VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Marko Niemi

Tutkimus kiinteistön energiankulutuksesta

The Switch, Vaasa

Tekniikka VAMK
2024

VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
Energiatekniikka

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Marko Niemi
Opinnäytetyön nimi	Tutkimus kiinteistön energiankulutuksesta The Switch, Vaasa
Vuosi	2024
Kieli	suomi
Sivumäärä	32 + 3 liitettä
Ohjaaja	Shekhar Satpute

Opinnäytetyön aiheena oli tutkia The Switchin Vaasan tehdaskiinteistön energiankulutusta. Syy opinnäytetyölle oli yrityksen halu luoda kattavampi kuva mahdollisista energiankulutuksen kehitysmahdollisuuksista yrityksen Vaasan kiinteistössä. Tämän tutkimustyön tavoitteena oli selvittää kyseisen kiinteistön energiankulutuksen ja kulutusseurannan nykytila, sekä tuoda esille ratkaisuja niiden parantamiseksi

Opinnäytetyön teoriaosuus pohjautuu Motivan (2024) energiakatselmuksen ohjeisiin. Tutkimus on tehty seuraamalla kyseisiä ohjeita mahdollisuuksien mukaan. Tutkimuksen aikana tutustuttiin myös kiinteistöautomaatiojärjestelmiin sekä teollisuuskiinteistöjen energiankulutukseen yleisellä tasolla.

Työn käytännön osuus aloitettiin keräämällä kiinteistön energiankulutuksen lähtötiedot. Lähtötietojen määrä ja tarkkuus ovat erityisen tärkeitä niiden perusteella tehtyjen arvioiden luotettavuuden kannalta. Tutkimustyön aikana on tehty mittauksia ja seurattu kiinteistöautomaation toimintaa. Löydettyjen puutteiden perusteella laadittiin yritykselle kehitys- ja parannusehdotuksia.

Avainsanat Kulutusseuranta, kiinteistöautomaatio, energiakatselmus

VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES
Energy technology

ABSTRACT

Author	Marko Niemi
Title	Energy consumption study of a property The Switch, Vaasa
Year	2024
Language	Finnish
Pages	32 + 3 Appendices
Name of Supervisor	Shekhar Satpute

The subject of the thesis was to study the energy consumption of The Switch's factory in Vaasa. The reason for the thesis was the company's desire to create a more comprehensive picture of possible energy consumption development opportunities at the company's Vaasa property. The aim of this study was to determine the current state of energy consumption and energy-use monitoring of the property in question and to identify solutions for improving it.

The theoretical part of the thesis is based on Motiva's (2024) guidelines for energy audits. The research has been done by following these guidelines wherever possible. During the study, information on property automation systems and energy consumption of industrial properties in general was also researched.

The practical part of the study started with the collection of baseline data on the energy consumption of the property. The quantity and accuracy of this data input is particularly important for the reliability of the estimates made based on the data. During the study, the operation of the property automation system was monitored, and measurements were taken. Based on the shortcomings found, development and improvement suggestions were drafted for the company.

Keywords Energy-use monitoring, property automation, energy audit

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1 JOHDANTO 7

1.1 Case-yrityksen esittely 7

1.2 Työn taustatekijät 8

1.3 Tutkimusasetelma 9

2 TIETOPERUSTA 10

2.1 Tehdaskiinteistön energiakatselmus 10

2.2 Teollisuuden toimitilojen valaistus 12

2.3 Kiinteistöautomaatio teollisuudessa 13

2.4 Kiinteistön lämmitys- ja ilmanvaihtojärjestelmät 15

3 TUTKIMUSKOHTEEN ENERGIANKULUTUSRAPORTTI 18

3.1 Energiankulutus 18

3.1.1 Sähkönkulutus 19

3.1.2 Lämmönkulutus 21

3.1.3 Vedenkulutus 22

3.2 Kiinteistöautomaatio 23

3.3 Lämmitys- ja ilmanvaihtojärjestelmät 23

3.3.1 Lämmitys 24

3.3.2 Ilmanvaihto 24

3.4 Valaistus 26

4 KEHITYSIDEOIDEN ARVIOINTI 28

4.1.1 Kiinteistöautomaation päivittäminen 28

4.1.2 Ilmanvaihtolämmitys 28

5 YHTEENVETO 30

LÄHTEET 31

LIITTEET 33

KUVA- JA TAULUKKOLUETTELO

Kuva 1. Esimerkki kiinteistöautomaation etävalvomon lämmitysjärjestelmän näkymästä (Kuvankaappaus Schneider Electric AtmosCare-valvomo, 2024)..... 16
Kuva 2. Sähkönkulutus ja kustannukset 2021–2023. 19
Kuva 3. Sähkönkulutus ja kustannus kuukausittain 2023. 20
Kuva 4. Mitatut ja lämpötilakorjatut lämmönkulutukset sekä keskilämpötilat vuosilta 2021–2023. 21
Kuva 5. Vuoden 2023 mitatut ja lämpötilakorjatut lämmönkulutukset sekä keskilämpötilat kuukausittain. 22
Kuva 6. Vedenkulutus ja kustannukset 2020–2022..... 22

Taulukko 1. Palvelurakennuksien katselmusmallin valintaperusteet. (Motiva, Energiakatselmusmallit, 2023). 11
Taulukko 2. Katselmusmallit energian ja veden arvonlisäverottoman vuosikustannuksen mukaan (Motiva, Energiakatselmusmallit, 2023). 12
Taulukko 3. Kiinteistöautomaation ilmoittamat ilmanvaihtokoneiden toimialueet, ominaisuudet ja säätöarvot. 25

LIITELUETTELO

LIITE 1. Laskentakaavat

LIITE 2. Vertailukauden 1991–2020 lämmitystarveluvut.

LIITE 3. Lämmitystarveluvut ja kuukauden keskilämpötilat.

1 JOHDANTO

Opinnäytetyöni tarkoituksena on tehdä teollisuuden energiakatselmuksen kohdekatselmuksen kaltainen tutkimus energiankulutuksesta The Switch Engineering Oy:n Vaasan kiinteistölle. Tutkimuksessa selvitetään ja analysoidaan energiankulutuksen lähtötiedot. Lisäksi annetaan kehitysideoita energiankulutuksen ja kulutusseurannan parantamiseksi. Käytin tutkimuksen tekemiseen Työ- ja elinkeinoministeriön energiakatselmustoiminnan sekä Motivan energiakatselmuksen mallin yleisohjeita (2023). Tutustuin myös energiakatselmuksiin liittyvään kirjallisuuteen ja samankaltaisten kiinteistöjen energiakatselmuksiin sekä suoritin Motivan energiakatselmoijien peruskurssin verkko-osuuden ennen tutkimuksen tekemistä.

1.1 Case-yrityksen esittely

Opinnäytetyön toimeksiantajayritys The Switch on vuonna 2006 perustettu suomalainen yritys. The Switchin toimialana on sähkötekninen teollisuus ja erityisesti sähkökoneiden ja tehoelektroniikan suunnittelu, valmistus ja markkinointi. Yrityksen päätuotteita ovat kestomagneettikoneet ja tehonmuuttajat tuulivoima- ja meriteollisuussovelluksiin sekä nopeat induktiokoneet. Yrityksen itselle asettama tavoite on kehittää sähköntuotantoa kohti nollapäästöjä uusituvan energian tuotannon teknologioilla meri-, tuuli- ja teollisuussovelluksissa.

Alun perin The Switchin perustivat Rotatek, Verteco ja Youtility vuonna 2006 ja vuonna 2014 se siirtyi Yaskawa konsernin omistukseen. Vuoden 2024 alussa BEMAC ja Mitsui solmivat yhtiökaupat ja ostivat The Switchin, joka tunnetaan nykyään myös nimellä The Switch – A BEMAC Group Company. Yritys koostuu Suomessa toimivasta emoyhtiöstä The Switch Engineering Oy ja kahdesta tytäryhtiöstä, joista toinen toimii Norjassa ja toinen Kiinassa. Suomessa The Switchillä on toimipisteet Helsingissä, Lappeenrannassa ja Vaasassa. Jokaisella toimipisteellä Suomessa on toimistotilat, mutta vain Vaasassa ja Lappeenrannassa on tuotantotehtaat toimistojen lisäksi samassa kiinteistössä. The Switch vuokraa tuotantolaitosten pienen varastotilan vuoksi käyttöönsä lisää varastointitilaa suurimpien

komponenttien ja valmiiden generaattoreiden välivarastointiin niin Vaasassa kuin Lappeenrannassakin. Vuokratut varastorakennukset ovat erilliset kiinteistöt molemmissa tapauksissa. Myös yrityksen käyttämät kuljetuspalvelut ovat ostettuja palveluita. Näin ollen yrityksen energiakatselmuksiin tai tähän tutkimukseen ei tulla ottamaan huomioon varastokiinteistöjen tai kuljetusten energiankulutusta, vaan niistä vastaavat varastovuokraa ja kuljetustoimintaa harjoittavat yritykset itse. The Switch työllistää vuodessa noin 200 henkilöä maailmanlaajuisesti ja noin 140 Suomessa. Liikevaihtoa The Switch teki vuonna 2023 noin 75,1 miljoonaa euroa.

