

Jerry Ritamäki

Lämmönjakopaketin LVIA-saneeraus

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkötekniikan koulutusohjelma

Insinöörityö

21.7.2018

Tekijä Otsikko	Jerry Ritamäki Lämmönjakopaketin LVIA-saneeraus
Sivumäärä Aika	26 sivua 21.7.2018
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Sähkötekniikan koulutusohjelma
Ammatillinen pääaine	Sähkövoimatekniikka
Ohjaaja	Lehtori Kai Virta
<p>Insinööriyössä selvitettiin lämmönjakohuoneen saneerauksen eri vaiheet, määräykset ja suositukset LVIA tekniikan osalta. Työn päätarkoituksena oli saada yleisohje lämmönjakohuoneen saneerauksesta ja luoda laskentatyökalu säätöventtiilien mitoituksesta.</p> <p>Työssä käydään läpi kaukolämpöverkoston liitetyn todellisen kohteen lämmönjakohuoneen saneeraukseen liittyvät laitteet ja kaukolämpökeskukseen liittyvät mitoitusperusteet. Kohteessa oli päädytty lämmönjakohuoneen saneeraukseen, koska lämmönjakopaketti oli tullut elinkaarensa päähän. Pääpaino työssä keskittyi lämmönsiirtimien ja säätöventtiilien mitoitukseen.</p> <p>Lämmönjakohuoneen laitteiden mitoitusta ja laskentaa varten käytettiin yleisiä ohjeita sekä määräyksiä, joiden perusteella saatiin luotua tämä ohjeistus. Insinööriyön tuloksena syntyi venttiilin mitoitukseen tarkoitettu laskentatyökalu, minkä avulla säätöventtiilin mitoitus pystytään tekemään tarkasti.</p> <p>Insinööriyötä voidaan käyttää yleisohjeena lämmönjakokeskuksen saneerauksessa. Ohjetta voidaan käyttää perehdytyksenä toteutettaessa vastaavia kaukolämpökeskuksen saneerauksia tai mitoituksia. Syntyneitä laskentatyökalua voidaan hyödyntää yrityksen rakennusautomaatio-osastolla mitoittaessa uutta säätöventtiiliä.</p>	
Avainsanat	lämmönjakohuone, lämmönjakokeskus, säätöventtiili, mitoitus

Author Title	Jerry Ritamäki Heat Distribution Center HVAC Renovation
Number of Pages Date	26 pages 21 July 2018
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical Engineering
Professional Major	Electric Power Engineering
Instructor	Kai Virta, Senior Lecturer
<p>This thesis examines the renovation of a heat distribution room and the regulations behind it, concerning HVAC technology. The main purpose of this study was to create instruction about the renovation of heat distribution rooms and to create a control valve calculating tool.</p> <p>The thesis goes through a real case renovation of a heat distribution room that has been connected to district heating, and all the equipment and designs involving a district heating center. The renovation of the heat distribution room in the used case was because the equipment was at the end of its life cycle. The main focus of the study was designing heat transfer units and control valve measurement.</p> <p>For the design and calculations of the heat distribution room equipment common instructions and regulations were used, and with these the renovation instruction was created. The calculation tool of the control valves was a created from the results of this thesis. This tool will help to calculate the right control valves accurately.</p> <p>This thesis can be used as an instruction on heat distribution room renovation. The Instruction can be used when introducing others to similar heat distribution center renovation or calculations on it. The instruction that has been created can be used on the commissioner's building automation department when calculating new control valves.</p>	
Keywords	Heat distribution room, district heating center, control valve, measurement

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Lämmönjakohuone	2
3	Lämmönsiirtimet	4
3.1	Lämmönsiirtimen mitoitus	5
3.2	Saneerattavan kohteen lämmönsiirtimet	9
4	Venttiilit	11
5	Patteriverkoston perussäätö	14
6	Pumput	15
7	Paisunta- ja varolaitteet	17
8	Rakennusautomaatio	19
8.1	Kenttälaitteet	19
8.2	Ouman lämmönsäädin	20
8.3	Säätökäyrät, säätöperiaatteet ja säätötavat	21
9	Yhteenveto	25
	Lähteet	26

Liitteet

Lyhenteet

DN	Diameter Nominal / Nimellinen putkikoko millimetreissä.
k_{vs}	Täysin auki olevan venttiilin läpi menevä virtaama, kun painehäviö on 1 bar (100 kPa).
LS	Lämmönsiirrin.
LVIA	Lämpö, vesi, ilma ja automaatio.
RAU	Rakennusautomaatio/rakennusautomaatiourakoitsija.

1 Johdanto

Tässä insinööriyössä seurataan lämmönjakohuoneen LVIA-laitteiston saneerausta ja projektin eri vaiheita. Saneeraus toteutetaan Nurmijärven kunnassa Uudellamaalla sijaitsevassa viidentoista huoneiston rivitaloyhtiössä. Rivitaloyhtiö on valmistunut vuonna 1995. Tarkoituksena oli uusia kaukolämpöön kuuluva lämmönjakolaitteisto.

Saneeraukseen päädyttiin, koska laitteisto on alkuperäinen ja elinkaarensa päässä, lisäksi toiminta vanhassa lämmönjakolaitteistossa oli ajoittain epävarmaa. Uudistuksella saavutetaan parempi laitteiston energiatehokkuus, säädettävyyys sekä toimintavarmuus. Uusittu laitteisto liitetään rakennusautomaatiojärjestelmään, josta vikatilanteissa saadaan hälytystieto tekstiviestitse, esimerkiksi päivystävälle huoltoyhtiön kiinteistöhoitajalle.

Insinööriyössä tarkastellaan lämmönjakohuoneen laitteiston toimintaa eri laitteiden osalta, oikeanlaisten venttiilien valintaa, säätöpiirien toimintaa sekä virittämistä. Venttiilin mitoittamiseen työn aikana kehiteltiin laskentatyökalu, jolla saadaan säätöventtiilit mitoittua helposti seuraavissa tulevilla projekteissa. Laskentatyökalua tullaan hyödyntämään yrityksen rakennusautomaatio-osastolla.

Lämmönjakohuoneen laitteiden mitoittamista ja laskentaa varten käytettiin yleisiä ohjeita sekä määräyksiä, joiden perusteella saatiin luotua tämä ohjeistus. Tätä insinööriyötä voidaan käyttää yleisohjeena lämmönjakokeskuksen saneerauksessa. Ohjetta voidaan käyttää perehdytyksenä toteutettaessa vastaavia kaukolämpökeskuksen saneerauksia tai mitoituksia.

2 Lämmönjakuhuone

Saneerattava kohde oli liitettyä kaukolämpöverkoston, jota käytetään paljon Suomessa. Kaukolämmitys on energiatehokas tapa lämmittää kiinteistöjä ympäristöystävällisesti. Kaukolämpö tuotetaan maakaasun, kivihiilen, turpeen, öljyn, puun ja muiden uusiutuvien energialähteiden avulla, esimerkiksi biokaasulla. Kaukolämmitys on Suomen yleisin lämmitysmuoto, noin 2,5 miljoonaa suomalaisista käyttää kaukolämpöä. Kaukolämmön osuus on noin 50 prosenttia Suomessa. (1, s. 3.)



Kuva 1. Kuvassa alkuperäinen lämmönjakokeskus.

