



Jani Häkkinen

# Tukkutorin Teurastamo-kiinteistön energiakatselmus

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Energia- ja ympäristötekniikka

Insinöörityö

18.5.2023

## Tiivistelmä

Tekijä: Jani Häkkinen  
Otsikko: Tukkutorin Teurastamo-kiinteistön energiakatselmus  
Sivumäärä: 62 sivua + 9 liitettä  
Aika: 18.5.2023

Tutkinto: Insinööri (AMK)  
Tutkinto-ohjelma: Energia- ja ympäristötekniikka  
Ammatillinen pääaine: Energiatuotantomenetelmät  
Ohjaajat: Johtava energia-asiantuntija Jukka Huikari  
Lehtori Juha Juselius

Insinööriyön tavoitteena oli tehdä Tukkutorin R1-kiinteistölle energiakatselmus, jossa päätarkoituksena oli esittää useita energiansäästöön liittyviä kehitysehdotuksia. Raportin alussa käydään läpi rakennuksen tilat, asiakkaat, käyttötarkoitukset sekä energian- ja vedenkulutukset. Vertailukohtana käytettiin Hepacon Oy:n toteuttamaa vuoden 1998 energiakatselmusta, jossa oli nähtävillä sen hetken kulutukset ja puutteet talotekniikassa.

Energiansäästöön kohdistuvia ratkaisuehdotuksia on useita, ja tarkoituksena on saada lukijalle käsitys välillisten energiansäästömenetelmien vaikutuksesta rakennuksen kokonaisenergiankulutukseen. Toteutuneet energiasäästöprojektit vaativat aina mahdollisimman tehokkaan ja tarkan seurannan, jonka avulla pystytään osoittamaan projektien kannattavuus.

Pohjana energiaratkaisuille tehtiin Excel-taulukkolaskentaohjelmalla laskentamalleja, joiden avulla kerättyä dataa voitiin hyödyntää laskemalla todelliset energiankulutukset, säästöt ja takaisinmaksuajat. Energiankulutuksien osalta pääpaino oli sähköenergiassa, koska kiinteistöstä noin kolmannes painottuu jäähdytystekniikkaan, jonka sähkönkulutus on poikkeavan suurta normaaliin talotekniikkaan verrattuna. Lämmitysjärjestelmien kehitysehdotuksia lähestyttiin laitekanta- sekä tilamuutoksilla, joissa laskentamallia käytettiin ainoastaan rakenteiden lämpöhäviöissä.

Saatuja tuloksia on mahdollista käyttää vertailuarvoina kaupungin muissa kohteissa, joissa rakenteet vanhoja ja halutaan energiansäästöjä. Laskentamalleja voidaan hyödyntää kohteissa, joissa suunnitellaan vastaavia energiansäästöratkaisuja.

Avainsanat: energiakatselmus, Tukkutori, jäähdytys, lämmöntalteenotto

## Abstract

Author: Jani Häkkinen  
Title: Wholesale Market Building 1 Energy audit  
Number of Pages: 62 pages + 9 appendices  
Date: 18 May 2023

Degree: Bachelor of Engineering  
Degree Programme: Energy and Environmental Technology  
Professional Major: Energy Production Techniques  
Supervisors: Jukka Huikari, Title (Chief Energy Specialist)  
Tomi Hämäläinen, Title (Senior Lecturer)

The aim of the engineering work was to carry out an energy audit of the R1 property at Tukkutori, where the main purpose was to present several development proposals related to energy saving. At the beginning of the report, the premises, customers, applications and energy and water consumption are reviewed. The reference point was the 1998 Energy Review carried out by Hepacon Oy, which showed the current consumption and shortcomings in building technology.

There are several solutions to energy savings and the purpose of the report is to give the reader an idea of the impact of indirect energy saving methods on the total energy consumption of the building. Realised energy saving projects always require the most efficient and accurate monitoring to demonstrate the profitability of projects.

Based on the Excel spreadsheet program, the energy solutions were calculated using a calculation model that enabled the data collected to be utilised by calculating actual energy consumption, savings, and repayment periods. The report also often refers to the attachments that were made as a background work for narrowing the thesis, because the building is large, and the equipment stock is very wide and diverse. In terms of energy consumption, the focus was on electrical energy, as about one third of the property is focused on cooling technology, which is different from normal building technology. The development proposals for heating systems were approached by the equipment stock and by changes in space, where the calculation oral was used only in the heat losses of the structures.

Keywords: energy consumption, cooling, energy, Tukkutori

---

# Sisällys

## Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Kiinteistön tekniset tiedot	1
2.1	Kiinteistön käyttötarkoitus	2
2.2	Kiinteistön liittymät	3
2.2.1	Lämmitys	4
2.2.2	Sähkö	4
2.2.3	Vesijohdot ja viemärit	5
3	Energianseuranta ja järjestelmät	5
3.1	Energianseuranta, laskutus ja raportointi	6
3.2	Lämmitysjärjestelmä	6
3.3	Sähköjärjestelmä	13
3.3.1	Muuntajat	15
3.3.2	Sähkökeskukset	16
3.3.3	Sähkölaitteet	18
3.3.4	Aurinkosähkövoimala	18
3.4	Käyttövesijärjestelmä	21
3.5	Tekniset asiakirjat	25
3.6	Kiinteistön käyttö- ja ylläpito	25
4	Talotekninen laitekanta	26
4.1	Valaistus	26
4.2	Jäähdytysjärjestelmä	27
4.3	Ilmanvaihtojärjestelmä	29
4.4	Automaatio	29
4.4.1	Stematic	30
4.4.2	Siemens Desigo CC	31
4.4.3	Carel	31
5	Energiansäästömahdollisuudet	32
5.1	Ilmanvaihtojärjestelmät	32
5.2	Jäähdytysjärjestelmät	34

5.3	Paineilmajärjestelmä	37
5.4	Rakenteet	41
5.5	Lämmitysjärjestelmät	43
5.6	Valaistus	46
5.7	Automaatiojärjestelmän optimoinnit	48
5.8	Lihankäsittelytilojen tilamuutokset	52
6	Yhteenveto	55
	Lähteet	59
	Liitteet	
	Liite 1: R1-Valaistus	
	Liite 2: R1-Kokonaiskulutus sähkö ja lämpö 2022	
	Liite 3: R1-LJK LS102	
	Liite 4: R1-LJK LS105	
	Liite 5: R1-Ilmanvaihtokoneet	
	Liite 6: R1-Hihnavetoiset ilmanvaihtokoneet	
	Liite 7: R1-R1 Sähkökeskusten vaikutusalueet	
	Liite 8: R1-Kylmävarastot	

## KÄYTETYT LYHENTEET

AJK	R1 sähköpääkeskus A
BACnet	Tiedonsiirtoprotokolla taloautomaatioon ja ohjaukseen
BJK	R1 sähköpääkeskus B
COP-arvo	Kylmäkerroin, joka kertoo kylmätehon suhteen kulutet- tuun sähkönottotehoon.
GWh	Gigawattitunti, joka tarkoittaa gigawatin tehoa tunnin ai- kana.
IEC 61850	Tiedonsiirto-protokolla sähkölaitteille
IV	Ilmanvaihto
kWh	Kilowattitunti, energian yksikkö, joka tarkoittaa kilowatin tehoa tunnin aikana.
kWh/m <sup>2</sup>	Kilowattitunti neliötä kohden, eli sähkönkulutus suh- teessa pinta-alaan.
kWh/m <sup>3</sup>	Kilowattitunti kuutioneliötä kohden, eli sähkönkulutus suhteessa tilavuuteen.
LTO	Lämmöntalteenotto
Modbus	Teollisen tiedonprotokolla
ONVIF	Verkoston viestintä-protokolla
OPC	Tiedonsiirron standardi
PK	Poistoilmakone
PK2	Kylmäjärjestelmän pääkeskus
R1	Rakennus 1 kiinteistö Tukutorin alueella
SNMP	Verkonhallinta-protokolla
TK	Tuloilmakone
Wp	Wattipiikki tarkoittaa aurinkopaneelin tuottamaa nimel- listehoaa standardiolosuhteissa, joka kuvaa 25 asteen lämpötilaa ja 1 000 W/m <sup>2</sup> :n säteilymäärää.

## KÄYTETYT SYMBOLIT

U-arvo	Lämmönläpäisykerroin	[W/m <sup>2</sup> K]
ET-luku	Kiinteistön energiatehokkuusluku	[kWh/brm <sup>2</sup> /a]
V	Tilavuus	[m <sup>3</sup> ]
A	Pinta-ala	[m <sup>2</sup> ]
C	Lämpökapasiteettivirta	[W/K]
D	Vaipan halkaisija	[m]
d	Putken halkaisija	[m]
g	Putoamiskiihtyvyys	[m/s <sup>2</sup> ]
h	Konvektiolämmönsiirtokerroin	[W/m <sup>2</sup> ·K]
k	lämmönjohtavuus	[W/m·K]
L	Pituus	[m]
p	Paine	[Pa]
q	Lämpövirta	[W]
R	Lämpövastus	[K/W]
r	Säde	[m]
T	Lämpötila	[K]
μ	Dynaaminen viskositeetti	[N·s/m <sup>2</sup> ]
ν	Kinemaattinen viskositeetti	[m <sup>2</sup> /s]
ρ	Tiheys	[kg/m <sup>3</sup> ]
ṁ	Massavirta	[kg/s]
ΔT	Lämpötilaero	[°C]

## 1 Johdanto

Tukkutori on Helsingin kaupungin suurin yksittäinen energiankäyttäjä, jonka energiankulutus on herättänyt huomiota jo kauan. Alueen kiinteistöt ovat vanhoja ja niiden energiahäviöt suuria. Suurimmat sähkö- ja lämpöenergian käyttäjät ovat Teurastamo rakennus R1 ja Pakastamo R2. Insinööriyön tavoitteena on tehdä R1:stä laaja energianhallintaan perustuva katselmus, jossa tuodaan esille tärkeimpiä energiansäästöön liittyviä kehitysprojekteja. Taustatyönä on tehty rakennuksen talotekniikkaan liittyviä taulukoita, joita on käytetty laajan kokonaisuuden laskennassa.

Katselmuksessa tuodaan esille yksittäisten yritysten vaikutuksia energiankulutukseen sekä esitetään kulutukseen vaikuttavia laitekantoja. Rakennuksen monisyinen yrittäjäkanta vaikeuttaa energianhallintaa, koska yritysten tekniset vaatimukset poikkeavat paljon toisistaan. Rakennus jakaantuu elintarviketeollisuuden, ravintolatoiminnan ja logistiikan työympäristöön. Energiankulutuksen osalta elintarviketeollisuus on suurin sähkön käyttäjä, kun taas lämpöenergia kohdistuu ravintola- ja logistiikkatoimialueeseen. Raportissa otetaan kantaa vuoden 1998 tehtyyn energiakatselmukseen, jonka tuloksia ja esityksiä on vertailtu tämän raportin lopputulokseen.

## 2 Kiinteistön tekniset tiedot

Teurastamo-aluetta palvelevan R1-kiinteistön käyttötarkoitus perustuu tuotanto-, teollisuus- ja ravintolatoimintaan. Kokonaispinta-ala rakennuksella on 20 460 m<sup>2</sup> ja vuokrattu pinta-ala 12 500 m<sup>2</sup>. Kokonaistilavuus rakennuksella on 68 000 m<sup>3</sup>. Kiinteistö rakennettiin vuonna 1933 ja perusparannus toteutettiin 1977. Rakennus on kolmekerroksinen ja siihen kuuluu kellaritilat huoltotunneleineen. Ylläpito on toteutettu Helsingin kaupungin oman henkilökunnan toimesta. [1.]



## 2.1 Kiinteistön käyttötarkoitus

Tukkutorilla sijaitseva R1 tukee vahvasti yritystoimintaa, ja sen ydinalueet painottuvat elintarvike-, ravintola- ja logistiikka-alaan. Lihaleikkaamojen energian- ja vedenkulutus on suurta, johtuen jäähdytettävistä varasto- ja lihankäsittelytiloista. Varastot ovat pakkas- ja kylmätiloja, joissa on jäähdytystä vuorokausittain ympäri vuoden.

Hygieniavaatimusten mukaisesti lihankäsittely- ja aputilat pestään päivittäin, mikä lisää entisestään suurta veden kulutusta. Rakennus on vanha ja rakennusmateriaalit sekä tilat puutteellisia energianhallinnan näkökulmasta. Tilojen käytännöllisyyden ongelmat tulevat esille varsinkin kesäkaudella, jolloin puutteelliset eristykset laskevat jäähdytystehoa. [2.]

Myös ravintoloiden energian- ja vedenkulutus on huomattava. Vettä kuluu ruuanvalmistuksessa ja astioiden sekä paikkojen pesuissa, lisäksi myös hygieniatilat vaikuttavat kulutukseen. Energiankulutuksen suurin osuus kohdistuu kylmiin ajanjaksoihin ja pienempi osuus kesällä ilmastointiin. Vanhat rakenteet ja patteriverkostot alentavat lämmitystehoa kylminä ajanjaksoina, ja tämän takia lämmityksen säätökäyrä on pidettävä normaalia korkeammalla aiheuttaen lisälämmityskustannuksia. [2]

Prosessitoiminnasta johtuvaa vedenkulutusta on leipomo-, jäätelö- ja juomatuotantoprosesseissa. Sähkö- ja lämpöenergiaa kuluu prosessilaitteissa ja tilojen lämmityksessä. Prosessilaitteisiin luokitellaan erikoisuunit, rasvakeittimet, kiertopumput ja sekoittimet. Kuivavarastojen energiankulutus kohdistuu lämmitykseen, valaistukseen ja ilmanvaihtoon. Valaistuksesta aiheutuva energiankulutus kohdistuu jokaiseen toimialueeseen tasaisesti. Vedenkulutusta varastoissa ei synny. Seuraavassa taulukossa esitetään kiinteistön yrittäjien toiminta-aikoja arkipäivinä. [2.]

Taulukko 1. Rakennuksen asiakasjakauma

<b>Asiakkaat ja toiminta</b>	<b>Aika</b>
Ravintolat	08–23
Lihanleikkaamot	04–16
Leipomo	06–16
Kahvipaahtimo	08–16
Logistiikka	08–16
Muu yritystoiminta	08–16

## 2.2 Kiinteistön liittymät

Kiinteistö R1:n liittymät koostuvat sähkö-, lämpö- ja käyttövesiliittymistä. Sähköpääliittymä sijaitsee rakennus 8:n päämuuntamokeskuksessa, josta on nousujohdot rakennus 1:n omille muuntajille. Kaukolämmön ja käyttöveden pääliittymät sijaitsevat rakennus 4:n lämmönjakokeskuksessa. Kaukolämmön runkojohto on johdettu huoltotunneleita pitkin R1:n kahteen lämmönjakokeskukseen. Kylmäkäyttöveden runkolinja on haaroitettu huoltotunneleita pitkin Tukutorin kiinteistöille. Lämminkäyttövesi tuotetaan R1:n LS102-päälämmönjakokeskuksessa. Rakennuksessa ei ole kaukolämmön kulutusseurainta eikä päämitausta lämpimälle käyttövedelle, mikä vaikeuttaa kiinteistön käytetyn lämpöenergian laskentaa. Kuvassa 1 esitetään energiatase R1:lle. [3.]



kautta, jotka Tukkuutori laskuttaa erikseen. Tukkuutorilla on n. 50 alamittausasia-kasta, jotka ostavat sähkön Tukkuutorilta. Asiakkaista 31 sijaitsee R1:ssä. Rakennuksen päämittaukset sijaitsevat keskuksissa AJK1 ja BJK1. [6.]

### 2.2.3 Vesijohdot ja viemärit

Rakennus on liitetty Helsingin kaupungin vesijohto- ja viemäriverkostoihin rakennusten 1–6, 10–12 ja 16 kanssa. Kylmän käyttöveden päälinja tulee rakennus 4:n kellaritilaan, josta se haarautuu edellä mainittuihin kiinteistöihin. Käyttöveden lämmitys on toteutettu R1:n LS102-päälämmönjakokeskuksessa. Tukkuutorin kylmäkäyttövedenkulutus vuonna 2022 oli 15 168 m<sup>3</sup>/a. Tukkuutorin lämpimän vedenkulutus vuonna 2022 oli n. 8 700 m<sup>3</sup> eli 58 % alueen kokonaisvedenkulutuksesta. [10.]

## 3 Energianseuranta ja järjestelmät

Luvussa käsitellään R1:n veden ja energian kulutuksen seurantaan sekä käydään läpi tarvittavat perusparannuskohteet. Järjestelmien osalta kiinteistössä ei ole erillistä etäluettavaa pääkulutusmittausta kulutetulle energialle ja vedelle. R1:n lämmitysenergia on jouduttu arvioimaan vanhan ja nykypäivän datan perusteella. Lämpimän käyttöveden osalta käytettiin Motivasta saatua perusohjetta sekä vuorokausilukemaa paikallismittarista. Lukemaa hyväksi käyttäen saatiin massavirta, jonka avulla saatiin laskettua lämpimään käyttöveteen kuluttu energia sekä esilämmönsiirtimestä saatava lauhdelämpö. Sähkön kulutus saatiin R1:n BJK- ja AJK-sähköpääkeskusten sekä vedenjäähdytyskoneen (VJK) kulutusmittareista, ja VJK:n kulutus laskettiin keskiarvona käyttöönottopäivästä lähtien. Luvussa esitetään kokonaiskulutukset kolmen vuoden ajalta kaikkien sähkö- ja lämpöliittymiin kuuluvien kiinteistöjen osalta. [6.]

### 3.1 Energiaseuranta, laskutus ja raportointi

Kulutusseurannalla tarkoitetaan jatkuvaa veden ja energian seurantaa, mikä mahdollistaa nopean reagoinnin äkillisiin kulutuspoikkeamiin. Energianhallinnan näkökulmasta katsottuna kulutusseuranta on tärkeimpiä työkaluja kiinteistön ylläpidossa. Tukutorin energian- ja vedenkulutuksen seuranta on toteutettu Stematic-automaatiojärjestelmässä. Selvityksien ja testien mukaan mittausarvot kulutuksesta eivät vastaa todenperäistä kulutusta. Päävalvomon automaatiojärjestelmästä saatavaa mittausdataa verrattiin paikalliseen mittaukseen, mikä vahvisti testeistä saadun tuloksen. Vuonna 2022 aloitettu alamittauksien kartoitus etämittarointia varten olisi ehdottoman tärkeää saattaa päätökseen. Kartoituksen jälkeen olisi kannattavaa tutkia vanhat etämittauksia tukevat energiaseurantamittarit automaatiojärjestelmästä. Suositeltavaa olisi selvittää mahdolliset viat mittausjärjestelmässä ja verrata uusimisen ja korjauksen välistä kustannuseroa. [11, s. 46]

### 3.2 Lämmitysjärjestelmä

Rakennus 1:n kaukolämmön alamittauksia ei ole käytössä, minkä takia kulutusarvot perustuvat rakennuksen energiantarpeen ja päämittauksen väliseen suhteeseen. Taulukossa 2 on tuotu esille Tukutorialueen normitettu lämpöenergian kulutus kolmelta vuodelta, jossa esitetään Tukutorin kaukolämpöliittymään kuuluvien kiinteistöjen kokonaiskulutus, jolla tarkoitetaan ainoastaan kiinteistöjen lämmittämiseen kuluva lämmitysenergiaa. [5.]

Taulukko 2. Lämpöenergian kulutus

	2020 kWh	2021 kWh	2022 kWh
tammi	713 515	674 492	663 719
helmi	664 030	645 367	643 149
maalis	620 006	611 777	584 420
huhti	401 913	446 853	399 721
touko	210 569	355 277	249 135
kesä	109 020	113 505	110 885
heinä	115 624	79 606	57 191
elo	111 386	114 789	100 683
syys	149 901	160 207	161 469
loka	411 651	370 486	419 475
marras	531 405	501 435	517 208
joulu	695 038	607 163	646 638
YHT:	4 734 058	4 680 957	4 553 693

Lämpöindeksi on lämmitystarveluvulla sääkorjattu eli normeerattu vastaamaan keskimääräisiä säätietoja. Sääkorjaus mahdollistaa eri vuosien kulutustiedot vertailukelpoisiksi. Lämmitysenergiankulutustietoja voidaan esittää myös esimerkiksi huoneistoalan tai lämmitetyn nettoalan suhteen. Seuraavassa esitetään lämmityksen normeeruksen kaava samalle rakennukselle. [12, s. 7]

$$Q_{norm} = \frac{SN_{vpkunta}}{S_{toteutunut\ vp}} \cdot Q_{toteutunut} + Q_{lämminkäyttövesi} \quad (1)$$

Normituksella tarkoitetaan ainoastaan rakennuksen lämmittämiseen kuluva energiaa. Säästä riippumaton käyttöveden lämmittämiseen kuluva energia on

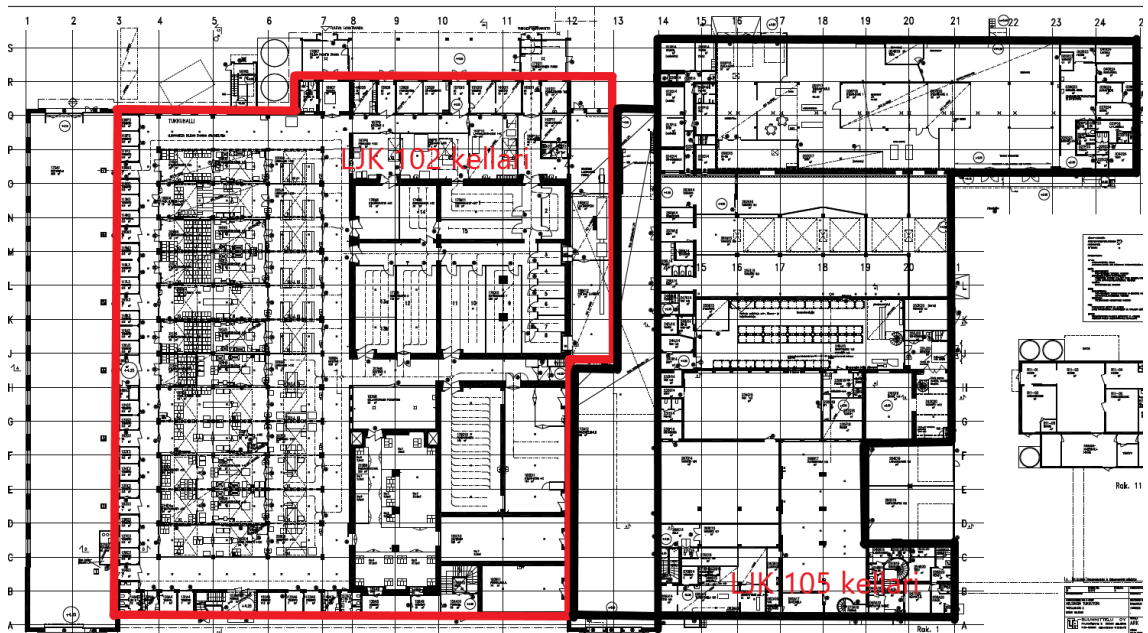
vähennettävä rakennuksen kokonaislämmityksen kulutuksesta. Kaavassa 2 esitetään kokonaiskulutuksen laskutapa. [12.]

$$Q_{toteutunut} = Q_{kok} - Q_{lämmivesi} \quad (2)$$

Kiinteistöissä lämmitysenergian kulutus on esitetty lämpöindeksin avulla. Lämpöindeksi kertoo, kuinka paljon lämmitysenergiaa on käytetty tilojen ja käyttöveden lämmittämiseen rakennuskuutiometriä kohden. Yksikkönä käytetään kWh/m<sup>3</sup>/v. [13.]

Lämmitystarveluku eli astepäiväluku tarkoittaa, että lämmityksen energiankulutus on verrannollinen ulko- ja sisälämpötilan erotukseen, jolla normeerataan toteutuneita lämmitysenergian kulutuksia. Normeeratun kulutuksen avulla voidaan verrata toisiinsa saman rakennuksen eri kuukausien tai vuosien kulutuksia sekä eri kunnissa olevien rakennusten ominaiskulutuksia. [14.]

Rakennuksen lämmönjakokeskusten tekniset tiedot perustuvat Helen Oy:ltä toimitettuun pääkaavioon. Rakennuksessa on kaksi lämmönjakokeskusta LS102 ja LS105. Kuvassa 2 näkyy rakennuksen molemmat lämmönjakokeskukset ja niiden vaikutusalueet rajausviivoilla kuvattuna. [15.]



