

Jörg Hansmann

Päivittäistavarakaupan
energiasäästömahdollisuuksien
hyödyntäminen saneerauksen kautta

Opinnäytetyö
Ympäristötekniologia


Toukokuu 2015




MAMK

University of Applied Sciences

KUVAILULEHTI

	Opinnäytetyön päivämäärä 30.4.2015
Tekijä(t) Jörg Hansmann	Koulutusohjelma ja suuntautuminen Ympäristötekniologia (ylempi AMK), Kestävä energiatalous
Nimeke Päivittäistavarakaupan energiasäästömahdollisuuksien hyödyntäminen saneerauksen kautta	
Tiivistelmä <p>Ympäristölainsäädännön tiukentaminen aiheuttaa muutoksia päivittäistavarakaupoissa käytetyille kylmäjärjestelmille. Nykyisten kylmäjärjestelmien fluorattujen kylmäaineiden saatavuuteen ja käyttöön on tulossa rajoituksia ja tämä tuo mukanaan saneerauspainetta päivittäistavarakauppojen omistajille. Toimeksiantaja Moduls Oy on valmistanut esivalmistettuja konehuoneita päivittäistavarakaupan uudiskohteisiin jo pitkään. Tämän opinnäytetyön tutkimuskohde, Sale Tahiniemi Pieksämäellä, on ollut Moduls Oy:lle ensimmäinen päivittäistavarakaupan saneerausurakka ja tutkimuksen tuloksia halutaan hyödyntää saneerauskohteisiin suunnattavaan myyntiin ja tuotekehitykseen.</p> <p>Energiankulutuksen vertailussa tutkittiin kaupan energiakulutusta ennen ja jälkeen saneerauksen. Lisäksi laskettiin korollisella menetelmällä talotekniikan takaisinmaksuaika. Saneerauksessa asennettiin uudentyyppinen lauhdelämmöntalteenottojärjestelmä, minkä takia tutkittiin myös lauhdelämmöntalteenotosta saatava lämpöenergian osuus myymälän lämmönkulutuksesta ja myymälän lisälämmityksentarve. Sen vuoksi tehtiin helmikuussa 2015 mittauksia ja niiden tuloksien perustella laskettiin lauhdelämmön osuus ja lisälämmöntarve saneerauksen jälkeen. Lisäksi kehitettiin laskentamenetelmä, jonka avulla voidaan laskea lauhdelämmöntalteenoton osuus myymälän energiankulutuksesta ja lisälämmityksen tarve suhteutettuna ulkolämpötilaan.</p> <p>Sale Tahiniemen energiankulutus on pienentynyt saneerauksen myötä merkittävästi. Kylmäjärjestelmän vuosittainen energiantarve on pienentynyt 29 % ja lämmityksen energiantarve on pienentynyt 62 %. Talotekniikan laskettu takaisinmaksu on 17 – 23 vuotta, korkotasolle 2 % - 4 %. Lisäksi tutkimus näyttää, että vuosittainen lauhdelämmöntalteenoton osuus myymälän lämpöenergiatarpeesta on n. 85 %.</p> <p>Tutkimus osoittaa, että saneerauksessa on iso energiasäästöpotentiaali. Tutkimuksessa tuli myös ilmi, että lauhdelämmöntalteenotto ei toimi vielä aivan parhaalla tavalla, vaan tietyissä lämpötiloissa lauhdelämmöntalteenotosta ei saada vielä toivottuja tehoja irti. Lisätutkimuksilla ja järjestelmän säätämällä voidaan saavuttaa vielä energiatehokkaampi lopputulos.</p>	
Asiasanat (avainsanat) päivittäistavarakauppa, lauhdelämmöntalteenotto, energiasäästö, hiilidioksidikylmäaine, R744, Moduls, esivalmistettu, konehuone	
Sivumäärä 48 + liitteet (2 sivua)	Kieli Suomi
Huomautus (huomautukset liitteistä)	
Ohjaavan opettajan nimi Martti Veuro	Opinnäytetyön toimeksiantaja Moduls Oy

DESCRIPTION

	Date of the master's thesis 30.04.2015
Author(s) Jörg Hansmann	Degree programme and option Master of Engineering Environmental technology, sustainable energy
Name of the bachelor's thesis Use of energy saving possibility's through renovation in a grocery store	
Abstract <p>The tightening of environmental legislation, will cause changes for the refrigeration systems used in grocery stores. The availability and use of present-day used fluorinated refrigerants will be restricted and this will exert pressure on grocery store owner to renovate there stores. The commissioner of this master's thesis, Moduls Oy, is manufacturing prefabricated engine rooms for new grocery stores for a long time. The first grocery store to be renovated by Moduls Oy was Sale Tahiniemi in Pieksämäki is the object of research. Therefore the company will use the results of this thesis for marketing and product development.</p> <p>By comparing the energy consumption before and after the renovation the changes in the energy consumption were analysed. Additionally the amortisation for the technical building equipment was calculated. The renovation of the store included a new type of heat recovering. Therefore an object of the research was to find out, how much of the needed heat for the store could be covered by the heat recovery and how much additional heat is needed. To get this information different measurements of the system where made during February 2015. Furthermore a method for calculation of the heat recovery proportion of needed heat and the amount of additional heat as a function of ambient temperature was created.</p> <p>The energy consumption of Sale Tahiniemi has decrease remarkable after the renovation. The yearly energy demand for refrigeration has decreased 29 % and the yearly energy demand for heating has decreased 62 %. The calculated amortisation for the technical building equipment is 17 - 23 years for an interest rate of 2 % and 4 %. Furthermore we got the result, that 85 % of needed heat for the store is covered by the heat recovery.</p> <p>The study shows, that through renovation of a grocery store a remarkable saving of energy is possible. It also shows, that the heat recovering does not yet work in the best way. In some ambient temperatures the heat recovery offers less heat then expected. With further studies and adjustment the system could work more effective</p>	
Subject headings, (keywords) grocery store, heat recovery, energy saving, carbon dioxide refrigerant, R744, Moduls, prefabricated, engine room	
Pages 48 + annexes (2 pages)	Language
Remarks, notes on appendices	
Tutor Martti Veuro	Master's thesis assigned by Moduls Oy

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	1
2	PÄIVITTÄISTAVARAKAUPAN MÄÄRITELMÄ JA ENERGIÄKÄYTTÖ.....	2
3	PÄIVITTÄISTAVARAKAUPAN KYLMÄJÄRJESTELMÄ.....	6
3.1	Fluorattujen kasvihuonekaasujen rajoitukset.....	6
3.2	Kylmäaine R-744 hiilidioksidi (CO ₂).....	8
3.3	Transkriittillisen kylmälaitteen lauhdelämmöntalteenotto	10
4	TUTKIMUSAINESTO JA –MENETELMÄ	11
4.1	Tutkittavan kohteen yleiset tiedot.....	11
4.2	Tutkittava kohde ennen saneerausta	12
4.2.1	Sähkönjakelu.....	12
4.2.2	Ilmanvaihto	13
4.2.3	Lämmitysjärjestelmä ja lauhdelämmöntalteenotto	14
4.2.4	Kylmälaitteet.....	15
4.3	Tutkittavan kohteen saneeraus.....	16
4.3.1	Sähkönjakelu.....	16
4.3.2	Ilmanvaihto	17
4.3.3	Lämmitysjärjestelmä ja lauhdelämmön talteenotto	19
4.3.4	Kylmälaitteet.....	20
4.4	Menetelmät	21
4.4.1	Energiakulutuksen vertailu	21
4.4.2	Saneerauksen takaisinmaksuaika	22
4.4.3	Lauhdelämmöntalteenoton analysointi ja lisälämmityksen tarve ...	23
5	ENERGIÄKULUTUKSEN VERTAILU	29
5.1	Sale Tahiniemen energiajakauma	29
5.2	Sale Tahiniemen energiakulutus vuosina 2009 – 2015	32
6	SANEERAUKSEN TAKAISINMAKSUAIKA.....	35
7	TUTKIMUKSEN TULOKSET	37
7.1	Myymälän lämpöenergiankulutus	37
7.2	Myymälän lämpöenergiantarve	39
7.3	Lauhdelämmöntalteenoton analysointi ja lisälämmönkulutus.....	39
7.4	Kaavojen tarkastelu	44

8 JOHTOPÄÄTÖKSET	46
LÄHTEET	48
LIITTEET	
1 Arvioitu vuosittainen lämpöenergiatarve	
2 Arvioitu LTO:n lämpöenergian määrä ja lisälämmöntarve	

1 JOHDANTO

Päivittäistavarakaupan omistajat päättävät monesta eri syystä kaupan saneerauksesta. Saneerauspäätökseen vaikuttavat muun muassa rakennuksen kunto, lainsäädännön muutos, imago, käytännöllisyys tai energiansäästötarpeet. Taloudellisen kannattavuuden tulee kuitenkin olla aina keskiössä. Ulkoasulliset muutokset voidaan selittää myynnin kasvulla, uusilla asiakkuuksilla tai vastaavilla. Sen sijaan talotekniset muutokset tulisi miettiä kannattavuuden, säästöjen ja kustannustehokkuuden näkökulmasta. Muutosten jälkeisen tehokkuuden ja kustannussäästöjen laskentaan ei aina ole olemassa selviä tai yksinkertaisia vastauksia ja saneerauskohteita on tutkittu vasta hyvin vähän.

Työn tilaajana toimii pieksämäkeläinen perheyrittäjä Moduls Oy. Moduls Oy suunnittelee ja valmistaa Moduls-nimisiä esivalmistettuja konehuoneita kaupan tarpeisiin. Esivalmistettu konehuone sisältää kaupan kylmälaitteet, lauhdelämmöntalteenoton, lämmönjakelun ja ilmanvaihtokoneen. Tähän asti Modulsin hyödyt ovat olleet juuri esivalmistuksessa ja sitä kautta konehuoneen asentaminen ja käyttöönotto rakennustyömaalla on nopeutunut ja urakan aikatauluissa on entistä helpompi pysyä. Moduls pienentää lisäksi konehuoneen tilantarvetta ja sopii sen vuoksi myös pienempiin kauppoihin.

Ympäristölainsäädäntö tiukkenee koko ajan ja asettaa osaltaan haasteita niin uudisrakentamiselle kuin olemassa oleville kaupoille. Varsinkin nykyisten kylmäjärjestelmien kylmäaineiden saatavuuteen ja käyttöön on tulossa rajoituksia ja tämä tuo mukanaan saneerauspainetta. Taloussuhdanteen vuoksi uudisrakentaminen on alkanut Suomessa hiipua. Erityisesti kaupan alalla uudisrakentamisen sijaan pyritään kustannustehokkailta saneerauksilla jatkamaan olemassa olevan kaupan käyttöikä. Moduls Oy on valmistanut esivalmistettuja konehuoneita päivittäistavarakaupan uudiskohteisiin jo pitkään. Tämän työn tutkimuskohde, päivittäistavarakauppa Sale Tahiniemi Pieksämäellä, on ollut Moduls Oy:lle ensimmäinen päivittäistavarakaupan saneerausurakka ja tutkimuksen tuloksia halutaan hyödyntää saneerauskohteisiin suunnattavaan myyntiin ja tuotekehitykseen. Koska Moduls sopii tilankäytön ja tekniikan takia parhaiten pienempiin kaupan yksiköihin, on yrityksessä päätetty

keskittyä myymään esivalmistettuja Moduls-konehuoneita erityisesti alle 500 m² päivittäistavarakauppoihin.

Taloteknisen saneerauksen tuomia kustannussäästöjä tai energiatehokkuuden kasvua ei olla tarkkaan laskettu aikaisemmin. Modulsin myynnin ja tulevan tuotekehitystyön vuoksi tuli ajankohtaiseksi saada tutkittua tietoa talotekniikkaan kohdistuvan saneerauksen taloudellisista vaikutuksista. Tutkimuskohteeksi valittiin Pieksämäellä toimiva päivittäistavarakauppa Sale Tahiniemi, koska kauppaan oli joka tapauksessa tulossa saneeraus ja kaupan ainoa energianlähde oli sähkö. Näin talotekniset muutokset oli helpommin vertailtavissa, kun kauppa ei ollut esimerkiksi kaukolämpöverkkoon kytkettynä. Sale Tahiniemi toimii kaupan kiinteistössä vuokralaisena ja kiinteistön osaomistajana on Moduls Oy:n toimitusjohtaja. Näin ollen kiinteistön omistajakin oli hyvin kiinnostunut tutkimuksesta ja oli mahdollista saada käyttöön sekä vuokralaisen että vuokranantajan sähkönkulutustiedot ja yhteistyö oli saumatonta.

Tässä opinnäytetyössä tutkittiin saneerauksen vaikutusta kaupan energiakulutukseen. Lisäksi laskettiin korollisella menetelmällä talotekniikan takaisinmaksuaika. Koska Moduls sisältää uudentyyppisen lauhdelämmöntalteenottojärjestelmän Sale Tahiniemessä. Haluttiin tutkia miten paljon energiaa saadaan kyseisen lauhdelämmöntalteenoton kautta hyödynnettäväksi kaupan lämmittämiseen. Haluttiin samalla tutkia, mikä on saneerauksen jälkeinen lisälämmityksen energiatarve.

2 PÄIVITTÄISTAVARAKAUPAN MÄÄRITELMÄ JA ENERGIÄKÄYTTÖ

Päivittäistavarakaupan vuosijulkaisun mukaan Suomessa oli vuoden 2014 alussa 3171 päivittäistavarakauppaa (ei sisällä erikoismyymälöitä ja kauppahalleja). Noin kaksi kolmasosaa päivittäistavarakaupoista on pieniä kauppia, joiden myyntipinta-ala on pienempi kuin 400 m².

Niiden määrät ovat tyypeittäin eritelty:

- 1053 isot valintamyymälät (200 – 399 m²)
- 409 pienet valintamyymälät (100 – 199 m²)
- 408 pienmyymälät (alle 100 m²).

Suurempien kauppojen määrät ovat:

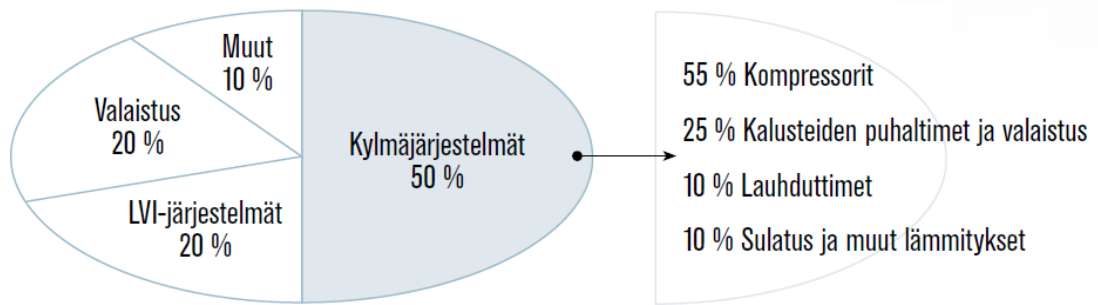
- 149 hypermarketit (> 2500 m²)
- 121 tavaratalot (>1000 m², päivittäistavaroiden osuus myynnistä alle 2/3)
- 612 isot supermarketit (>1000 m², päivittäistavaroiden osuus myynnistä yli 2/3)
- 419 pienet supermarketit (400- 999 m²)

Päivittäistavarakauppojen markkinaosuudet ovat jakautuneet niin, että 2014 Suomen kahden suurimman kaupparyhmien, S-Ryhmä ja K-Ryhmä, osuus on ollut yhdessä 79,7 % (Päivittäistavarakauppa 2014).

Koska S-ryhmän ja K-ryhmän markkinaosuus on Suomessa suuri, on myös niiden energiakulutus merkittävä. Vuonna 2013 kaikissa S-ryhmän toimipaikoissa kulutettiin yhteensä 1594 GWh energiaa. S-ryhmän strategiaan kuuluu muun muassa energiatehokkuus. Erityisesti kylmäjärjestelmien energiankäytön tehostaminen ja valaistuksen energiatehokkuus ovat osa-alueet, joihin S-ryhmä panostaa. Esimerkiksi kaikki uudet kylmäkalusteet ovat ovellisia, sekä uusissa kaupoissa että saneeraus kohteissa, ja LED-valaisimet myymälän valaistuksessa ovat koevaiheessa (S-ryhmä 2013). K-ryhmän vuoden 2014 kokonainen energiakulutus on ollut 1047 GWh. Myös K-ryhmän strategiaan kuuluu energiansäästö. K-ruokakauppojen kylmäkalusteille on laitettu ovet ja kannet, K-ryhmän mukaan energiansäästöt on 40 % verrattuna kannettomiin altaisiin. Myös kylmäjärjestelmien etäseuranta on auttanut saamaan kylmälaitteiden sähkönkulutusta alaspäin. Järjestelmien seuranta on jatkuvaa ja sen takia virheet tai ongelmat huomataan nopeammin ja reagointiaika on lyhyt. LED-valaisimia käytetään eniten mainosvalaistuksessa ja ulkovalaistuksessa, ei vielä myymälöissä (Kesko 2014).

Sekä S-ryhmä että K-ryhmä mainitsevat energiansäästön strategioissaan kylmäjärjestelmien ja valaistuksen energiankulutuksien pienentämisen. Kun tarkastellaan perinteisen päivittäistavarakaupan sähkön kulutuksen jakaumaa, tule esiin, että valaistus ja kylmäjärjestelmä yhdessä kuluttavat jopa 70 % sähköstä (kuva 1). Siitä huolimatta myös LVI-järjestelmän osuudella on suuri merkitys.

Sähkön kulutuksen tyypillinen jakauma päivittäistavarakaupassa



KUVA 1. Sähkön kulutuksen jakauma päivittäistavarakaupassa (Motiva 2009)

LED-valaisimia käytetään jo nyt ulko- ja mainosvalaistuksessa, mutta suurin energiasäästöpotentiaali oletetaan saatavan myymälöiden valaistuksesta. Uusissa kaupoissakin asennetaan vielä perinteiset loisteputket. LED-valaisimen säästömahdollisuudet tulevat esiin esimerkiksi saksalaisessa REWE Lenk päivittäistavarakaupassa. Kaupan myymälässä korvattiin olemassa olevaa valaistusta uudella LED-valaistuksella, jonka seurauksena valaistuksen energiantarve on laskenut yli 50 %. Positiivinen sivuvaikutus on ollut lämpökuorman väheneminen. Vanhat loisteputket ovat muuttaneet yli 80 % kulutetusta energiasta lämmöksi, joka on ollut kesäaikana merkittävä ongelma (Oltmanns 2012).

LVI-järjestelmien energiankulutusta voidaan pienentää muun muassa tarpeenmukaisella ilmanvaihdolla. Uusissa päivittäistavarakaupoissa tarpeenmukainen ilmanvaihto on nykyisyyttä ja sen ohjaus tapahtuu esimerkiksi hiilidioksidimittauksen avulla. Se antaa mahdollisuuden, että myymälään tulee vain sen verran ulkoilmaa kuin tarvitaan. Varsinkin talvella lämmitettävän ilmanmäärän väheneminen antaa energiasäästömahdollisuuksia. Vanhoissa kaupoissa ilmanvaihto ohjataan usein ulkolämpötilan mukaan. Vaikka talvella kylmä ulkolämpötila ohjaa ilmanvaihtokoneet niin, että ne pyörivät 50 % nopeudella, siirretään usein turhan paljon lämmitettävää ulkoilmaa kauppaan. Myös kaupoissa usein käytettyä ilmalämmitystä voitaisiin tarkastella kriittisesti. Ilmalämmityksen huono puoli on lämpimän ilman pieni energiasisältö. Ilmalämmitys vaatii isoja ilmamääriä tai korkeita lämpötiloja (Hausleben 1999). Vaihtoehto olisi esimerkiksi lattialämmitys. Lattialämmitys toimii matalilla lämpötiloilla, joka on erityisesti lauhdelämmöntalteenoton käytössä positiivista. Lisäksi

voidaan pienentää ilmamäärää kun hoidetaan kaupan lämmöntarve muilla tavoilla kun ilmalla. Pienempi ilmamäärä tarkoittaa pienempiä puhaltimia ja sen kautta pienempiä puhallintehoja. Jo mainittu lauhdelämmöntalteenotto on melkein kaikissa kaupoissa käytetty energiansäästökeino. Lisää lauhdelämmöntalteenotosta on kirjoitettu kappaleessa 3.3.

