



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Joona Tiilinen

Liiketalon energiansäästöhanke

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Talotekniikka

Insinöörityö

11.11.2020

Tekijä Otsikko	Joona Tiilinen Liiketalon energiansäästöhanke
Sivumäärä Aika	29 sivua + 2 liitettä 11.11.2020
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	talotekniikka
Ammatillinen pääaine	LVI-suunnittelu
Ohjaajat	ryhmäpäällikkö Kauri Salminen lehtori Seppo Innanen
<p>Tämä opinnäytetyö käsittelee Möysän liiketalon energiansäästöhanke. Hankkeen tavoitteena oli parantaa rakennuksen energiatehokkuutta. Tavoitteeseen pääsemiseksi kohteessa toteutettiin laajat energiasimuloinnit. Energiasimulointien ansiosta hankkeessa edettiin LVI-suunnittelun kautta toteutukseen. Prosessin aikana kohteen alkuperäiset ilmanvaihtolaitteistot vaihdettiin keskitettyyn ilmanvaihtojärjestelmään. Keskitetyssä ilmanvaihtojärjestelmässä korvattiin alkuperäiset tulo- ja poistoilmakoneet lämmöntalteenotolla varustettuun ilmanvaihtokoneeseen.</p> <p>Liiketalon energiasimuloinnit toteutettiin Riuska-ohjelmalla, joka on Granlund Oy:n yleisesti käyttämä simulointiohjelma. Energiasimuloinneissa mallinnettiin ensin alkuperäinen tilanne, jonka virhemarginaali hiottiin lähes nolnaan. Tämän jälkeen ohjelmiston parametreihin asetettiin uudistetun ilmanvaihtokoneen tekniset tiedot. Tällä tavoin kyettiin luomaan varsin realistinen ennuste tulevista energiansäästöistä. Tuotettu energiasimulointidata kertoo vuosittaiset säästöt kaukolämmön- ja sähköenergian osalta. Vähentynyt energiankulutus on myös suorassa yhteydessä rakennuksen välillisesti tuottamiin hiilidioksidipäästöihin. Opinnäytetyössä laskettiin myös projektin korollinen takaisinmaksuaika.</p> <p>Varsinaisen LVI-suunnittelun aikana projektissa oli useita haasteita. Laitteiston fyysinen koko ja paloturvallisuus olivat teemoja, jotka aiheuttivat runsaasti työtä suunnitteluprosessissa. Näiden lisäksi uusitun laitteiston raitisilmanotto sijoitettiin tavanomaisesta poiketen rakennuksen katolle. Jäteilman ulospuhalluksessa hyödynnettiin olemassa olevia poistopuhaltimien kattoläpivientejä. Parantuneen energiatehokkuuden ansiosta mitoitettiin myös kiinteistön kaukolämmitysjärjestelmä uudelleen. Näissä mitoituksissa hyödynnettiin redusoitua lämmitystehon mitoitustapaa.</p> <p>Tämä hanke osoittaa, että yksinkertaisilla muutoksilla saadaan aikaan varsin suuria säästöjä niin rahallisesti kuin hiilidioksidipäästöissäkin.</p>	
Avainsanat	energiansäästöhanke, energiatehokkuus, lvi-suunnittelu, energiasimulointi, hiilidioksidipäästöt, kaukolämmitys, redusoitu mitoitusteho

Author Title Number of Pages Date	Joona Tiilinen Energy Saving Project in Commercial Building energy saving project 29 pages + 2 appendices 11 November 2020
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Building Services Engineering
Professional Major	HVAC Design
Instructors	Kauri Salminen, Group Manager Seppo Innanen, Senior Lecturer
<p>This thesis discussed the energy conservation project of a commercial building that aimed to improve the energy efficiency of the building. Extensive energy simulations were implemented in order to reach the target the simulations were carried out using the simulation programme Riuska. First, the original situation was modelled with a margin of error at nearly zero. Subsequently, the specifications of a redesigned ventilation machine were used in the model. Thus, a rather realistic prediction of future energy savings was created. The thesis also calculated the interest-bearing repayment period for the project.</p> <p>The energy simulations carried the project from HVAC design for implementation. During the process, the original ventilation equipment was replaced with a centralized ventilation system with a ventilation machine with heat recovery. During the HVAC design, there were several challenges to the project, such as the size of the hardware, and fire safety. In addition, the fresh air intake of the remodelled hardware was placed on the roof of the building, deviating from the usual. Existing roof flaps were used as exhaust fans. Due to the improved energy efficiency, the building's district heating system was also re-sized using a reduced method for sizing the heating power.</p> <p>This project showed that simple changes may result in large savings, both in monetary terms and in carbon emissions.</p>	
Keywords	energy saving project, energy efficiency, hvac design, energysimulation, co2 emissions, district heating, reduced sizing method

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Kohde-esittely	1
2.1	Talotekniikka	2
2.2	Ennen energiansäästö-hanketta – innovaatioprojekti	3
2.3	Kaukolämmitysjärjestelmän uusiminen vuonna 2016	3
2.4	Energiankulutuksen kasvun syyt	4
2.5	Patteriventtiileiden vaihto	5
2.6	Rakennuksen ilmanvaihto	5
3	Suunnittelun lähtötilanne	6
3.1	Riuska-energiasimulointiohjelma	7
3.2	Lämpöhäviölaskelmat	7
3.3	Ilmanvaihdon ilmamäärät	9
3.4	MagiCAD Room -mallin luominen	9
3.5	Riuska-energiasimuloinnit	10
3.6	Hankkeen kannattavuus	12
3.7	Korollinen takaisinmaksuaika	12
3.8	Ympäristövaikutukset	14
4	Hankkeen LVI-suunnittelu	15
4.1	Suunnittelun lähtötiedot	15
4.2	Ilmanvaihtokoneen valinta	16
4.3	Kair ECoCounter 4385 -ilmanvaihtokone	17
4.4	Ilmanvaihtokoneen sijoitus	19
4.5	Raitis ilma	20
4.6	Jäteilma	21
4.7	Tulo- ja poistoilmanvaihto	22
4.8	Palosuojaukset	22
5	Kaukolämmitysjärjestelmän tarkastelua	22

5.1	Kaukolämmitysjärjestelmän mitoitus ennen hanketta	22
5.2	Kaukolämmitysjärjestelmä ilmanvaihtokoneen vaihdon jälkeen	24
5.3	Päivitetty kytkentäkaavio	25
6	Yhteenveto	26
	Lähteet	28
	Liitteet	
	Liite 1. Riuska-energiasimulointi	
	Liite 2. Kair 4385 -koneajo	

Lyhenteet ja käsitteet

ArchiCAD	rakennussuunnitteluohjelmisto
auktoriteetti	venttiilin vaikutusaste m ³ /h
Business Finland	innovaatiota ja kansainvälistymistä tukeva valtion alaisuudessa toimiva rahoituspalvelu.
DOE 2.1E	avoimeen lähdekoodiin perustuva energiasimulointiohjelma
EI60	palo-osastointiluokka, joka on 60 minuutin ajan savukaasutiivis ja eristävä.
FINVAC Ry	The Finnish Association of Hvac Societies ry eli Suomen LVI-liiton, VVS Föreningen i Finlandin, LIVIn ja Sisäilmayhdistyksen muodostama yleishyödyllinen yhdistys.
IFC	Industry Foundation Classes, tietomallien tiedostomuoto standardi
LTO	lämmöntalteenotto
lämmitystarveluku	sisä- ja ulkolämpötilojen erotuksien ja tietyn ajanjakson tulon summa.
MagiCAD	Ivis-suunnitteluohjelmisto
MagiCAD Room	suunnitteluohjelmiston lisäosa
normitus	rakennuksen energiankulutuksen sää- ja paikkakuntakorjaus. Vertailukelpoinen luku muiden rakennuksien kanssa.
reduointi	muunto mitoituslämpötilaksi
regeneratiivinen	lämmöntalteenottokiekkko

Revit	rakennusten ja talotekniikan suunnitteluohjelmisto
Riuska	rakennusten energiasimulointiin käytetty ohjelmisto
SFP	Specific Fan Power kW/(m ³ /s) luku, joka kuvaa puhaltimen sähkötehon suhdetta ilmamäärään.

1 Johdanto

Energiatehokkuus on kustannustehokkain keino saada aikaan päästövähennyksiä. [1]

Todetaan Motivan energiatehokkuustyön tuloksia esittelevässä raportissa. Energiansäästöhankeet ovatkin tärkeä osa kansainvälisten päästötavoitteiden saavuttamisessa. Päästötavoitteet ohjaavat rakentamista lakien ja suositusten kautta myös Suomessa. Hankkeisiin on mahdollista saada valtion välillisesti tarjoamaa energiatukea, jonka avulla kannustetaan kiinteistöjen omistajia energiatehokkuustoimiin. Esimerkkinä tällaisesta hankkeesta on tässä opinnäytetyössä kuvattu Möysän liiketalon energiansäästöhanke.

Liiketalon energiansäästöhanke sai alkunsa ammattikorkeakoulu Metropolian kolmannen vuosikurssin innovaatioprojektista, jonka tarkoituksena oli kartoittaa ja kehittää kiinteistön energiatehokkuutta. Tämä opinnäytetyö jatkaa siitä, mihin innovaatioprojekti jäi. Rakennuksesta tehtiin kattavat energiasimuloinnit, jotka johtivat lopulta toimenpiteisiin. Liiketaloon suunniteltiin uudistettu, energiatehokkaampi ilmanvaihtojärjestelmä.

Opinnäytetyö pyrkii kuvaamaan hankkeen prosessikulkua LVI-suunnittelijan näkökulmasta ja esittelemään, mitä kaikkea täytyy ottaa huomioon ennen varsinaiseen suunnitteluun ryhtymistä. Hanketta arvioitiin hiilidioksidipäästöjen sekä rahallisen kannattavuuden valossa.

2 Kohde-esittely

Opinnäytetyön referenssikohteena toimii kuvassa 1 esitelty Möysän liiketalo, joka sijaitsee Lahden keskustan välittömässä läheisyydessä. Rakennus on valmistunut vuonna 1988. Kiinteistön bruttopinta-ala on 623 m² ja tilavuus 2 950 m³. Tällä hetkellä rakennuksessa yritystoimintaa harjoittavat kioski, kukkakauppa, apteekki sekä hierojakoulu. Liiketilat sijaitsevat rakennuksen ensimmäisessä kerroksessa, ja kellaritilat toimivat pääsääntöisesti varasto- ja sosiaalitiloina.

Rakennus on puurunkoinen ja sen julkisivut on verhoiltu valkotiileillä. Kellaritilat ovat maanvastaiset, ja niiden runko koostuu Leca-harkkotiileistä. Katto on rakennuksessa toteutettu osin harjakattona, osin tasakattona. Tasakattoinen osuus on pinnoitettu huopakatteella ja harjakatto konesaumattulla pellillä. Rakennuksessa on suuria ikkunapinta-aloja, joiden ansiosta rakennukseen pääsee runsaasti luonnonvaloa.



Kuva 1. Liiketalon julkisivu kesällä 2020.

2.1 Talotekniikka

Rakennuksen talotekniset järjestelmät ovat pääosin alkuperäiset. Kaukolämmitysjärjestelmä oli uusittu kohteessa vuonna 2016, minkä jälkeen rakennuksen omistava taho heräsi ajattelemaan kohteen energiakustannuksia.