Kuva 2. Kuvassa lämmönjakokeskusten LS102 ja LS105 toiminta-alueet väreillä rajattuna. [15.]

Kiinteistön lämpöjohtoverkoston liitetyt lämmitys-, kiertoilma ja ilmavaihtopatterien lukumäärät sekä tekniset tiedot löytyvät opinnäytetyön liitteistä (liite 4–5).

Rakennuksen arvio lämpöenergian kulutuksesta vuonna 2022 oli 3 000 MWh/a sisältäen lämpimän käyttöveden. Lämmitysenergian kulutusta on arvioitu lämpöjohtokaavioiden teknisten tietojen ja laitteiden käyttöaikojen sekä säätökäyrien mukaan. Lämmityksen jakaumasta voidaan todeta, että ilmanvaihdon lisääntynyt määrä on kasvattanut osuutta muuhun lämmitykseen nähden. Käyttöveden lämmitykseen käytettävä energia on n. 36 % suurempaa kuin vuoden 1998 katselmuksessa esille tuotu kulutus. Kokonaiskulutukseen nähden lämmitysten suhde on kuitenkin pysynyt samalla tasolla. Tulosta selittää lämmityksen osalta rakenteiden ikä ja huono kunto, jolloin kiinteistön kokonaislämpöenergian kulutus on normaalia suurempaa lämpöhäviöiden takia.

Tilojen käyttötarkoitukset ovat muuttuneet jäähdytettävistä varastoista lämmitettäviksi käyttötiloiksi, mikä puolestaan on vähentänyt sähkön kulutusta, mutta



lisännyt lämpöenergian tarvetta. Ilmanvaihtokoneita on uusittu ja teknologian kehittyessä koneiden eri komponentit ovat antaneet mahdollisuuden parempaan energianhallintaan, ja silti lämpöenergian kulutus on kasvanut reilun 20 vuoden aikana. Johtopäätöksenä voidaan todeta, että pelkkä rakenteiden huono kunto ei aiheuta edellä mainittuja muutoksia. Käyttötilamuutokset ja lisääntyneet ihmismäärät käyttötarpeineen ovat varmasti iso syy lineaarisesti kasvaneeseen lämmöntarpeeseen. [16.]

Normitetut ja ominaiskulutukset on esitetty seuraavassa taulukossa, jossa verrataan vuonna 1998 tehdyn energiakatselmuksen mittausta vuoden 2022 laskettuun kulutusarvioon. [5.]

Taulukko 3. Lämmitysenergia 2022 ja 1998

<b>Vuosi</b>	<b>Kulutus normitettu MWh/a</b>	<b>Ominaiskulutus normitettu kWh/r-m<sup>3</sup></b>
2022	3 000	44
1998	1 827	27

Rakennuksessa on vesikiertoinen keskuslämmitys, jossa lämpö siirretään eristetyissä putkissa virtaavan veden avulla kiertoilma-konvektoreille, seinä- ja tuoilmapattereille. Kiertoveden lämpötilaa säädetään rakennuksen lämmöntarpeen ja ulkoilman lämpötilan mukaan. Keskuslämmityksellä tarkoitetaan rakennuksen lämmitystä yhteisestä lämmönlähteestä ja lämmönsiirtoaineena käytetään yleisimmin vettä, hyvän lämmönsiirto ominaisuutensa vuoksi. Lämmönjakoverkoston runko koostuu teräsputkista, sulku- ja säätöventtiileistä, lämpötila-antureista, paikallisista mittareista, ilmanpoistimista sekä takaiskuventtiileistä. Lämmönsiirtoon tarvitaan kiertopumppujen tuottamaa vesivirtaa, ja lisäksi veden lämpötilaeroista johtuva veden tiheyden muutos aiheuttaa kiertovoimaa.

Vesikiertoisen lämmitysjärjestelmän tarkoituksena on johtaa vesivirtaaman avulla lämpöenergiaa jokaiseen lämmitettävään tilaan. Edellä mainittu

lämpöteho saadaan lämmöntarvelaskelmien perusteella. Kokonaistehoon voidaan laskea ilmavuodot, lämpöhäviöt ja ilmanvaihto. Seuraavassa kuvataan lämpötehon vesivirtaaman kaava. [17, s. 115–116]

$$q_m = \frac{\phi}{c_p(t_m - t_p)} \quad (3)$$

Lämmitysverkoston järjestelmänä on käytetty kerroskohtaista yksiputkikytkentää yhdistettynä rakennuskohtaiseen kaksiputkijärjestelmään. [18, s. 117]

Kaukolämmön etäluenta ei R1:ssä ole käytössä. Suositeltavaa olisi kehittää kulutusseurantaa kahden kellarissa sijaitsevan lämmönjakokeskuksen suhteen. Lämpöjohtopiirit jakavat rakennuksen kahteen osaan, jolloin olisi tärkeää miettiä laitekannan jakautumista ja niiden vaikutusta energiatalouteen, kun asiakkaiden kulutusseurannan mittarointia toteutetaan.

Kiinteistön lämmitysjärjestelmän tekniset tiedot löytyvät raportin liitteistä, jossa kahdesta lämmönjakokeskuksesta LS102 ja LS105 on esitetty Helenin toimittamat tiedot sekä lisätty tehdyt LTO-järjestelmän muutokset. Taulukossa on esitetty lämmitysjärjestelmän koko ja lämmityslaitteiden määrät (liite5).

## Lämmöntalteenottojärjestelmä

Rakennuksen lämmöntalteenottojärjestelmä on laaja ja sisältää ilmanvaihtokoneiden omat LTO-ratkaisut (Liite4). Rakennuksessa toimii myös liuoskiertoinen LTO-piiri. Lämmöntalteenottopiirin ensiöpuoli sijaitsee pakastamolla rakennus 2:ssa, jossa kaksiasteisen kylmäjärjestelmän korkeapainelinjasta saadaan lämpöenergiaa talteen 1100 kW:n lämmönsiirtimen kautta toisiopuolen putkessa virtaavaan vesiliuokseen. Toisiopuolen liuosputkiston lämmönsiirtonestettä pumpataan kahdella 4 kW:n pumpulla. Etäisyys lämmönsiirrossa pakastamon ja rakennus 1:n välillä on noin 100 metriä ja yhdysputket sijaitsevat huoltotunneleissa. Pakastamon kellarissa sijaitseva toisiopuolen vesiliuospumppu pumppaa lämpöenergiaa sisältävän liuoksen rakennus 1:ssä sijaitseviin 100 m<sup>3</sup>:n lämpöakkuihin. [6.]

Lämmityspiiri koostuu meno-, paluu ja kiertoputkista, joka kiertää rakennus 1:n kellarissa sijaitsevan lämmönjakokeskuksen kautta. Rakennuksen lämmönjakokeskuksessa LTO-piiri on liitetty keskuksen patteriverkkoon, jossa paluuvirtausta on mahdollista lämmittää lähelle lähtevää patteriverkon menoliuosta. Patteriverkkoon kuuluu seinäpattereiden lisäksi lämminkiertoilmakoneita. Lämmöntalteenottopiiriin on myös liitetty viisi ilmanvaihtokoneikkoa, joissa käytetään liuoskiertoista LTO-ratkaisua (liite5). Tärkein osa kyseistä järjestelmää on lämpimän käyttöveden esilämmitys, jossa LTO-piiriin on liitetty 800 kW:n lämmönsiirtimen mahdollisimman pienillä painehäviöillä. Painehäviöiden vaikutus näkyy lihan käsittelytilojen pesuissa, jolloin kuumaan pesulinjaan ei saada haluttua käyttöpainetta. [6.]

### 3.3 Sähköjärjestelmä

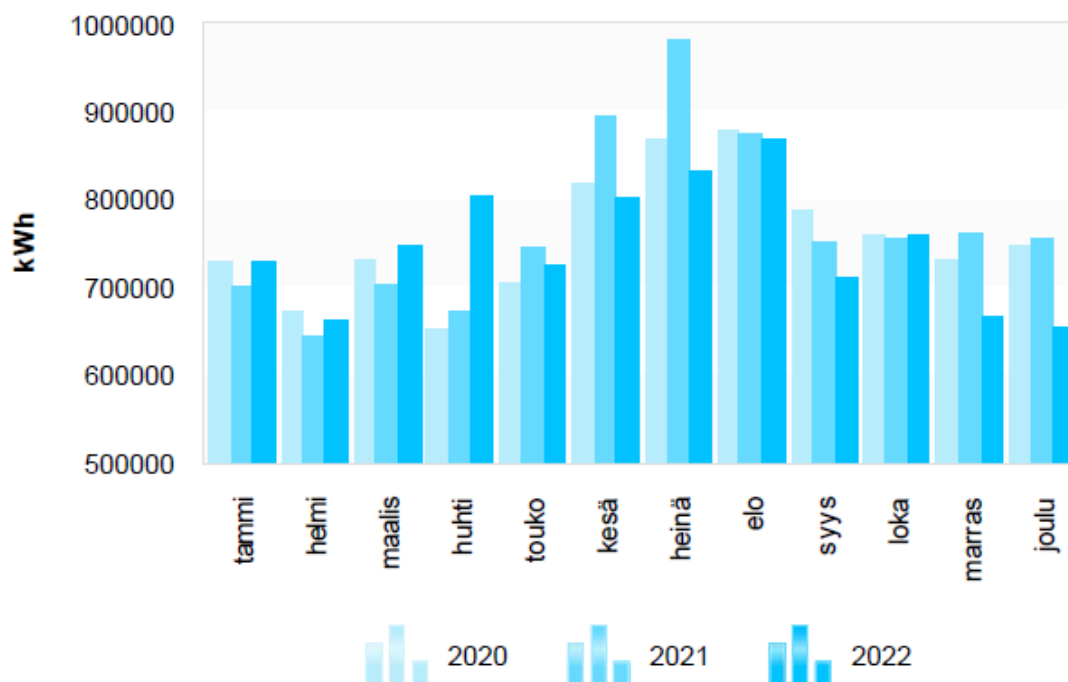
Tukkutorin sähkönkulutus vuonna 2022 on ollut 8 966 MW vuodessa. Raportissa koko Tukkutorin sähkönkulutusta on kuvattu kolmelta edelliseltä vuodelta. Tukkutori-alueen pääsähkön kulutusmittaus tapahtuu rakennus 8:n pääkeskuksessa. Kokonaiskulutuksen muodostaa kiinteistöt R1, R2, R3-6, R8 ja R16. Taulukossa 4 on esitetty sähkönkulutus ja kustannukset kuukausittain kolmelta viime vuodelta. Kilowattihintana on käytetty 0,15 euroa. [5.]

Taulukko 4. Tukkutorin sähkönkulutus kolmelta vuodelta

Hinta	Kulutus	Kustannus	Kulutus	Kustannus	Kulutus	Tavoite	Kustannus	Muutos (%)
0,15	(kWh)	(€)	(kWh)	(€)	(kWh)	(kWh)	(€)	edellinen
	2020	2020	2021	2021	2022	2022	2022	vuosi
<b>Tammi</b>	728 129	109 219	700 413	105 061	727 356	792 986	109 103	3,7 %
<b>Helmi</b>	672 047	100 807	641 855	96 278	663 105	699 640	99 465	3,2 %
<b>Maalis</b>	731 465	109 719	702 777	105 416	746 607	760 420	111 991	5,9 %
<b>Huhti</b>	651 959	97 793	671 746	100 761	803 588	737 916	120 538	16,4 %
<b>Touko</b>	704 626	105 693	743 245	111 486	724 732	834 207	108 709	-2,6 %
<b>Kesä</b>	817 638	122 645	894 383	134 157	801 686	832 494	120 252	-11,6 %
<b>Heinä</b>	868 930	130 339	983 049	147 457	833 324	947 639	124 998	-18,0 %
<b>Elo</b>	876 938	131 540	873 296	130 994	869 795	939 160	130 469	-0,4 %
<b>Syys</b>	785 409	117 811	750 648	112 597	709 470	810 305	106 420	-5,8 %
<b>Loka</b>	757 404	113 610	754 579	113 186	758 664	775 720	113 799	0,5 %
<b>Marras</b>	729 154	109 373	761 354	114 203	664 469	764 871	99 670	-14,6 %
<b>Joulu</b>	748 055	112 208	755 994	113 399	653 981	753 893	98 097	-15,6 %
<b>Yhteensä</b>	<b>9071754</b>	<b>1 360 763</b>	<b>9 233 339</b>	<b>1 385 000</b>	<b>8 956 777</b>	<b>9 649 251</b>	<b>1 343 516</b>	<b>-3,1 %</b>

Sähkönkulutusta esitetään myös pylväsdiagrammimuodossa, jossa on selkeämmin nähtävillä kulutusjakauma kolmen vuoden periodilla. Kuvassa voidaan huomata vuoden 2022 marraskuun alussa tehdyillä automaatiojärjestelmän

optimoinneilla saatuja sähköenergiansäästöjä. Kuvassa 3 esitetään sähkönkulutusta diagrammimuodossa. [5.]

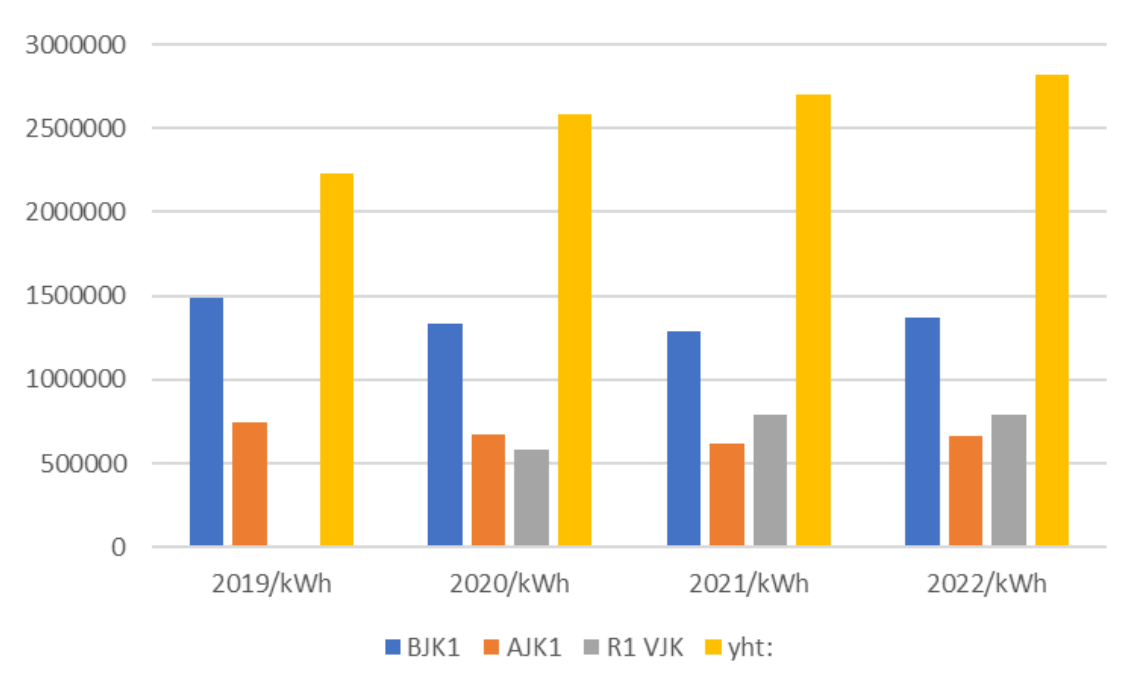


Kuva 3. Kuvassa sähkönkulutus pylväsdiaagrammimuodossa kolmen edellisen vuoden ajalta. [5.]

Rakennuksen sähkön kulutusseuranta on toteutettu 31 alamittauksella. Tehokkuuden kannalta sähkönkulutuksen datan kerääminen olisi ehdottoman tärkeää energiatalouden hallinnassa. Reaaliaikaisen datan kerääminen valvomoon edistäisi prosessien ohjausta ja nopeuttaisi energiansäästöä edistäviä toimenpiteitä. Tällä hetkellä osa mittareista on liitetty Stematic-automaatiojärjestelmään, mutta hetkellinen data ei vastaa kulutusta.

Rakennus 1:n sähkön pääkulutus luetaan pääkeskuksista AJK, BJK ja PK2, joiden yhteenlaskettu sähkönkulutus vuonna 2022 on ollut 2 818 MW. keskuksista AJK1 jakaantuu ravintoloille sekä pientoimintaan ja BJK1 teollisuuden prosessitoimintoihin. Pääkeskus 2 syöttää vedenjäähdytyskoneikkoa. Konehuoneen sähkökeskus syöttää kylmäjärjestelmään asennettuja kompressoreita,

pumppuja ja muita oheislaitteita. Kuvassa 4 pylväsdiagrammissa esitetään rakennuksen sähkönkulutusta viimeisen neljän vuoden ajalta. [6.]



Kuva 4. Kuvassa esitetään R1:n jakautunutta sähkönkulutusta viimeisen neljän vuoden ajalta. [6.]

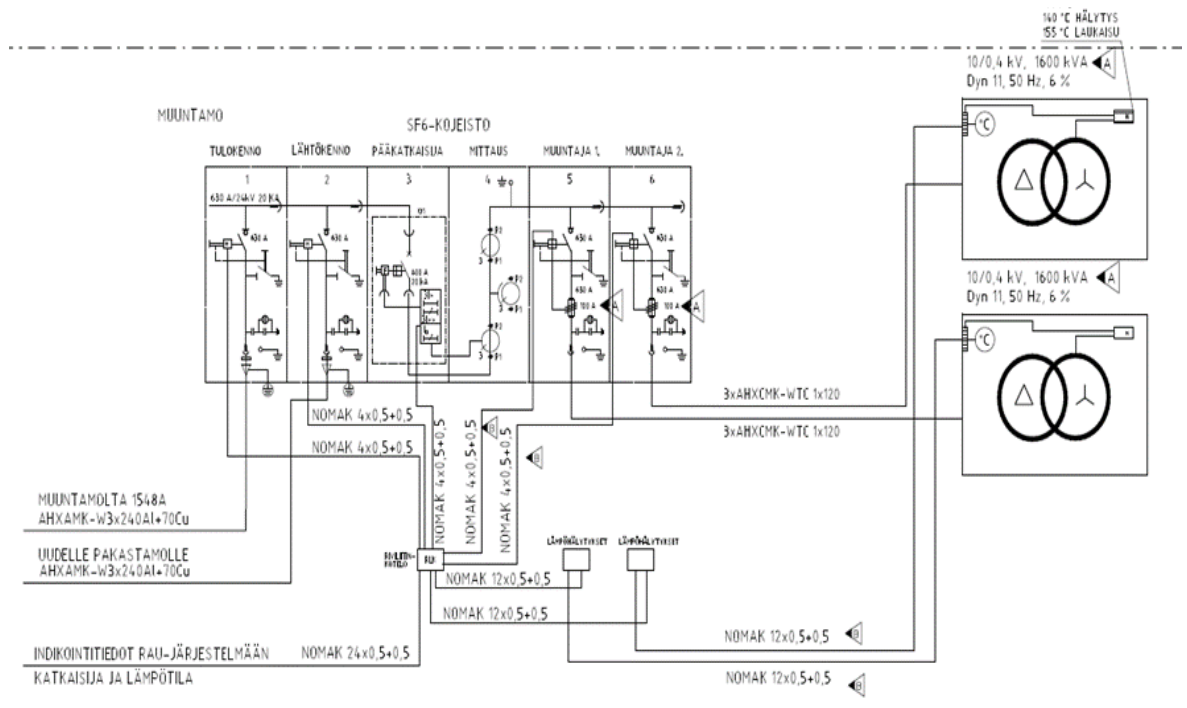
Raportissa esitettyihin energiansäästöihankkeisiin liittyvät toimenpiteet painottuvat pääosin BJK1- ja PK2-sähkökeskusten syöttämään laitekantaan. Sähkönkulutuksessa syntyvät säästöt näkyvät tulevaisuudessa kuvassa esitetyissä sinisessä ja harmaassa palkissa. Sininen palkki kuvaa toisiopuolta kylmäjärjestelmästä ja harmaa puolestaan kylmäjärjestelmän ensiöpuolta. Vuoden 1998 energiakatselmuksessa todettua sähkönkulutusta 280 MW vuodessa verrattuna 2022 vuoden kulutukseen ei voida pitää realistisena kulutuslukemana. Kulutuseroa vuosien välillä käsitellään raportin yhteenvedossa. [6.]

### 3.3.1 Muuntajat

Tukkutorin 10 kV:n pääsyöttö tulee Rakennus 8:n päämuuntamolle, josta lähtee syötöt rakennus 1:n kahdelle 10/0,4kV 1 600 kVA:n muuntajalle. Muuntajien pääsulake koko on 630 A, jotka on jaettu kahteen pääkeskukseen 1 ja 2.

Pääkeskukset syöttävät rakennus 1:n vedenjäähdytyskonetta ja lihatukkuhallin asiakkaita [7].

Loistehon kompensointijärjestelmä sijaitsee R1:n Roslundin vanhassa pääkeskuksessa, jota ollaan saneeraamassa Väreän toimesta E-Power-sähkönsuodatusjärjestelmään. E-Power on järjestelmä, joka parantaa oleellisten sähköparametrien laatua suojaamalla kuormitusta heikolta virran laadulta. Kuvassa 5 esitetään rakennus 1:ssä sijaitsevat muuntajat. [8.]



kuva 5. Tukutorin päämuuntajalta lähtevät nousujohdot R1:n 1600 kVA:n muuntajille. [7.]

### 3.3.2 Sähkökeskukset

Rakennuksessa on 31 alamittausasiakasta, jotka ostavat sähköä Tukutorilta. Mitattavia sähkökeskuksia on ensimmäisessä kerroksessa 7. Keskusten sijainnit merkitty alapuolella olevaan kuvaan 6. Numeroitujen keskusten asiakkaat alakeskusmittauksineen saatavilla katselmuksen liitteistä (Liite 8). [9.]



Kuva 6. Kuvassa ensimmäisen kerroksen sähkökeskukset kulutusmittauksiin.

Rakennuksen toisen kerroksen kulutus- ja alamittauskeskukset. Keskuksia on kaksi, jotka on sijoitettu ilmanvaihtokonehuoneeseen. Kuvassa 7 esitetään sähkökeskusten sijainnit. Käyttöalue ja mittauskohteet näkyvät katselmuksen liitteissä (liite 8). [9.]



Kuva 7. Kuvassa rakennuksen toisen kerroksen mitattavat sähkökeskukset. [9.]



Sähkönkulutus mittaukset ovat hankevaiheessa, jossa järjestelmä liitetään Siemens Desigo Automaatioon ja tärkeimmät mittarit päivitetään etäluettaviksi. [9.]

### 3.3.3 Sähkölaitteet

Rakennuksen sähkölämmitykseen kuuluu kattoviemäreiden, räystäiden ja syökourujen saattolämmitykset, jotka ovat Stematic-automaatiojärjestelmässä. Lämmitykset on säädetty aikaohjelmien mukaan. Lämmitykset on toteutettu 10 W:n saattolämmityskaapelilla, joka tarkoittaa 10 W/m. Saattolämmityskaapelin kokonaispituus kaikki lämmitykset yhteenlaskettuna on n. 200 metriä. Kokonais-sähkön kulutus puolen vuoden talviajanjaksolle on n. 8 640 kWh. [6.]

