



Energiätehokkuuden kehittäminen
optimoimalla toimintaa – ETKOT

OHJEISTUKSET TARPEENMUKAISEEN ILMANVAIHTOON JA LÄMMITYKSEEN

Tuija Korpela & Erja Tuliniemi & Hannu Sarvelainen



Kaakkois-Suomen
ammattikorkeakoulu

Tuija Korpela & Erja Tuliniemi & Hannu Sarvelainen

Energiatehokkuuden kehittäminen
optimoimalla toimintaa – ETKOT

OHJEISTUKSET TARPEENMUKAISEEN ILMANVAIHTOON JA LÄMMITYKSEEN



Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020

XAMK KEHITTÄÄ 110

**KAAKKOIS-SUOMEN AMMATTIKORKEAKOULU
KOTKA 2020**

© Tekijät ja Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu

Taitto ja Paino: Grano Oy

ISBN: 978-952-344-243-6 (Nid.)

ISBN: 978-952-344-244-3 (PDF)

ISSN: 2489-2467 (Nid.)

ISSN 2489-3102 (verkkajulkaisu)

julkaisut@xamk.fi

ESIPUHE

Tässä ”Ohjeistukset tarpeenmukaiseen ilmanvaihtoon ja lämmitykseen” -teoksessa on esitetty Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulun Metsä, ympäristö ja energia vahvuus-alan soveltavan tutkimuksen Energiatohokkuuden kehittäminen optimoimalla toimintaa (ETKOT) -kehityshankkeen tuloksia kiinteistöjen tarpeenmukaisesta energiankäytöstä. Hankkeella on vastattu maakunnan tarpeeseen, kiinteistöjen tarpeenmukainen energiankäyttö. Toiminta-alueena on ollut Kymenlaakso, mutta syntyneitä ohjeistuksia voidaan soveltaa kansallisesti ja kansainvälisesti.

Ohjeistuksen ensimmäinen osio keskittyy aktiivisesti käytössä olevien kiinteistöjen tarpeenmukaiseen ilmanvaihtoon. Toisessa osiossa käydään läpi vajaakäyttöisten kiinteistöjen energiankäytön optimointia sisälämpötilan ja ilmanvaihdon osalta. Ohjeistuksen tarkoituksena on herättää mielenkiintoa ja ajatuksia energiansäästötoimenpiteiden toteuttamisesta omissa kiinteistöissä ja samalla tuoda esille, kuinka toimia turvallisesti kiinteistön rakenteiden ja käyttäjien terveyden kannalta.

ETKOT-hankkeessa toteutettiin energiaselvityksiä hankkeen kumppaneiden kohteisiin. Kumppanit olivat Kotkan kaupunki ja Miehikkälän kunta. Tarkastelukohteita oli yhteensä kuusi ja ne olivat urheilutalo, pelastuskeskus, koulukiinteistöt, kunnantalo ja museo. Hankkeesta voi lukea lisätietoa hankkeen internetsivuilta (www.xamk.fi/etkot).

Ohjeistukset on tarkoitettu kiinteistöhuollossa työskenteleville ja muille kiinteistöjen energiatohokkuudesta kiinnostuneille. Ohjeistuksissa esitetyt havainnot ja huomiot pohjautuvat hankkeen aikana kerättyihin tietoihin ja tuloksiin.

Kiitos hankkeen päärahoittajalle, Kymenlaakson liitto Euroopan aluekehitysrahastosta, ja hankkeen kumppaneille onnistuneesta yhteistyöstä ja tutkimus- ja kehitystoiminnan mahdollistamisesta.

Tekijät

TEKIJÄT, KAAKKOIS-SUOMEN AMMATTIKORKEAKOULU

TUIJA KORPELA, DI, tutkimusinsinööri

Metsä, ympäristö ja energia

HANNU SARVELAINEN, DI, lehtori

Rakennus- ja energiatekniikan koulutusyksikkö

ERJA TULINIEMI, ins. (AMK), projektipäällikkö

Metsä, ympäristö ja energia

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	7
2	SISÄILMASTO JA ENERGIAATEHOKKUUS.....	8
3	OSA 1 - TARPEENMUKAINEN ILMANVAIHTO	9
3.1	Keskeiset ohjeet ja oppaat ilmanvaihdon mitoitukseen.....	9
3.2	Ilmanvaihdon mitoituksen yleiset periaatteet	10
3.2.1	Vakioilmavirtajärjestelmät.....	10
3.2.2	Tarpeenmukaisesti säätävät eli muuttuvilmavirtaiset järjestelmät.....	11
3.3	Huomioitavaa	11
3.3.1	Painetasot ja ilmavirrat	11
3.3.2	Tuloilman lämpötila ja suuntaus.....	12
3.3.3	Jatkuvatoiminen paine-eromittaus.....	12
3.4	CO ₂ -ohjattu ilmanvaihto ja suositukset antureiden sijainnille.....	12
3.5	Ilmanvaihtokoneiden optimointi.....	14
3.5.1	Ominais sähköteho	14
3.5.2	Lämmöntalteenotto.....	14
3.5.3	Jälkilämmityspatteri	15
3.6	Havaintoja mittauskohteissa.....	15
3.6.1	Koulu	15
3.6.2	Toimistorakennus.....	17
3.6.3	Urheiluhalli.....	17
4	OSA 2 - VAJAAKÄYTTÖISET KIINTEISTÖT	19
4.1	Yleistä vajaakäyttöisistä kiinteistöistä.....	19
4.2	Sisälämpötilan laskeminen.....	19
4.3	Ilmanvaihto.....	20
4.3.1	Ilmavirran pienentäminen	20
4.3.2	Tuloilman lämpötilan laskeminen	20
4.4	Lämpimän käyttöveden kiertojohto.....	21
4.5	Havaintoja mittauskohteissa	21
4.5.1	Tyhjillään oleva rakennus (2700 m ²).....	21
4.5.2	Vajaakäyttöinen rakennus (6530 m ²).....	24
4.5.3	Vajaakäyttöinen rakennus (250 m ²).....	25
5	YHTEENVETO	26
	LÄHTEET.....	27



1 JOHDANTO

Energiansäästötoimet ja energiankäytön tehokkuus ovat kehittyneet Suomessa suotuisasti. Tulosten taustalla ovat yrityksiin ja yhteisöihin kohdistuvat energiatehokkuuden ohjauskeinot energiakatselmusten toteutukseen ja vapaaehtoiisiin energiatehokkuussopimuksiin liittyen. Ohjauskeinot ovat menetelmiä EU:n energiatehokkuusdirektiivien toimeenpanoille, joita Suomi on velvollinen toteuttamaan. [1.]

Suomessa käytetystä energiasta kuluu 25 prosenttia rakennusten lämmitykseen [2]. Aikaisempien selvitysten perusteella ilmanvaihdon lämpöenergian kulutus on tyypillisesti 60 prosenttia rakennusten lämpöenergian kulutuksesta. Tämän vuoksi rakennuksen lämmitys ja ilmanvaihto on järkevä optimoida rakennuksen käyttötarkoitukseen nähden.

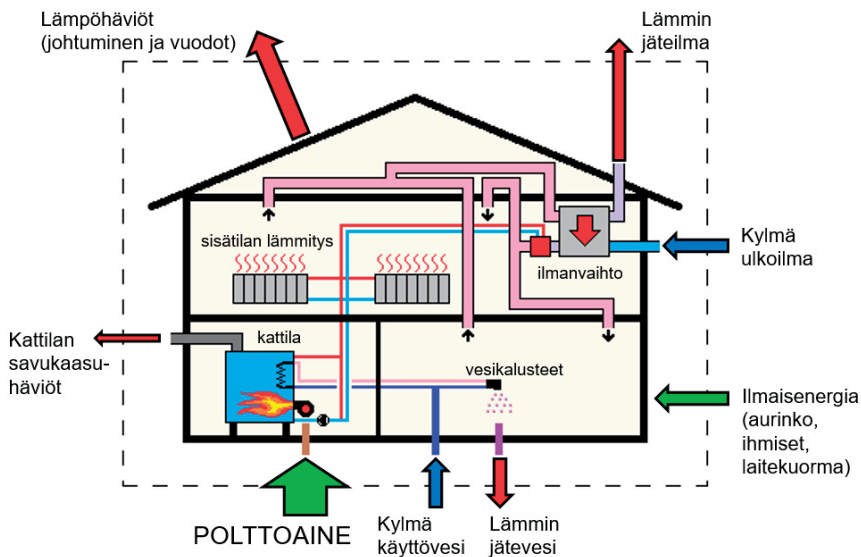
Ohjeistus koskee olemassa olevia rakennuksia, joissa ei ole rakenteellisia vaurioita tai muita sisäilmaolosuhteita heikentäviä tekijöitä. Vajaakäyttöisten kiinteistöjen energiankäytön ja aktiivisesti käytössä olevien kiinteistöjen ilmanvaihdon optimoinnin haasteisiin pyritään vastaamaan tällä ohjeistuksella. Ohjeistuksen lähtökohtana on tarjota pohja kiinteistön tarpeenmukaiselle energiankäytölle vaarantamatta sisäilman laatua tai rakenteita. Aiheet tuodaan esille tiiviisti teoriatasolla, samalla nostaen esille ETKOT-hankkeen aikana tehtyjä havaintoja ja kokemuksia. Kohderyhmänä on erityisesti kuntasektori, mutta ohjeistukset ovat sovellettavissa kaikkiin kiinteistöihin.