Rakennuksessa on koneellinen tulo- sekä poistoilmanvaihto. Ilmanvaihtojärjestelmässä ei kuitenkaan ollut minkäänlaista lämmöntalteenottoa, minkä vuoksi kohteen energiatehokkuus oli hyvin heikko. Liiketalossa oli yhteensä kolme tuloilmapuhallinta, jotka oli varustettu suodattimin sekä lämmityspattereihin. Poistoilmanvaihto oli toteutettu seitsemällä eri huippuimurilla. [2, s. 39.]

2.2 Ennen energiansäästöhanke – innovaatioprojekti

Möysän liiketalon kohdalla energiatehokkuushanke käynnistyi kesäkuussa 2019, jolloin Metropolian opiskelijaryhmä alkoi tehdä kohteesta innovaatioprojektia. Innovaatioprojektiryhmä koostui seuraavista jäsenistä: Jori Knuutila, Mikko Tontti ja Joonas Tiilinen. Innovaatioprojektin tavoitteena oli miettiä ja kehittää energiatehokkuustoimenpiteitä kyseisessä kiinteistössä. Projektin aikana kiinteistön talotekniset järjestelmät kartoitettiin ja mallinnettiin. Lisäksi rakennuksesta tehtiin ajantasaiset LVI-piirustukset. Innovaatioprojektin tuottama aineisto toimii yhtenä tämän insinööriyön pohja-aineistoista. [2, s. 37–38.]

2.3 Kaukolämmitysjärjestelmän uusiminen vuonna 2016

Möysän liiketalossa uusittiin kaukolämmitysjärjestelmä vuonna 2016, minkä takia kohteen kaukolämmitysenergiakustannukset nousivat normitetusti laskien 23,8 % [2, s. 11].

Normitetulla laskutavalla (kaava 1 ja 2) voidaan eliminoida sään aiheuttamat muutokset energian vuosikulutuksessa. Tällä tavoin rakennuksen energiankulutusta voidaan verrata luotettavasti edellisiin vuosiin. [3]

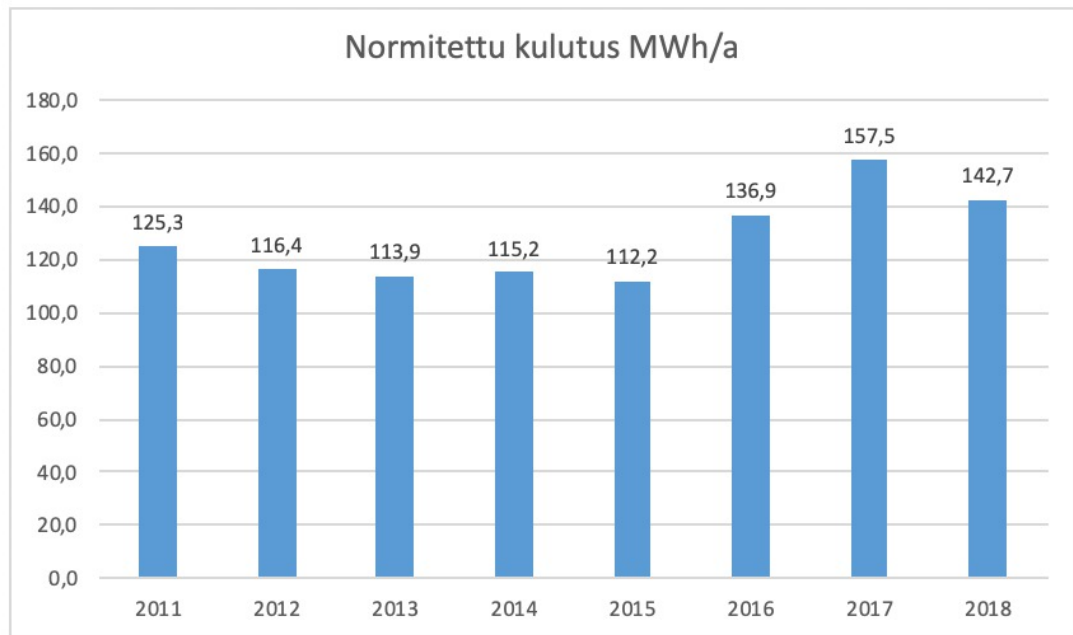
$$Q_{norm} = \frac{S_N \text{ vpkunta}}{S_{toteutunut \text{ vpkunta}}} \times Q_{toteutunut} + Q_{\text{lämmin käyttövesi}} \quad (1)$$

$$Q_{toteutunut} = Q_{kok} - Q_{\text{lämmin käyttövesi}} \quad (2)$$

Q_{norm}	rakennuksen normitettu lämmitysenergiankulutus
$Q_{toteutunut}$	rakennuksen tilojen lämmittämiseen kuluva energia
Q_{kok}	rakennuksen kokonaislämmitysenergia
$Q_{\text{lämmin käyttövesi}}$	käyttöveden lämmittämisen vaatima energia
$S_N \text{ vpkunta}$	normaalivuoden tai -kuukauden (1981–2010) lämmitystarveluku vertailupaikkakunnalla
$S_{toteutunut \text{ vpkunta}}$	toteutunut lämmitystarveluku vuosi- tai kuukausitasolla vertailupaikkakunnalla

2.4 Energiankulutuksen kasvun syyt

Kuvassa 2 on esitetty rakennuksen normitettu kaukolämpöenergiankulutus vuosina 2011–2018. Vuodesta 2016 eteenpäin on havaittavissa selkeä energiankulutuksen kasvu, jonka syynä on uusi kaukolämpölaitteisto.



Kuva 2. Rakennuksen normitettu kaukolämmönkulutus vuosina 2011–2018.

Kuvassa 2 esitetyt tiedot viittaavat siihen, että kaukolämmitysjärjestelmän suunnittelussa tai asennuksessa on käynyt jokin virhe. Innovaatioprojektissa havaitsimme, että kaukolämmitysjärjestelmän kaksi siirintä oli asennettu ristiin.

Alkuperäisessä järjestelmässä oli kaksi piiriä: lämmin käyttövesipiiri sekä yhdistetty patteri- ja ilmanvaihdon lämmityspiiri. Vuonna 2016 uusittu kaukolämmitysjärjestelmä toteutettiin nykyaikaisella kolmen piirin järjestelmällä, jossa yhdistetty patteri- ja ilmanvaihdon lämmityksen piiri erotettiin toisistaan omille lämmönsiirtimilleen. Tässä yhteydessä siirtimet olivat menneet ristiin.

Myös kaukolämmityspakettia tilattaessa oli käynyt jokin virhe, sillä tehtaalta tullessa kaukolämmityspaketin ilmanvaihdon lämmityksen- sekä patterien lämmityksen piirit oli rakennettu väärin päin. Järjestelmän asentanut yhtiökään ei ollut tätä asiaa huomannut, sillä järjestelmä oli tällaisenaan käytössä vielä vuoden 2019 kesään asti, jolloin innovaatioryhmämme huomasi kyseisen virheen. Tämän seurauksena asennusvirhe korjattiin takuukorjauksena vuoden 2019 kesällä. [2, s. 11.]

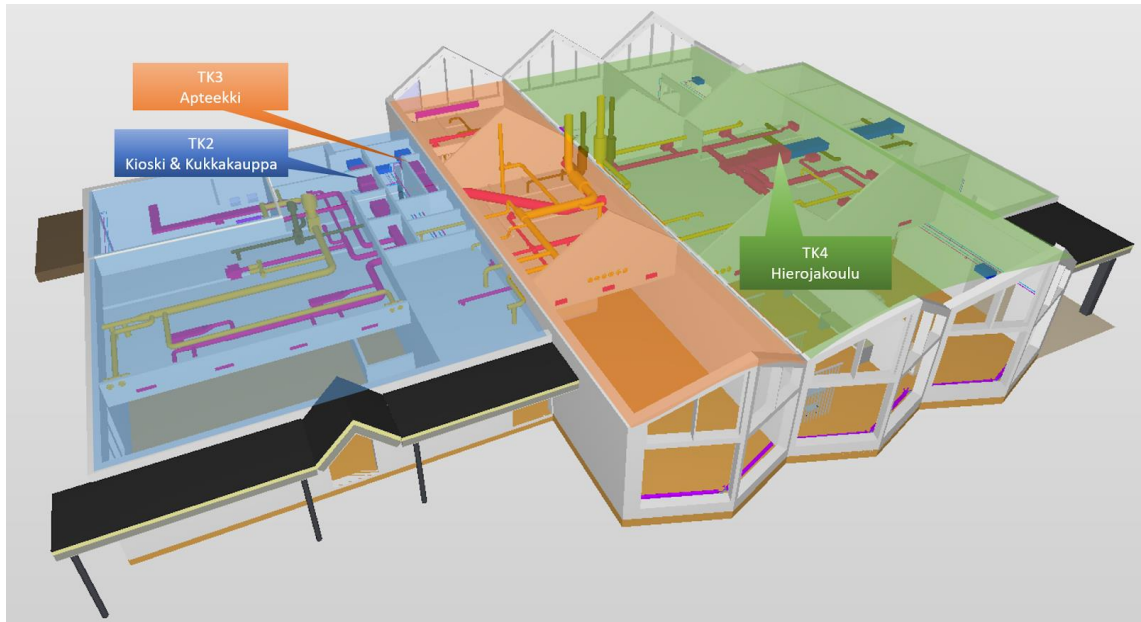
Kaukolämmitysjärjestelmän mitoitus herätti myös epäilyjä innovaatioprojektiryhmässämme. Lämmitysjärjestelmän mitoituksen tarkasteluun palaamme tämän insinööriyön luvussa 5.2.

2.5 Patteriventtiileiden vaihto

Osana innovaatioprojektia kohteeseen uusittiin myös patteriventtiilit. Uusittujen patteriventtiileiden ansiosta rakennuksen lämmitysjärjestelmä kyettiin tasapainottamaan uudelleen. Lämmitysjärjestelmän tasapainotustyötä helpottivat kohteeseen asennetut TA Eclipse -patteriventtiilit. Kyseisissä venttiileissä on sisäänrakennettu virtauksenrajoitin, minkä ansiosta rakennuksen alkuperäiset kertasäätöventtiilit voitiin avata täysin auki. Itse tasapainotus toteutettiin säätämällä ainoastaan patteriventtiilit uusiin säätöarvoihin. Patteriventtiileiden säätöarvot saatiin laskettua MagiCAD-ohjelmistolla. [2, s. 10.]

2.6 Rakennuksen ilmanvaihto

Rakennuksen ilmanvaihto oli toteutettu koneellisella tulo- ja poistoilmanvaihdolla. Tuloilmakoneita oli yhteensä kolme kappaletta. Niiden sijoittelu käy parhaiten ilmi kuvasta 3. Poistoilmanvaihto oli toteutettu yhteensä seitsemällä poistopuhaltimella, jotka sijaittivat rakennuksen katolla. Ilmanvaihtojärjestelmä ei ollut varustettu lämmöntalteenotolla. Juuri tästä syystä rakennuksen lämmitysenergiakustannukset olivat hyvin suuret. [2, s. 14.]



Kuva 3. Alkuperäisen ilmanvaihtojärjestelmän palvelualueet ja niiden tuloilmakoneet (TK).

3 Suunnittelun lähtötilanne

Kiinteistön energiansäästöhanke suunniteltiin käynnistettiin maaliskuussa vuonna 2020, jolloin aloitettiin lähtötietojen laatiminen. Pääasiallisena tavoitteena oli suunnitella uudistettu, keskitetty ilmanvaihtolaitteisto, joka on varustettu nykyaikaisella lämmöntalteenottolaitteistolla. Lämmöntalteenoton ansiosta rakennuksen energiankulutusta saadaan laskettua huomattavasti.