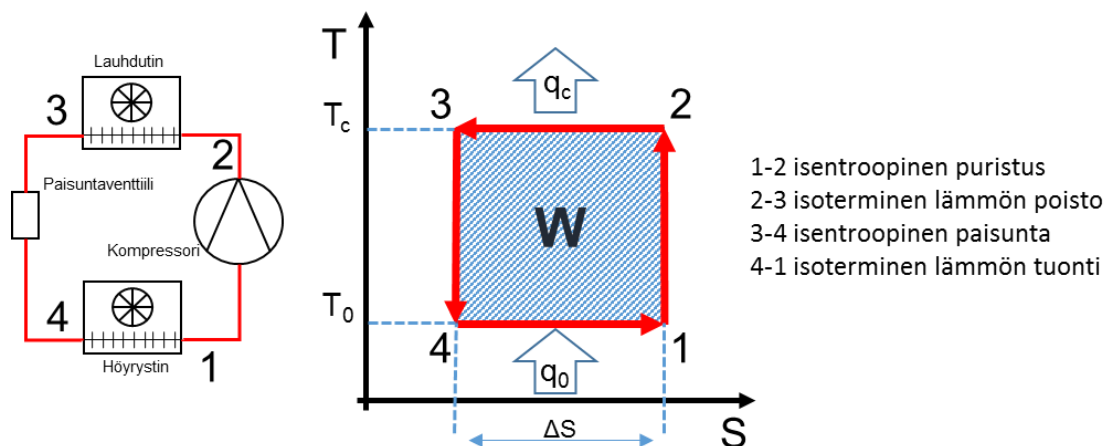
Kylmäjärjestelmän energiankulutus täytyy miettiä tarkkaan, kun rakennetaan uutta kauppaa, mutta myös olemassa olevissa kaupoissa ja erityisesti saneerauksissa on potentiaalia säästää energiaa. Kylmäkalusteet täytyy sijoittaa myymälässä niin, että veto ja ilmavirta eivät häiritse kylmäkalusteiden toimintaa, erityisesti kylmäkalusteet ilman ovia ja kansia täytyy suojata vedolta. Muuten kylmäkalusteiden ilmaverhon toiminta heikkenee ja lämmintä ilmaa voi siirtyä kalusteisiin. Tämä nostaa kylmäkalusteen energiankulutusta ja se voi aiheuttaa vahinkoa elintarvikkeille. Riippumatta siitä, ovatko kalusteet ovellisia tai ei, on tärkeää, että kylmäkalusteiden sulatusta ja puhdistusta valvotaan jatkuvasti. Myös kylmäkalusteiden täydentämisellä voidaan vaikuttaa kylmäjärjestelmien energiankulutukseen ja kylmäkalusteiden valmistajan antamia täydennysrajoja tulee noudattaa. Liian paljon ja liian tiiviisti asetellut tuotteet voivat aiheuttaa häiriöitä kylmäkalusteiden ilmakiertoille ja sen takia kylmäkalusteet lämpenevät turhaan. Jo valaistuksessa mainitut LED-valaisimet voidaan hyödyntää kylmäkalusteiden valaistuksena. LED-valaisimen aiheuttama lämpökuorma kylmäkalusteissa on perinteistä loisteputkea pienempi (Motiva 2009). Kylmäkalusteiden ovet ja kannet voivat säästää paljon energiaa ja lämpötilat kalusteiden sisällä ovat tasaisempia kuin kalusteissa ilman ovea. Se, miten paljon energiaa ovet ja kannet säästävät, voi vaihdella eri kauppojen välillä ja on riippuvainen muun muassa kalusteiden avaamistiheydestä (Hauser 2009).

Hyvistä puolista huolimatta kylmäkalusteiden ovet voivat aiheuttaa ongelmia. Kesäaikana ilmankosteus on korkeampi ja avoimet kylmäkalusteet kuivattavat huoneilmaa, mutta kun kylmäkalusteissa ovat ovet, niiden ilmankuivausominaisuus jää puuttumaan. Kosteus kaupan huoneilmassa voi haitata kaupan tuotteiden laatua ja voi aiheuttaa kondenssivettä kylmäkalusteiden oviin. Ilman kuivattamiseen käytetään usein jäähdtytystä kauppojen ilmanvaihtokoneessa. Jäähdtytyskoneiden investointikustannus ja energiakulutus voivat jopa tuhota ovien kautta aikaansaadut säästöt. Huolellinen suunnittelu on tässä asiassa erittäin tärkeää. (Hauser 2009)

3 PÄIVITTÄISTAVARAKAUPAN KYLMÄJÄRJESTELMÄ

Kylmälaitteet siirtävät kylmäaineen avulla lämpöä paikasta toiseen. Esimerkiksi kylmäkalusteista siirretään lämpöä pois ja sen kautta kylmäkalusteissa on ympäristöä matalampi lämpötila. Kylmälaitteissa kylmäaineen olomuoto muuttuu ja olomuodon muutoksessa lämpöä siirtyy kylmäaineeseen tai kylmäaineesta ympäristöön.

Kylmälaitteiden toiminta voidaan periaatteellisesti kuvata Carnot-prosessilla. Carnot-prosessi on esitetty kuvassa 2 T,s-piirroksena. Höyrystimessä lämpöenergia q_0 siirtyy lämpötilassa T_0 kylmäaineeseen pisteestä 4 pisteeseen 1. Kompressorilla saadaan aikaan isentrooppinen puristus, jolloin kaasumainen kylmäaine siirtyy pisteestä 1 pisteeseen 2. W on tässä kuvassa puristuksen työ. Lauhduttimessa lämpötilassa T_c lämpöenergia q_c siirtyy kylmäaineesta pois ja kylmäaineen olomuoto muuttuu nestemäiseksi pisteestä 2 pisteeseen 3. Paisuntaventtiilissä tapahtuu lämpötilassa T_0 isentrooppinen paisunta ja kylmäaineen olomuoto muuttuu nesteestä kaasumaiseksi pisteestä 3 pisteeseen 4. (Breidert 2003)



KUVA 2. T,s -piirros ja kylmäjärjestelmän komponentit (Breidert 2003)

3.1 Fluorattujen kasvihuonekaasujen rajoitukset

Kuten aikaisemmin on mainittu, kylmälaitteiden sähköntarve on päivittäistavara-kaupoissa suuri. Sähköntuotannossa syntyy hiilidioksidipäästöjä, mitkä ovat riippuvaisia eri energialähteistä. Suomen sähköyhtiöt käyttävät erilaisia energialähteitä. Esimerkiksi sähköyhtiö Savon Voima Oy:n myyty sähkö tuotetaan

fossiilisilla polttoaineilla, uusiutuvilla polttoaineilla ja ydinvoimalla. Savon Voiman vuonna 2013 myyty sähkön CO₂-ominaispäästö oli 252,1 g/kWh. (Savon Voima 2015)

Sähkönkulutuksesta aiheutuneet hiilidioksidipäästöt eivät ole ainoa kylmäjärjestelmien aiheuttama ympäristövaikutus. Kioton pöytäkirjassa, mikä on maailman tärkein ja tunnetuin ilmastomuutoksen hillitsemiseen liittyvä sopimus, on mainittu fluoratut kasvihuonekaasut, koska niiden ilmastovaikutus on moninkertainen verrattuna hiilidioksidiin. Vertailuarvona käytetään hiilidioksidiekvivalenttia. Eri kaasujen vertailuun käytetään Global Warming Potential (GWP) suhdelukua, esimerkiksi hiilidioksidin GWP on 1.

Uudella asetuksella Euroopan Unioni haluaa pienentää fluorattujen kasvihuonekaasujen päästöjä vuoteen 2030 mennessä noin 35 miljoonan hiilidioksiditonin verran. Se tarkoittaa 70 miljoonan hiilidioksidiekvivalentitonin vähennystä, koska 2014 arvioitiin vuoden 2030 hiilidioksidiekvivalentti emissioiksi 104 miljoonaa tonnia. Euroopan Unionin asetus (EU) N:o 517/2014 fluoratuista kasvihuonekaasuista (tästä eteenpäin F-kaasuista) on astunut voimaan 9. kesäkuuta 2014 ja sitä sovelletaan 1. tammikuuta 2015 alkaen. Asetuksessa on kolme varsinaista kohtaa päästövähennysten aikaansaamiseksi:

- Käyttö- ja myyntikielto F-kaasuille tai niiden seoksille, jos se on teknisesti mahdollista ja ympäristöystävällisempi vaihtoehto on olemassa.
- Sääntely vuototarkastuksille, pätevöinneille ja merkinnöille.
- Asteittainen saatavuuden vähentäminen markkinoilla oleville F-kaasuille tai niiden seoksille eli niin sanottu Phase-Down. Tavoite on vähentää saatavuus viidesosaan nykyisestä myyntimäärästä vuoteen 2030 mennessä.

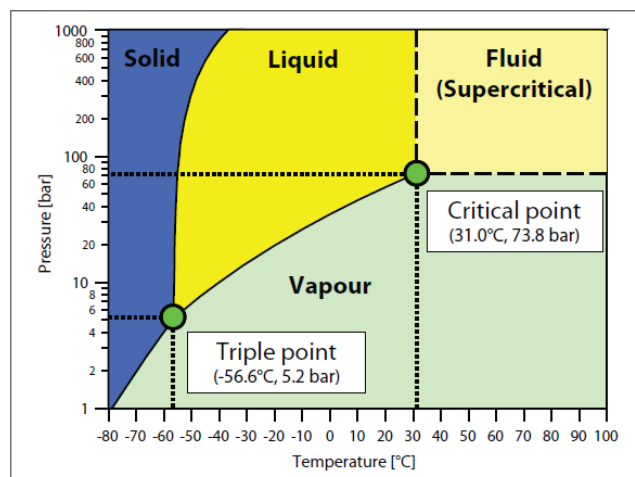
Asteittainen saatavuuden vähennys tarkoittaa konkreettisesti, että F-kaasua voidaan vielä käyttää, mutta niiden saatavuutta ja käyttöä tiukennetaan jatkuvasti. Rajoittava tekijä on F-kaasujen eri GWP-arvo. Esimerkiksi 1. tammikuuta 2020 alusta käyttökielto uudessa kylmäjärjestelmässä koskee fluorattua kasvihuonekaasua jonka GWP-arvo on > 2500. Siihen kuuluu R-404 A, joka on tällä hetkellä päivittäistavarakaupan vanhoissa

kylmälaitteissa eniten käytetty kylmäaine. R-404 A on F-kaasujen seos ja GWP on 3920. ((EU) N:o 517/2014)

Fluorattujen kylmäaineiden vaihtoehtoina ovat niin sanotut luonnolliset kylmäaineet. Luonnollinen tarkoittaa tässä yhteydessä, että ne aineet ovat jossain muodossa tai jossain määrin olemassa valmiiksi ympäristössä. Luonnollisia kylmäaineita ovat esimerkiksi hiilidioksidi (R-744, GWP 1), ammoniakki (R-717, GWP 0) ja hiilivedyt kuten propaani (R-290, GWP 3), isobutaani (R-600 a, GWP 3) ja propyleeni (R-1270, GWP 3). (Bitzer 2012)

3.2 Kylmäaine R-744 hiilidioksidi (CO₂)

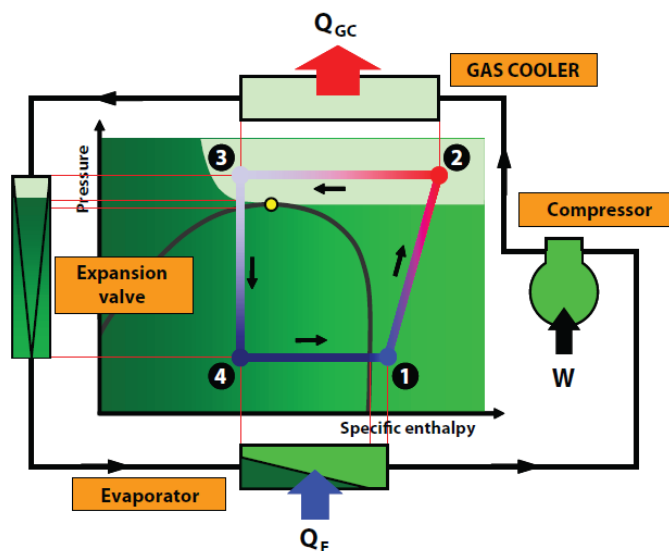
Hiilidioksidi on tällä hetkellä eniten käytetty kylmäaine päivittäistavarakauppojen kylmäjärjestelmissä, kun rakennetaan uutta tai tehdään saneerausta. Sekä K-ryhmä että S-ryhmä on siirtynyt kokonaan hiilidioksidin käyttöön kylmäaineena (Kesko 2014, S-ryhmä2013). Hiilidioksidi oli käytössä kylmäaineena jo kaksi vuosisataa sitten, mutta uusien kylmäaineiden kehitys poisti hiilidioksidin kylmäaineena melkein kokonaan markkinoilta 1950-luvulla. Hiilidioksidin huonot termodynaamiset ominaisuudet ja kehittymättömät järjestelmät olivat suurimmat syyt, miksi muut kylmäaineet nousivat suosittumaksi kuin hiilidioksidi. Ympäristölainsäädännön tiukentuminen pakotti kylmäalan kehittämään ratkaisuja hiilidioksidin käyttöönottoon uudelleen ja keksittiin ratkaisuja, joilla hiilidioksidista on tullut taloudellinen ja ympäristöystävällinen vaihtoehto kylmäaineena.



KUVA 3. R 744 olomuodot (Danfoss 2008)

Kuva 3 havainnollistaa hiilidioksidin eri olomuodot. Hiilidioksidilaitteissa on korkea paine ja hiilidioksidin kriittinen piste on 31 °C (Bitzer 2012).

Kuvassa 3 on kaksi pistettä, trippelipiste (triple point) ja kriittinen piste (critical point). Trippelipisteessä ovat kaikki kolme olomuotoa samalla hetkellä olemassa. Nestemäistä olomuotoa ei ole enää olemassa, kun lämpötila on pienempi kuin trippelipisteen lämpötila. Se tarkoittaa, että silloin kylmälaitteen prosessi ei enää toimi. Kun lämpötila ja paine on kriittisen pisteen yläpuolella, ei voida enää erottaa nestettä ja höyryä, mikä johtaa siihen, että lauhdutus ei enää toimi. Kun hiilidioksidikylmäjärjestelmä toimii kriittisen pisteen alapuolella, puhutaan alikriittisestä prosessista ja järjestelmässä on lauhdutin. Kun hiilidioksidikylmäjärjestelmä toimii kriittisen pisteen yläpuolella, puhutaan transkriittisestä prosessista ja järjestelmässä lauhduttimen tilalla on kaasunjäähdytin. Kylmäaine ei siis lauhdu, vaan se jäähtyy. Suurin osa päivittäistavarakaupan hiilidioksidikylmälaitteista toimivat transkriittisellä alueella. (Danfoss 2008)



KUVA 4. Transkriittinen kylmäprosessi (Danfoss 2008)

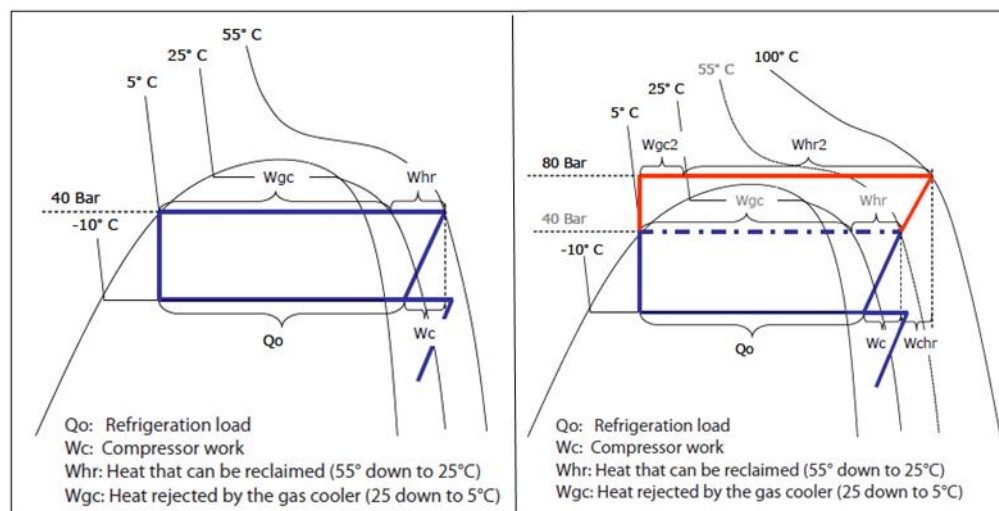
Kuvassa 4 on esitetty transkriittinen kylmäprosessi. Pisteet 1 – 4 tarkoittavat samaa asiaa kuin kappaleessa 3 yksikertaisesta kylmäprosessista on esitetty. Kun puristetaan kylmäaine pisteestä 1 pisteeseen 2, lämpötila nousee. Hiilidioksidilla lämpötila voi nousta 130 °C asti. Kaasunjäähdytys tapahtuu pisteestä 2 pisteeseen 3. Pisteessä 3 kylmäaine on vielä kriittisen pisteen yläpuolella. Siirto pisteestä 3 pisteeseen 4 eli

paisuntaprosessi tapahtuu ilman paineen muutosta. Pisteestä 4 pisteeseen 1 höyrystyminen tapahtuu vakioaineessa ja vakioämpötilassa. (Aittomäki 2012)

3.3 Transkriittillisen kylmälaitteen lauhdelämmöntalteenotto

Lauhdelämmöntalteenoton käyttö päivittäistavarakaupan kylmäjärjestelmässä on Suomessa yleinen tilanne. Kauppojen lämmöntarve on iso ja lauhdutuslämpö on kylmäprosessissa muodostuvaa hukkaenergiaa. Kun aikaisemmin eniten käytetty kylmäaine on ollut R-404 A, on lauhdelämmöntalteenoton suunnittelu ollut haastavaa, koska lämpöprosessissa halutaan korkea lämpötila ja kylmäprosessissa tarvitaan matala lauhdutuslämpötila. Transkriittilliset kylmälaitteet yleistyvät ja niin kuin kappaleessa 3.2 on mainittu, transkriittisessä prosessissa on lämpötila kompressorin jälkeen korkea, 80 °C – 130 °C. Näin ollen aikaisemmin mainittua ongelmaa ei ole enää olemassa, mikä helpottaa lauhdelämmöntalteenoton suunnittelua. Kun halutaan ottaa lauhdelämpö talteen, tarvitaan kylmäprosessissa ainakin yksi lämmönsiirrin ennen kaasunjäähdytintä.

Teoreettisesti kaikki lämpö kylmäprosessista voidaan siirtää lämpöjärjestelmään. Se tarkoittaa, että kun kylmäteho on esimerkiksi 4 kW ja kylmälaitteiden kylmäkerroin COP (Coefficient of Performance) on 4. Saadaan 4 kW + 1 kW kompressoriteho kylmäjärjestelmästä. COP näyttää, miten paljon kylmätehoa saadaan 1 kW sähkötehosta.



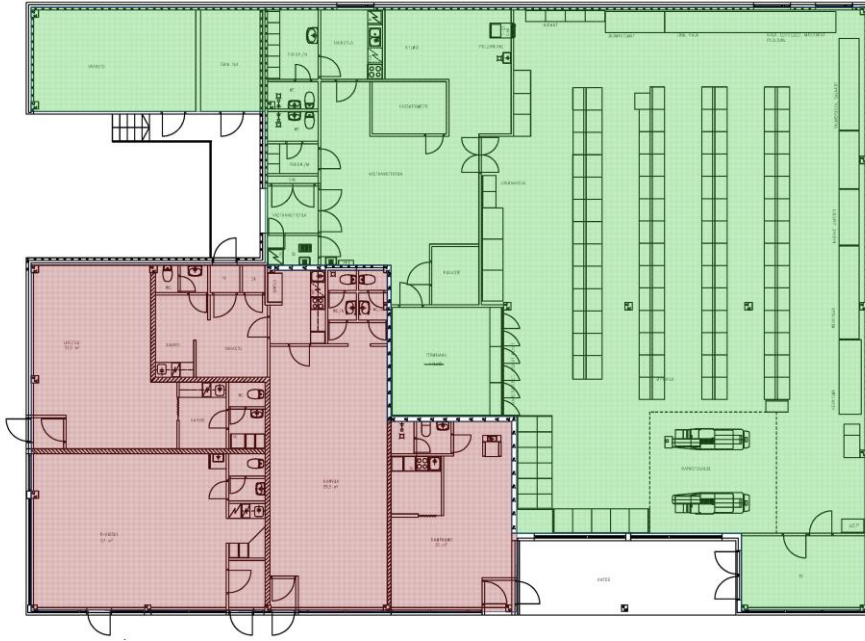
KUVA 5. Lauhdelämmöntalteenotto ja COP (Danfoss 2011)

Kuva 5 näyttää, miten lämmöntalteenotto voi vaikuttaa kylmäjärjestelmän kylmäkertoimeen COP. Kuvan vasemmalla puolella on kylmäprosessi talviaikana, jolloin prosessi toimii alikriittisellä alueella. Ilman, että heikennetään järjestelmän COP-arvoa, saadaan se lämpö talteen, joka on 55 °C asteen ja 25 °C asteen välillä (Whr). Lämpöjärjestelmässä ei voida hyödyntää lämpötiloja, jotka ovat alle 25 °C. Se tarkoittaa, että loput lämmöstä jäädytetään kaasunjäähdyttimessä (Wgc). Kuvan oikealla puolella nähdään prosessi, joka on optimoitu lämmön tuottamiseen. Lisälämpöä saadaan, kun nostetaan paine kaasunjäähdyttimessä, tässä esimerkissä nostetaan paine 40 baarista 80 baariin. Paineennosto tapahtuu lisäämällä kompressorityötä, eli käytetään enemmän sähköä kuin pelkkä kylmäprosessi vaatii. Siten saadaan se lämpö, joka on 100 °C asteen ja 25 °C asteen välissä (Whr2). Loput lämmöstä jäädytetään kaasunjäähdyttimessä (Wgc2). Pienellä lisätyömäärällä kompressorissa saadaan iso muutos lämpöjärjestelmään saatavalle lämmölle. Kylmälaitteiden COP:n lisäksi voidaan laskea myös lämmöntuotannon COP. Laskelma toimii niin, että lämpöjärjestelmän käyttämä lämpö Whr2 jaetaan kompressorin lisätyöllä Wchr ja tästä saadaan lämmöntuotannon COP. (Danfoss 2011)

4 TUTKIMUSAINESTO JA –MENETELMÄ

4.1 Tutkittavan kohteen yleiset tiedot

Tutkittava kohde on Pieksämäellä sijaitseva päivittäistavarakauppa Sale Tahiniemi. Sale Tahiniemi kuuluu Suur-Savon Osuuskaupalle ja Sale Tahiniemi toimii vuokralaisena M.U.M.-invest Oy:n omistamissa tiloissa liikekeskuksessa nimeltä Tahinkeskus. Kiinteistön rakennusvuosi on 1985 ja kerrosala on 733 m². Tässä työssä tutkitaan vain Sale Tahiniemeä, muut liikekeskuksessa olevat liiketilat eivät kuulu tutkittavaan ympäristöön. Kuva 6 näyttää Tahinkeskuksen pohjakuvan, vihreä alue on Sale Tahiniemi (n. 493 m²) ja punainen alue sisältää muut liiketilat (n. 240 m²).