Ohjeistuksen ensimmäinen osio keskittyy aktiivisesti käytössä olevien kiinteistöjen energiankäytön tehostamiseen tarpeenmukaisen ilmanvaihdon ohjauksen avulla. Toisessa osiossa käsitellään vajaakäyttöisten kiinteistöjen energiankäytön optimointia keskittyen sisälämpötilaan ja ilmanvaihtokoneiden energiankulutukseen.

2 SISÄILMASTO JA ENERGIATEHOKKUUS

Energiatehokkuuden parantamisessa on kunnissa vielä paljon tehtävää. Pääosa toteutetuista energiatehokkuustoimista kohdistuu nykyään rakennuskannan ilmanvaihto- ja lämmitysjärjestelmien korjauksiin. Näitä varten olisi syytä lisätä vielä sähkö-, vesi- ja lämmönkulutusten kulutusmittauksia ja energianhallintajärjestelmien käyttöönottoa. Ei voida säästää, jos ei tiedä mistä säästää. [3.]

Rakennuskannan ylläpitohenkilökunta on energiatehokkuuden parantamisessa avainryhmä ja heidän osaamistaan tulee pitää yllä. Myös käyttäjät ovat suuressa roolissa. Energiatehokkaaksi suunniteltu rakennus voi kuluttaa paljon energiaa, jos ei välitetä oikeasta käytöstä eikä huollata rakennusta oikein. Muita energiatehokkuuteen vaikuttavia tekijöitä ovat rakennuksen tekniset järjestelmät, rakenteet sekä sijainti. Kuvassa 1 on esitetty rakennuksen lämpöenergiatase. Rakennukseen tulevat energiavirrat (vihreät nuolet) ovat yhteensä yhtä suuria kuin rakennuksesta poistuvat energiavirrat (punaiset nuolet). Siniset nuolet kuvaavat virtauksia, joiden mukana rakennukseen ei tule energiaa, mutta jotka kuitenkin sitovat energiaa ja aiheuttavat häviöitä.



Kuva 1. Rakennuksen lämpöenergiataseen osatekijät (Sarvelainen 2013)

3 OSA 1 – TARPEENMUKAINEN ILMANVAIHTO

Tarpeenmukainen ilmanvaihto on yksi merkittävistä energiatehokkuuden parantamiskeinoista, koska sen avulla voidaan pienentää ilmanvaihdon puhallinsähkön sekä lämmitys- ja jäähdytysenergian tarvetta. Tarpeenmukaisen ilmanvaihdon energiansäästöpotentiaali on suurin rakennuksissa, joissa tilojen kuormitus vaihtelee paljon käyttöaikana. [5.]

Sisäilmasto voidaan jakaa kahteen osaan: sisäilman laatuun ja lämpöoloihin. Sisäilman laatu riippuu muun muassa epäpuhtauspäästöjen määrästä suhteessa ilmanvaihdon ilmavirtaan. Lämpöoloihin vaikuttavat pääasiassa sisäiset ja ulkoiset lämpökuormat sekä lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmät. Ilmanvaihdollakin on keskeinen merkitys asiassa.

3.1 KESKEISET OHJEET JA OPPAAT ILMANVAIHDON MITOITUKSEEN

Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta, 1009/2017, tuli voimaan 1.1.2018 [4]. Tämä koskee uuden rakennuksen ja olemassa olevan rakennuksen laajennuksen suunnittelua ja rakentamista. Tällä asetuksella korvattiin Suomen rakentamismääräyskokoelman osa D2.

Opas ilmanvaihdon mitoitukseen muissa kuin asuinrakennuksissa [5] esittää ohjeelliset vähimmäisilmavirrat, jotka perustuvat hyvän sisäilmanlaadun ylläpitämiseen tiloissa, joissa on tavanomaista käyttöä vastaava määrä kosteus-, epäpuhtaus- ja hajulähteitä.

Sisäilmaluokitusta [6] voidaan käyttää apuna sopivien olosuhteiden määrittämisessä.

<https://www.ralotekniikkainfo.fi/sisailmasto-ja-ilmanvaihto-opas> [7] koostuu opastavista teksteistä asetuksen soveltamisen tueksi.

Julkisten palvelurakennusten ilmanvaihdon yleisohje ja perustelumuihistio [8] on laadittu selkeyttämään ja yhdenmukaistamaan niitä periaatteita, joiden mukaan ilmanvaihtoa käytetään kuntien palvelurakennuksissa. Yleisohjeessa kerrotaan, miten ilmanvaihtoa suositellaan käytettäväksi ja perustelumuihistio on laadittu tukemaan yleisohjetta.

3.2 ILMANVAIHDON MITOITUKSEN YLEISET PERIAATTEET

Tarpeettoman suuri ilmanvaihto kuluttaa energiaa ja aiheuttaa viihtyvyyshaittoja. Toisaalta ilmanvaihto ei saa alittaa terveyden, viihtyisyyden ja rakenteiden toiminnan kannalta riittävää minimitasoa. Paras energiatalous saavutetaan, kun ilmanvaihtoa ohjataan todellisen tarpeen mukaan.

Ulkoilmavirta määräytyy ensisijaisesti henkilöperusteen mukaan. Jos henkilömäärää ei ole suunnitteluvaiheessa luotettavasti määritettävissä, käytetään huonekohtaista, pinta-alaan, laitteiden tai kalusteiden määrään perustuvaa mitoitusta.

Vähimmäisulkoilmavirta on $6 \text{ dm}^3/\text{s}, \text{hlö}$. Koko rakennuksen ulkoilmavirraksi on mitoitettava kuitenkin vähintään $0,35 \text{ (dm}^3/\text{s)/m}^2$ lattian pinta-alaa kohden suunniteltuna käyttöaikana, jos rakennuksen tilan käyttötarkoituksen erityisluonteesta ei aiheudu lisäilmavirran tarvetta. Suunnitellun käyttöajan ulkopuolella, muun kuin asuinrakennuksen ulkoilmavirran on oltava vähintään $0,15 \text{ (dm}^3/\text{s)/m}^2$ lattian pinta-alaa kohden ja ilman on vaihduttava kaikissa huonetiloissa. [4.]

Opas ilmanvaihdon mitoitukseen muissa kuin asuinrakennuksissa esittää ohjeelliset vähimmäisilmavirrat myös rakennustilatyypeittäin. Ulkoilmavirran suuruus on tilasta riippuen annettu tilaan parhaiten soveltuvalla tavalla joko lattiapinta-alaa, henkilöä, huonetta tai epäpuhtauslähdettä kohden. Ulkoilmavirta mitoitetaan suurimpaan ilmavirtaan johtavan kriteerin mukaan. [5.]

Pääsääntöisesti rakennuksen tai sen osan kokonaistulo- ja poistoilmavirrat mitoitetaan yhtä suuriksi siten, ettei rakennusvaipan yli synny haitallisia paine-eroja. Mikäli ilmanvaihtoa käytetään mitoitustehon lisäksi osateholla tai tarpeenmukaisesti, varmistetaan, että ilmanvaihtojärjestelmän vaikutus sisä- ja ulkoilman väliseen paine-eroon on kaikilla tehotasoilla mahdollisimman pieni. [5.]

3.2.1 VAKIOILMAVIRTAJÄRJESTELMÄT

Julkisten palvelurakennusten ilmanvaihtoa tulisi käyttää rakennuksen käyttöaikojen mukaan.