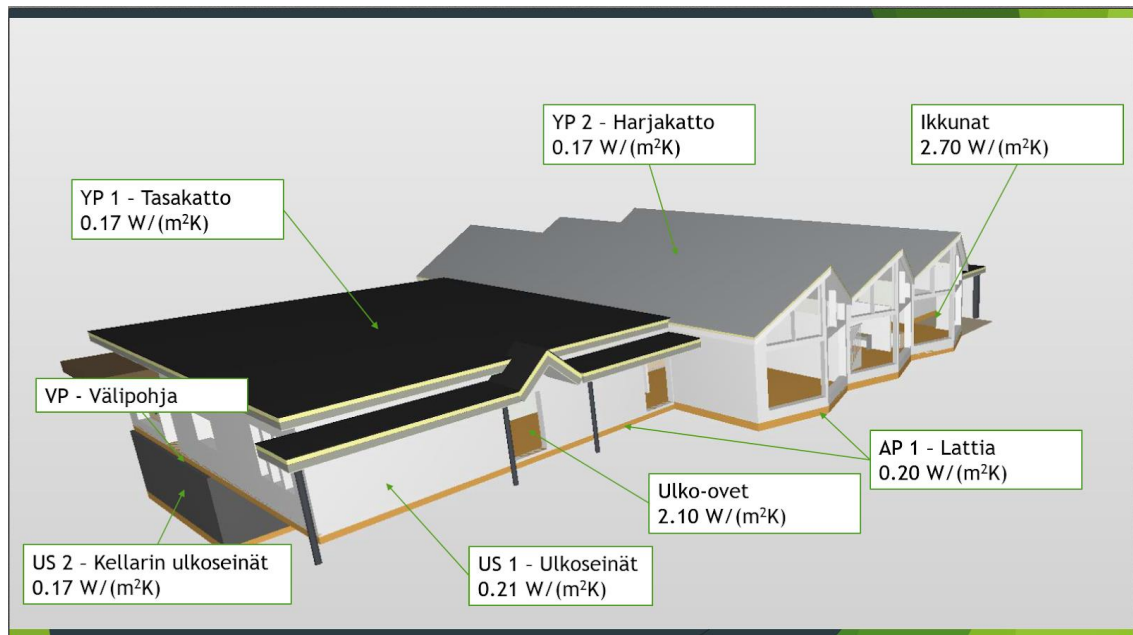
Koska kyseessä oli energiansäästöhanke, tehtiin rakennuksesta myös kattavat energiasimuloinnit. Simuloinneilla pyrittiin laskemaan tulevan ilmanvaihtokoneen tuomia energiasäästöjä. Energiasimulointeja tarvittiin myös kiinteistön omistajan hakemaan Business Finlandin myöntämään energiatukeen. Energiatukea voidaan myöntää yritysten omistamien kiinteistöjen energiaparannushankkeisiin tietyin reunaehdoin.[4] Kohteen energiasimulointien eteneminen on kuvattu seuraavissa luvuissa.

3.1 Riuska-energiasimulointiohjelma

Kiinteistön energiasimuloinnit toteutettiin Riuska-ohjelmalla, joka on Granlund Oy:n pääasiallisesti käyttämä energiasimulointiohjelma. Riuska pohjautuu DOE 2.1E -ohjelmaan, joka on avoimen lähdekoodin energiasimulointiohjelma. Riuskan käyttö edellyttää rakennuksesta IFC-mallia, johon on määritetty rakennuksen rakenteet ja ilmanvaihdon ilmapaikat paikansa pitävillä arvoilla. Tällaisia IFC-malleja voidaan tehdä MagiCad room -ohjelmalla tai arkkitehtien käyttämällä Revit- tai ArchiCAD-ohjelmistoilla. Möysän liiketalon kohdalla luotiin kaksi erilaista IFC-mallia: ArchiCAD-ohjelmalla luotu arkkitehtimalli sekä Riuska-simuloinneissa käytetty MagiCAD room -malli. Kahden eri mallin ratkaisuun päädyttiin siitä syystä, että MagiCAD room -malliin saadaan tuotua enemmän tietoa rakenteista sekä huoneiden ilmapaikoista. [5, s. 17.]

3.2 Lämpöhäviölaskelmat

Möysän liiketalon rakenteiden lämpöhäviöt saatiin suurelta osin määriteltyä alkuperäistä rakenne- ja leikkauspiirustuksista, joissa oli kuvattu rakenteet hyvin seikkaperäisesti. Ikkunoiden ja ulko-ovien lämmönläpäisykertoimet, eli U-arvot, on laskettu vuoden 1985 C3-rakentamismääräyskokoelman mukaisesti. Kyseinen rakentamismääräyskoelma on ollut voimassa oleva rakentamismääräys kiinteistön rakennusaikana. Kuvassa 4 esitetään kohteen rakenteiden U-arvot. [6, s. 2.]



Kuva 4. Liiketalon rakenteiden lämmönläpäisykertoimia.

Liiketalon päärakenteiden lämmönläpäisykertoimet täyttävät selvästi rakennusaikana voimassa olleet rakentamismääräykset.

Taulukko 1. Lämmönläpäisykertoimien vertailua [6, s. 2; 7, s. 5; 8, s. 6–7; 9, s. 7]

Möysän liiketalon lämmönläpäisykertoimien vertailu:

Rakennusosa	Liiketalo	C3 v. 1985	C3 v. 2003	C3 v. 2007	C3 v. 2010	
Seinä / US1	0,21	0,28	0,25	0,24	0,17	W/(m ² K)
Yläpohja	0,17	0,22	0,16	0,15	0,09	W/(m ² K)
Alapohja	0,2	0,22	0,25	0,24	0,16	W/(m ² K)

Taulukossa 1 on vertailtu kiinteistön rakenteiden lämmönläpäisykertoimia eri aikakauden rakentamismääräyskokoelmiin. Möysän liiketalon rakenteet on tehty huomattavasti tiiviimmiksi kuin rakentamisaikaiset määräykset ovat edellyttäneet. Tämä saattaa johtua rakennuksen suurista näyteikkunoista, joiden heikkoa lämmönvastustuskykyä on jouduttu kompensoimaan tiiviimmillä seinä-, ala- ja yläpohjarakenteilla. [6, s. 2.]

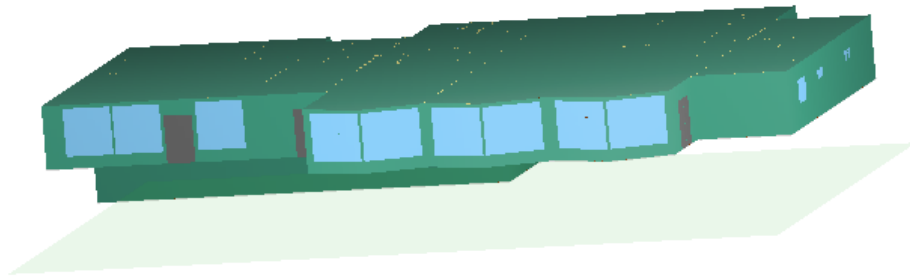
3.3 Ilmanvaihdon ilmamäärät

Osana Metropolian opiskelijoiden tekemää innovaatioprojektia kiinteistöön säädettiin uudet päätelaitekohtaiset ilmamäärät, jotka pohjautuvat FINVAC ry:n tekemään ilmanvaihdon mitoitusoppaaseen. Näitä samoja ilmamääriä käytettiin myös määritettäessä uutta ilmanvaihtokonetta kiinteistöön sekä kohdetta energiasimuloitaessa. [2, s. 22.]

FINVACin tekemä ilmanvaihto-opas on tehty yhteistyössä Suomen LVI-liitto SulVI ry:n, Sisäilmayhdistys ry:n ja Rakennustarkastusyhdistys RTY ry:n kanssa. Ilmanvaihto-oppaan antamat ilmanvaihdon suunnitteluarvot ovat ohjeellisia, mutta täyttävät kaikki tämänhetkiset ilmanvaihtoa koskevat asetukset ja määräykset. [10, s. 15.]

3.4 MagiCAD Room -mallin luominen

Rakennuksen energiasimulointiin käytetty IFC-malli toteutettiin MagiCAD room -ohjelmalla, jolla voidaan tehdä yksinkertaisia 3D-mallinnuksia rakennuksesta. MagiCAD Roomilla on myös mahdollista laskea lämpöhäviöitä sekä määrittää esimerkiksi huonekohtaisia ilmamääriä rakennukselle. Sillä ei kuitenkaan voida tehdä dynaamista energiasimulointia, minkä takia rakennuksesta tehty MagiCAD Room -malli konvertoitiin IFC-muotoon. Kuvassa 5 on esitetty energiasimulointeja varten tehty rakennusmalli. [5, s. 16.]



Kuva 5. MagiCAD Roomilla tehty IFC-malli rakennuksesta.

3.5 Riuska-energiasimuloinnit

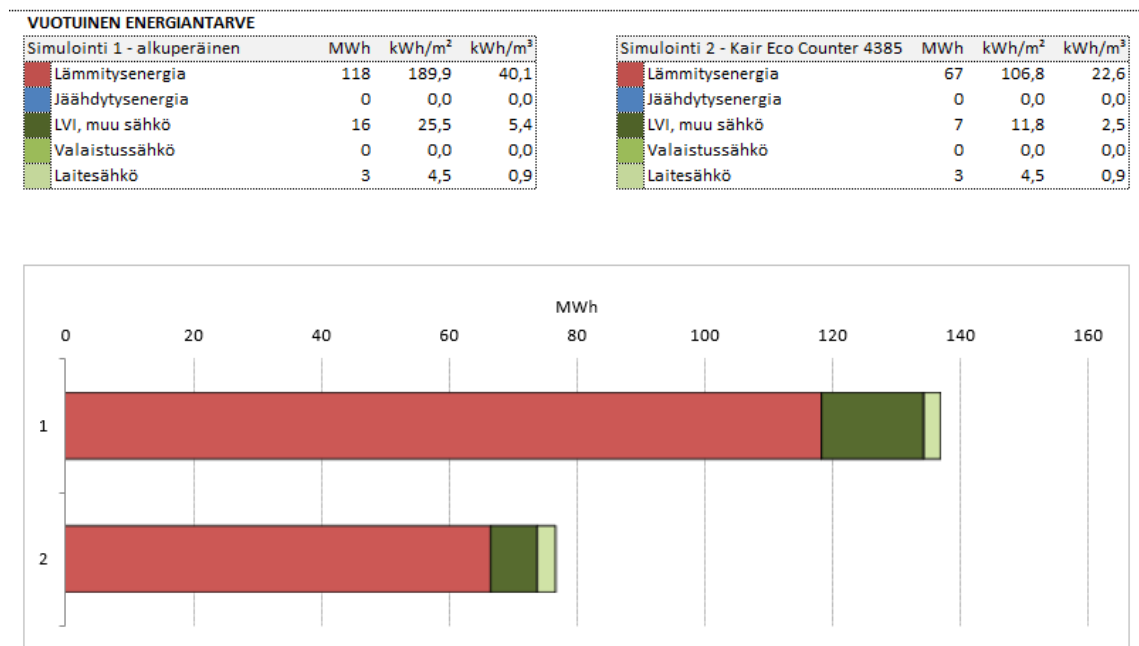
Riuska-ohjelmalla tehdyissä energiasimuloinneissa pystytään määrittämään rakennuksen vuotuinen lämmitysenergiankulutus varsin tarkasti. Tarkan vuosikulutuksen määrittämiseksi simulointiohjelmaan annettavien lähtötietojen on oltava täysin oikeita. Pienikin virhe tai pyöristys saa aikaan varsin suuria eroavaisuuksia lopputuloksessa.