1.2 Työn taustatekijät

Työn tarkoituksena on kerätä nykyhetken tietoja energiankulutuksesta, kulutusseurannasta sekä kartoittaa niihin liittyviä kehityskohteita The Switchin Vaasan kiinteistössä. Yrityksen edellisessä vuonna 2021 tehdyssä energiakatselmuksessa katselmuskohteena oli Lappeenrannassa sijaitseva kiinteistö, joten Vaasan kiinteistön tutkiminen jäi tuolloin hieman vähemmälle. Energiankulutuksen vähäisemmän tutkimisen vuoksi yritys on toivonut Vaasan kiinteistöstä löytyvän lisää kehitettävää energiankulutukseen liittyen ennen seuraavaa virallista energiakatselmusta vuonna 2025.

Opinnäytetyön tekijänä toivon lisääväni ymmärrystä energiatehokkuuteen liittyvissä asioissa ja etenkin siitä, kuinka nykyaikana energiankulukseen löydetään kehitysmahdollisuuksia dataa analysoimalla ja kiinteistöautomaatiota optimoimalla. Teollisuuden kiinteistöjen energiankulutuksen profiilin ollessa hyvin monipuolinen sekä tuotantokohtainen, toivon oppivani tärkeimpiä piirteitä eri energiankulutus kohteiden kehittämisestä.

1.3 Tutkimusasetelma

Tutkimalla kiinteistön energiankulutusta sen kehittämiseksi pyritään ensimmäiseksi keräämään sekä visualisoimaan saatavilla olevat tiedot ja vastaamaan kysymykseen ”Mikä on nykytilanne?”. Seuraavaksi pyritään vastaamaan kysymykseen ”Mitä voitaisiin parantaa?”, johon sisältyy muun muassa kerätyn tiedon analysointia ja kehittävien toimenpiteiden etsimistä. Lopulta pyritään vastaamaan kysymykseen ”Millaisia hyötyjä saavutetaan?”, jossa tarkastellaan vastaavanlaisia tilanteita ja arvioidaan mahdollisten muutoksien vaikutusta.

Opinnäytetyön tutkimusote on sekä laadullinen eli kvalitatiivinen että määrällinen eli kvantitatiivinen tutkimus. Työssä tutkitaan kiinteistön energiankulutuksen kehitysmahdollisuuksia keräämällä ja analysoimalla energiankulutustietoja, eli pyritään ymmärtämään tutkittavaa ilmiötä sekä saamaan syvempi käsitys siitä. Aineistona tutkimukseen käytettiin kiinteistöautomaatiojärjestelmän AtmosCaren tuottamaa dataa, sekä ennalta kerättyjä energiankulutustietoja NEC:n kulutustietojen seurantatyökalulla GreenGlobeX:llä. Näiden lähtötietojen selvityksessä apunani on toiminut yrityksen laatupäällikkö ja kiinteistön teknisestä ylläpidosta vastaava työntekijä.

2 TIETOPERUSTA

2.1 Tehdaskiinteistön energiakatselmus

Energiakatselmus toteutetaan tavallisesti yhteistyönä Energiaviraston myöntämän energiakatselmuksen vastuuhenkilöpätevyyden omaavan katselmoijan sekä katselmuksen tilaajan kanssa. Tässä tutkimuksessa ei ole virallista vastuuhenkilöpätevyyttä omaavaa tekijää mukana, mutta se on tehty oppimiskokemuksena energiakatselmuksen kaltaiseksi Motivan energiakatselmusmallia ja Työ- ja elinkeinoministeriön (TEM) yleisohjeita seuraten. Energiakatselmuksen tarkoituksena on tehostaa energiankäyttöä selvittämällä ja analysoimalla kohteen energiankäytön nykytilaa. Energiankäytön tehostamista analysoidaan säästöpotentiaalien kannattavuuslaskelmien ja CO_2-päästöjen vaikutuksien avulla. Myös uusiutuvan energian potentiaalin määrittäminen katselmuskohteessa kuuluu energiakatselmukseen.

Energiakatselmuksen toteuttamiseen voi saada TEMin energiakatselmustukea. Tuki koskee vain kuntia sekä mikro- ja pk-yrityksiä, eivätkä suuret yritykset voi saada tukea (Motiva, Energiakatselmustuet, 2024). Tuen myöntämiseen noudatetaan Euroopan komission suositusta (2003/361/EY). Suosituksessa suurella yrityksellä tarkoitetaan toimialasta riippumatta yritystä, jonka palveluksessa on vähintään 250 työntekijää, tai yritystä, jonka vuosiliikevaihto on yli 50 miljoonaa euroa ja taseen loppusumma yli 43 miljoonaa euroa (EY, 2003). Tuen suurus voi enimmillään olla 50 % katselmuskohteen hyväksytyistä työkustannuksista TEMiin energiatehokkuussopimuksiin liittyneille ja 40 % siihen liittymättömille kunnille tai mikro- ja pk-yrityksille (Motiva, Energiakatselmustuet, 2024). Suomessa energiakatselmuksen tekeminen neljän vuoden välein on pakollista kaikille suurille yrityksille, joita energiatehokkuuslain (1429/2014) mukainen energiakatselmustavoite koskee. Suurien yritysten määritelmä on laissa sama kuin Euroopan komission suosituksessa (2003/361/EY). Tästä pakollisesta energiakatselmuksesta pystyy myös

lain mukaan vapautumaan, jos yrityksessä on käytössä sertifioitu energiakatselmuksen sisältävä energian- tai ympäristönhallintajärjestelmä, kuten ISO 50 001 (Finlex, 2014).

Yleisimmin käytetyt energiakatselmus- ja analyysimallit on luonut Motiva. Erilaisia katselmusmalleja on useisiin eri tarpeisiin, joista yleisin on kiinteistön energiakatselmusmalli. Energiakatselmusmallin valinta perustuu useimmiten energian ja veden arvonlisäverottomaan vuosikustannukseen. Myös kohteen uutuus sekä energiankäytön ominaispiirteet vaikuttaa katselmusmallin valintaan. Taulukoissa 1. ja 2. on esiteltynä Motivan energiakatselmusmalleja ja niiden yhteensopivuutta katselmuskohteen kanssa. Palvelurakennuksissa katselmusmalli määräytyy rakennustilavuuden sekä teknisten järjestelmien vaativuuden perusteella.

Taulukko 1. Palvelurakennuksien katselmusmallin valintaperusteet (Motiva, Energiakatselmusmallit, 2023).

Rakennustilavuus m^3	Kiinteistön energiakatsaus	Kiinteistön energiakatselmus (luokka 1 ja luokka 2)
< 5 000	X	
5 000–10 000	X	X
> 10 000		X

Teollisuuden Motiva-energiakatselmuksia voidaan toteuttaa kahdella eri laajuudella, joita ovat katselmus- ja analyysitasoinen. Molemmat sisältävät myös eri tarkoituksiin sopivia katselmusmalleja. Analyysitasoisessa katselmuksessa keskitytään teollisuuden prosessien energiansäästömahdollisuuksiin tarkemmin ja katselmustasoisessa tarkastellaan kiinteistön ja prosessia palvelevien käyttöhyödykkeiden energiatehokkuutta. (Motiva, 2015, s. 5.)

Taulukko 2. Katselmusmallit energian ja veden arvonlisäverottoman vuosikustannuksen mukaan (Motiva, Energiakatselmusmallit, 2023).

Energian ja veden arvonlisäveroton vuosikustannus EUR/a	Kiinteistön energiakatsastus	Teollisuuden 2-vaiheinen energiakatselmus	Teollisuuden 2-vaiheinen energia-analyysi	Teollisuuden energiakatselmus	Teollisuuden energia-analyysi	Prosessiteollisuuden energia-analyysi
< 15 000	X					
15 000–55 000	X	X		X		
55 000–1 400 000		X	X	X	X	
1 400 000–3 000 000					X	
> 3 000 000					X	X

2.2 Teollisuuden toimitilojen valaistus

Teollisuusrakennuksissa valaistukseen kuluu noin 40 % kiinteistösähköstä. Kulutusta tyypillisesti tehostetaan päivittämällä valaisimia energiatehokkaampiin sekä vähentämällä valaistuksen käyttöaikaa. Valaisimien energiatehokkuutta tyypillisesti parannetaan yksinkertaisuudessaan vaihtamalla vanha paljon sähköä kuluttava valaisin uudempaan energiatehokkaampaan valaisimeen. Myös valaisinhuolto on tärkeää, sillä loppuunpalanut ja himmentynyt loisteputkilamppu kuluttaa saman verran sähköä kuin vastaavanlainen uusi, vaikka valaisuusvoimakkuus on laskenut merkittävästi. Päivittämällä 50 kappaletta 250 W:n tehoisia valaisimia uudempiin samaa valaistusvoimakkuutta tuottaviin 120 W:iin valaisimiin voidaan arvioida vuosittaiseksi säästöksi noin 1600 € olettaen, että valaisimet ovat käytössä 8 tuntia päivässä vain työpäivinä sekä olettaen, että sähkön ja sähkönsiirron

yhteishinta on 0,12 €/kWh. Valaisimien koko elinkaarikustannukset tulisi myös ottaa huomioon valaistusta päivittäessä, vaikka energiakustannukset ovatkin usein suurimmat. Elinkaarikustannuksiin kuuluu hankintahinta, energiankulutus sekä varaosien ja huoltotöiden kustannukset. (Motiva, 2012, s. 16, 17.)

