



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Ville Veid

Rakennuksen jäähdytys- ja lämmitys- järjestelmän virtaamien säätö ja opti- mointi

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Rakennusmestari LVI (AMK)

Rakennusalan työjohto

Opinnäytetyö

23.01.2022

Tekijä Otsikko	Ville Veid Rakennuksen jäähdytys- ja lämmitysjärjestelmän virtaamien- säätö ja optimointi
Sivumäärä Aika	41 sivua + 3 liitettä 23.01.2022
Tutkinto	rakennusmestari (AMK)
Tutkinto-ohjelma	rakennusalan työnjohto, LVI-tekniikka
Ammatillinen pääaine	LVI-tekniikka
Ohjaajat	Lehtori Jyrki Viranko Lvi-insinööri Janne Ahonen
<p>Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää, onko rakennuksen jäähdytys- ja lämmitysjärjestelmissä jokin vialla. Haluttiin selvittää, olivatko virtaamat säädetty oikein vai onko järjestelmässä suurempi vika tai saisiko sitä toimimaan paremmin. Opinnäytetyön sai aikaan rakennuksen vuokralaisen reklamointi huonelämpötilojen noususta, minkä vuoksi esimieheni ehdotti kyseistä ongelmaa työni aiheekseni.</p> <p>Tavoitteena pyritään saavuttamaan oikeat virtaamat, sekä paineet mitatuille venttiileille ja järjestelmille. Järjestelmiin liittyvien laitteiden puhdistus, huolto ja toiminnan tarkastus.</p> <p>Lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmien toiminnassa havaittiin ongelmia. Haluttuja virtaamia ei saavutettu, eivätkä järjestelmät olleet tasapainoisia. Ongelma johtui suurimmalta osalta suunnittelijan virheestä, jonka johdosta järjestelmiin on asennettu täysin turhia linjasäätöventtiileitä. Säteilypaneelien patteriventtiileiden sihdit olivat tukossa, joka esti suurimman osan virtaamista.</p> <p>Tutkimuksen johdosta voi päätellä, ettei säteilypaneelijärjestelmä toiminut toivotulla tavalla. Lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmien virtaamat säädettiin haluttuihin arvoihin ja pumpun nopeutta pystyttiin pudottamaan. Kohteen energiatehokkuus parani ja järjestelmät toimivat niille määritellyllä tavalla. Puuttuvat mittauspöytäkirjat saatiin luotua. Pöytäkirjaa voi hyödyntää tulevien mittausten yhteydessä.</p>	
Avainsanat	Toiminnan todentaminen, huolto

Author Title Number of Pages Date	Ville Veid Flow Control and Optimization of Cooling and Heating Systems in Building 41 pages + 3 appendices 23 january 2022
Degree	Bachelor of Construction Management
Degree Programme	Construction Site Management
Professional Major	HVAC Engineering
Instructors	Senior Lecturer Jyrki Viranko HVAC Engineer Janne Ahonen
<p>The purpose of the final year project was study how to improve the operation of the cooling and heating system of a building. The goal was to find ways that would make the system function as planned in order to sure an even distribution of thermal energy in the building. Main goal is to get the thermal energy evenly distributed in the building. The aim was to verify water flows and pressure differences, as well as to obtain certainty about their accuracy, and, ultimately, optimize the operation of the systems and ensure that they are balanced and in line with plans.</p> <p>The thesis discussed the measurement and control of water flows in heating and cooling systems. A differential pressure gauge was used to verify pressure differences and water flows.</p> <p>As the work progressed, it became apparent that the systems were not working as designed. The planned water flows were not achieved. In some of the line control valves to be measured, the pressure difference was so small that the meter did not give any reading. The radiator valves in the systems were blocked. Their strainers were filled with sediment that had accumulated in the piping.</p>	
Keywords	verification of functionality, maintenance

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Kohde	1
2.1	Tutkimuksen lähtötiedot	1
2.2	Rakennuksen tekniikka	2
2.3	Ilmanvaihto	3
2.4	Lämmitysjärjestelmä	4
2.5	Jäähdytysjärjestelmä	5
3	Säteilypaneelit	6
3.1	Säteilylämmitys	6
3.2	Kaksipiirinen säteilypaneeli	8
3.3	Huonetermostaatit	9
3.4	Säteilylämmityksen edut	9
3.5	Optimaalisen tehon saavuttaminen	10
4	Mittalaitteet	11
4.1	TA-SCOPE	11
4.1.1	Tekniset tiedot	13
4.1.2	Mitta-alue	13
4.1.3	Mittavirhe	13
5	Mittaukset	14
5.1	Mittausten tarkoitus	14
5.1.1	Mittausten suunnittelu	14
5.1.2	Mittausmenetelmät	15
5.1.3	Tulosten kirjaaminen ja raportointi	15
5.2	Lämmitysjärjestelmän perussäätö	16
5.3	Linjasäätöventtiili	17
6	Tutkimus	17

6.1	Lähtötilanne	17
6.2	Järjestelmän tutkinta	18
6.3	Esisäädöt	19
6.4	Mitoituslämpötilat	20
6.4.1	Lämmitys	20
6.4.2	Jäähdytys	21
6.5	Venttiileiden virtaamien mittaus	22
6.6	Oventrop Q-Tech	25
6.7	Demo-Bloc	26
7	Toimenpiteet	27
7.1	Lämmitysjärjestelmä	27
7.2	Jäähdytysjärjestelmä	29
8	Yhteenveto	30
	Lähteet	33
	Liitteet	
	Liite 1: Lattialämmityksen mittauspöytäkirja	
	Liite 2: Säteilypaneelit	
	Liite 3: Säteilypaneelit	

1 Johdanto

Opinnäytetyön sisällöksi muodostui kokonaisuus oppimista, tutkimista, kommunikointia, mittaamista, säätämistä ja kaikkien näiden kombinaatioiden ymmärtämistä. Työssä käsitellään rakennuksen lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmien toimintaa. Opinnäytetyössä tutkitaan rakennusta, jonka lämpöenergian epäillään jakautuvan epätasaisesti. Osassa rakennusta huonelämpötilat nousivat turhan korkeiksi, kun taas toisaalla huonelämpötilat laskivat alle halutun. Haluttiin todentaa lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmien toiminta ja saada ne toimimaan suunnitellulla tavalla. Tutkittavasta kohteesta ei ollut saatavilla lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmiin liittyviä mittauspöytäkirjoja, joten yhtenä työn tavoitteena oli luoda luotettavat ja paikkaansa pitävät pöytäkirjat. Työ tehtiin tutkimalla aiheeseen liittyviä määräyksiä, RT-kortteja ja verkkoaineistoja. Yhteistyö suunnittelijan, esimieheni ja säteilypaneelitoimittajan kanssa edesauttoi työn etenemistä. Idea työhön muodostui esimieheni halusta selvittää virtaamien todellisuus ja todentaa järjestelmien toiminta. Aihe oli mielestäni hyvä oppimismahdollisuuden näkökulmasta. Omalla työurallani tämän kaltaiset mittaukset ovat jääneet vähäisiksi, joten opinnäytetyöstä on varmasti hyötyä tulevaisuutta ajatellen.

2 Kohde

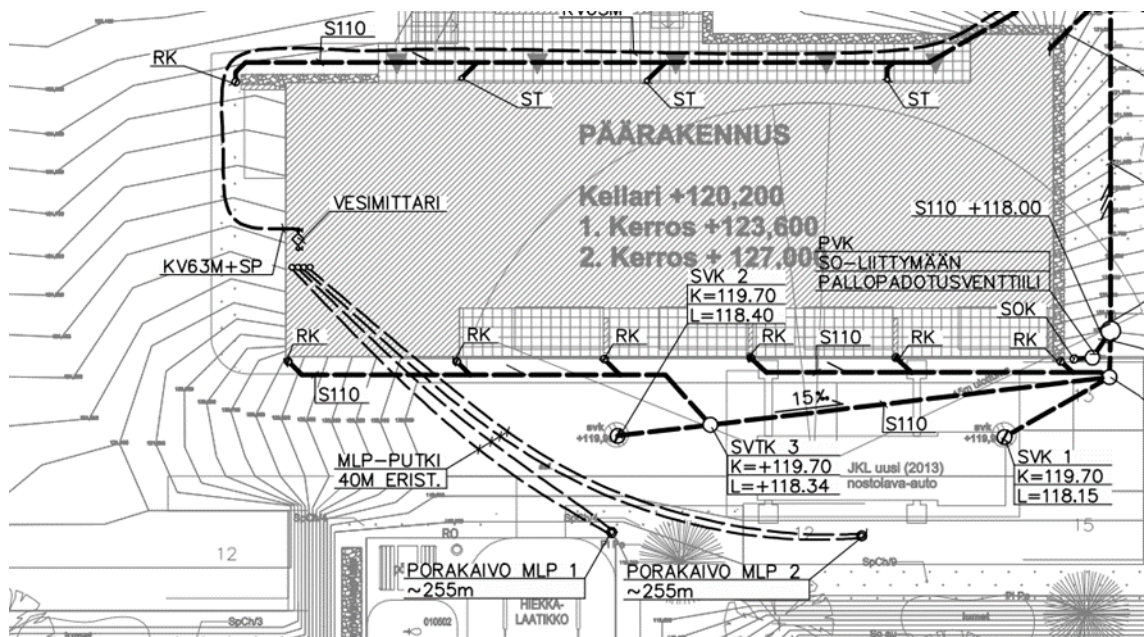
2.1 Tutkimuksen lähtötiedot

Rakennuksen vuokralainen oli ilmoittanut lämpötilojen nousevan turhan korkeiksi. Ongelmaa on esiintynyt varsinkin kesäkuukausina. Onko virhe tullut suunnittelun putkimitoituksissa vai onko lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmissä asennus- tai säätövirhe? Työ keskittyy 1. kerroksen säteilypaneelien virtaamien säätöön ja optimointiin, mutta lattialämmitysten virtaukset tarkastetaan ja mahdollisesti säädetään samalla. Lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmien mittauspöytäkirjoja ei ollut saatavilla.

