesti ja sopii myös jo pienloistelamppuun korvaajaksi. Energiansäästöpotentiaali 30–80 % riippuen vaihdetaanko se hehkulamppuun vai pienloistelamppuun tilalle.

#### *T8-loistelamppun korvaava LED-lamppu*

T8-sarjan loistelamppuun tilalle suunniteltuja LED-lamppuja. Huomattava että vaativat yleensä muutoksia myös itse valaisimeen. Valonanto 120–150-asteen keilana, joten ei sovellu kaikkiin valaisimiin. Energiansäästöpotentiaali n. 20–50%.

*T8-loistelampun korvaava T5-sarjan lamppuadapteri*

T8-sarjan loistelampun tilalle suunniteltu adapteri, jolla valaisimeen saadaan asennettua energia-  
tehokkaampi T5-sarjan loistelamppu. Huomioitava että T5-vakio lampussa on pienempi valoteho  
kuin T8, joten valoteho pienenee samassa suhteessa. Lisäksi vaativat yleensä muutoksia myös  
itse valaisimeen.

*Eco-loistelamput*

sekä T5, että T8-sarjan loistelampuista on tullut markkinoilla matalampitehoisia malleja, joilla kui-  
tenkin saavutetaan sama valoteho. Nämä ns. eco-mallit voidaan periaatteessa asentaa suoraan  
vanhoihin valaisimiin, joitakin rajoituksia kuitenkin esim. liitäntälaitteiden tyyppille on olemassa.  
Energiansäästöpotentiaali n. 10 %.

*Matalampitehoiset loistelamput*

T8-sarjan loistelampuista on tullut markkinoille matalampitehoisia malleja, joilla voidaan yksinker-  
teisesti pudottaa valaistustasoa ja sitä kautta vähentää energiankulutusta. Lampputyyppejä on  
omimmillaan kohteissa, joissa on hieman ylisuuret valaistusvoimakkuudet.

*Elohopeahöyrylampun korvaavat tuotteet*

Markkinoille on tullut suoraan elohopeahöyrylamppuja korvaavia lampputyyppejä. Nämä suoraan  
elohopeahöyrylampun tilalle asennettavat lamput ovat erikoisvalmisteisia monimetallilamppuja.  
Lampuissa on joitakin rajoitteita polttoasentojen suhteen, joten kaikkiin valaisimiin ne eivät välttä-  
mättä sovellu käytettäväksi. Energiansäästöpotentiaali n. 5-10 %.

LED-valaisimet yleisesti

LED-valaisimet soveltuvat hyvin melkein mihin tahansa käyttökohteeseen ulkovalaistuksesta yleis-  
valaistukseen. Ledien himmentäminen on mahdollista ja se pidentää myös ledien käyttöikää. LED-  
valaisimen etuna on myös se, että se syttyy välittömästi täyteen tehoonsa. LED-valaistusta suunni-  
teltaessa on syytä kiinnittää huomiota valaistustason putoamiseen käyttöiän kuluessa ja suosia  
mieluummin tuotteita, joiden valmistajat antavat riittävän pitkän täystakuun tuotteilleen.

Energiankulutus yleisvalaistusratkaisuissa on alhaisempi kuin vastaavan loisteputkivalaistuksen.  
LED –valaisimet ja lamput ovat jonkin verran kalliimpia kuin perinteiset ratkaisut, mutta etenkin  
tehtäessä uutta kohdetta kannattaa eri valaistusvaihtoehtojen osalta tehdä elinkaarilaskelmia ja  
sitä kautta valita paras vaihtoehto. Tähän yhtenä työkaluna voi käyttää valaistustieto.fi sivustolta  
löytyvää työkalua.

**5.3.5 Valaistuksen ryhmittely ja ohjaus ja säätö**

Valaistuksen energiansyöttö ja ryhmittely tulisi olla toteutettu niin, että valaistuksen määrää ja käyt-  
töä voi vaihdella tilassa kulloinkin tehtävien toimintojen mukaan. Päivänvalon hyödyntämiseksi  
päivänvaloalueen valaistus tulisi ryhmitellä erikseen ohjattavaksi tai valaisimissa tulisi olla päivän-  
valoautomaatiikka.

Yleisiä käytettävissä olevia ohjaustapoja ovat mm.

- käsikytkin- ja painonappiohjaus
- porrasautomaattiohjaus
- kello-ohjaus +hämäräkytkinohjaus
- keskitetyt sammutusratkaisut
- läsnäolo-ohjaus
- läsnäolo-ohjaus +vakiovalo-ohjaus.



Mikä ohjaustapa missäkin tilassa taloudellisimmin johtaa energiatehokkaaseen valaistuksen käyttöön riippuu tilan käytöstä, valaistuksen tarpeesta ja olosuhteista. Tilakohtaisesti katselmoijan on nämä mahdollisuudet kenttätyön aikana selvitettävä ja myös jo kenttätyön aikana luotava alustava käsitys muutoksen taloudellisuudesta ja merkityksestä. Joskus on järkevää ehdottaa ensimmäisenä toimenpiteenä koeasennusta, jossa kokeillaan uutta ohjausratkaisua tai asennusta, selvitetään sen vaikutusta käyttötietoisuuteen, valaistustasoon, ym. sekä voidaan arvioida tarkemmin säästö- ja investoinnin kustannusvaikutusta.

Taloudellisuuteen vaikuttavat mm.

- nykyinen käyttö, valaistuksen käyttöajat
- arvio tarpeettomasta käytöstä (päivänvaloaikana, miehittämättömänä aikana)
- arvio valaistustason pienentämismahdollisuudesta, paikallistamismahdollisuudesta
- arvio muutoksen toteutuskustannuksista
- laitekustannukset
- muut vaikutukset (koneellisen jäähdytyksen tarpeen pieneneminen, lämmityksen tarpeen lisääntyminen, jättekustannukset, huoltokustannukset).

Tätä alustavaa, paikan päällä tehtyä ja käyttäjien edustajien kanssa keskustelemaa ehdotusta ja kannattavuusarvioita katselmoija voi sitten myöhemmin toimistotyönä tarkentaa mm. ottamalla yhteyttä laitetoimittajiin.

Valaistuksen tarpeettoman käytön rajoitus esimerkiksi uusin ohjausratkaisuin johtaa usein siihen, että lamppujen polttojaksot lyhenevät. Tällä on vaikutusta lamppujen kestävyysaikaan, että lyhyillä polttojaksoilla lamppujen polttoaika lyhenee. Lamppujen sammutus aikoina, jolloin valaistusta ei tarvita, on pääsääntöisesti aina järkevää ja kannattavaa. Tarkasti ottaen joka lampputyypille olisi kuitenkin mahdollista laskea raja-arvo polttojaksoille, jonka pienemmillä arvoilla sammuttelu ei johda enää kokonaiskustannussäästöön. Tähän laskelmaan vaikuttaa mm. lamppujen hankinta- ja jättekustannukset, huolto- ja vaihtokustannukset, säästetyn sähkön hinta ym. On laskettu, että normaaleilla loistelampuilla tämä raja-arvo on keskimäärin suuruusluokkaa 15 min.

### 5.3.6 Ulkovalaistuksen erityispiirteet

Ulkovalaistuksen käyttöaikoihin tulee kiinnittää katselmuksessa erityistä huomiota sekä varmistua valaistuksen yöaikaisesta tarpeesta. Usein valaistus on tarpeettomasti päällä illasta aamuun, vaikka piha alueilla ei olisikaan tarvetta liikkua yöllä. Lisäksi mahdollisia julkisivuvaloja yms. erikoisvalaistuksien käyttöaikoja tulee tarkastella kriittisesti. Myös valaistuksen ryhmittelyyn tulee kiinnittää huomiota ja on mahdollisuuksien mukaan selvitettävä mahdollisuuksia siirtää esim. osavalaisuksen käyttöön. Lisäksi ulkovalaistuksen on huomioitava ja selvitettävä mahdolliset turvallisuusriskit (kulku ja rikos).

Ulkovalaistuksessa laajasti käytössä olevat elohopeahöyrylamput poistuivat myynnistä vuonna 2015. Tämä tulee huomioida tehtäessä katselmusta ja esittää vähintäänkin muuna toimenpidehuomioina, mikäli katsotaan että niiden vaihtaminen ei ole perusteltua pelkästään energiataloudellisista syistä. Varteenotettava vaihtoehto korvaavaksi valonlähteeksi ovat monimetallilamppuvalaisimet sekä LED-valaisimet.

### 5.3.7 Valaistuksen käyttö ja huolto

Valaistusvoimakkuus pienenee asennuksen ja lamppujen vanhetessa. Valaistustason mitoitus tulisi optimoida ja suunnitella vain kohtuulliselle valovirran alenemalle ja optimaaliselle huolto- ja lampunvaihtojaksotukselle. Yleensä valaistustason mitoitus pyritään tekemään niin, että lamput vaihdetaan, kun 80 % lamppujen nimellispolttoaika on saavutettu. Tämä on karkea optimointiohje va-

laistussuunnittelussa. Lampunvaihtojen yhteydessä kannattaa erikseen arvioida uudelleen valaistuksen tarve, jos toiminta tiloissa on muuttunut tai kalustuksen sijoittelua on tiloissa muuteltu.

Katselmoijan tehtäviin kuuluu selvittää valaistusmittausten yhteydessä riittävän tarkasti valaisimien likaantumistaso ja ikääntyminen. Samalla hänen tulee arvioida asennettujen valaisimien soveltuvuus tilan toimintaan, joka on saattanut valaisimien asennuksen jälkeen muuttua. Jos likaantuminen on huomattavaa, kannattaa selvittää vaihtoehtoisen ratkaisun kannattavuutta. Tällöin lasketaan sen likaantumisesta aiheutuneen hukatun valaistusenergian suuruus ja kustannukset. Vaihtoehtoina tässä tapauksessa on laskea taloudellisin huoltoväli tai uusia valaistusratkaisu. Tämä koskee erityisesti teollisuustilojen energiakatselmoitinta. Teollisuusvalaisimien likaantumista on tutkittu esim. viitteissä Teollisuusvalaisimien likaantuminen, Suomen valoteknillinen seura Tiedonanto T4-1985, Likaantumisolosuhteet teollisuusvalaistuksessa, Suomen valoteknillinen seura, Tiedonanto T6-1988/.

Säästölaskelmissa otetaan huomioon mahdollisimman tarkasti säästötoimenpiteen kustannusvaikutukset. Valaistusenergian säästötoimenpiteillä vaikutetaan usein lämmityskustannusten lisäksi huoltokustannuksiin ja koneellisen jäähtyksen kustannuksiin. Nämä on otettava huomioon ehdotuksen kannattavuutta laskettaessa.

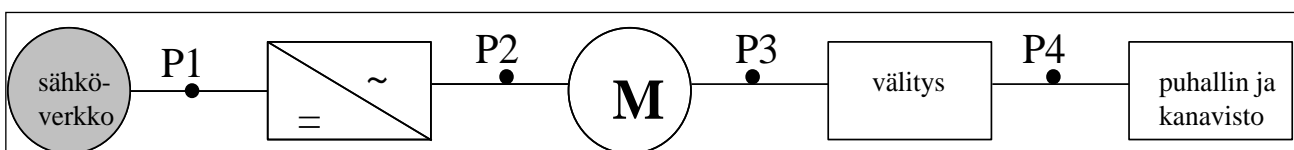
## 5.4 LVI-laitteet

LVI-laitteiden sähkön kulutusosuus palvelurakennuksissa on tapauskohtaista teknisistä ratkaisuisista, olosuhdevaatimuksista ja laatuvaatimuksista riippuen. Yleensä LVI-laitteiden sähkön kulutusosuus palvelurakennuksissa on suuruusluokkaa 20–40 %.

### 5.4.1 LVI-järjestelmien sähkölaitteiden katselmointi

#### Ilmanvaihtopuhaltimet

Ilmanvaihtopuhaltimet kuluttavat yleensä 20–40 % palvelurakennuksen sähköenergiasta. Lämmön talteenottolaitteiden yleistymisen ja hyötysuhteiden parantumisen sekä rakennusten sisäisten kuormien lisääntymisen seurauksena ilmanvaihdon sähkönkulutuksen merkitys suhteessa lämpöenergiaan on lisääntynyt viime aikoina. Sähköenergian merkittävyyttä lisää se, että sähköenergia on kalliimpaa kuin lämpöenergia. Monissa tapauksissa ilmanvaihdon energiakustannuksista sähkön osuus onkin samaa luokkaa kuin lämmön.



Kuva 5.3. Ilmanvaihtokoneen sähkölaskennan komponentit

Kuvassa on esitetty ilmanvaihtokone sähkökatselmoijan silmin - vasemmalta oikealle: sähköverkko, taajuusmuuttaja, sähkömoottori, välitys (=voimansiirto) sekä puhallin ja kanavisto.

$P_1$  = ilmanvaihtosysteemin sähköverkosta ottama teho

$P_2$  = sähkömoottorin ottoteho kilowatteina

$P_3$  = sähkömoottorin antoteho (= akseliteho)

$P_{3N}$  = sähkömoottorin nimellinen akseliteho

$P_4$  = puhallinakselille siirrettävä teho.

Mitä mitataan ja miten

Ilmanvaihtokoneen verkosta ottaman sähkötehon laskennan kannalta on olennaista, että kaikissa systeemin osissa tapahtuu häviöitä, joiden suhteellinen osuus yleensä kasvaa osakuormilla. Ilmanvaihtokoneen sähkötehon laskeminen on varsin ongelmallista ja merkittävien ilmanvaihtokoneiden sähköverkosta ottama sähköteho  $P_1$  kannattaakin mitata energiakatselmuksessa. Jos vakoilmavirtajärjestelmissä ilmanvaihtokoneiden käyttöajat pystytään määrittelemään tarkasti, on vuotuinen sähköenergian kulutus varsin helppo laskea tehon ja käyttöajan tulona. Näin saadaan tehokkaasti luotettavia kulutusosuuksia kulutusjakaumaa varten.

Jos sähkötehoa ei mitata, pyritään mittaamaan systeemin virta, jännite ja  $\cos \varphi$ , joiden avulla lasketaan systeemin verkosta ottama teho  $P_1$ . Kolmivaiheiselle sähköteholle pätee

$$P_1 = \sqrt{3} * U * I * \cos \varphi, \text{ jossa}$$

$P_1$  = systeemin verkosta ottama sähköteho

$U$  = pääjännite (3-vaihejärjestelmissä yleensä ~ 400 V)

$I$  = vaihevirta (A)

$\cos \varphi$  = tehokerroin.

Jos tehokerrointa ei mitata, on kertoimen määrittämisessä huomioitava, että moottorikilvessä esitetty tehokerroin pätee vain nimellisasteessa ja tehokerroin pienenee osakuormilla merkittävästi. Tehokertoimen pieneneminen huomioidaan kertomalla nimellinen tehokerroin osakuormaa vastaavalla suhteellisella tehokertoimella.

Moottorin käyntivirran määrittämisessä voi joissain tapauksissa hyödyntää moottoreiden ylivoimaisuusasteita (mitatut sähkövirrat ja lämpöreleiden asetelut). Tällöin on huomioitava, että moottorin katselmuksijohdan käyntivirta ei välttämättä ole sama kuin ylivoimaisuusasteita esitetty.

Jos sähkötehoa tai -virtaa ei mitata, voidaan teho laskea yhtälöllä

$$P_1 = (q_{\text{puhallin}} * \Delta p_{\text{puhallin}}) / (\eta_{\text{puhallin}} * \eta_{\text{välitys}} * \eta_{\text{moottori}} * \eta_{\text{taajuusmuuttaja}}), \text{ jossa}$$

$q_{\text{puhallin}}$  = puhaltimen ilmavirta

$\Delta p_{\text{puhallin}}$  = puhaltimen paineenkorotus

$\eta_{\text{puhallin}}$  = puhaltimen hyötysuhde

$\eta_{\text{välitys}}$  = voimansiirron hyötysuhde

$\eta_{\text{moottori}}$  = sähkömoottorin hyötysuhde

$\eta_{\text{taajuusmuuttaja}}$  = taajuusmuuttajan hötysuhde.

Jos sähköteho arvioidaan moottorin kilpiarvojen perusteella, tulee kiinnittää huomiota siihen, onko kilvessä esitetty sähköinen teho  $P_2$  vai akseliteho  $P_3$ . Sähkötehon arvioiminen kilpiarvojen perusteella on yleensä epätarkin tässä esitetyistä menetelmistä.

Muuttuvilmoimavirtaisessa (MIV) järjestelmässä on sähkönkulutuksen määrittäminen hankalampaa. Yleensä merkittävätehoisille MIV-järjestelmille kannattaa tehdä seurantamittaus.

Miten tuloksia tulkitaan ja hyödynnetään

Ilmanvaihtokoneiden tehomittauksia hyödynnetään

- kulutusjakauman tekemisessä. Riittävän tarkka kulutusjakauma on lähtökohta sähkön käytön nykytilanteelle ja säästötarkasteluille.
- ilmanvaihtokoneen käyntiaikojen selvittämisessä. Ilmanvaihtokoneiden käyntiaikojen määrittäminen ja ohjausten toiminta on tehokasta määrittellä sähkön seurantamittauksella.

- muuttuvaimavirtaisten ilmanvaihtokoneiden todellisen toiminnan selvittämisessä. Toiminnan luotettava selvittäminen ilman sähkömittausta on vaikeaa (liekö käytännössä mahdotonta?)
- järjestelmän sähkötehokkuuden selvittämisessä (kW/m<sup>3</sup>/s). Ilmanvaihtokoneen sähkötehokkuutta kuvaavan ns. SFP-luvun merkityksen energiakatselmuksissa voidaan olettaa lisääntyvän.

Järjestelmän sähkötehokkuuteen vaikuttaa

- puhaltimen hyötysuhde
- taajuusmuuttajan hyötysuhde
- sähkömoottorin hyötysuhde
- säätötavan hyötysuhde (johtosiipi, siipikulma jne)
- voimansiirron hyötysuhde (akseliveto, hihnaveto jne.).

### Esimerkkejä

- Ilmanvaihtokoneen käyntiajat olivat kiinteistöautomaatiojärjestelmän mukaan tarpeenmukaiset. Tehomittauksessa selvisi kuitenkin, että ilmanvaihtokone kävi jatkuvasti. Tämä johtui koneen pakkokytkenästä erääseen pieneen poistoilmanvaihtokoneeseen, joka oli jatkuvasti päällä. Pakkokytkenän purkamisella saavutettiin merkittävä energian säästö.
- Kuormaan nähden moninkertaisesti ylimitoitettu sähkömoottori käy osateholla, jolloin sen hyötysuhde heikkenee merkittävästi. Suurimpien ilmanvaihtopuhaltimien osalta on sähkömoottorin hyötysuhteen määrittäminen perusteltua.
- Taajuusmuuttajan todettiin käyvän jatkuvasti 20 Hz taajuudella ja LVI-katselmoija selvitti puhaltimen hyötysuhteen olevan noin 20 % kyseisellä pyörimisnopeudella. Energiansäästötoimenpiteenä ehdotettiin ilmavirran tarkistamista ja puhaltimen uusimista.
- Katselmuksessa todettiin, että puhaltimien taajuusmuuttajissa oli optimointiohjelma, joka ei kuitenkaan ollut käytössä. Ehdotettiin ohjelman käyttöönottoa.
- Ilmanvaihtokoneen säätötapana oli johtosiipisäätö ja ohjauksena vakio paineohjaus koekäyttöhallissa. Ilmanvaihtokoneen sähkömittauksella selvisi, että johtosiipisäädön korvaaminen pyörimisnopeussäädöllä oli kannattavaa.
- Voimansiirrossa yleensä lattahihnan hyötysuhde on parempi kuin kiilahihnan.

Taajuusmuuttajien hyötysuhdetta ja optimointiohjelmien käyttöönottoa on käsitelty kohdassa taajuusmuuttajakäytöt.

### **Pumput**

LVI-pumput kuluttavat yleensä joitain prosenteja palvelurakennuksen sähköenergiasta. Lämmitysten pääkiertopumppujen sekä nestekiertoisten lämmöntalteenottolaitteiden pumppujen sähkötehot ovat usein merkittäviä.

Teollisuudessa pumppausten osuus tuotantoprosessissa tai esimerkiksi vesijäähdytyksissä voi olla merkittävin kulutusosuus kokonaissähköenergiasta.

### Mitä mitataan ja miten

Pumppujen verkosta ottaman sähkötehon laskennan kannalta on olennaista, että ”pumppusysteemin” eri kohdissa tapahtuu häviöitä, joiden suhteellinen osuus yleensä kasvaa osakuormilla (vastaavasti kuin ilmanvaihtokoneissakin). Pumppausten sähkötehon laskeminen ei ole yksinkertaista, joten merkittävien pumppujen sähköverkosta ottama sähköteho kannattaakin mitata energiakatselmuksessa. Jos virtaama ja paineenkorotus pysyvät vakiona sekä käyttöajat pystytään määrittämään tarkasti, on vuotuinen sähköenergian kulutus varsin helppo laskea tehon ja käyttöajan tulona. Näin saadaan tehokkaasti luotettavia kulutusosuuksia kulutusjakautumaa varten.

Miten tuloksia tulkitaan ja hyödynnetään

## Pumppujen tehomittauksia hyödynnetään

- kulutusjakauman tekemisessä. Riittävän tarkka kulutusjakauma on lähtökohta sähkön käytön nykytilanteelle ja säästötarkasteluille.
- toimintapisteen selvittämiseksi tarvitaan pumppujen tehokäyrästä
- muuttuvavesivirtaisten pumppujen todellisen toiminnan selvittämisessä. Toiminnan luotettava selvittäminen ilman sähkömittausta on hankalaa.
- järjestelmän sähkötehokkuuden selvittämisessä (kW/d-m<sup>3</sup>/s). Järjestelmän sähkötehokkuuden vaikuttaa
  - pumpun hyötysuhde
  - säätötavan hyötysuhde
  - sähkömoottorin hyötysuhde
  - taajuusmuuttajan hyötysuhde.

