



# Asuinkerrostalon energiatehokkuuden parantaminen

Kim Kauppila

OPINNÄYTETYÖ  
Toukokuu 2024

Talotekniikan tutkinto-ohjelma  
Sähköinen talotekniikka

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Talotekniikan tutkinto-ohjelma  
Sähköinen talotekniikka

KAUPPILA, KIM:

Asuinkerrostalon energiatehokkuuden parantaminen

Opinnäytetyö 52 sivua  
Toukokuu 2024

---

Opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia, millä keinoilla kerrostalokiinteistön energiatehokkuutta voidaan parantaa. Työ saatiin toimeksiantona Etelä-Suomeen sijoitavalta taloyhtiöltä, joka omasta kiinnostuksestaan haluaa pitää huolta asuinkiinteistöstä. Opinnäytetyön tarkoituksena oli tehdä taloyhtiölle tuotos, joka sisältää kohteeseen soveltuvat energiatehokkuustoimet.

Työn alkuvaiheessa tutkittiin, miten uudistuva EPBD-direktiivi vaikuttaa tulevaisuudessa rakentamiseen ja mitkä asiat ovat vaikuttaneet rakentamiseen 1940–60-luvuilla. Lisäksi tehtiin kohdekiinteistön nykytilan kartoitus, jonka pohjalta perehdyttiin kohteeseen soveltuviin energiatehokkuuden parantamismahdollisuuksiin.

Kävi ilmi, että uudistuvan EPBD-direktiivin vaikutukset näkyvät Suomessa vasta kahden vuoden kuluttua sen voimaantulosta. Taloyhtiölle saatiin tuotettua tieto kohteen nykytilasta. Taloyhtiö sai myös selvityksen kohteeseen toteutettavissa olevista energiatehokkuuden parantamistoimista sekä niiden teknisistä ja taloudellisista vaatimuksista

Opinnäytetyön pohjalta taloyhtiö voi aloittaa tulevien saneerausten ja energiaremonttien suunnittelun. Seuraavaksi taloyhtiön tulee määritellä omat tarpeensa tarkasti, jotta tarkoituksenmukaisten energiatehokkuustoimien suunnittelu voi alkaa.

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Degree Programme in Building Services Engineering  
Electrical Systems

KAUPPILA, KIM:  
Improving the Energy Efficiency of Residential Buildings

Bachelor's thesis 52 pages  
May 2024

---

The purpose of this thesis was to collect information on improving the energy efficiency of a residential apartment building. The objective was received as a commission from the condominium. The main aim was to give the condominium awareness of energy improvement measures.

The theoretical section explores how the new EPBD directive affects residential construction and what things have affected construction in the 1940s-60s. In addition, the current state of the property was examined.

Results of the study suggest that the effects of the new directive will not be visible in Finland and other countries until two years after its implementation. Condominium gained awareness of energy measures in residential apartment building. The findings indicate what energy efficiency improvement measures are feasible for the property and what are the technical and economic requirements.

The study allows the condominium to start planning future renovations and energy renovations. Next step is the condominium must define its own needs carefully so that energy efficiency measures can begin to be planned.

---

Key words: energy efficiency, condominium

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	6
2	ASUINRAKENNUKSEN ENERGIATEHOKKUUS .....	7
	2.1 Energiatodistus .....	7
	2.2 EU-direktiivi rakennusten energiatehokkuudesta .....	10
	2.3 1940–60-lukujen asuinrakentaminen .....	12
	2.4 1940–60-lukujen asuinkerrostalojen sähköjärjestelmät.....	13
3	KOHDEKIINTEISTÖN NYKYTILA .....	15
	3.1 Sähköjärjestelmät.....	15
	3.1.1 Sähköiset ohjaukset .....	18
	3.1.2 Valaistus.....	19
	3.2 Energiankulutuksen jakauma .....	19
	3.3 LVIS-linjasaneeraus 2008.....	22
4	ENERGIATEHOKKUUDEN PARANTAMINEN.....	24
	4.1 Uusiutuvat energialähteet ja varastointi .....	24
	4.1.1 Tontilla tuotetun uusiutuvan energian hyödyntäminen.....	27
	4.2 Sähköajoneuvojen latausjärjestelmä.....	29
	4.3 Valaistus .....	32
	4.4 Lämpöpumppu .....	32
5	ENERGIATEHOKKUUDEN PARANTAMINEN KOHTEESSA.....	35
	5.1 Aurinkosähköjärjestelmä .....	35
	5.1.1 HelioScope .....	37
	5.1.2 Simulointi.....	38
	5.1.3 Kannattavuuden arviointi .....	40
	5.2 Sähköajoneuvojen latausjärjestelmä.....	43
	5.2.1 Hintavertailu .....	46
	5.3 Lämpöpumppu .....	47
6	POHDINTA .....	49
	LÄHTEET.....	50

**ERITYISSANASTO**

EPBD	Energy Performance of Buildings Directive, rakennusten energiatehokkuusdirektiivi
E-luku	Energiatehokkuuden vertailuluku
Latauspistevalmius	Putkitus tai muu johtotie, johon voidaan myöhemmin asentaa tarvittava kaapelointi sähköajoneuvon latauspistettä varten
Primäärienergia	Jalostamaton luonnosta saatava energia
ST-kortti	Sähkötieto ry:n ylläpitämä tietopankki sähköalan säädöksistä.

## 1 JOHDANTO

Rakennusten energiatehokkuusdirektiivi on uudistumassa ja se tulee muuttumaan nykyistä vuonna 2018 päivitettyä direktiiviä tiukemmaksi. Päivitettävänä olevan Energy Performance of Building Directive (EPBD) tavoitteena on vähentää rakennusten kasvihuonekaasupäästöjä ja energian loppukulutusta. Kehitystoimien myötä EU:sta tavoitellaan ilmastoneutraalia vuoteen 2050 mennessä. Rakennusten energiatehokkuutta voidaan mitata monella tapaa. Energiatodistus on yleisin ja käytetyin Suomessa käytettävä energiatehokkuuden indikaattori. Energiatodistukseen lasketaan rakennuksen energiatehokkuutta kuvaava E-luku. Sen laskennassa huomioidaan rakennuksen rakenteelliset ominaisuudet, tekniset järjestelmät ja rakennuksen laskennallinen energiankulutus.

Opinnäytetyön tarkoituksena on tarkastella valitun kohdekiinteistön nykytilaa ja kartoittaa siihen sopivia energiatehokkuuden parantamistoimia. Kohdekiinteistönä toimii vuonna 1955 rakennettu ja vuonna 2008 peruskorjattu asuinkerrostalo, joka sijaitsee Helsingin Etelä-Haagassa. Nykytilan kartoittamisen jälkeen selvitettiin erilaisia vaihtoehtoja energiatehokkuuden parantamiseksi. Selvitysten jälkeen tarkasteltiin parannustoimien teknistä soveltuvuutta tarkastelukohteeseen. Järjestelmien teknisten ominaisuuksien lisäksi vertailtiin niiden taloudellisia vaikutuksia.

Teoriaosuudessa keskitytään päivitetävän EPBD:n muutoksiin ja niiden mahdollisiin rakennussektoriin kohdistuviin vaikutuksiin. Tutkimukset rajattiin siten, että työssä tarkastellaan ainoastaan olemassa olevia rakennuksia ja niihin kohdistuvia toimenpiteitä. Rakennuksen järjestelmien tutkiminen rajattiin sähkötekniisiin järjestelmiin ottaen kuitenkin huomioon LVI-tekniisten järjestelmien vaikutus rakennuksen sähköverkkoon.

Opinnäytetyön kirjoitushetkellä samasta kohteesta on tekeillä sisartyö. Sisartyö keskittyy saman tutkimuskohteen LVI-järjestelmiin. LVI-järjestelmiä tutkivaa lopputyötä kirjoittaa TAMK:in opiskelija Ville Kaljunen.

## 2 ASUINRAKENNUKSEN ENERGIATEHOKKUUS

Asuinrakennuksesta voidaan saada aikaan energiatehokas huomioimalla sen koko elinkaari, vähentämällä ostoenergian määrää ja lisäämällä uusiutuvan energian käyttöä. Elinkaareen mukaan luetaan kaikki vaiheet suunnittelusta aina purkamiseen asti. Elinkaareen pohjana toimii laadukas suunnittelu, jonka perusteella rakennustyöt tehdään. Suunnittelun ja rakentamisen lisäksi energiatehokkuuteen vaikuttaa kiinteistön käyttö ja ylläpito. Purkaminen ja siitä syntyvän rakennusjätteen huolellinen kierrättäminen ja uudelleen käyttäminen päättävät rakennuksen elinkaaren. Tekemällä laadukkaasti edellä mainitut vaiheet, voidaan saada aikaan hyvin energiatehokas ja vähäpäästöinen kokonaisuus.

Energiatehokkaasta rakennuksesta hyöttyy ihmisen lisäksi myös ympäristö. Oikeilla laitevalinnoilla ja energiankäytön optimoinnilla voidaan saada aikaan taloudellisia säästöjä. Luontoon ja ympäristöön vaikuttavat haitat voidaan minimoida valitsemalla järjestelmiä, jotka eivät kuluta luonnon fossiilisia varoja, eivätkä tuota suuria määriä hiilidioksidipäästöjä.

Energiatehokkuutta voidaan parantaa rakennuksen korjausrakentamistoimilla, tekemällä muutoksia sen rakenteellisiin ominaisuuksiin tai muuttamalla LVIS-järjestelmiä nykyaikaisiksi. Korjaustoimien ajoittaminen on taloudellisesti hyvin ratkaisevaa, sillä energiaremonttien ajoittaminen esimerkiksi LVIS-saneerauksen yhteyteen voi olla kannattavampaa, kuin remonttien hajauttaminen eri ajankohdille. Toimenpiteet ja niiden ajoitus on katsottava aina tapauskohtaisesti.

### 2.1 Energiatodistus

Rakennusten energiatodistus on kuluttajille työkalu, jonka avulla voidaan verrata energiatehokkuutta. Energiatodistuksen avulla on mahdollista tavoitella tiettyä energiatehokkuusluokkaa. Energiatehokkuusluokat on asetettu parhaimmasta heikoimpaan asteikolla A-G, siten että A-luokan rakennukset ovat hyvin energiatehokkaita ja vähäpäästöisiä. Asuinkerrostalon energiatehokkuusluokat ja niitä

vastaavat E-luvut on esitetty taulukossa 1. Energiatodistus otettiin käyttöön Suomessa vuonna 2008. Nykyinen energiatoistusten laskentamalli on käytössä ai-noastaan Suomessa. Tulevaisuudessa tullaan todennäköisesti siirtymään yhte-näiseen kansalliseen energiatoistusmalliin. Energialuokkien vertailussa käytet-ään rakennuksen energiatehokkuuden laskennallista vertailulukua eli E-lukua. E-luvun laskenta perustuu rakennuksen vakioituun käyttöön, jotta se soveltuu vertailuun. E-luvun laskennassa huomioidaan energiamuotokertoimilla painotettu laskennallinen ostoenergian määrä lämmitettyä nettopinta-alaa kohden. Vaikka energiatoistuksessa ilmoitetaan tieto toteutuneesta ostoenergian määrästä, se ei vaikuta E-lukuun. Energiatoistuksen avulla voidaan vertailla samankaltaisia rakennuksia, vaikka ne olisivat eri ikäisiä. (Energiatoistus 2024.)

Taulukko 1. Asuinkerrostalon energiatehokkuusluokat.

<b>Energiatehokkuusluokka</b>	<b>E-luku (kWh<sub>E</sub>/m<sup>2</sup>a)</b>
A	E-luku ≤ 75
B	76 ≤ E-luku ≤ 100
C	101 ≤ E-luku ≤ 130
D	131 ≤ E-luku ≤ 160
E	161 ≤ E-luku ≤ 190
F	191 ≤ E-luku ≤ 240
G	241 ≤ E-luku

Kaikista Suomen olemassa olevista rakennuksista ei löydy energiatoistusta energiatoistusrekisteristä, koska toistus vaaditaan rakennuksen rakennuslupa-vaiheen lisäksi rakennuksen myynnin ja vuokrauksen yhteydessä. Energiatois-tusvaatimukset eivät koske kaikkia rakennuksia. Rakennuksen käyttötarkoitus ja koko määrittelevät tarvitaanko energiatoistus. Toistuksen voimassaoloaika on enintään 10 vuotta sen uusimisesta tai päivittämisestä. (Ympäristöministeriö 2018, 4.)

E-luvun laskennassa huomioidaan rakennuksen energiantarve. Kokonaisenergi-antarve huomioi lämmitys- ja jäähdytystarpeen sekä valaistuksen ja kuluttajalait-teiden sähköenergiantarpeen. Lämmitysenergian nettotarve lasketaan lämmitys-energiantarpeen sekä saadun ja talteen otetun energian ja lämpökuormien ero-

tuksena. Sekä lämmitys- että jäähdytysjärjestelmän energiankulutuksen nettotarpeessa huomioidaan järjestelmähäviöt. Koko rakennuksen laskennallinen ostoenergiankulutus koostuu lämmitys-, jäähdytys-, ilmanvaihtojärjestelmien sekä kuluttajalaitteiden ja valaistuksen energiankulutuksesta. (Ympäristöministeriö 2018, s. 26.) E-Luvun laskennassa käytetään energiamuotojen kertoimia silloin kun laskennassa huomioidaan ostoenergiämääriä. Eri järjestelmien energiankulutuksessa huomioidaan energiankulutukset energiamuodoittain. Laskennassa käytettävät energiamuotokertoimet otettiin käyttöön vuonna 2017. Energiamuotokertoimet on esitetty taulukossa 2. (Ympäristöministeriö 2018, 14.)

Taulukko 2. Energiamuotokertoimet

Energiamuoto	Kerroin
Kaukolämpö	0,5
Sähkö	1,2
Fossiiliset polttoaineet	1,0
Uusiutuvat polttoaineet	0,5
Kaukojäähdytys	0,28

Ostoenergian määrän laskennassa huomioidaan rakennuksen rakennusosien lämmitettävä nettoala, eli lämmittämättömät tilat eivät kuulu laskennan alaisiin tiloihin. Esimerkiksi rakennuksen sisällä sijaitsevat ajoneuvojensäilytystilat eivät kuulu laskennan alaisiin tiloihin. Rakennuksen alapohjan, yläpohjan, ulkoseinien sekä ikkunoiden ja ovien pinta-alat otetaan huomioon laskennassa. Laskennassa huomioitavat tilat ja niiden nettoala saadaan selville rakennusten suunnitelmista ja asiakirjoista. Pinta-alat voidaan myös arvioida rakennukseen tehtävän tarkastuksen yhteydessä. (Ympäristöministeriö 2018, 27.)

Energiatodistukseen on todennäköisesti tulossa muutoksia, joista voi aiheutua huomattavia rakennuskannan korjaustarpeita. EU:ssa otetaan käyttöön yhteinen energiatodistusmalli, jonka luokittelussa on yhdenmukaiset kriteerit. EU:n näemyksen mukaan se toisi kansalaisille tietoisuutta ja helpottaisi rahoituspäätösten tekemistä EU:ssa. (Poliittinen yhteisymmärrys 2023.)

## 2.2 EU-direktiivi rakennusten energiatehokkuudesta

Vuonna 2002 julkaistu ensimmäinen EPBD on saamassa uusimman versionsa vuoden 2024 aikana. Energiatehokkuusdirektiivi on osa EU:n fit for 55-pakettia, jonka tavoitteena on vähentää EU:ssa tuotettuja kasvihuonekaasupäästöjä ja hidastaa ilmaston lämpenemistä. Päästövähennysten määrän tulee olla vuoteen 2030 mennessä vähintään 55 prosenttia vuoden 1990 tasosta. (55-valmiuspaketti 2023.) Tämän opinnäytetyön kirjoittamisen hetkellä kansallinen lainsäädäntö on vielä tekemättä.

Direktiivi ottaa kantaa rakennussektoriin, niin uusiin kuin olemassa oleviin rakennuksiin. Direktiivin avulla mennään kohti EU:n tavoitetta olla ilmastoneutraali vuoteen 2050 mennessä. Energiatehokkuuden parantamistoimet tähtäävät rakennusten kasvihuonekaasupäästöjen ja energian loppukulutuksen vähentämiseen vuoteen 2030 mennessä.

Päivitettävänä olevan direktiivin on tarkoitus astua voimaan vuonna 2025. Jäsenvaltioiden on sovellettava direktiivin määrittämät asiat omaan lainsäädäntöön, asetuksiin ja hallinnollisiin määräyksiin 24 kuukauden kuluessa direktiivin voimaantulosta. (Ehdotus direktiivistä 2021/0426/EU, 47).