Valaistuksen käyttöaika vaihtelee teollisuuskiinteistöissä tavallisesti niin paljon, että takaisinmaksuaikojen määrittäminen tarkasti on usein mahdotonta. Voidaan kuitenkin olettaa käyttöaikojen pysyvän samankaltaisina kuin esimerkiksi edellisvuosina ja näiden perusteella tehdä arvioita takaisinmaksuajoista. Käyttöaikaa rajoitetaan tyypillisesti aikaohjauksella, hämäräkytkimellä, ryhmittelyllä sekä käytönopastuksella. Aikaohjauksen ja hämäräkytkimien raja-arvoja säädetään tavallisesti kiinteistöautomaation kautta, joten sen käytön ymmärtäminen on myös tärkeää kiinteistön energiatehokkuuden kannalta. Vanhoissa kiinteistöissä usein tehokkain tapa parantaa valaistuksen energiatehokkuutta on suunnitella kokonaan uusi valaistusjärjestelmä nykyaikaisella ohjausjärjestelmällä. (Motiva, 2012, s. 18.) Vaikka valaistus onkin suuri osa kiinteistön energiakulutusta ja kiinteistöautomaatiota, se ei ole olennainen tämän tutkimuksen kannalta, sillä tutkimuksessa keskityin lähinnä kiinteistön energiakulutuksen seurantaan ja sen kehittämiseen.

2.3 Kiinteistöautomaatio teollisuudessa

Kiinteistöautomaatio on rakennuksen taloteknisten laitteiden ja olosuhteiden ohjaamiseen ja valvomiseen luodut laitteet sekä järjestelmät. Kiinteistöautomaatiota pidetään usein synonyyminä rakennusautomaatiolle, joka nimensä mukaisesti automatisoi rakennuksen toimintaa ja poistaa manuaalisen säätötyön. Rakennusautomaatiolla tarkoitetaan tarkemmin lämmitys-, ilmanvaihto-, jäähdytys-, valaistusjärjestelmien automatisointia. Myös yksinkertaiset sähkölaitteet, kuten aurinkosähköjärjestelmä ja sulanapitokaapelit voivat kuulua rakennusautomaatioon. Lukitusjärjestelmän, vedenkulutuksen tai energiankäytön seurannan lisääminen rakennusautomaatiojärjestelmään muuttaa sen kuvauksen kiinteistöautomaatioksi (Meriläinen, 2024). Teollisuuskohteissa myös tuotantoprosessien valvonnan

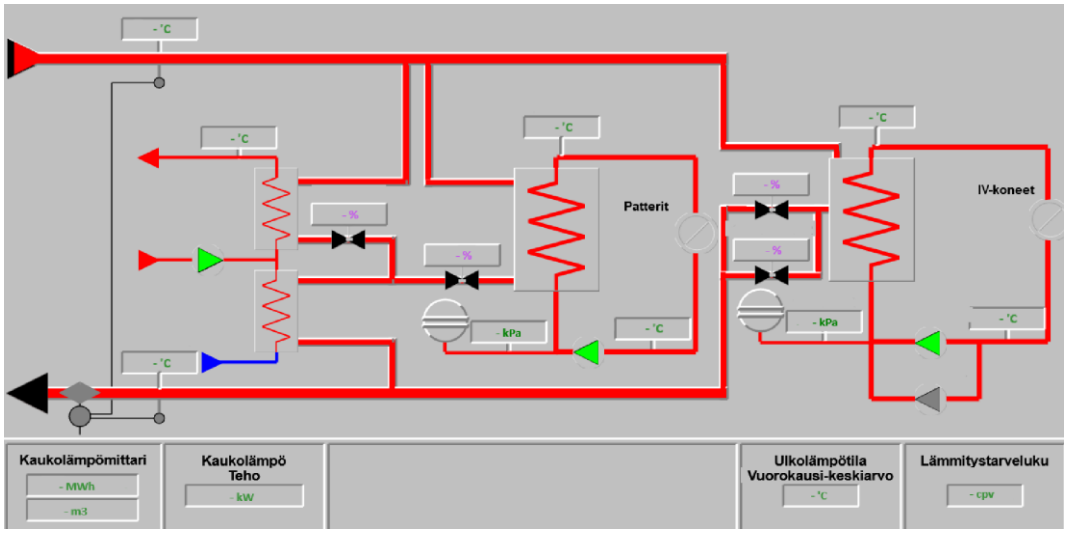
ja ohjaamisen pystyy yhdistämään kiinteistöautomaation. Taloteknisten järjestelmien automatisoinnin lisäksi kiinteistöautomaation tarkoituksena on tehdä kiinteistöstä energiatehokkaampi. Lisäämällä kiinteistöautomaatioon monimittausjärjestelmä energiankulutuksen seurantaa ja tietojen automaattista tallentamista varten edesautetaan energiatehokkuuden kehitysmahdollisuuksien tunnistamista. Onnistunut kiinteistöautomaatio pitää kiinteistön olosuhteet automaattisesti toivotuissa sekä energiatehokkaissa arvoissa esimerkiksi käynnistämällä ilmanvaihdon työaikoina ja sammuttamalla sen yöksi. Ohjausarvot, kuten ilmanvaihdon käynnistysajan tai valaisimille usein käytetyn hämäräkytkimen, asettaminen haluttuun käynnistys- ja sammutusarvoon tapahtuu käyttöliittymän avulla. Jotta kiinteistö pysyy energiatehokkaana, on käyttöliittymästä kyettävä seuraamaan kiinteistöautomaation toimintaa ja hälytyksiä. (Motiva, 2012, s. 18, 19.)

Nykyaikaisilla kiinteistöautomaatiolaitteistoilla, kuten ABB Oy:n (ABB) teollisuuskiinteistöihin sopivalla InSite SCU100 monimittausjärjestelmällä, voidaan liittää tarvittavat mittauslaitteet, jopa 16 sähkö- ja energiamittaria sekä 96 virta-anturia yhteen ohjausyksikköön. Laitteisto on täydennetty myös tulo- ja lähtömoduuleilla, mikä mahdollistaa koko sähkönjakelujärjestelmän tarkkailun ja hallinnan. Veden ja lämpöenergian pulssitiedot ovat myös liitettävissä tulomoduuleihin. Näin kiinteistön kaikkien energiamuotojen seuranta voidaan liittää tähän yhteen järjestelmään. Järjestelmän toiminnan seuraamista voidaan toteuttaa käyttöliittymän antamia arvoja ja niissä tapahtuvia muutoksia aktiivisesti tarkkailemalla, tai analysoimalla järjestelmän tuottamia historiallisia tietoja. Nykyaikaiset monimittausjärjestelmät, kuten InSite SCU100, soveltuu kiinteistön käyttöön myös integroituna kolmannen osapuolen valvontajärjestelmien kanssa. (ABB, 2024.) Modernilla kiinteistöautomaatiojärjestelmällä pyritään etenkin yhdistämään ja digitalisoimaan luettavaan muotoon kaikki kiinteistön energian käyttö. Järjestelmät, kuten Schneider Electricin tarjoama kiinteistöautomaatiojärjestelmä EcoStruxure, soveltuu hyvin erilaisiin kiinteistöihin sen helpon integraation vuoksi. EcoStruxure tarjoaa myös tehokkaat työkalut ennakoivien toimenpiteiden tunnistamiseksi ja esittää

muutosehdotuksia saadun datan perusteella. Modernit kiinteistöautomaatiojärjestelmät helpottavat kenttälaitteiden tuottaman tiedon tulkintaa visualisoimalla kiinteistön eri talotekniset järjestelmät tai luomalla energiankulutuksen historiallisen datan kuvaajia (Schneider Electric, 2024).

