

SAVONIA

ammattikorkeakoulu

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

RAKENNUSTEN ENERGIANHALLINNAN RAPORTOINNIN OHJEISTUS

Talotekniikan vuosikello

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Tutkinto-ohjelma Energiatekniikan tutkinto-ohjelma	
Työn tekijä(t) Niko Sihvola	
Työn nimi Rakennusten energianhallinnan raportoinnin ohjeistus – Talotekniikan vuosikello	
Päiväys 6.5.2024	Sivumäärä/Liitteet 32 / 1
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) ISS Palvelut Oy	
Tiivistelmä <p>Tämän työn tarkoituksen oli tuottaa työn tilaajan ISS Palvelut Oy:n käyttöön ohjeistus rakennusten energianhallinnan raportoinnin avuksi. Työn tilaaja tuottaa asiakkaille kiinteistöjen energianhallinnan palveluita, tarkastelemalla kiinteistöjen rakennusautomaation avulla kiinteistöjen taloteknisten järjestelmien toimintaa ja energiatehokkuutta. Rakennusten energiankulutus kattaa suuren osan kaikesta vuosittaisesta energiankulutuksesta. Maailmanlaajuisesti rakennusten energiankulutus vastaa noin 40 prosenttia vuosittaisesta energiankulutuksesta. Suomessa rakennusten energiankulutus vastaa noin 25 prosenttia vuosittaisesta energiankulutuksesta. Taloteknisten järjestelmien energiankulutuksen optimoinnille ja energiatehokkuutta parantaville toimille on siis tarvetta sekä meillä että maailmalla.</p> <p>Opinnäytetyö toteutettiin toiminnallisena opinnäytetyönä ja opinnäytetyö koostuu teoreettisesta sekä tutkimuksellisesta osiosta. Opinnäytetyön tutkimuksellisena osana oli taloteknisten järjestelmien tarkastelun ja raportoinnin vuosikello teemainen ohjeistus. Ohjeistusta varten kerättiin aineistoa alan kirjallisuudesta liittyen rakennusten teknisiin järjestelmiin ja rakennusautomaatioon sekä kiinteistöjen huoltokirjojen toimia. Lisäksi aineistoa kerättiin Suomessa ja maailmalla tehdyistä tutkimuksista rakennusten energiankulutuksesta ja energiatehokkuudesta.</p> <p>Valmiiseen ohjeeseen koostettiin rakennusautomaation tarkastelua ohjaava vuosikello teemainen ohjeistus, joka on jaettu eri teemoihin neljännesvuosittain. Ohjeistusta voidaan käyttää kohdentamaan rakennusautomaation tarkastelua eri vuodenajoille ominaisiin seikkoihin ja ongelmakohtiin talotekniikassa. Kohdentamalla taloteknisten järjestelmien tarkastelua ja raportointia voidaan paremmin arvioida järjestelmien toimintaa ja löytää energiankulutuksellisia optimointikohteita. Jatkossa ohjeistusta voidaan kehittää vastaamaan paremmin yksittäisen asiakkaan tarpeita ja kiinteistöjen erityispiirteitä.</p>	
Avainsanat Rakennusautomaatio, ilmanvaihto, lämmitys, jäähdytys, kiinteistönhuolto, vuosikello, talotekniikka	

Field of Study Technology, Communication and Transport	
Degree Programme Degree Programme in Energy Engineering	
Author(s) Niko Sihvola	
Title of Thesis Guidelines for Building Energy Management Reporting – Annual Planning Cycle for Building Technology	
Date 6 May 2024	Pages/Appendices 32 / 1
Client Organisation /Partners ISS Palvelut Oy	
<p>Abstract</p> <p>The aim of this thesis was to produce guidelines for the use of ISS Palvelut Oy to help with energy management reporting of buildings. The client of the work provides clients with energy management services by reviewing the function and energy efficiency of the buildings technical systems with the help of building automation. The energy consumption of buildings covers a large part of all annual energy consumption. Globally, the energy consumption of buildings corresponds to about 40 percent of the annual energy consumption. In Finland, the energy consumption of buildings corresponds to about 25 percent of the annual energy consumption. There is therefore a need for optimizing the energy consumption of building technology systems and improving energy efficiency of buildings.</p> <p>The thesis was carried out as a functional thesis. For the guidelines, material was collected from the literature of the field related to the technical systems of buildings and building automation. Also maintenance books of the buildings were used. In addition, material was collected from studies conducted in Finland and around the world on the energy consumption and energy efficiency of buildings.</p> <p>The output of the thesis were guidelines for the annual planning cycle for building technology for the review and reporting of buildings technical systems. In the finished guide, guidelines were put together by themes. The annual planning cycle is divided into different quarterly themes. The guidelines can be used to focus the reviewing of building automation on the aspects and problem areas in building technology specific to different seasons. By targeting the review and reporting of building technical systems, the functioning of the systems can be better evaluated, and energy consumption optimization targets can be found. In the future, the guidelines can be developed to better meet the needs of individual customers and different buildings.</p>	
<p>Keywords</p> <p>Building automation, ventilation, heating, cooling, building maintenance, annual planning cycle, building technology</p>	

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	6
2	TALOTEKNIikka.....	8
2.1	Ilmanvaihto	8
2.2	Lämmöntalteenotto	10
2.3	Lämmitys	11
2.4	Jäähdytys.....	13
2.5	Valaistus.....	13
2.6	Erillisojaukset.....	14
3	RAKENNUSAUTOMAATIO	15
3.1	Rakennusautomaatiojärjestelmä	15
3.2	Automaation toiminta	15
3.3	Säädöt ja ohjaukset	15
3.4	Trendit.....	17
3.5	Hälytykset	17
3.6	Etähallinta	18
4	RAKENNUSTEN ENERGIATEHOKKUUS	19
4.1	Energiatehokkuus	19
4.2	Rakennusten energiankulutus Euroopassa	19
4.3	Rakennusten energiankulutus Suomessa	19
4.4	Energiankulutuksen hallinta	20
4.5	PTS-ehdotukset ja energiakorjaukset	20
5	VUOSIKELLO.....	21
5.1	Vuosikello.....	21
5.2	Vuosikellon käyttö kiinteistönhoidossa	21
6	RAKENNUSAUTOMAATION TARKASTELU	22
6.1	Ilmanvaihdon tarkastelu	22
6.2	Lämmityksen tarkastelu.....	22
6.3	Jäähdytyksen tarkastelu	23
6.4	Trendit.....	23
6.5	Ohjausten tarkastelu	23
6.6	Hälytykset	23

6.7	Kulutukset	23
7	TYÖN TOTEUTUS	24
7.1	Toiminnallinen opinnäytetyö	24
7.2	Opinnäytetyö prosessi	24
7.3	Opinnäytetyön toteutus	25
7.4	Tulokset	26
8	POHDINTA.....	28
	LÄHTEET	29
	LIITEET:	32

1 JOHDANTO

Kiinteistön energianhallinta on keino kiinteistöjen energiankulutuksen ja hiilijalanjäljen pienentämiseen. Energianhallinta tuo kiinteistöjen omistajille ja käyttäjille myös rahallisia säästöjä. Energianhallinnan kannalta on oleellista tietää, mihin energiaa kuluu. Rakennusautomaation toiminnan ja säätöjen toimivuuden tarkasteleminen on myös osa kiinteistötekniistä huoltoa.

Rakennusten energiankulutus vastaa noin 30 – 45 prosenttia maailmanlaajuisesta energiankulutuksesta ja suurin osa rakennusten energiankulutuksesta koostuu sähkönkulutuksesta. Rakennusten energiankulutuksen ennustetaan kasvavan jopa 40 prosenttia seuraavan kahdenkymmenen vuoden aikana. (Shan, Cao ja Wu 2019, 1; Mariano-Hernández, Hernández-Callejo, Zorita-Lamadrid, Duque-Pérez ja Santos García 2020, 1.) Euroopan komission julkaisun mukaan rakennusten energiankulutus vastaa 40 prosenttia Euroopan energiankulutuksesta ja rakennusten energiankäyttö vastaa 36 prosenttia kasvihuonekaasujen tuotosta (European Commission 2021a).

Rakennusautomaation avulla kiinteistöjen taloteknisiä prosesseja voidaan tarkastella reaaliajassa ja arvioida esimerkiksi prosessien yöaikaista toimintaa. Automaatiosta voidaan arvioida taloteknisten järjestelmien ja prosessien toimintaa myös erilaisia trendejä eli historiatietoja hyväksikäyttäen. Näitä keinoja voidaan käyttää hyödyksi kiinteistöjen energiankäytön optimoimiseksi esimerkiksi ilmanvaihtokoneiden toimintaa järkeistämällä eri vuorokaudenaikoihin ja tilojen käyttöasteisiin sopiviksi. (Sähkötieto 2023, 7 – 8.) Tämä tuo isoja säästöjä sekä energiankulutukseen että rahallisesti. Energiankulutuksen pienentämisen lisäksi rakennusten sisäilmaolosuhteiden ylläpitäminen parantaa tilojen käytettävyyttä ja pidentää tilojen käyttöikää (Myyryläinen 2019, 9).

Opinnäytetyön tilaajana toimi ISS Palvelut Oy. ISS Palvelut Oy on maailma johtavia kiinteistöalan yrityksiä. Osana ISS Teknisiä palveluja toimii ISS REC (Remote Engineering Centre) -yksikkö, jonka toimenkuvana on kiinteistöjen energianhallinnan optimointi. ISS REC toteuttaa asiakkaiden kiinteistöjen energian- ja olosuhdehallinnan palveluita rakennusautomaation tarkastelua hyväksikäyttäen. Rakennusautomaation avulla voidaan etänä tarkastella kohdekiinteistön taloteknisten järjestelmien toimintaa ja tehdä asiakkaille järjestelmien ja energiankulutuksen optimoimiseksi ehdotuksia kuukausittaisen raportoinnin kautta. ISS REC:n kuuluu myös 24/7 kiinteistöjen olosuhdehallinta, jonka palveluksessa itse työskentelen asiantuntijana.

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tehdä ohjeistus kiinteistöjen taloteknisten järjestelmien tarkasteluun rakennusautomaation kautta. Työn tilaajalla oli tarve ohjeistukselle kiinteistöjen järjestelmien ja olosuhteiden tarkastelun ja raportoinnin ohjaamiseen eri vuodenaikojen mukaan. Ohjeen aiheeksi muotoutui raportoinnin vuosikello. Vuosikello tyylisen ohjeistuksen avulla järjestelmien tarkastelua voidaan ohjata oleellisiin asioihin sekä painottaa tiettyjen järjestelmien ja toimien tarkastelua eri vuodenaikoihin liittyvien ominaispiirteiden mukaan.

Vuodenaikojen vaikutuksesta taloteknisten järjestelmien toimivuuden arviointiin ei suoraan löytynyt tutkimusaineistoa, mutta rakennusten energiankulutuksesta ja energiatehokkuudesta on tehty useita tutkimuksia. Euroopan alueella iso energiakulutuksen aiheuttaja on energiatehottomat rakennukset ja niiden lämmitys.

Tarjottu työ vaikutti mielenkiintoiselta ja hyödylliseltä projektilta. Työn ohjeistusta voidaan käyttää tehokkaampaan raportointiin sekä löytämään energiankulutuksen optimointikohteita ja tätä kautta myös parantaa yrityksen asiakastytyväisyyttä. Työtä tehdessä sain itsekin perehtyä taloteknisiin järjestelmiin sekä niiden toimintaan ja erityispiirteisiin syvemmin.