Direktiivin artiklan 3 mukaisesti EU:n jäsenvaltioiden luomaan etenemissuunnitelmaan pitää sisällyttää kansalliset tavoitteet rakennuskannan primääri- ja loppuenergiankulutuksen sekä kasvihuonekaasupäästöjen vähennyksen ja vuotuisen energiaremonttiasteen osalta vuosille 2030, 2040 ja 2050. Joka viides vuosi kunkin jäsenvaltion on laadittava ja toimitettava komissiolle luonnos rakennuksien peruskorjaussuunnitelmasta. Ensimmäinen luonnos pitää olla toimitettuna viimeistään 31.12.2025. (Ehdotus direktiivistä 2021/0426/EU, 47).

Artiklassa 5 esitetyt rakennuksen vähimmäisenergiatehokkuusvaatimukset voidaan jättää soveltamatta seuraavissa rakennuksissa (Ehdotus 2021/0426/EU, 51–52)

- asevoimien tai keskushallinnon omistamat rakennukset, lukuun ottamatta henkilöstön yksittäisiä asuintiloja tai toimistorakennuksia

- jumalanpalveluspaikkoina ja uskonnollisessa toiminnassa käytettävät rakennukset
- väliaikaiset rakennukset, joiden käyttöaika on enintään kaksi vuotta ja muut kuin asuinkäyttöön tarkoitetut maatalousrakennukset, joiden energiantarve on vähäinen
- asuinrakennukset, joita käytetään tai aiotaan käyttää vuodessa vähemmän kuin neljän kuukauden ajan.
- yksittäiset rakennukset, joiden kokonaishyötypinta-ala on alle 50 m<sup>2</sup>

Artiklassa 9 mainitaan, että jäsenvaltioiden on varmistettava, että vuodesta 2020 alkaen koko asuinrakennuskannan keskimääräinen primäärienergian kulutus vähenee vähintään 16 prosenttia vuoteen 2030 mennessä ja 20–22 prosenttia vuoteen 2035 mennessä. Kehityskaari on ilmaistava koko asuinrakennuskannan keskimääräisen primäärienergian käytön vähenemisenä kWh/ (m<sup>2</sup>.y). (Ehdotus direktiivistä 2021/0426/EU, 59.)

Asuinrakennuksen laajamittaisen peruskorjauksen yhteydessä yli kolmen ajoneuvon pysäköintipaikoille tulee asentaa sähköajoneuvojen latauspisteiden esikaapeloinnit vähintään 50 prosentille pysäköintipaikoista. Esikaapelointien ja kanavalaitteiden asennuksilta voidaan välttyä, jos kustannukset ylittävät 10 prosenttia rakennuksen laajamittaisen peruskorjauksen kokonaiskustannuksista. (Ehdotus direktiivistä 2021/0426/EU, 76.–77.)

Energiatodistuksen etusivulla tulisi vähintään olla tiedot rakennuksen energialuokasta, laskettu vuotuinen primäärienergiankulutus, laskettu vuotuinen lopullinen energiankulutus, paikan päällä tuotettu uusiutuvaenergia prosentteina energiankäytöstä ja toiminnalliset kasvihuonekaasupäästöt sekä elinkaaren GWP-arvo, jos se on saatavilla (Ehdotus direktiivistä 2021/0426/EU, 128).

EU:n jäsenvaltioiden tulee toteuttaa peruskorjaukseen kannustavia lainatuotteita. Peruskorjausta edistäviä lainatuotteita ovat esimerkiksi vihreät asuntolainat, vihreät muut lainat sekä vakuudelliset ja vakuudettomat lainat. Taloudellisten kannustimien tulee hyödyttää sekä asunnon omistajia että vuokralaisia. Jäsenvaltioiden on otettava käyttöön tehokkaat suojatoimet, joilla suojellaan erityisesti heikossa asemassa olevia kotitalouksia, kuten antamalla vuokratukea tai asettamalla vuokrankorotuksia koskevia enimmäismääriä. (Ehdotus direktiivistä 2021/0426/EU, 85,88).

### **2.3 1940–60-lukujen asuinrakentaminen**

1900-luvun Suomessa elettiin asuntotuotannon näkökulmasta erikoista aikaa sotien rajusta vaikutuksesta. Taantumaa oli havaittavissa sotavuosina 1917–18 sekä vuonna 1929. Suurimmat vaikutukset olivat kaupunkien ja kauppaloiden asuntotuotannossa. Kolmas taantumavaihe johtui toisen maailmansodan vaikutuksesta. Lyhyitä laskukausia seurasi kuitenkin kasvujaksot, jotka sijoittuivat vuosille 1928, 1938 ja jatkosodan jälkeisille vuosille aina vuoteen 1953 saakka. Vuosien 1951 ja 1965 välisenä aikana asuntorakentaminen oli huomattavassa kasvussa. Silloin asuntopinta-ala kaksinkertaistui. Rakentamista vuosina 1940–1952 voidaan kuvailla jälleenrakentamisen ajaksi. Silloin asuntopula oli suurimmillaan toisen maailmansodan jälkeen. Lapissa ja muualla maassa oli tuhoutunut yli 25 000 asuntoa. 1940–60-luvuilla Suomen asuntotuotanto oli vilkkaampaa maaseudulla kuin kaupungeissa. (Mäkiö ym. 2016, 16.)

Rakentaminen oli hyvin säännösteltyä sotavuosina 1940–52 ja toiminta oli silloin olosuhteista johtuen hyvin reaktiivista. Työvoimasta oli pulaa, jonka lisäksi kuljetuskalusto ja kuljetusverkosto olivat ylikuormitettuja. Säännöstelyssä kiinnitettiin huomiota etenkin tarpeiden kiireellisyyteen ja etuoikeusjärjestelyihin. Hintojen nousuun jouduttiin myös puuttumaan valtioneuvoston toimesta. Aineellista säännöstelyä tehtiin merkittävästi. Laajimmillaan säännöstely koski lähes kaikkia rakennusaine- ja tarvikeryhmiä. Työmaat seisoivat, koska materiaalien saatavuus oli huono. Usein jouduttiin turvautumaan korvikemateriaaleihin. Materiaalipulan vuoksi kehitettiin korvaavia rakennusmateriaaleja. Pulaa oli muun muassa

puusta, tiilestä, sementistä, eri metalleista ja lasista. Asuntorakentamisessa rajoituksia oli myös pintamateriaalien ja päällysteiden käytössä. Valtioneuvosto antoi 1944-luvun lopulla asetuksen asuntopulan poistamiseksi. Asetuksella muun muassa rajoitettiin huoneistojen korkeutta. Säästötoimilla oli luonnollisesti negatiivisia vaikutuksia rakennusten laatuun. Säästötoimet aiheuttivat merkittäviä rakennusvirheitä ja puutteita laatuun, esimerkiksi eristeiden määrää vähennettiin ja materiaalia vaihdettiin huonompaan. (Mäkiö ym. 2016, 20–24, 32–35.) Rakentamiseen kohdistunut tarvike- ja materiaalipula oli hellittänyt huomattavasti 1950-luvun puoleen väliin mennessä, eikä hintasäännöstelylle ollut enää tarvetta. Rakentaminen oli elpynyt ja asuntotuotanto kiihtyi (Mäkiö ym. 2016, 46).

Rakentamista 1940–60-luvuilla voidaan pitää sekarakentamisen aikana. 1940-luvulla rakennusten kantavat seinät olivat pääasiassa tiilestä muurattuja (Mäkiö ym. 2016, 21). Betoniteräksestä, sementistä ja keskuslämmityslaitteista jouduttiin luopumaan asuntorakentamisessa 1946-luvulla, koska silloin teollisuusrakentaminen oli etusijalla. Asuinrakentamisessa siirryttiin silloin puurakentamiseen. Puurakentamiseen siirryttiin vain toistaiseksi siihen asti, kunnes tiili- ja sementiteollisuus oli tarpeeksi tuottavaa taas molemmille sektoreille. (Mäkiö ym. 2016, 33.) 1950-luvulla Suomessa rakentamisessa alkoi näkyä koneellistumis- ja esivalmistustekniikkaa. Suomessa käytettiin rakentamisessa betonia ensimmäisen kerran vuonna 1950, jonka jälkeen alkoi betonin yleistyminen. Jo 1950-luvun puolivälissä betonin todettiin olevan päärakennusaine. (Mäkiö ym. 2016, 52–53). Elementtituotanto alkoi yleistymään vasta 1960-luvulla, kun elementit tekivät läpimurron. Aluerakentaminen teki elementtituotannon tarpeesta lähes liukuhinnanomaista. (Mäkiö ym. 2016, 54–55).

## **2.4 1940–60-lukujen asuinkerrostalojen sähköjärjestelmät**

1940-luvun kerrostalojen sähköjärjestelmät toteutettiin muun rakentamisen tavoin poikkeusoloissa, ottaen vaikutteita toisesta maailmansodasta. Siirryttäessä 1950-luvulle kerrostalojen rakenteet kehittyivät kovaa vauhtia, jonka vaikutuksesta asennustavat ja johdinmateriaalit kehittyivät. Sähkösuunnittelu oli hyvin alkeellista ja lähes olematonta aikana ennen elementtirakentamista. Elementtien

yleistyessä talotekniikan suunnittelu lisääntyi ja se tuli osaksi rakennusprosessia. (Mäkiö ym. 2016, 190.)

Asuinkerrostalot liittyivät paikallisen sähkölaitosten jakeluverkkoon pääsääntöisesti maakaapelilla. Ilmajohdosta käytettiin lähinnä pienissä puurakenteisissa kerrostaloissa. Tavallisesti kivirakenteisen asuinkerrostalon sähköpääkeskus ja pääjakotaulu sijaitsivat pohjakerroksessa. Ilmajohdolla syötettyihin rakennuksiin asennettiin pääjakotaulu toiseen kerrokseen. Kosketussuojausvaatimusten lisääntyessä vanhojen marmoritaulujen käyttö väheni, jolloin peltikeskukset ja muut suojaavammat keskusmallit yleistyivät. Ryhmäkeskukset sijaitsivat jo 1940-luvulla asuinhuoneistoissa, joiden yhteydessä oli energiamittari ja varokkeet. 1950-luvulla siirryttiin keskitettyyn mittaukseen. Huoneistojen käyttäjän sähköenergiankulutuksen mittaukset toteutettiin keskitetysti kerroksittain. Nousukuiluja ei vielä ollut käytössä asennuksissa, vaan nousujohtot asennettiin roiloihin tai putkituksiin. Sisäjohtoasennusten määrä oli hyvin vähäinen. Yhteen huoneeseen asennettiin tyypillisesti yksi valopiste ja yksi tai kaksi pistorasiaa. Valaistustekniikka muuttui 1950-luvulla, jolloin hehkulamput sai kilpailijakseen loistelamput. Asuinkerrostalot varustettiin puhelinpisteillä ja suosituksena oli yhteisantennipistorasioiden asentaminen. Muita toteutettuja heikkovirta-asennuksia olivat muun muassa hälytyslaitteet. (Mäkiö ym. 2016, 195–198.)

Tämänhetkisten asuinrakennusten käyttäjien sähkökäyttötarpeet ovat muuttuneet 1940-luvun tarpeesta huomattavasti. Sähkölaitteet ja -järjestelmät ovat lisääntyneet kotitalouksissa. Nykyään kaiken ikäisillä ihmisillä on paljon tarvetta sähkölaitteiden päivittäiseen käyttöön. Sähköriippuvuus on yhä enemmän läsnä arjen toimissa. Sen vuoksi asuinrakennusten vanhat sähköjärjestelmät vaativat päivitystä, jotta ne palvelisivat paremmin käyttäjiensä monipuolisia tarpeita. Pelkästään käyttäjätarpeet eivät johda talotekniikan päivittämiseen asuinrakennuksissa, vaan tarve muodostuu myös järjestelmien kunnan heikentyessä ja tullessa käyttöikänsä päähän. Sähkölaitteiden ja -järjestelmien lisääntyessä myös niiden huolto- ja kunnossapitotarve kasvaa.

### 3 KOHDEKIINTEISTÖN NYKYTILA

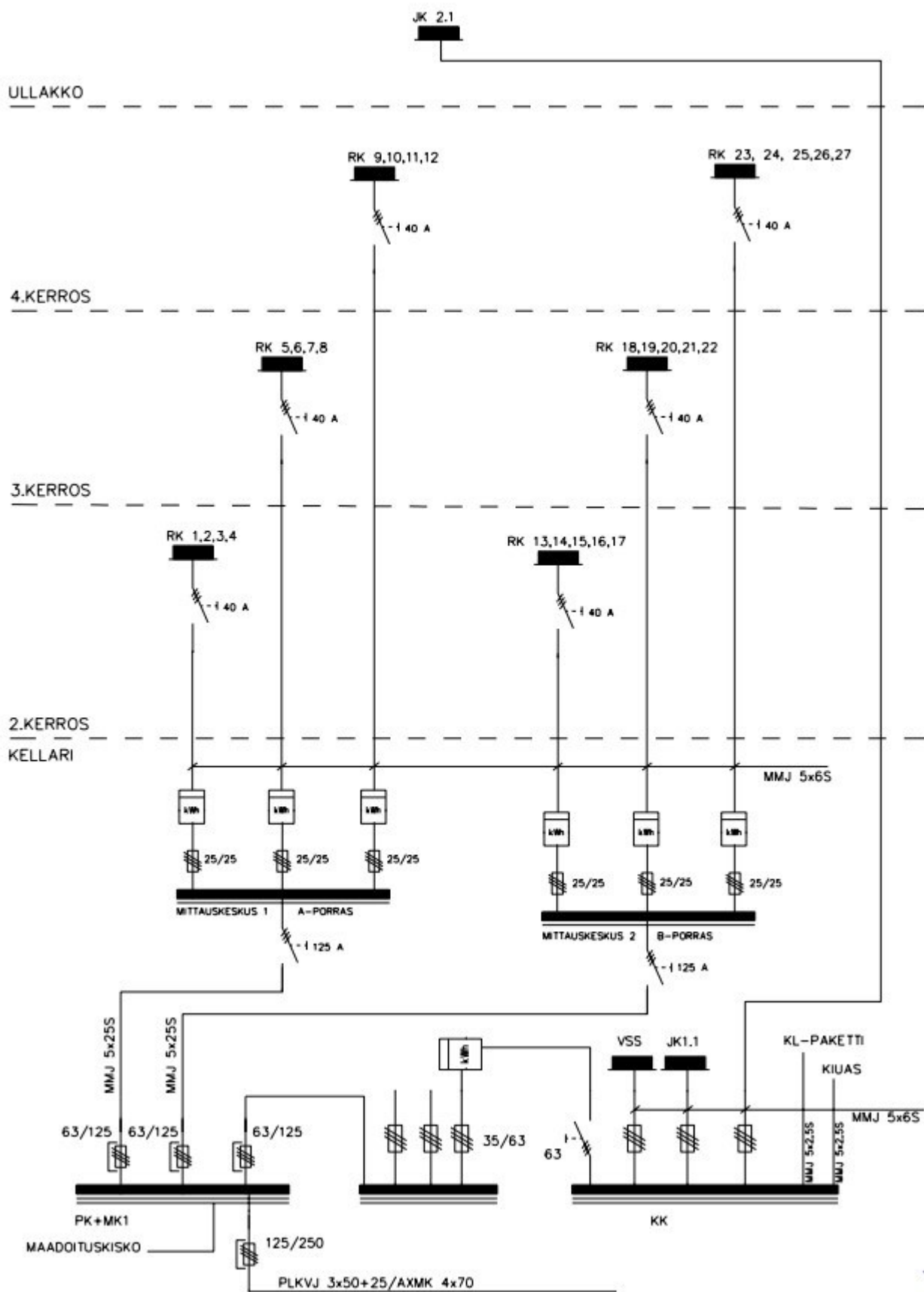
Tarkastettava kohde on asuinkäytössä oleva vuonna 1955 rakennettu asuinkerrostalo, jonka kahdessa rappukäytävässä on yhteensä 27 asuinhuoneistoa kolmessa eri kerroksessa. Rakennuksen pohjakerroksessa ovat saunatilat, varastot, kuivaushuoneet ja lämmitettyjä autotalleja sekä tekniset tilat. Harjakaton ansiosta ylimmässä kerroksessa on kylmä ullakkotila, jossa on talotekniikkaa ja varastotiloja. Rakennuksessa ei ole hissiä. Lämmönlähteenä on kaukolämpö. Lämmönjako on toteutettu vesikiertoisilla pattereilla ja märkätilojen sähköisellä lattialämmityksellä. Tontin pinta-ala on 1906 m<sup>2</sup> ja rakennuksen bruttotilavuus on 5460 m<sup>3</sup>. Rakennus sijoittuu tontille pituussuunnassa siten, että lounaispääty on kevyenliikenteen väylän suuntaan ja koillispääty on kiinni viereisen taloyhtiön rakennuksessa.