Vakioilmavirtajärjestelmissä joka huoneeseen jaetaan henkilömäärään tai pinta-alaan perustuva mitoitusilmavirta. Järjestelmässä ei ole huonekohtaista säätöä. Vakioilmavirtajärjestelmässä ilmanvaihto käynnistetään mitoitusteholle 2 tuntia ennen rakennuksen käyttöajan alkamista. Ilmanvaihto siirtyy käyttöajan ulkopuoliseen ilmanvaihtoon 1–2 tuntia rakennuksen käyttöajan päättymisen jälkeen. [8.]

3.2.2 TARPEENMUKAISESTI SÄÄTYVÄT ELI MUUTTUVAILMAVIRTAISET JÄRJESTELMÄT

Tarpeenmukaista ilmanvaihtoa kannattaa käyttää, kun tilan käyttöaste vaihtelee merkittävästi ja tiloilta vaaditaan muuntojoustavuutta.

Tarpeenmukaisesti säätyvässä ilmanvaihto käynnistetään mitoitusteholle 2 tuntia ennen käyttöajan alkamista. Tarpeenmukainen ilmanvaihto siirtyy käyttöajan alkaessa tarpeenmukaiseen ohjaukseen, jossa ilmanvaihto tehostuu osateholla mitoitusteholle lämpötilan, hiilidioksidipitoisuuden ja/tai läsnäolon perusteella. Ilmanvaihto siirtyy käyttöajan ulkopuoliseen ilmanvaihtoon 1–2 tuntia rakennuksen käyttöajan päättymisen jälkeen. Rakennuksen käyttöaikaan sisältyvät siivous ja mahdollinen iltakäyttö, esim. liikuntasaleissa. Ilmamääräsäätimien tai tehostuspeltien toimintaa ohjaa rakennusautomaatiojärjestelmä, johon huonesäätimet on liitetty. Huoneen lämpötila- ja hiilidioksidipitoisuutta mittaavilta antureilta ja/tai läsnäolotunnistimilta mittaustieto siirtyy huonesäätimen kautta IMS-laitteelle tai tehostuspellille. [8.]

Tarpeenmukaisella ilmanvaihdolla varustetussa rakennuksen tilassa, mitä ohjataan läsnäoloon tai olosuhdemittaukseen perustuvalla rakennusautomaatiojärjestelmällä, voidaan käyttää 20 prosenttia pienempää ulkoilmavirran arvoa. Koko rakennuksen ulkoilmavirran arvoa voidaan laskennallisesti pienentää tarpeenmukaisen ilmanvaihdon vaikutusta vastaavalla osuudella ottaen huomioon tarpeenmukaisen ilmanvaihdon kattaman rakennuksen osan suhde koko rakennuksen pinta-alaan. [9.]

3.3 HUOMIOITAVAA

3.3.1 PAINETASOT JA ILMAVIRRAT

Tulo- ja poistoilmapuhaltimien painetasot sekä tulo- ja poistoilmavirrat tulee mitata ja säätää myös osateholla. Esimerkiksi ilmanvaihtojärjestelmässä, jonka ulkoilmavirta käyttöaikana on esimerkiksi $3,0 \text{ (dm}^3\text{/s)/m}^2$, on vaikeaa pienentää ilmavirtaa 1/20:aan ($0,15 \text{ (dm}^3\text{/s)/m}^2$) eli 5 %:iin varmistuen myös, että ilma vaihtuu kaikissa huonetiloissa kauttaaltaan. [8]. Viimeaikaisessa tutkimuksessa on havaittu, että hyvin toteutetuissa ilmanvaihtojärjestelmissä rakennuksen jokainen huone tuulettui 30–40 %:n osateholla [10.]

Lisäksi on huomioitava, että osatehokäytöllä tilakohtaiset paine-erot muuttuvat, jolloin voi syntyä rakenteiden kautta tapahtuvia hallitsemattomia ilmavirtauksia. Erillispoistojen korvausilman tarve tulee huomioida. Osatehokäyttö edellyttää mieluiten kaikilta ilmanvaihtolaitteilta mahdollisuuden portaattomaan tehonsäätöön. [9.]

3.3.2 TULOILMAN LÄMPÖTILA JA SUUNTAUS

Vakioilmavirtaisessa ilmanvaihtojärjestelmässä tuloilman lämpötilan on hyvä olla 2 °C huoneen tavoitelämpötilaa (21–22 °C) matalampi. Tämä mahdollistaa tuloilman laskeutumisen oleskeluvyöhykkeelle, sekoittumisen huoneilmaan ja ilman vaihtumisen koko huoneessa, ei vain katon rajassa. [8.]

Tarpeenmukaisessa ilmanvaihtojärjestelmässä tuloilman lämpötilan on hyvä olla 3–4 °C huoneen tavoitelämpötilaa (21–22 °C) matalampi. Tarpeenmukaisessa ilmanvaihdossa ilmavirrat ovat mitoitusilmavirtoja pienemmät, jolloin tuloilma ei välttämättä sekoitu tehokkaasti huonetilaan. Tuloilman heittokuvioiden parantamiseksi tarpeenmukaisessa ilmanvaihdossa tuloilman tulisi olla huoneilmaan nähden alilämpöistä. [8.]

Vetovalituksia ei tulisi korjata nostamalla tuloilman lämpötilaa. Eensisijaisesti tulisi vähentää vetoa esimerkiksi tuloilman suuntausta muuttamalla. Ilmanjakoa ja suuntauksia voidaan havainnoida savukokeiden avulla. [8.]

3.3.3 JATKUVATOIMINEN PAINE-EROMITTAUS

Jatkuvatoiminen paine-eromittaus voi jo lähitulevaisuudessa ohjata ilmanvaihtojärjestelmää sekä hallita rakennuksen yli vaikuttavia paine-eroja. Paine-erojen mittaukseen ja ilmavirtojen säätöjen toteuttamiseen tarvitaan asiantuntemusta. [12.]

3.4 CO₂-OHJATTU ILMANVAIHTO JA SUOSITUKSET ANTUREIDEN SIJAINNILLE

Sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta annettu asetus antaa hiilidioksidipitoisuuden nousun enimmäisarvoksi käyttöaikana 800 ppm yli ulkoilman pitoisuuden. Tilan hiilidioksidipitoisuus riippuu monesta tekijästä, jotka on otettava laskennassa huomioon. Tällaisia tekijöitä ovat esim. todennäköinen henkilöiden määrä, aineenvaihdunnan teho ja oleskeluajan pituus sekä tilan tilavuus. Ihmisen hiilidioksidituotto muuttuu suoraan verrannollisena aineenvaihdunnan tehoon.

Sisäilmastoluokitus on kolmitasoinen: laatuluokat S1, S2 ja S3. Sisäilmastoluokassa S1 päästään todennäköisimmin käyttäytyväisyydeltään suurempaan osuuteen kuin muissa luokissa. Sisäympäristön laadun tavoitearvot hiilidioksidipitoisuuden osalta näkyvät taulukossa 1. [6.]

Taulukko 1. Sisäympäristön laadun tavoitearvot hiilidioksidipitoisuuden osalta

Hiilidioksidipitoisuuslisä* [ppm] *suurempi kuin ulkoilman hiilidioksidipitoisuus (400 ppm).		
S1	S2	S3
< 350	< 550	< 800

Ihmisen hiilidioksidituotto kasvaa fyysisen aktiivisuuden mukaan. Asetuksen henkilöperusteinen vähimmäisarvo $6 \text{ dm}^3/\text{s}, \text{hlö}$ on riittävä, kun oleskelutilassa oleskelevat henkilöt istuvat rauhallisesti. Jos oleskelutilan käyttötarkoituksesta aiheutuu lisäilmavirran tarvetta, tulisi ulkoilmavirta määrittää henkilöperusteisen vähimmäisarvon sijaan tilan suunnitellun käytön hiilidioksidikuormituksen perusteella. [11.]

Tilaan suunnitellut mittarit asennetaan noin huonekorkeuden puoleen väliin välttäen anturien asettamista lähelle ilman sisäänotto- tai poistokanavia tai ikkunoiden ja ovien läheisyyttä. Paikkoja, joissa ihmiset saattavat hengittää suoraan anturiin, tulee myös välttää. Hetkellisten virheellisyysien välttämiseksi on käytettävä aikavakiota, joka on tarpeeksi pitkä häivyttämään virheelliset mittaukset hiilidioksidipitoisuuksissa. Toinen tapa on käyttää useamman anturin keskiarvoa [13].

Tarpeenmukaisessa ilmanvaihdossa seinään asennettavat anturit antavat pääsääntöisesti tarkempaa tietoa ilmanvaihdon tehokkuudesta kuin kanavaan asennettavat anturit. Kuvassa 2 on huonekorkeuden puoleen väliin asennettu CO_2 -mittaus. Eräässä toisessa tutkimuksessa todettiin, että hiilidioksidipitoisuudet, joita mitattiin toimistohuoneen seinään kiinnitetyllä anturilla ja kanavaan sijoitetulla anturilla, olivat lähes identtiset [13].



