

# **KIINTEISTÖJEN ENERGIA- JA KUSTANNUSTEHOKAS YLLÄPITO**

Tavoitteellisuuden merkitys kiinteistöpalveluiden organisoinnissa

Sakari Uusitalo

Opinnäytetyö  
Maaliskuu 2013  
Teknologiaosaamisen johtaminen

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Teknologiaosaamisen johtaminen

SAKARI UUSITALO:

Kiinteistöjen energia- ja kustannustehokas ylläpito  
Tavoitteellisuuden merkitys kiinteistöpalveluiden organisoinnissa

Opinnäytetyö 55 sivua, joista liitteitä 3 sivua  
Maaliskuu 2013

---

Tämän kehittämistehtävän tavoitteena on määritellä ne sisäilmasto-olosuhteisiin vaikuttavat fysikaaliset suureet, joiden seuranta erityisesti korostuu rakennuksessa esiintyvien ongelmien havaitsemisessa ja jotka tästä syystä tulisi ottaa entistä enemmän huomioon rakennusten ylläpidossa ja ylläpitopalveluita hankittaessa. Lisäksi tavoitteena on tuoda esiin jatkokehitystarpeet, joita kehittämällä tässä työssä esitettyjä tuloksia tulisi viedä käytäntöön.

Usein ongelmien aiheuttajien havaittiin liittyvän ilmanvaihtoon sekä lämmitysjärjestelmien toimintaan. Ilmanvaihdossa korostuivat erityisesti kokonaisilmavirtojen riittämättömyys tilojen käyttötarkoitukseen nähden sekä tilakohtaisten ilmavirtojen epätasainen jakautuminen rakennuksessa. Lämmitysjärjestelmissä korostuivat mm. teknisen käyttöikänsä ylittäneet termostaattiset patteriventtiilit ja niiden aiheuttamat ongelmat lämpötiloissa.

Lisäksi voidaan olettaa, että useimmat ongelmien aiheuttajat vaikuttavat myös rakennusten energiankulutukseen sekä sen vuorokautiseen jakaumaan ja päätellä, että saattamalla olosuhteet haluttuun tavoitetasoon, myös energiankulutus ja sen jakauma asettuvat luultavasti lähelle optimaalista ja tavoiteltavaa tasoa.

Havaintojen perusteella on tunnistettu seuraavat jatkokehitystarpeet:

- rakennusten sisäilmasto-olosuhteille sekä niiden tuottamiseen tarvittavalle energialle tulee asettaa seurattavat tavoitteet
- rakennusten tekniset järjestelmät on rakennettava siten, että tavoitteiden toteutumisen seuranta on mahdollisimman helppoa ja yksinkertaista
- kiinteistöpalveluita hankittaessa tulee ottaa huomioon asetellut tavoitteet ja niiden seuranta sekä siihen tarvittava osaaminen
- käytännön kiinteistöhuoltotyötä tekevän tahon havaintojen tulee johtaa havaittujen ongelmien syiden selvittämiseen ja selvitettyjen syiden korjaamiseen
- palveluita tuottavien tahojen tulee kehittää entistä enemmän asiantuntijapalveluita perinteisten kiinteistöhuoltopalveluiden rinnalle

Tuomalla tavoitteellisuus entistä enemmän osaksi kiinteistöpalveluita ja ottamalla tavoitteiden asettaminen ja seuranta huomioon jo rakennusten suunnitteluvaiheessa saadaan tästä aiheutuvat mahdolliset lisäkustannukset katetuksi tehokkaammalla energian käytöllä sekä vähentämällä ennakoimatonta kunnossapitotarvetta. Lisäksi käyttäjätyytyväisyys lisääntyy parantuneiden sisäilmasto-olosuhteiden myötä.

---

asiasanat: kiinteistöpalvelut, energiatehokkuus, sisäilmasto, olosuhteet

## ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Master Programme in Strategic Leadership of Technology- based Business

SAKARI UUSITALO:

Cost- and energy-efficient maintenance of real estate  
Setting targets to Real estate services

Master's Thesis 55 pages, appendices 3 pages  
March 2013

---

Target of this development task is to define those physical quantities that affect indoor climatic conditions and which are important to monitor and take more account of buying real estate services. Another target was to introduce needs for further development.

Problems were observed to relate especially of air conditioning and heating systems. Especially total airflows compared to the utilization of the rooms were found as a problem. In the heating systems the biggest problem was thermostats and valves that were passed their technical life.

In addition, it can be assumed, that most of the reasons that caused the problems have also impact on the energy use of the building. So if man can get conditions to the pursued level it can be assumed that the energy use is near optimum.

So the property owner has to: Set targets to indoor climatic conditions and use of energy, build technical systems so that realization of the target can be monitored, take account of those targets when buying real estate services, take care of that findings of services providers are fixed. Service providers should develop more expert services to support traditional real estate services.

---

key words: real estate services, energy efficient, indoor climate, conditions

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	5
1.1	Kehittämistyön tarkoitus ja tavoitteet .....	6
1.2	Työn rajaukset ja tutkimusmenetelmät .....	6
2	KIINTEISTÖPALVELUT.....	8
2.1	Kiinteistöhuoltopalvelut .....	11
2.2	Tavoitteellinen kiinteistöhuolto .....	11
2.3	Energianhallintapalvelut.....	15
2.4	Kiinteistönhoitopalveluiden merkitys kiinteistön elinkaarikustannuksille .....	17
3	SISÄILMASTO-OLOSUHTEET JA NIIDEN HALLINTA .....	19
3.1	Olosuhteiden merkitys ihmisille .....	19
3.2	Olosuhteiden merkitys energiankäytölle .....	19
3.3	Olosuhdetavoitteet ja niiden seuranta .....	20
3.4	Lämpöolosuhteiden tavoitteet.....	23
3.5	Ilmanvaihdon tavoitteet .....	25
3.6	Ilmanlaadun tavoitteet .....	27
3.7	Ääniolosuhteiden tavoitteet .....	29
3.8	Valaistuksen tavoitteet .....	29
3.9	Energian- ja vedenkulutuksen tavoitteet .....	31
4	CASE TUTKIMUS RAKENNUKSISSA ESIINTYNEISTÄ ONGELMISTA.....	33
4.1	Tilakeskuksen rakennuksiin tehdyt selvitykset.....	33
4.1.1	Case 1 päiväkot.....	33
4.1.2	Case 2 päiväkot.....	36
4.1.3	Case 3 koulu .....	37
4.2	Yhteenvedo havaituista ongelmista ja niihin johtaneista syistä .....	41
5	JOHTOPÄÄTÖKSET .....	43
5.1	Ongelmien havaitseminen .....	43
5.2	Ongelmien korjaaminen .....	45
5.3	Jatkokehitystarpeet.....	46
	LÄHTEET .....	48
	LIITTEET.....	51

## 1 JOHDANTO

Nykypäivänä rakennusten ylläpidossa huomattavasti keskustelua herättäviä aiheita ovat sisäilmastossa esiintyvät ongelmat sekä energiatehokkuuden parantaminen osana ilmastomuutokset torjumista. Kyseiset aiheet liittyvät myös toisiinsa erottamattomasti. Karkeasti katsottuna paremmat sisäilmasto-olosuhteet vaativat myös enemmän energiaa niiden tuottamiseksi. Aivan näin yksinkertainen asia ei kuitenkaan ole, vaan parantamalla nykyisiä vanhoja järjestelmiä on mahdollista tuottaa samantasoiset tai paremmat sisäilmasto-olosuhteet huomattavasti aiempaa pienemmällä energiankulutuksella. Ilmanvaihdon määrän kasvattaminen joko lisäämällä ilmamääriä tai pidentämällä käytönaikeisen ilmanvaihdon määrää olosuhteiden parantamiseksi, tilanteessa jossa ongelma piilee jossakin muualla kuin liian pienissä ilmamäärissä, lisää tarpeetonta energiankulutusta. Tämä kuitenkin on monesti helpoin ja nopein tapa saada parannusta vallitsevaan tilanteeseen. Tämänkaltaisessa tilanteessa puututaan mahdollisen ongelman seurauksiin ja unohdetaan selvittää ja korjata ongelman aiheuttavat syyt. Usein näiden ongelmien syiden selvittäminen vaatii rakennuksen usean eri järjestelmän sekä talo- ja rakennustekniikan osa-alueen laaja-alaista hallintaa ja onkin tästä syystä usein mahdotonta vastuuttaa yksittäisen henkilön tehtäväksi.

Entistä suurempia vaatimuksia kiinteistöjen ylläpidolle asettavat muun muassa ikääntyvät rakennukset ja tekniikka, mutta toisaalta uudet rakennukset ja niiden mukanaan tuomat entistä monimutkaisemmat prosessit ja järjestelmät. Lisäksi kiristyvät energiatehokkuusvaatimukset ja sisäilmastossa esiintyvät ongelmat ovat yhtälö, jonka ratkaisemiseksi joudutaan tulevaisuudessa tekemään entistä enemmän töitä.

Näistä syistä on tullut ajankohtaiseksi tarkastella perinteisten kiinteistön ylläpitopalveluiden riittävyyttä kiinteistön ja sen olosuhteiden hallinnassa. Kasuvat vaatimukset tarvitsevat entistä enemmän kokonaisuuksien hallintaa ja selkeitä seurattavia tavoitteita, joiden avulla voidaan todeta kokonaisuuksien toimivuus ja varmistaa rakennuksen sisäilmasto-olosuhteiden laatu ja sen tuottamiseksi vaadittavan energian optimaalinen käyttö.

## 1.1 Kehittämistyön tarkoitus ja tavoitteet

Tämän kehittämistehtävän tarkoituksena on tarkastella rakennuksissa esiintyviä puutteita taloteknisten järjestelmien toiminnassa, jotka ovat osaltaan olleet vaikuttamassa rakennusten sisäilmasto-olosuhteisiin ja niissä koettuihin ongelmiin. Tarkoituksena on tarkastella rakennuksissa esiintyneiden ongelmien ja niiden syiden analysoinnin avulla sisäilmasto-olosuhteille asetettavien tavoitteiden ja niiden seurannan merkitystä rakennuksen tekniikassa esiintyvien ongelmien havaitsemisessa ja korjaustarpeiden määrittämisessä. Tarpeelliseksi koetaan myös pohdinta perinteisten kiinteistöpalveluiden mahdollisuuksista vaikuttaa ongelmien synnyn ehkäisemiseen.

Teoreettisen viitekehyksen tarkoituksena on parantaa ymmärrystä niistä fysikaalisista suureista, joilla on vaikutusta sisäilmasto-olosuhteisiin, ihmisten hyvinvointiin ja rakennuksen kuluttaman energian määrään. Entistä parempi ymmärrys kasvattaa mahdollisuuksia ottaa sisäilmasto-olosuhteet, ja ennen kaikkea niiden tarkkailu, entistä enemmän huomioon hankittaessa palveluita rakennusten ylläpitoon. Tämä tarjoaa mahdollisuuden asettaa tavoitteet sisäilmasto-olosuhteille ja niiden saavuttamiseksi tarvittavien palveluiden määrittämiseksi. Näin pyritään varmistamaan, että rakennuksen taloteknisillä järjestelmillä on toimintaedellytykset riittävän hyvien sisäilmasto-olosuhteiden tuottamiseksi optimaalisesti tarvittavalla energian määrällä.

**Tämän kehittämistehtävän tavoitteena on määritellä ne sisäilmasto-olosuhteisiin vaikuttavat fysikaaliset suureet, joiden seuranta erityisesti korostuu rakennuksessa esiintyvien ongelmien havaitsemisessa ja jotka tästä syystä tulisi ottaa entistä enemmän huomioon rakennusten ylläpidossa ja ylläpitopalveluita hankittaessa. Lisäksi tavoitteena on tuoda esiin jatkokehitystarpeet, joita kehittämällä tässä työssä esitettyjä tuloksia tulisi viedä käytäntöön.**

## 1.2 Työn rajaukset ja tutkimusmenetelmät

Kehittämistehtävässä käsitellään kiinteistöjen ylläpitopalveluiden merkitystä sisäilmasto-olosuhteiden hallinnassa ja niiden vaikutuksia rakennusten kuluttamaan energian määrään. Työssä tarkastellaan rakennuksissa koettuja, sisäilmasto-olosuhteisiin liittyviä ongelmia ja niiden mahdollisia syitä taloteknisten järjestelmien näkökulmasta katsottuna. Ongelmiin mahdollisesti vaikuttavia rakenteellisia tai psykososiaalisia syitä ei ole

tarkasteltu, mutta niiden mahdollinen osuus ongelmien aiheuttajana on tiedostettu. Mahdollisia taloteknisiä ongelman aiheuttajia on käsitelty erityisesti teknisten huolto- palveluiden näkökulmasta ja pohdittu niiden mahdollisuuksia vaikuttaa sisäilmasto- ongelmia aiheuttaneiden taloteknisten syiden havaitsemiseen, selvittämiseen ja korjaa- miseen. Työssä ei ole otettu kantaa tapahtumaketjuihin ja niissä esiintyneisiin puutteisiin ja ongelmiin, jotka ovat johtaneet kyseisten ongelmien ja niiden syiden syntymi- seen. Työssä on myös käsitelty sisäilmasto-olosuhteiden muodostumiseen liittyviä suu- reita ja käsitelty niitä ylläpitotoiminnalle asetettavien tavoitteiden näkökulmasta.

Kehittämistyössä on käytetty menetelmänä sisällön analyysiä. Olemassa oleviin raken- nuksiin on teetetty katselmuksia. Katselmuksilla on pyritty kartoittamaan taloteknisten järjestelmien kuntoa, toimintaa ja niiden vaikutusta rakennuksen sisäilmasto- olosuhteisiin sekä siinä koettuihin ongelmiin. Tässä kehittämistyössä on analysoitu kolmea katselmusta ja koottu niiden perusteella yhteenveto havainnoista joita katsel- muksissa on esitetty rakennuksessa esiintyneistä olosuhdeongelmista, niihin johtaneista syistä sekä korjausehdotuksista. Kun tunnetaan nykyinen tapa organisoida kiinteistöpal- veluita ja niiden perinteiset tehtävät sekä rakennusten olosuhteissa esiintyvien ongelmi- en syyt, on voitu tehdä päätelmiä nykymuotoisten kiinteistöpalveluiden mahdollisuuk- sista vaikuttaa näiden ongelmien havaitsemiseen, syiden selvittämiseen sekä niiden kor- jaamiseen. Lisäksi on voitu tehdä johtopäätöksiä mahdollisista tarpeista tuoda perinteis- ten palveluiden rinnalle tai osaksi niitä erityisiä olosuhteiden seurantaan ja niihin vai- kuttavien syiden selvittämiseen keskittyneitä asiantuntijapalveluita.

## 2 KIINTEISTÖPALVELUT

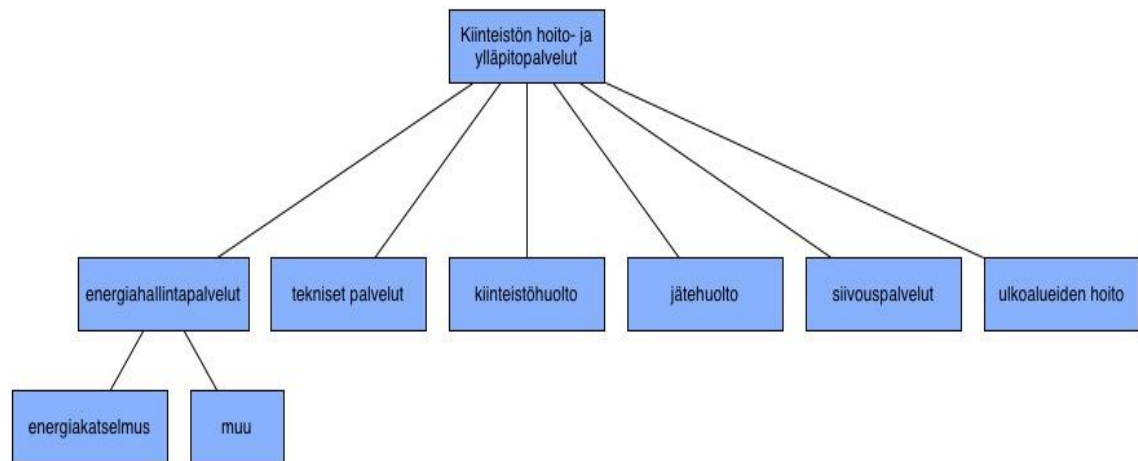
Kiinteistöjen ylläpitopalveluita kutsutaan yleisesti kiinteistöpalveluiksi, jotka kohdistuvat kiinteistön hoitoon ja ylläpitoon sekä toimitiloihin ja käyttäjiin. Kiinteistöliiketoiminnan sanastossa kiinteistöpalvelut on jaettu kiinteistön hoito- ja ylläpitopalveluihin sekä toimitila- ja käyttäjäpalveluihin. Kiinteistönhoito- ja ylläpitopalveluihin katsotaan kuuluvaksi palvelut, joiden tarkoituksena on säilyttää kiinteistön kunto, arvo, ominaisuudet ja olosuhteet halutulla tasolla. Toimitila- ja käyttäjäpalveluihin taas katsotaan kuuluvaksi palvelut, joiden tarkoituksena on luoda tilojen käyttäjille edellytykset harjoittaa toimintaansa kiinteistössä. (Kiinteistöliiketoiminnan sanasto 2012).

Kiinteistönhoito- ja ylläpitopalvelut sekä korjausrakentamiseen kiinteistöliiketoiminnan sanastossa luokitellut kunnossapitopalvelut erotellaan usein niiden luonteille ominaisten tunnuspiirteiden avulla. Kiinteistönhoitopalvelut ovat usein toistuvia toimenpiteitä, jotka voivat toistua jopa päivittäin, mutta joiksi lasketaan usein myös muutaman kerran vuodessa toistuvat toimenpiteet. Kunnossapitoon liittyvät toimenpiteet puolestaan ovat yleensä kertaluonteisia tai ne toistuvat harvemmin, esimerkiksi muutaman vuoden välein. Lisäksi hoitotoimenpiteet ovat luonteeltaan pienimuotoisia verrattuna kunnossapitoluonteisiin töihin nähden. (Hekkanen ym. 1992; Murtomaa 1996).

Kunnossapito voidaan jakaa myös sen luonteen mukaisesti ennakoivaan kunnossapitoon sekä korjaavaan kunnossapitoon. Ennakoiva kunnossapito määritellään standardissa jatkuvatoimiseen ja aikataulutettuun kunnossapitoon, joka tapahtuu ennen havaittua vikaa kunnan tarkkailuun perustuen. Korjaava kunnossapito määritellään toiminnaksi, joka tapahtuu vian havaitsemisen jälkeen. (SFS-EN 13306). Kiinteistöhoitopalveluiden voidaan katsoa olevan palvelua, jonka avulla pyritään säilyttämään kunnossapidettävien kohteiden kunto mahdollisimman pitkään sekä havaitsemaan tarve kunnossapitotoiminnalle joko kohteen kunnan heikennyttyä niin, että se vikaantuu ilman kunnossapitoa tai kohteen vikaannuttua ja edellyttäessä kunnossapitoa toimintaedellytysten palauttamiseksi.