2.2 Rakennuksen tekniikka

Kohde koostuu kolmesta kerroksesta. Kellarikerroksessa sijaitsee yritysten varastointitiloja, häkkivarastot, tekninen tila sekä sähköpääkeskus. Ensimmäinen kerros on kauttaaltaan toimistotiloja, jotka ovat helposti muunneltavissa käyttötarkoituksen mukaisesti. Ylimmässä kerroksessa on viisi asuinkäytössä olevaa huoneistoa.

Rakennus on suunniteltu matalaenergiataloksi. Sen suunnittelussa ja rakentamisessa on pyritty käyttämään energiaystävällisiä vaihtoehtoja. Kohteen itäpuolelle on porattu kaksi maalämpökaivoa, joista kumpikin on 255 metriä syvä. Porakaivon lämpöpumppulaitteiston putkistossa kiertävällä lämmönkeruunesteellä saadaan katettua tarvittavat lämmitys- ja viilennysenergiat. Kiertävästä nesteestä 28 % on bioetanolia ja 72 % on vettä. Bioetanolin tarkoitus estää lämmönkeruunestettä jäätmästä. Lämmönkeruuneste tulee maaperästä maalämpöpumpulle noin 1–4 °C:n lämpöisenä. Maalämpöpumpun höyrystimessä lämmönkeruunestettä sisältävä piiri kohtaa kylmäainetta sisältävän piirin. Tämä tapahtuma tuottaa rakennuksen tarvittavat lämmitys- ja jäähdytysenergian tarpeet. Kuvassa 1 on rakennuksen asemapiirustus, josta käy ilmi maalämpölaitteiston sijainnit.



Kuva 1. Tutkittavan kohteen asemakuva (1).

2.3 Ilmanvaihto

Kohteen ilmanvaihto on toteutettu käyttäen omaa ilmanvaihtokonetta yhtä ”lohkoa” kohden. Ilmanvaihtokoneina olivat Deekax talteri divk-c. Yksi laite palvelee keskimäärin 55 m²:n aluetta, ja laitteen koko vaihtelee tilan käyttötarkoituksen ja tarvittavien ilmavirtojen mukaisesti. Ilmavirrat vaihtelevat lohkoista riippuen välillä 28–95 l/s.

Deekax talteri divk-c -ilmanvaihtokoneella saavutetaan hallittu tarpeenmukainen ilmanvaihto, ja sen talteenoton hyötysuhde on yli 80 %. Lämmöntalteenotto poistoilmasta tuloilmaan on toteutettu vastavirtakennolla. Kuvassa 2 on rakennuksessa käytetty Deekax talteri divk-c -ilmanvaihtokone. (2.)



Kuva 2. Deekax talteri divk-c (2).

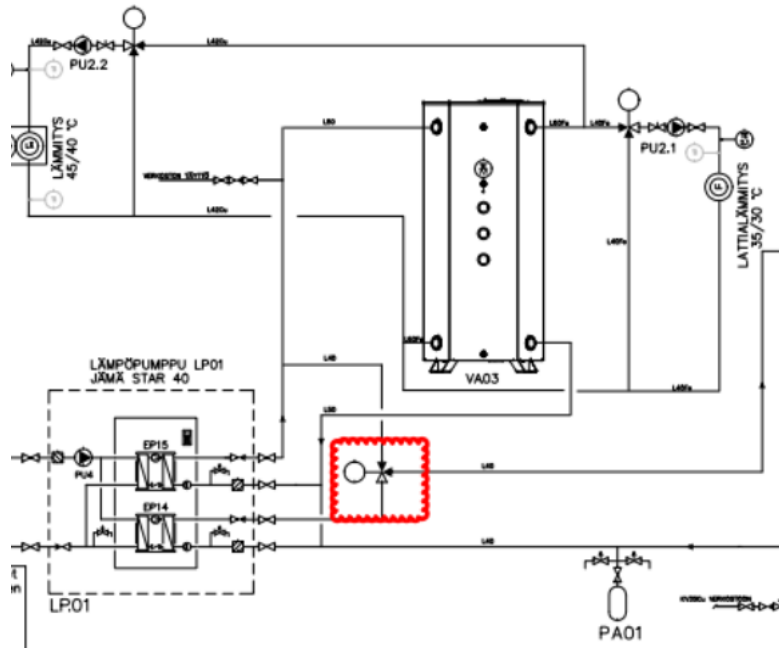
2.4 Lämmitysjärjestelmä

Lämmitysmuotona kohteessa on maalämpö. Maalämpöpumppuna on Jäspi Kaukora Jämä Star 24. Pumpun yhteydessä on puskurivaraaja, jossa on kolme kappaletta sähkövastuksia turvaamaan lämmityksen toimintaa, jos maalämpöpumppu jostain syystä ei riitä tuottamaan tarvittavaa lämmitysenergiaa. Lämmitysjärjestelmän toisiopuolen neste on vettä.

Rakennuksen kellarikerroksessa lämmitys on toteutettu lattialämmityksellä. Lattialämmityksen linjasäätöventtiilit sijaitsevat teknisessä tilassa. Linjasäätöventtiileistä saadaan säädettyä jokaiselle lattialämmityksen jakotukille tarvittavat tilavuusvirtaamat.

Ensimmäisen kerroksessa lattialämmitys on vain märkätiloissa. Jakotukkeja ei ole, vaan kytkentä on toteutettu käyttäen omaa linjasäätöventtiiliä jokaista märkätilaa kohden. Kerroksen muita tiloja palvelevat säteilypaneelit, joita yhteensä 17 kappaletta. Näillä paneeleilla hoidetaan myös tilojen viilennys.

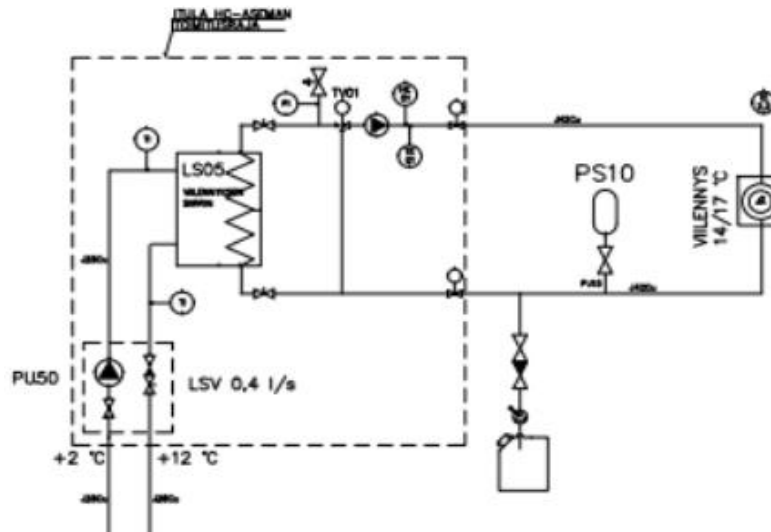
Ylimmässä kerroksessa lattialämmitys on kaikissa tiloissa. Jokaiseen huoneistoon on asennettu oma jakotukki, ja ne sijaitsevat asunnon etuovien läheisyydessä. Jakotukkien linjasäätöventtiilit on asennettu ensimmäisen kerroksen välikattoon, koska venttiilit eivät kokonsa puolesta mahdu jakotukkikaappiin. Kuvassa 3 on esitetty rakennuksen lämmitysjärjestelmän toimintakaavio.



Kuva 3. Lämmitysjärjestelmän toimintakaavio (1).