Kuva 2. Huonetilaan asennettu CO_2 -mittaus (Korpela 2019)

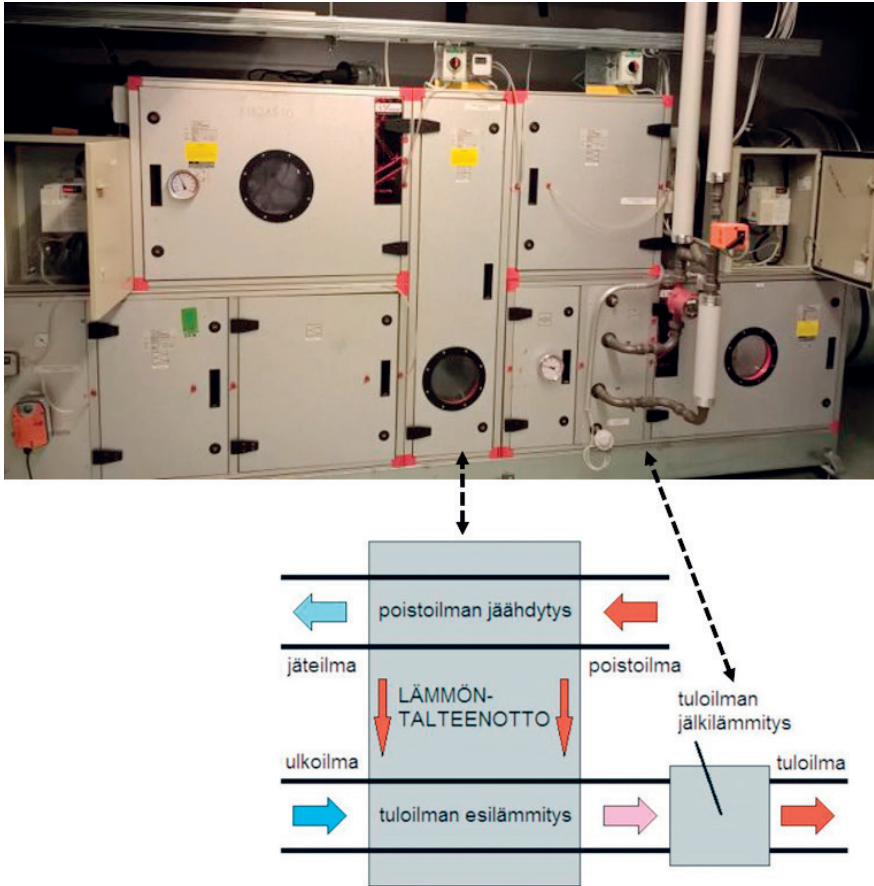
3.5 ILMANVAIHTOKONEIDEN OPTIMOINTI

3.5.1 OMINAISSÄHKÖTEHO

Puhaltimilla on suuri rooli ilmastointijärjestelmän energiankulutuksessa. Ominais sähköteho (SFP) kertoo, kuinka paljon puhaltimet kuluttavat sähköä vaihdettavaan ilmamäärään nähden.

3.5.2 LÄMMÖNTALTEENOTTO

Ilmanvaihtokoneiden optimoinnissa saadaan säästöä sähköenergian lisäksi lämpöenergiassa. Ilmastoinnin lämmitysjärjestelmään kuuluu lämmöntalteenotto ja jälkilämmityspatteri (kuva 3). Lämmöntalteenotossa ilmastoinnin poistoilmasta otetaan lämpö talteen ja siirretään se tuloilmaan. Tekniikasta riippuen poistoilman sisältämästä energiasta voidaan siirtää 40–85 % tuloilman esilämmitykseen.



Kuva 3. Esimerkki ilmanvaihtokoneesta, jonka alle kaaviokuvaan on havainnollistettu lämmöntalteenoton ja jälkilämmityspatterin toimintaperiaate (Sarvelainen 2013)

Lämmöntalteenoton hyötysuhde kertoo, kuinka paljon lämmöntalteenotto pystyy lämmittämään tuloilmaa poistoilman lämmöllä. Vuosihyötysuhde kertoo, kuinka paljon keskimäärin läpi vuoden lämmöntalteenotto pystyy hyödyntämään poistoilman lämpöä tuloilman lämmittämiseen. Tähän vaikuttaa lämmöntalteenoton hyötysuhteen lisäksi mm. jäätyminenestön toiminta ja sääolosuhteet. Vuosihyötysuhde on aina pienempi kuin ilmanvaihtokoneen ilmoitettu lämpötilahyötysuhde. [14.]

3.5.3 JÄLKILÄMMITYSPATTERI

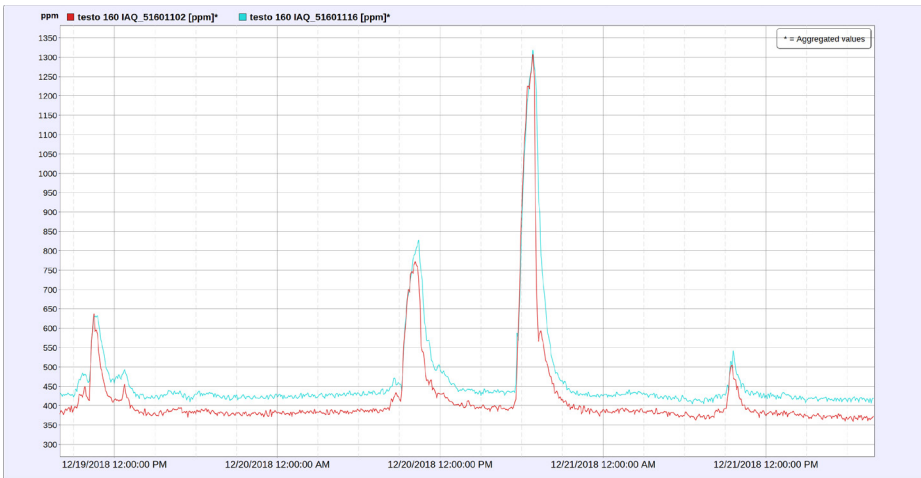
Kylmimpinä aikoina lämmöntalteenottoa ei aina riitä, vaan tarvitaan lisälämmitystä. Lisälämmitys tehdään jälkilämmityspatterilla, joka on joko sähkövastus tai vesikiertoinen jälkilämmityspatteri. Jälkilämmityspatterissa ilma lämpenee teholla, joka voidaan määrittää ilmavirran (m^3/s), ilman tiheyden ($1,2 \text{ kg}/\text{m}^3$), ilman ominaislämpökapasiteetin ($1,0 \text{ kJ}/\text{kg}^\circ\text{C}$) ja lämpötilanmuutoksen ($^\circ\text{C}$) perusteella. Kun ilmanvaihtokoneiden tilavuusvirtaa voidaan laskea nykyisestä, pienenee myös lämmitettävän ilman määrä ja saavutetaan energiansäästöä.

Jälkilämmityspatterin teho riippuu myös ulkolämpötilasta. Energiankulutusten tarkastelua varten Suomi on jaettu neljään lämpötilavyöhykkeeseen, joiden säätiedot perustuvat Ilmatieteen laitoksen säähavaintoasemien mittauksiin. [14.]

3.6 HAVAINTOJA MITTAUSKOHTEISSA

3.6.1 KOULU

Koulun salin liikuntatunti ja salin harrastus-/iltakäyttö nostivat CO_2 -pitoisuuden noin 750 ppm tasoon. Koko koulun tapahtuma nosti pitoisuuden 1300 ppm tasoon hetkellisesti. (Kuva 4). Suuren osan vuorokaudesta liikuntasalin CO_2 -pitoisuus on kuitenkin ulkoilman tasolla, sillä ilmanvaihto toimii 100%:n teholla koko ajan. Tilojen kuormitus vaihtelee paljon käyttöaikana, joten olisi suositeltavaa käyttää tarpeenmukaista ohjausta esimerkiksi CO_2 -pitoisuuden mukaan.



Kuva 4. Koulun liikuntasalin CO₂ -pitoisuus aikavälillä 19.12.2018–21.12.2018 (Korpela 2020)

Toimenpide-ehdotukset liikuntasalin ilmanvaihtokoneen energian säästämiseksi ja lasketut säästöt on esitelty taulukossa 2.

