



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Aatu Uotila

Lämpimän käyttöveden kiertojohtoverkon tasapainotus ja patteriventtiilien vaihto

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Talotekniikka

Insinöörityö

30.5.2021

Tekijä Otsikko	Aatu Uotila Lämpimän käyttöveden kierron patteriventtiileiden vaihto ja tasapainotuksen hyöty rakennuksessa
Sivumäärä Aika	34 sivua 30.5.2021
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	talotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	LVI-suunnittelu
Ohjaajat	suunnittelujohtaja, Juha Peteri yliopettaja Jukka Yrjölä
<p>Opinnäytetyön päätavoite oli selvittää, mitä hyötyä lämpimän käyttöveden kiertojohdon patteriventtiileiden vaihtotyöstä ja kiertojohtoverkoston tasapainotuksesta asuinrakennuksessa. Tutkimuksessa selvitettiin yrityksen Y esimerkkikohteeksi valitun asuinrakennuksen käyttöveden kierron patteriventtiilien vaihtotyön ja tasapainotuksen hyödystä. Lisäksi mitattiin lämmönjakohuoneelta lähtevän veden lämpötila ja lämmönjakohuoneelle palaavan veden lämpötila.</p> <p>Työssä käsiteltiin yleisiä vaatimuksia ja tarvetta käyttövedelle. Lisäksi käsiteltiin käyttöve-teen ja mitoitukseen liittyviä ongelmia. Lopuksi tutkitaan käyttövesiverkoston säädön ja tasapainotuksen merkitystä. Tutkimusmenetelmänä olivat kirjallisuustutkimus, kenttämitaukset ja oma kohtaiset laskemat.</p> <p>Opinnäytetyön johtopäätöksissä ja pohdinnassa arvioitiin patteriventtiilien vaihdon ja tasa-painotuksen hyötyä rakennukselle. Tasapainotuksen ja patteriventtiilien vaihtotyön hyöty näkyi selvästi mittaustuloksissa. Huolimatta lukuisista mittaushaasteista voitiin osoittaa verkoston pattereiden lämmönjaon tasaantuneen ja arvioida Legionella-riskin pienentyneen hankkeen ansioista.</p>	
Avainsanat	LVI-järjestelmät, LVI-suunnittelu, LVI-tekniikka, lämmitys järjes- telmät, lämpimän veden kiertojohto, tasapainotus

Author(s) Title	Aatu Uotila Replacement of Hot Water Circulation Coil Valves and Benefit of Balancing in Building
Number of Pages Date	34 pages 30.5.2021
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Building Services Engineering
Specialisation option	HVAC Design
Instructor	Juha Peteri, Design director Jukka Yrjölä, Principal Lecturer
<p>The goal of this thesis was to establish the benefits of replacing the radiator valves in the circulation network for warm domestic water and balancing the network in a residential building. In addition, the temperatures of outgoing and return water from and to the heat distribution room were measured.</p> <p>General requirements and the need for domestic water, as well as the problems related to domestic water and sizing were discussed in the thesis. Furthermore, the meaning of regulating and balancing the domestic water network were looked into. Finally, the benefits of changing radiator valves and balancing to the building were evaluated. The research methods in this thesis were literature study, field measurements and calculations.</p> <p>. The thesis clearly showed the benefits of balancing and changing radiator valves. Despite of numerous measurement problems, the thesis concluded that the heat distribution network was balanced and the risk of legionella had decreased due to the project.</p>	
Keywords	hvac systems, hvac design, hvac technology, heating system, Hot water circuit, balancing

