



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Henri Peltola

# TEKOÄLY OSANA KIINTEISTÖJEN ENERGIA- TEHOKKUUDEN OPTIMOINTIA

Tutkimus pilottikohteista

Tekniikka  
2024

Public

## TIIVISTELMÄ

Tekijä	Henri Peltola
Opinnäytetyön nimi	Tekoäly osana kiinteistöjen energiatehokkuuden optimointia
Vuosi	2024
Kieli	Suomi
Sivumäärä	60 + 1 liite
Ohjaaja	Juha Ramsila

---

Tämä opinnäytetyö tehtiin toimeksiantona Schneider Electric Finland Oy:lle. Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia Schneider Electricin tekoälyoptimointisovelluksen toimintaa pilottikiinteistöissä ja sen vaikutuksia kiinteistöihin ja niiden energiatehokkuuteen. Lisäksi perehdyttiin tekoälyn periaatteisiin ja sen toimintaan, erityisesti siihen, miten tekoälyä käytetään kiinteistöjen optimoinnissa.

Tutkimuksessa hyödynnettiin sekä teoreettisia että käytännön lähestymistapoja. Tutkimuksena analysoitiin Schneider Electricin tekoälyoptimoinnin käyttöä kiinteistöissä historiadataan avulla ja vertailtiin tuloksia perinteisiin menetelmiin. Lisäksi pohdittiin tekoälyn käytön haasteita ja mahdollisuuksia kiinteistöjen hallinnassa.

Opinnäytetyö pyrkii antamaan kattavan kuvan Schneider Electricin tekoälyoptimoinnin vaikutuksista kiinteistöihin ja samalla tarjoamaan ymmärrystä tekoälyn roolista kiinteistönhallinnassa. Työn tavoitteena on tuoda esiin konkreettisia esimerkkejä ja havaintoja tekoälysovellusten käytöstä kiinteistöjen optimoinnissa sekä herättää ajatuksia alan jatkokehityksestä.

## ABSTRACT

Author	Henri Peltola
Title	Artificial Intelligence as Part of Optimizing the Energy Efficiency of Buildings
Year	2024
Language	Finnish
Pages	60 + 1 Appendice
Name of Supervisor	Juha Ramsila

---

This thesis was an assignment for Schneider Electric Finland Oy. The purpose of the thesis was to investigate the functioning of Schneider Electric's artificial intelligence optimization application in pilot buildings and to examine the impact of optimization on properties and their energy efficiency. Additionally, the principle of artificial intelligence and its operations, especially how AI is used in property optimization, were explored.

Both theoretical and practical approaches were employed in the research. The usage of Schneider Electric's AI optimization in buildings was analyzed using historical data, and the results were compared to traditional methods. The challenges and opportunities of using AI in property management were also discussed.

The thesis aims to provide a comprehensive overview of the effects of Schneider Electric's AI optimization on properties while offering an understanding of the role of AI in property management. The goal of the work is to present concrete examples and observations of the use of AI applications in property optimization and to stimulate thoughts on the future development of the field.

---

Keywords	Artificial intelligence, energy efficiency, Schneider Electric, properties
----------	--

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO.....	9
1.1	Opinnäytetyön tausta .....	9
1.2	Yrityksen esittely .....	10
1.3	AI optimisaation toimintaperiaate.....	10
1.4	Tutkimus, tavoitteet ja menetelmä .....	12
2	MITÄ ON TEKOÄLY .....	14
2.1	Historia .....	14
2.2	Nykypäivä ja tulevaisuus .....	15
2.3	Lainsäädäntö .....	17
3	KIINTEISTÖJEN ENERGIAKÄYTTÖ YLEISESTI .....	18
3.1	Kiinteistö 1 .....	19
3.2	Kiinteistö 2 .....	20
3.3	Kiinteistö 3 .....	20
3.4	Kiinteistö 4 .....	21
4	TUTKIMUKSEN TOTEUTUS .....	22
4.1	Tutkimusmenetelmä .....	22
4.2	Tutkimushaastattelujen toteutus .....	23
5	TUTKIMUKSEN TULOKSET JA ANALYSOINTI .....	24
5.1	Tutkimuksen tulokset.....	24
5.1.1	Kiinteistö 1.....	24
5.1.2	Kiinteistö 2.....	27
5.1.3	Kiinteistö 3.....	31
5.1.4	Kiinteistö 4.....	33
5.2	Tutkimustulosten analysointi.....	35
5.3	Kiinteistöjen kulutusesimerkit .....	37

5.3.1	Kiinteistö 1 kulutusesimerkki .....	38
5.3.2	Kiinteistö 2 kulutusesimerkki .....	42
5.3.3	Kiinteistö 3 kulutusesimerkki .....	45
5.3.4	Kiinteistö 4 kulutusesimerkki .....	48
5.3.5	Haastattelujen analysointi .....	51
6	YHTEENVETO .....	53
7	POHDINTA.....	54
	LÄHTEET .....	56
	LIITTEET .....	61

## KUVA- JA TAULUKKOLUETTELO

<b>Kuva 1.</b> Energian loppukäyttö Suomessa vuonna 2021 ja 2022 (Motiva, 2023a) ..	9
<b>Kuva 2.</b> Itseoppivan tekoällyn vaiheet. (Schneider Electric, 2022) .....	11
<b>Kuva 3.</b> Euroopan parlamentin kuvaus tekoällyn käyttöpaikoista. (Euroopan Parlamentti, 2023a) .....	16
<b>Kuva 4.</b> Asumisen energiankulutus 2015-2021 Suomessa (Tilastokeskus, Asumisen energiankulutus 2008-2022, 2023b).....	18
<b>Kuva 5.</b> Asumisen energiankulutus käyttökohteittain (Tilastokeskus, Asumisen energiankulutus 2020, 2020) .....	19
<b>Kuva 6.</b> Kiinteistön 1 kulutusten vuosivertailu .....	25
<b>Kuva 7.</b> Tuloilmakanavien keskimääräinen paineenmuutos tekoälyoptimoinnin kanssa ja ilman. ....	26
<b>Kuva 8.</b> Poistoilmakanavien keskimääräinen paineenmuutos tekoälyoptimoinnin kanssa ja ilman. ....	26
<b>Kuva 9.</b> Patteriverkostossa kiertävän veden keskimääräinen lämpötilan muutos tekoälyoptimoinnin kanssa ja ilman. ....	27
<b>Kuva 10.</b> Normeerattu kaukolämmönkulutus tekoälyoptimoinnin käytössä ollessa vuosien 2022 ja 2023 välillä .....	28
<b>Kuva 11.</b> Sähkönkulutus "talossa 1" vuosien 2022 ja 2023 välillä .....	28
<b>Kuva 12.</b> Sähkönkulutus "talossa 2" vuosien 2022 ja 2023 välillä .....	29
<b>Kuva 13.</b> Kiinteistön 2 ilmanvaihtojärjestelmän keskimääräinen tulokanavien paineenmuutos tekoälyoptimoinnin kanssa.....	29
<b>Kuva 14.</b> Kiinteistön 2 ilmanvaihtojärjestelmän keskimääräinen poistokanavien paineenmuutos tekoälyoptimoinnin kanssa.....	30
<b>Kuva 15.</b> Kiinteistön 2 ilmanvaihtokoneiden keskimääräinen sisään puhallettavan ilman lämpötila. ....	30
<b>Kuva 16.</b> Kiinteistön 2 patteriverkoston keskimääräinen lämpötilan muutos tekoälyoptimoinnin kanssa. ....	31
<b>Kuva 17.</b> Tulokanavien keskimääräinen paineen muutos tekoälyoptimoinnin kanssa ja ilman. ....	32

<b>Kuva 18.</b> Poistoilmakanavien keskimääräinen paineen muutos tekoälyoptimoinnin kanssa ja ilman. ....	32
<b>Kuva 19.</b> Patteriverkoston keskimääräinen lämpötilan muutos tekoälyoptimoinnin kanssa ja ilman .....	33
<b>Kuva 20.</b> Tuloilman kanavapaineen muutos tekoälyoptimoinnin kanssa ja ilman. ....	34
<b>Kuva 21.</b> Poistoilman kanavapaineen muutos tekoälyoptimoinnin kanssa ja ilman. ....	34
<b>Kuva 22.</b> Lattialämmitysverkoston lämpötilan muutos tekoälyoptimoinnin kanssa ja ilman.....	35
<b>Kuva 23.</b> Perustietoa hiilidioksidista (Vaisala, 2010) .....	37
<b>Kuva 24.</b> Esimerkkipuhallin ilmanvaihtokoneen mitoitetuilla arvoilla (EBM-Papst, 2023a) .....	40
<b>Kuva 25.</b> Esimerkkipuhaltimen kulutus tekoällyn asetuksilla. (EBM-Papst, 2023a) .....	41
<b>Kuva 26.</b> Esimerkkipuhallin tuloilmanvaihdon asetusarvoilla (EBM-Papst, 2023b) .....	43
<b>Kuva 27.</b> AI on tekoällyn ehdottama arvo ja "Baseline" on kiinteistöautomaation asetusarvo. ....	44
<b>Kuva 28.</b> Esimerkkipuhaltimen kulutustiedot tekoälyoptimoinnin muutoksilla. (EBM-Papst, 2023b) .....	44
<b>Kuva 29.</b> Tekoälyoptimoinnin asetusarvo tuloilman kanavapaineelle "AI" ja ilman tekoälyä "Baseline" .....	46
<b>Kuva 30.</b> Sopivan puhaltimen kulutus ilman tekoälyoptimoinnin asetuksia. (EBM-Papst, 2023c).....	46
<b>Kuva 31.</b> Puhaltimen kulutustiedot tekoällyn muutosten kanssa. (EBM-Papst, 2023c).....	47
<b>Kuva 32.</b> Puhaltimen kulutustiedot ilman tekoälyoptimoinnin tekemiä muutoksia. (EBM-Papst, 2023d) .....	49
<b>Kuva 33.</b> Esimerkki puhallin tekoällyn muutoksilla. (EBM-Papst, 2023d) .....	50

<b>Taulukko 1.</b> Tiivistelmä kiinteistön 1 esimerkki säästöä.....	38
<b>Taulukko 2.</b> Tiivistelmä kiinteistön 2 esimerkki säästöä.....	42
<b>Taulukko 3.</b> Tiivistelmä kiinteistön 3 esimerkki säästöä.....	45
<b>Taulukko 4.</b> Tiivistelmä kiinteistön 4 esimerkki säästöä.....	48

## **LIITELUETTELO**

### **LIITE 1.** Haastattelukysymykset

## **KÄSITTEET JA LYHENTEET**

**AI** – Artificial Intelligence, tekoäly

**DIGITAALINEN KAKSONEN** – Virtuaalinen kopio fyysisestä järjestelmästä

**KONEOPPIMINEN** – Itsenäinen oppiminen datasta

**LVI** – Lämpö, vesi, ilma

**IV** – Ilmanvaihto

**PPM** – Particles per meter, partikkeleita metrillä

**NORMEERAUS** – Vuosien välillä vertailtavissa oleva arvo

**MITOITETTU ARVO** - Suunnitelmien mukainen arvo

**DISINFORMAATIO** – Tarkoituksellista harhaanjohtavaa informaatiota

**MISINFORMAATIO** – Virheellistä tietoa



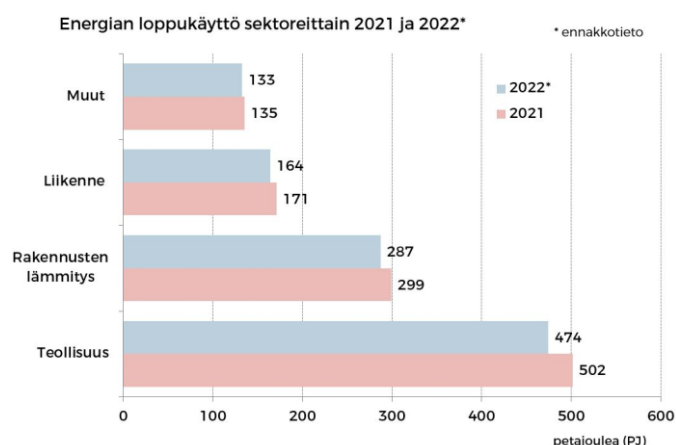
# 1 JOHDANTO

Tässä luvussa mainitaan lähtötiedot opinnäytetyön tekemiseen, esitellään opinnäytetyön tausta ja kerrotaan yrityksestä, jolle opinnäytetyö tehtiin toimeksiantona. Lisäksi esitellään AI optimisaatio palvelu.

## 1.1 Opinnäytetyön tausta

Tekoälyn lisääntyessä moni yritys siirtyy käyttämään tai tarjoamaan tekoälypalveluita. Tekoälystä on puhuttu jo kymmeniä vuosia, mutta vasta viime vuosina siitä on muodostunut yksi kiinnostavimmista ja innovaatiokeskeisimmistä tekniikan aloista, jonka kehityksessä on otettu suuria loikkia. Erityisesti erilaisten kiinteistöjen energiatehokkuus on yksi niistä alueista, jossa tekoälyllä tulee olemaan merkittävä vaikutus. Kiinteistöt ovat suuri energiankuluttaja maailmanlaajuisesti ja niiden tehokkuuden lisääminen johtaa suoriin energiansäästöihin, mikä on tärkeää luonnon ja talouden kannalta.

Vuonna 2022 Suomessa rakennusten lämmitykseen kului 79,72 TWh (287 PJ), joka oli 27 % energian loppukäytöstä. Muita energian loppukohteita olivat liikenne, teollisuus ja muut käyttökohteet (Kuva 1). ”Energian loppukäytöllä tarkoitetaan energiaa, joka jää energian siirto- ja muuntohäviöiden jälkeen yritysten, kotitalouksien ja muiden kuluttajien käyttöön” (Motiva, 2023a)



**Kuva 1.** Energian loppukäyttö Suomessa vuonna 2021 ja 2022 (Motiva, 2023a)

## 1.2 Yrityksen esittely

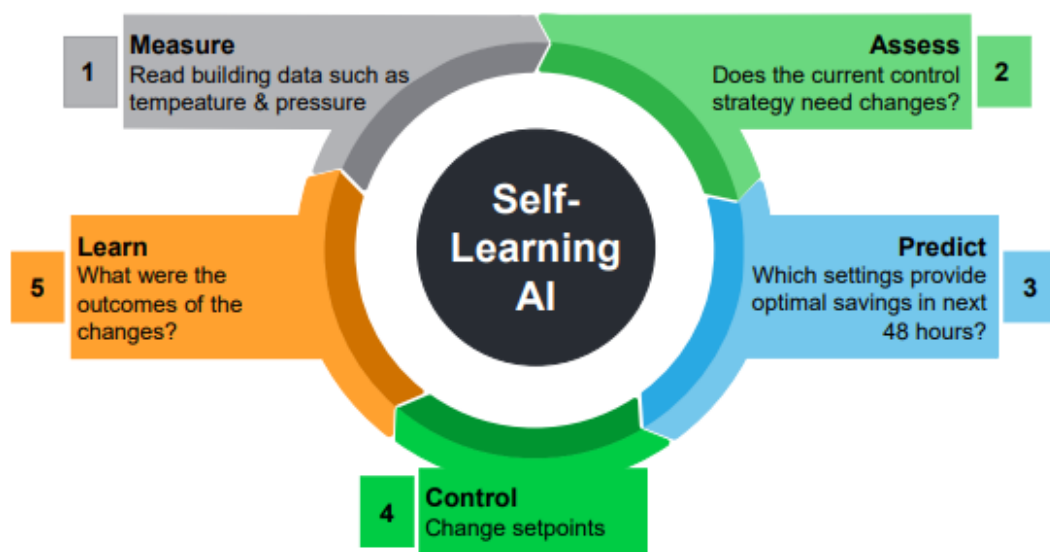
Schneider Electric Finland Oy on kiinteistönhallintajärjestelmien tuotantoon, hallintaan ja huoltoon erikoistunut ranskalaislähtöinen yritys, joka työllistää maailmanlaajuisesti yli 135 000 ihmistä. Schneiderin liikevaihto vuonna 2022 oli 34,2 miljardia euroa. (Schneider Electric, 2023a)

Schneider Electric pyrkii olemaan yksi innovatiivisimmista tekniikan alan yrityksistä. Tästä yksi hyvä esimerkki on opinnäytetyössä esitettävä AI optimisaatio palvelu.

## 1.3 AI optimisaation toimintaperiaate

AI optimisaatio on skaalautuva LVI-optimointijärjestelmä, joka optimoi lämmityksen, jäähdytyksen ja ilmanvaihdon. Järjestelmä käyttää huippuluokan tekoälyteknologiaa ja yhdistää edistyneitä algoritmeja kiinteistöautomaation tietoihin saatujen mittausten perusteella. Rakennuksen sisäilmaolosuhteet optimoidaan 15 minuutin välein käyttämään mahdollisimman vähän energiaa ja ylläpitämään hyvää sisäilmanlaatua.