2 TALOTEKNIikka

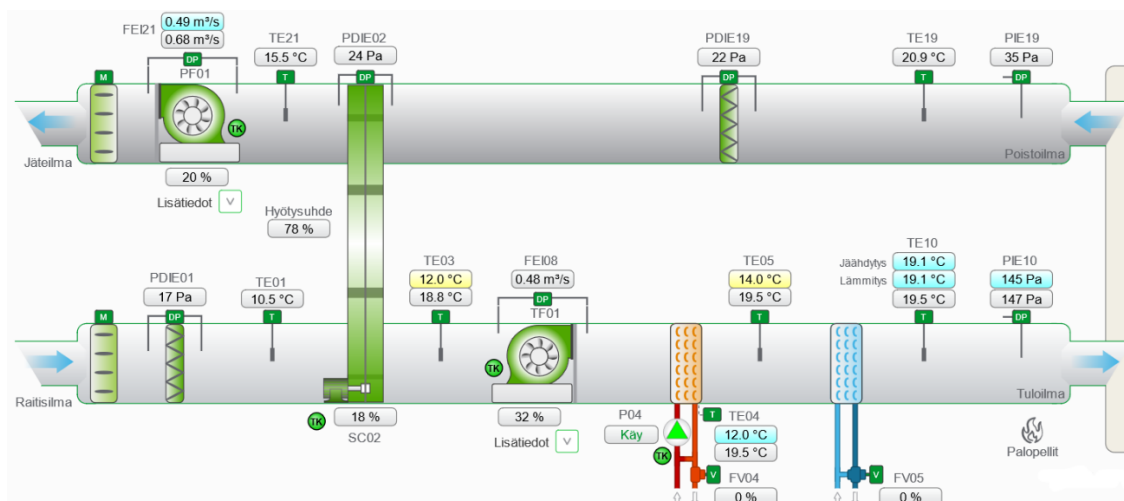
2.1 Ilmanvaihto

Ilmanvaihtojärjestelmiä, joita voidaan automaation avulla ohjata, ovat koneellinen poistoilmanvaihto, koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto sekä koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto lämmön talteenotolla (LTO). Vanhoissa, yleensä asuinrakennuksissa, on käytössä myös painovoimainen ilmanvaihto. Painovoimaista ilmanvaihtoa ei voida automaation avulla hallita, koska ilmanvaihdon toiminta perustuu sisä- ja ulkoilman lämpötilaerojen aiheuttamaan paineen vaihteluun. (Suomäki ja Vepsäläinen 2017, 77.)

Koneellisessa poistoilmanvaihdossa rakennuksen ilmanvaihtoa hallitaan poistoilmapuhaltimen avulla. Tuloilma saadaan koneellisessa poistoilmanvaihdossa joko rakenteiden vuotoilmana tai erillisten tuloilmaventtiilien kautta. Koneellista poistoilmanvaihtoa ohjataan yleensä joko käyttäjän toimesta tarpeen mukaan tai ajastimen mukaan. (Suomäki ja Vepsäläinen 2017, 78.)

Koneellisessa tulo- ja poistoilmanvaihdossa ilmanvaihto tapahtuu sekä poisto- että tuloilmapuhaltimen ohjaamana. Järjestelmässä tuloilman määrää ja lämpötilaa voidaan ohjata tuloilmapuhaltimen nopeuden ohjauksen ja erillisen ilmankanavassa olevan sähkö- tai vesikiertoisen lämmityspatterin avulla. Koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihdon ohjaamiseen voidaan käyttää tarvittaessa monimutkaisempaa automaatiota säätämään tulo- ja poistoilman määriä sekä tuloilman lämpötilaa. Asuinrakennuksissa ohjaus tapahtuu yleensä tarpeen tai ajastimen ohjaamana. (Suomäki ja Vepsäläinen 2017, 79 – 80, 86 – 87.)

Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto lämmön talteenotolla (kuva 1) toimii samaan tapaan kuin koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto ilman lämmön talteenottoa, erona on lämmön talteenottolaitteen lisääminen ilmanvaihtoon ja ilmanvaihdon lisääntynyt ohjaustarve. Lämmön talteenottolaitteisto lisää automaatio-ohjauksen ja eri mittausten tarvetta ilmanvaihtojärjestelmässä, mitattavia suureita lämmön talteenotossa ovat tulo- ja poistoilman lämpötilojen, kanavapaineiden ja paine-erojen mittaaminen. Myös ilmankosteuden mittaaminen on joissakin tapauksissa tarpeellinen tilasta ja sen käyttötarkoituksesta riippuen. (Suomäki ja Vepsäläinen 2017, 80 – 84.)



KUVA 1. Ilmanvaihtojärjestelmä pyörivällä lämmöntalteenotolla sekä nestekiertoisilla lämmitys- ja jäähdytyspattereilla (StruxureWare)

Ilmanvaihtoon on mahdollista lisätä myös tuloilman jäähdytys ja kostutus lämmityksen lisäksi, jolloin ilmanvaihtojärjestelmästä saadaan vieläkin monipuolisempi (Suomäki ja Vepsäläinen 2017, 84).

Ilmanvaihdon ohjaus voidaan toteuttaa erilaisten säätöjen mukaan. Ilmanvaihdon ohjauksen säätöjä ovat muun muassa vakioarvosäätö, poistoilma ohjattu säätö, hiilidioksidipitoisuuden perustuva ohjaus, kanavapaineisiin perustuva säätö sekä kosteuteen perustuva ohjaus. (Suomäki ja Vepsäläinen 2017,84 – 88.)

Vakioarvosäädössä ilmanvaihtoa ohjataan tuloilman lämpötilan mittauksen mukaan. Poistoilma ohjatussa säädössä ilmanvaihtoa ohjataan poistoilman, eli huoneilman, lämpötilan mukaan. (Suomäki ja Vepsäläinen 2017, 885 – 86).

Hiilidioksidipitoisuuteen perustuvassa ohjauksessa ilmanvaihtoa ohjataan tilan hiilidioksidipitoisuuden mukaan. Tämä mahdollistaa tilan käytön mukaan säätävän ilmanvaihdon ohjauksen. (Suomäki ja Vepsäläinen 2017, 87.)

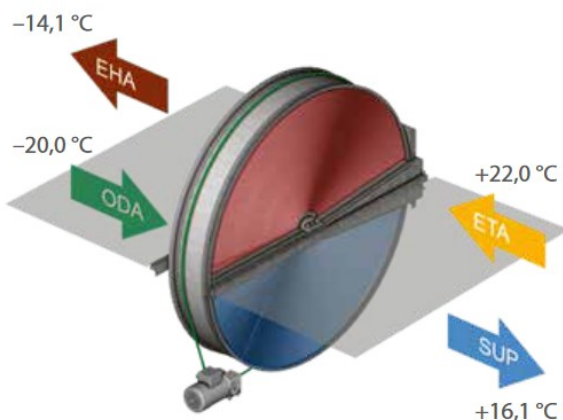
Kanavapaineisiin perustuvassa säädössä ilmanvaihtoa ohjataan ilmanvaihtokanavan kanavapaineen perusteella. Tätä käytetään yleensä apusäätönä lämpötila tai kosteus ohjatuissa säädöissä. (Suomäki ja Vepsäläinen 2017, 87.)

Kosteuteen perustuvassa ohjauksessa ilmanvaihtoa ohjataan ilmankosteuden mukaan poistoilman-kosteutta mittaamalla, esimerkiksi uimahalleissa (Suomäki ja Vepsäläinen 2017, 88).

2.2 Lämmöntalteenotto

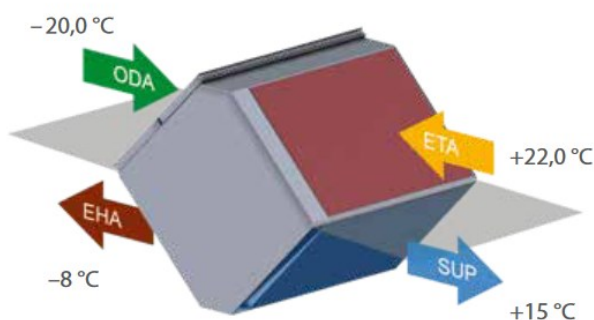
Lämmöntalteenottojärjestelmät jaetaan pyöriin, kuutiomallisiin ja nestekieroisiiin järjestelmiin. Näistä pyörivä lämmöntalteenotto järjestelmä on kaikkein energiatehokkain.

Pyörivään lämmöntalteenottojärjestelmään (kuva 2) kuuluu lämmöntalteenottokiekko, joka siirtää poistoilman lämpöä tuloilmaan. Hitaasti pyörivä lämmöntalteenottokiekko sisältää kennoston, joka toimii lämmönsiirtimenä tulo- ja poistoilman välillä. Pyörivän lämmöntalteenoton hyötysuhde on 80 – 90 prosenttia. (Suomäki ja Vepsäläinen 2017, 89.)



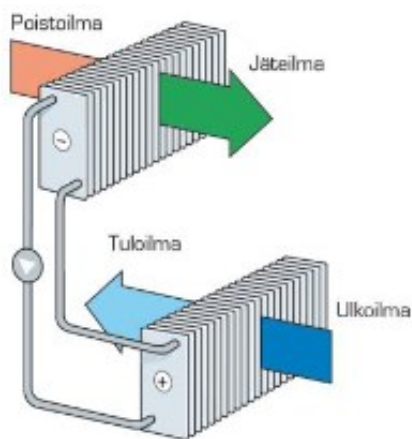
KUVA 2. Pyörivä lämmönsiirrin (Komfovent 2020, 9)

Levylämmönsiirrin lämmöntalteenottojärjestelmässä (kuva 3) poisto- ja tuloilma erotetaan toisistaan alumiinikennoin, joiden välityksellä poistoilmasta siirtyy lämpöä tuloilmaan ilmavirtojen kulkiessa ristikkäin kennostossa. Levylämmönsiirrin mallisen järjestelmän lämmöntalteenoton hyötysuhde on noin 50 – 65 prosenttia. (Ensto 2014, 16; Suomäki ja Vepsäläinen 2017, 88 – 89.)



KUVA 3. Levylämmönsiirrin (Komfovent 2020, 9)

Nestekiertoinen lämmöntalteenotto (kuva 4) toimii lämmönsiirtopattereiden avulla. Pattereista toinen sijaitsee tuloilman puolella ja toinen poistoilmanpuolella. Pattereiden välillä kiertää väliaineena glykoliliuos, joka toimii lämmönsiirtimenä pattereiden välillä. Nestekiertoinen lämmöntalteenottojärjestelmä voidaan yhdistää eri ilmanvaihtokoneisiin nestekiertoputkistojen avulla. Nestekiertoisen lämmöntalteenoton hyötysuhde on noin 50 – 60 prosenttia. (Suomäki ja Vepsäläinen 2017, 91.)