2.4 Kiinteistön lämmitys- ja ilmanvaihtojärjestelmät

Kiinteistön ja prosessien käyttämä lämpö tavallisesti ostetaan, mutta lämpöä voi myös tuottaa itse kiinteistössä. Lämmönsiirrossa pumppujen ja pumppausjärjestelmän tehokkaasti toimiminen on erityisen tärkeää energiankulutuksen kannalta. Itse tuotetun lämpöenergian hyödyntämisessä tuotantotapa sekä polttoaineet vaikuttavat eniten energiankulutukseen. Teollisuuskiinteistöjen yleisin lämmitysmuoto on kaukolämpö. Kaukolämmitysjärjestelmissä virtaava vesi siirretään tavallisesti kiertovesipumpuilla lämmityskennoihin ja -pattereihin. Pumpun käyttämän sähkön taajuuden ja näin ollen sen pyörimisnopeuden muuttaminen eli kierroslukusäätö taajuusmuuttajalla on energiatehokkain säätötapa pumpuille. Pumppujen toimivuuden ja etenkin hyötysuhteen tarkkailu on erityisen tärkeää, sillä sen elinkaarikustannuksista yli 90 % muodostuu käyttökustannuksista. (Motiva, 2012, s. 10, 11.) Lämmitysjärjestelmän toimivuuden tehostaminen perustuu sen hallintaan kiinteistöautomaatiolla. Etävalvomoista voidaan tavallisesti tarkkailla ja säätää pumppujen toimintaa. Kuva 1. on otettu The Switchin Vaasan kiinteistön etävalvomosta ja siitä nähdään mitä lämmitysjärjestelmän arvoja etävalvomosta tyypillisesti voidaan seurata ja säätää. (todelliset arvot on piilotettu).



Kuva 1. Esimerkki kiinteistöautomaation etävalvomon lämmitysjärjestelmän näkymästä (Kuvankaappaus Schneider Electric AtmosCare-valvomo, 2024).

Ilmanvaihto on tärkeä osa teollisuuskiinteistöjen lämmitystä, sillä tehdashallien suurien kokojen vuoksi niissä on usein suuria määriä hukkalämpöä. Ilmanvaihtojärjestelmän kohdalla energiatehokkuuden parantamiseksi onkin usein tärkeää kiinnittää huomio lämmön talteenottojärjestelmään (LTO). Tehokas LTO ottaa poistoilmasta talteen jopa 90 % sen lämpöenergiasta ja lämmitysenergian kulutus voi laskea jopa 40 %. LTO:n suunnittelussa on tärkeää ottaa huomioon laitteiden hyötysuhteet, tulo- ja poistovirtojen etäisyydet ja poistettavan ilman epäpuhtaus. Myös muuttamalla tuloilman lämpötilaa saadaan aikaiseksi merkittäviä säästöjä lämmitysenergian kulutukseen. Motivan tekemän arvion mukaan yhden tuloilmakoneen lämpötilan alentaminen 20 celsius-asteesta 18 asteeseen voidaan säästää noin 140 € vuodessa. (Motiva, 2012, s. 10, 11, 14.)

Ilmanvaihto kuluttaa myös sähköä tuomalla kiinteistöön puhdasta ilmaa sekä poistamalla sisäilmasta lämmön lisäksi epäpuhtauksia ja kosteutta. Tätä kokonaisuutta pitää pystyä ohjaamaan keskitetysti ja usein se tapahtuu kiinteistöautomaation etävalvomon kautta lämmitysjärjestelmien ohjauksen tavoin. Teollisuuskiinteistöissä yleisimmin käytetty koneellinen ilmanvaihto käyttää sähköä puhallinmoottoreiden pyörittämiseen ja lämmöntalteenotossa, harvemmin myös sähkösuodattimissa, jälkilämmityspattereissa tai koneellisessa jäähdytyksessä. Ilmanvaihdon

energiatehokkaassa suunnittelussa sähkön ominaiskulutusluku SFP-luku (kW/m^3s) ja sen parantaminen on tärkeässä osassa. (Motiva, 2012, s. 14, 15.)

3 TUTKIMUSKOHTEEN ENERGIANKULUTUSRAPORTTI

The Switchin Vaasan yksikkö sijaitsee osoitteessa Yrittäjänkatu 11, 65380 Vaasa. Kiinteistö on pinta-alaltaan 4368 m^2 ja sen etupihalla on noin 50 ajoneuvon parkkialue ja takapihalla noin 2500 m^2 säilytystilaa tuotannon resursseille. Kiinteistöstä löytyy toimisto- ja kokoustiloja neljästä kerroksesta, sosiaalitilat sekä kaksi tuotantoaluetta. Tuotanto Vaasan tehtaalla painottuu pitkälti tuulivoiman kestomagneettigeneraattoreiden kokoonpanoon. Myös muutamia kymmeniä meriteknologiaan soveltuvia kestomagneettikoneita tuotetaan tehtaalla vuosittain. Toiseen kiinteistön tuotannon osista sisältyy myös testausalue, jossa viimeistelyä vaille valmiit kestomagneettikoneet testataan. Kiinteistön energiankulutukseen ei ole lähivuosina tullut suuria muutoksia, vaikka tuotanto onkin alkanut hiljalleen siirtymään tuulivoimageneraattoreista meriteollisuuden kestomagneettikoneiden tuotantoon. Seuraavassa kiinteistön energiakatselmuksessa voidaan seurata vuoden 2024 alussa valmiiksi tulleen magnetointitilan vaikutuksia energiankulutukseen, jonka voidaan olettaa kasvavan nykyisestä. Tämän lisäyksen tekemiä muutoksia kiinteistön energiankulutuksen kokonaisuuteen ei kuitenkaan vielä tässä energiakatselmuksessa ole pystytty arvioimaan.

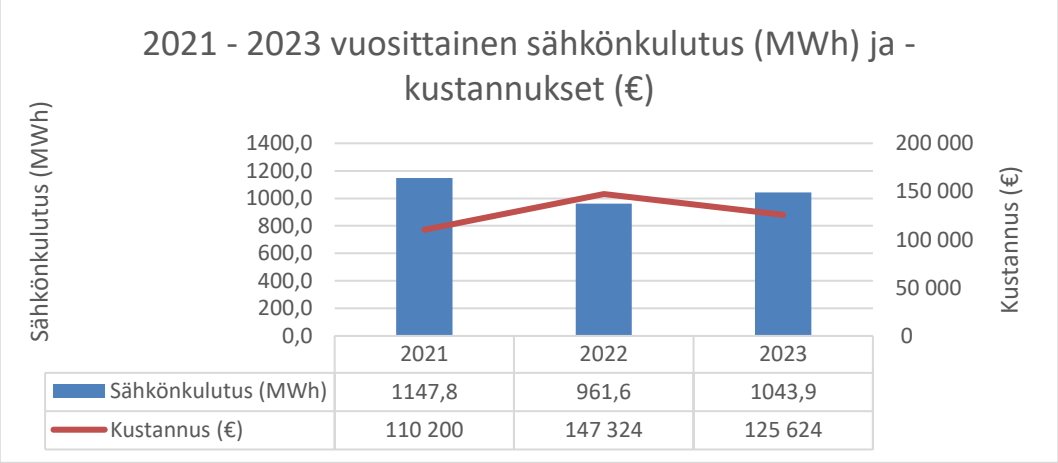
3.1 Energiankulutus

The Switchin Vaasan kiinteistön sähkön, veden ja lämmityksen kulutusta seurataan kuukausitasolla NEC:n pilvipalvelujärjestelmällä GreenGlobeX:llä (GGX). Kulutustietojen perusteella on myös laskettu energiankulutuksen kustannukset. Kustannusten ja Motivan katselmusmallin valintaohjeiden perusteella on valittu opinnäytetyöhön teollisuuden energiakatselmusmalli tutkimukselle suuntaa-antavaksi malliksi. Koska kiinteistöstä kerätään kulutustietoja talteen vain kuukausitasolla, eikä sähkönkulutuksesta ole erillismittausta käyttökohteittain, on mahdolliset kuvaajat kulutusjakaumaista jätetty pois kokonaan epäluotettavuuden takia. Lisäksi

sähkönkulutuksen jakauman arvioimiseen vaikuttaa energiaintensiiviset kestomagneettikoneiden testaukset, sillä niiden osuutta kulutuksesta ei tällä hetkellä mitata erikseen.