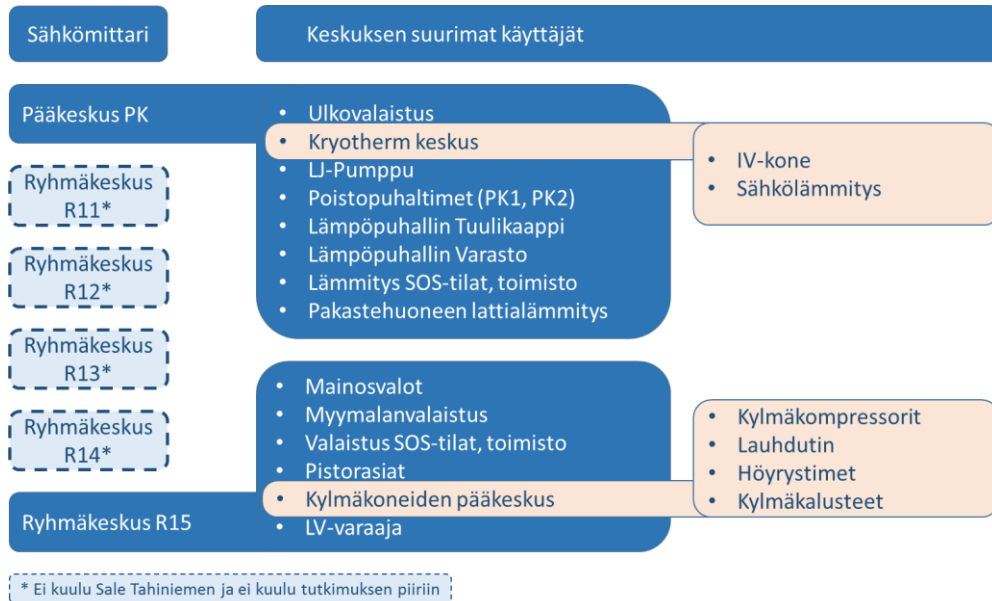
KUVA 6. Liikekeskuksen pohjakuva ja tutkittava alue

4.2 Tutkittava kohde ennen saneerausta

Sale Tahiniemessä suoritettu saneeraus on koskenut pääasiassa talotekniikkaa. Tässä työssä vertaillaan kaupan entisiä ja nykyisiä energiankulutuksia. Nykyiset tekniset ratkaisut eroavat vanhoista erittäin paljon ja siksi esitellään tässä kappaleessa kaupan vanhaa talotekniikkaa. Muuten olisi vaikea perustella, mistä energiakulutuksen muutokset johtuvat.

4.2.1 Sähkönjakelu

Liikekeskus Tahinkeskuksen kiinteistösähkö on jaettu kuudelle sähkökeskukselle. Yksi pääkeskus (PK) ja viisi ryhmäkeskusta (R 11 – R 15). Jokaisen keskuksen sähkökulut mitataan erillisellä sähkömittarilla, kuvassa 7 esitetään kiinteistön sähkönjakelu.

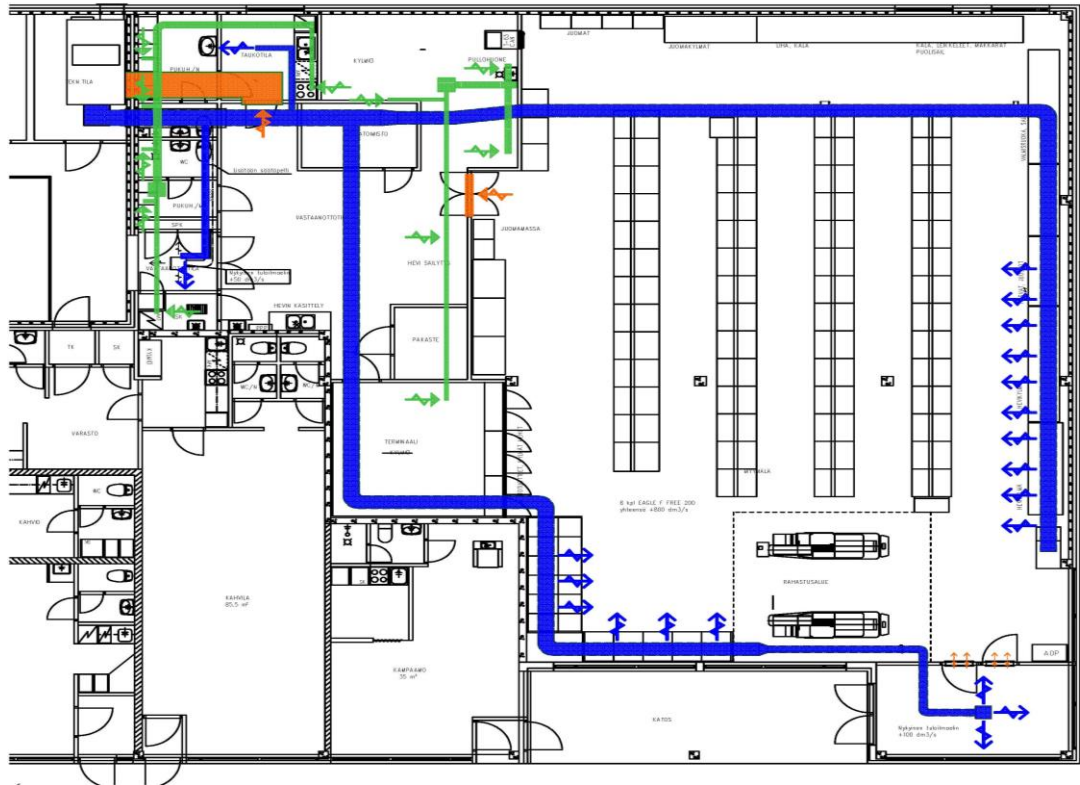


KUVA 7. Sähkönjakelu ennen saneerausta

Tutkimukseen kuuluvia sähkökeskuksia on pääkeskus (PK) ja ryhmäkeskus R 15. Niiden suurimmat käyttäjät on myös esitetty kuvassa 7. Tutkimukseen kuuluvat sähkökeskukset on esitetty kuvassa 7 sinisellä ja niiden suurimmat käyttäjät on lueteltu kuvassa. Sekä pääkeskuksen sähkömittari että ryhmäkeskuksen sähkömittari ovat etäluettavia.

4.2.2 Ilmanvaihto

Sale Tahiniemen ilmanvaihtojärjestelmään kuuluivat Kryotherm AES-33 (1380 dm³/s) ilmanvaihtokone ja kaksi poistoilman puhallinta PK-1 (90 dm³/s) ja PK-2 (230 dm³/s). Kuvassa 8 on esitetty kaupan ilmavirrat. Tuloilma (sininen) puhallettiin säleikköjen kautta myymälään. Säleiköt olivat kylmähylyjen yläpuolella ja niiden suunta oli alaspäin niin, että lämmin tuloilma puhallettiin kylmähylyjen päälle.



KUVA 8. Sale Tahiniemen ilmanvaihtojärjestelmä ennen saneerausta

Myymälän poisto-/ kiertoilmajärjestelmä on toiminut niin, että poisto-/ kiertoilma siirrettiin myymälästä varastoalueelle ja sieltä kanavan kautta tekniseen tilaan. Tekninen tila on toiminut kuin poisto-/ palautusilmakammio. Automaatio on säätänyt poisto- ja palautusilman suhdetta. Ilmanvaihtokone oli ohjattu ajan ja myymälän lämpötilan mukaan. Ilmanvaihtokone pysähtyi yöaikana, kun ei ollut lämmitys- eikä ilmastointitarvetta. Osa ilmasta meni poistoilmapuhaltimien (PK-1 ja PK-2) kautta ulos.

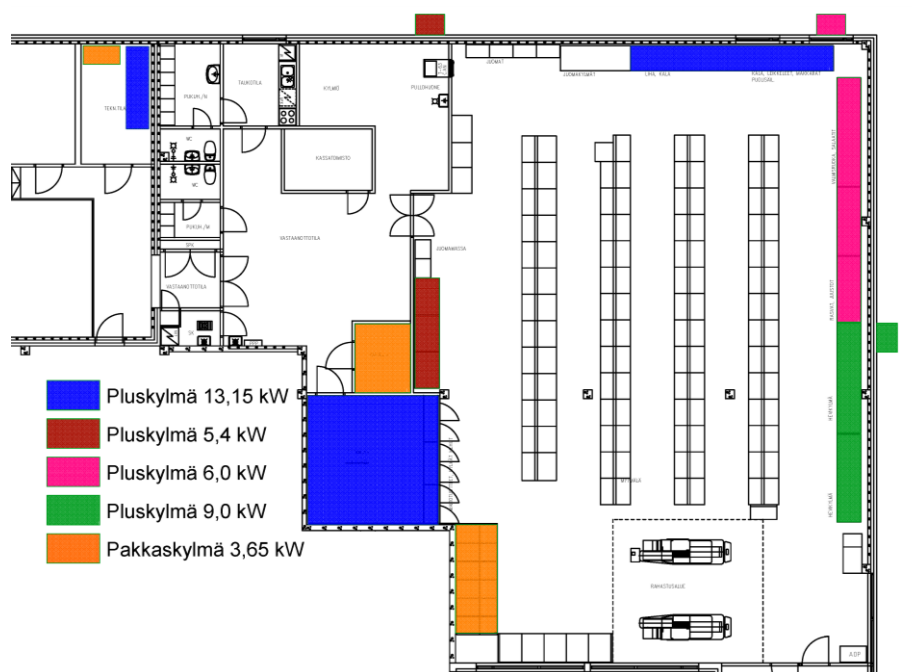
4.2.3 Lämmitysjärjestelmä ja lauhdelämmöntalteenotto

Sosiaali-tiloissa ja toimistossa ovat sähköpatterit. Myymälä on lämmitetty ilmalla ja lämmönlähteet ovat olleet kylmäjärjestelmän lauhdelämpö sekä ilmanvaihtokoneessa oleva sähkölisälämmityspatterit. Ilmanvaihtokone on ollut ohjattu niin, että ensisijaisesti on käytetty lauhdelämpöä. Siinä tapauksessa, että lauhdutinpatterista saatava lämpö ei ole ollut riittävä, automaatio on pyytänyt lisälämpöä ja sähkölisälämmityspatterit on kytketty porrastetusti päälle. Lisälämmityspatterit oli porrastettu neljälle 5 kW sähkövastukselle.

4.2.4 Kylmälaitteet

Sale Tahiniemen kylmäjärjestelmä on muuttunut rakennusvuoden 1985 jälkeen muutaman kerran. Ajan mittaan myymälän kylmäkalusteiden tarve on kasvanut ja vastaavasti on kasvanut kylmätehon tarve. Kuvassa 9 on esitetty kaupan kylmäkalusteet ja kylmähuoneet ja niiden kylmäkoneikot. Teknisessä tilassa olivat vain alkuperäiset kylmäkoneikot, R 404 A kylmäaineella toiminut pluskoneikko 13,15 kW kylmäteholla ja R 22 kylmäaineella toiminut pakkaskoneikko 3,65 kW kylmäteholla. Niiden lauhduttimet olivat ulkoseinällä ja molemmat koneikot kuuluivat Kryothermin lauhdelämmöntalteenottoon.

Muut kylmäkoneikot sijaitsivat ulkoseinällä ja sisälsivät kaikki tarvittavat komponentit kuin kompressorin, kylmäainevaraajan, lauhduttimen, venttiilit ja automatiikan. Kaikki ulkoseinäkoneikot olivat pluskoneikkoja. Niiden kylmätehot ovat olleet 5,4 kW, 6,0 kW ja 9,0 kW ja käytetty kylmäaine on ollut R 134 A. Sale Tahiniemessä on ollut yhteensä 37,2 kW kylmäteho käytettävissä, mutta vain 45 % kylmätehosta, eli 16,8 kW, kuului lauhdelämmöntalteenoton piiriin.



KUVA 9. Sale Tahiniemen kylmäjärjestelmä ennen saneerausta

4.3 Tutkittavan kohteen saneeraus

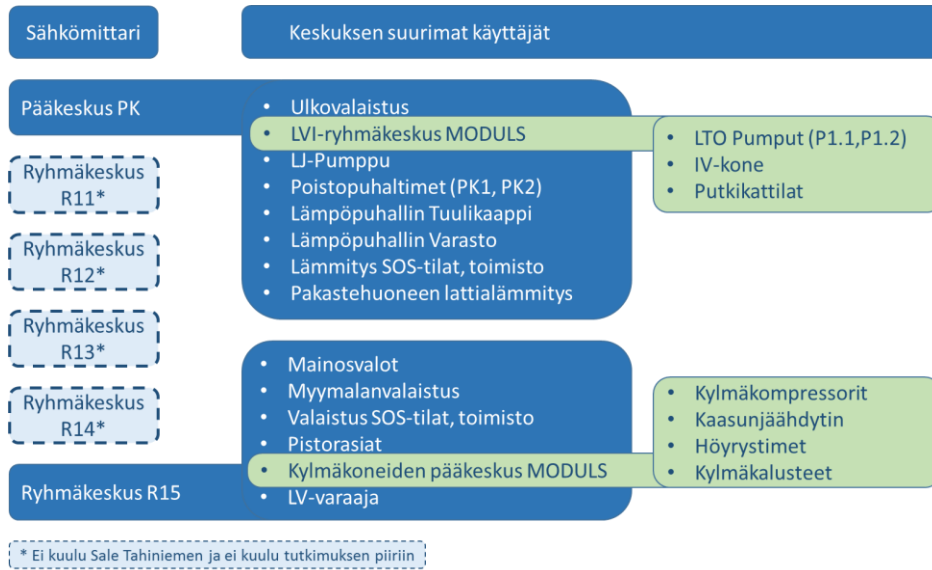
Ennen saneerausta sovittiin Suur-Savon Osuuskaupan kanssa saneerauksen tavoitteesta ja laajuudesta. Energiansäästö oli yksi vahvimmista tavoitteista, mutta päätettiin, että saneeraus koskee kuitenkin vain kiinteistön talotekniikkaa. Se tarkoitti, että seinien ja yläpohjan lisäeristäminen tai muut rakennustekniset muutokset eivät olleet vaihtoehtona energiansäästönäkökulmasta. Toinen tärkeä asia oli, että kaupan on oltava toiminnassa koko saneerauksen ajan.

Energiansäästö tavoitteen saavuttamiseksi päätettiin, että vanhat hajasijoitetut kylmälaitteet korvataan uudella CO₂ kylmäaineella toimivalla kylmäkoneikolla ja vanhat kylmäkalusteet korvataan uusilla ovellisilla kalusteilla. Sen lisäksi asennettiin uusi ilmanvaihtokone ja myymälän sisäkattoon asennettiin kattolämmitys.

Saneerauksessa käytettiin Moduls Oy:n esivalmistettua konehuonetta. Kylmäkoneikko, ilmanvaihtokone, lauhdelämmöntalteenotto ja automatiikka on ollut käyttövalmiiksi asennettu jo tehtaalla. Modulsin käyttämisellä ja osissa suoritettulla myymälän saneerauksella varmistettiin kaupan toimivuus koko saneerauksen ajan. Sale Tahiniemen saneeraus toteutettiin kesäkuusta elokuuhun 2014 välisellä ajanjaksolla. Alaluvuissa 5.1 – 5.7 esitellään Sale Tahiniemen uusi talotekniikka tarkemmin.

4.3.1 Sähkönjakelu

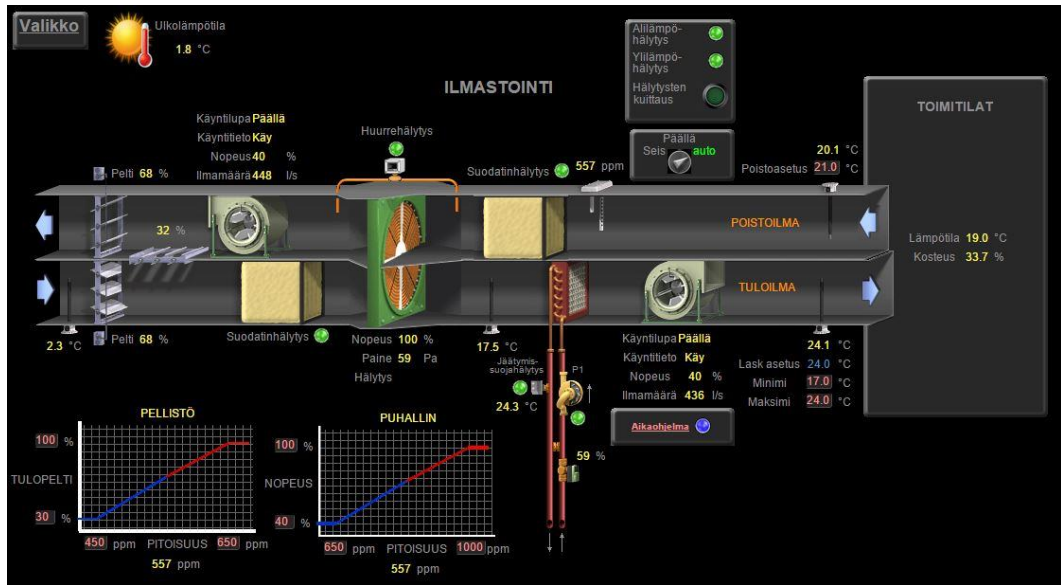
Sähkölajakelun muutokset ovat olleet vähäisiä (kuva 10). Pääkeskuksessa (PK) Kryotherm keskuksen tilanne tuli Modulsin LVI-ryhmäkeskus ja uusi kylmäkoneiden pääkeskus on edelleen ryhmäkeskuksessa (R 15).