Kiinteistönhoitopalveluiksi on kiinteistöliiketoiminnan sanastossa jaettu kuuluvaksi energiahallintapalvelut, tekniset palvelut, kiinteistöhuolto, jätehuolto, siivous sekä ulkoalueiden hoito. (Kiinteistöliiketoiminnan sanasto 2012).





KUVA 1. Kiinteistön ylläpitopalveluihin liittyviä käsitteitä (Kiinteistöliiketoiminnan sanasto 2012)

Energiahallintapalveluiksi käsitetään kiinteistön hoito- ja ylläpitopalveluihin kuuluvat energia-alan asiantuntijapalvelut. Kiinteistöliiketoiminnan sanastossa teknisten palveluiden katsotaan olevan ylläpitopalveluita, joiden avulla ylläpidetään haluttuja oloja tai toimintaa teknisten järjestelmien tarkastusten, ohjaustoiminnan, kunnostusten ja korjausten avulla. Kiinteistöhuollon tarkoituksena taas katsotaan olevan kohteen käyttö- ja toimintakunnon ylläpitäminen sekä vikojen estäminen. (Kiinteistöliiketoiminnan sanasto 2012).

Tulkitsemalla kiinteistöliiketoiminnan sanaston määritelmiä voidaan todeta, että siinä on otettu kantaa teknisten palveluiden pyrkimykseen tarkastella ja vaikuttaa järjestelmillä tavoiteltuun lopputulokseen, kun taas kiinteistöhuollolla pyritään vain pitämään järjestelmät toiminnassa, riippumatta siitä mitä toiminnalla saadaan aikaan. Käytännössä ylläpitopalveluita järjestettäessä, teknisillä palveluilla ja kiinteistöhuollolla usein tarkoitetaan samaa kokonaisuutta, josta vastaa yksi toimija. Tällöin on monesti korostettu kiinteistöhuollon osuutta ja varsinaiset tekniset palvelut ovat enemmänkin yksi osa kiinteistöhuoltoa, jonka tehtäviä ei välttämättä ole riittävän tarkasti määritelty kiinteistöhuollon palvelukuvauksissa. Teknisten palveluiden roolia olisikin syytä korostaa enemmän ja kiinteistöhuoltopalveluiden katsoa olevan osa teknisiä palveluita, toimien tukipalveluna jonka tehtävänä olisi pitää järjestelmät toimintakuntoisina, jotta niillä pystytään tuottamaan tavoiteltu lopputulos.

Kiinteistöhoitopalveluiden hankinta perustuu kiinteistönomistajan kiinteistöstrategiaan ja sen mukaisesti laadittuun kiinteistöhoitosuunnitelmaan. Kiinteistöhoitosuunnitelmassa on kuvattu kiinteistön, omistajan sekä kiinteistön käyttäjän asettamat vaatimukset

kiinteistönhoidolle. Lisäksi siinä on esitetty tarvittavat kiinteistönhoitotehtävät kiinteistön eri kohteille, joiden avulla varmistetaan asetettujen laatuvaatimusten toteutuminen. Käytännössä kiinteistönhoitosuunnitelmana toimii esimerkiksi kiinteistölle laadittu huoltokirja sekä kiinteistönhoitopalvelun palvelukuvaus ja sopimus. (Kangasluoma, M. 2008. 41–42).

Kiinteistöstrategian mukaisten kiinteistöpalveluiden tilaajana on pääasiassa kiinteistön omistaja ja hankinnasta vastaavana voi toimia strategian mukaisesti esimerkiksi kiinteistön isännöitsijä-, kiinteistö- tai toimitilapäällikkö tai muu omistajaa edustava taho. Käytännössä voi kuitenkin olla tilanteita, joissa kiinteistönomistaja on vuokrannut kiinteistön pelkällä pääomavuokralla. Tällöin vastuu kiinteistönhoitopalveluiden järjestämisestä on kiinteistön vuokranneella taholla eikä kiinteistönomistajalla. (Puhto & Tiainen 2001, 45–47).

Kiinteistönhoitopalveluiden hankintaan on olemassa valmiita malleja palvelukuvauksista ja sopimuksista esimerkiksi KH-kortistossa joiden pohjalta palveluhankinnat voidaan toteuttaa. (KH X4-00439 2010; KH X4-00440 2010; KH X4-00455 2010; KH X4-00458 2010; KH X4-00459 2010; KH X4-00460 2010; KH X4-00461 2010). Tämän lisäksi kiinteistöpalveluille on laadittu yleiset laatuvaatimukset, jotka on kuvattu KiinteistöRYL 2009 kirjassa, joihin myös KH-kortistossa olevat mallit perustuvat. Laatuvaatimuksissa on kuvattu järjestelmittain, niiden toimintaan liittyvät toimintaedellytykset sekä yksittäisten järjestelmäosien, eli laitteiden, tarkkailuun liittyviä tehtäviä joiden avulla varmistetaan, että järjestelmillä on edellytykset toimia. (KiinteistöRYL 2009).

Yleiset laatuvaatimukset määrittelevät toiminnan jolla voidaan varmistaa järjestelmien ja laitteiden toimintakunnon säilyminen. Ne eivät ota juurikaan kantaa mahdollistaako järjestelmien toimintaedellytysten täyttyminen rakennukseen riittävän hyvät sisäilmaolosuhteet. Laatuvaatimukset täyttämällä varmistutaan kyllä, että laitteet ja järjestelmät toimivat, mutta niiden avulla ei voida varmistua täysin siitä, että toiminnalla toteutetaan tavoiteltavat olosuhteet rakennukseen. Käytännön esimerkkinä voidaan pitää lämpöjohtoverkoston pumpun ylläpitoa, jossa huoltotoiminnalla varmistetaan, että pumppu pyörii. Välttämättä ei kuitenkaan varmistuta, että pumpun tuottama nostokorkeus ja virtaama ovat, kyseiselle verkostolle, toimivat kussakin tilanteessa.

## 2.1 Kiinteistöhuoltopalvelut

Kiinteistöhuolto voidaan järjestää ja organisoida monella eri tavalla. Perinteisenä menetelmänä voidaan pitää esimerkiksi tyypillistä talonmiesjärjestelmää tai hoitoliikejärjestelmää, missä käytännössä yksi huoltohenkilö vastaa kiinteistön huollosta ja teknisistä palveluista. (KH 11–20010 1988).

Kiinteistöhuollon tehtävät kohdistuvat rakennuksissa oleviin teknisiin järjestelmiin sekä kiinteistön ulkoalueilla sijaitseviin järjestelmiin. Alan kirjallisuudessa määritelläänkin usein, että kiinteistön käytön ja huollon kohteita ovat yksittäiset huoltoa vaativat laitteet tai järjestelmät, kuten esimerkiksi ilmanvaihtokone, kiertovesipumppu, valaisimet ja niiden lamput. (Kangasluoma, M. 2008; Myyryläinen, L. 2008). Kiinteistöhuoltoon liittyvät tehtävät kohdistuvatkin ohjeistuksissa juuri näihin yksittäisiin järjestelmiin ja laitteisiin.

Ohjeistuksia ja menetelmiä myös sisäilmasto-olosuhteiden tarkastamiseen ja tutkimiseen on olemassa esimerkiksi sisäilmayhdistyksen kotisivuilla. (Terveelliset tilat 2012). Myös Kosteus- ja hometalkoot (2012) toimintaohjelman puitteissa on luotu erilaisia ohjeistuksia sisäilmastoon ja olosuhteisiin liittyen. Näiden ohjeistusten ongelmana voidaan pitää, että ne ovat usein melko yleisellä tasolla ja keskittyvät lähinnä sisäilmasto-ongelmien kartoittamiseen, eivätkä varsinaisen syyn selvittämiseen. Esimerkiksi Sisäilmayhdistys ry:n kuvaama sisäilmaston kuntotutkimus lähtee siitä, että kuntotutkimuksen tilaajan tulisi olla jo etukäteen selvittänyt talotekniikassa esiintyvät ongelmat. (Terveelliset tilat 2012). Haasteeksi voi tällöin muodostua, että ongelma saattaa johtua myös taloteknisten järjestelmien toiminnasta, eikä tilaajalla riitä välttämättä resursseja tai osaamista kokonaisuuden tarkasteluun.

## 2.2 Tavoitteellinen kiinteistöhuolto

Perinteisten kiinteistöpalveluiden laatutavoitteiden sijaan voidaan ottaa myös toinen näkökulma ja ajatella, että käytön ja huollon kohteita ovat sisäilmaston olosuhteisiin vaikuttavat suureet. Tällöin huoltokohteita olisivat esimerkiksi huonelämpötila, ilmavirran määrä, ilman liikenopeus huonetilassa, huoneilman hiilidioksidipitoisuus, valaistusvoimakkuus sekä ääniolosuhteet. Tämä edellyttää, että kiinteistöhuollolle ja teknisille palveluille asetetaan selkeät mitattavat tavoitteet koskien rakennuksen sisäilmasto-

olosuhteita. Tavoitteiden asetteluun voivat vaikuttaa monet asiat kuten käyttäjien toiminnan asettamat vaatimukset, viranomaismääräykset ja rakennuksen ja sen tekniikan kunto. (KH 11–20010 1988). Tavoitteiden asettelussa tulisi ottaa huomioon olosuhteiden tarkoituksenmukaisuus, sillä useimmiten tarkoituksen mukaiset olosuhteet tarkoittavat myös edullisempia käyttökustannuksia esimerkiksi energian käytön kannalta.

Mikäli huollon kohteiksi mielletään yksittäisten laitteiden sijasta olosuhteet, muodostuvat huoltokohteet usean erillisen laitteen ja järjestelmän kokonaisuudesta. Esimerkiksi huoneilman lämpötilan muodostumiseen vaikuttavat lämmitysjärjestelmä ja ilmanvaihtojärjestelmä, mutta lisäksi myös valaistuksen tuottama lämpö sekä rakennuksen ulko-vaipan ominaisuudet. Näiden kokonaisuuksien yhteisvaikutusten ymmärtäminen ja hallinta on tärkeää rakennuksen teknisestä hoidosta vastaavilta, jotta heillä on mahdollisuus selvittää olosuhteissa esiintyvien ongelmien syyt. Ongelmien syiden selvittäminen taas on tärkeää ongelmien poistamisen kannalta.

Rakennus ja sen laitejärjestelmät on mahdollista luokitella seuraaviksi toiminnallisiksi kokonaisuuksiksi, riippuen vaikutusalueista joille tavoitteita ollaan asettamassa. (KH 11–20010 1988).

- koko rakennukseen vaikuttavat järjestelmät
- tilaryhmiin ja tiloihin vaikuttavat järjestelmät
- laitejärjestelmien yhteistoiminnat
- erilliset laitejärjestelmät
- laitejärjestelmien osajärjestelmät
- yksittäiset laitteet ja komponentit

Näiden kokonaisuuksien laadulliset ominaisuudet vaikuttavat niiden toimivuuteen ja tavoiteltuihin sisäilman olosuhteisiin. (KH 11–20010 1988). Rakennuksen järjestelmät, niiden osajärjestelmille ja yksittäiset laitteet on hyvä jaotella, jotta tavoitteiden seurannassa ja mahdollisten poikkeamien selvittämisessä voidaan toimenpiteet kohdistaa oikeisiin järjestelmiin ja järjestelmäkokonaisuuksiin.

Teknisten järjestelmien ohjaus- ja käyttötehtävillä tarkoitetaan esimerkiksi taloteknisten laitteiden käynninohjaukselta sekä tehojen muuttamista esimerkiksi lämmitysverkostossa. Rakennuksen teknisten järjestelmien ohjauksella voidaan vaikuttaa sisäilmaston olosuhteisiin ohjaamalla muun muassa ilmanvaihtokoneiden ja valaistuksen käyntiaikoja,

muuttamalla lämmitysverkostojen ja tuloilman lämpötilojen asetusarvoja. (Myyryläinen 2008). Eri teknisten järjestelmien ohjauksessa on tärkeää, että niiden ohjaus tapahtuu tarpeenmukaisesti, jolloin vältetään turhaa energiankulutusta käyttämällä järjestelmiä tarpeettomasti.

Teknisten järjestelmien ohjauksessa voidaan hyödyntää rakennusautomaatiota ja sen tarjoamaa mahdollisuutta ohjauksien tekemiseen etäkäytön avulla. Yleensä ohjaus- ja käyttötehtävät voidaan hoitaa automaation avulla 80–90 prosenttisesti. (Myyryläinen 2008). Kaikkia toimintoja ei voida kuitenkaan tehdä etäkäytön avulla, vaan tietyt toimet edellyttävät käyntiä paikanpäällä riippuen, käytössä olevan rakennusautomaatiojärjestelmän tasosta. Tämän kaltaisia toimia voivat olla esimerkiksi tilakohtaisten ilmamäärien säätämisen kaltaiset työt tai käsin säädettävien lämmitystermostaattien asetusarvojen muuttaminen.

Ohjaus- ja käyttötehtäviä ovat esimerkiksi (KH 10–00105 1987):

- ilmanvaihdon, valaistuksen, yms. aikaohjaukset
- säädettävien suureiden asetusarvojen asettelu
- tarkasteltavien suureiden hälytysrajojen asettelu
- ilmamäärien säätäminen
- lämmitysverkoston perussäätö
- yms. työt jotka vaikuttavat sisäilmasto-olosuhteisiin

Teknisten järjestelmien ja tavoitteiden valvonnalla varmistetaan, että käyttö- ja ohjaustehtävien avulla saavutetaan asetellut olosuhde- ja kulutustavoitteet. (Myyryläinen 2008). Valvontatyötä voidaan tehdä rakennusautomaation valvomon avulla tai paikanpäällä rakennuksessa tehtävillä valvonta- ja mittauskänneillä.

Sisäilmasto-olosuhteiden valvontaa varten rakennukselle tulee laatia valvontasuunnitelma. Valvontasuunnitelmassa määritellään rakennuksen käyttöolosuhteet, joissa mittaukset suoritetaan sekä mittauspaikat, -tavat, -välineet, mittausten laajuus, mittausajankohta ja kesto-aika. Tärkeää on myös määritellä millä tarkkuudella mittaukset ja seuranta toteutetaan sekä kuinka kerättyä tietoa on tarkoitus käsitellä. (Corgnati ym. 2011, 67–75). Tehtävien mittausten määrä ja laajuus määrittelevät kuinka hyvin saadut tulokset vastaavat koko rakennuksen sisäilmasto-olosuhteiden tasoa. Valvontasuunnitelmassa määritellään ne tilat joissa valvontaa suoritetaan ja valvontakohteiden määrän vaikutta-

vat rakennuksen ja tilojen käyttötarkoitus. Myös mahdolliset riskitilat, joissa voidaan olettaa olosuhteiden eroavan yleisestä tasosta, tulee määritellä ja liittää valvontasuunnitelmaan. Suuret huonetilat voidaan jakaa osiin ja valvoa eri osia käsitellen niitä erillisinä tiloina. Lisäksi valintaan vaikuttavat myös mahdolliset erilliset säätövyöhykkeet sekä rakennuksen kerrokset. Valvontakohteiden tulisikin edustaa koko rakennusta mahdollisimman kattavasti. Valvontasuunnitelmassa voidaan käyttää hyväksi rakennuksen pohjapiirustuksia, joihin merkitään valvontakohteet ja niiden tavoitearvot. Tavoiteltavan sisäilmaston taso vaikuttaa kuinka kattavasti valvontakohteita tulisi valita. Apuna tässä voidaan käyttää esimerkiksi standardin SFS 5511 (1989) mukaista ohjeistusta. Oheisessa taulukossa on esitetty tilojen kattavuus rakennuksesta tavoiteltaessa joko tyydyttävää, hyvää tai kiitettävää sisäilmaston tasoa.

Taulukko 1. Ohjeistus sisäilmastomittausten kattavuudesta rakennuksessa riippuen tavoitellusta laatutasosta. (SFS 5511 1989).

Sisäilmaston tavoitetaso	S1	S2	S3
	valvontakohteiden kattavuus		
huoneilman lämpötila	100 %	40 %	20 %
ilman nopeus	100 %	40 %	20 %
huonekohtaiset ilmavirrat	100 %	100 %	100 %
äänitaso huoneessa	30 %	20 %	10 %
huoneilman lämpötilan muutosnopeus	10 %	0 %	0 %
huoneilman lämpötilan kerrostuminen	20 %	10 %	tarvittaessa
operatiivinen lämpötila	mitataan jos syytä epäillä aiheuttavan ongelmia		
huoneilman hiilidioksidipitoisuus	mitataan tarvittaessa tiloissa joissa suuri käyttöaste		
painesuhteet	mitataan jos syytä epäillä aiheuttavan ongelmia		
tilan tulo- ja poistoilman lämpötila	mitataan jos syytä epäillä aiheuttavan ongelmia		
huoneilman kosteus	mitataan tarvittaessa tiloissa joissa on kosteuden hallintaa		

Rakennusautomaatiota hyödyntäen voidaan mittausten kattavuus toteuttaa siten, että kohteessa valvontaan käytettävä aika saadaan minimoitua. Rakennusautomaation avulla voidaan kohtuullisesti valvoa tilojen lämpötiloja ja hiilidioksidipitoisuuksia, mikäli rakennukseen on rakennettu riittävän kattavat mittaukset. Myös ilmanvaihtokoneiden kokonaisilmamääriä pystytään, varsinkin uusissa rakennuksissa, helposti valvomaan rakennusautomaation avulla. Tällaisessa tavassa valvoa olosuhteita on monia etuja kuten esimerkiksi valvonnan jatkuvuus. Olosuhdemittauksista voidaan rakennusautomaatiojärjestelmään asettaa mittaussensoria jolloin tiettyjen olosuhteiden pysyvyyttä voidaan tarkastella hyvinkin pitkältä aikaväliltä. Lisäksi järjestelmään on mahdollista liittää automaattisia olosuhteiden pysyvyyteen ja energiankulutukseen liittyviä toimintoja ja

laskentoja. Mitä enemmän mittauksia on liitetty rakennusautomaatiojärjestelmään, sitä paremmin tavoitteiden toteutumista voidaan valvoa etäkäytön avulla ja vähentää paikanpäällä tehtävien valvontakäyntien määrää.