Esimerkkejä

- Kiinteistöautomaatiojärjestelmästä todettiin, että lämmityksen pääkiertopumput käyvät myös kesäaikana. Pienellä ohjelmointityöllä pumput pystyttiin pysäyttämään kesäajaksi (käynti kuitenkin kerran päivässä 5 minuutin ajan). Sähkötehon mittauksella pystyttiin määrittelemään saavutettava säästö.
- Seurantamittauksella todettiin, että käyttöveden paineenkorotuspumppu kävi jatkuvasti ja otti merkittävän tehon myös yöaikana, jolloin käyttöveden kulutusta ei ollut. Pumpun vakiopaineohjatulla taajuusmuuttajakäytöllä saavutettiin sähköenergian säästöjä.
- Syöttövesipumpun seurantamittauksella todettiin, että pumppu ottaa lähes jatkuvasti saman tehon riippumatta syöttöveden virtaamasta. Syöttöveden virtaaman todettiin tehdasautomaatiojärjestelmän perusteella vaihtelevan välillä 10-20 % maksimista. Osoittautui, että pumpun (ja sähkömoottorin) uudelleen mitoittaminen ja taajuusmuuttajakäyttö pumpulle ovat energiataloudellisesti perusteltavissa.

**Puhaltimien tai pumppujen sähkön käytön laskenta**

Puhaltimien (ja pumppujen) tehonottoa laskea kaavalla:

$$P = (q_v \times \Delta p) / \eta$$

missä

P	sähköteho (W)
q <sub>v</sub>	ilmavirta (m <sup>3</sup> /s)
Δ p	paine-ero (Pa)
η	moottorin, puhaltimen ja välityksen kokonaishyötysuhde.

Puhaltimien ja pumppujen sähkön kulutusta on mahdollista arvioida myös näiden moottorien nimellistehojen avulla. Tämä on kuitenkin epätarkkaa, koska usein moottorit ovat merkittävästi ylimitoitettuja ja moottorin verkosta ottama teho riippuu kulloisestakin kuormituksesta.

Kiinteistöjen pumppujen sähkön kulutuksen suuruusluokkaa voidaan arvioida kokemukseräisillä likiarvokaavoilla:

Ilmastoinnin pumpput:

- $E / \text{kWh} = \text{ilmavirta (m}^3/\text{h)} \times \text{käyttöaika (h)} \times 1,7 \times 10^{-5}$

Patteriverkoston kiertopumpput:

- $E / \text{kWh} = \text{rakennustilavuus (m}^3) \times \text{käyttöaika (h)} \times 3,3 \times 10^{-5}$

Lämpimän käyttöveden pumpput:

- $E / \text{kWh} = \text{rakennustilavuus (m}^3) \times \text{käyttöaika (h)} \times 2,3 \times 10^{-5}$

Lämmön talteenoton pumpput:

- $E / \text{kWh} = \text{ilmavirta (m}^3/\text{h)} \times \text{käyttöaika (h)} \times 3,3 \times 10^{-5}$

## Energian käytön tehostaminen

Ilmastointilaitoksen tulisi toimia niin, että rakennuksen eri tiloissa voidaan puhaltimien toiminta-ajat määrittää tarkoituksenmukaisesti tilojen käytön mukaisesti. Tämä voidaan suunnitteluvaiheessa toteuttaa sopivalla vyöhykejaolla tai ratkaisuilla, joissa ilmastointia voidaan tilakohtaisesti säätää ilmastointitarpeen vaihdellessa ja puhallintehoa vastaavasti energiataloudellisesti ohjata. Katselmuksessa tätä perusratkaisua ei voida muuttaa, mutta tilojen ja toiminnan järjestelyjä voidaan tutkia tästä näkökulmasta.

Puhallettavan ilmavirran tulisi vastata todellista tilakohtaista tarvetta kaikkina ajankohtina. Säätämällä ilmavirtaa tarpeen mukaan säästetään puhaltimen sähköenergiassa ja myös ilmanvaihdon lämmitysenergiankulutuksessa. Säätö voi tapahtua esimerkiksi seuraamalla ilman hiilidioksidipitoisuuden muutoksia (CO<sub>2</sub>-säätö) ja ohjaamalla puhaltimen ilmavirtaa taajuusmuuttajakäytöllä. CO<sub>2</sub>-säädöllä ja taajuusmuuttajakäytöllä saavutettavat säästöt arvioidaan tapauskohtaisesti.

Paine-ero määräytyy kanaviston mitoituksesta ja muodosta, suodattimien ja patterien aiheuttamista vastuksista. Katselmointivaiheessa paine-eron pienentämiseksi ei ole paljon tehtävissä. Suodattimien, patterien ja lämmön talteenottolaitteiden kuntoa ja puhtautta kannattaa kuitenkin tarkastella. Erityisesti pumppauksissa tarpeettoman korkean painetasen pudottaminen on joskus mahdollista ja se johtaa energian käytön tehostumiseen. Kuristussäätöä ei tulisi käyttää ilma- tai nestevirtojen ohjauksessa, koska se pitää paine-eroa ja sähkötehon tarvetta suurena.

On tärkeää varmistua rakentamisvaiheessa siitä, että laitteet ovat nimellistehoiltaan oikean suuruiset ja laitteiden toimintapiste asettuu laitteiden hyvän hyötysuhteen alueelle. Joskus laitteiden toimintahyötysuhteen parantaminen uusinvestoinneilla tai toimenpiteillä, joilla voidaan vaikuttaa toimintapisteeseen, voi katselmuksessa muutostyönäkin osoittautua kannattavaksi.

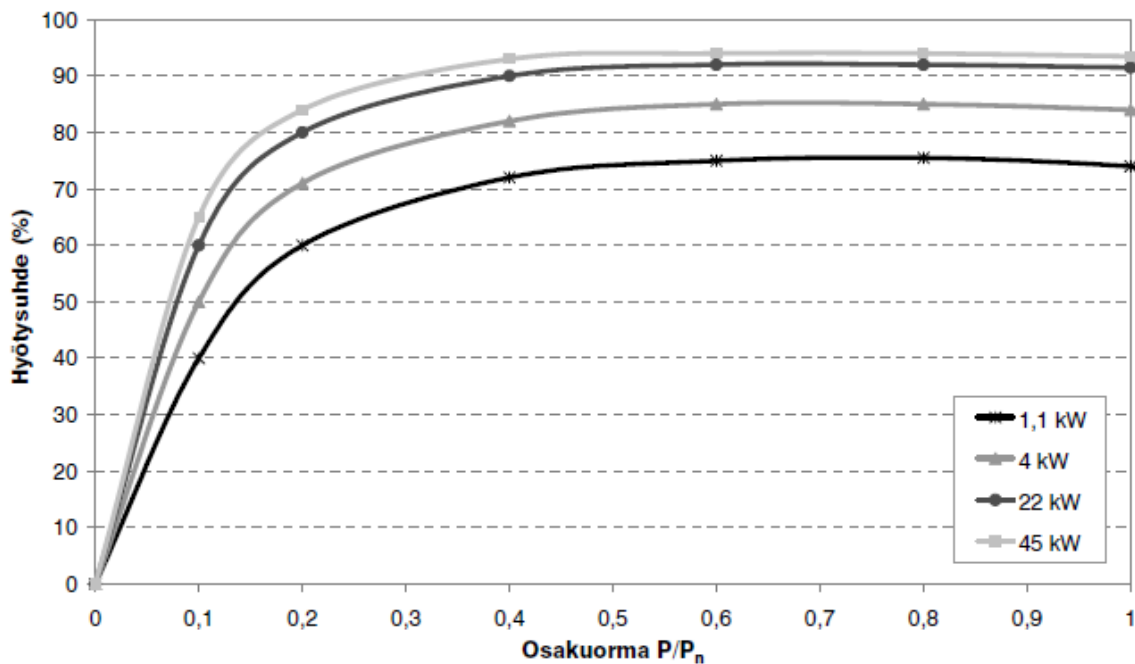
### Käytännön LVI-laitteita koskevia huomioita sähkökatselmoijalle

Yleisin keino LVI-laitteiden energian käytön tehostamiseksi on ilmanvaihdon käyntiaikojen sovittaminen tarvetta vastaaviksi. Kello-ohjausten selvittäminen ja testaaminen on perusteltua erityisesti suurten koneiden tapauksissa. Katselmoijien tulee sopia työnjaosta näissä tapauksissa.

Kohteen puhaltimien ja pumppujen todellisen toimintahyötysuhteiden tarkka selvittäminen mittauksin on yleensä työlästä, vaikka työ rajattaisiin koskemaan vain nimellistehoiltaan suurimpia laitteita tai sellaisia, joiden energiankulutusmerkitys arvioidaan pitkistä käyttöajoista johtuen suureksi. Esimerkiksi puhaltimien ilmavirtojen mittaamiseksi kanavistosta tulisi löytää riittävän pitkät suorat kanaosuudet, mitä vaatimusta monet asennukset eivät täytä.

Käytännön kokemusten perusteella onkin päädytty siihen, että kiinteistökatselmuksissa puhallin- tai pumppuyksiköiden toimintahyötysuhdetta ei vaadita virtausmittauksin selvitettäväksi. On todettu, että suuren työmääränsä ja keskimääräisten oletettavissa olevien tulosten ja toimenpide-ehdotusten perusteella tämä ei olisi tarkoituksenmukaista. Tämä ei tarkoita sitä, että joissakin tapauksissa, joissa ennakkotiedot sitä puoltavat, näin kuitenkin olisi järkevää ja syytä tehdä.

Suurimpien puhaltimien ja pumppujen todellisen ottotehon mittaaminen on kuitenkin yleensä tarpeen. Niitä hyväksikäyttäen voidaan esimerkiksi taajuusmuuttajien, pumppujen tai puhaltimien valmistajien laskentaohjelmien avulla laskea riittävän tarkat vuosikulutukset. Yksistään tällä mittauksella voidaan myös jo arvioida moottorin kuormitusastetta ja sen vaikutusta toimintahyötysuhteeseen (ks. kuva)



Kuva 2. Nelinapaisen oikosulkumoottorin hyötysuhteen alenema osakuormatehoilla.

Kuva 5.4 Sähkömoottorin hyötysuhteen aleneminen osateholla ( $P$  = verkosta otettu teho,  $P_n$  = moottorin nimellisteho). Lähde: Korkeahyötysuhteisten sähkömoottorien hankinta, Tekijät: Katri Kuusinen ja Kari Bovellan, Electrowatt-Ekono Oy, Copyright Motiva Oy, Helsinki, huhtikuu 2004

Teollisuuden prosessien suuritehoisten puhaltimien ja pumppujen toiminnan tehokkuutta on tarpeen ja mahdollista arvioida sähkötehomittauksin, putkistojen kiinteitä painemittauksia ja valmistajien laitekäyriä hyödyntäen.

Katselmoijan ensimmäisiä tärkeitä tehtäviä onkin arvioida, millä tarkkuudella ja panostuksella puhallin- ja pumppumoottoreiden tehokkuutta työssä tarkastellaan ja miten valitaan ne yksiköt, joissa yksityiskohtaisempaan tarkasteluun ryhdytään. Näissä arvioinneissa on ehdottomasti hyödynnettävä tilaajan, käyttö- ja kunnossapito-organisaation asiantuntemusta. Eräs peruste tässä arviossa on laitteiden energiakustannusmerkitys. Joskus nopeallakin tarkastelulla tai käyttäjän antamien tietojen perusteella voidaan havaita, että puhalluksen tai pumppauksen energiatehokkuus on vaatimaton, jolloin asiaa on lähemmin selvitettävä, esimerkiksi:

- ilmavirrat, nestevirrat tms. ovat muuttuneet oleellisesti suunnittelun ja käyttöönoton aikaisesta tilanteesta (moottorin, puhaltimen/ pumpun ja käytön toimintahyötysuhteet saattavat jäädä selvästi alle nimellishyötysuhteen)
- ilma- tai nestevirtoja ohjataan kuristamalla tai nimellisvirtaaman säätö on toteutettu kuristusventtiilein (paine-ero on tarpeettoman suuri)
- verkostossa tarvittava painetaso on saattanut muuttua tai sitä ei ole koskaan selvitetty
- virtauksen tarve vaihtelee merkittävästi esimerkiksi eri vuorokauden aikoina (osavirtauksilla energiatehokkuus jää pieneksi)
- laitteet ovat vanhoja (huoltokustannukset suuret, alkuperäinen hyötysuhdekin saattaa olla alhainen).

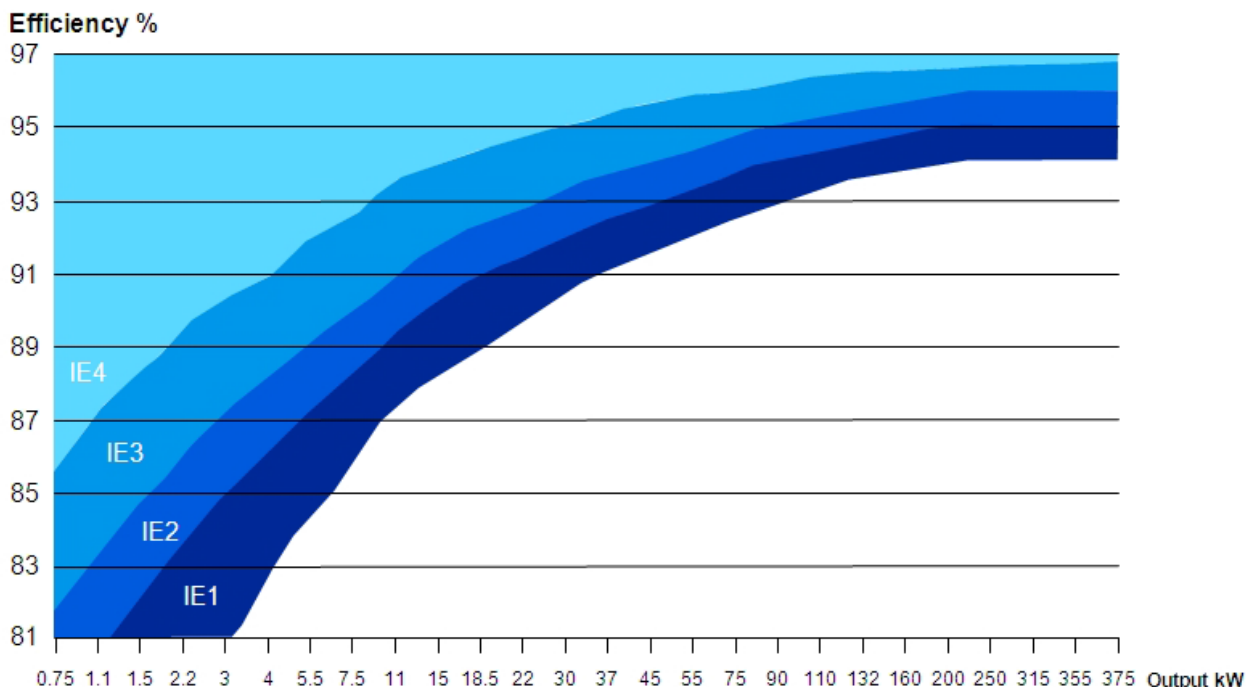
## 5.4.2 Moottorikäytöt

### Moottorivalinta

#### Moottorien IE-luokat

Moottorivalinnan kokonaisedullisuuteen vaikuttaa moottorin käyttöaika ja energiahinta. Moottorin hankintahinta näyttelee kuitenkin varsin pientä osuutta moottorin kokonaiskäyttökustannuksista, joten yleisesti normaali talotekniikan käyttöihin on aina edullisempää valita paremman hyötysuhteen moottori.

Puhaltimien sähkömoottorien valinnassa suositetaan IE2 ja IE3-luokan moottoreita (IE: International Efficiency). Sähkömoottorien luokituksessa käytetään luokkia IE1, IE2, IE3 ja IE4, joista IE4-luokka on energiatehokkain. Aiemmin on käytetty luokkia EFF1, EFF2 ja EFF3, joista EFF1 on ollut energiatehokkain. Kuvassa 4.2.2.1 on esitetty IE-luokkien sähkömoottorien jaottelu hyötysuhteen mukaan.



Kuva 5.4. IE-hyötysuhdeluokat neljännapaisille moottoreille 50 Hz:n taajuudella Lähde: Esitys, Jarno Kinnunen ABB Oy, Moottorien hyötysuhteet, [http://www.lut.fi/documents/10633/333534/Moottoreiden+Hy%C3%B6tysuhteet\\_yleinen\\_Jarno\\_Kinnunen.pdf/1f7fb3af-2475-4b2d-98bf-af4d1580d4dc](http://www.lut.fi/documents/10633/333534/Moottoreiden+Hy%C3%B6tysuhteet_yleinen_Jarno_Kinnunen.pdf/1f7fb3af-2475-4b2d-98bf-af4d1580d4dc).

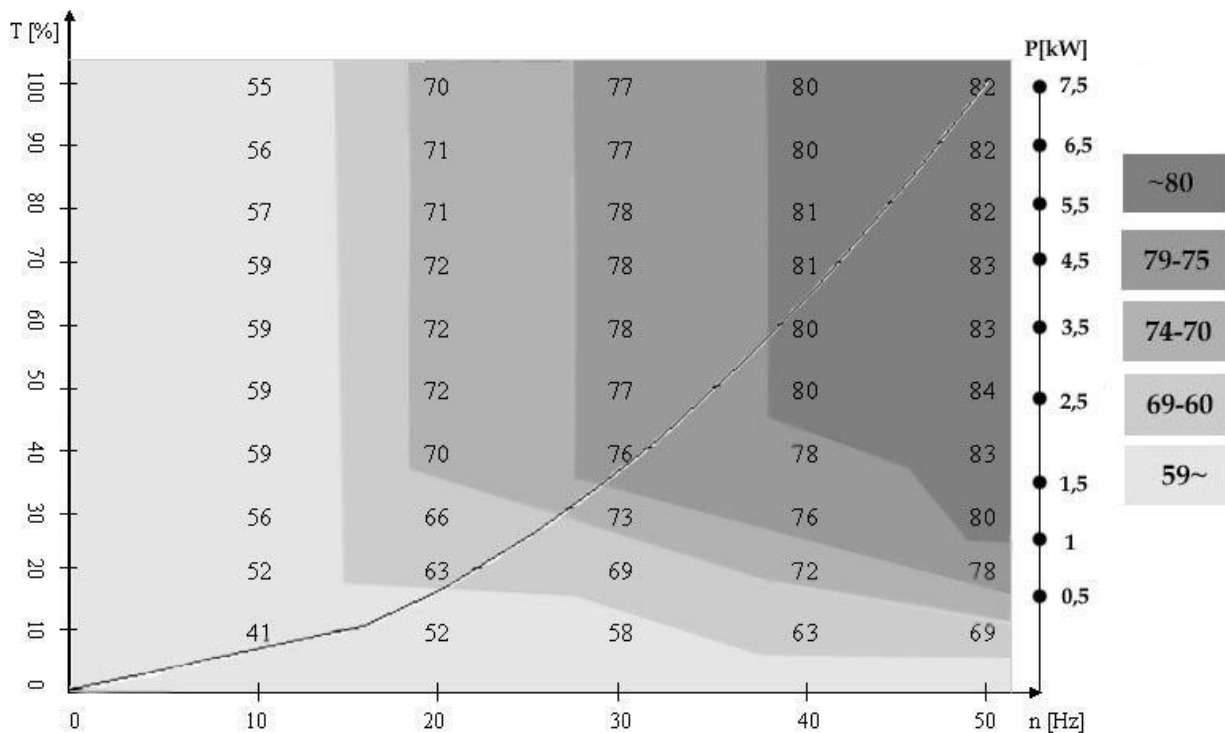


### Taajuusmuuttajakäytöt

#### Käyttö ja hyötysuhde

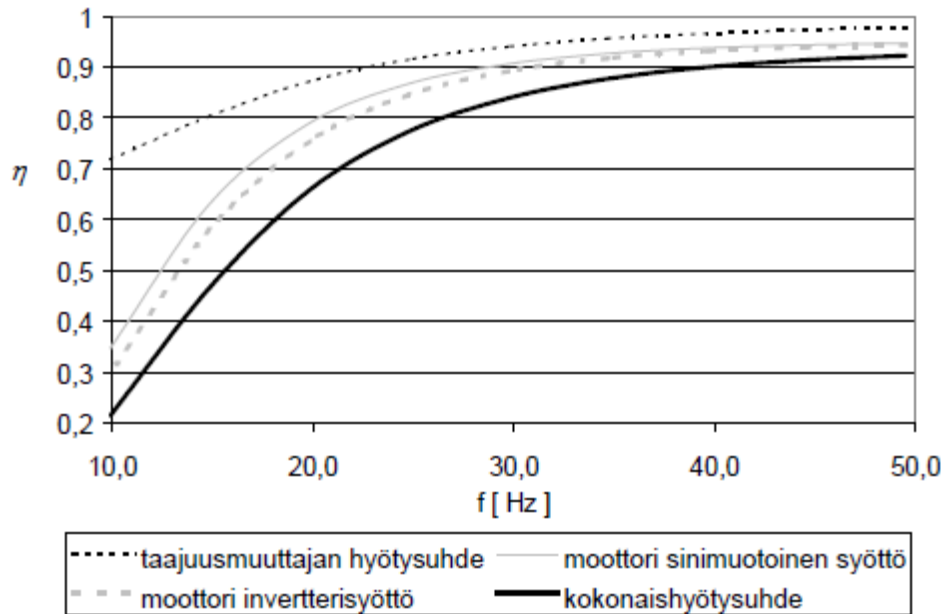
Energiakatselmuksessa on kiinnitettävä huomiota taajuusmuuttajien käyttötaajuuksiin. Yleisesti taajuusmuuttaja-moottorikäytön hyötysuhteen kannalta optimaalinen käyttöalue on välillä 25-50 Hz. Matalammilla taajuuksilla kokonaishyötysuhde yleensä putoaa voimakkaasti. Myös yli 50 Hz taajuuksilla käytön kokonaishyötysuhde putoaa ja lisäksi suunniteltua suurempi pyörimisnopeus rasittaa moottorin laakereita ja johtaa käytettyjen voiteluaineiden nopeampaan heikkenemiseen.