AI optimisaatio on datan perusteella oppiva tekoäly, johon ei tarvita ohjelmointia verrattuna perinteisempään tekoälyyn, joka on täysin ohjelmoitu. Oppimisperiaatteessa on viisi ydinkohtaa: mittaus, arviointi, ennakointi, hallinta ja oppiminen (Kuva 2). (Schneider Electric, 2022.)



**Kuva 2.** Itseoppivan tekoälyn vaiheet (Schneider Electric, 2022).

Itseoppivan tekoälyn käyttöönoton kiinteistössä voidaan kuvailla kolmessa osassa:

1. AI perehdytys
2. AI oppiminen
3. AI hallinta

AI-perehdytysosiossa luodaan yhteys tekoälyn ja kiinteistönhallintajärjestelmän välille. Siinä laaditaan luettelo käytettävissä olevasta datasta ja päätetään, miten tiloihin halutaan vaikuttaa ja aloitetaan reaaliaikaisen datan välittäminen.

AI oppiminen -osiossa todetaan kerätyn datan paikkansa pitävyys ja sitä testataan pilvessä. AI oppii, miten kiinteistö käyttäytyy tietyissä muutostilanteissa. Esimerkiksi jos ilmanvirtauksen arvoa muutetaan, miten sisäolosuhteet kehittyvät yhdessä siihen liittyvän energiankulutuksen kanssa.

AI hallinta -vaiheessa tekoäly otetaan käyttöön kiinteistössä. Tekoöllylle myös kerrotaan, mitkä ovat kiinteistölle hyvät ja huonot olosuhteet, joihin tulee ja joihin ei tule pyrkiä. (Schneider Electric, 2022). AI kehittää digitaalisen kaksosen, joka on virtuaalinen kopio

fyysisestä järjestelmästä. Se kerää kiinteistön tietoja anturien avulla ja mallintaa sen käyttäytymisen koneoppimista hyödyntäen. Digitaalinen kaksonen testaa eri malleja järjestelmässään optimaalisista muutoksista ja valitsee tilanteeseen sopivimman, joka tullaan käyttöönottamaan kiinteistössä. Se hyödyntää historiatietoja ja ennakoivaa analytiikkaa. Digitaalinen kaksonen voi siis simuloida ja ennustaa tulevia skenaarioita, mikä mahdollistaa ennakoivan kunnossapidon ja energian optimoinnin. Alkuperäinen kiinteistönhallinta pysyy siis koskemattomana ja on otettavissa takaisin käyttöön milloin tahansa. (Schneider Electric, 2020.)

Asiakkaat, joilla on käytössä AI optimisaatio -järjestelmä, voivat itse päättää, onko tekoäly käytössä vai ei. Kun tekoäly poistetaan käytöstä, palaa järjestelmä perinteisiin kiinteistöhallinta-asetuksiin. Asiakkailla on myös lisävalintana mahdollisuus ottaa käyttöön ennustava sisäilmaolosuhteiden säätö, joka ennustaa ulkoilmaolosuhteiden avulla tarpeellisen sisäilmansäädön. Lisäpalveluna on myös mahdollisuus ottaa käyttöön kostepisteen seuranta. Ottamalla toiminnon käyttöön järjestelmässä, käyttäjä saa rakennuksen, joka mukautuu nykyisten kosteustietojen mukaan lukemalla senhetkisen ulkolämpötilan, kosteusprosentin ja suhteellisen kosteuden. Ominaisuus aktivoituu rajoittamaan jäähdytystehoa, kun kosteustasot ovat korkeat, mikä vähentää energiakustannuksia. (Schneider Electric tietokanta, 2023.)

#### **1.4 Tutkimus, tavoitteet ja menetelmä**

Sain oman aloitteeni perusteella toimeksiannon kesätyöpaikastani opinnäytetyön tekemiseen. Aiheeksi valikoitui Schneiderin tekoälyoptimointipohjainen järjestelmä, joka tekoälyn avulla oppii säätämään kiinteistöjen olosuhteita energiatehokkaasti ja energiavii-saasti. Schneiderilla on käytössään EcoStruxure Building Advisor kiinteistön analysointi-järjestelmä, jonka yhteyteen tulevaisuudessa tullaan tarjoamaan kyseistä Optimization AI-järjestelmää. Vielä pilottivaiheessa olevan järjestelmän tutkimuksen tavoitteena on kerätä dataa tekoälyn tuottamista mahdollisista energiasäästöistä ja liikekiinteistöihin kohdistuvista hyödyistä ja haitoista.

Menetelmänä käytettiin laadullista tutkimusta kirjallisen tiedon saamiseksi haastattelujen avulla. Määrällisen tutkimustiedon pohjana käytettiin Schneiderin järjestelmistä löytyvää historiadataa kiinteistöjen energiankulutuksista.

Pilottikohteita oli neljä, jotka sijaitsevat eri puolella Suomea. Kooltaan ne ovat suuria liikekiinteistöjä. Tekoälypilotti on otettu näissä kiinteistöissä käyttöön 8.5.2023-14.8.2023. Pilottivaihe kyseisille kiinteistöille päättyi vuoden 2023 loppuun mennessä. Tutkimushaastattelut kiinteistöjen yhteyshenkilöille toteutettiin pilottivaiheen lopussa.

## 2 MITÄ ON TEKOÄLY

Tekoälyllä ei ole yhtä tarkkaa määritelmää, vaan se on yhdistelmä monia erilaisia ohjelmia, pääasiassa matemaattisia funktioita ja algoritmeja. Ihminen käyttää tekoälyä päivittäin tiedostaneesti ja tietämättään.

Yhdysvaltalainen toimittaja Dave Gershgorn kirjoitti Quartz-lehteen vuonna 2017 näkemyksensä tekoälystä seuraavanlaisesti: ”Tekoäly on ohjelmisto tai tietokoneohjelma, jossa on oppimismekanismi. Se käyttää oppimaansa tietoa päätöksen tekemiseksi uudessa tilanteessa ihmisten tavoin. Ohjelmistoa suunnittelevat tutkijat pyrkivät kirjoittamaan koodin, joka osaa lukea kuvia, tekstiä, videoita tai ääntä ja oppia siitä jotain. Kun kone on oppinut, sen tietämystä voidaan hyödyntää muualla.” (Siukkonen & Neittaanmäki, 2019, s. 20.)

### 2.1 Historia

Jo 1950-luvulla Alan Turing kehitti kokeen, joka mittasi koneen ihmismäisyyttä. Koe yksinkertaisuudessaan toimii seuraavanlaisesti: jos kone pystyy kommunikoimaan ihmisen kanssa niin, että ulkopuolinen tuomari ei pysty tunnistamaan koneen ja ihmisen välisiä vastauksia, on tällöin kone läpäissyt Turingin testin. (Frankenfield, 2023.) Myös neuroverkot, jotka jäljittelevät ihmisaivojen toimintaa keksittiin jo 1940-luvulla, mutta vasta 2010-luvulla käyttö yleistyi tietokoneiden nopeutumisen ja datamäärien lisääntymisen takia. Neuroverkkoja hyödynnetään monissa sovelluksissa. (Jyväskylän yliopisto, 2019.) Sana *Artificial intelligence* esiintyi ensimmäisen kerran vuonna 1956, kun yhdysvaltalainen tietojenkäsittelyn professori John McCarthy esitteli kyseisen termin Dartmouth Collegen kesäseminaarissa (Siukkonen & Neittaanmäki, 2019, s. 16).

## 2.2 Nykypäivä ja tulevaisuus

Tekoälyä käytetään nykypäivänä lähes kaikkialla. Nettisivuilla voi kohdata digiassistentteja, chatbotteja tai kielenkääntäjän. Nämä ovat esimerkkejä tekoälyohjelmiin pohjautuvista sovelluksista, joita voit nähdä lähes päivittäin.

Myös teollisuudessa tekoälyä käytetään laajasti. Moni yritys käyttää jo toiminnassaan konenäköä, koneoppimista tai neuroverkkoja. Nämä ovat tekoälyn alaryhmiä ja tulevat yleistymään tulevaisuudessa. (Jyväskylän yliopisto, 2019.)

Konenäkö pyrkii matkimaan ihmisen näköä tai laajentamaan sen mahdollisuuksia. Se koostuu yleensä valonlähteestä, kohteesta, kamerasta, tietokoneesta ja siihen liittyvästä kuvankäsittelyohjelmasta, joka automaattisesti tulkkaa kuvaa. Konenäkö ja hahmontunnistus pyrkivät kehittämään hyödyllisiä sovelluksia digitaalisen kuvankäsittelyn ja kuvan analyysin alueilla. Konenäkö on tarkka, nopea ja väsymätön rutiinitehtävien suorittaja, joka parantaa prosessiteollisuuden tehokkuutta, esimerkiksi tuotetarkastuksissa liukuhihnalla ja pullonpalautusautomaateissa. (Jyväskylän yliopisto, 2019.)

Koneoppiminen pyrkii parantamaan ohjelmiston suorituskykyä perustuen esitietoon ja käyttäjän toimintaan. Koneoppiminen mahdollistaa sen, että kone oppii toistuvista tahtumista ilman erillistä ihmisen opetusta. Tämän lähestymistavan avulla pyritään automatisoimaan tiedon tulkintaa ja laajentamaan koneen havainnointikykyä käyttämällä monimutkaisia algoritmeja perinteisten raja-arvoihin perustuvien mallien sijaan. Koneoppiminen jaetaan yleisesti kolmeen kategoriaan: ohjattu oppiminen, ohjaamaton oppiminen ja vahvistettu oppiminen. (Jyväskylän yliopisto, 2019.)

Neuroverkot ovat monipuolisia ja niitä käytetään kuvantunnistuksessa, konenäössä, puheentunnistuksessa, kielenkääntäjissä, peleissä ja lääketieteellisissä diagnooseissa. Neuroverkko koostuu syöte- ja ulostulokerroksesta sekä piilokerroksista, jotka sisältävät neuroneita. Data syötetään neuroverkon syötekerrokseen, ja piilokerrosten neuroneissa lasketaan painotettu summa syötteistä. Tämä summa käy läpi aktivointifunktion, joka

muuttaa sen epälineaariseksi. Useiden piilokerrosten neuroverkot tunnetaan syvinä neuroverkoina. Syväoppiminen juontaa juurensa tästä. (Jyväskylän yliopisto, 2019.)



**Kuva 3.** Euroopan parlamentin kuvaus tekoälyn käyttöpaikoista (Euroopan Parlamentti, 2023a).

Motivan (2023b) tekemän tutkimuksen mukaan vain 20 % suomalaisista yrityksistä käyttää tekoälyä toiminnassaan vuonna 2023. Tulevaisuudessa 34 % vastaajista kertoo lisäävän tekoälyn käyttöä toiminnassaan. Usein tekoälyn tulevaisuudesta visioidaan skenaario, jossa tekoäly ylittää ihmisen älykkyyden ja se on kaikkivoipa (Sitra, 2023a).

Yhteiskunta kuitenkin odottaa edelleen tekoälyn, kvanttilaskennan ja biotekniikan edistysaskeleita. Nämä teknologiat nähdään mahdollisina ratkaisuin moniin globaaleihin kriiseihin, kuten terveydenhuollon kapasiteetin heikkenemiseen, ilmastonmuutoksen



hillintään ja terveysuhkien torjuntaan. Vaikka ne voivat tarjota osittaista helpotusta, samanaikaisesti ne asettavat paineita demokraattisille järjestelmille. Erityisesti tekoäly voi toimia alustana disinformaation ja misinformaation levittämiseksi, vaarantaen demokraattisen päätöksenteon. Tässä kontekstissa on syytä tarkastella näiden teknologisten edistysaskeleiden eettisiä ja turvallisuusnäkökohtia, jotta niiden vastuullinen käyttö toteutuu. (Sitra, 2023b.)

Disinformaation tarkoituksena on vaikuttaa ihmisiin ja heidän ajatteluunsa. Misinformaatio on myös väärän tiedon levittämistä, mutta se ei aina ole tarkoituksella levitettyä. (F-Secure, n.d.)

Suomessa Teknologiateollisuus investoi tekoälyn tulevaisuuteen sijoittamalla yli 13 miljoona euroa tukemaan yritysten ja yliopistojen tekoälyinvestointeja. Tavoitteena on lisätä tekoälyn käyttöönottoa ja kehittämistä suomalaisissa teknologiayrityksissä, vahvistaa soveltavaa tutkimusta sekä houkutella tekoälyosaajia Suomeen. (Teknologiateollisuus, 2023.)

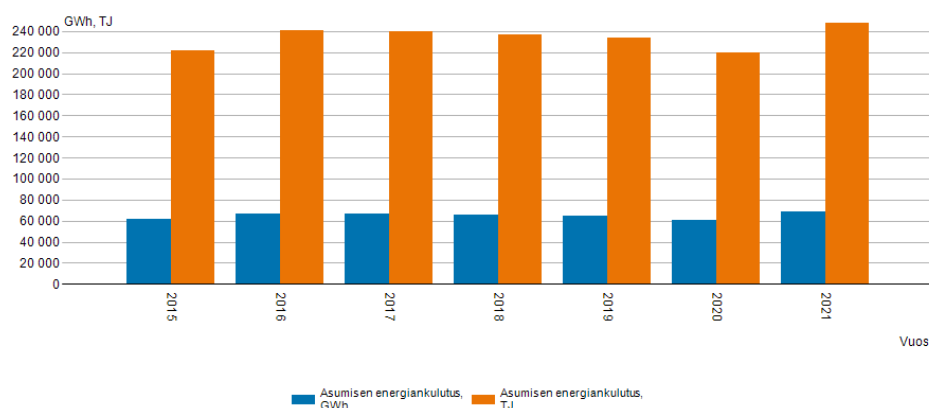
## **2.3 Lainsäädäntö**

Huhtikuussa 2021 Euroopan komissio esitti ensimmäisen EU:n tekoälysäädöksen. Ehdotuksen mukaan tekoälyjärjestelmät, joita voidaan käyttää moniin eri tarkoituksiin, tulee arvioida ja luokitella niiden käyttäjille mahdollisesti aiheuttaman riskin perusteella. Eri-laiset riskitasot määrittelevät, kuinka paljon sääntelyä kyseiset järjestelmät mahdollisesti tarvitsevat. Mikäli lakiehdotus hyväksytään, se olisi maailman ensimmäinen teko-älyyn liittyvä lainsäädäntö. Säädöksestä on päästy alustavaan sopuun 9.12.2023. (Euroopan Parlamentti, 2023b.)

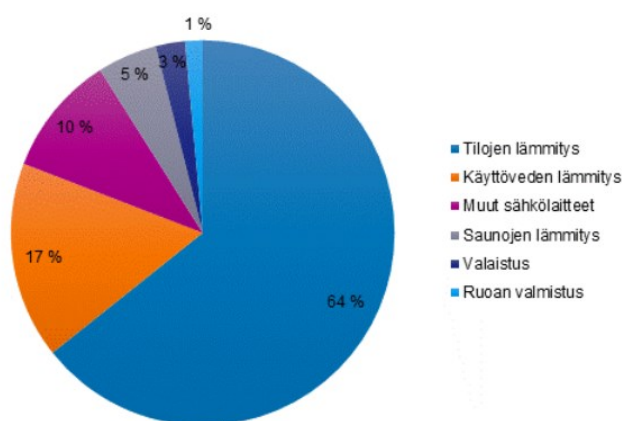
### 3 KIINTEISTÖJEN ENERGIAKÄYTTÖ YLEISESTI

Suomessa oli vuonna 2019 reilu 3 miljoonaa asuntoa (Tilastokeskus, 2020), joiden energiankulutus yhteensä oli lähes 65 000 GWh (233 928 TJ) (Kuva 4), koko Suomen energiankulutus puolestaan oli noin 1 360 000 TJ. Suurimmassa osassa suomalaisissa kiinteistöissä on käytössä joko sähkö- tai kaukolämmitys, joiden osuus kaikista energianlähteistä on 63 %. Loput kiinteistöjen energiankulutuksesta tuotetaan puulla, lämpöpumpuilla tai muilla menetelmillä. Kiinteistöjen suurimpia energiankulutuksen kohteita ovat tilojen ja veden lämmitys sekä valaistus, ruuan valmistus ja muut sähkölaitteet (Kuva 5). (Tilastokeskus, 2023a.)

Asumisen energiankulutus muuttujina Tiedot ja Vuosi. Yhteensä, Yhteensä.



**Kuva 4.** Asumisen energiankulutus 2015–2021 Suomessa (Tilastokeskus, Asumisen energiankulutus 2008-2022, 2023b).



**Kuva 5.** Asumisen energiankulutus käyttökohteittain (Tilastokeskus, Asumisen energiankulutus 2020, 2020).

Motivan ohjeen mukaan jo yhden celsiusasteen pudottaminen sisätiloissa johtaa 5 % pienempään lämmitysenergian kulumiseen (Motiva, 2023c). Tyypillisen toimistorakennuksen ilmanvaihdon energiankulutus on 25–35 % kokonaissähkön käytöstä. Yleensä moderneissa toimistorakennuksissa on jo olemassa kosteus-, hiilidioksidi- ja läsnäolo-tunnistimet, jotka tekevät ilmanvaihdosta energiatehokkaamman. (Motiva, 2012.)