2.5 Jäähdytysjärjestelmä

Jäähdytykseen käytetään säteilypaneeleita. Veden jäähdytys tapahtuu maakyllällä. Tutkittavassa kohteessa viilennyslaitteisto on asennettu vain toiseen kerrokseen. Järjestelmä vaatii kastepisteautomaatiikan, joka estää jäähdytystilanteessa kondensoitumisen, eli veden tiivistymisen paneeleiden pintaan. Jäähdytysverkostoon on jätetty varaukset mahdollista järjestelmän laajennusta varten. Varauksella tarkoitetaan sulkuventtiileillä varustettuja putkilähtöjä, jotka on haaroitettu jäähdytysverkostosta. Varauksia on jätetty sekä kellari- että ylipäähän kerrokseen. Jäähdytysjärjestelmän toimintakaavio on esitetty kuvassa 4.

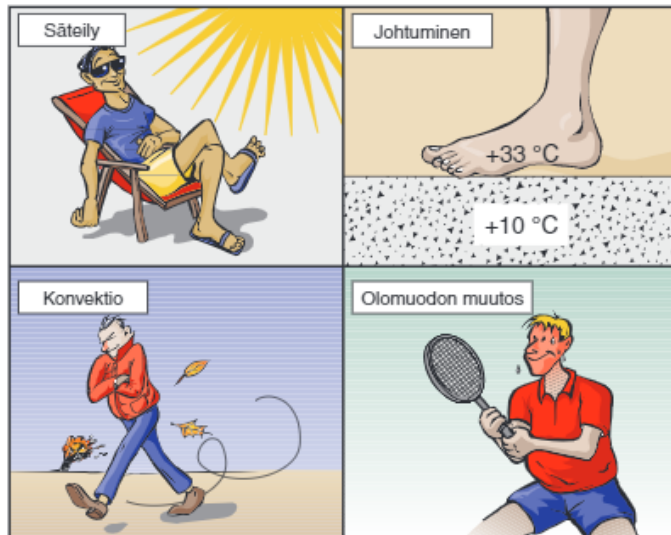


Kuva 4. Jäähdytysjärjestelmän toimintakaavio (1).

3 Säteilypaneelit

3.1 Säteilylämmitys

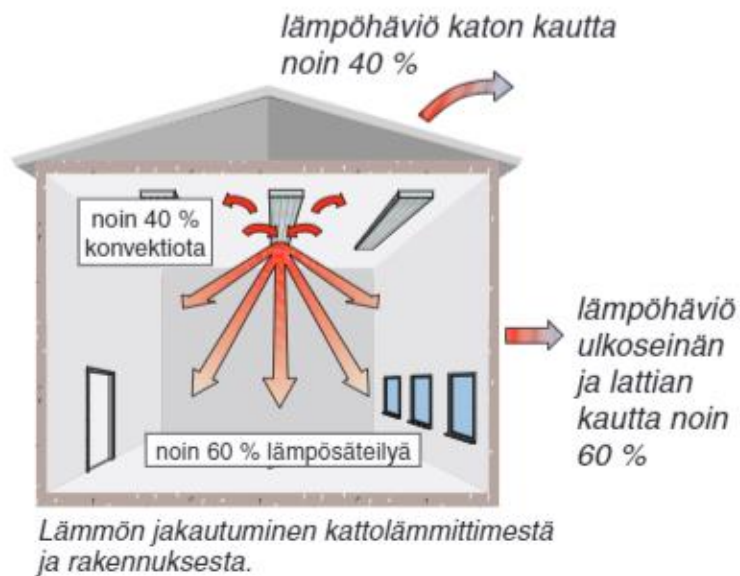
Lämmöllä on neljä erilaista siirtotapaa. Ne ovat säteily, johtuminen, konvektio ja olomuodon muutos. Lämpösäteilyä on mm. auringon ja liedon keittolevyn aiheuttama lämpö. Johtumisen voi tunkea seisomalla paljain jaloin kylmällä kivilattialla. Konvektiota esiintyy mm. silloin, kun kävellään ulkona paljain päin kylmällä ja tuulisella säällä. Olomuodon muutos on mm. sitä, kun kosteus haihtuu keholta, eli muuttuu nesteestä kaasuksi ja iho jäähtyy. Kuvassa 5 on esitetty lämmön eri siirtotavat. (3, s. 5.)



Kuva 5. Lämmön neljä erilaista siirtotapaa (3, s. 5).

Säteilylämmityksen yhtenä etuna voisi mainita lämpösäteilyn. Lämpösäteilyä voi verrata valoon, koska se heijastuu ja leviää lähes samalla tavalla. Valo heijastuu lähes kaikista pinnoista, kuten heijastuu myös lämpösäteily. Heijastumisesta johtuen myös ”varjoon” jäävät pinnat lämpiävät. Lämpötiloiltaan erilaisten pintojen välillä esiintyy myös lämpösäteilyä. Lämpötilaerot huoneen eri pintojen välillä pyrkivät sen vuoksi jatkuvasti tasaantumaan. Sen vuoksi lämpötila katon ja lattian välillä jakautuu erittäin tasaisesti. (3, s. 6.)

Rakennuksen lämpöhäviöt jakautuvat yleensä lähes samalla tavalla, kuin kattolämmittimen teho. Lämpöhäviöstä 40 % poistuu katon kautta ja 60 % rakennuksen muiden osien kautta. Kattolämmittimen tehosta noin 40 % on konvektiivista, eli lämpö suuntautuu kattoon. Loput 60 % tehosta on säteilylämpöä, jossa lämpö kohdistuu katosta alas päin. Tästä johtuen kattolämmitys on muiden etujensa lisäksi erittäin sopiva kaikenlaisten rakennusten lämmittämiseen. (3, s. 7.) Kuvassa 6 havainnollistetaan lämpösäteilyn ja lämpöhäviön käyttäytymistä.



Kuva 6. Säteilypaneelin toiminta periaate (3, s. 7).

3.2 Kaksipiirinen säteilypaneeli

Säteilypaneelien toiminta perustuu energiatehokkuuden lisäksi järjestelmällä saavutettaviin hyviin sisäolosuhteisiin, joihin vaikuttavat keskeisesti säteilylämmönsiirron tarjoama tasainen lämmön jakautuminen, vedottomuus ja pölyttömyys.

Säteilypaneeli koostuu kupariputkiklenkistä, eli meanderista, joka on tiiviisti upotettuna grafiittiin. Standardikokoisessa 595 mm leveässä paneelissa kulkee rinnakkain kuusi putkea, kun taas kaksipiiripaneelissa on toinen putkiklenkki toisen päällä. KytKentä paneelilta lämmitys- ja jäähdytyslinjoihin tapahtuu joustavilla kytkentäletkuilla. (4.)

3.3 Huonetermostaatiit

Rakennuksen toinen kerros on jaettu lohkoihin. Jokaisessa lohkossa on lohkon koosta riippuen kolmesta viiteen säteilypaneelia. Säteilypaneeleita pystytään ohjaamaan lohko-kohtaisilla huonetermostaateilla. Huonetermostaatti säättää paneelien patteriventtiilissä olevaa toimilaitetta lämmön- tai jäähdytystarpeen mukaan. Kuvassa 7 on rakennuksessa käytettävä huonetermostaatti.



Kuva 7. Säteilypaneeleiden huonesäätö (1).

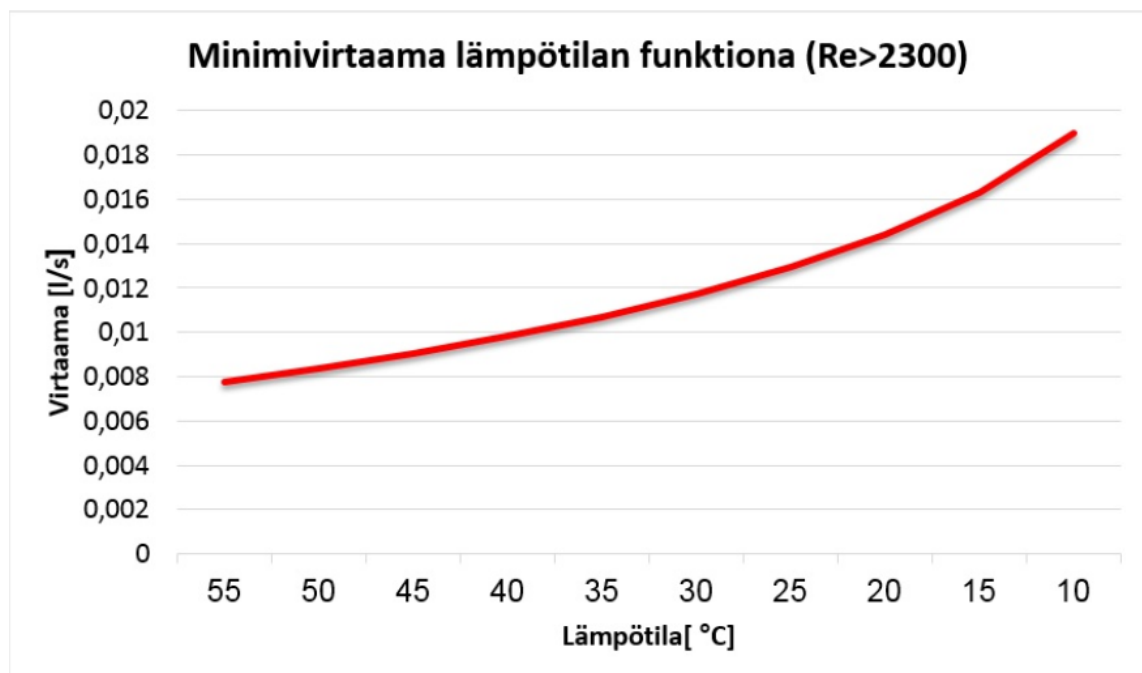
3.4 Säteilylämmityksen edut

Energiaa ja ympäristöä säästävät jäähdytys- ja lämmityspaneelit luovat tilaan tehokkaasti miellyttävän tasaisen lämpötilan ilman pölyä, vetoa tai ääntä ja parantavat merkittävästi sisäilmasto-olosuhteita.