Riuska-ohjelmaan asetettavia parametrejä ovat muun muassa ilmanvaihdon käyntiajat ja palvelualueet, SFP-luku, ilmamäärät sekä lämmöntalteenoton hyötysuhde. Näiden lisäksi rakennusmallin U-arvojen sekä fyysisten mittojen täytyy olla täysin oikeita. Myös ilmansuunnalla on merkitystä, sillä Riuska huomioi myös auringon vaikutuksen rakennuksen lämpökuormaan. [5, s. 17.]

Energiasimuloinnit suoritettiin Lahdessa vuonna 2012 mitatuilla tuntikohtaisilla olosuhteilla ja niitä verrattiin samana vuonna mitattuun kaukolämmön tuntikohtaiseen kulutukseen, jolloin voitiin varmistua mallin oikeellisuudesta. Vuoden 2012 todellinen ja simuloitu kaukolämpöenergiankulutus eroavatkin vain 0,6 MWh:n verran. Prosentuaalisesti tulosten virhemarginaali on siis vain 0,51 %.

Kun laskelmat on saatu vastaamaan reaalitilannetta, voidaan Riuskan parametrit asettaa laskemaan uuden ilmanvaihtokoneen tuomia hyötyjä. Tämän projektin kohdalla uuden ilmanvaihtokoneen suunnittelu oli käynnissä samaan aikaan, kun energiasimulointeja suoritettiin. Tämän ansiosta simuloinneissa voitiin soveltaa Kair ECoCounter 4385 -ilmanvaihtokoneen tarkkoja teknisiä tietoja. Laitteen tarkemmat tekniset tiedot löytyvät liitteestä 2.

Kuvassa 6 esitetty diagrammi osoittaa, että rakennuksen vuotuista kaukolämmitysenergian kulutusta voidaan laskea 51 MWh:n verran nykyaikaisella ilmanvaihtokoneella. Prosentuaalisesti vuosittainen kaukolämpöenergiankulutus laskee siis 43,22 %.



Kuva 6. Energiasimuloinnin vertailua uuden ja alkuperäisen ilmanvaihtolaitteiston välillä.

Huomioimisen arvoista on myös laitteiston vuotuisen sähkönkulutuksen vähentyminen 16 MWh:sta 7 MWh:iin. Täydellinen simulointiraportti on esitettyä liitteessä 1.

3.6 Hankkeen kannattavuus

Ilmanvaihtokoneen uusimisen kannattavuutta arvioitiin myös rahallisesti. Energiasimulointien ansiosta hankkeen tuomat vuosittaiset energiasäästöt voidaan laskea myös rahallisena arvona. Kaukolämpö- ja sähköenergian hinta vaihtelee kuitenkin maailman talouden mukana, joten tarkkojen laskelmien tekeminen on lähes mahdotonta. Seuraavat laskelmat ovat siis hyvin suuntaa antavia.

Kaukolämmityksen kustannukset koostuvat kaavassa 3, esitetystä perusmaksusta sekä taulukossa 2. esitetystä vuodenajan mukaan vaihtuvasta kulutushinnasta. Kaukolämmityksen kokonaishinta saadaan siis määritettyä kaavan 4 avulla. [11]

$$\text{Perusmaksu} = k_2 \times (91,66 + 859,44 \times V) \quad (3)$$

k_2 kaukolämpöyhtiön toisen tariffin korjauskerroin
 V tilausvesivirta

Taulukko 2. Lahti Energian kaukolämpöhinnasto vuodelta 2020.

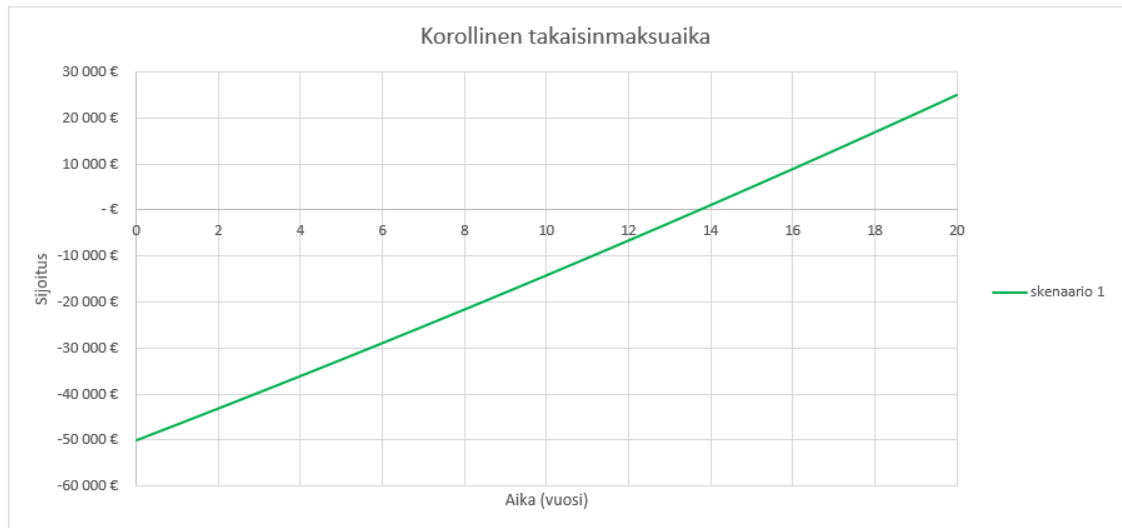
Hintajakso	Kausi	Alv 24 %
1.11–31.3	Talvi	68,20 €/MWh
1.4–31.5	Kevät	53,32 €/MWh
1.6–31.8	Kesä	27,28 €/MWh
1.9–31.10	Syksy	53,32 €/MWh

$$\text{Kaukolämmitysenergia}_{\text{vuosi}} = \text{Perusmaksu} + \text{Kulutus (MWh)} \quad (4)$$

3.7 Korollinen takaisinmaksuaika

Hankkeen kannattavuutta voidaan parhaiten arvioida laskemalla korollinen takaisinmaksuaika. Tässä laskelmassa huomioon otetaan hankkeen kokonaishinta, vuosittaiset

huoltokustannukset, energian hinta sekä inflaation vaikutus rahan arvoon. On siis sanomattakin selvää, että tällaisilla laskelmilla voidaan luoda vain suuntaa antava skenaario tulevaisuudesta. Takaisinmaksuaika on laskettu hyvin pessimistisillä arvoilla, jotta minimoidaan ylilyöntien määrä. Kuvassa 7 on esitetty hankkeen korollinen takaisinmaksuajan kuvaaja. Ilmanvaihtokoneen uudistaminen siis maksaisi itsensä takaisin vajaassa 14 vuodessa.



Kuva 7. Ilmanvaihtokoneen muutostöiden korollisen takaisinmaksuajan kuvaaja.

Liiketalon ilmanvaihtokoneen uudistamisen arvioitiin maksavan noin 50 000 €. Energiasimuloinnit osoittavat, että kaukolämmitysenergiaa pystytään laitteiston uusimisen jälkeen säästämään 51 MWh vuodessa. Rahallisesti tämä tarkoittaa noin 3 500 euron säästöä vuosittain. Laskelmissa otetaan huomioon myös yleinen inflaatio, joka on asetettu 1,1 %:n suuriseksi. Tämän lisäksi kaukolämpöenergian hinnannousu on arvioitu noin 2 %:n suuriseksi. Vuosittaisia huoltokustannuksia, esimerkiksi suodattimien vaihdosta ei huomioitu, sillä kiinteistön omistaja suorittaa ne omakustanteisesti.

Tällaisiin hankkeisiin voidaan myös hakea Business Finlandin myöntämää energiatukea, joka tässä tapauksessa kattaisi 20 % hankintakustannuksista. Hypoteettisesti ajatellen tuki lyhentäisi takaisinmaksuaikaa noin kahdella vuodella yllä olevaan kuvaajaan verrattuna. [4]

3.8 Ympäristövaikutukset

Kiinteistön energiankulutus vaikuttaa myös välillisesti kiinteistön tuottamiin hiilidioksidipäästöihin. Rakennus kuuluu Lahti Energian ylläpitämään kaukolämmitysverkostoon, joka on tällä hetkellä yksi Suomen vähäpäästöisimmistä kaukolämmitysverkostoista. [12.]

Taulukossa 3 esitetty Lahti Energian vuoden 2019 radikaali päästöjen aleneminen selittyy juuri käyttöön otetulla Kymijärvi 3 -biolämpölaitoksella. Valmistunut biolämpölaitos syrjäyttää kivihiilen käytön täysin Lahti Energian kaukolämmitysverkostossa. [13]

Taulukko 3. Lahti Energian ja valtakunnallisen keskiarvon päästövertailu [14; 15].

Kaukolämmityksen CO ₂ -päästöt		
Vuosi	Lahti Energia	Valtakunnallinen keskiarvo
2015	186,36	204
2016	186,52	204
2017	181,1	195
2018	202,5	194
2019	135,88	-

kgCO₂/MWh

Möysän liiketalon välillisiä hiilidioksidipäästöjä voidaan laskea kaavalla 5, esitetyllä tavalla.

$$KgCO_2 = KLkulutus (MWh) * KLverkoston päästöt \left(\frac{KgCO_2}{MWh} \right) \quad (5)$$

Ilmanvaihtokoneen uudistamisen myötä kohteen välillisesti tuottamat hiilidioksidipäästöt laskevat huomattavasti. Taulukossa 4 on laskettu kohteen hiilidioksidipäästöt ennen ja jälkeen muutostyön.

Taulukko 4. Liikerakennuksen CO₂ -päästöjen laskenta-arkki.

Möysän liiketalon CO₂-päästöt

	Energiankulutus (MWh)	KL-verkoston CO ₂ -päästöt kg/MWh (2019)	Kiinteistön CO ₂ -päästöt (t)
Lähtötilanne	118,3	135,88	16,1
Uusittu ilmanvaihtokone	66,6	135,88	9,0
		erotus:	7,1

Nykyaikaisella ilmanvaihtokoneella pystytään vähentämään kiinteistön tuottamia CO₂-päästöjä noin 7 tonnia vuodessa. Vastaava määrä hiilidioksidipäästöjä syntyy 34 654 ajokilometrillä Saab 9-3 2.0T -henkilöautolla. [16]

4 Hankkeen LVI-suunnittelu

Möysän liiketalon ilmanvaihtokoneen vaihdon suunnittelutyö aloitettiin 1.4.2020. Tätä ennen oli hankkeen kannattavuudesta tehty karkeita laskelmia. Tarkemmat simuloinnit, joita opinnäytetyön aiemmat luvut käsittelevät, tehtiin kuitenkin samaan aikaan itse LVI-suunnittelun kanssa.

Projektin aikataulu oli hyvin tiukka, sillä kiinteistön omistajan toiveesta pyrittiin hyödyntämään Covid-19-pandemian aiheuttama asiakasmäärän väheneminen liiketiloja remontoimassa. Tästä syystä projektin valmistumisen takarajaksi asetettiin 31.5.2020.