Myös käytettävällä moottorin hyötysuhteella on vaikutusta käytön kokonaishyötysuhteeseen, sillä mitä vähemmän moottori ottaa virtaa, sitä vähemmän myös syntyy häviöitä taajuusmuuttajassa.



Kuva 5.5 Taajuusmuuttajakäytön vaikutus hyötysuhteeseen

Lähde: Niina Aranto. Competitor comparison: variable speed drives in pumping applications. Master's thesis 2008



Kuva 5.6 Lauhepumpun moottorin ja taajuusmuuttajan hyötysuhteet taajuuden funktiona  
Lähde: Sami Varttinen. Taajuusmuuttajat voimalaitosten pumppauksissa, erityisesti syöttöveden pyörimisnopeussäädön vaikutus ruiskutusvesijärjestelmiin. Diplomityö. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. 2004.

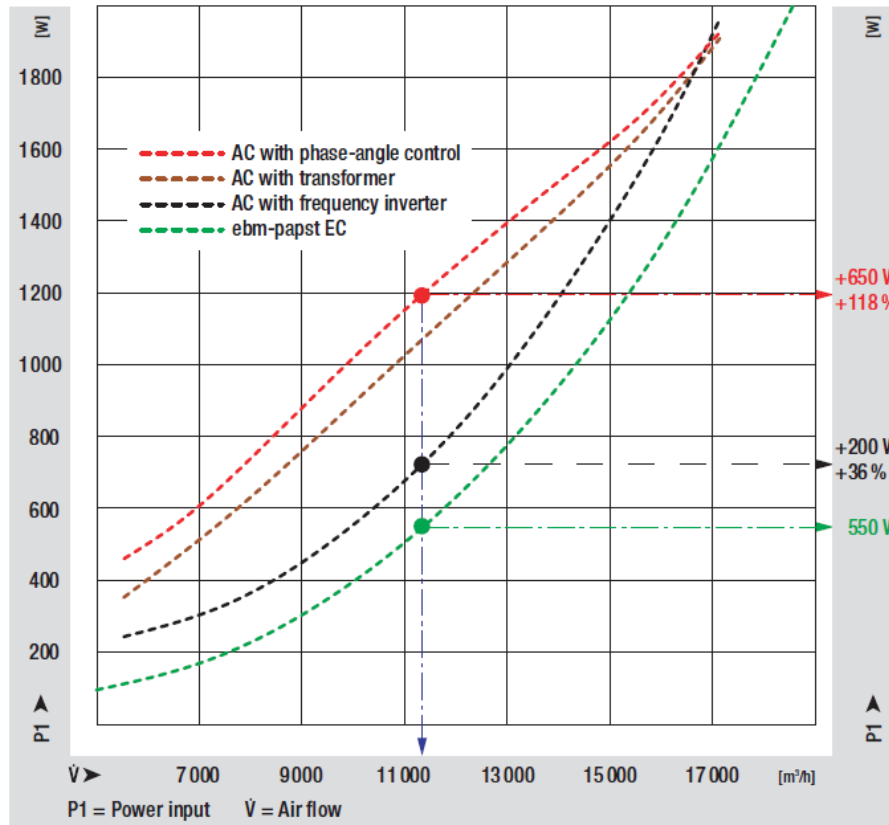
### Optimointiohjelmat

Käytön hyötysuhdetta voidaan parantaa taajuusmuuttajien optimointiohjelmilla. Useat talotekniikkakäyttöön suunnitellut taajuusmuuttajat sisältävät optimointiohjelman. Käytössä olevat asetukset voidaan helposti tarkistaa esimerkiksi kiinteistöhuollon avustuksella taajuusmuuttajan käyttöpaneelista. Yleispätevää ohjetta ei voida antaa tämän suorittamiseen. Lisätietoja asetuksista löytyy taajuusmuuttajan ohjekirjasta ja laitevalmistajilta.

Mikäli käytössä olevissa taajuusmuuttajissa on optimointiohjelma, tulee sen käyttöönottoa ehdottaa katselmuksessa. Toimenpiteellä voidaan parantaa nimenomaan alataajuuksien hyötysuhdetta ja riippuen kuormasta ja käytön ohjauksesta voi kokonaishyötysuhde parantua muutamasta prosentista jopa kymmeneen prosenttiin. Esimerkiksi puhallinkäytössä 25 % kuormalla ja 25 Hz ohjauksella on optimointiohjelman käytöllä saavutettu jopa 10 % parannus kokonaishyötysuhteeseen.

### **EC-moottorit**

Pienissä puhaltimissa suositetaan EC-moottoreita. Paras saatavuus on alle 5 kW:n EC-moottoreissa, tosin suurempiakin moottoreita on jo markkinoilla. Elektronisesti kommutoidun tasasähkömoottorin (EC) hyötysuhde on selvästi korkeampi taajuusmuuttajakäyttöiseen vaihtosähkömoottoriin verrattuna, kun moottoria käytetään osateholla. EC-moottoria ei varusteta taajuusmuuttajalla, säätöön käytetään moottoriin integroitua säädintä. Kuvassa 4.2.2.2 on esitetty puhallinvalmistajan vertailu EC- ja vaihtosähkömoottorin sähkötehon välillä. EC-moottorin muita etuja ovat vaihtosähkömoottoria pienempi koko sekä alhaisempi äänitaso.

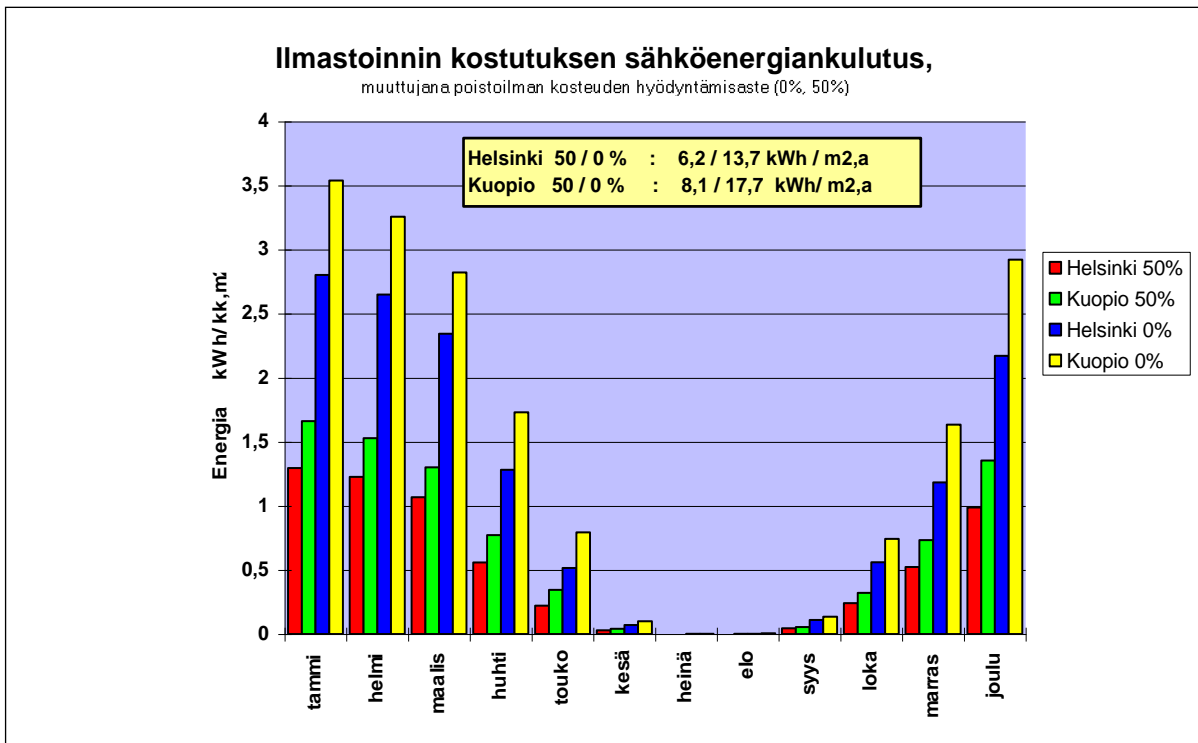


Kuva 5.7 Vertailu EC- ja vaihtosähkömoottorin sähkötehon välillä. Lähde: ebm-papst, EC Technology.

### 5.4.3 Höyrykostutus

Ilmastoinnin sähköisen höyryilmakostutuksen energian kulutus voi olla suuri esimerkiksi toimistotai sairaalakohteissa. Kostutuksen energiankulutusta ja sen merkitystä kohteen sähkön kulutuksen jakaumaan voidaan tyypillisesti tehdä lämpö- ja sähkökatselmoijan yhteistyönä.

Kostutuksen kustannusvaikutuksen ja säästöjen laskemiseksi on muistettava, että energian käyttö kohdistuu talviaikaan ja tällöin myös säästölaskelmissa käytettävä sähkön hinta on suurempi kuin esimerkiksi vuotuinen keskihinta. Tällöin on tässä yhteydessä myös arvioitava kostutuksen vaikutusta sähkön hankinnan tehokustannuksiin. Kohteen kostutusenergian kulutusosuuden ja kustannusten arvioinnissa voidaan hyödyntää alla esitettyä kuvaa.



Kuva 5.8. Höyryilmakostutuksen energian kulutuksen ajoittuminen ja kulutuksen ominaisarvoja. Lähde: LVIS 2000 –tutkimusraportti.

#### 5.4.4 Jäähdytys ja kylmälaitteet

Tässä kohdassa esitetään tyypilliset koneelliseen jäähdytyksen katselmointiin liittyvät sähkötekniiset mittaukset.

##### Miksi mitataan

Koneellisen jäähdytyksen sähköenergian kulutus lienee tyypillisesti esimerkiksi uusissa toimistorakennuksessa 3-10 % kokonaiskulutuksesta. Sen sijaan esimerkiksi myymälöissä ja elintarviketeollisuudessa kylmäkompressorit ovat usein merkittävimpiin sähköenergian kulutuskohde.

##### Mitä mitataan ja miten

Merkittävien kompressoreiden sähkötehon käyttö mitataan seurantamittauksella.

##### Miten tuloksia tulkitaan ja hyödynnetään

Sähkötehon kuormitusprofiileista nähdään ovatko kompressorit käyneet hyvällä hyötysuhdealueella. Nykyisen sähkökulutuksen määrittäminen on myös pohja realistisille säästötarkasteluille.

##### Esimerkkejä

- Rinnan käyvät ruuvikompressorit kävivät pääosan ajasta 40 % kuormituksella. Osakuormala kompressorin hyötysuhde on huonompi kuin toimittaessa lähellä täyttä kuormaa.
- Todettiin, että kompressoreita kannattaa ohjata siten, että ensin ohjataan toinen kompressoreista lähelle täyttä tehoa ja vasta sitten käynnistetään toinen kompressori.
- Tuotantolaitoksen jäädytysjärjestelmän lauhduspainetta pystyttiin alentamaan talviaikana.

- Seurantamittauksella osoitettiin syntynyt säästö.
- Jäähdytyspumppujen ja lauhduttimien sähkötehon seurantamittauksilla pystyttiin määrittelemään vapaajäähdytyksen "kylmäkerroin" eri ulkolämpötiloilla ja näin haettiin optimilämpötilat vapaajäähdytys vs. koneellinen jäähdytys.

#### 5.4.5 Paineilmalaitteet

##### Miksi mitataan

Paineilmajärjestelmän sähköenergian kulutusosuus on useissa energiakatselmuksissa merkittävä (teollisuudessa voi olla luokkaa 5-15 % kokonaiskulutuksesta). Paineilman tuottamiseen käytettävästä sähköstä n. 80-90 % muuntuu lämmöksi ja n. 5-10 % jää paineilman energiasisällöksi eli paineilman käyttö on huomattavan kallista. Lisäksi paineilman tuotannon ja tarpeen osalta on havaittu usein merkittävää säästöpotentiaalia. Kokemusperäisesti paineilmajärjestelmän tarkka katselmointi tuo hyvin usein sähkö- ja/tai lämpöenergian säästöjä.

##### Mitä mitataan ja miten

Paineilmajärjestelmästä mitataan kompressoreiden sähkötehon käyttö seurantamittauksella mieluiten viikon kestäväällä seurantamittauksella. Sähköteho on hyvä mitata suoraan tehomuuntimilla, jolloin päästään käsiksi suoraan pätötehoon. Sähköteho voidaan kuitenkin mitata myös epäsuorasti virtamittauksella. Tällöin tulee määrittää tai mitata sähkömoottorin tehokerroin eri kuormituksilla.

Lisäksi kannattaa mitata painetason vaihtelu verkostossa esimerkiksi käyttäen painelähettämiä, jotka muuttavat verkostopaineen esimerkiksi jänniteviestiksi. Monissa tapauksissa kannattaa tehdä samassa yhteydessä myös lämpötilamittauksia esimerkiksi imuilman lämpötilasta sekä lauhdelämmön talteenottomahdollisuuksista.

Tavoitteena on, että kaikkia samassa verkostossa olevia kompressoreita mitataan samanaikaisesti. Mittauksia tehtäessä on myös tärkeää, että mittauksia tehdään riittävällä taajuudella (näytteenotoväli esimerkiksi 1-10 sekuntia). Tällöin saadaan selville milloin ja millä teholla kompressori on tehnyt työtä, ollut tyhjäkäynnillä ja ollut pysähdyksissä.

##### Miten tuloksia tulkitaan ja hyödynnetään

- Sähkömittausten avulla määritetään järjestelmän paineilman tuotto. Sähkötehon ja tuoton suhdetta kutsutaan ominaistehoksi ( $kW/m^3/min$ ). Jos ominaisteho on yli 10, voi esimerkiksi tyhjäkäynnin osuus olla niin suuri, että kannattaa harkita pienitehoisemman kompressorin käyttöönottoa. Korkea ominaisteho voi kertoa myös kompressorin viallisesta toiminnasta.
- Sähkömittausten avulla määritetään kompressoreiden käynti suhteessa toisiinsa. Ohjataan ko kompressoreita energiataloudellisesti parhaalla mahdollisella tavalla?
- Sähkömittausten avulla voidaan arvioida karkeasti myös järjestelmän vuotoja esimerkiksi työajan ulkopuolisten kompressorin käyntiaikojen perusteella.
- Valtaosa kompressorin akselitehosta muuttuu puristusvaiheessa lämmöksi ja poistuu jäähdytyksen (vesi, ilma) yhteydessä. Paineilmatuotannon hukkalämmön talteenotto voi tulla kyseeseen esimerkiksi ilman, lämmitysverkoston tai käyttöveden esilämmitykseen.

### Esimerkkejä

- Tuotantolaitoksessa havaitaan, että kompressorit tuottavat paineilmaa merkittävästi myös yöaikana. Todetaan, että suurin paineilman yöaikainen kulutuskohte on alipainesiirtojärjestelmä. Yökatselmuksessa havaitaan alipainejärjestelmässä vuotoja ja että alipainejärjestelmän todellinen käyttötarve on vain osan yöajasta. Toimenpiteenä alipainejärjestelmä huollettiin ja asetettiin automaattinen pysäytys muun tuotannon pysähtyessä.
- Kompressoreiden sähkömittauksesta havaitaan, että paineilman tarve vaihtelee voimakkaasti eri aikoina muutamien sekuntienkin aikana. Tämä aiheuttaa sen, että yksi kompressoista tekee noin puolet ajasta työtä, toinen käy lähes jatkuvasti tyhjäkäynnillä ja kolmas kompressoreista pysähtyy satunnaisesti ollen kuitenkin tyhjäkäynnillä suurimman osan ajasta ja tehden työvaihetta korkeintaan joitain sekunteja silloin tällöin. Havaitaan, että muuttamalla painekeytkimien asetusarvoja hieman kauemmaksi toisistaan kolmannen kompressorin käyntitarve poistuu lähes kokonaan.
- Kompressorin sähkömittauksesta havaitaan, että kompressorin käy edestakaisin pari sekuntia työvaihetta ja muutamia sekunteja tyhjäkäynnillä. Todetaan säiliökapasiteetti alimitoitetuksi ja kompressorin ylimitoitetuksi tarpeeseen nähden.

## **5.5 Sähkölämmitykset ja sulatukset**

Sähkölämmitysten katselmointiin osallistuvat sekä lämpö- että sähkökatselmoija. Sähkökatselmoijan vastuulle jää usein selvittää sähkölämmityksen kustannusvaikutukset, koska erilaisista tariffikomponenteista johtuen useille kuluttajille sähkön hankintakustannukset ovat talvella merkittävästi suurempia kuin muina aikoina. Tässä kohdassa on pyritty käsittelemään sähkölämmitystä ja sulatusta sekä niiden ohjausta lähinnä kiinteistökatselemuksen ja sähkökatselmoijan kannalta. Kohteissa voi olla sähkölämmitystä esimerkiksi:

- tilojen sähkölämmitys
- lisäsähkölämmitys
- ilmanvaihdon jälkilämmitys
- lattialämmitys
- autolämmitykset
- kiukaat
- talviaikainen sulanapito ja lumen sulatus.

### **5.5.1 Tilojen sähkölämmitys**

Sähkölämmityskustannusten rajoittamiseksi selvitetään mahdollisuuksia ja kannattavuuksia:

- tilan sisälämpötilan hallinta ja sen tarpeenmukaisuus
- vaihtoehtoisen lämmitysratkaisun kannattavuus
- tilan eristysten tai ikkunoiden U-arvon parantaminen
- tuuletusten, ovien avauksen ja sulkemisen tarpeenmukaistaminen
- lämmityksen ajoitus kustannusten rajoittamiseksi
  - huippujen rajoittaminen
  - halvan energian ajankohdan hyödyntäminen kuormitusohjauksen keinoin tai lisäämällä kohteen lämmön varauskykyä: varaava sähkölämmitysratkaisu, varaavat sähkölämpöpatterit, muut massavaraajat.

Toistuvasti tyhjiällä olevien tilojen lämmityksen ohjaamiseen kannattaa kiinnittää erityistä huomiota. Käytännössä tilojen sisälämpötilaa alennetaan tällaisissa tapauksissa ainoastaan viidellä asteella, mikäli tiloissa on vesiputkistoja tms.

Erityisen tärkeää sähkölämmityksen säästötoteutusten yhteydessä on se, että putkistoasennukset tai -lämmitykset on toteutettu niin, että jäätyminen voidaan varmuudella estää. Muussa tapauksessa käyttöhenkilöstö suhtautuu lämmityksen pudotukseen varauksella, ja tyhjiä tiloja lämmitetään tarpeettoman runsaasti yksistään putkistojen jäätymisvaaran takia.

Lämmitysenergian säästämiseksi tulisi siis kiinnittää huomiota:

- vesiputkistojen asennukseen ja sulanapitolämmitykseen
- putkistojen tyhjennysmahdollisuuteen ja sen toteutukseen
- lämmityksen kauko-ohjaukseen ja lämpötilojen seurantaan.

Suunnitteluvaiheessa tulisi sähkölämmön käyttökustannukset laskea ja vertailla erilaisilla lämpötilanalennuksilla saavutettavia käyttökustannussäästöjä. Laskelman lähtökohta on arvio käyttöasteesta. Sen jälkeen lasketaan kulutukset ja kustannukset, kun peruslämpötilataso asetetaan haluttuun, esim. + 5 °C:een.

Jos kohteessa ei ole jäätymisvaaraa tai vesiputkistot voidaan tyhjentää ja sisälämpötilan voidaan antaa laskea nollan alapuolelle, voidaan käyttää ns. lämpötilaero-ohjausta. Sillä voidaan pitää sisälämpötila esim. viisi astetta ulkolämpötilaa korkeamana. Sillä tavalla päästään hyvään energiatalouteen, voidaan suojata rakenteita kosteudelta. Ainakin kauko-ohjattuna tätä ohjaustapaa kannattaa harkita epäsäännöllisesti käytetyissä tiloissa.

### 5.5.2 Lisälämmitys

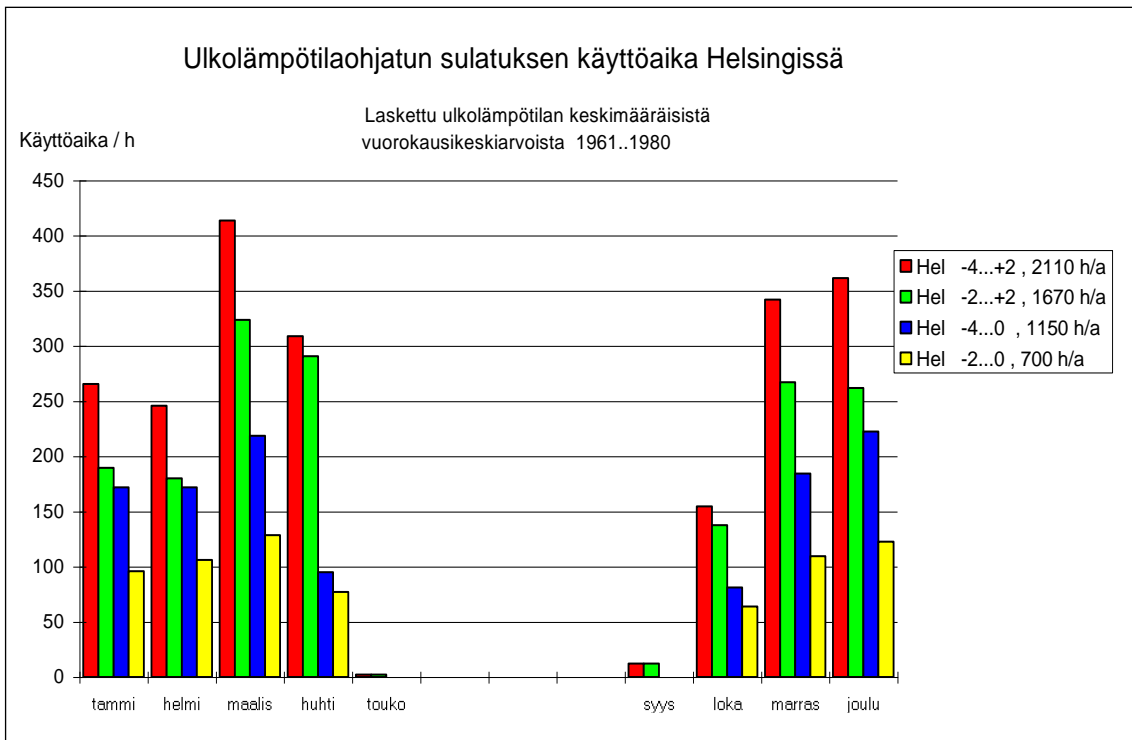
Varsinaisen lämmityksen lisäksi sähkölämpöä käytetään rakennuksissa lisälämmityksenä pistorasian kytkettävillä pattereilla, lämpöpuhaltimilla tai infrapunälämmittimillä. Merkittävintä lisälämmittimien käyttö on erilaisissa teollisuus- ja tuotantokiinteistöissä, joissa erilaisten lisälämmittimien yhteenlaskettu teho voi helposti kasvaa merkittävän suureksi. Yleensä tilojen varsinaisen lämmityksen tulee tuottaa riittävän hyvät lämpötilaolosuhteet, jotta lisäsähkölämmitystä ei tarvittaisi. Merkittävän lisälämmityskuorman yhteydessä onkin keskityttävä varsinaisen lämmitysjärjestelmän parantamiseen siten, että hallitsemattoman lisälämmityksen tarve poistuu.