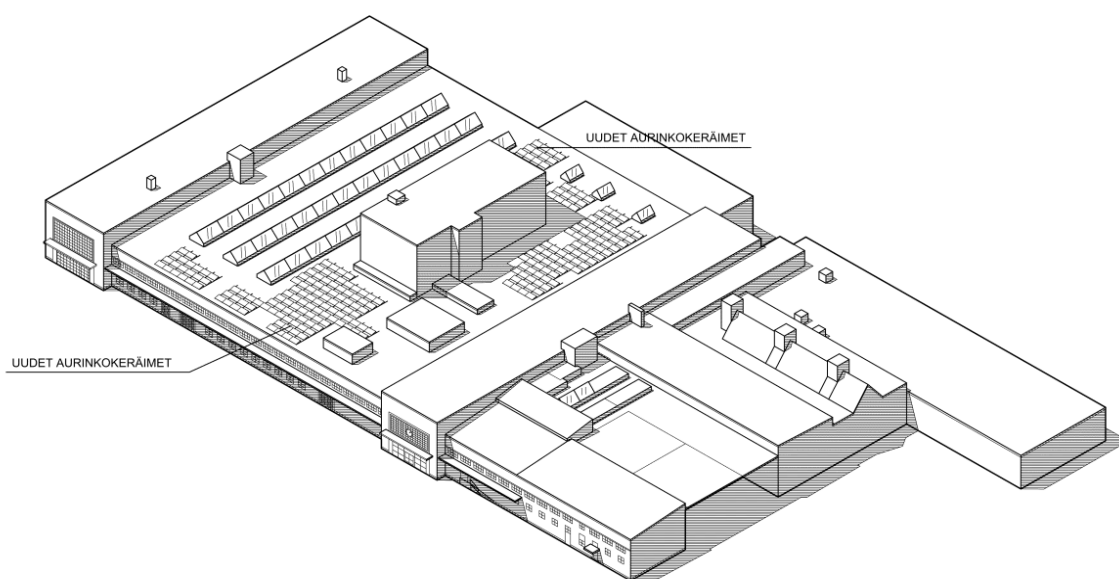
### 3.3.4 Aurinkosähkövoimala

Rakennuksen katolle asennettu aurinkovoimala on otettu käyttöön vuonna 2018 huhtikuussa. Paneeliketjujen tuottama aurinkosähkön määrä 5 vuodessa on ollut 244 MW. Tukutorin aurinkosähköjärjestelmä on toteutettu kahdella paneeliketjujärjestelmällä, jotka on kytketty sarjaan. Paneeliketjut koostuvat 8–22 kennon sarjaan kytketyistä stringeistä, jotka vuorostaan on kaapeloitu toisiinsa. Valossa paneeli tuottaa n. 40 voltin jännitteen ja kuormitettuna virran. Yhden paneelin tehon tuotto on 250–330 Wp. Paneeleita on yhteensä 243 kappaletta, joiden yhteenlaskettu maksimi aurinkosähkön määrä on 66 kWp ja vuodessa n. 59 400 kWh. Paneeliketjut on liitetty kiinteistön 1BJK15-sähkökeskukseen, joka sijaitsee rakennuksen IV-konehuoneessa. [20.]

Kokonaistuoton muuttaminen kilowattitunneiksi tuntia kohden kertoo todellisen aurinkosähköjärjestelmän hyötysuhteen. Viiden vuoden ajalta tuotettu aurinkosähkön määrä jaetaan 1 825 päivällä ja 24 tunnilla, jonka jälkeen tulokseksi saadaan n. 5,6 kWh. Aurinkosähkön maksimi tuotto oli määritelty 66 kWp: iin. Hyötysuhde voidaan laskea jakamalla 5,6 kWh maksimituotolla 66 kWp, jolloin tulokseksi saadaan 8,4 %. Aurinkosähkölle on määritelty yleinen huipunkäyttöaika, joka on 900 tuntia. Yleisesti määritellyn huipunkäyttöajan mukaan aurinkosähköjärjestelmän hyötysuhde olisi 900 tuntia jaettuna koko vuoden

tuntimäärällä, jolloin hyötysuhteeksi saataisiin n. 10,3 %. Hyötysuhde-ero esittää määritellyn ja todellisen aurinkosähkötuotannon poikkeamaa, jonka avulla voidaan ylläpitää nykyisen järjestelmän kykyä tuottaa aurinkosähköä parhaalla mahdollisella tasolla. [19.]

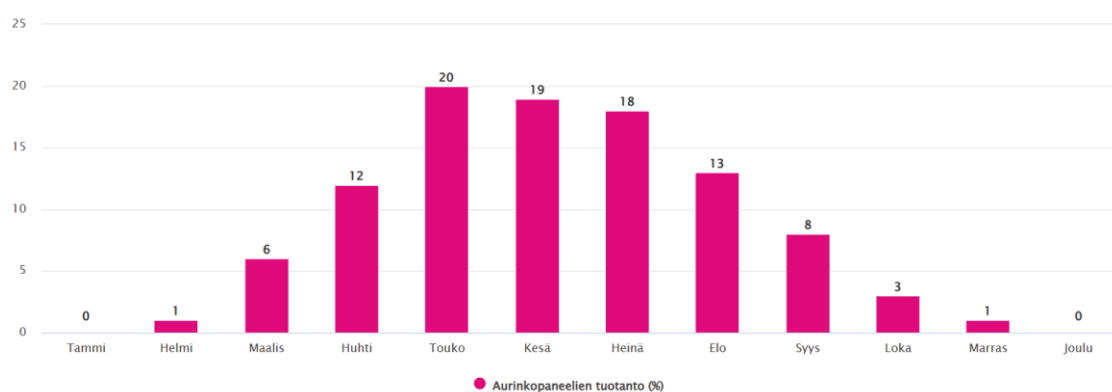
Aurinkoenergialla tuotettu sähkö syötetään alueen sisäverkkoon, josta se jakaantuu tasaisesti sisäverkon kaikille käyttäjille. Sähkön syöttäminen sisäverkkoon vähentää Tukutorin ostaman sähkön määrää, jolloin saatava hyöty suuntautuu täysimääräisenä kaupungin säästökseksi. Tukutorin syöttöverkon piirissä olevat yritykset saavat myös brändiarvoa, kun osa käytetystä sähköstä on ekologisesti tuotettua vihreää sähköä. Teurastamon alueelle on sijoitettu vihreän sähkön tuottoa osoittavat näyttötaulut, jotka kertovat kaupunkilaisille aurinkoenergiasta saatavan sähkön määrän. Kuvassa 8 on näytetty paneeliketjujen sijainnit R1:n katolla. [20, s. 5]



Kuva 8. Kuvassa nähdään asennetut aurinkopaneeliketjut rakennuksen katolle. [3.]

Raportissa otetaan kantaa rakennuksen aurinkoenergian lisäämiseen vaikuttaviin potentiaalsiin tekijöihin, mutta lupa-asioita sekä määräyksiä ei asennuksien

suhteen ole otettu huomioon. Rakennuksen katon pinta-ala on 10 428 m<sup>2</sup> ja tuotantoon soveltuva pinta-ala 7 454 m<sup>2</sup> [22]. Tuotantoon sopivan pinta-alan tuottama aurinkosähkön määrä olisi 1 169 MWh/a, joka tarkoittaisi 900 tunnin huipunkäyttöajalla 1,3 MWh:n sähköntuottoa. Aurinkoenergiajärjestelmän toteuttaminen täyden tuotantoon sopivan pinta-alan mukaan tarkoittaisi lähes 41 % aurinkosähköä rakennuksen kokonaiskulutuksesta. [21]. Kuvassa 9 nähdään aurinkopaneelien keskimääräistä tuotantoa Suomessa eri vuodenaikoina.



Kuva 9. Suomessa vuoden aikana saatavan aurinkoenergianmäärän jakaantuminen kuukausittain. [23.]

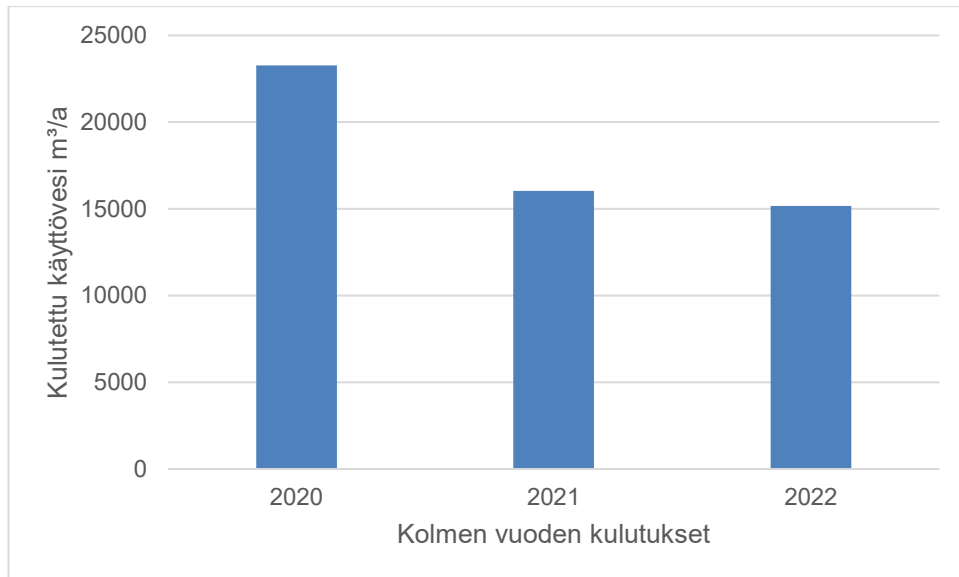
Aurinkovoimalan tuottavuuden suhteen olisi suositeltavaa huolehtia suuren paneelijärjestelmän kennojen puhtaudesta, koska rakennus sijaitsee alueella, missä on paljon hiekka- ja siitepölyä, lintujen ulosteita, nokea sekä muuta roskaa. Lika kokonaisuudessaan heikentää paneelien hyötysuhdetta ja tämän takia kokonaistehontuotto heikkenee. Pitkän käyttöajan ja hyvän hyötysuhteen varmistamiseksi voisi olla järkevää tehdä huoltosopimus [20, s.5]. Lisäksi olisi kannattavaa pohtia tuotannon seurannan lisäämistä automaatiojärjestelmään, mikä tukisi energianhallintaa. Automaatiojärjestelmään voi myös lisätä kulutusohjauksen, jolla voi esimerkiksi ohjata aurinkovoimalan ylituotannon rakennuksen muihin sähköjärjestelmiin, nostaen voimalan omakäyttöastetta. Kulutusmittauksen lisääminen auttaa sähkönkäytön seuraamista reaaliajassa, joka erittelee käytetyn sähköenergian määrän, esimerkiksi osto- ja myyntisähkön osuudet.

Kulutusmittaus voidaan yhdistää kulutuksenohjaukseen, jossa voidaan ottaa huomioon kiinteistön oma sähkönkulutus. [24.]

### 3.4 Käyttövesijärjestelmä

Tukkutorin kylmänkäyttöveden kokonaiskulutusta mitataan R4:n kahdella päämittarilla. Mittarin 4456 luettavat kohteet ovat rakennukset 2, 3, 4, 5, 6, 11 ja 16 sekä insinööriyön aiheena oleva R1. Rakennuksen vedenkulutuksen seuranta kokonaisuudessaan on haasteellista, koska ainoastaan pieni osa käyttövedestä laskutetaan ja suurin osa kulutuksesta koostuu korkeapainepesulinjan kautta suoritetuista pesuista, jotka eivät ole seurannassa. Korkeapainepesulinja on liitetty 6 baarin lämminkäyttövesi runkoputkeen, josta korkeapainepumppu nostaa paineen 18 baariin. Lihankäsittelytilojen ja ruhokäytävien pesuihin kuluu aikaa n.8 tuntia arkipäivässä ja n. 4 tuntia juhlapyhiä edeltävinä viikonloppuina. Kiinteistön lämpimän käyttöveden kulutus lasketaan arkipäivän vuorokautisen kulutuslukeman perusteella, koska tilojen pesut ovat säännöllisiä ja samanlaisia ympäri vuoden. Kulutuslaskelmien tueksi tehdään karkea arviolaskelma korkeapainepumpun vedentuotosta kierrostilavuuden ja kierrosnopeuden perusteella, ja laskelmaa verrataan vedenkulutusmittarista luettuun vuorokausi lukemaan. Normaalisti tilanteessa, jossa lämpimän käyttöveden energiankulutus  $Q_{kv}$  (kWh/a) on tuntematon, se voidaan laskea kulutetun kylmänkäyttöveden perusteella. Motivan ohjeiden mukaisesti kylmän käyttöveden eli raakaveden osuus on 60 % ja lämpimän 40 % kokonaisvedenkulutuksesta. Jäteveden määrä on sama kuin kylmänkäyttöveden kokonaiskulutus. [12.]

HSY laskuttaa Tukkutorilta raakaveden vesimaksun, jätevesimaksun ja mahdolliset perus- ja hulevesimaksut, joista muodostuvat kylmän käyttöveden kustannukset. Raakaveden kulutus laskutetaan päävesimittarin mittaustietojen mukaisesti ja jätevesimaksu peritään kulutetun raakaveden mukaan. Kuvassa 10 esitetään Tukkutorin kylmänkäyttöveden kulutus kolmelta edelliseltä vuodelta. [25.]



Kuva 10. Kylmäkäyttöveden kulutus kolmelta edelliseltä vuodelta. [26.]

Raportissa mainittujen kiinteistöjen kylmäkäyttöveden kulutus vuonna 2022 oli 15 168 m<sup>3</sup>. R1:n osalta kulutusta jouduttiin lähestymään lämpimän käyttöveden kulutusseurannan kautta, koska kokonaiskulutusta kylmästä vedestä ei rakennuksessa ole luettavana. Vuorokautiseksi lämpimän käyttöveden kulutukseksi saatiin 31 m<sup>3</sup>. Kyseinen kuutiomäärä kerrottiin vuoden kaikilla arkipäivillä, jolloin kulutukseksi saatiin 8 091 m<sup>3</sup>. Lisäksi lukemaan pitää lisätä vuoden jokaisena viikonloppuna tapahtuva kulutus. Kuukauden aikana tehtyjen testien perusteella keskimääräinen kulutus viikonlopulle oli n. 6 m<sup>3</sup> vuorokaudessa eli koko vuoden kulutus olisi n. 624 m<sup>3</sup>. Yhteensä arkipäivien ja viikonloppujen yhteiskulutus olisi 8 715 m<sup>3</sup>.

Laskelmien perusteella lämpimän käyttöveden osuus kokonaiskulutuksesta olisi 57 %. Suurempi lämpimän käyttövedenkulutus suhteessa kylmään käyttöveteen selittyy rakennuksen toiminnallisista syistä, kuten lihankäsittelytilojen pesuista ja ravintola- sekä prosessitoiminnasta (liite 3).

Kylmäkäyttöveden esilämmitykseen käytetään lämmöntalteenottojärjestelmästä saatua lauhdelämpöä ja loppuosa lämmityksestä saadaan lämmönjakokeskuksen kaukolämpösiirtimistä. Seuraavissa alapuolella esitetyissä

laskelmissa kuvataan lämpimänkäyttöveden vuoden aikana sitomaa lämpöenergiaa, joka saadaan kaukolämpöverkosta. Motivan sivuilla on määritelty, että normaalikiinteistöjen lämmön kulutuksesta n. 20–40 % käytetään käyttöveden lämmitykseen. Laskelmista saatu kulutuslukema 549 045 kWh on 12 % vuoden 2022 kokonaislämmöntarpeesta. Rakennus on erittäin vanha rakenteeltaan, millä on suuri vaikutus lämmönläpäisykertoimeen. Alhainen lämpimänkäyttöveden sitoma lämpöenergian määrä kertoo rakennuksen muista lämpöhäviöistä, kuten katot, ikkunat, seinät ja lattiat. Rakenteista johtuvat lämpöhäviöt sekä vanhan patteriverkon huono lämmönsiirtokyky vaikuttaa lämpimän käyttöveden osuuteen merkittävästi, eli mitä vähemmän lämpöhäviötä ja hyötysuhteeltaan tehokkaampaa lämmitystä, sitä pienempi on rakennuksen lämmityksen kokonaistarve vuodelle. Käyttöveteen käytetyn lämpöenergian lisäksi on otettava huomioon lauhdelämmön vaikutus, joka lasketaan samalla kaavalla (liite 3).

$$Q = \frac{\rho \cdot c_p \cdot V \cdot (t^2 - t^1)}{3\,600} \quad (4.)$$

Q	veden lämmittämiseen kuluva energia	[kWh]
$\rho$	veden tiheys	[1 000 kg/m <sup>3</sup> ]
V	vedenkulutus	[m <sup>3</sup> ]
$c_p$	veden ominaislämpökapasiteetti	[4,2 kJ/kg°C]
$t_1$	lämmitettävän veden lämpötila, 5...10	[°C]
$t_2$	lämmitetyn veden lämpötila, tyypillisesti 55	[°C]
3 600	yksikkömuunnoskerroin	[kJ->kWh]

Lämpimän käyttöveden lämmitykseen käytettävä lämpöenergia vuodessa.

$$Q = \frac{1\,000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 4,2 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \cdot 8\,715 \text{ m}^3 \cdot (60^\circ\text{C} - 6^\circ\text{C})}{3\,600 \text{ kJ}} = 549\,045 \text{ kWh}$$

Lämpimän käyttöveden esilämmitykseen käytettävä lauhdelämpö vuodessa.

$$Q = \frac{1\,000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 4,2 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 8\,715 \text{ m}^3 \cdot (30 \text{ }^\circ\text{C} - 6 \text{ }^\circ\text{C})}{3\,600 \text{ kJ}} = 244\,020 \text{ kWh}$$

Kokonaiskäyttöveden lämmitykseen käytetty lämpöenergia, kun lauhdelämpö otetaan huomioon 305 025 kWh vuodessa. Lämpimän käyttöveden kustannukset saadaan, kun kulutetut vesikuutiot kerrotaan kaukolämmön keskihinnalla, joka vuonna 2023 on 5,35 €/m<sup>3</sup>. Saatua arvoa täytyy kertoa vielä lämpimän käyttöveden käyttöasteella 0,57, joka on rakennuksen kulutetun lämpimän käyttöveden osuus kokonaiskulutuksesta. Kustannus sisältää arvonlisäveron 24 %, mutta kaukolämmön vesivirtamaksua se ei sisällä. [27.]

#### Käyttövesijärjestelmän kalusteet

Rakennusta on saneerattu vuodesta 2012 lähtien yrittäjien toimintamallien muuttuessa. Vesikalusteet ja sosiaalitytöt on uusittu viimeisten kolmen vuoden aikana. Muutamia yksittäisiä WC-tiloja on vielä korjaamatta, mutta vesikalusteet on näissäkin tapauksissa uusittu. Rakennusta on saneerattu vuodesta 2012 lähtien yrittäjien toimintamallien muuttuessa. Vesikalusteita ja sosiaalitytoja on uusittu vuosien aikana useiden eri asiakkaiden tiloissa. Käyttövesijärjestelmän haastavimmat ylläpidettävät kohteet painottuvat lihankäsittelytiloihin, joissa on paljon huollettavaa. Suurimmat vedenkulutusta lisäävät ongelmat kohdistuvat pesuallaiden käyttövesilinjojen puristusliitoksiin, joissa paikannetaan paljon vesivuotoja vuosittain. Veitsisterilisaattoreiden käyttövesilinjojen puristusliitokset ja väärin säädetyt hanat aiheuttavat ylimääräistä veden kulutusta. Pikapesuliittimet aiheuttavat vuotoja kulumisen ja kerääntyneen kalkin takia.

Edellä mainittuihin vesivuotoa aiheuttaviin ongelmiin tehokkain ratkaisu on asiakkaiden ja huoltohenkilökunnan yhteydenpito sekä säännölliset tarkistuskierrokset viikoittain. Käyttövesiverkoston paine on 600 kPa ja lämpimän käyttöveden lämpötila on pidetty 2 astetta normaalia korkeammalla 60 °C:sen laajan käyttövesiverkoston takia. Lämpimän käyttöveden päälinjasta on liittymä

kiinteistön korkeapainepesulinjaan, jossa on kaksi taajuusmuuttajilla ohjattua 11 kW:n pumppua pitää 18 baarin painetta pesuverkostossa. Pumppujen säännölliset tarkastukset ja vuorottelut vähentävät vesivuotoriskiä pumppujen osalta. Suositeltavaa olisi asentaa erillinen lämpimän käyttövedenkulutus-seuranta korkeapainepesulinjastoon. [10.]

### 3.5 Tekniset asiakirjat

Tukkutorin tekniset asiakirjat ovat puutteellisia piirustuksien, huolto- ja mittauspöytäkirjojen osalta. Piirustukset sisältävät pääosin PI-, RAU-, sähkö- ja arkkitehtikuvia, joiden ajan tasalla olevat päivitykset puuttuvat. Helsingin kaupungilla on sähköinen BEM-huoltokirja, mutta sen käyttöönotto Tukkutorilla on ollut hidasta henkilöstövajeen takia. Teknisten asiakirjojen selvittäminen ja niiden siirtäminen sähköiseen järjestelmään on hidasta ja aikaa vaativaa. Teknisten laitekantojen sekä sähköjärjestelmien huoltosuunnitelmat määräaikaistarkastukseen on toteutettu määräyksien mukaisesti. Suositellaan sähköisen huoltopäivä-kirjan käyttöönottamista sekä puutteellisten asiakirjojen päivittämistä. [3.]

### 3.6 Kiinteistön käyttö- ja ylläpito

Tukkutorin käyttö- ja huolto-organisaatio koostuu tiimipäälliköstä, laitospäälliköstä, kahdesta huoltoteknikosta, sähköasentajasta sekä laitospäälliköstä. Rakennus 1:n osuus Tukkutorialueen käyttö- ja huoltotoimenpiteistä on merkittävä. Rakennus kuuluu 24/7 varallaolon piiriin, koska osa asiakkaiden yritystoiminnasta on kylmävarastoinnin takia erittäin kriittistä. Taloautomaation osalta kiinteistö on jaettu kahteen eri järjestelmään. Vanhempaa Stematic-järjestelmää on korvattu osittain Siemens Desigolla, joka kattaa tällä hetkellä osan rakennuksen talotekniikasta. Tulevaisuudessa kaikki päivätoimintaan liittyvä talotekniikka on tarkoitus siirtää Siemensin automaatiojärjestelmään. Kriittisten toimintojen, kuten kylmätekniikan ja pneumaatiikan osalta käyttö- ja huoltovarmuus tukee Stematic järjestelmän käyttöä, koska omalla henkilökunnalla on tärkeä rooli sen ylläpidossa. Stematic-järjestelmän ylläpito omalla henkilöstöllä takaa nopean ja huoltovarman palvelun asiakkaille parantaen toimintavarmuutta. [2.]



Rakennuksen energiankulutuksen seuranta omalla henkilökunnalla on erittäin tärkeää, koska osa prosessien säädöistä perustuu asiakkaiden toiminnanmuutoksiin. Muutoksien takia automaatiojärjestelmän parametrejä joudutaan muokkaamaan asiakkaiden tarpeiden mukaisesti. Energiansäästöjen osalta henkilökunnan tehtäviin kuuluu varastojen lämpötilaseuranta, käyntiajat, sulatukset, pattereiden yleinen kunto, moottorien vaihdot ja kylmäprosessin ohjaus sekä valvonta. Huolto-organisaation lisäksi käytetään Helsingin kaupungin kilpailuttamia puitesopimusurakoitsijoita. [2.]

## 4 Talotekninen laitekanta

Rakennuksen jäähdytysjärjestelmän automaatio on toteutettu Stematic- ja Carel-järjestelmillä. Päävalvomo sijaitsee R2:n pakastamossa. Carel-järjestelmällä ohjataan ja valvotaan R1:n kiinteistön vedenjäähdytyskoneen toimintaa ja Stematic-järjestelmällä puolestaan järjestelmän toisiopiiriä, johon kuuluu jäähdytettävät varasto-, lihankäsittely- ja aputilat. Lisäksi jäähdytyspiiriin kuuluu osa tiloja palvelevia ilmanjäähdytyskoneita. Rakennuksen muun laitekannan seuranta ja ohjaus on toteutettu Stematic- ja Siemens Desigo-automaatiojärjestelmillä. [10.]

### 4.1 Valaistus

R1:n valaistus on tällä hetkellä osittain uusittua ja vanhaa alkuperää. Valaistus on toteutettu led- ja loisteputkivalaisimilla, joiden kulutus on 36–116 watin välillä valaisinta kohden. Rakennuksen valaisimien kulutustiedot löytyvät liitteestä (liite 2). Rakennuksessa on suuri kerrospinta-ala ja tilat poikkeuksellisen korkeita, jonka takia valaistustehot suuria. Hygieniatilojen valaistus on myös normaalia tehokkaampaa, koska työ on tarkkuutta vaativaa sekä puhtaus eläinlääkärien valvomaa. Valaistus on laskettu ainoastaan rakennuksen ulkovaipan sisäpuolisista tiloista eli etupihan valaistusta ei ole otettu laskelmissa huomioon. Vuonna 1999 tehdyssä energiakatselmuksessa valaistuksen sähkönkulutukseksi saatiin n.80 kWh ja nyt 23 vuotta myöhemmin n.64 kWh. Lisäksi huomio kiinnittyy kasvaneisiin käyttötilamääriin, eli valaistusteho on kuitenkin kasvanut kulutuksen pienentyessä. Kulutuksen vähentymiseen vaikuttavat teknologian kehittyminen

valojen ja sähkötekniisten järjestelmien suhteen, sekä viimeaikaiset ryhmävaihdot led-valaisimiin (liite 2).