Kiinteistölle laadittiin energiatodistus vuonna 2018. Nykyinen energiatodistus on voimassa 4.4.2028 asti. Rakennuksen energiatehokkuuden laskennallinen vertailuluku eli E-luku on 192, joka asettaa rakennuksen F-luokkaan. Viimeisimmän määrittelyn mukaan energiatehokkuusluokka E on vain kahden mittayksikön luvun päässä. Energiatodistuksessa annetaan suosituksia, joilla voidaan parantaa kohteen energiatehokkuutta. Suosituksen mukaan energiasäästöä voitaisiin saavuttaa lisäämällä poistoilman lämmöntalteenotto. Sillä voitaisiin lämmittää patteriverkoston vettä tai lämmintä käyttövettä. (Energiatodistusrekisteri 2018.)

#### 3.1 Sähköjärjestelmät

Kiinteistön nykytilanne on selvitetty kohteesta saatujen dokumenttien avulla. Tarvittavia tietoja selvitettiin lisäksi kohdekäynnillä. Kiinteistön sähköliittymä on alkuperäinen. Se on toteutettu PLKVJ 3x50+25 kaapelilla ja jatkettu rakennuksen sisäpuolella AXMK 4x70 kaapelilla. Pääkeskus on nimellisvirraltaan 250A, jossa on 3x125A pääsulakkeet. Nykyinen pääsulakekoko on suurin sallittu pääsulakekoko nykyisellä liittymiskaapelilla. Kiinteistökeskus on nimellisvirraltaan 63A. Rakennuksen sähkönjakelu on toteutettu vuoden 2008 LVIS-saneerauksessa uusitavilta osin kokonaisuudessaan nykyaikaisella TN-S jakelujärjestelmällä, jossa on

kolme vaihejohdinta sekä erillinen nolla- ja suojamaadoitusjohdin. Kohdekiinteistön sähköverkon rakenne esitetty kuvassa 1. Käytössä on kuitenkin vielä vanhaa aikaisia TN-C järjestelmän johdotuksia, joissa on kolme vaihejohdinta ja yhdistetty nolla- ja suojamaadoitusjohdin. TN-C järjestelmän asennukset on huomioitava keskusrakenteessa. Huoneistojen sähköjärjestelmät ovat osittain alkuperäisiä. Vuoden 2008 LVIS saneerauksessa uusittiin keittiöiden ja kosteiden tilojen sähköpisteitä ja johdotuksia, sekä lisättiin heikkovirtajärjestelmiä. (Oikkonen 2007.)



Kuva 1. Kohdekiinteistön nousujohtokaavio.

Kiinteistössä on yksi pääkeskus ja kaksi erillistä kiinteistön jakokeskusta. Pohjakerrokseen on sijoitettu lämmönjakoa ja väestönsuojaa syöttävät erilliset jakokeskukset. Ullakkotilassa on yksi jakokeskus, joka toimii ilmanvaihtojärjestelmän syöttökeskuksena. Jokaisessa huoneistokerroksessa on mittauskeskus, joka syöttää kunkin kerroksen asuntojen ryhmäkeskuksia. (Oikkonen 2007.)

Kiinteistön sähkökeskuksiin on jätetty laajennusvarauksia tulevaisuuden sähköasennuksia varten. Pääkeskuksessa on yksi vapaa 25 A varokelähtö. Kiinteistökeskuksessa on useita vapaita yksi- ja kolmivaiheisia 16 A ja 10 A johdonsuojakatkaisijalähtöjä. Jakokeskus 1.1:ssä on yksi kolmivaiheinen 16 A ja 10 A johdonsuojakatkaisijalla varustettu lähtö. Jakokeskus 2.1:ssä on vapaana yksi kolmivaiheinen 16 A lähtö ja yksivaiheinen 10 A johdonsuojakatkaisijalla varustettu lähtö. Pesulan ja väestönsuojan jakokeskuksessa on kaksi vapaata 25 A varokelähtöä. (Kärkkäinen 2008.)

Tontilla on yhteensä yksitoista ajoneuvolle tarkoitettua pysäköintipaikkaa, joista seitsemän sijaitsee rakennuksen pohjakerroksessa ja neljä rakennuksen etupihalla. Rakennuksen sisään sijoitetut pysäköintitilat ovat lämmitettyjä. Pihan pysäköintipaikat ovat varustettu kahdella lämmitystolpalla ja ne ovat ketjutettu toisiinsa siten, että kiinteistökeskukselta tulee yksi MCMK 4x 2,5 +2,5 kaapeli. (Kärkkäinen 2008.)

### **3.1.1 Sähköiset ohjaukset**

Kiinteistön ilmanvaihto on toteutettu keskitetyllä koneellisella poistolla. Asuntojen ilmanvaihtoa ohjataan taajuusmuuttajilla. Ohjaukset on jaettu siten, että molemmissa rapuissa on omat taajuusmuuttajat. Taajuusmuuttajat säätävät ilmanvaihtoa automaattisesti, kun asunnossa säädetään huuuvan peltiä. Lisäksi ulkotermo- staatti pienentää puhaltimien tehoa kovilla pakkasilla. (Ilmanvaihto 2008.)

Kiukaan ohjauskeskus ohjaa saunan ilmanvaihtoa. Kun kiuas kytketään päälle, ilmanvaihto asettuu täydelle teholle. Kiukaan sammuttua ilmanvaihto menee takaisin puolelle teholle. (Ilmanvaihto 2008.)

Autotalleille on kaksi erillistä poistoilmapuhallinta. Pohjakerroksen pesulalla ja varastolla on molemmilla omat poistoilmapuhaltimet, jotka toimivat sillä teholla, joka niihin on säädetty. (Ilmanvaihto 2008.)

Saunan pesuhuoneen kaivolla on oma uppopumppu. Ohjauskeskus sulkee saunasaston ja wc:n vedentulon sähkökatkon sattuessa sekä pumpun vikatilanteessa, jotta estetään kaivon tukkiutuminen. (Ilmanvaihto 2008.)

Lämmityksenohjaus on toteutettu automaation avulla siten, että kaukolämpöveden virtaamaa muutetaan kiinteistön lämmitysjärjestelmässä. Virtaamaa säädetään järjestelmän sääntöventtiilillä. Kaukolämmönvirtaama lämmitysjärjestelmän lämmönvaihtimelle pysyy vakiona, koska virtaama mukautuu energiayhtiön kanssa tehdyn sopimuksen mukaisesti. (Koski 2007.)

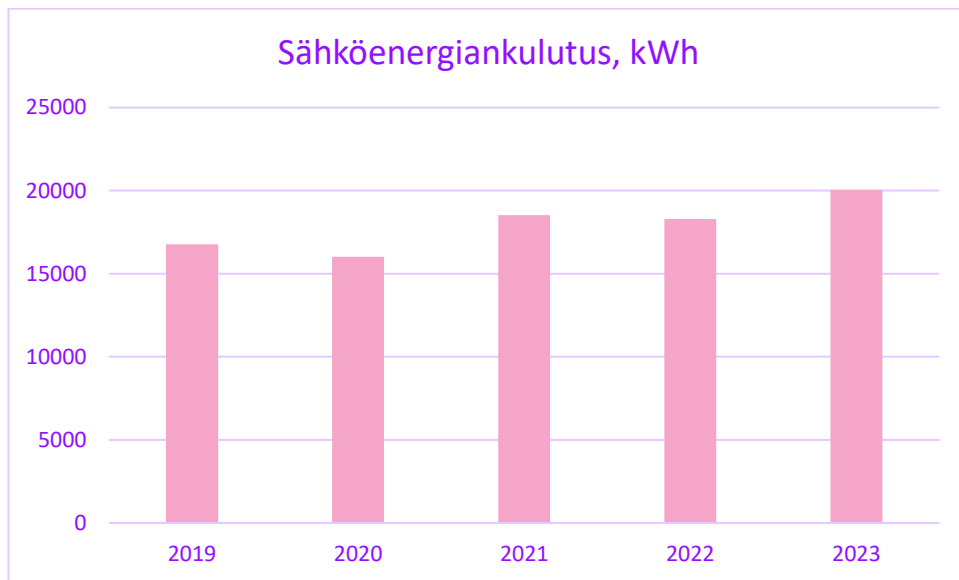
Rakennuksen sisävalaistuksen ohjauksessa käytetään pääsääntöisesti painonappeja ja kytkimiä. Ulkovalaistuksenohjaus on toteutettu hämäräkytkimellä. Käytävien ja rappujen valaistuksenohjauksessa käytetään painonappeja sekä liiketunnistimia. Yksittäisten tilojen ja asuntojen valaistusta ohjataan kytkimillä. Valaistuksen ohjaus on kannattavinta toteuttaa tilojen käyttäjätarpeiden mukaisesti. (Kärkkäinen 2008.)

### **3.1.2 Valaistus**

Kiinteistön yleisissä tiloissa käytetään pääsääntöisesti vanhaa valaistustekniikkaa. Asuntojen valaistuksesta vastaa joko osakas tai vuokralainen sopimuksen mukaisesti. Kiinteistön yleisien tilojen lamput ovat pääsääntöisesti vanhoja ja energiaa kuluttavia. Lamput ovat pääosin hehkulamppuja tai loistevalaisimia, muutamia LED-valaisimia lukuun ottamatta. (Oikkonen 2007)

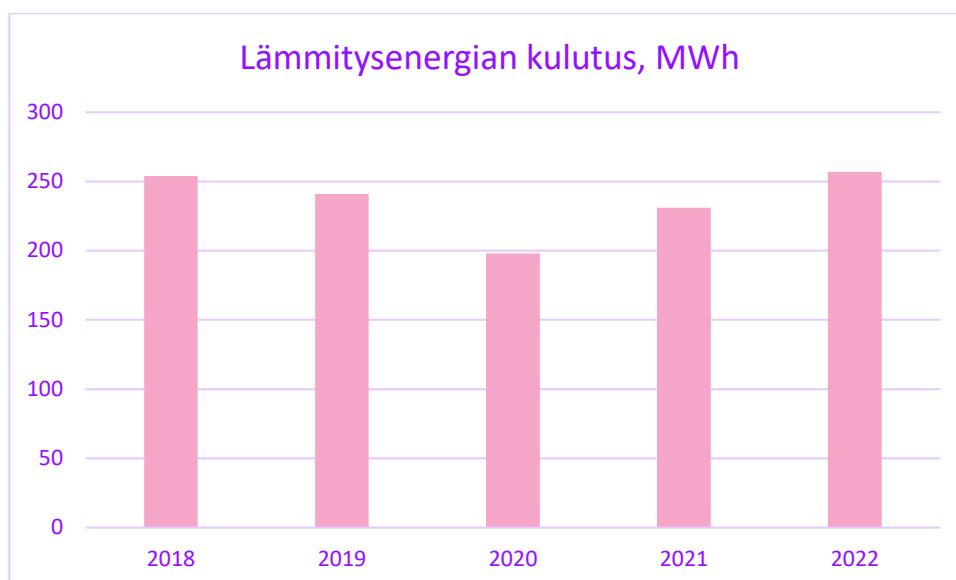
## **3.2 Energiankulutuksen jakauma**

Rakennuksen huoneistosähkönkulutusta mitataan huoneistokohtaisesti. Huoneistomittarit on keskitetty porraskäytäviin sijoitettuihin mittauskeskuksiin. (Kärkkäinen 2008.) Huoneiston käyttäjä vastaa omasta sähkösopimuksesta. Myös kiinteistösähkölle on oma sähkösopimuksensa. Kiinteistösähkön maksun perusteena on yksi keskitetty mittaus, joka on toteutettu kiinteistökeskuksessa ja laskutus peritään asukkailta vuokran tai vastikkeen yhteydessä. Kiinteistösähkön merkittävimpiä kulutuspisteitä ovat rakennuksen ilmanvaihto, väestönsuoja, salla varustettu yhteiskäyttöinen pesuhuone sekä pyykinpesutila. Kiinteistösähkönkulutus viimeisten viiden vuoden ajalta esitetään kuviossa 1, josta voidaan havaita, että sähköenergiankulutus on ollut loivassa nousussa viime vuosina.



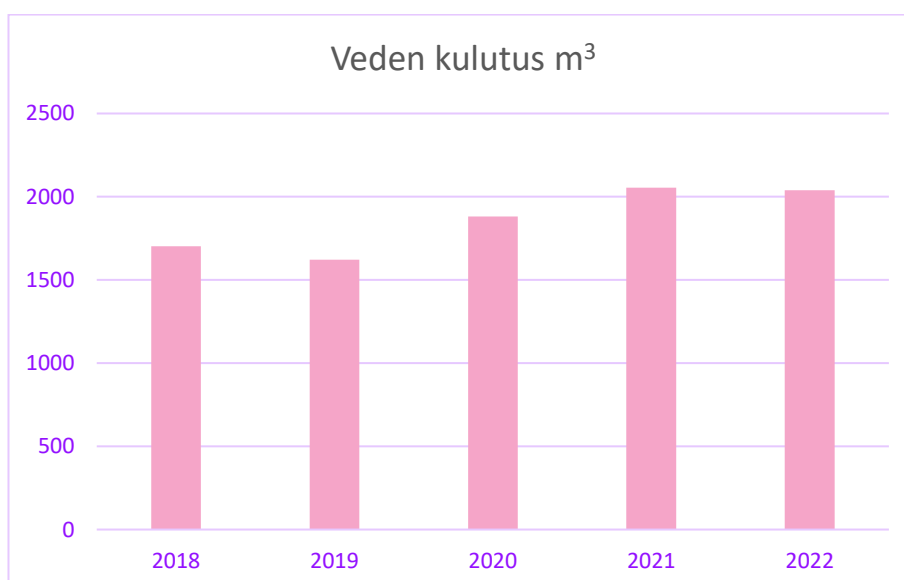
Kuvio 1. Kiinteistösähkön kulutustiedot vuosina 2019–2023.

Rakennuksen lämmitysenergian mittaamisesta vastaa energiayhtiö. Asukkaat maksavat lämmityskulut vuokran tai vastikkeen yhteydessä. Lämmitysenergian kulutus esitetään kuviossa 2. Siitä voidaan havaita, että ostetun lämmitysenergian määrä on ollut kohtalaisen tasaista viime vuosina.



Kuvio 2. Ostettu lämmitysenergia vuosina 2018–2022.

Asukkaat maksavat käyttövedenkulutuksesta vuokran tai vastikkeen yhteydessä. Käyttöveden laskutusperusteena on ulkovälinevarastoon asennetun käyttövesimittarin mittaustieto. Mittari on liitetty tonttijohtoon, eli kylmää ja lämmintä käyttövettä ei mitata erikseen. Laskutuksessa voidaan olettaa, että lämpimän käyttöveden osuus rakennuksen kokonaisvedenkulutuksesta on asuinrakennuksessa keskimäärin 40 % (Virta & Pylsy 2011, 26). Vuosittainen käyttövedenkulutus on esitetty kuviossa 3, josta voidaan huomata, että vedenkulutus on noussut hieman viime vuosina.



Kuvio 3. Veden kulutustiedot vuosina 2018–2022.

### 3.3 LVIS-linjasaneeraus 2008

Tarkastelukohteessa tehtiin LVIS-saneeraus, joka luovutettiin vuonna 2008. Saneerauksen laajuus kattoi kaikki asuinkerrokset, pohjakerroksen, ullakotilan ja piha-alueen. Remontti oli tullut ajankohtaiseksi pohjakerroksen tilojen käyttötärpeen muuttuessa. Pohjakerroksen vanha pannuhuone muutettiin saunaosastoksi. Väestönsuojassa oleva pesutupa saneerattiin ja siitä erotettiin kuivaushuone-tila. Vanha pumpputila muutettiin lämmönjakohuoneeksi. LVIS-saneeraus oli ajankohtainen, koska kiinteistön taloteknisten järjestelmien ja järjestelmäosien kunto oli heikentynyt ja osa niistä oli tullut käyttöikänsä päähän. (Kärkkäinen 2008.)

Toimenpiteet lämpöjohtolaitteiston osalta sisälsivät kaukolämmön siirtimen ja lämmityspattereiden muutostyöt. Kaukolämmön siirrin sekä saunaosaston lämmityspatterit uusittiin. (Koski 2007.)