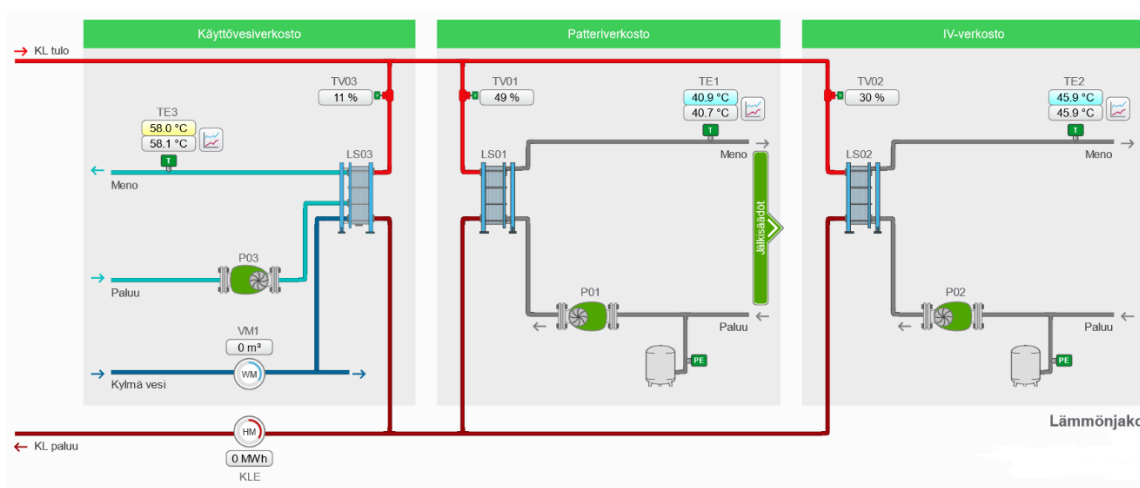


KUVA 4. Nestekiertoinen lämmöntalteenotto (Mäkinen 2017, 10)

Lämmöntalteenoton lisäksi ilmanvaihtokoneissa on yleensä tuloilman lämmityspatteri, jonka tehtävänä on lämmittää lämmöntalteenoton jälkeinen ilma haluttuun lämpötilaan. Lämmityspatteri voi olla joko vesikiertoinen- tai sähköpatteri. Rakennuksen lämmitysjärjestelmässä on erillinen ilmanvaihdon lämmitysverkosto, joka kierrättää rakennuksen lämmittämiseen käytettävää vettä myös ilmanvaihdon lämmityspatterille. (Suomäki Ja Vepsäläinen 2017, 83.)

2.3 Lämmitys

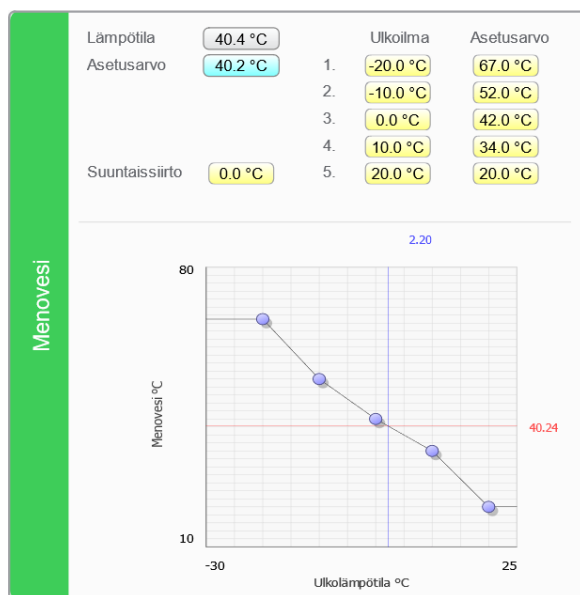
Rakennusten lämmitys voidaan toteuttaa vesikiertoisesti kaukolämmöllä (kuva 5) tai erilaisilla kiinteistökohtaisilla lämmitysjärjestelmillä, kuten maalämpö, öljy- tai kiinteän polttoaineen kattilat tai sähkökattilalla. Lämmityksestä voidaan huolehtia myös suoralla sähkölämmityksellä käyttämällä sähköpattereita tai sähköistä lattialämmitystä. Nykyisin lämmityksessä ovat yleistyneet erilaiset ilma-, vesi- ja maalämpöpumput. (Korkala 2019, 13.)



KUVA 5. Kaukolämmön lämmönjakoverkosto (StruxureWare)

Lämmönjakoverkoston säädön tavoitteena on pitää tilojen lämpötilat halutuissa asetuksissa riippumatta ulkolämpötilasta tai sisälämpötilakuormituksesta. Lämmitysjärjestelmän toimintaan liittyvät säädöt ovat säätökäyrä ja suuntaissiirto säätöjä. Lämmityksen säätökäyrän avulla saadaan parannettua rakennuksen lämmityksen energiatehokkuutta. Säätökäyrä pyritään asettamaan siten, että sisälämpötilat pysyvät vakiona ulkolämpötilasta riippumatta. Lämmitysverkoston menovedelle haetaan sopivat menoveden lämpötila-arvot kunkin ulkolämpötilan mukaan (kuva 6). Lämmityspattereihin

tarvitaan sitä lämpimämpää vettä mitä kylmempi ulkolämpötila on. Samanlaiset säätökäyrät voidaan tehdä myös lattia- ja ilmanvaihtoverkostoihin. (Suomäki ja Vepsäläinen 2017, 60 – 63.)



KUVA 6. Säättökäyrä eli muunnostaulukko ja suuntaissiirtoasetus (StruxureWare)

Suuntaissiirron tarkoituksena on säätää säättökäyrää muuttamatta säättökäyrän asetusta. Kun oikea säättökäyrä on rakennukselle löydetty, ei sitä haluta muuttaa. Jos sisälämpötilat kuitenkin jäävät asetusarvoja viileämmiksi tai nousevat asetusarvoja korkeammiksi, voidaan suuntaissiirrolla nostaa tai laskea säättökäyrän lämpötiloja muuttamatta säättökäyrän muotoa. (Suomäki ja Vepsäläinen 2017, 64 – 68.)

Automaatiikan avulla kaukolämmöllä lämmittäessä pyritään jäähdyttämään kaukolämpövedettä mahdollisimman paljon rakennuksen lämmitysverkostossa. Sähkölämmityksessä automaatiikkaa käytetään lämmitysvastuksien ohjaukseen patteri- ja huonetermostaattien avulla. Öljylämmityksessä automaatiikka ohjaa lämmitysveden lämpötilaa öljypolttimen kautta ja lämpöpumpuissa automaatiikalla ohjataan lämpöpumpun keruupiirin toimintaa riittävän lämpötilan saavuttamiseksi. (Suomäki ja Vepsäläinen 2017, 59 – 60.)

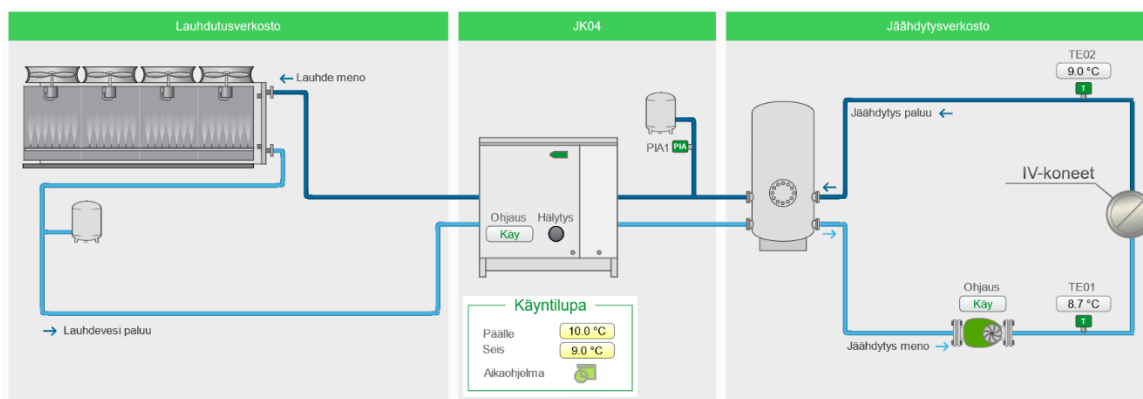
Myös ilmanvaihtoa voidaan käyttää lämmitykseen joko ilmalämmityksenä tai kierrätysilmalämmityksenä, mutta pelkästään ilmanvaihdon avulla toteutettu lämmitys ei ole energiatehokasta. Huonetilojen varsinaisilla lämmittimillä, kuten sähkö- tai vesikiertopattereilla toteutetulla lämmityksellä, saadaan hyödynnettyä tilojen sisäiset lämpökuormat paremmin ja ne ovat myös tarkkasäätöisempiä. (Motiva 2012a, 5; Korkala 2019, 21 – 22.)

Ilmalämmitysjärjestelmät ovat lähinnä pientalo käyttöön tarkoitettuja lämmitysjärjestelmiä. Pientaloissa ilmanvaihdolla tapahtuvassa lämmityksessä on yhdistettynä perinteinen lämmön talteenottojärjestelmä ja kiertoilmajärjestelmä. Järjestelmä hyödyntää esimerkiksi lämpöpumpuilla tai takan avulla tuotettua lämpöä jakamalla lämmön tasaisesti koko rakennukseen. (Harju 2010, 166.)

Vähemmän Suomessa käytettävä lämmitysmuoto on aurinkolämmitys, jossa aurinkokeräimien avulla lämmitetään nestettä esimerkiksi vesivaraajassa. Auringon lämpöenergia saadaan näin talteen ja sitä voidaan käyttää hyödyksi muiden lämmitysjärjestelmien rinnalla. (Harju 2010, 193 – 194.)

2.4 Jäähdytys

Eri kylmä- ja jäähdytysjärjestelmät voidaan jakaa suoriin ja välillisiin järjestelmiin, joissa höyrystin tai lauhdutin on joko suoraan tai välillisesti kosketuksissa jäähdytettävään aineeseen. Suorassa jäähdytyksessä höyrystin tai lauhdutin on suoraan kosketuksissa jäähdytettävään aineeseen, esimerkiksi ilmaan, kun taas välillisessä jäähdytysjärjestelmässä höyrystin tai lauhdutin on kosketuksissa väliaineeseen, mikä on lämmönsiirtimen välityksellä kosketuksissa jäähdytettävään aineeseen (kuva 7). Väliaineena toimii usein vesi tai glykoli tai vesi-glykoliseos. (Kaappola, Hirvelä, Jokela ja Kianta 2022, 77.)



KUVA 7. Jäähdytysjärjestelmän lauhdutus- ja ilmanvaihtokoneverkosto (StruxureWare)

Ilmanvaihtokoneeseen voi kuulua oma jäähdytyspatteri. Jäähdytyspatteri sijoitetaan lämmityspatterin jälkeen ja jäähdytyspatteri on liitetty erilliseen jäähdytysverkostoon. Jäähdytysverkoston jäähdytysenergia tuotetaan vedenjäähdytyskoneella. (Silvan, Kauppila ja Kaappola 2016.)

2.5 Valaistus

Rakennusten sisä- ja ulkovalaistusta voidaan ohjata automaattisesti kello-, liike- tai hämäräohjauksen tai paikallaolotunnistimen avulla (Motiva 2023b).

2.6 Erillishjaukset

Erillishjauksilla hallitaan kiinteistössä esimerkiksi sulanapito- ja saattolämmityksiä, kuten ränni- ja viemärikaivojen lämmitykset (kuva 8). Erillishjausten piiriin kuuluvat myös autolämmityspistokkeet ja sähköautonlataus liitännät. (Motiva 2012b, 12.)