Perinteisiin järjestelmiin verrattuna kattolämmitys säästää energiaa melkein kaikissa tilanteissa. Tämä johtuu osittain siitä, että oleskelualueen lämpötila voi olla alhaisempi (noin 1–2 °C) ilman, että koettu lämpötila laskee, ja osittain siitä, että katon ja lattian välinen lämpötilaero on pienempi. (4.)

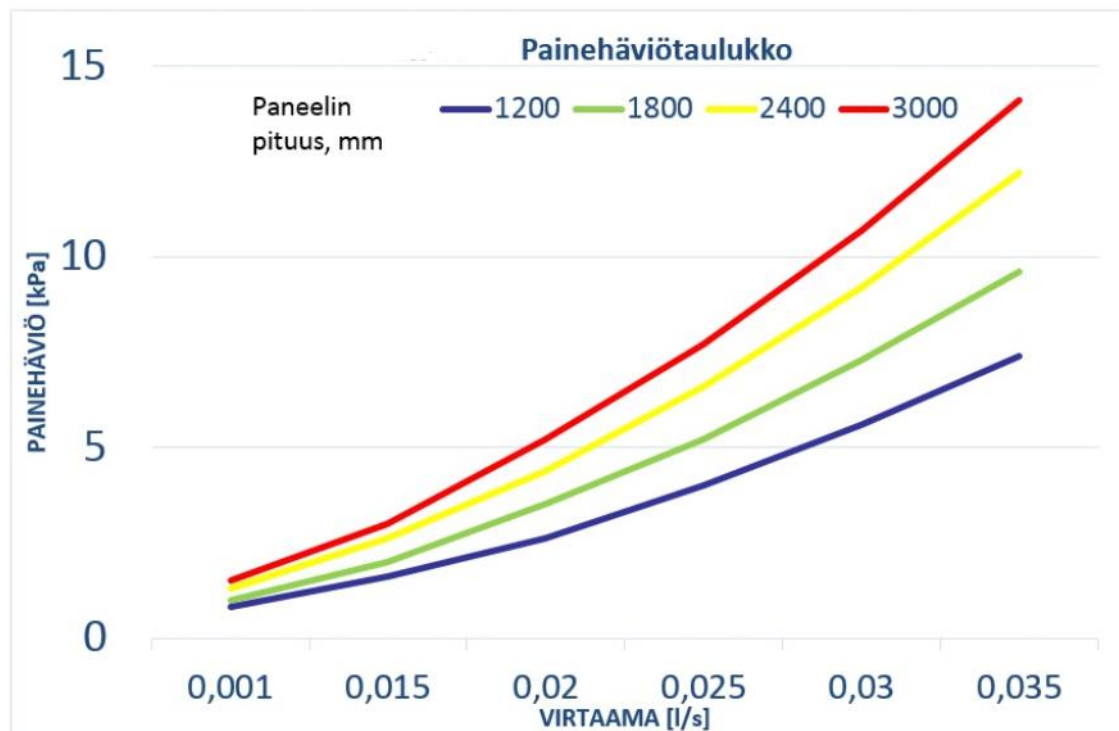
3.5 Optimaalisen tehon saavuttamien

Optimaalisen lämmönsiirron kannalta on oleellista, että vesivirran turbulentsisuusvaade saavutetaan. Turbulenttinen virtaus aiheuttaa putken sisäpinnalle ohuemman kalvon, kuin laminaarinen virtaus ja näin ollen mahdollistaa suuremman lämpövirran. Kupariputkessa turbulentsisuus saavutetaan kuvan mukaisesti, riippuen virtauslämpötilasta. Turbulentsisuus saavutetaan suhteellisen pienellä virtauksella, ja toisaalta painehäviöt eivät nouse liikaa. Turbulentsisuusvaateesta johtuen vesipuolen lämpötilaero asetetaan sellaisella tasolle, että optimaalinen virtaama saavutetaan. Jos turbulentsisuusvaade ei putkivirtauksessa täyty, menetetään tehosta noin 15 %. (4.) Kuvassa 8 on esitetty säteilypaneelin minimivirtaama lämpötilan funktiona.



Kuva 8. Säteilypaneelin minimivirtaama lämpötilan funktiona (4).

Paneelin virtaaman kasvattamista rajoittaa painehäviö, joka erikokoisille paneeleille käy ilmi kuvasta 9. Virtaaman noustessa nousee myös painehäviö, joten optimaalisen virtaaman saavuttaminen on lämmönsiirron kannalta oleellista. Jäähdytyspuolella yleisiä vesipuolen mitoituslämpötilaeroja ovat esimerkiksi 15–17 °C tai 14–17 °C. Lämmityspuolella käytetään yleisesti menoveden lämpötilaa 30–50:n asteen välillä. (4.) Kuvassa 9 on esitetty säteilypaneelin painehäviötaulukko.



Kuva 9. Säteilypaneelin painehäviöt (4).

4 Mittalaitteet

4.1 TA-SCOPE

TA-SCOPE on mittalaite, jota käytetään lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmän paine-erojen, virtausten, lämpötilojen ja tehon mittaukseen sekä dokumentointiin. Vankka rakenne ja laitteen helppokäyttöisyys mahdollistavat kustannustehokkaan ja nopean järjestelmäkohtaisen tasapainotuksen. Laitteen mukana tuleva HySelect-ohjelmisto mahdollistaa

tietojen ja mittaustulosten siirtämisen tietokoneelle. (5.) Kuvassa 10 on työssä käytetty mittalaite TA-SCOPE.



Kuva 10. TA-SCOPE-mittalaite (1).

Tutkimuksessa käytössä olleen mittarin paine-eroanturi oli hajonnut. Kalibroidessa itseään se ei päästänyt täyttää vesivirtaa laitteen läpi, mikä vaikutti mittaustulokseen huomattavasti. Mittari lähetettiin kalibrointiin, joten sillä jo tehdyt mittaukset jouduttiin uusimaan.

Mittalaitteen hajonnut anturi korjattiin ja samalla saatiin myös varmuus kalibroinnin voimassaolosta.

4.1.1 Tekniset tiedot

TA-SCOPE käsittää kaksi pääkomponenttia:

- Näyttöyksikkö – Yksikkö on prosessoripohjainen ja siihen on ohjelmoitu TA-venttiilien käyrästöt. Suoraviivaiset toiminnat ja helpot ohjeet värinäytöllä.
- Paine-eroanturiyksikkö – Langaton tiedon vaihto anturiyksikön ja näyttöyksikön välillä. Led-merkkivalo kertoo akun sähkövarauksen ja yhteyden tilan yksiköiden välillä.
- Kalibrointi – TA-SCOPE pyytää kalibrointia tarvittaessa. Laitetta ei tarvitse ilmata sen rakenteen ja kalibroinnin vaatiman vähäisen virtauksen vuoksi. (5.)

4.1.2 Mitta-alue

TA-SCOPE:n mitta-alueen tiedot ovat seuraavat:

- *Kokonaispaine:* TA-SCOPE maks. 1 600 kPa
- *Paine-ero:* TA-SCOPE 0–500 kPa
- *Virtausnäytön vaatima suositeltu paine-ero:* TA-SCOPE 1–500 kPa
- *Nesteen lämpötilamittaus:* –20 °C / +120 °C (5.)

4.1.3 Mittavirhe

TA-SCOPE:n mittavirhe voidaan määritellä seuraavasti:

- *Paine:* TA-SCOPE 0,1 kPa tai 1 % näyttöarvosta sen mukaan, kumpi on suurempi.