Kaikkiin mittauksiin ei voida tai ei ole kannattavaa kuitenkaan hyödyntää rakennusautomaatiota. Tällaisia valvottavia suureita ovat esimerkiksi: huonekohtaiset ilmavirrat, äänitaso huoneessa, lämpötilan kerrostuminen, painesuhteet sekä tilakohtaiset tulo- ja poistoilman lämpötilat. Tämän tyyppiset mittaukset edellyttävät aina paikanpäällä kohteessa tehtäviä mittauksia ja analysointia, mistä syystä valvontasuunnitelmassa tulee määritellä kuinka usein mittauksia suoritetaan. Esimerkiksi huonekohtaisia ilmavirtoja ei välttämättä ole tarpeen mitata kuin kerran, minkä jälkeen mittauksia voidaan tehdä tarpeen mukaan tiloissa joissa epäillään ilmavirtojen aiheuttavan ongelmia. Myös monet muut edellä mainituista asioista ovat sellaisia joita ei välttämättä ole tarpeen erikseen valvoa tai mitata kuin epäiltäessä niiden aiheuttavan ongelmia sisäilmaston laadussa.

Valvontasuunnitelmaa laadittaessa tulee määritellä myös mittausten sallittu epätarkkuus sekä mittausmenetelmät ja mittalaitteet sekä raportointitapa. Varsinkin rakennusautomaatiota hyödynnettäessä tulee kiinnittää huomiota asennettujen antureiden ja mittalaitteiden sijaintiin ja varmistaa, että ne kuvaavat riittävällä tarkkuudella kyseisen tilan olosuhteita. Tästä syystä olosuhteiden seurannan merkitystä tulisi korostaa jo rakennuksen suunnitteluvaiheessa, että järjestelmistä rakennetaan riittävän kattavat tulevaa seurantaan ajatellen.

### **2.3 Energianhallintapalvelut**

Energiankulutuksen seuranta ja hallinta ovat kiinteistön elinkaarikustannusten sekä ilmastomuutoksen hillitsemiseksi nousseet hyvin suureen rooliin kiinteistöjen ylläpidossa. Kuitenkaan energianhallintaan ja tavoitteiden asettamiseen ei ole valmiiksi kehitettyjä yhtenäisiä sopimusmalleja tai tavoitteiden ja lähtötason määrittämisen malleja. Syynä tähän saattaa olla esimerkiksi tavoitetason laskemiseen sekä toimenpiteiden vaikutusten todentamiseen liittyvät epävarmuustekijät. (Nousiainen ym. 2006). Epävarmuustekijöitä voivat olla esimerkiksi tilojen käyttötarkoitusten muuttuminen, laskentamenetelmien epätarkkuudesta johtuvat eroavaisuudet tuloksissa yms. Näistä syistä johtuen sitovien tavoitteiden asettaminen ja niiden täyttymiseen liittyvät vastuukysymykset aiheuttavat helposti erimielisyyksiä sopimusosapuolten kesken.

Tavoitteiden asettaminen myös energiankulutukselle on kuitenkin tärkeää, että voidaan varmistua järjestelmien oikeasta toiminnasta paitsi sisäilmasto-olosuhteiden kannalta, myös mahdollisimman tehokkaasti. Yhtenä vaihtoehtona voi olla sopimusosapuolten yhteisesti määrittämät tavoitetasot joihin toiminnalla pyritään. Energian kulutus on hyvin riippuvainen rakennuksen sisäilmaston olosuhteista, mistä syystä tavoitteiden asettaminen sisäilmasto-olosuhteille määrittelee pitkälti myös rakennuksen kuluttaman energian tason.

Palveluntuottajaa voi edellä mainituista syistä olla vaikea sitouttaa energiankulutukselle asetettujen tavoitteiden täyttymiseen. (Nousiainen ym. 2006). Sen sijaan palveluntuottajalle voidaan määritellä velvollisuudeksi seurata energiankulutusta ja yhteisesti asetettujen tavoitteiden täyttymistä. Palveluntuottaja voidaan myös velvoittaa selvittämään syy, mikäli toteutunut energiankulutus poikkeaa asetetusta tavoitteesta ja raportoimaan tästä palvelun tilaajaa. Mikäli todetaan, että asetettuja tavoitteita ei voida saavuttaa, voidaan niitä muuttaa.

Energiankulutuksen kannalta paras tilanne olisi, mikäli kulutusta voidaan seurata tuntitasoisesti. Tuntitasoisella seurannalla voidaan seurata esimerkiksi kiinteistön käytössä tapahtuvien muutosten, kuten esimerkiksi aukioloaikojen ja työaikojen muutosten, vaikutuksia energian ja veden käyttöön. Myös sisäilmasto-olosuhteiden vaikutuksia energiankulutukseen voidaan tarkastella huomattavasti tarkemmalla tasolla tuntitasoisen seurannan avulla.

Kulutuksen seurannassa voidaan käyttää apuna esimerkiksi erilaisia hälytystoimintoja, mikäli kulutusseurantaan käytettävä järjestelmä tämän mahdollistaa. Tällöin voidaan asettaa hälytysrajoja poikkeaville kulutuslukemille ja reagoida niihin heti poikkeaman tapahduttua. (KH 10–00353 2004).

Mikäli käytössä on tuntitasoinen energiankulutuksen seuranta, voidaan sen avulla selvittää esimerkiksi: (KH 10–00353 2004)

- kuormitusprofiilien jakautuminen
- teho- ja kulutusvaihtelut
- ulkolämpötilan vaikutus kulutukseen
- sähkölämmitysjärjestelmien vaikutus kokonaissähkönkulutukseen



- jäähdytysjärjestelmien vaikutus kokonaissähkönkulutukseen
- vedenkulutuksen kulutuspiikit
- vesimittarin pysähtyminen yöaikaan

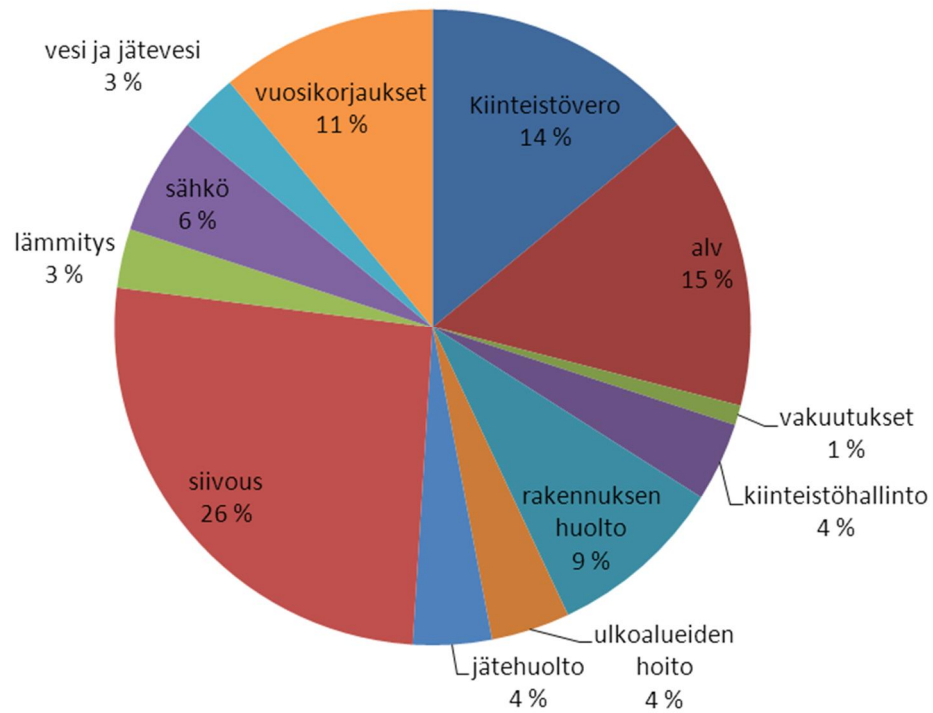
Saatuja tietoja voidaan hyödyntää esimerkiksi kiinteistön toiminnan ja käytön muutosten huomioon ottamisessa. Lisäksi voidaan vertailla eri kiinteistöjen kulutuksia ja niiden jakaumia keskenään.

Energianhallintapalvelut voidaan myös liittää osaksi tavoitteellista kiinteistöhuoltoa, jolloin aseteltuja olosuhdetavoitteita voidaan käyttää palveluiden laadun todentamisessa. (Corgnati ym. 2011, 6-7). Kun olosuhteille on määritetty riittävän tarkat tavoitteet ja seuraamistavat, voidaan toteutuneita olosuhteita verrata toteutuneeseen energiankulutukseen ja pyrkiä luomaan tavoitellut olosuhteet mahdollisimman pienellä energiankulutuksella. Tuntitasoista energiankulutuksen seuranta hyödyntämällä, voidaan myös käyttöasteen muutoksista aiheutuneet kulutusvaihtelut ottaa huomioon ja näin mahdollistaa esimerkiksi energiatehokkuuden parantamiseen johtaneet toimet.

#### **2.4 Kiinteistöhoitopalveluiden merkitys kiinteistön elinkaarikustannuksille**

Kiinteistö aiheuttaa kustannuksia koko elinkaarensa ajan. Suurin yksittäinen kustannus on uuden rakennuksen aiheuttama rakennuskustannus. Tämä rakennuskustannus on investointina kertaluontoinen ja se syntyy rakennushankkeen aikana. Rakennuksen elinkaaren aikana tätä kustannusta voidaan tarkastella pääomakustannuksena joka jakaantuu koko elinkaaren ajalle. (Kiinteistöliiketoiminnan sanasto 2012). Rakennuksen elinkaaren aikana kustannuksia syntyy tietyn väliajoin tarvittavista rakennusosien ja laitteiden kunnossapidosta. Kunnossapitokustannukset syntyvät kun rakennusosia tai laitteita korjataan tai uusitaan joko ohjelmoidusti tai äkillisen tarpeen ilmaannuttua (Pulakka ym. 2007). Elinkaarenaikaisten kunnossapitokustannusten lisäksi kiinteistön olemassaolosta ja käytöstä aiheutuvia ylläpitokustannuksia ovat kiinteistönhoidosta aiheutuvat kustannukset kuten huolto-, sähkö-, lämmitys-, vedenkulutus- ja jätehuoltokustannukset. (Kiinteistöliiketoiminnan sanasto 2012). Huoltokustannukset syntyvät pääasiassa ohjelmoiduista huoltotoista, mistä syystä niiden tulisikin perustua laitteiden todelliseen huoltotarpeeseen. Tämän lisäksi niihin vaikuttavat oleellisesti huolloilta vaadittu laatutaso, toimintatavat sekä huollettavat järjestelmät ja niiden huoltotarve. (Pulakka ym. 2007).

Rakennuksen vuotuiset kustannukset riippuvat rakennuksen elinkaaren pituudesta sekä laskennassa käytetystä korkokannasta. Karkeasti voidaan todeta käyttö- ja ylläpitokustannusten olevan noin kolmasosa vuotuisista kustannuksista. (Wargocki ym. 2006). Kuvasta 2 nähdään, että kiinteistöhoitopalveluiden osuus näistä vuotuisista käyttö- ja ylläpitokustannuksista on noin 55 %.



KUVA 2. Kiinteistön vuotuisten käyttö- ja ylläpitokustannusten jakauma. (Seppänen 2004).

### 3 SISÄILMASTO-OLOSUHTEET JA NIIDEN HALLINTA

#### 3.1 Olosuhteiden merkitys ihmisille

Ihmisen suorituskykyyn vaikuttavat sisäympäristö, motivaatio sekä kyky tehdä työtä. Olennaisena osana sisäympäristöä ovat sisäilmasto-olosuhteet, kuten lämpötila, ilmanvaihdon määrä, ääni, valaistus yms. (Brothers 1997). Myös psykososiaalisilla tekijöillä on suuri merkitys millaisena ihminen sisäympäristönsä kokee. (Wargocki ym. 2006). Sisäympäristön laatu voi vaikuttaa ihmisen mukavuuteen ja tuottavuuteen monin tavoin, kuten esimerkiksi lisäämällä sairastumisia ja niiden aiheuttamien sairauspoissaolojen määrää. (Hanssen 2002).

Taulukko 2. Sisäympäristön laatuun vaikuttavia tekijöitä. (Wargocki ym. 2006).

Sisäympäristö						
Rakennus	Sisäilmasto			Akustiikka	Valaistus	
	Sisäilma	Lämpötila	Puhtaus		Laatu	- Määrä
- Tila	- VOC	- Ilman lämpötila	- Ilmanvaihto	- Frekvenssijakauma	- Luminanssi	
- Sisustus	- Hiukkaset	- Ilman nopeus	- Ilmankäsittelylaitteet	- Äänieristys	- Häikäisy	
- Työpiste	- Mikrobit	- Pintalämpötila	- Tilapuhtaus	- Jälkkaiunta-aika	- Päivänvalo	
	- Hajut	- Lämmönjakelu			- Heijastukset	
	Kosteus				- Spektri	

Eri tekijöiden vaikutuksista ihmisten hyvinvointiin ei voida tarkasti määritellä, johtuen useiden tekijöiden samanaikaisista vaikutuksista. (Hanssen 1997). Yksittäisten tekijöiden vaikutuksia hyvinvoinnille onkin vaikeaa tarkastella, sillä tällaisessa tapauksessa tulisi varmistaa, että muut kuin tarkasteltava tekijä pysyvät muuttumattomina. (Wargocki ym. 2006).

#### 3.2 Olosuhteiden merkitys energiankäytölle

Rakennuksen energiankulutus on riippuvainen sisäilmaston olosuhteista. (Wargocki ym. 2006, 10). Tämän vuoksi sisäilmaston olosuhteille asetettavat tavoitteet ja niiden toteutumisen seuranta ovat tärkeitä myös rakennuksen kuluttaman energian kannalta. Energiankulutukselle voidaan myös asettaa tavoitteita. Tällöin voidaan seurata ja kiinnittää huomiota tuotetaanko rakennuksen sisäilmaston olosuhteet riittävän hyvällä hyötysuhteella ja miettiä mahdollisuuksia parantaa hyötysuhdetta. Varsinkin sisäilman lämpötilat ja ilmanvaihdon määrä vaikuttavat huomattavasti rakennuksen kuluttaman lämpöenergian määrään. Valaistuksen määrällä taas vaikutetaan huomattavasti sähköenergian ku-

lutukseen. Myös lämpötila vaikuttaa sähköenergian kulutukseen varsinkin kesäaikaan, mikäli käytetään jäähdytystä tuottamaan tarpeenmukaiset sisäilmasto-olosuhteet. (D5 2012). Voidaankin todeta, että mitä lämpimämmät olosuhteet talvella halutaan, sitä enemmän tarvitaan lämmitysenergiaa niiden tuottamiseksi ja mitä viileämmät olosuhteet halutaan kesällä, sitä enemmän tarvitaan sähköenergiaa niiden tuottamiseksi.

Tiettyjen olosuhteiden tuottamiseksi rakennuksen sisälle tarvitaan siis aina energiaa ja tästä syystä onkin rakennuksen energiatalouden ja elinkaarikustannusten kannalta tärkeää, että olosuhteet ovat asetettujen tavoitteiden mukaiset, jolloin olemassa olevilla ja toimivilla järjestelmillä kulutetaan juuri se määrä energiaa, joka tarvitaan kyseisten olosuhteiden luomiseksi.

### **3.3 Olosuhdetavoitteet ja niiden seuranta**

Edellä mainittiin, että myös sisäilmaston laatuun vaikuttavat suureet voivat toimia huoltokohteina, yksittäisten laitteiden tai järjestelmien sijasta. Tällaisten suureiden tulee olla mitattavissa olevia suureita ja näin ollen käyttökelpoisia tavoitteiden asettamisessa. Sisäilmaston laatuun vaikuttavat myös monet muut seikat, mutta ne voivat olla joko hyvin hankalasti mitattavia fysikaalisia suureita tai esimerkiksi psykologisia vaikuttimia joiden tarkka määrittely ja mittaaminen ovat käytännössä hyvin vaikeita.

Tarpeellisina suureina tavoitteen asettelulle ja seurannalle voidaan pitää seuraavia olosuhteisiin vaikuttavia sisäilmaston ominaisuuksia (Sisäilmastoluokitus 20008):

- huonelämpötila
- ilman liikenopeus
- mitoitusilmavirta
- ääniolosuhteet
- valaistusvoimakkuus
- radonpitoisuus
- hiilidioksidipitoisuus

Kyseisille suureille on myös annettu sisäilmastoluokituksessa suosituksia raja-arvoista, jolloin nykytutkimuksen mukaan ei rakennuksen käyttäjille aiheudu vaaraa olosuhteista (Sisäilmastoluokitus 2008).

Sisäilmastoluokituksessa tavoitearvot on jaettu kolmeen eri luokkaan. Uutta rakennusta suunniteltaessa määritellään hankesuunnitteluvaiheessa mihin sisäilmastoluokkaan tuleva rakennus halutaan rakentaa, jotta suunnittelijat voivat suunnitella rakennuksen tekniset järjestelmät siten, että luokituksen mukaiset olosuhteet on mahdollista saavuttaa. Olemassa olevaan rakennukseen asetettaessa tavoitteita täytyy ottaa huomioon rakennuksen nykyinen kunto sekä tekniset järjestelmät. Niiden perusteella arvioidaan minkä tasoinen sisäilmasto olemassa olevilla järjestelmillä on mahdollista saavuttaa. Sisäilmastoluokituksen mukaiset luokat ovat (Sisäilmastoluokitus 2008):

### **S1: Yksilöllinen sisäilmasto**

Tilan sisäilman laatu on erittäin hyvä eikä tiloissa ole havaittavia hajuja. Sisäilmaan yhteydessä olevissa tiloissa tai rakenteissa ei ole ilman laatua heikentäviä vaurioita tai epäpuhtauslähteitä. Lämpöolot ovat viihtyisät eikä vetoa tai ylilämpenemistä esiinny. Tilan käyttäjä pystyy yksilöllisesti hallitsemaan lämpöoloja. Tiloissa on niiden käyttötarkoituksen mukaiset erittäin hyvät ääniolosuhteet ja hyviä valaistusolosuhteita tuke-  
massa yksilöllisesti säädettävä valaistus.

### **S2: Hyvä sisäilmasto**

Tilan sisäilman laatu on hyvä eikä tiloissa ole häiritseviä hajuja. Sisäilmaan yhteydessä olevissa tiloissa tai rakenteissa ei ole ilman laatua heikentäviä vaurioita tai epäpuhtauslähteitä. Lämpöolot ovat hyvät. Vetoa ei yleensä esiinny, mutta ylilämpeneminen on mahdollista kesäpäivinä. Tiloissa on niiden käyttötarkoituksen mukaiset hyvät ääni- ja valaistusolosuhteet.

### **S3: Tyydyttävä sisäilmasto**

Tilan sisäilman laatu ja lämpöolot sekä valaistus- ja ääniolosuhteet täyttävät rakentamismääräysten vähimmäisvaatimukset.