KUVA 10. Sähköjakelu saneerauksen jälkeen

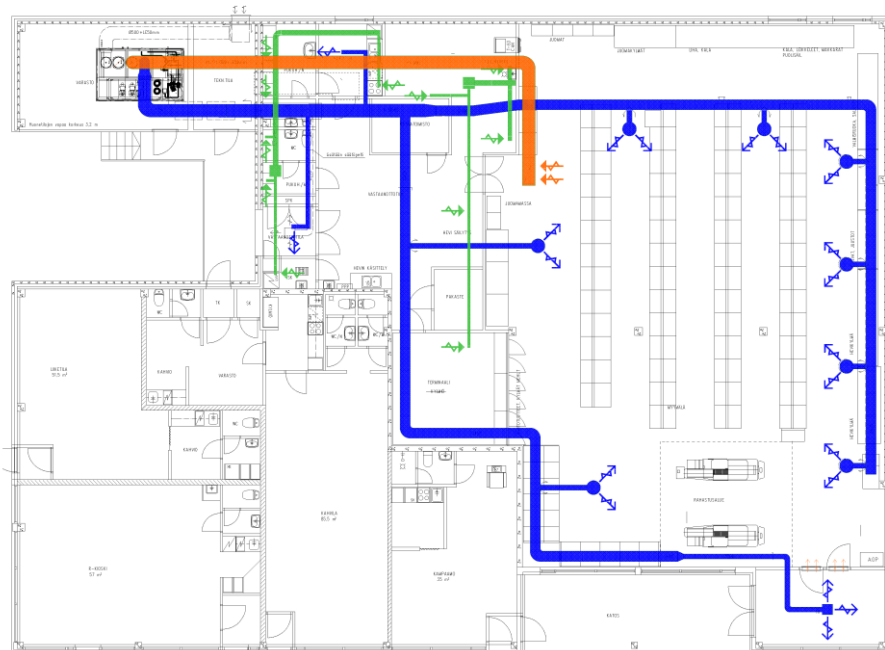
4.3.2 Ilmanvaihto

Uusi ilmanvaihtokone on rtek PR 09 PRO Millenier (800 dm³/s). Uuden ilmanvaihtokoneen ilmamäärä on n. 40 % pienempi kuin vanhan koneen ilmamäärä. Mahdollisuuden ilmamäärän pudottamiseen antoi uusi lämmitysjärjestelmä (katso kappale 5.3), koska myymälää ei lämmitetä enää ilmalla. Kuva 11 näyttää Sale Tahiniemen uuden ilmanvaihtokoneen periaatekuvan. Ilmanvaihtokoneessa on lämmöntalteenotto poistoilmasta. Poistoilmassa olevaa lämpöä otetaan talteen pyörivällä lämmönsiirtimellä, lisäksi koneessa on palautusilmatoiminto. Valmistajan tiedon mukaan ilmanvaihtokoneen lämmöntalteenoton poistoilman vuosihyötysuhde on n. 75 %. Ilmanvaihtokonetta ohjataan ajan, ulkolämpötilan ja hiilidioksidipitoisuuden mukaan.



KUVA 11. Sale Tahiniemen ilmanvaihtokone saneerauksen jälkeen

Ilmanvaihtokoneen lisäksi on muutettu myös tulo- ja poistoilman kanavisto. Kuvassa 12 on esitetty myymälän uudet ilmakanavat. Tuloilman runkokeanavia ei ole muutettu, mutta vanhat kylmäkalusteiden päältä puhaltavat tuloilmasäleikit on purettu. Niiden tilalle on tullut kahdeksan uutta säleikköä. Poistoilmakanava on siirretty varastosta myymälään.

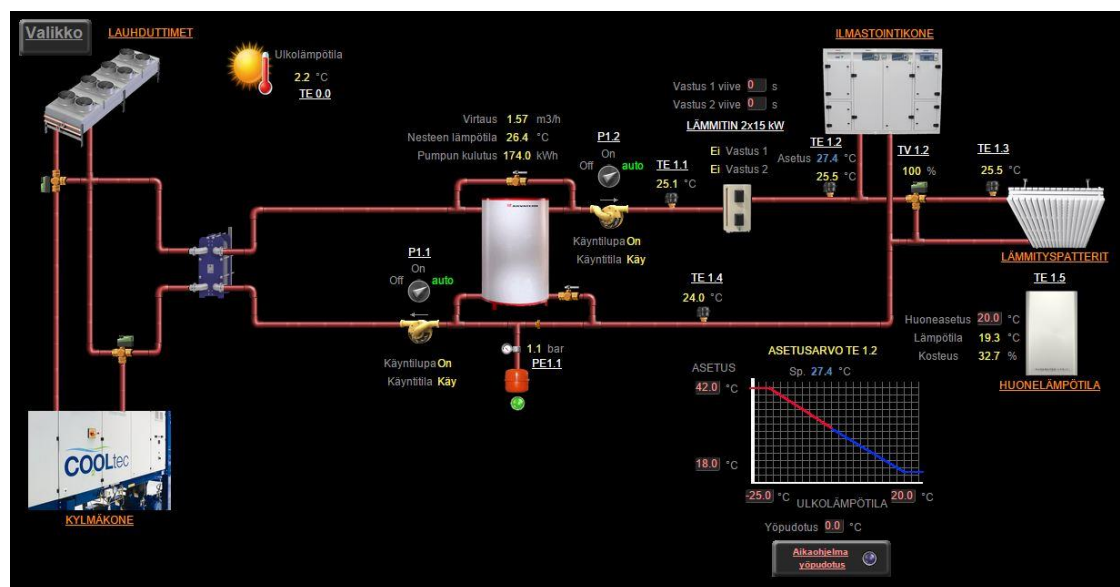


KUVA 12. Sale Tahiniemen ilmanvaihtojärjestelmä saneerauksen jälkeen

Poistoilman puhaltimia PK-1 (90 dm³/s) ja PK-2 (230 dm³/s) ja niiden kanavistoa ei ole muutettu.

4.3.3 Lämmitysjärjestelmä ja lauhdelämmön talteenotto

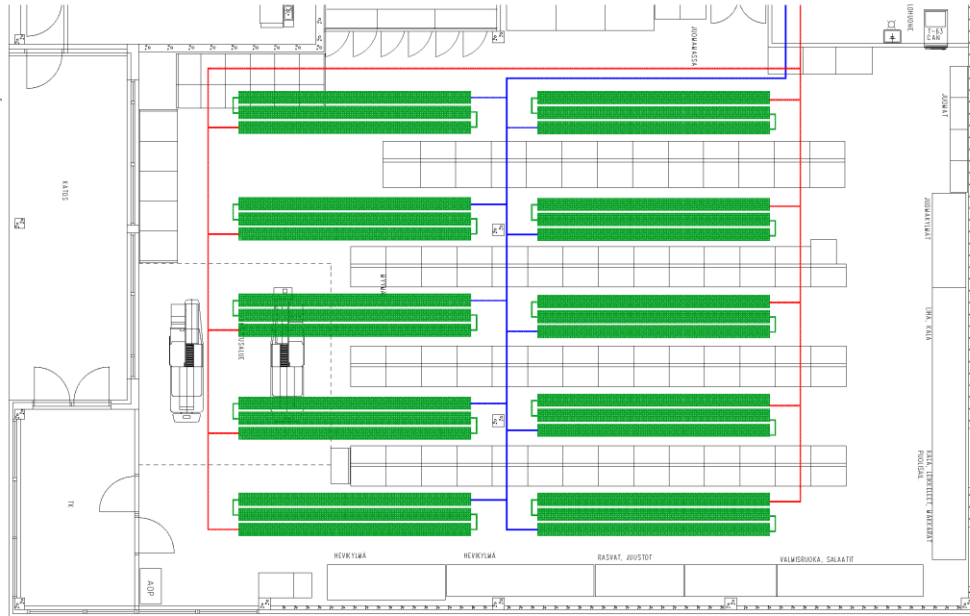
Sale Tahiniemen lämmitysjärjestelmässä käytetään lämmönlähteenä kylmäkoneiden lauhdelämpöä ja suorasähköä. Järjestelmä on suunniteltu niin, että ensisijaisesti käytetään kylmälaitteiden lauhdelämpöä. Kaupan kylmäprosessin kuuma kylmäaine johdetaan lämmönsiirtimen kautta ja siinä siirretään tarvittava määrä lauhdelämpöä lämmityspiiriin. Lämpöpiirissä oleva 300 l vesivaraaja toimii puskurina, koska lämmöntarve ja lämmönsaatavuus eivät kohdistu aina samaan hetkeen. Lämmitysjärjestelmää ohjaa lämpötila TE 1.2, ja sen asetusarvo on riippuvainen ulkolämpötilasta. Sale Tahiniemen lämmitysjärjestelmä ja TE 1.2 asetusarvon käyrä on esitelty kuvassa 13. Vasta sitten, kun saatava lauhdutusenergia ei riitä, eli järjestelmässä ei saavuteta TE 1.2 minimiarvoa, automatiikka kytkee lisälämmityksen portaittain päälle. Lisälämmityksenä toimivat kaksi rinnakkain kytkettyä 15 kW putkikattilaa, malli Effekt PK 151 TY3A.



KUVA 13. Sale Tahiniemen lauhdelämmöntalteenotto saneerauksen jälkeen

Lämmitysjärjestelmään kuuluu ilmanvaihtokoneen vesikiertoinen lämmityspatteri (katso 5.2 Ilmanvaihto). Lisäksi asennettiin saneerauksen yhteydessä myymälään

vesikiertoinen kattolämmitys. Kattolämmityksen malli on Zehnder ZIP ja myymälässä on yhteensä 30 säteilypaneelia (kuva 14).

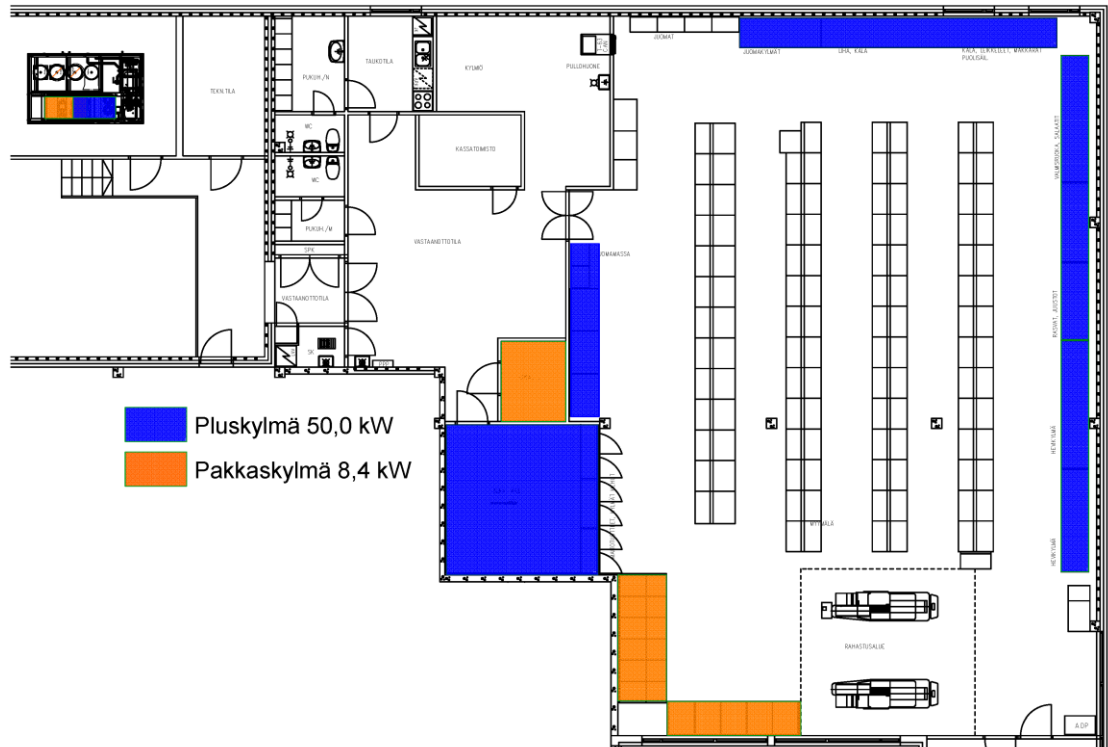


KUVA 14. Myymälän kattolämmitys

Sosiaalituloissa ja toimistossa ovat edelleen sähköpatterit ja näissä tiloissa ei ole tehty muutoksia.

4.3.4 Kylmälaitteet

Sale Tahiniemen uuteen kylmäjärjestelmään kuuluu Carrier CO₂OLTec Booster-koneikko lämmöntalteenottoyksiköllä ja uudet kaupan ovelliset kylmäkalusteet. Kylmäjärjestelmän kylmäaineena toimii R-774 (hiilidioksidi). Koko kaupan kylmäntuotanto keskitettiin uuteen tekniseen tilaan, joka oli aiemmin varasto. Kylmäntuotantoon kuuluvat pluskoneikko 50 kW kylmäteholla ja pakkaskoneikko 8,4 kW kylmäteholla. Kokonaiskylmäteho on 58,4 kW ja lauhdutus hoidetaan yhdellä yhtenäisellä lauhdutuspiirillä, johon kuuluvat ulkoseinällä oleva kaasunjäähdytin ja lauhdelämmöntalteenotto.



KUVA 15. Sale Tahiniemen kylmäjärjestelmä saneerauksen jälkeen

Kuvassa 15 on esitetty kylmäkoneikon sijainti ja järjestelmälle kuuluvat kylmähuoneet ja -kalusteet saneerauksen jälkeen. Kylmäkalusteiden määrä on kasvanut 32,6 metristä 35,15 metriin ja kaikki kylmäkalusteet ovat ovellisia.

4.4 Menetelmät

4.4.1 Energiakulutuksen vertailu

Saneerauksen vaikutus kaupan energiakulutukseen tutkittiin energiakulutuksen vertailun avulla. Vertailuun käytettiin energiakulutusta ennen saneerausta, vuosina 2009 – 2014 ja energiakulutusta saneerauksen jälkeen marraskuusta 2014 maaliskuuhun 2015 välisellä ajanjaksolla. Vertailuun tarvittavat tiedot saatiin toteutuneista sähkölaskuista.

Valaistus -ryhmän energiakulutusta ei ole mitattu, vaan se on laskettu kaavan 1 mukaisesti.

$$P = U \cdot I \cdot \cos \varphi \cdot kpl \cdot t \quad (1)$$

P	energia, MWh
U	jännite, V
I	virta, A
φ	tehokerroin
kpl	loisteputkien määrä
t	käyttötuntia per kuukausi, h

4.4.2 Saneerauksen takaisinmaksuaika

Saneerauksen kautta aikaansaatuisten energiansäästöjen ja saneerauksen aiheuttamien kustannuksien avulla laskettiin saneerauksen investoinnin takaisinmaksuaika. Takaisinmaksuaika laskettiin korollisen takaisinmaksuajan menetelmällä. Laskelmassa käytettiin laskentakorkoa ja vuotuisia diskontatut kassavirrat laskettiin yhteen. Laskelmassa tarvittiin vuotuinen nettotuotto, diskontattu kassavirta ja kumulatiivinen diskontattu kassavirta. Kaavan 2 mukaan laskettiin vuotuinen nettotuotto, kaavan 3 mukaan laskettiin diskontattu kassavirta ja kaavan 4 mukaan laskettiin kumulatiivinen diskontattu kassavirta (Saaranen ym. 2011).

$$T_{vn} = T_{vse} \cdot K_e \quad (2)$$

T_{vn}	vuotuinen nettotuotto, €
T_{vse}	vuosittainen energiansäästö, kWh
K_e	energiankustannukset, €/kWh

$$k_n = T_{vn} / (1 + i)^n \quad (3)$$

T_{vn}	vuotuinen nettotuotto, €
k_n	vuoden n diskontattu kassavirta, €
i	laskentakorkokanta
n	korkojakson vuosi

$$k_{kn} = k_1 + k_2 + \dots + k_n \quad (4)$$

k_{kn} vuoden n kumulatiivinen diskontattu kassavirta, €

k_n vuoden n diskontattu kassavirta, €

Investoinnin takaisinmaksuaika saadaan, kun kumulatiivinen diskontattu kassavirta on sama kuin investoinnin hankintahinta (Saaranen ym. 2011).

$$t = n + (inv. - k_{kn})/k_{n+1} \quad (5)$$

t takaisinmaksuaika, a

$inv.$ investointi, €

n korkojakson vuosi, a

k_{kn} vuoden n kumulatiivinen diskontattu kassavirta, €

k_n vuoden n diskontattu kassavirta, €

Jos takaisinmaksuaika on kahden vuoden välissä, tehtiin kaavan 5 mukainen tarkennus.

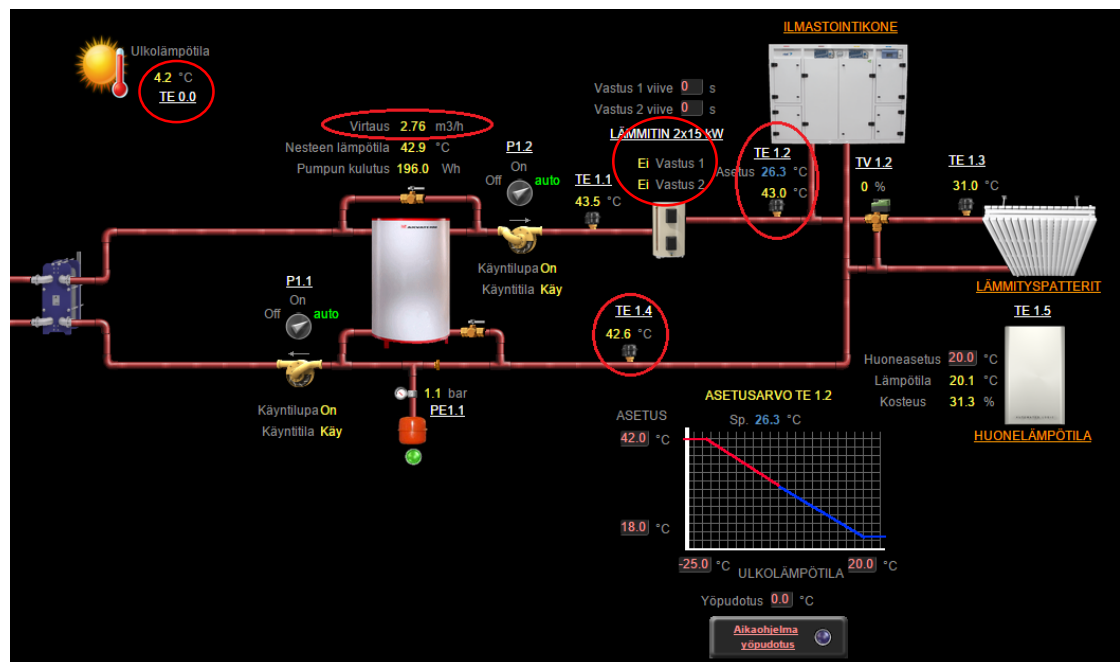
4.4.3 Lauhdelämmöntalteenoton analysointi ja lisälämmityksen tarve

Tutkittiin uuden kylmäjärjestelmän lauhdelämmöntalteenottoa. Tarkoitus oli kehittää laskenta menetelmä, jonka avulla voidaan laskea lauhdelämmöntalteenoton osuus myymälän energiankulutuksesta suhteutettuna ulkolämpötilaan. Sen vuoksi tehtiin helmikuussa 2015 virtaus- ja lämpömittauksia ja näiden tuloksien avulla laskettiin myymälän energiankulutuksen ja lauhdelämmöntalteenoton osuus eri ulkolämpötiloissa. Virtausmittari oli käytössä vasta helmikuusta 2015 alkaen. Lämpötilamittauksia ja lämmönjakelujärjestelmän lisälämmityksen energiakulutusta mitattiin jo tammikuusta 2015 alkaen. Tammikuun ja helmikuun mittauksesta ja laskennasta saatiin neljä laskentakaavaa. Toiset laskentakaavat näyttävät myymälän energiantarpeen suhteutettuna ulkolämpötilaan, sekä kaupan aukioloaikana (Q_{auki}) että aukioloajan ulkopuolella (Q_{kiinni}). Toiset laskentakaavat näyttävät lauhdelämmöntalteenoton osuuden energiantarpeesta suhteutettuna ulkolämpötilaan, sekä kaupan aukioloaikana että aukioloajan ulkopuolella. Kaavojen tarkastamiseen käytettiin vertailukuukautena maaliskuuta 2015. Saatujen kaavojen avulla laskettiin

myymälän vuosittainen lisälämmityksen tarve ja lauhdelämmöntalteenottoon perustuva energiansäästö.

Myymälän lämpöenergiankulutus

Kuva 16 näyttää Sale Tahiniemen myymälän lämpöjärjestelmän kytkentäkaavion. Lämpöenergiankulutuksen laskelmaan tarvitaan ulkolämpötila TE 0.0, pumpun virtaus P 1.2, lämpötila ennen lämmönkäyttäjät TE 1.2 ja lämpötila lämmönkäyttäjän jälkeen TE 1.4. Lämmönjärjestelmän automatiikka mittaa ja tallentaa jatkuvasti kaikkien kuvassa 16 olevissa mittauspisteiden arvot. Tässä laskelmassa ei erotella miten paljon lämpöenergiaa siirtyi lauhdelämmöntalteenotosta tai sähkövastuksien kautta järjestelmään.



KUVA 16. Lauhdelämmöntalteenoton kytkentäkaavio (Moduls)

Laskelmassa käytetään mittausjaksoa 8.2.2015 – 2.3.2015. Lämpötila-anturin TE 0.0 arvot tallennettiin viiden minuutin välein. Muiden lämpötila-antureiden arvot ja pumpun virtaus tallennettiin yhden minuutin välein.