### 3.1 Kiinteistö 1

Kiinteistö 1, jossa käytetään tekoälyoptimointisovellusta, toimii toimisto- ja myymälärakennuksena. Rakennuksessa on kolme kerrosta ja sen kokonaispinta-ala on 10 355 m<sup>2</sup>. Suurin osa kerroksista on avokonttoritiloja, mutta tiloihin kuuluu myös neuvotteluhuoneita ja ravintolatiloja. Kyseisiä tiloja palvelee yhteensä 13 ilmanvaihtokonetta, joista 10 IV-konetta on liitetty tekoälyoptimointisovellukseen. IV-koneet ovat normaalisäädöiltään säädetty LVI-suunnittelijan suunnitelmien mukaisiin kanavapaineisiin. Usein tekoäly on pudottanut IV-koneiden kanavapaineita, sillä tiloissa, joista painetta on pudotettu, ei ole suurimman osan ajasta tarvetta mitoitetulle ilmanvaihdolle. Vaikuttavia tekijöitä ovat etätyöskentely ja joustavat työajat, jolloin tilat ovat epäsäännöllisellä käytöllä. Tekoälyn käytössä on 176 kiinteistössä sijaitsevaa anturia ja mittaria, jotka mittaa-

vat tiloista lämpötilaa, kosteutta sekä hiilidioksidipitoisuutta. Mittauksista otetaan pääasiassa huomioon tilojen lämpötila ja hiilidioksidipitoisuus, joiden perusteella tekoälyoptimointi ehdottaa optimaaliset muutosarvot.

### **3.2 Kiinteistö 2**

Kiinteistö 2 on monipuolinen kiinteistökokonaisuus, joka toimii pääasiassa koulutuskeskuksena. Lisäksi tiloissa sijaitsee suuri tuotantokeittiö. Suurin osa tiloista koostuu luokahuoneista ja toimistoista. Kolmessa osassa tätä kiinteistökompleksia käytetään tekoälyoptimointia, ja tekoälyoptimointiin liittyvän osan pinta-ala on 12 303 m<sup>2</sup>.

Kiinteistössä on yhteensä 48 ilmanvaihtokonetta integroituna rakennusautomaatiojärjestelmään, joista 8 IV-konetta on tekoälyoptimointiin kytkettynä. IV-koneet ovat normaalisäädöiltään säädetty LVI-suunnittelijan suunnitelmien mukaisiin kanavapaineisiin. Kiinteistön tiloissa on lämpötila- ja kosteusmittauksia. Tekoälyn käytössä on kiinteistön 138 anturia ja mittaria, jotka välittävät signaaleja tekoälyoptimoinnin digitaaliseen kaksoseseen, jossa optimointi ehdottaa kiinteistön ideaalit olosuhteet.

### **3.3 Kiinteistö 3**

Kiinteistö 3 on käytöltään kiinteistökokonaisuus, jossa tilat ovat suurimmaksi osaksi toimistotiloja. Rakennus on kooltaan 24 000 m<sup>2</sup>. Rakennuksessa on 14 ilmanvaihtokonetta. Tekoälyoptimointi on käytössä viidessä ilmanvaihtokoneessa. IV-koneet tarjoavat ilmanvaihdon viiteen kerrokseen. IV-koneet ovat normaalisäädöiltään säädetty LVI-suunnittelijan suunnitelmien mukaisiin kanavapaineisiin.

Tekoälyoptimoinnin käytössä on 409 kappaletta kiinteistössä sijaitsevia erilaisia antureita ja mittareita. Mittausdatan perusteella tekoälyoptimointi ehdottaa ihanteelliset olosuhteet kiinteistöön analysoimalla saatua dataa ja yhdistämällä sitä tekoälylle annettuihin parametreihin.

### 3.4 Kiinteistö 4

Kiinteistö 4 on käytöltään koulutuskeskus. Tilat ovat suurimmaksi osaksi opetus- ja toimistotiloja. Kiinteistö on kooltaan 28 400 m<sup>2</sup>. Kiinteistöä palvelee 16 ilmanvaihtokonetta, joista seitsemän on liitettynä tekoälyoptimointiin. IV-koneet ovat normaalisäädöiltään säädetty LVI-suunnittelijan suunnitelmien mukaisiin kanavapaineisiin. Rakennuksessa on yhteensä 405 kappaletta signaalia kerääviä ja lähettäviä mittareita tai antureita, jotka ovat yhteydessä kiinteistönhallintajärjestelmään ja edelleen tekoälyoptimointiin.

Kiinteistössä mitataan lämpötilaa, kosteutta ja hiilidioksidipitoisuutta, joiden perusteella tekoälyoptimointi tekee analyysia optimiolosuhteista. Mittausdatan perusteella tekoälyoptimointi ehdottaa ihanteelliset olosuhteet kiinteistöön annettujen parametrien kriteereillä.

## 4 TUTKIMUKSEN TOTEUTUS

Tässä luvussa kerrotaan, mitä tutkimusmenetelmiä käytettiin opinnäytetyön tutkimuksen tekemiseen.

### 4.1 Tutkimusmenetelmä

Tutkimuksessa hyödynnettiin kvalitatiivista eli laadullista menetelmää kirjallisen tiedon hankkimiseksi haastattelujen ja sisäisen tietokannan avulla. Lisäksi kvantitatiivisen eli määrällisen tutkimustiedon perustana käytettiin Schneiderin järjestelmistä saatavilla olevaa historiadataa kiinteistöjen energiankulutuksesta. Kvalitatiivisessa tutkimuksessa pyrin saamaan syvällistä ymmärrystä tutkittavasta ongelmasta.

Kvalitatiivinen tutkimus on tutkimusmenetelmä, joka keskittyy ymmärtämään ja tulkitsemaan tutkittua ongelmaa ilman, että pyritään numeerisen datan keräämiseen tai tilastollisten yleistysten tekemiseen. Kvalitatiivinen tutkimus pyrkii syventymään ilmiöiden monimutkaisuuteen ja monimuotoisuuteen, saadakseen selville niiden taustalla olevia merkityksiä, syitä, motiiveja ja kontekstia. Tämä tutkimusmenetelmä soveltuu erityisesti tilanteisiin, joissa pyritään vastaamaan "miksi" ja "miten" kysymyksiin. (SurveyMonkey, n.d.a.)

Kvantitatiivisessa tutkimuksessa pyritään keräämään numeerista dataa ja analysoimaan sitä. Tulokset esitetään usein taulukoiden ja kuvioiden avulla. Kvantitatiivinen tutkimus pyrkii löytämään säännönmukaisuuksia ja yleistettäviä tuloksia. Siksi tällaisen tutkimuksen on usein vaadittava suurta osallistujamäärää. Tutkittavan joukon on oltava monipuolinen, jotta tulokset voidaan yleistää laajemmin. (SurveyMonkey, n.d.b)

## 4.2 Tutkimushaastattelujen toteutus

Haastattelin jokaisesta kiinteistöstä vastuussa olevaa henkilöä Teams-keskustelun avulla. Haastattelu kesti noin 30 minuuttia. Olin tehnyt ennakkoon kyselylomakkeen, josta kysyin kysymyksiä. Kyselylomake löytyy liitteet-osiosta. Vastauksien analysointi löytyy luvusta 5.2.

Haastattelujen pohjalta on myös mietitty näkökulmia ja vaihtoehtoja palvelun kehittämistä varten, mitkä löytyvät luvusta 7.

## 5 TUTKIMUKSEN TULOKSET JA ANALYSOINTI

### 5.1 Tutkimuksen tulokset

Tekoälyoptimoinnilla kestää 30 päivää kerätä tarpeeksi dataa, jotta rakennusta pystytään optimoimaan ihanteellisesti. Dataa tarkastellaan ensimmäisestä kokonaisesta kuukaudesta lähtien kuukausi kerrallaan. Ensimmäinen vertailtava kuukausi on kolmen kohteen osalta kesäkuu ja yhden osalta syyskuu. Kaikki pilotit ovat päättyneet vuoden 2023 loppuun mennessä. Kaikki tutkimuksessa mukana olevat kiinteistöt on kytketty kaupunkien kaukolämpöverkkoihin ja lisäksi kaukokylmäverkkoon on kytkettynä ”kiinteistö 2”.

Kiinteistökohtaisissa tuloksissa käytetään seuraavia käsitteitä:

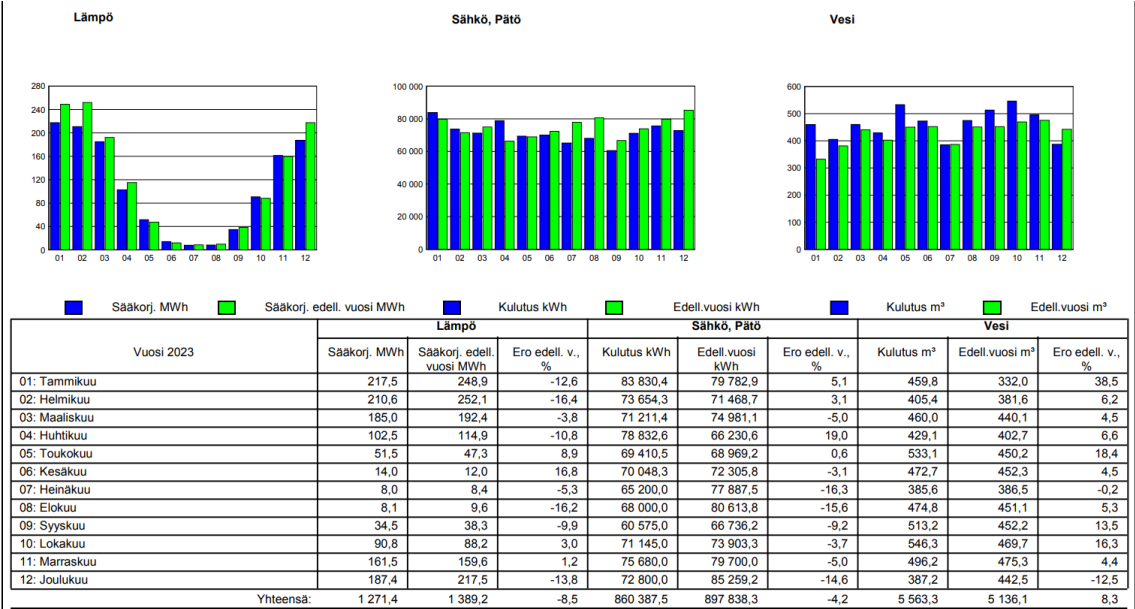
- Normeerattu. Normeerattu kaukolämmönkulutus on vertailukelpoinen riippumatta rakennuksen sijainnista tai eri ajanjaksojen lämpötilaeroista. (Motiva, 2023d.)
- Mitoitettu arvo. Mitoitettu arvo tarkoittaa suunniteltua tai laskettua ilmanvaihdon määrää tietyssä tilassa tai rakennuksessa. Tämä arvo perustuu yleensä tilan koon, käyttötarkoituksen ja muiden tekijöiden mukaan laskettuihin ilmanvaihtotarpeisiin. (Talotekniikkainfo, 2019.)

#### 5.1.1 Kiinteistö 1

Kiinteistössä 1 tekoälyoptimointi on ollut käytössä 11.5.2023–31.12.2023. Kulutukset ovat normeerattuja. Kiinteistön koko vuoden kaukolämmönkulutus on vähentynyt vuoteen 2022 verrattuna 8,5 %. Tekoälyoptimoinnin käytössä ollessa, kesäkuun ja joulukuun välisenä aikana kaukolämmönkulutus on vähentynyt 29,3 MWh, joka on 5,5 % vähemmän kuin edellisvuonna samana aikana. Kulutus on normeerattu.

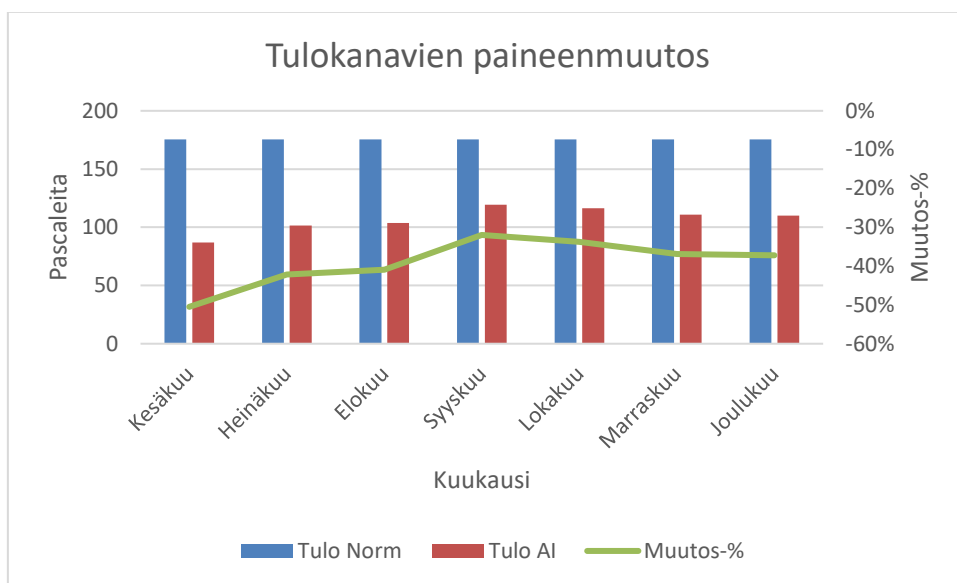


Koko kiinteistön sähkönkulutus on vähentynyt vuoteen 2022 verrattuna 37 451 kWh. Tekoälyoptimoinnin käytössä oloaikana kesäkuun ja joulukuun välisenä aikana sähkönkulutus on vähentynyt noin 55 000 kWh, joka on yli 10 % vähemmän kuin edellisvuonna samana aikana.

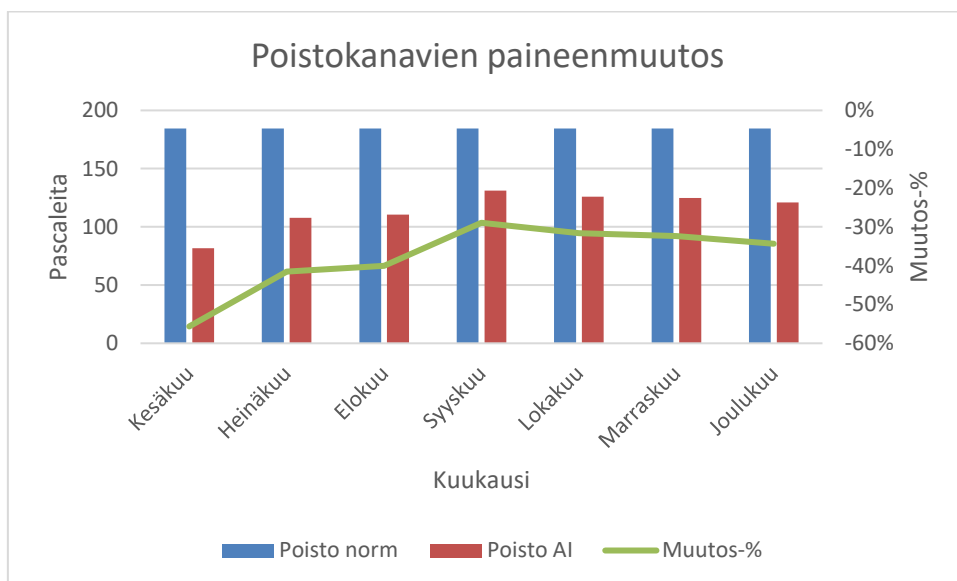


Kuva 6. Kiinteistön 1 kulutusten vuosivertailu

Veden kulutus kiinteistössä on kasvanut edellisvuoteen verrattuna 8,3 % (Kuva 6). Tekoälyoptimoinnin käytössä ollessa kiinteistön ilmanvaihtokoneiden kanavapainetta tekoäly on säätänyt keskimääräisesti 38 % pienemmälle paineelle (Kuva 7 ja 8). Sisään puhallettavan ilman lämpötila on tekoälyoptimoinnilla ollut noin 0,4 % alhaisempi.