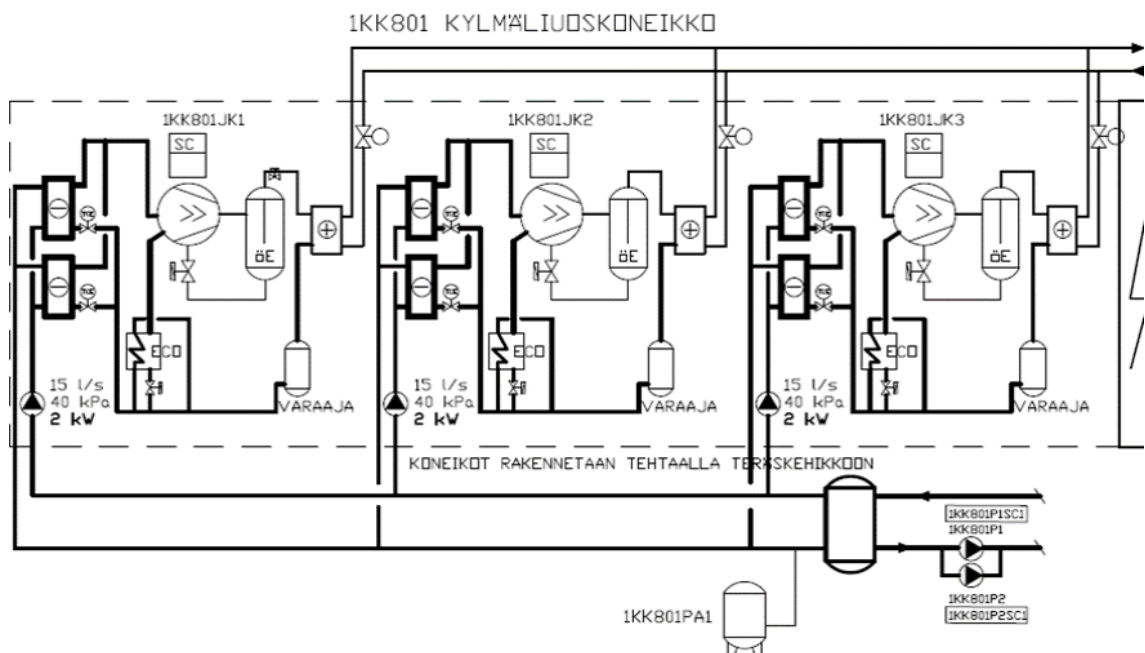
## 4.2 Jäähdytysjärjestelmä

Vuonna 2019 edellytysinvestointihankkeen yhteydessä aloitettiin vedenjäähdytyskoneikon rakentaminen, mikä tarkoitti erillistä kylmäjärjestelmää R1:n tiloihin. Konehuoneen lisäksi uusittiin vanhoja teräsputkia vanhasta liuospiiristä, minkä tarkoituksena oli lisätä toimintavarmuutta. Vedenjäähdytyskoneikko otettiin käyttöön vuonna 2020 keväällä.

Rakennuksen kylmäjärjestelmä koostuu kolmen jäähdytyspiirin kylmäliuoskoneikosta. Kylmäjärjestelmän kylmäaine täyttö on 180 kg R513A-kylmäaineella ja toisiopuolen kylmäliuoksena käytetään 30 % propyleeniglykoli/vesiliuosta. Lauhdutuspiirin liuoksena käytetään 40 % etyleeniglykoli/vesiliuosta, lisäksi piiriin kuuluu katolla sijaitsevat liuosjäähdyttimet. Jäähdytysjärjestelmän toisiopiiri koostuu kylmävarastoista, prosessi- ja jalostushuoneista. Edellä mainittujen kohteiden lisäksi jäähdytettäviä tiloja ovat suuret lihankäsittelytilat, ruhokäytävät ja varastot. Talotekniikan osalta järjestelmään on liitetty kahdeksan ilmanvaihtosekä neljä jäähdytyskiertoilmakonetta, joiden yhteenlaskettu maksimitilavuusvirta on noin 40 m<sup>3</sup>/s (liite 6).

Rakennuksen asiakaskanta on erittäin vaihtelevaa, jolloin energiankulutus ja kaantuu useaan eri alueeseen. Suuri energiankulutus painottuu aamuneljästä iltapäiväviiteen, johtuen asiakkaiden vaihtelevista työajoista sekä erilaisista tarpeista työnsä suhteen. Jäähdytysjärjestelmän piiriin kuuluvia asiakkaita ovat lihayrittäjät, ravintoloitsijat, leipomotoiminta sekä normaalit asiakastilat. Suurin vaikutus energiankulutukseen on vuodenaajat, joista kesäkauden osuus sähkönkulutukseen on suurinta laajan kylmäjärjestelmän takia. Asiakkaiden tuotevirrat noin 500–1 500 miljoonaa kg/a liikkuvat nopeaan tahtiin, jolloin ovia joudutaan pitämään auki aiheuttaen lämpökuormaa kylmäjärjestelmään. [28.]

Lisäksi puutteelliset rakenteet lämpöhäviöineen aiheuttavat ongelmia tarvittavan jäähdytystehon suhteen. Suurimpia energiankulutukseen vaikuttavia tekijöitä ovat yrittäjien tuotantilojen osalta puuttuvat välikatot, joka aiheuttaa sähköhäviöitä kesällä ja lämpöhäviöitä talvella. Pakkasvarastojen osuus kokonaisuudesta on kohtuullisen pieni, ja energiankulutuksesta aiheutuvat kulut menevät asiakkaille. Kuvassa 11 on esitetty kolmen erillisen jäähdytyspiirin kompressorit. Kompressoreiden yhteenlaskettu kylmäteho on 1 041 kW ja sähkönottoteho 390 kWh. [28.]



Kuva 11. PI-kuva kolmen jäähdytyspiirin muodostamasta vedenjäähdytyskoneikosta. [28.]

Kuvassa 11 esitetään kolme erillistä jäähdytyspiiriä, jossa on kolme taajuusmuuttajaohjattua ruuvikompressoria. Kompressorin korkeapaine puolella kuumakaasu kulkeutuu öljynerottimen kautta jäähdytyspiirin lauhduttimelle luovuttaen lämpöä toisiopuolen liuospiiriin. Lauhduttimen toisiopuolella taajuusohjatut pumput siirtävät lauhdelämpöä sisältävän liuksen katolle nestejäähdyttimille. Katolta palaava jäähtynyt liuos kiertää takaisin lauhduttimelle. Lauhduttimen ensiöpuolella virtaava kuumakaasu lauhtuu nesteeksi ja kulkeutuu järjestelmän nestevaraajaan, josta nesteytynyt kylmäaine johdetaan paine-eron avulla

economaiserille ja höyrystimelle. Economaiseri parantaa jäähdyttimen tehoa ja kapasiteettia lisäten myös moottorin käämien jäähdytystä. Höyrystimellä kylmäaine höyrystyy sitoen lämpöenergiaa toisiopuolella virtaavasta kylmäliuoksesta jäähdyttäen samalla varastojen jäähdytyspattereille pumpattavaa propyleeni-glykolivesiliuosta. Kuvassa esitetään kolmen erillisen jäähdytyspiirin toisiopuoli, jossa 2 kW:n kiertopumput kierrättävät kylmäliuosta jäähdytyspiirien höyrystimien ja tasaussäiliön välillä. Tasaussäiliön tehtävänä on toimia puskurina hetkellistä jäähdytystehopiikkiä varten. Jäähdytyspumppujen tehtävänä on pumpata jäähdytetty kylmäliuos tasaussäiliöstä kylmävarastojen jäähdytyspatte-reille. [28.]

### 4.3 Ilmanvaihtojärjestelmä

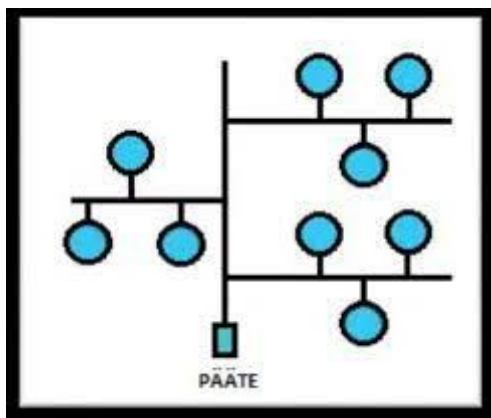
Rakennuksessa on 9 tulo- ja poistoilmapakettikonetta ja 10 erillistä tuloilmakoneetta. Erillisiä poistokoneita rakennuksessa on 48. Edellä mainitut ilmanvaihtokoneet teknisillä tiedoilla löytyy raportin liitteistä. Lihattukkuhallin pääilmanvaihtokoneen TK301-järjestelmään kuuluu lisäksi neljä jäähdytyskiertoilmakonetta. Raportin liitteisiin tehtiin laaja tekninen taulukko, jossa R1-kiinteistön kaikki ilmanvaihtokoneet on tarkennettu teknisillä tiedoilla. Lisäksi taulukkoon on merkitty koneiden vaikutusalueet, suunnittelutunnukset, vaikutusalueiden tilavuudet sekä aikaohjelmat. Taulukkoa lukemalla pystytään jo suoraan paikantamaan energi-ansäästökohteita ilmanvaihtojärjestelmästä (liite 6).

### 4.4 Automaatio

Tukkutorilla talotekniikan ja muiden teollisuuden alan valvontajärjestelmät on toteutettu pääosin Stenfors Oy:n Stematic-automaatiojärjestelmällä, joka kattaa suurimman osan Tukkutorin hoidettavista kiinteistöistä. Muita alueella käytettäviä automaatiojärjestelmiä on Catevan toimittama Siemensin Desigo, joka on otettu korvaamaan Stematic-järjestelmää ilmavaihtokoneiden osalta. Kolmas automaatiojärjestelmä on Carrierin toimittama Carel, joka on rakennus 1:ssä sijaitsevan vedenjäähdytyskoneen oma järjestelmä.

#### 4.4.1 Stematic

Stenfors Oy on vuonna 1973 perustettu oululainen rakennusautomaatioalan urakointiyritys, jolla on toimipisteet Oulussa ja Helsingissä. Vuoden 2023 alussa tapahtuneen yrityskaupan takia EIVak Service Oy toteuttaa jatkossa Stenfors-rakennusautomaatiojärjestelmien huolto- ja elinkaaripalvelut. Automaatiojärjestelmän koko rakennus 1:ssä on kahdeksan Stematic-alakeskusta RS485-tietoliikennöintiväylällä. Alakeskustyyppinä Tukkuutori-alueella on SS1000, Stematic ja SSX. Järjestelmä on toteutettu puutopologialla, jossa kaapeloinnin kokonaispituus on noin puolet verrattuna väylätopologian kaapeloinnin pituuteen. [29.] Puutopologian etuna on muuntojoustavuus ja säästöt kaapelikustannuksissa. Automaatiojärjestelmän etuja on toimintavarmuus, mikä toimii erinomaisesti Tukkuutorin kriittisissä kohteissa. Toimintavarmuuden lisäksi alakeskukset on kasattu vaihdettavista piirikorteista, moduulikorteista sekä muista komponenteista, mikä nopeuttaa reagoimista häiriötilanteissa ja tekee ylläpidosta taloudellisempää, koska osa huoltotöistä voidaan tehdä omalla henkilökunnalla. Kuvassa 12 on esitetty Stematic-automaatiojärjestelmän väylätyyppi. [30.]



Kuva 12. Stematic-automaatiojärjestelmän väylätyyppinä on käytetty puutopologiaa [30.]

Suosittelaa rakennuksen alakeskusten päivittämistä uudempaan versioon. Muutoksesta saatavat hyödyt lisäävät toimintavarmuutta, varaosien saatavuutta sekä tehostavat datan seuranta ja keräystä.

#### 4.4.2 Siemens Desigo CC

Rakennuksessa on kolme Siemens Desigo CC-alakeskusta. Automaatiojärjestelmään on liitetty ainoastaan ilmanvaihtokoneita, jotka on esitetty raportin liitteissä 6 olevassa laitekantataulukossa. Lisäksi järjestelmään liitetään vuoden 2023 aikana uusittavia energiankulutusmittareita. Kyseisellä muutoksella parannetaan kiinteistön energianhallintaa. [31.]

Desigo CC on avoin talotekniikan automaatiojärjestelmä, joka on luotu tuottamaan toimintavarmoja ja energiatehokkaita tiloja. Desigo CC -alusta taipuu useaan eri talotekniseen ja yksittäiseen järjestelmään sekä täysin integroituihin kiinteistöihin asti. Integroiduissa kiinteistöissä kaikki alajärjestelmät toimivat synkronoidusti lisätäkseen turvallisuutta, toimintavarmuutta sekä tuottavuutta. Järjestelmä sopii monipuoliseen käyttöön ja ylläpitoon, ja sen lisäksi ei tarvita muita järjestelmiä. Ratkaisulla optimoidaan rakennusten käyttöä, lisäten energiatehokkuutta, millä saadaan säästöjä energiakustannuksissa. [31.]

Desigo CC perustuu maailmanlaajuisiin tiedonsiirtostandardeihin, kuten BACnet, OPC, Modbus, IEC 61850, SNMP ja ONVIF, ja ulkoiset sovellukset voivat lukea ja kirjoittaa ajantasaista dataa REST-rajapinnan kautta. Lisäksi omia protokolliaan toteuttavat kolmannen osapuolen järjestelmät voidaan liittää alustaan Desigo CC -ajurien avulla. [31.]

#### 4.4.3 Carel

Carel-automaatiojärjestelmä otettiin käyttöön vuonna 2019 edellytysinvestoinnin yhteydessä, jossa yhtenä projektin osana asennettiin Carrierin toimittama vedenjäähdytyskoneikko R1:n tiloihin. Järjestelmä toteutettiin ainoastaan vedenjäähdytyskoneikkoa varten, minkä tarkoituksena oli saada koneikolle oma automaatiojärjestelmä datan seurantaan ja hälytyksiä varten. Konehuoneen ja valvomoon välille rakennettiin oma kuituyhteys, jonka kautta seurattava data saadaan valvomoon. Carel-automaatiojärjestelmä soveltuu parhaiten kylmäjärjestelmien ylläpitoon ja seurantaan. [32.]

## 5 Energiansäästömahdollisuudet

Luvussa 5 tuodaan esille varteenotettavia energiansäästöratkaisuja teollisuuden ja talotekniikan eri osa-alueilla. Energiansäästöön liittyviä toimenpiteitä on lähdetty toteuttamaan vuoden 2020 tammikuusta lähtien. Vuoden 2022 marraskuusta aloitettiin Tukutorin kaikkien kiinteistöjen energiankulutuksen optimointi, jota toteutetaan automaatiojärjestelmien avulla. Prosesseissa tehtävät mekaaniset työt liittyvät kompressoreiden ja pumppujen paikallisiin ohjauksiin, linjasäätöventtiileiden säätöihin sekä lämpötila-antureiden kalibrointeihin.

### 5.1 Ilmanvaihtojärjestelmät

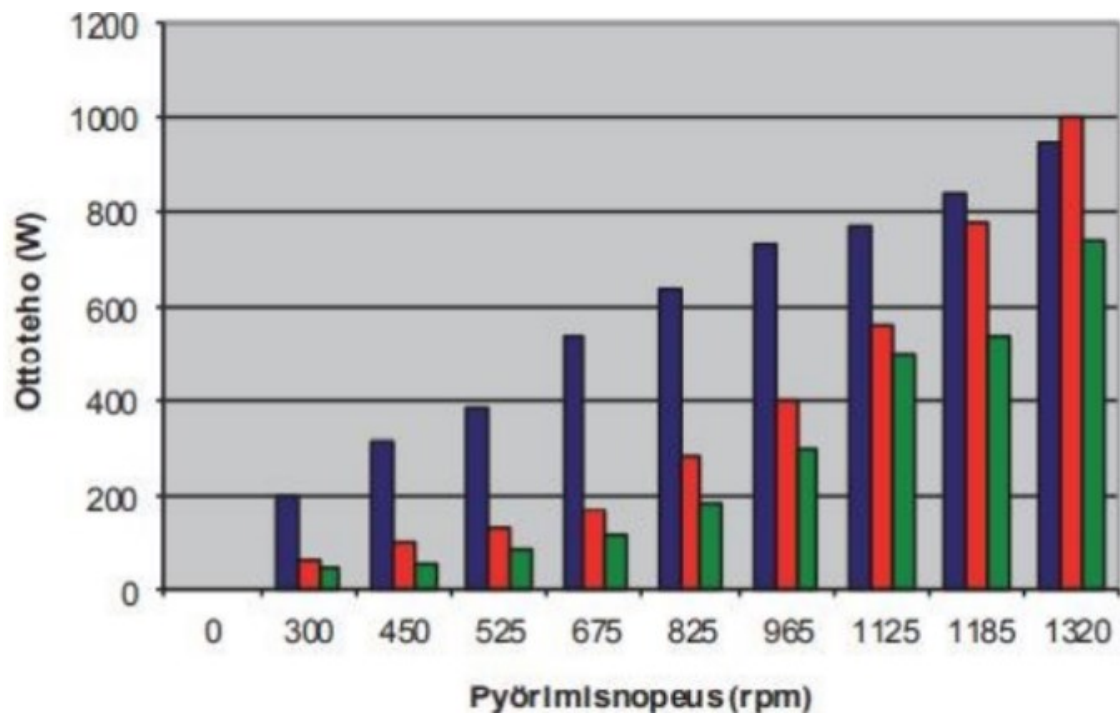
Energiansäästön kannalta olisi suositeltavaa suorittaa ilmamäärämittaukset rakennuksen jokaisessa osassa. Taulukon teknisistä tiedoista nähdään ilmanvaihtokoneiden vaikutusalueet ja asiakkaat tarpeineen. Rakennuksen tuloilmakoneista viisi on hihnavetoisia kaksinopeuksisia keskipakopuhaltimia, jotka on liitetty Stematic taloautomaatiojärjestelmään. Ilmanvaihtokoneiden ohjaus on toteutettu aikaohjelmien kautta. [33.]

Kyseisissä IV-koneissa paineennostokyky on heikko, eli puhallin vaatii suuria kierrosnopeuksia ja runsaasti sähkötehoa. Puhallin on erittäin altis pölylle ja liialle, ja millimetrin kerros likaa siivessä vähentää ilmamäärää n. 5 %. Käyttöhenkilökunnalta IV-koneet vaativat säännöllistä tarkkailua ja huoltoa, koska esimerkiksi vetohihnan kunto, kireys ja linjaus ovat erittäin herkkiä vikaantumisille. [33.]

Normaalilla kolmivaihe-AC-moottoreilla varustettujen puhaltimen hyötysuhde on huono. Vaihtoehtoisesti suoravetoinen EC-moottorilla varustettu nykyaikainen puhallin ilman erillistä voimansiirtoa on hiljainen ja huoltovapaa. Ilmanvaihdon määrää ohjataan älykkäällä automatiikalla olosuhteiden ja kohteen vaatimusten mukaan. Hyvällä paineennostokyvyllä on mahdollista käyttää matalia kierrosnopeuksia. Nykyaikainen siipiprofiili vähentää tehokkaasti likaantumista sekä toimii normaalisti mahdollisen likaantumisen yhteydessä. Suoravetomoottori on täysin huoltovapaa, ja sen sähkönkulutus on n. 35 % perinteisen puhaltimen

kulutuksesta. Raportin liitteessä 6 esitetyistä ilmanvaihtokoneista suurin osa on yli 20 vuotta vanhoja, mikä mahdollistaisi n. 10–25 %:n säästöt sähkön kulutuksessa, mikäli vanhat tulo- ja poistoilmakoneet vaihdettaisiin nykyaikaisiin EC-puhaltimiin. [33.]

EC-moottoreiden energiansäästöhyödyt verrattuna yleisesti käytettäviin sulku- ja 1-vaiheinduktiomoottoreihin ovat merkittäviä jo muutaman sadan watin tehoalueella. Kolmivaiheisia oikosulkumoottoreita käytetään yleisesti korkeammilla tehoalueilla. EC-moottoreihin verrattuna hyötysuhde on merkittävästi heikompi, ja se heikkenee nimellistehon noustessa. [34.] Seuraavassa kuvassa 13 esitetään EC- ja jännitesäätimen sekä taajuusmuuttajan eroja ottotehon kasvassa.



Kuva 13. EC- ja jännitesäätimen sekä taajuusmuuttajan erot. Sininen esittää jännitesäätöä, punainen taajuusmuuttajaa ja vihreä EC-säätöä. [35.]

HVAC-markkinoilla EC-moottoreita pidetään yksikertaisina moottoreina, joissa on erittäin korkea hyötysuhde. EC-moottorin toimintaperiaate perustuu elektroniseen kommutaatioon perinteisen tasavirtamoottorin hiiliharjan sijaan. EC-moottoreissa roottorin käämit on korvattu kestopagneeteilla sekä



kommutaatiovirtapiirillä. Kestomagneettien avulla saavutetaan korkea hyötysuhde ja elektronisella kommutoinnilla eliminoidaan hiiliharjojen mekaaninen kuluminen. EC-moottoreita käytetään yleensä alhaisella n. 100 watin tehoalueella. EC-moottorit ovat HVAC-sovelluksissa ulkoroottorimoottoreita, ja niiden tehoalue ulottuu tällä hetkellä noin 6 kilowattiin asti. [36.]

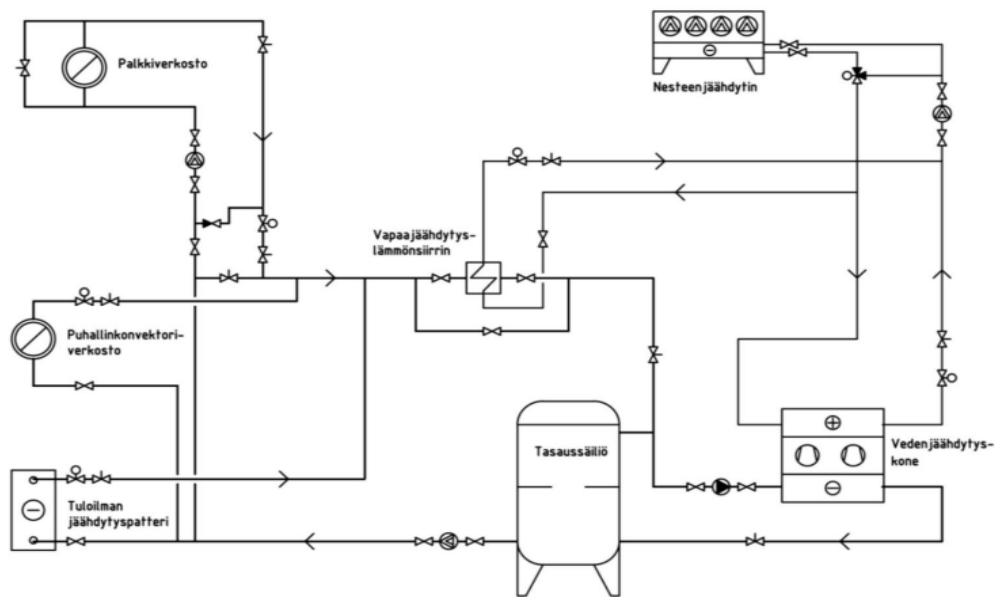
Ilmanvaihtojärjestelmien energiansäästötoimenpiteet kohdistuvat hihnavetoisiin kaksinopeus-TK301-305-ilmanvaihtokoneisiin. Ilmanvaihtokoneet TK301-305 tuottavat n. 9 m<sup>3</sup>/s ilmamäärän (liite 6). Hihnavetoisten ilmanvaihtokoneiden sähkönkulutus on tällä hetkellä n. 105 MW vuodessa, josta yli puolet 57 MW syntyy Ararat-elintarviketukkuliikkeen ilmanvaihdosta. Kyseisen ilmanvaihtokoneen käyttötunnit vuodessa on 8 760 tuntia täydellä käyntiteholla. Tulevaisuudessa olisi järkevää harkita EC-puhaltimia vanhojen hihnavetoisten puhaltimien tilalle. Ilmanvaihtojärjestelmä ei ole automaatioissa, mikä lisää sähkönkulutusta merkittävästi puuttuvien aikaohjelmien takia. Lisäksi järjestelmän energianhallinta on haastavaa puutteellisten järjestelmätietojen takia.