Arvioitiin, että myymälän lämpöenergiakulutuksessa on eroa riippuen kaupan aukioloajasta, koska aukioloajan ulkopuolella ilmanvaihtokone ja myymälän valaisimet ovat pois päältä. Sen takia laskettiin lämpöenergiakulutukset kahdessa erässä ilmanvaihtokoneen aikaohjelmasta riippuen. Myymälän lämpöenergiakulutus aukioloaikana, joka on maanantai – lauantai klo 6 – 21 ja sunnuntai klo 9 – 20. Myymälän lämpöenergiakulutus aukioloajan ulkopuolella, joka on maanantai – lauantai klo 21 – 6 ja sunnuntai klo 20 – 9. Molemmissa laskelmissa käytettiin kaavaa 6.

$$Q_{\text{myymälä}} = q_{P1.2} \cdot c \cdot \rho \cdot (T_{TE\ 1.2} - T_{TE\ 1.4}) \quad (6)$$

$Q_{\text{myymälä}}$	Myymälän lämpöenergiakulutus per tunti, kWh
$q_{P1.2}$	Pumppu P 1.2 virta, m ³ /s
c	veden ominaislämpökapasiteetti, 4,18 kJ/(kg K)
ρ	veden tiheys, 1000 kg/m ³
$T_{TE1.2}$	lämpötila ennen lämmönkäyttäjiä, K
$T_{TE\ 1.4}$	lämpötila lämmönkäyttäjän jälkeen, K

Myymälän lämpöenergiantarve

Myymälän lämpöenergiakulutuksen laskelmasta saatiin kaavat Q_{kiinni} ja Q_{auki} . Niiden avulla laskettiin myymälän vuosittainen lämpöenergiantarve suhteutettuna ulkolämpötilaan. Laskelmassa tarvittiin eri lämpötilojen ajanjaksoja vuodessa, sen vuoksi käytettiin ulkoilman lämpötilan pysyvyysarvoa säävyöhykkeelle III (Ilmatieteen laitos 2011). Koska kauppa on auki 16 tuntia vuorokaudessa ja kiinni 8 tuntia vuorokaudessa, jaettiin lämpötilojen ajanjaksot 1/3 osa aukioloajan ulkopuolella ja 2/3 osa aukioloaikana. Kaavat 7 ja 8 näyttää laskelman aukioloajan ulkopuolella ja kaavat 9 ja 10 aukioloaikana. Kaava 11 kertoo vuosittaisen lämpöenergiantarpeen yhteensä.

$$Q_{\text{tunti/kiinni}} = -0,2909 \cdot T_{\text{ulko}} + 5,8481 \quad (7)$$

$Q_{\text{tunti/kiinni}}$	tunnin lämpöenergiantarve aukioloajan ulkopuolella, kWh
T_{ulko}	ulkolämpötila, C°

$$Q_{vuosi/kiinni} = \frac{1}{3} \cdot t \cdot Q_{tunti/kiinni} \quad (8)$$

$Q_{vuosi/kiinni}$ vuosittainen lämpöenergiantarve aukioloajan ulkopuolella, kWh
 t lämpötilan ajanjakso vuodessa, h

$$Q_{tunti/auki} = -0,5199 \cdot T_{ulko} + 6,233 \quad (9)$$

$Q_{tunti/auki}$ tunnin lämpöenergiantarve aukioloaikana, kWh
 T_{ulko} ulkolämpötila, C°

$$Q_{vuosi/auki} = \frac{2}{3} \cdot t \cdot Q_{tunti/auki} \quad (10)$$

$Q_{vuosi/auki}$ vuosittainen lämpöenergiantarve aukioloaikana, kWh
 t lämpötilan ajanjakso vuodessa, h

$$Q_{vuosi/yht.} = Q_{vuosi/auki} + Q_{vuosi/kiinni} \quad (11)$$

$Q_{vuosi/yht.}$ vuosittainen lämpöenergiantarve yhteensä, kWh

Lauhdelämmöntalteenoton ja lisälämmöntarpeen laskenta

Laskelmassa käytettiin mittausjaksoa 3.1.2015 – 2.3.2015. Tarvittavat tiedot ovat olleet myymälän lämpöenergiantarve suhtautettuna ulkolämpötilaan ja lämpöenergianmäärä, joka on siirtynyt sähkövastuksien kautta järjestelmään. Lämpötila-anturin TE 0.0 arvot saatiin lämpöjärjestelmän automaatiosta ja ne on tallennettu viiden minuutin väliin. Myymälän lämpöenergiantarpeen laskemiseen käytettiin kaavaa 7 ja 9 ja ulkolämpötila TE 0.0. Sähkövastuksista saatiin tilatiedot, joissa 1 tarkoittaa, että sähkövastus on päällä ja 0 tarkoittaa, että sähkövastus on pois päältä. Jokaiselle vastuksella saatiin erikseen tilatiedot ja ne tallennettiin yhden minuutin välein. Kun sähkövastus on päällä, se käyttää heti vastuksen kokonaistehoa, 15 kW. Mittausjakson aikana huomattiin, että

yhdestä putkikattilasta puuttui yksi vaihe. Tilanne korjattiin 7.1.2015, siihen asti sähkövastuksen teho oli vain puolet, eli 7,5 kW. Laskelmassa käytettiin kaavat 12, 13 ja 14.

$$Q_{\text{lisälämpö}} = t_{\text{kattila } 1} \cdot P_{\text{kattila } 1} + t_{\text{kattila } 2} \cdot P_{\text{kattila } 2} \quad (12)$$

$Q_{\text{lisälämpö}}$ lisälämmönenergiankulutus, kWh

t_{kattila} putkikattilan päälläoloaika, h

P_{kattila} putkikattilan teho, kW

$$Q_{\text{lto/auki}} = Q_{\text{tunti/auki}} - Q_{\text{lisälämpö}} \quad (13)$$

$Q_{\text{lto/auki}}$ lauhdelämmöntalteenoton lämpöenergia, kWh

$Q_{\text{tunti/auki}}$ tunnin lämpöenergiatarve aukioloaikana, kWh

$Q_{\text{lisälämpö}}$ lisälämmönenergiankulutus, kWh

$$Q_{\text{lto/kiinni}} = Q_{\text{tunti/kiinni}} - Q_{\text{lisälämpö}} \quad (14)$$

$Q_{\text{lto/kiinni}}$ lauhdelämmöntalteenoton lämpöenergia, kWh

$Q_{\text{tunti/kiinni}}$ tunnin lämpöenergiatarve aukioloajan ulkopuolella, kWh

$Q_{\text{lisälämpö}}$ lisälämmönenergiankulutus, kWh

Lisäksi laskettiin lämmöntalteenoton prosentuaalinen osuus myymälän lämpöenergiankulutuksesta sekä aukioloaikana että aukioloajan ulkopuolella ja saatiin kaavat $LTO \%_{\text{auki}}$ ja $LTO \%_{\text{kiinni}}$. Kaavojen avulla voitiin arvioida lauhdelämmöntalteenoton osuus myymälän lämpöenergiatarpeesta sekä aukioloaikana että aukioloajan ulkopuolella niille lämpötila alueille, joilta ei ollut mitattuja tuloksia.

Seuraavaksi laskettiin vuosittainen lauhdelämmöntalteenotosta saatava lämpöenergian määrä ja vuosittainen lisälämmöntarve. Laskelmassa käytettiin arvot vuosittaisille lämmöntarpeille ($Q_{\text{vuosi/auki}}$, $Q_{\text{vuosi/kiinni}}$ ja $Q_{\text{vuosi/yht.}}$). Arvioitu vuosittainen

lauhdelämmöntalteenotosta saatava lämpöenergian määrä aukioloaikana, aukioloajan ulkopuolella ja kokonaismäärä laskettiin kaavojen 15, 16 ja 17 mukaan.

$$Q_{lto\ vuos/auki} = Q_{vuosi/auki} \cdot LTO \%_{auki} \div 100 \quad (15)$$

$Q_{lto\ vuos/auki}$ vuosittainen lauhdelämmöntalteenoton lämpöenergia aukioloaikana, kWh/a

$Q_{vuosi/auki}$ vuosittainen lämpöenergian tarve aukioloaikana, kWh/a

$LTO \%_{auki}$ lauhdelämmöntalteenoton osuus, %

$$Q_{lto\ vuos/kiinni} = Q_{vuosi/kiinni} \cdot LTO \%_{kiinni} \div 100 \quad (16)$$

$Q_{lto\ vuos/kiinni}$ vuosittainen lauhdelämmöntalteenoton lämpöenergia aukioloajan ulkopuolella, kWh/a

$Q_{vuosi/kiinni}$ vuosittainen lämpöenergian tarve aukioloajan ulkopuolella, kWh/a

$LTO \%_{kiinni}$ lauhdelämmöntalteenoton osuus, %

$$Q_{lto\ vuos/yht.} = Q_{lto\ vuos/kiinni} + Q_{lto\ vuos/auki} \quad (17)$$

$Q_{lto\ vuos/yht.}$ kokonainen vuosittainen lauhdelämmöntalteenoton lämpöenergia, kWh/a

Vuosittainen lisälämmöntarve laskettiin aukioloaikana, aukioloajan ulkopuolella ja kokonaismäärä laskettiin kaavan 18 mukaan.

$$Q_{lisälämpö\ vuos/xxx} = Q_{vuosi/xxx} - Q_{lto\ vuos/xxx} \quad (18)$$

$Q_{lisälämpö\ vuos/xxx}$ vuosittainen lisälämpöenergian tarve aukioloaikana, aukioloajan ulkopuolella ja kokonaismäärä, kWh/a

$Q_{vuosi/xxx}$ vuosittainen lämpöenergian tarve aukioloaikana, aukioloajan ulkopuolella ja kokonaismäärä, kWh/a

$Q_{lto\ vuos/xxx}$ vuosittainen lauhdelämmöntalteenoton lämpöenergia aukioloaikana, aukioloajan ulkopuolella ja kokonaismäärä, kWh/a

5 ENERGIAKULUTUKSEN VERTAILU

Seuraavassa kappaleessa esitetään, miten Sale Tahiniemen saneeraus on vaikuttanut kaupan energiakulutukseen. Lisäksi esitetään lauhdelämmöntalteenoton analysointi ja myymälän lisälämmityksen energiankulutus.

5.1 Sale Tahiniemen energiajakauma

Sale Tahiniemen energiajakauman selvittämiseen valittiin vertailukuukaudeksi joulukuu 2013 ja joulukuu 2014. Energiajakauman neljä alaryhmää ovat kylmälaitteet, lämmitys ja ilmanvaihto, valaistus ja muut. Kylmälaitteet -ryhmä sisältää kylmäkoneikot, kylmäkalusteet (puhaltimet, sulatus ja valaisimet), lauhduttimen puhaltimet ja automaation. Kylmälaitteet -ryhmä on osa ryhmäkeskuksesta R 15. Valaistus -ryhmä sisältää myymälän valaisimet ja vastaanottotilan valaisimet ja on myös osa ryhmäkeskusta R 15. Muut -ryhmä sisältää kaikki muut ryhmäkeskuksen R 15:n käyttäjät. Lämmitys ja ilmanvaihto -ryhmä sisältää kaikki sähköpääkeskuksen PK:n käyttäjät.

Energiajakauma Joulukuu 2014

Kylmäkalusteet -ryhmän joulukuun 2014 energiakulutus saatiin kylmäalakeskuksen energiamittarista, se oli 6,6 MWh. Valaistus -ryhmän energiakulutusta ei ole mitattu, vaan se on laskettu kaavan 1 mukaisesti ja se oli 3,8 MWh.

Myymälän valaisimen energiakulutus kaavan 1 mukaisesti:

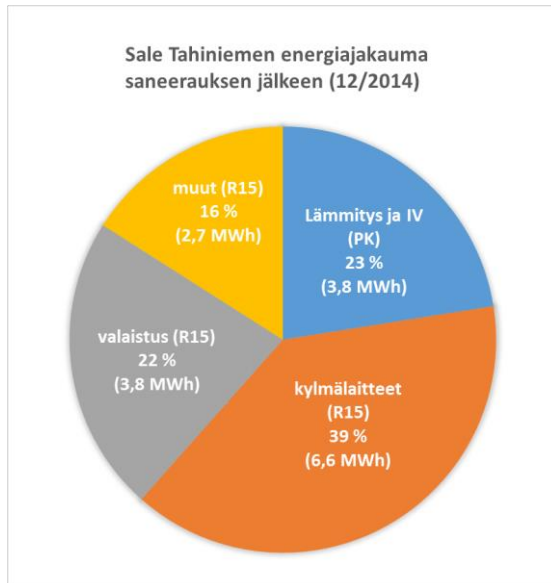
$$P = 230 \text{ V} \cdot 0,65 \text{ A} \cdot 0,53 \cdot 86 \cdot 484 \text{ h} = 3,298 \text{ MWh}$$

Vastaanottotilan valaisimen energiakulutus kaavan 1 mukaisesti:

$$P = 230 \text{ V} \cdot 0,43 \text{ A} \cdot 0,5 \cdot 21 \cdot 484 \text{ h} = 0,502 \text{ MWh}$$

Kaikkien ryhmäkeskuksen R15:n käyttäjien joulukuun 2014 energiakulutus oli yhteensä 13,1 MWh. Kun kylmälaitteet -ryhmän energiakulutus on ollut 6,6 MWh ja

valaistus -ryhmän energiakulutus on ollut 3,8 MWh, sitten jää muut -ryhmän energiakulutukselle 2,7 MWh.

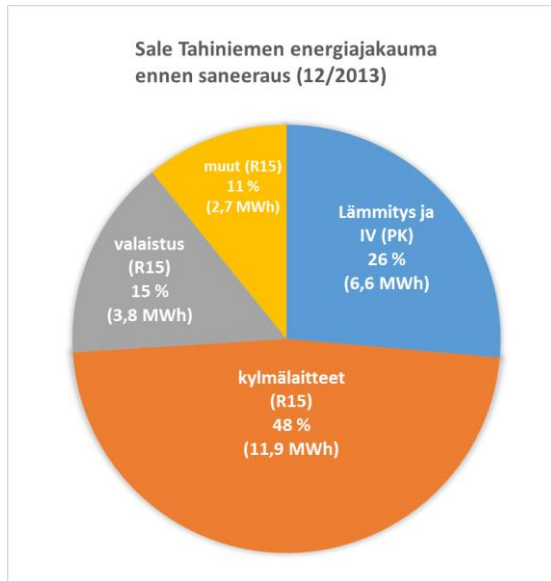


KUVA 17. Sale Tahiniemen energiajakauma 12/ 2014

Lämmitys ja ilmanvaihto -ryhmän joulukuun 2014:n energiankulutus saatiin suoraan etäseurantatyökalulla ja se oli 3,8 MWh. Kuvassa 17 on esitetty joulukuun 2014 prosentuaalinen energiajakauma.

Energiajakauma Joulukuu 2013

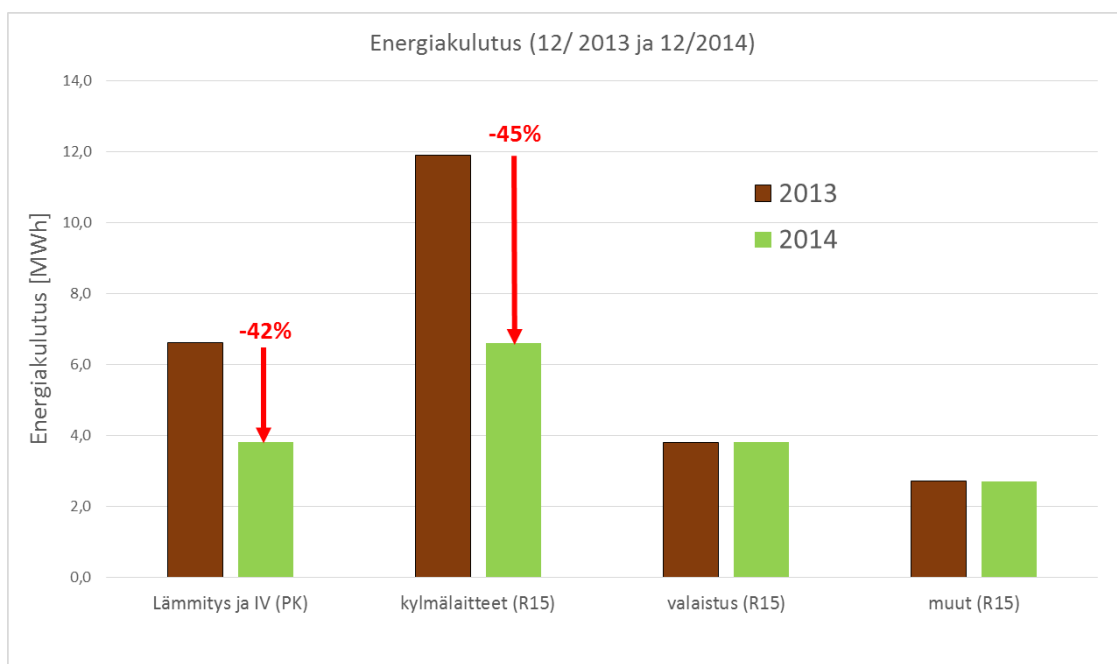
Kaikkien ryhmäkeskuksen R15:n käyttäjien joulukuun 2013 energiakulutus oli yhteensä 18,4 MWh. On huomioitava, että uudessa kylmälakesuksessa on erillinen energiamittari, jota ei ollut vanhassa kylmälakesuksessa. Vanhan järjestelmän kylmälakesuksen energiankulutus on laskettu olettamalla että valaistus- ja muut -ryhmien energiankulutukset ovat samat. Saneerauksessa ei siis muutettu valaistus -ryhmän käyttäjiä eikä muut -ryhmän käyttäjiä, siksi arvioitiin, että niiden energiakulutukset ovat olleet silloinkin 3,8 MWh ja 2,7 MWh. Silloin jää jäljelle kylmälaitteet -ryhmälle 11,9 MWh. Kuvassa 18 on esitetty joulukuun 2013 prosentuaalinen energiajakauma.



KUVA 18. Sale Tahiniemen energiajakauma 12/ 2013

Energiakulutuksen muutos joulukuusta 2013 suhteessa joulukuuhun 2014

Sekä energiajakauma että energiakulutus on muuttunut saneerauksen vuoksi. Kylmälaitteiden energiakulutus on vähentynyt 45 % ja lämmitys ja ilmanvaihto -ryhmän energiakulutus on vähentynyt 42 %. Energiakulutuksen muutos joulukuun 2013 suhteessa joulukuun 2014 on esitetty kuvassa 19.



KUVA 19. Sale Tahiniemen energiakulutuksen muutos, vertailuajankohdat joulukuun 2013 ja joulukuun 2014

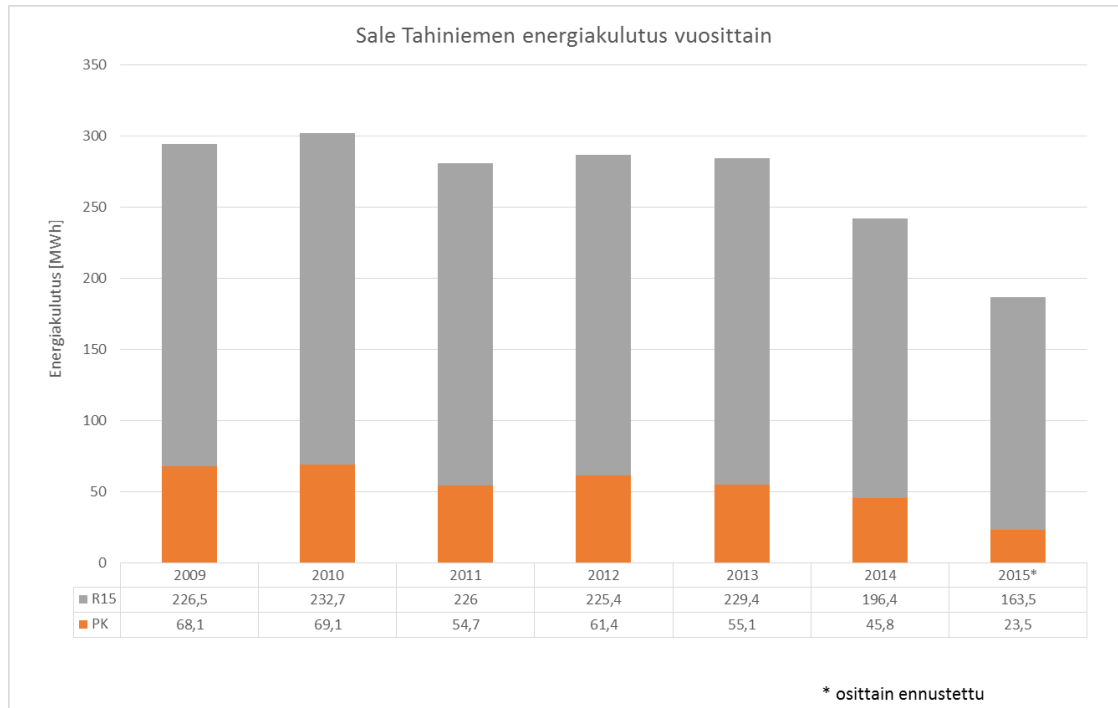
Kylmälaitteet ovat edelleen Sale Tahiniemen suurimmat energiakäyttäjät. On myös huomioitava valaistuksen energiantarve suhteessa lämmityksen ja ilmavaihdon energiantarpeeseen. Kun lämmityksen energiantarve laskee kesäaikana, valaistuksen energiantarve on toiseksi suurin kaupan energiajakautuksessa.