Vesijohtolaitteiden saneeraukseen sisältyi kaikki kiinteistön sisäiset vesijohtoputket, talovesijohto ja tonttivilmäri. Kaikki uudet kylmä- ja lämminvesijohdot tehtiin kupariputkella ja uudet vesijohtojärjestelmät varustettiin vuodonilmaisimilla. (Koski 2007.)

Kiinteistön sisäpuoliset jätevesiviemärit uusittiin kokonaisuudessaan. Rakennuksessa pohjaviemärit ja niiden haaraviemärit toteutettiin HTP-muoviviemäriputkella kumirengasliitoksin. Rakennuksen ulkopuoliset jätevesiviemärit toteutettiin PVC-muoviviemäriputkella kumirengasliitoksin. Rakennuksen sadevesipohjaviemärit toteutettiin HTP-muoviviemäriputkella kumirengasliitoksin ja ulkopuolella PVC-muovieristeputkella kumirengasliitoksin. (Koski 2007.)

Rakennuksen vanha painovoimainen ilmanvaihto korvattiin koneellisella poistolla. Poistoilmakoneet, puhaltimet ja sähkömoottorit valittiin siten, että ilmamäärä voidaan tarvittaessa kasvattaa 20 prosenttia. (Koski 2007.)

Rakennuksen pääkaapelireiteille toteutettiin kaapelihylly- ja tikasjärjestelmä. Asennetut kaapelihyllyt ovat valkeita alumiinista valmistettuja levyhyllyjä. Porrashuoneisiin asennettiin paloeristetty johtokanavajärjestelmä kaapelointien asentamista varten. (Oikkonen 2007.)

Sähkön pääjakelujärjestelmään tehtiin kunnostus- ja muutostöitä keskusten ja niiden nousujohtojen sekä maadoituksen osalta. Pää- ja jakokeskukset uusittiin. Kiinteistön maadoitukset toteutettiin normaalin TN-S järjestelmän vaatimusten mukaisesti eristettyjä johtimia käyttäen, sisältäen keskuksien suojamaadoitukset, telejärjestelmien keskuslaitteiden suojamaadoitukset sekä putkistojen, kanavistojen, kaapelihyllyjen, valaisinripustuskiskojen ja johtokanavien maadoitukset. (Oikkonen 2007.)

Kohteeseen toteutettiin yleisvalaistusjärjestelmä, joka toimii yleis-, kulku- ja työskentelyvalaistuksena. Valaistusjärjestelmä toteutettiin loiste- ja hehkulamputin. Johdotukset tehtiin TN-S järjestelmän mukaisesti. (Oikkonen 2007.)

Sähkölämmitys toteutettiin WC- ja pesuhuonetiloihin sekä saunan pesuhuoneeseen lattiaan asennetuilla lämmityskaapeleilla. Rakennuksen saunaosaston kiuhaan ohjauskeskus on varustettu viikkokellolla ja kauko-ohjauksella. (Oikkonen 2007.)

Kohteeseen toteutettiin lähiverkkojärjestelmiä varten yleiskaapelointi. Lähiverkkojärjestelmä kaapeloitiin kategorian 6 mukaisilla symmetrisillä halogeenittomilla sisäasennuskaapeleilla. Rakennuksen kaapeliverkkoon liitetty antennijärjestelmä uusittiin osittain. (Oikkonen 2007.)

## 4 ENERGIA TEHO KUUDEN PARANTAMINEN

Rakennuksen energiatehokkuutta voidaan parantaa tekemällä investointeja, jotka vähentävät ostoenergian määrää, joka näkyy mahdollisesti asukkaiden laskulla positiivisesti. Energiatehokkuuden parantamistoimien suunnittelussa pitää huomioida tekninen toteutettavuus ja tontin asettamat rajoitteet. Vanhojen järjestelmien korvaaminen kokonaan uusilla, saattaa tuoda energialaskulle helpotusta. Siitä huolimatta investointikustannukset saattavat kasvattaa elinkaarikustannukset niin suureksi, että hankkeen kannattavuus muuttuu olemattomaksi.

### 4.1 Uusiutuvat energialähteet ja varastointi

Uusiutuvilla energialähteillä tarkoitetaan auringon säteilystä kerättyä energiaa aurinkopaneeleilla tai -keräimillä ja sen muuttamista sähköksi tai lämmöksi. Sähkön- ja lämmitysenergian kulutushuiput sijoittuvat usein eri ajankohdalle kuin aurinkoenergian tuottohuiput. Suomessa järjestelmät tuottavat parhaiten energiaa kesäaikana ja vastaavasti energiakulutushuiput sijoittuvat talven kylmille pakkasjaksoille. Energiantuoton ja -kulutuksen vaihtelevuuteen voidaan hakea tasoitusta energianvarastoinnilla, joka voidaan toteuttaa akustojen tai lämpövarastojen avulla. Varastointimenetelmät ovat erinomaisia käytännönvaihtoehtoja, kun pyritään vastaamaan kysyntäjoustoon ja energian omavaraisuuteen. (Oma energiantuotanto 2023.)

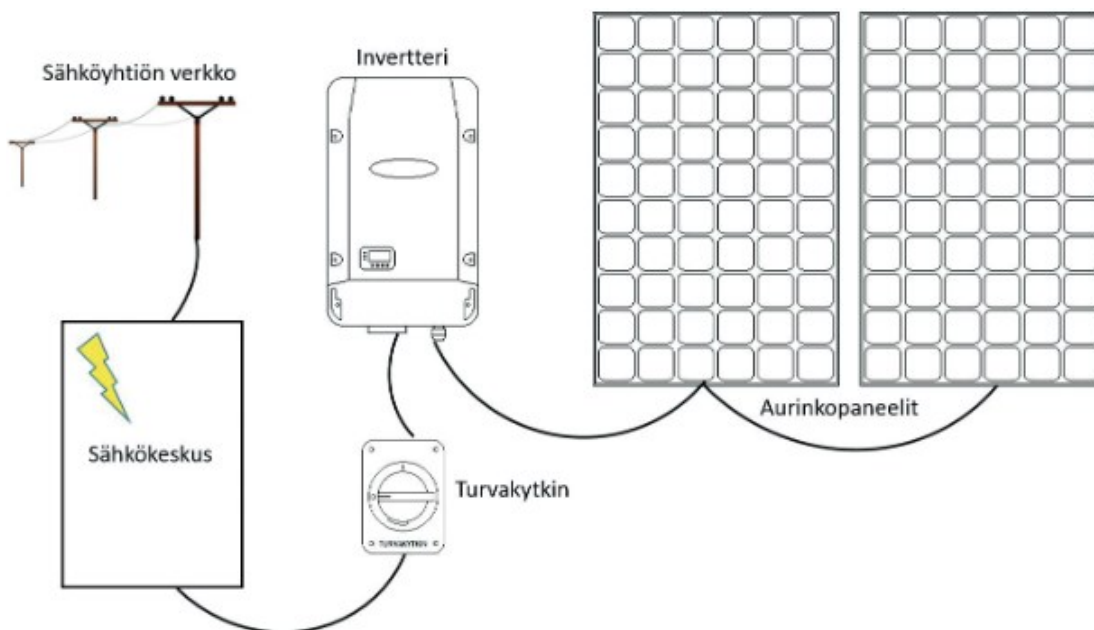
Aurinkolämpöjärjestelmällä kerätään aurinkoenergiaa talteen ja hyödynnetään suoraan rakennuksen lämmityksessä tai siirretään lämpövarastoon ja sitä kautta esimerkiksi rakennuksen lämmitysverkostoon. Hyvin suunnitellulla ja mitoitettulla aurinkolämpöjärjestelmällä voidaan vähentää ostoenergian määrää ja saada aikaan säästöjä lämmityskuluissa. Järjestelmä koostuu yleensä lämmönkeruulaitteistosta, lämpövarastosta ja lämmönsiirtoputkistosta. Laitteistossa lämpöä voidaan siirtää lämmönsiirtonesteen tai ilman avulla. (Aurinkolämpöjärjestelmät 2024.) Suomessa käytetyin keräintyyppi on tasokeräin, joka kerää sen pinnalle osuvan säteilyn absorptiolevyn avulla, josta lämpö siirtyy lämmönkeruunesteseen (Aurinkolämpöjärjestelmät 2019, 3).

Aurinkolämpöjärjestelmään kuuluu olennaisena osana lämmönvarastointi. Aurinkokeräimillä tuotettua lämpöä voidaan varastoida vesivaraajaan, lämpökaivoihin tai rakennuksen alle maaperään. (Aurinkolämmön passiivinen hyödyntäminen 2024.) Aurinkolämmön upottamisesta maaperään ei pidetä erityisen suositeltavana, koska siitä saadaan takaisin vain noin puolet häviöiden vuoksi. (Aurinkolämpöjärjestelmät 2019, 6). Suuresta ja niin sanotusta ylimitoitetusta aurinkolämpöjärjestelmästä saadaan kaikki hyöty irti varastoinnin avulla. Ilman varastointia ylimääräinen lämmitysenergia menee hukkaan, koska sitä ei voida hyödyntää. Tämä pienentää järjestelmän hyötysuhdetta.

Uusittavassa EPBD:ssä asetetaan vaatimuksia aurinkosähköjärjestelmän asentamisesta rakennuksiin. Kaikkiin olemassa oleviin rakennuksiin, joiden hyöty pinta-ala on yli 750 m<sup>2</sup> on toteutettava aurinkosähköjärjestelmä vuoteen 2028 mennessä, mikäli se on teknisesti, taloudellisesti ja toiminnallisesti toteutettavissa. (Ehdotus direktiivistä 2021/0426/EU, 64).

Aurinkosähköjärjestelmällä voidaan tuottaa päästötöntä sähköenergiaa ja vähentää kiinteistön ostoenergian määrää. Järjestelmä koostuu aurinkopaneeleista, kiinnitysjärjestelmästä, kaapeloinnista, verkkoinvertteristä ja erotuskytkimestä sekä mahdollisesti akkuvarasosta. Aurinkosähkön tuottaminen perustuu auringon säteilyenergian hyödyntämiseen. Aurinkosähköjärjestelmässä aurinkopaneelien sarjaan asennetuilla kennoilla kerätään auringon säteilyenergiaa, jonka puolijohdediodirakenteen avulla kerätty energia muutetaan tasavirraksi. Aurinkosähköjärjestelmään kytketyn invertterin avulla tasajännite muunnetaan vaihtojännitteeksi, jonka jälkeen tuotettu sähköenergia on käytettävissä vaihtosähköjärjestelmissä ja laitteissa. (ST 55.32 Verkkoon kytketyt aurinkosähköjärjestelmät 2019, 4.) Paras hyöty aurinkosähköjärjestelmästä saadaan, kun kaikki tuotettu sähkö käytetään kiinteistössä ja myytävän sähkön osuus jää vähäiseksi. Järjestelmän mitoituksessa olennaisena osana on sen taloudellinen kannattavuus. Taloudellista kannattavuutta voidaan arvioida esimerkiksi taksaisinmaksuajan pituudella, energian tuottohinnalla, sisäisellä korkokannalla tai nettonykyarvolla (ST-käsikirja 40 Aurinkosähköjärjestelmien suunnittelu ja toteutus 2023, 87–88).

Aurinkosähkön varastointiin voidaan käyttää akustoja. Järjestelmä voi olla verkkoon kytketty on-grid-järjestelmä tai sähköverkosta irrallaan oleva off-grid-järjestelmä. On-grid-järjestelmämuotoa käytetään yleisimmin asuinrakennuskohdeissa. Periaatteellinen On-grid-järjestelmän rakenne on esitetty kuvassa 2. Off-grid-järjestelmää käytetään pääsääntöisesti mökkijärjestelmänä, sekä muissa verkosta irrallaan olevissa kohteissa. (ST-käsikirja 40 Aurinkosähkøjärjestelmien suunnittelu ja toteutus 2023, 57.)



Kuva 2. On-grid aurinkosähkøjärjestelmän rakenne. (ST-käsikirja 40 Aurinkosähkøjärjestelmien suunnittelu ja toteutus 2023, 57)

Aurinkosähkøjärjestelmään liitettyjen akkuvarastojen avulla voidaan tasata kulutuksen vaihtelua. Akkuvarastoja voidaan käyttää kiinteistössä tuotetun tai kiinteistöön ostetun sähköenergian varastointiin myöhempää käyttöä varten. Perinteisesti kiinteistön akkuvarastot ovat lyijyakkuja, litiumioniakkuja tai nikkelipohjaisia akkuja. Akustot voivat olla tyypiltään suljettuja tai avoimia. Suljettuihin ja avoimiin akkutyyppeihin liittyy erilaisia hyötyjä, haittoja ja riskejä, siksi akkutyypin valitaan aina käyttökohteen mukaan. (ST 55.37 Akkuteknologiaan perustuvat energiavarastot 2023, 2)

Akkubarastojen sijoituksessa pitää huomioida akkujen erityisvaatimukset tilan ja käytön suhteen. Tilassa pitää huomioida, mikä on akkujen käyttötarkoitus, huol-

lettavuus, koko ja ilmanvaihdon tarve. Akun tyypistä riippuen ne sijoitetaan telille tai akuston säilytykseen tarkoitettuun kaappiin. Akustojen käyttöäksi voidaan parhaimmillaan luvata 10–15 vuotta, kun niitä huolletaan ja käytetään oikein valmistajan ohjeiden mukaisesti. Optimaalinen käyttöolosuhde akulle on noin 20 °C kuiva tila. Akkuihin liittyy myös henkilöturvallisuuteen liittyviä vaatimuksia suurien virtojen vuoksi. (ST 52.30.01 Akkuhuoneet ja varaamotilat 2022, 1–5).

On-grid-järjestelmissä akustojen hyödyntäminen on kuitenkin vielä tällä hetkellä harvinaista, mutta tulevaisuudessa akkutekniikan kehittyessä ja akustojen hintojen alentuessa kannattavuus saattaa nousta. Akusto vaatii tilaa ja säännöllistä huoltoa, mikä lisää ylläpidon tarvetta ja käyttökustannuksia. (ST-käsikirja 40 Aurinkosähköjärjestelmien suunnittelu ja toteutus 2023, 77.)

#### **4.1.1 Tontilla tuotetun uusiutuvan energian hyödyntäminen**

Hajautetussa sähköntuotannossa energia voidaan käyttää itse, ja myydä käytön ylijäävä osuus sähköverkkoon. Tontilla tuotetun sähköenergian käyttöä varten voidaan perustaa asunto-osakeyhtiössä energiayhteisö, joka koostuu energian kuluttajista, tuotantojärjestelmästä sekä mahdollisesti energiavarastoista. Energiayhteisöjen perustamisella tavoitellaan useimmiten energiaomavaraisuutta sekä taloudellisia hyötyjä (Energiayhteisöt sähkön tuotantoon ja jakeluun 2024).

Energiayhteisö voidaan toteuttaa hyvityslaskennalla tai takamittarointimenetelmällä. Kuvassa 3 on esitetty perinteinen taloyhtiön sähköverkon rakenne, joka on toteutettu takamittarointimenetelmällä. Hyvityslaskenta on otettu käyttöön Suomessa vuonna 2021 lakiuudistuksen myötä. Hyvityslaskentamallilla toteutetussa energiayhteisössä tuotetulla sähköllä pyritään kattamaan kiinteistösähkön osuus kokonaisuudessaan. Ylijäävä sähköenergia hyödynnetään energiayhteisön käyttöön, ja vasta sen jälkeen ylijäävä osa myydään sähköverkkoon. Tällöin saadaan suurin hyöty tontilla tuotetusta energiasta. (Energiayhteisömallit 2024.)