4.1 Suunnittelun lähtötiedot

Jo aiemmin toteutettu innovaatioprojekti tarjosi erittäin kattavat lähtötiedot kohteesta LVI-suunnittelun kannalta. Kohteen ilmamäärät oli määritelty taulukossa 5 olevan FINVACin ohjeistuksen mukaan, pohjautuen pääasiassa ilmamäärän neliömitoitukseen. Ainoastaan kohteessa sijaitsevaan hierojakouluun voitiin määrittää henkilömäärään perustuvat ilmanvaihtomitoitukset. [2, s. 4; 10, s.15.]

Taulukko 5. FINVACin myymälä- ja liiketilojen ilmamäärien mitoitus taulukko [10, s. 15].

Tila / käyttötarkoitus	Ulkoilma- virta dm ³ /s, hlö	Ulkoilma- virta dm ³ /s, m ²	Poistoilma- virta dm ³ /s, m ²	Muita ohjeita
Myymälä, jossa erittäin alhainen epäpuhtauskuorma		0,35-1,0		Esim. yhdistetty koneteknisten laitteiden varastomyymälä
Pieni myymälä, alhainen epäpuhtauskuorma		1,5		Esim. vaatemyymälä
Pieni myymälä, kohtalainen epäpuhtauskuorma		2		Esim. elintarvikemyymälä, kirjakauppa
Pieni myymälä, suuri epäpuhtauskuorma		3		Esim. kosmetiikkamyymälä, lemmikkieläinkauppa, kukkakauppa
Suuri myymälä (>400 m ²), market tms.	6	1		Mitoitus 6 dm ³ /s, hlö tai 1 dm ³ /s, m ² , kuitenkin vähintään 0,5 dm ³ /s, m ²
Aulat ja myymäläkäytävät kauppakeskuksissa		1-3		Suunniteltava arvioidun käyttäjämäärän perusteella
Varasto		0,35-1,0		Varastoitavan tavarun mukaan

Kun tilakohtaiset ilmamäärät on määritetty, voidaan laskea koko rakennuksen tarvitsema ilmamäärä. Tämä onkin oleellinen tieto määrittäessä uutta keskitettyä ilmanvaihtojärjestelmää.

4.2 Ilmanvaihtokoneen valinta

Möysän liiketalon energiansäästöhankeessa kolme alkuperäistä tuloilmakonetta ja seitsemän poistoilmapuhallinta korvattiin yhdellä keskitetyllä ilmanvaihtokoneella. Tällaisella järjestelyllä saadaan poistoilman lämpöenergia siirrettyä tuloilmaan. Myös kohteen likainen poistoilma (luokka 3) on kytketty keskitettyyn ilmanvaihtoon.

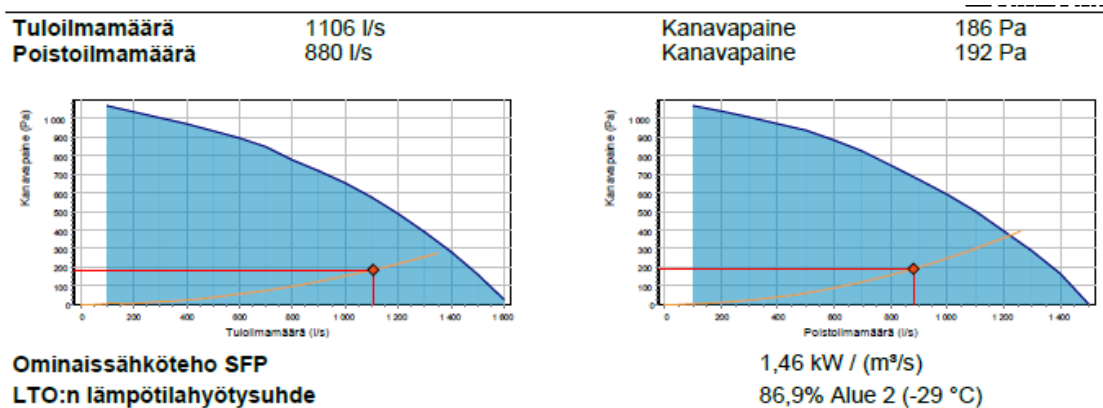
Talotekniikkainfo-sivuston määrittämän luokan 3 poistoilman hyödyntäminen lämmöntalteenotossa poissulkee regeneratiivisen lämmöntalteenottolaitteiston käytön kohteessa. Tästä syystä ilmanvaihtokoneen valinta rajautui vastavirtakennollisiin tai nestepatterilämmöntalteenotolla varustettuihin ilmankäsittelylaitoksiin, joissa tulo- ja poistoilma eivät pääse sekoittumaan keskenään. Liiketalon kohdalla päädyttiin vastavirtakennolla varustettuun laitteistoon korkeamman lämmöntalteenoton hyötysuhteen vuoksi. [17.]

Kun tiedossa on lämmöntalteenottolaitteiston tyyppi, ilmamäärät sekä karkea arvio ilmanvaihtoputkistojen painehäviömäärästä, voidaan aloittaa ilmanvaihtokonemallien vertailu. Tässä hankkeessa ilmanvaihtokoneen valintaan vaikuttavia kriteerejä olivat laitteiston fyysinen koko, lto-laitteiston hyötysuhde sekä nopea toimitusaika.

Ilmanvaihtokoneen valintaprosessi tehtiin tiiviissä yhteistyössä kiinteistön omistajan sekä rakennusurakoitsijan kanssa. Kohteeseen valittiin yhteisymmärryksessä Kair Oy:n valmistama ECoCounter 4385 -ilmanvaihtokone. Ilmanvaihtokoneen valintaan vaikutti lopulta myös omistajan tahto tukea paikallisia yrityksiä. Kair Oy sijaitsee Lahden naapurikunnassa, Hollolassa.

4.3 Kair ECoCounter 4385 -ilmanvaihtokone

ECoCounter-mallin ilmanvaihtokone on varustettu EC-tasavirtakammionpuhaltimilla, joita voidaan säätää portaattomasti. Portaaton säätötapa helpottaa ilmanvaihtoverkoston tasapainottamista sekä lisää ilmanvaihtokoneen energiatehokkuutta tarkemman säätötavan sekä pienemmän energiankulutuksen ansiosta. Kuvassa 8 on esitetty valitun ilmanvaihtokoneen tulo- ja poistopuhaltimen tuottokäyrät sekä SFP-luku.



Kuva 8. Ilmanvaihtokoneen tulo- ja poistoilmapuhaltimien suunniteltu toimintapiste.

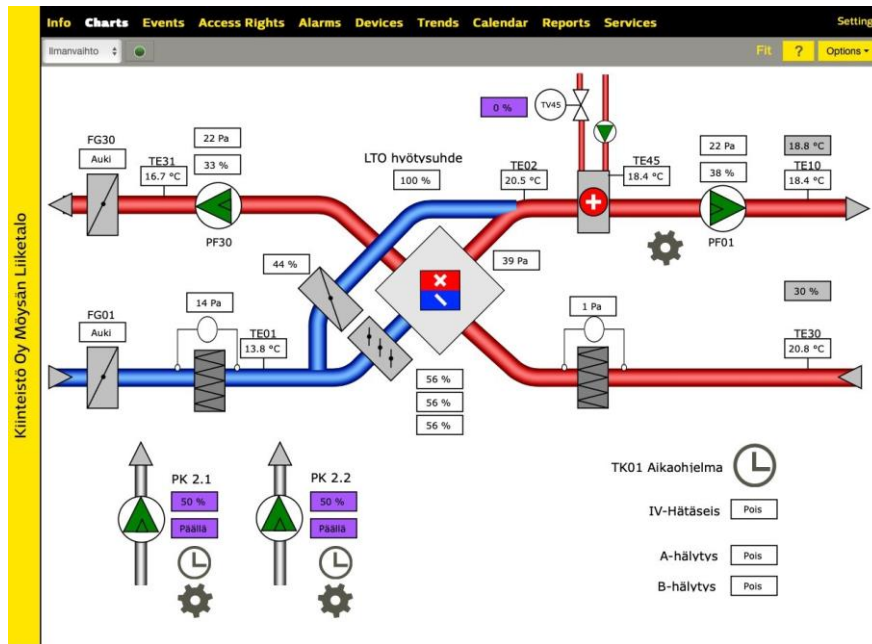
SFP-luku ilmaisee puhaltimen sähköenergiatehokkuutta, ja se muodostuu kaavan 6 mukaisesti. [18, s. 3.]

$$SFP = \frac{P_{tulo} + P_{poisto}}{q_{max}} \quad (6)$$

SFP	ilmankäsittelykoneen ominaissähköteho
P_{tulo}	tuloilmapuhaltimen ottama sähköteho, kW
P_{poisto}	poistopuhaltimen ottama sähköteho, kW
q_{max}	koneen ilmavirroista suurempi (tulo tai poisto), m ³ /s

SFP-luku määrittää puhaltimien sähkötehon suhteessa ilmamäärään, jolloin saadaan puhaltimen energiatehokkuutta kuvaava vertailukelpoinen luku. Ympäristöministeriön rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskentaohje määrittää uudiskohteissa SFP-luvun maksimiarvoksi 1,8 kW/(m³/s). Liiketalon ilmanvaihtokoneen vaihtotyössä ei edellytetty rakennuslupaa, joten SFP-lukua ei tarvitse virallisesti laskea. Kohde täyttää asetetut vaatimukset kuitenkin kirkkaasti, SFP-luvun jäädessä 1,46kW/(m³/s). Vertailun vuoksi alkuperäisten ilmanvaihtolaitteiden yhteenlasketuksi SFP-luvuksi mitattiin innovaatioprojektin aikana 2,5 kW/(m³/s). [19]

Liiketalon ilmanvaihtokone varustettiin myös lämmöntalteenottokennon lohkosulatuspellillä, jotka nostavat LTO-kennon hyötysuhdetta entisestään. Lohkosulatuspellit nimensä mukaisesti sulkevat vastavirtakennon tuloilmapuolen kolmessa osassa, estäen LTO-kennon jäätymistä. Järjestelmä poikkeaa normaalista sulatuspellistä siten, että se ei sulje koko lämmöntalteenottoa kerralla. Tällä tavoin lämpöä saadaan otettua talteen jatkuvasti, myös kovillakin pakkasilla. Lohkosulatuspellistön toteutustapa on esitetty kuvassa 9.