Taulukko 2. Energiansäästötoimenpide-ehdotukset koulun liikuntasalin ilmanvaihtokoneeseen

SÄÄSTÖ			
TOIMENPIDE	Lämpö (61,1 €/MWh)	Sähkö (100 €/MWh)	
Ilmavirta 50 % 22.00–6.00	32	15	MWh/a
	1 900	1 500	€/a
CO ₂ -ohjaus 75 % 6.00–22.00 ja 40 % 22.00–6.00	70	35,7	MWh/a
	4 300	3 600	€/a

Yhden luokkahuoneen ilmanvaihtoa tutkittiin tarkemmin ilmanvaihdon riittävyyden kannalta. Tilan tuloilmavirran henkilöperusteisesti laskettu vähimmäisilmavirta täyttyi, mutta tilan tuloilman lämpötilan asetusarvo oli mittaushetkellä 21 °C ja huonelämpötila välillä 21–22 °C. Suositellaan tuloilman lämpötilan laskemista 2 °C:tta huoneen lämpötilaa alemmaksi tuloilman riittävän sekoittumisen vuoksi. Tuloilman lämpötilan laskemisella saavutetaan myös energiansäästöä IV-koneen jälkilämmityspatterilla.

Yhden IV-koneen palvelualueeseen kuului useita huonetiloja, joiden hiilidioksidipitoisuus todettiin mittauksin pysyvän erittäin hyvällä tasolla sisäilmaston laadun mittarilla kaikkina

vuorokauden aikoina. Tarpeenmukainen ilmanvaihto esimerkiksi CO₂-pitoisuuden mukaan säätyvänä, ja ilmajvirtojen säätäminen tilakohtaisesti ilmamääräsäätimillä tai säätöpellein toisi säästöä. Toimenpide-ehdotukset energian säästämiseksi ja lasketut säästöt on esitelty taulukossa 3.

Taulukko 3. Energiansäästötoimenpide-ehdotukset ilmanvaihtokoneeseen, jonka palvelualueeseen kuuluvat opettajanhuone, kanslia, luokkahuone ja käytävätila

ENERGIANSÄÄSTÖ			
TOIMENPIDE	Lämpö (61,1 €/MWh)	Sähkö (100 €/MWh)	
100 % 7.00–16.00 ja 50% 16.00–7.00 sekä vkl	10	13	MWh/a
	630	1 200	€/a
Minimi-ilmajvirrat ja huonekohtainen säätö	12	17	MWh/a
	800	1 700	€/a

3.6.2 TOIMISTORAKENNUS

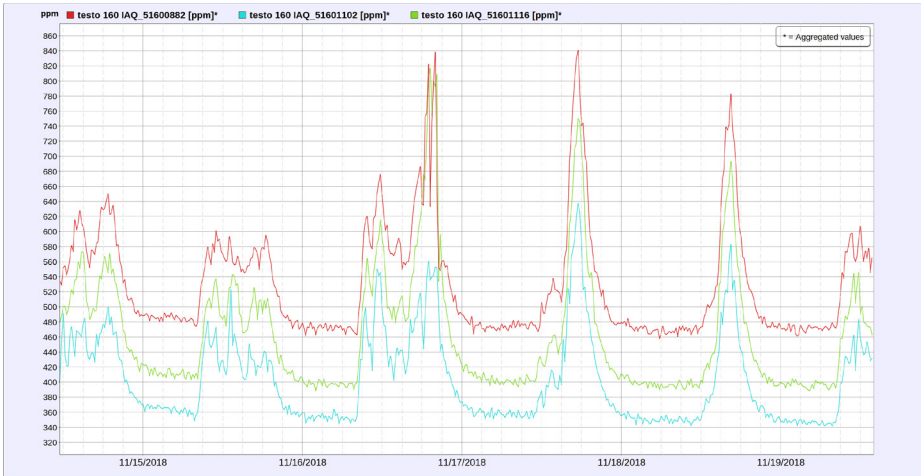
Toimistotilojen ilmanvaihtokone toimi aikaohjelmalla. Mitatut CO₂-pitoisuudet toimistotilassa osoittivat kuitenkin, että tuloilmavirtaa voitaisiin säätää pienemmäksi ilmanlaadun kärsimättä. Ilmanvaihtokoneen ilmajvirran säädöillä määräysten mukaisesti, henkilömäärän mukaan laskettuihin minimi-ilmajvirtoihin käytön aikana, sekä käyttöajan ulkopuolella, saavutettaisiin energiansäästöä. Toimenpide-ehdotus energian säästämiseksi ja lasketut säästöt on esitelty taulukossa 4.

Taulukko 4. Energiansäästötoimenpide-ehdotus toimistorakennuksen ilmanvaihtokoneeseen

ENERGIANSÄÄSTÖ			
TOIMENPIDE	Lämpö (60 €/MWh)	Sähkö (100 €/MWh)	
CO ₂ -mittausten perusteella lasketut minimi-ilmajvirrat	41,3	5,1	MWh/a
	2 500	500	€/a

3.6.3 URHEILUHALLI

Urheiluhallin salin ilmanvaihtoa ohjaava kone toimi suhteellisen energiatehokkaasti CO₂-pitoisuuteen perustuvan ohjauksen mukaan. Urheilusalin tulo- ja poistokone kävivät käytännössä koko ajan 30 %:n teholla, lukuun ottamatta suuria, paljon yleisöä sisältäviä tapahtumia, jotka näkyvät kuvassa viikonloppuna 16.11.18–18.11.18 noin klo 18.00 (kuva 5).



Kuva 5. Urheiluhallin salin CO₂-pitoisuuksia aikavälillä 14.11.2018–20.11.2018 (Korpela 2020)

Voidaan silti päätellä, että ilman vaihtuvuus ja tuloilmavirta olivat riittäviä, koska mitatut CO₂-pitoisuudet pysyivät lähes koko ajan hyvällä tasolla. Tästä syystä IV-koneen toimintaa voisi saada vielä entistäkin energiatehokkaammaksi lisäämällä asetusravoihin uusi alaraja CO₂-pitoisuudelle (500 ppm 600 ppm:n sijaan), ja laskemalla puhaltimen ilmavirran asetusravominimiä (30 %:sta 20%:iin). Toimenpide-ehdotus energian säästämiseksi ja laskettu säästö on esitelty taulukossa 5.

Taulukko 5. Energiansäästötoimenpide-ehdotus urheiluhallin salin ilmanvaihtokoneeseen

ENERGIANSÄÄSTÖ			
TOIMENPIDE	Lämpö (61,1 €/MWh)	Sähkö (100 €/MWh)	
Uusi alaraja CO ₂ -pitoisuudelle	7	2,7	MWh/a
	420	270	€/a

Lisäsäästöä lämmitysenergiassa saavutettaisiin vaihtamalla urheilusalin IV-koneen jälkilämmityspatteri pienempitehoiseen, koska nykyinen lämmityspatteri vaikutti mittauksissa liian tehokkaalta käyttöpisteeseen.

4 OSA 2 – VAJAAKÄYTTÖISET KIINTEISTÖT

4.1 YLEISTÄ VAJAAKÄYTTÖISISTÄ KIINTEISTÖISTÄ

Olemassa olevien rakennusten kustannustehokkaiden peruskorjauksien lisäksi jo pelkillä säädöillä voidaan vaikuttaa energiankulutukseen. Ilmanvaihdon ja lämmityksen optimoiminen vähällä käytöllä tai tyhjillään olevissa kiinteistöissä on noussut esille yhtenä energiatehokkuustoimenpiteenä ja hiilidioksidipäästöjen vähentäjänä. Julkisomisteisissa kiinteistöissä on havaittu tarpeeseen nähden liian korkea sisäilman lämpötila ja ilmanvaihdon määrä on useimmiten liian suuri.

Ensisijaisesti vajaakäyttöiselle rakennukselle tulisi löytää uusi käyttötarkoitus, jolloin vajaakäyttöisen rakennuksen energiankäyttö tulee muuttaa vastaamaan käyttöastetta. Vajaakäyttöisen rakennuksen energiankulutusta voidaan jo pelkillä säädöillä vähentää pienentämällä sisäilman lämpötilaa ja muuttamalla ilmanvaihtokoneiden toiminta-arvoja. Aikaisempien selvitysten perusteella ilmanvaihdon lämpöenergian kulutus on tyypillisesti 60 prosenttia rakennusten lämpöenergian kulutuksesta. Tämän vuoksi rakennuksen lämmitys ja ilmanvaihto on järkevä optimoida rakennuksen käyttötarkoitukseen nähden.