Kuvassa 1 nähdään kiinteistön lämmönjakopaketti joka on tehdasvalmisteinen kokonaisuus. Se sisältää lämmönsiirtimet, joissa on ensiö- ja toisiopuoli, pumput sekä säätö- ja varolaitteet. Lämmönsiirtimessä kiertää ensiöpuolella kaukolämpöverkostosta tuleva vesi. Kaukolämmön myyjän laitteilla mitataan kaukolämpöverkon vedestä lämpötilaero ja veden määrä.

Asiakkaalle tulevan lämmönjakopaketin veden lämpötila on normaaleissa käyttöolosuhteissa vähintään 65 °C ja enintään 120 °C. Käytettävissä oleva kaukolämpöveden vähimmäispaine-ero on 60 kPa. Kaukolämpöverkko on suljettu putkisto, jossa lämpöä kuljetetaan veden välityksellä asiakkaalle. Kohteeseen tuodaan kaukolämmön toimittajan toimesta liittymisjohto, johon liitetään yksittäinen kohde. Lämmönjakuhuone on erillinen lukittu tila, johon lämmönmyyjän mittauskeskus ja jakokeskus sijoitetaan. (2, s. 5.)

Kaukolämmön perusvaatimukset

Kaukolämmitys on rakennuksissa yleisin lämmitysmuoto, se kattaa lähes puolet Suomen lämmitysenergiasta. Rakennuksen kaukolämmityksen mitoituksen tarkoituksena on taata asiakkaalle hyvä energiatehokkuus, joka toteutetaan oikein mitoitetuilla laitteilla. Tavoite on pitää energiankulutus sekä tehontarve mahdollisimman alhaisina, jotta saavutetaan tehokas energian käyttö. (3, s. 7.)

Kaukolämmityslaitteiden mitoituksessa on otettava huomioon erilaiset lämpökuormat joita pystytään hyödyntämään kiinteistössä. Säätojärjestelmän on pystyttävä tasamaan energianhankinta niin, että esimerkiksi auringon säteistä, ihmisistä sekä valaistuksesta saatava lämpöenergia hyödynnetään. Laitteiston on toimittava moitteettomasti vaihtuvissa paine-ero-olosuhteissa, niin että virtauspiirien toimintalämpötilat saadaan säädettyä ja pidettyä mahdollisimman alhaisella tasolla. (3, s. 7.)

Saneerattavan kohteen uusi lämmönjakopaketti mitoitettiin olemassa olevien kulutus-tietojen mukaan. Lisäksi lämmitysjärjestelmän toiminta-arvot mitataan. Saadut tulokset ovat peruste uusien mitoitusarvojen määrittämisessä. Lämpötilojen valinnassa pyritään saamaan paluveden lämpötila mahdollisimman alhaiseksi. Käyttöveden lämmönsiirrin mitoitetaan aivan kuin uudisrakennuksissa. (3, s. 9.)

3 Lämmönsiirtimet

Lämmönsiirrin on energiatekniikan komponentti, jolla lämpöenergiaa siirretään nesteiden eri lämpötilojen avulla. Useimmissa lämmönvaihtimissa lämpö siirtyy ilman että nesteet ovat yhteydessä toisiinsa tai sekoittuvat keskenään. Lämpö siirtyy nesteessä toiseen johtumalla tai lämpösäteilyllä. Lämmönsiirtimessä ei ole useimmiten liikkuvia osia, poikkeuksena ovat pyörivät lämmönsiirtimet. Lämmönsiirtimien huolto ja kunnossapitotarve on yleensä vähäinen, ja ne ovat kestäviä. Kuvassa 2 kohteen vanha lämmönsiirrin, joka oli tullut elinkaarensa päähän.



Kuva 2. Vanha käyttöveden lämmönsiirrin.

3.1 Lämmönsiirtimen mitoitus

Taulukko 1. Olemassa olevien rakennuksien lämmönsiirtimien enimmäislämpötila-arvot (3, s. 57).

	LÄMMÖNSIIRTIMIEN MITOITUSLÄMPÖTILAT °C			
	TULO	ENSIÖ PALUU	PALUU	TOISIO MENO
Lämmityksen lämmönsiirtimet, radiaattorilämmitys	115	43 (max)	40 (max)	70 (max)
Lämmityksen lämmönsiirtimet, radiaattorilämmitys – vanhat rakennukset	115	63 (max)	60 (max)	80 (max)
Lämmityksen lämmönsiirtimet, lattialämmitys	115	33 (max)	30 (max)	40 (max)
Kosteiden tilojen mukavuuslattialämmitys	70	28 (max)	25 (max)	35 (max)
Ilmanvaihdon lämmönsiirtimet	115	43	40	70
Huomautus		Ensiöpuolen paluulämpötila saa olla enintään 3 °C korkeampi kuin toisiopuolen paluulämpötila		

Lämmönsiirtimet mitoitetaan vastaamaan lämmitystehontarvetta. Mitoituksessa pyritään jäähdyttämään kaukolämpövesi mahdollisimman tehokkaasti kaikissa käyttötilanteissa. Uudiskohteiden lämmönsiirtimien mitoituslämpötilojen enimmäisarvoina käytetään taulukoiden 2 ja 3 mukaisia arvoja. (3, s. 8.)

Radiaattorilämmityksessä suositellaan, että menovedenlämpötilaksi asetetaan mahdollisimman alhainen lämpötila. Tällöin lämmitysverkosto saadaan säädettyä hyvin ja energiatehokkuus on hyvä. Lattialämmityksessä lämmönsiirrin mitoitetaan sen mukaan, onko lämmityksen käyttötarkoitus kaikkien tilojen varsinainen lämmönjakojärjestelmä tai pelkästään kosteiden tilojen mukavuuslattialämmitys. (3, s. 8.)

Taulukko 2. Uudiskohteiden lämmönsiirtimien enimmäislämpötila-arvot (3, s. 8).

	LÄMMÖNSIIRTIMIEN MITOITUSLÄMPÖTILAT °C			
	ENSIÖ		TOISIO	
	TULO	PALUU	PALUU	MENO
Lämmityksen lämmönsiirtimet, radiaattorilämmitys - suositus	115	33 (max)	30 (max)	45 (max)
Lämmityksen lämmönsiirtimet, radiaattorilämmitys - poikkeustapaukset	115	33 (max)	30 (max)	60 (max)
Lämmityksen lämmönsiirtimet, lattialämmitys	115	33 (max)	30 (max)	35 (max)
Kosteiden tilojen mukavuuslattialämmitys	70	28 (max)	25 (max)	30 (max)
Ilmanvaihdon lämmönsiirtimet	115	33 (max)	30 (max)	60 (max)
Huomautus		Ensiöpuolen paluulämpötila saa olla enintään 3 °C korkeampi kuin toisiopuolen paluulämpötila		

Taulukko 3. Uudiskohteiden lämpimän käyttöveden siirtimen enimmäislämpötila-arvot (3, s. 8).