Liitteessä 7 on laskettu rakennuksen kaikkien hihnavetoisten kaksinopeusilmanvaihtokoneiden sähköenergian vuosikulutus sekä tuotu esille vaihtoehtoisten EC-puhaltimien vaikutus vuosikulutukseen projektin toteutuessa. Laskelmien tuloksena saatiin 28 MW:n sähkönsäästö vuodessa ja takaisinmaksuajaksi n. 12 vuotta. Hinnat koneille saatiin SystemAir Oy:n kotisivuilta ja urakkahinnaksi arvioitiin 25 000 euroa. Suorakaidekanavapuhaltimet määriteltiin suunnitelmissa laskettujen ilmamäärien mukaisesti. (liite 6)

## 5.2 Jäähdytysjärjestelmät

Jäähdytysjärjestelmän energiansäästö painottuu pääosin kylmäautomaation optimointiin sekä pieniin järjestelmämuutoksiin. Toisiopiirin vanhojen jäähdytyspumppujen ja levylämmönsiirtimen hyödyntäminen vapaajäähdytyksessä olisi erittäin energiatehokas ratkaisu. Projekti on erittäin kallis ja haastava toteuttaa, mutta energiansäästöt kohdistuisivat sähkön ja lämmön kulutukseen, mikä tekisi säästöistä mittavia. Muutoksessa välillisen kylmäjärjestelmän lauhdepiiri

liitettäisiin IV-konehuoneessa sijaitsevaan vanhaan levylämmönsiirtimeen, jolloin lauhdepiiriä voitaisiin käyttää varastojen jäähdytykseen kylminä ajanjaksoina. Vanhat liuospumput toimisivat kiertopumppuina vanhan levylämmönsiirtimeen toisiopuolella. Samassa projektissa kannattaisi pohtia IV-konehuoneessa sijaitsevien ilmanvaihtokoneiden LTO-pattereiden suoraan yhdistämistä lähellä kulkevaan päälauhdepiiriin. Toimenpiteellä saataisiin n. 5–8 asteen tehokkaampi esilämmitys viidelle ilmanvaihtokoneelle. Kuvassa 14 esitetään vapaajäähdytysratkaisu välilliselle kylmäjärjestelmälle. [37.]



kuva 14. Kuvassa jäähdytysjärjestelmä vapaajäähdytyksellä. [37.]

Rakennus 1:ssä toimivan vedenjäähdytyskoneen ajotapa nostaa energiankulutusta liian matalan menoliuoslämpötilan takia. Koneen ajotavan muutoksella olisi mahdollista säästää noin 10 % sähkönkulutuksessa. Vuonna 2022 kylmäjärjestelmän sähkönkulutus oli 856 MW, joka oli n. 30 % rakennuksen kokonaiskulutuksesta. Ajotavan muutoksella olisi mahdollista säästää n. 85 MW vuodessa. Raportissa käytetyn sähkönhinnan perusteella säästöä tulisi n. 13 000 euroa ja työn hintaan nähden takaisinmaksuaika olisi yksi kuukausi.

Carel-kylmäautomaatiojärjestelmään liitetty vedenjäähdytyskone kannattaisi optimoida ulkoilman ja kylmäpiirin paluuliuoksen lämpötilan suhteella, jolloin lähtevän liuoksen lämpötila muuttuisi ulkolämpötilan mukaan. Käytännössä projekti tarkoittaa asiakkaiden kylmävarastojen lämpötilamittauksia sekä kylmäjärjestelmän testiajoa eri lämpötila-alueilla. Testien tarkoituksena on luoda eräänlainen säätökäyrä vedenjäähdytyskoneelle, jolloin koneen käyntilupa seuraa automaattisesti muuttuvaa asetusarvoa.

Lauhdepiirin epävakaata lämpötila aiheuttaa epätasaisen käynnin kompresso-reille, mikä puolestaan kuluttaa konetta ja lisää sähkökulutusta. Lauhdepiirin optimaalinen lämpötila freonipiireissä on 35 astetta, jolloin kompressorin hyötysuhde on parhaalla mahdollisella tasolla. Lauhdepiirin tämänhetkinen lämpötila on pidetty 30 asteessa, mikä pitää järjestelmän vakaana. Lauhdepiirin lämpötilan nostaminen 5 asteella vaikuttaa voimakkaasti lämmöntalteenottojärjestelmän keskilämpötilaan ja sitä kautta tehostaa rakennuksen lämmitysjärjestelmää. Epävakaata lämpötila johtuu lauhdepiirin kolmitieventtiin PID-säädöstä sekä järjestelmän muista säätöön liittyvistä tekijöistä. Säätö olisi kannattavaa tehdä mahdollisimman nopealla aikataululla alan ammattilaisen ja käyttäjän yhteistyöllä. [38.]

Kylmäliuospiiriin kuuluvien kylmävarastojen liuospatereiden vesivirtaamien linjasäätö olisi järkevää toteuttaa, koska vanhat säädöt on tehty aikoinaan vanhan järjestelmän ja suunnitelmien mukaan. Kylmäliuoksen siirtomatkat on lyhentyneet, mikä näkyy suoraan painehäviöissä ja sitä kautta liuospumppujen sähkötehoissa.

Kylmävarastojen sulatukset on toteutettu sähkövastuksilla sekä lauhdepiirin liuoskierrolla. Sähkösulatuksella olevia pattereita on 21, joista suurin osa sijaitsee Kespron ja Heikin Lihan tiloissa. Sähkövastuksien koko vaihtelee 2–22 kW ja sulatusajat ovat n.7 tuntia viikossa varastoa kohden. Tulevaisuudessa olisi järkevää harkita sulatusvastuksien vaihtamista lauhdepiirin liuoskiertoon, jolloin sulatukset toteutuisivat hukkalämmöllä. Energiasäästöön liittyvänä projektina työ on erittäin kallis toteuttaa ja työajat vaativat suunnittelua. Yhtenä

vaihtoehtona voisi ajatella yhtä isoa sulatusryhmää, joka ohjaisi kaikkien varastojen sulatukset samaan aikaan. Sulatusryhmän sijoituspaikka olisi lihankäsittelytilojen yläpuolella teknisessä välitilassa, jossa urakan voisi toteuttaa normaalin työaikana ilman suurempia kylmäkatkoja (liite 8).

### 5.3 Paineilmajärjestelmä

Paineilmajärjestelmää käyttävät asiakkaat koostuvat eri alan yrittäjistä. Lihankäsittelyyn painottuvat yritykset ovat Roslund, Kespro ja Heikin Liha. Lisäksi järjestelmää käyttää Leipomo Väyrynen, Helsingin kahvipaahtimo ja Helsingin Distillery. Energianhallinnan kannalta negatiivinen vaikutus syntyy asiakkaiden paineilmalaitteiden kytkennöistä, joissa tapahtuu paljon painehäviötä. Tämä aiheuttaa kompressoreiden käyntiaikojen pitenemistä ja sitä kautta suurempaa sähkönkulutusta.

Paineilmajärjestelmä koostuu kahdesta Sarlinin toimittamasta Compair-ruuvi-kompressorista sekä laajasta paineilmarunkoverkosta. Runkoverkkoon on liitetty rakennus 4 ja rakennus 2, mutta kulutus syntyy rakennus 1:n asiakkaiden prosesseista. Kompressorit ovat tehonkulutukseltaan erikokoisia, minkä takia käyntiajat on säädetty asiakkaiden tarpeiden ja läsnäolon mukaisesti. Arkipäivisin käytetään suurempitehoista kompressoria ja viikonloppuisin pienempää sekä kulutuksen mukaan tarvittaessa molempia samaan aikaan. Käyttöpaine on määritelty asiakkaiden paineilmalaitteiden mukaan, joka tällä hetkellä 9–10 bar. Paineilmajärjestelmä on sen käyttäjille toiminnallinen edellytys työn jatkumisen kannalta, koska lähes kaikki lihankäsittelyyn liittyvät laitteet ovat pneumaattisesti ohjattuja.

Paineilmaverkko on Stematic-automaatiojärjestelmän kautta ohjattavissa, mikä auttaa sähkönkulutuksen ja käyntiaikojen seurannassa. Taulukossa 5 esitetään käytössä olevat kompressorit ja tekniset tiedot. [39.]

Taulukko 5. Paineilmakompressorit 1

<b>Malli</b>	<b>Nimellispaine [bar]</b>	<b>Moottori [kW] Hyötysuhde 0,88</b>	<b>Max ilmamäärä [m<sup>3</sup>/min]</b>
CompAir L07	7,5	7,5	1,3
	10	7,5	1,1
	13	7,5	0,9
CompAir L11	7,5	11	1,8
	10	11	1,6
	13	11	1,3

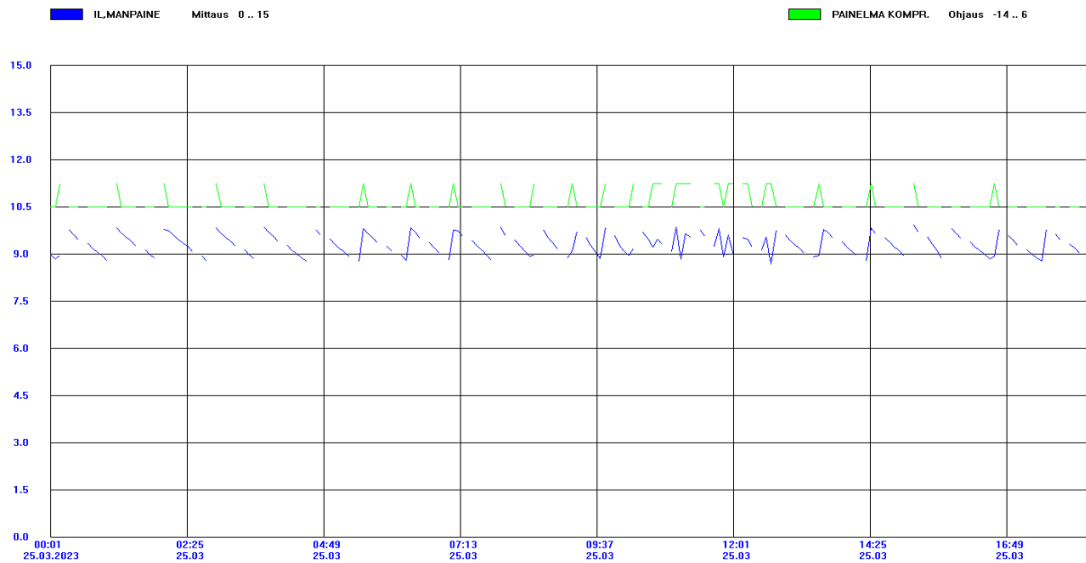
Taulukossa 6 on laskettu kompressoreiden tämänhetkinen sähkönkulutus asetetuilla aikaohjelmilla sekä asiakkaiden tiloissa tapahtuvilla ilmavuodoilla. Laskelmat perustuvat L07-kompressorin viikonlopun käyntiaikatrendiin. [39.]

Taulukko 6. Paineilmajärjestelmän kulutus 1

Malli	P [kWh]	Potto kWh	aikaohjelma	Käyntitunnit [h/d]	$\eta$	P[kWh/a] €	
CompAir L07	7,5	8,5	LA-SU	8	0,88		
CompAir L11	11	12,5	MA-PE	14	0,88		
CompAir L07 hukkakäynnin kokonaiskäyntitunnit				856	[h/a]	7 295	kWh
CompAir L11 kokonaiskäyntitunnit				3612	[h/a]	45 150	kWh
CompAir L11 kulutus työajan ulkopuolella						12 900	kWh
Sähkön hinta						0,15	eur/kWh
Sähkön säästö vuodessa						3 029	eur/a

Seurannan mukaan kompressori käy vuorokaudessa 8 tuntia, mikä tarkoittaa ilmavuodoista johtuvaa paineilmakuormaa. Asiakkaiden työajat on määritelty 10 tunnin arkipäiväjaksoihin, jolloin viikonloppuisin kulutusta ei pitäisi olla. Lisäksi L11-kompressori käy 4 tuntia työajan ulkopuolella.

Kuvassa 15 näkyy L07-kompressorin yhden vuorokauden tilatietotrendi, joka on todettu vertailukelpoiseksi koko vuodelle. [39.]



Kuva 15. Kuvassa otettu trendin automaatiojärjestelmästä, joka kuvaa kompressorin L07 tilatietoa sekä verkoston painetta. [40.]

Paineilmaverkko tulisi rajata rakennus 1:n kellariin säätöventtiilien avulla, jolloin yläkerroksessa toimivien asiakkaiden paineilmalaitteiden ilmapuodot eivät aiheuttaisi paineilmakuormaa työajan ulkopuolella. Säätöventtiilit olisi kannattavaa asentaa jokaiselle paineilmaverkon käyttäjälle ja liittää Stematic-automatiojärjestelmään, jonka kautta paineilmaverkko olisi täysin ohjattavissa. Aikaohjelmien kautta pystytään hallitsemaan ja seuraamaan jokaisen yrittäjän paineilman käyttöä erikseen. Toiminnallisella muutoksella mahdollistetaan työajan ulkopuolella tapahtuva kompressoreiden ja paineilmaverkon ohjaus. Investointi sisältää suunnittelua, venttiileitä, TIC-hitsaus- ja automaatiotyötä. Kustannus energiansäästöhankeelle on noin 10 000 euroa ja takaisinmaksuaika noin 3–4 vuotta laskelmiin perustuen. [39.]

## 5.4 Rakenteet

Rakennus 1:n rakenteet koostuvat pääosin 13 000 neliömetrin bitumikermi pulpetti- ja tasakattorakenteesta sisältäen noin 500 m<sup>2</sup> lasikattoa. Seinäikkunoiden kokonaispinta-ala on noin 400 m<sup>2</sup>. Ovien lukumäärä on 36 ja kokonaispinta-ala yhteensä 150 m<sup>2</sup>. Ulkovaipan ovet ovat kaikki teräksestä ja koostuvat kulku-, nosto- ja haitariovista. Ulkovaipan rakenne on tiiliverhoiltua betoniseinää.

Rakenteiden osalta koostuvat lämpöhäviöt, jotka jaetaan seuraaviin osiin:

- johtuminen rakennuksen vaipan läpi
- ulkoseinät
- ylä- ja alapohjat
- ikkuna
- ovet

Lämmönsiirtymismuodot voivat esiintyä johtumalla, konvektiona tai säteilyinä. Termodynamiikan lakien mukaisesti lämpö siirtyy aina korkeammasta lämpötilasta matalampaan pyrkien tasoittamaan lämpötilaeroja. Johtumisella on kuitenkin suurin rooli rakennuksen lämmitystarpeen muodostumisen kannalta, koska lämpöhäviöt vaipan lävitse tapahtuvat johtumalla.

Vanhan osan ikkunat ovat rakenteeltaan 1- ja 2-lasisia teräskehysillä varustettuja ikkunoita. Ikkunat ovat alkuperäisiä ja sen takia erittäin huonossa kunnossa. Ikkunoiden vaihdosta saatavan energiansäästö voidaan laskea seuraavasti. Vanhojen ikkunoiden E-arvo 2,8, ilmavuotoluku 1,5 sekä auringonläpäisykerroin 0,6 on saatu Motivan verkkosivustolta. Seuraavassa taulukossa 7 on laskettu karkea energian- ja kulusäästöarvio vuodelle, kun vanhat ikkunat ovat vaihdettu uusiin. Laskelmissa käytetään energialuokka B:n ikkunoita, jossa E-luku on 94 kWh/m<sup>2</sup>K. [41.]



Taulukko 7. Kiinteistön ikkunoiden vaihto 1

<b>Laskelmat</b>	<b>Tulokset</b>	<b>Yksiköt</b>
Rakennuksen seinäikkunoiden pinta-ala	400	m <sup>2</sup>
Vanhojen ikkunoiden U-arvo	2,8	W/(m <sup>2</sup> K)
Vanhojen ikkunoiden ilmavuotoluku	1,5	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> h
Vanhojen ikkunoiden g-arvo	0,6	
Vanhojen ikkunoiden E-arvo	326	kWh/m <sup>2</sup>
Vanhojen ikkunoiden energiankulutus	130 400	kWh
Kaukolämmön arvolisäperusteinen hinta	7	snt/kWh
Uusien ikkunoiden E-arvo	94	kWh/m <sup>2</sup>
Uusien ikkunoiden energiankulutus	37 600	kWh
Saatava lämpöenergiansäästö	92 800	kWh
Säästö euroissa vuodessa	6 496	eur/a
Kaukolämmön hyötysuhde	1	

Ikkunoiden uusimisella voidaan pienentää vedontunnetta. Vedontunteen vähene-  
misellä voidaan vaikuttaa asumisviihtyvyyteen. Asteen sisälämpötilan pienentämi-  
nen vähentää lämmitysenergiankulutusta noin 5 %. Tätä ei ole huomioitu lasku-  
rissa. Vanhojen ikkunoiden ja ikkunakarmien ympäristöä tiivistämällä pystytään  
vähentämään vedontunnetta merkittävästi. [41.]

Rakennuksen ulko-ovia on uusittu ja korjattu useasti viimeisten viiden vuoden  
aikana, minkä takia ovien uusimiselle ei ole tarvetta. [41.]

Rakennuksen vesikatto ja tiiliseinä on hyvässä kunnossa, eikä energiansääs-  
töön liittyviä toimenpiteitä ole syytä tehdä. Ilmavuotojen paikantamiseen liittyviä  
suunnitelmia kannattaa pohtia, eli esimerkiksi läpiviennit, ovet, kattoikkunoiden  
karmit sekä lattiapohja ovat varteenotettavia energiansäästöprojekteja. [41.]

## 5.5 Lämmitysjärjestelmät

Kaukolämmön piirissä olevan lämmönjakokeskuksen tekninen käyttöikä on noin 20–25 vuotta, jonka jälkeen lämmönjakokeskus ei toimi enää halutulla tavalla. Toimintavarmuuden kannalta vuotoriskit sekä lämmönjakamisen häiriöt kasvavat. Ennakoiva ja suunnitelmallinen lämmönjakokeskuksen uusiminen tehostaa lisäksi rakennuksen sisäisen lämmönjaon toimivuutta ja energiatehokkuutta säästäten lämmityskustannuksia vuositasolla.

Rakennuksen D-osan kellarissa sijaitsevan LS105-lämmönjakokeskuksen uusiminen olisi erittäin suositeltavaa. Keskuksen lämpöjohtoverkon ja ilmastoinnin lämmönsiirtimien ensiöpuolen tulolinjat ovat huonossa kunnossa ulkopuolisen pitkälle edenneen korroosioaurion takia. Lämmönjakokeskuksen sijainti samassa tilassa sähköpääkeskuksen kanssa muodostaa turvallisuusriskin rakennuksen toimijoille. Turvallisuuden kannalta olisi järkevää rakentaa molemmille keskuksille tekninen käyttötila.

Suurin osa rakennuksen lämpöjohtoverkon pattereista on vanhoja liiteradiaattoreita, joiden vesivirtaamat eivät vastaa suunnitteluarvoja. Seinäpatterit ovat alkuperäisiä, ja vuosien saatossa lämmönjohtuminen ja veden virtaama heikentynyt sisäpuolisen lian ja kalkkeutumien takia. Suositeltavaa olisi harkita vesipatterien vaihtoa tai verkoston huuhtelua. Verkoston huuhtelun etuna on sen edullisuus verrattuna vesipattereiden vaihtoon. Huuhtelulla tehostetaan lämmitysjärjestelmän virtaamaa sekä lämmön johtumista. Vesipattereiden vaihdolla kuitenkin saadaan suuremmat energiansäästöt, mutta selkeästi heikommalla takaisinmaksuajalla. Vaihtoa kannattaisi harkita silloin, kun keskusta uusitaan ja patterit olleet käytössä yli 40 vuotta. [42.]

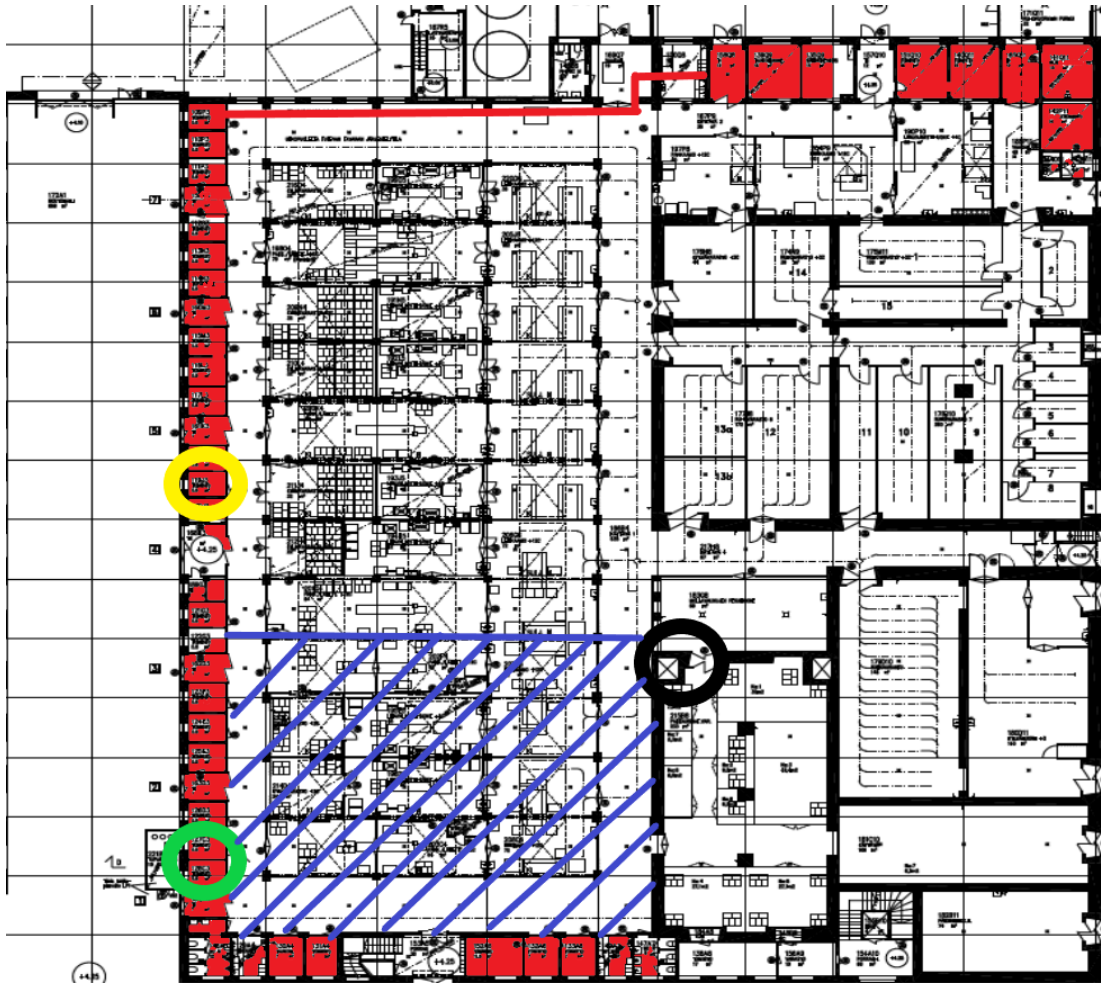
Pelkkä vesipatterien vaihto ei useinkaan ole kannattava säästötoimi pelkän energiatehokkuuden vuoksi. Patterien uusimisen yhteydessä termostaattien vaihto on erittäin kannattavaa. Vanhoissa kohteissa pelkkä termostaattien ja patteriventtiilien vaihto on vähentänyt lämmitysenergiankulutusta jopa 15–20 prosenttia. Termostaattien ohella on syytä vaihtaa myös pattereiden

säätöventtiilit, mikä parantaa lämmityksen kokonaishyötysuhdetta. Molemmissa kiinteistön lämmönjakokeskuksissa on yli 30 vuotta vanhat kiertopumput, mikä ylittää reilusti Motivan ilmoittaman 15 vuoden suositusajan. Vaihdon yhteydessä suositellaan integroidulla taajuusmuuttajalla varustettua kiertopumppua. Toimenpiteellä vaikutetaan kiertoveden pumppauksen sähkökulutukseen. [42.]

Lämmönjakokeskuksien vesipattereiden ja lämmityskiertoilmakoneiden lukumäärä ja virtaamat löytyvät raportin liitteistä (Liite 4–5). Lämmitysjärjestelmän merkittävin energiasäästöprojekti olisi asentaa välikatot Leipomo Väyrysen ja Kahvipaahtimon tiloihin. Molemmissa tiloissa käytetään suuria uuneja, joiden luovuttama hukkalämpö pystyttäisiin kohdentamaan paremmin. Yrityksien käyttötilojen ympärillä on useita toimistoja, joiden lämmitys pystyttäisiin toteuttamaan nykyisen TK309- ja TK314-ilmanvaihtokoneiden avulla. Tämänhetkinen ilmanvaihto on toteutettu TK303-ilmanvaihtokoneella, jonka tuottama ilmamäärä 0,94 m<sup>3</sup>/s ei riitä kiinteistön kaikkiin toimistoihin. Ilmanvaihtokoneet TK309 ja TK314 ovat TK/PK-pakettikoneita, jotka on varustettu lämmöntalteenottojärjestelmällä. Toimistoja palveleva TK303 on hihnavetoinen tuloilmakone, jossa lämmöntalteenottopatteri on kytketty rakennuksen yhteiseen LTO-piiriin. Välikaton koko n. 350 m<sup>2</sup> on esitetty kuvassa 16 sinisellä maalatulle alueelle. Lämmitettävä kokonaistilavuus on n. 2 500 m<sup>3</sup>, josta muutosten jälkeen jää 1 600 m<sup>3</sup> lämmitettävää käyttötilaa sekä Väyrysen ja Kahvipaahtimon toimistot.