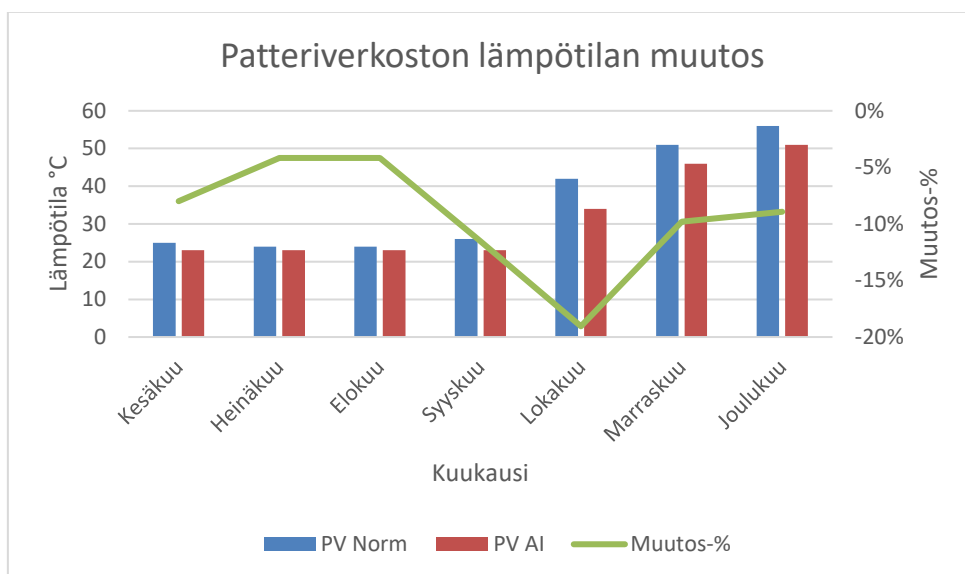


**Kuva 7.** Tuloilmakanavien keskimääräinen paineenmuutos tekoälyoptimoinnin kanssa ja ilman.



**Kuva 8.** Poistoilmakanavien keskimääräinen paineenmuutos tekoälyoptimoinnin kanssa ja ilman.

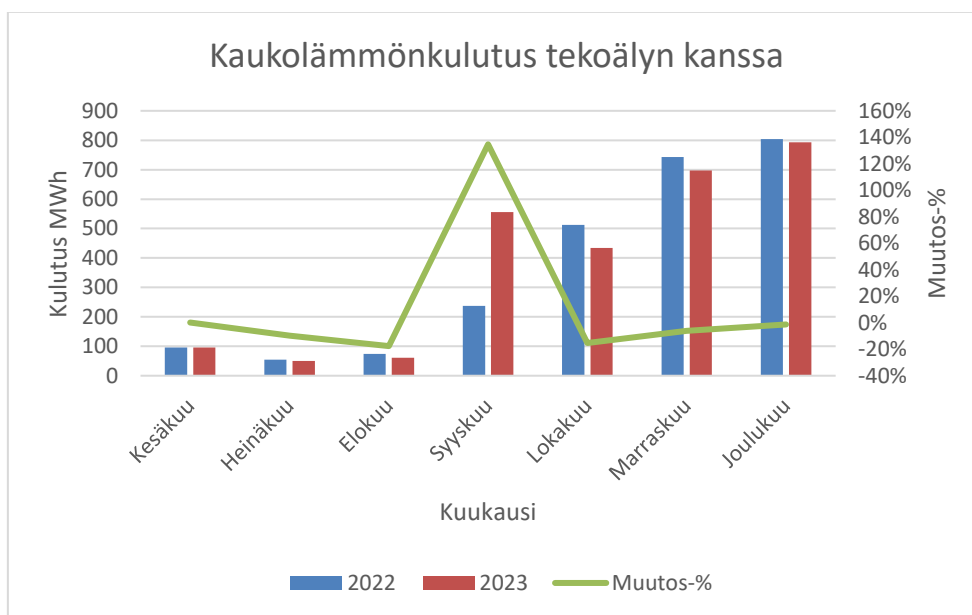
Patteriverkoston keskimääräinen lämpötila on tekoälyoptimoinnin käytössä ollessa ollut noin 10 % alhaisempi kuin ilman optimointia (Kuva 9).



**Kuva 9.** Patteriverkostossa kiertävän veden keskimääräinen lämpötilan muutos teko-  
älyoptimoinnin kanssa ja ilman.

### 5.1.2 Kiinteistö 2

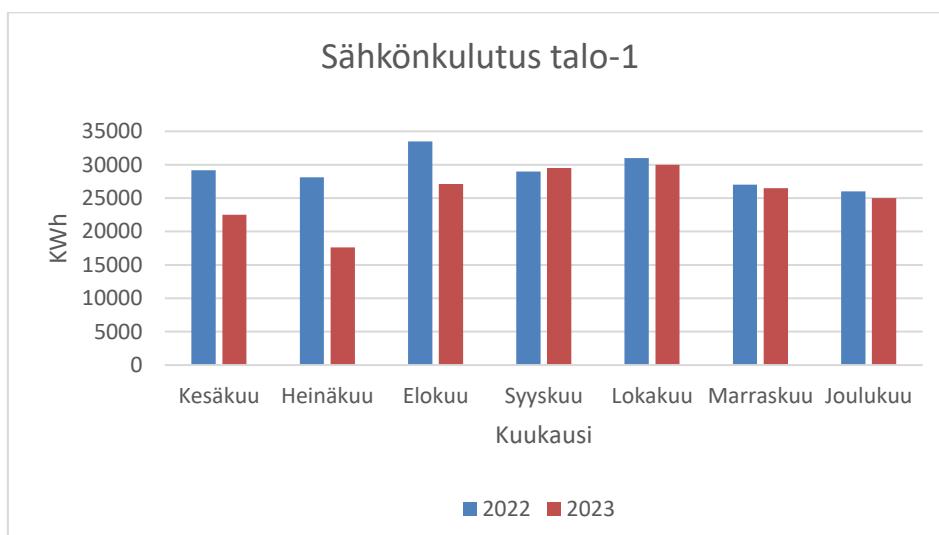
Kiinteistössä 2 tekoälyoptimointi on ollut käytössä 8.5.2023–30.11.2023. Kiinteistön kaukolämmönkulutus vuonna 2023 on ollut 5877 MWh, joka on 18 % vähemmän kuin vuonna 2022. Tekoälyoptimoinnin käytössä ollessa kesäkuusta joulukuuhun kulutus on ollut noin 2687 MWh, joka on 6 % enemmän kuin vastaavana aikana vuonna 2022 (Kuva 10).



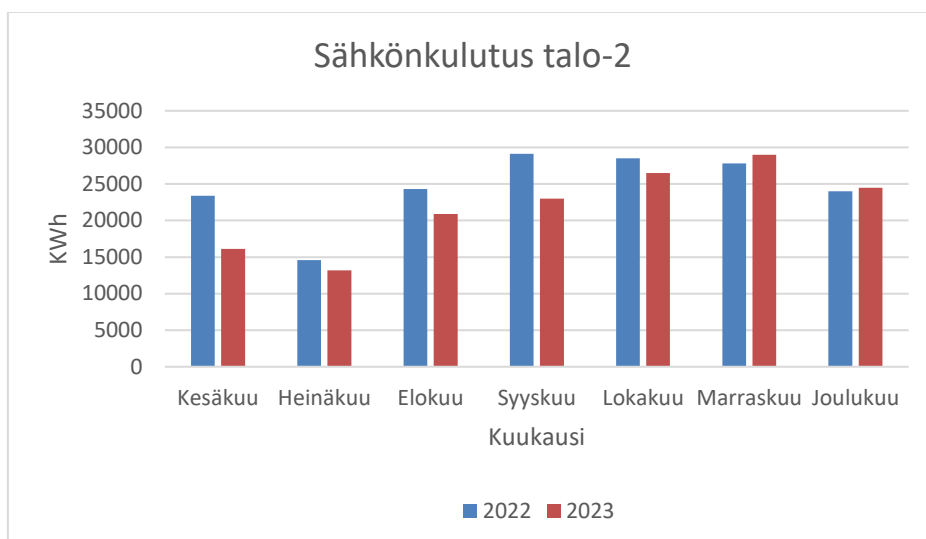
**Kuva 10.** Normeerattu kaukolämmönkulutus tekoälyoptimoinnin käytössä ollessa vuosien 2022 ja 2023 välillä

Kiinteistön kaukokylmän kulutus on vuonna 2023 ollut noin 277 MWh, joka on 17 % enemmän kuin edellisenä vuonna.

Kiinteistön sähkönkulutus tekoälyoptimoinnin käytössä ollessa "1"- ja "2" taloissa on vähentynyt keskimääräisesti 12 % vuoteen 2022 verrattuna (Kuva 11 ja 12).

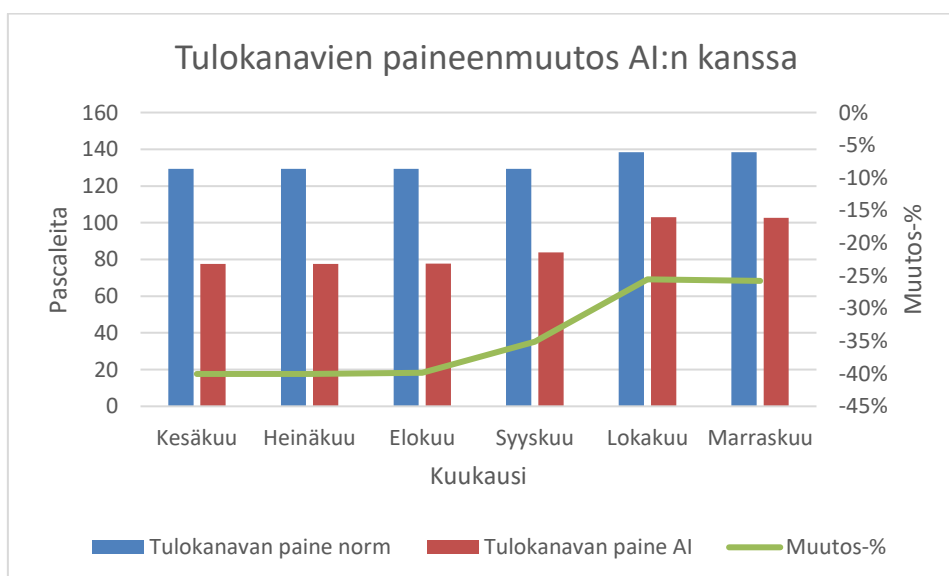


**Kuva 11.** Sähkönkulutus "talossa 1" vuosien 2022 ja 2023 välillä.

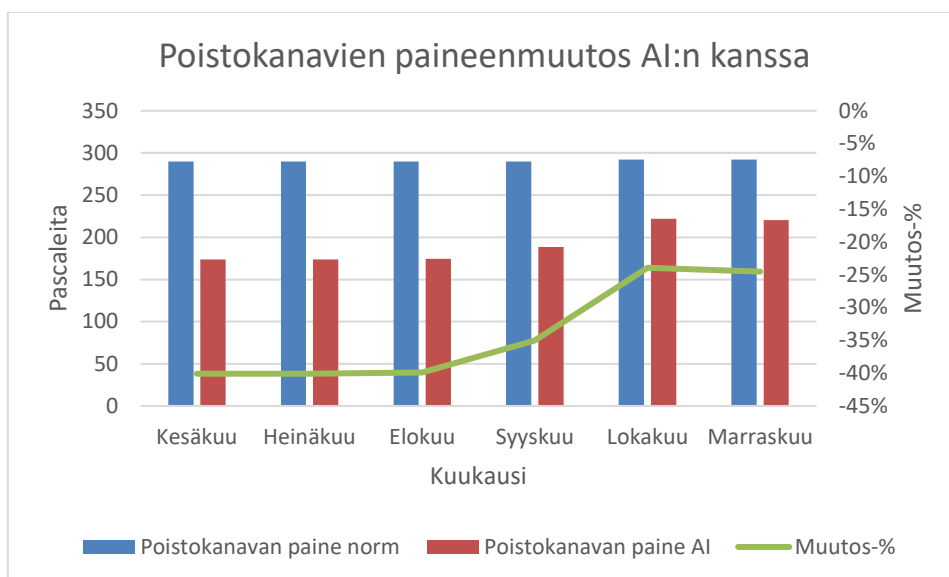


**Kuva 12.** Sähkönkulutus "talossa 2" vuosien 2022 ja 2023 välillä

Tekoälyoptimointi on säästänyt ilmanvaihtokoneiden kanavapainetta keskimääräisesti kesäkuun ja marraskuun välisenä aikana 33 % pienemmälle verrattuna mitoitettuun arvoon (Kuva 13 ja 14).

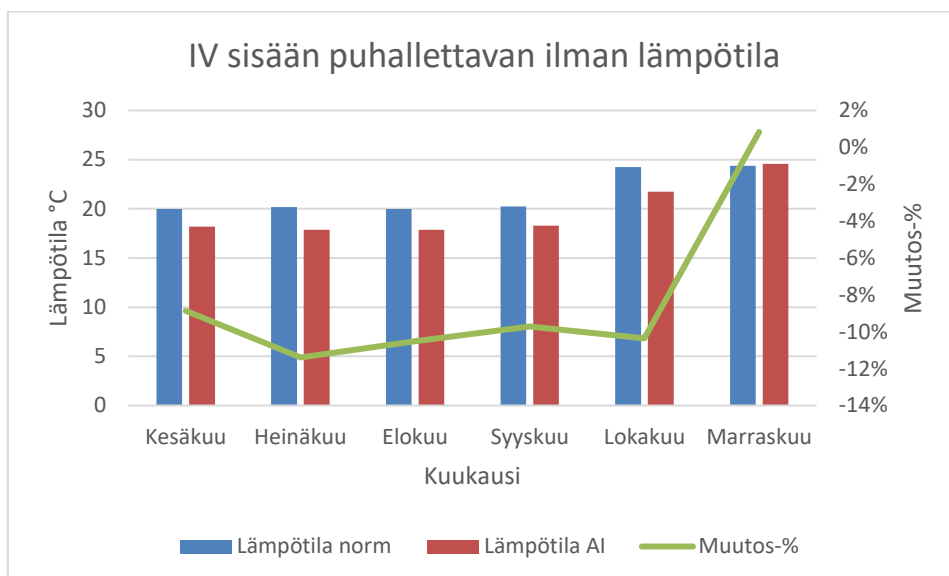


**Kuva 13.** Kiinteistön 2 ilmanvaihtojärjestelmän keskimääräinen tulokanavien paineenmuutos tekoälyoptimoinnin kanssa.



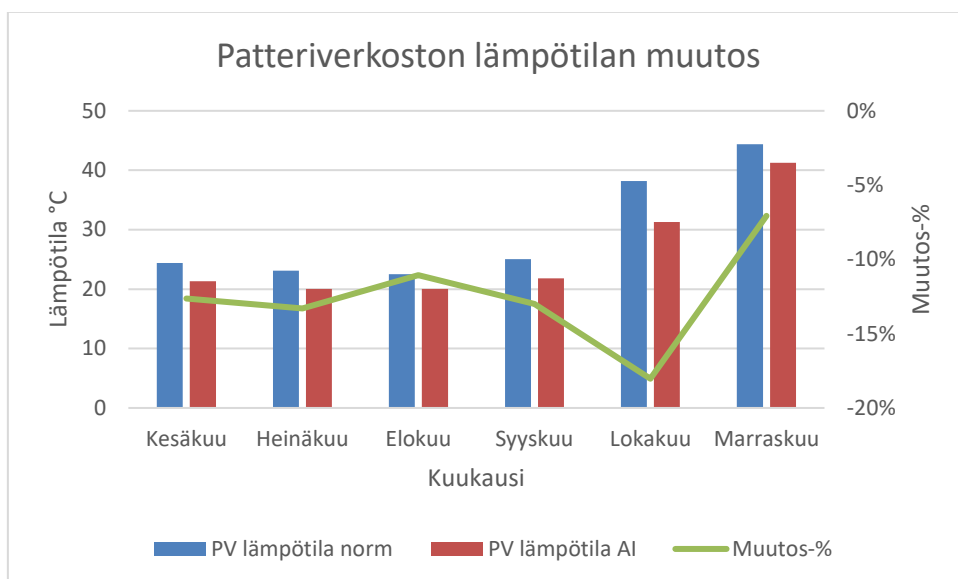
**Kuva 14.** Kiinteistön 2 ilmanvaihtojärjestelmän keskimääräinen poistokanavien paineenmuutos tekoälyoptimoinnin kanssa.

Sisään puhallettavan ilman lämpötilaa on keskimääräisesti alennettu 8 % (Kuva 15).



**Kuva 15.** Kiinteistön 2 ilmanvaihtokoneiden keskimääräinen sisään puhallettavan ilman lämpötila.

Patteriverkostossa kiertävän veden lämpötilaa on keskimääräisesti alennettu 12 % (Kuva 16).