	LÄMMÖNSIIRTIMIEN MITOITUSLÄMPÖTILAT °C			
	ENSIÖ		TOISIO	
	TULO	PALUU	KYLMÄ VESI	LÄMMIN VESI
Käyttöveden lämmönsiirtimet	70	20 (max)	10	58

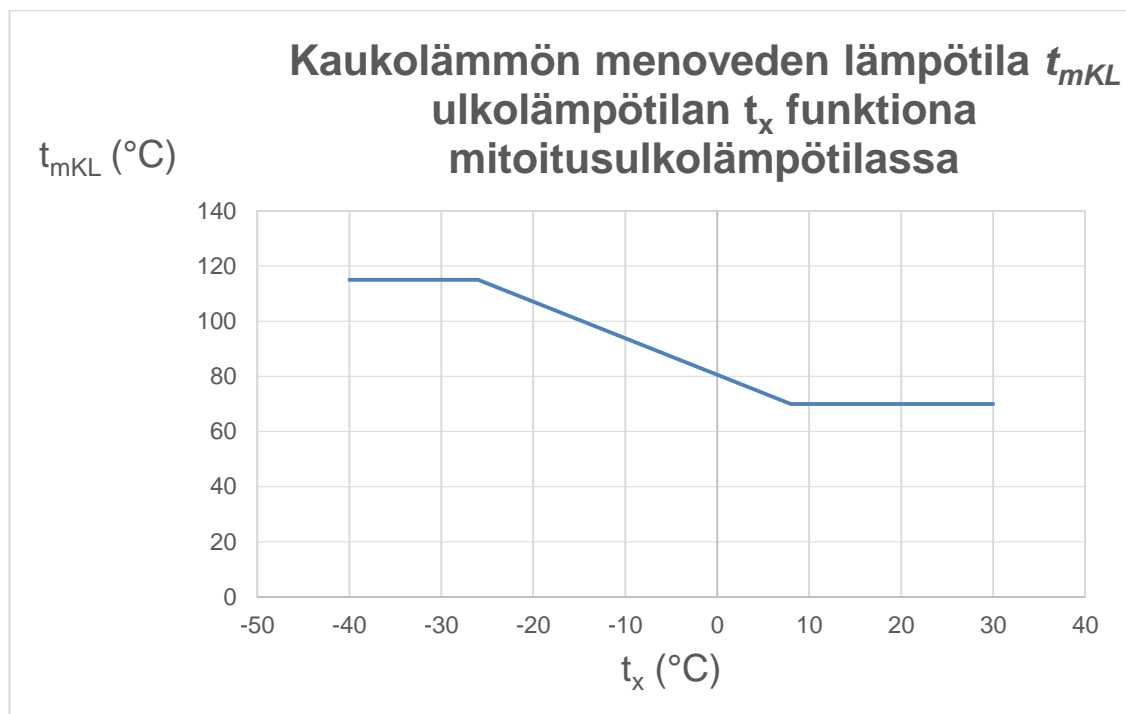
Olemassa olevien rakennusten lämmönsiirtimien enimmäislämpötilaerot eroavat uudiskohteista. Uudiskohteissa lämpötilat eroavat muun muassa uusien rakennusten tiukemmilla säädöksillä lämmöneristyksen suhteen, jolloin lämpöenergiaa menee vähemmän hukkaan. Myös uudisrakennuksien lämmönjakoverkostot ovat toiminnaltaan tehokkaampia ja lämmönjakotavat parempia jotta päästään pienempiin tehonkulutuksiin ja samalla siirtimien mitoitusarvoihin. Taulukoista 1, 2 ja 3 ja nähdään miten kaukolämmöstä otetaan tänä päivänä enemmän energiaa käyttöön.

Taulukko 4. Säävyöhykkeitä vastaavat mitoitusulkolämpötilat (4, s. 29).

Taulukko L2.1		Mitoittavat ja keskimääräiset ulkoilman lämpötilat eri säävyöhykkeillä.	
Säävyöhyke	Mitoittava ulkoilman lämpötila, °C	Vuoden keskimääräinen ulkoilman lämpötila, °C	
I	-26	5,3	
II	-29	4,6	
III	-32	3,2	
IV	-38	-0,4	

Taulukosta 5 Nähdään miten arvot muodostavat suoran yhtälön, joilla voidaan piirtää kaukolämmön menoveden lämpötila ulkolämpötilan funktiona.

Taulukko 5. Kaukolämmön menoveden lämpötilat eri ulkolämpötiloissa

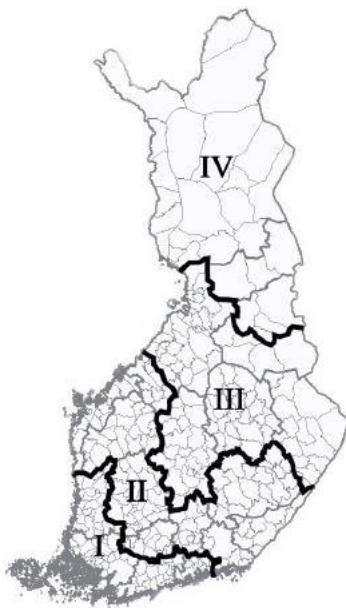


LS1 – käyttöveden lämmönsiirrin

Rakentamismääräyskokoelman D1, Kiinteistön vesi ja viemärlaitteistot -osan avulla lasketaan lämpimän käyttöveden jakojohdon oikea mitoitusvirtaama (5, s.36). Käyttöveden lämmönsiirrin mitoitetaan siten, että käyttöveden lämpötila on 58,0 °C mitoitusvirtaamalla. Lämpimän käyttöveden kierto suunnitellaan niin, että veden lämpötila on vähintään 55,0 °C. Liian alhainen lämpimän käyttöveden lämpötila voi aiheuttaa legionellabakteerin esiintymistä vesijohtovedessä. Siirrin mitoitetaan toimimaan edellä mainittujen arvojen mukaisesti, mutta kuitenkin vähimmäisarvoina käytetään 0,3 dm³/s virtaamaa ja sen mukaista 60 kW:n tehoa. (3, s. 12.)

LS2 – patteriverkoston lämmönsiirrin

Patteriverkoston lämmönsiirrin mitoitetaan suurimman lämmitystehontarpeen mukaisilla lämpötiloilla. Tämä tarkoittaa sitä, että Etelä-Suomessa mitoitusulkolämpötilana käytetään -26 °C. Tarkemmat aluerajaukset näkyvät rakentamismääräyskokoelman D3 Suomen rakentamismääräyskokoelman kartasta, jossa Suomi on jaettu neljään eri säävyöhykkeeseen (kuva 3.) ja niitä vastaaviin mitoitusulkolämpötiloihin. Mitoituslämpötilat tullaan tarkastamaan uudelleen viimeistään vuonna 2019, kun ympäristöministeriö seuraavan kerran tiukentaa rakentamisen energiamääräyksiä ja siirrytään lähes nollaenergiarakentamiseen. (6, s, 2.)



Kuva 3. Säävyöhykkeet (4, s. 29).

3.2 Saneerattavan kohteen lämmönsiirtimet

Kohde sijaitsee Uudellamaalla, joten se kuuluu säävyöhykkeeseen 1. Säävyöhykkeessä 1 käytetään mitoitusulkolämpötilana -26 °C , tällöin kaukolämmön menoveden lämpötila on 115 °C . Esimerkiksi taulukosta 5 katsomalla näkee, että jos ulkolämpötila on 8 °C , kaukolämmön menoveden lämpötila on 70 °C . Kaukolämmön menoveden lämpötila vaihtelee siis 115 °C:n ja 70 °C:n välillä vallitsevan ulkolämpötilan mukaan. (4, s. 29.)

Taulukoissa 6 ja 7 on esitetty saneerattavan kohteen vanhat ja uudet lämmönsiirtimien mitoitus tiedot. Kohde oli vanha ja tällöin mitoituksessa käytetään lämmityksen osalta olemassa olevan rakennuksen mukaista mitoitusta, joka on nähtävillä taulukosta 1. Käyttöveden mitoituksessa on käytetty taulukon 3 mukaista mitoitusta.