Toisaalta joskus lisälämmittimet myös mahdollistavat energiansäästöä esimerkiksi tilanteessa jossa lämmitys on tarpeellista vain tilan jossakin pisteessä kuten teollisuushallin työpisteillä. Lisäämällä säteilylämmittimet ko. pisteeseen mahdollistaa se koko muun hallitilan lämpötilan pudotuksen.

### 5.5.3 Sulanapito- ja saattolämmitykset

Portaiden yms. lumensulatusjärjestelmien tehot ovat normaalisti suuria. Ns. lumianturiohjaus minimoi käyttöajan, koska siinä sulatus toimii valitulla lämpötila-alueella ainoastaan silloin, kun kosteusanturi havaitsee sulatustarpeen. Näissä ongelmana on käytännössä usein se, että järjestelmää ei ole saatu viritetyksi toimimaan oikein ja siksi se on monissa paikoin ohitettu kokonaan, mikä voi johtaa hyvin epätaloudelliseen käyttöön.

Erityisen tärkeää sulatusratkaisuisissa on arvioida ja minimoida sulatuksen tarve, arvioida vaihtoehtoisten ratkaisujen kuten katosten taloudellisuus ja toimivuus sekä varmistua järjestelmien oikeasta virityksestä, käyttöönotosta ja energiankulutuksen seurantamahdollisuudesta ja toteutuksesta.



Kuva 5.9 Ulkolämpötilaohjatun sulatuksen käyttöaika Helsingissä  
Lähde: LVIS 2000 –tutkimusraportti 1961-1990

Energiakatselmuksissa on todettu, että ulkoalueiden mm. ajoluiskien ja portaiden sulatusjärjestelmät ovat usein tarpeettomasti toiminnassa ja siksi niihin on kiinnitettävä erityistä huomiota. Ulkoalueiden kulkuväylien lämmitystarve vaihtelee merkittävästi ja näin ollen mitään yleispätevää ohjaustapaa ei ole. Katselmoijan tulee tapauskohtaisesti selvittää kohteessa käyttökelpoinen ohjaustapa ja lämpötilarajat. Usein oikeiden lämpötilarajojen löytyminen vaatii kokeilua ja se onkin syytä hoitaa yhteistyössä kohteen kiinteistöhuollon kanssa.

#### 5.5.4 Autolämmitykset

Jos autolämmityksen energiankulutusta ei ole seurattu kiintein mittauksin, lyhytaikainen mittaus ei suuresti kerro vuosikulutustasosta. Katselmuspäivänä tehty kartoitus voi auttaa kulutuksen suuruuden arvioinnissa, mutta suurelta osin ainakin käytön laajuuden ja käyttöaktiivisuuden osalta on tukeuduttava käyttäjien antamaan näkemykseen. Tämän lisäksi kulutuslaskelmassa arvioidaan käytettävät tehot henkilöautojen osalta (lohkolämmitin 0,3.. 0,5 kW/henkilöauto, sisälämmitin 0,5...1 kW/auto) Raskaan kaluston osalta tehot ovat suuremmat.

Auton moottorilämmityksen ohjaus ulkoalueilla yksilöllisillä ennalta aseteltavilla aikakelloilla johtaa yleensä energiataloudelliseen ja toiminnaltaan hyvään lopputulokseen. Kello-ohjausta voidaan myös täydentää termostaattiohjauksella ja joissakin asennuksissa voi ja kannattaa käyttää ohjausjärjestelmää, jossa automatiikka katkoo lämmitystä ulkolämpötilan mukaan. Auton moottorin lämmitys on taloudellisesti kannattavaa alle +5 °C lämpötiloissa, jolloin lämmitysajaksi riittää n. 30min. 0- -5 °C lämpötiloissa lämmitysajan on oltava n.1 h. Matalammilla lämpötiloilla lämmitysaikoja joudutaan pidentämään. Pääsääntöisesti yli 2 h lämmitysajat ovat tarpeettomia.



### 5.5.5 Sauna

Saunaosastojen sähkölämmitys koostuu kiukaasta, lattialämmityksistä, ulkona mahdollisista viilvoittelualueiden infrapunalämmittimistä, uima-allaslaitteista, vaatteiden kuivauskaapeista ym..

Kiukaan sähkönkulutukseen voidaan vaikuttaa huolehtimalla siitä, että saunan lämmitys vastaa tarvetta. Lisäksi pitkään päällä ja suhteellisen vähällä käytöllä olevissa saunoissa, kuten kuntosaleissa tai tuotantolaitoksissa voidaan käyttää kannellisia kiukaita, joiden energiankulutus on merkittävästi normaalikiukaita pienempi. Kulutukseen vaikuttaa lisäksi löylyhuoneen eristys ja ilmanvaihdon suuruus ja käyttö sekä saunavuorojen ajoittaminen ja ryhmittely.

Sähköisen lattialämmityksen tarve kannattaa aina erikseen harkita. Pyrkimyksenä olisi se, että lattialämmitystä käytettäessä voitaisiin hyödyntää yöaikaista energiaa ja massan varauskykyä tai käyttää lattialämmitystä tarpeen mukaan esim. yhdessä kiukaan ohjauksen kanssa ja lämmittää lattia nopeasti sopivaan lämpötilaan, jonka jälkeen lämmitys katkaistaisiin.

## 5.6 Pistorasiakuorma

### 5.6.1 Energiatehokkaat laitteet

Katselmoijan tulee kiinnittää huomiota myös ns. pistorasiakuormaan kuuluviin pienitehoisiin laitteisiin. Näiden laitteiden yksittäinen sähkönkulutus voi olla pieni, mutta laitteiden suuresta määrästä ja pitkästä käyttöajasta johtuen kulutusosuus voi olla kokonaisuuden kannalta merkittäväkin.

Yleisesti yli 10 vuotta vanhat laitteet kuluttavat merkittävästi enemmän energiaa kuin vastaavat uudet laitteet, joten laitteiden uusimista tulee tarkastella katselmuksessa. Myös ATK-laitteiden energiatehokkuudessa on suuria eroja, esimerkiksi kannettavat tietokoneet ovat vastaavia pöytämalleja huomattavasti energiatehokkaampia.

### 5.6.2 Käyttötottumukset ja käytönopastus

Toimistokiinteistön merkittävin ja säästömahdollisuuksiltaan potentiaalisin pistorasiakuorma koostuu nykyisin lähinnä ATK-laitteista, kuten tietokoneet, kopiokoneet, jne. Katselmoijan tulee kiinnittää huomiota näiden laitteiden käyttöön, esimerkiksi tietokoneiden ja kopiokoneiden automaattisammutuksilla saavutetaan helposti merkittävää energiansäästöä.

Lisäksi tulisi tuoda esille myös nykylaitteiden valmiustilassa kuluttama energia. Laitteet tulisikin kannustaa kytkemään kokonaan pois päältä, mikäli niitä ei käytetä.

## 5.7 Muut sähkölaitteet

### Muut merkittävät sähkölaitteet

Merkittävätehoisten sähkölaitteiden tehon käytön seurantamittaus on usein tehokkain tapa selvittää laitteiden todellinen toiminta sekä henkilökunnan käyttötottumukset.

#### Mitä mitataan ja miten

Nyrkkisääntönä voidaan pitää, että yksittäiset kulutuslaitteet tai laiteryhvät, joiden kulutusosuudeksi arvioidaan yli 10 % kokonaiskulutuksesta, kannattaa mitata ainakin kertamittauksella. Silloin, kun sähkötehon käyttö ei muuten selviä riittävän luotettavasti kannattaa tehdä seurantamittaus.

#### Miten tuloksia tulkitaan ja hyödynnetään

Yksittäisten suuritehoisten laitteiden mittaustuloksia tulee aina tulkita tapauskohtaisesti. Erityisesti, kun on kyseessä tuotantoprosessin mittaus, tulee tulosten tulkinnassa hyödyntää kohteen oman henkilökunnan asiantuntemusta.

Yleensä sähkölämmityksen (uunit, kiukaat, sulatukset jne.) ”oikea” ylöslämmitys aika on laitteen käynnistämisen ja termostaattien ensimmäisen toimimisen välinen aika.

Koneportaiden pysäyttämisen kannattavuuden arvioinnissa voidaan käyttää liikekeskuksissa yms. hyödyksi kohteiden asiakasmäärälaskureita.

Yleensä laitteiden liittymäteho on erisuuri kuin laitteiden normaalikäytössä ottama todellinen teho, joten kilpiarvojen käyttöön laskennassa on syytä suhtautua varauksella. Mittaamalla laite normaali-käytössä saadaan merkittävästi parempi kuva laitteen ottotehosta.

#### Esimerkkejä

- Tuotantolaitoksen uunien ylöslämmitys käynnistettiin aamulla kello 3, jotta voitaisiin varmistua, että uunit ovat lämmenneet työvuoron alkaessa. Uunien sähkötehon seurantamittauksella havaittiin, että yhden tunnin ylöslämmitys aika on riittävä, joten uunien ylöslämmitys voitiin käynnistää myöhemmin.
- Tuotantolaitoksen metallinpesukoneen seurantamittauksella havaittiin, että pesukoneen jälkivuotusaika oli tarpeettoman pitkä, joten sitä lyhennettiin.
- Tuotantolinjojen sähkötehon seurantamittauksilla havaittiin, että osa uuneista jätettiin päälle myös viikonlopuksi. Lisäksi eri tuotantolinjojen sähkönkulutusprofiilit antoivat perustietoa kohteen henkilökunnalle tuotantolinjojen sähkön käytöstä. Mittausten tulokset käytiin läpi henkilökunnan kanssa ja tarpeettomat prosessit poistettiin.

### Keittiölaitteet

Keittiöiden sähköenergian kulutusosuus on usein huomattava rakennuksissa. Sen laskenta lähtien keittiön laitekannasta ja käytöstä on työlästä ja usein myös tulokseltaan melko epäluotettava. Yksistään yhden päivän kestävä mittaus keittiön sähkön syötöstä auttaa suuresti arvioimaan keittiön kulutusosuutta, joskin eri ruokalaatujen valmistaminen kuluttaa eri tavalla energiaa ja siksi päivittäiset energian kulutukset vaihtelevat.

Kulutusosuus voidaan laskea myös annoskohtaisista ominaiskulutustiedoista. Taulukossa on esitetty tällaisia ominaiskulutusarvoja, jotka perustuvat vanhaan joskin edelleen ainakin suuruusluokkietona käyttökelpoiseen SITRA:n joukkoruokailututkimukseen.

Taulukko 5.1. Keittiöiden energiankulutuksen ominaisarvoja.

Keittiötyyppi	Annosmäärä annos/vrk	Energian kulutus kWh/annos
Koulukeittiö	630	0,20
- valmistuskeittiö	440	0,20
- valmistuskeittiö	500	0,11
- jakelukeittiö	130	0,08
- jakelukeittiö		
Työpaikkaravintola		1,19
- valmistuskeittiö	120	0,98
- valmistuskeittiö	250	0,56
- kuumennuskeittiö	240	1,27
- kuumennuskeittiö	70	
Ravintolakeittiö		
- valmistuskeittiö	530	1,30
- valmistuskeittiö	750	2,99
Sairaalakeittiö	190	0,75
- valmistuskeittiö		

Keittiöiden laitetekniikkaa on kehitetty jatkuvasti ja uusilla laitteilla voidaan energian käyttöä tehostaa merkittävästi. On huomattava, että energiatehokkaan laitteen suorien energian- ja tehomasäästöjen lisäksi välillisten säästöjen merkitys korostuu keittiössä. Keittiön sähkönsyöttö, ilmastoinnin jäähdytys ja usein ilmavirrat voidaan mitoittaa pienemmälle kuormalle, kun laitteet valitaan energiatehokkaiksi.

Astianpesussa keittiösuunnittelijat ja laitevalmistajat painottavat oikean laitevalinnan merkitystä, joka lähtee pesutarpeesta (esim. kupukone/ tunnelikone), pesun käytännön toteutuksen, LTO-laitteiden ja käynnistys- ja pysäytysautomaatiikan merkitystä energiankulutuksessa.

Kupukoneita käytettäessä tulisi aina pestä vain täysiä koneellisia. Tunnelikonetta valittaessa ei tulisi päätyä halpoihin malleihin, joissa ei ole energiaa ja vettä säästävää automatiikkaa. On todettu, että korikäynnistys- ja pysäytysautomaatiikka, joka tasokkaissa uusissa pesukoneissa nykyään on vakiona, voi pudottaa energiankulutuksen merkittävästi aikaisempiin malleihin verrattuna.

Tyhjäkäyntiä rajoittava käytönohjausautomaatiikka voidaan asentaa tunnelikoneeseen myös jälkeinpäin. Automaatiikka johtaa siis merkittäviin energiasäästöihin. Lisäksi pesu- ja huuhteluaineiden kulutus pienenee ja itse laite kuormittuu vähemmän ja kestää pidempään.

## ATK-laitteet

### Yleistä

Palvelinsaleista ja niiden energiatehokkuudesta löytyy lisää tietoa Motivan julkaisemasta Energia-  
tehokas konesali –oppaasta.

Normaalin toimistokiinteistön palvelinlaitteet on sijoitettu yleisesti erilliseen jäähdytettyyn tilaan. Palvelintilan energiankulutus muodostuu palvelimien, jäähdytyksen sekä UPS-laitteiden summana. Palvelintilan energiatehokasta käyttöä tulee tarkastella sähkö- ja LVI-katselmoijan yhteistyönä, siten, että tilan jäähdytystapa ja toteutus sekä mahdolliset vapaajäähdytysmahdollisuudet käsitellään riittävällä tarkkuudella.

### Palvelin- ja UPS-laitteet

Palvelin ja UPS-laitteistot ovat kehittyneet viime vuosina merkittävästi ja nykyisten laitteiden häviötehot ovat merkittävästi pienempiä verrattuna aiempiin laitteisiin. Katselmoijan tulisi yhdessä

kohteen henkilökunnan kanssa selvittää UPS-laitteiden uusimistarvetta ja selvittää mahdollisuudet energiatehokkaampien laitteiden käyttöönottoon.

UPS-laitteiden sijoitukseen on myös syytä kiinnittää huomiota, sillä varsinkin laitteiston akuston elinikä riippuu merkittävästi ympäristön lämpötilasta.

## Hissit ja koneportaat

### Yleistä

Hissien ja koneportaiden keskimääräisestä energian kulutuksesta on varsin vähän ajankohtaista tietoutta yleisesti käytettävissä. Suurimmillaan hissien sähkönkulutusosuus on hotelleissa ja koneportaiden tavarataloissa ja liikenteen rakennuksissa. Näiden laiteryhmiä kulutusosuus on yleensä tapauskohtaisesti arvioitava kohteen antamien käyttö ym. tietojen perusteella. Tarvittaessa voidaan asiaa pyrkiä selvittämään myös laitetoimittajien tai –valmistajien avustuksella tai mittauksin.

Ko. laiteryhmiä kulutusosuudesta pyritään pääsemään katselmuksissa suuruusluokkakäsitykseen erityisesti kulutuksen riittävän tarkaksi mallintamiseksi. Ehdotuksia hissien sähköenergian käytön tehostamiseksi riittävän kannattavasti on yleensä vaikea löytää energiakatselmuksissa, mutta koneportaiden ohjauksen energiatehokkuutta kannattaa katselmuksissa tarkastella.

### Hissit

Hisseistä energiankäytöltään tehokkaita ovat uudet taajuusmuuttajakäyttöiset ratkaisut. Konehuoneettoman taajuusmuuttajakäytön hissillä saavutetaan energiansäästöä ja muita etuja perinteisiin hydrauliiikka- ja köysihisseihin verrattuna:

- energiansäästön suuruusluokka 30–55 %
- ei tarvita öljyä
- säästöt sähkön liittymä- ja verkostokustannuksissa
- rakennuskustannussäästöt
- voidaan sijoittaa kohteisiin, johon aikaisemmin on sopinut vain hydraulihissi.

Taulukossa on esitetty perinteisten ja konehuoneettoman (EcoDisc) hissiratkaisun energiankulutus 5 kerroksisessa rakennuksessa eri tapauksissa, sekä muita hissivalintaan vaikuttavia tietoja.

Taulukko 5.2. Hissityyppien energiankulutus- ym. vertailua (viisikerroksinen rakennus, jossa raskas hissien käyttö)

A. 300 000 käyttökertaa vuodessa, kuorma 1000 kg (13 henkilöä)

		tyyppi		
		hydr. hissi	köysihissi	EcoDisc
nopeus	m/s	0,63	1,0	1,0
moottoriteho	kW	18	10	5,7
pääsulake	A	80	50	25
konehuoneen koko	m <sup>2</sup>	5	12	0
energiankulutus	MWh/a	16	10	4,4
	%	160	100	44

*B . 400 000 käyttökertaa vuodessa, kuorma 1600 kg (21 henkilöä)*

		<i>tyyppi</i>	
		<i>köysihissi</i>	<i>EcoDisc</i>
<i>nopeus</i>	<i>m/s</i>	<i>2,0</i>	<i>2,0</i>
<i>moottoriteho</i>	<i>kW</i>	<i>28</i>	<i>18</i>
<i>pääsulake</i>	<i>A</i>	<i>125</i>	<i>80</i>
<i>konehuoneen koko</i>	<i>m<sup>2</sup></i>	<i>25</i>	<i>10</i>
<i>energiankulutus</i>	<i>MWh/a</i>	<i>20</i>	<i>13</i>
	<i>%</i>	<i>100</i>	<i>65</i>

### Koneportaat

Koneportaiden energian kulutuksen arvioimiseksi on hyvä toteuttaa kohteessa energiaseuranta tai ainakin hetkellinen tehomittaus ja käytön seuranta, joilla mahdollista energiansäästöpotentiaalia voidaan täsmentää.

Koneportaiden energian käyttöä voidaan tehostaa uusien ohjausjärjestelmin niin, että portaat automaattisesti pysähtyvät oltuaan säädetyn ajan käyttämättöminä. Uusiin koneportaisiin on mahdollisuus hankkia taajuusmuuttajakäyttö, jolla voidaan säätää portaan nopeutta käyttötilanteen mukaan. Normaalitytilassa portaan nopeus on 0,5 m/s, mutta jos valokenno havaitsee, että portas on ollut säädetyn ajan ilman kuormitusta (esim. 20 s), nopeutta pienennetään arvoon 0,2 m/s. Saavutettava säästö on tapauskohtainen portaiden käyttöasteesta riippuva, mutta esimerkiksi tavaratiloissa on saavutettu tällä tekniikalla jopa 40 %:n säästöt säätämättömään tapaukseen verrattuna.

## 6 Rakennustekniset tarkastelut energiakatselmuksessa

### 6.1 Rakennuksen vaipan merkitys energiataloudelle

Rakennuksen energiankulutukseen vaikuttavat seuraavat rakennuksen sijaintiin ja rakennusosiin liittyvät ominaisuudet:

- ilmasto-olosuhteet
- rakennuksen sijainti ja sijoitus tontille
- rakennuksen geometria ja vaippa
- ikkunapinta-ala, seinämäpinta-alat
- ikkunoiden suuntaus
- rakenteiden ja ikkunoiden U-arvot (lämmönläpäisevyys  $W/m^2K$ )
- ikkunoiden aurinkosuojaus
- rakenteiden massiivisuus
- rakenteiden tiiveys, hallitsematon ilmanvaihto.

Lämmitysenergiantarpeeseen vaikuttaa merkittävästi se, kuinka paljon lämpöhäviöitä aiheuttavaa pinta-alaa suunnitteluratkaisussa muodostetaan. Rakennuksen ulkovaipan muoto vaikuttaa merkittävästi tilojen lämmitys- ja viilennystarpeeseen sekä valaistustarpeeseen. Vaipan ala suhteessa rakennuksen tilavuuteen ja bruttoalaan sekä taloteknisten järjestelmien kattavuus, käytötavat ja laatutaso ovat merkityksellisiä kulutustekijöitä. Pienissä rakennuksissa ulkovaippaa on suhteellisesti enemmän pinta-alaan nähden kuin suurissa rakennuksissa.

Jäähdytysenergian kulutukseen ja jäähdytystehon tarpeeseen voidaan vaikuttaa etenkin suunnitelluvaiheessa ikkunoiden ulkopuolisella aurinkosuojauksella ja ikkunan ominaisuuksilla.