Sulanapitolämmitykset ovat yleensä ulkolämpötilan mukaan ohjattuja, ja yleisesti käytetty suositus sulatuksen käynnistyksen ulkolämpötiloille on +3 °C:ta ja -3 °C:ta välillä.

Sulatusohjaukset											
Tunnus	Vaikutusalue	AK/RK	Ohjaus	Tilatieto	Kesäaika (kk)	Sulatusrajat		Ohjaus	Käsiohjaus		
	Kattokaivot sulanapito	VAK4 - JKDS.01	Seis	●	5 - 10	Alaraja	Yläraja	0 - 1	Tila	Aika	Jäljellä
						-3.0 °C	3.0 °C		●	120 min	0 min

Ulkovalot										
Tunnus	Vaikutusalue	Ohjaus	Tilatieto	Aikaohjelma	Raja-arvot		Ohjaus	Käsiohjaus		
	Valomalnos	Käy	●	●	Valoisuus	Hystereesi		Tila	Aika	Jäljellä
					60 lux	20 lux		●	120 min	0 min

KUVA 8. Sulatus- ja ulkovalo erillishjaukset (StruxureWare)

3 RAKENNUSAUTOMAATIO

3.1 Rakennusautomaatiojärjestelmä

Rakennusautomaation (RAU) avulla ohjataan automaattisesti rakennuksen taloteknisiä laitteita, kuten ilmanvaihtoa, lämmitystä ja jäähdytystä. Rakennusautomaation avulla talotekniikka voidaan hallita yhtenäisesti ja sitä voidaan käyttää järjestelmien toimivuuden arviointiin. (Suomäki ja Vepsäläinen 2017, 11 – 13.)

Rakennusautomaatiojärjestelmän rakenne muodostuu kolmesta päätasosta, joita ovat hallintataso, automaatiotaso ja kenttätaso. Hallintatasoon kuuluvat paikallis- ja etävalvomot. Automaatiotaso koostuu alakeskuksista, jotka koostuvat I/O-moduuleista. Kenttätasoon kuuluvat kenttälaitteet eli eri mittalaitteet, anturit, säätimet ja toimintalaitteet. (Sähkötieto Ry 2018, 59 – 61.)

3.2 Automaation toiminta

Automaatiojärjestelmän toiminnassa käytetään kellokytkimiä, yksikkösäätimiä, suljettuja järjestelmiä sekä avoimia järjestelmiä. Näiden säätimien ja järjestelmien avulla voidaan hallita sekä yksittäisiä laitteita että laiteryhmiä. (Suomäki ja Vepsäläinen 2017, 13 – 14.)

Kellokytkimet ovat yksinkertaisia analogisia tai digitaalisia kytkimiä ja kytkinten avautumis- ja sulkeutumisaikoja voidaan ohjelmoida toimimaan halutun aikataulun mukaan (Suomäki ja Vepsäläinen 2017, 13).

Yksikkösäätimet ovat säätölaitteita, jotka ohjaavat tiettyä toimintaa, kuten pumpun pysäytystä ja erilaisia hälytyksiä (Suomäki ja Vepsäläinen 2017, 13).

Suljetut järjestelmät koostuvat valvontakoneesta, yhdestä tai useammasta alakeskuksesta (VAK) ja alakeskuksiin liitetyistä kenttälaitteista. Kenttälaitteiden säätö-, mittaus- ja ohjauspisteet ovat hallittavissa järjestelmän avulla ja kenttälaitteiden ohjauspisteet voivat olla hajautettuna laajalle alueelle, jopa eri rakennuksiin. (Suomäki ja Vepsäläinen 2017, 13 – 14.)

Avoimet järjestelmät koostuvat ohjausväylien kautta toisiinsa liitetyistä laitteista, joissa ei ole erillisiä alakeskuksia. Alakeskuksien sijasta avoimissa järjestelmissä on kenttälaitteista, moottoriventtiileistä ja antureista koostuvia moduuleja eli solmuja. Moduulit ovat yhteydessä tietoväylään ja moduulit voivat toimia itsenäisesti ilman keskusvalvomon ohjausta. Avoimeen järjestelmään moduuleja voidaan lisätä periaatteessa loputtomasti, toisin kuin suljettuun järjestelmään, jonka laajentaminen on suuritöistä ja hankalaa. (Suomäki ja Vepsäläinen 2017, 14.)

3.3 Säädot ja ohjaukset

Varsinkin ilmanvaihdossa ja lämmityksessä käytetään erilaisia ohjauksia ja säätöjä järjestelmien energiatehokkaan toiminnan varmistamiseksi. Ilmanvaihdon ja lämmityksen tehokas ja tarkoituksen mukainen toiminta vaikuttavat suuresti rakennuksen sisäilmaolosuhteisiin. (Suomäki ja Vepsäläinen 2017, 25 – 37.)

Erilaisia ohjauksia ovat toiminnan ohjaukset, eli päälle ja pois -ohjaukset, aikaohjaukset, häiriötilanne ohjaukset sekä lukitus- ja pakko-ohjaukset. Ohjaukset voivat olla automaation suorittamia, käsikäytöllä tapahtuvia tai säätöpiiri ohjattuja. (Suomäki ja Vepsäläinen 2017, 27 – 31.)

Toiminnan ohjaus voidaan toteuttaa esimerkiksi aikaohjauksena, läsnäolo-ohjauksena liiketunnistimien avulla tai ilmanlaadun mittauksilla. Häiriötilanneohjauksen avulla laitteita voidaan ohjata samummaan häiriötilanteissa, kuten sähkökatkoissa tai käynnistymään viiveellä häiriötilanteen poistuttua. Myös hätäpysäytykset kuuluvat häiriötilanneohjaukseen, esimerkiksi palohälytyksissä. Häiriötilanneohjauksen avulla pyritään estämään laitteiston rikkoutuminen häiriötilanteissa, vahinkojen syntymisen häiriötilanteen poistuttua, esimerkiksi suuren kuorman yhtäaikainen muodostuminen useiden koneiden käynnistyessä samaan aikaan tai tulipalon leviäminen ilmanvaihdon kautta ilmanvaihtokoneiden hätäpysäytyksen avulla. (Suomäki ja Vepsäläinen 2017, 27 – 30.)

Lukitukset ja pakko-ohjaukset toteutetaan joko ohjelmallisina tai fyysisinä liitoksina. Turvalukitukset toteutetaan yleensä fyysisinä liitoksina esimerkiksi sähkökeskuksissa. (Suomäki ja Vepsäläinen 2017, 27 – 31.)

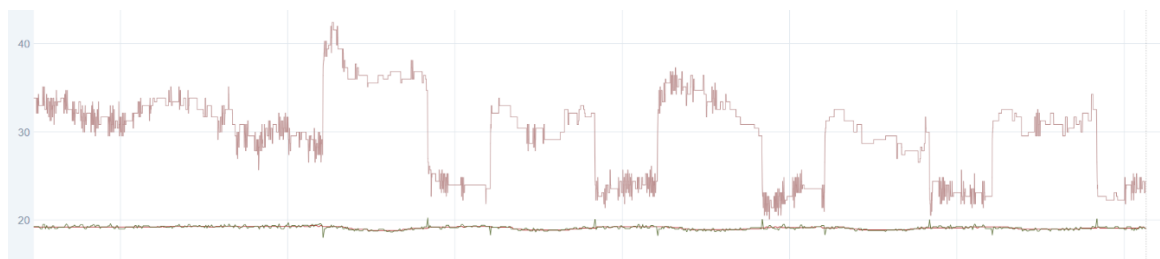
Säätötoimet ovat automaatioissa tapahtuvia laitteen tai asetuksen säätämisiä mittalaitteista saadun mittaustiedon avulla. Säätötoimet perustuvat säätöpiirimenetelmään ja säätöjen avulla laitteistot pyritään pitämään halutussa asetusarvossa tai tilassa. Säätöjä toteutetaan asetusarvojen ja säätöpoikkeamatietojen perusteella. Jos mitattu arvo poikkeaa asetusarvosta, automaatio pyrkii asetettuun arvoon tekemällä korjaavia säätöjä. Automaatio suorittaa säätöjen korjausta automaatioon ohjelmoitujen parametrien perusteella. (Suomäki ja Vepsäläinen 2017, 32 – 34.)

Säätöjä voidaan toteuttaa esimerkiksi vakioarvosäädöllä tai kaskadi- eli sarjasäädöllä. Vakioarvosäädöllä säätö tapahtuu kiinteän arvon perusteella. (Suomäki ja Vepsäläinen 2017, 35 – 37.)

Kaskadisäädön toiminta perustuu pääsädön ja pääsädön perässä olevan apusädön yhteistoimintaan. Pääsäätö saa mittaustietoa, minkä perusteella se laskee kulloisenkin tilanteeseen sopivan uuden asetusarvon. Apusäätö saa pääsädöltä uuden tilanteen mukaisen asetusarvon ja apusäätö toteuttaa säädön asetusarvon mukaisesti. (Suomäki ja Vepsäläinen 2017, 36 – 37.)

3.4 Trendit

Trendi on rakennusautomaatiossa oleva tapahtumamuisti eli historiatieto, johon tallentuu eri mittaus- ja ohjauspisteiden tapahtumia (kuva 9). Trendien perusteella voidaan tarkastella eri mittaus- tai ohjauspisteiden toimintaa tietyltä ajanjaksolta ja tätä historiatietoa voidaan käyttää järjestelmän toiminnan arvioinnissa sekä järjestelmän ja ohjauksien ongelmien paikantamiseksi. (Suomäki ja Vepsäläinen 2017, 99 – 100.)



KUVA 9. Tuloilmakoneen lämmityspatterin menoveden venttiilin ja tuloilman lämpötilan trendi (StructureWare)

3.5 Hälytykset

Hälytykset antavat tietoa taloteknisten järjestelmien toiminnasta hälyttämällä järjestelmän tai toimilaitteenlaitteen mennessä häiriötilaan. Saatavat hälytykset voivat olla esimerkiksi ilmaisevia-, ohjelmallisia- tai huoltohälytyksiä. (Suomäki ja Vepsäläinen 2017, 105.)

Ilmaisevia hälytyksiä käytetään esimerkiksi raja-arvojen ylityksen tai alituksen ilmaisemiseen ja ilmaisevat hälytykset eivät yleensä aiheuta automaattisia toimenpiteitä tilanteen korjaamiseksi tai lisävahinkojen estämiseksi. Ohjelmallisia hälytyksiä käytetään myös esimerkiksi raja-arvojen ylityksestä tai alituksesta ilmoittamiseen. Ilmaisevista hälytyksistä poiketen ohjelmallisiin hälytyksiin voi kytkeytyä myös laitetta ohjaava toiminnallinen ohjaus, joka esimerkiksi pysäyttää laitteen lisävahinkojen ehkäisemiseksi. Huoltohälytysten tarkoitus on ilmoittaa laitteen huollon tarpeesta ja siihen voi olla kytkettynä ajastustoiminto, joka pitää huolen, ettei laitteen huoltovälit ylitä. (Suomäki ja Vepsäläinen 2017, 105.)

Rakennusautomaatiossa eri hälytykset on priorisoitu eli laitettu tärkeysjärjestykseen hälytyksen kiireellisyyden mukaan. Korkeimman luokan hälytykset ovat turvallisuuteen liittyvät hälytykset, seuraavina ovat kiireelliset hälytykset ja ei-kiireelliset hälytykset ja viimeisenä kiireellisyydsuokituksessa ovat huoltohälytykset (Sähkötieto 2023, 58, 63 – 65.) Eri kiireellisyydsuokat ja esimerkki hälytystyypit on kuvattu taulukossa 1.