Olosuhdetavoitteiden asettamisessa tulee huomioida eri tilojen käyttötarkoitusten asettamat vaatimukset. Mikäli rakennuksessa on poikkeuksellisia tiloja joissa on syytä poiketa yleisestä tavoitetasosta, tulee nämä määritellä ja kirjata erikseen. Olosuhdetavoitteet voidaan kirjata esimerkiksi rakennuksen pohjakuviin. Asetettuihin tavoitteisiin voidaan tällöin palata myöhemmin ja muodostaa kokonaiskuva rakennuksesta ja sen tavoitelluista olosuhteista seurantavaiheessa. Pohjakuviin kirjatuihin tavoitearvoista on hyötyä läpikäytäessä tavoitteita tilojen käyttäjien kanssa sekä valittaessa seurantapisteitä.

Sovellettaessa sisäilmastoluokituksen mukaisia tavoitearvoja kiinteistönhoidon sopimuksissa tulee varmistua, että kyseinen rakennus on suunniteltu täyttämään vaadittavat tavoitearvot. Etenkin vanhoissa rakennuksissa sisäilmastoluokituksen mukaisia tavoitearvoja tulee soveltaa kyseessä olevan rakennuksen tavoitteiden asettamisessa ottaen huomioon olemassa olevan laitekannan ja järjestelmien kunto ja ominaisuudet.

Tavoitteiden asettamisen lisäksi on olennaista, että niiden toteutumista seurataan. Tavoitteiden toteutumisen seurantaan käytettävät menettelyt ja työkalut vaihtelevat riippuen rakennuksen tekniikan tasosta ja sen tarjoamista mahdollisuuksista. Nykyaikaisen rakennusautomaatiojärjestelmän avulla voidaan valvoa hyvinkin pitkälle rakennuksen sisäilmaolosuhteiden tasoa ja tavoitteiden täyttymistä. (ST-käsikirja 17, 2012). Uutta rakennusta suunniteltaessa pitäisi ottaa huomioon ylläpidon aikaisen toiminnan tarpeet ja lisätä tarpeelliset mittaukset jo rakennusvaiheessa. Vanhoissa rakennuksissa pitäisi tutkia mahdollisuudet lisätä tarpeellisia mittauksia ja toiminnallisuuksia olemassa olevaan järjestelmään. Mikäli olemassa olevan järjestelmän laajentaminen ei onnistu, tulee harkita järjestelmän uusimista.

Joissakin tapauksissa tavoitteiden täyttymisen seuranta ei onnistu kuitenkaan rakennusautomaatiojärjestelmän avulla. Tällöin seuranta edellyttää käyntiä hoidettavana olevalla kiinteistöllä ja tarvittavat toimenpiteet seurantaan voidaan tehdä kohdekäynnin aikana tai käynnillä voidaan viedä rakennukseen erillisiä mittalaitteita jotka keräävät tietoa määrääjän, myöhempiä analysointia varten. Mitä pidemmälle tavoitteiden täyttymistä voidaan kuitenkin valvoa esimerkiksi rakennusautomaatiota hyödyntäen, sitä tehokkaampaa ja edullisempaa valvonta on.

Tilaaajan tulisikin ennen ylläpitopalveluiden hankintaa harkita ja päättää millä tavoin hän haluaa tavoitteiden täyttymistä seurattavan ja onko hän valmis esimerkiksi investoimaan rakennusautomaatiojärjestelmän laajentamiseen, jotta olosuhteita pystytään valvomaan etähallinnan avulla. Mikäli tilaaja haluaa lisätä rakennusautomaation hyödyntämistä, tulee hänen päättää jo valmiiksi mistä tiloista hän haluaa tavoitteita seurattavan ja mitä olosuhteita niistä seurataan rakennusautomaation avulla. Lisäksi tilaaajan tulee päättää kuinka usein ja miltä aikaväliltä hän haluaa toteutuneista olosuhteista raportoitavan. Rakennuksen olosuhteista tulee saada määrävälein riittävän tarkka raportti sekä tarkastelu kuinka ne ovat vastanneet asetettuja tavoitteita.

Tärkeänä osana palveluita, joilla pyritään saavuttamaan asetetut olosuhde- ja energiankulutustavoitteet, ovat rakennuksen LVIAS-järjestelmien ohjaus, valvonta ja tarkastus. Koska rakennuksen olosuhteet ovat riippuvaisia siitä kuinka hyvin ja suunnitellusti rakennuksen ilmanvaihto-, lämmitys- ja valaistusjärjestelmät toimivat on tärkeää, että niiden toimintojen valvonta ja seuranta on jatkuvaa ja seurantaan käytettävä järjestelmä kattava ja toimiva. Tämän lisäksi on tärkeää tarkastella ja selvittää syyt, mikäli tavoitellut olosuhteet eivät täyty.

### 3.4 Lämpöolosuhteiden tavoitteet

Ympäristön lämpötilalla on ihmisen työskentelyyn huomattavia vaikutuksia, jotka ilmenevät usean eri mekanismin välityksellä. On esimerkiksi todettu, että lämpötilasta johtuva epämukavuus häiritsee keskittymistä ja aiheuttaa valituksia mitkä johtavat huoltokustannusten kasvuun. Liian korkeilla lämpötiloilla on lisäävä vaikutus sairastalo syndrooman oireisiin sekä negatiivinen vaikutus ajatustyöskentelyyn, kun taas liian kylmät olosuhteet vaikuttavat mm. sormien verenkiertoon ja tätä kautta kätevyYTEEN. Lisäksi on todettu, että nopeilla lämpötilavaihteluilla on sama vaikutus toimistotyössä kuin liian korkeilla lämpötiloilla samalla kun hitaat lämpötilavaihtelut ainoastaan aiheuttavat epämukavuuden tunnetta. (Wyon ja Wargocki 2006).

Taulukossa 3 on esitetty tavoitearvot lämpötilalle Sisäilmastoluokituksen (2008) määrittämässä eri sisäilmastoluokissa. Samat arvot on esitetty kuvassa 2, mutta graafisessa muodossa. S1 ja S2 luokissa tavoitearvot ovat muuten samat, mutta S1 luokassa sallittu vaihteluväli on pienempi kuin S2 luokassa. Lisäksi S1 luokassa edellytetään, että lämpötilan asetusarvo tulee olla säädettävissä huonekohtaisesti  $\pm 1,5$  °C. Sisäilmastoluokituksessa puhutaan huoneilman operatiivisesta lämpötilasta, mutta usein esimerkiksi muutosten seurannassa voidaan käyttää tavanomaista huoneilman lämpötilaa. Lämpötilaa tulisi kuitenkin tarkastella operatiivisena, jolloin se kuvaa paremmin aistittua lämpötilaa, silloin kun tilan pintojen välillä on huomattavia lämpötilaeroja.

Huonelämpötilan mittauksen tulee kuvastaa tilan pääasiallisen työ- tai oleskelualueen lämpötilaa 1,1 metrin korkeudella lattiapinnasta. Lämpötilan kerrostumista tarkasteltaessa mittauspisteiden tulee olla samalta pystyviivalta 0,1; 1,1 ja 1,7 metrin korkeudelta lattiapinnasta. Muutosnopeutta tarkastellaan silloin kun käyttäjällä on mahdollista säätää

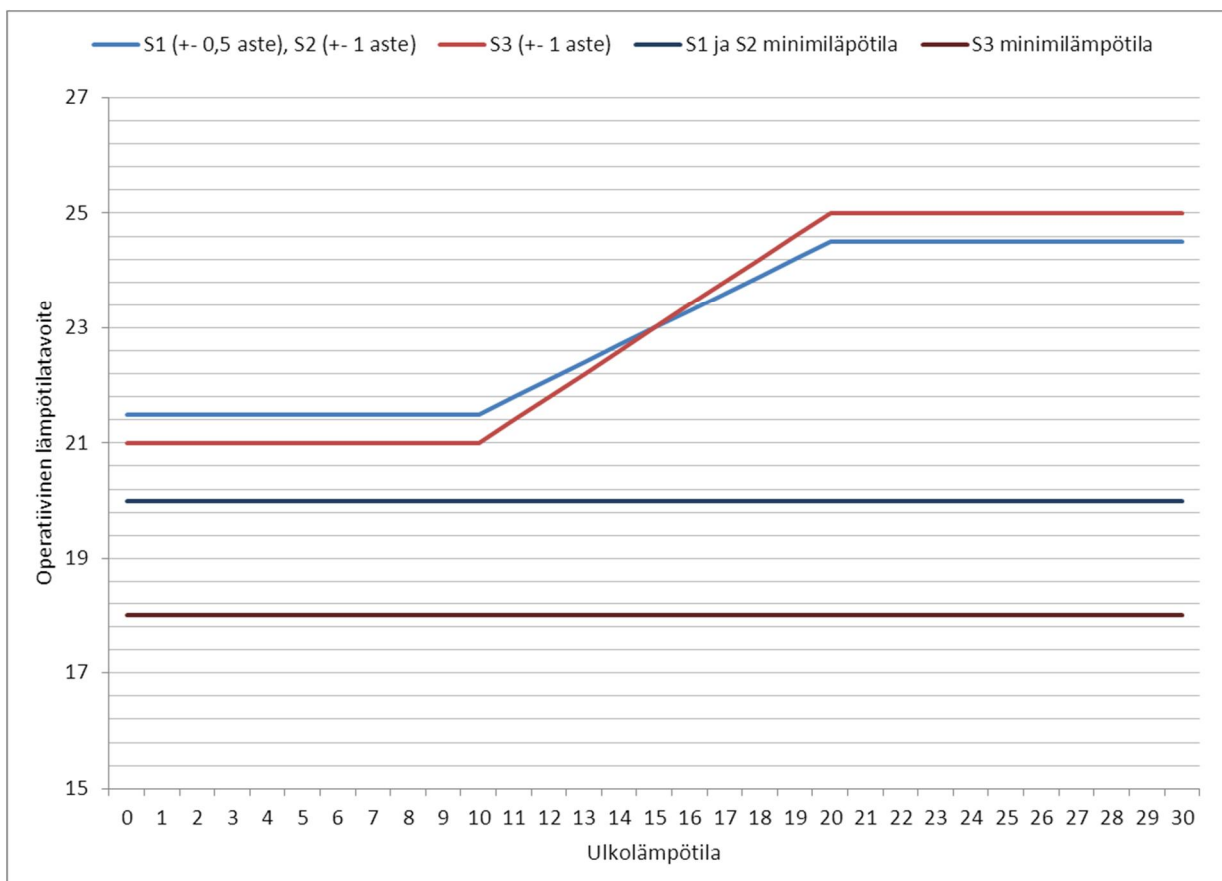
huonetilan lämpötilaa. Mittauksessa asetusarvoa muutetaan noin 2 °C ja mittauspisteestä tarkastellaan muutosnopeutta siihen kunnes lämpötila on saavuttanut asetusarvonsa, kuitenkin enintään tunnin ajan. Tulos esitetään käyrällä, missä mittausväli saa olla enintään viisi minuuttia. (Sisäilmastoluokitus 2008).

Lämpötilatavoitteita asetettaessa tulee ottaa huomioon rakennuksessa käytetyn tekniikan taso ja sen asettamat rajoitukset tavoitteiden saavuttamiselle. Lisäksi tulee ottaa huomioon erityiset tilat joihin on asennettu esimerkiksi erillisiä jäähdytysyksiköitä, jolloin kyseisten tilojen lämpötilatavoitteiksi voidaan asettaa yleisistä tavoitteista poikkeavia tavoitteita. Edellä mainitut lämpötilan tavoitearvot ovat sisäilmaluokituksen mukaisia arvoja joista voidaan poiketa esimerkiksi energiansäästön aikaansaamiseksi. Tällaisessa tapauksessa, missä lämpötilatavoitteet asetetaan sisäilmaluokitusta alhaisemmiksi, on tärkeää, että asia on käsitelty tilojen käyttäjien kanssa. Energiatehokkuussyistä voidaan lämpötilatavoitteet asettaa erikseen esimerkiksi käyttäjälle ja käytön ulkopuoliselle ajalle.

Taulukko 3. Sisäilmastoluokituksen (2008) operatiiviset tavoitelämpötilat.

Operatiivinen lämpötila	S1	S2	S3
$T_u \leq 10^\circ\text{C}$	21,5	21,5	21
$10 < T_u \leq 20^\circ\text{C}$	$21,5 + 0,3 \times (T_u - 10)$	$21,5 + 0,3 \times (T_u - 10)$	$21 + 0,4 \times (T_u - 10)$
$T_u \geq 20^\circ\text{C}$	24,5	24,5	25
Sallittu poikkeama	$\pm 0,5$	$\pm 1,0$	$\pm 1,0$
Vähimmäisarvo	20	20	18





Kuva 3. Sisäilmastoluokituksen (2008) operatiiviset tavoitelämpötilat.

### 3.5 Ilmanvaihdon tavoitteet

Suoranaisia vaikutusmekanismeja joiden kautta ilmanvaihto vaikuttaa ihmisten suorituskykyyn, ei ole tutkitusti todennettu. Voidaan kuitenkin pitää oletettavana, että ilmanvaihdon määrällä on yhteys ilmassa esiintyvien epäpuhtauksien pitoisuuteen ja tätä kautta vaikutus sairastalo syndrooman oireiden, kuten päänsäryn ja keskittymisvaikeuksien esiintymiseen. Näiden oireiden taas on todettu vaikuttavan ihmisen suorituskykyyn. (Wyon ja Wargocki 2006).

Rakennuksen suunnitteluvaiheessa rakennuksen tiloille mitoitetaan niiden käyttötarkoituksen mukaiset ilmavirrat. Suunnittelijan tulee tietää tilojen käyttötarkoitus sekä tulevat käyttäjämäärät, jolloin suunnittelija pystyy mitoittamaan riittävän ilmanvaihdon tiloihin niin, että sillä taataan tilojen käyttöaikana terveellinen, turvallinen ja viihtyisä sisäilman laatu. (D2 2012). Koska ilmanvaihdon riittävään määrään vaikuttaa oleellisesti tilojen epäpuhtauslähteiden määrä, eli esimerkiksi käytönaikaiset ihmiset, tulisi rakennuksen tulevaa käyttöä ja tilojen käyttäjämääriä arvioida perusteellisesti jo rakennuksen hankesuunnitteluvaiheessa.

Rakennuksen ylläpidon aikana voidaan pitää tavoitteena, että ilmanvaihtomäärät pysyvät niille suunnitelluissa arvoissa. Mikäli vanhasta rakennuksesta ei ole löydettävissä rakennusaikaisia suunnitelmia, voidaan tavoitearvoja asettaa esimerkiksi rakennusai-kaisten määräysten mukaisesti. Tarvittaessa voidaan käyttää myös nykyisiä määräyksiä tavoitteiden asettamisessa, jolloin niitä on sovellettava rakennuksessa käytössä oleviin järjestelmiin ja mahdollisesti kokeellisesti todennettava nykyisten ilmanvaihtokoneiden tuottamien ilmamäärien riittävyys ja tämän perusteella asettaa tavoitearvot.

Ilmavirtojen mittauksissa käytettäviä menetelmiä ja tarkkuutta on kuvattu esimerkiksi standardissa SFS 5512 (1992). Ensisijaisesti mittaukset tehdään kiinteästi kanavistoon asennettuja mittauselementtejä käyttäen. Elimenä voidaan käyttää myös ilmanvaihtokoneen tai kanaviston komponenttia, mikäli sen ominaisuudet tunnetaan.

Myös rakennusautomaatiota voidaan hyödyntää ilmavirtojen tarkkailemisessa. Varsinkin uudemmissa ilmanvaihtokoneissa on kiinteästi asennetut mittayhteet joiden avulla voidaan mitata puhaltimen yli olevaa paine-eroa. Kun tunnetaan ilmanvaihtokoneen ja puhaltimen ominaisuudet, voidaan kokonaisilmavirrat laskea rakennusautomaatiojärjestelmää hyödyntäen ja seurata niiden pysyvyyttä valvomon avulla.

Rakennuksen painesuhteiden tarkistamisessa voidaan käyttää apuna esimerkiksi merkisavuja, joiden avulla nähdään ilmavirtojen liikkeit eri tilojen välillä. Rakennuksen sisätilojen ja ulkoilman välinen sekä rakennuksen eri tilojen välisiä paine-eroja voidaan myös mitata paine-eromittarin avulla. Erityisesti sisätilojen ja ulkoilman välistä paine-eroa mitattaessa tulee kiinnittää huomiota sääolosuhteisiin ja erityisesti tuulen nopeuteen. (SFS 5512 1992).

Ilman liikenopeudelle asetetut tavoitteet ovat tärkeitä, sillä nämä kertovat usein rakennuksen sisäisistä painesuhteista, mitkä voivat olla merkki esimerkiksi epätasapainoisesta ilmanvaihdosta. Liian suuret ilman liikenopeudet aiheuttavat myös vedon tunnetta käyttäjille ja tästä syystä heikentävät olosuhteita vaikka muut edellytykset hyvälle olosuhteille täyttyisivätkin. (Seppänen 2008). Taulukosta 4 nähdään Sisäilmastoluokituksen (2008) mukaisia tavoitearvoja ilman liikenopeudelle eri sisäilmastoluokissa.

Taulukko 4. Ilman liikenopeuden tavoitearvot. Sisäilmaluokitus 2008).

Ilman lämpötila	S1	S2	S3
21°C	< 0,14 m/s	< 0,17 m/s	< 0,2 m/s (talvi)
23°C	< 0,16 m/s	< 0,20 m/s	
25°C	< 0,20 m/s	< 0,25 m/s	< 0,3 m/s (kesä)

Tavoitteiden asettamisessa on apua esimerkiksi ilmanvaihdon vaikutusaluekaavioista sekä ilmanvaihdon tasokuvista. Tavoitteet ja seurantapisteen olisi hyvä asettaa esimerkiksi ilmanvaihdon vaikutusalueiden rajoille, sekä saman ilmanvaihtokoneen vaikutusalueella sellaisten tilojen läheisyyteen joista saattaa levitä ympäröiviin tiloihin epäpuhtauksia tai hajuja. Tällaisia tiloja ovat esimerkiksi keittiötilat, jolloin on hyvä ottaa huomioon myös eri käyttötilanteet keittiön ilmanvaihdossa, kuten esimerkiksi huuva-poistojen käyttäminen.

Ilman liikenopeuden mittauksessa käytettävän mittalaitteen anturi ei saa niin suunta-herkkä, että  $\pm 10^\circ$  poikkeama lisää mittausepäätarkkuutta merkittävästi. Mittalaitteen as-teikkoväli saa olla enintään 0,05 m/s alueella 0-0,6 m/s. Mittauspaikan valinnassa käytetään apuna merkkisavuja, joiden avulla todetaan tilasta merkittävimmät vetoriskin omaavat pisteet. Mittauksen tulee kestää vähintään kolme minuuttia ja mittauspisteestä mitataan myös ilman lämpötila. Mittausta suoritettaessa on varmistuttava, että oleskelu tilassa ei aiheuta muutoksia virtauskenttään. Mittaustuloksista esitetään sekä suurin mitattu virtausnopeus, että mittausjakson keskiarvo ja ilman lämpötila. (SFS 5511 1989; SFS 5512 1992).