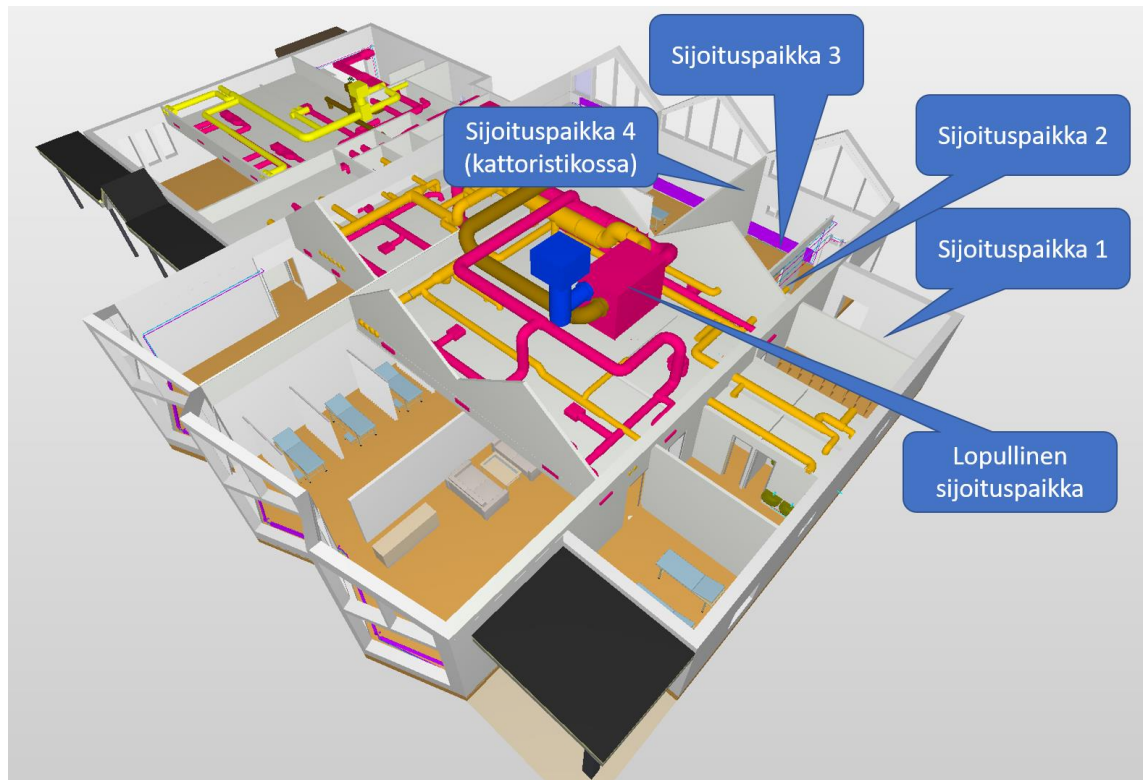


Kuva 9. Liiketalon automaatiojärjestelmästä otettu kuva lohkosulatuspelleistä.

Ilmanvaihtokoneen tuloilma lämmitetään vesikiertoisella patterilla, jonka energia tuotetaan kaukolämmitysenergialla. Lämmöntalteenottokennoston myötä tarvitaan huomattavasti vähemmän myös kaukolämpöenergiaa lämmittämään koneen tuottamaa tuloilmaa. Tämä johtaa vääjäämättä siihen, että kaukolämmitysjärjestelmän säätöventtiileiden mitoitus on myös syytä tarkastella. Opinnäytetyö käsittelee myös tätä aihetta, sillä energiansäästötoimenpiteet on syytä suunnitella ja toteuttaa kokonaisvaltaisesti.

4.4 Ilmanvaihtokoneen sijoitus

Hankkeen haastavin prosessi oli löytää ilmanvaihtokoneelle uusi sijoituspaikka. Kair Oy:n valmistama ilmanvaihtokone on fyysisiltä mitoiltaan huomattavasti suurempi kuin rakennuksen alkuperäiset ilmanvaihtokoneet. Rakennuksessa ei aiemmin ollut varsinaista ilmanvaihtokonehuonetta, minkä takia uuden laitteiston sijoittaminen tuotti runsaasti haasteita. Viiden eri huonelayoutin kautta päädyimme toteutuskelpoiseen ratkaisuun, jossa uusi ilmanvaihtokonehuone rakennetaan rakennuksen ullakolle. Kuvassa 10 näytetään esisuunnitteluvaiheessa harkittuja sijoitusvaihtoehtoja. Ilmanvaihtokonehuoneen suunnittelusta sekä rakennetekniikasta vastasivat ulkopuoliset suunnittelijat.

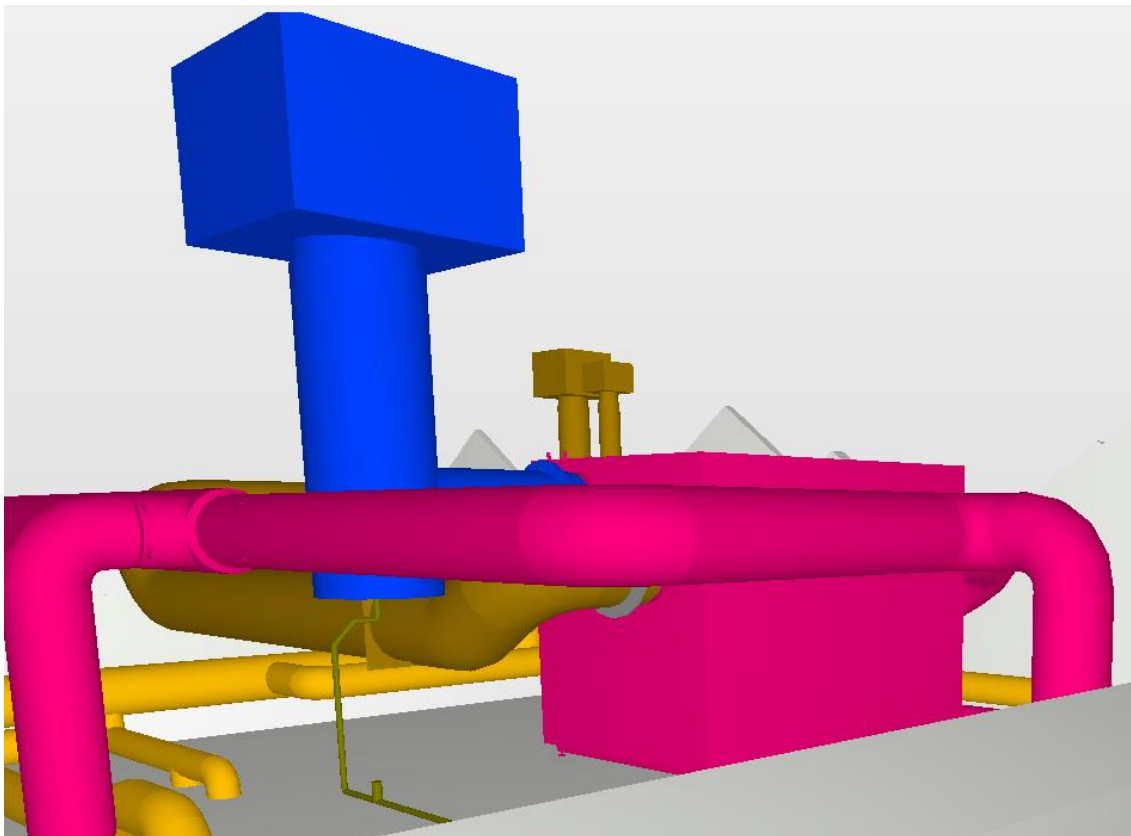


Kuva 10. Ilmanvaihtokoneen esisuunnitteluvaiheen sijoitusvaihtoehtoja.

4.5 Raitis ilma

Uuden ilmanvaihtokoneen raitisilma otetaan suoraan rakennuksen katolta, jolloin vaaditaan erillinen raitisilmakatos. Raitisilmakatoksen tarkoituksena on estää lumen ja veden pääsy ilmanvaihtokoneeseen. Tässä tapauksessa raitisilmakatokseen johtavaa ilmanvaihtoputkea suurennettiin yhdellä koolla verrattuna ilmanvaihtokoneesta lähtevään putkikokoon, minkä ansiosta ilman nopeudeksi putkessa saatiin alle 2 m/s. Liian suuri ilmannoisuus raitisilmakanavassa tai -katoksessa voi aiheuttaa kosteuden siirtymisen ilmanvaihtokoneen suodattimiin. Varmuuden vuoksi raitisilmakanava myös viemäröintiin, jotta siirtynyt tai tiivistynyt kosteus johtuu suoraan viemäriin. Tällaisissa viemäröinneissä on oleellista käyttää mekaanista hajulukkoa estämään viemäristä tulevien epäpuhtauksien johtuminen tuloilmaan. Kuvassa 11 on kuvattu raitisilmanotto sekä sen viemäröintitapa.

Raitisilmakatoksen täytyy myös olla yli 0,9 metriä korkea mitattuna kattopinnasta, jotta lumi ei pääsisi tukkimaan sitä. Raitisilmalaitteiden läheisyydessä ei saa myöskään olla poistopuhaltimia, tuuletusviemäreitä tai muita epäpuhtauslähteitä. [20]



Kuva 11. Ilmanvaihtokoneen raitisilmakanavan viemäröinti.

4.6 Jäteilma

Liiketalon jäteilman ulospuhalluksessa hyötykäytettiin vanhoja poistoilmapuhaltimille tehtyjä kattoläpivientejä. Hyötykäyttämällä vanhoja läpivientejä säästettiin rakennuskustannuksissa. Suunnittelun kannalta tällaiset kytkennät ovat hyvin ongelmallisia, sillä ulospuhalluksen nopeutta tai painehäviötä on lähes mahdoton määrittää. Järjestelmä kuitenkin toimi toivotulla tavalla.

4.7 Tulo- ja poistoilmanvaihto

Ilmanvaihdon muutostöissä pyrittiin hyötykäyttämään mahdollisimman paljon kohteen alkuperäisiä ilmanvaihtokanavia. Pääajatuksena oli suunnitella uudet tulo- ja poistoilmanavarungot, jotka kulkevat talon ullakon lävitse. Näihin runkoihin kytkettiin kaikki alkuperäiset kanavalähdöt. Kanavalähtöihin sijoitettiin säätöpellit, jotta kanavisto saadaan tasapainotettua. Runkokanaviin suunniteltiin myös äänenvaimentimet, joiden ansiosta huoneiden päätelaitteiden äänitasot saatiin määräysten mukaisiksi.

4.8 Palosuojaukset

Uuden ilmanvaihtokonehuoneen sekä muuttuneiden kanavareittien takia kohteessa jouduttiin miettimään myös rakennuksen paloturvallisuutta. Ympäristöministeriön Ilmanvaihtolaitteiston paloturvallisuusopas määrittää rakennuksen uuden ilmanvaihtokonehuoneen palonkestoluokaksi EI60, joka tarkoittaa käytännössä tiiviyyttä ja eristävyyttä 60 minuutin ajan tulipalon sattuessa. Palo-osastojen lävistyksen toteutettiin EI60-luokan kriteerit täyttävillä palopelleillä. [21]

5 Kaukolämmitysjärjestelmän tarkastelua

Uudistetun ilmanvaihtojärjestelmän ansiosta kohteen energiatehokkuus on kasvanut huomattavasti. Tehtyjen energiasimulointien perusteella voidaan olettaa vuotuisen kaukolämmitysenergian laskevan 118 MWh:sta 67 MWh:iin (liite 1). Käytännössä kaukolämmitysenergiankulutuksen väheneminen konkretisoituu ilmanvaihdon lämmityspiirin vähentyneenä energiankulutuksena, käyttöveden- ja patterilämmityspiirin kulutuksen pysyessä ennallaan.

5.1 Kaukolämmitysjärjestelmän mitoitus ennen hanketta

Möysän liiketaloon uusittiin kaukolämpöjärjestelmä vuonna 2016, jolloin järjestelmän mitoistietona käytettiin kohteen alkuperäisiä LVI-suunnitelmia. Taulukossa 6 on esitetty kohteen alkuperäiset kaukolämpöjärjestelmän mitoitusarvot.

Taulukko 6. Liiketalon kaukolämpöjärjestelmän tekniset tiedot ennen muutoksia.