Vaikka rakennuksen ulkovaipan kautta tapahtuva lämmönhukka on ratkaisevasti pienempi nykypäivän rakennuksissa, vanhojen rakennusten saneeraaminen vain energiansäästön vuoksi on harvoin kannattavaa. Suurin hyöty energiakorjauksella saavutetaan, kun lämmöneristävyuden parannus tehdään jonkin muun saneerauksen yhteydessä. Tällaisia tapauksia ovat esimerkiksi pahoin vaurioituneiden ikkunoiden vaihto uusiin nykyaikaisiin ja ulkoseinän lisäeristäminen ulkopinnan rappausta uusittaessa.

Nykyaikaisessa matalaenergiarakentamisessa on erittäin tärkeää, että rakennus on tiivis eikä energiahukkaa eikä kosteusvuotoja tapahdu ilmavuotojen kautta. Ilmavuotojen suhteellinen merkitys kasvaa, kun rakennus on eristetty hyvin.

### 6.2 Rakennuksen katselmointi

Energiakatselmuksessa selvitetään energiansäästötoimenpiteitä, joiden takaisinmaksuaika on alle 10 vuotta. Toimenpiteet ovat tyypillisesti talotekniikkaan ja tehdaspalvelujärjestelmiin liittyviä, toisaalta teollisuusprosessien säästötoimilla saavutetaan usein suurimmat säästöt. Rakennusteknisten parannusten takaisinmaksuaika on tyypillisesti yli 10 vuotta eikä katselmusten pääpaino näin ollen ole rakennusosien parannusten tarkastelussa. Kuitenkin esimerkiksi ennen vuotta 1980 rakennetuissa pienemmissä palvelurakennuskohteissa yläpohjan lisäeristys voi olla hyvinkin kannattava energiansäästötoimenpide. Rakennus tulee kuitenkin tarkastella osana katselmusta, koska rakennusosien ominaisuuksilla ja kunnolla on merkitystä lämmitys- ja jäähdytysenergian kulutukseen. Rakennuksen ulkovaipan tiiviyspuutteet vaikuttavat myös tilojen lämpöoloihin, ja siten paitsi tilojen käyttäjien viihtyvyyteen myös merkittävästi energiankulutukseen. Usein juuri tiiviyyteen ja rakenteisiin liittyviä ongelmia ratkaistaan muuttamalla ilmanvaihdon ja lämmityksen asetuksia ja

itse ongelmaa ei ole pyrittykään ratkaisemaan, joka on johtanut energiataloudelliselta kannalta huonoon tilanteeseen. Mahdolliset rakenteiden tiivyyteen ja kuntoon liittyvät ongelmat saattavat myös aiheuttaa pahimmillaan vaurioita rakenteisiin, joten tältäkin kannalta rakenteiden tarkastelua ei tule vähätellä katselmuksissa.

Energiakatselmoijan on muistettava, että tärkeimmät ratkaisut rakennusteknisten osien energiankäytön osalta on tehty suunnitteluvaiheessa. Jälkikäteen muutosten tekeminen on useinkin kallista.

Energiakatselmoijan on kuitenkin kaikkiaan muistettava että TEM:n tukemissa energiakatselmuksissa katselmustukea EI SAA käyttää kuntoarvion suorittamiseen, vaan siinä keskitytään kannattavien energiansäästötoimenpiteiden kartoittamiseen.

### 6.2.1 Katselmuksessa tehtävät havainnot

Energiakatselmuksessa toteutettava rakenteiden ja rakennusosien tarkastelu ei vastaa tasoltaan läheskään rakennusteknistä kuntoarviota. Vain poikkeustapauksissa katselmuksissa on mukana rakennustekniikan ammattilainen, katselmuksen suorittavat yleensä taloteknisen ammattitaidon omaavat henkilöt. Tästä syystä rakennusosien katselmointi perustuu silmämääräisiin ja yleistasoiisiin havaintoihin.

Katselmuksessa tehdään havaintoja rakenteiden yleisistä ominaisuuksista ja silmämääräisestä kunnosta. Aloituspalaverissa voidaan sopia joidenkin erityishuomiota vaativien kohteiden tarkemmasta tarkastelusta (esimerkiksi erityisen huonokuntoiset ikkunat, suuren hallin yläpohjarakenne, jne.).

Energiakatselmukseseen sisältyvä rakennuksen tarkastelu käsittää yleensä:

- Kuvaus rakennuksen ikkunoiden energiataloudesta (esim. karmit, tiivisteet, sulkeutuminen) ja johtopäätökset.
- Kuvaus rakennuksen ulko-ovien rakenteiden (suoruus, tiiviyys, suojausratkaisut, oviverhot, puhallukset, ym.) sekä käytön (esim. mahdollinen tarpeeton aukiolo lastausten tms. aikana) energiataloudesta ja johtopäätökset.
- Kuvaus ulkovaipan aukkojen (kuljetinradat, putkisillat, siltanosturien kulkuaukot, ym.) laajuudesta, tiiviydestä ja käytöstä.
- Kuvaus rakennuksen ulkovaipasta (seinät, katto, alapohja) sekä arvio ulkovaipan energiataloudesta ja tiiviydestä.

Mikäli energiakatselmuksessa havaitaan rakennusosissa jotakin normaalista poikkeavaa, voidaan raporttiin kirjata toimenpide-ehdotus rakennusteknisen kuntoarvion suorittamisesta.

Joissakin harvinaisissa tapauksissa energiakatselmuksessa ja kuntoarvio toteutetaan samanaikaisesti, jolloin tehtävässä on oltava mukana rakennustekniikan asiantuntija. Vaikka energiakatselmuksessa ja kuntoarvio toteutettaisiin samanaikaisesti, niin raportointi kannattaa tehdä erillisinä selkeyden vuoksi.

### 6.2.2 Lämpökameran käyttö

Katselmuksen tilaajan kanssa voidaan sopia tehtävää käynnistettäessä, että katselmuksen yhteydessä suoritetaan lämpökamerakuvauksia. Lämpökamerakuvauksista on hyötyä etenkin silloin, kun epäillään ikkunoiden tiivyyttä, joidenkin rakennusosien, laitteiden tai putkistojen heikkoa lämmöneristyksen tasoa. Lämpökamerakuvissa saadaan yleensä hyvin esille huonosti sulkeutuvat ikkunat, puutteelliset tiivisteet ja epätiivit karmirakenteet sekä mm. suurten oviaukkojen aiheuttamat haitta-alueet.

Nykyisiä lämpökamerakuvia on erittäin helppo tulkita ja katselmusraporttiin voidaan liittää tyypillisiä havaintoja kuvineen ja selitysteksteineen. Raporttiin kannattaa liittää vain merkityksellisimmät ja tärkeimmät kuvat, muut kuvat kannattaa luovuttaa tilaajalle esimerkiksi loppupalaverin yhteydessä.

Rakennusteknisiä lämpökamerakuvauksia suoritettaessa ulkolämpötilan tulisi olla kuvaushetkellä alle +5 °C. Ulko- ja sisälämpötilan eron tulisi kuvaushetkellä olla yli 15 °C.

Lämpökameraa voidaan käyttää hyödyksi myös muissa katselmuksen kenttätyöosuuksissa. Lämpökameralla saadaan esiin esimerkiksi lämmitys-, jäähdytys-, kylmäaine- tai höyryputkiston eristeiden vuodot sekä rakenteiden sisään asennettujen putkistojen sijainti. Myös erilaisten lämmitysjärjestelmien toimivuutta voidaan arvioida lämpökamerakuvauksella, kuten kattolämmityksen lämmityspiirien tai lattialämmityksen putkien toimivuutta.

Lämpökameralla voidaan havaita myös taloteknisten järjestelmien ongelmia aiheuttavia kohtia, esimerkiksi sähkökeskuksia kuvattaessa nähdään ylikuormitetut sähköjohdot ja hapettuneet tai muuten heikentyneet liitokset, jotka resonoidessaan kuumentuvat muita sähköjärjestelmän osia enemmän. Lämpökamera on erinomainen apu myös tehdaspalvelu- ja prosessijärjestelmien epäkohtien kartoituksessa sekä tuotantoaikana että tuotannon ulkopuolisena aikana.

## 6.3 Rakennusvaipan osat

### 6.3.1 Ikkunat

Energiankulutuksen kannalta on merkitystä ikkunoiden lämmöneristysominaisuuksilla, aurinkosuojauksella, pinta-alalla sekä sillä, mihin ilmansuuntaan ne suuntautuvat. Jäähdytysenergian kulutukseen ikkunoiden mahdollinen auringonsuojaus vaikuttaa estämällä liiallinen auringon säteily sisätiloihin kesäaikana.

Ikkunoiden ominaisuuksia ovat

- ulkopuoliset aurinkosuojaukset julkisivuilla (lipat, säleiköt, kiinteät tai liikkuvat kaihtimet)
- ikkunoiden U-arvo (lasi- ja karmiosa)
- ikkunoiden g-arvo eli auringon säteilyenergian kokonaisläpäisykerroin
- karmirakenteen katkaistu rakenne kylmäsiltojen estämiseksi
- suurten lasiseinien ja kattoikkunoiden pintalämpötilat ja niiden aiheuttamat ilmavirtaukset
- ikkunoiden vaikutus operatiiviseen lämpötilaan
- mahdolliset ikkunoiden lämmitysratkaisut.

Operatiivinen lämpötila kuvaa ihmisen tuntemaa kokonaislämpötilaa. Operatiivinen lämpötila ottaa huomioon huoneilman lämpötilan ja ihmistä ympäröivien pintojen lämpötilat. Käyttämällä operatiivista lämpötilaa voidaan siis huomioida esimerkiksi ikkunoista tai muista pinnoista ihmistä kohti tuleva säteilylämpö, jolloin rakenteiden vaikutus ihmisten viihtyvyyteen tiloissa tulee huomioitua.

Ikkunoiden kokonaispinta-alan osuus huoneistopinta-alasta ja ulkoseinien pinta-alasta vaihtelee eri-ikäisissä ja erityyppisissä rakennuksissa. Vaikka pinta-alaosuus ulkovaipasta on pieni, ikkunoiden kautta tapahtuva lämpövuoto voi olla samaa luokkaa kuin ulkoseinien kautta tapahtuva. Syynä tähän on ikkunoiden huomattavasti ulkoseiniä suurempi lämmönläpäisykerroin.

Ikkunat eivät ole pelkästään lämpöä hukkaavia rakenneosia - niiden kautta saadaan rakennukseen auringon säteilyä, joka pienentää valaistukseen ja lämmitykseen tarvittavaa energiaa. Toisaalta ikkunarakenteen hyvällä g-arvolla ja karmien ominaisuuksien määrittelyllä estetään aurinkokuormaa kesätilanteessa.



Tehokkaimmin aurinkokuorma estetään ulkopuolisin auringonsuojausratkaisuin. Kaihtimilla saavutetaan paras hyöty auringonsäteilyn estämisessä rakennuksen **ulkopuolella**, toiseksi paras normaalissa MSE-ikkunassa ikkunavälissä. Sisäpuolisilla sälekaihtimilla on lähinnä merkitystä vain auringon häikäisyn estämisessä ja suoransäteilyn lämpövaikutuksen estämisessä – ikkunarakenne on kokonaisuudessaan kuitenkin lämmin ja aiheuttaa lämmönlähteen tilaan. Sisäpuoliset tummasävyiset sälekaihtimet estävät suoran auringon säteilyn tilaan, mutta saattavat toimia auringossa kuumentuessaan merkittävänä jäähdytyskuormana tilassa. Yksinkertaistettuna auringonsäteilyn päästyä tilaan se muuttuu pintoihin osuessaan tilaa kuormittavaksi lämmöksi.

Ikkunat ovat myös keskeinen sisäolosuhteiden viihtyisyyteen vaikuttava tekijä. Ikkunan pintalämpötila on muita rakenteita alhaisempi talvella - tämä voidaan kokea kylmästäteilynä ja ”vetona” ikkunan läheisyydessä sijaitsevilla työpisteillä. Kesällä kuuma ikkunapinta aiheuttaa myös ongelmia. Ikkunan kautta tuleva säteily ja heijastukset voivat vaikeuttaa näyttöpäätetyöskentelyä.

Sälekaihtimien käytöllä voidaan

- vähentää pakkaskaudella ikkunoiden kautta tapahtuvaa lämpöhäviötä sulkemalla kaihtimet esimerkiksi työajan ulkopuolella
- vähentää viikonlopun jälkeen esiintyviä lämpötilaongelmia sekä kesällä että talvella sulkemalla kaihtimet viikonlopun ajaksi.
- parantaa jäähdytyskaudella ongelmallisten työpisteiden lämpötilaolosuhteita pitämällä kaihtimet kiinni.

Usein ikkunoiden tiiviyspuutteet aiheuttavat tilojen käyttäjille vedon tunnetta, koska työskentelypisteet sijoitetaan lähes aina ikkunoiden välittömään läheisyyteen. Vaikka ikkunoiden tiivistyksellä ei saavutettaisi merkittävää energiataloudellista kustannussäästöä, niin tilojen käyttäjien viihtyvyys paranee usein huomattavasti tiivistystoimenpiteiden ansiosta.

Viimeisten parinkymmenen vuoden aikana kehittynyt lasiteknologia tuo mahdollisuuksia parantaa ratkaisevasti ikkunoiden lämmöneristävyttä. Uutta lasiteknologiaa soveltamalla ikkunoiden lämmönhukka on voitu pudottaa jopa puoleen. Lämmöneristävyyden ja auringonsuojaominaisuuksien parantaminen onnistuu parhaiten uusimalla ikkunat, mutta myös etuikkunan asentamisella sekä eristyslasiin asentamisella tai vaihtamisella on saavutettavissa hyötyä.

Ikkunoiden uusimisella saavutettu säästö energiakustannuksissa verrattuna remontin kustannuksiin on pieni, minkä vuoksi ikkunoita ei harvoja poikkeuksia lukuun ottamatta kannata remontoida vain energiansäästön vuoksi. Yleensä uusimisen perusteena ovat ikkunoiden huono kunto tai tekninen toimivuus (avausmekanismit, ym.).

### 6.3.2 Ovet

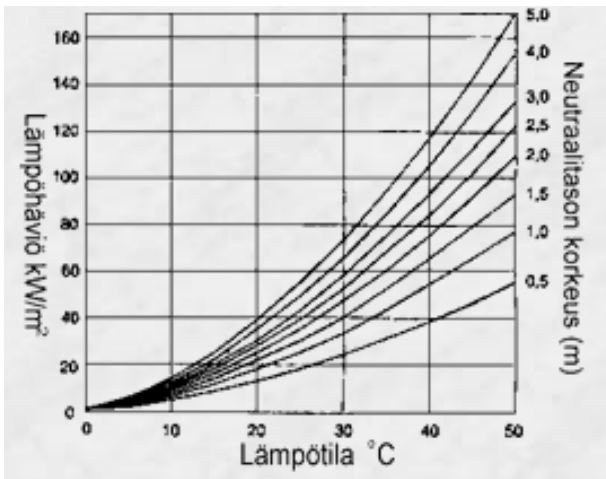
Normaalikokoisten kiinteistön käyntiovien merkitys rakennusten energiankulutukselle on pääsääntöisesti pieni normaalikäytössä. Teollisuushallin suuret ovet ovat usein heikosti eristettyjä ja tiiveydeltään heikkoja, joten niiden kautta lämpöhäviöt ovat merkittävät myös oven ollessa kiinni. Tiiveyden parantamisella voidaan saavuttaa huomattavia parannuksia ovien kautta tapahtuvaan lämpöhukkaan.

Ovien kautta tapahtuva liikenne vaikuttaa energiankulutukseen merkittävästi, kun ovien aukioloaika on pitkä, rakennuksen eri puolilla on ovia auki samanaikaisesti tai rakennus on merkittävästi alipaineinen (ilmanvaihto epätasapainoinen tai rakennus epätiivis ja korkea). Tällaisia kohteita ovat mm. liikekeskukset, varastot ja teollisuushallit. Näissä kohteissa ovien kautta tapahtuvaan energiahukkaan ja toisaalta sisäolosuhdeongelmiin tulisi katselmuksessa kiinnittää erityistä huomiota.

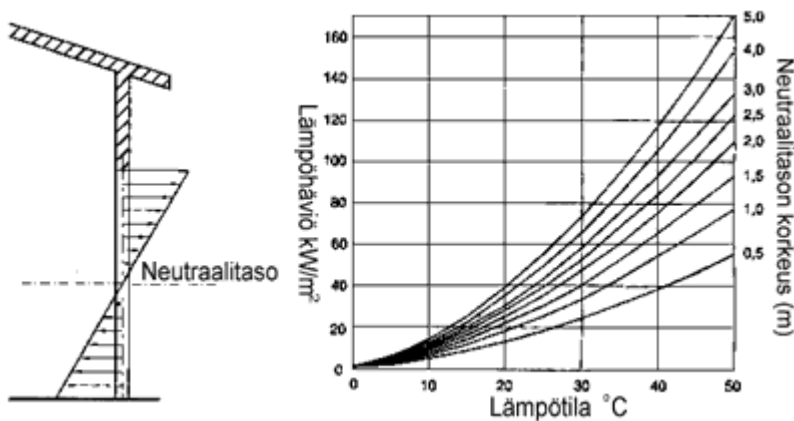
Ovien ja aukkojen energiakatselmoinnissa on syytä hyödyntää lämpökameraa sekä erillisiä seurantamittauksia ongelmien vaikutusten ja ratkaisuehdotusten selvittämisessä. Lämpökameralla kannattaa hyödyntää mahdollisia video-ominaisuuksia sekä kuvata kohde sekä sisältä että ulkoa.

### Aukkojen aiheuttama lämpöhäviö

Ovet ja kuljetinaukot ovat usein ilmanvaihdon jälkeen suurin lämmönkuluttaja teollisuus- ja varastohalleissa sekä liikekeskuksissa. Avoimen oven lämmönkulutuksen suuruusluokan saa kuvasta 6.1.



Kuva 6.1 Avoimen oven aiheuttama lämmitysenergian kulutus, Lähde: Fenmer Oy, [www.fenmer.com](http://www.fenmer.com)



**Kuva 1. (vas.)** Lämpötilaeron aiheuttama painejakautuma tiiviin rakennuksen oviaukossa oletuksella, että rakennus on täysin tiivis.

**Kuva 2. (oik.)** Lämpöhäviö neliometriä kohden oviaukossa, kun tuulen nopeus on 0 m/s ja oven kertavastusluku on 1,5.

### **Esimerkki 1**

Ulko-oven pinta-ala on 12 m<sup>2</sup> ja sen neutraalitason korkeus on 3 m. Lämpötilaero on 40 °C.

Kuvasta 2 lämpöhäviöksi saadaan 95,5 kW/m<sup>2</sup>, jolloin kokonaislämpöhäviö on  
12 m<sup>2</sup> x 95,5 kW/m<sup>2</sup> = 1146 kW.

Jos lämpöenergian hinta on 0,08 €/kWh ja ovi on auki yhteensä tunnin, on tästä johtuva lämmityskustannus  $0,08 \text{ €/kWh} \times 1146 \text{ kW} \times 1 \text{ h} = \text{n. } 92 \text{ €}$ .

### **Esimerkki 2**

Kylmähuoneen oven pinta-ala on 6,5 m<sup>2</sup> ja sen neutraalitason korkeus 2,5 m. Lämpötilaero on 20 °C. Ovi on auki yhteensä tunnin vuorokaudessa 250 päivänä vuodessa. Kuvasta 2 lämpöhäviöksi saadaan 31,5 kW/m<sup>2</sup>, jolloin kokonaislämpöhäviö on  $6,5 \text{ m}^2 \times 31,5 \text{ kW/m}^2 = 205 \text{ kW}$ .

Jos jäähdytykseen käytettävän sähköenergian hinta on 0,12 €/kWh ja laitteiston kylmäkerroin 3, on jäähdytyskustannus vuodessa  $0,04 \text{ €/kWh} \times 205 \text{ kW} \times 1 \text{ h/d} \times 250 \text{ d} = 2050 \text{ €}$ .

Kuva 6.2 Oviaukon lämpöhäviöt ja esimerkkilaskelmat, Lähde: Fenmer Oy, [www.fenmer.com](http://www.fenmer.com)

Käytännössä teollisuushallin lämpöhäviö ei ole kuin lyhyen hetken näin suuri, sillä hallin lämpötila laskee nopeasti ja termisten voimien vaikutus heikkenee. Kylmä ilmavirtaus liikkuu kymmeniä metrejä hallin lattialla aiheuttaen epämiellyttävää vetoa vielä pitkiä aikoja oven sulkemisen jälkeen. Lisäksi ovista tulee sisälle pölyä ja ne voivat aiheuttaa paikallista jäätymistä. Hankalinta on, jos hallin vastakkaisilla seinillä on ovet, jolloin voi syntyä tuulella läpivetoa. Tätä on vaikea torjua. Ovien läheisyyteen ei useinkaan voida sijoittaa työpisteitä, mikä aiheuttaa merkittäviä taloudellisia tappioita.

Ovien ja aukkojen osalta katselmoijan tulee keskustella tilaajan ja käyttäjän edustajien kanssa voidaanko ovia/aukkoja sulkea tai niiden aukeamista rajoittaa tai henkilöiden, trukkien yms. kulkureittejä muuttaa toiminnallisuutta haittaamatta.

#### Ovien aukiolon pienentäminen

##### *Automatiikka*

Ovien aiheuttaman lämmönkulutuksen pienentämisessä ensimmäinen selvittävä asia on voidaanko oven aukioloaikaa pienentää. Tähän on usein hyvät mahdollisuudet automatiikalla. Tarjolla on radio-ohjaus, lattiaan asennettava induktiosilmukkaohjaus ja valokenno-ohjaus. Automaattioratkaisun valinta riippuu tapauksesta. Ilman automatiikkaa ovi jätetään usein auki, kun esim. trukki hakee tai vie tavaroita lastausillalta tai ulkovarastosta.