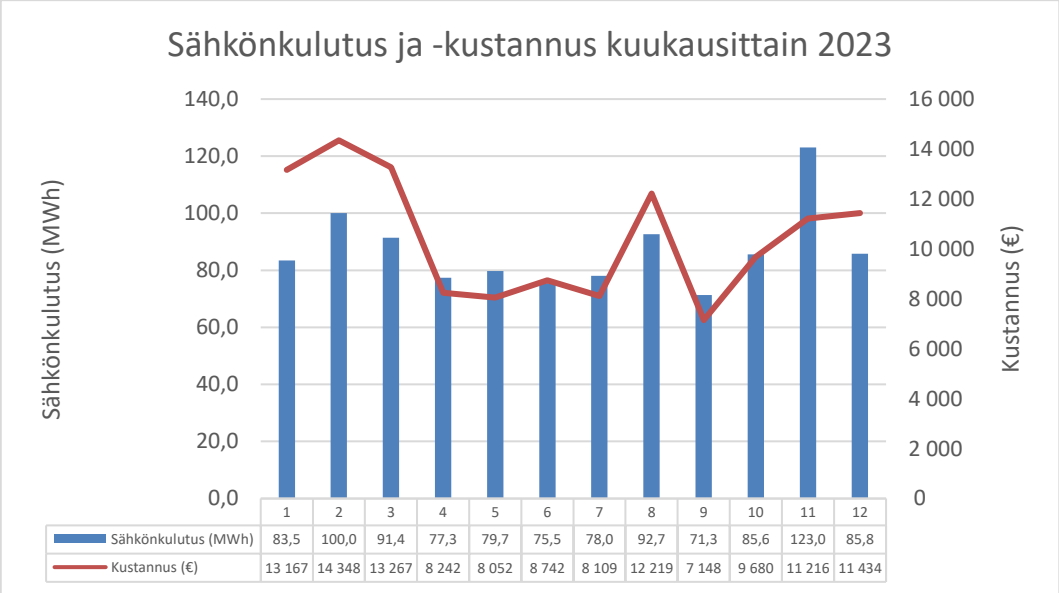
3.1.1 Sähkönkulutus

The Switch ostaa kiinteistön käyttösähkön Fortumilta ja sähkönsiirron Vaasan sähköltä. Sähkönjakeluverkosta saatava 20kV keskijännite muunnetaan kahdessa eri muuntamossa kiinteistön käyttöön sopivaksi pienjännitteeksi. Kiinteistön kaksi sähköjärjestelmää toimivat 690 V ja 400 V pienjännitteillä. 690 V jännite kattaa kestomagneettikoneiden testauksen sähkölaitteet ja 400 V jännite lopun kiinteistön sähkönkulutuksen. Kiinteistön sähkönkulutuksen voidaan arvioida pääosin jakautuvan ilmanvaihtoon, valaistukseen, tehdaspalvelujärjestelmiin sekä testauslaitteisiin. Testauslaitteiden kulutuksen voidaan arvioida vaihtelevan kuukausittain noin 25 % ja 60 % välillä koko kiinteistön sähkönkulutuksesta. Kuvasta 2. voidaan huomioida vuosittaisen sähkönkulutuksen väheneminen lähes 200 megawattitunnilla vuodesta 2021 vuoteen 2022. Tämän voidaan olettaa johtuvan lähes kokonaan noin 20 % pienemmästä tehtaan vuosittaisen tuotannon määrästä. Valaistuksen aiheuttaman sähkönkulutuksen voidaan olettaa jatkossa laskevan, mutta hyvin hitaasti, sillä toimiston valaistusta päivitetään uusien valaisimien tarpeiden mukaisesti.



Kuva 2. Sähkönkulutus ja kustannukset 2021–2023.

Kuvasta 3. huomataan, että tilikauden alusta huhtikuusta ja koko kesän läpi on tavallisesti hiljaisempaa. Tuotannon tahtia nostetaan loppuvuodesta ja kohti tilikauden loppua, mikä näkyy sähkönkulutuksessa kestomagneettikoneiden testaamisen määrän nousun vuoksi. Koska koko tehtaan tarvitsema sähkö tulee vain yhden mittarin kautta, kulutusseuranta eri osa-alueittain ei ole mahdollista, eikä kestomagneettikoneiden testauksen aiheuttamia suuria kulutuspiikkejä voida tarkasti erotella lopun kiinteistön sähkönkulutuksesta. 690 V jännitteen ja 400 V jännitteen erotteleminen kulutustietoihin mahdollistaisi tarkemman ja vertailukelpoisemman kulutuksen analysoinnin. Lisäksi uudistamalla mittarointia 400 V sähköjärjestelmään voitaisiin erotella esimerkiksi tehdaspalvelujärjestelmät, ilmanvaihto ja valaistus tai eri jakokeskukset ja näin parannettaisiin kulutustietojen vertailukelpoisuutta ja kehityskohteiden tunnistamista.

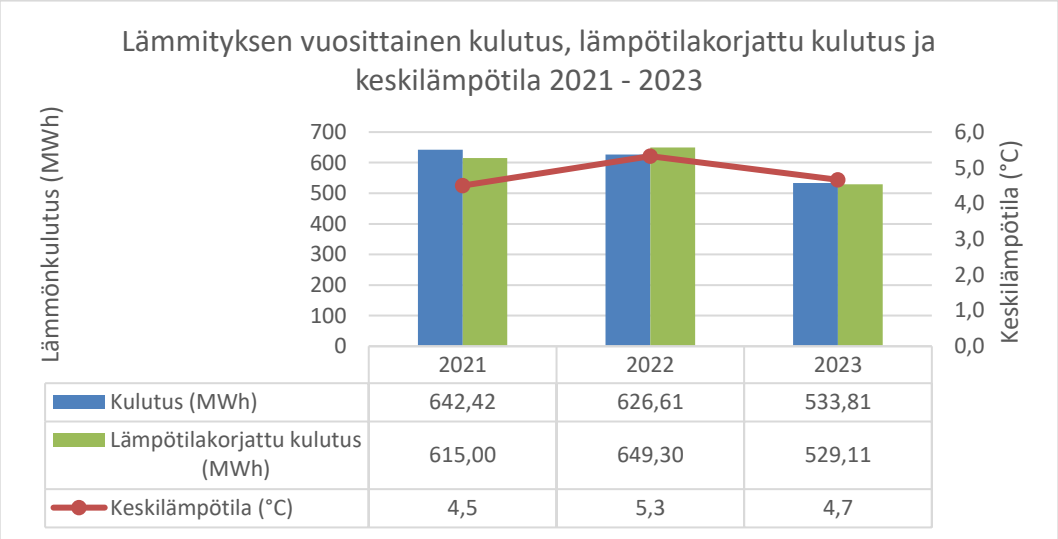


	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Sähkönkulutus (MWh)	83,5	100,0	91,4	77,3	79,7	75,5	78,0	92,7	71,3	85,6	123,0	85,8
Kustannus (€)	13 167	14 348	13 267	8 242	8 052	8 742	8 109	12 219	7 148	9 680	11 216	11 434

Kuva 3. Sähkönkulutus ja kustannus kuukausittain 2023.

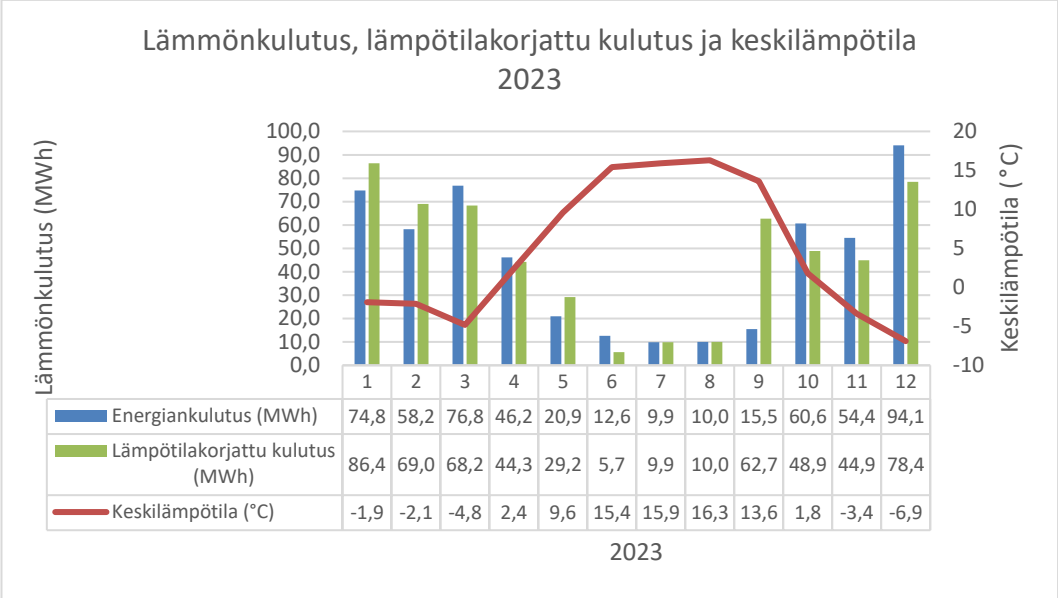
3.1.2 Lämmönkulutus

The Switchin Vaasan yksikön lämmitysmuoto on kaukolämpö, jota ostetaan Vaasan Sähköltä sopimusvesivirralla 7,6 m^3/h. Mitatuista lämmityskulutustiedoista on tähän työhön laskettu myös lämpötilakorjattu kulutus Motivan kulutuksen normituksen ohjeen (Motiva, Kulutuksennormitus, 2023) mukaan liitteen 1 kaavalla 1. Laskuissa käytetyt vertailuarvot löytyvät liitteestä 2 ja lämmitystarveluvut löytyvät liitteestä 3. Kuvassa 4 esitettyjä vuosittaisia kulutustietoja voidaan pitää vertailukelpoisina, sillä kiinteistössä ei ole tapahtunut merkittäviä energiatehokkuuteen vaikuttavia muutostöitä lähivuosina.



Kuva 4. Mitatut ja lämpötilakorjatut lämmönkulutukset sekä keskilämpötilat vuosilta 2021–2023.