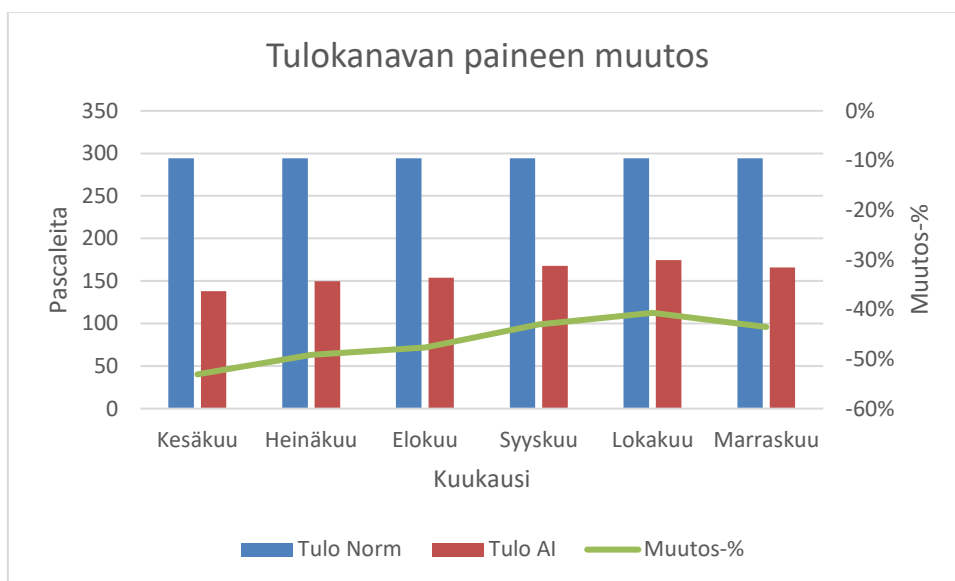


**Kuva 16.** Kiinteistön 2 patteriverkoston keskimääräinen lämpötilan muutos tekoälyoptimoinnin kanssa.

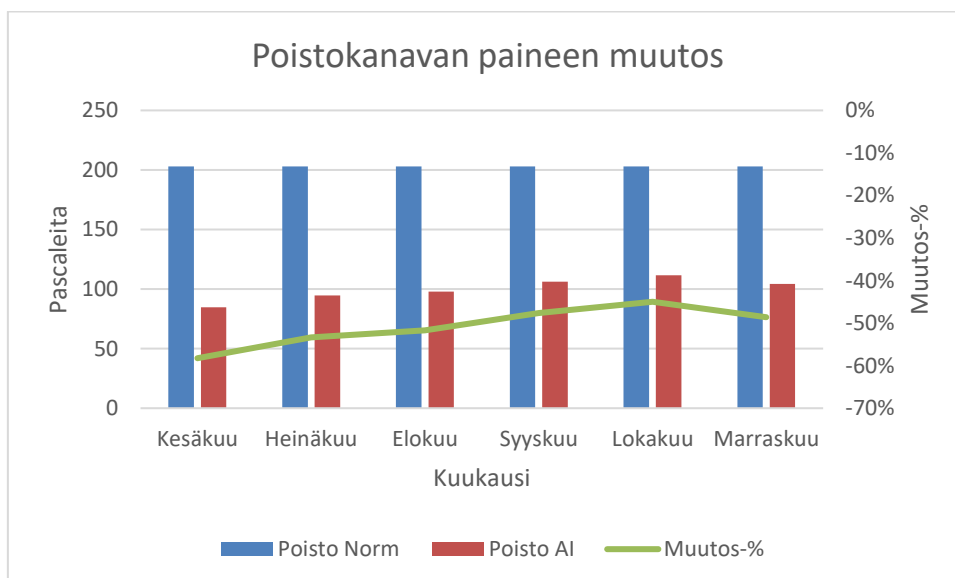
### 5.1.3 Kiinteistö 3

Kiinteistössä 3 tekoälyoptimointi on ollut käytössä ajalla 12.5.2023–30.11.2023. Kiinteistöstä ei ollut saatavilla yksityiskohtaista sähkönkulutusdataa eikä kaukolämmönkulutusdataa, joten tutkimuksessa tarkasteltiin ilmanvaihtokoneiden paineen ja lämpötilan muutosta sekä patteriverkoston lämpötilaa tekoälyn kanssa ja ilman.

Kiinteistön ilmanvaihtokoneiden kanavapainetta tekoälyoptimointi on säätänyt kesäkuun ja marraskuun välisenä aikana keskimääräisesti 48 % pienemmälle verrattuna mitoitettuun arvoon (Kuva 17 ja 18). Tulokanavan painetta on säädetty 46 % pienemmälle ja poistokanavan painetta 51 % pienemmälle verrattuna mitoitettuun arvoon.



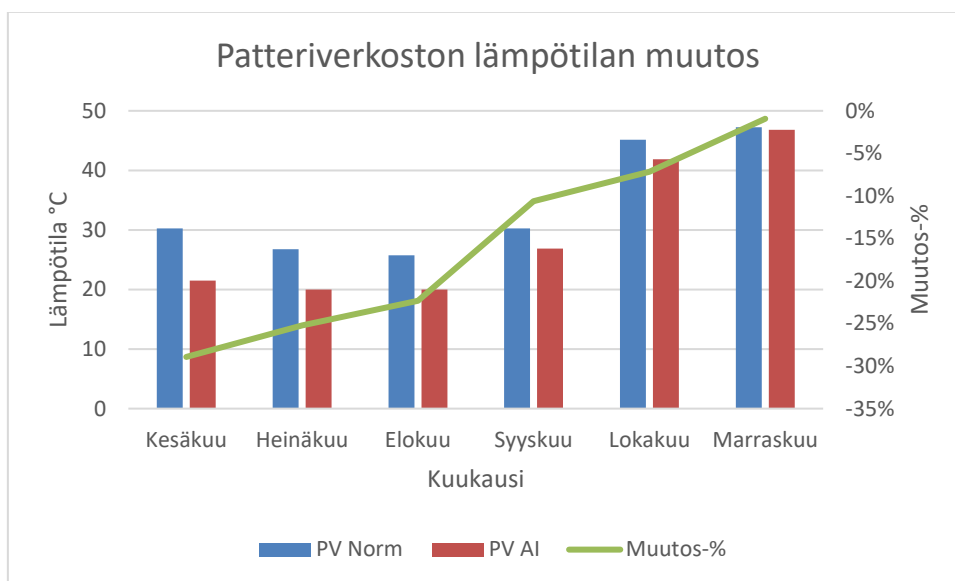
**Kuva 17.** Tulokanavien keskimääräinen paineen muutos tekoölyoptimoinnin kanssa ja ilman.



**Kuva 18.** Poistoilmakanavien keskimääräinen paineen muutos tekoölyoptimoinnin kanssa ja ilman.

Patteriverkostossa on kesäkuun ja marraskuun välisenä aikana ollut 14 % alhaisempi kiertoveden lämpötila (Kuva 19).





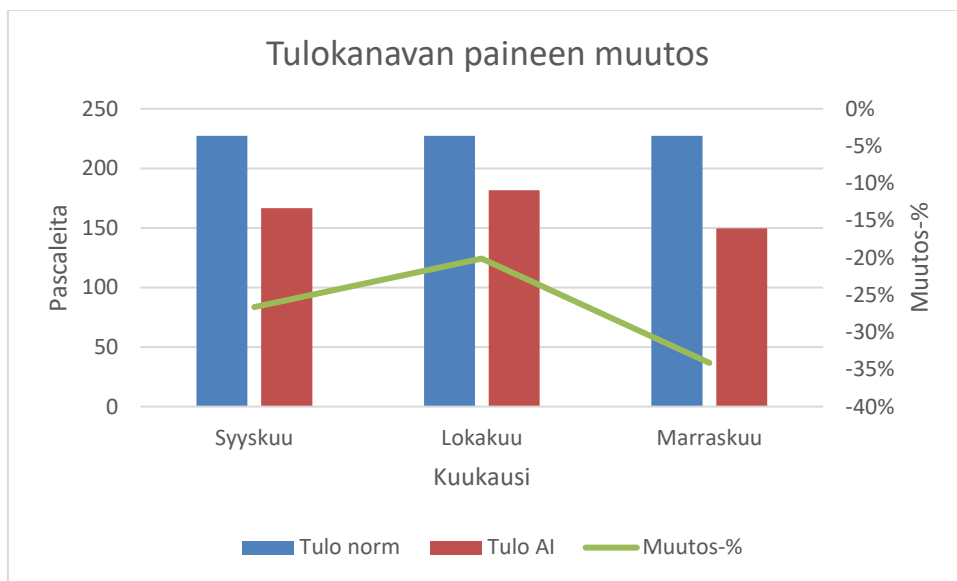
**Kuva 19.** Patteriverkoston keskimääräinen lämpötilan muutos tekoälyoptimoinnin kanssa ja ilman

#### 5.1.4 Kiinteistö 4

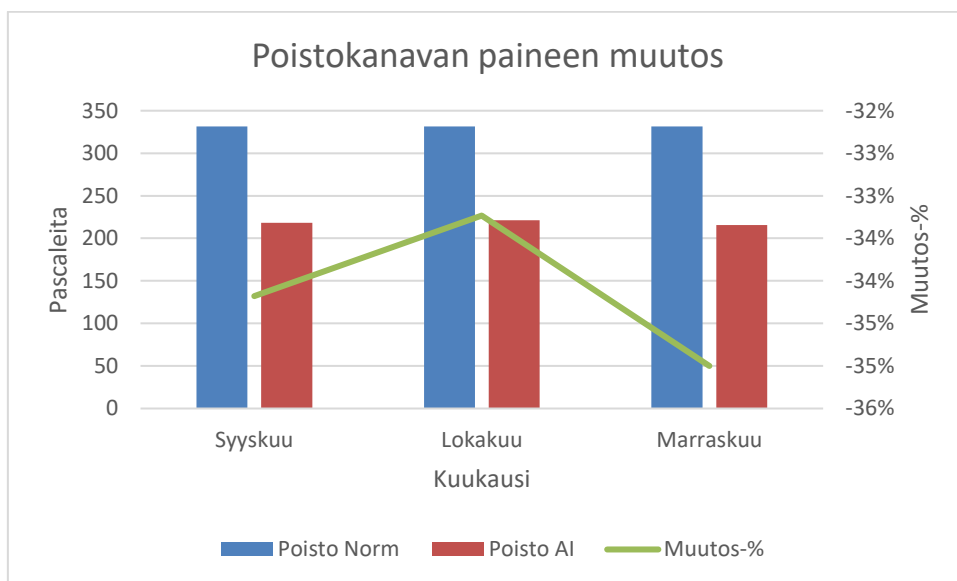
Kiinteistössä 4 tekoälyoptimointi on ollut käytössä 14.8.2023–30.11.2023. Kiinteistön kaukolämmön kulutus on ollut vuonna 2023 tammikuun ja marraskuun välisenä aikana lähes yhtä paljon kuin edellisvuonna. Tekoälyoptimoinnin ollessa käytössä syyskuusta marraskuuhun kaukolämmönkulutus on ollut 9,3 % pienempi kuin vuonna 2022 vastavana aikana.

Kiinteistön sähkönkulutuksessa ei ole juurikaan eroa tammikuun ja marraskuun välisenä aikana vuosien 2022 ja 2023 välillä. Tekoälyoptimoinnin ollessa käytössä syyskuun ja marraskuun välisenä aikana sähkönkulutus on ollut 1,4 % pienempi kuin edellisvuonna vastavana aikana.

Tekoälyoptimointi on säästänyt ilmanvaihtokanavien painetta keskimääräisesti 31 % pienemmälle (Kuva 20 ja 21). Ilmanvaihdon sisäänpuhallus lämpötilat ovat olleet tekoälyoptimoinnin käytössä ollessa 3,9 % pienemmät kuin asetusarvot.

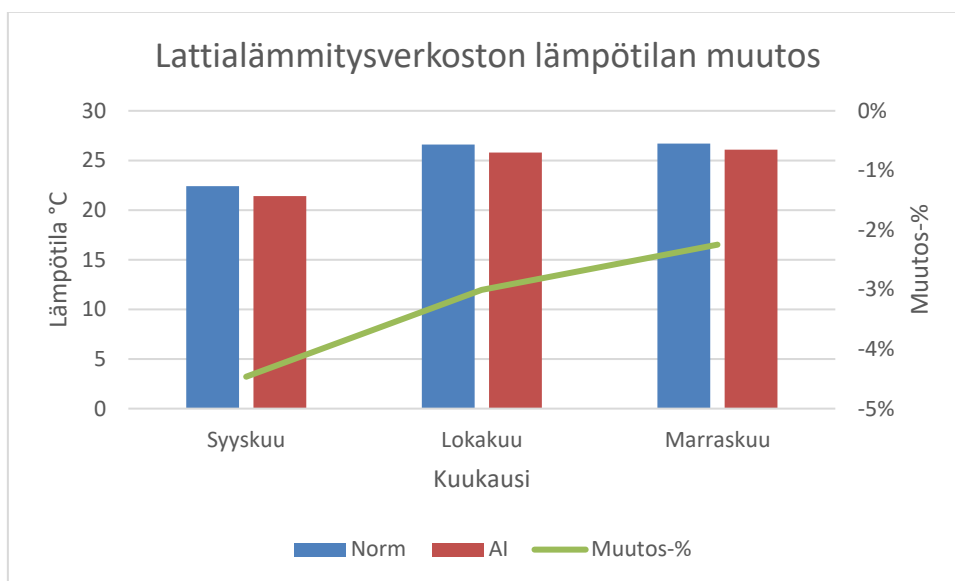


**Kuva 20.** Tuloilman kanavapaineen muutos tekoölyoptimoinnin kanssa ja ilman.



**Kuva 21.** Poistoilman kanavapaineen muutos tekoölyoptimoinnin kanssa ja ilman.

Lattialämmitysverkostossa on syyskuun ja marraskuun välisenä aikana ollut 3,2 % pienempi lämpötila (Kuva 22).



**Kuva 22.** Lattialämmitysverkoston lämpötilan muutos tekoälyoptimoinnin kanssa ja ilman.

## 5.2 Tutkimustulosten analysointi

Kiinteistöjen kulutuksia vertaamalla voidaan nähdä, että tekoälyn tekemillä muutoksilla on ollut selvästi vaikutuksia erinäisiin kulutuksiin. Seuranta-aikana lähes kaikki arvot olivat pienentyneet ja kulutus täten vähentynyt.

Kiinteistössä 2 kuvan 10 perusteella normeerattu kaukolämmönkulutus on laskenut tekoälyn käytössä oloaikana joka kuukausi paitsi syyskuussa. Syyskuu oli mittaushistorian lämpimin kuukausi, siksi tulos on hieman harhaanjohtava (Ilmatieteen laitos, 2023.) Todellisuudessa syyskuussa 2023 kaukolämmönkulutus oli vähemmän kuin vuonna 2022. Tästä syystä koko vuoden normeerattu kulutus on laskenut jopa 18 %, mutta tekoälyn käytössä oloaikana noussut.

Asiakkaat valittelivat lämmityskauden alkaessa kylmästä ilmasta, jolloin päätettiin ottaa tekoälyoptimointi pois käytöstä. Asetuksia tarkastelemalla huomattiin pieni vika optimoinnissa. Tekoäly sääti yhtä aikaa IV-verkoston lämpötilaa sekä sisään puhallettavan ilman lämpötiloja. Alkuperäisen ohjeen mukaan IV-verkoston asetuslämpötilaa ei ollut

tarkoitus säätää, mutta tuntemattomasta syystä tämä oli jäänyt säädettäväksi. Järjestelmä sääti näitä kahta asetusta ristiin, jolloin sisäänpuhalluslämpötila oli hyvin matala. Myös sisäänpuhalluksen liian suuret raja-arvot vaikeuttivat optimointia. Optimointijärjestelmä resetoitiin, IV-verkoston säätö poistettiin ja sisäänpuhalluksen raja-arvot säädettiin uudelleen, minkä jälkeen järjestelmä on toiminut niin kuin pitääkin.

Suurimmat säästöt tekoälyoptimoinnin avulla on saatu optimoimalla ilmanvaihtokoneen kanavapainetta, mikä pienentää ilmanvaihtokoneen puhaltimen nopeutta, joka vaikuttaa myös liikutettavan ilman määrään. Puhaltimen tuottama ilmavirta on suoraan verrannollinen puhaltimen nopeuteen. Kuitenkin tehontarve on suoraan verrannollinen puhaltimen nopeuden kuutioon. (ABB, 2001.) Kun puhaltimen nopeus pienenee, niin puhaltimen käyttämä sähköenergia laskee ja ilmamäärän pienentyessä on vähemmän lämmitettävää ilmaa, jolloin energiaa kuluu vähemmän, tällä on suora vaikutus kaukolämmön kulutukseen. Esimerkiksi jos puhaltimen nopeus tuplataan, sen tehontarve kasvaa kahdeksankertaiseksi, jolloin myös liikutettavan ja lämmitettävän ilman määrä kasvaa, joka johtaa kaukolämmön kulutuksen kasvamiseen. Keskimäärin tekoälyoptimointi on säästänyt kaikkien kiinteistöjen ilmanvaihtokoneiden puhaltimien painetta 38 % pienemmälle.

Yleisen ohjeen mukaan kiinteistön pitää olla aina hieman alipaineinen. Asumisterveysasetuksen (546/2015) mukaan tilojen sisäilman hiilidioksidipitoisuuden toimenpideraja ylittyy, jos pitoisuus on 1 150 ppm suurempi kuin ulkoilman hiilidioksidipitoisuus (Kuva 23).