### 3.6 Ilmanlaadun tavoitteet

Myös muissa kuin teollisuusrakennuksissa ihmiset altistuvat jatkuvasti erilaisille orgaanisille yhdisteille joilla on vaikutusta sisäilmaston ilmanlaatuun. Yhdisteet ovat peräisin esimerkiksi ihmisistä itsestään, liikenteestä, tupakoinnista, rakennusmateriaaleista, huonekaluista, elektroniikasta, lämmitys-, jäähdytys- tai ilmanvaihtojärjestelmästä. (Wargocki 2004).

Lukuun ottamatta muutamia yhdisteitä, kuten radon ja formaldehydi, on normaalissa toimistotyypisessä ympäristössä esiintyville yhdisteille vaikea määrittellä samantyyppi-

siä määrällisiä enimmäisarvoja, kuin käytetään esimerkiksi teollisissa ympäristöissä. Tämä johtuu muun muassa siitä, että toimistotyypisissä rakennuksissa ihminen altistuu lukemattomalle määrälle erilaisia yhdisteitä hyvin pieninä pitoisuuksina jotka yksistään eivät välttämättä ole ihmiselle haitallisia. Ei kuitenkaan tunneta eri yhdisteiden yhteisvaikutuksia ja tästä syystä ei ole pystytty määrittelemään riittävän tarkkoja malleja yhdisteiden vaikutuksista ihmisiin muissa kuin teollisuustyyppisissä ympäristöissä. Tästä syystä toimistotyypisissä rakennuksissa onkin usein lähdetty tarkastelemaan ilmanlaadua ihmisten kokemusten kautta ja asetettu tämän perusteella vaatimuksia esimerkiksi ilmanvaihdon määrälle. (Corgnati ym. 2011, 29-30).

Yhtenä hyvänä indikaattorina yleisen ilmanlaadun arvioinnissa voidaan pitää ilman hiilidioksidipitoisuutta. Hiilidioksidipitoisuuden ja ihmisten tyytyväisyyden välillä on olemassa tutkittua tietoa ja hiilidioksidipitoisuutta voidaan käyttää myös ilmanvaihdon riittävyyden indikaattorina. Pitää kuitenkin muistaa, että hiilidioksidi ei suinkaan ole ainoa ilmassa esiintyvä epäpuhtaus ja myös muita ilmassa esiintyviä, kuten rakennusmateriaaleista, huonekaluista ja ulkoilmasta peräisin olevia, epäpuhtauksia voi olla tarpeen mitata mikäli epäillään ilmanlaadussa olevan ongelmia. (Corgnati ym. 2011).

Sisäilmastoluokituksessa (2008) annetut hiilidioksidipitoisuuden tavoitearvot koskevat ihmisperäistä hiilidioksidia. Tästä johtuen tavoitteiden täyttymiseen vaikuttavat huomattavasti tilojen ihmismäärä ja kohtaavatko tilojen suunniteltu käyttöaste sekä toteutunut ja käytössä oleva käyttöaste. Tavoitteen asettelussa voidaan hyödyntää taulukossa 5 nähtävissä olevia, sisäilmastoluokituksen mukaisia, tavoitearvoja, mutta seurannassa tulee huomioida tilojen käyttöasteen vaikutus hiilidioksidipitoisuuteen. Hiilidioksidipitoisuuden pysyvyys tavoitearvossaan on ilmoitettu sisäilmastoluokituksessa yhden tunnin liukuvana keskiarvona jolloin myös mittauksen tulisi olla sellainen, että se kuvaa vähintään tunnin liukuvaa keskiarvoa.

Taulukko 5. Hiilidioksidipitoisuuden tavoitearvot (Sisäilmastoluokitus 2008)

	S1	S2	S3
Hiilidioksidipitoisuus (ppm)	<750	<900	<1200
Olosuhteiden pysyvyys (%)			
- toimi- ja opetustilat	95 %	90 %	
- asunnot	90 %	80 %	

### 3.7 Ääniolosuhteiden tavoitteet

Rakennusten ääniolosuhteita on käsitelty standardissa SFS 5907 Rakennusten akustinen luokitus (2006). Standardissa on luokiteltu ääniolosuhteet kolmeen luokkaan, joista A-luokka vastaa korkeinta tavoitetasoa. Riippuen tavoitetasosta, on standardissa annettu maksimiarvoja eri äänilähteistä tulevien äänien maksimitasolle. Hankesuunnitteluvaiheessa valittu sisäilmastoluokitus määrittelee mihinkä standardin mukaiseen tavoite-tasoon rakennuksen ääniolosuhteet tulee suunnitella. Sisäilmastoluokassa S2 pyritään vähintään luokkaan C ja luokassa S1 pyritään vähintään luokkaan B ääniolosuhteissa. Tilakohtaisesti tavoiteluokitusta voidaan myös nostaa tai laskea.

Käytännössä rakennuksen ylläpidon kannalta saattaa olla tavoiteltavaa, että tavoite-tasoksi asetetaan mahdollisimman yhteneväiset tavoitearvot tiloille ja jonkinasteinen yleinen tavoitetaso, jolloin niiden seuranta helpottuu. Tarvittaessa yleisestä tavoitetasosta poikkeavissa tiloissa voidaan tehdä tarkempia mittauksia ja tutkimuksia.

Pääasiallinen talotekniikan aiheuttama äänilähde on ilmanvaihto. Ilmanvaihdon ympäristöönsä aiheuttama äänitaso mitataan alueella jossa siitä voi aiheutua häiriötä. Äänitaso mitataan tilan tai alueen keskeltä 1,1 – 1,5 metrin korkeudelta. Ikkunan ulkopuolella äänitaso mitataan metrin päässä ikkunan ulkopinnan tasosta. Lisäksi mittauspisteiden tulee sijaita vähintään 0,5 metrin etäisyydellä ääntä heijastavista pinnoista kuten mittaus-pisteistä itsestään. Myös mittauksissa käytettävien mittalaitteiden käytölle ja asetuksille on määriteltä standardissa vaatimuksia. Tärkeää on varmistaa, että mittausajankohtana ilmanvaihto toimii mitoitusilmavirroillaan, eikä ole esimerkiksi pysähtyneenä. (SFS 5517 1992).

### 3.8 Valaistuksen tavoitteet

Valaistukselle asetettavia tavoitearvoja on annettu standardissa SFS-EN 12464-1 (2011). Standardissa esitetään vain vähimmäisvaatimustaso ja erot sisäilmastoluokituksen S1 ja S2 välillä tulevatkin lähinnä valaistuksen säädettävyydessä, missä S1 luokkaan määritellyssä sisäilmastossa työpistevalaistuksen tulee olla käyttäjän säädettävissä. Taulukossa 6 on esitetty yleisimmille tiloille asetettuja valaistusvaatimuksia.

Standardissa annetaan tavoitetasot valaistusvoimakkuuden lisäksi myös häikäisyindeksille sekä värintoistoindeksille. Ylläpidon aikaisessa käytännön työssä voi kuitenkin olla kannattavampaa seurata tilojen valaistusvoimakkuuksia ja vain tarvittaessa tutkia tarkemmin häikäisyindeksiä, mikäli koetaan häikäisyn olevan ongelma. Lisäksi tavoitteen asettamisessa on hyvä ottaa huomioon myös värintoistoindeksi asettamalla se vaatimukseksi tiloihin vaihdettaville lampuille.

Taulukko 6. Yleisiä valaistusvoimakkuuden, häikäisy- sekä värintoistoindeksin vaatimuksia. (SFS-EN 12464-1 2011).

		VALAISTUSVAATIMUKSIA			
Tila		E (lux)	UGR	Ra	huomioitavaa
Toimistot	Arkistointi, kopiointi ym..	300	19	80	
	Kirjoittaminen, lukeminen ym...	500	19	80	
	Neuvottelu- ja kokoushuoneet	500	19	80	Tulisi olla säädettävä
	Vastaanottotiski	300	22	80	
	Arkisto	200	25	80	
Liiketilat	Myyntialue	300	22	80	Riippuvat myymälän tyypistä
	Kassa-alue	500	19	80	
Opetustilat	Leikki-, lasten- ja askarteluhuone	300	19	80	
	Luokahuoneet, opetustilat	300	19	80	Säädettävyys suositeltavaa
	Luentosali	500	19	80	
	Käsityöluokat	500	19	80	
	Kulkuväylät, käytävät	100	25	80	
	Oppilaiden yhteistilat	200	22	80	
	Opettajainhuone	300	19	80	
	Kouluruokala	200	22	80	
	Keittiö	500	22	80	
	Jumppasali (yleinen käyttö)	300	22	80	
Terveystilat	Odotushuoneet	200	22	80	
	Käytävät päivällä	200	22	80	
	Käytävät yöllä	50	22	80	
	Toimistot	500	19	80	
	Henkilökuntatilat	300	19	80	
Vuodeosastot	Yleisvalaistus	100	19	80	
	Yksinkertaiset tarkastukset	300	19	80	
	Tutkimus- ja hoitotoimenpiteet	1000	19	90	
Yleiset tutkimushuoneet	Yleisvalaistus	500	19	90	
	Tutkimus- ja hoitotoimenpiteet	1000	19	90	
Kirjastot	Kirjahyllyt	200	19	80	
	Lukualue	500	19	80	
	Palvelutiskit	500	19	80	
Yleiset tilat	Kahvihuoneet	200	22	80	
	Ravintola, ruokasali, monitoimitila	-	-	80	Sopiva ilmapiiri
	Kuntoilutilat	300	22	80	
	Talotekniset huoneet	200	25	60	
	Kylppärit, WC:t	200	25	80	
	Käytävät	100	25	80	

Valaistusvoimakkuuksia mitattaessa tarkasteltava alue jaetaan neliön tai suorakaiteen muotoisiin, keskenään yhtä suuriin ruutuihin. Näiden ruutujen sivujen pituuden tulee olla välillä 0,5-2 metriä, mutta enintään puolet valaisimen ja työtason välisestä etäisyydestä. Mittauspisteet eivät saa sijaita säännöllisesti valaisimiin nähden. Tarkasteltavan alueen mittauspisteiden vähimmäismäärä saadaan taulukosta 7, mistä valitaan huoneindeksiin perusteella tarkasteltavien pisteiden määrä. Huoneindeksi lasketaan tilalle kaavalla (KH 31-00099 1987):

$$\text{huoneindeksi} = \frac{\text{pituus} \times \text{leveys}}{\text{valaisimien korkeus työtasosta} \times (\text{pituus} + \text{leveys})}$$

Taulukko 7. Tarvittavien mittauspisteiden määrä (KH 31-00099 1987)

Mittauspisteiden lukumäärä	
huoneideksi < 1	4
huoneideksi < 2	9
huoneideksi < 3	16
huoneideksi > 3	25

### 3.9 Energian- ja vedenkulutuksen tavoitteet

Tavoitetason asettamisessa voidaan, uuden rakennuksen ollessa kyseessä, käyttää esimerkiksi rakennuksesta tehtyjä energialaskelmia, mitkä nykymääräysten mukaan tulee tehdä ja joissa rakennukselle on määriteltä erityinen E-luku. (D3 2012). Tällöin on otettava huomioon, että vaatimusten mukaiset laskelmat eivät ota huomioon rakennuksen todellista käyttöä, vaan laskenta suoritetaan määräyksissä annetuilla standardikäyttöasteilla. Lisäksi on otettava huomioon, että laskentatulokset on muunnettu primäärienergian lähteestä riippuvaisella kertoimella. E-lukua soveltamalla ja ottamalla edellä mainitut asiat huomioon voidaan kuitenkin määrittellä lähtötaso mitä ylläpitotoiminnalla lähdetään tavoittelemaan. Vanhassa rakennuksessa tavoitetason määrittämisessä voidaan hyödyntää esimerkiksi vanhoja kulutuslukemia ja asettaa tavoite niitä jonkin verran alhaisemmaksi. Lisäksi voidaan hyödyntää erilaisia energiakatselmoiteja ja niiden perusteella tehtyjä arvioita rakennusten energiankulutuksesta.

Energiansäästöille ja energiankulutukselle asetettavia tavoitteita on käsitelty monissa tutkimuksissa, mutta alalla tuntuu olevan erilaisia näkemyksiä tavoitteiden asettamisesta

ja varsinkin niiden käyttämisestä esimerkiksi sidosryhmien palkitsemisessa. Esimerkiksi Nousiainen ym. (2006) toteavat, että energiansäästöön ja energiatehokkuuteen liittyvissä innovaatioissa ja selkeästi todennettavissa toimenpiteissä, joilla on ollut huomattava vaikutus energiankulutuksen pienenemiseen, voidaan myös sopia, että niistä tapauskohtaisesti ja harkintaperustaisesti on mahdollista palkita palveluntuottajaa, mutta tällöinkin on hyvä kiinnittää huomiota palkkioiden kohdistamiseen siten, että ne kohtaisivat oikeat tahot ja henkilöt joiden ansiota energiankulutuksen pieneneminen on ollut.

Kiinteistön energiankulutustavoitteiden asettaminen on kuitenkin tärkeää seurannan kannalta, mutta tavoitteiden asettamisessa tulee ottaa huomioon niiden epätarkkuus ja niitä tulee olla valmis päivittämään seurannan perusteella. Kiinteistön energiatehokkaan käytön kannalta voisi olla hyvä, että niitä ei aseteta sitoviksi, vaan niitä ja niiden täyttymistä tarkasteltaisiin vähintään vuosittain ja korjattaisiin tarpeen mukaan perustellusti. Tällöin voidaan tarkastella, että tavoitteet ovat realistiset, mutta kuitenkin riittävän alhaiset, että ne motivoivat kiinteistön ylläpidosta vastaavia sekä käyttäjiä tavoitteisiin pyrkimiseen. Lisäksi tavoitteen asettelu ohjaisi toimintaa aina kohti parempaa energiatehokkuutta. Mikäli todetaan, että kulutustavoitteet ovat huomattavan alhaiset toteutuneisiin kulutustietoihin nähden, tulisi tarkastella mistä se johtuu ja tarkastelun perusteella laatia toimenpide-ehdotukset joiden avulla kulutustavoitteisiin olisi mahdollista saavuttaa. Toisaalta voidaan myös todeta, että tavoitteisiin pääseminen on kannattamatonta, jolloin kulutustavoitteita voidaan tarkastaa myös ylöspäin. Tärkeintä energiankulutustavoitteiden asettelussa onkin asettaa riittävän realistiset tavoitteet, jotta niiden seuraamisella on oikeasti saatavissa lisäarvoa toimintojen kehittämiseen.



## 4 CASE TUTKIMUS RAKENNUKSISSA ESIINTYNEISTÄ ONGELMISTA

### 4.1 Tilakeskuksen rakennuksiin tehdyt selvitykset

Tampereen Tilakeskuksen kiinteistöissä on tehty useita selvityksiä, joissa on tutkittu rakennuksen talotekniikan toimivuutta ja sen yhteyksiä rakennuksissa havaittuihin ongelmiin sisäilmaston laadussa. Selvityksiin valitut kohteet ovat olleet joko kohteita joissa on selkeästi havaittu esimerkiksi käyttäjien toimesta ongelmia sisäilmastossa tai kohteita joissa on lämmitys- ja sähköenergian tuntitehomittausten perusteella havaittu olevan keskimääräisestä poikkeava kulutusprofiili tai normaalia korkeampi käytön tai käytön ulkopuolinen energiankulutus. Useissa kohteissa onkin havaittu selvä yhteys poikkeavan energiankulutuksen ja havaittujen sisäilmasto-ongelmien välillä. Selvityksissä on kartoitettu rakennuksen talotekniikan toimintaa ja haettu syy-seuraussuhteita rakennuksen olosuhteiden muodostumiseen. Talotekniikan toimintaa on tutkittu kokonaisuutena ja pyritty löytämään ongelmien todelliset aiheuttajat eikä pelkästään seurauksia.

Selvityksissä esitetyt havainnot ja päätelmät perustuvat katselmusten yhteydessä tehtyihin käyttäjien haastatteluihin sekä erilaisiin pistokokein tehtyihin mittauksiin joilla on mitattu sisäilmasto-olosuhteisiin vaikuttavia suureita kuten ilmavirtoja, lämpötiloja ja hiilidioksidipitoisuutta. Mittauksia on tehty hetkittäin katselmointikäyntien aikana sekä hyödynnetty tallentavia mittalaitteita ja rakennusautomaation mittausseurantoja pitkäaikaisempien mittausten tekemisessä.

Tässä kehitystehtävässä on esitelty kolme näistä selvityksistä ja niissä löytyneistä ongelmista ja niiden korjausehdotuksista. Esitellyt selvitykset on tehty Tampereen Tilakeskuksen hallinnoimiin päiväkotijä koulukiinteistöihin ulkopuolisen konsultin toimesta. Kaikki selvitykset on tehty kevään 2012 aikana.

#### 4.1.1 Case 1 päiväkoti

Ensimmäisenä kohteena on vuonna 1982 rakennettu päiväkotirakennus. Rakennuksella on pinta-alaa n. 1100 brm<sup>2</sup> ja rakennustilavuutta n. 3800 m<sup>3</sup>. Hoitopaikkoja päiväkodissa on n. 140 ja ne on jaettu seitsemään ryhmään.

Selvityksen tehneen konsultin tekemissä Tilakeskuksen rakennusten lämmitysenergian tuntikulutustietojen vertailussa paljastui, että kyseisen päiväkodin energiankulutus käytön aikana on huomattavan korkea verrattuna päiväkodeissa keskimäärin kuluvaan lämmitysenergiaan. Lisäksi tilojen käyttäjiltä oli saatu tietoon, että rakennuksen sisäilmaston kanssa on ongelmia. Näistä syistä johtuen päätettiin tutkia tarkemmin rakennuksen LVIAS-järjestelmien toimivuutta ja etsiä niissä mahdollisesti esiintyvät virhetiloinnot.