Vanhan käyttöveden siirtimen ensiöpuolen virtaama oli $1,13\text{ l/s}$ ja mitoituslämpötilat $70\text{--}25\text{ °C}$. Toisiopuolen virtaama $1,12\text{ l/s}$ ja mitoituslämpötilat $10\text{--}55\text{ °C}$. Uuden käyttöveden siirtimen ensiöpuolen virtaama on $1,00\text{ l/s}$ ja mitoituslämpötilat $70\text{--}20\text{ °C}$. Toisiopuolen virtaama $1,05\text{ l/s}$ ja mitoituslämpötilat $10\text{--}58\text{ °C}$. Vanhassa siirtimessä on käytetty kolme astetta alempaa lämpötilaa käyttöveden kierrossa. Käyttöveden mitoituslämpötila on uusissa määräyksissä muuttunut kolme astetta korkeammaksi, kuten taulukosta 3 voi tarkastella.

Taulukko 6. Vanhat lämmönvaihtimien arvot

LÄMMÖNSIIRTIMET		Käyttövesi LS 1		Lämmitys LS 2	
Valmistaja		Oy LPM - GROUP Ltd		Oy LPM - GROUP	
Malli		HKL		HKL	
Teho	kW	210		95	
		ensiö	toisio	ensiö	toisio
Virtaus	l/s	1,13	1,12	0,33	0,77
Lämpötilat	$\text{°C} - \text{°C}$	70 - 25	10 - 55	115 - 45	40 - 70
Painehäviö	kPa	19,2	17,9	2,9	11

Taulukko 7. Uudet lämmönvaihtimien arvot

LÄMMÖNSIIRTIMET		Käyttövesi LS 1		Lämmitys LS 2	
Valmistaja		Gebwell		Gebwell	
Malli		IC16Hx63x62		IC80Hx36	
Teho	kW	210		95	
		ensiö	toisio	ensiö	toisio
Virtaus	l/s	1,00	1,05	0,31	0,76
Lämpötilat	°C - °C	70 - 20	10 - 58	115 - 43	40 - 70
Painehäviö	kPa	10	11	1,6	11

Saneerattavan kohteen siirtimessä oli ollut jo vuotoja, ja kaukolämpöpaketti oli jo vuotanut muistakin liitoksista aiemmin. Esimerkiksi kuvasta 2 voidaan jo pintapuolisestikin tarkastella, että vuotoja on ollut jo aiemmin. Siirtimien ja yleisesti kaukolämpölaitteistojen normaali käyttöikä on 20–25 vuotta. Käyttöikä riippuu kuitenkin huollosta ja ylläpidosta. Kyseisen kohteen siirrin ja laitteistot olivat noin 23 vuotta vanhoja uusinnan aikaan, jolloin tekninen käyttöikä oli käytännössä saavuttanut elinkaarensa päätöksen. Tästäkin syystä uusinta oli jo ajankohtainen.

4 Venttiilit

Säätöventtiiliä valittaessa on selvítettävä vähintään virtaama ja venttiilin käytettävissä oleva painehäviö. k_{vs} -arvo ilmoittaa täysin auki olevan venttiilin läpi menevän virtaaman, kun painehäviö on 1 bar (100 kPa). Säätöventtiili säätää virtaamaa toimilaitteen ohjaamana, toimilaitetta ohjataan säätimen jänniteviestin avulla 0...10 V.

Valittava venttiili ei saa olla liian pieni, koska painehäviön on oltava mitoituspainehäviön rajoissa mitoitusilanteessa. Lämmönsiirtimen mitoitusaste ei toteudu, mikäli virtaama on liian pieni. Säätöventtiilit ovat 2- tai 3-tie istukka- tai säätöpalloventtiileitä, ja niitä pitää voida käyttää myös käsin. Venttiilin tyyppi, koko ja materiaali hyväksytetään ennen laiteasennuksia. Venttiilin asennuspaikka valitaan niin että toimilaitte voidaan huoltaa. Venttiilin karan asento on yleensä asennettu ylöspäin. (7, s. 314.)

Liian suuri venttiili toimii mitoitusvirtaamaa pienemmällä virtaamalla ja toimii siten lähes kiinni-asennossa, jolloin sen säätökyky on heikko. Venttiilin säätökykyä kuvaa vaikutusaste (auktoiteetti). Lämmönjakokeskuksessa vaikutusasteen on oltava suurempi tai yhtä suuri kuin 0,5. (3, s. 70.)

Säätöventtiilin mitoitus

Hyvään säätötulokseen päästään, kun otetaan huomioon säätöventtiilin auktoiteetti, perusominaiskäyrä, säätöalue, tiiviys, oikea sijoitus ja asennus, antureiden sijoitus, toimilaitteen sopivuus sekä verkoston muiden osien ominaiskäyrät. Säätöventtiili mitoitetaan lämmönsiirtimien mitoitusarvojen mukaan, virtaaman ja tehon sekä lämpötilojen ja normaaleissa käyttöolosuhteissa olevalla paine-erolla (kaavat 1–4). (3, s.15).

Lämmönjakopaketin toimittaja oli laskenut lämmönsiirtimille mitoitusarvot, josta saatiin tarvittavat tiedot säätöventtiilien mitoitukseen. Mitoitusta varten oli selvítettävä säätöventtiilin mitoituspaine-ero (kaava 1). Säätöventtiilin mitoituspaine-ero saadaan lasketua lämmönjakopaketin myyjän ilmoittamasta käytettävissä olevasta paine-erosta, josta vähennetään lämmönsiirtimen ja putkiston painehäviöt. Mitoituspaine-eroksi saatiin 55 kPa (0,55 bar).

Säätöventtiilin mitoituspaine-ero lasketaan yhtälöllä 1

$$\Delta p = \Delta p_{\text{ilm}} - \Delta p_{\text{siirrin}} - \Delta p_{\text{putkisto}} \quad (1)$$

Δp on säätöventtiilin mitoituspaine-ero (bar).

Δp_{ilm} on lämmönmyyjän ilmoittama käytettävissä oleva paine-ero.

$\Delta p_{\text{siirrin}}$ on siirtimen painehäviö.

$\Delta p_{\text{putkisto}}$ on putkiston painehäviö.

Seuraavaksi laskettiin yhtälöllä 2 säätöventtiilin k_v -arvo jolla tarkoitetaan venttiilin aiheuttamaa todellista painehäviötä. Käyttöveden ensiöpiirin virtaus on tasan 1,0 l/s. k_v arvoa laskettaessa virtaama muutettiin muotoon kuutiota tunnissa (m^3/h). Mitoituspaine-ero ilmoitetaan baareissa (bar).

$$k_v = \frac{q_v}{\sqrt{\Delta p}} \quad (2)$$

q_v on lämmönsiirtimen ensiöpuolen mitoitusvirtaama (m^3/h).

Δp on mitoituspaine-ero (bar).

Kun k_v arvo saadaan laskettua, katsotaan sopiva k_{vs} -arvo Reynard-sarjasta (taulukko 8). Taulukosta valitaan käyttöveden säätöventtiiliksi seuraavaksi pienempi lähin arvo, lämmityspiirin venttiiliksi valitaan arvoltaan seuraavaksi suurempi k_{vs} -arvo (3, s. 15). Projektissa käyttöveden säätöventtiiliksi valittiin arvo $4.0 k_{vs}$.