- *Virtaama*: Kuten paine, lisättynä venttiilin poikkeama.
- *Lämpötila*: <0,2 °C. (5.)

5 Mittaukset

5.1 Mittausten tarkoitus

LVI-teknisiä mittauksia tehdään sekä kertaluonteisesti että ohjaukseen ja käytön valvontaan liittyvinä jatkuvina mittauksina. Kaikissa mittauksissa on tärkeää, että käytetään mittausten menetelmiä ja mitataan sellaisia asioita, jotka pystytään myös tulkitsemaan. (5, s. 1.)

Lämmitys- ja ilmastointijärjestelmien automatiikassa säätö- ja ohjaustoimenpiteet perustuvat jatkuvaan mittaukseen. Tyypillisiä mittaussuureita niissä ovat verkostojen lämpötilat ja paineet. Kertaluonteisia mittauksia tehdään vastaanottotarkastuksen ja kuntotutkimuksen yhteydessä ja osana huolto- ja korjaustoimintaa, kun pyritään selvittämään esim. huoneilman kosteus- ja lämpöoloja tai paikallistamaan puutteita laitteistojen toiminnassa. (6, s. 1.)

5.1.1 Mittausten suunnittelu

Mittausten ajankohta on valittava siten, että laitos on riittävän valmis ja pölytön, ovet kiinni jne., jotta mittaustulokset kuvaavat mahdollisimman hyvin laitoksen suunniteltua toimintaa. Laajoissa mittauksissa suunnitelmallisuus korostuu. Vähintäänkin on syytä suunnitella mittaustulosten kirjaaminen ja raportointi, jotta tulokset olisivat myöhemmin käyttökelpoisia. (6, s. 2.)

5.1.2 Mittausmenetelmät

Mittausten onnistumisen kannalta on olennaista, että valitaan käyttötarkoitukseen soveltuva, kalibroitu mittari ja mitataan mittausohjeita noudattaen. Yleisinä valintaperusteina mittareille ovat mm. mittarin mitta-alue, erottelukyky, nopeasti muuttuvia ilmiöitä mitattaessa myös vasteaika, kenttäkelpoisuus, tiedonsiirto-ominaisuudet, automatisointimahdollisuus ja se tarvitaanko rekisteröivää mittausta. (6, s. 2.)

5.1.3 Tulosten kirjaaminen ja raportointi

Kirjaaminen ja raportointi suunnitellaan niin, että saaduista tuloksista voidaan tehdä tarvittavat johtopäätökset. Yksinkertaisimmillaan halutaan tietää jonkin suuren lukuarvo tietyissä olosuhteissa. Pöytäkirjassa tulee esittää vähintään seuraavat tiedot:

- hankkeen nimi
- mittausajankohta
- mittauspaikka
- mittaajat
- mitatut suureet
- mittausmenetelmät ja laitteet; selvitys laitteiden kalibroinnista
- sääolosuhteet
- muut vaikuttavat olosuhteet. (6, s. 2.)

5.2 Lämmitysjärjestelmän perussäätö

Perussäädöllä varmistetaan lämmityskulujen tasapuolinen jakautuminen kaikkien asukkaiden kesken. Perussäätämättömissä rakennuksissa yllämpötilat maksetaan yhteisesti. Kustannuksista eivät vastaa pelkästään ne, joiden asuntoja lämmitetään liikaa. Perussäätö vaikuttaa asumisviihtyvyyteen ja asumisen terveellisyteen. Yllämpötilojen poistuminen vähentää allergiaoireita sekä kuivan ilman ja pölyn aiheuttamia ongelmia. Alilämpötilojen poistaminen puolestaan vähentää kosteutta ja siitä johtuvia bakteri- ja homeongelmia. Viihtyvyyttä parantaa myös patterien kohinaäänien väheneminen. (7, s. 4.)

Järjestelmä, jota ei ole perussäädetty, aiheuttaa yleisesti energian hukkaa. Yhden asteen yllämpö nostaa lämmityksen kuluja noin 5 %. Energia ei jakaudu tasaisesti, eikä järjestelmästä näin ollen saada parasta lämmitystehoa käyttöön. Osassa rakennusta lämpöä on liikaa, mikä lisää tuuletuksen tarvetta. Osassa rakennusta on vastaisesti taas liian kylmä, mikä laskee asumismukavuutta ja lisää lämmityksen tarvetta. (7, s. 4.)

Järjestelmä, joka on perussäädetty, säästää energiaa. Järjestelmä toimii, niin kuin se on suunniteltu, ja lämpö jakautuu tasaisesti rakennuksen eri osiin. Tasaiset huonelämpötilat ja hallittu energian käyttö lisäävät asumismukavuutta. Sisäilma pysyy terveellisenä, asukkaat viihtyvät ja voivat hyvin. (7, s. 4.) Kuvassa 11 on epätasapainoinen ja tasapainoinen lämmitysjärjestelmä.



Kuva 11. Epätasapainoinen ja tasapainoinen lämmitysjärjestelmä (7, s. 4).

5.3 Linjasäätöventtiili

Linjasäätöventtiilin tehtävä lämmitysjärjestelmässä on säätää lämmitysverkossa kiertävä neste eri putkilinjojen kesken. Kyseistä säätöä tarvitaan takaamaan kierto kaikille putkilinjoille. Linjasäätöventtiili on yleensä yhdistetty sulkuventtiiliin. Sulku voi olla myös erillinen. Linjasäätöventtiilissä on yleensä kaksi mittausyhdettä, joista mitataan paine ennen ja jälkeen venttiiliin. Paine-erosta voidaan laskea venttiiliin läpi virtaavan veden määrä.

6 Tutkimus

6.1 Lähtötilanne

Rakennus ja näin ollen myös lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmät ovat olleet käytössä noin neljän vuoden ajan. Kummastakaan edellä mainitusta järjestelmästä ei löytynyt mittauspöytäkirjoja, eikä ollut varmaa tietoa siitä, onko järjestelmiä ikinä säädetty tai tasapainotettu. Ongelmaksi oli muodostunut ensimmäisen kerroksen epätasainen lämmön jakau-

tuminen. Lämmitysjärjestelmän alkupäässä sijaitsevilla tiloilla lämpötilat nousivat radikaalisti verrattaessa järjestelmän kauimpana sijaitseviin tiloihin. Tällainen käyttäytyminen lämmönjaossa viittaa vahvasti järjestelmän epätasapainoon. Ongelmaa on pyritty aikaisemmin ratkaisemaan asentamalla liian lämpimiin tiloihin ilmalämpöpumppu.

6.2 Järjestelmän tutkinta

Lähdettäessä ongelmaa ratkaisemaan aloitin projektin tutustumalla piirustuksiin, määräksiin ja tutkittavan kohteen lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmiin sekä niihin liittyviin komponentteihin. Kohteeseen liittyvät materiaalit sain haltuuni ottamalla yhteyttä suunnittelijaan, joka omalla panoksellaan liittyi projektiin lähes päivittäin. Tarkoitukseni oli mitata järjestelmien vesivirtaamat sekä paine-erot ja saada varmuus siitä, toimivatko järjestelmät halutulla tavalla.

Projektin ensimmäinen kohteessa tehtävä työvaihe oli järjestelmien ilmaus. Lämmitysjärjestelmästä ei juurikaan ilmaa löytynyt, mutta jäähdytysjärjestelmästä sitä löytyi huomattavasti. Ilmauksen ajaksi kiertovesipumpun nopeutta nostettiin hetkellisesti ilmauksen tehostamiseksi. Toimilaitteet poistettiin osana tätä työvaihetta. Ilmaus tapahtui ennen jokaista säteilypaneelia, sekä rungoissa sijaitsevista ilmausyhteistä.

Teknisessä tilassa ennen kiertovesipumppua oleva linjasäätöventtiili jouduttiin uusimaan sen epämääräisen toiminnan seurauksena. Säätöventtiilin vastakaran paikallaan pitävä ”tappi” oli lähtenyt irti, ja venttiilin säätö oli mahdotonta.

Venttiiliin uusimisen yhteydessä tarkistin kolmitieventtiilin toiminnan. Kolmitieventtiili todettiin toimivaksi, mutta sitä säättävä Belimo-säätömoottori oli asennettu väärään asentoon. Toisin sanoen 90° väärään kulmaan kolmitieventtiiliin nähden.

6.3 Esisäädöt

Linjasäätöventtiileiden esisäätöarvot aseteltiin vastaamaan suunnitelmissa olevia esisäätöjä. Esisäätöarvot olivat lähes samat koko järjestelmässä. Kyseenalaistin esisäätöjen paikkaansa pitävyyden, mutta suunnittelija ei aluksi ottanut asiaan kantaa. Toimenpiteen yhteydessä panin merkille, että linjasäätöventtiilit eivät vastaa piirustuksissa olevia venttiileitä. Piirustuksissa linjasäädöt ovat mallia IMI TA STAD, ja järjestelmään on asennettu Oras 4100 -venttiileitä. Näissä venttiileissä esisäätöarvot eivät vastaa toisiinsa. IMI TA STAD -venttiilissä esisäätöjen arvot ovat nolasta neljään, ja Oraksen valmistamassa venttiilissä esisäädöt ovat nolasta kymmeneen.