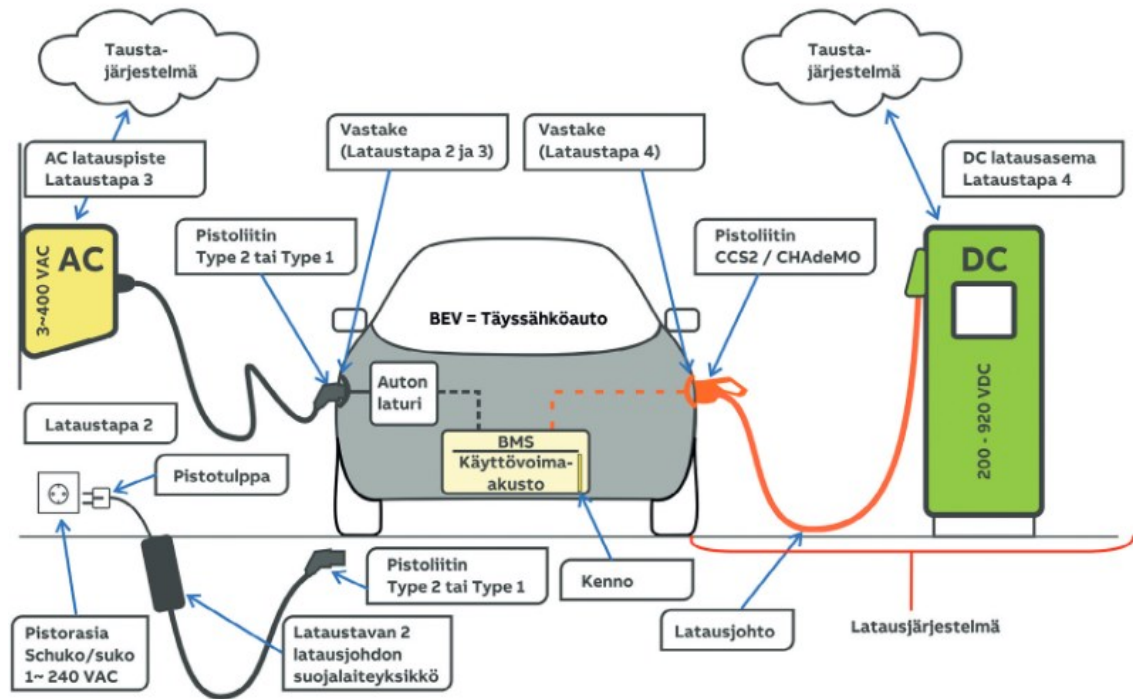
Yhteisön energianjakelusta vastaa jakeluverkonhaltija sopimuksen mukaisesti. Jakeluverkonhaltija myös ylläpitää energiayhteisöön liittyviä tietoja Datahub-palvelussa, jonka perustietoihin kuuluu muun muassa hyvityslaskentaan kuuluvat käyttöpaikat ja niiden jako-osuudet. (Energiayhteisömallit 2024.)

Hyvityslaskennalla toteutetut energiayhteisöt voidaan jaotella aktiivisten asiakkaiden ryhmiin ja energiayhteisöihin, joiden keskeisin ero on energiayhteisön perustamisessa. Aktiivisten asiakkaiden ryhmä voidaan perustaa yksittäisen tai useamman sähkön loppukäyttäjän toimesta. Paikallinen energiayhteisö toimii tietyn oikeushenkilön kautta. (Energiayhteisömallit 2024.)

Kiinteistön sisäinen energiayhteisö voidaan toteuttaa myös sähkön takamittarointimenetelmällä. Eroavaisuutena hyvityslaskentamenetelmään, takamittaroidussa kiinteistössä sähköverkkoyhtiö omistaa vain yhden sähkömittarin, joka mittaa koko kiinteistön sähköliittymää. Takamittaroidulla kiinteistöllä on yksi sähkösopimus, jolloin sähkölaskutuksesta vastaa asunto-osakeyhtiö, joka tarkoittaa, että asukkaalla ei ole enää mahdollisuutta oman sähkösopimuksen kilpailutukseen. Hyvityslaskennasta takamittarointimenetelmään siirtyminen vaatii yhtiöjärjestyksen muutoksen ja yhtiökokouksen yksimielisen päätöksen muutoksesta. (Energiayhteisömallit 2024.)

## **4.2 Sähköajoneuvojen latausjärjestelmä**

Rakennuksen energiatehokkuutta ei voida parantaa sähköajoneuvojen latausjärjestelmällä. Latausjärjestelmän toteutuksella voidaan edistää liikenteen sähköistymistä, koska se lisää sähköajoneuvon hankinnan kannattavuutta. Lisäksi se edistää vihreää siirtymää ja vähentää ajoneuvoliikenteessä syntyviä päästöjä. Latausinfra asentaminen tuo huomattavia investointikustannuksia, lisää energiankulutusta ja asettaa vaatimuksia kiinteistön sähköverkolle. Kuvassa 4 esitetään sähköajoneuvojen lataamiseen liittyviä yleisiä termejä.



Kuva 4. Sähköajoneuvon ja latausjärjestelmän termistöä. (ST-käsikirja 41 Sähköajoneuvot ja latausjärjestelmät 2022, 11)

Olemassa olevien rakennusten varustamisesta sähköajoneuvojen latauspisteillä ja latauspistevalmiuksilla on asetettu laki vuoden 2020 lokakuussa (Laki rakennusten varustamisesta sähköajoneuvojen latauspisteillä... 2020). Laki määrää laajamittaisesti korjattavan rakennuksen jokaisen pysäköintipaikan varustamisesta latauspistevalmiudella. Uusittavassa EPBD:ssä vaaditaan latauspisteiden esikaapeloinnin asentamisesta 50 prosenttiin kaikista rakennuksen pysäköintipaikoista, silloin kun rakennukseen kohdistetaan laajamittaisia korjaustoimenpiteitä. (Ehdotus direktiivistä 2021/0426/EU, 76).

Sähköajoneuvojen valmistajia on tullut markkinoille viime vuosina hyvin paljon. Seuraavaksi ajoneuvojen valmistajat ovat siirtymässä kokonaan pois polttomoottoriautomallien tuotannosta, mikä johtuu suureksi osaksi ilmastotavoitteista. Ajoneuvoliikenteen sähköistyessä latausinfra määrä kasvaa ja kehittyy erittäin vauhdikkaasti, joka taas asettaa vaatimuksia sähkönjakelulle. Täyssähköajoneuvoilla liikkeessä ei polteta lainkaan fossiilisia polttoaineita, jonka vuoksi negatiiviset ilmastovaikutukset ovat huomattavasti pienemmät, kuin polttomoottoriajoneuvolla liikkeessä. Sähköajoneuvolla liikkeessä kompensoidaan sen valmistuksessa syntyviä päästöjä. Voidaan arvioida, että tuotannosta syntyvät päästöt on

kompensoitu noin 60 000 ajokilometrin aikana. (ST-käsikirja 41 Sähköajoneuvot ja latausjärjestelmät 2022, 31.)

Vanhoissa olemassa olevissa rakennuksissa ei ole useimmiten huomioitu lataus-infran jälkiasennusmahdollisuutta, siksi latauspisteiden asennusmahdollisuutta pitää tarkastella useista näkökulmista. Latausinfra suunnittelussa pitää huomioida asennuskohteen asettamat rajoitteet, käyttäjien tarpeet sekä yleinen tekninen toteutettavuus.

Sähköajoneuvojen hetkittäinen latausteho saattaa kasvaa niin suureksi, että sähköjakelu rajoittaa ajoneuvojen akkujen lataamista. Rakennuksen sähköverkon kulutushuippuihin voidaan vaikuttaa monella tapaa, eikä sen pitäisi asettua esteeksi latausjärjestelmän asennukselle. Sähköverkosta ei voida ottaa enempää tehoa, mitä on tarjolla. Kuormanhallinta on yksi vaihtoehto, jonka avulla latausjärjestelmä voidaan sovittaa kiinteistön sähköverkkoon ilman laajoja verkon muutostöitä. Kuormanhallinnalla rajoitetaan, kuinka paljon latauspisteet ottavat tehoa. Esimerkiksi ilta-aikaan kohteen sähköverkko on hetkittäisesti kuormittuneimassa tilassa, tällöin huoneistot voidaan asettaa etusijalle dynaamisella ohjauksella siten, että latausjärjestelmän ottotehoa rajoitetaan portaittain. Toinen vaihtoehto on jakaa käytettävissä oleva teho tasaisesti kaikkien käyttäjien kesken. Kolmas vaihtoehto on antaa ensimmäisenä lataustapahtuman aloittaneelle täysi latausteho. Neljäs vaihtoehto on hyödyntää vuorottelua latauspisteiden välillä. Latausjärjestelmän kuormanhallinta ja ohjaus toteutetaan aina käyttäjien tarpeiden ja käytettyjen tuotteiden mukaan. (ST-käsikirja 41 Sähköajoneuvot ja latausjärjestelmät 2022, 76.)

Mikäli liittymän energiakapasiteetti ei ole riittävä latausjärjestelmän toteuttamiseksi, on mahdollista hankkia toinen sähköliittymä olemassa olevan sähköliittymän rinnalle, jolloin voidaan välttyä laajoilta kiinteistön sähköverkon muutostöiltä. Mikäli kiinteistön sähköverkko vaatii muutenkin uudistusta esimerkiksi käyttöään vuoksi, on liittymäkoon suurentaminen erinomainen vaihtoehto sähköautojen latausjärjestelmän toteuttamiseksi.

### 4.3 Valaistus

Rakennusten valaistuksessa käytetään sähköisiä valonlähteitä piha-alueilla ja sisätilojen valaistuksessa. Käytettävät valonlähteet valitaan aina tapauskohtaisesti käyttötarkoituksen mukaan. Vanhoissa kohteissa saattaa vieläkin olla käytössä loisteputkivalaisimia ja hehkulamppuja. Valaisimet ja valaistustekniikka tulee yleensä päivitettyksi vasta, kun valaisin tulee käyttöikänsä päähän. Silloin on kannattavaa tarkastella minkälaisia vaihtoehtoisia energiatehokkaampia ja kestävämpiä ratkaisuja kohteeseen soveltuu asennettavaksi.

Valaistuksen ohjauksella voidaan vaikuttaa energiankulutukseen. Valaisimien polttaminen turhaan on selkeää energian tuhlaamista. Kauttakulkutiloissa valaistuksen ohjaus on usein kannattavinta toteuttaa automaattisella liiketunnistuksella, jotta tilaa ei valaista turhaan. Ulkotiloissa valaistuksen ohjaus toimii usein automaattisesti aikaohjauksella ja hämäräkytkimellä. Yksittäisissä tiloissa ohjaus toteutetaan useimmiten käyttäjän itse ohjaamana. (ST 58.04 Ohjeita valaistuksen suunnitteluun ja toteutukseen 2022, 8)

Valaistuksen energiatehokkuuteen vaikuttaa valaistuksen ohjauksen ja säädön lisäksi energialähteen energiatehokkuus, liitäntälaitteen energiatehokkuus, päivänvalon hyödyntäminen, alenemakerroin ja valaisimen hyötykerroin. (ST 58.04 Ohjeita valaistuksen suunnitteluun ja toteutukseen 2022, 9). Valaistuksen energiankulutuksen osuus on hyvin pieni rakennuksen kokonaisenergiankulutuksesta, koska valaisimet kuluttavat hyvin vähän energiaa muihin rakennuksessa käytettäviin sähkölaitteisiin ja -järjestelmiin nähden.

### 4.4 Lämpöpumppu

Kiinteistössä voidaan vähentää ostoenergian määrää asentamalla lämpöpumppujärjestelmä, jolla on korkea hyötysuhdetta kuvaava lämpökerroin. Lämpöpumppujärjestelmissä lämpöenergiaa siirretään matalasta lämpötilasta korkeampaan lämpötilaan. Lämpöpumppuratkaisuja on monenlaisia. Lämpöpumput voidaan mitoittaa osatehoisiksi varajärjestelmiksi tai täystehoisiksi pääjärjestelmiksi. Lämpöpumppu voidaan hankkia käyttöveden lämmitykseen tai rinnakkaislämmi-

tykseksi. Järjestelmällä on useita teknisiä vaatimuksia, joten järjestelmän suunnittelu tulee tehdä huolellisesti. Järjestelmä suunnitellaan aina kohdekohtaisesti. (LVI 11-10332 2002.)

Lämpöpumppu käyttää sähköä primäärienergiana, jolloin järjestelmän suunnittelussa tulee huomioida sen vaikutus sähköverkkoon. Lämpöpumppu tarvitsee sähköenergiaa kompressorin pumppaustyöhön ja mitoitukselta riippuen lisälämmitykseen käytettäviin sähkövastuksiin. Lämpöpumpun sähköenergian kulutuksen määrän riippuu lämpöpumpputyypistä ja mitoitukselta. Osatehoiseksi mitoitettu järjestelmä tarvitsee lisäenergiaa, johon käytetään esimerkiksi sähköenergia. Täystehoiseksimitoitettu järjestelmä ei tarvitse lisäenergiaa kaiken lämmöntarpeen tuottamiseksi. (LVI 11-10332 2002.) Voidaan siis todeta, että suuressa kohteessa ja suurella lämpöpumpulla on merkittävä vaikutus sähköenergian kuluksiin.

Maalämpöpumppujärjestelmässä hyödynnetään kallioon, maaperään tai vesistöihin varastoitunutta aurinkoenergiaa. Lämpöenergiaa kerätään jäätymättömällä liuoksella, jota kierrätetään keruujärjestelmässä. Veteen ja maaperään sijoitettavat putkistot asennetaan vaakasuoraan, jonka vuoksi järjestelmä vaatii reilusti tilaa. Kallioperään asennettua lämmönkeruujärjestelmää kutsutaan lämpökai-voksi. Kallioperään asennetun järjestelmän ero on siinä, että keruujärjestelmä asennetaan pystysuoraan. (LVI 11-10332 2002, 3–4.) Maalämpöpumppu tarvitsee usein lisälämmitysvastukset tuottamaan kaiken tarvittavan lämpötehon. Maalämpöpumppua ei yleensä kannata mitoittaa kattamaan kokonaan rakennuksen huipputehontarvetta. Osatehomoituksella voidaan pidentää kompressorin ikää, vähentää sähkönkulutusta ja lämpökertoimen alenemista. Oikeanlaisella mitoittamisella maalämpöpumpusta saadaan kustannustehokas ja voidaan pidentää sen käyttöikää. (Maalämpöpumppu, 2022)

Poistoilmalämpöpumppu ottaa lämmitysenergiaa rakennuksesta poistettavasta energiasta. Lämpöpumppu siirtää lämmön hetkittäisen tarpeen mukaan tuloilmaan, lämpimään käyttöveteen tai vesikiertoiseen lämmitysjärjestelmään. Järjestelmä toimii parhaiten matalalämmitysverkossa. Poistoilmalämpöpumppu ei voi yksin toimia rakennuksen lämmityksen pääjärjestelmänä. Järjestelmä vaatii rinnalle lisälämmöntuottamiseksi esimerkiksi vesivaraajan sähkövastukset, jolla

saadaan tuotettua käyttöveden tarvitsema lämmitysenergia. (Poistoilmalämpöpumppu 2022.)

Ilma-vesilämpöpumppu ottaa lämmitysenergiaa talteen ulkoilmasta. Pumppu siirtää kerätyn lämpöenergian vesikiertoiseen lämmitysjärjestelmään. Ilma-vesilämpöpumppu on hyvä vaihtoehto toteuttaa kohteisiin, joihin ei kannata tai ei voi tontin rajoitusten vuoksi asentaa maalämpöjärjestelmää. Järjestelmä toimii korkean menoveden vuoksi paremmalla hyötysuhteella kohteissa, joissa on lattialämmitys, kuin patterilämmityksen kanssa. Lämpökerroin ja tehontuotto heikkenevät kovilla pakkasilla, minkä vuoksi pumppujärjestelmä tarvitsee rakennuksen koko lämmitysenergian tarpeen kattavan rinnakkaisjärjestelmän. (Ilma-vesilämpöpumppu 2022.)

Ilmalämpöpumppu kierrättää ulkoilmaa ja jäähdyttää sen, jonka jälkeen järjestelmä siirtää lämmön sisäilmaan. Järjestelmässä ulkoyksikkö ottaa ilmaa sisään, jonka jälkeen kompressori siirtää lämmön sisäyksikköön, ja sitä kautta huoneilmaan. Ilmalämpöpumppu ei yleensä sovellu yksin rakennuksen lämmityksen pääjärjestelmäksi, koska ulkolämpötilan pienentyessä järjestelmän hyötysuhde ja tehontuotto pienenevät. Järjestelmän etuna on, että sen asennus sopii niin vanhoihin kuin uusiinkin rakennuksiin. (ilmalämpöpumppu 2022.)