Kohde		Möysän Liiketalo -alkuperäinen					
LÄMMÖNSIIRTIMET		Käyttövesi LS 1		Lämmitys LS 2		Ilmanvaihto LS 3	
Valmistaja		Alfa Laval		Alfa Laval		Alfa Laval	
Malli		CB60-52L :2		CB60-20L 6C-HES		CB60-50L 6C-HES	
Teho	kW	150		50		122	
		ensiö	toisio	ensiö	toisio	ensiö	toisio
Virtaus	dm ³ /s	0,74	0,75	0,42	0,98	0,17	0,4
Lämpötilat	°C - °C	70 - 20	10 - 58	115 - 43	40 - 70	115 - 43	40 - 70
Painehäviö	kPa	17	20	1	5	1	4
SÄÄTÖVENTTIILIT		Käyttövesi TV 1		Lämmitys TV 2		Ilmanvaihto TV 3	
Valmistaja		Honeywell		Honeywell		Honeywell	
Malli		V5825		V5825		V5825	
Virtaus	dm ³ /s	0,74		0,42		0,17	
Painehäviö	kPa	44		40		37	
Koko / kvs-arvo	DN / k _{vS}	20	/	4	15	/	2,5
Auktoriteetti	m ³ /h	0,73		0,67		0,62	

Siirintehoihin nähden vuonna 2016 uusitun kaukolämmitysjärjestelmän säätölaitteet on mitoitettu K1/2013, rakennusten kaukolämmitys -määräyksen mukaisesti. Taulukossa 6 on laskettu kaukolämmityksen säätöventtiileiden auktoriteetti eli vaikutusaste arvot. Tämä arvo kuvaa säätöventtiilin säätökykyä suhteessa virtaukseen. K1-määräys edellyttää, että kaukolämmityksessä säätöventtiilin vaikutusasteen täytyy olla yli 0,50. Venttiilin auktoriteetti saadaan määritettyä kaavalla 7. [22, s. 15.]

$$\beta = \frac{\Delta P_{sv}}{\Delta P_{mitt}} \quad (7)$$

- β venttiilin vaikutusaste eli auktoriteetti, m³/h
 ΔP_{sv} valitun säätöventtiilin aiheuttama painehäviö mitoitusvirtaamalla
 ΔP_{mitt} lämmönmyyjän ilmoittama käytettävissä oleva paine-ero

Kaukolämmityksen ensiöpiirin säätöventtiilit nimensä mukaisesti säätävät kaukolämmön virtausta rakennuksen tarpeen mukaisesti. Liian pieneksi mitoitettu säätöventtiili saattaa aiheuttaa ensiöpuolen verkostossa liian suuren painehäviön, minkä takia järjestelmän virtaus jää vajavaiseksi. Liian suureksi mitoitettu säätöventtiili taas aiheuttaa lämpötilojen ja virtauksen huojumista, jolloin myös rakennuksen kaukolämpöenergian kulutus kasvaa olennaisesti.

5.2 Kaukolämmitysjärjestelmä ilmanvaihtokoneen vaihdon jälkeen

Ilmanvaihtokoneen vaihdon yhteydessä tarkasteltiin myös kaukolämmitysjärjestelmän mitoitus tietoja uudessa valossa. Ilmanvaihtokoneen LS 3 -lämmönsiirtimeltä vaadittu teho laski 122 kW:sta 50 kW:iin, minkä ansiosta alkuperäisen verkoston säätöventtiilin auktoriteetti laski 0,10. Tämä arvo alittaa K1-määräyksen asettaman raja-arvon huomattavasti.

Tehon laskeminen LS 3 -siirtimessä vaikuttaa myös suoraan sen ensiö- ja toisiovirtaukseen. Tämän takia siirtimen uudet mitoitus tiedot jouduttiin myös varmistamaan lämmönsiirtimen valmistaja Alfa Laval Oy:ltä. Yrityksen edustaja varmisti mitoituksen toimivuuden.

Samalla kertaa tarkasteltiin myös rakennuksen alkuperäistä lämmitys- ja käyttövesiverkoston siirrin- ja säätöventtiilimitoitusta. Käyttöveden osalta rakennuksesta on ajan saatossa purettu kaikki käytössä olleet käyttövesikiertoiset lämmityslaitteet, jotka oli kytketty lämpimän käyttöveden kiertojohtoon. Tästä syystä käyttöveden siirrintehoa voitiin laskea 30 kilowattia. Mitoitustehon madaltumisen myötä käyttöveden ensiöpiiriin mitoitettiin K_{vs} 2,5 m³/h kokoinen säätöventtiili, jonka auktoriteettiarvo on 1,15 m³/h. Säätöventtiili on tarkoituksella mitoitettu hieman tiukaksi, jotta sen reaktiokyky olisi mahdollisimman nopea.

Patterilämmitysverkoston LS 2 -lämmitystehon määrittäminen perustuu kohteessa tehtyihin mittauksiin, jotka suoritettiin marraskuussa vuonna 2018. Lämmitysverkoston toisipuoleen asennettiin lämpötilaa sekä virtausta mittaavat anturit, joiden avulla saatiin määritettyä patteriverkostoon johdettu lämmitysteho. Saatua verkoston lämmitysteho voidaan redusoida vastaamaan mitoitus tehoa käyttäen kaavaa 8. Käytännössä redusoinnilla tarkoitetaan mitattujen arvojen muuttamista mitoitusarvoiksi.

$$\Phi_{t_{u1}} = \frac{t_s - t_{u1}}{t_s - t_{u2}} \times \Phi_{t_{u2}} \quad (8)$$

$\phi_{t_{u1}}$	mitoitusteho -29 °C:ssa
t_s	sisäilman lämpötila (21 °C)
t_{u1}	mitoitusulkolämpötila (-29 °C)
t_{u2}	mittaushetken ulkolämpötila
$\Phi_{t_{u2}}$	mitattu teho (kW)

Redusoidusti laskemalla verkoston mitoitusteho saadaan määritettyä hyvin luotettavasti, sillä kaavan lähtötiedot pohjautuvat mitattuihin arvoihin.[23, s. 14.] Taulukossa 7 on lisätty kohteen mittaustulokset sekä redusoidut tehoarvot yhdeltä päivältä.

Taulukko 7. Vuorokauden kestäneiden mittausten huippuarvot.

17.10.2019	Ilman lämpötila	Mitattu teho	Sisälämpötila	Mitoitus ulkolämpötila	Redusoitu teho
klo	°C	W	°C	°C	kW
10.00.00	5,3	8992	21	-29	28,64
13.10.00	6,3	7946	21	-29	27,03
13.20.00	6,3	7925	21	-29	26,96
11.50.00	6	8043	21	-29	26,81
10.10.00	5,4	8352	21	-29	26,77
11.00.00	5,4	8300	21	-29	26,60
9.40.00	5	8482	21	-29	26,51

Pohjatiedot perustuvat Ta Scope -laitteella tehtyihin mittauksiin sekä rakennuksen automaatiojärjestelmästä poimittuihin ulkolämpötilatietoihin. Näitä kahta tietoa yhdistelemällä saadaan johdettua redusoitu mitoitusteho. Taulukossa 7 on poimittu mittauksen seitsemän suurinta redusoitua arvoa. Suurin redusoitu teho on siis 28,64 kW, joka varmuuden vuoksi pyöristettiin 30 kW:iin kaukolämmitysjärjestelmän mitoituksessa.

5.3 Päivitetty kytkentäkaavio

Luvussa 5.2 esitettyjen lähtötietojen valossa koko liikerakennuksen lämmönjakokaavioon saatiin määritettyä uudet säätöventtiilit sekä uudet siirrintehot. Taulukossa 8 on esitetty kaukolämmitysjärjestelmän uudet mitoitusarvot, jotka ovat korostettu vihreällä värillä. Kiinteistön omistaja on hyväksyttänyt uudet mitoitusarvot Lahti Energialla.

Taulukko 8. Kaukolämmitysjärjestelmän tekniset tiedot ilmanvaihtokoneen vaihdon jälkeen.

Kohde		Möysän Liiketalo -Ilmanvaihtokoneen vaihdon jälkeen					
LÄMMÖNSIIRTIMET		Käyttövesi LS 1		Lämmitys LS 2		Ilmanvaihto LS 3	
Valmistaja		Alfa Laval		Alfa Laval		Alfa Laval	
Malli		CB60-52L :2		CB60-20L 6C-HES		CB60-50L 6C-HES	
Teho	kW	120		30		50	
		ensiö	toisio	ensiö	toisio	ensiö	toisio
Virtaus	dm ³ /s	0,58	0,60	0,10	0,24	0,17	0,40
Lämpötilat	°C - °C	70 - 20	10 - 58	115 - 43	40 - 70	115 - 43	40 - 70
Painehäviö	kPa	17	20	1	4	1	4
SÄÄTÖVENTTIILIT		Käyttövesi TV 1		Lämmitys TV 2		Ilmanvaihto TV 3	
Valmistaja		-		-		-	
Malli		-		-		-	
Virtaus	dm ³ /s	0,58		0,10		0,17	
Painehäviö	kPa	69		83		37	
Koko / kvs-arvo	DN / k _{vs}	15	/ 2,5	20	/ 0,4	15	/ 1
Auktoriteetti	m ³ /h	1,15		1,38		0,61	

Kaukolämmitysjärjestelmän uudelleenmitoitus ei varsinaisesti ole energiasäästötoimi. Uudelleenmitoituksella pyritäänkin vastaamaan rakennuksen pienentyneeseen energi-ankulutukseen, joka simuloitiin opinnäytetyön luvussa 3.5. Tässä tapauksessa säätöventtiileiden uudelleenmitoitus on lähes välttämätön toimenpide, jotta voidaan varmistua siitä, että järjestelmä toimii toivotulla tavalla.

6 Yhteenveto

Tässä opinnäytetyössä olen käsitellyt Möysän liiketalon energiasäästöhankkeen eri vaiheita innovoinnista toteutukseen. Hankkeessa ajatus kiinteistön ilmanvaihdon uudistamisesta johti lopulta tarkkojen energiasimulointien ansiosta toteutukseen. Toteutus päätöksen ja valmistumisen väliin mahtui useita haasteita, jotka kuitenkin selätettiin hyvässä yhteisymmärryksessä hankkeen eri osapuolien kanssa. Liikerakennuksen erilliset tulo- ja poistoilmanvaihtokoneet korvattiin yhdellä keskitetyllä ilmanvaihtokoneella, mikä toi mukanaan käytännön haasteita. Tilan ahtauden ja paloturvallisuuden takia jouduttiin tekemään kosolti suunnittelutyötä. Rakennuksen ullakkotiloihin rakennettiin kokonaan uusi ilmanvaihtokonehuone, jonne uusi laitteisto lopulta sijoitettiin. Uuden sijoituspaikan takia ilmanvaihtokoneen raitisilmaotto toteutettiin raitisilmakatoksena, joka sijaitsee rakennuksen katolla.

Energiasimulointien perusteella kohteen kaukolämpöenergiankulutus laski 51 MWh, eli siinä on 43,2 %:n lasku verrattuna alkuperäiseen tilanteeseen. Korollisesti laskettuna ilmanvaihtolaitteisto maksaa itsensä takaisin alle 14 vuodessa. Välillisiä hiilidioksidipäästöjä pystyttiin alentamaan noin 7 000 kilogrammaa vuodessa. Yksinkertaisilla muutoksilla saadaan aikaan isoja vaikutuksia.

Opinnäytetyön tuloksena saatuja energiasimulointeja tullaan vertaamaan toteutuneisiin kulutuslukemiin Jori Knuutilan insinööriyössä.