Taulukko 1. Rakennusautomaation hälytysten kiireellisyysluokat (Sähkötieto 2023, 63 – 65)

Kiireellisyysluokka	Hälytystyyppi	Toimenpide
A-luokka (Turvallisuus)	Palo-, rikos- ja hissihälytykset ja pumppaamohälytykset	Välitettävä välittömästi huoltohenkilökunnalle
B-luokka (Kiireelliset)	Ilmanvaihtokoneiden jäätymissuoja hälytykset sekä jäähdytyskone ja kylmiö hälytykset	Välitettävä välittömästi huoltohenkilökunnalle
C-luokka (Ei-kiireelliset)	Prosessien ja erillispisteiden hälytykset, kuten mittausten raja-arvohälytykset	Ei yleensä tarvita välitöntä käyntiä, vaan hälytys voidaan hoitaa etäyhteyden kautta tai seuraavalla kohdekäynnillä
D-luokka	Huoltohälytykset ja ilmanvaihtokoneiden suodatin hälytykset	Huoltotyöt tehdään seuraavalla kohdekäynnillä tai suunniteltujen huoltojen yhteydessä

3.6 Etähallinta

Rakennusautomaatiota on mahdollista käyttää etähallinnan avulla. Etähallinnan kautta rakennusautomaatiota voidaan käyttää internet-yhteyden yli mistä tahansa. Valvomosta käsin rakennuksen järjestelmien valvontaa voidaan suorittaa reaaliajassa, tarkastella ja ratkaista hälytyksiä sekä lukea trenditietoja järjestelmien ja laitteiden toiminnasta. Rakennusautomaatiota tarkastelemalla voidaan esimerkiksi optimoida teknisten järjestelmien toimintaa ja arvioida rakennuksen sisäilmaolosuhteita. Useita tietojärjestelmiä yhdistäviä käyttöliittymiä voidaan käyttää laajan kiinteistökannan etävalvontaan alueellisesti tai valtakunnallisesti. Useita tietojärjestelmiä yhdistävät käyttöliittymät mahdollistavat kiinteistökannan trendien ja muun kerättävän tiedon yhtenäisen tarkastelun ja raportoinnin. (Sähkötieto 2023, 7, 17 – 18.)

4 RAKENNUSTEN ENERGIATEHOKKUUS

4.1 Energiatehokkuus

Energiatehokkuus on energiankäyttöä tehokkaasti ja kustannustehokasta kasvihuonepäästöjen pienentämistä. Määritellyn mukaisen energiatehokkuuden toteuttaminen vaatii energiatehokkuuden arvioimiseksi erilaisten raporttien oikeanlaista tulkintaa, taustatyötä keinoista, joilla energiatehokkuutta voidaan edistää sekä usein monimutkaista laskentaa. Energiankäytön tehokkuuden toteutukseksi tulee myös seurata tehtyjen korjausehdotusten toteutumista sekä korjauksien vaikutusta rakennuksen toteutuneeseen energiankulutukseen, sisäilmaolosuhteisiin ja järjestelmien toimintaan. Korjauksien jälkeen järjestelmät voivat vaatia virityksiä sekä säätöjä ja säätöjen toimivuutta tulee seurata. Rakennukseen tehtyjen energiatehokkuus toimenpiteiden jälkeen on myös muistettava rakennuksen oikea ylläpito ja seuranta. (Myyryläinen 2019, 35.)

Rakennuksen energiatehokkuutta voidaan parantaa taloteknisten järjestelmien tarkastelun avulla muun muassa huolehtimalla, että ilmanvaihto toimii tilojen käyttöasteen ja käyttötarkoituksen mukaisesti. Tarkastelussa myös katsotaan, että huonelämpötilat ovat tilojen käyttötarkoituksia vastaavia. Rakennusautomaatiota tarkastelemalla energiatehokkuutta arvioidaan myös eri energialajien kulutuksen seurannalla. Energiankulutusta seurataan lämmön-, sähkön- ja vedenkulutuksen osalta. Taloteknisten järjestelmien tarkastelun kautta voidaan myös löytää keinoja ilmaisen energian hyödyntämiseen esimerkiksi lämmöntalteenoton, aurinkoenergian ja ilmanvaihdon yöjäähdytyksen avulla. Taloteknisten järjestelmien oikea toiminta tulee varmistaa ennen kuin tehdään rakennusteknisiä korjaustoimenpiteitä. (Myyryläinen 2019, 35 – 36.)

4.2 Rakennusten energiankulutus Euroopassa

Euroopan unionin (EU) Fit for 55-ilmastopakettin mukaan EU:n kasvihuonepäästöjä tulisi vähentää 55 prosenttia vuoteen 2030 mennessä vuoteen 1990 verrattuna. Ilmastopaketti sisältää myös uusiutuvan energian ja energiatehokkuuden vaatimuksien tiukennuksia. Energiatehokkuuden tavoitteita kiristetään huomattavasti ja teollisuuden uusiutuvan energian käytön lisäys tavoitteet vaikuttavat Suomessa varsinkin lämmitys- ja liikennesektoriin sekä energian tuotantoon. (Valtioneuvosto 2021.)

Myös julkisen sektorin rakennusten energiankulutusta tulee pienentää ja julkisen sektorin tulisi jatkossa uudistaa 3 prosenttia rakennuskannastaan vuosittain (European Commission 2021b). Euroopan parlamentin rakennusten energiatehokkuusdirektiivin mukaan noin 75 prosenttia Euroopan rakennuskannasta on energiatehottomia ja maakaasu sekä öljy ovat pääasiallisia energianlähteitä rakennusten lämmityksessä ja jäähdytyksessä (European Parliament 2023).

4.3 Rakennusten energiankulutus Suomessa

Suomessa suurin osa rakennusten käyttämästä energiasta kuluu lämmitykseen ja lämmitykseen käytettävän energian määrä vastaa noin 26 prosenttia Suomessa kulutettavasta energiasta. Lämmitykseen tarvittavasta energiasta tuotetaan noin 40 prosenttia uusiutuvilla energianlähteillä, kuten biopolttoaineet, tuuli- ja aurinkovoima sekä maalämpö. (Tilastokeskus 2021.)

4.4 Energiankulutuksen hallinta

Rakennusautomaation kautta taloteknisten järjestelmien toimintaa ja olosuhteita tarkastelemalla on mahdollista vaikuttaa myös rakennuksen energiankulutukseen. Eri järjestelmät, kuten ilmanvaihto ja lämmitys, voidaan automaation avulla säätää toimimaan tilojen käytön mukaan. Jos tila ei ole jatkuvassa käytössä voidaan ilmanvaihtoa tiloissa pienentää ja huonelämpötiloja laskea esimerkiksi luomalla ilmanvaihtokoneelle aikaohjelma, minkä mukaan ilmanvaihto tehostuu tilojen ollessa käytössä ja vähenee tilojen ollessa tyhjiillään. (Suomäki ja Vepsäläinen 2017, 125 – 126.)

Automaation avulla on mahdollista käyttää niin sanottua ilmaisenergiaa esimerkiksi luomalla yöjäähdytysohjelma, jolloin yöaikaan huoneilman viilentämiseen voidaan käyttää viileää ulkoilmaa. Myös turhaa lämmitystä tulee välttää, esimerkiksi yöaikaan on turha yli lämmittää tiloja yhtä lämpimiksi kuin käytön aikaan. (Suomäki ja Vepsäläinen 2017, 126.)

Ilmanvaihdon ja lämmityksen lisäksi automaation avulla voidaan ohjata muun muassa valojen toimintaa aikaohjauksella, liiketunnistimilla tai ulkona vallitsevan valoisuuden mukaan (Suomäki ja Vepsäläinen 2017, 126).

Energiankulutuksen hallintaan oleellisesti liittyvä osa ovat rakennuksen energiankulutuksen seuranta ja hyötysuhteiden laskenta. Automaatiosta saatavien raporttien, trenditietojen ja kulutustietojen avulla energiankulutuksen arviointia on mahdollista kohdentaa tiettyihin järjestelmiin ja näin tarkastella eri järjestelmien toimintaa sekä arvioida rakennuksen kokonaisenergiankulusta ja tehdä havainnot mahdollisista optimointikohteista ja kulutuspoikkeamista. (Suomäki ja Vepsäläinen 2017, 126 – 128.) Trendien avulla seuranta voidaan toteuttaa tunti-, päivä-, kuukausi- tai vuositasolla tarpeen mukaan (Heikkinen 2018, 27).

Etähallinnan kautta tehtävää rakennusautomaation tarkastelua voidaan käyttää lisäksi arvioimaan järjestelmiin tehtyjen muutosten ja korjausten tehokkuutta ja toimivuutta. Tarkkailemalla erilaisten säätömuutosten ja viritysten vaikutusta tilojen olosuhteisiin ja energian kulutukseen voidaan arvioida säätöjen onnistumista ja mahdollista viritystarvetta. (Myyryläinen 2019, 35 – 36.)

4.5 PTS-ehdotukset ja energiakorjaukset

PTS- eli pitkän tähtäimen suunnitelmia ovat rakennuksen korjausrakentamiseen ja energiatehokkuus korjauksiin tehtäviä suunnitelmia. PTS-ehdotuksia voidaan tehdä energiatehokkuus- ja kunnostusraporttien perusteella ja ehdotukset koostuvat muun muassa havaitusta korjaustarpeesta, kulutusseurannassa esiin tulleista korjaus- tai uusimistarpeesta sekä mahdollisista energiatehokkuuslaskelmista. PTS-ehdotuksessa tuodaan ilmi korjaustarve ja arvio korjauksen kannattavuudesta. (Myyryläinen 2019, 34 – 36.)

Energiakorjaus tarvetta voidaan arvioida valmiiden raporttien lisäksi kiinteistön teknisten järjestelmien tarkastelun pohjalta.

5 VUOSIKELLO

5.1 Vuosikello

Vuosikello on ajanhallinnan ja toimintaympäristön hallinnan suunnittelun apuna toimiva työkalu. Vuosikellon avulla voidaan tehdä toiminta suunnitelmia lyhyelle ja keskipitkälle aikavälille ja vuosikello suunnitellaan yksilöllisesti käyttötarkoituksen mukaan. Vuosikellolla voidaan kattaa eri ajanjaksoja toiminnassa vaadittavan tarkkuuden mukaan. Vuosikelloa voidaan käyttää esimerkiksi yritysten vuosirytmityksen apuna talouden suunnittelussa. (Alhola & Lauslahti 2005, 62.)

Vuosikello on kellotaulun kaltainen esimerkiksi kahteentoista yhtä suureen sektoriin jaettu kuvio, jonka jokainen sektori kuvaa yhtä kuukautta (Alhola & Lauslahti 2005, 63).

5.2 Vuosikellon käyttö kiinteistönhoidossa

Kiinteistöhuollossa vuosikellon avulla voidaan ajastaa kiinteistönhoidollisia toimenpiteitä eri vuodenaikoina (kuva 10). Vuosikello auttaa vuodenvaihtoon liittyvien toimien ennakoinnissa ja suunnittelussa. Yrityskäytössä olevasta kahdentoista sektorin jaosta poiketen kiinteistönhoidossa vuosikello voidaan rytmittää neljännesvuosittain eri vuodenaikojä mukailleen. Näin kiinteistön eri toimet, joihin vuodenaikojen vaihtelu vaikuttaa, saadaan huomioitua vuosikellon käytössä. (Kiinteistöliitto julkaisu-aika tuntematon.)