Taulukko 8. Reynardin sarja ($10^{0,2}$)ⁿ

n	k_{vs}	n	k_{vs}	n	k_{vs}
-4	0,16	1	1,6	6	15,8
-3	0,25	2	2,5	7	25,1
-2	0,40	3	4,0	8	39,8
-1	0,63	4	6,3	9	63,1
0	1,0	5	10,0	10	100,0

Valitun venttiilin todellinen painehäviö saadaan laskettua kaavalla 3. Käyttöveden sää-
töventtiilin todelliseksi painehäviöksi saadaan 0,81 baaria (bar).

$$\Delta p_{sv} = \left(\frac{q_v}{k_{vs}} \right)^2 \quad (3)$$

q_v on mitoitusvirtaama (m^3/h).

Δp_{sv} on valitun venttiilin aiheuttama todellinen painehäviö (bar).

Viimeiseksi tarkastetaan säätöventtiilin auktoriteetti eli vaikutusaste (Kaava 4). Läm-
mönjakokeskuksessa vaikutusasteen on oltava suurempi tai yhtä suuri kuin 0,5. Tulok-
seksi saatiin 1,16.

Vaikutusaste lasketaan yhtälöllä 4.

$$\beta = \frac{\Delta p_{sv}}{\Delta p_{mit}} \quad (4)$$

Δp_{sv} on säätöventtiilin aiheuttama painehäviö mitoitusvirtaamalla (kPa).

Δp_{mit} on lämmönmyyjän ilmoittama käytettävissä oleva paine-ero (kPa).

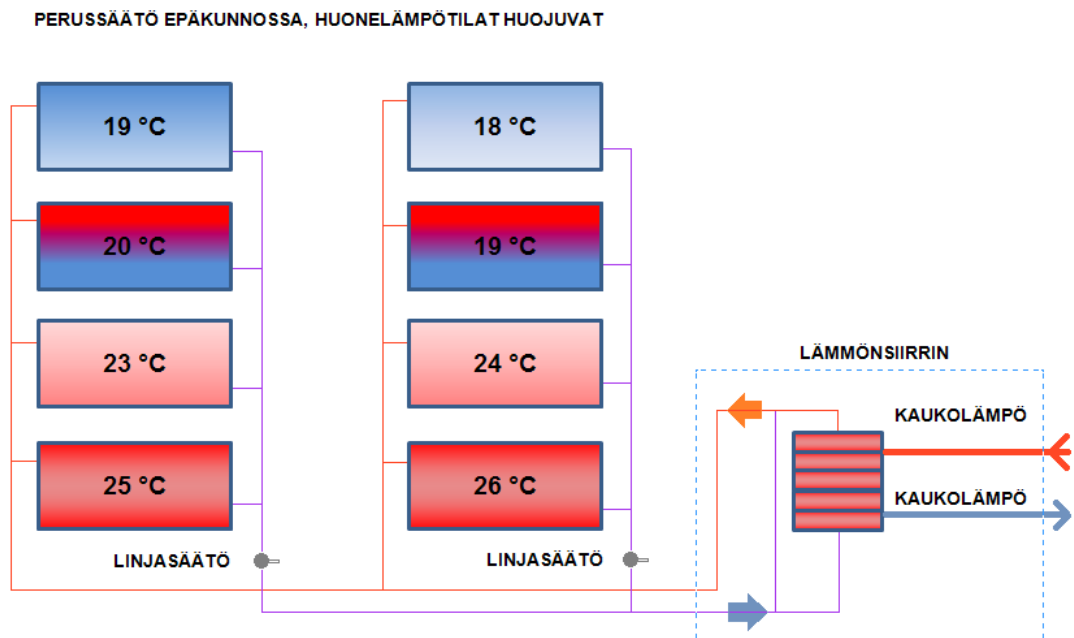
Lämmönjakopakettiin saatiin asennettua uudet säätöventtiilit, joiden säädettävyys oli
halutunlainen. Venttiileitä mitoittaessa tehtiin laskentatyökalu helpottamaan venttiilin
valintaa jatkossa. Laskentatyökaluun syötetään saadut tiedot, josta laskentaohjelma
laskee puuttuville arvoille oikeat arvot.

Kohteessa valittiin käyttöveden ja lämmityspiirin säätöventtiileiksi Siemensin VVG-
sarjan venttiilit. Säätöventtiilit ja niitä ajavat toimilaitteet valitaan tavallisesti saman val-
mistajan valikoimasta. Tällä varmistetaan laitteiden yhteensopivuus.

5 Patteriverkoston perussäätö

Lämmönjakohuoneen saneerauksen yhteydessä toteutettiin myös asuinhuoneistojen patteriverkoston venttiilien sekä patteritermostaattien uusiminen. Samalla uusittiin myös kohteen linjasäätöventtiilit ja virtaamat mitattiin sekä säädettiin. Toisin sanoen kohteeseen suoritettiin perussäätö. Kohteessa oli ongelmana, että huoneistojen väliset lämpötilat vaihtelivat suuresti, mistä kuva 4 havainnollistaa tilanteen kohteessa. Tämä johtuu yleensä venttiilien tukkeutumisesta tai vääristä esisäätöarvoista.

Uudet venttiilit mitoitettiin suunnitelmien mukaisesti. Vesivirrat mitattiin linjakohtaisesti uusituilta linjasäätöventtiileiltä. Verkosto tasapainotettiin asuntojen lämpötilamittausten jälkeen. Näin asukkaille saatiin yhdenmukaiset ja hyvät asumisolosuhteet.



Kuva 4. Esimerkki epätasapainossa olevasta lämmitysverkostosta.

6 Pumput

Kiertovesipumppu on lämmönjakopaketin laite, joka kierrättää vettä suljetussa vesiputkistossa lämmönsiirtimen ja pattereiden välillä. Pumppua valittaessa tulee ottaa huomioon kiertopiirin painehäviöt, jotka määrittävät pumpun nostokorkeuden. Kiertopiirin painehäviöt muodostuvat lämmönvaihtimesta, putkistosta, venttiileistä ja lämmityspattereista. Pumppujen mitoittamiseen tarvittavat tiedot otetaan lämmönsiirtimien toiminta-arvojen mukaan. Lämpimänkäyttöveden pumpun on pyörittävä tauotta, minkä takia veden lämpötila saadaan pidettyä asetusarvossaan. Pumppujen asennuspaikka on aina paluuputkessa. (3, s. 27.)

Pumppujen perusvaatimuksiin kuuluvat seuraavat seikat:

- Pumput on valittava siten, ettei niiden äänitaso ylitä Suomen rakentamismääräyskokoelmassa C1 annettuja arvoja.
- Pumppua valittaessa tulisi ottaa huomioon, että sen tuottoa voidaan suurentaa tai pienentää 10 % suunnitteluarvosta. Tämä tarkoittaa sitä, että pumpu on kierroslukusäätöinen tai pumpun juoksupyörää voidaan vaihtaa.
- Pumpun välittömään läheisyyteen tulee asentaa säätöventtiili, jonka molemmiin puolin asennetaan painemittausyhteet. Mittausyhteistä mitataan paine-ero venttiiliin yli, jonka avulla saadaan laskettua veden virtaama.
- Kiertovesipumppujen sekä säätölaitteiden ohjauskeskus sisältää sähköalan määräysten mukaiset kytkimet ja laitteet. Ohjauskeskuksen tulee olla helpokäyttöinen ja pumpulle on oltava käsikäyttömahdollisuus sekä ohjeistus. (7, s.82.)

Aikaisemmin patteriverkostossa vesi kiersi painovoimaisesti. Nykyään vettä kierrätetään keskipakoispumppujen voimalla. Lämmityspiirin pumppua suositellaan ohjattavaksi niin, että pumpun pysähtyttyä ohjausjärjestelmä pyörittää pumppua väliajoin. Pumput mitoitetaan lämmönsiirtimen mukaisilla virtaamilla. (3, s.27.)