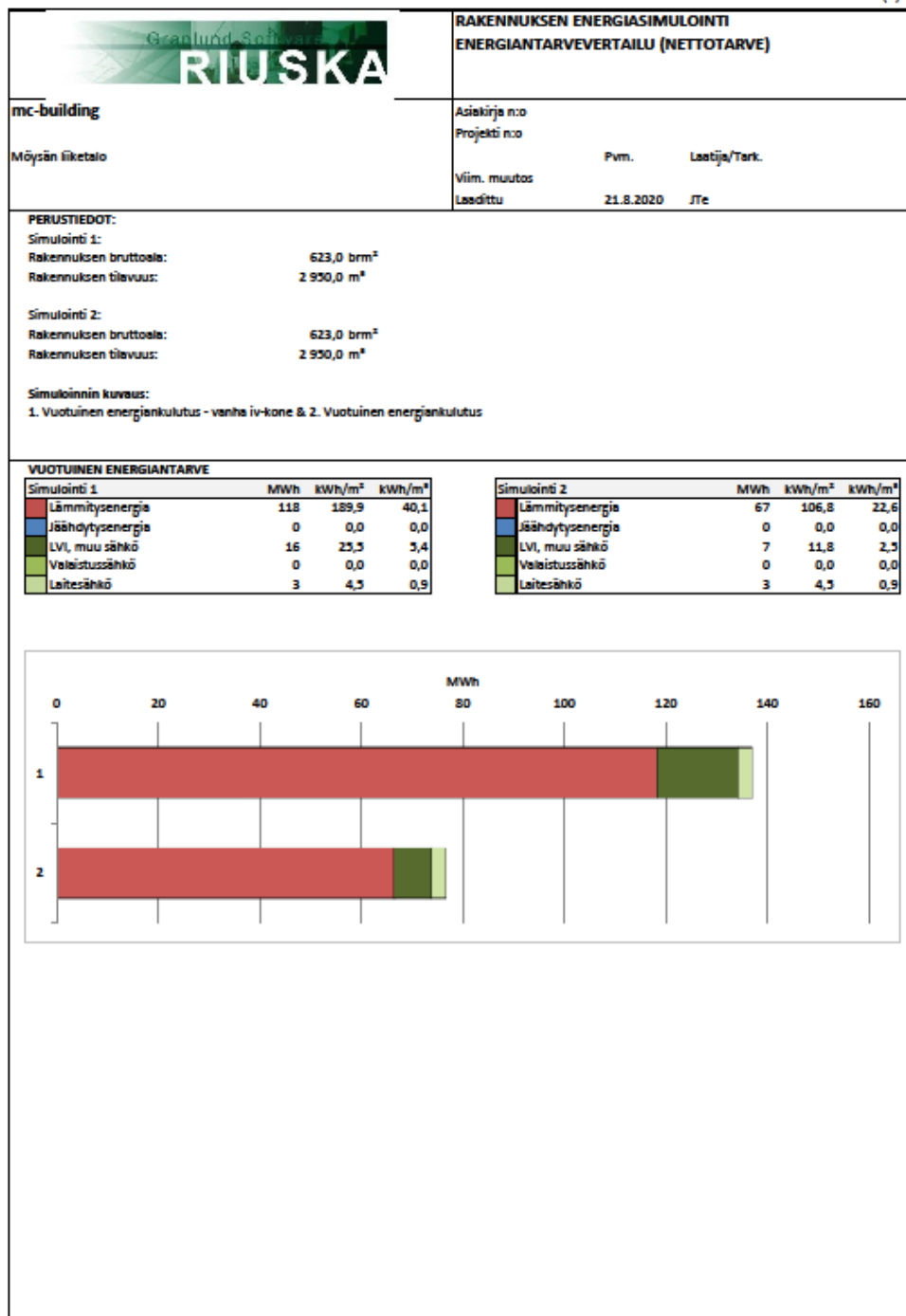
Lähteet

- 1 Energiatehokkustyömme tuloksia. 2019. Verkkoaineisto. Motiva Oy. <https://www.motiva.fi/ratkaisut/energiatyoojhelma_2019>. Luettu 13.10.2020.
- 2 Knuuttila Jori; Tontti Mikko & Tiilinen Joonas. 2019. Möysän liiketalon energiansäästöhanke. Innovaatioprojekti. Metropolia ammattikorkeakoulu.
- 3 Kulutuksen normitus. Laskentakaavat ja -ohjeet. 2016. Verkkoaineisto. Motiva Oy. <www.motiva.fi/kulutuksenormitus>. Luettu 4.9.2020.
- 4 Energiatuki. Verkkoaineisto. Business Finland Oy. <<https://www.businessfinland.fi/suomalaisille-asiakkaille/palvelut/rahoitus/energiatuki/>>. Luettu 11.9.2020.
- 5 Näränen, Jari. 2011. Riuska-ohjelman käyttö ja arviointi. Opinnäytetyö. Oulun seudun ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.
- 6 Lämmöneristys, määräykset. 1985. Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa C3. Helsinki: ympäristöministeriö.
- 7 Lämmöneristys, määräykset. 2003. Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa C3. Helsinki: ympäristöministeriö.
- 8 Lämmöneristys, määräykset. 2007. Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa C3. Helsinki: ympäristöministeriö.
- 9 Lämmöneristys, määräykset. 2010. Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa C3. Helsinki: ympäristöministeriö.
- 10 Opas ilmanvaihdon mitoitukseen muissa kuin asuinrakennuksissa. 2020. Verkkoaineisto. FINVAC Ry. Luettu 24.8.2020.
- 11 Lämpömaksuhinnasto. Verkkoaineisto. Lahti energia Oy. <<https://www.lahtienergia.fi/fi/lampo/hinnastot-sopimusehdot/kaukolammon-hinnat>>. Luettu 5.9.2020.
- 12 Lahti näyttää esimerkkiä. Verkkoaineisto. Lahti energia Oy. <<https://www.lahtienergia.fi/fi/edellakavelija/vertailu>>. Luettu 13.9.2020.
- 13 Kymijärvi III – biolämpölaitos. Verkkoaineisto. Lahti energia Oy. <<https://www.lahtienergia.fi/fi/lahti-energia/energian-tuotanto/kymijarvi-iii>>. Luettu 23.08.2020.
- 14 Asplund, Iina. 2020. Myynti-insinööri, Lahti energia Oy, Lahti. Keskustelu 21.08.2020.

- 15 12.3.2 Sähkön- ja lämmöntuotannon CO₂-päästöt. Verkkoaineisto. Tilastokeskus Oy. <https://pxhopea2.stat.fi/sahkoiset_julkaisut/energia2019/data/t12_03_2.xlsx>. Luettu 21.08.2020.
- 16 Traficom – asiointipalvelu. Verkkoaineisto. Traficom Oy. <<https://www.traficom.fi/fi/>>. Luettu 23.08.2020.
- 17 Poistoilmaluokat. Verkkoaineisto. Talotekniikkainfo Oy. <<https://www.talotekniikkainfo.fi/sisailmasto-ja-ilmanvaihto-opas/13-ss-poistoilmaluokat>>. Luettu 28.08.2020.
- 18 Ilmanvaihtojärjestelmän ominaissähköteho SFP. 2013. LVI 30-10529. Rakennustieto Oy.
- 19 Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä annetun ympäristöministeriön asetuksen muuttamisesta. 2017. 2/17.
- 20 Ulkoilmalaitteiden ja ulospuhallusilmalaitteiden sijoittaminen. Verkkoaineisto. Talotekniikkainfo Oy. <<https://www.talotekniikkainfo.fi/sisailmasto-ja-ilmanvaihto-opas/14-ss-ulkoilmalaitteiden-ja-ulospuhallusilmalaitteiden-sijoittaminen>>. Luettu 24.7.2020.
- 21 Rakennusosien ja tarvikkeiden luokat. Verkkoaineisto. Talotekniikkainfo Oy. <<https://www.talotekniikkainfo.fi/ilmanvaihtolaitosten-paloturvallisuus-opas/5-4>>. Luettu 24.7.2020.
- 22 K1/2013. Rakennusten kaukolämmitys määräykset ja ohjeet. 2013. Energiateollisuus Ry.
- 23 Kaukolämpölaitteiden katselmus. 1995. K3/1995. Lämpölaitosyhdistys Ry.

Riuska-energiasimulointi

1 (1)



RIUSKA ver. 5.4.3 C:\Users\JTe\Desktop\Möysä\Riuska\mall\työryy-riuska.rsk / laskentatapaus: 2,1
 Energia vertailu uusi vs. vanha.xlsx

Kair 4385 -koneajo



Koneajo
KAIR ECoCounter 4385-EC-VP-FIM-LS-L
Tasavirtakammiopuhaltimet-EC
Vastavirtalämmönvaihdin



Kohde

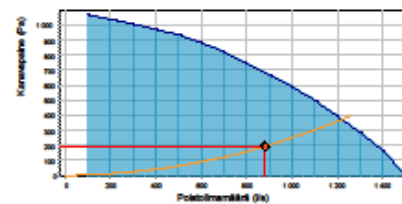
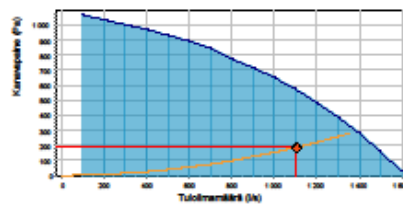
Lisätiedot

Konetunnus



Tuloilmamäärä 1106 l/s
Poistoilmamäärä 880 l/s

Kanavapaine 186 Pa
Kanavapaine 192 Pa

**Ominais sähköteho SFP**1,46 kW / (m³/s)**LTO:n lämpötilahyötysuhde**

86,9% Alue 2 (-29 °C)

Äänitiedot

	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1k Hz	2k Hz	4k Hz	8k Hz	Lw	LwA
	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB(A)
Tuloilma	69	71	72	71	74	69	65	63	79	77
Poistoilma	55	64	61	59	51	44	30	23	67	59
Ulkoilma	52	65	68	65	60	56	47	40	72	66
Jättilma	68	75	68	72	71	67	63	60	79	75
Valpan läpi	61	59	49	49	50	41	37	34	64	53

Tuloilmasuodatin

Malli
Koko
Suodatusluokka
Alkupainehäviö (puhdas)
Painehäviömitoitus (0% likaantunut)
Loppupainehäviö (liikainen)

Pussisuodatin
2kpl 490x744x450/6
PM1, 60% (F7)
104 Pa
104 Pa
208 Pa

Poistoilmasuodatin

Malli
Koko
Suodatusluokka
Alkupainehäviö (puhdas)
Painehäviömitoitus (0% likaantunut)
Loppupainehäviö (liikainen)

Pussisuodatin
2kpl 490x744x450/4
PM10, 60% (M5)
33 Pa
33 Pa
82 Pa

Jälkilämmityspatteri

Haluttava teho 45,00 kW
Patterin teho 45,00 kW
Putkiläitänä 2x DN32 UK
Ilma
Otsapintanopeus 1,9 m/s
Painehäviö 25 Pa
Tuloilma LTO:n jälkeen -9,9 °C
Laskenta (sis. turvarajan 4 °C) -13,9 °C
Lämpötila patterin jälkeen 20 °C
Neste
Menovesi 60 °C
Paluuvesi 40 °C
Nestevirta 0,54 l/s
Nesteen painehäviö 10,4 kPa
Virtausnopeus 0,67 m/s

KAIR -tuotteet
Oy Pamon Ab
puh 0424 958 1
fax 0424 958 240

www.kair.fi
myynti@kair.fi

11.4.2020
18.29
Versio 4.5