Rakennuksessa esiintyi mm. seuraavia ongelmia:

- korkea energiankulutus
- vedon tunne
- sisäilman tunkkaisuus
- tunne ilmanvaihdon riittämättömyydestä

Mahdollisia taloteknisiä syitä ongelmien aiheuttajiksi todettiin:

- päiväkotitiloja ja keittiötä palvelevien ilmanvaihtokoneiden raitisilmakammio katoksineen on liian ahdas
- päiväkotitilojen poistoilmavirta on noin 25 % liian pieni ja tuloilmavirta hieman suunniteltua suurempi, minkä lisäksi ilmavirtojen jakautuminen on epätasaista
- päiväkotitilojen ilmanvaihtokoneen pakkaspuolituksen raja-arvo on -5 C, mistä johtuen ilmanvaihto on talviaikaan lähes aina käynnissä vain puolella teholla
- keittiön ilmavirrat ovat liian pienet
- käyttöön nähden pitkät käyntiajat
- lämmitysverkoston termostaatit ovat vanhentuneet

Selvityksessä tehdyissä ilmavirtojen mittauksissa todettiin, että päiväkotitilojen ilmanvaihtokoneen tuloilmavirta on suunniteltua suurempi, kun taas poistoilmavirta on noin 25 % suunnitteluarvoa pienempi. Tilakohtaisissa pistokoemaisissa mittauksissa todettiin tuloilmamäärien vastaavan hyvin suunniteltuja arvoja, mutta poistoilmamäärät vaihtelivat suuresti tilojen välillä. Suurimmillaan poistoilmamäärä oli 70 % tilan tuloilmamäärää pienempi. Koettujen olosuhteiden kannalta todettiin, että tiloissa, joissa tulo- ja poistoilmamäärät olivat lähellä tasapainotilaa, myös olosuhteet koettiin hyväksi. Selvityksessä todettiin, että suunniteltujen täyden tehon ilmamäärien tulisi riittää myös nykyisillä käyttäjämäärillä tuottamaan tyydyttävät olosuhteet ilmavirtojen ollessa tasapainossa, kun taas tarpeettomalla ilmamäärien kasvattamisella todettiin olevan mahdollisesti kiel-

teisiä vaikutuksia muun muassa lisääntyneen melun ja vedontunteen muodossa sekä kasvaneena energiankulutuksena. (LIITE 1).

Keittiön ilmanvaihtokoneella oli yhteinen raitisilmakammio päiväkotitilojen ilmanvaihtokoneen kanssa. Selvityksessä kävi ilmi, että raitisilmakammio on alun perin suunniteltu liian ahtaaksi, minkä lisäksi myös ilmanotossa on käytetty katostyyppiä missä todettiin olevan liian pienet ilmaraot suunnitelluille ilmamäärille. Näistä syistä johtuen painehäviö raitisilmakammiossa kasvaa huomattavasti suositeltua suuremmaksi ja tästä syystä myös ilman nopeus kasvaa. Tämä aiheuttaa sen, että päiväkodin ilmanvaihdon ollessa puolella teholla ei teho riitä tuottamaan kuin noin 80 % siitä ilmamäärästä, joka pitäisi, mikäli myös keittiön ilmanvaihto on päällä. Päiväkodin ilmanvaihdon käydessä täydellä teholla, ei keittiön ilmanvaihtokoneen teho riitä tuottamaan kuin n. 50 % suunnitellusta ilmamäärästä. Lisäksi suuri nopeus ilman sisäänvirtauksessa tuo mukanaan ongelmat esimerkiksi lumen kulkeutumisessa raitisilmakammioon ja suodattimiin. Selvityksessä havaittiinkin kammiossa merkkejä kastumisen aiheuttamista vaurioista.

Koska tuloilmakoneiden tekemä työ menee suurimmaksi osaksi raitisilmakammion painehäviöiden voittamiseksi, eivät tuloilmakoneet kykene enää tuottamaan tuloilmakanavistoon riittävää painetta, mistä johtuu tuloilmavirtojen epätasainen jakautuminen rakennuksessa. Lisäksi rakennuksen painetasapainoon vaikuttavat keittiön huuvapoisto sekä lämmönjakohuoneen yllilämmönpoistopuhallin. Selvityksessä todettiin, että lämmönjaon yllilämmönpoistoa varten tehdyt korvausilmasäleiköt lämmönjakohuoneessa ovat liian pienet, mistä johtuen korvausilmaa otetaan myös muualta päiväkodista kuin pelkästään ulkoa.

Energiankulutuksen kannalta selvityksen raportissa todettiin, että ilmanvaihtokoneilla on rakennuksen käyttöön nähden turhan pitkät käyntiajat (06:00-21:00). Ilmanvaihtokoneissa ei myöskään ole lämmöntalteenottoa. Näiden todettiin olevan suurin yksittäinen tekijä rakennuksen korkeaan energiankulutukseen. Vuonna 2010 lämmitysenergian kulutus oli ollut n. 50 % suurempi kuin Motivan päiväkodeille antama mediaani. Myös sähkönkulutuksen osalta kulutus oli ollut n. 15 % mediaania korkeampi.

Edellä mainittujen lisäksi selvityksessä havaittiin muita, pienempiä, huomioita kuten ikääntyneet patteritermostaatit, mitkä vaihdettiin tutkimuksen aikana, yksi kattovuoto, elinkaarensa päässä olevat huippuimurit sekä joitakin puutteita kanavien eristyksessä.

#### 4.1.2 Case 2 päiväkot

Toinen tutkimuskohde on vuonna 1976 rakennettu päiväkot, jonka bruttopinta-ala on n. 3400 brm<sup>2</sup> ja rakennustilavuus n. 6100 m<sup>3</sup>. Päiväkodissa on n. 135 hoitopaikkaa.

Käyttäjät olivat kokeneet rakennuksen sisäilmassa huomattavasti ongelmia kuten esimerkiksi hajuja, tunkkaisuutta, kuumuutta ja vedon tunnetta. Kyseisen selvityksen pääasiallinen tarkoitus olikin selvittää sisäilmassa esiintyneiden ongelmien syitä. Varsinaista energiatehokkuutta parantavia toimenpiteitä ei pyritty kartoittamaan, vaan tutkimus keskittyi sisäilmaston olosuhteiden ja niihin vaikuttavien syiden tarkasteluun.

Rakennuksessa esiintyi mm. seuraavia ongelmia:

- hajuja
- sisäilman tunkkaisuutta
- korkeita lämpötiloja
- vedon tunnetta

Mahdollisia taloteknisiä syitä ongelmien aiheuttajiksi todettiin:

- yleisilmanvaihdon vaikutusalueilla yleispoistoilman ilmavirrat ovat liian pienet ja huonekohtaiset poistoilmavirrat ovat epätasapainossa
- tuloilman lämpötilan kompensointikäyrät on aseteltu liian jyrkiksi
- keittiön tuloilmavirta on liian pieni suunniteltuun nähden, kun taas poistoilmavirta on liian suuri suunniteltuun nähden
- osa lattiakaivoista on huonossa kunnossa ja tuuletusviemäreitä mahdollisesti tukossa
- termostaattiset patteriventtiilit ovat elinkaarensa päässä, eikä niissä ole esisääntömahdollisuutta

Rakennukseen tehdyssä selvityksessä mitattiin pistokoemaisesta 35 tilan ilmanvaihto. (LIITE 2). Näiden mittauksen perusteella todettiin, että useissa tiloissa poistoilmavirrat ovat tuloilmavirtoja pienemmät. Rakennukseen on tehty vuoden 2002 aikana korjaustoimia ilmanvaihtoon, missä rakennuksessa käytettävät huippuimurit on uusittu neste-kiertoisilla lämmöntalteenotoilla varustetuiksi huippuimureiksi. Selvityksessä todettiin,

että huippuimureiden kanavapaineasetusten perusteella vaikuttaisi siltä, että poistoilma-venttiileiden sekä huippuimureiden todelliset ilmavirrat ovat jääneet säätämättä. Epätasapainoinen ilmanvaihto on aiheuttanut rakennuksessa tunkkaisuutta ja tunnetta huonosta ilmanlaadusta erityisesti tiloissa joissa tuloilmavirta on ollut poistoilmavirtaa suurempi.

Rakennuksen keittiön tuloilmavirran määrään on selvityksen perusteella vaikuttanut merkittävästi tuloilmasuodattimen tukkeutuminen. Tämä on lisännyt huomattavasti eroa tuloilmavirran ja poistoilmavirran suhteessa ja tehnyt keittiöstä alipaineisen läheisiin tiloihin nähden ja täten aiheuttanut vedon tunnetta keittiön läheisyydessä. Toisaalta taas todettiin, että keittiön ilmanvaihtokoneen käyntiajan ollessa lyhyempi kuin rakennuksen yleisilmanvaihdon, muodostuu keittiöstä ylipaineinen muihin tiloihin nähden, aiheuttaen hajuhaittoja rakennuksen muihin tiloihin. Lisäksi todettiin, että keittiön ilmanvaihto on aina käydessään täydellä teholla vaikka keittiössä on erillinen tehostuskytkin.

Selvityksen aikana havaittiin, että rakennuksen viemärikaivot ovat keskenään hyvin erilaisia, ainakin yksi lattiakaivo eteistilassa mikä oli täynnä hiekkaa sekä kaivoja joista puuttuu tai on huonosti paikoillaan niihin kuuluvat puhdistustulpat. Lisäksi selvityksessä esitettiin epäily, että kaikki lattiakaivotyypit eivät ole sellaisia jotka soveltuisivat tiloihin missä vettä ei välttämättä lasketa niihin päivittäin. Näiden syiden epäiltiin osaltaan aiheuttaneen rakennuksessa havaittuja hajuongelmia.

Rakennuksen termostaattisten patteriventtiilien todettiin ohittaneen teknisen käyttöikänsä, minkä lisäksi venttiileistä puuttuu mahdollisuus asetella esisäätöarvot. Selvityksessä todettiinkin hyvin mahdolliseksi, että vuosien saatossa, termostaattisten patteriventtiilien toiminnan heikennyttyä, myös rakennuksen patteriverkoston tasapainoisuus on kärsinyt. Rakennuksen käyttäjät ovatkin esittäneet kritiikkiä liian lämpöisinä olevista pattereissa. Selvityksessä todettiin tämän viittaavan suurimmaksi osaksi liian suurin virtaamiin verkostossa.

Lisäksi selvityksessä havaittiin usean ilmanvaihdon pääte-elimien olevan virheellisesti asennettu.

#### **4.1.3 Case 3 koulu**

Kolmas selvityskohde on vuonna 1951 rakennettu koulurakennus ja sen bruttopinta-ala on noin 5700 brm<sup>2</sup> ja rakennustilavuus noin 21300 m<sup>3</sup>. Rakennuksen sisäilman lämpötilat ovat talvisinkin huomattavasti tavoiteltua korkeampia, mikä on lisännyt rakennuksen energiankulutusta sekä ollut ongelma tilojen käyttäjille, jotka ovat myös kokeneet sisälämpötilan liian korkeaksi. Lisäksi paikoin on havaittu kylmyyttä sekä tunkkaisuuden tunnetta. Selvitys tehtiin tavoitteena löytää toimenpiteitä joilla parantaa sisäilmasto-olosuhteita sekä vähentää rakennuksen kuluttamaa lämmitysenergiaa. Sähköenergiankulutukseltaan rakennus on huomattavasti Motivan tilastomediaanin alapuolella.

Rakennuksessa esiintyi mm. seuraavia ongelmia:

- korkeat sisäilman lämpötilat
- paikoittain kylmiä tiloja
- tunkkainen sisäilma

Mahdollisia taloteknisiä syitä ongelmien aiheuttajiksi todettiin:

- lämmityspattereiden venttiilit ja termostaatit ovat ohittaneet elinkaarensa
- yksi lämmitysverkoston paisuntasäiliöistä on täynnä
- lämmitysverkostojen taajuusmuuttajaohjattujen pumppujen asettelut ovat käyttötarkoitukseen sopimattomat
- lämmitysverkostossa ilmenneistä ongelmista johtuen ongelmia on myös ilmanvaihdon lämmittämisessä
- kolme kuudesta ilmanvaihtokoneesta on ilman lämmöntalteenottoa
- kaksi ilmanvaihtokoneista on sähkölämmitteisiä
- liikuntasalin ilmanvaihtokoneella on pieni ilmavirta, eikä mahdollisuutta säätää ilmavirtaa
- liikuntasalin ilmanvaihtokoneella on pitkät käyntiajat
- osa huonekohtaisista ilmavirroista on epätasapainossa
- hammashoitolan ilmanvaihtokone ei pysty tuottamaan tarvittavaa ilmavirtaa
- ullakkotiloissa on tiivistämätön läpivienti
- yhden ilmanvaihtokoneen ulospuhallushajottimen tiivistys on tekemättä
- osa WC-istuimista vuotaa
- lämpimän kiertoveden asetus on hieman alhainen

Selvityksessä todettiin, että rakennuksen lämmityspattereiden venttiilit ja termostaatit ovat ylittäneet teknisen käyttöikänsä, minkä lisäksi todettiin, että ongelmia aiheuttavat

esimerkiksi ikkunautojen alla sijaitsevat termostaatit, jolloin ne eivät reagoi huoneilman lämpötilaan tavoitellulla tavalla. Selvityksessä on pohdittu myös patteritermostaattien kestävyysongelmia koulurakennuksissa ja mainittu korjausvaihtoehtona pelkästään esisäädettävien venttiileiden käyttö, jolloin ei käytettäisi termostaatteja lainkaan. Selvityksessä todetaan, että näinkin toteutettu järjestelmä saadaan toimimaan oikein ja lämpötilat asettumaan tasaisesti, mutta se vaatisi luultavasti pitkällä aikajaksolla tehtäviä säätötoimia.

Rakennuksen paisuntajärjestelmästä selvityksessä havaittiin, että yhdestä paisuntasäiliöstä oli hävinnyt esipaine kokonaan, eikä muidenkaan säiliöiden toimivuudesta ollut varmuutta. Lisäksi selvisi, että järjestelmään joudutaan usein lisäämään vettä, mikä on merkki paisuntajärjestelmän ongelmista. Ongelmat paisuntajärjestelmässä ovat vaikuttaneet mm. ilmanvaihdon lämmitykseen, koska verkostoon on saattanut kertyä ilmaa joka on heikentänyt lämmitysveden virtausta ilmanvaihtokoneille. Lisäksi selvityksessä epäiltiin, että paisuntajärjestelmän tilavuus olisi alun perin mitoitettu liian pieneksi rakennuksen lämmitysverkoston kokoon nähden. Selvityksen aikana ei voitu todentaa tätä, sillä rakennuksen lämmitysverkoston dokumentteja ei ollut saatavilla.

Rakennuksen lämmitysverkostossa on käytetty taajuusmuuttajaohjattuja kiertovesipumppuja, joiden tarkoituksena on saada käyttötilanteeseen taloudellisin pyörimisnopeus. Selvityksessä todettiin, että pumppujen taajuusmuuttajat on aseteltu automaattiasennolle, jolloin pumppu pyrkii etsimään tunnistamallaan nostokorkeudella mahdollisimman taloudellisen pyörimisnopeuden. Selvityksessä myös todettiin, että patteriverkostossa jossa ei ole toimivia ja painehäviöitä aiheuttavia termostaattisia patteriventtiileitä, pumppu voi todeta taloudellisimman alueensa olevan suurella virtaamalla. Tehtyjen mittausten perusteella selvisikin, että verkostojen jäähtymät ovat huomattavasti pienempiä kuin niiden pitäisi olla mikä viittaa liian suuriin virtaamiin, mikä taas aiheuttaa joidenkin lämmityspattereiden liiallista tehon nousua ja lämmitysenergian luovutusta.

Keittiön ja ruokasalin ilmanvaihtokoneen kokonaisilmavirran todettiin olevan täydellä tehollaan suunnitteluarvojen mukainen. Ongelmaksi todettiin kuitenkin, että myös ruokasalin ilmavirta on täyden mitoituksen mukainen ainoastaan silloin kun keittiön poistoilman tehostus on käytössä. Tämä aiheuttaa sen, että kovilla pakkasilla sekä tilanteissa joissa keittiön poistoilman tehostus ei ole käytössä, ruokasalin ilmavirran määrä jää kolmannekseen suunnitellusta. Lisäksi selvityksessä todettiin ruokasalin ilmanvaihto-

kanavan kulkevan eristämättömänä kylmässä kellaritilassa, mikä jäädyttää tuloilmaa tarpeettomasti. Myös ilmanvaihtokoneen äänenvaimentimien todettiin olevan mahdollisesti liian suuret ja aiheuttavan tarpeettomasti painehäviöitä, lisäten sähköenergian kulu- tusta.

Liikuntasalin pesutilojen ilmanvaihdon suurimmaksi ongelmaksi todettiin sen puute iltaisin sekä viikonloppuisin, vaikka liikuntasalilla onkin ilta- ja viikonloppukäyttöä. Puute johtuu osittain siitä, että liikuntasalia ja pesutiloja palvelevat eri ilmanvaihtoko- neet ja vaikka liikuntasalin ilmanvaihto onkin käynnissä myös iltaisin ja viikonloppui- sin, on pesutilojen ilmanvaihto jäänyt käynnistämättä.

Liikuntasalin ilmavirrat todettiin riittäviksi liikuntasalikäyttöön, mutta liian pieniksi juhlasalikäyttöön nähden. Ilmanvaihtokoneessa todettiin ongelmia lämpöenergian riittä- vyydessä, minkä arveltiin osittain johtuvan ongelmista lämmitysverkostossa, mutta myös siitä, että ilmanvaihtokone on alun perin toteutettu kaksinopeuksiseksi, mutta muutettu toimimaan vain yhdellä nopeudella. Tästä johtuen epäiltiin, että ilmanvaihto- koneen lämmityspatteria ei ole mitoitettu täydelle ilmavirralle kovilla pakkasilla. Selvi- tyksessä todettiin myös, että koneella on pitkät käyntiajat vaikka liikuntasaliin on asen- nettu lisäaikakytkin, mutta sitä ei haastatteluiden perusteella käytetä.

Luokkien ilmanvaihdon tuloilman lämpötilan todettiin olevan alhainen asetusarvoonsa nähden, minkä arveltiin johtuvan pääasiassa lämmitysverkostossa olevista ongelmista. Luokkakohtaisia ilmavirtoja ei lähdetty laajamittaisesti mittaamaan, sillä rakennuksen ilmanvaihtopiirustukset eivät olleet tutkimuksen aikana käytössä. Luokkatiloihin tehtiin kuitenkin pistokoeluontoisia mittauksia. Niiden perusteella todettiin tuloilmavirtojen olevan useassa luokkatilassa poistoilmavirtaa huomattavasti suurempia. Lisäksi havait- tiin, että poistoilmaventtiilit on käännetty suurimpaan mahdolliseen asentoon, mikä viit- tasi, että tilannetta on pyritty jossain vaiheessa parantamaan.

Hammashoitotiloille rakennuksessa on erillinen ilmanvaihtokone jonka tuottaman suurimman ilmavirran todettiin kuitenkin olevan tilojen käyttötarkoitukseen nähden liian pieni.



#### 4.2 Yhteenveto havaituista ongelmista ja niihin johtaneista syistä

Yhteistä kohteissa havaituille ongelmille olivat, lähtötilanteiden sekä selvitysten perusteella, sisäilman lämpötilaongelmat, ilman laadun taso, mikä ilmeni mm. tunkkaisuuden tunteena, veto-ongelmat sekä poikkeavuudet energiankulutuksessa. Oheisessa taulukossa on esitetty yhteenvetona kokemuksen perusteella sekä käyttäjiltä tulleen tiedon perusteella selvityskohteissa esiintyneitä ongelmia sekä tehtyjen selvitysten perusteella löydettyjä mahdollisia ongelmien aiheuttajia. Selvityksissä keskityttiin talotekniikan vaikutuksiin ongelmien aiheuttajina, eikä esimerkiksi rakenteellisia ongelmia ja tai psykososiaalisia vaikutuksia juurikaan ole otettu huomioon. Esimerkiksi vedon tunteeseen saattavat monesti liittyä myös huonot ikkuna- ja ovitiivisteet tai tilassa esiintyvät kylmät pinnat, mutta niitä ei tässä yhteydessä ole tarkalla tasolla tarkasteltu. Lisäksi taulukossa 8 on esitetty tehtyjen tutkimusten perusteella ehdotettuja sekä yleisiä korjausehdotuksia joilla ongelmien aiheuttajien vaikutus ongelmien syntyyn on mahdollista poistaa tai ainakin vähentää sitä.