Kuvasta 5. huomataan kuukausikohtaisen lämmönkulutuksen trendin olevan hyvin tyypillinen Suomessa sijaitsevalle kiinteistölle. Huomioitavaa kuvaajasta on syyskuun ja lokakuun välinen keskilämpötilojen suuri muutos. Edellisvuosina syyskuun keskilämpötila ollut noin 9 °C ja lokakuun keskilämpötila noin 6,5 °C. Myös lämpötilakorjattua kulutusta vertailemalla mitattuun kulutukseen huomataan kuinka epätavallisia vuoden 2023 syyskuun lämmitystarpeet olivat.

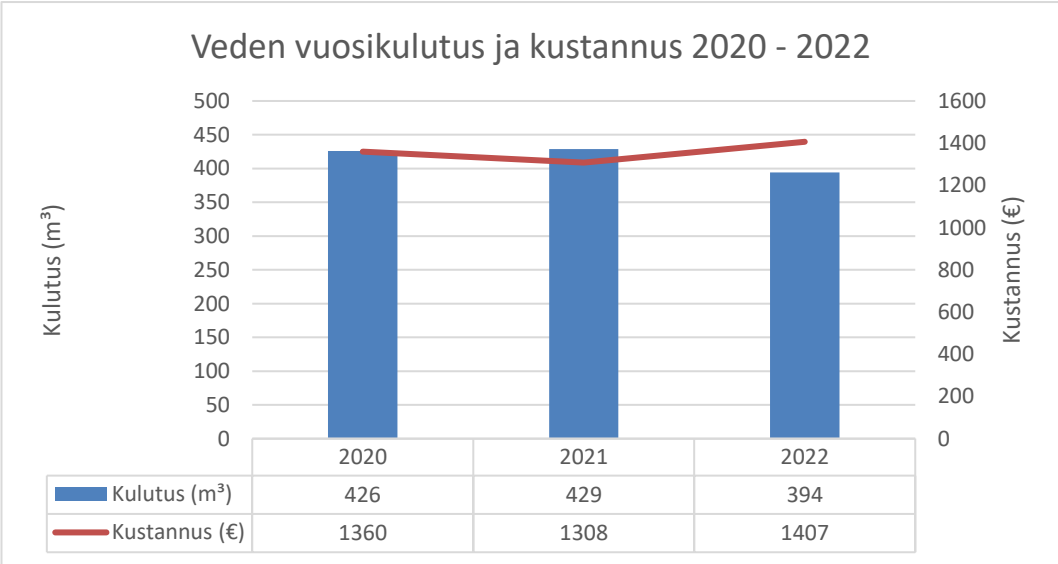


	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Energiankulutus (MWh)	74,8	58,2	76,8	46,2	20,9	12,6	9,9	10,0	15,5	60,6	54,4	94,1
Lämpötilakorjattu kulutus (MWh)	86,4	69,0	68,2	44,3	29,2	5,7	9,9	10,0	62,7	48,9	44,9	78,4
Keskilämpötila (°C)	-1,9	-2,1	-4,8	2,4	9,6	15,4	15,9	16,3	13,6	1,8	-3,4	-6,9

Kuva 5. Vuoden 2023 mitatut ja lämpötilakorjatut lämmönkulutukset sekä keskilämpötilat kuukausittain.

3.1.3 Vedenkulutus

Käyttövesi kiinteistölle ostetaan Vaasan Vedeltä. Kuvan 6. kuvaamat veden kustannukset sisältävät käyttöveden kustannuksen lisäksi myös jäteveden käsittelykustannukset. Vedenkulutus kiinteistössä on keskimäärin noin 400 m^3/vuosi ja aktiiviseen aikaan arkisin vettä käytetään noin 90–160 l/tunti.



	2020	2021	2022
Kulutus (m^3)	426	429	394
Kustannus (€)	1360	1308	1407

Kuva 6. Vedenkulutus ja kustannukset 2020–2022

AtmosCarea seuraamalla voidaan arvioida lämpimän veden osuuden vaihtelevan noin 10 % ja 20 % välillä aktiivisena aikana. Tyypillisesti toimistorakennusten lämpimän veden osuuden koko vedenkulutuksesta arvioidaan olevan noin 30 %. Koska kiinteistö ei ole pelkästään toimistokäytössä, päätin itse seurata vedenkulutusta noin viikon ajan kolmeen eri kellonaikaan maaliskuussa 2024. Jakamalla lämpimän vedenkulutuksen koko vedenkulutuksesta sain keskiarvoksi lämpimän vedenkulutuksen osuudelle 17 %. Näiden arvioiden perusteella lämmitysenergiaksi muutettuna vedenkulutukseksi voidaan laskea noin 4 MWh vuodessa liitteen 1 kaavalla 2.

3.2 Kiinteistöautomaatio

The Switchin Vaasan tuotantolaitoksen kiinteistöautomaatiota hallitaan Schneider Electricin AtmosCare-etävalvomon avulla. Kiinteistöautomaatiojärjestelmä Atmoscare on alun perin Atmostech Oy:n kehittämä järjestelmä, joka sisältää tavallisimmat lämmityksen, ilmanvaihdon, valaistuksen ja jäähdytyksen automatisoinnin. Näiden lisäksi etävalvomosta voidaan seurata kiinteistön lämmöntalteenottojärjestelmää ja kylmän, sekä lämpimän veden kulutusta.

Tällä hetkellä kiinteistöautomaatio tallentaa mitattuja tietoja vain lämmöntalteenoton hyötysuhteista sekä erilaisten poikkeamien tekemistä hälytyksistä. Muut kenttälaitteiden tekemät mittaustulokset ovat vain etäluettavissa reaaliaikaisena, eikä tietoja tallennetta jälkeenpäin tutkittavaksi.

3.3 Lämmitys- ja ilmanvaihtojärjestelmät

Kiinteistön LVI järjestelmiä hallitaan AtmosCare kiinteistöautomaation kautta ja niiden kunnossapidosta vastaa ulkoinen kiinteistön huoltoyhtiö Granlund. Myös muutamilla yrityksen omilla työntekijöillä on mahdollisuus hallita AtmosCarea ja näin myös säätää kiinteistön energiankulutusta sekä seurata hälytyksiä.

3.3.1 Lämmitys

Lämmönjako kiinteistössä toteutetaan pääasiassa kahdella tavalla, tuloilmaa lämmittämällä ja lämmityspattereilla. Myös jonkin verran sähkölämmitteisiä alueita löytyy. Sähkölämmitystä hyödynnetään vain tietyissä ulkolämpötilan raja-arvoissa kulkureittien tai rakennuksen toimivuuden kannalta tärkeiden alueiden sulattamiseen, kuten generaattorihallin nosto-oven edustaan.

Tuotannon tiloissa on käytössä ilmanvaihtolämmitys, jonka tuloilmakanavat sijaitsevat katossa tai katonrajassa. Koska tuloilmaa tuodaan tuotannon tiloihin korkealta, jopa 10 metrin korkeudesta, puhtain ja raikkain ilma ei välttämättä ehdi edes saavuttamaan työskentelyalueen korkeutta. Tuloilma ehtii myös sekoittumaan poistoilman kanssa ja näin myös lämpenemään. Koska tuotantoon kuuluvat kestomagneettikoneiden testaukset tehdään yhteisessä hallissa, saadaan testauksen tuottama hukkalämpö myös hyödynnettyä talviaikaan vaikkakin pienissä määrin. Kesäisin testauksien tuottama lämpö nostaa tuotannon hallin lämpötilaa entisestään. Pienemmissä tiloissa tuloilman lämmitys tapahtuu puhallinkonvektoreilla. Toimisto- ja sosiaalitilojen lämmitykseen käytetään myös lämmityspattereita.

3.3.2 Ilmanvaihto

Kiinteistössä on seitsemän tuloilmakonetta, joiden toimialueet, lämmöntalteenoton (LTO) hyötysuhteet ja käyttöaika, tulo- ja poistoilman tilavuusvirrat on lueteltu taulukossa 3. LTO:n hyötysuhteet ovat keskiarvoja tammi-helmikuulta 2024, jolloin lämmitystarpeet ovat korkeimmillaan.

Taulukko 3. Kiinteistöautomaation ilmoittamat ilmanvaihtokoneiden toimialueet, ominaisuudet ja säätöarvot.

Toimialue	LTO:n hyötysuhde	Tuloilman tilavuusvirta	Poistoilman tilavuusvirta	Käyttöaika
Toimistot	75,3 %	2,15 m^3/s	2,15 m^3/s	Arkisin 5–16 täydellä teholla. Arkisin 3–5 ja 16–19 hidas käynti. Viikonloppu 10–12 hidas käynti.
Toimistot 1. kerros	67,6 %	0,7 m^3/s	0,5 m^3/s	Arkisin 7–19 täydellä teholla. Arkisin 5–7 ja 19–20 hidas käynti. Viikonloppuna 10–12 hidas käynti.
Invertterihalli	86,0 %	5,1 m^3/s	5,0 m^3/s	Arkisin 8–16 täydellä teholla. 3–8 ja 16–23 hidas käynti. Viikonloppuna 10–11 hidas käynti.
Generaattorihalli	6,5 %	0 m^3/s	5,9 m^3/s	Arkisin 8–16 täydellä teholla. 3–8 ja 16–23 hidas käynti. Viikonloppuna 11–12 hidas käynti.
Valvomo	59,5 %	0,65 m^3/s	0,85 m^3/s	Arkisin 6–18 täydellä teholla. 4–6 ja 18–19 hidas käynti. Viikonloppuna ei päällä.