Välikattoprojektin yhteydessä TK309 yhdistettäisiin Väyrysen ja Kahvipaahtimon ilmanvaihtokanaviin, jolloin toimistojen ilmanvaihdon ja lämmityksen tehokkuus paranisi alhaisempien painehäviöiden sekä paremman hyötysuhteen omaavan lämmöntalteenottojärjestelmän takia. Tuloilmakone TK303 olisi samassa urakassa järkevää vaihtaa EC-puhaltimeksi huomattavasti pienemmän sähkönkulutuksen takia. Välikattoprojektin yhteydessä liitettäisiin TK314-ilmanvaihtokone Väyrysen ja Kahvipaahtimon prosessitiloihin. Energiahyöty tulee esille pakettikoneiden lämmöntalteenottojärjestelmän kautta, jolloin asiakkaiden uunien tuottama hukkalämpö saadaan jäteilman kautta takaisin hyödynnettäväksi. Välikaton tehtävänä on estää hukkalämmön siirtyminen välitilaan, jossa sillä ei ole käyttöä. Lisäksi tehokkaammalla ilmanvaihdolla pystytään vähentämään

ilmalämpöpumppujen käyttöä jäähdytyksessä. Kuvassa 16 esitetään keltaisella merkityn TK303 ilmanvaihtokoneen vaikutusalue ja sijainti R1-kiinteistössä. Kuvaan on myös merkitty vihreällä TK309 ja toisessa kerroksessa IV-vintillä sijaitseva mustalla merkitty TK314. [43.]



Kuva 16. Kuvassa esitetään lihatukkuhallin puoleinen osa R2 kiinteistöstä. [43.]

Projektin ensimmäisessä vaiheessa täytyy laskea tilan lämmöntarve koko tilavuuden suhteen nykykäytöllä ja sen jälkeen suunnitteluarvojen mukaisesti. Lämmöntarpeen laskentaan otetaan huomioon johtumishäviöt rakennusvaipan läpi, vuotoilman lämmitys, tuloilman lämmitys sekä korvausilmateho. Lämmöntalteenottojärjestelmän käyttö ilmanvaihtokoneissa on tehokkaampaa, minkä

takia on tärkeää ottaa huomioon asiakkaiden tiloissa syntyvä hukkalämpö ja sen kohdistaminen oikeisiin tiloihin. [43.]

## 5.6 Valaistus

Valaistuksen energiankulutuksen säästöpotentiaalia varten tehtiin Excel-pohjainen laskentataulukko, jossa sovellettiin ympäristöministeriön uuden rakennuksen energiatehokkuudesta annetun asetuksen mukaista E-lukulaskentaohjetta. Laskentaohjelmassa otettiin huomioon käyttöaste, jonka perusteena käytettiin ohjeessa mainittuja käyttöasteita toimistoille, ravintoloille ja liikerakennuksille. Käyttöasteeksi saatiin 0,4 eli 40 % vuoden kokonaistuntimäärästä. Ohjausker-toimena käytettiin 1, mikä tarkoittaa keskitettyä päälle/pois ohjaustapaa. Rakennuksessa on noin 1 % liiketunnistimilla toteutettua valaistuksen ohjausta, mikä saatiin laskettua ohjattujen tilojen neliöt jaettuna kokonaisneliömäärällä. Sähkön hinnaksi on määritetty 0,15 euroa perustuen tämänhetkiseen sähkön hintaan, mitä Tukutori maksaa sähköstä. Valaisimien osalta laskelmassa 116 W:n loisteputkivalaisimet vaihdetaan elektronisiin 50 W:n LED-valaisimiin. Vaihnettavien valaisimien lukumäärä on tällä hetkellä 376 kappaletta. [44.]

Valaistuksen energiansäästöpotentiaali painottuu pääosin valaisimien vaihtoihin ja niiden ohjauksiin liiketunnistimilla sekä automaatiojärjestelmän aikaohjelma-asetuksiin. Rakennuksen uusittujen valojen osuus koko valaisinjärjestelmästä on tällä hetkellä noin 50 % ja laskettu maksimikokonaiskulutus n. 64 kWh. Raportin liitteisiin on tehty Excel-pohjainen laskentaan perustuva valaisinluettelo, jossa esitetään uusien ja vanhojen loisteputkivalaisimien sähkönkulutukset. Tutkimuksen mukaan koko rakennuksen valoista n.5 % on päällä enemmän kuin tarvetta olisi. Raportissa lasketaan kokonaiskulutus täysin uusitulle valaisinkan-nalle. Valaisimien vaihto kokonaisuudessaan laskisi kokonaiskulutuksen vuodessa 282 MW:sta 173 MW:iin eli säästöä tulisi 109 MW.

Valaistukseen soveltuvia ohjaustapoja on sekä manuaalisia että automaattisia. Manuaalisessa ohjaustavassa käyttäjä säätää manuaalisesti valaistusta ja automaattisessa ohjauksessa valoja ohjataan taloautomaatioon asetettujen

ohjausparametrien mukaisesti. Käytettäviä ohjaustapoja on manuaali, aikaohjaus, läsnä- ja poissaolo sekä päivä- ja vakiovalo. Edellä mainittujen ohjaustapojen kertoimet määräytyvät käyttötarkoituksiluokkien mukaisesti, mikä tarkoittaa käyttötilan vaikutusta kertoimeen. Ohjausjärjestelmän lyhenteet kuvataan seuraavalla tavalla:

- M tarkoittaa manuaalista kytkintä.
- P tarkoittaa päivänvalo-ohjausta.
- V tarkoittaa vakiovalo-ohjausta.
- L tarkoittaa läsnäolo-ohjausta.

Taulukossa 8 esitetään rakennuksen käyttötarkoitukset tilatyypeineen.

Taulukko 8. Käyttötarkoitukseluokukset 1

Käyttötarkoitukseluokka	Tilatyyppi	Ohjausjärjestelmä	Kerroin
Toimistot	2–6 hengen	L+P+V	0,65
	Sosiaalitilat / WC	L+P+V	0,49
Liikerakennus	Kuivavarastot	L+P+V	0,81
	Kylmävarastot	L+P+V	0,45
Sairaala	Prosessitilat	L+P+V	0,56
Majoitusliike-rakennus	Ravintolasalit	L+P+V	0,9
	Keittiö	L+P+V	0,9

Valaistuksen energiankulutus huoneessa tai tietyllä alueella lasketaan ohjauskerroinmenetelmällä seuraavasti:

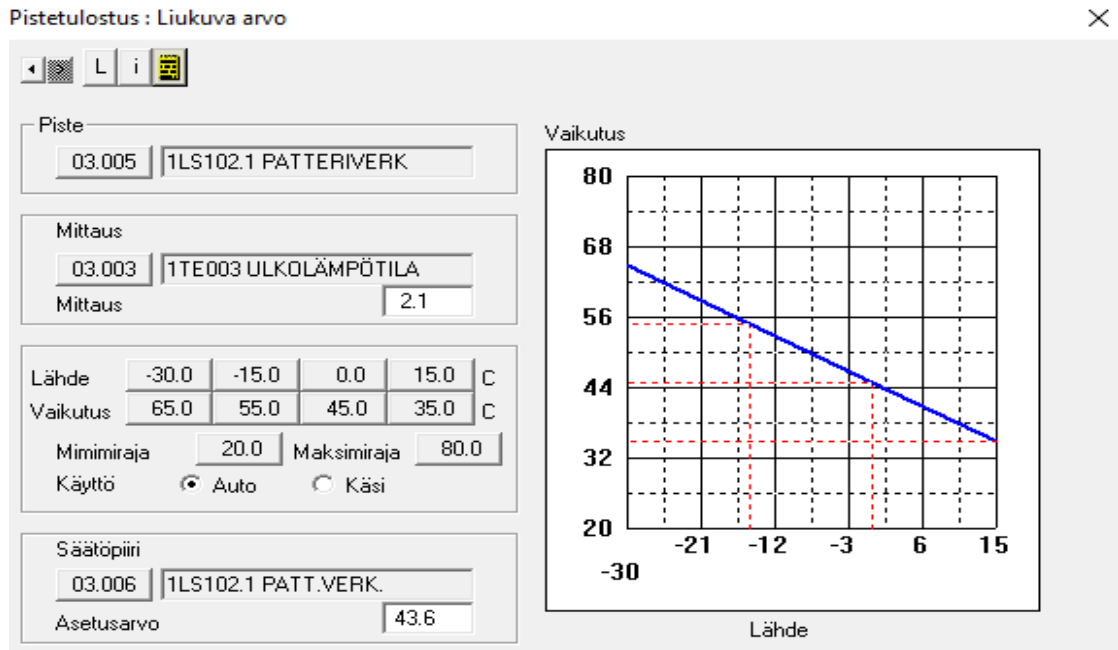
$$P = c \cdot P_{valaistus} \quad (7.)$$

P tarkoittaa valaistuksen keskimääräistä tehoitiheyttä huoneessa tai kohdenne-  
tulla alueella W/m<sup>2</sup> ja c ohjauskerrointa. [45.]

## 5.7 Automaatiojärjestelmän optimoinnit

Automaatiojärjestelmän optimoinnit on aloitettu vuonna 2022 marraskuussa. Optimoinneilla saatiin n. 13 %:n sähkösäästöt Stematic- Siemens- ja Carel-järjestelmään kytketyille kiinteistöille. Kuukausikohtainen säästö on ollut nuukaohjelmasta katsottuna n.100 000 kWh vuodessa. R1:n optimoinnissa otettiin huomioon varastojen sähkösulatusten käyttöajat, jotka saatiin testien kautta optimaaliselle tasolle. Varastojen lämpötilojen tarkistusmittaukset toteutettiin elohopeamittarilla, jonka lukemia verrattiin automaatiojärjestelmässä toimivien lämpötila-antureiden antamaan dataan valvomossa. Vertailun jälkeen antureiden virhemarginaali korjattiin parametrejä muuttamalla paikallismittauksen tasolle.

Vedenjäähdytyskoneen lähtevän kylmäliuoksen lämpötilaa nostettiin ja tehtiin testiajoa eri ulkoilman lämpötilaa vastaavilla ajanhetkillä. Testiajot osoittivat, että kylmäliuoksen lämpötilaa oli mahdollista nostaa kahdella asteella. Edellä mainittu toimenpide mahdollistaa jäähdytyskompressoreiden alhaisemman kierrosnopeuden, jolla on suora vaikutus sähkönkulutukseen. Päiväkäytössä olevien varastojen, pakkaamojen ja lähettämöjen käyttöajat tarkistettiin, minkä avulla jäähdytyksien käyntiaikaohjelmat saatiin yrittäjien käyttöaikoja vastaavaksi. Kiinteistön lämmityksen säätökäyrää laskettiin 5 asteella asiakaskyselyjen perusteella. Kuvassa 17 esitetään säätökäyrä patteriverkolle vaikutuksen suhteesta lähteeseen. [46.]

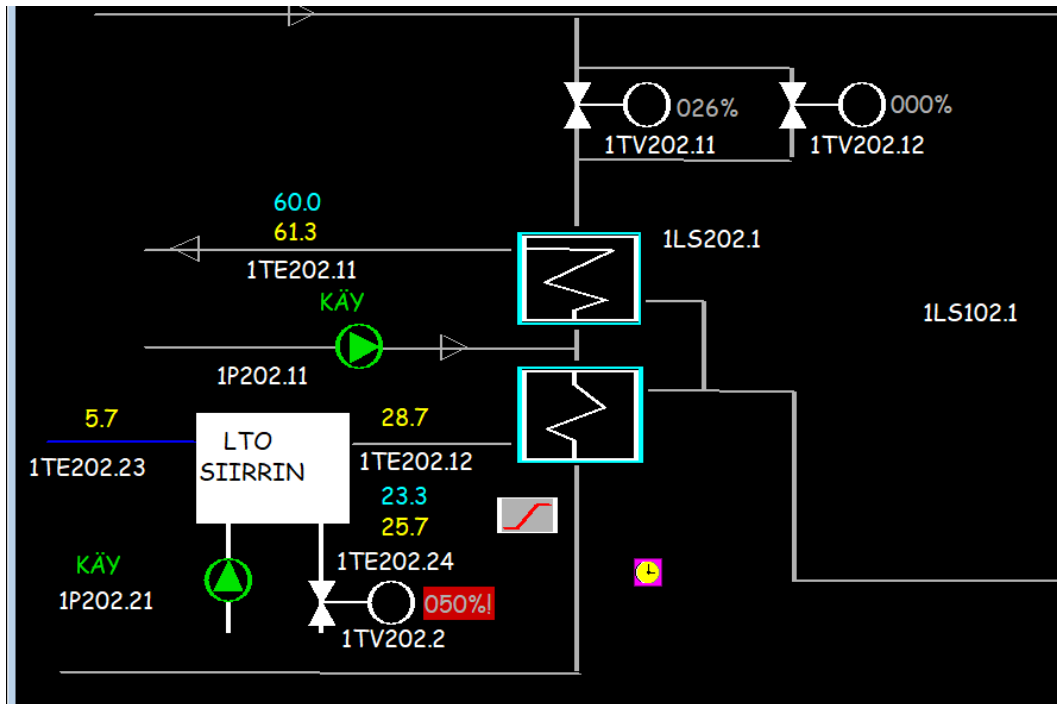


Kuva 17. Rakennuksen päälämmönjakokeskus LS 102:n patteriverkon säätökäyrä. [45.]

Käyttöveden esilämmönsiirtimen kiertopumpun ohjaus muutettiin aikaohjelman ohjattavaksi, jolloin kiertopumppu on päällä silloin, kun lämmintä käyttövedettä tarvitaan. Toimintamuutoksella saadaan kiertopumpun turhat käyntijaksot poistettua, mikä tuo säästöjä sähköenergian kulutuksessa. Pumppu oli aikaisemmin päällä 24 tuntia vuorokaudessa ympäri vuoden, mikä tarkoittaa 4,5 kWh:n sähkökustannuksella n.130 MW:n sähkökulutusta vuodessa. Aikaohjelmamuutoksella 8 760 tunnin käyntiaika puolittui 4380 tuntiin, joka tuottaa n.65 MW:n sähkön säästön vuodessa.



Taloudelliselta näkökulmalta katsottuna yhden pumpun käyntiajanmuutos toi 15 sentin sähköhinnalla n.10 000 euron säästön. Tukkutorialueella käyttöveden kulutusta ei tapahdu yöaikaan, jolloin käyttöveden esilämmitystäkään ei silloin tarvita. Kuvassa 18 esitetään käyttöveden esilämmitys- ja kaukolämpösiirtimien toiminta PI-kaaviona valvomografiikalla. [46.]



Kuva 18. Stematic grafiikkakuva lämminkäyttövesijärjestelmästä. [46.]

Jäähdytyskiertoilma- ja ilmanvaihtokoneiden käyntiaikoja lyhennettiin lähemmäksi yrittäjien työaikoja vastaavaksi. Työaikojen tarkistus toteutettiin asiakaskyselyllä ja testiajoilla. Esimerkilaskelmassa kuvataan, kuinka jäähdytyskiertoilmakoneiden sähkömoottorien kierrosnopeutta alentamalla sekä aikaohjelman käyntiaikoja pienentämällä voidaan saada merkittäviä säästöjä sähkökulutuksessa vuositasolla. Taulukossa 9 esitetään esimerkilaskelmat jäähdytyskiertoilmakoneiden sähköenergian säästöistä optimoinnin jälkeen. [46.]

Taulukko 9. Jäähdytyskiertoilmakoneet

<b>Kiertoilmakoneiden käyntinopeudenmuutokset</b>							
	Jäähdytyskiertoilmakoneiden käynti ennen muutoksia						
	Käyntitaajuus	P kW	aikaohjelma	h/vrk	Moottorit	P kW/vrk	
801.1	0,7	17,9	03-17	14	2	251	
801.2	0,7	17,9	03-17	14	2	251	
801.3	0,7	17,9	03-17	14	2	251	
802.1	0,7	9,0	03-17	14	2	125	
					yht:	877	
	Jäähdytyskiertoilmakoneiden käynti muutosten jälkeen						
801.1	0,5	12,8	05-15	10	2	128	
801.2	0,5	12,8	05-15	10	2	128	
801.3	0,5	12,8	05-15	10	2	128	
802.1	0,5	6,4	05-15	10	2	64	
Moottorien hyötysuhde		0,86			yht:	448	
Käyntitunnit vuodessa		265	vrk				
Sähkösäästö vrk		429,77	kW/vrk				
Sähkösäästö vuodessa		113 888	kW/a	114	MW		
Sähkön hinta		0,15	€				
Säästö euroina		17 083	€/a				

Taulukko 9 esimerkin mukaisesti toteutettiin rakennuksen kaikkien ilmanvaihtokoneiden aikaohjelmamuutokset. Lisäksi ilmanvaihtokoneiden LTO-järjestelmät

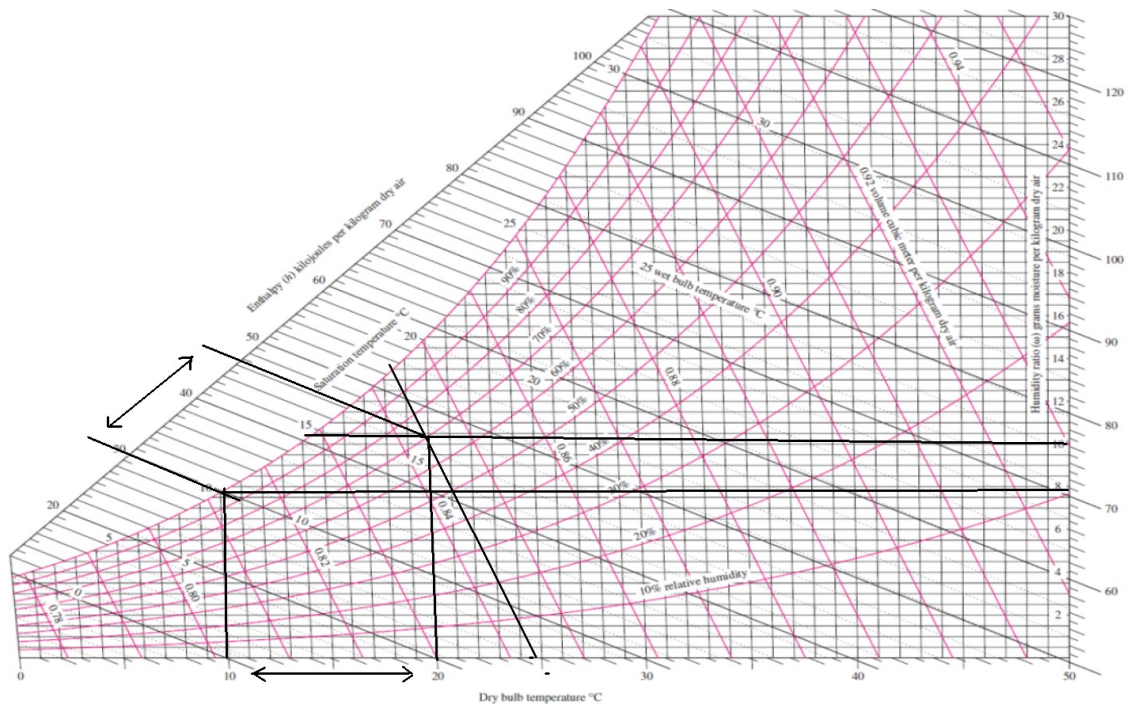
testattiin ja tehtiin tarvittavat parametrikorjaukset, tehostaen lämmöntalteenoton toimintaa keväisin ja syksyisin. [47.]

## 5.8 Lihankäsittelytilojen tilamuutokset

Rakennuksen lihankäsittelytilat ovat avoimia tiloja, joissa ei ole välikattoa. Käsittelytilan korkeus on 4,2 m ja kokonaistilavuus n. 1 000 m<sup>3</sup>. Lihankäsittelytilat on jaettu Roslundin, Heikin Lihan ja Kespron kesken. Tilojen jäähdytyksen käyttöä ohjataan automaatiojärjestelmästä aikaohjelmalla. Neljän jäähdytyskiertoilmakoneen käyttöaika vuorokaudessa on 10 tuntia ja vuosikäytöllä n. 265 vuorokautta [45]. Jäähdytys on toteutettu KSK-kiertoilmakoneilla, jotka jäähdyttävät kiertoilmaa sekoittaen samalla jäähdytettyä tuloilmaa. Jäähdytetyn kiertoilman jakaminen tasaisesti prosessitiloihin on toteutettu erikokoisten tuulipussien avulla, joiden tehtävänä on jakaa jäähdytetty ilma tasaisesti lihatukkuhallin eri osiin. Lihankäsittelytilojen korkeus on rajattu 4,2 metrin korkeudella sijaitseviin teräs-U-palkkeihin, josta alkaa 2,4 m korkea tekninen laitetila. Teknisen välitilan ja ruhoikäytävien laskettu kokonaistilavuus n. 3 000 m<sup>3</sup> (Liite 6). Välikattoprojektista saatava energiansäästö lasketaan suunniteltujen tilavuusvirtojen ja psykrometrisen diagrammin avulla. Tavoitteelliseen ja korkeaan energiansäästöön päästään ainoastaan toteuttamalla projekti koko laajuudessaan. Projektit voidaan kuitenkin jakaa kahteen eri vaiheeseen, jolloin jako tapahtuu kylmän ja lämpimien tilojen kesken. Jäähdytettävien tilojen välikattoratkaisun täytyy sisältää kaikki avoimet tilat, joissa energiahäviöitä syntyy, jolloin päästään haluttuun tulokseen. [15.]

Tulokset ovat karkean tason laskelmia, jossa ilmankosteus on vakio ja jäähdytyksen COP-lukuna on käytetty taulukkoarvoa. Jäähdytyksen välikattoprojekti voidaan laskea kahtena eri kokonaisuutena, jossa Roslundin tilat ovat ensimmäinen ja Heikin Liha sekä Kespro toisena. Välitilan jäähdytykseen käytetty kiertoilman tilavuusvirrat on saatu Hepaconin suunnitelmista, johon tilavuusvirrat on laskettu. Roslundin lihankäsittelytilan 209P9 sekä käytävän 167P9 välikattoprojektista saatu urakkatarjous oli n. 75 000 euroa. Projektista saatavia energiansäästölaskelmia lähestyttiin tämänhetkisen jäähdytystehon tarpeen

kautta, koska valmistuneen välikaton takia ei tilaa tarvitse enää jäähdyttää. Väli-tilaan tulevan kiertoilman määrä on  $1,95 \text{ m}^3/\text{s}$  ja ilman suhteellinen kosteus 70 %, joka tässä tapauksessa pidetään vakiona. Laskelmissa käytettiin psykrometristä diagrammia, jonka avulla saatiin ominaistilavuus  $0,844 \text{ m}^3/\text{kg}$  sekä entalpiaero  $17 \text{ kJ/kg}$ . Arvot perustuvat lämpötilaeroon, joka kertoo jäähdytettävän energianmäärän. Seuraavassa kuvassa 19 esitetään, kuinka laskelmissa käytetyt arvot luetaan jäähdytettävän tilan lämpötilaeron avulla.



Kuva19. Psykrometrinen diagrammi, jossa esitetään entalpiaero, lämpötilaero, ominaistilavuus ja suhteellinen kosteus.

Massavirta lasketaan kuivan ilman yhteenlasketuista tilavuusvirroista jaettuna ominaistilavuudella, jolloin tulokseksi saadaan  $2,3 \text{ kg/s}$ . Jäähdytysteho pystytään nyt laskemaan entalpiaeron ja massavirran tulona, joka on  $39,3 \text{ kW}$ . Seuraavassa taulukossa esitetään Roslundin välikattoprojektin laskennassa käytettäviä arvoja, jotka on sijoitettu Excel-tilukkolaskentaohjelmaan. Taulukossa esitetään vuotuinen energiansäästö  $34 \text{ MW}$ , mikä tekee kustannuksina n.  $5\,200$  euroa  $14$  vuoden takaisinmaksuajalla. Takaisinmaksuaika saadaan, kun energiasäästöprojektin urakkatarjous  $75\,000$  euroa jaetaan  $5\,200$  euron energian

vuosisäästöllä. Taulukossa 11 on laskettu Roslundin välikattotilan jäähtymisen sähköenergiankustannukset vuoden ajalta.