## 5 ENERGIATEHOKKUUDEN PARANTAMINEN KOHTEESSA

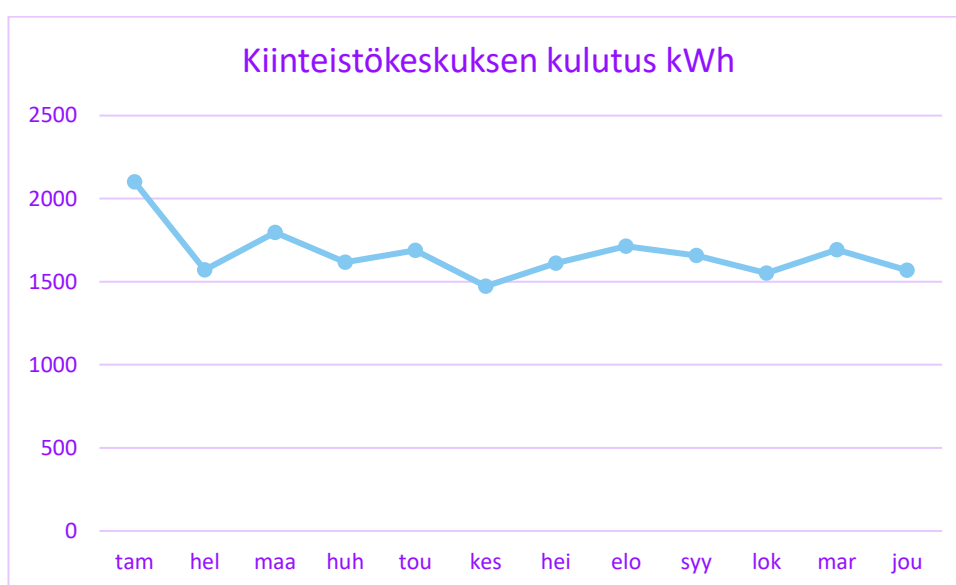
Energiatehokkuuden parantamistoimia kohteessa tarkastellaan edellisessä kappaleessa parhaimmiksi osoittautuneiden järjestelmien pohjalta ja tutkitaan niiden toteutusmahdollisuutta sekä vaikutuksia sähköjärjestelmään. Teknisen toteutavuuden lisäksi tarkastellaan vaihtoehtoja taloudellisesta näkökulmasta.

### 5.1 Aurinkosähköjärjestelmä

Kohdekäynnillä tehtiin havainnointia silmämääräisesti, jonka pohjalta tehtiin järjestelmänmallinnus. Kohdekäynnin aikana tarkasteltiin kohderakennusta, sekä sen ympäristöä. Silmämääräisten havaintojen perusteella kiinteistön piha-alueella oli useita suuria lehti- ja havupuita, mutta ne eivät varjosta aurinkosähköjärjestelmää merkittävästi. Puiden lisäksi muut rakennukset tai maaston muodot eivät aiheuta varjostushaittoja. Rakennus sijoittuu ilmansuunnallisesti tontille siten, että harjakaton molemmat lappeet ovat hyödynnettävissä aurinkosähköntuotantoon. Katon kaakonpuoleinen paneelikenttä tuottaisi energiaa auringonnoususta lähtien, kun taas luoteen puoleinen paneelikenttä tuottaisi parhaiten energiaa iltapäivästä lähtien. Kattopintaan on asennettu monia taloteknisiä elementtejä, jotka estävät tai rajoittavat paneelien asentamista koko kattopinnalle. Elementtien arvioiminen oli hankalaa kohdekäynnin aikana, koska vesikatolle ei ollut pääsyä. Katon materiaalina on käytetty peltikatetta, jonka ei pitäisi olla esteenä kiinnitysjärjestelmän asentamiselle. Katon kantavuuden tarkastelua ei ole sisällytetty tutkimuksiin. Käynnin aikana tarkasteltiin sähkökeskuksia sekä niiden käytettävyyttä.

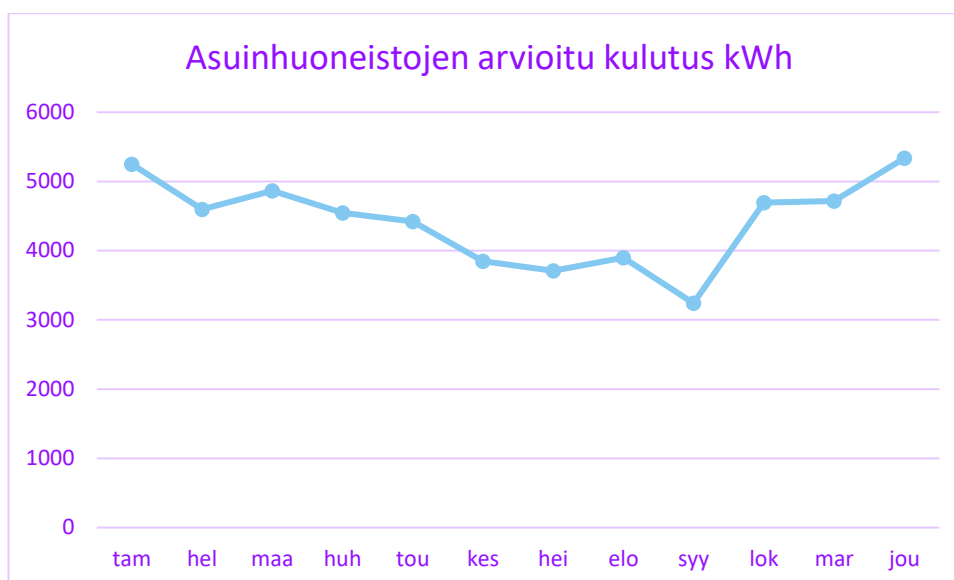
Järjestelmän kannattavuutta tarkastellaan nettonykyarvomenetelmällä. Käytetty laskentamenetelmä soveltuu erinomaisesti järjestelmän kannattavuuden arviointiin, koska siinä huomioidaan investoinnin kokonaistuotto tai -tappio investoinnin koko elinkaaren aikana. (ST-käsikirja 40 Aurinkosähköjärjestelmien suunnittelu ja toteutus 2023, 88.) Laskelmissa ei huomioitu mahdollisia sähköverkon muutostöitä. Kannattavuutta voidaan tarkastella myös muilla vaihtoehtoisilla investointilaskentamenetelmillä.

Kohteen kulutustietoja oli saatavilla rajoitetusti, joka vaikutti laskelmien todenmukaisuuteen, mistä johtuen koko liittymän kulutuksesta tehtiin arvio kannattavuuslaskelmia varten. Koko liittymän sähkönkulutus arvioitiin hyödyntämällä yhden asuinhuoneiston kulutustietoja vuoden 2023 ajalta ja Fingridin datahub -palvelusta saadun kiinteistökeskuksen kulutustietojen perusteella. Kuviossa 4 on esitetty kiinteistökeskuksen kulutuksenjakauma vuodelta 2023.



Kuvio 4. Kiinteistökeskuksen kulutus vuonna 2023.

Kuviosta 4. voidaan havaita, että kiinteistökeskuksen kulutus on suhteellisen tasaista vuoden ympäri. Asuinhuoneistojen yhteenlaskettu vuosikulutus arvioitiin asunnon A1 vuoden 2023 kulutustietojen perusteella kertomalla jokaisen kuukauden sähkönkulutus kohteen asuntojen määrällä. Huoneiston A1 pinta-ala vääristää kokonaisenergiankulutusta, koska se on yksi suurimmista huoneistoista koko rakennuksessa. Arvioidut kulutustiedot on esitetty kuviossa 5.



Kuvio 5. Asuinhuoneistojen arvioitu kulutus vuonna 2023.

Aurinkosähköjärjestelmän kannattavuuden tarkastelussa on tarpeellista huomioida koko kiinteistön sähkönkulutus, tällöin voidaan arvioida, kuinka suuri osuus tuotetusta sähköstä on mahdollista hyödyntää kiinteistössä. Mitä suurempi osuus tuotetusta sähköstä hyödynnetään kiinteistössä, sitä kannattavampi järjestelmä on.

Aurinkosähköjärjestelmän mitoituksessa pitää tietää kuinka suuri järjestelmä jakeluverkkoon voidaan liittää. Kohteessa on tällä hetkellä pääsulakkeena 3x 125 A, jolloin sähköliittymän yksivaiheinen mitoitusosikosulkuvirta on 715 A. Kun mitoitusosikosulkuvirta on 715 A, voidaan nykyiseen sähköverkkoon liittää maksimissaan 31,5 kW<sub>p</sub> järjestelmä. (ST-käsikirja 40 Aurinkosähköjärjestelmien suunnittelu ja toteutus 2023, 12.)

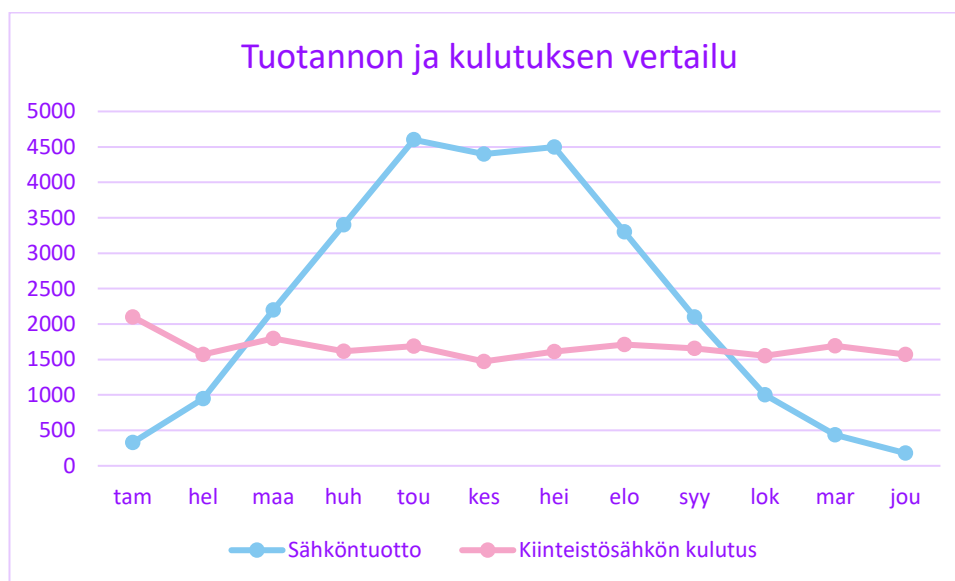
### 5.1.1 HelioScope

Helioscope on maksullinen suunnitteluohjelma, jonka avulla voidaan mallintaa aurinkosähköjärjestelmiä. Useiden lähtötietojen avulla saadaan mallinnettua erittäin todenmukainen asennusympäristö, huomioon ottaen kaikki varjostavat elementit sekä vuotuiset sääolosuhteet. Ohjelmisto käyttää Nasan paikkatietoja sekä sää tietoja, jotka perustuvat tilastolliseen dataan. Vuotuiset sääolosuhteet annetaan kymmenen kilometrin tarkkuudella. Ohjelmiston mallinnuksella saa-

daan tarkasteltua, kuinka suuri vuotuinen aurinkosähkön tuottopotentiali kohteessa on. Tarkastelun perusteella voidaan arvioida asennettavan aurinkosähköjärjestelmän koko, ja sitä kautta toteutettavuus. Simulaation avulla voidaan tarkastella järjestelmän kannattavuutta sekä tuotetun ja kulutetun sähkön suhdetta.

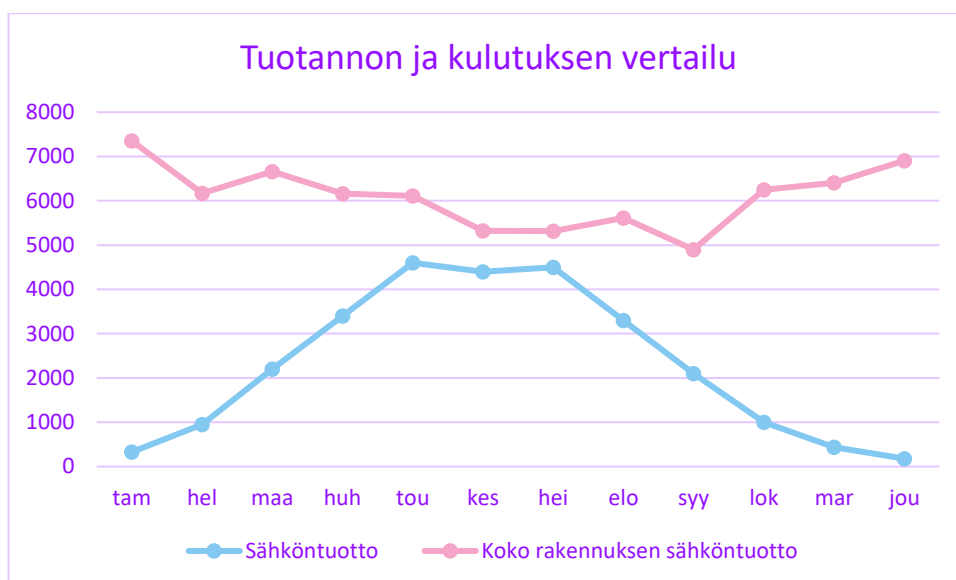
### 5.1.2 Simulointi

Helioscope ohjelmistolla saatiin valittujen tuotetietojen avulla käsitys, kuinka suuri aurinkovoimala rakennuksen katolle on mahdollista asentaa. Hyödyntämällä rakennuksen katon molemmat lappeet, katolle mahtuisi yhteensä 130 aurinkopaneelia, jolloin järjestelmän koko olisi 39.0 kW<sub>p</sub> ja vuosituotto 27.5 MWh. Aurinkosähkön hyödyntäminen pelkästään kiinteistösähkön kulutukseen ei ole kannattavaa, koska ylijäävää sähköä on hyvin paljon, joka voidaan nähdä kuviosta 6.



Kuvio 6. Tuotannon ja kulutuksen vertailu.

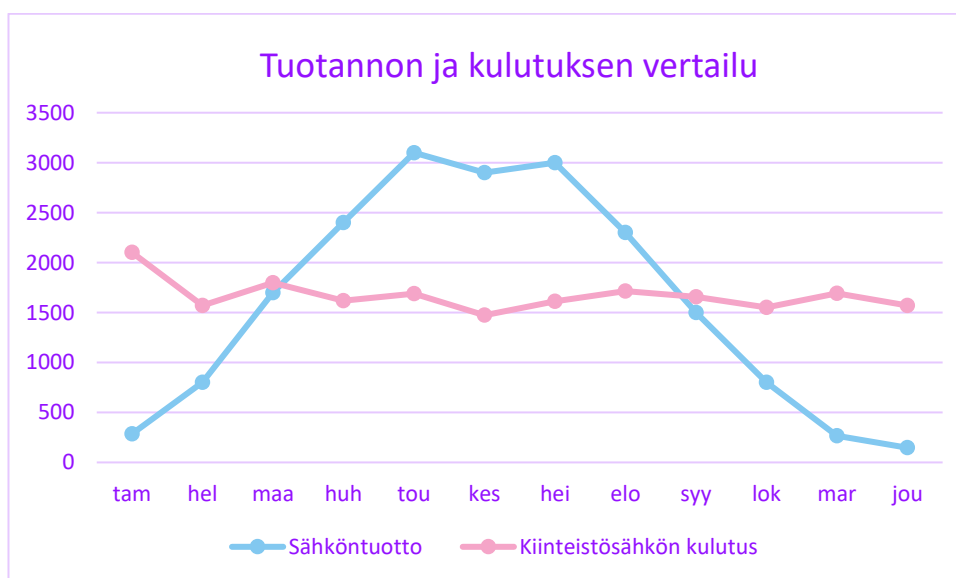
Kuviosta 6. voidaan huomata, että aurinkosähkön vuosituotto kattaisi kiinteistösähkönkulutuksen 137 %, joka tarkoittaa, että myyntiin menisi vähintään 37 % kaikesta tuotetusta sähköenergiasta, joka vastaisi kohteessa yhteensä 10 MWh. Aurinkosähkön ylijäävän osuuden tarjoaminen asukkaille olisi kannattavaa, joka voidaan havaita kuviosta 7.



Kuvio 7. Tuotannon ja kulutuksen vertailu.

Kuviosta 7 voidaan huomata, että kaikki tuotettu sähköenergia tulisi mahdollisesti käytettäväksi kohteessa, jos kohteessa perustettaisiin energiayhteisö, ja siten ylijäävä energian tarjottaisiin asukkaiden käyttöön. Kohteen vuotuisesta kulutetusta sähköenergiasta voidaan simuloinnin perusteella kattaa jopa 51 %.

Toisessa skenaariossa katon pinta-alasta voitaisiin hyödyntää ainoastaan kaakon puoleinen lape, jolloin aurinkopaneeleja olisi 77, jolloin järjestelmän koko olisi 23 kW<sub>p</sub> ja vuosituotto 19 MWh. Pienemmän aurinkosähköjärjestelmän tuoton ja kiinteistösähkön kulutuksen suhde on kuvattu kuviossa 8.



Kuvio 8. Tuotannon ja kulutuksen vertailu.

Kuvion 8 vertailusta voidaan huomata, että ylijäävää energiaa on paljon. Kesällä tuotetusta energiasta lähes puolet menisi myyntii, eikä investointi täten ole järkevä kiinteistösähkön kulutuksen kattamiseksi.