### Perustietoa hiilidioksidista

- Hiilidioksidia ( $\text{CO}_2$ ) mitataan tilavuuden miljoonasosissa (ppm)
- Tyypillinen ulkoilman hiilidioksidipitoisuus: 350 – 450 ppm  $\text{CO}_2$
- Hyvä sisäilma: 750 ppm  $\text{CO}_2$  (S1-luokka) tai 900 ppm  $\text{CO}_2$  (S2-luokka)
- Tyydyttävä sisäilma: 1200 ppm  $\text{CO}_2$

**Kuva 23.** Perustietoa hiilidioksidista (Vaisala, 2010)

Myös riittävä ilmanvaihto toteutuu, jos ilmanvirtaus rakennuksessa on käytön aikana vähintään 6 dm<sup>3</sup>/s henkilöä kohden (Finlex, 2015).

### 5.3 Kiinteistöjen kulutusesimerkit

Kiinteistökohtaisissa esimerkeissä on pyritty laskemaan suuntaa-antava säästölaskelma tekoälyoptimoinnin vaikutuksesta ilmanvaihtokoneiden puhaltimien sähköenergiankulutukseen.

Laskelmat on tehty yhdelle kiinteistön IV-koneen puhaltimelle, josta oli saatavilla tarvittavat tiedot. Jokaiselle koneelle ja puhaltimelle ei ole tehty laskelmia, sillä konekohtaisten tietojen saaminen ei onnistunut.

Laskelmat on tehty ilmanvaihtokoneiden tekemän sisään puhallettavan kanavapaineen alennuksen perusteella eli kanavapaineen pienentymisellä. Lähtötiedot laskelmien tekemiseen olivat rajalliset, sillä mistään kohteesta ei ollut saatavilla tarkkoja kone- tai puhallinkohtaisia energiankulutuksia. Osaa kiinteistöjen kerroskohtaisista ilmanvaihtokoneiden rakennusautomaatiojärjestelmistä ei ollut päivitetty nykyaikaiselle tasolle, mikä vaikeutti esimerkiksi historiatietojen saamista.

Vertailussa ei ole otettu huomioon ilman lämmittämiseen kuluva energiaa. Oletuksena on, että kaikki kiinteistön puhaltimet ovat samanlaisia EC-kammio puhaltimia (Electronically Commutated). EC-puhallin on elektronisesti kommutoitu tasavirtamoottori. EC-moottorissa roottorin käämit on korvattu kestopagneeteilla, tehonsäätö hoidetaan omalla elektroniikalla eikä ulkopuolisia säätölaitteita, kuten taajuusmuuttajaa tarvita. (EBM-Papst, 2008.)

Puhaltimen suuntaa antavat tiedot on saatu käyttämällä valmistajan EBM-Papst-nettisivuilta löytyvää laskuria. Laskuriin asetetaan puhaltimen virtaus sekä kanavapaine, minkä jälkeen laskuri antaa malleja sopivasta puhaltimesta. Sivusto näyttää tehon watteina ja pyörimisnopeuden prosentteina. Olen valinnut sopivimman puhaltimen katsomalla pyörimisnopeutta. Tehon ja vuotuisen energiankulutuksen perusteella on laskettu rahallinen kulutus.

Todellisuudessa osa kiinteistöjen puhaltimista voi olla vanhempia hihnavetoisia puhaltimia, radiaalipuhaltimia tai taajuusmuuttajaohjattuja puhaltimia. Nämä puhaltimet kuluttavat enemmän sähköenergiaa, joten tulos on suuntaa antava.

Yleisin käytössä oleva puhallin tai moottorityyppi on induktiomoottori eli oikosulkumoottori. Oikosulkumoottoria ohjataan taajuusmuuttajalla eli sen pyörimisnopeutta voidaan muuttaa vapaasti säätämällä jännitteen taajuutta. Oikosulkumoottorin nopeutta voidaan nostaa merkittävästi yli nimellisenopeuden. (Koivula, 2017)

### 5.3.1 Kiinteistö 1 kulutusesimerkki

**Taulukko 1.** Tiivistelmä kiinteistön 1 esimerkkisäästöstä.

	Ilman teko- älyä	Tekoälyn kanssa	Erotus	Säästö %
<b>Tulokanavapaine (Pa)</b>	260	159	101	-38,8 %

<b>Virtaus (l/s)</b>	900	700	200	-22,2 %
<b>Vuosikulutus (kWh)</b>	1939,5	997	942,5	-48,6 %
<b>Hinta (0,10€/kWh)</b>	193,95 €	99,70 €	94,25 €	-48,6 %
<b>Kulutus 16 puhallinta (kWh)</b>	31032	15952	15080	-48,6 %
<b>Säästö vuodessa (€)</b>	1 508,00 €			

### **Ilman tekoälyoptimointia**

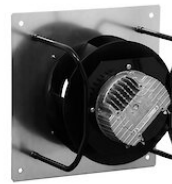
Ilman tekoälyoptimoinnin tekemiä muutoksia mitoitettut asetukset tuloilmankanavan paineelle "PE10" ovat esimerkki ilmanvaihtokoneessa 260 Pa ja puhaltimen virtaus "FE11" tällöin 900 l/s.

Ilmanvaihtokoneen sähköenergiankulutusta on arvioitu valmistajan EBM-Papst nettisivuilta löytyvän laskurin perusteella. Asettamalla virtaukseksi 900 l/s ja paineeksi 260 pascalia, saadaan listaus eri puhaltimista näillä tiedoilla. Esimerkkinä on käytetty puhallinta "K3G355-PV70-83" (Kuva 24).

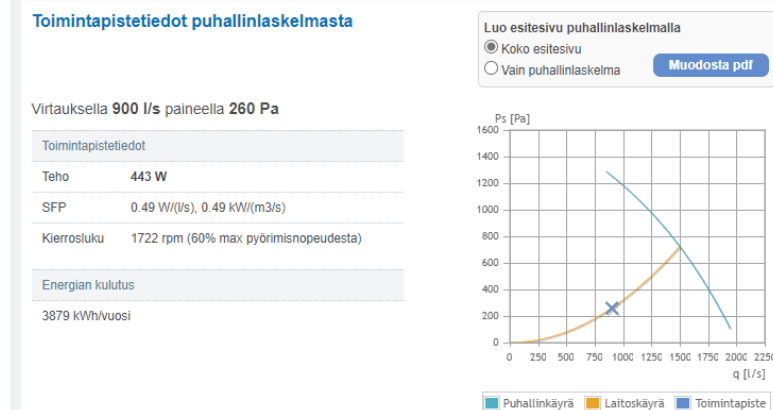
### K3G355-PV70-83 RadiPac AirFoil

#### EC-radiaalimoduuli Radipac, Airfoil-siipipyörä

EC-radiaalimoduuli taaksepäin kaartuvien siivien, yhdeltä puolelta imevä, kannattimella.



- RadiCal AirFoil -siipipyörän korkea hyötysuhde
- GreenTech EC-moottori integroidulla elektronikalla
- Optimoitu ilmanvirtaus siipipyörän läpi tekee puhaltimesta erittäin hiljaisen
- Modbus
- Hiljainen käyntiääni
- Kestävä rakenne, pitkä huoltoväli
- Ohjaussignaali 0-10 VDC / PWM
- Lähtö 10 VDC max 10 mA
- Ohjausliitäntä turvallisesti verkosta erotettulla SELV-potentiaalilla



**Kuva 24.** Esimerkipuhallin ilmanvaihtokoneen mitoitetuilla arvoilla (EBM-Papst, 2023a).

Puhaltimen teho 443 W, vuosikulutus 3879 kWh, ajallisesti käytössä 12 h vuorokaudessa

- $3879 \text{ kWh} / 2 = 1939,5 \text{ kWh}$

Rahallisesti 10 sentin kilowattitunti hinnalla puhallin kuluttaisi vuodessa

- $1939,5 \text{ kWh} * 0,10 \text{ €/kWh} = 193,95 \text{ €}$

### Tekoälyoptimoinnin kanssa

Tekoälyoptimoinnin kanssa tuloilmakanavan paineen "PE10" asetusarvo muuttuu 159 pascaliin, jolloin puhaltimen virtaus "FE11" on 700 l/s.

Sama esimerkipuhallin "K3G355-PV70-83" tekoälyoptimointiasetuksilla (Kuva 25).



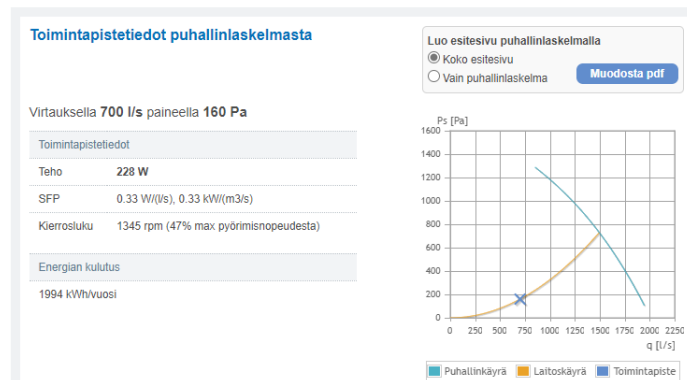
### K3G355-PV70-83 RadiPac AirFoil

#### EC-radiaalimoduuli Radipac, Airfoil-siipipyörä

EC-radiaalimoduuli taaksepäin kaartuvien siivien, yhdeltä puolelta imevä, kannattimella.



- RadiCal AirFoil -siipipyörän korkea hyötysuhde
- GreenTech EC-moottori integroidulla elektronikalla
- Optimoitu ilmanvirtaus siipipyörän läpi tekee puhallimesta erittäin hiljaisen
- Modbus
- Hiljainen käyntiaani
- Kestävä rakenne, pitkä huoltoväli
- Ohjaussignaali 0-10 VDC / PWM
- Lahti 10 VDC max 10 mA
- Ohjausliitäntä turvallisesti verkosta erotetulla SELV-potentiaalilla



**Kuva 25.** Esimerkkipuhaltimen kulutus tekoälyn asetuksilla (EBM-Papst, 2023a).

Puhaltimen teho 228W, vuosikulutus 1994kWh. Puhallin ajallisesti päällä vuorokaudessa 12h.

- $1994 \text{ kWh} / 2 = 997 \text{ kWh}$

Rahallisesti 10 sentin kilowattitunti hinnalla puhallin kuluttaisi vuodessa.

- $997 \text{ kWh} * 0,10\text{€/kWh} = 99,7\text{€}$

#### **Yhteenveto:**

Jos kiinteistön kaikki 16:ta ilmanvaihtokoneen puhallinta olisivat samanlaisia, ilman tekoälyä koko kiinteistön puhaltimien sähköenergian kulutus olisi:

- $1939,5 \text{ kWh} * 16 \text{ kpl} = 31032 \text{ kWh}$

Tekoälyn kanssa koko kiinteistön puhaltimien sähköenergian kulutus olisi:

- $997 \text{ kWh} * 16 \text{ kpl} = 15952 \text{ kWh}$

Kaikkien ilmanvaihtokoneiden puhaltimet säästäisivät tekoälyoptimoinnin kanssa yhteensä 15 080 kWh ( $31\,032 \text{ kWh} - 15\,952 \text{ kWh} = 15\,080 \text{ kWh}$ ) ja rahallisesti 1 508 €/v ( $15\,080 \text{ kWh} * 0,10 \text{ €/kWh} = 1\,508 \text{ €/v}$ ).

### 5.3.2 Kiinteistö 2 kulutusesimerkki

**Taulukko 2.** Tiivistelmä kiinteistön 2 esimerkkisäästöstä.

	Ilman tekoälyä	Tekoälyn kanssa	Erotus	Säästö %
<b>Tulokanavapaine (Pa)</b>	175	122	53	-30 %
<b>Virtaus (l/s)</b>	4300	3300	1000	-23 %
<b>Vuosikulutus (kWh)</b>	6884,5	3619,5	3265	-47 %
<b>Hinta (0,10€/kWh)</b>	688,45 €	361,95 €	326,50 €	-47 %
<b>Kulutus 10 puhallinta (kWh)</b>	68845	36195	32650	-47 %
<b>Säästö vuodessa (€)</b>	3 265,00 €			

### Ilman tekoälyoptimointia

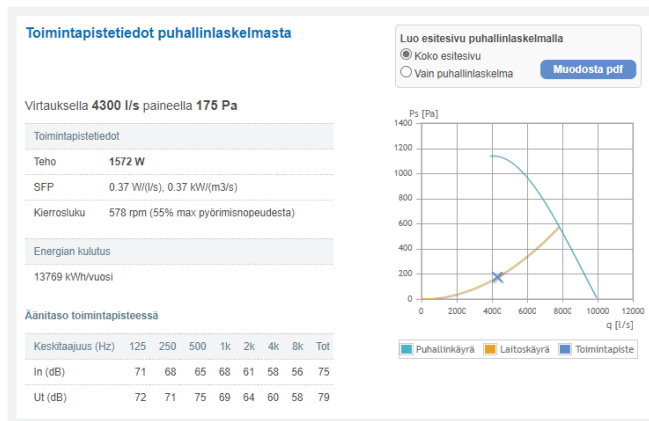
Ilman tekoälyoptimointia esimerkki ilmanvaihtokoneelle asetettu arvo tuloilman kanavapaineelle "PE10" on 175 pascalia, jolloin puhaltimen "TF01"virtaus on 4300 l/s.

Esimerkkinä on käytetty EBM-Papst sivuilta löytyvää sopivaa puhallinta ”K3G900-AS08-01” (Kuva 26).

### K3G900-AS08-01 RadiPac

#### Kammiopuhallin

Tehokas kammiopuhallin EC-moottorilla ja integroidulla elektronikalla. Yhdeltä puolelta imevä, taaksepäin kaartuvien siivien. Kuutiorakenne. Imukartiossa on K-arvon mittausyhde. Helppo asentaa, huoltovapaa käytössä. Asennuksessa on käytettävä tärinäeristimiä ja joustoitinta - kysy myynnistä.



**Kuva 26.** Esimerkkipuhallin tuloilmanvaihdon asetusarvoilla (EBM-Papst, 2023b).

Tulopuhaltimen teho 1572 W, vuosikulutus 13769 kWh. Puhallin on päällä 12 h vuorokaudessa.

- $13769 \text{ kWh} / 2 = 6884,5 \text{ kWh}$

Jos sähkön hinta on 0,10€/kWh tulee hinnaksi

- $6884,5 \text{ kWh} * 0,10\text{€/kWh} = 688,45\text{€}$

### Tekoälyoptimoinnin kanssa

Tekoälyoptimoinnin ehdottamat arvot tuloilman kanavapaineelle ”PE10” ovat 122 pascalia (Kuva 27), jolloin puhaltimen ”TF01” virtaus on 3300 l/s.



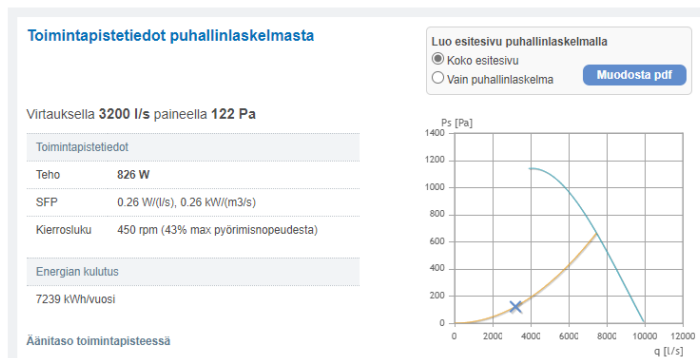
**Kuva 27.** AI on tekoälyn ehdottama arvo ja "Baseline" on kiinteistöautomaation asetusarvo.

Sama puhallin "K3G900-AS08-01" tekoälyoptimoinnilla (Kuva 28).

### K3G900-AS08-01 RadiPac

#### Kammiopuhallin

Tehokas kammiopuhallin EC-moottorilla ja integroidulla elektronikalla. Yhdeltä puolelta imevä, taaksepäin kaartuvien siivien. Kuutiorakenne. Imukartiossa on K-arvon mittausyhde. Helppo asentaa, huoltovapaa käytössä. Asennuksessa on käytettävä tarinänieristimiä ja joustoliitintä - kysy myynnistä.



**Kuva 28.** Esimerkipuhaltimen kulutustiedot tekoälyoptimoinnin muutoksilla (EBM-Papst, 2023b).

Esimerkipuhaltimen teho 826 W, vuosikulutus 7239 kWh. Ajallisesti käytössä 12 h vuorokaudessa.

- $7239 \text{ kWh} / 2 = 3619,5 \text{ kWh}$

Rahallisesti 10 sentin kilowattitunti hinnalla.

- $3619,5 \text{ kWh} * 0,10\text{€/kWh} = 361,95\text{€}$

**Yhteenveto:**

Jos kiinteistön kaikkien ilmanvaihtokoneiden puhaltimet olisivat samanlaisia, ilman tekoälyä koko kiinteistön puhaltimien sähköenergian kulutus olisi

- $6884,5 \text{ kWh} * 10 \text{ kpl} = 68845 \text{ kWh}$

Tekoälyn kanssa koko kiinteistön puhaltimien sähköenergian kulutus olisi:

- $3619,5 \text{ kWh} * 10 \text{ kpl} = 36195 \text{ kWh}$

Kaikki ilmanvaihtokoneiden puhaltimet säästäisivät tekoälyoptimoinnin avulla yhteensä 32 650 kWh ( $68\,845 \text{ kWh} - 36\,195 \text{ kWh} = 32\,650 \text{ kWh}$ ) ja rahallisesti 3 265€/v ( $32\,650 \text{ kWh} * 0,10\text{€/kWh} = 3\,265\text{€/v}$ ).