Taulukko 8. Yhteenveto esiintyneistä ongelmista ja niiden mahdollisista aiheuttajista.

esiintynyt ongelma	mahdollinen aiheuttaja	korjausehdotuksia
sisäilman lämpötilat epätasaisia	<ul style="list-style-type: none"> <li>- elinkaarensa ohittaneet termostaattiventtiilit</li> <li>- epätasaiset ilmavirrat</li> <li>- väärä pumppujen ohjaustapa</li> <li>- rikkoutunut paisuntasäiliö</li> <li>- "väärät" tuloilman kompensointikäyrät</li> </ul>	
sisäilma tuntuu tunkkaiselta	<ul style="list-style-type: none"> <li>- epätasaiset ilmavirrat</li> <li>- liian pienet kokonaisilmavirrat</li> <li>- ilmanvaihdon pakkaspuolituksen korkea asetusarvo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- patteriventtiilien ja termostaattien uusinta</li> </ul>
sisäilmassa esiintyy hajuja	<ul style="list-style-type: none"> <li>- epätasaiset ilmavirrat</li> <li>- liian pienet kokonaisilmavirrat</li> <li>- huonokuntoiset lattiakaivot ja tukkeutuneet tuuletusviemärit</li> <li>- tiivistämättömiä läpivientejä</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- patteriverkoston tasapainotus</li> <li>- pumppujen ohjaustavan muutos</li> <li>- paisuntasäiliöiden tarkastus ja korjaus</li> <li>- asetusarvojen tarkistaminen ja tarvittaessa muuttaminen</li> </ul>
vedon tunne	<ul style="list-style-type: none"> <li>- epätasaiset ilmavirrat</li> <li>- elinkaarensa ohittaneet termostaattiventtiilit</li> <li>- "väärät" tuloilman kompensointikäyrät</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ilmavirtojen säätäminen ja tarvittaessa ilmanvaihdon saneeraus</li> <li>- lattiakaivojen korjaus ja huolto</li> <li>- tuuletusviemäreiden tarkastus ja tarvittaessa aukaisu</li> </ul>
poikkeava energiankulutus	<ul style="list-style-type: none"> <li>- elinkaarensa ohittaneet termostaattiventtiilit</li> <li>- epätasaiset ilmavirrat</li> <li>- liian pienet kokonaisilmavirrat</li> <li>- väärä pumppujen ohjaustapa</li> <li>- rikkoutunut paisuntasäiliö</li> <li>- "väärät" tuloilman kompensointikäyrät</li> <li>- rikkoutunut paisuntasäiliö</li> <li>- ilmanvaihtokoneita ilman lämmöntalteenottoa</li> <li>- sähkölämmitteisiä ilmanvaihtokoneita</li> <li>- käyttöön nähden pitkät käyntiajat</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- läpivientien tiivistys</li> <li>- lämmöntalteenoton lisääminen</li> <li>- ilmanvaihtokoneiden uusinta</li> </ul>

Ongelmien aiheuttajien havaittiin liittyvän erityisesti ilmanvaihtoon sekä lämmitysjärjestelmien toimintaan. Ilmanvaihdossa erityisesti korostuivat kokonaisilmavirtojen riittämättömyys tilojen käyttötarkoitukseen nähden sekä tilakohtaisten ilmavirtojen epätasainen jakautuminen rakennuksessa. Lämmitysjärjestelmissä erityisesti huomioitavaa olivat teknisen käyttöikänsä ylittäneet termostaattiset patteriventtiilit. Selvityksissä havaittiin, että etenkin tiloissa joissa tuloilmavirta on huomattavasti tilan poistoilmavirtaa suurempi, koetaan käyttäjien puolelta useammin sisäilman tunkkaisuutta.

Lisäksi voidaan olettaa, että useimmilla ongelmien aiheuttajilla on vaikutusta myös rakennusten energiankulutukseen sekä sen vuorokautiseen jakaumaan ja tehdä johtopäätös, että saattamalla olosuhteet haluttuun tavoitetasoon, myös energiankulutus ja sen jakauma asettuvat luultavasti lähelle optimaalista ja tavoiteltavaa tasoa.

## 5 JOHTOPÄÄTÖKSET

### 5.1 Ongelmien havaitseminen

Usein ongelmien aiheuttajien havaittiin liittyvän ilmanvaihtoon sekä lämmitysjärjestelmien toimintaan. Ilmanvaihdossa korostuivat erityisesti kokonaisilmavirtojen riittämättömyys tilojen käyttötarkoitukseen nähden sekä tilakohtaisten ilmavirtojen epätasainen jakautuminen rakennuksessa. Lämmitysjärjestelmissä korostuivat mm. teknisen käytökänsä ylittäneet termostaattiset patteriventtiilit ja niiden aiheuttamat ongelmat lämpötiloissa.

Monia ongelmia aiheuttavista vioista ja puutteista on mahdollista korjata erilaisilla säätöteknisillä toimenpiteillä, kuten ilmamäärien tarkastamisella ja säätämällä sekä patteriverkoston termostaattien ja venttiileiden uusimisella ja verkoston tasapainottamisella. Ongelmat saattavat kuitenkin olla myös sellaisia, että yksittäisillä säätöteknisillä toimenpiteillä ei ole niitä mahdollista ratkaista. Tällainen saattaa olla esimerkiksi tilanne, missä rakennuksen käyttäjämäärät ja tilojen käyttötarkoitukset ovat muuttuneet alkuperäisestä, jolloin esimerkiksi ilmanvaihdon saattaminen toimivaksi, voi vaatia suuremman saneerauksen mihin liittyy mm. ilmanvaihtokoneiden uusimista ja kanavointimuutoksia.

Säätöteknisissä ongelmissa korjaaminen voi olla hyvinkin yksinkertaista ja kustannuksiltaan vähäistä. Ongelman korjaamiseen saattaa parhaassa tapauksessa riittää yhden asetusarvon muuttaminen rakennusautomaatiojärjestelmässä. Toisaalta taas tilanteessa missä esimerkiksi tilojen käyttäjämäärät tai käyttötarkoitukset ovat muuttuneet tai tekniikka on saavuttanut elinkaarensa lopun ja sisäilmasto-olosuhteiden saattaminen hyvälle tasolle vaatisi suurempaa saneerausta, myös kustannukset kasvavat huomattavasti. Tästä syystä tulisi varsinkin tilamuutoksia suunniteltaessa, ottaa aina huomioon myös talotekniikan vaatimukset muuttuville tiloille ja muutosten vaikutus sisäilmasto-olosuhteille.

Tehtyjen selvitysten perusteella voidaan kuitenkin todeta, että lähtökohtana tulee olla ongelman tunnistaminen, eli poikkeamien havaitseminen tavoitelluissa olosuhteissa tai energiankulutuksessa. Kun ongelma on tunnistettu, voidaan sen aiheuttavia syitä kartoittaa tarkastelemalla perusteellisemmin taloteknisten järjestelmien toimintaa. Mahdollis-

sesti ongelman syntyyn vaikuttavien taloteknisten syiden löydyttyä on mahdollista laatia suunnitelma niiden poistamiseksi ja tällä keinoin poistaa talotekniikan vaikutus ongelmien syntyyn. Olennaista on kuitenkin ymmärtää ero ongelman ja sen aiheuttavien syiden välillä. Monesti voi olla kannattavaa tarkastella ongelman aiheuttajaa ja varsinkin ratkaisuehdotuksia useasta näkökulmasta. Esimerkiksi ongelman aiheuttajana ei välttämättä ole kannattavaa aina tarkastella pelkästään riittämätöntä ilmanvaihtoa, vaan ongelman voidaan katsoa johtuvan myös tilojen ilmanvaihtoon nähden väärästä käyttötavasta, jolloin voi olla hyödyllistä tarkastella ratkaisuvaihtoehtoja myös tästä näkökulmasta. Monesti saatetaankin pitää varsinaisena ongelmana esimerkiksi huonoa ilmanvaihto- tai lämmitysjärjestelmää, vaikka ongelmana tulisi kuitenkin käsitellä esimerkiksi liian lämmintä tai tunkkaista sisäilmastoa, mikä taas voi olla seurausta useammasta eritekijästä. Keskittymällä varsinaiseen ongelmaan voidaan rakennusta ja sen käyttöä tarkastella kokonaisuutena ja pyrkiä löytämään ratkaisu itse ongelman poistamiseksi, eikä vain yksittäisen vian korjaamiseksi.

Taloteknisten järjestelmien toiminnan kannalta korostuvat erityisesti lämpöolosuhteiden ja hiilidioksidipitoisuuksien havainnointi. Tilojen välisten lämpötilojen perusteella voidaan havaita ongelmia esimerkiksi lämmitysjärjestelmän toiminnassa. Vertailemalla huonelämpötiloja esimerkiksi ilmanvaihdon sisäänpuhalluslämpötiloihin eri vuorokauden aikoina erilaisissa käyttötilanteissa voidaan tarkastella järjestelmien keskinäisiä riippuvuussuhteita. Yksistään sisäilman hiilidioksidipitoisuuden perusteella ei voida välttämättä vielä sanoa paljoakaan sisäilman laadusta, sillä sisäilmaston epäpuhtauksia on huomattavasti useampia kuin pelkkä hiilidioksidi. Kuitenkin hiilidioksidipitoisuuden mittaukset ovat kustannuksiltaan kohtuullisia järjestää verrattuna useisiin muihin epäpuhtauksiin ja mittauksia voidaan käyttää esimerkiksi yleisenä indikaattorina ilmanvaihdon toimivuudesta kun tiloissa on ihmisiä. Mikäli hiilidioksidipitoisuudet joissain tiloissa nousevat huomattavasti muita tiloja suuremmiksi voidaan tehdä päätelmiä, että ilmanvaihdon toimintaa on syytä tarkastella tarkemmin. Olosuhteiden tulee olla helposti seurattavissa, jotta niiden seuranta varsinkin suurilla rakennusmassoilla on mahdollista. Tässä yksi apukeino voivat olla esimerkiksi rakennusautomaatiojärjestelmät, joihin voidaan, varsinkin rakennusvaiheessa, helposti ja kohtuullisin kustannuksin lisätä olosuhdemittauksia. Nykyaikaisten rakennusautomaatiojärjestelmien kautta olosuhteiden valvonta ja seuranta voidaan tehdä hyvinkin helpoksi, jolloin huoltohenkilöstön on mahdollista seurata sisäilmasto-olosuhteiden tilaa ja puuttua havaittuihin poikkeamiin joko selvittämällä ongelman syy itse tai ilmoittamalla siitä eteenpäin kiinteistönomistajalle.

Seuranta edellyttää kuitenkin, että olosuhteille on asetettu tavoitearvot, joihin toteutuneita olosuhteita verrataan. Tärkeää on myös, että rakennuksen energiankulutukselle on asetettu tavoitteet millä tavoitellut olosuhteet tulisi tuottaa.

Karkeasti voidaan olettaa, että tuottamalla tavoitellut olosuhteet tavoitellulla energiankulutuksella rakennuksen tekniset järjestelmät toimivat halutulla tavalla ja mikäli näissä havaitaan poikkeamia, tulee syy poikkeamaan selvittää.

## 5.2 Ongelmien korjaaminen

Monet ongelmien syihin liittyvät korjaukset ovat luonteeltaan sellaisia, että ne vaativat usein suurempaa korjausta tai peräti investointia. Kiinteistöhuollon tehtävänä siis korostuu ongelmien havainnointi sekä mahdollisten ongelman aiheuttajien kartoittaminen. Kiinteistön omistajan tehtäviin kuuluu tällöin tarvittavien lisäselvitysten ja korjausten teettäminen. Monet tarvittavista korjauksista ovat kuitenkin sellaisia, että ne vaativat suunnittelua ja toteutusvaiheen valvontaa, jotta päästään haluttuun lopputulokseen. Tällaista työtä nykykäytäntöjen mukaisesti järjestetyillä kiinteistöhuoltopalveluilla ei kuitenkaan ole mahdollista saavuttaa, mistä syystä korostuu yhteistyön merkitys kiinteistön ylläpidosta vastaavan tahon sekä kiinteistöjä rakennuttavan tahon välillä.

Kun tunnetaan kiinteistöhuoltopalveluiden nykyinen, ns. perinteinen toiminta- ja hankintatapa, voidaan edellä todettujen päätelmien perusteella todeta, että nykyisellä toimintatavalla kiinteistöhuollon pääasialliseksi tehtäväksi muodostuu ainoastaan mahdollisten olosuhteissa esiintyvien ongelmien esiintuonti kiinteistönomistajalle. Tämä on sinällään tavoiteltavaakin, mutta on huomattava, että mikäli kummaltakin osapuolelta puuttuvat resurssit ja asiantuntemus todellisen ongelman selvittämiseksi sekä korjauksen eteenpäinviemiseksi, kasvavat riskit korjaustoimien epäonnistumiseen. Lisäksi riskinä on, että korjaukset kohdistuvat vain yksittäisen vian korjaamiseen, eikä kokonaisuutta osata hahmottaa riittävän tarkasti, jolloin pahimmassa tapauksessa ongelman aiheuttava syy saattaa vain muuttua tai itse ongelma muuttua muotoaan.

Selvityksissä todettujen, ongelmia aiheuttaneiden, syiden perusteella voidaankin esittää päätelmä, että nykyinen malli kiinteistöhuoltopalveluiden järjestämiseksi, missä on keskitytty pääasiassa teknisten järjestelmien kunnan ylläpitämiseen, eikä niinkään niiden toiminnalla aikaansaatujen olosuhteiden tarkkailuun, saattaa johtaa rakennuksen

sisäilmasto-olosuhteiden kannalta epäonnistuneeseen tilanteeseen. Tällaisessa tilanteessa yksittäinen laite tai jopa yksittäinen tekninen järjestelmä saattaa olla täysin toimintakuntoinen, mutta niiden toiminnan vaikutuksia olosuhteisiin ja toisiin järjestelmiin ei tunneta. Yksinkertaisena esimerkkinä voidaan pitää tuloilman lämpötilaa. Ilmanvaihtokone saattaa toimia aivan oikein ja tuottaa juuri asetusarvon mukaisesti lämmitettyä tuloilmaa, mutta ei tiedetä onko aseteltu lämpötila tilan olosuhteisiin ja lämmitysjärjestelmän toimintaan nähden oikea.

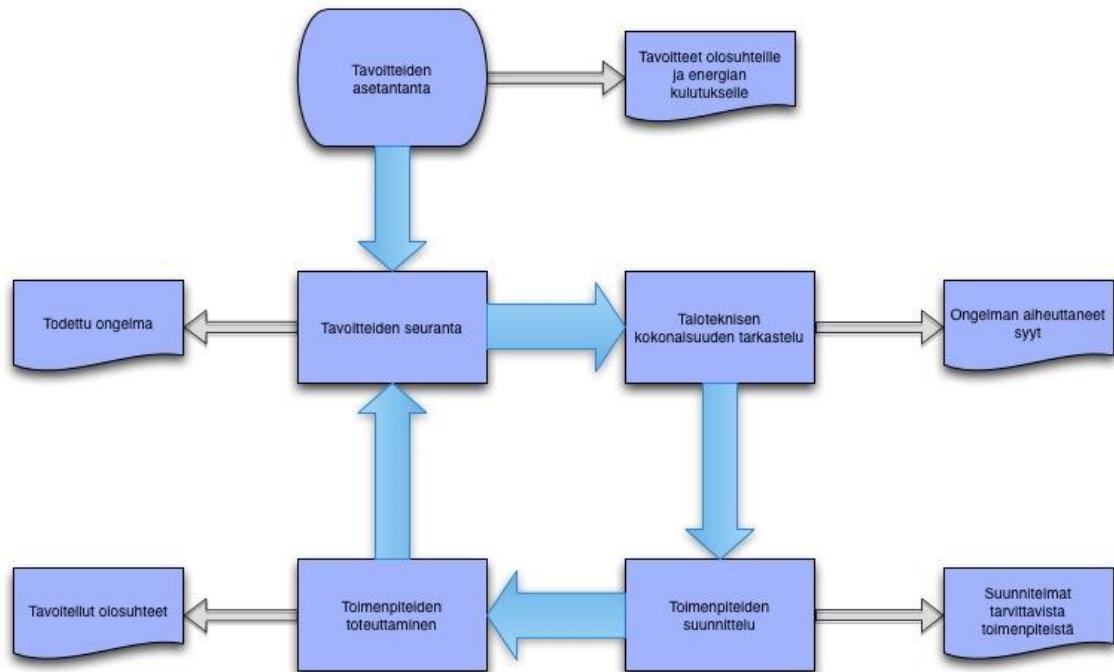
Havaittujen ongelmien korjaamiseksi tarvitaan siis riittävästi asiantuntemusta selvittää ongelmien todellinen syy sekä riittävät resurssit tehdä tarvittavat korjaukset.

### **5.3 Jatkokehitystarpeet**

Kuten edellä on todettu, monet olosuhteissa esiintyvät ongelmat saattavat olla joko vaikeasti havaittavissa tai niiden havaitseminen vaatii huomattavan määrän työtä. Myöskään perinteisesti järjestetyn kiinteistönhoidon malli ei välttämättä tarjoa vastauksia ongelmien syiden löytämiseksi tai niiden poistamiseksi.

Kiinteistön omistajan tulee kiinnittää entistä enemmän huomiota rakennusten teknisillä järjestelmillä tuotettujen olosuhteiden ja niiden tuottamiseen tarvittavan energian seurannan järjestämiseen. On tärkeää, että tietyt määräaikaishuollot ja laitteistoon liittyvät tarkastustehtävät suoritetaan edelleen huolto-ohjelman mukaisesti, mutta on syytä nostaa esiin olosuhteisiin sekä energiankulutukseen liittyvien tavoitteiden asettelun ja seurannan merkitys. Asetetut tavoitteet ja niiden seuranta tulisikin saattaa osaksi huolto-ohjelmaa ja tuoda sitä kautta osaksi kiinteistönhuollon palvelukuvauksia. Tämä edellyttää, että rakennuksiin on rakennettu riittävän kattavat järjestelmät joilla olosuhteita ja energiankulutusta voidaan mahdollisimman helposti ja kattavasti seurata. Mikäli järjestelmät on tehty sellaisiksi, että seuranta onnistuu helposti esimerkiksi etäseurantana rakennusautomaatiojärjestelmän valvomon kautta, eivät jatkuvasta seurannasta aiheutuvat kustannukset nouse tarpeettoman suuriksi verrattuna tilanteeseen missä seuranta tarvitsee tehdä paikanpäällä esimerkiksi mittaamalla erikseen jokaisen huonetilan lämpötiloja. Liittämällä mittauksia rakennusautomaatiojärjestelmään voidaan varmistaa myös historiatietojen säilyminen. Lisäksi kiinteistönomistajan tulee huomioida palveluita hankkiessaan, että hankittavilla palveluntuottajilla on riittävä osaaminen ja resurssit seurata olosuhdetavoitteiden toteutumista ja tarvittaessa selvittää poikkeamiin johtaneet

syyt. Kuvassa 4 on esitetty periaatteellinen kuva tavoitteiden merkityksestä kiinteistön ylläpidonprosessissa ja niiden kulkemisesta mukana rakennuksen elinkaaren aikana.