KUVA 10. Kiinteistönhoidon vuosikello. (Ammattilaisen kädenjälki julkaisu-aika tuntematon.)

6 RAKENNUSAUTOMAATION TARKASTELU

6.1 Ilmanvaihdon tarkastelu

Ilmanvaihdon toimivuutta arvioidaan asetusarvojen ja niiden toteutumisen perusteella. Tuloilmaa lämmitetään ensisijaisesti lämmöntalteenoton avulla, lämmöntalteenoton hyötysuhde ja hyötysuhteen laskennallinen oikeellisuus tulee tarkastaa. Lämmöntalteenoton hyötysuhteen voi laskea kaavalla 1 (Hietaniemi ja Shemeikka 2003, 28).

$$\eta = \frac{T_{uo}-T_u}{T_p-T_u} \quad (1)$$

missä T_{uo} on tuloilman lämpötila lämmöntalteenoton jälkeen (°C), T_p on poistoilman lämpötila (°C) ja T_u on ulkoilman lämpötila (°C).

Tuloilmaa lämmityspatterin avulla lämmitettäessä ilmaa lämmitetään ostoenergialla. Tarkasteltavia asioita ovat myös jäähdytyspatterin toiminta, ilmamäärät kanavistossa, tulo- ja poistoilmansuodattimien paine-erot, aikaohjelmat ja jäätymissuojan asetukset. Ilmanvaihdon tulo- ja poistoilmavirtojen tulisi pysyä aina tasapainossa, jos tiloissa ei ole erillispoistoja (Talotekniikka info 2021). Tuloilman lämpötilan tulisi olla hieman huonelämpötilaa matalampi, jotta tuloilma sekoittuisi paremmin huoneilmaan. Huoneilmaa lämpimämpi tuloilma nousee katonrajaan eikä sekoitu oleskeluvyöhykkeellä olevaan ilmaan. (Motiva 2012a.)

Suosituksat eri tilojen tavoitelämpötiloiksi lämmityskaudella ovat asuintilat 20 – 22 °C, toimistotila 21 °C, hallitila 17 °C, porrastilat, hissikuilut ja varastotilat 15 – 18 °C ja myymälätilat 18 °C. (Korkala 2019, 16 – 18; Motiva 2024a.) Huoneilman tavoitelämpötilat ovat kesäaikaan korkeampi kuin talviaikaan, tällä vältetään tilojen turha viilentäminen (Korkala 2019, 16 – 17).

6.2 Lämmityksen tarkastelu

Lämmityksen tarkastelussa käydään läpi lämmitysjärjestelmän asetuksia ja säätöjä. Kaikissa lämmitysmuodoissa automatiikan avulla tavoitellaan mahdollisimman energiatehokasta lämmöntuotantoa. (Suomäki ja Vepsäläinen 2017, 59 – 60.)

Kaukolämmitysverkostosta tarkastetaan verkoston lämpötilat ja painemittaukset sekä pumppujen ja venttiilien toiminta. Lämmitysverkoston meno- ja paluueden lämpötilan jäähtymän tulisi lämmityskaudella olla yli 25 °C. Lämmityksen säätökäyrän asetusarvot ja mittausten oikeellisuus tarkastetaan. (Korkala 2019, 112 – 115.)

Lämmönjakoverkostossa lämpimänkäyttöveden lämpötilan tulisi olla menoveden osalta noin 60 °C:ta ja paluueden osalta uudemmissa, vuoden 2007 jälkeen valmistuneissa tai peruskorjatuissa, rakennuksissa 55 °C:ta ja vanhemmissa rakennuksissa vähintään 50 °C:ta Legionella-bakteerin kasvun ehkäisemiseksi. Lämpimän käyttöveden lämpötila tulisi pysyä 45 – 65 °C:ta välillä. Liian viileä käyttövesi lisää Legionella-bakteerin riskiä ja liian kuuma käyttövesi palovammariskiä. (Suomäki ja Vepsäläinen 2017, 55 – 57; Terveystieteiden tutkimuskeskus 2023.)

Vesikiertoisen lattialämmityksen menoveden normaali lämpötila on noin 25 – 42 °C:ta (Motiva 2024b). Lattialämmityksen menoveden lämpötila ei saa nousta yli 45 °C:ta, koska liian lämmin vesi voi vaurioittaa putkia ja lattiarakenteita sekä pinnoitteita (Korkala 2019, 114).

Kesäsulun tila tulee tarkastaa lämmityskaudesta jäähdytyskauteen siirryttäessä ja toisin päin, jotta välttyttäisiin turhalta lämmittämiseltä. Kesäsulku voidaan ottaa käyttöön, kun ulkolämpötila on ollut kolme vuorokautta yli 12 °C:ta. (Suomäki ja Vepsäläinen 2017, 74 – 75; Korkala 2019, 30.)

6.3 Jäähdytyksen tarkastelu

Jäähdytysjärjestelmää tarkastellessa tarkastetaan järjestelmän lämpötilat ja käyntipaineet sekä jäähdytyksen vaikutusalueeseen kuuluvien tilojen lämpötilat. Samalla tarkastetaan myös pumppujen, puhaltimien ja kompressorien toiminta ja käyntiasetukset sekä venttiilien toiminta. (Kaappola ym. 2022, 193, 197 – 199.)

6.4 Trendit

Trendeistä tarkastetaan, että tarvittavat trendit ovat olemassa, näytteenottoväli on sopiva ja ulottuu riittävän kauas taaksepäin. Huone- ja verkostolämpötilojen näytteenottoväliksi riittää yksi tunti, kun taas ilmanvaihtokoneen mittausten ja toimilaitteasentojen näytteenottoväli tulee olla yksi minuutti. (Sähkötieto 2023, 68.)

Trendien avulla voidaan arvioida järjestelmien toimintaa, kuten lämpötilapysyvyyttä ja aikaohjelmien toteutumista sekä suunnitella mahdollisia säätöjä järjestelmien toiminnan optimoimiseksi. Trendejä voidaan myös käyttää mahdollisten ongelmien löytämiseen ja ratkaisemiseen. (Suomäki ja Vepsäläinen 2017, 99 – 100.)

6.5 Ohjausten tarkastelu

Ohjauksia tarkastellessa käydään läpi aikaohjelmien tarkoituksenmukaisuus, mahdolliset käsikäytöt sekä saattolämmitysten toiminta. Tällä varmistetaan, ettei tiloja esimerkiksi lämmitetä turhaan tilojen käytön ulkopuolella tai laitteita, kuten ilmanvaihtokoneita, ei ole turhaan päällä, jos niille ei ole käyntitarvetta. (Suomäki ja Vepsäläinen 2017, 27 – 28, 31.)

6.6 Hälytykset

Toistuvien hälytyksien perusteella voidaan arvioida eri järjestelmien toimintaa sekä huolto- ja korjaustarpeiden kohdistamiseksi (Sähkötieto 2023, 58).

6.7 Kulutukset

Lämmön-, veden- ja sähkönkulutusta seuraamalla voidaan havaita poikkeamia kulutuksessa ja puutumaan kasvaneeseen energiankulutukseen. Kulutusseurannan avulla voidaan taloteknisten järjestelmien tarkastelua kohdistaa kasvaneen kulutuslajin perusteella. (Sähkötieto 2023, 71.)

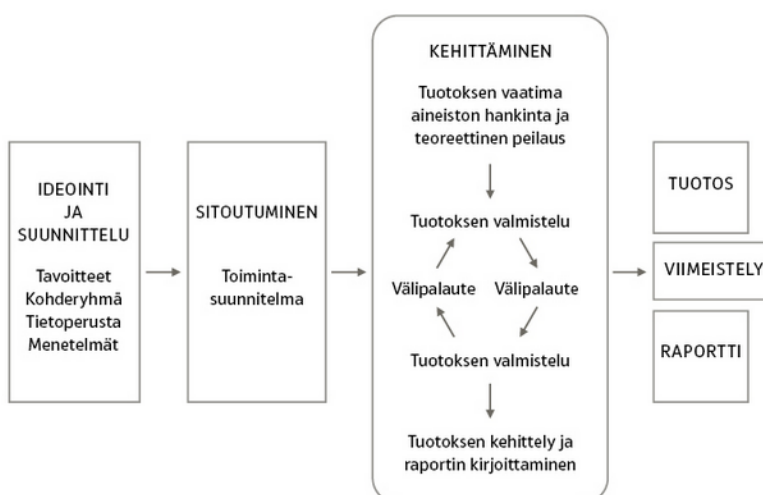
7 TYÖN TOTEUTUS

7.1 Toiminnallinen opinnäytetyö

Opinnäytetyön tulee perustua teoreettiseen tietoperustaan ja noudattaa tutkimuseettisiä periaatteita ja toimintatapoja. Eurooppalaisen tutkimuseettisen ohjeistuksen mukaan hyvän tieteellisen käytännön periaatteita ovat luotettavuus, rehellisyys, arvostus ja vastuunkanto. (Tutkimuseettinen neuvottelukunta 2024.)

Toiminnallisen opinnäytetyön lähtökohta on tehtävä, johon on etsittävä ratkaisu opinnäytetyön avulla. Työelämälähtöisen työn toiminnallisena tuloksena on jokin tuotos, joka on yleensä konkreettinen tuote. Tuotoksen lisäksi toteutusprosessista tuotetaan kirjallinen prosessikuvaus. Toiminnallinen opinnäytetyö koostuu siis kahdesta osasta, raportista ja tuotteesta (Kuva 11). (Kostamo, Airaksinen ja Vilka 2022, 7 – 9; Karelia ammattikorkeakoulu 2024.)

Toiminnallinen opinnäytetyö on kehittämistyö ja työn perustana käytetään ammatillista lähdekirjallisuutta sekä aiempia tutkimuksia ja hankkeita (Kostamo, Airaksinen ja Vilka 2022, 8).



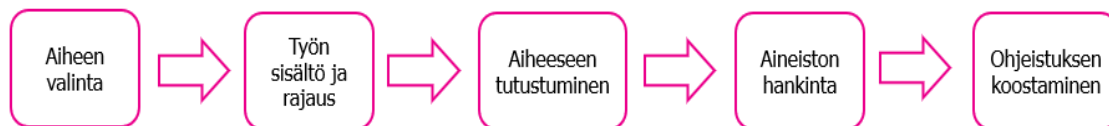
KUVA 11. Toiminnallinen opinnäytetyö (Kostamo, Airaksinen ja Vilka 2022, 8)

7.2 Opinnäytetyö prosessi

Työ toteutettiin toiminnallisena opinnäytetyönä. Aihe tuli työnantajaltani, jolla oli tarve uudelle raportoinnin ohjeistukselle. Työn rajaus tehtiin niin, että ohjeistukseen koottiin eri taloteknisten järjestelmien tarkasteluun vaikuttavia seikkoja eri vuodenaikoina. Työn tilaajalla on käytössään jo raportoinnin ohjeistus, jossa käsitellään taloteknisten järjestelmien tarkastelua yleisesti.