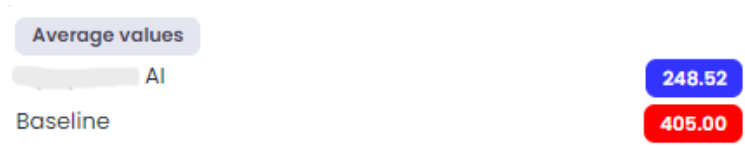
### 5.3.3 Kiinteistö 3 kulutusesimerkki

**Taulukko 3.** Tiivistelmä kiinteistön 3 esimerkissäästöstä.

	Ilman tekoälyä	Tekoälyn kanssa	Erotus	Säästö %
<b>Tulokanavapaine (Pa)</b>	405	248	157	-39 %
<b>Virtaus (l/s)</b>	4000	2300	1700	-43 %
<b>Vuosikulutus (kWh)</b>	13074	4889	8185	-63 %
<b>Hinta (0,10€/kWh)</b>	1 307,40 €	488,90 €	818,50 €	-63 %
<b>Kulutus 9 puhallinta (kWh)</b>	117666	44001	73665	-63 %
<b>Säästö vuodessa (€)</b>	7 366,50 €			

**Ilman tekoälyä**

Ilman tekoälyä esimerkki ilmanvaihtokoneen asetusarvot ovat tuloilman kanavapaineelle "PE10" 405 pascalia (Kuva 29), jolloin puhaltimen "TF01" virtaus on 4000 l/s.



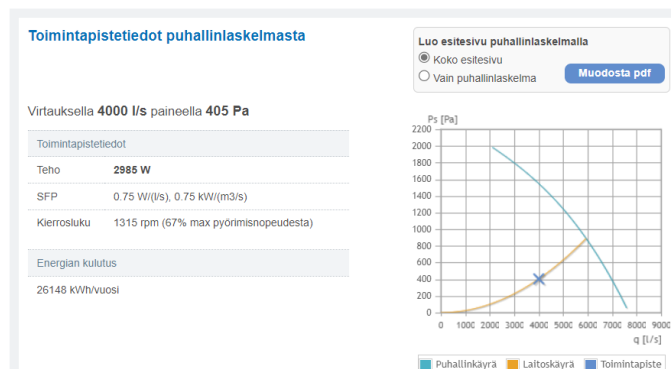
**Kuva 29.** Tekoälyoptimoinnin asetusarvo tuloilman kanavapaineelle "AI" ja ilman tekoälyä "Baseline"

Esimerkkinä on käytetty EBM-Papst sivuilta löytyvää sopivaa puhallinta "K3G630-PW04-01" (Kuva 30).

#### K3G630-PW04-01 RadiPac Airfoil

##### Kammiopuhallin

- Suoravetoinen kammiopuhallin
- Soveltuu asennettavaksi sekä imu- että painepuolelle
- RadiPac Airfoil -siipipyörän ansiosta hyvin hiljainen ja erittäin korkea hyötysuhde
- GreenTech EC-moottori integroidulla ohjaus- ja käyttöelektronikalla
- Kestävä rakenne, huoltovapaa
- Ohjaussignaali 0-10 VDC / PWM
- Lähtöjännite 10 VDC max 10 mA / 20 VDC max 50 mA
- MODBUS
- Tuloliitin varustettu virtausmittauksen lähdöllä
- Paineen ja lämpötilan säätö sekä tuloliitin ja jousivaimennin myydään lisävarusteena



**Kuva 30.** Sopivan puhaltimen kulutus ilman tekoälyoptimoinnin asetuksia (EBM-Papst, 2023c).

Puhaltimen teho 2985 W, vuosikulutus 26148 kWh. 12 h käytöllä puhaltimen kulutus

- $26148 \text{ kWh} / 2 = 13074 \text{ kWh}$

Rahallisesti 10 sentin kilowattitunti hinnalla

- $13074 \text{ kWh} * 0,10\text{€/kWh} = 1307,4\text{€}$

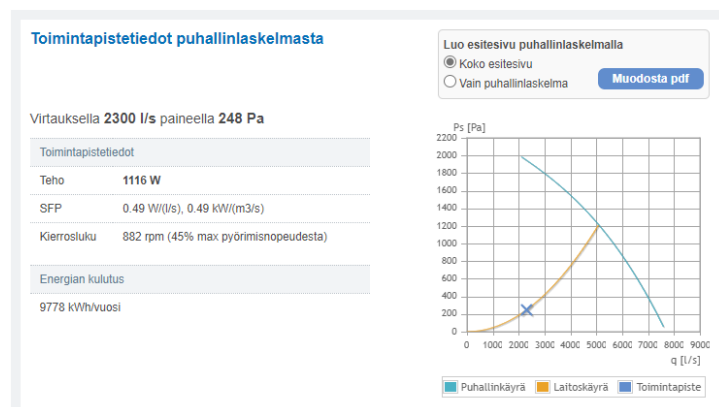
### Tekoälyoptimoinnin kanssa

Asetettu tuloilman kanavapaine ”PE10” tekoälyoptimoinnin käytössä ollessa on 248 pascalia, jolloin puhaltimen ”TF01” virtaus olisi noin 2300 l/s (Kuva 31).

#### K3G630-PW04-01 RadiPac Airfoil

##### Kammiopuhallin

- Suoravetoinen kammiopuhallin
- Soveltuu asennettavaksi sekä imu- että painepuolelle
- RadiPac Airfoil -siipipyörän ansiosta hyvin hiljainen ja erittäin korkea hyötysuhde
- GreenTech EC-moottori integroidulla ohjaus- ja käyttöelektronikalla
- Kestävä rakenne, huoltovapaa
- Ohjaussignaali 0-10 VDC / PWM
- Lähtöjännite 10 VDC max 10 mA / 20 VDC max 50 mA
- MODBUS
- Tuloliitin varustettu virtausmittauksen lähdöllä
- Paineen ja lämpötilan säätö sekä tuloliitin ja jousivaimennin myydään lisävarusteena



**Kuva 31.** Puhaltimen kulutustiedot tekoälyn muutosten kanssa (EBM-Papst, 2023c).

Puhaltimen teho tekoälyn kanssa on tällöin 1116 W, vuosikulutus 9778 kWh. Puhallin on päällä 12 h vuorokaudessa

- $9778 \text{ kWh} / 2 = 4889 \text{ kWh}$

Rahallisesti 10 sentin kilowattitunti hinnalla

- $4889 \text{ kWh} * 0,10\text{€/kWh} = 488,9\text{€}$

**Yhteenveto:**

Jos kiinteistön kaikkien ilmanvaihtokoneiden puhaltimet olisivat samanlaisia, ilman tekoälyä koko kiinteistön puhaltimien sähköenergian kulutus olisi

- $13074 \text{ kWh} * 9 = 117666 \text{ kWh}$

Tekoälyn kanssa puhaltimien sähköenergian kulutus olisi

- $4889 \text{ kWh} * 9 = 44001 \text{ kWh}$

Tekoälyoptimointi säästäisi puhaltimien sähköenergian kulutusta vuodessa 73 665 kWh ( $117\,666 \text{ kWh} - 44\,001 \text{ kWh} = 73\,665 \text{ kWh}$ ) ja rahallisesti 7 366,5€/v ( $73\,665 \text{ kWh} * 0,10\text{€/kWh} = 7\,366,5\text{€/v}$ ).

**5.3.4 Kiinteistö 4 kulutusesimerkki**

**Taulukko 4.** Tiivistelmä kiinteistön 4 esimerkissäästöstä.

	Ilman teko- älyä	Tekoälyn kanssa	Erotus	Säästö %
<b>Tulokanavapaine (Pa)</b>	260	200	60	-23,1 %
<b>Virtaus (l/s)</b>	7900	7500	400	-5,1 %
<b>Vuosikulutus (kWh)</b>	19091	14984	4107	-21,5 %
<b>Hinta (0,10€/kWh)</b>	1 909,10 €	1 498,40 €	410,70 €	-21,5 %
<b>Kulutus 14 puhallinta (kWh)</b>	267274	209776	57498	-21,5 %
<b>Säästö vuodessa (€)</b>	5 749,80 €			



## Ilman tekoälyoptimointia

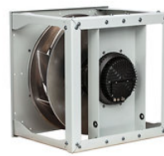
Ilman tekoälyoptimointia mitoitettu arvo tuloilman kanavapaineelle "PE10" on 260 pascalia, jolloin puhaltimen virtaus "FE10" on 7900 l/s - 8000 l/s.

Esimerkkinä on käytetty EBM-Papst sivuilta löytyvää sopivaa puhallinta "K3G900-AR10-01" (Kuva 32).

### K3G900-AR10-01 RadiPac

#### Kammiopuhallin

Tehokas kammiopuhallin EC-moottorilla ja integroidulla elektroniikalla. Yhdeltä puolelta imevä, taaksepäin kaartuvien siivien. Kuutiorakenne. Imukartiossa on K-arvon mittaussydte. Helppo asentaa, huoltovapaa käytössä. Asennuksessa on käytettävä tärinänestimiä ja joustoliitintä - kysy myynnistä.



**Kuva 32.** Puhaltimen kulutustiedot ilman tekoälyoptimoinnin tekemiä muutoksia. (EBM-Papst, 2023d).

Puhaltimen teho 4359 W, vuosikulutus 38182 kWh. Puhallin on päällä 12 tuntia vuorokaudessa

- $38182 \text{ kWh} / 2 = 19091 \text{ kWh}$

rahallisesti 10 sentin kilowattitunti hinnalla

- $19091 \text{ kWh} * 0,10\text{€/kWh} = 1909,1\text{€}$

## Tekoälyoptimoinnin kanssa

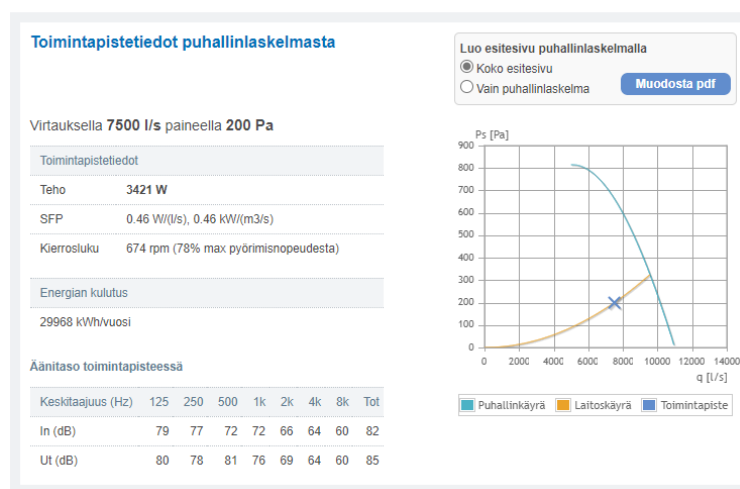
Tekoälyoptimoinnin kanssa asetusarvo tuloilman kanavapaineelle ”PE10” on 200 pasca-  
lia, jolloin puhaltimen virtaus ”FE10” on 7500 l/s.

Sama puhallin ”K3G900-AR10-01” muutoksilla (Kuva 33).

### K3G900-AR10-01 RadiPac

#### Kammiopuhallin

Tehokas kammiopuhallin EC-moottorilla ja integroidulla elektroniikalla. Yhdeltä puolelta imevä, taaksepäin kaartuvien siivien. Kuutiorakenne. Imukartossa on K-arvon mittausyhde. Helppo asentaa, huoltovapaa käytössä. Asennuksessa on käytettävä värinäneristimiä ja joustolitintä - kysy myynnistä.



**Kuva 33.** Esimerkki puhallin tekoälyn muutoksilla (EBM-Papst, 2023d).

Puhaltimen teho on 3421 W, vuosikulutus 29968 kWh. Puhallin on päällä noin 12 tuntia vuorokaudessa.

- $29968 \text{ kWh} / 2 = 14984 \text{ kWh}$

Rahallisesti 10 sentin kilowattitunti hinnalla

- $14984 \text{ kWh} * 0,10\text{€/kWh} = 1498,4\text{€}$

#### **Yhteenveto:**

Kaikki ilmanvaihtokoneiden puhaltimet kuluttaisivat ilman tekoälyoptimointia

- $19091 \text{ kWh} * 14 = 267274 \text{ kWh}$

Tekoälyoptimoinnin kanssa

- $14984 \text{ kWh} * 14 = 209776 \text{ kWh}$

Tekoälyoptimointi säästäisi puhaltimien sähköenergian kulutusta vuodessa 57 498 kWh ( $267274 \text{ kWh} - 209776 \text{ kWh} = 57498 \text{ kWh}$ ) ja rahallisesti 5 749,8€/v ( $57498 \text{ kWh} * 0,10\text{€/kWh} = 5749,8\text{€/v}$ ).

### 5.3.5 Haastattelujen analysointi

Haastateltavat henkilöt olivat pilotissa mukana olleiden kiinteistöjen kiinteistöpäälliköitä tai teknisiä isännöitsijöitä.

Kahdessa kolmesta kiinteistöstä ei ollut saatu palautetta sisäilman olosuhteista tekoälyoptimoinnin alkamisen jälkeen. Yhdessä kohteessa oli saatu palautetta kylmästä ilmasta, mutta muuten kiinteistöjen olosuhteet olivat pysyneet samoina eikä negatiivinen palaute ollut lisääntynyt.

Kaksi kolmesta yhteyshenkilöstä kertoi, että tekoälyn ollessa käytössä energian käyttö on pienentynyt sekä huoltomiehillä olosuhteiden optimoimiseen kuluneen ajan käyttö on vähentynyt.

Kaikki kolmesta haastateltavasta kertoivat, että palvelu oli vastannut odotuksia. Vastaa-  
jien mielestä tällä palvelulla on seuraavalaisia vahvuuksia: inhimilliset virheet kiinteistö-  
automaation säädössä vähentyvät, ennustetut optimaaliset sisäolosuhteet ja energian  
säästö. Heikkouksia olivat rajattu säätö yksittäisille arvoille.

Haastateltavien mukaan palvelua voitaisiin kehittää seuraavilla tavoilla: ”Käyttäjä voisi ohittaa tekoälyn tekemän muutoksen yhdelle asetukselle, jos esimerkiksi tietyssä toimistossa valitetaan kylmästä sisään puhallettavasta ilmasta tai patteriverkostossa on liian alhainen lämpötila.”

Jokainen vastaaja esitti, että palveluun tulisi lisätä automaattinen ja säännöllinen raportti tekoälyn tekemistä muutoksista sekä niiden mahdollisista vaikutuksista. Lisäksi haastateltavat ehdottivat erilaisten kiinteistössä käytettävien sulatusjärjestelmien, kuten ränni- ja liuskasulatusten, integroimista palveluun. Yksi vastaajista myös ehdotti, että tästä palvelusta olisi hyvä aina olla saatavilla asiakaspalvelua henkilöltä, joka tietää kyseisen kiinteistön tekoälyoptimointiasetukset.

Jokainen vastaaja oli sitä mieltä, että tekoälyyn pohjautuvien palvelujen käyttö tulee lisääntymään tulevaisuudessa. Kiinteistönhallintaan liittyville tekoälypalveluille on varmasti kysyntää. Jokainen haastateltava oli halukas jatkamaan palvelun käyttöä pilottivaiheen jälkeenkin.

## 6 YHTEENVETO

Kaukolämmön kulutusta tarkasteltaessa vuoden 2022 ja 2023 välillä on eroa huomattavasti. Keskimääräisesti tutkittavien kiinteistöjen vuosittainen kaukolämmön kulutus on vähentynyt 8,3 % ja tekoällyn käytössä ollessa syksyn aikana kulutus on vähentynyt lähes 3 %. Vuonna 2022 kaukolämmön keskihinta suurille rakennuksille Suomessa on ollut noin 83€/MWh, kun taas vuonna 2023 nousua on tullut 15 % ja hinta on jo 96€/MWh. (Energiateollisuus, 2023.)

Keskimääräisesti kiinteistöjen kokonaissähkönkulutus saatujen energiamittarointi tietojen perusteella on vähentynyt 5,3 % vuonna 2023. Tekoällyn käytössä ollessa syksyn aikana sähkönkulutus keskimääräisesti vähentynyt 7,5 % verrattuna vastaavaan aikaan edellisenä vuonna.

Ilmanvaihtokoneiden puhaltimien keskimääräinen paineen alennus kanavapaineelle on 38 %. Sisään puhallettavan ilman lämpötilan keskimääräinen muutos kolmessa kohteessa on 4 % alhaisempi. Patteriverkoston keskimääräinen lämpötila on 12 % alhaisempi. Yhden kohteen lattialämmitysverkostossa 3,2 % alhaisempi kiertoveden lämpötila. Esimerkkilaskelmien perusteella puhaltimet voisivat säästää tekoällyn muutoksilla noin 38 % ilmanvaihtokoneiden puhaltimien sähköenergian kuluissa.