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Vesi- ja viemärlaitteistojen historiaa	3
3	Lämpimän käyttöveden kiertojohto	7
3.1	Käyttöveden tarpeellisuus rakennuksissa	7
3.1.1	Käyttöveden lämmityslaitteiden yleiset vaatimukset	7
3.1.2	Kiertojohtoverkoston liitetyt lämmityslaitteet	8
3.2	Käyttövesiverkoston ongelmat	10
4	Käyttövesiverkoston mitoitus	12
4.1	Putkiston mitoitusperiaate	12
4.2	Lämpimän käyttöveden kiertojohtojon mitoitusperiaate	14
5	Käyttövesiverkoston säätö ja tasapainotus	17
6	Verkoston tasapainotus ja venttiilien uusinta esimerkkitilanteessa	19
6.1	Kohde	19
6.2	Urakka	19
6.2.1	Venttiilit	19
6.2.2	Tasapainotus	20
6.2.3	Säätö	20
6.3	Selvitys	20
6.4	Kohdekäynti ennen urakkaa	21
6.5	Haasteet mittauksessa ennen tasapainotusta.	23
6.6	Mittaustulokset ennen tasapainotusta	24
6.7	Kohdekäynti urakan jälkeen	26
6.8	Mittaustulokset urakan jälkeen.	27
6.9	Lämpökamerakuvat	28
7	Päätelmät	31
8	Yhteenveto	33
	Lähteet	34

1 Johdanto

Opinnäytetyön toimeksiantaja on Insinööritoimisto Aavat Oy. Opinnäytetyön tavoite on selvittää lämpimän käyttöveden verkoston tasapainotuksen ja linjasäätö- sekä kertasäätöventtiilien uusimisen hyöty rakennuksessa. Tutkimuksen avulla saadaan yrityksen asiakkaalle hyödyllistä informaatiota käyttövesiverkoston tasapainotuksesta.

Insinööritoimisto Aavat Oy on perustettu vuonna 2014, ja se sijaitsee Espoossa. Yrityksen tarjoamat suunnittelupalvelut perustuvat kohdistuvat lämmitysjärjestelmiin ja keskittyvät vaativuusluokaltaan tavanomaisiin LVI-saneerauksiin. Tyypillinen yrityksen tarjoama kokonaisuus sisältää LVI-suunnittelun lisäksi myös hankkeen kilpailutuksen ja valvonnan. Toiminta on laajentunut vuosien aikana kohtuullisen nopeasti myös suurempiin LVI-saneerauksiin, kuten käyttövesijohtojen uusimiseen, ilmanvaihtojärjestelmien saneerauksiin ja myös uudisrivitalojen LVI-suunnitteluun. Pääosa suunnittelu-, valvonta- ja projektinjohtotyöstä kohdistuu kerros- ja rivitalojen kaikenlaisiin korjaushankkeisiin aina viemäripainumien korjaamisesta LVISA-peruskorjauksiin ja kattoremontteihin. Yritys tarjoaa lisäksi myös tarvittavat hankeselvitys- ja suunnittelupalvelut. [16]

Opinnäytetyö käynnistyi yrityksen toivomuksesta. Tarkoituksena oli selvittää lämpimän käyttöveden verkostoon liitettyjen lämmityslaitteiden patteriventtiileiden vaihdon ja verkoston tasapainotuksen hyöty asiakkaalle.

Suunnittelujohtaja Juha Peterin mukaan käyttövesiverkoston patteriventtiilien vaihdon ja tasapainotuksen hyöty on näkynyt hänelle pitkän kokemuksen ansiosta. Aihetta on tutkittu yllättävän vähän, vaikka hyötyjä ovat Legionella-riskin väheneminen sekä pistesyömät ja patteriventtiilien tukosten väheneminen. Yrityksessä on huomattu, että käyttövesiverkoston patteriventtiilien vaihdon hyödyn perusteleva asiakkaalle on ollut toisinaan haasteellista [17], vaikka talotekniikkainfon opastavassa ohjeistettu seuraavasti: ”Jokainen kiertojohdon haara varustetaan kertasäätöventtiilillä, jolla vesivirta voidaan perussäätää ja mitata. Jokainen lämmönluovutin varustetaan kertasäätöventtiilillä. Päätelaitteelle johtavan kiertojohdon haaran venttiilissä ei saa olla käsikahvalla varustettua sulkulaitetta. Kiertopumpun yhteyteen asennetaan sulkuventtiilit, yksisuuntaventtiili ja kertasäätöventtiili, jolla verkoston kokonaisvesivirta voidaan perussäätää ja mitata” [1]. Myös ympäristöministeriön asetus rakennusten vesi- ja viemärilaitteistoista (24 §) edellyttää: ”Eriyisalan työnjohtajan on huolehdittava, että kiertojohdon virtaama on mitattu ja säädetty ennen käyttöönottoa. Rakennusvaiheen vastuuhenkilön on tehtävä merkintä virtaaman säädöstä rakennustyön tarkastusasiakirjaan”.