Nyt tehty ohjeistus ohjaa painottamaan tarkastelussa vuodenaajoille tyypillisiä ongelmia taloteknisten järjestelmien toiminnassa ja tukemaan teknisten järjestelmien toimivuuden arviointia sekä ohjaamaan kiinteistöhuollon toimenpiteitä. Aiempien hankkeiden ohjeita ja tarkistuslistoja käytettiin ohjeistuksen koostamiseen.

Työn ohjeistukseen koostettiin rakennusten teknisten järjestelmien ja rakennusautomaation teoriaan tutustumisen jälkeen teknisten järjestelmien tarkastelussa huomioitavia asioita (kuva 12). Normaalien tarkasteltavien asioiden lisäksi ohjeessa keskitytään eri vuodenaikojen kiinteistön eri järjestelmiin vaikuttaviin asioihin.



KUVA 12. Opinnäytetyöprosessi

Työn suunnittelu aloitettiin käymällä työn tilaajan kanssa palaveria halutusta ohjeesta. Työn tilaajan edustajan kanssa käytiin keskusteluja useaan otteeseen työn edetessä. Valmis ohjeistus tuli yrityksen asiantuntijoiden käyttöön.

7.3 Opinnäytetyön toteutus

Opinnäytetyön aiheen selvittyä käytiin keskusteluja työn tilaajan edustajan kanssa, joiden aikana käytiin läpi työn tilaajan toive työn sisällön ja rajauksen suhteen. Ohjeistuksen laatimiseksi käytiin läpi työn tilaajan aiempia raportointi ohjeistuksia, kiinteistöjen huoltokirjoissa esiintyviä tiettyinä vuodenaikoina toistuvia huoltotoimenpiteitä ja yleisiä rakennusautomaation hälytysten aiheuttajia sekä kiinteistönhoidon tarpeisiin tehtyjä vuosikello tyylisiä huolto-ohjeita.

Lisäksi tutustuttiin ammattikirjallisuuteen ja internetistä löydettyihin tutkimuksiin rakennusten energiankulutuksesta sekä energiatehokkuudesta ja energiatehokkuuden parantamisesta. Internet-hauissa käytettiin Google Scholar hakukonetta ja Savonia-Finna hakupalvelua. Lopullisen ohjeistuksen perusteluina käytettiin läpikäytyjä tutkimuksia sekä taloteknisten järjestelmien teoriaa. Rakennusten taloteknisiä järjestelmiä ja energianhallintaa käsitteleviä teoksia ja tutkimuksia löytyi lähde-materiaalia haettaessa paljon, mutta yhtään suoraan eri vuodenaikoihin liittyvää tutkimusta tai julkaisua ei löytynyt. Vuodenaikoihin liittyviä taloteknisten järjestelmien toimintaa ohjaavia seikkoja koostettiin eri huoltotöiden aikatauluja ja ulkolämpötila sidonnaisten järjestelmien toimintakuvauksia hyväksi käyttäen.

Näiden selvitysten jälkeen taulukoitiin vuodenaikoihin liittyviä huomioita eri taloteknisistä järjestelmistä ja koottiin näiden perusteella ohjeistuksen runko. Ohjeistuksessa käsiteltiin eri taloteknisten järjestelmien ominaisuuksia sekä ohjeistuksen perusteella laadittiin rakennusautomaation tarkastuslista. Tarkastuslistan toteutuksen esimerkkinä toimi Motivan taloyhtiöille suunnatun Energiaekspertti-toiminnan vuosikalenteri (kuva 13). Vuosikello koostettiin koskemaan laajemmin taloteknisiä järjestelmiä ja niiden toimintaa. Taulukkoon koottujen tarkistuslistan asioiden perusteella jaoteltiin eri vuodenaikoihin oleellisesti liittyvät kohdat vuosikellon muotoon. Vuosikello jaettiin vuodenaikojen mukaan lämmityskauteen, jäähdytyskauteen varautumiseen, jäähdytyskauteen sekä lämmityskauteen varautumiseen neljännesvuosittain.

Syysku-lokakuu	Huhtikuu-toukokuu
<p>Varmistetaan, että lämmitysjärjestelmä on valmiina lämmityskauteen</p> <ul style="list-style-type: none"> Tarvittavat huollot, korjaukset ja uusimiset on tehty Kaukolämmön kesäsluku on auki, käytössä on sopivat menoveden lämpötilan pudotukset <p>Seurataan lämmityksen toimintaa</p> <ul style="list-style-type: none"> Patterit lämpiävät, termostaatit toimivat, pattereissa ei ole ilmaa Havainnoidaan sisälämpötiloja asunnoissa ja yleisissä tiloissa <p>Varmistetaan kello-ohjausten ja muiden asetusten toiminta</p> <ul style="list-style-type: none"> Kellokytkimet talviaikaan, termostaattiasetukset tarkistettu Sähkösulatusvarusteet ja autolämmityspistokkeet toimivat Pihavalaisuksen ja sen ohjauksen toiminta, esim. hämäräkytkimen toiminta <p>Tarkistetaan saunovuorot kesäajan jäljiltä</p> <p>Seurataan kuukausittaisia kulutustietoja ja verrataan aikaisempiin tietoihin</p> <p>Tiedotetaan asukkaita</p> <ul style="list-style-type: none"> Patteritermostaattien käytöstä, ikkunauulettamisesta, autolämmityksestä 	<p>Lämmitysjärjestelmän toiminta</p> <ul style="list-style-type: none"> Käytössä sopivat menoveden lämpötilan pudotukset Kaukolämmössä kesäsluku kiinni <p>Varmistetaan kello-ohjausten ja muiden asetusten toiminta</p> <ul style="list-style-type: none"> Kellokytkimet ja muut ohjaukset/asetukset kesäaikaan Sähkösulatusvarusteet ja autolämmityspistokkeet pois käytöstä <p>Rakennuksen ulko-ovien raitisilmaventtiilit käännetty kesäasettoon</p> <p>Keskustellaan ikkuna- ja parvekeovien tiivistystarpeesta</p> <p>Seurataan kuukausittaisia kulutustietoja ja verrataan aikaisempiin tietoihin</p> <p>Tiedotetaan asukkaita</p> <ul style="list-style-type: none"> Kesäajan sisälämpötilojen hallinnasta Poistoilmaventtiilien puhdistamisesta Korvausilmaventtiilien puhdistamisesta, mahdollisten suodattimien vaihdosta Patteriventtiilien kääntäminen kesäaikaan muutaman kerran kiinni ja auki
Marraskuu-maaliskuu	Kesäkuu-elokuu
<p>Seurataan lämmityksen toimintaa</p> <ul style="list-style-type: none"> Patterit lämpiävät, termostaatit toimivat, pattereissa ei ole ilmaa Havainnoidaan sisälämpötiloja asunnoissa ja yleisissä tiloissa Käytössä on sopivat menoveden lämpötilan pudotukset <p>Havainnoidaan, esiintyykö pitkäaikaista ikkunoiden aukipitämistä</p> <p>Seurataan toimiiko ilmanvaihto ja ilmanvaihdon ohjaukset halutulla tavalla</p> <p>Havainnoidaan ikkunatiivisteiden kuntoa pakkasilla</p> <p>Havainnoidaan rakennuksen ulko-ovien kohdalla sulkeutuvat tiiviisti raitisilmaventtiilit ovat talviasennossa</p> <p>Seurataan, että ei esiinny jääpuikkoja eikä lumi jäädy vesikattoa vasten</p> <p>Seurataan että lumi ei sula mahdollisten lämpökanaalien päältä</p> <p>Seurataan kuukausittaisia kulutustietoja ja verrataan aikaisempiin tietoihin</p> <p>Varmistetaan esim. joulusaunan jälkeen paluu normaaliin saunankiukaan kello-ohjaukseen</p> <p>Pidetään energiainfo yhtiökokouksen yhteydessä</p> <p>Avustetaan toimintasuunnitelman ja budjetin laadinnassa</p> <p>Tiedotetaan asukkaita</p> <ul style="list-style-type: none"> Asuntojen lämpötilojen seuraamisesta Ikkunoiden mahd. vuotokohtien seuraamisesta Vedenkäytöstä ja siitä aiheutuvista kustannuksista 	<p>Arvioidaan lämmityskauden tulokset</p> <ul style="list-style-type: none"> Arvioidaan lämmitysjärjestelmän huolto, korjaus ja uusimistarpeet Arvioidaan ilmanvaihtojärjestelmän huolto, korjaus ja uusimistarpeet <p>Varmistetaan mahdollisten ikkuna- ja parvekeovien tiivisteiden korjaaminen</p> <p>Tarkistetaan saunovuorot vastaamaan kesäajan tarvetta</p> <p>Arvioidaan tarvittaessa hanojen vesivirtaamia</p> <p>Seurataan kuukausittaisia kulutustietoja ja verrataan aikaisempiin tietoihin</p> <p>Tiedotetaan asukkaita</p> <ul style="list-style-type: none"> Vedenkäytöstä ja siitä aiheutuvista kustannuksista

KUVA 13. Energiaekspertin vuosikalenteri. (Motiva 2023c.)

Opinnäytetyön valmistumisen aikana pidettiin tiiviistä yhteydenpitoa työn tilaajan edustajan kanssa ja käytiin läpi työn edistymistä sekä varmistettiin, että työ tulee olemaan työn tilaajan tarvetta vastaava.

7.4 Tulokset

Opinnäytetyön tarkoituksena oli koostaa eri vuodenaikoihin painottuva rakennusautomaation tarkastelu ohje. Vuosikello teemaisessa ohjeessa eri taloteknisiä järjestelmiä käydään systemaattisesti läpi talvi-, kevät-, kesä- ja syysaikaan oleellisten tarkastuskohteiden osalta. Tuloksena syntyi Raportoinnin teemat – Vuosikello -ohjeistus. Eri vuodenaikojen tarkastuskohteet koostettiin lähdemateriaaleista saatujen taloteknisten järjestelmien toimintaselostusten ja huolto-ohjeiden perusteella.

Kootun aineiston mukaisesti talviaikaan tarkastelua kohdistetaan lämmitykseen, sulanapito-ohjauksiin ja valaistukseen sekä ilmanvaihdon lämmöntalteenoton ja huonelämpötilojen tarkasteluun.

Kevätaikaan tarkastelu kohdentuu jäähdytysjärjestelmiin ja jäähdytyskauteen valmistautumiseen sekä lämmityskauden järjestelmien kesäasetuksiin siirtymiseen. Ilmanvaihdon osalta ajankohtaista on suodattimien tarkastus.

Kesäaikana keskitytään jäähdytysjärjestelmän toimintaan ja kaudelle sopivien huonelämpötilojen tarkasteluun.

Syysaikaan pääpaino on lämmitysjärjestelmien tarkastelussa ja lämmityskauteen valmistautumisessa sekä ilmanvaihdon lämmöntalteenoton toiminnan ja suodatinten tarkastuksessa. Syysajan tarkastelussa arvioidaan myös valaistuksen toimintaa ja sulanapito-ohjausten asetuksia.

Työn valmistumisen jälkeen tullaan ohjeistusta käymään raportointia tekevien asiantuntijoiden kanssa läpi ja tarkoituksena on jatkossa kehittää ohjeistusta edelleen sekä muokata ohjeistuksesta eri asiakkuuksiin sopivia versioita.