Jos suurta ovea käytetään henkilöliikenteeseenkin, on usein lämpötekniisesti ja työturvallisuuden kannalta parempi ratkaisu asentaa erillinen henkilö-ovi.

Kuljetinaukot voidaan yleensä varustaa valokenno-ohjauksella tai muulla liikkeen tunnistimella ja varustaa suikaleverhoilla. Suikaleverhojen haittana on niiden epätiiveys, mikä lisää paikallista jäätymisvaaraa, sekä suikaleiden vaatima kunnossapito.

##### *Oven avautuman rajoittaminen*

Joissakin tapauksissa teollisuushalleissa oven koon on määrännyt jokin ehkä kerran vuodessa tapahtuva koneen tai poikkeuksellisen kappaleen siirto. Normaalisti riittää trukkorkeus. Tällöin nosto-oven avautumalle voidaan asettaa alempi raja, johon ovi normaalisti pysähtyy. Vastaavasti voidaan liuku-ovellet asettaa sivusuunnassa raja. On kuitenkin oltava huolellinen rajoja asetettaessa, jottei käytännössä ovea kuitenkin kolhita. Trukkien yms. kuljettajille on korostettava, että ovielementtien vaihtaminen on kallista.

### Auki olevan oven häviöiden pienentäminen

#### *Tuulikaappi*

Tuulikaappi on ylivoimaisesti paras vedon torjuja, mutta sen käyttömahdollisuudet ovat yleensä rajalliset suuresta koosta johtuen. Teollisuuskohteessa tuulikaapin tulee olla niin pitkä, että sinne mahtuu trukki tai ajoneuvo kokonaan, jolloin aina toisen pään ovi voidaan sulkea ja läpiveto estää. Joissain suurissa teollisuushalleissa ajoneuvo ajetaan kokonaan rakennukseen sisälle ja näin vältetään hankalat ja monesti kalliit tuulikaappiratkaisut.

Liikerakennuksessa tuulikaappi toimii parhaiten, kun toinen ovista ehtii aina kiinni ennen kuin toinen aukeaa – käytännössä tämän toteuttaminen on mahdotonta, kun asiakasvirta on jatkuva. Koska tämä ei ole mahdollista läheskään aina, on selvittävä miten ilmavirta joutuisi ”*mutkittelemaan*” virratessaan. Merkittävä alipaine lisää ilman virtausta, joten sen minimoinnista on pidettävä huolta.

#### *Pyöröovent*

Liike- ja toimistorakennuksissa käytetään usein pääsisäänkäynneillä pyöröovia. Pyöröoven on oltava oikein asennettu ja sen tiivisteiden tulee olla hyvässä kunnossa, jotta ilmavuodot voidaan minimoida.

Automaatiikalla varustettu pyöröovi pyörii vain tarpeen vaatiessa, joten sen aiheuttama lämpöhukka on näiltä osin minimoitu.

Pyöröovi ilman tuulikaappirakennetta voi olla riskiratkaisu, koska ovi ei ole välttämättä tiivis ja sen kautta kulkee merkittävä hallitsematon ilmanvaihto, vaikka itse ovi ei olekaan auki ulkoilmaan.

### *Ilmaverhot*

Ilmaverhoilla voidaan pienentää oven lämpöhäviöitä yleensä 60...90 %. Jos kuitenkin tuotanto- tai varastohalli tai liikerakennus on runsaasti alipaineinen, ei ilmaverholla tavallisesti pystytä estämään ilman tuloa oviaukosta. Rakennuksen alipaineisuuden syyt on selvitettävä huolella ennen ilmaverhoratkaisun ehdottamista/suunnittelua.

Kaikissa puhallusratkaisuissa on muistettava tarkistaa myös äänen muodostus paitsi puhaltimen myös puhalluksen osalta. Yleensä puhallin joudutaan varustamaan ääniloukulla.

Oviin on tarjolla monenlaisia ilmaverhoratkaisuja. Yleisesti voidaan sanoa, että ylhäältä puhaltavat eivät toimi lattiavedon torjujina, sillä osa ilmasuihkusta kääntyy sisälle aiheuttaen tuntuva vetoa, vaikka oviaukon kokonaislämpöhäviöt pienenevätkin selvästi eli 60...80 %. Ylhäältäpuhallusta voi kuitenkin käyttää erottamaan lievästi erilämpöisiä tiloja keskenään. Hyviä esimerkkejä löytyy kaupan keskusliikkeiden varastoista tai markettien vihannestoreilta. Myös kylmätilojen verhona ylhäältäpuhallus on toimiva.

Vedon torjuna alhaalta puhallus on paras, mutta sen ongelmana on usein pölyn haitallinen levittäminen. Lisäksi puhalluskanavan tekeminen jälkikäteen on kallista ja joskus mahdotontakin. Joskus alhaalta puhallus ei sovi sen takia, että kevyet tavarat eivät pysy paikoillaan puhalluksen kohdalla. Alhaalta puhallettavalla ilmaverholla voidaan aukon lämpöhäviöitä parhaassa tapauksessa pienentää jopa 90 %.

Sivultapuhaltavia ratkaisuja on kehitetty alkeellisista kylmäilmapuhalluksista huomattavasti tehokkaampiin tunneliporttiratkaisuihin. Tavallisen sivultapuhalluksen ongelmana on heikko sulkupaine varsinkin tuulen osuessa oviaukkoon. Puhalluksen suuntauksella ulospäin voidaan tehostaa ovi-verhon suojausta, mikä aiheuttaa ongelmia tynyemmällä säällä.

Nykyisin kauppakeskuksissa käytetään yleensä sivultapuhalluksia.

### *Halliovien tunneliportit*

Sivuseinillä ja katolla varustetussa teollisuuskohteiden ns. tunneliportissa ilmalle tehdään sivusuojat, jotka suojaavat useimmilta tuulensuunnilta ja auttavat puhallussuihkua pysymään ehjänä. Tällaisella ratkaisulla saadaan verraten hyvä sulkupaine. Tyypilliseen oveen asennettuna laitteiston hinta on kuitenkin korkea. Tunneliportin voi suunnitella yksilöllisestikin samaa periaatetta noudattaen.

Tunneliportti voidaan tehdä myös kaksiportaisena, jolloin varsinaisen sisäoven kohdalla on oma puhallus ja ulkoaukon kohdalla toinen, joka puhaltaa ilman selvästi aukon yli. Tällaisia ratkaisuja on menestyksellä käytetty pakkasvarastoissa erottamaan varaston lastaustilasta.

### *Pikarullaovet*

Monesti isojen liuku- tai nosto-ovien käyttö on liian hidasta. Pikarullaovilla aukeaminen ja sulkutuminen saadaan lyhennettyä muutama sekuntiin ja pikarullaovet toimivat hyvin isojen ovien apuna varsinkin jos käyttö on automatisoitu.

Pikarullaovia käytetään liikerakennuksissa varasto- ja liiketilojen välisinä ovina sekä myös autohallien käyttöovina päiväaikaan, jolloin tarvitaan nopeasti avautuvaa ja sulkeutuvaa ovea.

### *Suikaleverhot*

Suikaleverhoilla on hieman huono maine, sillä ne muuttuvat läpinäkymättömän harmaiksi kuluesaan, jolloin ainakin jotkut suikaleet on vaihdettava. On kuitenkin paljon tapauksia, joissa suikaleis-

ta saa paljon apua peittämällä niillä edes osan ovesta. Isossa oviaukossa voi olla vaikkapa trukin mentävä aukko tai oven yläosassa riippuu trukin yläosaan ulottuvat suikaleet, jos alas asti ulottuvat suikaleet koetaan liian hankaliksi. Suikaleverhojen lämpöhäviö on vain joitakin prosentteja auki olevan aukon häviöstä. Pienentyneen vapaa aukon vedon torjunta ilmapuhalluksella helpottuu merkittävästi.

Suikaleverhot asennetaan yleensä 100 %:n limityksellä ja pituus valitaan siten, etteivät ne joudu taipumaan liian jyrkässä kulmassa. Valmistajilla on tarkemmat ohjeet.

### Ovirakojen pienentäminen

#### *Tiivisteet*

Kiinni olevankin oven lämpöhäviöt voivat olla suuret, jos ovi ei tiivisty kunnolla. Yleisin syy oven huonoon tiiviyteen on liian kevyt tai kulunut tiiviste. Myös ovirakenteen ja saranoiden vääntyminen ja kuluminen voi heikentää oven tiivyyttä. Tehokas tiiviste saattaa sen sijaan tehdä oven käytön raskaaksi

Liikerakennusten ovissa käytetään usein harja- tai kumitiivisteitä. Niiden kuluessa oven ja lattian väliin voi jäädä useiden senttien rako. Tiiviyden kannalta huonoimpia ovat liukuovet, joita on hyvin vaikea tiivistää hyvin. Tiivisteiden kunto on tarkistettava vähintään kerran vuodessa.

Taitto- ja kääntöovien tiivisteet voidaan saada varsin hyviksi, joskin käytännössä usein näkee vääntyneitä ovirunkoja ja muita syitä, miksi ovi ei sulkeudu kunnolla. Talvella esim. lumi ja jää voi estää kunnollisen sulkeutumisen.

Nosto-ovet ovat olleet parhaita tiiviin sulkeutumisen suhteen. Niissäkin reuna- ja ylätiivisteiden kunto on tarkistettava säännöllisesti ainakin kerran vuodessa. Usein oven kireyttä tai asentoa johteeseen nähden voidaan muuttaa.

#### *Kuormastiivisteet*

Lastausoviin on saatavana ns. tiivisperiä eli kuormastiivisteitä. Näitä on useita malleja ja käyttö edellyttää, että ajoneuvot ovat suurin piirtein samankokoisia, ts. samassa ovessa ei lastata vuoron perään rekkoja ja pakettiautoja.

Tiivisperistä parhaimpia ovat ilmalla täytettävät mallit, jotka tiivistyvät lavaa vasten hyvin. Niissä on erikoisominaisuutena myös lastaussillan sivuille tuleva osa, joka tiivistää muutoin avoimeksi jäävän aukon. Tästä aukosta tavallisesti tulee melkoinen ilmavirta, sillä hallien alaosa on poikkeuksetta talvella alipaineinen. Ilmalla täytettävien tiivisteiden huono puoli on korkea hinta ja arkuus mekaanisille vaurioille.

Kuormastiivisteistä huolimatta ovien lähellä tarvitaan aina lisälämmitystä, sillä täysin tiiviiksi ei kuormausaluetta saada.

Jos lastausalue muodostaa oman huoneen, voidaan voimakasta ilman sisäänvirtausta lastausovista usein pienentää varustamalla lastaustilasta tuotantotilaan johtava oviaukko pikarullaovella.

### **6.3.3 Yläpohja**

Yläpohjan lämmöneristyksen parantamisen tarkastelu kohdistuu ennen kaikkea hallimaisiin kohteisiin sekä rakennuksiin, joissa on avoin ullakkotila. Ullakkotilalla varustetun rakennuksen yläpohjan lisälämmöneristäminen on yleensä helppoa. Eristeenä on varmintä käyttää samaa eristettä kuin alun perin rakennuksessa on käytetty. Eristeet voidaan asentaa puhaltamalla ja mineraalivilla myös

levytavarana. Lisäeristeen paksuutta rajoittavana tekijänä on räystäiden tuuletusaukkojen pysyminen auki ja ullakkotilan korkeus.

Muissa rakennuksissa yläpohjan lisäeristäminen on omana toimenpiteenään hankalaa tai mahdotonta. Lisälämmöneristäminen on lähes aina mahdollista saneerauksen yhteydessä, jossa saneeraus ulottuu yläpohjarakenteisiin. Tällöin yläpohjarakenteen suunnittelussa otetaan huomioon lisälämmöneristeen tuomat erityisvaatimukset rakentamisessa. Myös muissa rakennuksissa yläpohjan lisäeristäminen on mahdollista yleensä silloin, kun ikääntynyt vesikattomateriaali uusitaan. Lisäeristäminen vaikuttaa mm. räystäisiin ja läpivienteihin (savuluukut, kattoikkunat, kattosadevesikaivot, tuuletusviemärit, antennirakenteet, ilmanvaihtokanavat, ym.) ja näiden rakennedetaljien kustannusvaikutus on huomioitava eristemateriaalin, pinnoitteen ja niiden asennuksen lisäksi.

#### 6.3.4 Alapohja

Alapohjan lämmöneristykseen parantamisen tarkastelu kohdistuu rakennuksiin, joissa on tuuletettu avoin alapohjaratkaisu. Muissa rakennuksissa alapohjan lisäeristäminen on hankalaa tai mahdotonta.

Suuremmissa kiinteistöissä tuuletettuja alapohjia on yleensä hyvin harvoin, koska mitä suurempi rakennuksen ala on, niin sen haastavampi alapohjaratkaisu on toteuttaa. Muutoin kohteita, joissa on tuuletettu alapohja, on vanhat puurunkoiset koulu- yms. rakennukset, joissa perusmuuri on tehty kivilohkarein (kiviladelmä). Näissä rakennuksissa on syytä olla hyvin varovainen ehdotuksissa, joissa muutetaan ulkovaipan rakennetekniikka ja siten kosteustekniikkaa.

Alapohjan tiiveys voi muuttua rakennuksen vajoamisen tai alapohjan perustäyttömaan painuessa.

##### Rakennuksen painuminen

Rakennuksen painuminen johtuu perustustavan virheellisestä suunnittelusta/toteutuksesta. Yleensä rakennuksen kulma painuu ja samalla repii rakenteita auki. Tällöin ulkovaippaan muodostuu hallitsemattomia ilmapuotoja.

Rakennusten painuminen on arkipäivää erityisesti Varsinais-Suomessa, missä vanhat puupaalutukset kuivuuksaan antavat periksi. Esim. Turun kaupungin alueella on kymmeniä kerros-/toimistotaloja, joita on paalutettu. Mikäli katselmoija havaitsee rakennuksen painumista, tulee se kirjata raporttiin ehdottomana jatkoselvitystyönä.

##### Täyttömaan painuminen

Maanvarainen betonilaatta lämmöneristeellä on yleinen perustustapa. Täyttömaan painuminen on yleistä, jolloin alapohjalaatan ja painuneen maanpinnan väliin muodostuu ilmatila. Koska rakennetta ei ole suunniteltu kannattamaan täysin omaa painoaan, voi se repeytyä joistain kohdin. Repeytymien kautta voi tulla hallitsemattomia ilmapuotoja. Ilmapuotojen mahdollisuutta lisää, jos tilat ovat alipaineisia, kuten tilanne on usein vanhemmissa, koneellisen poistoilmanvaihdon omaavissa rakennuksissa.

Ongelmaa lisää se, että tuleva ilma kulkeutuu kosteasta, tuulettamattomasta tilasta, jolloin haju/mikrobihaittoja tulee varmasti. Mikäli katselmoijalle kerrotaan tällaisesta vauriosta tai hän havaitsee repeämiä, tulee se kirjata raporttiin jatkoselvitystyönä.

### 6.3.5 Ulkoseinät

Vanhoissa rakennuksissa ulkoseinien lämmöneristävyys on huono nykymittapuun mukaisesti, joten niillä on merkittävä osuus lämpöhäviöiden muodostumisessa etenkin, kun ulkoseinien osuus rakennusvaipasta on suuri.

Ulkoseinien lisälämmöneristäminen on helpointa tehdä rakennuksen ulkopuolelta, jolloin vanhasta höyrönsulusta sekä välipohjien ja väliseinien kohdista ei tarvitse välittää. Uusi ulkopuolinen lämmöneriste ja ulkoverhous eivät saa kuitenkaan olla liian vesihöyrytiivitä verrattuna alkuperäiseen rakenteeseen, jottei syntyisi kastepistettä vanhan seinän ja uuden lämmöneristeen rajapintaan tai uuden ulkoverhouksen taakse. Tällaista ei todennäköisesti pääse syntymään, mikäli käytetään mineraalivillaa lämmöneristeenä ja ulkoverhouksen tausta on tuuletettu.

Ulkoseinän ulkopuolinen lisälämmöneristäminen on kannattavaa tapauksissa, joissa ulkoverhous joudutaan uusimaan tai korjaamaan. Tyypillisesti tällainen tapaus on betonielementtien ulkokuoren uusinta esimerkiksi tiiliverhoukseksi tai rappauspinnaksi. Näissä tapauksissa vanha ulkoverhous joudutaan usein poistamaan, jolloin edellytykset lämmöneristeen lisäämiselle ovat hyvät.

Seinien lisäeristäminen sisäpuolelta saattaa joskus olla perusteltua, jos sisäverhous on korjaustarpeessa tai rakenteessa on puutteellinen höyryn- tai ilmansulku. Ilmaa ja kosteutta läpäisevän lämmöneristeen asentaminen seinän sisäpintaan edellyttää tavallisesti höyrönsulun tai muun tiiviin kerroksen asentamista uuden verhoulevyn alle. Vain ohuita lämmöneristekerroksia asennettaessa höyrönsulku voidaan jättää pois. Lisäksi rakenteessa oleva vanha höyrönsulku tulee yleensä poistaa, jottei rakenteen sisälle muodostu kastepistettä, mikä aiheuttaa kosteuden kerääntymistä rakenteeseen.

Lämmöneristeiden paksuuntuessa on rakennusfysikaaliset ratkaisut tehtävä entistä huolellisemmin, koska hyvin lämmöneristettyjen rakenteiden vikasietokyky saattaa olla pienempi kuin huonommin lämmöneristetyillä rakenteilla. Erytistä huomiota on kiinnitettävä asennustoimintaan (mm. läpiviennit ja kosteussulku).

## 6.4 Ilmanpitävyyden parantaminen

Rakennuksen ilmanpitävyyden parantaminen vähentää hallitsematonta, energiankulutusta aiheuttavaa vuotoilmanvaihtoa. Ilmavuotoa aiheutuu rakennusosien välisistä liitoksista, läpivienneistä ja tiivisteiden puutteista. Rakennuksen ilmanpitävyyttä kuvataan tavallisesti 50 Pa:n paine-erolla mitatulla ilmavuotokertoimella. Tyypillisesti se on 2-4 vaihtoa/h. Tiiviissä talossa kerroin on alle 1 vaihto/h ja hatarassa yli 5 vaihtoa/h.

Halvin ja helpoin tapa tiivistää rakennusta on ikkunoiden ja ovien tiivisteiden uusinta. Tällä voidaan saavuttaa merkittävä parannus, jos vanhat tiivisteet ovat huonossa kunnossa. Toinen helposti toteutettava tiivistäminen on ikkunoiden ja ovien karmien ja seinän välisen sauman tiivistäminen, mikäli siinä on puutteita. Joissakin koneellisella poistolla varustetuissa rakennuksissa ei kuitenkaan ole suunniteltu erikseen korvausilmareittejä, ja korvausilman on ajateltu tulevan paljolti ikkunoiden ja ovien tiivisteiden vuotojen kautta. Mikäli tällaisessa rakennuksessa ikkunatiivisteiksi vaihdetaan nykyaikaiset kumiset tai muoviset profiilitiivisteet, on mahdollista, ettei kunnostuksen jälkeen ilmanvaihto ole riittävää. Tällä tavalla voidaan saavuttaa suuriakin lämmitysenergian säästöjä, mutta se tapahtuu viihtyisyyden ja terveellisyyden kustannuksella.

Ilmavuotoja esiintyy useimmiten ikkunoiden, ulko-ovien ja ulkovaipan liitoksissa, joten nämä liitokset on tiivistettävä huolellisesti ja rakenteet on liitettävä tiiviisti karmirakenteisiin. Pursotettu sauma ilmansulkukerroksen ja rakennekerroksen välissä ei riitä, vaan liitos täytyy lisäksi tiivistää.



Ilmanvaihto-, vesi- ja viemäriputkien samoin kuin sähköjohtojen ja -kalusteiden läpivientien tulee olla tiiviitä. Monessa tapauksessa ne ovat tiivistettävissä myös jälkikäteen. Sen sijaan höyrösuulun liitoksien ja reikien tiivistäminen on yleensä mahdotonta jälkikäteen rakenteita avaamatta.

Energiätehokkuuden lisäksi tiivistyksissä tulee ottaa huomioon palo-osastoinnin vaatimukset. Läpivientejä tehtäessä tiivistys unohtuu usein erityisesti sähköjohtoja vedettäessä. Yleisenä sääntönä, on, että tilojen käyttötarkoituksen muuttuessa tulee tiloja jakava rakenne olla osastoiva, jolloin läpiviennit on tiivistettävä tarkoituksen soveltuvalla massalla.

Rakenteiden välisten saumojen tiivistystä voidaan tavallisesti parantaa esimerkiksi elementti-saumojen kitillä tai saumausvaahdolla. Elastinen saumausmassa tiivistää ulkovaipan saumat ja estää ilma- ja vesivuotojen pääsyn rakenteeseen. Huomioitavaa on se, että saumamassa kuivuu ja halkeilee auringon uv- säteilyn ja säärasituksen vuoksi, jolloin sen tiiviysominaisuudet muuttuvat oleellisesti heikommaksi. Yleisesti saumat suositellaan uusittavaksi noin 10 vuoden välein.

## 7 Lämmitysmuodon vaihdon ja uusiutuvan energian käyttömahdollisuuksien tarkastelu

Energiakatselmuksessa esitetään energiansäästötoimenpiteitä joiden vaikutuksena myös CO<sub>2</sub> -päästöt vähenevät. Katselmustoiminnan yleisohjeen mukaan uusiutuvien energialähteiden käytön mahdollisuudet ja kannattavuus on tarkasteltava kohteissa, joissa on sähkölämmitys tai käytetään fossiilisia polttoaineita lämmön ja/tai sähkön tuotannossa.

Tarkastelussa huomioidaan tyypillisesti

- uusiutuvat polttoaineet, maa- tai vesistölämpöpumppu ja aurinkolämpö kun kyseessä on kattilalaitos
- ilma- ja poistoilmalämpöpumput kun kyseessä on sähkölämmiteinen kohde
- maalämpöpumppu kun kohteessa on varaava sähkölämmitys
- poistoilmalämpöpumppu kun kohteessa on ilmapirraltaan ja lämpösisällöltään merkittäviä poistoilmajärjestelmiä, joista ei lämpöä oteta talteen.