39,0 kW<sub>p</sub> aurinkosähköjärjestelmä ei ole toteutettavissa kohteen nykyisellä sähköliittymällä, koska nykyinen sähköliittymä sallii 31,5 kW<sub>p</sub> aurinkosähköjärjestelmän liittämisen verkkoon. Sähköliittymäkoon muuttaminen 3x 160 A kokoiseksi, se mahdollistaisi 41,8 kW<sub>p</sub> aurinkosähköjärjestelmän liittämisen verkkoon. 3x 160 A sähköliittymän yksivaiheinen mitoitusoikosulkuvirta olisi 950 A.

### 5.1.3 Kannattavuuden arviointi

Järjestelmän kannattavuutta voidaan arvioida investointilukujen sekä tuotetun energiamäärän perusteella. Kaikki tämän kappaleen laskelmissa käytetyt menot ja tulot perustuvat arvioihin, jonka takia saadut tulokset ovat suuntaa antavia. Tässä kappaleessa kannattavuutta tarkastellaan nettonykyarvomenetelmän avulla, johon käytettiin Aalto-yliopistossa kehitettyä avoimen datan aurinkosähkön kannattavuuslaskuria. Laskuriin syötettiin useita eri lähtötietoja, joiden avulla elinkaaren nettonykyarvo ja takaisinmaksuaika arvioitiin. Saaduille tuloksille tehtiin herkkyystarkastelua, jonka pohjalta saatiin käsitys kuinka merkittäviä laskennassa käytetyt muuttujat ovat.

Laskennassa käytetään 30 vuoden ajanjaksoa. Sähkön kokonaishinnaksi arvioitiin 10 snt/kWh, johon sisältyy energiamaksu, siirtomaksu, verot ja huoltovarmuusmaksu. Laskennassa sähkön hinnan oletetaan nousevan 2 %/vuosi, joka tarkoittaa, että 30 vuoden kuluttua sähkön hinta olisi kokonaisuudessaan 18 snt/kWh. Aurinkosähköjärjestelmän tuottotiedot saatiin Helioscope -ohjelmiston simulaatiosta, kiinteistösähkön kulutustiedot Fingridiltä sekä koko kiinteistön sähkönkulutus yhden asunnon kulutusprofiilin ansiosta. Järjestelmän koko on 130 paneelia, jolloin järjestelmän teho olisi 39 kW<sub>p</sub>, ja vuosituotto noin 27,5 MWh. Laskennassa huomioidaan aurinkovoimalan 0,5 % vuosituotannon vähenemä. Järjestelmän omakäyttöosuudeksi arvioidaan 90 %, ylijäämän myyntihinnaksi

oletetaan 2,0 snt/kWh. Järjestelmän hinnaksi arvioidaan 1000 €/kW<sub>p</sub>. Kun energia-avustuksen osuus koko investoinnista on 10 %, on koko järjestelmän avaimet käteen -investointikustannus 35 100 €. Laskennassa oletetaan, että koko investointi rahoitetaan lainarahoituksella. Laina-aika olisi 5 vuotta ja rahoituksen korko 3 %. Ylläpitokustannuksiksi arvioitiin 100 €/vuosi. Simuloinnin tuloksilla ja rahoituskustannuksien avulla järjestelmän nettonykyarvoksi saatiin 30 vuoden ajanjaksolla 50 932 € ja takaisinmaksuajaksi 14 vuotta. Yleensä aurinkosähkö järjestelmän takaisinmaksu aika on 8–22 vuotta (ST-käsikirja 40 Aurinkosähköjärjestelmien suunnittelu ja toteutus 2023, 87).

Kannattavuuden arvioinnissa hyödynnettiin herkkyystarkastelua, jossa muuttujina oli sähkön kokonaishinta, järjestelmän investoinnin vertailuhinta ja kolmannessa kohdassa ylijäämäosuuksien määrä prosentteina. Herkkyystarkastelun tulokset esitettynä kuvassa 5, jossa muuttuja on keltaiseksi värjättyssä solussa.

	1.	2.	3.	4.	5.
Järjestelmän koko (kW)	39	39	39	39	39
Järjestelmän vertailuhinta (€/kW)	1000	1000	1000	1000	1000
Sähkön hinta snt/kWh	5	7,5	10	12,5	15
Ylijäämäosuus (%)	10	10	10	10	10
Takaisinmaksuaika (a)	27	19	14	11	9
Nettonykyarvo (€)	4725	27 828	50 932	74 036	97 139

	1.	2.	3.	4.	5.
Järjestelmän koko (kW)	39	39	39	39	39
Järjestelmän vertailuhinta (€/kW)	800	900	1000	1100	1200
Sähkön hinta snt/kWh	10	10	10	10	10
Ylijäämäosuus (%)	10	10	10	10	10
Takaisinmaksuaika (a)	11	12	14	16	17
Nettonykyarvo (€)	59 039	54 986	50 932	46 878	42 825

	1.	2.	3.	4.	5.
Järjestelmän koko (kW)	39	39	39	39	39
Järjestelmän vertailuhinta (€/kW)	1000	1000	1000	1000	1000
Sähkön hinta snt/kWh	10	10	10	10	10
Ylijäämäosuus (%)	20	15	10	5	0
Takaisinmaksuaika (a)	16	15	14	13	12
Nettonykyarvo (€)	42 717	46 825	50 932	55 039	59 146

Kuva 5. 39 kW<sub>p</sub> aurinkosähköjärjestelmän herkkyystarkastelu.

Herkkyystarkastelun perusteella voidaan todeta, että merkittävin tekijä aurinkosähköjärjestelmän hankinnassa on ostosähkön hinta. Ostosähkön hintaa on kuitenkin hyvin vaikea arvioida pitkälle tulevaisuuteen. Ostosähkön hinnalla on suuri merkitys, koska paikallisesti tuotetulla sähköllä voidaan pienentää sähköenergian ostosta koituvia kuluja. Ostosähkön ollessa kallista, itse tuotetulla sähköllä voidaan tällöin tehdä merkittäviä taloudellisia säästöjä.

Toinen kannattavuustarkastelu tehtiin siten, että järjestelmä mitoitettiin huomattavasti pienemmäksi. Sähköä tuotettaisiin ainoastaan kiinteistösähkön tarpeisiin ja ylijäävä osuus myytäisiin takaisin verkkoon 2 snt/kWh hinnalla. Kiinteistösähkön vuosikulutus oli 20,0 MWh vuonna 2023, jota käytetään laskennassa korvattavan energian määränä. Paneelikenttä sijoittuisi katon kaakon puoleiselle lappeelle, jolloin järjestelmän koko olisi 77 paneelia, joiden teho olisi 23 kW<sub>p</sub>, ja vuosituotto noin 19,2 MWh. Sähkön hinta olisi 10 snt/kWh ja hinnan nousu 2 %/vuosi. Investoinnin rahoitus toteutettaisiin samalla tavalla kuin suuremmassa järjestelmässä

Simulaation perusteella sähköä menisi myyntiin huhtikuun ja elokuun välisenä aikana jopa kolmasosa kaikesta tuotetusta sähköenergiasta, joka tarkoittaa 5,6 MWh määrää. Voidaan todeta, että järjestelmä olisi ylimitoitettu, koska myyntiin menee hyvin suuri osa tuotetusta sähköenergiasta. Simuloinnin tuloksilla ja rahoituskustannuksien avulla järjestelmän nettonykyarvoksi saatiin 30 vuoden ajanjaksolla 39 304 € ja takaisinmaksuajaksi 12 vuotta.

Mikäli taloyhtiöön perustettaisiin energiayhteisö, ja tuotetun sähkön ylijäävä osuus jyvitetään rakennuksen asukkaille, voidaan herkkyystarkastelu suorittaa samoilla muuttuvilla arvoilla, kuin suuremmassa järjestelmässä. Muuttujina käytettiin sähkön kokonaishintaa, järjestelmän investoinnin vertailuhintaa ja kolmannessa kohdassa ylijäämäsähkön määrää. Herkkyystarkastelu esitetty kuvassa 6, jossa muuttuja on keltaiseksi värjättyssä solussa.

	1.	2.	3.	4.	5.
Järjestelmän koko (kW)	23	23	23	23	23
Järjestelmän vertailuhinta (€/kW)	1000	1000	1000	1000	1000
Sähköhinta snt/kW	5	7,5	10	12,5	15
Ylijäämäosuus (%)	10	10	10	10	10
Takaisinmaksuaika (a)	24	17	12	9	8
Nettonykyarvo (€)	6 919	23 111	39 304	55 496	71 689

	1.	2.	3.	4.	5.
Järjestelmän koko (kW)	23	23	23	23	23
Järjestelmän vertailuhinta (€/kW)	800	900	1000	1100	1200
Sähköhinta snt/kW	10	10	10	10	10
Ylijäämäosuus (%)	10	10	10	13	10
Takaisinmaksuaika (a)	9	11	12	13	15
Nettonykyarvo (€)	44 085	41 696	39 304	36 913	34 523

	1.	2.	3.	4.	5.
Järjestelmän koko (kW)	23	23	23	23	23
Järjestelmän vertailuhinta (€/kW)	1000	1000	1000	1000	1000
Sähköhinta snt/kW	10	10	10	10	10
Ylijäämäosuus (%)	20	15	10	5	0
Takaisinmaksuaika (a)	13	12	12	11	11
Nettonykyarvo (€)	33 546	36 425	39 304	42 183	45 061

Kuva 6. 23 kWp aurinkosähköjärjestelmän herkkyytarkastelu.

Myös pienemmän järjestelmän herkkyytarkastelun perusteella voidaan todeta, että ostosähkön hinta on merkittävin tekijä aurinkosähköjärjestelmän hankinnassa. Jos järjestelmän kannattavuutta mitataan takaisinmaksuajan pituudella, voidaan huomata, että toiseksi merkittävin muuttuja on järjestelmän vertailuhinta. 800 €/kW<sub>p</sub> vertailuhintaa ei voida kuitenkaan pitää kovin realistisena tässä tapauksessa, koska järjestelmän vertailuhinta laskee, mitä suuremman järjestelmän hankinnasta on kyse.

## 5.2 Sähköajoneuvojen latausjärjestelmä

Sähköajoneuvojen latausjärjestelmä voidaan mitoittaa usealla tapaa. Mitoituksessa on kuitenkin eroa, tehdäänkö se uudisrakennukseen vai olemassa olevaan rakennukseen. Olemassa olevaan rakennukseen toteutettavan järjestelmän suunnittelun alkuvaiheessa täytyy tietää, kuinka kuormitettu nykyinen sähköverkko on, jotta tiedetään, kuinka paljon tehoreserviä on jäljellä. Kuormitettavuus-

den tarkasteluun tarvitaan lähtötiedoksi nykyisen sähköverkon teoreettinen huipputeho, joka saadaan laskettua pääjännitteen, virran ja tehokertoimen avulla kaavalla 1.

$$P_m = \sqrt{3} * U * I * \cos\varphi \quad (1)$$

$$P_m = \sqrt{3} * 400 \text{ V} * 125 \text{ A} * 0,96 = 83 \text{ kW}$$

Tehokapasiteetti saadaan laskettua teoreettisen huipputehon ja toteutuneen tunnin ajalta mitatun huipputuntitehon erotuksella kaavasta 2. Mitattu huipputuntitehotieto saatiin paikalliselta sähköverkkoyhtiöltä.

$$P_{käyt} = P_m - P_{huip} \quad (2)$$

$$P_{käyt} = 83 \text{ kW} - 18 \text{ kW} = 65 \text{ kW}$$

Käytettävissä olevan 65 kW avulla voidaan arvioida, miten suuri sähköajoneuvojen latausjärjestelmä voidaan toteuttaa kohteessa. Kaavan 2 laskelmasta voidaan huomata, että verkossa on tehokapasiteettia reilusti jäljellä, eikä nykyisellä liittymällä ole ylikuormitusvaara.

Kaupunkialueella rakennukseen sijoitetun latausjärjestelmän käyttötarve on profiiltaan erilainen, kuin esimerkiksi maaseudulla eri pituisten välimatkojen vuoksi. Tämän työn laskelmissa arvioidaan yhden ajosuoritteen olevan 100 km latausten välissä. Lataustapahtumaan vaikuttaa merkittävästi latausaika, joka asettaa vaatimuksia latausteholle. Asuinrakennuksen verkon kuormituksen kannalta lataustapahtuman olisi kannattavaa sijoittaa niille tunneille, kun verkossa on vähän kuormitusta. Tarkastelukohteessa lataustapahtuma tulisi sijoittaa yöajalle, jolloin yhden latauskerran aika voisi olla jopa 10 tuntia. Ajoneuvonlatausjärjestelmä voidaan mitoittaa kaavalla 3, kun tiedetään haluttu ajosuorite yhdellä latauskerralla, ladattavien ajoneuvojen määrä ja latauskerran aika. (ST 13.31 Rakennuksen sähköverkon ja pienjänniteliittymän mitoittaminen 2021, 5.)

$$P_{järjestelmä} = \frac{ajosuorite \text{ (km)} * 0,2 \frac{\text{kWh}}{\text{km}} * n_{auto}}{latauskerran \text{ aika } h} \quad (3)$$

$$P_{järjestelmä} = \frac{100\text{km} * 0,2 \frac{\text{kWh}}{\text{km}} * 11}{10\text{h}} = 22 \text{ kW}$$

Kaavan 3 mitoituksella järjestelmän koko olisi 22 kW, jolloin kuormitusvirta olisi 3x 31 A, johon riittäisi 3x 35 A sähkökeskus. Jokaiselle pysäköintipaikalle olisi teoreettisesti tarjolla 2 kW latausteho, joka ei olisi toteutettavissa kohteessa tämän hetken keskuksilla ja keskuskomponenteilla, koska pääkeskuksesta löytyy ainoastaan yksi vapaa 3x 25 A varokelähtö. Jokaisen pysäköintipaikan varustaminen latauspisteellä ei onnistuisi kaavan 3 mitoituksella. Latauspisteiden asentaminen osaan pysäköintipaikoista olisi kuitenkin mahdollista, joka voidaan todistaa kaavan 3 arvoja muuttamalla siten, että sähköistettyjä autopaikkoja olisi 11 sijaan kuusi.

$$P_{järjestelmä} = \frac{100\text{km} * 0,2 \frac{\text{kWh}}{\text{km}} * 6}{10\text{h}} = 12 \text{ kW}$$

Kuuden autopaikan sähköistyksellä järjestelmän koko olisi 12 kW, jolloin kuormitusvirta olisi 3x 17 A, johon riittäisi 3x 25 A sähkökeskus. Kuuden autopaikan sähköistykseen olisi yksi vapaa 3x 25 A varokelähtö kiinteistön pääkeskuksessa.

Tulevaisuuden lataustarpeet voidaan huomioida vain arvioimalla, koska ei ole tarkkaa tietoa todellisesta latausjärjestelmän tarpeesta. Siksi on hyvä huomioida myös suuritehoiset kolmivaiheiset latauspisteet, sekä niiden vaikutukset järjestelmän suunnitteluun. Osa järjestelmän latauspisteistä voidaan suunnitella kolmivaiheisena, jolloin latauspisteet saattavat olla kokoluokaltaan 3x 16 A eli 11 kW, jolloin ajoneuvon lataustapahtuma olisi kestoltaan lyhyempi, ja akunvaraus täytyisi huomattavasti 2 kW lataustehoa nopeammin. Mikäli latauspisteet toteutettaisiin 3x 16 A, tulisi johdotuksen olla vähintään 5x 2,5 mm<sup>2</sup> tai MCMK 4x 2,5/2,5 mm<sup>2</sup>. Latausjärjestelmän johdotukset tulisi toteuttaa säteittäin siten, että jokaiselle latauspisteelle tulisi oma ryhmäjohto.

Voidaan todeta, että edellä esitettyjen laskelmien perusteella nykyinen liittymä riittäisi latausjärjestelmän toteuttamiseen, mutta sähkökeskusten kokoonpanoa

pitäisi todennäköisesti muuttaa. Taloyhtiössä on pohdittava, kuinka suuri ja välitön tarve sähköajoneuvonlatausjärjestelmälle on. Väliaikaisratkaisuna nykyisiä lämmitystolppia voidaan käyttää sähköajoneuvojen lataamiseen, mikäli se on teknisesti toteutettavissa. Nykyisiä lämmitystolppia voidaan hyödyntää, jos kotelon kalustaminen onnistuu siten, että tarvittavat lisäkomponentit ovat asennettavissa. Vaihtoehtoisesti nykyiset lämmitystolpat voidaan vaihtaa kokonaan lämmitystolppamalleihin, jotka soveltuvat sähköajoneuvon lataamiseen. Lämmitystolpat eivät kuitenkaan sovellu pitkäaikaiseen latauskäyttöön, suuren jatkuvan kuormituksen vuoksi.