Säteilypaneelien yhteyteen on asennettu Overtrop Q-Tech -termostaattiset patteriventtiilit. Venttiilistä voidaan säätää haluttu virtaama venttiilin läpi. Säädettävä alue on 10 l/h – 170 l/h. Patteriventtiileiden esisäädöt säädettiin vastaamaan suunnitelmia. Säteilylämmityksessä tämä tarkoittaa 100 l/h ja säteilyjäähdytyksessä 70 l/h. Kuvassa 12 on esitetty kytkentä säteilypaneelilta lämmitys- ja jäähdytysverkostoon.



Kuva 12. Kytcentä ennen säteilypaneelia. Kuvassa poistettu lämmityspuolen toimilaite (1).

6.4 Mitoituslämpötilat

6.4.1 Lämmitys

Lattialämmitysjärjestelmän mitoituslämpötilat ovat 35 °C / 30 °C ja säteilypaneeleiden mitoituslämpötila ovat 45 °C / 40 °C. Projektin mittausosiota aloitellessa kiinnitin huomiota säteilypaneeleiden meno- ja paluulämpötiloihin. Lämpötilat poikkesivat suuresti suunnitellusta, joka johtui osaltaan hajonneesta linjasäätöventtiilistä. Venttiiliin uusimisen yhteydessä tarkistin kolmitieventtiilin toiminnan. Kuvasta 13 käy ilmi toimilaitteen väärä asento, sekä meno- ja paluulinjojen väärät lämpötilat. Lämpötilat kuvassa ovat 20 °C / 20 °C.



Kuva 13. Lämmitysjärjestelmien pumput ja sekoitusventtiilit. Kuvassa ympyröitynä lämpötilat ja Belimo-toimilaite väärässä asennossa (1).

6.4.2 Jäähdytys

Jäähdytyksen mitoituslämpötilat ovat ensiöpuolella 2 °C / 12 °C ja toisiopuolella 14 °C / 17 °C. Jäähdytyksen menolämpötilaksi oli asetettu 17 °C, joka ei vastaa annettua 14 °C:n lämpötilaa. Ensiöpuolen kiertovesipumpun liitin oli irrallaan.

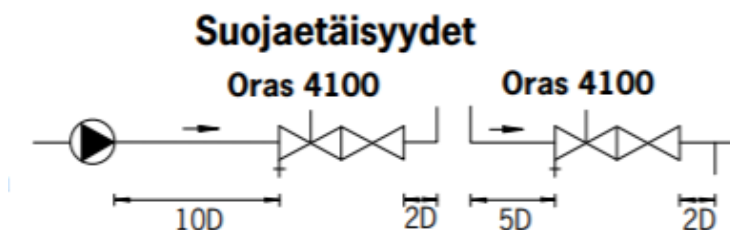
6.5 Venttiileiden virtaamien mittaaminen

Virtaamien mittaaminen aloitettiin lämmitysjärjestelmästä. Teknisestä tilasta säädettiin haluttu tilavuusvirtaama linjasäätöventtiilistä. Haluttua virtaamaa oli haastavaa saada säädettyä. Mittarin näyttämät lukemat eivät asettuneet vaan muuttuivat jatkuvasti. Oletuksena oli, että järjestelmään oli jäänyt ilmaa, mutta näin ei ollut. Kuvassa 14 mitataan säteilypaneelijärjestelmän tilavuusvirtaa.



Kuva 14. Linjasäätöventtiin tilavuusvirran mittaaminen (1).

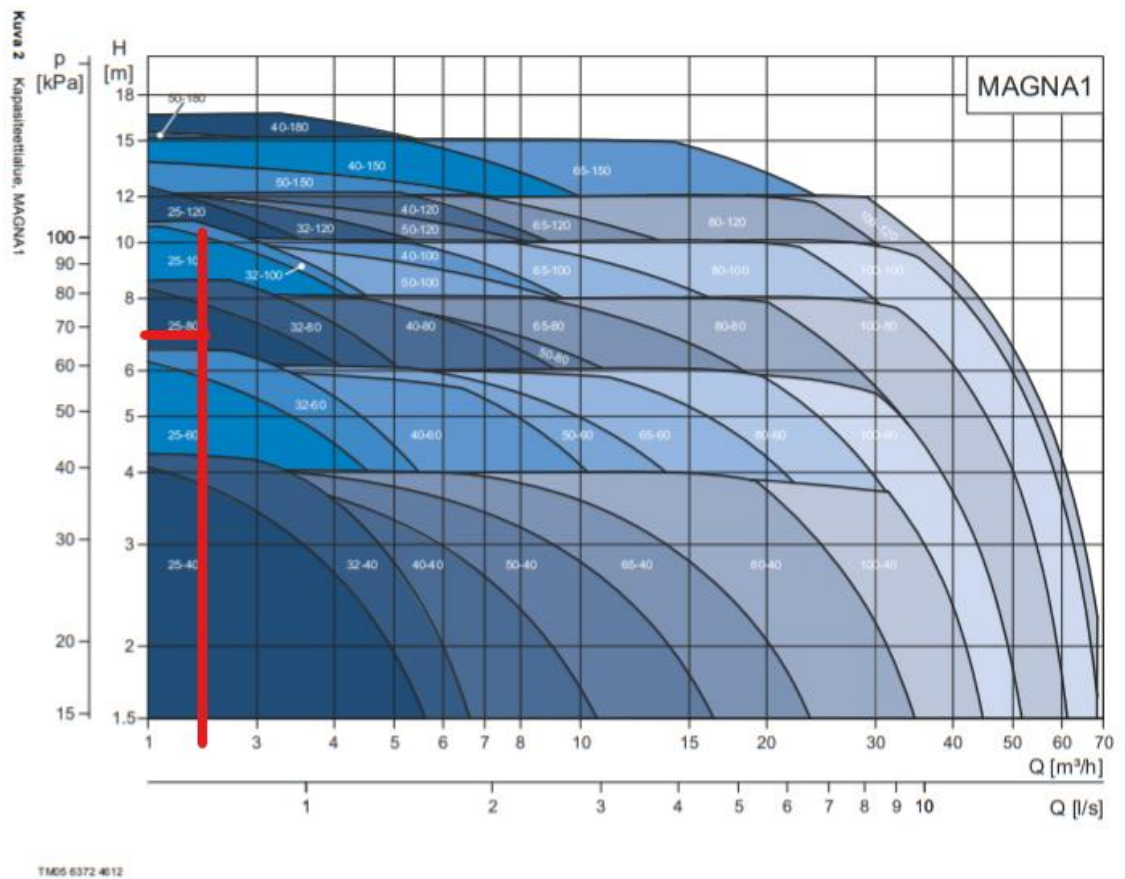
Kuten kuvasta 14 voi todeta, linjasäätöventtiin tarvittavia suojaetäisyyksiä ei täytetä. Kolmitieventtiin ja linjasäädön välillä myös dimensiomuutos $\frac{3}{4}$ – $1 \frac{1}{2}$ normaaleilla kaksoisnipoilla. Kytkentä aiheuttaa suurella todennäköisyydellä turbulentsuutta linjasäätöventtiilissä, mikä heikentää mittauksen luotettavuutta. Kuvasta 15 käyvät ilmi tarvittavat suojaetäisyydet.



Kuva 15. Oras 4100:n varoetäisyydet (8).

Halutun tilavuusvirran säätämisen jälkeen siirryttiin ensimmäiselle mittauskierrokselle. Ensimmäinen kierros osoitti, ettei järjestelmä toimi halutulla tavalla. Haluttuja virtaamia ei saavutettu, eikä järjestelmä ollut tasapainossa. Yhdeksi ongelmaksi muodostui todella pieni paine-ero linjasäätöventtiileitä mitattaessa, mikä osaltaan heikentää mittauksen luotettavuutta. Paine-eron puuttuessa ei käytetty mittalaite pystynyt näyttämään min-käänlaista lukemaa. Virtaamat, jotka saatiin mitattua, jäivät keskimäärin noin 40 % alle halutun arvon. Tämä herätti paljon kysymyksiä, minkä vuoksi otin yhteyttä suunnittelijaan.