Sosiaalitilat	62,5 %	0,7 m^3/s	0,6 m^3/s	Arkisin 5:30–21 täydellä teholla. 3–5:30 ja 21–1 hidas käynti. Viikonloppuna 5–7 hidas käynti.

Kiinteistöautomaatiolla säädettäviä kiertoilmakoneita löytyy generaattorihallista eli testausalueen sisältävästä tuotannonhallista seitsemän kappaletta, joista kuuden asetusarvo on 19 °C ja yhden 15 °C. Invertterihallista eli toisesta tuotannon hallista löytyy viisi kiertoilmakonetta, joista neljä on asetusarvossa 19 °C ja yksi 15 °C.

3.4 Valaistus

The Switchin Vaasan kiinteistön valaistukseen kuluu merkittävä määrä kiinteistön koko sähkönkulutuksesta, vaikka tuotantoon kuuluvat testaukset kuluttavatkin erittäin paljon sähköä niiden vaatimaan pinta-alaan verrattuna. Kiinteistön tuotannon puolella valaistus on uusittu hieman yli 10 vuotta sitten 150 W LED-valaisimiin ja toimiston valaistusta päivitetään aina tarpeiden mukaan esimerkiksi nykyisten valaisimien rikkoutuessa. Sosiaalitiloissa ja käytävillä on käytössä LED-putkivalaisimia ja tyypillisiä pienempiä LED-valaisimia, jotka vaihtelevat noin 16–32 W tehon välillä.

Koska päivityksiä ja muutoksia tehtäessä kiinteistön valaistuksesta ei ole pidetty kirjaa, on mahdoton tietää todellisia lukuja kiinteistön nykyisen valaistuksen tuottamalle energiankulutukselle ilman valaisimien määrän ja jokaisen valaisimen tehon tarkastamista. Myös kiinteistön kulutusmittauksen puutteellisuuden vuoksi on vaikea tehdä muuta kuin hyvin epäluotettavia arvioita valaistuksen tuottamasta sähkönkulutuksesta. Erottelemalla testauslaitteiden käyttämän 690 V jännitteisen sähköjärjestelmän loppukiinteistön käyttämästä 400 V jännitteisestä voi-

taisiin tehdä arvioita valaistuksen osuudesta sähkönkulutuksesta esimerkiksi hyödyntämällä Motivan arviota tehdaskiinteistöjen valaistuksen olevan yleensä noin 40 % kiinteistön sähkönkulutuksesta.

4 KEHITYSIDEOIDEN ARVIOINTI

4.1.1 Kiinteistöautomaation päivittäminen

Koska kohteen kiinteistöautomaatiojärjestelmän AtmosCaren tuki on lopetettu vuonna 2021, parhaana ratkaisuna kiinteistöautomaation kehittämiseksi mielestäni olisi järjestelmän päivittäminen Schneider Electricin EcoStruxure-järjestelmään. Molemmat järjestelmät ovat Schneider Electricin tarjoamia ratkaisuja kiinteistöautomaatioon, joten AtmosCaresta päivittäminen EcoStruxureen on tehty helpoksi ja mahdolliseksi kolmella eri tasolla. Ensimmäisessä päivitystavassa päivitettäisiin vain valvomo-ohjelma liittämällä käytössä olevat kenttälaitteet AtmosCare Smart Connect-laiteen avulla uuteen EcoStruxure-järjestelmään. Toinen päivitystapa olisi valvomo-ohjelmiston päivityksen lisäksi järjestelmän alakeskuksen uusiminen. Näin säilytettäisiin vielä vanhat moduulit, eikä kytkentöjä tarvitsisi uusia. Kolmas ja kattavin päivitysratkaisu olisi lisätä edellä mainittuihin muutoksiin vielä moduulien uudistaminen. (Schneider Electric Finland, 2018.)

Näistä kolmesta päivitystavasta kolmas ja kattavin olisi mielestäni paras ratkaisu kohdekiinteistölle. Moduulien päivityksellä, mittaustietojen tallentamisella ja etenkin lisäämällä uusia mittauslaitteita kiinteistön sähkönkulutuksen seurantaan auttaisi merkittävästi tunnistamaan ja tekemään energiankulutuksen parannuksia. Uusi järjestelmä tekisi kiinteistönhallinnasta myös helppokäyttöisemmän ja helpommin hallittavan älylaitteilla.

4.1.2 Ilmanvaihtolämmitys

Generaattorihallin ilmanvaihtokoneen tuloilmavirtaus on asetettu toimimaan arvossa 5500.0 l/s, mutta todellisuudessa vaihtelee 0–500 l/s välillä. Tämä huonon toimivuuden tila on aktivoinut jo pitkään hälytyksiä etävalvomoon. Koska tuloilmavirtausta ei pahimmillaan ole ollenkaan ja parhaimmillaan vain noin 10 % asetetusta arvosta, tuloilmapuhaltimen toimivuuden tarkastaminen, huolto tai jopa

vaihto voi olla tarpeen. Sisäilman lämpötila generaattorihallissa on kaikesta huolimatta pysynyt asetettujen arvojen sisäpuolella, joten ongelmana voisi myös olla anturivika tuloilmakoneessa. Myös saman ilmanvaihtokoneen lämmöntalteenoton hyötysuhteet ovat vaihdelleet noin 0 ja 10 % välillä ainakin viimeiset kaksi vuotta.

Laitteistolle on tehty huoltotoimia ulkoisten toimijoiden puolesta, mutta arvoja ei olla saatu parannettua. Huoltotoimiin on sisältynyt ilmanvaihtosäleikköjen puhdistukset, glykolinesteen tarkastukset, lisäykset tai vaihdot tarvittaessa. Puhaltimen uusiminen tuloilmavirran korjaamiseksi voisi koitua erittäin kalliiksi kustannukseksi, mutta myös sopivien varaosien saatavuus voi olla este mahdollisille korjaustöille, sillä ilmanvaihtokoneet ovat asennettu noin 20 vuotta sitten. Ensimmäiseksi kannattaisi kuitenkin suorittaa perusteellinen tutkimus korjausmahdollisuuksista.

5 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli kartoittaa kiinteistön energiankulutuksen nykytila ja tuoda esille kehitysideoita kulutuksen vähentämiseksi ja sen seurannan parantamiseksi. Teoriaosuutta tehtäessä ja Motivan ohjeita opiskeltaessa opin paljon kiinteistön energiakatselmuksen laajuudesta ja haastavuudesta. Tutkimuksen tavoitteita jouduttiin opinnäytetyön teon aikana hieman supistamaan, ja päätin keskittyä enemmän kiinteistöautomaatioon sekä energiankulutustietojen keräyksen kehittämiseen. Kehityskohteita kiinteistöstä löytyi muutamia, joista merkittävimmäksi koin kiinteistöautomaatiojärjestelmän päivittämisen esimerkiksi järjestelmäpäivityksellä, mittauksia lisäämällä ja etenkin asettamalla järjestelmän keräämään historiallisia tietoja mitatuista kulutuksista. Näin parannettaisiin seuraavien vastaavanlaisten tutkimusten lähtötietojen luotettavuutta ja vertailukelpoisuutta. Haasteita työhön aiheutti kiinteistön laitteiston tietojen ylläpidon puutteellisuus sekä kiinteistön automaattimittausten ja tietojen tallennuksen vähäisyys.

Jatkotoiminpiteenä ehdotan kiinteistöautomaation päivitystä esimerkiksi Schneiderin EcoStruxure-järjestelmään. Päivityksen yhteydessä kannattaisi myös lisätä sähkönkulutuksen mittausta, vähintään erottelemalla tuotantoon kuuluvan testauksen sähkönkulutus loppukiinteistön kulutuksesta. Lisäksi yksi kiinteistön ilmanvaihtokoneista tulisi korjauttaa tai tarvittaessa uusia, sillä viime vuosien aikana tehdyt huollot eivät ole tuottaneet muutoksia tuotannon hallin ilmanvaihtokoneen toimivuuteen. Lopuksi olisi seuraavien vastaavanlaisten tutkimusten kannalta oleellista päivittää ja aloittaa ylläpitämään tietoja vuoden 2007 jälkeen tehdyistä muutoksista kiinteistön laitteistoon, kuten valaistukseen liittyvät muutokset.