8 POHDINTA

Työn tarkoituksena oli tuottaa työn tilaajan käyttöön ohjeistus koskien rakennusten energianhallinnan tarkastelua ja raportointia varten. Ohjeistuksen päämääränä oli kohdentaa rakennusautomaation tarkastelua kunakin vuodenaikana esiintyviin taloteknisiin järjestelmiin vaikuttaviin erikoispiirteisiin.

Rakennusautomaation joka osa-alueen läpi käynti kuukausittain on aikaa vievä urakka ja työn tilaajan asiakkaina on useita satoja kiinteistöjä omistavia tahoja, joten tarkastelun keskittäminen tiettyihin osiin taloteknistä järjestelmiä vähentää tarkasteluun käytettävää aikaa ja tuo paremmin esiin mahdollisia vuodenaikasta riippuvaisia ongelmia tai optimointi mahdollisuuksia raportojalle. Kohdentamalla taloteknisten järjestelmien tarkastelua on helpompi löytää energiankulutusta pienentäviä optimointikohteita ja tehdä korjausehdotuksia asiakkaille.

Opinnäytetyön tuotoksena valmistunut Raportoinnin teemat – Vuosikello ohjeistus auttaa taloteknisten järjestelmien toiminnan tarkastelun keskittäminen vuodenaikoina oleellisiin asioihin helpottaa myös kiinteistöhuollon henkilöiden informointia tarvittavista korjaus- ja muista toimenpiteistä. Kiinteistöhuollon työtaakkaa ja töiden suunnittelua helpottaa keskittyminen sillä hetkellä tarpeellisten toimien tekoon. Samalla voidaan jo suunnitella ja valmistautua seuraavalla tarkastelukaudella mahdollisesti esiin nousevien huolto- ja korjaustoimien toteuttamista. Taloteknisten järjestelmien tarkastelun ja raportoinnin selkeä kohdistaminen tukee myös PTS-ehtotusten tekemistä kiinteistöjen omistajille.

Raportoinnin vuosikello ohjeistusta voidaan jatkossa jalostaa vastaamaan eri asiakkaiden vaatimuksia sekä eri kiinteistöjen käyttötarkoituksen mukaiseksi ohjeeksi. Näin pystytään räätälöimään yksilöityjä raportointi palveluita ja palvelemaan asiakasta paremmin.

LÄHTEET

- Alhola, Kari ja Lauslahti, Sanna 2005. Taloutta johtamista varten – Esimiehille ja asiantuntijoille. Helsinki: Edita Prima Oy. Viitattu 25.2.2024.
- Ammattilaisen kädenjälki julkaisuaika tuntematon. Kiinteistönhoidon vuosikello. Verkkojulkaisu. Sykli. <https://kadenjalki.fi/aiheet/kiinteistonhoidon-vuosikello/>. Viitattu 25.2.2024.
- Ensto 2014. Suunnitteluohje – Ilmanvaihdon teoriaa ja käytännön tietoa. Verkkojulkaisu. Ensto Enervent Oy. <https://doc.enervent.com/op/op.ViewOnline.php?documentid=3299&version=0>. Viitattu 27.4.2024.
- European Commission 2021a. Making Our Homes and Buildings Fit for a Greener Future. Verkkojulkaisu. Euroopan unioni. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/fs_21_3673. Viitattu 24.4.2024.
- European Commission 2021b. European Green Deal: Commission proposes transformation of EU economy and society to meet climate ambitions. Verkkojulkaisu. Euroopan unioni. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_21_3541. Viitattu 24.4.2024.
- European Parliament 2023. Energy performance of buildings. Verkkojulkaisu. Euroopan parlamentti. https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/TA-9-2023-0068_EN.pdf. Viitattu 24.4.2024.
- Harju, Pentti 2010. Lämmitystekniikan oppikirja. Anjalankoski: Solverpalvelut Oy. Viitattu 19.3.2024.
- Heikkinen, Lauri 2018. Rakennusautomaation hyödyntäminen kiinteistöjen käytössä. Verkkojulkaisu. Helsingin Insinöörit HI ry. <https://www.slideshare.net/SointuHgstrm/rakennusautomaation-hyodyntaminen-kiinteistjen-kytss>. Viitattu 19.4.2024.
- Hietaniemi, Janne ja Shemeikka, Jari 2003. Motiwatti 2.0 energiakatselmoijan työkalun laskentaperiaatteet. Verkkojulkaisu. Motiva. https://www.motiva.fi/files/1417/Motiwatti_2.0_energiakatselmoijan_tyokalun_laskentaperiaatteet.pdf. Viitattu 5.5.2024.
- Kaappola, Esko, Hirvelä, Aulis, Jokela, Matti ja Kianta, Jani 2022. Kylmätekniiikan perusteet. Turenki: Hansaprint Oy. Viitattu 10.3.2024.
- Karelia ammattikorkeakoulu 2024. Karelian opinnäytetyön ohje: Opinnäytetyön eri muodot. Verkkojulkaisu. Karelia ammattikorkeakoulu. <https://libguides.karelia.fi/c.php?g=679019&p=4901221>. Viitattu 19.4.2024.
- Kiinteistöliitto julkaisuaika tuntematon. Taloyhtiön vuosikello. Verkkoartikkeli. Kiinteistöliitto. <https://www.kiinteistoliitto.fi/taloyhtionvuosi/vuosikello/>. Viitattu 25.2.2024.
- Komfovent 2020. Ilmanvaihtolaitteet katalogi. Verkkojulkaisu. Komfovent. https://www.komfovent.fi/fi/downloads/Komfovent_ventilation_equipment_catalogue_FI.pdf. Viitattu 24.4.2024.
- Korkala, Tapio 2019. Lämmitys – Hoito ja huolto. Helsinki: Kiinteistöalan kustannus Oy. Viitattu 10.3.2024.
- Kostamo, Pipsa, Airaksinen, Tiina ja Vilka, Hanna 2022. Kirjoita itsesi asiantuntijaksi – Opas toiminnalliseen opinnäytetyöhön. Helsinki: Art House Oy. Viitattu 19.4.2024.
- Mariano-Hernández, D., Hernández-Callejo, L., Zorita-Lamadrid, A., Duque-Pérez, O. ja Santos García, F. 2020. A review of strategies for building energy management system: Model predictive control, demand side management, optimization, and fault detect & diagnosis. Verkkoartikkeli. Journal of Building Engineering. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2020.101692>. Viitattu 10.4.2024.
- Motiva 2012a. Energiatehokas ilmanvaihto. Verkkojulkaisu. Motiva. https://www.motiva.fi/files/6147/Energiatehokas_ilmanvaihto2012.pdf. Viitattu 10.3.2024.

- Motiva 2012b. Kiinteistön energiatehokkaat sähkötekniset ratkaisut. Verkkojulkaisu. Motiva. https://www.motiva.fi/files/7974/Kiinteiston_energiatehokkaat_sahkotekniset_ratkaisut.pdf. Viitattu 20.3.2024.
- Motiva 2023a. Ilmastokestävä Pohjois-Karjala – hanke. Verkkojulkaisu. Motiva. <https://pohjois-karjala.fi/wp-content/uploads/2023/10/Energiatehokkuus-pk-yrityksissa-20.9.2023.pdf>. Viitattu 10.3.2024.
- Motiva 2023b. Valaistuksen ohjaus. Verkkojulkaisu. Motiva. https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/energiatehokas_taloyhtio/taloautomaatio/valaistuksen_ohjaus. Viitattu 19.3.2024.
- Motiva 2023c. Energiaeksperttitoiminta. Verkkojulkaisu. Motiva. https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/energiatehokas_taloyhtio/energiaeksperttitoiminta. Viitattu 27.4.2024.
- Motiva 2024a. Hallitse huonelämpötiloja. Verkkoartikkeli. Motiva. https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/energiatehokas_arki/hallitse_huonelampotiloja. Viitattu 9.4.2024.
- Motiva 2024b. Vesikiertoinen lämmitys – ylläpito ja säätö. Verkkoartikkeli. Motiva. https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/energiatehokas_arki/kodin_saatolaitteet/vesikiertoinen_lammitys_-_yllapito_ja_saato. Viitattu 27.4.2024.
- Myyryläinen, Leevi 2019. Rakennusten elinkaari, energia ja huolto. Helsinki: Rakennustieto. Viitattu 12.3.2024.
- Mäkinen, Pekka 2017. Ominais sähköteho – Finvac 2017. Verkkojulkaisu. Fläkt Woods Oy. https://asiakas.kotisivukone.com/files/finvac.kotisivukone.com/tiedostot/CE2017_8_Makinen.pdf. Viitattu 24.4.2024.
- Shan, Shubing, Cao, Buyang ja Wu, Zhiqiang 2019. Forecasting the Short-Term Electricity Consumption of Building Using a Novel Ensemble Model. Verkkoartikkeli. IEEE Access. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2925740>. Viitattu 10.4.2024.
- Silvan, Jari, Kauppila, Kari ja Kaappola, Esko 2016. Jäähdytyslaitteet. Teoksessa Sandberg, Esa (toim.) Sisäilmasto ja ilmastointijärjestelmät – Ilmastointitekniikka osa 1. Forssa: Talotekniikka-Julkaisu Oy, 243.
- StruxureWare julkaisuaika tuntematon. Kuvakaappaus rakennusautomaatiosta. Schneider Electric. Viitattu 27.4.2024.
- Suomäki, Jorma ja Vepsäläinen, Sami 2017. Talotekniikan automaatio – Käyttäjän opas. Helsinki: Kiinteistöalan kustannus Oy. Viitattu 9.3.2024.
- Sähkötieto Ry 2018. Rakennusautomaatiojärjestelmät. Espoo: Sähköinfo 2018. Viitattu 12.3.2024.
- Sähkötieto Ry 2023. Rakennusten automaation valvomot. Espoo: Sähköinfo. Viitattu 12.3.2024.
- Talotekniikka info 2021. Ilmavirtojen ohjaus. Verkkojulkaisu. Talteka. <https://talotekniikkainfo.fi/sisailmasto-ja-ilmanvaihto-opas/10-ilmavirtojen-ohjaus>. Viitattu 24.4.2024.
- Terveyden ja hyvinvoinnin laitos 2023. Legionellan kasvun ja haittojen torjuminen. Verkkoartikkeli. THL. https://thl.fi/aiheet/ymparistoterveys/vesi/legionellabakteerit-vesijarjestelmissa/legionellankasvun-ja-haittojen-torjuminen#asukas_tai_talonomistaja. Viitattu 27.4.2024.
- Tilastokeskus 2021. Energy in Finland. Verkkojulkaisu. Tilastokeskus. https://pxhopea2.stat.fi/sahkoiset_julkaisut/energia2021/pdf/julkaisu.pdf. Viitattu 24.4.2024.
- Tutkimuseettinen neuvottelukunta 2024. Hyvä tieteellinen käytäntö. Verkkoartikkeli. Tutkimuseettinen neuvottelukunta. <https://tenk.fi/fi/hyva-tieteellinen-kaytando>. Viitattu 19.4.2024.

Valtioneuvosto 2021. EU:n Fit for 55 -ilmastopaketti tiukentaisi uusiutuvan energian ja energiatehokkuuden tavoitteita. Verkkoartikkeli. Valtioneuvosto. <https://valtioneuvosto.fi/-/1410877/eu-n-fit-for-55-ilmastopaketti-tiukentaisi-uusiutuvan-energian-ja-energiatehokkuuden-tavoitteita>. Viitattu 24.4.2024.

LIITEET:

Raportoinnin teemat - Vuosikello (Luottamuksellinen)