Suunnittelijan kannanotto oli alkuun epäilevä, ja hän kyseenalaisti mittausuoritutustani, mikä on varsin ymmärrettävää. Kävimme yhdessä läpi kokonaisuuden, ja hän neuvoi mahdollisia ongelmakohtia. Yhtenä epäilyksenä oli pumpun liian pieni kapasiteetti. Tämän ongelman mahdollisuus saatiin rajattua nopeasti pois. Pumpun nostokorkeus, tuotto ja toiminta-alue tarkistettiin kuvassa 16 olevasta valmistajan taulukosta. Taulukosta käy ilmi, että pumppu on valittu oikein käyttötarkoitusta ajatellen ja se täyttää tarvittavat vaatimukset.



Kuva 16. Magna 1 25–80 tuotto ja nostokorkeus tarkastettuna (9).

Suunnittelija ehdotti uutta mittauskierrosta, jotta saataisiin pois suljettua mahdollinen mittausvirhe. Mittaus suoritettiin uudelleen, ja lopputulos oli sama kuin aiemmassa mittauksessa.

Pumpun tarkistamisen ja uuden mittauskierroksen suoritettua haarukoitiin muita mahdollisia vian aiheuttavia laitteita. Lämmitysjärjestelmän paisunta-astian vastapaineen puute tai hajonnut kalvo nousivat tapetille. Paisunta-astian vastapaine olikin jostain syystä pudonnut lähes nolliin. Vastapainetta lisättiin ja sen arvo nostettiin 0,9 bar:n tasolle. Paisunta-astian kalvo oli ehjä. Lämmitysjärjestelmään on asennettu 1,5 bar:n varoventtiili, jonka tehtävä on estää hallitsematonta paineen nousua. Paineen noustessa varoventtiili avautuu ja päästää järjestelmästä liiallisen paineen pois, minkä jälkeen venttiili sulkeutuu.

Tässä vaiheessa tutkimusta otin yhteyttä säteilypaneelien valmistajaan. Kerroin ongelman tiivistetysti sekä lähetin muutamia piirustuksia. Kehotin myös suunnittelijaa ottamaan yhteyttä kyseiseen tahoon ja selvittämään, ovatko linjasäätöventtiilit väärin mitoitettuja, koska paine-erot olivat osalla mitattavista venttiileistä lähes olemattomia.

Muutaman päivän kuluttua suunnittelija otti yhteyttä. Suunnittelija sekä paneelien valmistaja olivat yhtä mieltä siitä, että linjasäätöventtiilit ovat paneelijärjestelmässä turhia. Järjestelmässä olevat Oventrop Q-Tech- termostaattiset patteriventtiilit tasapainottavat järjestelmän itsenäisesti. Linjasäätöventtiilit avattiin tämän tiedon johdosta täysin auki. Toisin sanoen suorittamani mittaukset linjasäätöventtiileiltä olivat täysin turhia ja niistä saadut tulokset eivät olleet tarpeellisia. Järjestelmän tasapainotus tapahtuu pelkästään Oventrop Q-Tech -venttiileillä. Näitä venttiileitä ei ole mahdollista mitata aiemmin mainitulla TA-SCOPE-mittalaitteella.

6.6 Oventrop Q-Tech

Oventropin valmistama Q-Tech-venttiili soveltuu lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmien automaattiseen virtauksen hallintaan ja mahdollistavat tilavuusvirtojen mukautumisen päätelaitteen vaatimuksiin.

Q-Tech-venttiilin toiminta perustuu hydroniseen tasapainotukseen. Hydroninen tasapainotus tarkoittaa optimaalista vedenjakelua järjestelmässä, joka saavutetaan esimerkiksi syöttämällä säteilypaneeliin tarvittava tilavuusvirta esisäädetyillä termostaattiventtiileillä. Lukuisissa tutkimuksissa on todettu, että hydroninen tasapainotus voi säästää energiaa jopa 21 %. (10, s. 2.)

Tarvittava tilavuusvirtaus päätelaitteen läpi määräytyy lämpöväiönlaskelman ja valitun lämpötilaeron mukaan. Q-Techin avulla tilavuusvirta asetetaan suoraan venttiilistä, ja se rajoittuu automaattisesti asetettuun arvoon. (10, s. 3.) Edellä mainitun patteriventtiilin poikkileikkaus on esitetty kuvassa 17.



Kuva 17. Oventrop Q-Tech -venttiili (10, s. 3).

6.7 Demo-Bloc

Oventropin Demo-Bloc on työkalu, joka mahdollistaa venttiilin sisäosien nopean ja helpon vaihdon tai irrottamisen korjaamista tai puhdistusta varten. Lisäksi työkalun avulla on mahdollista suorittaa verkoston huuhtelu. Työkalu mahdollistaa myös esisäädettyjen tai lukittujen venttiilien korjaamisen. Työkaluun saatavilla olevan lisäosan avulla voidaan mitata venttiilin paine-ero. Kuvassa 18 on Demo-Bloc-työkalu ja siihen liittyvät lisäosat. (11.)



Kuva 18. Demo-Bloc-työkalu (1).

7 Toimenpiteet

7.1 Lämmitysjärjestelmä

Säteilypaneelijärjestelmän linjasäätöventtiilit on säädetty täysin auki, pois lukien teknisessä tilassa ennen pumppua sijaitseva venttiili. Patteriventtiileiden virtaamat säädetty arvoon 100 l/h, kun paneelikohtainen tarve on 95 l/h. Säteilypaneelien jokainen patteriventtiili on irrotettu ja puhdistettu käyttäen Demo-Bloc-työkaluja. Venttiileissä olevat sihdit olivat likaisia ja suurimmilta osin virtaus oli estynyt. Linjastoja on huuhdeltu ja on pyritty saamaan irtonainen lika pois putkistosta. Kuvasta 19 käy ilmi patteriventtiilin tukkoisuus.



Kuva 19. Patteriventtiin sihti tukossa (1).

Lattialämmitysjärjestelmän linjasäätöventtiileiden esisäätöarvot tarkistettiin. Järjestelmästä poistettiin termostaatit ja toimilaitteet, minkä jälkeen suoritettiin huolellinen ilmaus. Pumpun nopeutta oli nostettu ilmauksen ajaksi. Osassa lattialämmityksen linjasäätöventtiileissä virtaamaa oli huomattavasti suunniteltua enemmän, ja osassa taas virtaama jäi alle suunnitellun. Kuristamalla liiallisen virtaaman tietyistä venttiileistä, saatiin puuttuviin piireihin tarvittavat virtaamat. Suoritettiin kolme mittauskierrosta, joiden seurauksena virtaamat saatiin säädettyä halutuiksi.

7.2 Jäähdytysjärjestelmä

Säteilypaneelijärjestelmän linjasäätöventtiilit säädettiin täysin auki. Kaksi kappaletta paneelikohtaisia toimilaitteita korjattiin. Johtimet olivat irronneet, minkä vuoksi toimilaitteet eivät reagoineet huonesäätöön. Patteriventtiileiden virtaamiksi säädettiin 70 l/h, kun paneelikohtainen tarve on 70 l/h. Säteilypaneelien patteriventtiilit irrotettu ja puhdistettu käyttäen Demo-Bloc-työkalua. Venttiileiden sihdit olivat likaisia, mutta verrattaessa lämmityspuolen venttiileihin, likaa oli pääsääntöisesti vähemmän. Kuvassa 20 näkyy patteriventtiili puhdistettuna.



Kuva 20. Patteriventtiilin sihti puhdistettuna (1).

8 Yhteenveto

Projektin tavoitteena oli saada säteilypaneelijärjestelmä toimimaan kokonaisuutena paremmin sekä energiatehokkaammin. Mielestäni tässä onnistuttiin vähintäänkin kiitettävästi. Järjestelmässä oli suhteellisen monta ongelmakohtaa, ja sen säätö oli alkuun haastavaa, koska linjasäätöjen avulla virtaamia ei saanut säädettyä.

Säteilypaneelijärjestelmä tasapainottaa itsensä hydronisesti, kun kauimmaisen paneelin patteriventtiilille saadaan 15 kPa:n paine-ero. Paine-ero todettiin käyttäen Demo-Bloc-työkäluä. Työkälu mahdollistaa paine-eron mittaamisen. Pumpun nopeus oli työtä aloittaessa maksimilla, mutta sen nopeutta voitiin laskea siihen pisteeseen, että tarvittava paine-ero saavutetaan viimeisellä tai toisin sanoen lämmön lähteestä nähden kauimmaisella paneelilla.

Muutamien venttiilien karat olivat jumissa ja suurin osa sihdeistä tukkeutuneet. Komponenttien puhdistus ja säätö loi huomattavasti paremman toimivuuden. Virtaamat paraniivat, ja ne saatiin säädettyä haluttuihin arvoihin. Lämpöenergia jakautuu toimenpiteiden jälkeen tasaisemmin, eikä pelkästään rakennuksen tiettyihin osioihin.

Säteilypaneeleiden vaatima turbulентtinen virtaus saavutettiin toimenpiteiden seurauksena. Ennen toimenpiteitä vaadittavaa turbulентtisuutta ei saavutettu.