Tässä ohjeistuksessa vajaakäyttöisten kiinteistöjen optimoinnissa keskitytään lämmityksen ja ilmanvaihdon optimointiin, joissa ei ole käyttöä eikä ihmiskuormaa. Lämmitysjärjestelmien säädössä on huomioitava rakennuksen sisälämpötilataso, lämmönjakojärjestelmän säädettävyys, vaipan tiiviys ja eristystaso sekä myös ilmanvaihto. Ilmanvaihdon käyttö täytyy suunnitella rakennuksen ja ilmanvaihtojärjestelmän ominaispiirteet huomioiden sekä huomioimalla vaipan yli syntyvät paine-erot.

4.2 SISÄLÄMPÖTILAN LASKEMINEN

Sisäilmaolosuhteet vajaakäyttöisissä kiinteistöissä, verrattuna aktiivisessa käytössä oleviin kiinteistöihin, eroavat erityisesti lämpö- ja kosteuslähteiden (valaistus, sähkölaitteet, ihmiset) suhteen. Kosteuksen lähteet jaetaan rakennuksen sisä- ja ulkopuolisiin lähteisiin. Huoneilman kosteus riippuu ulkoilman kosteudesta, huoneilman kosteustuotosta ja tilan ilmanvaihtuvuudesta. Sisäilman kosteuslisää ei käyttämättömissä rakennuksissa yleensä ole, koska tiloissa ei ole kosteustuottoa. [15]. Myös hiilidioksidipitoisuus on ulkoilman tasoa käyttämättömissä rakennuksissa.

Huoneilman kosteus riippuu myös ulkoilman kosteudesta. Ulkoilman kosteuspitoisuus vaihtelee vuodenajoittain. Kesällä vesihöyryn määrä ulkona on tyypillisesti suurempi kuin

talvella, koska lämmin ilma voi sitoa suuremman määrän kosteutta. Ulkoilman vesihöyryn määrä vaihtelee talven noin 1 g/m³:stä kesän 10 g/m³:iin. Suhteellisen kosteuden kuukausikeskiarvo vaihtelee talven noin 90 %:sta kesän 65 %:iin. [15.]

Rakennuksen sisäilman suhteellisen kosteuden tulisi olla 20–60 %; joskaan sen saavuttaminen ei läheskään aina ole mahdollista ilmastollisista syistä. Ilman kastepistelämpötila kuvaa lämpötilaa, jossa ilmaa jäädytettäessä ilman vesihöyry alkaa muuttua vedeksi. Se voidaan ilmaista myös siten, että jos tilassa on jokin pinta hieman kastepistettä alemmassa lämpötilassa, pintaan tiivistyy (kondensoituu) ilman vesihöyryä. Sisäilman kosteuden tiivistyminen rakenteisiin, rakenteiden pinnoille tai hyvin suuren suhteellisen kosteuden esiintyminen välittömästi pinnan läheisyydessä altistaa pinnan mikrobikasvustolle. [16.]

Käyttämätön rakennus, jossa pidetään normaali huonelämpötila, kuluttaa kuitenkin tarpeettomasti energiaa. Sisälämpötilan hallitulla laskemisella talvikuukausina saadaan aikaan säästöjä lämpöenergian kulutuksessa. Sääntönä pidetään sitä, että yhden asteen sisälämpötilan lasku vastaa viiden prosentin säästöä lämmityskuluissa.

4.3 ILMANVAIHTO

4.3.1 ILMAVIRRRAN PIENENTÄMINEN

Ilmavirtaa tulisi ohjata tarpeenmukaisesti vajaakäyttöisissä rakennuksissa. Kokonaan käyttämättömissä rakennuksissa ilmanvaihto tulisi ohjata vähäisemmälle käytölle. Usein käyttämättömät rakennukset ovat vanhoja/vanhimpia rakennuksia, joissa ilmanvaihtokoneet voidaan säätää toimimaan vain joko 100 %:n tai 50 %:n teholla tai kokonaan pois päältä. Taajuusmuuttajaohjattu puhallin voidaan säätää pienemmälle kuin 50 %:n teholle. Ilmanvaihtokoneen pyöriessä esim. 15 %:n teholla, kiinteistön sisätilaan ei pääse syntymään kosteutta tai muita rakennuksen päästöjä, jotka koneen käynnistyttyä leviävät sisäilmastoon.

4.3.2 TULOILMAN LÄMPÖTILAN LASKEMINEN

Ilmanvaihdon tulolämpötilan asetusarvo voi joissain käyttökohteissa olla liian korkea. Tuloilmalla ei ole tarkoitus lämmittää tiloja. Tuloilman asetusarvo olisi suositeltava asettaa käytössä olevassa rakennuksessa 2–4 °C:ta huoneilman lämpötilaa matalammaksi (ks. kohta 3.3.2). Jos käyttämättömässä kiinteistössä suoritetaan energiansäästötoimenpide huonelämpötilaa laskemalla, suositellaan myös tuloilman asetusarvon laskemista uuden huonelämpötilan tasoa matalammaksi.

4.4 LÄMPIMÄN KÄYTTÖVEDEN KIERTOJOHTO

Kiertojohdon avulla estetään lämpimän käyttöveden lämpötilan lasku ja huolehditaan siitä, että lämpimän veden odotusaika vesikalusteelta vettä laskettaessa ei muodostu liian pitkäksi. Liian matala veden lämpötila saattaa aiheuttaa mm. haitallisten bakteerien kasvua putkistoissa.

Lämminvesilaitteistossa olevan veden lämpötilan on oltava vähintään 55 °C ja sitä on saatava lämminvesikalusteesta 20 sekunnin kuluessa. Kylmävesijohdon on oltava suunniteltu ja asennettu siten, että kylmävesilaitteistossa olevan veden lämpötila saa olla enintään 20 °C. Legionellabakteerit ovat luonnon bakteereja, jotka pystyvät lisääntymään haitallisiin pitoisuuksiin asti lämpimässä käyttövedessä, jos veden lämpötila ei ole riittävän korkea. Legionelat lisääntyvät veden lämpötilan ollessa 20 – 45 °C. [17.]

Lämpimän käyttöveden kiertojohdon energiankulutus on suurin lämpöenergiankuluttaja sellaisessa kiinteistössä, jossa ei ole lämpimän veden kulutusta kesäaikana. Lämpimän käyttöveden ollessa pois käytöstä kesäkuukausina, lämminvesijärjestelmän sulkemisen mahdollisuutta kannattaisi tarkastella. Muina kuukausina kiertojohtohäviö saadaan osittain hyödyksi lämmitykseen. Tämän lisäksi ylimääräinen lämpö voi aiheuttaa kustannuksia lisääntyneen viilennystarpeen vuoksi.

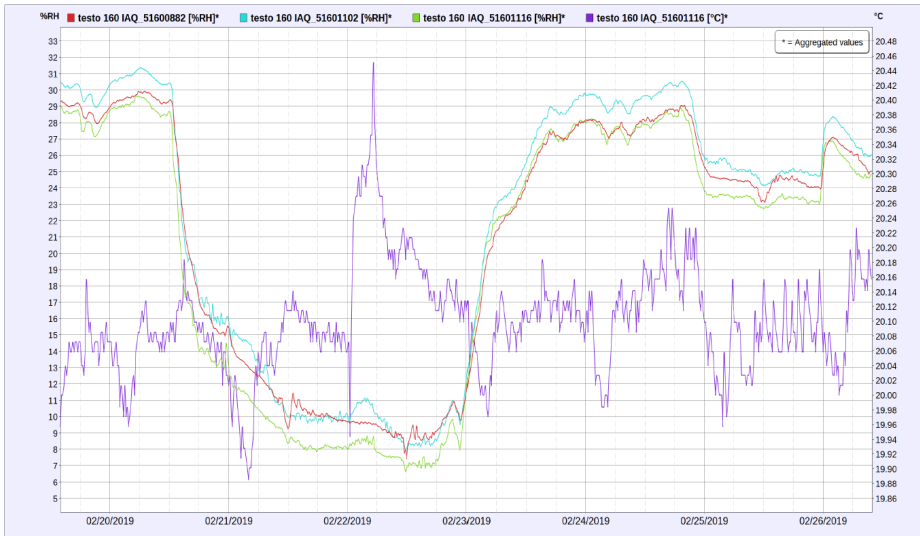
Mikäli lämpimän käyttövedenkiertoa ei ole, tulee lämmin vesi varaajalta. Tällöin varaajan sijainnilla ja käyttöasteella on merkitystä, sillä esimerkiksi valutetun veden mukana energiaa voi kulua hukkaan kaukaisen sijainnin takia. [18.]