LÄHTEET

ABB Oy. (2024). ABB InSite-monimittausjärjestelmä. Noudettu 14.7.2024 osoitteesta https://search.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=9AKK108469A0299&LanguageCode=fi&DocumentPartId=&Action=Launch

EY. (6.5.2003). Euroopan Komission suositus. Noudettu 24.2.2024 osoitteesta https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/HTML/?uri=CELEX%3A32003H0361

Finlex. (30.12.2014). Energiatehokkuuslaki. Noudettu 24.2.2024 osoitteesta https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2014/20141429#L3

Ilmatieteenlaitos. (2024). Lämmitystarveluvut. Noudettu 18.5.2024 osoitteesta https://www.ilmatieteenlaitos.fi/lammitystarveluvut

Meriläinen, J. (30.1.2024). Rakennustautomaatio tutuksi. Noudettu 24.2.2024 osoitteesta https://www.buildwise.fi/rakennusautomaatio-tutuksi/

Motiva. (1.1.2012). Energiatehokas teollisuuskiinteistö. Noudettu 24.2.2024 osoitteesta https://www.motiva.fi/files/5847/Energiatehokas_teollisuuskiinteisto.pdf

Motiva. (1.9.2015). Teollisuusektroin energiakatselmusten ohjeistus. Noudettu 9.3.2024 osoitteesta https://www.motiva.fi/files/10929/Teollisuussektorin_energiakatselmuksen_ohjeistus.pdf

Motiva. (25.5.2023). Energiakatselmusmallit. Noudettu 24.2.2024 osoitteesta https://www.motiva.fi/ratkaisut/energiakatselmustoiminta/tuetut_energiakatselmukset/energiakatselmusmallit

Motiva. (2023). Kulutuksen normitus. Noudettu 7.4.2024 osoitteesta https://www.motiva.fi/files/20935/Motiva_Kulutuksennormitus_laskentakaavat-ja-ohjeet_01-2023.pdf

Motiva. (21.2.2024). Energiakatselmustuet. Noudettu 24.2.2024 osoitteesta https://www.motiva.fi/ratkaisut/energiakatselmustoiminta/tuetut_energiakatselmukset/katselmus-_ja_investointituet/energiakatselmustuet

Schneider Electric. (2024). Mikä EcoStruxure Power on?. Noudettu 14.7.2024 osoitteesta https://www.se.com/fi/fi/work/campaign/innovation/power-distribution.jsp

Schneider Electric Finland. (2018). Päivitä AtmosCare-järjestelmä kiinteistössäsi nykyaikaan. Noudettu 26.5.2024 osoitteesta https://www.youtube.com/watch?v=hUOEveXTri4

LIITTEET

LIITE 1. Laskentakaavat

Kaava 1. (Motiva, Kulutuksennormitus, 2023, s. 3).

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

, missä

Q_{norm} = Rakennuksen normitettu lämmitysenergiankulutus

$S_{\text{N vpkunta}}$ = normaalivuoden tai -kuukauden (1991–2020) lämmitystarveluku vertailupaikkakunnalla

$S_{\text{toteutunut vpkunta}}$ = toteutunut lämmitystarveluku vuosi- tai kuukausi-tasolla vertailupaikkakunnalla

$Q_{toteutunut}$ = rakennuksen tilojen lämmittämiseen kuluva energia = $Q_{\text{kok}} - Q_{\text{lämmin käyttövesi}}$

Q_{kok} = Rakennuksen kokonaislämmitysenergiankulutus

Kaava 2. (Motiva, Kulutuksennormitus, 2023, s. 7).

$$Q_{\text{lkv}} = 58\ \frac{\text{kWh}}{\text{m}^3} * V_{\text{lkv}}$$

Q_{lkv} = käyttöveden lämmittämiseen käytetty energia vuodessa (kWh)

V_{lkv} = kulutettu lämpimän käyttöveden määrä (m^3/vuosi)

$58\ \frac{\text{kWh}}{\text{m}^3}$ = veden lämmittämiseen (50 °C lämpötilan muutos) tarvittava energiamäärä vesikuutiota kohden.

LIITE 2. Vertailukauden 1991–2020 lämmitystarveluvut. (Ilmatieteenlaitos, 2024).

Lämmitystarveluvut 1991-2020	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Vuosi
Maarianhamina	567	545	534	392	207	26	2	11	107	309	414	516	3630
Vantaa	659	617	570	363	139	10	2	10	124	346	470	585	3895
Helsinki	624	588	549	371	148	7	1	5	97	313	437	549	3689
Pori	648	603	567	381	176	24	4	16	144	354	474	585	3976
Turku	641	597	562	372	160	16	2	10	128	342	466	575	3871
Pirkkala	698	649	598	392	172	24	5	23	166	382	501	623	4233
Lahti	707	654	600	387	157	19	4	21	168	386	504	631	4238
Lappeenranta	731	667	609	394	162	18	4	17	155	387	517	642	4303
Jyväskylä	755	694	634	429	200	35	12	38	204	416	537	668	4622
Vaasa	678	634	602	419	215	27	5	24	170	381	504	617	4276
Kuopio	778	714	640	435	193	25	8	21	168	400	542	683	4607
Joensuu	793	724	651	446	206	34	10	32	188	416	557	698	4755
Kajaani	823	753	683	472	247	52	16	57	222	441	582	727	5075
Oulu	780	712	661	461	249	42	7	38	199	427	561	697	4834
Sodankylä	914	822	748	533	331	96	44	110	291	526	684	825	5924
Ivalo	897	807	745	542	360	137	66	127	293	522	685	815	5996

LIITE 3. Lämmitystarveluvut ja kuukauden keskilämpötilat. (Ilmatieteenlaitos, 2024).

Lämmitystarveluvut 2023 (°Cvrk)

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Vuo-si
Maarianhamina	501	477	567	394	181	24	0	0	17	344	460	591	3556
Vantaa	578	542	580	312	122	27	0	0	14	391	523	676	3765
Helsinki	550	513	540	309	108	17	0	0	6	334	487	629	3493
Pori	562	523	604	378	146	51	0	0	27	409	557	695	3952
Turku	560	523	591	354	159	27	0	0	13	391	531	674	3823
Tampere	597	563	630	380	139	39	0	0	37	436	568	725	4114
Lahti	602	569	608	333	124	28	0	0	25	421	554	716	3980
Lappeenranta	632	600	619	346	122	29	0	0	32	431	566	743	4120
Jyväskylä	633	611	673	436	158	59	0	0	57	492	621	779	4519
Vaasa	587	534	677	437	154	60	0	0	42	472	611	740	4314
Kuopio	643	637	675	438	138	63	0	0	34	471	627	789	4515
Joensuu	658	651	680	420	140	56	0	0	49	478	636	797	4565
Kajaani	671	670	752	502	167	72	13	12	96	520	679	804	4958
Oulu	636	625	735	471	162	59	5	0	85	523	649	773	4723
Sodankylä	764	723	859	507	215	91	35	34	186	609	836	885	5744
Ivalo	749	692	866	489	233	107	102	75	195	581	819	903	5811

Kuukauden keskilämpötila 2023 (°C)

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Maarianhamina	0,8	0,0	-1,3	3,9	8,9	15,6	16,3	16,6	14,6	5,9	1,7	-2,1
Vantaa	-1,6	-2,4	-1,7	5,6	10,7	16,4	16,6	17,2	14,9	4,4	-0,4	-4,8
Helsinki	-0,8	-1,3	-0,4	5,9	10,9	17,0	16,9	17,8	15,8	5,6	0,8	-3,3
Pori	-1,1	-1,7	-2,5	4,4	9,8	15,6	16,1	16,5	14,4	3,8	-1,6	-5,4
Turku	-1,1	-1,7	-2,1	5,0	9,9	16,0	16,4	16,7	14,7	4,2	-0,7	-4,7
Tampere	-2,3	-3,1	-3,3	4,3	10,2	15,9	16,0	16,6	14,1	2,9	-1,9	-6,4
Lahti	-2,4	-3,3	-2,6	5,2	10,8	16,7	17,0	17,2	14,2	3,4	-1,5	-6,1
Lappeenranta	-3,4	-4,4	-3,0	4,8	10,8	16,1	16,6	17,4	14,1	3,1	-1,9	-7,0
Jyväskylä	-3,4	-4,8	-4,7	2,5	10,0	15,4	15,9	16,0	13,0	1,1	-3,7	-8,1
Vaasa	-1,9	-2,1	-4,8	2,4	9,6	15,4	15,9	16,3	13,6	1,8	-3,4	-6,9
Kuopio	-3,7	-5,8	-4,8	2,4	10,6	15,7	16,3	17,4	13,8	1,8	-3,9	-8,4
Joensuu	-4,2	-6,2	-4,9	2,7	10,4	15,1	15,8	16,8	13,6	1,6	-4,2	-8,7
Kajaani	-4,6	-6,9	-7,3	0,3	9,6	14,4	14,9	16,0	12,6	0,2	-5,6	-8,9
Oulu	-3,5	-5,3	-6,7	1,3	9,4	15,3	16,2	16,7	12,7	0,1	-4,6	-7,9
Sodankylä	-7,7	-8,8	-10,7	0,1	8,3	13,9	14,5	14,6	10,0	-2,7	-10,9	-11,5
Ivalo	-7,2	-7,7	-10,9	0,7	8,3	12,6	13,4	14,0	9,4	-1,7	-10,3	-12,1