Tarkastelun painopiste sovitaan katselmuksen tilaajan ja katselmoijan kesken katselmustehtävästä sovittaessa tai tarjoustä annettaessa.

Erikoistapauksissa uusiutuvien energiamuotojen tarkastelua voidaan laajentaa tarkastelemalla mahdollisuuksia aurinko- tai tuulisähkön tuotantoon, mikäli arvioidaan, että kyseinen energiamuoto voisi olla kannattava kyseisessä kohteessa.

Energiakatselmuksessa ei yleensä ole mahdollisuuksia laajoihin selvityksiin ja perusteellisiin kustannusvaikutusten määrittelyihin. Uusiutuvien energiamuotojen käsittelylle on energiakatselmuksustoiminnan yleisohjeissa määritelty katselmuksen tuettavaan työkustannukseen lisä, joka vastaa noin 4 päivän työtä. Tämä mahdollistaa melko perusteellisen selvityksen ja karkeat kannattavuustarkastelut, vaikka ei varsinaista esisuunnittelua ja tarkkoja elinkaarilaskelmia olekaan tarkoitus tehdä.

Katselmuksessa esitetyn tarkastelun perusteella voidaan yleensä päättää tilalämmitykseen käytettävän ilmalämpöpumpun hankinnasta, mutta muiden ratkaisujen osalta on suoritettava katselmuksen jälkeen suunnittelua tai lisätarkasteluja ennen toteuttamista. Etenkin biokattilatarkastelun tekeminen vaatii asiantuntemusta, jota energiakatselmuksia tekevilla konsulteilla ei välttämättä ole. Katselmuksessa suoritetaan karkea tarkastelu kannattavuudesta ja varsinainen biokattilatarkastelu tehdään erillisenä tarkasteluna katselmuksen liittyvän esiselvityksen tulosten perusteella.

Uusiutuvien energiamuotojen käyttömahdollisuuksien tarkastelussa edetään seuraavasti:

- määrittellään kulutustietojen perusteella käsitys kohteen energiankulutuksesta ja sen ja-kaumasta (lämpö, sähkö) sekä ajallisesta vaihtelusta
- määrittellään arvio huipputehon tarpeesta ja sen pysyvyydestä
- selvitetään nykyiset lämmöntuotantolaitteet: (teho, ikä, merkki, arvioitu hyötysuhde)
- määrittellään arvioitu lämmöntuotantolaitteiston uusimisajankohta (esim. alle 2 v, 2-5 v, 5-10 v, yli 10 v)
- tarkastellaan käytettävissä olevien kunnallisten liittymien (kaukolämpö, sähkö, kaukojäähdytys) energiatariffit, liittymämaksut
- kuvaus lämmöntuotannon/hankinnan organisoinnista ja kustannuksista (muut kuin polttoainekustannukset)
- lämmönkäytön paine ja lämpötilavaatimus, paluuvien lämpötilataso
- arvioidaan tulevaisuuden arvioitu energiatase, myös huipputehontarve

- mikä energiamuoto soveltuu olemassa olevaan tilanteeseen parhaiten kun otetaan huomioon
  - nykyinen lämmöntuotantoratkaisu
  - lämmön tuotannon ja lämmitysjärjestelmän nykyinen ikä ja kunto
  - lämmitysjärjestelmän teho
  - lämmitysenergian kulutus ja kustannukset
- tilaratkaisut kohteessa
- mitä muutoksia nykyiseen järjestelmään tarvitaan
- mikä osuus lämmitystehosta ja vuosienenergiasta voidaan tuottaa uudella ratkaisulla
- mitä tukilämmitystä tarvitaan
- kuvaus biopolttoaineiden saatavuudesta alueelta
- selvitetään mahdolliset asemakaavan ehdot ja rajoitukset paikalliselle energiatuotannolle - (ei katselmuksessa, jatkoselvitys)
- selvitetään tontin koon, muodon tai sijainnin sekä naapuruston asettamat rajoitukset (liikenne, melu, jne.) - (ei katselmuksessa, jatkoselvitys)
- tarkastellaan energianhankintavaihtoehtojen kannattavuutta karkein elinkaarikustannuslaskelmin (laskelmia varten määriteltävä investointi-, käyttö- ja huoltokustannukset, energiamuotokertoimet)
- tarkastellaan energianhankintavaihtoehtojen päästövaikutuksia, riskejä, järjestelmien keskeisten laitteiden käyttöikä, jne. - (ei katselmuksessa, jatkoselvitys)
- esitellään vaihtoehdot päätöksentekoa varten

Päästövaikutustarkastelun lisäksi päätöksenteon tueksi laaditaan karkea elinkaarikustannuslaskelma, jossa huomioidaan investointikustannuksen lisäksi energia-, huolto- ja kunnossapitokustannukset sekä mahdolliset muut kustannukset.

Seuraavissa kappaleissa on esitetty eri lämmöntuottovaihtoehtojen tyypillisiä piirteitä ja tarkastelussa huomioitavia seikkoja.

## 7.1 Polttoaineen vaihto

### 7.1.1 Kattilalaitoksen ja lämmitysjärjestelmän tarkastelu

Polttoaineen vaihtomahdollisuuksia tarkasteltaessa on normaalin energiakatselmuksen kuuluvan tarkastelun lisäksi otettava huomioon kattilalaitoksen ikä ja kunto, jotta tiedetään, paljonko lämmitysjärjestelmän eri osilla on jäljellä teknistä käyttöikä, tarvitaanko mahdollisesti tarkempia kunnottutkimuksia ja miten mahdolliset muutokset polttoaineessa vaikuttavat lämmitysjärjestelmään.

Kun kattilalaitos on teknisen käyttöikänsä loppupuolella, niin ennen peruskorjausta kannattaa selvittää kaukolämmön, hakepolton ja pellettilämmityksen käyttömahdollisuutta tarkemmin.

Polttoaineen vaihtoa ja kattilalaitoksen vaihtoehtoisia ratkaisuja tarkasteltaessa tulee huomioida:

1. Nykyisen lämmitysjärjestelmän jäljellä oleva käyttöikä
2. Lämmöntuottojärjestelmän tekninen kunto tarkasteluhetkellä
  - lämmöntuotantohäviöt
  - kattilalaitoksen osien tekninen kunto ja jäljellä oleva tekninen käyttöikä (piippu, polttoainetarastot, jne)
  - lämmitysjärjestelmän osien tekninen kunto ja jäljellä oleva käyttöikä (lämpöjohdot ja radiatit, lämmityksen päätelaitteet, jne) sekä soveltuvuus muutoksiin
3. Nykyisen lämmitysjärjestelmän käyttäjille mahdollisesti aiheuttamat riskit

4. Käytettävän polttoaineen hintakehitys tulevaisuudessa
5. Käytettävän polttoaineen vaikutukset ympäristöön (pienihiukkaspäästöt, CO<sub>2</sub> -päästöt)
6. Nykyisen lämmitysjärjestelmän tai sen osan purkamisesta aiheutuvat kustannukset
7. Lämmitysteho ja energiankulutus tulevaisuudessa
8. Lämmitysjärjestelmän uusimisessa käyttökelpoiset vaihtoehdot ja niiden investointikustannukset
9. Eri lämmöntuotantotapojen energian hinta nykyhetkellä ja oletettu hinnan reaalin kehitys taloudellisen pitoajan kuluessa.
10. Uusimisvaihtoehtojen elinkaaren aikainen huoltotarve ja kunnossapitokustannukset
11. Uusimisvaihtoehtojen tekninen käyttöikä ja järjestelmän joustavuus rakennuksessa mahdollisesti tapahtuviin muutoksiin
12. Vaihtoehtojen ratkaisujen vaikutus ylläpitoprosessiin (tarkastusten ja huoltojen tarve, päivitystarve).

Elinkaarikustannuslaskelmassa huomioidaan lisäksi

- Taloudellinen pitoaika
- Laskentakorko

### 7.1.2 Biopolttoainekattilatarkastelun yleispiirteet

Lähteinä seuraavassa on käytetty:

- Alle 2MW biopolttoainekattiloiden lisäämismahdollisuuksien tarkastelu energiakatselmuksissa, Motiva Oy, 2002
- 1-15MW biopolttoainekattiloiden lisäämismahdollisuuksien tarkastelu energiakatselmuksissa, Motiva Oy, 2002

#### Biopolttoaineet

Katselmukskohteissa tyypillisessä 1-15 MW kokoluokassa kyseeseen tulevat puupolttoaineet ovat metsähake (hakkuutähde- ja kokopuuhake) sekä mekaanisen metsäteollisuuden sivutuotteet (kos-teat kuori ja puru sekä kuivat sivutuotteet mm. höylälastu, puru ja hiontapöly). Puupolttoaineet ovat paikallisia polttoaineita ja niiden hintataso vaihtelee alueittain kysynnän ja tarjonnan mukaan. Yleensä kiinteän polttoaineen kattilat ovat investoinniltaan neste- tai kaasumaista polttoainetta käyttäviä kattiloita kalliimpia.

Yleisesti voidaan todeta, että pelletti soveltuu puupolttoaineista parhaiten teollisuuskohteisiin. Raaka-aineen tilantarve on pienin ja käyttö voidaan automatisoida parhaiten. Hake soveltuu energialähteeksi parhaiten kun lämpö tuotetaan erillisen yrittäjän toimesta kokonaispalveluna useimmiten myös investointi mukaan lukien.

Puuta jalostavan teollisuuden kohteissa yrityksen omien sivutuotteiden käyttö lämmöntuotannossa on ko. kokoluokassa kannattavaa, ongelmana on useinkin polttoaineen suuri kosteuspitoisuus ja sen myötä investoinnin kustannustason nousu.

Palvelusektorin kiinteistöjen lämmöntuotantoon soveltuu sekä hake että pelletti. Hake varsinkin siinä tapauksessa, että muodostetaan useamman kiinteistön pienverkkoja ja näin saadaan hake-lämpölaitokselle lisää lämpökuormaa. Kuten teollisuuskohteissakin lämpöyrittäjätoiminta tarjoaa varteenotettavan vaihtoehdon.

#### Biopolttoainevaihtoehdon tarkastelu

Yleensä biokattilatarkastelussa biokattilaa verrataan olemassa olevaan tai mahdolliseen vaihtoehtoiseen fossiilisen polttoaineen vaihtoehtoon. Jotta biokattilatarkastelussa päästään tasolle, jolla voidaan tyydyttävällä tarkkuudella arvioida biokattilavaihtoehdon kannattavuutta, tulee tarkasteluun sisältyä seuraavia asioita:

- biokattilavaihtoehdon teknisen toteutuksen karkea arviointi
- energiataseiden määrittäminen (polttoaineen kulutus, energiantuotanto ja -kulutus)
- vuosikustannusten määrittäminen (pääoma-, polttoaine-, huolto- ja korjauskustannukset, henkilökustannukset...)
- vaihtoehtojen kannattavuusvertailu

### Tarkastelun peruskriteerit

Perusedellytykset:

Nykyinen lämmöntuotanto	Kevyt polttoöljy, osin RPÖ
Lämmönsiirto	Vesikiertoinen lämmönjakelu
Käyttötunnit/v	Teollisuus yli 5000 h/v
	Palvelu ja asuinrakennukset yli 3000 h/v

Seuraavien kriteerien täyttyminen on edellytyksinä, että biokattilan tarkastelu on mahdollista tai järkevää 1-15 MW kokoluokassa:

- pääosa kohteen lämmöntuotannosta tapahtuu fossiilisilla polttoaineilla tai sähköllä
- asiakas omistaa itse lämmöntuotantolaitteet tai pystyy vaikuttamaan ostamansa lämmön lämmöntuotannon polttoaineeseen
- kohteen lämmönkäyttö yli 5 000 MWh (1-15 MW biokattilan tarkastelu)
- kohteen lämmönkulutus yli 35 000 MWh/v (yhdistetyn sähkön- ja lämmöntuotannon tarkastelu)
  - voimalaitoksen sähköteho > 1 MW
  - edullista polttoainetta käytettävissä (omasta tuotannosta tulevia sivutuotteita)
  - mahdollisuus kuluttaa suurin osa tuotetusta sähköstä tuotantopaikalla
  - mahdollista saavuttaa pitkä, mielellään yli 6 000 h/v, huipunkäyttöaika
- Kaasu on vertailupolttoaineena niin edullinen, että nyt kaasua käyttävät jäävät kannattavuustarkastelun ulkopuolelle.
- Raskasta polttoöljyä käyttävistä kiinteistöistä osa voi olla biopolttoaineille soveltuvia kohteita, enimmäkseen yli 2 MW:n kokoluokassa.

Taloudellisen potentiaalin perustelut:

- Riittävän lyhyt takaisinmaksuaika, n. 5 vuotta
- Investointituki omalle investoinnille tai ulkopuoliselle investoijalle
- Lämmöntuotantotoiminnan ulkoistaminen, palvelun saatavuus esim. lämpö-yrittäjän tai vastaavan toimijan tuottamana

### Mitoituskriteerit

Biopolttoainekattilaa ei kannata mitoittaa huipputehontarpeen mukaan, vaan huipputehon tuottamiseen on lähes aina kannattavinta käyttää energiantuotantokapasiteettia, jolla on mahdollisimman edulliset kiinteät kustannukset. Huipputehontarpeen mukaan mitoitettun biopolttoainekattilan kapasiteettia ei tule hyödynnettyä tehokkaasti, koska kattilan täyttä tehoa tarvitaan ainoastaan hetkellisesti. Lisäksi huipputehontarpeen mukaan mitoitettun biopolttoainekattilan minimikuorma, joka on yleensä noin 20 % nimellistehosta, saattaa aiheuttaa ongelmia lämmöntarpeen ollessa pieni esim. kesäisin.

Kustannusten kannalta optimaalisesti mitoitettun biokattilan huipunkäyttöaika on 1-15 MW kokoluokassa yleensä yli 4 500 h/v ja biokattilalla saadaan tuotettua saadaan tuotettua noin 80–95 % kohteen lämmöntarpeesta. Tällöin 1 MW biokattilan vaatima minimilämpökuorma on noin 5 000 MWh/v. Tämä vastaa rakennustilavuudeltaan 125 000 m<sup>3</sup>:n kokoisen tai pinta-alaltaan noin 50 000 m<sup>2</sup> rakennuksen vuotuista lämmönkulutusta.

Yleensä lämmön toimitusvarmuuden takaamiseksi kiinteän polttoaineen kattilan rinnalle rakennetaan varatehoa vähintään kiinteän polttoaineen kattilan tehon verran. Varateho tuotetaan yleensä öljyllä tai pienessä teholuokassa sähköllä.

### Kustannukset

Biopolttoainekattiloiden investointikustannukset riippuvat paljon rakennustavasta. Vaihtoehtoina ovat yleensä erillinen lämpökeskus kiinteänä rakennuksena tai lämpökontti.

Lämpölaitoksen investointikustannus riippuu oleellisesti rakennustavan lisäksi käytettävästä polttoaineesta. On erittäin tärkeää ennalta suunnitella ja mitoittaa laitos käyttöä vastaavalle polttoaineella kosteuden ja palakoon mukaisesti, että laitoksella voidaan tuottaa toivottu energiamäärä suhteessa investointiin ja raaka-aineen käyttöön. Myös varastoratkaisujen merkitys korostuu laitoskonaisuutta ja sen vaatimaa työmäärää arvioitaessa.

Lämpökeskuksen budjettitasoinen kustannusarvio on selvitettävä tapauskohtaisesti esimerkiksi kattilatoimittajalta. Näiden kustannusten lisäksi tulevat verkon rakentamisen kustannukset. Sähköliitä Sähkölämmitteisissä kiinteistöissä lämmönsiirtojärjestelmän rakentamiskustannukset nousevat liian suuriksi.

### **7.1.3 Öljykattilasta pelletteihin ja hakkeeseen siirtyminen**

Lisätietoa pellettilämmityksestä

- Pellettilämmitysopas, Perustietoa pellettilämmityksestä, Motiva Oy, 2003
- LVI-kortti LVI 11–10406, Rakennustieto Oy, 2006

Käyttöpaikan ollessa suuri kiinteistö tai pienverkkoa lämmittävä lämpölaitos, pellettien varastointi ja kuljetus perustuu siiloratkaisuihin ja säiliöautolla tapahtuvaan täyttöön. Hakesiilot ovat kooltaan suurempia ja sijaitsevat yleensä lämpökeskuksen yhteydessä rakennuksen ulkopuolella. Hake toimitetaan yleensä rekalla tai isolla kuorma-autolla, jolle on oltava riittävä ajoväylä ja mahdollinen kääntymistila siilon vieressä.

Siilossa oleva polttoaine siirretään siirtokuljettimella polttimeen, jossa se palaessaan lämmittää kattilassa olevan veden.

Lämmitysmuodon vaihtoa hake- tai pellettilämmitykseen suunniteltaessa on otettava huomioon

- käytettävissä olevien tilojen soveltuvuus puuperäiselle polttoaineelle
- varastotilan tarve
- olemassa olevan kattilan käyttömahdollisuus, vara- tai huippukattilana
- savuhormin soveltuvuus hake- tai pellettilämmitysjärjestelmälle
- olemassa olevan lämminvesivaraajan liittäminen järjestelmään.

Öljykattilat eivät yleensä täytä pellettien ja hakkeen polttamisen vaatimuksia, jolloin esimerkiksi kattilan hyötysuhde jää huonoksi, tuhkatila on liian pieni ja konvektiopinnat eivät ole polttoaineelle sopivat. Pellettien ja hakkeen polttoon soveltuvien kattiloiden rakenteessa ja mitoituksessa on otettu huomioon puun polton erityispiirteet: savukaasujen suuri määrä ja tuhkan syntyminen. Kattiloiden tulipesän koko ja muoto sopivat pellettien tai hakkeen polttoon ja niissä on riittävän suuri tuhkatila, jolloin tuhkanpoistovälit muodostuvat kohtuullisiksi.

Mikäli harkitaan pelletteihin tai hakkeeseen siirtymistä tulee huomioida, että kattilan, polttoainesiihon ja polttoaineen siirtojärjestelmän lisäksi tarvitaan varaajasäiliö, jos kattilalla tuotetaan kesäaikana tarvittava lämmin vesi tai lisäksi erillinen esim. öljykattila tai sähköllä lämmitetty varaaja käytöveden tuottamiseen ja osakuorman ajalle. Hake- ja pellettipoltin tehonsäätö voi pienellä teholla tuottaa ongelmia.

Puupohjaisen polttoaineen käyttöön liittyy ominaisuuksia, jotka on suunnittelussa otettava huomioon. Järjestelmän toiminta edellyttää jatkuvaa tarkkailua. Erityisesti polttoaineen varastointiin tulee kiinnittää huomiota. Pelletti tulee pitää kuivassa tilassa, jolloin sen siirtyvyys polttimeen ei tuota ongelmia. Jos pellettivarasto on ulkona, on varaston oltava lämmöneristetty tai muulla tavoin on varmistuttava, että polttoaine ei pääse kostumaan. Hake ei saa olla liian märkää, jotta kattilan hyötysuhde pysyy hyvänä ja laitos toimintavarmana.

Kattilahuone ja polttoainevarasto voidaan sijoittaa lämmitettävän rakennuksen yhteyteen tai erilliseksi rakennukseksi. Lähtökohtana on, että lämmityskattila ja pelletti- tai hakesiiilo sijoitetaan aina omiin erillisiin, toisistaan ja muista tiloista osastoituihin tiloihin.

Pelletit puhalletaan jakeluautosta suoraan asiakkaan pellettisiihloon. Hake kipataan kuljetusautosta hakesiihloon.

Rakennuspaikan ajoväylien tulee täyttää tietyt tilavaatimukset siten, että

- jakeluautolla on esteetön pääsy noin 6-10 metrin päähän siilosta
- purkupaikan yläpuolella ei ole esimerkiksi sähköjohtoja, puun oksia tai räystäitä, jotka estävät jakeluauton kontin noston yläasentoon

## 7.2 Kaukolämpö

Kaukolämpö on päästövaikutuksiltaan parempi vaihtoehto kuin kiinteistökohtainen lämmitys, koska useimmissa tapauksissa kaukolämpöä tuotetaan suurissa yksiköissä lämmön ja sähkön yhteistuotantona, jonka päästöt ovat alhaiset ja kokonaisyötysuhde korkea.

Kaukolämpöön liittyminen riippuu liittymisen aiheuttamista kustannuksista ja kiinteistön oman lämmitysjärjestelmän nykykunnosta. Läheskään aina liittyminen ei ole mahdollista, vaan se riippuu kohteen lämpöjohtoverkoston sijainnista. Jos verkostoon liittyminen on mahdollista, liittymisen kannattavuus tulee arvioida elinkaarilaskelman avulla.

Kaukolämmön kustannukset muodostuvat

- liittymismaksusta (liityntätehoon perustuva)
- vuotuisesta perusmaksusta (liityntätehoon perustuva)
- energiamaksuista (kulutukseen ja joskus myös kulutuksen ajankohtaan kesä/talvi perustuva).

Katselmuksessa on siis selvitettävä

- lämmitysjärjestelmän huipputeho
- vuotuinen lämmitysenergian kulutus
- kaukolämmön saatavuus
- kaukolämpötariffi.

Mikäli tariffissa on ajankohtaan perustuva hintojen vaihtelua, on lämmitysenergian osalta selvitettävä kuukausittainen kulutus.

Kaukolämmön alajakokeskuksen vuosittain tarvitsemat huolto- ja kunnossapitotoimet ovat varsin vähäisiä eivätkä muodosta merkittävää kustannusta.

Yleisesti käytetty tapa, jossa vanha lämmitysjärjestelmä on jätetty kaukolämpöön liittymisen yhteydessä purkamatta kustannusten säästämiseksi, ei ole suositeltava. Purkamisen myötä saada kiinteistöön tarvittavaa varastotilaa ja lämmitysjärjestelmään liittyvät terveys- ja ympäristöriskit (mm. maassa sijaitsevat öljysäiliöt ja asbestieristykset) voidaan poistaa.