Nykyisen liittymäkoon muuttamisesta tulisi kustannuksia liittymäkoon kasvattamisesta, lisääntyvistä ylläpitomaksuista sekä kiinteistön sähköverkon muutostöistä. Helenin sähköverkko -palvelusivuston hinnastossa annetaan liittymille kiinteä hinta aina 3x 200 A liittymään asti, josta suuremmat liittymät määräytyvät 45 €/A alv 0 % mukaisesti. Liittymien ylläpitomaksu määritellään kaapelikoon mukaan. Kohteen liittymiskaapeliin on tehty jatkos, joka sijaitsee rakennuksen sisällä. Jatkos on kooltaan 70mm<sup>2</sup>. Pienjänniteverkon 70 mm<sup>2</sup> liittymiskaapelin ylläpitokustannus on vuodessa 385 € alv 0 %. 185 mm<sup>2</sup> on suurin kaapelikoko, jolle on määritetty kiinteä 660 €/vuosi ylläpitokustannus.

Nykyinen sähköliittymä voidaan pitää entisellään, jos hankintaan rinnakkaisliittymä sähköajoneuvon latausjärjestelmää varten. Uusi erillinen sähköliittymä mahdollistaa erittäin tehokkaan ja suorituskykyisen latausjärjestelmän asentamisen. Rinnakkaisliittymän hankinnalla ei voida kuitenkaan välttyä lisäkustannuksilta. Lisääntyviä kustannuksia tulee uuden liittymän hankinnasta, perusmaksusta sekä liittymän ylläpidosta. Uusi liittymä tarvitsee uuden jakokeskuksen, johon liittytäjohto tulee. Rinnakkaisliittymän hankinnan mahdollisuuksista täytyy tiedustella paikalliselta verkkoyhtiöltä.

### 5.2.1 Hintavertailu

Sähköajoneuvon latausjärjestelmän hankintahintaan vaikuttaa moni tekijä. Merkittävimpiä tekijöitä ovat latauspisteiden määrä ja sähköverkkoon tehtävät muutokset sekä mahdolliset kaivuutyöt. Hintavertailuissa ei huomioitu mahdollisista sähköverkon muutostöistä koituvia kustannuksia.

Nordicplug.fi sivuston arvion mukaan 11 kW latausasema maksaa noin 897 €. Hitaamman 3,7 kW latausaseman saa alimmillaan 629 €. Mikäli kohteeseen asennetaan yhteensä 11 hitaan lataustavan latauspistettä, tulee laitteisto maksamaan yhteensä 6919 €, johon ei ole huomioitu asennuskustannuksia. Latauspisteen asennuskustannus maksaa noin 399–599 €, joka sisältää johdotuksen, asennuksen, käyttöönottomittauksen sekä käytönopastuksen. (Ikonen 2023.)

Helen.fi sivuston hinta-arviolaskurilla voidaan arvioida taloyhtiön latausratkaisun kustannuksia. 10 latauspistevalmiuden sekä yhden latauspisteen seinäasennukselle kertyisi hintaa yhteensä 16 350 € alv. 0. Asennettava latauspiste suoriutuisi 3,7–22 kW lataustehoon, sekä laite tukisi dynaamista kuormanhallintaa. (Sähköautojen lataus taloyhtiössä 2023.)

EVlataa.fi sivuston mukaan latauspisteen keskimääräiset hinnat ovat asennettuna 1500–3500 € riippuen asennus olosuhteista. Kustannuksiin sisältyy latauslaite, asennustyö sekä mahdolliset lisävarusteet. Halvimmillaan 11 latauspisteen toteutus maksaisi kokonaisuudessaan 16 500 €. (Peltonen 2024.)

### **5.3 Lämpöpumppu**

Tässä työssä käytetyt lämpöpumppujen mitoitusarvot ovat arvioita. Mitoitusarvot ovat keskimääräisiä muista vastaavista saman kokoluokan kohteista, ja siksi soveltuvat tämän kohteen arviointiin.

Jotta poistoilmalämpöpumppua ei tarvitsisi mitoittaa täysitehoiseksi, järjestelmä tarvitsee lisäenergiaa kaiken tarvittavan lämpötehon tuottamiseksi. Lisäenergia voidaan tuottaa järjestelmän sähkövastuksien avulla. Kohteeseen soveltuvan poistoilmalämpöpumpun mitoitus-teho olisi arviolta 60 kW ja vastuksen ottama sähköteho 20–25 kW. Tällöin lämpöpumppu mitoitettaisiin 75 % osatehoiseksi.

Kylmimpään vuodenaikaan lämmitysenergian tarve on suurimmillaan, jolloin sähkövastus ottaa verkosta kaiken saatavilla olevan tehon. 25 kW tehopiikki asettaa merkittäviä vaatimuksia sähköverkolle ja sen suorituskyvyille. Lämpöpumpun kuormitusvirta olisi tällöin 3x 38 A eli 3x 50 A keskuslähtö olisi riittävä lämpöpumpulle. Rakennuksen tämänhetkisissä sähkökeskuksissa ei ole tarvittavia komponentteja järjestelmän toteuttamiseksi, jolloin lämpöpumppujärjestelmän asennus edellyttää rakennuksen sähköverkon muutostöitä.

Myös maalämpöpumppujärjestelmän mitoituksessa käytettiin arvioita järjestelmän mitoitusarvoista. Maalämpöpumppu kattaisi rakennuksen 200 kW:n lämmitystehontarpeen kokonaan. Lämpöpumpun lämpöteho olisi 120 kW, jolloin sähkövastuksen teho olisi 80 kW. Tällöin lämpöpumpun osatehmitoitus kattaisi 60 % rakennuksen lämmitystehon enimmäistarpeesta. Sähkövastuksen lisäksi järjestelmän kompressori vaatii 30 kW sähkötehon, joka asettaa myös vaatimuksia sähköverkolle. Maalämpöpumppujärjestelmän yhteenlaskettu sähkötehon tarve olisi 110 kW. Järjestelmän kuormitus virta on 3x 167 A, jos järjestelmän mitoituksessa samanaikaisuuskerroin olisi 1. Lämpöpumppujärjestelmä tarvitsisi 3x 200 A sähkökeskuksen, jolloin järjestelmän toteutus ei onnistuisi rakennuksen tämänhetkisellä sähköverkolla ja keskuskomponenteilla. Järjestelmän asennus edellyttää rakennuksen sähköverkon muutostöitä.

## 6 POHDINTA

Työn oli tarkoitus painottaa päivitettävän EPBD:n muutoksiin ja niiden mahdollisiin rakennussektoriin kohdistuviin vaikutuksiin. Direktiivin päivitys oli tiedonhakuhetkellä kesken, joten direktiivin lopullisesta versiosta ei ollut vielä tietoa. Vaikka direktiivi olisikin juuri saatu EU:n toimesta hyväksytyä, menisi sen tuomisessa Suomen lainsäädäntöön vielä 24 kuukautta. Tämän takia työssä käytettiin tiedonhakuhetkellä noudatettavien lakien ja ohjeistuksien asettamia vaatimuksia.

Järjestelmien mitoituksessa ja investointilaskelmissa käytettiin kohteesta saatujen tietojen lisäksi arvioituja lähtötietoja, jotka vaikuttavat työn tulosten luotettavuuteen. Tutkimukset antavat taloyhtiölle käsityksen järjestelmien suuruusluokista ja niiden investointikustannuksista.

Rakennus pitää nähdä yhtenä kokonaisuutena, eikä vain jaoteltuna erilaisiin järjestelmiin. Taloyhtiön energiaremontin suunnittelussa tulee huomioida järjestelmien yhteensovitus, käyttäjien tarpeet ja tulevaisuuden näkymät. Olennaista remonteissa oin myös niiden kustannusten vertailu niistä saataviin hyötyihin. Uusien ja modernien järjestelmien myötä myös käyttäjän vastuu tehokkaasta energiankäytöstä korostuu.

## LÄHTEET

55-valmiuspaketti. 2023. Euroopan unionin neuvosto. Viitattu 12.2.2024.

<https://www.consilium.europa.eu/fi/policies/green-deal/fit-for-55-the-eu-plan-for-a-green-transition/>

Aurinkolämmön passiivinen hyödyntäminen. 2024. Motiva. Viitattu 20.3.2024.

[https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva\\_energia/aurinkolampo/aurinkolammon\\_passiivinen\\_hyodyntaminen](https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkolampo/aurinkolammon_passiivinen_hyodyntaminen)

Aurinkolämpöjärjestelmät. 2024. Motiva. Viitattu 20.3.2024.

[https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva\\_energia/aurinkolampo/aurinkolampojarjestelmat](https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkolampo/aurinkolampojarjestelmat)

RT 103077 Aurinkolämpöjärjestelmät. 2019. RT-kortisto. Viitattu 25.3.2024.

Vaatii käyttöoikeuden. <https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/RT%20103077>

Ehdotus direktiivistä 2021/0426/EU. Proposal for a DIREKTIVE OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL on the energyperformance of buildings. EU-neuvosto 20.9.2023. Viitattu 14.2.2024.

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32023L1791>

Energiatodistus. 2024. Motiva. Viitattu 6.2.2024.

[https://www.motiva.fi/koti\\_ja\\_asuminen/energiatehokas\\_pientalo/energiatodistus](https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/energiatehokas_pientalo/energiatodistus)

Energiatodistusrekisteri. 2018. Viitattu 6.2.2024.

<https://www.energiatodistusrekisteri.fi/energiatodistus?id=101055&versio=2018>

Energiayhteisömallit. 13.2.2024. Motiva. Viitattu 19.3.2024.

<https://www.motiva.fi/ratkaisut/energiayhteisot/energiayhteisomallit>

Energiayhteisöt sähkön tuotantoon ja jakeluun. 20.3.2024. Motiva. Viitattu

20.3.2024. <https://www.motiva.fi/ratkaisut/energiayhteisot/energiayhteisomallit>

Ikonen, T. 2023. Paljonko sähköauton lataus maksaa. Nordic Plug. Viitattu

1.5.2024. <https://nordicplug.fi/blogs/sahkoautot-ja-lataaminen-blogi/paljonko-sahkoauton-lataus-maksaa>

Ilmalämpöpumppu. 2022. Motiva. Viitattu 13.3.2024.

[https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva\\_energia/lampopumput/lampopumpputeknologiat/ilmalampopumppu](https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/lampopumput/lampopumpputeknologiat/ilmalampopumppu)

Ilmanvaihto ja saunan pesuhuoneen kaivon pumppukeskus. 2008. Kouvola.

Sähköpää MAK Oy.

Ilma-vesilämpöpumppu. 2022. Motiva. Viitattu 13.3.2024.

[https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva\\_energia/lampopumput/lampopumpputeknologiat/ilma-vesilampopumppu](https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/lampopumput/lampopumpputeknologiat/ilma-vesilampopumppu)

Kärkkäinen, M. 2008. Loppupiirustus. Kouvola. Sähköpää Mak Oy

Laki rakennusten varustamisesta sähköajoneuvojen latauspisteillä ja latauspistevalmiuksilla sekä automaatio- ja ohjausjärjestelmillä. 29.10.2023/733. Viitattu 1.3.2024. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2020/20200733>

LVI 11-10332 Lämpöpumput. 2002. LVI-kortisto. Rakennustieto Oy. Viitattu 12.3.2024. Vaatii käyttöoikeuden. <https://kortistot.rakennustieto.fi/api/content/11434#page=1>

Maalämpöpumppu. 21.12.2022. Motiva. Viitattu 29.3.2024. [https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva\\_energia/lampopumput/lampopumpputeknologiat/maalampopumppu](https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/lampopumput/lampopumpputeknologiat/maalampopumppu)

Mälkiö, E., Malinen, M., Neuvonen, P., Sinkkilä, J., Tuunanen, A. & Saarenpää, J. 2016. Kerrostalot 1940–1960. 2. uud. painos. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Oikkonen, H. 2007. Sähköselostus. Kouvola. K&O Insinöörit Oy.

Oma energiantuotanto ja energian varastointi. 2023. Viitattu 20.3.2024. [https://www.motiva.fi/koti\\_ja\\_asuminen/energiatehokas\\_taloyhtio/taloautomatio/oma\\_energiantuotanto\\_ja\\_energian\\_varastointi](https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/energiatehokas_taloyhtio/taloautomatio/oma_energiantuotanto_ja_energian_varastointi)

Peltonen, S. 2024. Paljonko maksaa sähköauton latausasema taloyhtiöön. EV-lataa.fi. Viitattu 1.5.2024. <https://evlataa.fi/paljonko-maksaa-sahkoauton-latausasema-taloyhtioon/>

Poistoilmalämpöpumppu. 2022. Motiva. Viitattu 13.3.2024. [https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva\\_energia/lampopumput/lampopumpputeknologiat/poistoilmalampopumppu](https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/lampopumput/lampopumpputeknologiat/poistoilmalampopumppu)

Poliittinen yhteisymmärrys. 7.12.2023. Euroopan unionin lehdistötiedote. Viitattu 14.2.2024. [https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/fi/IP\\_23\\_6423](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/fi/IP_23_6423)

Rakennukset käyttötarkoituksen ja valmistumisvuoden mukaan. 2023. Tilastokeskus. Viitattu 14.2.2024. [https://pxdata.stat.fi/PxWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin\\_rakke/statfin\\_rakke\\_pxt\\_116g.px/table/tableViewLayout1/](https://pxdata.stat.fi/PxWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin_rakke/statfin_rakke_pxt_116g.px/table/tableViewLayout1/)

Reino, K. 2007. LVIA-työtapaseloste. Helsinki. AJS-suunnittelupalvelut.

ST 13.31 Rakennuksen sähköverkon ja pienjänniteliittymän mitoittaminen. 2021. ST-kortisto. Sähkötieto ry. Viitattu 16.4.2024. Vaatii käyttöoikeuden. <https://severi-sahkoinfo-fi.libproxy.tuni.fi/item/420?search=ST%2013.31>

ST-käsikirja 40 Aurinkosähköjärjestelmien suunnittelu ja toteutus. 2023. ST-kortisto. Sähkötieto ry. Viitattu 4.3.2024. Vaatii käyttöoikeuden. <https://severi-sahkoinfo-fi.libproxy.tuni.fi/item/6682?search=ST%2040>

ST-Käsikirja 41 Sähköajoneuvot ja latausjärjestelmät. 2022. ST-kortisto. Sähkötieto ry. Viitattu 16.4.2024. Vaatii käyttöoikeuden. <https://severi-sahkoinfo-fi.libproxy.tuni.fi/item/7385?search=ST%2041>

ST 52.30.01 Akkuhuoneet ja varaamotilat. 2022. ST-kortisto. Sähkötieto ry. Viitattu 5.3.2024. Vaatii käyttöoikeuden. <https://severi-sahkoinfo-fi.libproxy.tuni.fi/item/477?search=ST%2052.30>

ST 52.30.02 Akustot ja varaajat. Valinta ja mitoittaminen. 2016. ST-kortisto. Sähkötieto ry. Viitattu 5.3.2024. Vaatii käyttöoikeuden. <https://severi-sahkoinfo-fi.libproxy.tuni.fi/item/479?search=52.30.02>

ST 55.33 Verkkoon kytketyt aurinkosähköjärjestelmät. 2019. ST-kortisto. Sähkötieto ry. Viitattu 25.3.2024. Vaatii käyttöoikeuden. <https://severi.sahkoinfo.fi/item/7460?search=ST%2055.33>

ST 55.37 Akkuteknologiaan perustuvat energiavarastot. 2023. ST-kortisto. Viitattu 5.3.2024. <https://severi-sahkoinfofi.libproxy.tuni.fi/item/8786?search=55.37>

ST 58.04 Ohjeita valaistuksen suunnitteluun ja toteutukseen. 2022 ST-kortisto. Viitattu 11.3.2024. Vaatii käyttöoikeuden. <https://severi.sahkoinfo.fi/item/672?search=ST%2058>

Sähköauton lataus taloyhtiössä. 2023. Helen. Helen.fi. Viitattu 1.5.2024. <https://www.helen.fi/taloyhtiot/sahkoauton-lataus-taloyhtiolle/sahkoautojen-latauspisteet>

Virta, J. Pylsy, P. 2011. Taloyhtiön energiakirja. Helsinki: Kiinteistöalan Kustannus Oy

Ympäristöministeriö. 1.11.2024. Energiatodistusopas. Viitattu 6.2.2024. [https://www.motiva.fi/files/16464/Energiatodistusopas\\_2018\\_-\\_Rakennuksen\\_energiatodistus\\_ja\\_E-luvun\\_maarittaminen.pdf](https://www.motiva.fi/files/16464/Energiatodistusopas_2018_-_Rakennuksen_energiatodistus_ja_E-luvun_maarittaminen.pdf)