Asiakashaastattelujen perusteella kiinteistöjen vuokralaiset ja käyttäjät eivät ole juuri-kaan huomanneet eroja tekoälyoptimoinnin tekemistä muutoksista sisäilmanolosuhteisiin. Muutamassa kohteessa saatujen palautteiden määrä oli vähentynyt.

Tekoälyoptimointi on keskimääräisesti alentanut lähes kaikkien seurattavien laitteiden arvoja ja kulutuksia. Puhaltimien nopeuden pienentäminen vaikuttaa suoraan kaukolämmönkulutukseen. Ilmamäärien vähentyessä myös lämmitettävän ilman tarve ja lämpöpölvio rakennuksessa pienenee. Käytännössä tämä tarkoittaa, että ilmanvaihtokoneen lämmityspatterissa kiertävän veden lämpötila ja verkoston menoveden virtausmäärät ovat alhaisempia, mikä vähentää kaukolämmön kulutusta.

## 7 POHDINTA

Mielestäni yksi pisimpään ja yksi yleisimmin käytössä oleva tekoälyn muoto on kaupallisen puolen kohdennettu mainonta. Älypuhelimien yleistyessä myös kohdennettua mainontaa on saatu lisättyä. Nykyään ihminen käyttää tekoälyä päivittäin tiedostamattaan.

Millä tavoin tekoälyoptimointi eroaa perinteisestä kiinteistönhallintajärjestelmästä? Siinä missä perinteinen kiinteistönhallintajärjestelmä mittaa ja säättää rakennusautomaatiota, optimisaatio menee askeleen syvemmälle hyödyntämällä kehittynyttä analytiikkaa ja koneoppimisalgoritmeja. Se hyödyntää myös tietopohjaista päätöksentekoa laajasta valikoimasta parametreja. Optimisaatio pystyy käsitellä monimutkaisia ongelmia kuten, energiatehokkuutta, olosuhteita ja laitteiden kuntoa.

Yksi suurin etu tekoälyoptimoinnilla on jatkuva oppiminen ja ennustettavuus. Se mukautuu muuttuviin olosuhteisiin. Koneoppimisen tarjoamat strategiat hyödyntävät siis historiatietoja ja tunnistavat toistuvan käyttäytymisen kiinteistössä.

Mitä vaikutuksia ilmanvaihdon paineen alentamisella voi olla kiinteistölle? Pienimmillään vain viihtyvyyshaittoja, mutta vakavimmillaan myös terveyshaittoja. Vaikkakin tutkittavissa kiinteistöissä painetta on alennettu tulo- ja poistopuolelta, on tekoälyoptimoinnin asetuksista varmistettu, että kiinteistö pysyy mahdollisuuksien mukaan alipaineisena. Riittämätön alipaine voi aiheuttaa korvausilman pääsemisen rakennukseen vääristä paikoista kuten rakenteiden läpi. Myös ajantasaisella hiilidioksidin ja kosteusmittauksen avulla voidaan varmistaa, ettei tilojen sisäilmanlaatu pääse heikentymään. Tärkeää on myös rakennuksen vaipan tiiveys, sillä riittämätön tiiveys vaikuttaa negatiivisesti ilmanvaihdon tehokkuuteen, kulutukseen ja laatuun. (Sisäilmayhdistys, 2008.)

Tekoälyoptimoinnista saatujen tulosten ja palautteiden perusteella sen käyttö on ollut asiakkaille energiaa säästävää, sekä asiakkaat olleet tyytyväisiä siihen. Mahdolliset säästöt voisivat vielä kasvaa, jos kohteiden kaikki ilmanvaihtokoneet otettaisiin optimoinnin

piiriin, riippuen hieman kohteiden teknisten laitteiden iästä. Tulosten ja palautteiden perusteella en näe estettä miksi näin ei voitaisi tehdä.

Tulosten prosentuaaliset muutokset tutkittavien kiinteistöjen säätöihin olivat hieman suurempia mitä ennalta osasin arvata. Säästöprosentit lämmitysenergian ja sähköenergian pienentymiselle puolestaan olivat ennako-odotusten mukaisia. Säästöjä on mahdollista kasvattaa rajummalla optimoinnilla, mutta on todennäköistä, että sisäilmanolosuhteet tulisivat tästä kärsimään. Tuloksissa pitää myös huomioida, että mahdollisissa säästöissä ei ole otettu huomioon ilman lämmittämiseen kuluva energiaa, tämän huomioimisella ajankohtaisten mittausten avulla voisi olla säästöprosentteihin huomattava vaikutus.

Jatkossa voitaisiin ottaa tarkemmin huomioon kiinteistöjen erityyppiset käyttäjäryhmät ja määrittää optimointia heidän tarpeidensa mukaan. Erityyppiset kiinteistöt vaativat erilaisia lähestymistapoja ja ratkaisuja.

Jatkotutkimukseksi voisin ehdottaa jokaiselle kohteelle tarkkoja energiamittauksia IV-koneista, jotta voidaan tarkemmin verrata tekoälyllä saavutettuja muutoksia koneiden energiatehokkuuteen. Tuloksille voisi myös laskea hiilidioksidipäästöjen vähentymisen.

## LÄHTEET

- ABB. (2001). *Sähkökäytön mitoitus*. Noudettu 27.1.2024 osoitteesta [https://library.e.abb.com/public/b11dfe92973be93c1256d2800415027/Tekninen\\_opasnro7.pdf](https://library.e.abb.com/public/b11dfe92973be93c1256d2800415027/Tekninen_opasnro7.pdf)
- EBM-Papst. (Syyskuu 2008). *Mitä erikoista on EC-puhaltimissa?* Noudettu 13.12.2023 osoitteesta [https://www.ebmpapst.fi/fi/dat/media\\_manager/news/8/news-files/Tietoisku\\_\\_Mita\\_erikoista\\_EC-puhaltimissa.pdf](https://www.ebmpapst.fi/fi/dat/media_manager/news/8/news-files/Tietoisku__Mita_erikoista_EC-puhaltimissa.pdf)
- EBM-Papst. (2023a). *K3G355-PV70-83 RadiPac AirFoil*. Noudettu 13.12.2023 osoitteesta <https://www.ebmpapst.fi/fi/tuotteet/EC-Kammiopuhaltimet/EC-Kammiopuhaltimet/K3G355-PV70-83-RadiPac-AirFoil>
- EBM-Papst. (2023b). *K3G900-AS08-01 RadiPac*. Noudettu 13.12.2023 osoitteesta <https://www.ebmpapst.fi/fi/tuotteet/EC-Kammiopuhaltimet/EC-Kammiopuhaltimet/K3G900-AS08-01>
- EBM-Papst. (2023c). *K3G630-PW04-01 RadiPac Airfoil*. Noudettu 13.12.2023 osoitteesta <https://www.ebmpapst.fi/fi/tuotteet/EC-Kammiopuhaltimet/EC-Kammiopuhaltimet/K3G630-PW04-01-RadiPac-Airfoil>
- EBM-Papst. (2023d). *K3G900-AR10-01 RadiPac*. Noudettu 13.12.2023 osoitteesta <https://www.ebmpapst.fi/fi/tuotteet/EC-Kammiopuhaltimet/EC-Kammiopuhaltimet/K3G900-AR10-01>
- Energiateollisuus. (2023). *Kaukolämmön hinta*. Noudettu 3.10.2023 osoitteesta <https://energia.fi/tilastot/kaukolammitilastot/kaukolammon-hinta/>
- Euroopan Parlamentti. (2023a). *Mitä tekoäly on ja mihin sitä käytetään?* Noudettu 29.11.2023 osoitteesta



[https://www.europarl.europa.eu/pdfs/news/expert/2020/9/story/20200827STO85804/20200827STO85804\\_fi.pdf](https://www.europarl.europa.eu/pdfs/news/expert/2020/9/story/20200827STO85804/20200827STO85804_fi.pdf)

Euroopan Parlamentti. (2023b). *EU:n tekoälysäädös on ensimmäinen laatuaan*. Noudettu 24.9.2023 osoitteesta <https://www.europarl.europa.eu/news/fi/headlines/society/20230601STO93804/eu-n-tekoalysaadon-on-ensimmainen-laatuaan>

Finlex. (23. Huhtikuu 2015). *Sosiaali- ja terveysministeriön asetus asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksista*. Noudettu 24.9.2023 osoitteesta <https://finlex.fi/fi/laki/alkup/2015/20150545>

Frankenfield, J. (2023). *Investopedia*. Noudettu 28.9.2023 osoitteesta The Turing Test: <https://www.investopedia.com/terms/t/turing-test.asp>

F-Secure. (n.d.). *Mitä on disinformaatio ja misinformaatio?* Noudettu 1.12.2023 osoitteesta <https://www.f-secure.com/fi/articles/what-is-disinformation>

Ilmatieteen laitos. (2. Lokakuu 2023). *Syyskuu oli ennätysellisen lämmin*. Noudettu 12.12.2023 osoitteesta <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/tiedote/6LNtviAE9w3YQucYDzFNzw>

Jyväskylän yliopisto. (2019). *Tekoälyn perusteita ja sovelluksia*. Noudettu 13.12.2023 osoitteesta <https://tim.jyu.fi/view/kurssit/tie/tiep1000/tekoalyn-sovellukset/kirja#DKUvbnUuGytQ>

Koivula, T. (2017). *EC-moottori*. [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/127108/Koivula\\_Tommi.pdf](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/127108/Koivula_Tommi.pdf).

Motiva. (2012). *Kiinteistön energiatehokkaat sähkötekniset ratkaisut*. Noudettu 16.10.2023 osoitteesta

[https://www.motiva.fi/files/7974/Kiinteiston\\_energiatehokkaat\\_sahkotekniset\\_ratkaisut.pdf](https://www.motiva.fi/files/7974/Kiinteiston_energiatehokkaat_sahkotekniset_ratkaisut.pdf)

Motiva. (2023a). *Motiva energian loppukäyttö*. Noudettu 28.9.2023 osoitteesta [https://www.motiva.fi/ratkaisut/energian kaytto\\_suomessa/energian\\_loppukaytto](https://www.motiva.fi/ratkaisut/energian kaytto_suomessa/energian_loppukaytto)

Motiva. (2023b). *Yritysten energiatulevaisuuden näkymät*. Noudettu 2.11.2023 osoitteesta [https://www.motiva.fi/files/21139/Yritysten\\_energiatulevaisuuden\\_nakymat\\_selvitys\\_2023.pdf](https://www.motiva.fi/files/21139/Yritysten_energiatulevaisuuden_nakymat_selvitys_2023.pdf)

Motiva. (2023c). *Hallitse huonelämpötiloja*. Noudettu 14.11.2023 osoitteesta [https://www.motiva.fi/koti\\_ja\\_asuminen/energiatehokas\\_arki/hallitse\\_huonelampotiloja](https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/energiatehokas_arki/hallitse_huonelampotiloja)

Motiva. (2023d). *Kulutuksen normitus*. Noudettu 16.11.2023 osoitteesta [https://www.motiva.fi/julkinen\\_sektori/kiinteiston\\_energian kaytto/kulutuksen\\_normitus](https://www.motiva.fi/julkinen_sektori/kiinteiston_energian kaytto/kulutuksen_normitus)

Schneider Electric. (2020). *Digital Twin E-guide*. Noudettu 10.1.2024 osoitteesta [https://www.se.com/ww/en/download/document/DT\\_eguide\\_09-10-19AR0\\_EN/?ssr=true](https://www.se.com/ww/en/download/document/DT_eguide_09-10-19AR0_EN/?ssr=true)

Schneider Electric. (2022). *Using AI to optimize HVAC*. Noudettu 1.11.2023 osoitteesta <https://www.se.com/ww/en/insights/electricity-4-0/digitalization/using-ai-to-optimize-systems-in-buildings.jsp>

Schneider Electric. (2023a). *Schneider Electric Yritys*. Noudettu 19.9.2023 osoitteesta <https://www.se.com/fi/fi/about-us/company-profile/>

Schneider Electric tietokanta. (2023). *Rajattu saatavuus*.

- Sisäilmayhdistys. (2008). *Ilmavirtaukset rakennuksessa*. Noudettu 21.10.2023 osoitteesta <https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Kosteusvauriot/Kosteustekninen-toiminta/Ilmavirtaukset-rakennuksessa>
- Sitra. (2023a). *Megatrendit 2023*. Noudettu 3.12.2023 osoitteesta Sitra: <https://www.sitra.fi/julkaisut/megatrendit-2023/#tulevaisuuden-imu-hajautettu-ja-reilumpi-digimaailma>
- Sitra. (2023b). *Mitä trendiraportit kertovat talouden suunnasta?* Noudettu 3.12.2023 osoitteesta <https://www.sitra.fi/julkaisut/mita-trendiraportit-kertovat-talouden-suunnasta/#1-johdanto>
- Siukkonen, T.;& Neittaanmäki, P. (2019). *Mitä tulisi tietää tekoälystä*. Docendo.
- SurveyMonkey. (n.d.a). *Laadullisen tutkimuksen tekeminen*. Noudettu 16.9.2023 osoitteesta <https://fi.surveymonkey.com/mp/conducting-qualitative-research/>
- SurveyMonkey. (n.d.b). *Määrällisen tutkimuksen tehokas hyödyntäminen*. Noudettu 16.9.2023 osoitteesta <https://fi.surveymonkey.com/mp/using-quantitative-research-effectively/>
- Talotekniikkainfo. (2019). *Ilmanvaihdon mitoituksen perusteet*. Noudettu 28.11.2023 osoitteesta <https://talotekniikkainfo.fi/esimerkit/ilmanvaihdon-mitoituksen-perusteet>
- Teknologiaeollisuus. (2023). *Teknologiaeollisuudelta yli 13 miljoonaa tekoälyyn*. Noudettu 29.12.2023 osoitteesta <https://teknologiaeollisuus.fi/fi/ajankohtaista/tiedote/teknologiaeollisuudelta-yli-13-miljoonaa-tekoalyyn-tekoalyn-hyodyntaminen>
- Tilastokeskus. (2020). *Asumisen energiankulutus 2020*. Noudettu 22.9.2023 osoitteesta [https://www.stat.fi/til/asen/2020/asen\\_2020\\_2021-12-16\\_fi.pdf](https://www.stat.fi/til/asen/2020/asen_2020_2021-12-16_fi.pdf)

Tilastokeskus. (2020). *Asuntokanta 2019*. Noudettu 22.9.2023 osoitteesta [https://www.stat.fi/til/asas/2019/01/asas\\_2019\\_01\\_2020-10-14\\_kat\\_001\\_fi.html#:~:text=Asuntokanta%202019%20Asuntoja%203%20miljoonaa%20Vuoden%202019%20lopussa,000%20asunnolla%20eli%20keskim%C3%A4%C3%A4rin%2030%20000%20asunnolla%20vuosittain](https://www.stat.fi/til/asas/2019/01/asas_2019_01_2020-10-14_kat_001_fi.html#:~:text=Asuntokanta%202019%20Asuntoja%203%20miljoonaa%20Vuoden%202019%20lopussa,000%20asunnolla%20eli%20keskim%C3%A4%C3%A4rin%2030%20000%20asunnolla%20vuosittain).

Tilastokeskus. (2023a). *Energia*. Noudettu 23.9.2023 osoitteesta [https://stat.fi/tup/suoluk/suoluk\\_energia.html](https://stat.fi/tup/suoluk/suoluk_energia.html)

Tilastokeskus. (2023b). *Asumisen energiankulutus 2008-2022*. Tilastokeskus.

Vaisala. (Helmikuu 2010). *Tarpeenmukaisen ilmanvaihdon optimointi alkaa mittausteknologiasta*. Noudettu 12.12.2023 osoitteesta <https://www.vaisala.com/sites/default/files/documents/DCV-Technology-selection-application-note-B210864FI.pdf>

## LIITTEET

### LIITE 1. Haastattelukysymykset

1. Vastaaja: puh, sposti, nimi, kohde, titteli  
-
2. Asiakkaan yleiset kokemukset  
-
3. Mitä vaikutuksia olette huomanneet rakennuksessa?  
  
-Sisäilmanlaatu  
-  
-Rakennuksen lämpötila  
-  
-Energiankäyttö toimintaolo aikana  
-  
-Tilankäyttäjien palaute  
-
4. Millaisia hyötyjä olette huomanneet, entä haittoja?  
-
5. Onko palvelu vastannut odotuksianne  
-
6. Mitä vahvuuksia ja heikkouksia palvelulla on  
-
7. Miten kyseistä palvelua voisi kehittää  
-
8. Mitä ajattelette tekoälyyn pohjautuvien digitaalisten palveluiden tulevaisuudesta  
-
9. Oletteko haluakkaita jatkamaan palvelun käyttöä, testiajan jälkeen.  
-
10. Mikä olisi mielestänne sopiva hinta tälle palvelulle  
-