Sellaisissa märkämoottori-tyyppisissä pumpuissa, jossa pumpun roottori on laakereita vesivoitelevan pumpattavan veden ympäröimänä, vesi toimii myös voiteluna akselin laakereille. Pumpun tulisi olla käynnissä ympärivuotisesti. Jos kiertovesipumppu sammutetaan kesän ajaksi, pumppua tulisi pyörittää vähintään kerran kuukaudessa, tai muuten pumppu voi jumiutua. (8, s. 188.)

Pumppu suositellaan tarkastettavaksi vuositasolla, jolloin tarkastetaan pumpun ääni, puhtaus, vuodot sekä hälytykset. Tasaisesti kuuluva ääni on merkki, että laakerit ovat kunnossa. (9, s. 83.) Kohteen vanhasta kiertovesipumpusta (kuva 5) kuultiin, että laakerit eivät olleet enää hyvässä kunnossa.



Kuva 5. Vanha käyttöveden pumppu.

7 Paisunta- ja varolaitteet

Paisunta- ja varolaitteet käyttävät suljettua tai avointa järjestelmää. Paisuntajärjestelmään sopii kalvopaisuntasäiliö ja kaasutäytteinen paisuntasäiliö, näissä paine saa olla korkeintaan 600kPa. Varoventtiilit asennetaan paisuntaputkeen tai lähelle sen liitosta. Ulospuhallusputken on oltava vähintään varoventtiilin ulospuhallusaukon kokoinen, ja sen tulee olla vähintään DN15. Kaukolämpöön kuuluvan lämmönjakopaketin varoventtiili määräytyy taulukon 9. mukaisesti. Varoventtiiliin on merkittävä avautumispaine ja koko. Paisuntasäiliön mitoituksessa noudatetaan painelaitteita koskevia määräyksiä. (3, s. 28)

Taulukko 9. Varoventtiilin mitoituskoot (3, s. 28).

Lämmönsiirtimen teho kW	Varoventtiili DN
...200	15
200...800	20
800...	25

Mitoitukseen tarvitaan seuraavat tiedot, joilla saadaan laitokseen sopiva paisuntasäiliö valittua. (10, s. 6).

- lämmitysteho (kW).
- kokonaisvesitilavuus (dm³).
- staattinen korkeus (kPa).
- veden enimmäislämpötila (°C).
- Verkoston suurin sallittu käyttöpaine (kPa).

Varoventtiin mitoitus tapahtuu tarvittavan ulospuhallustehon ja avautumispaineen mukaan. Avautumispaine on oltava paisunta-astian esipainetta suurempi. Avautumispaine saa korkeintaan olla laitoksen suurin käyttöpaine, mieluiten kuitenkin pienempi kuin tämä. Varoventtiili sijoitetaan kattilan yläosaan, jotta vikatilanteessa ulospuhallus on höyryä. Ulospuhallusteho lasketaan kaavan 5 mukaan, jolla saadaan valittua taulukosta 9 oikea varoventtiili. (10, s. 7.)

$$G = \frac{3600K\emptyset}{h} \quad (5)$$

G on ulospuhallusteho kg/h (höyryä).

\emptyset on kattilateho kW.

K on varmuuskerroin = 1,5 - 2,0.

h on veden höyrystymislämpö (+120 °C).

8 Rakennusautomaatio

Automaatiolla tarkoitetaan itsestään säätävää laitteistoa, jonka tarkoitus on saada kiinteistöön halutut olosuhteet, ilman että kiinteistöhoitajan tarvitsee olla jatkuvasti läsnä. Hyvällä säädöllä tarkoitetaan energiankulutuksen pienentämistä ja sisäolosuhteiden mukavuutta asukkaille. Rakennusautomaatiojärjestelmä valvoo ja ylläpitää järjestelmän toimintaa, vikatilanteissa järjestelmästä saadaan tieto välitettyä myös eteenpäin.

8.1 Kenttälaitteet

Usein toimilaitteet ja venttiilit valitaan samalta valmistajalta, koska tällä taataan hyvä yhteensopivuus, toimivuus sekä halvempi hinta. Saneerattavan kohteen uuteen lämmönjakopakettiin valittiin Siemensin venttiilit ja toimilaitteet. Käyttöveden toimilaitteeksi valittiin SAT61.008 ja patteriverkoston toimilaitteeksi SSC619. Kummatkin laitteet toimivat 24 voltin vaihtojännitteellä (VAC), ja säätöviesti 0–10 volttiin tasajännitteellä (VDC), säätövoima 300–400 N. Käyttöveden ja patteriverkoston toimilaitteet eroavat toisistaan ajoajan nopeudessa, eli kuinka kauan toimilaitteella kuluu aikaa liikua ääri-asennosta toiseen.

Käyttöveden toimilaitte ajaa päästä päähän kahdeksassa sekunnissa, koska käyttöveden säädön tulee toimia nopeasti. Patteriverkoston säätövasteen ei tarvitse olla yhtä nopea kuin käyttövesipiirissä. Lämmityspiiriin valittiin ajoajaltaan 30 sekunnin toimilaitte.

Säätöventtiiliin kytketään toimilaitte, jolla ohjataan venttiilin karaa. Yleisin nykypäivänä rakennusautomaatiossa käytetty säätötapa on 0...10 VDC:n säätöviesti. 10 VDC tarkoittaa, että toimilaitte on ajanut venttiilin auki-asentoon, tai kiinni-asentoon riippuen käyttötarkoituksesta. Toinen säätötapa on virtaviesti, jossa käytetään 4 mA–20 mA:n säätöviestiä. Virtaviesti on säätöprosessiltaan tarkempi, koska ei ole yhtä altis häiriöille kuin jänniteviesti. Useimmiten jänniteviestillä saavutetaan rakennusautomaation prosesseissa riittävä säädön tarkkuus. Kohteessa käytettiin kaikille toimilaitteille jännitesäätöviestiä.

Antureita käytetään mittalaitteina, jotka tunnistavat prosessissa muuttuvat arvot. Anturi välittää mitatun tiedon säätimelle. Lämpötila-anturit ovat kiinteistöautomaatiikan yleisempiä antureita.

Mittauselimet eli anturit valitaan sen mukaan, mikä parhaiten soveltuu mittaustilanteeseen. Lämpötila-anturin toiminta perustuu mittauselementin vastuksen muutokseen kun lämpötila muuttuu, vastusarvosta selviää ympäröivä lämpötila. (8, s. 24.)

Lämpötila-anturit voidaan asentaa suojataskuihin sijoitettavilla uppoantureilla tai tukevasti putken pintaan tarkoitetuilla pinta-antureilla. Menoveden lämpötila-anturi pitää pystyä sijoittamaan lämmönsiirtimen jälkeen niin, että lämpötilat ovat tasoittuneet riittävästi ja mittaustulos vastaisi todellista arvoa. Ulkolämpötila-anturi ensisijaisesti asennetaan rakennuksen pohjoisseinälle. (3, s. 18.)

Lämmönjakopaketissa käytettiin Ouman NTC-10 vastusantureita. NTC-10 -vastusanturi (Negative Temperature Coefficient) näyttää 10 000 Ω , kun lämpötila on 25 °C. Anturin resistanssiarvo pienenee lämpötilan kasvaessa. NTC-10 -anturin suuren resistanssiarvon takia kaapelin oma resistanssi ei vääristä mittaustulosta.