### 7.3 Sähkölämmityksestä uusiutuviin energiamuotoihin

Lisätietoa lämpöpumpuista löytyy mm. seuraavista lähteistä:

- Lämpöä ilmassa, Lämmitysjärjestelmä, ilmalämpöpumput, Motiva Oy
- Lämpöä omasta maasta, Lämmitysjärjestelmä, maalämpöpumput, Motiva Oy
- Suomen Lämpöpumppuyhdistys SULPU ry

#### 7.3.1 Ilmalämpöpumput (lämmitys- ja jäähdytyskäyttö)

##### Katselmoitava kohde

Seuraavat seikat vaikuttavat ilmalämpöpumpun valintaan:

- Onko laitteen pääasiallinen käyttötarkoitus lämmitys tai jäähdytys, vai molemmat?
- Minkä kokoiseen ja korkuiseen tilaan laite tulee?
- Kuinka monta kerrosta ja erillistä tilaa rakennuksessa on?
- Onko rakennuksessa paljon erillisiä huoneita, joiden ovet pidetään yleensä kiinni?

Edellä mainitut seikat vaikuttavat myös siihen, riittääkö yksi vai tarvitaanko useampia ilmalämpöpumppuja.

##### Järjestelmän periaate

Ilmalämpöpumpussa lämpöenergia siirretään kylmäaineen avulla ulkoilmasta rakennukseen. Ilmalämpöpumppu kerää lämmön ulkoilmasta ulos sijoitetun puhallin/höyrystinyksikön ("ulkoyksikkö") kautta ja luovuttaa sen puhallin/lauhdutinyksikön ("sisäyksikkö") kautta sisäilmaan. Ilmalämpöpumppu on toimiva ja kustannustehokas lämmitysratkaisu suoran sähkölämmityksen rinnalla

Järjestelmä tuottaa ilmaista lisäenergiaa verrattuna suoraan sähkölämmitykseen. Sen hyviin puoliin kuuluu lisäksi helppohoitoisuus, yksinkertainen asennustapa ja edullinen hinta. Kuitenkin Suomen olosuhteissa tilassa pitää olla aina varalla toinenkin lämmitysmuoto, esim. suora sähkölämmitys, varaava sähkölämmitys, puulämmitys, öljylämmitys tai muu lämmitysmuoto.

Ilmalämpöpumppu voi toimia suoran sähkölämmityksen korvaajana lämmityskauden alkua ja loppupäässä. Yleisesti ilmalämpöpumput toimivat huonolla lämpökertoimella lämpötilan



laskiessa alle  $-20\text{ °C}$ . Höyrystinpatterin ajoittainen sulattaminen alentaa myös lämpökerrointa. Lämmityksen osalta sähkönkulutus on pieni suhteessa muihin sähkölämmitys muotoihin. Laitteita voi käyttää jopa  $-20\text{ °C}$ ... $-25\text{ °C}$  ulkolämpötilassa, jolloin vielä voidaan tuottaa lämmintä ilmaa, mutta tällöin hyötysuhde pienenee huomattavasti. On kuitenkin huomioitava, että tämä ei mahdollista entisen sähkölämmitysjärjestelmän tehon supistamista.

Lämpöpumpun käytössä tulisi erityisesti huomioida muun olemassa olevan tai hankittavan uuden lämmitysjärjestelmän keskinäinen synkronointi säästön maksimoimiseksi. Asetteluarvot perusjärjestelmässä tulee säätää siten, että ilmalämpöpumppu on ainoa lämmönlähde niin pitkälle kuin sen toimintaedellytykset lämpötilojen suhteen riittävät. Peruslämmityksen tulee mennä päälle vasta kun ilmalämpöpumpusta on "otettu kaikki irti".

Sisäyksikön asennuspaikka valitaan siten, että puhallus pääsee parhaiten leviämään tiloihin, joita halutaan lämmittää tai viilentää. Jos huonetila on erityisen korkea, esimerkiksi yli kolme metriä, on valittava kyseiseen tilaan riittävän tehokas laite ja sijoituspaikka valittava tapauskohtaisesti. Jos kyseessä on rakennus, jossa on useita tiloja ja useita kerroksia tarvitaan yleensä useampia sisäyksiköitä. Ulkoyksikkö tulee asentaa mielellään mahdollisimman lähelle sisäyksikköä seinän ulkopuolelle lumirajan yläpuolelle. Käytännön tehokkuuden kannalta ulkoyksikkö voidaan asentaa mille ilmansuunnalle tahansa.

Ilmalämpöpumppu on hankalasti sovitettavissa arvorakennuksiin ja tiloihin, joissa sisäyksikön ulkonäkö on häiritsevää. Laitteiden elinkaariominaisuuksista ei ole kokemusperäistä tietoa. Myös laitteista aiheutuvat ääniongelmät sekä sisä- että ulkoyksikön osalta tulee huomioida.

Ilmalämpöpumppu soveltuu hyvin erillisiin, pienehköihin valvomo-, tauko- ja varastotiloihin, jotka on alun perin suunniteltu sähkölämmitteisiksi.

### 7.3.2 Poistoilmalämpöpumput

#### Katselmoitava kohde

Keskeisiä kysymyksiä ovat

- mikä on lämmön lähde: normaalilämpöinen poistoilma vai korkeammassa lämpötilassa oleva prosessin hukkalämpö
- millainen teho lähteestä on saatavissa
- minne lämmitysenergia on kannattavinta siirtää (ilma, lämmitysjärjestelmä, lämmin käyttövesi)
- miten suuri osuus vuotuisesta energiankulutuksesta voidaan lämpöpumpulla tuottaa
- miten suuri osuus energiasta tuotetaan edelleen toisella energiamuodolla

#### Järjestelmän periaate

Poistoilmalämpöpumpulla hyödynnetään poistoilman lämpösisältöä (tai mahdollisesti käytettävissä olevasta prosessin tms. lämpimästä jäteilmasta) ja tuotetulla energialla voidaan lämmittää käyttövettä tai lämmitysjärjestelmän vettä tai ilmanvaihtojärjestelmän tuloilmaa.

### 7.3.3 Ilma-vesi-lämpöpumput

#### Katselmoitava kohde

Keskeisiä kysymyksiä ovat

- mikä on lämmön lähde: ulkoilma, normaalilämpöinen poistoilma vai korkeammassa lämpötilassa oleva prosessin hukkalämpö
- millainen teho lähteestä on saatavissa

- mikä on nykyinen lämmitysjärjestelmä ja miten lämpöpumppu voidaan siihen liittää
  - mitkä ovat lämpötilatasot
  - miten putkikytkennät ovat toteutettavissa (onko tilaa)
- miten suuri osuus vuotuisesta energiankulutuksesta voidaan lämpöpumpulla tuottaa
- miten suuri osuus energiasta tuotetaan edelleen toisella energiamuodolla

### Järjestelmän periaate

Ilma-vesilämpöpumppu luovuttaa lämpöä vesikiertoiseen järjestelmään ja voi lämmittää myös käyttöveden. Ulkoyksikkö sisältää ilmasta lämpöä ottavan patterin (höyrystimen), kompressorin sekä automatiikan. Usein puhaltimessa on useita tehoportaita, jonka ansiosta sähkön kulutus pienenee. Kun lämmöntarve on pieni, on myös puhaltimen ääni hiljaisempi. Ulkoilman jäähdytys saa ilman sisältämän kosteuden huurtumaan lämpöä ottavan patterin pinnoille. Huurtuminen on voimakkainta, kun ulkolämpötila on nollan seutuvilla. Koska huurre haittaa lämmön siirtymistä ja ilman virtausta, se on poistettava ajoittain sulattamalla. Sulatus toimii automaattisesti, joskin joidenkin lämpöpumppumallien kohdalla ei aivan ongelmitta. On tärkeää valita pohjoismaisiin olosuhteisiin suunniteltu lämpöpumppu. Ilma-vesi-lämpöpumppu vaatii aina huipputehotilanteessa lisäksi jonkin toisen energiamuodon (kattilalaitos, sähkökattila). Ilma-vesilämpöpumput ovat kehittyneet viime vuosina huomattavasti ja nykyään ne ovatkin varteenotettava vaihtoehto lämmityssaneerauksissa hieman suuremmisakin kohteissa etenkin jos vanha järjestelmä jää ilma-vesilämpöpumpun rinnalle. On myös ilma-vesi-lämpöpumppuja, joita voidaan käyttää sekä lämmitykseen että jäähdytykseen.

### **7.3.4 Maalämpöpumput lämmitys- ja jäähdytyskäytössä**

#### Katselmoitava kohde

Maalämpöpumppujärjestelmän toteuttaminen olemassa olevaan vähänkään suurempaan rakennukseen on melko hankalaa. Jos lämmönlähteenä käytetään vesistöä voivat muutostyöt olla helpommin toteutettavissa kuin porareikäkenttä valmiiksi rakennetussa ympäristössä.

Maalämpöpumpun liittäminen vesikiertoiseen lämmitysjärjestelmään on mahdollista ilman suuria muutoksia lämmönjakelujärjestelmässä ja huonelaitteissa. Maalämpöpumpulla voidaan siis korvata lämmityskattiloita ja varaavaa sähkölämmitystä.

Keskeisiä kysymyksiä ovat

- mitkä ovat nykyisen lämmitysmuodon päästövaikutukset
- mikä on lämmön (ja jäähdytyksen) lähde: kaivot, maaputkisto vai vesistöön sijoitettava putkisto
- millainen teho lähteestä on saatavissa lämmitys- ja jäähdytyskäytössä
- mikä on nykyinen lämmitysjärjestelmä ja miten lämpöpumppu voidaan siihen liittää
  - mitkä ovat lämpötilatasot
  - miten putkikytkennät ovat toteutettavissa (onko tilaa)
- miten suuri osuus vuotuisesta energiankulutuksesta voidaan lämpöpumpulla tuottaa
- miten suuri osuus energiasta tuotetaan edelleen toisella energiamuodolla
- saavutetaanko lämpöpumppukäytöllä merkittävä päästövaikutusten alenema nykytilanteeseen verrattuna (lämpöpumppu käyttää sähköenergiaa)

### Järjestelmän periaate

Maalämpöjärjestelmän lämmönlähteenä toimii lämmönkeruuneste, joka kiertää maahan poratuissa lämpökaivoissa tai vaakaputkistossa maassa tai vesistössä tai rakennuksen perustusrakenteissa käytetyissä lämpöpaaluissa. Lämmön lähteenä voidaan käyttää myös rakennuksessa syntyvää hukkalämpöä (atk-tilojen jäähdytys, kylmiöiden lauhdelämpö, jne.). Lämpökenttä vaatii tonttitilaa, mutta lämpökaivoja voidaan porata myös esim. rakennusten tai pysäköintialueiden alle. Useamman kaivon järjestelmässä kokoojaputket johdetaan kaivoista konehuoneeseen maakanaaleissa. Lämpöpumppukonehuoneessa tulee olla tilaa myös lämmitys- ja mahdollisesti jäähdytysjärjestelmän varaajäsäiliölle.

Voidaan olettaa, että lämmitystehoa saadaan 150-200 m syvästä reiästä lämpöpumppujen avulla noin 6-8 kW. Energiaa saadaan tällaisesta kaivosta lämmityksessä keskimäärin 21-28 MWh/a. Energian saanti kuitenkin vaihtelee pohjaveden virtauksen mukaan, joten tarkka energian tuotanto on varmistettava koemittausten avulla.

Lämmöntarpeen kattaminen kokonaisuudessaan lämpöpumpulla ei yleensä ole kannattavaa vaan tarvitaan rinnalle toinen energiamuoto (öljy- tai sähkökattila, kaukolämpö, jne.).

Maalämpöjärjestelmän lämpökerroin on sitä parempi, mitä alhaisemmalla lämpötilatasolla rakennuksen lämmitysjärjestelmä toimii. Ratkaisu sopii siis erityisen hyvin matalalämpötilaiselle säteilylämmitykselle tai lattialämmitykselle. Lämpökerroin on tyypillisesti noin 3-4 luokka laitteistosta riippuen ja vuosihyötysuhde tasoa 2,7

Maalämpöjärjestelmä on helposti yhdistettävissä maajäähdytykseen, jolloin järjestelmän kokonaiskannattavuus paranee. Yleensä maaperää kannattaakin hyödyntää sekä lämmitys- että jäähdytyskäytössä. Kesällä ladataan vedenjäädyttimien lauhdutuslämpöä maahan ja talvella hyödynnetään lämpöä ja jäähdytetään maaperää kesäaikaista käyttöä varten.

Maajäähdytyksessä hyödynnetään maaperän viileyttä rakennuksen jäähdytyksessä. Lämmönkeruunestettä kierrätetään yleensä porareikiin sijoitetuissa maaputkissa. Vapaajäähdytystä voidaan hyödyntää maapiiristä niin pitkään kuin lämpötilatasot riittävät, tämän jälkeen tarvitaan lisäjäähdytystä. Lisäjäähdytys on mahdollista hoitaa lämpöpumpulla, jolloin kompressorien lauhdutuslämpö johdetaan porareikiin. Yhdestä noin 150 m syvästä reiästä saadaan keskimääräisellä 45 W/m teholla teoriassa noin 6 kW jäähdytystehoa. Kaikkea kuitenkin saada käytännössä jäähdytyspatterille asti, sillä osa tehosta häviää lämpöhäviöihin siirtoputkissa ja lämmönsiirtimessä. Hyödyksi arvioidaan saatavan noin 3,8 kW porareikää (150 m) kohden.

Graniitti-gneissi kallioperästä on saatavissa energiaa yhden asteen lämpötilaerolla n. 50 kWh / porareikämetri. Yhdestä 150 m syvästä porareikästä saadaan jäähdytysenergiaa vuodessa n. 7 MWh/a.

Maajäähdytystä käytettäessä pystytään jäähdytyssähkön kulutus pienentämään hyvin pieneen osaan vedenjäähdytyskoneen käyttämästä energiasta. Maajäähdytyksen ongelmana on kuitenkin kallis alkuihminen investointi porareikäkenttään ja putkistoihin. Järjestelmään on investoitava myös tehoetaan melko suureen vedenjäähdytyskoneeseen, koska maajäähdytyksen lisäksi tarvitaan vedenjäähdytyskone huippukuormitustilanteita varten.

### Edut ja haitat

Edut:

- edulliset käyttökustannukset
- uusiutuva energiamuoto
- vapaajäähdytyksen hyödyntäminen mahdollista
- yhdistämällä maalämpöön saadaan hukkalämpö varastoitua maaperään ja hyödynnettyä rakennuksen lämmitykseen
- maan kautta tapahtuvan vapaajäähdytyksen käytöllä säästytään ympäristömelulta (ei lauhdutinpuhaltimia)

Haitat ja ongelmat:

- suuret investointikustannukset
- kuluttaa pumppausenergiaa
- vie kohtalaisen paljon tilaa tontilta
- suunnittelu kohtalaisen työläs ja tapauskohtainen
- jos vapaajäähdytysteho ei riitä, joudutaan lisääjäähdytys järjestämään

## 7.4 Aurinko- ja tuulienergia

### 7.4.1 Aurinkolämpö

Aurinkolämpöjärjestelmä perustuu taso- tai tyhjiöputkikeräimien käyttöön. Keräimillä tuotettu lämpö varastoidaan lämminvesivaraajaan. Järjestelmässä tarvitaan lisäksi säädin, pumppu ja putkisto. Paras keräimien asennuspaikka on yleensä vesikatto, jossa ne on mahdollista kallistaa noin 40 asteen kulmaan vaakatasosta ja suunnata etelää kohti.

Lämpöenergian tuotto pinta-alaltaan 1 m<sup>2</sup>:n aurinkokeräimellä on noin 250-400 kWh vuodessa. Aurinkokeräimien lisäksi rakennuksessa on oltava rinnakkainen lämmitysjärjestelmä, sillä aurinkokeräimien energiantuotto painottuu kevääseen, kesään ja alkusyksyyn. Muita aurinkolämpöinvestointia estäviä tekijöitä voivat olla korkeat investointikustannukset ja keräimien vaikutus rakennuksen ulkonäköön. Toisaalta järjestelmän käyttökustannukset ovat pienet.

Energiakatselmuksessa aurinkolämpöä tulee tutkia erityisesti kohteissa, joissa lämpöä tuotetaan itse fossiililla polttoaineilla. Aurinkolämmöllä voi korvata mm. käyttöveden- tai lattialämmitykseen käytettävää energiaa.

### 7.4.2 Aurinkosähkö

Aurinkosähkön tuotannossa perinteinen ratkaisu on käyttää piikenneista valmistettuja aurinkopaneeleja rakennuksen katolla. Tyypillisen paneelin huipputeho (kW<sub>p</sub>) 0,2 kW. Rakennuksen vesikatolle paneelit voidaan asentaa optimikulmaan, joka on Etelä-Suomessa 40–45 astetta vaakatasosta. Pohjois-Suomessa optimikulma on suurempi. Piikenneista valmistetut paneelit ovat asennettavissa myös julkisivuihin, mutta toistaiseksi tämä on ollut vähemmän käytetty vaihtoehto. Paneelin sähköntuotanto on alhaisempaa pystysuorassa asennuksessa, kun vertailukohtana on katolla optimikulmaan asentaminen.

1 kW<sub>p</sub>:n kapasiteetti optimikulmaan asennettuna ja etelään suunnattuna tuottaa Etelä-Suomessa vuodessa noin 900–1000 kWh. Sähköntuotanto painottuu kevääseen, kesään ja alkusyksyyn. Järjestelmää suunniteltaessa paneelien väliin on kattoasennuksessa jätettävä tilaa, jotta paneelit eivät varjosta toisiaan. Kapasiteetiltaan 1 kW<sub>p</sub> aurinkopaneeleja (viisi kpl 200 W<sub>p</sub>:n paneeleja) vaatii noin 15 m<sup>2</sup>:n pinta-alan rakennuksen katolta.

Julkisivulaseihin ja ikkunoihin integroitava ohutkalvotekniikka mahdollistaa sähköntuotannon perinteisiä aurinkopaneeleja edullisemmilla kustannuksilla. Ohutkalvon sähköntuotanto pinta-alaa kohti on tosin perinteistä paneelia heikompi.

Aurinkosähköjärjestelmässä tarvitaan vaihtosuuntaajat, jotta aurinkopaneeleilla tuotettu tasasähkö voidaan syöttää rakennuksen sähköverkkoon. Vaihtosuuntaajille on varattava tilat esimerkiksi ilmanvaihtokonehuoneista tai muista teknisistä tiloista. Vaihtosuuntaajilta asennetaan kaapelointi rakennuksen sähkönjakelun ryhmäkeskukselle. Järjestelmä on suositeltavaa varustaa mittauksella, jotta saadaan tieto tuotetusta sähköstä.

Mahdollisuus aurinkosähkön tuotantoon kannattaa selvittää erityisesti kohteissa, joissa jäähdytystarve on kesällä suuri tai sähkönkulutus painottuu jostakin muusta syystä kesäaikaan. Omalla sähköntuotannolla pystytään leikkaamaan jäähdytyksen aiheuttamia huipputehoja sähkön ostossa. Toistaiseksi korkeat investointikustannukset vähentävät aurinkosähköinvestointien määrää.

### 7.4.3 Tuulisähkö

Tuulisähkön tuotannossa käytetään vaak akselisia tai pysty akselisia tuuliturbiineja. Suurissa tuulivoimaloissa käytetään vaak akselisia, potkurimallin turbiineja. Kyseisten laitteiden teho on tavallisesti yli 500 kW.

Rakennusten katoille asennettavissa turbiineissa molemmat akselityypit tulevat kysymykseen. Energiakatselmuksen kannalta kiinnostava turbiinien kokoluokka on noin 1-50 kW. Pysty akselisella turbiinilla on tiettyjä etuja vaak akseliseen verrattuna, kun turbiini asennetaan rakennettuun ympäristöön.

Näitä ovat mm.

- tuulen suunnan vaihtelun, puuskittaisuuden ja turbulentsisuuden vaikutukset sähköntuotantoon ovat pienemmät
- vaikutukset rakennuksen arkkitehtuuriin ovat pienemmät
- turbiinin siiven kärjen nopeus on pienempi, mikä parantaa katolla tehtävien huoltotoimenpiteiden turvallisuutta.

Tuuliturbiini tulee asentaa mahdollisimman korkealle sähköntuotannon maksimoimiseksi. Ennen suunnittelua on suositeltavaa suorittaa mittaukset tuuliolosuhteista vaihtoehtoisissa asennuspaikoissa. Tuuliturbiinien vaatiman tilan lisäksi tulee varautua säätöelektroniikan ja vaihtosuuntaajien asentamiseen, jotta tuotettu sähkö voidaan syöttää rakennuksen sähköverkkoon. Soveltuva asennuspaikka säätöelektroniikalle ja vaihtosuuntaajille voi olla esim. ilmanvaihtokonehuone tai muu tekninen tila katon läheisyydessä. Tuulisähköjärjestelmä on suositeltavaa varustaa mittauksella, jotta tuotettu energia saadaan mitattua.

Tuulisähkön tuotannossa ei ole sisämaassa rakennetussa ympäristössä suurta vaihtelua vuodenaikojen välillä. Mahdollisuus tuuliturbiinien asennukseen on suositeltavaa tutkia katselmukskohteissa, joissa on mahdollisuus asentaa turbiineja muuta ympäristöä korkeammalle.

## LÄHDEKIRJALLISUUTTA

### RAKENNUKSET

Lähdeteoksena tässä osiossa on käytetty mm.

- Riikka Holopainen, Martti Hekkanen, Kari Hemmilä & Markku Norvasuo: Suomalaisten rakennusten energiakorjausmenetelmät ja säästöpotentiaalit, VTT tiedotteita 2377, 2007
- RIL 259 – 2011 Matalaenergiarakentaminen Toimitilat, luonnosversio