Säteilypaneeleiden optimaalinen toiminta edellyttää turbulентtista virtaamaa. Virtaama voidaan tarkistaa laskemalla seuraavalla kaavalla.

$$\frac{w}{c \cdot (t_m - t_p)}, \text{ jossa}$$

w on lämpöteho yhtä paneelia kohti, kW

c on virtaavan nesteen ominaislämpökapasiteetti, kJ/(K·kg)

t_m on nesteen menolämpötila, °C

t_p on nesteen paluulämpötila, °C

Esimerkkinä on lämmityspuolen turbulentsisuuden tarkistus.

$\frac{0,539941}{4,186 \cdot (45-38)}$, jonka tulokseksi saadaan 0,018427 l/s.

Tuloksesta voidaan todeta, että virtaama on riittävä ja tarvittava turbulentsisuus täytetään.

Kuvasta 21 käyvät ilmi virtausnopeudet pumpun nopeuden pudotuksen seurauksena. Virtaavan nesteen lämpötilat eivät säteilylämmityksessä täysin vastaa suunniteltuja, mutta täyttävät silti minimivirtaaman kriteerit.

Säteilypaneelit		Yksikkö	Lämpö	Jäähy
Paneelien kokonaisteho		kW	9,179	4,115
Paneelien määrä		kpl	17	17
Teho / 1 paneeli		kW	0,539941	0,242059
Nesteen lämpötila				
	meno	°C	45	14
	paluu	°C	38	17
Nesteen ominaislämpökapasiteetti		J/(K·kg)	4,186	4,186
Virtaama		l/s	0,018427	0,019275

Kuva 21. Säteilypaneelien virtausnopeuden tarkistus (1).

Lattialämmityksen virtaamien mittaus osoitti, ettei haluttuja virtaamia saavutettu kuin muutamilla linjasäätöventtiileillä. Järjestelmän toimilaitteet poistettiin ja virtaamat mitattiin kolmeen kertaan. Jokaisella mittauskierroksella tehtiin pieniä muutoksia esisäätöarvoihin, minkä seurauksena mittauksista jouduttiin toistamaan. Halutut virtaamat saatiin säädettyä ja lopputulos oli mielestäni hyvä. Pumpun nopeutta pystyttiin hieman laskemaan, kun tarvittavat vesivirrat jakautuivat oikeisiin paikkoihin.

Kokonaisuus loi hyvän perustan tehdä vastaavia työtehtäviä myös työelämässä. Järjestelmien kokonaisuuden ymmärrys parani. Sain hyvän käsityksen siitä, miten tasapainotus ja säätö suoritetaan ja mitä työvaiheita ne pitävät sisällään.

Lähteet

- 1 Omat kuvat / Ville Veid
- 2 Deekax talteri divk-c 120 dem. Verkkoaineisto. Deekax air Oy. /<https://www.deekaxair.fi/fi/tuotteet/ilmanvaihtokoneet/ilmanvaihtokoneet-tasavirta-puhaltimilla-ec/divk-c-120-dem/> Luettu 1.10.2021.
- 3 Kattolämmityksen opas. 2014. Verkkoaineisto. Lindab Oy. /<https://docplayer.fi/925920-Kattolammityksen-opas.html/> Luettu 1.10.2021.
- 4 Komulainen, Mika. 2015. Kattosäteilypaneelien oikeanlainen suunnittelu. Verkkoaineisto. Itula. /<https://www.itula.fi/ajankohtaista/asiantuntija-artikkelit/kattosateilypaneelien-oikeanlainen-suunnittelu/> Luettu 25.9.2021.
- 5 TA-SCOPE. Verkkoaineisto. Imi-hydronic. /<https://www2.imi-hydronic.com/fi/tuotteet-ja-ratkaisut/ta-balancing-and-control/mittausvalineet/mittalaitteet/> Luettu 27.9.2021.
- 6 LVI-laitosten mittaukset. 1999. LVI 014-10290. Rakennustieto Oy.
- 7 Lämmitysverkoston perussäätö esite. 2002. Verkkoaineisto. Motiva Oy. /<http://www.motiva.fi/files/781/perussaato-esite.pdf/> Luettu 1.10.2021.
- 8 Linjasäätöventtiili 4100. Verkkoaineisto. Oras. /https://www.oras.com/fileadmin/resources/15807_4100_Linjasaaotoventtiili.pdf/ Luettu 1.10.2021.
- 9 Magna 1 25–80. Verkkoaineisto. Grundfos. /<https://product-selection.grundfos.com/fi/products/magna/magna1/magna1-25-80-99221213?tab=documentation/> Luettu 1.10.2021
- 10 Q-tech, Oventrop. Verkkoaineisto. Itula. /https://www.itula.fi/sites/default/files/materialipankki/oventrop_q-tech_-venttiilit_yleisesite_1.0.pdf/ Luettu 5.10.2021.
- 11 Käyttöohje Demo Block. 2020. Verkkoaineisto. Itula. /<https://www.itula.fi/sites/default/files/2020-04/Venttiility%C3%B6kalu%20Demo-Bloc%20k%C4%yt%C3%B6hje.pdf/> Luettu 6.10.2021.

Liite 2. Säteilypaneelit, lämmitys

Yrityksen nimi _____ Tekijän nimi Ville Veid Päiväys: 7.10.2021

Mittauspöytäkirja

Kohde: Ylistönmäki

Verkosto Säteilypaneelit lämpö Mittarit: Oventrop Demo-bloc / TA SCOPE Ulkona +3, puoli pilvistä

Mittajat: Ville Veid

Hyväksyntä, päivä, nimi ja allekirjoitus: _____

Tunnus	Kertasäätöventtiilin tiedot			Säätö- avo	Mittattu paine- ero kPa	Mittattu virtaus dm ³ /s	Suunn. virtaus dm ³ /s	Polkk. suunn. arvosta %	Huomautukset
	Valmistaja	Malli	Koko DN						
A6	Oventrop	q-tech	15	100 l/h	70,0				Lähimpänä pumppua
	Oventrop	q-tech	15	100 l/h	73				
	Oventrop	q-tech	15	100 l/h	73				
	Oventrop	q-tech	15	100 l/h	73				
A7	Oventrop	q-tech	15	100 l/h	73				
	Oventrop	q-tech	15	100 l/h	73				
	Oventrop	q-tech	15	100 l/h	72				
A8	Oventrop	q-tech	15	100 l/h	74				
	Oventrop	q-tech	15	100 l/h	77				
	Oventrop	q-tech	15	100 l/h	75				
A9	Oventrop	q-tech	15	100 l/h	70				
	Oventrop	q-tech	15	100 l/h	72				
	Oventrop	q-tech	15	100 l/h	73				
A10	Oventrop	q-tech	15	100 l/h	76				
	Oventrop	q-tech	15	100 l/h	76				
	Oventrop	q-tech	15	100 l/h	77				
	Oventrop	q-tech	15	100 l/h	78				Kauimpana pumppusta

Liite 3. Säteilypaneelit, jäähdytys

Yrityksen nimi _____ Tekijän nimi Ville Veid Päiväys: 7.10.2021
 Yleistönmäki
 Kohde: Säteilypaneelit jähdytys Mittarit: Oventrop Demo-bloc / TA SCOPE Ulkona +3, puoli pilvistä
 Verkosto VILLE VEID
 Mittaajat: VILLE VEID
 Hyväksyntä, päivä, nimi ja allekirjoitus: _____

MITTAUSPÖYTÄKIRJA

Tunnus	Kertasäätöventtiilin tiedot		Säätö-arvo	Mittattu paine-ero kPa	Mittattu virtaus dm ³ /s	Suunn. virtaus dm ³ /s	Poikk. suunn. arvosta %	Huomautukset
	Valmistaja	Malli						
A6	Oventrop	q-tech	15	70 l/h	24			Lähimpänä pumppua
	Oventrop	q-tech	15	70 l/h	26			
	Oventrop	q-tech	15	70 l/h	25			
	Oventrop	q-tech	15	70 l/h	27			
A7	Oventrop	q-tech	15	70 l/h	26			
	Oventrop	q-tech	15	70 l/h	26			
	Oventrop	q-tech	15	70 l/h	27			
A8	Oventrop	q-tech	15	70 l/h	26			
	Oventrop	q-tech	15	70 l/h	27			
	Oventrop	q-tech	15	70 l/h	27			
A9	Oventrop	q-tech	15	70 l/h	28			
	Oventrop	q-tech	15	70 l/h	29			
	Oventrop	q-tech	15	70 l/h	26			
A10	Oventrop	q-tech	15	70 l/h	28			
	Oventrop	q-tech	15	70 l/h	29			
	Oventrop	q-tech	15	70 l/h	29			
	Oventrop	q-tech	15	70 l/h	31			Kauimpana pumppusta