8.2 Ouman lämmönsäädin

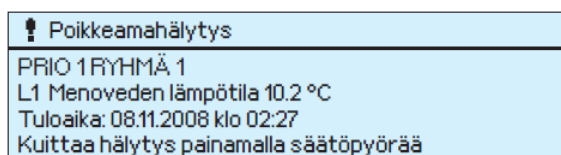
Kuvassa 6 Ouman C203, joka on 3-piirinen lämmönsäädin, jolla voidaan ohjata kahta lämmityksen säätöpiirin ohjausta, sekä käyttöveden säätöpiirin ohjausta. Ouman säätimessä on pyritty helppokäyttöiseen navigointiin. Säädin on helppokäyttöinen, ja sitä käytetään lähinnä pienemmissä kiinteistöissä paljon. Lämmönjakopaketti liitettiin Ouman C203-säätimeen, joka ohjaa kohteessa lämpimän käyttöveden säädön sekä lämmityksen.



Kuva 6. 3-piirinen lämmönsäädin Ouman C203 (11).

Kiinteistötekniikan hälytyksille asetetaan prioriteetit, joiden mukaan hälytykset välitetään kohteesta eteenpäin. Kiireellisiin hälytyspisteisiin kuuluu esimerkiksi pumppujen indikointitiedot. Kiinteistönhuoltaja saa näistä tekstiviestitse tiedon, kun järjestelmässä on jotain semmoista vikaa, mistä aiheutuu haittaa käyttäjälle, esim. liian kuuma käyttövesi josta voi aiheutua palovammoja.

Ouman C-203-säätimeen saadaan lisävarusteena lisättyä GSM-modeemi, jolla hälytykset välitetään haluttuihin numeroihin. LVIA-hälytyksien välittämiseen tarvitaan tekstiviestiliittymä, SIM-kortin tilauksen hoitaa asiakas. Hälytykset lähtevät Ouman-säätimeltä haluttuihin numeroihin. Kuvassa 7 on esimerkki, millä tiedoilla vikatilanteissa kiinteistönhoitaja saa nopeasti ilmoituksen kohteessa olevasta viasta matkapuhelimeensa.

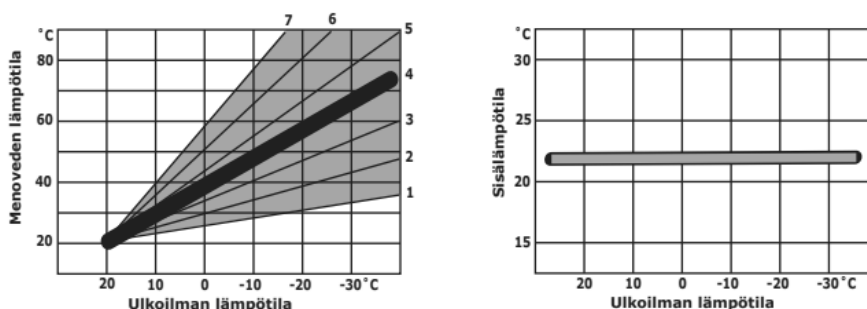


Kuva 7. Ouman C-203 näyttöpaneelin poikkeamahälytys.

8.3 Säätokäyrät, säätöperiaatteet ja säätötavat

Silloin kun säätöjärjestelmä viritetään oikein ja laitteisto on kunnossa, pysyy lämmitysverkkoon menevän veden lämpötila oikeana vuodenaikasta riippuen. Säätokäyrät asetetaan talokohtaisesti säätökeskukselta, tarpeetonta säätokäyrän nostoa tulee välttää.

Säätokäyrä asetellaan ulkolämpötilan mukaan, kun ulkona on -20 °C pakkasta, patteriverkosto asetetaan lämmittämään piiriä 59 °C:een. Asetusarvoja voidaan muokata kiinteistön tarpeita vastaavaksi useammasta pisteestä säätokäyrällä. Käyrää joudutaan muuttamaan kiinteistöittäin sopivaksi. Säätokäyrästä nähdään, miten järjestelmä toimii milläkin käyrällä (kuva 8). Käyrä asetellaan sopiviksi yleensä pakkasaikana, jolloin säädöstä saadaan halutunlainen. Sääto on onnistunut, kun lämpötila saadaan pysymään tasaisena eri lämpötiloilla.



Kuva 8. Säätkäyrä on asetettu oikein, kun huonelämpötila pysyy tasaisena (1, s. 10).

Kiinteistön lämmityksen säätö asettaa huonelämpötilan tai halutun ilman virtauksen jossakin asetusarvossa. Arvoja voidaan muuttaa ohjelmallisesti tai käsin. Häiriötekijät, jotka vaikuttavat säätöön, ovat ulkolämpötilan vaihtelut, tuuli ja lämmöntuoton häiriöt. Toimintaperiaatteelta säätimet jaetaan analogisiin tai digitaalisiin säätimiin. Analogisäätimet ovat yleensä toiminnaltaan sähköisiä. Kenttälaitteina käytetään analogisia laitteita, joita ovat anturit ja toimilaitteet. Anturin mittaustulos muutetaan digitaaliseen muotoon, jonka säädin vastaanottaa. Säätimeltä lähtevät ohjausviestit muutetaan analogisiksi.

Sähköisen analogiasäätimen toiminta perustuu sähköiseen mittasiltaan, johon tuodaan vertailtavaksi ohjesuure ja mittaussuure. Säädin muodostaa näiden erosta ohjaussuureen, joka lähetetään toimintayksikölle. Analogiasäätimen tieto on koko ajan tasavirta- tai tasajännitemuodossa.

Digitaalisäädintä pystytään ohjelmoimaan, mitä ei pystytä tekemään analogiasäätimellä. Säädin laskee ohjelmoidun säätöalgoritmin perusteella määrävälein uuden ohjaussuureen, jotka välitetään toimintayksikölle. Digitaalisen säätimen avulla ohjataan useita säätöpiirien toimintoja. Siihen voidaan liittää esimerkiksi kiertopumpun käynnistys kesäaikana tai menoveden lämpötilan rajoituksia.

Säätömuodot ryhmitellään epäjatkuviin säätöihin, jotka ovat kaksiasentosäätö ja väliasentosäätö. Jatkuvatoimiseen säätöön kuuluvat P-säätö (suhteellinen säätö), PI-säätö (suhteellinen ja integroiva säätö), sekä PID-säätö (suhteellinen, integroiva ja derivoiva säätö). LVI-järjestelmissä yleensä käytetään P- tai PI-säätöä. Prosessin säädettävyyden riippuu järjestelmän ominaisuuksista, säätölaitteiston ominaisuuksista ja ulkoisista häiriöistä. Yleisempiä ehtoja ovat järjestelmän vakaus ja se, että säädettävyyden nopea.

Taulukko 10. Säättömuodot ja niiden käytettävyys (8, s. 39).

Säättömuoto	P	I	PI	PID
Yksikkö	Pysyvä poikkeama on	Pysyvää poikkeamaa ei ole	Pysyvää poikkeamaa ei ole	Pysyvää poikkeamaa ei ole
Lämpötila	Soveltuu rajoitustusti Tt/Ts alle 1/10	Ei sovellu. Liian suuri heilahdusaika. Suuri säätöaika	Korkeille vaatimuksille paras säätötoiminta	Korkeille vaatimuksille paras säätötoiminta
Paine	Soveltuu, ei esiinny kuollutta aikaa	Erittäin sopiva	Korkeille vaatimuksille paras säätötoiminta	Ei ole tarpeen tässä tapauksessa
Pinta	Soveltuu, ei esiinny kuollutta aikaa	Ei sovellu, epävakaa	Korkeille vaatimuksille paras säätötoiminta	Ei ole tarpeen tässä tapauksessa
Kierrosluku	Yleensä sopiva, jos kuollutta aikaa ei esiinny	Käytettävissä, jos kuollut aika on lyhyt. Epävakaampi kuin P-säätö	Korkeille vaatimuksille paras säätötoiminta	Antaa yleensä PI-säätöä tarkemman säätötuloksen.