Tämän opinnäytetyön tarkoitus on selvittää, mitä vaikutuksia lämpimän käyttöveden kiertojohdoverkoston patteriventtiilien vaihdolla ja tasapainotuksella on asuinrakennuksissa. Tutkimuksessa tarkastellaan verkoston meno- ja paluuveden lämpötiloja käyttöveeseen liitetyille lämmityslaitteille ja mitataan myös kiertovesipumpun virtaamia ja lämmönjakolaitteistolta lähtevän veden lämpötiloja ja sinne palaavan veden lämpötiloja. Tutkimuskysymykset on laadittu toimeksiantajan tiedontarpeet huomioiden. Tutkimuksen tulokset dokumentoidaan numeerisesti ja kirjallisena selitteenä.

Opinnäytetyön lähteenä on käytetty alan kirjallisuutta, raportteja ja viranomaistietoja, tilastoja ja muita ajankohtaisia lähteitä. Opinnäytetyön teoriassa on ensiksi esitelty yleiset käsitteet käyttövedestä ja sen tarkoituksesta asuinrakennuksessa. Teoriaosa jatkuu käyttöveeseen liittyvien ongelmien esittelyllä. Lisäksi on kerrottu käyttövesiputkistojen mitoitusperiaatteesta. Opinnäytetyön esimerkkikohteeksi valikoitui asuinrakennus Espoosta, ja seuraavaksi raportissa on esitetty tarkemmin, mitä tutkimuskohteessa on urakan aikana tehty ja mitä on mitattu sekä analysoitu mittaustuloksia.

2 Vesi- ja viemärlaitteistojen historiaa

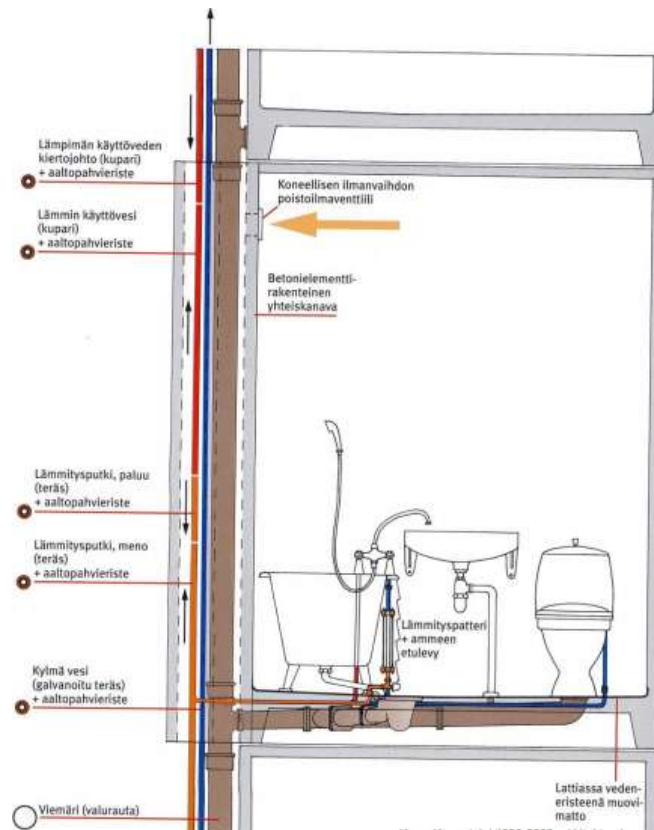
Suomessa otettiin käyttöön vesijohdot rakennuksiin noin 1880–1920-luvulla. Helsinkiin vesijohdot tulivat ensimmäisenä kaupungeista vuoden 1876 jälkeen. Ouluun vesijohdot rantautuivat vuonna 1901, ja samaan aikaan vesijohdot tulivat myös Tampereelle. Turkuun vesijohdot tehtiin kaksi vuotta myöhemmin vuonna 1903. Käyttöveden lämmitys tapahtui keittiössä puuliedellä. Pesuhuoneissa lämmitys tapahtui kylpykamiinalla. Keskuslämmitys syrjäytti paikalliset lämmitykset eli puulieden ja kylpykamiinan vuonna 1910-luvulla. Vesijohtoihin johdettiin lämmin käyttövesi ja lämpimän käyttöveden putket tehtiin kuparista ja laskuhanat tehtiin messingistä. Kylmän käyttöveden vesijohdot olivat aluksi gavanoimatonta terästä ja myöhemmin 1. maailmasodan jälkeen siirryttiin sinkityihin johtoihin. Vesijohtoasennukset tehtiin aluksi pinta-asennuksina. Viemärit tehtiin valuraudasta. Käymälät rakennettiin kerrostalojen asukkaille pohjakerroksiin ja pihasiipiin. [3]