Taulukko 11. Roslundin lihanleikkaushuoneen energiansäästölaskelmat

<b>Välikattoprojekti</b>		
Roslund välitilan tilavuusvirta	1,95	m <sup>3</sup> /s
Roslund välitilan tilavuus	500	m <sup>3</sup>
ilmantiheys	1,225	kg/m <sup>3</sup>
ominaistilavuus	0,844	m <sup>3</sup> /kg
Δh entalpia ero	17	kJ/kg
Välitila ennen jäähtymistä	20	°C
Välitila jäähtymisen jälkeen	10	°C
massavirta	2,3	kg/s
Q Kylmäteho	39,3	kW
COP kylmäkerroin	3	
P Sähköteho	13,1	kW/h
Käyttöaika	10	h
Käyntiaika vuodessa	265	vrk
Sähköteho vuodessa	34 695	kW
Sähkön hinta	0,15	€
Kustannus vuodessa	5 204	€

Toisen vaiheen tilamuutosprojektissa Heikin Lihan ja Kespron välikatot asennetaan lihan käsittelytiloihin ja ympäröiviin ruhoikätyviin. Hepaconin suunnitelmista saadut tilavuusilmavirrat 3 000 m<sup>3</sup>:n välitilalle on 10 m<sup>3</sup>/s. Tilavuusvirta jaettuna ominaistilavuudella 0,844 m<sup>3</sup>/kg saadaan massavirraksi 11,8 kg/s. Massavirran

ja lämpötilan muutoksesta saadulla entalpiaerolla lasketaan kylmätehoksi 201 kW. COP-arvona käytetään 2:ta, koska kiertoilmakoneita on kolme ja ne ovat kulutukseltaan Roslundin koneita suurempia. Lisäksi COP-arvoon vaikuttaa järjestelmän välillinen jäähdytystapa. Laskelmien perusteella 3 000 m<sup>3</sup>:n välitilan jäähdytystarve on 267 MW vuodessa, jonka sähkön kustannukset 0,15 euron hinnalla ovat n. 40 000 euroa. [48.]

Asennettu välikatto poistaa välitilan jäähdytystarpeen sekä pienentää jäähdytysilman tilavuusvirtaa, mikä mahdollistaa jäähdytyksen kahdella kiertoilmakoneella. Luvussa 5.7 automaation optimointiosassa esitetään, kuinka suuri yhden kiertoilmakoneen sähkönkulutus on tällä hetkellä, mikä tarkoittaa suoraa energiansäästöä projektin toteutuessa. Energiansäästöhanke on erittäin monisyinen, ja toteutuessaan sillä on välillisesti suuri vaikutus koko kylmä- ja ilmanvaihtojärjestelmien energiansäästön osalta. Suositeltavaa olisikin pohtia opinnäytetyössä esitettyjen järjestelmien kokonaisuutta ja sitä, miten ne kytkeytyvät toisiinsa. [48.]

## 6 Yhteenveto

Opinnäytetyössä tavoitteena oli esittää mahdollisimman kattava lista R1-kiinteistöön suunnitelluista energiansäästöprojekteista. Kohteista esitettiin tämänhetkinen tilanne energiankulutuksineen ja laskettiin säästöt projektien toteutuksessa. Lisäksi perehdyttiin 1998 toteutettuun energiakatselmukseen, josta saatiin vertailuarvoja tämänhetkisiin kulutuksiin.

Raportissa keskityttiin pääosin R1-kiinteistön energiansäästöön ja hallintaan. Energiansäästökohteita oli useita, ja niistä saadut tulokset perustuivat taustatutkimuksesta saatuihin tietoihin, joita käytettiin valittujen kohteiden laskentamallissa. Yhteenvedossa suositellaan rakennuksen energianseurantajärjestelmän uusimista nykypäivän tasolle. Ensisijaisesti olisi päivitettävä Stematic-taloautomaatiojärjestelmässä olevat sähkö-, lämmitys- ja käyttövesimittaukset. Päävalvomokoneella olevat mittaukset eivät toimi tai anna dataa vastaavaa oikeaa

impulssia. Tarkoilla rakennuskohtaisilla energiamittauksilla pystytään parantamaan kiinteistöjen energianhallintaa ja sitä kautta saamaan energiansäästöjä kaikilta rakennuksen eri osa-alueilta.

Raportissa tuotiin esille kolmen edellisen vuoden sähkön ja lämmityksen kulutukset sekä otettiin kantaa alkuvuoden 2023 kulutusmuutoksiin. Vuoden 2022 marraskuun alussa tehtyjen taloautomaation optimointien merkitys kulutuksiin oli merkittävä. Sähkösäästö vuoden 2022 marraskuusta vuoteen 2023 huhtikuuhun oli n.15 %:n eli n. 100 000 kWh kuukautta kohden Tukutorin kaikkien kiinteistöjen osalta. R1:n osuus Tukutorin kokonaiskulutuksesta on n.31,5 %. Raportissa esitetyjen energiansäästöprojektien toteuttaminen R1:een tuo n. 550–620 MWh:n säästöt sähkön kokonaiskulutukseen vuodessa. R1:n osalta säästöt suhteessa tähänhetkiseen vuosikulutukseen ovat n. 20 %. Lisäksi automaatiojärjestelmän optimointien loppuun saattaminen lisää säästöjä n. 2–5 %. Kustannussäästöinä 0,15 euron sähkön hinnalla säästöt olisivat n. 100 000 euroa vuodessa.

Arvioitu sähkösäästöprojektien kokonaisurakkahinta on n. 600 000 euroa, joka sisältää kylmäjärjestelmän optimoinnin, vapaajähdytyksen, valaistuksen, paineilmajärjestelmän muutostyöt, lihatukkuhallin välikattoasennukset, ilmanvaihtoja kiertoilmakoneiden muuttamisen EC-puhaltimille sekä sähkömittaroinnin täydellisen uusimisen. Takaisinmaksuaika koko urakalle olisi n. 6–7 vuotta.

Lämmitysjärjestelmään liittyvät energiansäästöt kohdistuivat LS105-lämmönjakokeskuksen uusimiseen sekä molempien patteriverkkojen huuhteluihin, jossa energiansäästö syntyy paremman vesivirtaaman ja pattereiden lämmön johtumisen kautta. Kiinteistön rakenteista säästökohteeksi valikoitui seinäikkunat, joiden kokonaispinta-alaksi laskettiin 400 m<sup>2</sup>. Lisäksi vaihtoehtona olisi ollut kattoikkunat 500 m<sup>2</sup>:n pinta-alalla, mutta lihatukkuhallin välikattoprojektit korvaavat kattoikkunoiden muutostyöstä saatavan hyödyn. Ikkunoiden käyttövuosien ja kunnan perusteella U-arvona käytettiin taulukkoarvoa 2,8 W/(m<sup>2</sup>·K). Laskelmissa käytettiin B-luokan ikkunoita, millä varmistettiin kohtuullinen takaisinmaksuaika. Vanhojen ikkunoiden energian kulutukseksi saatiin 130 MWh vuodessa

ja uusille B-luokan ikkunoille 38 MWh, minkä perusteella lämpöenergiansäästö vuodessa olisi 93 MWh. Kustannussäästö vuodessa olisi n. 6 500 euroa. Raportissa suositellaan pyytämään kaikkien seinäikkunoiden vaihdosta urakkatarjous, jonka avulla saadaan tarkka kuva takaisinmaksuajasta sekä projektin kannattavuudesta.

Kannattavin energiansäästöprojekti lämmitysjärjestelmien osalta kohdistuu Väyrysen Leipomon ja Kahvipaahtimon välikattoon, jossa tilavuutta saadaan n. 1 000 m<sup>3</sup> pienemmäksi. Välikattoprojektin asennusvaiheissa tuotiin esille ilmanvaihtokoneiden merkitykset tilojen lämmitykselle sekä se, kuinka vaikutusalueilla on suuri rooli lämpöenergiankulutukseen. Raportin yhtenä päämääränä on osoittaa tehtyjen energiansäästömuutoksien vaikutusta vuositasona sekä antaa realistista kuvaa lukijalle tehdyistä ratkaisuista ja kustannustehokkuudesta. Raportissa vertailtiin energiankulutuksen muutoksia ja niiden vaikutuksia kustannuksiin.

Aurinkovoimalan kapasiteetista tehtyjen selvitysten mukaan auringon tuottama sähkö oli ainoastaan 5,6 kWh, joka on 2 % vähemmän kuin yleisesti määritelly huipunkäyttötuntien mukaan esitetty tuotto vuodessa. Paneelit sijaitsevat alueella, missä likaantumisen riski on suuri. Tämän takia vuosittainen huolto olisi parhaan mahdollisen hyötysuhteen takia järkevää. Vuosien aikana muuttuvat asiakkaat ja toiminta ovat kuitenkin lisänneet voimakkaasti sähkön ja lämmön kulutusta, minkä takia rakennuksen katon antama suuri potentiaali aurinkopaneelien lisäämiselle voisi olla harkittavaa. Sähkön ja lämpimän veden kulutus on suurta ympäri vuoden, minkä takia auringosta saatu energia pystyttäisiin käyttämään 100-prosenttisesti rakennuksen energiantarpeeseen.

Raportissa tuotiin esille sähkönkulutuslukemia, joita vertailtiin vuonna 1998 toteutettuun energiakatselmukseen. Sähköenergian poikkeama vuoden 1998 ja 2022 kulutusten suhteen oli huomattava. Vuoden 1998 energiakatselmuksessa sähkönkulutus oli 280 MW eli 10 % vuoden 2022 kulutuksesta. Perusteena arviolle voidaan käyttää rakennuksen koko ilmanvaihdon kulutusta, joka vuonna 1998 on täytynyt olla n. 500 MW vuodessa. Kun lasketaan



jäähdytysjärjestelmän toisiopiirin pumput ja pattereiden puhaltimet, niin kulutus on ollut n. 1 000 MW. Vuoden 1998 energiakatselmuksessa ei otettu kantaa jäähdytyskiertoilmakoneiden kulutukseen, joka on ollut 50 % suurempaa, kuin vuonna 2022. Jäähdytyskiertoilmakoneilla ei ollut taajuusmuuttajaohjausta, joten moottorit kävivät täydellä teholla. Vuonna 2020 rakennuksen sähkönkulutus kasvoi n. 850 MW vuodessa, kun vedenjäähdytysjärjestelmä otettiin käyttöön. Uudella vedenjäähdytyskoneella korvattiin R2-pakastamon tuottama kylmäenergia.

Rakennuksen lämpöenergian- ja vedenkulutusmittaukset ovat puutteellisia eivätkä toimi tällä hetkellä. Mittausdatan kerääminen on toteutettu Stematic-taloautomaatiojärjestelmässä. Vuoden 1998 energiakatselmuksessa jäi epäselväksi kylmänkäyttöveden ja lämpöenergian mittaustapa, koska rakennuksella ei ole kylmänkäyttöveden päämittausta. Kylmän käyttöveden kulutus täytyisi todeta asiakkaiden koontien, kiinteistöjen ja Tukutorin kokonaiskulutuksen perusteella.

## Lähteet

- 1 Tilaweb. 2023. Verkkoaineisto. Helsingin kaupunki. <<https://tilaweb.hel.fi/kohderakenne/1501147762/>> Luettu: 12.2.2023.
- 2 Tapana, Tommi. 2023. Tiimipäällikkö, Helsingin kaupunki, keskustelut 20.2.2023.
- 3 Virka. Arska. Verkkoaineisto. Helsingin kaupunki. <<http://virkaarska.hel.fi/>>. Luettu 29.2.2023.
- 4 Liedes, Riikka. 2013. Rakennuksen lämpökuormat sekä lämmityksen ennakkoiva sääennustepohjainen säätö. Aalto-yliopisto sähkötekniikan korkeakoulu. <[https://aaltodoc.aalto.fi/bitstream/handle/123456789/10914/master\\_Liedes\\_Riikka\\_2013.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://aaltodoc.aalto.fi/bitstream/handle/123456789/10914/master_Liedes_Riikka_2013.pdf?sequence=1&isAllowed=y)>. Luettu 20.2.2023
- 5 Nuuka. 2023. Verkkoaineisto. Helsingin kaupunki. <<https://nuukaportal.com/fi-fi/Navigation/MyProperty/ConsumptionComparisonReport>>. Luettu 20.1.2023.
- 6 Vihervaara Jari, Sähkötyönjohtaja, Helsingin kaupunki, keskustelut 20.1.2023.
- 7 Suurjännitelaitteet. Suunnitteluaineisto 6491CS. Hepacon Oy.
- 8 E-Power-järjestelmä. 2021. Suunnitteluaineisto. Väre.
- 9 Välke, Matti. 2022. Granlund. Tukutorin Sähkömittarien sijaintikaaviot.
- 10 Westerlund Veikko, Tekninen isännöitsijä, Helsingin kaupunki, keskustelut 12.2.2023.
- 11 Virta, Jari & Pylsy, Petri. Taloyhtiön Energiakirja. 2011. Kiinteistöalan kustannus Oy. Luettu 16.3.2023.
- 12 Lämpimän käyttöveden normitus. 2023. Verkkoaineisto. Motiva s.7. <[https://www.motiva.fi/files/20935/Motiva\\_Kulutuksennormitus\\_laskenta-kaavat-ja-ohjeet\\_01-2023.pdf](https://www.motiva.fi/files/20935/Motiva_Kulutuksennormitus_laskenta-kaavat-ja-ohjeet_01-2023.pdf)>. Luettu 13.2.2023.
- 13 Lämmitys. 2023. Verkkoaineisto. Motiva. <[https://www.motiva.fi/koti\\_ja\\_asuminen/taloyhtiot\\_-\\_yhdedssa\\_energiatehokkaasti/lammitys](https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/taloyhtiot_-_yhdedssa_energiatehokkaasti/lammitys)>. Luettu 10.2.2023.

- 14 Lämmitystarveluku. 2023. Verkkoaineisto. ilmatieteenlaitos. <<https://www.ilmatieteenlaitos.fi/lammitystarveluvut>>. Luettu 15.2.2023.
- 15 Riikonen, Mikko. LTR-suunnittelu Oy. Pohjakuva R1 1.krs. Suunnitteluaineisto 7.4.2006.
- 16 Rintamäki, Olli. Hepacon Oy. Energiakatselmus 1998. Suunnitteluaineisto 17.5.1999.
- 17 Seppänen, Olli. Seppänen, Matti. Sisäilmayhdistys 2010. Rakennusten sisäilmasto ja LVI-tekniikka.
- 18 Seppänen, Olli. Seppänen, Matti. Sisäilmayhdistys 2010. Rakennusten sisäilmasto ja LVI-tekniikka.
- 19 Nieminen, Emmi. Tampere 2020. Kestävän kehityksen yksikkö. Verkkoaineisto. <[https://www.tampere.fi/sites/default/files/2022-05/kustannusten\\_tauستamuistio\\_paivitetty.pdf](https://www.tampere.fi/sites/default/files/2022-05/kustannusten_tauستamuistio_paivitetty.pdf)>. Luettu 15.4.2023.
- 20 Tukutorin aurinkovoimala dokumentit. paloturvallisuus 2018. Green energy Finland Oy. Luovutus materiaali.
- 21 Mitä Wp tarkoittaa. 2023. Verkkoaineisto. Lumme Energia. <<https://www.lumme-energia.fi/blogi/mita-wp-tarkoittaa>>. Luettu 12.2.2023.
- 22 Aurinkolaskuri. 2023. Verkkoaineisto. Helen Oy. <<https://www.helen.fi/yritykset/aurinkovoimalat/aurinkovoimalat-yrityksille/aurinkolaskuri-yrityksille?gclid=cc5fe0c5171915e66f9784dae19f3460&gclsrc=3p.ds&>>. Luettu 10.2.2023.
- 23 Aurinkopaneelien tuotanto Suomessa. 2023. Verkkoaineisto. Helen Oy. <<https://www.helen.fi/yritykset/aurinkovoimalat/aurinkovoimalat-yrityksille/voimalaosuus>>. Luettu 8.2.2023.
- 24 GEF-vision energianhallintapalvelu.2023. Verkkoaineisto. GEF. <<https://www.gef.fi/gef-vision/>>. Luettu 21.1.2023.
- 25 Käyttöveden lämmityksen hinta. 2023. Verkkoaineisto. Helen Oy. <<https://www.helen.fi/lammitys-ja-jaahdytys/kaukolampo/hinnat/kayttoveden-lammituksen-hinta>>. Luettu 12.4.2023.
- 26 Sevander, Veera. 2023. Johtava energia-asiantuntija. Helsingin kaupunki. Vedenkulutukset. Sähköpostiviesti 23.3.2023.

- 27 Kulutuksen normitus. 2023. Verkkoaineisto. Motiva. < [https://www.motiva.fi/files/20935/Motiva\\_Kulutuksennormitus\\_laskentakaavat-ja-ohjeet\\_01-2023.pdf](https://www.motiva.fi/files/20935/Motiva_Kulutuksennormitus_laskentakaavat-ja-ohjeet_01-2023.pdf)>. Luettu 23.3.2023.
- 28 Tukkutorin uusi pakastamo edellytysinvestoinnit. 2018. Suunnitteluaineisto. Hepacon Oy.
- 29 Tuomisto, Seppo. Järjestelmäasiantuntija. EIVak Oy. Keskustelu, 6.3.2023.
- 30 Piikkilä, Veijo & Sahlstén, Toivo. 2006. ST-käsikirja 21 Kiinteistöjen tiedonsiirtoväylät. Espoo; Sähköinfo Oy.
- 31 DESIGO CC edistyksellinen kiinteistönhallintajärjestelmä. 2023. Verkkoaineisto. Siemens Oy. <<https://www.siemens.com/fi/fi/tuotteet/talotekniikka/rakennusautomaatio/building-management/desigo-cc.html>>. Luettu 12.2.2023.
- 32 Parviainen Mika. 2023. Toimitusjohtaja. Kylmäverkko Oy. Keskustelut, 23.3.2023.
- 33 Älykäs ilmanvaihto järjestelmä. 2023. Verkkoaineisto. Ecoilma. <<http://www.ecoilma.fi/site/ecoilma-kaytannossa/>>. Luettu 18.3.2023.
- 34 Mitä EC moottorit ovat. 2023. Verkkoaineisto. Danfoss. <DKDDPB88A320\_EC\_Plus\_LR.pdf (danfoss.com)>. Luettu 16.3.2023.
- 35 Polomaa, Aivar. 2022. EC-puhallinsaneeraus. Verkkoaineisto. <[https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/747084/Polomaa\\_Aivar.pdf?sequence=2](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/747084/Polomaa_Aivar.pdf?sequence=2)>. Luettu 12.4.2023.
- 36 Johdonmukaista energiansäästöä. 2023. Verkkoaineisto. Danfoss. <[https://files.danfoss.com/download/Drives/DKDDPB88A320\\_EC\\_Plus\\_LR.pdf](https://files.danfoss.com/download/Drives/DKDDPB88A320_EC_Plus_LR.pdf)>. Luettu 7.3.2023.
- 37 Ari, Laitinen, Miika, Rämä & Miimu, Airaksinen. 2016. Välilliset jäähdytysjärjestelmät. Verkkoaineisto. VTT. <[https://energia.fi/files/1359/Jaahdytysteknologiaselvitys\\_VTT\\_221216.pdf](https://energia.fi/files/1359/Jaahdytysteknologiaselvitys_VTT_221216.pdf)>. Luettu 26.3.2023.
- 38 Penttinen, Jukka. Johtava LVI-suunnittelija. Hepacon Oy. keskustelut 20.2.2023.
- 39 CompAir L07-L22 öljyvoidellut ruuvikompressorit. 2023. Verkkoaineisto. CompAir. < <https://www.sarlin.com/wp-content/uploads/2021/08/Esite-CompAir-DH-oeljytoemaet-ruuvikompressorit.pdf>>. Luettu 19.3.2023.

- 40 Paineilmatrendi. 2023. Valvomomateriaali. EIVak Oy.
- 41 Ikkunoiden uusimisen energialaskuri. 2023. Verkkoaineisto. Motiva. <[https://www.motiva.fi/files/21068/Ikkunoiden\\_uusimisen\\_energiialaskuri.xlsx](https://www.motiva.fi/files/21068/Ikkunoiden_uusimisen_energiialaskuri.xlsx)>. Luettu 27.3.2023.
- 42 Huonelämpötilat, patterit ja termostaatit. 2023. Verkkoaineisto. Motiva. <[https://www.motiva.fi/koti\\_ja\\_asuminen/remontoi\\_ja\\_huolla/energiatehokas\\_sahkolammitys/huonelampotilat\\_patterit\\_ja\\_termostaatit](https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/remontoi_ja_huolla/energiatehokas_sahkolammitys/huonelampotilat_patterit_ja_termostaatit)>. Luettu 21.2.2023.
- 43 Riikonen, Mikko. 2006. Suunnitteluaineisto 6491CL. LTR Suunnittelu Oy.
- 44 Asetukset ja ohjaus. 2017. Verkkoaineisto. Motiva Laskentaopas. <[https://www.motiva.fi/files/18953/Opas-valaistuksen-tehontiheyden-ja-tarpeenmukaisuuden-huomioimisesta-E-luvun-laskennassa\\_20180228-a-DFF7FFF2\\_DF37\\_44C9\\_8973\\_EFDC0090C9B4-144148.pdf](https://www.motiva.fi/files/18953/Opas-valaistuksen-tehontiheyden-ja-tarpeenmukaisuuden-huomioimisesta-E-luvun-laskennassa_20180228-a-DFF7FFF2_DF37_44C9_8973_EFDC0090C9B4-144148.pdf)>. Luettu 19.3.2023.
- 45 Tarpeen mukainen valaistuksen ohjaus. 2017. Verkkoaineisto. Motiva Laskentaopas. <[https://www.motiva.fi/files/18953/Opas-valaistuksen-tehontiheyden-ja-tarpeenmukaisuuden-huomioimisesta-E-luvun-laskennassa\\_20180228-a-DFF7FFF2\\_DF37\\_44C9\\_8973\\_EFDC0090C9B4-144148.pdf](https://www.motiva.fi/files/18953/Opas-valaistuksen-tehontiheyden-ja-tarpeenmukaisuuden-huomioimisesta-E-luvun-laskennassa_20180228-a-DFF7FFF2_DF37_44C9_8973_EFDC0090C9B4-144148.pdf)>. Luettu 20.3.2023.
- 46 Stematic-automaatiojärjestelmä. 2023. Valvomomateriaali. EIVak Oy.
- 47 Kojekortti. Helsingin kaupunki ETUK. Tekninen dokumentti. Tekmanni Oy.
- 48 Hämäläinen, Tomi. 2021 Energiatekniikka. Psykrometrinen diagrammi. Opintomateriaali.