5.2 Sale Tahiniemen energiakulutus vuosina 2009 – 2015

Sale Tahiniemen sähkönkulutukset ovat jaettu kahteen keskukseseen, pääkeskus (PK) ja ryhmäkeskus (R15), keskuksien käyttäjät ja saneerauksesta aiheutuneet muutokset on esitetty kappaleissa 4.2.1 ja 4.3.1. Pääkeskuksen (PK) energiakulutuksen maksaa kiinteistön omistaja M.U.M.-invest Oy ja ryhmäkeskuksen (R 15) energiakulutuksen maksaa vuokralainen Suur-Savon Osuuskauppa. Pääkeskuksen (PK) energiakulutusten tiedot 2009 – 2012 perustuvat M.U.M.-invest Oy:ltä saatuun Savon Voima Oy:n sähkönkäyttöraporttiin. Tiedot on ollut saatavana vain vuositasolla. Joulukuussa 2012 poistettiin vanha mittari ja tilalle laitettiin uusi etäluettava mittari. Se antaa mahdollisuuden hakea tiedot itsenäisesti Savon Voima Oy:n priwatti nettipalvelun avulla ja tiedot ovat saatavana vuosi-, kuukausi-, päivä- ja tuntitasolla. Ryhmäkeskuksen R 15 tiedot saatiin Suur-Savon osuuskaupalta, 2009 – 2011 vuositasolla, 2012 – 2014 kuukausitasolla ja 2015 tuntitasolla.

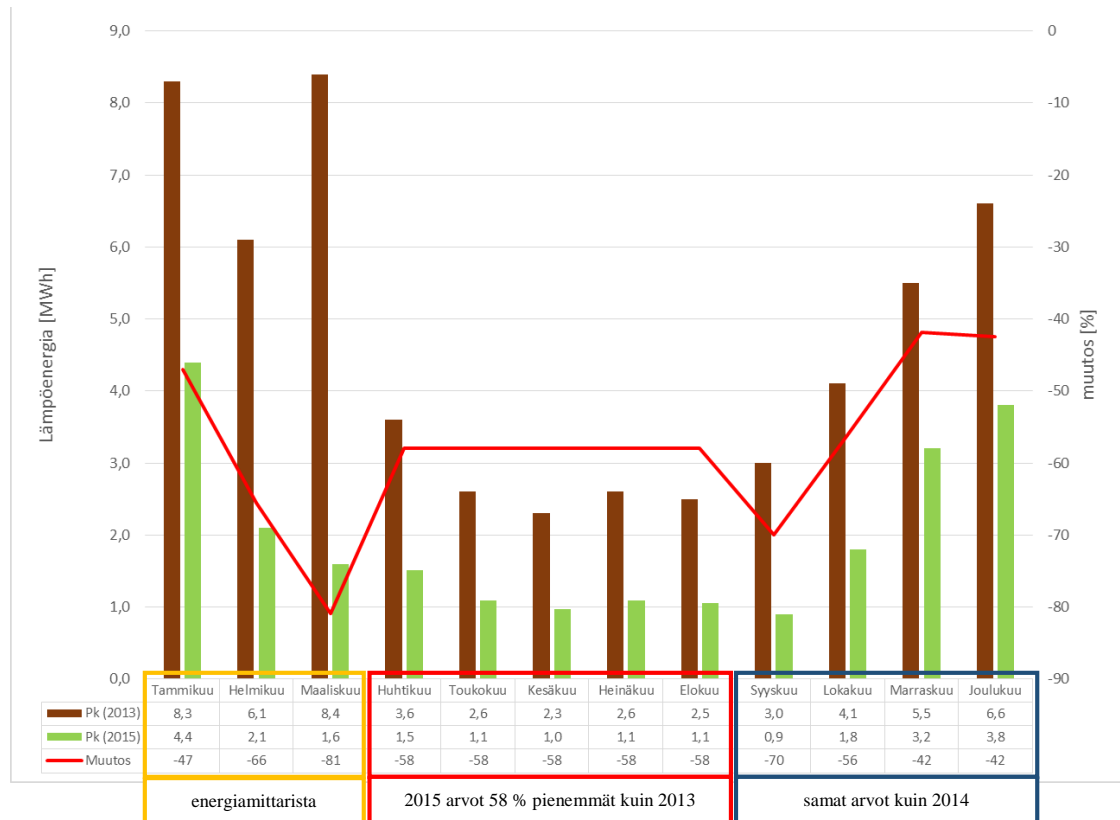
Sale Tahiniemen vuosittainen energiakulutus oli vuosina 2009 - 2013 vakiintunut samalle tasolle (kuva 20). Energiakulutuksen keskiarvo on ollut 290 MWh ja vuosien energiakulutusten poikkeaminen keskiarvosta oli -3 prosentista +4 prosenttiin. Pääkeskuksen PK:n energiakulutusten vaihtelut ovat olleet isompia kuin ryhmäkeskuksen R 15:n vaihtelut. Tämä voidaan perustella ulkolämpötilan muutoksella, koska pääkeskuksen PK:n käyttäjät kuuluvat muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta kaupan lämmitysjärjestelmään.

Sale Tahiniemen saneeraus toteutettiin kesäkuusta elokuuhun 2014 välisellä ajanjaksolla. Silloin olivat sekä osa pääkeskuksen (PK) energiankäyttäjistä, että osa ryhmäkeskuksen (R15) energiankäyttäjistä toimintakyvyttömiä. Kesäkuun, heinäkuun ja elokuun arvot eivät näytä Sale Tahiniemen normaalia kulutusta. Vasta syyskuusta eteenpäin kaikki uudet laitteet ovat toimineet täysin. Sen vuoksi koko vuoden 2014 energiakulutus ei ole vertailukelpoinen.



KUVA 20. Sale Tahiniemen vuosittainen energiakulutus 2009 – 2015

Ennusteen mukaan Sale Tahiniemen vuoden 2015 energiakulutus on yhteensä 187 MWh. Se on 103 MWh, eli 35 %, vähemmän kuin vuosien 2009 – 2013 keskiarvo. Pääkeskuksen vuosien 2009 – 2013 keskiarvo on ollut 62 MWh, vuodelle 2015 on ennustettu 23,5 MWh, se on 38,5 MWh, eli 62 % vähemmän. Ryhmäkeskuksen R 15 vuodelle 2015 ennustettu energiankulutus on 163,5 MWh. Se on 64,5 MWh, eli 29 %, vähemmän kun vuosien 2009 – 2013 keskiarvo 228 MWh.



KUVA 21. Pääkeskuksen energiankulutus kuukausittain

Vuodelle 2015 on ollut tiedot saatavissa vain tammikuun – maaliskuun energiakulutuksesta. Siksi arvioitiin vuoden 2015 huhtikuun – joulukuun energiakulutukset. Kuvassa 21 on esitetty pääkeskuksen PK vuoden 2013 ja vuoden 2015 energiakulutukset kuukausittain. Arvioitiin, että syyskuun – joulukuun energiakulutukset ovat samat kuin vuoden 2014 lukemat. Sen jälkeen laskettiin tammikuun – maaliskuun ja syyskuun – joulukuun muutos verrattuna vuoden 2013. Muutoksen keskiarvo on ollut – 58 %. Huhtikuun – elokuun arvot arvioitiin oleva 58 % pienemmät kun vuoden 2013 arvot.



KUVA 22. Ryhmäkeskuksen energiakulutus kuukausittain

Myös ryhmäkeskuksen R 15 energiakulutuksen lukemat vuodelle 2015 ovat olleet saatavissa vain tammikuun – maaliskuun ajalta. Siksi arvioitiin vuoden 2015 huhtikuun – joulukuun energiakulutukset. Kuvassa 21 on esitetty ryhmäkeskuksen R 15 2013 ja vuoden 2015 energiakulutukset kuukausittain. Arvioitiin, että syyskuun – joulukuun energiakulutukset ovat samat kuin vuoden 2014 lukemat. Sen jälkeen laskettiin tammikuun – maaliskuun ja syyskuun – joulukuun muutos verrattuna vuoteen 2013. Muutoksen keskiarvo on ollut – 29 %. Huhtikuun – elokuun arvojen laskettiin olevan 29 % pienemmät kuin vuoden 2013 arvojen.

6 SANEERAUKSEN TAKAISINMAKSUAIKA

Arvioitu vuosittainen energiansäästö on 38500 kWh/a, kun sähköhinta on 0,12 €/ kWh. Sähköhinta perustuu elokuu 2014 – helmikuu 2015 välisen ajan sähkölaskuun ja sisältää kaikki siirtomaksut ja verot. Niiden arvojen mukaan vuotuinen nettotuotto on 4620 €/a. Laskelma tehtiin kaavojen 2, 3 ja 4 mukaisesti kahdelle eri korkokannalle, 2 % korolle ja 4 % korolle. Korkotiedot perustuvat tämän hetken Suomen korkomarkkina.

Korkotaso on alhainen ja sitä ylläpitää myös Euroopan keskuspankin alhaiset ohjauskorot. Myös pitkät korot ovat ennätysellisen alhaisella tasolla ja lainan saaminen edullista. 2 % korko on tämän hetken yrityslainan korko ja 4 % korko on pitkän kiinteän yrityslainan korko-oletus (Suomenpankki 2015).

Saneerauksen investointikustannus on ollut 68360 €, hinta sisältää komponentit ja työt, mutta kylmäjärjestelmälle kuuluvia kustannuksia ei otettu huomioon. Sitten, kun kumulatiivinen diskontattu kassavirta on vastaava kun investoinnin hankintameno, saadaan investoinnin takaisinmaksuaika. Taulukossa 1 on esitetty laskelman tulos.

TAULUKKO 1. Saneerauksen takaisinmaksuaika

vuodet	kassavirta	korko % 2		korko % 4	
		diskontattu kassavirta	kumulatiivinen diskontattu kassavirta	diskontattu kassavirta	kumulatiivinen diskontattu kassavirta
	-68360				
1	4620	4529	4529	5775	5775
2	4620	4441	8970	4271	10046
3	4620	4354	13324	4107	14154
4	4620	4268	17592	3949	18103
5	4620	4184	21776	3797	21900
6	4620	4102	25879	3651	25551
7	4620	4022	29901	3511	29062
8	4620	3943	33844	3376	32438
9	4620	3866	37710	3246	35684
10	4620	3790	41500	3121	38805
11	4620	3716	45215	3001	41806
12	4620	3643	48858	2886	44692
13	4620	3571	52429	2775	47466
14	4620	3501	55931	2668	50134
15	4620	3433	59364	2565	52700
16	4620	3365	62729	2467	55166
17	4620	3299	66028	2372	57538
18	4620	3235	69263	2281	59819
19	4620	3171	72434	2193	62011
20	4620	3109	75544	2109	64120
21	4620	3048	78592	2027	66147
22	4620	2988	81580	1949	68097
23	4620	2930	84510	1874	69971

Saneerauksen investointi on ollut 68360 €, hinta sisältää komponentit ja työt, mutta kylmäjärjestelmälle kuuluvia kustannuksia ei otettu huomioon. Sitten, kun kumulatiivinen diskontattu kassavirta on vastaava kun investoinnin hankintameno,

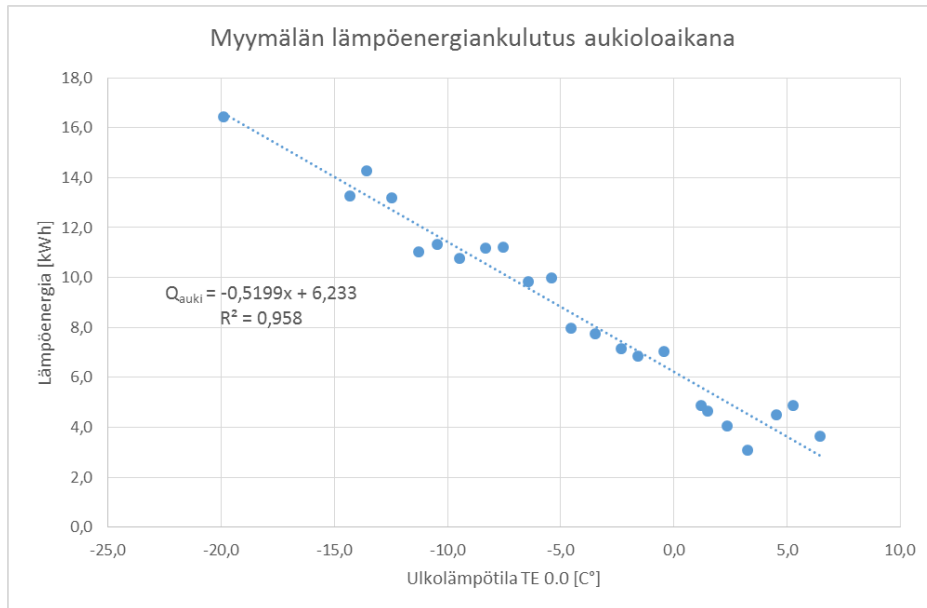
saadaan investoinnin takaisinmaksuaika. Taulukossa 1 on esitetty laskelman tulos. Koska takaisinmaksuaika on vuoden 17 – 18 (2 % korko) ja 22 – 23 (4 % korko) välissä, tehtiin kaavan 5 mukainen tarkennus. Takaisinmaksuaika on 2 % korkokannalla 17,7 vuotta ja 4 % korkokannalla 22,1 vuotta.

On todennäköistä, että sähkön hinta muuttuu lasketun takaisinmaksuajan kuluessa. Sähkön hinnan kehitystä suuntaan tai toiseen ei ole huomioitu takaisinmaksuajan laskelmassa, jossa vuotuiset energiansäästöt ovat pidetty kiinteinä ja perustuvat tämän hetken sähkön hintaan.

7 TUTKIMUKSEN TULOKSET

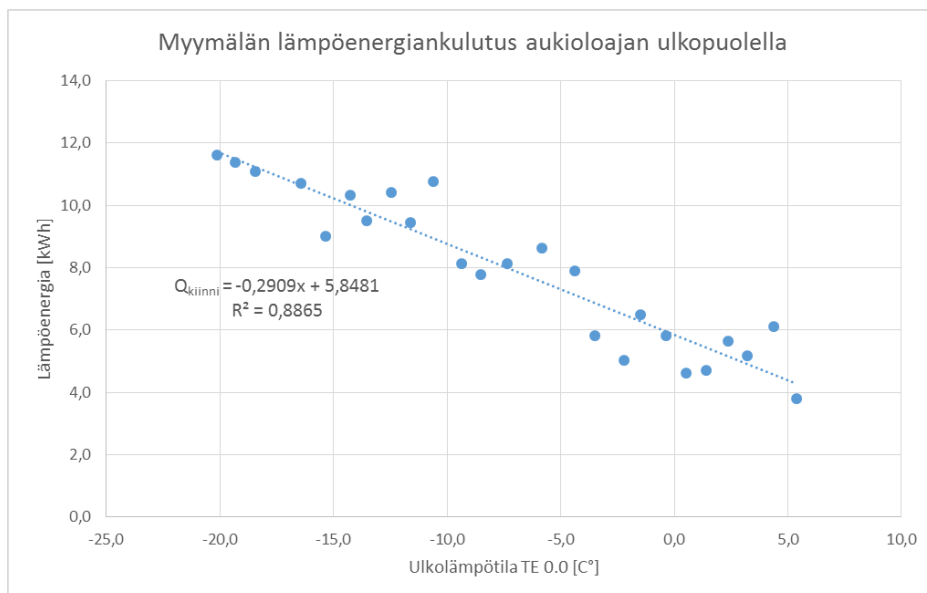
7.1 Myymälän lämpöenergiankulutus

Myymälän lämpöenergiankulutus laskettiin kaavan 6 mukaisesti tunneittain ja suhteutettuna ulkolämpötilaan. Mittauksesta saatiin, muutamia ulkolämpötiloja lukuun ottamatta, enemmän kun yksi arvo per ulkolämpötila. Niissä tapauksessa käytettiin arvojen aritmeettistä keskiarvoa. Kuva 23 näyttää laskelman tulokset aukioa aikana. Lisäksi on esitetty kaavion trendiviiva ja sen kaava $Q_{\text{auki}} = -0,5199x + 6,233$. Kaavan avulla voidaan arvioida myymälän lämpöenergiatarve aukioa aikana niille lämpötila-alueille, joita ei ole mitattu.



KUVA 23. Myymälän lämpöenergiankulutus aukioloaikana

Kuva 24 näyttää laskelman tuloksia aukioloajan ulkopuolella. Lisäksi on esitetty myös kaavion trendiviiva ja sen kaava $Q_{\text{kiinni}} = -0,2909x + 5,8481$. Kaavan avulla voidaan arvioida myymälän lämpöenergian tarve aukioajan ulkopuolella niille lämpötila-alueille, joita ei ole mitattu.



KUVA 24. Myymälän lämpöenergiankulutus aukioloajan ulkopuolella

7.2 Myymälän lämpöenergiatarve

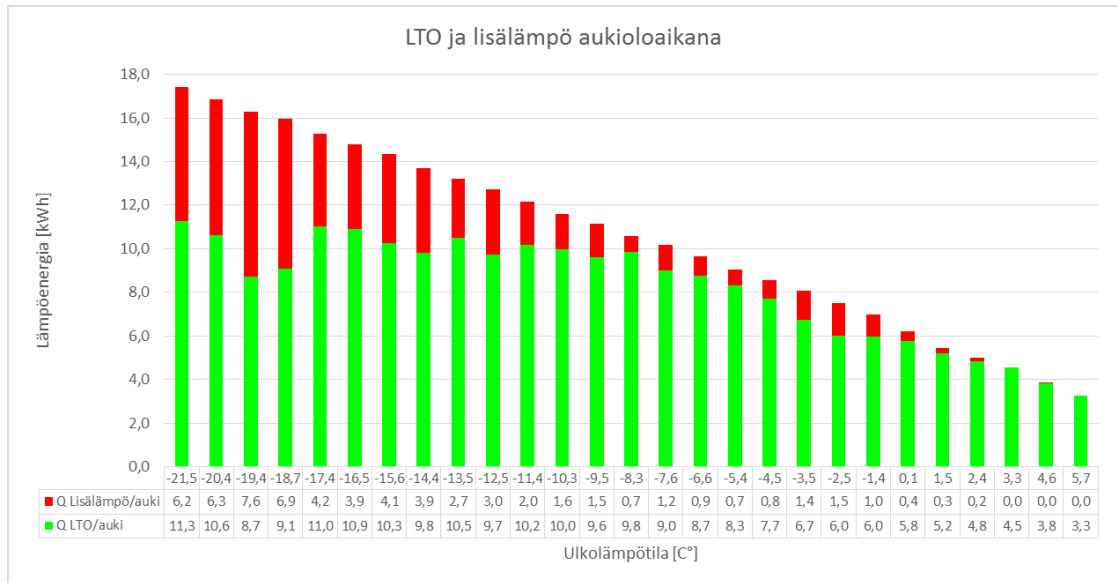
Kaavojen 7, 8, 9 ja 10 mukaisesti laskettiin myymälän lämpöenergiatarve tunneittain ja vuosittain sekä aukioloaikana että aukioloajan ulkopuolella. Taulukko 2 näyttää osan näiden laskelmien tuloksesta. Koko taulukko kaikilla tuloksilla on esitetty liitteessä 1. Myymälän vuosittainen lämpöenergiatarve aukioajan ulkopuolella oletetaan olevan laskelmien perusteella 14530 kWh ja aukioloaikana 29865 kWh. Yhteensä myymälän vuosittainen lämpöenergiatarve oletetaan siis kokonaisuudessaan olevan 44395 kWh. Tulokset vahvistavat oletettua eroa lämpöenergiatarpeessa kaupan aukioloaikana ja aukioloajan ulkopuolella.