P-säätö (vertosäädin) on yksi LVI järjestelmien perussäättömuodoista. P-säädin korjaa nopeasti säädössä tapahtuvat häiriöt, mutta yleensä säätöpoikkeamaa aiheutuu. P-säätö havaitsee erosuureen suunnan ja suuruuden, sitä käytetään kun halutaan rauhallinen säätö ja pystytään sallimaan pysyvä säätöpoikkeama. (8, s. 38.)

I-säädin (integraiva säädin) on hitaammin reagoiva kuin P-säädin, mutta sillä saadaan poistettua säätöpoikkeama. Säädin integroi asetus- ja mittausarvon välistä arvoa muuttamalla lähtöviestiä niin, että säätöpoikkeama poistuu. I-säädin tuntee poikkeaman suunnan, suuruuden ja kestoajan. I-säätöä käytetään vähän yksinään, mutta yleensä sitä käytetään suhdessä säätön kanssa. (8, s. 38.)

PI-säätö on yleisin säättömuoto mitä LVI-järjestelmissä käytetään. Säädössä P-osan pysyvä säätöpoikkeama korjataan I-vaikutuksella. Säätö tuntee erosuureen suunnan, suuruuden ja keston. Havaitessaan asetusarvon tai mittausarvon muutoksen P-säätö muuttaa heti säätimen lähtöä, minkä jälkeen I-säätö muuttaa lähtöviestiä poistaen säätöpoikkeaman. PI-säädöllä kuitenkin esiintyy huomattavaa kuollutta aikaa, jolla tarkoitetaan aikaa, jolloin ei tapahdu mitään näkyvää muutosta. (8, s.39.)

D-säädön (derivoiva säätö, ennakoiva säätö) säätötavalla reagoidaan poikkeaman muuttumisnopeuteen. Mitä nopeammin poikkeama kasvaa, sitä voimakkaammin säätöviestiä yliohtetaan. D-säätöä ei koskaan käytetä itsenäisenä säätömuotona, vaan osana P-termiin. D-säätö on hyvä prosesseissa, joissa ainetta tai energiaa kohtaan esiintyy suuri varastoiva kapasiteetti, esimerkiksi huoneilman lämpötilansäätö tai patteriverkoston säätö. (8, s. 39.)

Jos prosessissa esiintyy kuollutta aikaa tai anturit ovat hitaasti reagoivia, valitaan PID-säädin. Säätöpiiri saa asetusarvonsa muita säätimiä nopeammin, mutta se on vaikeampi virittää. (8, s. 39.)

9 Yhteenveto

Energian hinnan kasvun myötä on herätty siihen, että taloyhtiöt panostavat energiatehokkuuteen. Kiinteistöt haluavat säästää rahaa lämmityskuluissa, koska lämmityskustannukset ovat iso osa kiinteistön vuosittaisista kustannuksista. Taloyhtiön alkuperäinen lämmönjakopaketti oli asennettu yli 20 vuotta sitten. Tekniikka oli vanhaa ja lämmönjakopaketti oli tullut elinkaarensa päähän. Saneerauksen myötä lämmönjakopaketti oli taloudellisempi, huoltovarmempi ja käyttäjäystävällisempi.

Työn tavoitteena oli uusaa saneerattavan kohteen lämmönjakopaketti. Työssä käytiin läpi lämmönjakolaitteiston eri komponentteja sekä niiden toimintaa. Projekti eteni ongelmitta ja urakka saatiin luovutettua asiakkaalle toimivana kokonaisuutena aikataulun mukaan. Olin laskenut rakennusautomaation osuuden urakasta, ja taloudellisessa lopputuloksessa selvisi, että työ oli kannattavaa yritykselle.

Insinööriyön sekä urakan edettäessä opin paljon uutta lämmitysjärjestelmän komponenteista, asennustavoista sekä yleisiä sääntöjä liittyen lämmönjakohuoneen saneeraukseen. Tavoitteeni oli valita lopputyön aiheeksi sellainen, jossa pääsen perehtymään kentällä tapahtuvaan työskentelyyn. Projekti oli kokonaisvaltainen ja todella opettavainen, koska työn toteutuksen aikana pääsin toteuttamaan yleisiä talotekniikan säädöksiä ja määräyksiä. Kenttälaitetason asennuksien aikana opin monia hyödyllisiä taitoja, joista on hyötyä jatkossa esimerkiksi urakkalaskennassa.

Uutena työntekijänä alalle tullessa oli minulle yllätys, että automaatiourakoitsija mitoittaa säätöventtiilit talotekniikan eri järjestelmiin, eikä esimerkiksi putkiurakoitsija. Insinööriyön tuloksena syntyi säätöventtiilin valintaan soveltuva laskentatyökalu, jota yrityksen rakennusautomaatio-osasto voi hyödyntää jatkossa, kun ollaan mitoittamassa ja valitsemassa säätöpiiriin soveltuvaa uutta venttiiliä.

Lähteet

- 1 Käytä kaukolämpöä oikein, uusittu painos 2007 Energiateollisuus
<http://www.wse.fi/filebank/13-kayta_kaukolampoa_oikein_0.pdf> Luettu 20.6.2018.
- 2 Kaukolämmön yleiset sopimusehdot, Suositus T1/2017, Energiateollisuus
<https://energia.fi/files/1959/T1_2017_KL_sopimusehdot_taitettu_20171030.pdf> Luettu 22.6.2018.
- 3 K1/2013 Rakennusten kaukolämmitys, määräykset ja ohjeet Energiateollisuus
<https://energia.fi/files/502/JulkaisuK1_2013_20140509.pdf> Luettu 23.6.2018.
- 4 D3 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Rakennusten energiatehokkuus. Määräykset ja ohjeet. <https://www.finlex.fi/data/normit/37188/D3-2012_Suomi.pdf> Luettu 26.6.2018.
- 5 D1 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Kiinteistöjen vesi- ja viemärlaitteistot. Määräykset ja ohjeet. <https://www.finlex.fi/data/normit/28208/D1_2007.pdf> Luettu 27.6.2018.
- 6 Lämmityssiirtimet uudisrakennuksissa – muutos julkaisun K1/2013 mitoitukslämpötiloihin
<https://energia.fi/Lammitys siirtimen_mitoituslampotilat_K1_Tiedote.pdf> Luettu 2.7.2018.
- 7 Talotekniikan rakentamisen yleiset laatuvaatimukset 2002, Osa 1. Rakennustieto Oy.
- 8 Harju, Pentti. 2006. Talotekniikan automaatio, mittaus ja säätö. Penan Tieto-Opus Ky.
- 9 Harju, Pentti. 2006. Lämmitystekniikan oppikirja. Penan Tieto-Opus Ky.
- 10 Paisuntajärjestelmän valinta ja mitoitus. LVI kortti 11-10472. Rakennustieto Oy.
- 11 Ouman C203 esite, kolmipiirinen lämmönsäädin.
<http://ouman.fi/documentbank/C203__brochure__fi.pdf?x57655> Luettu 12.7.2018.