Kuva 4. Tavoitteellisen kiinteistön ylläpidon prosessi

Havaintojen perusteella on tunnistettu seuraavat jatkokehitystarpeet:

- rakennusten sisäilmasto-olosuhteille sekä niiden tuottamiseen tarvittavalle energialle tulee asettaa seurattavat tavoitteet
- rakennusten tekniset järjestelmät on rakennettava siten, että tavoitteiden toteutumisen seuranta on mahdollisimman helppoa ja yksinkertaista
- kiinteistöpalveluita hankittaessa tulee ottaa huomioon asetellut tavoitteet ja niiden seuranta sekä siihen tarvittava osaaminen
- käytännön kiinteistöhuoltotyötä tekevän tahon havaintojen tulee johtaa havaittujen ongelmien syiden selvittämiseen ja selvitettyjen syiden korjaamiseen
- palveluita tuottavien tahojen tulee kehittää entistä enemmän asiantuntijapalveluita perinteisten kiinteistöhuoltopalveluiden rinnalle

Tuomalla tavoitteellisuus entistä enemmän osaksi kiinteistöpalveluita ja ottamalla tavoitteiden asettaminen ja seuranta huomioon jo rakennusten suunnitteluvaiheessa saadaan tästä aiheutuvat mahdolliset lisäkustannukset katetuksi tehokkaammalla energian käytöllä sekä vähentämällä ennakoimatonta kunnossapitotarvetta. Lisäksi käyttäjätyytyväisyys lisääntyy parantuneiden sisäilmasto-olosuhteiden myötä.

## LÄHTEET

Brothers, P. 1997. Work Environment – Design for Productivity. Workshop presentation at the international Conference: Healty Buildings 97. Washington DC, USA.

Corgnati, S. P. & Silva, M. G. (toim.). 2011. Indoor Climate Quality Assessment. Rehva guidebook no 14. Bryssel: Rehva.

D2 Sisäilmasto ja ilmanvaihto. Määräykset ja ohjeet. 2012. Suomen rakentamismääräyskokoelma.

D3 Rakennusten energiatehokkuus. Määräykset ja ohjeet. 2012. Suomen rakentamismääräyskokoelma.

D5 Rakennusten energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta. Luonnos 14.3.2012. Suomen rakentamismääräyskokoelma.

Hanssen, S-O. 1997. Economical consequences of poor indoor air quality and its relation to the building operating costs. Proc. EuroFM/IFMA Conference & Exhibition. Torino, Italy pp. 1-21. International Facility Management Association.

Hanssen, S-O. 2002. Role of Human Exposure Assessment in Urban Air Quality Management. Proceedings from a joint WHO-JRC-ECA Workshop: The Economics of Good Indoor Air Quality. Bonn, Germany. 14–15 October 2002.

Hiekkanen, M. & Marttila, M. & Äijälä, S. 1992. Tavoitteellinen kiinteistönpito. Helsinki: Kiinteistöalan kustannus Oy.

Kangasluoma, M. (toim.). 2008. Kiinteistönhoidon käsikirja. Helsinki: Kiinteistöalan kustannus Oy.

KH 11–20010. 1988. Kiinteistön laitteiden ja järjestelmien tavoitteellinen käyttö ja huolto. Rakennustietosäätiö.

KH X4-00439. 2010. Kiinteistöpalveluiden hankintaprosessin kulku. Operatiivinen kiinteistöjohtaminen. Rakennustieto Oy.

KH X4-00440. 2010. Kiinteistöpalveluiden hankintaprosessin kulku. Kiinteistöhoitopalvelut. Rakennustieto Oy.

KH X4-00455. 2010. Kiinteistöhoitopalveluiden hankinta. Tarjouspyynnön laatiminen. Rakennustieto Oy.

KH X4-00458. 2010. Toimitilakiinteistön kiinteistöhoitopalveluiden hankinta. Sopimusohjelman laatiminen. Rakennustieto Oy.

KH X4-00459. 2010. Toimitilakiinteistön kiinteistöhoitopalveluiden hankinta. Palvelukuvauksen laatiminen. Rakennustieto Oy.

KH X4-00460. 2010. Kiinteistöhoitopalveluiden hankinta. Kiinteistöhoitosopimuksen laatiminen. Rakennustieto Oy.



KH X4-00461. 2010. Kiinteistöpalveluiden hankinta. Tarjouspyyntö- ja sopimusasia-kirjat. Rakennustieto Oy.

KH 10-00353. 2004. Kiinteistön energian- ja vedenkulutuksen tunneittainen seuranta. Rakennustietosäätiö.

KH 31-00099. 1987. Valaistusvoimakkuuden mittaaminen. Rakennustietosäätiö.

KH10-00105. 1987. Rakennusautomaatiolla hoidettavat tehtävät. Rakennustietosäätiö.

Kiinteistöliiketoiminnan sanasto. 2. laitos. 2012. RAKLI ry

KiinteistöRYL. 2009. Rakennustieto Oy.

Kosteus- ja hometalkoot. 2012. Luettu 11.10.2012.

<http://uutiset.hometalkoot.fi/talkootiedot/talkoissa-nikkaroitua.html>

Murtomaa, P. Suunnitelmat. Teoksessa: Murtomaa, P. (toim.). 1996. Kiinteistönpidon tekniikka, talous ja hallinto. Tampereen teknillinen korkeakoulu. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Myyryläinen, L. 2008. Kiinteistön teknisen huollon käsikirja. Helsinki: Kiinteistöalan kustannus Oy.

Nousiainen, M., Junnonen, J-M & Junnila, S. 2006. Energiahallintapalveluiden kehittäminen kiinteistöpalvelualalla. Teknillisen korkeakoulun rakentamistalouden laboratorion selvityksiä 63. Espoo.

Puhto, J. & Tiainen A. 2001. Kiinteistönhoidon hankintaprosessin kehittäminen. Teknillisen korkeakoulun rakentamistalouden laboratorion raportteja 198. Espoo.

Pulakka, S., Heimonen, I., Junnonen, J-M. & Vuolle, M. 2007. Talotekniikan elinkaari-kustannukset. VTT tiedotteita 2049. Espoo.

SFS-EN 13306. 2010. Kunnossapito. Kunnossapidon terminologia. Metalliteollisuuden Standardisointiyhdistys ry.

SFS 5511. 1989. Ilmastointi. Rakennusten sisäilmasto. Lämpöolojen kenttämittaukset. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS ry.

SFS 5512. 1992. Ilmastointi. Ilmavirtojen ja painesuhteiden mittaus ilmastointilaitoksissa. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS ry.

SFS 5907. 2006. Rakennusten akustinen luokitus. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS ry.

SFS 5517. 1992. Ilmastointi. Ilmastointijärjestelmän vastaanottomittaukset. Äänimittaukset. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS ry.

SFS-EN 12464-1. 2011. Valo ja valaistus. Työkohteiden valaistus. Osa 1: Sisätilojen työkohteiden valaistus. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS ry.

Sisäilmastoluokitus. Sisäympäristön tavoitearvot, suunnitteluohjeet ja tuotevaatimukset. 2008. Sisäilmayhdistys ry.

Seppänen, O. 2001. 2. painos. Rakennusten lämmitys. Helsinki: Suomen LVI-liitto.

Seppänen, O. 2004. Tuottava toimisto 2005. Teknillinen korkeakoulu. LVI-tekniikan laboratorio. Raportti 77.

ST-käsikirja 17. 2012. Rakennusautomaatiojärjestelmät. 3. painos. Espoo: Sähköinfo Oy.

Terveelliset tilat. 2012. Sisäilmayhdistys. Luettu 11.10.1012.  
[http://www.sisailmayhdistys.fi/portal/terveelliset\\_tilat/](http://www.sisailmayhdistys.fi/portal/terveelliset_tilat/)

Wargocki, P. 2004. Sensory pollution sources in buildings. Indoor Air 14/2004, 82-91.

Wargocki, P & Seppänen, O. (toim.). 2006. Indoor Climate and Productivity in Offices. Rehva guidebook no 6. Bryssel: Rehva.

Wyon, D.P. ja Wargocki, P. 2006. Room temperature effects on office work. Croome, D. (toim.) Creating the Productive Environment.

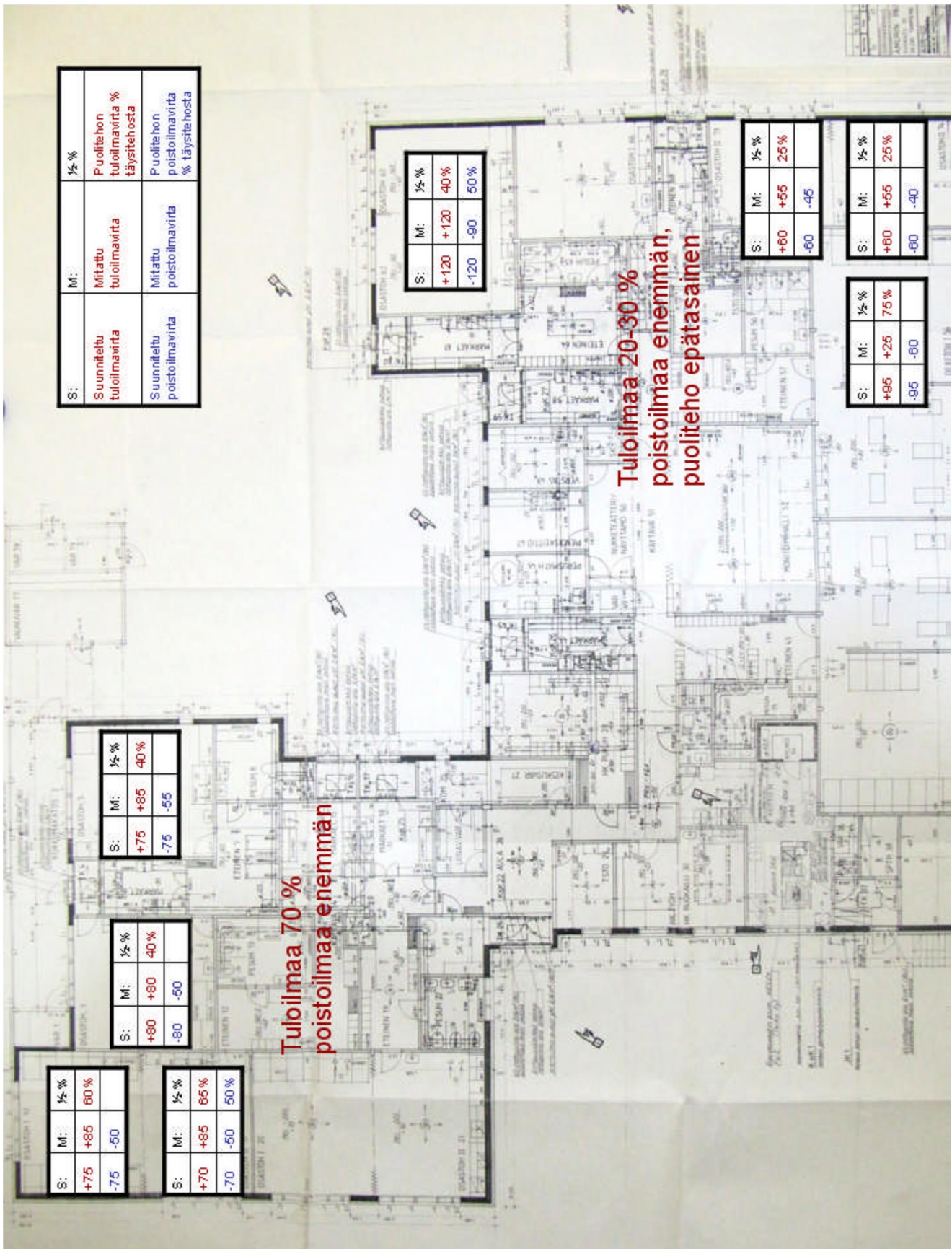
**LIITTEET**

LIITE 1. Yhteenveto pistokokein tehdystä ilmavirtojen tarkastelusta päiväkodissa.

LIITE 2. Pistokokein tehtyjä ilmavirtojen tarkistuksia päiväkodissa.

LIITE 3. Kuvia havaituista ongelmista

## LIITE 1. Yhteenvedo pistokokein tehdystä ilmavirtojen tarkastelusta päiväkodissa.

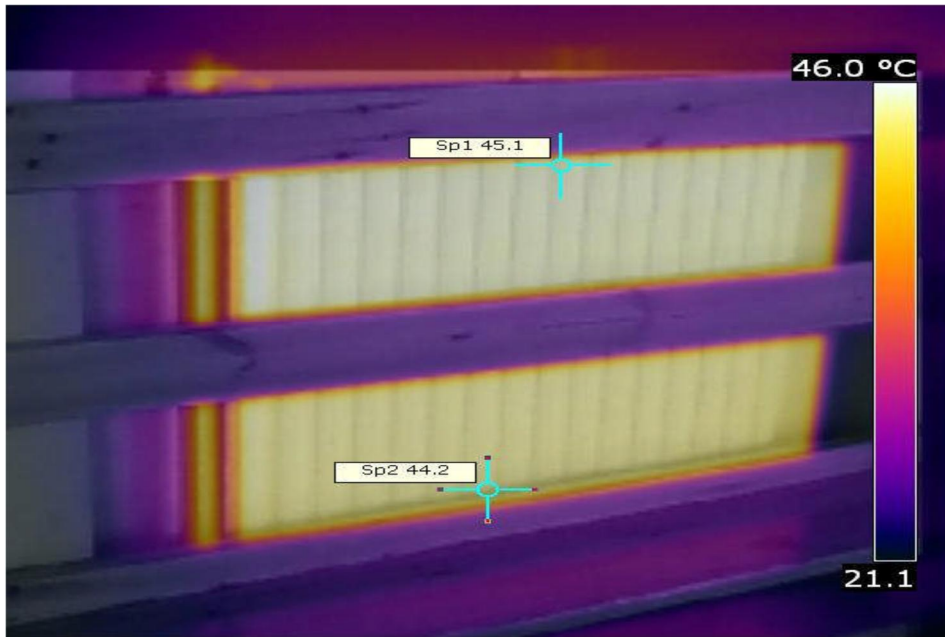


## LIITE 2. Pistokokein tehtyjä ilmavirtojen tarkistuksia päiväkodissa.

Huone	Tuloilmakone	Huippumuri (poistoilmakone)	Tuloilma: Suunniteltu / Mitattu (% suunnitellusta)	Poistoilma: Suunniteltu / Mitattu (% suunnitellusta)
Ryhmähuone 101	TK03	TK03PF02	100 110 (110%)	-90 -70 (80 %)
Ryhmähuone 108	TK03	TK03PF02	100 85 (85%)	-90 -80 (90%)
Pienoiskeittiö 111	TK03	TK03PF02	30 40 (133%)	-30 -30 (100%)
Pienryhmä 112	TK03	TK03PF02	30 40 (133%)	-30 -30 (100%)
Vesileikki 113	TK03	TK03PF02	30 40 (133%)	-30 -30 (100%)
WC-pesuhuone 109		TK03PF02	-	-60 -50 (85%)
WC-pesuhuone 103		TK03PF02	-	-40 -60 (150%)
Ryhmähuone 125	TK03	TK03PF02	100 100 (100%)	-100 -85 (85%)
Märkäeteinen 104		TK03PF02	20 20 (100%)	-20 <sup>1)</sup> -20 (100%)
Märkäeteinen 106		TK03PF02	20 10 (50%)	-20 <sup>1)</sup> -10 (50%)
Ryhmähuone 128	TK03	TK03PF01	50 45 (90%)	-50 -45 (90%)
Työhuone 131	TK03	TK03PF01	30 30 (100%)	-30 -30 (100%)
WC 122		TK03PF01	-	-20 -30 (150%)
WC-pesuhuone 123		TK03PF01	-	? <sup>2)</sup> -35
Märkäeteinen 127	TK03	TK03PF01	20 ei mitattu	-20 <sup>1)</sup> alle -20
Tuulikaappi 139	TK03	TK03PF01	? <sup>2)</sup> 10	? <sup>2)</sup> -35
Ryhmähuone 143	TK02	TK02PF02	50 100 (200%)	-50 -50 (100%)
WC 151 ja pesuhuone 152		TK02PF02	-	-50 -40 (80%)
WC 150		TK02PF02	-	-10 <sup>1)</sup> -10 (100%)
WC-pesuhuone 147		TK02PF02	-	-40 -40 (100%)
Ruokasali 162	TK02	TK02PF01	60 70 (120%)	-60 -55 (90%)
Ryhmähuone 178	TK02	TK02PF01	50 70 (140%)	-50 -50 (100%)
Ryhmähuone 179	TK02	TK02PF01	100 80 (80%)	-100 -90 (90%)
Lepo- ja leikkihuone 198	TK02	TK02PF01	100 25 (25%)	-100? <sup>2)</sup> Ei asteikolla, alle -10
Ruokailu- ja askarteluhuone 1101 ja tuulikaappi 1100	TK02	TK02PF01	50 40 (80%)	? <sup>2)</sup> -10
WC-pesuhuone 172		TK02PF01	-	-40 -40 (100%)
WC-pesuhuone 166		TK02PF01	-	-20 -20 (100%)
WC-pesuhuone 182		TK02PF01	-	-40 -35 (90%)
WC 168		TK02PF01	-	-20 <sup>1)</sup> -15 (75%)
Vaunuteinen 191	TK02	TK02PF01	20 15	-20 <sup>1)</sup> -20 (100%)
WC-pesuhuone 194		TK02PF01	-	-40 -40 (100%)
WC-pesuhuone 195		TK02PF01	-	-40 -40 (100%)
WC-pesuhuone 199		TK02PF01	-	? <sup>2)</sup> -20



## LIITE 3. Kuvia havaituista ongelmista



Kuva 5. Lämpökamerakuva kertoo mahdollisesti tarpeettoman suuresta virtaamasta patteriverkostossa



Kuva 6. Rikkinäinen patteritermostaatti



Kuva 7. Heittokuvioon nähden liian lähelle kattoa asennettuja tuloilmahajottajia