TAULUKKO 2. Arvioitu vuosittainen lämpöenergiatarve

Ulkoilman lämpötilojen esiintymistiheys pysyvyyssarvoina vyöhykkeellä III		aukioloajan ulkopuolella			aukioloaikana			yhteensä	
Ulkolämpötila T_{ulko} [C°]	Ajanjakson pituus t [h]	1/3 ajanjaksosta [h]	Lämpö- energiatarve $Q_{tunti/kiinni}$ [kWh]	Lämpö- energiatarve $Q_{vuosi/kiinni}$ [kWh/a]	2/3 ajanjakson pituudesta [h]	Lämpö- energiatarve $Q_{tunti/auki}$ [kWh]	Lämpö- energiatarve $Q_{vuosi/auki}$ [kWh/a]	Lämpö- energiatarve $Q_{vuosi/yht.}$ [kWh/a]	
-28	6,1	2,0	14,0	28,6	4,1	20,8	85,0	113,6	
-27	8,8	2,9	13,7	40,0	5,8	20,3	118,4	158,4	
-26	6,1	2,0	13,4	27,4	4,1	19,8	80,7	108,2	
-25	14,0	4,7	13,1	61,3	9,3	19,2	179,7	241,0	
-24	14,0	4,7	12,8	59,9	9,3	18,7	174,8	234,8	
---	---	---	---	---	---	---	---	---	
---	---	---	---	---	---	---	---	---	
---	---	---	---	---	---	---	---	---	
11	269,8	89,9	2,6	238,2	179,9	0,5	92,5	330,6	
12	256,7	85,6	2,4	201,7	171,1	0,0	0,0	201,7	
13	268,1	89,4	2,1	184,6	178,7	0,0	0,0	184,6	
14	222,5	74,2	1,8	131,7	148,3	0,0	0,0	131,7	
15	217,2	72,4	1,5	107,5	144,8	0,0	0,0	107,5	
16	202,4	67,5	1,2	80,5	134,9	0,0	0,0	80,5	
17	155,9	52,0	0,9	46,9	104,0	0,0	0,0	46,9	
18	126,1	42,0	0,6	25,7	84,1	0,0	0,0	25,7	
19	114,8	38,3	0,3	12,3	76,5	0,0	0,0	12,3	
20	133,2	44,4	0,0	0,0	88,8	0,0	0,0	0,0	
				14530				29865	44395

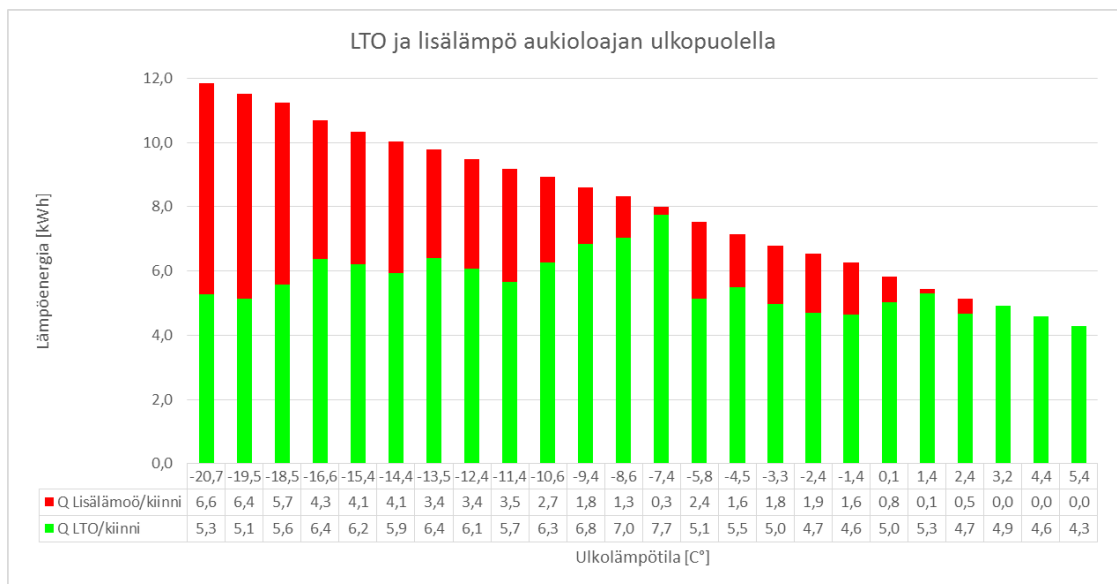
7.3 Lauhdelämmöntalteenoton analysointi ja lisälämmönkulutus

Kaavojen 12, 13 ja 14 mukaisesti laskettiin lauhdelämmöntalteenoton (LTO) osuus myymälän energiankulutuksesta ja myymälän lisälämmöntarve suhteutettuna ulkolämpötilaan. Laskelma tehtiin sekä aukioloaikana että aukioloajan ulkopuolella. Tulokset on esitetty kuvassa 25 ja kuvassa 26.



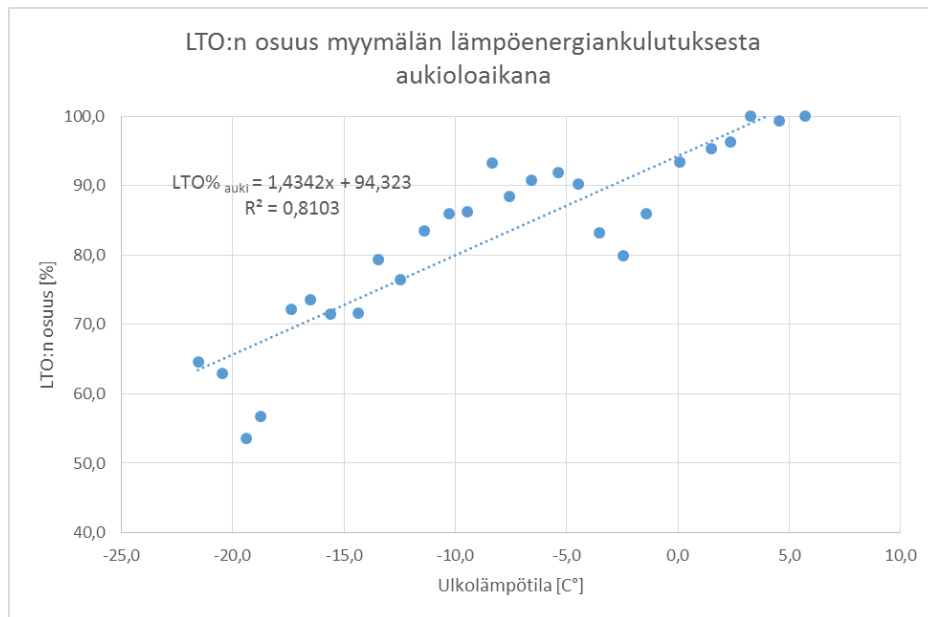
KUVA 25. Lämmöntalteenotto ja lisälämpö aukioloaikana

Lisäksi laskettiin lämmöntalteenoton prosentuaalinen osuus myymälän lämpöenergiankulutuksesta sekä aukioloaikana että aukioloajan ulkopuolella ja saatiin kaavat LTO % auki ja LTO % kiinni.



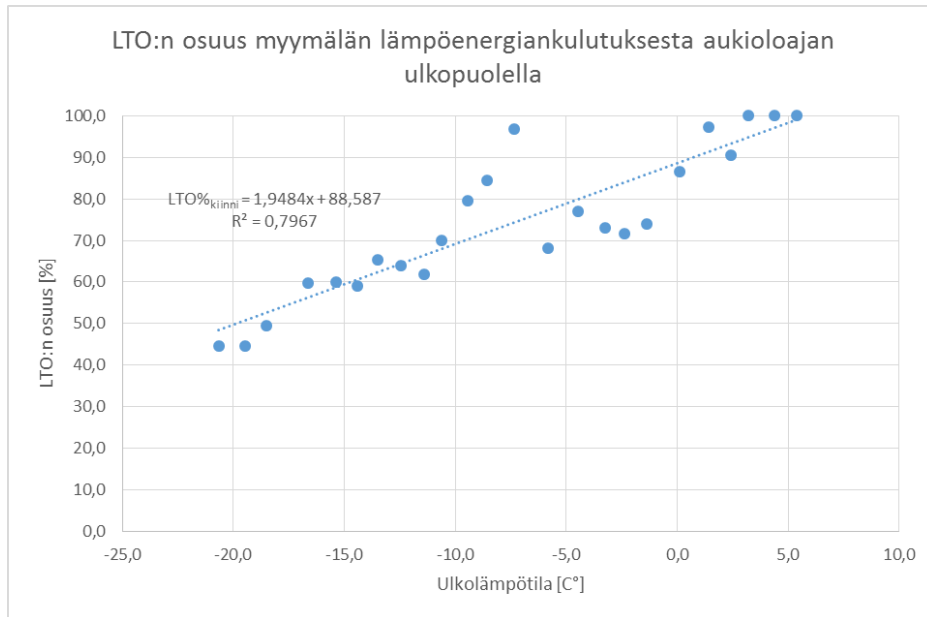
KUVA 26. Lämmöntalteenotto ja lisälämpö aukioloajan ulkopuolella

Kuva 27 näyttää lämmöntalteenoton prosentuaalisen osuuden myymälän lämpöenergiankulutuksesta aukioloaikana. Kuvassa on esitetty myös kaavion trendiviiva ja sen kaava $LTO \%_{\text{auki}} = 1,4342x + 94,323$. Kaavan avulla voidaan arvioida lauhdelämmöntalteenoton osuus myymälän lämpöenergiatarpeesta aukioloaikana niille lämpötila-alueille, joilta ei ole mitattuja tuloksia.



KUVA 27. Lauhdelämmöntalteenoton osuus aukioloaikana

Kuva 28 näyttää lämmöntalteenoton prosentuaalisen osuuden myymälän lämpöenergiankulutuksesta aukioloajan ulkopuolella. Kuvassa on esitetty myös kaavion trendiviiva ja sen kaava $LTO \%_{\text{kiinni}} = 1,9484x + 88,587$. Kaavan avulla voidaan arvioida lauhdelämmöntalteenoton osuus myymälän lämpöenergiatarpeesta aukioajan ulkopuolella niille lämpötila-alueelle, joita ei ole mitattu.



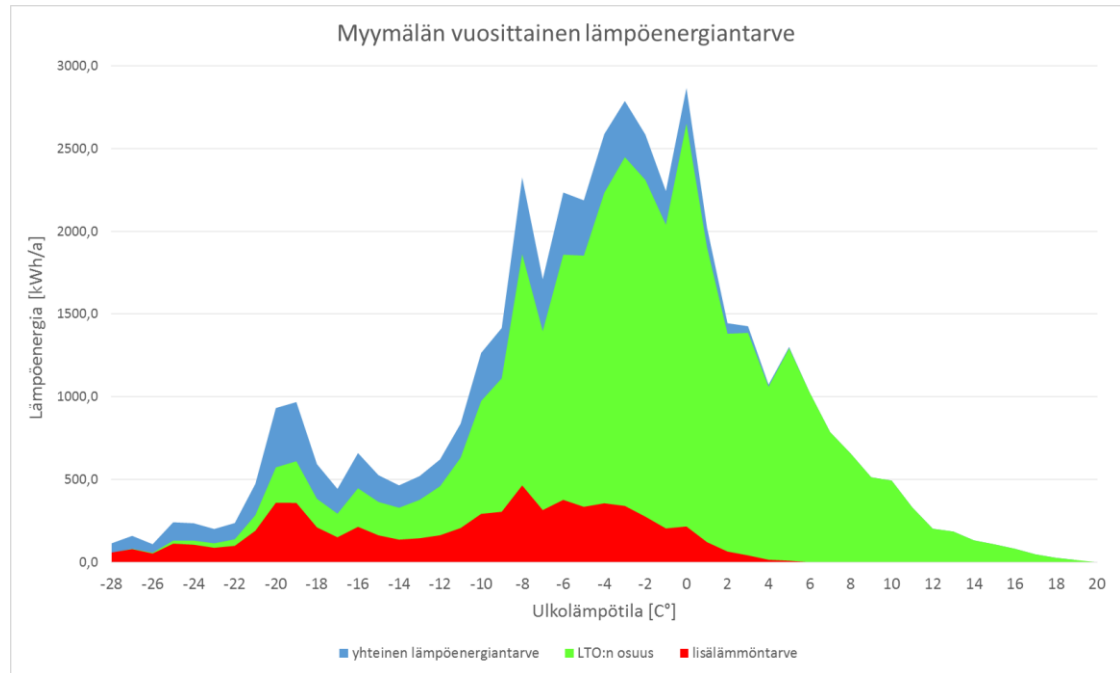
KUVA 28. Lauhdelämmöntalteenoton osuus aukioloajan ulkopuolella

Seuraavaksi laskettiin vuosittainen lauhdelämmöntalteenotosta saatava lämpöenergian määrä ja vuosittainen lisälämmöntarve. Vuosittainen lauhdelämmöntalteenotosta saattava lämpöenergian määrä aukioloaikana, aukioloajan ulkopuolella ja kokonainen määrä laskettiin kaavaa 15, 16 ja 17 mukaan. Arvioitu vuosittainen lisälämmöntarve aukioloaikana, aukioloajan ulkopuolella ja kokonainen määrä laskettiin kaavan 14 mukaan. Tulokset ovat osittain esitetty taulukossa 3, koko taulukko kaikilla tuloksilla on liitteessä 2.

TAULUKKO 3. Arvioitu lauhdelämmöntalteenoton lämpöenergian määrä ja lisälämmöntarve

Ulkoilman lämpötilojen esiintymistiheys pysyvyyssarvoina vyöhykkeellä III		aukioloajan ulkopuolella				aukioloaikana				yhteensä			
TE 0.0 [C°]	t [h]	Q vuosi/kiinni [kWh/a]	LTO OSUUS [%]	Q lto/kiinni [kWh/a]	Q lisälämpö/kiinni [kWh/a]	Q vuosi/auki [kWh/a]	LTO OSUUS [%]	Q lto/auki [kWh/a]	Q lisälämpö/auki [kWh/a]	Q vuosi/yht. [kWh/a]	LTO OSUUS [%]	Q lto/yht. [kWh/a]	Q lisälämpö/yht. [kWh/a]
-28	6	29	34	10	19	85	54	46	39	114	49	56	58
-27	9	40	36	14	26	118	56	66	53	158	51	80	78
-26	6	27	38	10	17	81	57	46	35	108	52	56	52
-25	14	61	40	24	37	180	58	105	75	241	54	130	111
-24	14	60	42	25	35	175	60	105	70	235	55	130	105
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	270	238	100	238	0	92	100	92	0	331	100	331	0
12	257	202	100	202	0	0	100	0	0	202	100	202	0
13	268	185	100	185	0	0	100	0	0	185	100	185	0
14	223	132	100	132	0	0	100	0	0	132	100	132	0
15	217	108	100	108	0	0	100	0	0	108	100	108	0
16	202	81	100	81	0	0	100	0	0	81	100	81	0
17	156	47	100	47	0	0	100	0	0	47	100	47	0
18	126	26	100	26	0	0	100	0	0	26	100	26	0
19	115	12	100	12	0	0	100	0	0	12	100	12	0
20	133	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0
		14530		11970	2560	29865		25831	4034	44395		37800	6594

Laskettu vuosittainen lauhdelämmöntalteenotosta saatava lämpöenergian määrä on 37800 kWh, tästä 11970 kWh saadaan aukioloajan ulkopuolella ja 25831 kWh saadaan aukioloaikana. Laskettu vuosittainen lisälämmityksentarve on 6594 kWh, tästä 2560 kWh tarvitaan aukioloajan ulkopuolella ja 4034 kWh tarvitaan aukioloaikana. Kappaleessa 7.2 on arvioitu, että myymälän vuosittainen lämpöenergian tarve on 44395 kWh. Noilla arvioilla vuosittainen lauhdelämmöntalteenoton osuus myymälän lämpöenergian tarpeesta on n. 85 %.

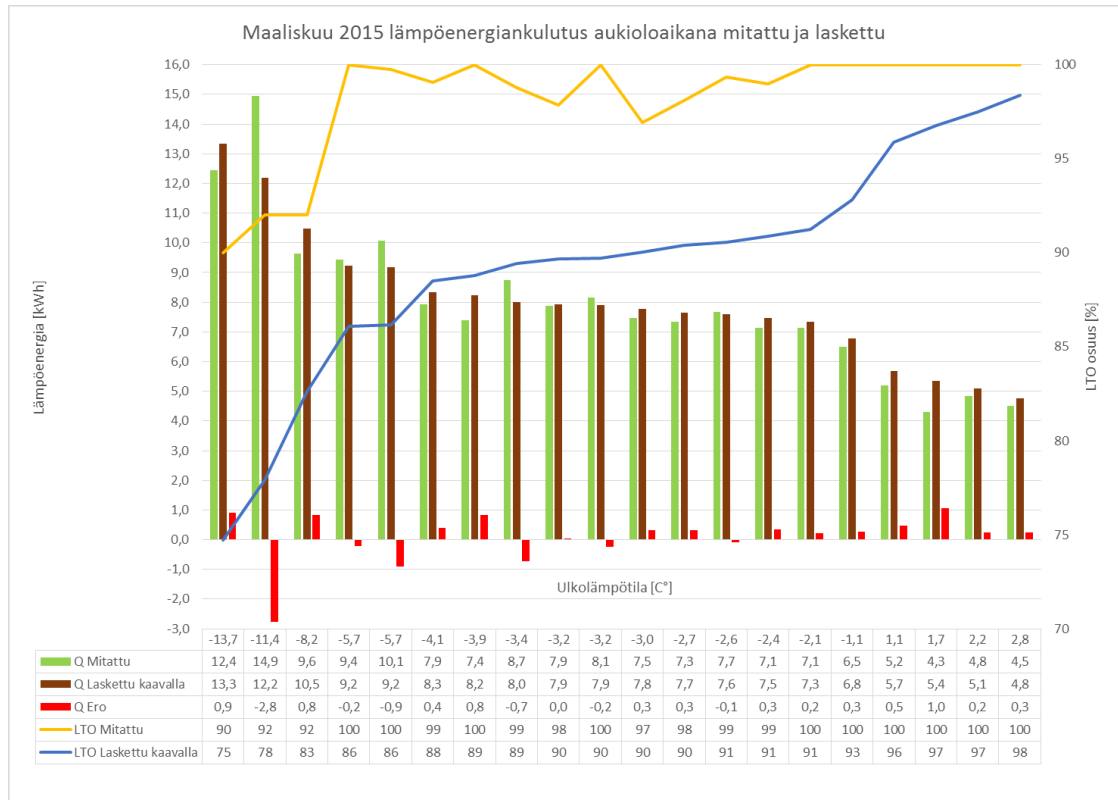


KUVA 29. Myymälän vuosittainen lämpöenergiatarve

Kuvassa 29 on esitetty myymälän vuosittainen lämpöenergiatarve, vuosittainen lauhdelämmöntalteenotosta saatava lämpöenergia ja vuosittainen lisälämmöntarve. Kuvasta tulee esiin, millä ulkolämpötila-alueella myymälässä tarvitaan eniten lämpöenergiaa vuodessa. Noin 73 % lämpöenergiatarpeesta on -10 °C ja +6 °C välissä. Niissä lämpötila-alueissa katetaan lauhdelämmöntalteenotolla 80 – 100 % lämpöenergiatarpeesta. Suunnilleen 13 % lämpöenergiasta tarvitaan kun ulkolämpötila on pienempi kuin -15 °C, tällöin saadaan vähemmän kuin 70 % lämpöenergiatarpeesta lauhdelämmöntalteenotosta.