4.5 HAVAINTOJA MITTAUSKOHTEISSA

4.5.1 TYHJILLÄÄN OLEVA RAKENNUS (2700 M²)

Yksi kohteista oli tyhjillään oleva entinen koulurakennus. Rakennuksen ensimmäisen kerroksen sisälämpötilan keskiarvo mittausajanjaksolla helmi-maaliskuussa oli noin 20 °C ja toisen kerroksen noin 18 °C. Suhteellinen kosteus ensimmäisessä kerroksessa oli korkeimmillaan noin 30 % ja toisessa kerroksessa noin 25 %.

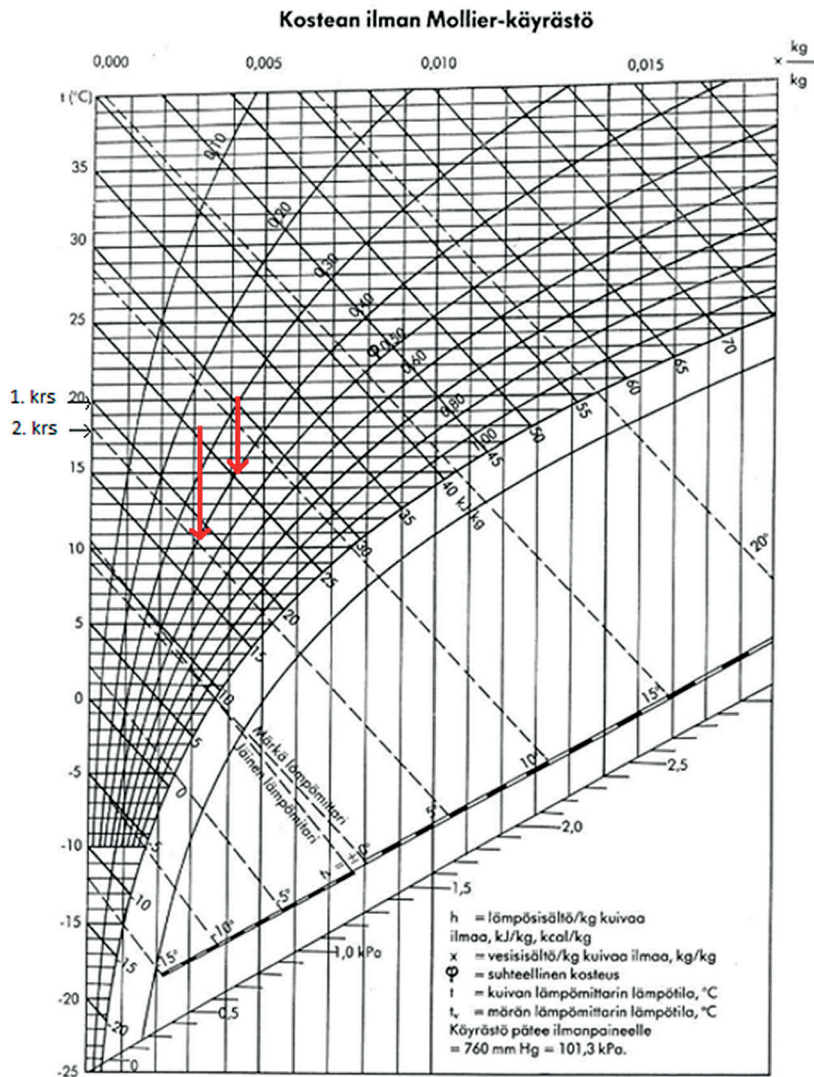
Kuvassa 6 rakennuksen ensimmäisen kerroksen sisälämpötila ja suhteellinen kosteusprosentti viikon ajanjaksolta 19.2.2019–26.2.2019.



Kuva 6. Tyhjillään olevan rakennuksen sisälämpötila ja suhteellinen kosteusprosentti ajanjaksolta 19.2.2019–26.2.2019 (Korpela 2020)

Mittauksien perusteella pääteltiin, että lämpötilaa voidaan talvikuukausina laskea alaspäin. Suositeltavat uudet sisälämpötilat määritettiin kostean ilman Mollier-käyrästä (kuva 7). Käyrästä voidaan katsoa, kondensoituuiko esimerkiksi seinän, ikkunan, lattian tai jäädytyspatterin pintaan vesihöyryä. Ilman olosuhde merkitään piirroksen ja katsotaan sen kastepiste kyllästyskäyrältä. Jos kyseisen pinnan lämpötila on alle kastepistelämpötilan (suhteellinen kosteusprosentti 100 %), kondensoitumista tapahtuu. Mikrobivaurioriskin kannalta tarkastellaan alle 45 %–75 %:n suhteellisen kosteuden pitoisuuksia. Yli 45 %:n pitkäaikainen suhteellinen kosteus edistää mikrobien elinmahdollisuuksia. [16], [19]. Yleensä kuitenkin vähimmäiskosteus homekasvulle rakennusmateriaaleilla on noin RH 75–80 %. Lisäksi kasvu vaatii suotuisat lämpöolosuhteet. [15.]

Rakennuksen ensimmäisessä kerroksessa tarkasteltiin varmuuden vuoksi 40 %:n suhteellista kosteutta. RH 40 % saavutetaan, kun sisälämpötila lasketaan noin 15 °C:een. Toisessa kerroksessa 40 %:n suhteellinen kosteus saavutetaan, kun lämpötilaa lasketaan noin 11 °C:een. (Kuva 7). Lämpötilan laskeminen on perusteltavissa, koska näissä kerroksissa ei ole aktiivista käyttöä eikä siten kosteuslisää. Laskelmissa ei huomioitu auringon säteilylämpöä tai lämpöhäviöitä.



Kuva 7. Kostean ilman Mollier-käyrästä ilmapaineelle 101,3 kPa, johon on merkitty 1. ja 2. kerroksen uudet sisälämpötilat (Korpela 2020)

Toimenpide-ehdotus energian säästämiseksi ja laskettu säästö on esitelty taulukossa 6.

Taulukko 6. Energiansäästötoimenpide-ehdotus tyhjillään olevaan rakennukseen

ENERGIANSÄÄSTÖ			
TOIMENPIDE	Lämpö (61 €/MWh)	Sähkö (100 €/MWh)	
Sisälämpötilan lasku 15 °C:een	30	-	MWh/a
	1 800	-	€/a

Lisäksi kohteessa havaittiin entisen ruokala- ja keittiötilojen ilmanvaihtokoneen toimivan huonolla hyötysuhteella ja kuluttavan paljon lämpöenergiaa jälkilämmityspatterilla. Keittiötilojen poistoilmakoneen lämmöntalteenottopatterin lämmönsiirripinnat tulisi käytön aikana pestä säännöllisesti johtuen poistoilman sisältämästä rasvasta. Käyttämättömän rakennuksen lämmönsiirrin on voinut jäädä vähäisemmälle ylläpidolle kuluttaen siten tarpeettoman paljon energiaa ilmanvaihdon ollessa kuitenkin päällä. Suositellaan lämmönsiirripintojen puhdistusta.

Toimenpide-ehdotukset energian säästämiseksi ja lasketut säästöt on esitelty taulukossa 7. Ilmanvaihtokoneen puhallin (on, 1/2, off) oli jo asetettu toimimaan puolikkaalla ilmavirralla, joten ilmavirran pienennykselle ei laskettu säästöä.

Taulukko 7. Energiansäästötoimenpide-ehdotus tyhjillään olevan rakennuksen IV-koneeseen

ENERGIANSÄÄSTÖ			
TOIMENPIDE	Lämpö (61 €/MWh)	Sähkö (100 €/MWh)	
Tuloilman asetusarvo 14 °C:een, keittiö	85	-	MWh/a
	5 200	-	€/a
Tuloilman asetusarvo 14 °C:een, toimistot	31,4	-	MWh/a
	1 900	-	€/a

4.5.2 VAJAAKÄYTTÖINEN RAKENNUS (6530 M²)

Toinen kohde oli suuri, vajaalla käytöllä oleva rakennus. Rakennuksesta yksi kerros oli käytössä. Muut kerrokset olivat käyttämättöminä. Käyttämättöminä olevien kerrosten sisälämpötilat olivat välillä 21–22 °C. Suhteelliset kosteudet olivat välillä 20–26 %. Lämpötiloja oli mahdollista laskea Mollier-käyrästä lukien 10–14 °C:een (40 %:n suhteellinen kosteus). Rakennuksen ollessa kuitenkin osittain käytössä, huonelämpötila 18 °C olisi perusteltavissa.