## Rakennus 1 valaistus 1

Kohde	KPL	Teho (W)	Malli	put- ket	Kok.teho (W)	kW
Autohalli	10	210		1	2100	2,1
Autohalli	7	58		2	812	0,8
Järjestelyhalli	16	32		1	512	0,5
Järjestelyhalli	5	58		2	580	0,6
Järjestelyhalli (Vanhoja)	4	58		2	464	0,5
Väliaikainen sosiaalitila	11	36		2	792	0,8
Laatikkovarasto	12	36		1	432	0,4
Laatikkovarasto(vanhoja)	4	58		2	464	0,5
Väyrynen (Leipomo)	53	58		2	6148	6,1
Väyrynen (Leipomo)	4	36		2	288	0,3
Kellohalli kuivavarasto järj.h	2	58		2	232	0,2
Karttahuone	2	58		2	232	0,2
DTM+aula	36	58		2	4176	4,2
Uusi laatikkovarasto	17	58		2	1972	2,0
Ararat	69	50		1	3450	3,5
Roslund toimisto	21	28		1	588	0,6
Roslund keittiö	10	50		2	1000	1,0
Roslund työtilat/varastot	25	50		1	1250	1,3
Roslund Ruho.v / käytävä	19	58		2	2204	2,2
Puuverstas	9	58		2	1044	1,0
Puuverstas	2	36		1	72	0,1
VJK eteinen	2	58		2	232	0,2
VJK	4	58		2	464	0,5
Lihatukkuhalli toimistot	20	58		2	2320	2,3
Heikin Liha leikkaamo	12	55		1	660	0,7
Heikin Liha käs ja pak	22	55		1	1210	1,2
Heikin liha varastot	12	58		2	1392	1,4
Ruhokäytävä pienvarastot	4	36		2	288	0,3
Ruhokäytävä pienvarastot	1	58		2	116	0,1
Heikinliha pakkaneen	2	36		2	144	0,1
621 Luulihavarasto	6	58		2	696	0,7
Ruhokäytävä	35	35		1	1225	1,2
Lihankäsittely 179	6	58		2	696	0,7
Mollavaunuhuone	10	35		1	350	0,4
Ruhojen B vastaanotto	2	58		2	232	0,2
Ruhovarasto	10	35		1	350	0,4
1 g/f teur.p. toimistot 2.krs	33	58		1	1914	1,9
Kellohalli ravintola	35	18		1	630	0,6

Kellohalli roikkavalot	100	6		1	600	0,6
2.krs. D-osa toimistot	22	58		2	2552	2,6
Suolikellari	40	58		2	4640	4,6
1d OSA 1.krs	9	19		2	342	0,3
1d OSA 1.krs	5	9		2	90	0,1
1d OSA 1.krs	4	9		2	72	0,1
1d OSA 1.krs	2	14		1	28	0,0
1d OSA 1.krs	1	28		1	28	0,0
1d OSA 1.krs	24	49		2	2352	2,4
1d OSA 1.krs	3	9		2	54	0,1
1d OSA 1.krs	11	49		2	1078	1,1
1d OSA 1.krs	5	18		2	180	0,2
1d OSA 1.krs	6	19		1	114	0,1
1d OSA 1.krs varasto H.cB	10	50		1	500	0,5
Varasto 254 L15	12	58		2	1392	1,4
Varasto 261 M15	8	58		2	928	0,9
IV-konehuone (Vintti)	10	58		2	1160	1,2
IV-Konehuone (kellohalli)	7	58		2	812	0,8
318 IV-konehuone	6	58		2	696	0,7
Reini pakkaamo / Lähettämö	10	35		1	350	0,4
Reini v.603	4	55		1	220	0,2
Reini v.604	4	58		2	464	0,5
Reini v.605	4	58		2	464	0,5
Tilat /kulkuväylät 192	6	58		2	696	0,7
Tilat /kulkuväylät 193	6	58		2	696	0,7
Tilat /kulkuväylät 194	6	58		2	696	0,7
Reini kypsennys 201	3	58		2	348	0,3
Reini 624	3	58		2	348	0,3
Reini 628	4	58		2	464	0,5
Reini 633	2	58		2	232	0,2
<b>YHTEENSÄ:</b>	<b>892</b>				<b>64443</b>	<b>64,44</b>

Vanhojen valojen osuus kulutuksesta	376	58		2	43616	43,6
Vanhojen valojen vaihto uusiin	376	50		1	18800	18,8
Sähkön hinta	0,15	e				
Uusien valaisimien hinta	50	e				
Käyttöaste	0,5					
Käyttöaika	4380	h/a				
Sähkön kokonaiskulutus	282,2	MW				
Kaikkien vaihtojen jälkeen	173,5	MW				
Työn osuus	20000	e				
Uusien valaisimien kokonaishinta	18800	e				
Sähkön säästö	108,7	MW/a		108711,6	kW	
Sähkösäästö vuodessa	16306,74	e/a				
Takaisinmaksuaika	2,4	a				

## R1-Kokonaiskulutus sähkö ja lämpö 2022 1

Kokonaiskulutus 2022			Sähkö		Lämpö	
			8956777 kWh/a		4553693 kWh/a	
<b>Tukkutorin kokonaistilavuus</b>	155070 m <sup>3</sup>		58 kWh/r-m <sup>3</sup>		29 kWh/r-m <sup>3</sup>	
<b>Tukkutorin kokonaispinta-ala</b>	41401 m <sup>2</sup>		216 kWh/htm <sup>2</sup>		110 kWh/htm <sup>2</sup>	
<b>Rakennus 1 kokonaiskulutus 2022</b>			Sähkö		Lämpö	
			2818440 kWh/a		3000000 kWh/a	
<b>Rakennus 1 kokonaistilavuus</b>	68000 m <sup>3</sup>		41 kWh/r-m <sup>3</sup>		44 kWh/r-m <sup>3</sup>	
<b>Rakennus1 kokonaispinta-ala</b>	20460 m <sup>2</sup>		138 kWh/htm <sup>2</sup>		147 kWh/htm <sup>2</sup>	
<b>LS102</b>	<b>osuudet kokonaiskulutuksesta</b>				1460000 kWh/a	
<b>LS105</b>	<b>osuudet kokonaiskulutuksesta</b>				1390000 kWh/a	
<b>Rakennus 1 lämminkäyttövesi</b>					549045 kWh/a	
<b>Rakennus 1 lauhdelämpö</b>					305025 kWh/a	
<b>Lauhdelämmön osuus vuodessa</b>					0,56	56 %
<b>Lämpimän käyttöveden osuus kokonaiskulutuksesta</b>					0,08	12 %



## R1-LJK LS102 1

## Lämmönjakokeskus LS102

Lämmönsiirtimet	Yksikkö	Käyttövesi 1LS202.1		Lämmitys 1LS102.1		LÄMMITYS 1LS102.2	
Valmistaja		LP-METALLI Oy		LP-METALLI Oy		LP-METALLI Oy	
Malli		HK3-100/100x2		HL3-92		HL2-120	
Teho	kW	1900		900		210	
Lämpöjohtoverkkoon liitetyt lämmityslaitteet							
Patterit	kpl			51			
Ilmanvaihto	kpl					7	
Kiertoilmapatterit	kpl			24 / 0,04			
		ENSIÖ / TOISIO		ENSIÖ / TOISIO		ENSIÖ / TOISIO	
Virtaus	dm3/s	8	10	3,1	5,4	1,4	5,0
Lämpötilat	°C-°C	70-16	10-55	115-45	80-40	80-45	40-50
Painehäviö	kPa	15,0	22,0	5,0	14,0	1,0	10,0
Suunnittelupaine	Mpa	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
Rakennepaine		HST	HST	HST	HST	HST	HST
Säätöventtiilit		Käyttövesi		Lämmitys 1TV102.11		LÄMMITYS 1TV102.21	
Valmistaja		STENFORS		STENFORS		STENFORS	
Malli		V225-10	V240-26	V220-6,3	V240-16	GG350-40	
Virtaus	dm3/s	2,3	4,6	0,9	2,2	1,4	
Painehäviö	kPa	70	44	26	25	1,7	
KOKO/kva-ARVO	DN/kva	25/10	40/25	20/6,3	40/16	50/40	
Kiertovesipumput		Käyttövesi		Lämmitys 1P105.11		ILMASTOINTI	
Valmistaja		TEKNO-MONTAN		GRUNDFOSS / WILO			
Malli		BEK-32-160		UPC80-120/TOP-S65/13			
Virtaus	dm3/s	0,45		4.2	5.1		
Nostokorkeus	kPa	65		110	110		
Moottoriteho	W						
VERKOSTO		YKSIKKÖ		LÄMMITYSVERKKO		ILMASTOINTIVERKKO	
VERKON TILAVUUS/VPH	dm3/kPa			VANHA			
PAISUNTASÄILIÖN/ -EP	dm3/kPa			300/150			
VAROVENTTIILIN/ -AVP	DN/kPa			50/300			
TUNNUS		LAITE		MITOITUS			
1QQ102.1		LÄMPÖENERGIAMITTARI		DN 100 - 47 m3/h			
1QQ102.2		LÄMPÖENERGIAMITTARI		DN 80 - 36 m3/h			
LTO SIIRTIMET		1LS202.2 LTO-piiri ensiö		1LS202.2 Kvesilämmitys toisio		1LS101.1 LTO-IV	
Teho	kW	1200				460	
Virtaama	dm3/s	13,6		13,6		2	
Painehäviö	kPa	20		20		5	
Lämpötilat	°C	35/14		10/31		30/15	

## R1-LJK LS105 1

## Lämmönjakokeskus LS105

Lämmönsiirtimet	Yksikkö	Käyttövesi	Lämmitys 1LS105.1	Ilmastointi 1LS105.2
Valmistaja			LP-METALLI Oy	LP-METALLI Oy
Malli			HL2-54	HL2-70
Teho	kW		450	500
Lämpöjohtoverkkoon liitetyt lämmityslaitteet				
Patterit	kpl		35	
Ilmanvaihto	kpl			7
Kiertoilmapatterit	kpl		13 / 0,04	
		ENSIÖ / TOISIO	ENSIÖ / TOISIO	ENSIÖ / TOISIO
Virtaus	dm3/s		1,8      3,6	1,7      4,0
Lämpötilat	°C-°C		115-55      80-50	115-45      70-40
Painehäviö	kPa		4      15	3      15
Suunnittelupaine	Mpa		1,6      1,6	1,6      1,6
Rakennepaine			Hst      Hst	Hst      Hst
Säätöventtiilit		Käyttövesi	Lämmitys 1TV105.11	1TV105.21      1TV105.22
Valmistaja			STENFORS	STENFORS      STENFORS
Malli			V225-10	V220-4      V220-6.3
Virtaus	dm3/s		1,8	0,5      1,2
Painehäviö	kPa		42	20      47
KOKO/kva-ARVO	DN/kva		25/10	25/4      20/6,3
Kiertovesipumput		Käyttövesi	Lämmitys 1P105.11	Ilmastointi 1P105.21
Valmistaja			GRUNDFOS	KOLMEKS
Malli			UPS 50-120 F10	AL-1066/4
Virtaus	dm3/s		3,6	4
Nostokorkeus	kPa		110	60
Moottoriteho	W		980	550
VERKOSTO		YKSIKKÖ	LÄMMITYSVERKKO	LÄMMITYSVERKKO
VERKON TILAVUUS/VPH		dm3/kPa	VANHA	4000/
PAISUNTASÄILIÖN/ -EP		dm3/kPa	120/	200/150
VAROVENTTIILIN/ -AVP		DN/kPa	25/250	40/300
TUNNUS	LAITE		MITOITUS	
1QQ105.1	LÄMPÖENERGIAMITTARI		DN 50 - 12,6M m3/h	

## R1-Ilmanvaihtokoneet 1

				Ruhokäytävät palkin yläosa 792 m <sup>3</sup>							
Tukkutori rakennus 1 IV-koneet				Ruhokäytävä 2150 m <sup>3</sup>							
				Tekn.välitili: 2200 m <sup>3</sup>							
Malli	Tunnus	LTO	q m <sup>3</sup> /s	P/ kW	K.aika 1/1 h/d	K.aika 1/2 h/d	T °C	TF ohjaus	PF ohjaus	Palvelualue	Alue m <sup>3</sup>
	TK301	Liuos	6,7 / 2,2		20-22 ma-pe	22-20 ma-pe	10-12 C°	HV 2-n		Lihantukkuhalli	3147
	PF301.1				24-00 ma-su		10-12 C°		SV 2-n	Reini / Kespro	3147
	PF301.2				20-22 ma-pe		10-12 C°		SV 2-n	Heikinliha	3147
VALLOX MUH25-4/6	PF301.3			0,37/0,23	20-22 ma-pe		10-12 C°		SV 2-n	Roslund/204P9	3147
VALLOX MUH31-4/6	PF301.4			1,0/0,51	24-00 ma-su		10-12 C°		SV 2-n	Roslund 204P9	3147
WOODS Axcnt MX80B	KSK801.1			2x11		04-16 ma-pe	9-10 C°	HV 2-n SC		Heikinliha/lihankäsittely	298
WOODS Axcnt MX80B	KSK801.2			2x11		04-16 ma-pe	9-10 C°	HV 2-n SC		Reini lihankäsittely	300
WOODS Axcnt MX80B	KSK801.3			2x11		04-16 ma-pe	9-10 C°	HV 2-n SC		Reini lihankäsittely	152
WOODS Axcnt MX63B	KSK802.1		6,0	2x5,5		04-16 ma-pe	9-10 C°	HV 2-n SC		Roslund / Lihankäsittely	247
	TK302	Liuos	0,66		03-23 ma-su		5-6 C°	HV 2-n		Ruhovarastot	616
	1PF302.1				03-23 ma-su		5-6 C°			Ruhovarastot	616
	TK303	Liuos	0,94		05-20 ma-pe		20-22 C°	HV 2-n		Toimistot 1.krs	1025
	1PF303.21				05-20 ma-pe		20-22 C°		SV 1-n	Toimistot 1.krs	1025
	1PF303.22				05-20 ma-pe		20-22 C°		SV 1-n	Toimistot 1.krs	1025
	TK304	Liuos	1,12 / 0,56		06-18 ma-pe		20-22 C°	HV 2-n		Mollavaunuhuone	304
	1PF304.1				06-18 ma-pe		20-22 C°	SV 2-n		Mollavaunuhuone	304
	1PF304.2				06-18 ma-pe		20-22 C°	SV 2-n		Mollavaunuhuone	304
	TK305	Liuos					20-22 C°	SV 2-n		Roslund koekeittiö	90
	1PF305.1						20-22 C°		SV 1-n	Roslund koekeittiö	90
	1PF305.2						20-22 C°		SV 1-n	Järjestelyhalli	
	1PF305.3						20-22 C°		SV 1-n	Järjestelyhalli	
	1TF307.1						0 C°		SV 2-n	Autohalli	7000
	1PF307.1						0 C°			Autohalli	7000
	1TF307.2						0 C°			Autohalli	7000
	1PF307.2						0 C°			Autohalli	7000
	1TF308.1		0,5/0,25				0 C°		SV 1-n	Suolikellari LJK	
	1PF308.1		0,5/0,25				0 C°			Suolikellari	
	1TK309	Kuutio					20-22 C°			Väyrynen/Paahtimo	
	1PK309						20-22 C°			Väyrynen/Paahtimo	
STEF-4-004-2-1-5	PK310		0,75		06-20 ma-pe		20-22 C°		SV SC	Väyrynen rasvahuuva	
	PK311						20-22 C°				
	PK312										
	PK313									Roslund koekeittiö	
	PK314.1									Sähkötila 330 E3	
	PK315.1									Sähkötila 334 L3	
Systemair	TK318	Pyörivä				08-18 ma-pe	20-22 C°			DTM	
Systemair	PK318					08-18 ma-pe	20-22 C°			DTM	
STEF-2-004-2-1-2	1PF317.2				24-00 ma-su		20-22 C°			R1CD WC.t 1 ja 2.krs	
	1TK314	Liuos	3,8	5,5			20-22 C°	SV SC		Monitoimitilat	
	1PK314		-3,8	4,0			20-22 C°	SV SC		Monitoimitilat	
	TK301.1	Liuos	5,0				20-22 C°			Rakennus 1F	
	PF301.1		-1,7				20-22 C°			Kellohalli huuva	
	PF302.2						20-22 C°			Kellohalli WC	
	1DPF303		-1,0				20-22 C°	SV SC		R.1 CD Opetuskeittiö	
	1DPF304		-1,0				20-22 C°	SV SC		R.1 CD Opetuskeittiö	
	1DPF305		-0,2	0,1			20-22 C°	SV SC			
	1DPF306		0,6	0,08			20-22 C°	SV SC			
STEF-5-004-c-1-5	1DPF307		1,12	0,37			20-22 C°	SV SC		R.1 smoker uuni/huuvat	
STEF-5-004-c-1-6	1DPF308		1,11	0,33			20-22 C°	SV SC		R.1 CD Lopez Lopez	
Fläkt Woods	1DPF309		0,09	0,1			20-22 C°	SV SC		R.1 CD WC tilat	
STEF-1-004-c-1-5	1DPF310		0,08	0,03			20-22 C°	SV SC		R.1 CD toimistot	
Reacair A-20-HW-CW	1DTK302.1	Pyörivä	0,62	0,77	08-20 ma-su		20-22 C°	SV IN SC		Toimistot 2.krs	
Reacair A-20-HW-CW	1DPK302.1		0,54	0,57	08-20 ma-su		20-22 C°		SV IN EC	Toimistot 2.krs	
	1TK310		2,0	1,53			20-22 C°	SV EC		Muuntamo	
	1PK310		2,0	1,53			20-22 C°		SV EC	Muuntamo	
	1PK311			1,0			20-22 C°		SV EC	Kylmäkonehuone	
	1PK312						20-22 C°		SV EC	Sähköpääkeskus	
							20-22 C°				
	1TK315	Pyörivä	2,5	3,0			20-22 C°	SV SC		Kellohalli	
	1PK315			2,2			20-22 C°	SV SC		Kellohalli	
	1TK316	Kuutio					20-22 C°			Sos.tilat kuivaushuone	
	1PK316						20-22 C°			Sos.tilat kuivaushuone	
Vallox	1TK317	Liuos					20-22 C°	SV EC		Roslund sosiaaltilat	
Vallox	1PK317						20-22 C°		SV EC	Roslund sosiaaltilat	
Pielavent Nicotra B 355	TK1Ararat	Kuutio	2,0/1,34	4/1,35	24-00 ma-su		20-22 C	HV 2-n		Ararat tukku	
Pielavent Nicotra B 355	PK1Ararat		1,5/1,0	1,65/0,55	24-00 ma-su		20-22 C		HV 2-n	Ararat tukku	

## R1-Hihnavetoiset ilmanvaihtokoneet 1

Tukkutorin R1 hihnavetoiset ilmanvaihtokoneet

	(1/1)P/ kW	(1/2) P/kW	Käyntiajat/h/d	käyntiaika/a	P/a kW	Teho EC	P/a EC
TK301	6,0	3,0	24	8760		30558	2,0 20372
TK302	0,8	0,4	20	7300		6791	0,53 4499
TK303	1,3	0,6	10	2650		4006	0,53 1633
TK304	1,5	0,6	10	2650		4622	0,94 2897
TK305	1,0	0,4	10	2650	▼	1233	0,53 1633
TK Ararat	4,0	1,65	24	8760		40744	3,0 30558
PK Ararat	1,65	0,55	24	8760		16807	3,0 15279

Hyötysuhde

Sähkön hinta

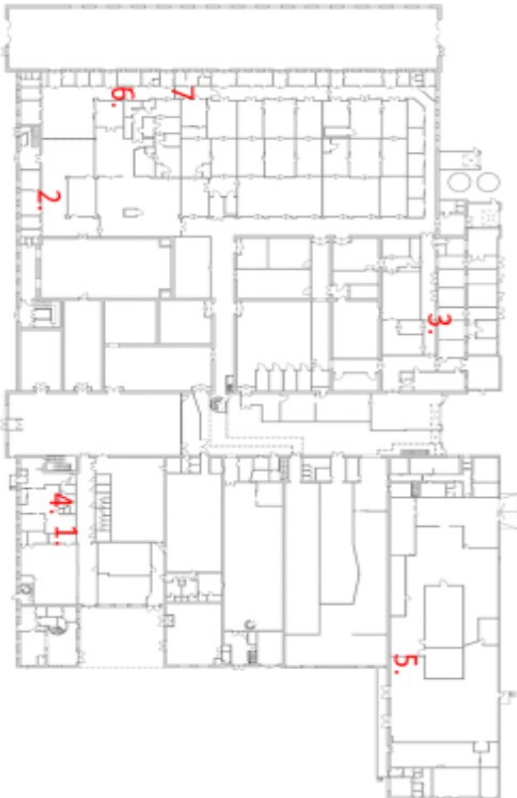
Vanhojen IV-koneiden sähkönottoteho vuode	105 MW/a
EC-puhaltimien sähkönottoteho vuodessa	77 MW/a
Energiansäästöprojektin kokonaishintaarvio	49590 €
Energiansäästö vuodessa	28 MW/a
Kustannus säästö vuodessa	4183 €
Takaisinmaksuaika	12 a

## R1-R1 Sähkökeskusten vaikutusalueet 1

## Rakennus 1 Sähkökeskukset

Sijainti	Mittarin numero	Kohde
2	EM24DIN	Kälyvaahattimo
3	I4063537	Lihasjäljin päänttaus
3	EM21	Roolund
3	C181939	Roolund
	Hager	
4	SM103E	Limutehdas
5	18011527	Avarat

Sijainti	Mittarin numero	Kohde
1	15196773	Päänttaus 1AKI1
1	15196769	Kimleistö 1AKI1
1	15196766	B-Smokeri, Bufa
1	15196763	Fu Shing
1	15196767	Aseantc Trading
1	15196771	Tilalamo
1	15196765	Aseantc Trading
1	15196770	1AKI3 Varastot
1	15196772	Santala + Kälyvaahattimo
1	15196764	Jädelino
1	14500346	Avarat
1	15196768	B-Side
1	xxxx19553691	Kellohalli
1	xxxx96384	B-Smokeri
1	xxxx5687	Flavour Studio
1	xxxx3147	Marrot 2, kcr toimisto
1	xxxx2099	B-Smokeri toimisto
1	xxxx3072	About Alive



Sijainti	Mittarin numero	Kohde
6	181943	Reinin Liha
6	181941	Leipomo Väyrynen, toimistot
6	181942	Leipomo Väyrynen, tehdas
7	181940	Heikin Liha
7	181944	Reinin Liha
8	46273095	Taajusmunkkejä, jäshdyys
9	28112381	Helinski Oy, Santala

Ei laskurettava



## R1-Kylmävarastot 1

Tukkutori rakennus 1 jäähdytyspatterit vaikutusalueineen

	Valvomotunnus	Asetusarvo °C	menoliuos °C	Käyntiajat / h	Sulatusteho / kW
Kylmävarasto	JP601/216	1,0		00-24 ma-su	Sähkövastus
Kylmävarasto	JP602/209	2,0		00-24 ma-su	Sähkövastus
Kylmävarasto	JP603/210	2,0		00-24 ma-su	Sähkövastus
Kylmävarasto	JP604/211	2,0		00-24 ma-su	Sähkövastus
Kylmävarasto	JP605/212	2,0		00-24 ma-su	Sähkövastus
Kylmävarasto	JP607/214	6,0		00-24 ma-su	Sähkövastus
Kylmävarasto	1JP608.1	1,0	-2,0	00-24 ma-su	Liuos/lauhde
Kylmävarasto	JP609/174	1,0	-2,0	00-24 ma-su	Liuos/lauhde
Kylmävarasto	1JP610	2,0	-2,0	00-24 ma-su	Sähkövastus
Kylmävarasto	1JP611.1	2,0	-2,0	00-24 ma-su	Liuos/lauhde
Kylmävarasto	1JP612.1	2,0	-2,0	00-24 ma-su	Liuos/lauhde
Kylmävarasto	JP613/179	10,0		06-16 ma-pe	Sähkövastus
Kylmävarasto	JP616.1/197	5,0		04-16 ma-pe	Sähkövastus
Kylmävarasto	JP616.2/198	6,0		04-16 ma-pe	Sähkövastus
Kylmävarasto	JP617	4,0		04-16 ma-pe	Liuos/lauhde
Kylmävarasto	JP618	4,0		04-16 ma-pe	Liuos/lauhde
Kylmävarasto	JP619	4,0		04-16 ma-pe	Liuos/lauhde
Kylmävarasto	JP620	4,0		04-16 ma-pe	Liuos/lauhde
Kylmävarasto	JP621/220	2,0		00-24 ma-su	Sähkövastus
Kylmävarasto	JP622/199	2,0		05-15 ma-pe	Sähkövastus
Kylmävarasto	JP623/191	2,0		05-15 ma-pe	Sähkövastus
Kylmävarasto	JP624/287	ei käytössä		05-15 ma-pe	Sähkövastus
Kylmävarasto	JP625/224	2,0	2,0	24-00 ma-su	Sähkövastus
Kylmävarasto	JP626/213	4,0	4,0	24-00 ma-su	Sähkövastus
Kylmävarasto	JP627/195	4,0		24-00 ma-su	Sähkövastus
Kylmävarasto	1JP628	6,0		05-15 ma-pe	Sähkövastus
Kylmävarasto	1JP631	6,0		05-15 ma-pe	Sähkövastus
Kylmävarasto	1JP632	6,0		05-15 ma-pe	Sähkövastus
Kylmävarasto	1JP633	1,0		00-24 ma-su	Sähkövastus
Pakkastunneli	1JP634	-30,0		00-24 ma-su	Sähkövastus
Kylmävarasto	1JP635	4,0		00-24 ma-su	Sähkövastus
Lihankuivaus	1JP636 kuivaus	3,0			
Lihankypsennys	1JP637 sousvide	1,0			
Lihankypsennys	1JP638 sousvide	1,0			