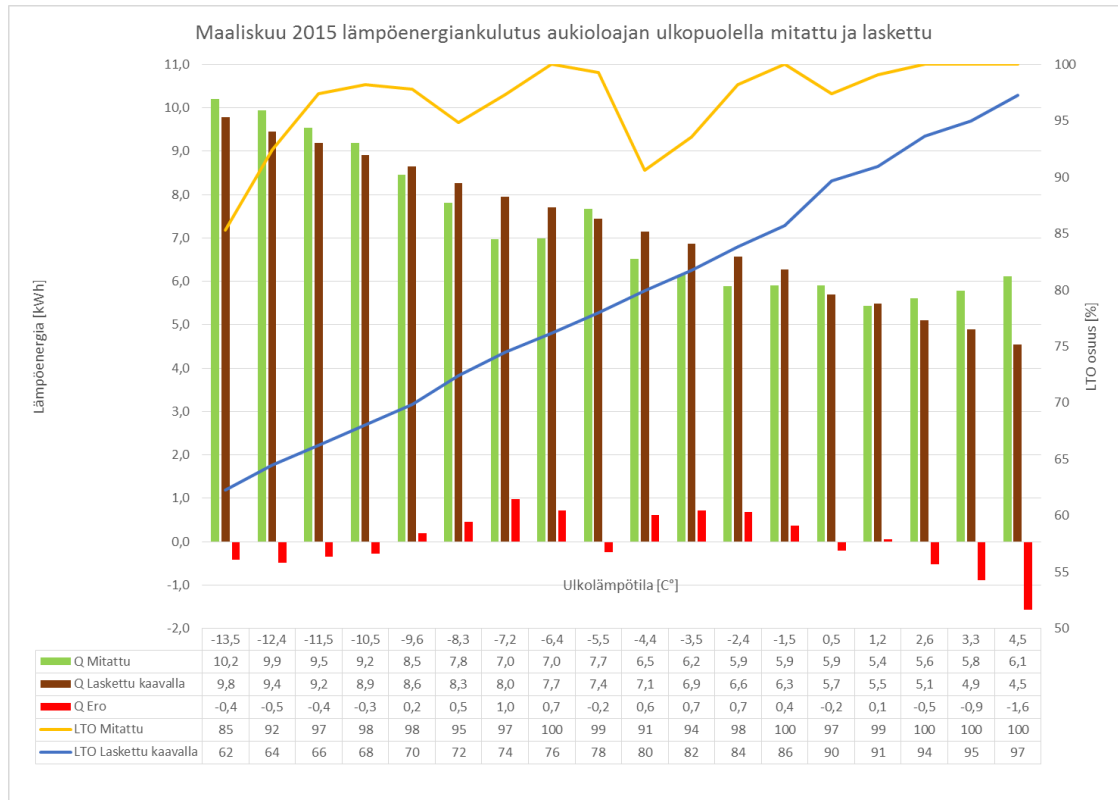
7.4 Kaavojen tarkastelu

Tässä kappaleessa tarkasteltiin kappaleissa 5.3.1 ja 5.3.2 kehitetyt kaavat. Tarkastelussa käytettiin mittausjaksoa 3.3.2015 – 30.3.2015. Tarkastelu tehtiin niin, että ensin laskettiin mittauksesta saaduilla arvoilla lämpöenergiankulutus aukioloaikana ja aukioloajan ulkopuolella. Toisessa laskelmassa käytettiin kappaleessa 4.4.3 saadut kaavat Q_{auki} ja Q_{kiinni} . Lauhdelämmöntalteenoton laskelmassa käytettiin kappaleesta 7.3 saadut kaavat $LTO \%_{\text{auki}}$ ja $LTO \%_{\text{kiinni}}$. Tulokset ovat esitetty kuvassa 30 ja kuvassa 31.



KUVA 30. Maaliskuu 2015 kaavojen tarkastelu aukioloaikana

Mittauksesta saatujen lämpöenergiankulutuksien arvojen ero ja kaavalla laskettujen arvojen ero on suhteellisen pieni. Siellä, missä erot ovat suuria, täytyy huomioida, että mittauksesta saatujen arvojen määrä oli pieni. Kun vertaillaan lauhdelämmöntalteenoton osuutta lämpöenergiankulutuksesta, huomataan että mittauksesta saatujen arvojen ja kaavalla laskettujen arvojen ero on suuri.



KUVA 31. Maaliskuu 2015 kaavojen tarkastelu aukioloajan ulkopuolella

8 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tutkimukseni onnistui toteuttamaan sille asetetut tärkeimmät tavoitteet. Tutkimukseni perusteella voidaan todeta, että talotekninen saneeraus kohteessa Sale Tahiniemi on ollut kannattava investointi jo pelkästään energiansäästömittareilla ajateltuna. Investoinnin takaisinmaksuaika pelkästään energiansäästömielessä on kohtuullinen, korkokannan laskennasta riippuen noin 17 - 23 vuotta ja tämä on talotekniikan osalta sopiva takaisinmaksuaika. Lisäksi on mahdollista saavuttaa vielä tässä tutkimuksessa mittaamattomia hyötyjä kylmälaitteiden energiansäästöistä, tuotteiden paremmasta esillepanosta, hyllytilan lisäämisestä ja sitä kautta kaupan kylmätuotteiden myynnin lisääntymisestä.

Tämä tutkimus hyödyntää Moduls Oy:tä antaen suoraan tutkimustietoa saneerauskohteisiin suunnattavaan myyntiin ja myynnin perusteisiin. Toisaalta tutkimuksessa tuli myös ilmi, että lauhdelämmöntalteenotto ei toimi vielä aivan

parhaalla tavalla, vaan tietyissä lämpötiloissa lauhdelämmöntalteenotosta ei saada vielä toivottuja tehoja irti. Lisätutkimuksilla ja järjestelmän säätämällä voidaan saavuttaa vielä energiatehokkaampi lopputulos.

Tutkimukseni perusteella on jo havaittavissa, että suurimmassa osassa lämpötiloja lauhdelämmöntalteenotolla pystytään hoitamaan suuri osa kaupan lämmityksestä ja lisälämmöntarve on melko pieni. Onkin epätodennäköistä, että suoran sähkölämmityksen vaihtaminen johonkin muuhun energiamuotoon, kuten maalämpöön, toisi tarpeeksi kustannussäästöjä investointiin nähden. Lisäksi lisälämmöntarve on niin vähäinen ja kausittainen, että edes lisäeristäminen saneerauksen yhteydessä ei mielestäni olisi kustannustehokasta. Näitä asioita en kuitenkaan tässä tutkimuksessa voinut tutkia tarkemmin, vaan näistä lämmönlähteisiin ja lisäeristämiseen liittyvistä asioista kannattaisi yrityksen teettää vielä lisätutkimusta.

Kylmäkalusteiden ja kylmälaitteiden muutostyön yhteydessä myös vanhat loisteputkilamput vaihdettiin uusiin energiatehokkaisiin LED-valaisimiin. Valaistuksen vaatima energiakustannus on suhteellisen korkea. Kuten jo työssäni mainitsin, saksalaisen kaupan alan tutkimuksen perusteella voisi kaupan muuhunkin valaistukseen kiinnittää huomiota ja saada tätä kautta lisää säästöjä aikaiseksi. Suosittelen ainakin tutkimaan, paljonko voitaisiin saada säästöjä vaihtamalla kaupan valaistus loisteputkista LED-valaistukseen.

Joka tapauksessa pidän tutkimustani onnistuneena ja validina. Olen käyttänyt eri tutkimusmenetelmiä ja laskelmia tarkistaakseni tutkimustulosteni paikkaansapitävyyden. Moduls Oy:lle tutkimuksesta on hyötyä pienempien alle 500 m² päivittäistavarakauppojen saneerausmarkkinoille laajentuessaan. Kiinteistön omistajalle M.U.M Invest Oy:lle ja Osuuskauppa Suur-Savolle (Sale Tahiniemen omistajalle) tutkimustuloksista on myös hyötyä, sillä nyt puhtaat energiansäästöt on pystytty konkreettisesti todentamaan ja molemmille tahoille on hyötyä energiankulutuksen pienenemisestä sekä kiinteistön talotekniikan uusimisesta.

Saneeraukset ja energiansäästömahdollisuuksien löytäminen ovat kaupan alan nykypäivää ja tulevaisuutta.

LÄHTEET

Aittomäki, Antero (toim.) 2012. Kylmäteknikka. Porvoo: Bookwell Oy

Bitzer 2012. Kältemittel-Report 17. Sindelfingen: Bitzer Kühlmaschinen GmbH

Breidert, Hans-Joachim 2003. Projektierung von Kälteanlagen. Heidelberg: C.F. Müller Verlag

Danfoss 2008. Transcritical Refrigeration Systems with Carbon Dioxide. PDF-dokumentti.

[http://www.ra.danfoss.com/TechnicalInfo/Approvals/Files/RAPIDFiles/01/Article/TranscriticalArticle/PZ000F102_ARTICLE_Transcritical%20Refrigeration%20Systems%20with%20Carbon%20Dioxide%20\(CO2\).pdf](http://www.ra.danfoss.com/TechnicalInfo/Approvals/Files/RAPIDFiles/01/Article/TranscriticalArticle/PZ000F102_ARTICLE_Transcritical%20Refrigeration%20Systems%20with%20Carbon%20Dioxide%20(CO2).pdf). Ei päivitystietoa. Luettu 8.4.2015

Danfoss 2011. Heat reclaim in transcritical CO2 system. PDF-dokumentti. Sain sen 18.3.2015 Kasper Hedbergilta (Sovellusvastaava, Oy Danfoss Ab). Ei päivitystietoa. Luettu 20.3.2015

Euroopan parlamentti 2014, EUROOPAN PARLAMENTIN JA NEUVOSTON ASETUS (EU) N:o 517/2014, annettu 16 päivänä huhtikuuta 2014, fluoratuista kasvihuonekaasuista ja asetuksen (EY) N:o 842/2006 kumoamisesta. Luettu 4.3.2015

Hauser 2009. Glastüren bei Kühlmöbeln – ein tatsächliches Einsparpotenzial?. PDF-dokumentti. http://www.refripro.eu/include/pdf_contenu.php?lg=de&id_nav=0002&contenu=magazine&id_mag=0423. Ei päivitystietoa. Luettu 3.1.2013

Hausleben, Prof. Dr.-Ing. Gerhard 1999. Skript Lüftungstechnik. Kassel: Universität Gesamthochschule Kassel

Ilmatieteen laitos 2011, Rakennusten energialaskennan testivuosi 2012 ja arviot ilmastonmuutoksen vaikutuksista. PDF-dokumentti. http://ilmatieteenlaitos.fi/c/document_library/get_file?uuid=827685fa-942d-4727-abb3-ae2877e55a99&groupId=30106. Päivitetty 2014. Luettu 20.3.2015

Kesko 2014. Kesko vastuullisuus lukuina 2014. PDF-dokumentti. http://kesko2014.kesko.fi/filebank/2495-Kesko_Vastuullisuus_Lukuina_2014.pdf. Ei päivitystietoa. Luettu 6.4.2015

Motiva 2009. Kylmää tehokkaasti päivittäistavarakaupalle. PDF-dokumentti. http://www.motiva.fi/files/2889/Kylmaa_tehokkaasti_paivittaistavarakaupalle.pdf. Päivitetty 2015. Luettu 18.2.2015

Oltmanns, Brigitte 2012. Wie schmeckt die LED dem LEH?. WWW-dokumentti. <http://www.stores-shops.de/einrichtung/detail/Controller/Article/wie-schmeckt-die-led-dem-leh.html>. Ei päivitystietoa. Luettu 8.4.2015

Päivittäistavarakauppa ry 2014. Päivittäistavarakauppa 2014. PDF-dokumentti. http://www.pty.fi/fileadmin/user_upload/tiedostot/Julkaisut/Vuosijulkaisut/FI_2014_vuosijulkaisu.pdf. Päivitetty 2014. Luettu 4.3.2015.

Saaranen, Pirjo, Koltola, Eliisa & Pösö, Jarmo 2011. Liike-elämän Matematiikka. Helsinki: Edita

Savon Voima 2015. WWW-dokumentti.<http://www.savonvoima.fi/henkiloasiakkaat/Sahkoinfo/SahkonAlkuperä/Sivut/sahkonalkupera.aspx>. Ei päivitystietoa. Luettu 8.4.2015

S-ryhmä 2013. S-ryhmän vastuullisuuskatsaus 2013. PDF-dokumentti.
<http://www.yhteishyva.fi/koti-ja-puutarha/kodin-talous-ja-vakuutukset/s-ryhman-vastuullisuuskatsaus-2013/0218010-342284>. Ei päivitystietoa. Luettu 6.4.2015

Suomenpankki 2015. WWW-dokumentti. http://www.suomenpankki.fi/fi/tilastot/tase_ja_korko/Pages/tilastot_rahalaitosten_lainat_talletukset_ja_korot_lainat_talletusten_ja_lainojen_korot_fi.aspx. Päivitetty 31.3.2014. Luettu 20.3.2015

Arvioitu vuosittainen lämpöenergiatarve

Ulkoilman lämpötilojen esiintymistiheys pysyvyyssarvoina vyöhykkeellä III		aukioloajan ulkopuolella			aukioloaikana			yhteensä	
Ulkolämpötila T_{ulko} [C°]	Ajanjakson pituus t [h]	1/3 ajanjaksosta [h]	Lämpö- energiatarve $Q_{tunti/kiinni}$ [kWh]	Lämpö- energiatarve $Q_{vuosi/kiinni}$ [kWh/a]	2/3 ajanjakson pituudesta [h]	Lämpö- energiatarve $Q_{tunti/auki}$ [kWh]	Lämpö- energiatarve $Q_{vuosi/auki}$ [kWh/a]	Lämpö- energiatarve $Q_{vuosi/yht.}$ [kWh/a]	
-28	6,1	2,0	14,0	28,6	4,1	20,8	85,0	113,6	
-27	8,8	2,9	13,7	40,0	5,8	20,3	118,4	158,4	
-26	6,1	2,0	13,4	27,4	4,1	19,8	80,7	108,2	
-25	14,0	4,7	13,1	61,3	9,3	19,2	179,7	241,0	
-24	14,0	4,7	12,8	59,9	9,3	18,7	174,8	234,8	
-23	12,3	4,1	12,5	51,3	8,2	18,2	148,7	113,6	
-22	14,9	5,0	12,2	60,8	9,9	17,7	175,4	158,4	
-21	30,7	10,2	12,0	122,2	20,4	17,2	350,6	108,2	
-20	62,2	20,7	11,7	241,9	41,5	16,6	689,6	241,0	
-19	66,6	22,2	11,4	252,4	44,4	16,1	715,1	234,8	
-18	42,0	14,0	11,1	155,4	28,0	15,6	437,1	200,0	
-17	32,4	10,8	10,8	116,6	21,6	15,1	325,7	236,2	
-16	49,9	16,6	10,5	174,8	33,3	14,6	484,4	472,8	
-15	41,2	13,7	10,2	140,1	27,4	14,0	385,1	931,4	
-14	37,7	12,6	9,9	124,6	25,1	13,5	339,3	967,5	
-13	43,8	14,6	9,6	140,6	29,2	13,0	379,4	592,4	
-12	54,3	18,1	9,3	169,1	36,2	12,5	451,6	442,3	
-11	76,2	25,4	9,0	229,9	50,8	12,0	607,3	659,2	
-10	120,0	40,0	8,8	350,3	80,0	11,4	914,7	525,3	
-9	140,2	46,7	8,5	395,5	93,4	10,9	1019,6	463,9	
-8	240,9	80,3	8,2	656,5	160,6	10,4	1669,0	520,0	
-7	185,7	61,9	7,9	488,1	123,8	9,9	1222,3	620,7	
-6	254,9	85,0	7,6	645,2	169,9	9,4	1589,4	837,1	
-5	262,8	87,6	7,3	639,7	175,2	8,8	1547,5	1265,0	
-4	328,5	109,5	7,0	767,8	219,0	8,3	1820,5	1415,2	
-3	374,9	125,0	6,7	839,9	250,0	7,8	1947,8	2325,5	
-2	369,7	123,2	6,4	792,3	246,4	7,3	1792,4	1710,3	
-1	342,5	114,2	6,1	700,9	228,3	6,8	1542,0	2234,6	
0	469,5	156,5	5,8	915,3	313,0	6,2	1951,1	2187,2	
1	357,4	119,1	5,6	662,1	238,3	5,7	1361,3	2588,2	
2	276,8	92,3	5,3	485,9	184,5	5,2	958,4	2787,7	
3	298,7	99,6	5,0	495,4	199,1	4,7	930,7	2584,7	
4	247,9	82,6	4,7	387,1	165,3	4,2	686,4	2242,9	
5	334,6	111,5	4,4	490,1	223,1	3,6	810,6	2866,4	
6	297,8	99,3	4,1	407,3	198,6	3,1	618,2	2023,3	
7	261,9	87,3	3,8	332,8	174,6	2,6	452,9	1444,3	
8	256,7	85,6	3,5	301,2	171,1	2,1	354,9	1426,1	
9	242,7	80,9	3,2	261,3	161,8	1,6	251,4	1073,5	
10	295,2	98,4	2,9	289,2	196,8	1,0	203,5	1300,7	
11	269,8	89,9	2,6	238,2	179,9	0,5	92,5	1025,6	
12	256,7	85,6	2,4	201,7	171,1	0,0	0,0	785,7	
13	268,1	89,4	2,1	184,6	178,7	0,0	0,0	656,1	
14	222,5	74,2	1,8	131,7	148,3	0,0	0,0	512,6	
15	217,2	72,4	1,5	107,5	144,8	0,0	0,0	492,7	
16	202,4	67,5	1,2	80,5	134,9	0,0	0,0	80,5	
17	155,9	52,0	0,9	46,9	104,0	0,0	0,0	46,9	
18	126,1	42,0	0,6	25,7	84,1	0,0	0,0	25,7	
19	114,8	38,3	0,3	12,3	76,5	0,0	0,0	12,3	
20	133,2	44,4	0,0	0,0	88,8	0,0	0,0	0,0	
				14530				29865	44395

Arvioitu LTO:n lämpöenergian määrä ja lisälämmöntarve

Ulkoilman lämpötilojen esiintymistiheys pysyvyyssarvoina vyöhykkeellä III		aukioloajan ulkopuolella				aukioloaikana				yhteensä			
TE 0.0 [C°]	t [h]	Q _{vuosi/kiinni} [kWh/a]	LTO osuus [%]	Q _{lto} vuosi/ kiinni [kWh/a]	Q _{lisälämpö} vuosi/ kiinni [kWh/a]	Q _{vuosi/auki} [kWh/a]	LTO osuus [%]	Q _{lto} vuosi/ auki. [kWh/a]	Q _{lisälämpö} vuosi/ auki [kWh/a]	Q _{vuosi/ yht.} [kWh/a]	LTO osuus [%]	Q _{lto} vuosi/ yht. [kWh/a]	Q _{lisälämpö} vuosi/ yht. [kWh/a]
-28	6	29	34	10	19	85	54	46	39	114	49	56	58
-27	9	40	36	14	26	118	56	66	53	158	51	80	78
-26	6	27	38	10	17	81	57	46	35	108	52	56	52
-25	14	61	40	24	37	180	58	105	75	241	54	130	111
-24	14	60	42	25	35	175	60	105	70	235	55	130	105
-23	12	51	44	22	29	149	61	91	58	200	57	114	86
-22	15	61	46	28	33	175	63	110	65	236	58	138	98
-21	31	122	48	58	64	351	64	225	125	473	60	283	189
-20	62	242	50	120	122	690	66	453	237	931	61	573	359
-19	67	252	52	130	122	715	67	480	235	968	63	610	358
-18	42	155	54	83	72	437	69	299	138	592	65	383	210
-17	32	117	55	65	52	326	70	228	98	442	66	292	150
-16	50	175	57	100	74	484	71	346	139	659	68	446	213
-15	41	140	59	83	57	385	73	280	105	525	69	364	162
-14	38	125	61	76	48	339	74	252	87	464	71	328	136
-13	44	141	63	89	52	379	76	287	92	520	72	376	144
-12	54	169	65	110	59	452	77	348	103	621	74	458	162
-11	76	230	67	154	75	607	79	477	130	837	75	631	206
-10	120	350	69	242	108	915	80	732	183	1265	77	974	291
-9	140	396	71	281	115	1020	81	830	189	1415	79	1111	304
-8	241	656	73	479	177	1669	83	1383	286	2325	80	1862	463
-7	186	488	75	366	122	1222	84	1030	192	1710	82	1396	314
-6	255	645	77	496	149	1589	86	1362	227	2235	83	1859	376
-5	263	640	79	504	135	1547	87	1349	199	2187	85	1853	334
-4	329	768	81	620	147	1820	89	1613	208	2588	86	2233	355
-3	375	840	83	695	145	1948	90	1753	194	2788	88	2448	339
-2	370	792	85	671	121	1792	91	1639	153	2585	89	2310	274
-1	343	701	87	607	94	1542	93	1432	110	2243	91	2040	203
0	470	915	89	811	104	1951	94	1840	111	2866	92	2651	215
1	357	662	91	599	63	1361	96	1304	58	2023	94	1903	120
2	277	486	92	449	37	958	97	931	27	1444	96	1381	63
3	299	495	94	468	28	931	99	918	13	1426	97	1386	40
4	248	387	96	373	14	686	100	686	0	1074	99	1060	14
5	335	490	98	482	8	811	100	811	0	1301	99	1292	8
6	298	407	100	407	0	618	100	618	0	1026	100	1026	0
7	262	333	100	333	0	453	100	453	0	786	100	786	0
8	257	301	100	301	0	355	100	355	0	656	100	656	0
9	243	261	100	261	0	251	100	251	0	513	100	513	0
10	295	289	100	289	0	203	100	203	0	493	100	493	0
11	270	238	100	238	0	92	100	92	0	331	100	331	0
12	257	202	100	202	0	0	100	0	0	202	100	202	0
13	268	185	100	185	0	0	100	0	0	185	100	185	0
14	223	132	100	132	0	0	100	0	0	132	100	132	0
15	217	108	100	108	0	0	100	0	0	108	100	108	0
16	202	81	100	81	0	0	100	0	0	81	100	81	0
17	156	47	100	47	0	0	100	0	0	47	100	47	0
18	126	26	100	26	0	0	100	0	0	26	100	26	0
19	115	12	100	12	0	0	100	0	0	12	100	12	0
20	133	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0
		14530		11970	2560	29865		25831	4034	44395		37800	6594