Ilmanvaihtokoneet, joiden palvelualueena olivat käyttämättömät tilat, olivat toiminnassa täydellä teholla. Koneiden ilmavirtojen pienentämisellä saavutettaisiin energiansäästöä.

Säästöt laskettiin ilmanvaihtokoneen puolikkaalle ilmavirralle, sekä asetusten mukaisille tilakohtaisesti lasketuille minimi-ilmavirroille. Toimenpide-ehdotukset energian säästämiseksi ja lasketut säästöt on esitelty taulukossa 8.

Taulukko 8. Energiansäästötoimenpide-ehdotukset vajaakäyttöisen rakennuksen kolmeen IV-koneeseen

ENERGIANSÄÄSTÖ			
TOIMENPIDE	Lämpö (61,1 €/MWh)	Sähkö (100 €/MWh)	
Sisälämpötilan lasku 18 °C:een	67	-	MWh/a
	4 100	-	€/a
Ilmavirta 50 % ja tuloilman asetusarvo 17 °C:een	69,8	44,2	MWh/a
	4 300	4 400	€/a
Ilmavirta minimi ja tuloilman asetusarvo 17 °C:een	119,4	50	MWh/a
	7 300	5 000	€/a

4.5.3 VAJAAKÄYTTÖINEN RAKENNUS (250 M²)

Kolmas tarkasteltu vajaakäyttöinen rakennus oli pienempi sähkölämmitteinen rakennus, joka on kesäaikaan käytössä, talviaikaan vain yksittäisiä tilaisuuksia varten. Yksitystilaisuus maaliskuussa nosti salin huonelämpötilan lähelle 25 °C. Keittiötiloissa lämpötila nousi myös voimakkaasti, lähellä 28 °C. Johtopäätös oli, että koko rakennuksen huonelämpötilatasoa voisi selkeästi laskea. Sisälämpötilan lasku vaikuttaa myös myönteisesti lämpöpumpun toimintaan, sillä lämpöpumppu toimii sitä tehokkaammin, mitä pienempi lämpötilaero sisä- ja ulkoilman välillä on. Toimenpide-ehdotukset energian säästämiseksi ja lasketut säästöt on esitelty taulukossa 9.

Taulukko 9. Energiansäästötoimenpide-ehdotus vajaakäyttöiseen rakennukseen

ENERGIANSÄÄSTÖ			
TOIMENPIDE	Lämpö	Sähkö (100 €/MWh)	
Lämpötilan lasku 18 °C:een	5,9	-	MWh/a
	600	-	€/a
Tuloilman asetusarvo 17 °C:een	5	-	MWh/a
	500	-	€/a

5 YHTEENVETO

Tämän ”Ohjeistukset tarpeenmukaiseen ilmanvaihtoon ja lämmitykseen” -teoksen tavoitteena oli tarjota tietoa kiinteistön tarpeenmukaiseen energiankäyttöön huomioiden kiinteistön rakenteet ja sisäilman laatu. Teoriatasolla on käsitelty tarpeenmukaisen ilmanvaihdon ja vajaakäyttöisten kiinteistöjen energiankäytön optimoinnin mahdollisuuksia. Käytännön osalta on esitetty todellisiin tarkasteluihin perustuvat energian säästölaskelmat esimerkki-kohteissa. Todelliset tarkastelut ovat sisältäneet lämpötilan, kosteuden, hiilidioksidin ja sähkötehon mittauksia esimerkkikohteissa, joiden pohjalta säästöpotentiaali on laskettu.

Ohjeistuksen käytännön osuutta tehdessä on havaittu, että useissa aktiivi- ja vajaakäyttöisissä rakennuksissa on potentiaalia energiankäytön optimointiin. Tarpeenmukaisen ilmanvaihdon ja sisälämpötilan osalta on mahdollista pienentää rakennuksen energiankulutusta. Suomessa on määritetty rakentamismääräyskokoelman asetuksissa ja sisäilmasuosituksissa vähimmäisvaatimukset sisäilmastolle, joihin tässä selvityksessä on teoreettisesti vedottu.

Tuloksena käytännön tarkasteluiden pohjalta voidaan saavuttaa energiankäytössä 8 %:n vuotuiset säästöt vuoden 2018 kulutukseen verrattuna. Tulokset antavat suuntaviivat energian optimaalisesta käytöstä.

ETKOT-hanke keskittyi energiansäästötoimenpiteisiin, joita pystytään tekemään säädöin tai pienin investoinnin. Ilmanvaihtokoneiden lämmöntalteenotto oli yksi tyypillisistä huomion kohteista, joissa oli parannettavaa. Jatkokehityskohteena nousi esille tietyissä kohteissa suhteellisen korkean jätelämmön hyödyntäminen jo olemassa olevan lämmöntalteenottojärjestelmän jälkeen. Työtä tullaan jatkamaan EAKR-rahoitteisessa hankkeessa Hukkalämmön verkostot ja hyödyntämismahdollisuudet Kymenlaaksossa – Hukkaveks. Hankkeessa on tarkoitus kartoittaa Kymenlaakson hukkalämpöpotentiaali ja etsiä soveltuvia lämmöntalteenoton tekniikoita. Lisäksi hankkeessa toteutetaan pilotointiympäristö Kotkan Karhulan uimahalliin, jossa siirretään jätelämmön lämpöenergia uima-altaan allasveden lämmitykseen. Ilmastonmuutoksen hillinnässä energiatehokkuustoimenpiteet ovat ratkaisevassa asemassa.

LÄHTEET

1. Kauppa- ja teollisuusministeriö / Motiva, Energiansäästäminen Suomessa – energiatehokkuudella kilpailukykyä, 2006.
2. Tilastokeskus 2017, Energia 2017 taulukkopalvelu, Energian kokonaiskulutus sektoreittain, Tilastokeskus, Helsinki.
3. Sisäilmasto ja energiatehokkuus –SE5 –projekti, Kirjallisuus- ja kehittämistarveselvitys, Suomen kuntaliitto, Helsinki 2015.
4. Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta, sekä perustelumuistio, 1009/2017.
5. Opas ilmanvaihdon mitoittamiseen muissa kuin asuinrakennuksissa, 30.11.2017, FIN-VAC ry.
6. Sisäilmastoluokitus 2018, Sisäympäristön tavoitearvot, suunnitteluohjeet ja tuotevaatimukset, toukokuu 2018, RT 07-11299.
7. <https://www.talotekniikkainfo.fi/sisailmasto-ja-ilmanvaihto-opas>, viitattu 5.2.2020.
8. Julkisten palvelurakennusten ilmanvaihdon yleisohje ja julkisten palvelurakennusten ilmanvaihdon yleisohjeen perustelumuistio, 14.3.2019, Kuntien sisäilmaverkosto.
9. Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta, sekä perustelumuistio, 1010/2017.
10. Alanko, Antti, Ilmanvaihdon käyttötapojen ja käyttötasojen vaikutus sisäilmaan koulurakennuksissa, 2018, Itä-Suomen yliopisto, Koulutus- ja kehittämisspalvelu Aducate, opinnäytetyö, rakennusterveyskoulutus.
11. Tilan ulkoilmavirran mitoitus hiilidioksidikuormituksen perusteella, 31.10.2017, Optiplan, loppuraportti.
12. Björkroth, Marko, Eskola, Lari, Paine-eron mittaus- ja säätöohje, 14.10.2019, A-insinöörit, loppuraportti.

13. Raitava, Ville, Hiilidioksidipitoisuusmittausten hyödyntäminen toimistotilojen ilmanvaihdossa, 2012, opinnäytetyö, Mikkelin ammattikorkeakoulu.
14. Ilmastointitekniikka, osa 2, Ilmastointilaitoksen mitoitus, Sandberg Esa, 2014.
15. Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus –opas, Ympäristöministeriö, Ympäristöopas 2016, Helsinki.
16. Ilmastointitekniikka, osa 1, Sisäilmasto ja ilmastointijärjestelmät, Sandberg Esa, 2014.
17. <https://www.talotekniikkainfo.fi/vesi-ja-viemarilaitteistot-opas/6-vvl-veden-%20lampotila>. Viitattu 17.3.2020.
18. <https://www.talotekniikkainfo.fi/vesi-ja-viemarilaitteistot-opas/8-vvl-lampiman-kayt-roveden-kiertojohto>. Viitattu 17.3.2020.
19. Ilmastointitekniikka ja sisäilmasto, Olli Seppänen, Solver Palvelut Oy, 2008.