Uusi aikakausi alkoi 1920–1940-luvulla, kun kylmän käyttöveden vesijohdot tehtiin sinkitystä teräksestä, lämpimän veden vesijohdot kuparista ja viemärit valuraudasta. Vesijohdot sijoiteltiin roiloihin ja käyttövettä alettiin lämmittämään kellariin asennetulla kattilalla. Käymälät eli WC:t tulivat asuntoihin vakiovarusteeksi. WC-istuimeen asennettiin ylähuuhtelusäiliö tai huuhteluventtiili. [3] Kuvassa 1 on esitetty 1920–1940-luvun kylpyhuone.



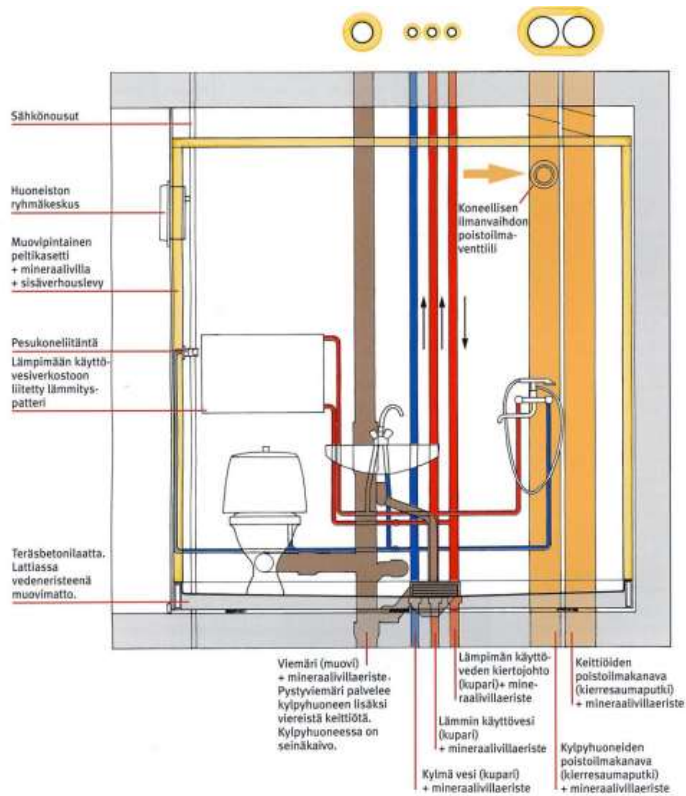
Kuva 1. 1920–1940-luvun kylpyhuone [3].

Lämpimän käyttöveden vesijohdot valmistettiin 1960–1970-luvulla kuparista ja kylmän käyttöveden vesijohdot kuumasinkitystä teräksestä tai kuparista. 1960-luvun alussa viemärit olivat valurautaa, mutta vuodesta 1965 eteenpäin alkoi muoviviemäreiden valmistus. Vesijohtoihin alettiin tekemään eristystä aaltopahvista, mineraalivillasta ja asbestista. Viemäri rakennettiin kantavan rakenteen sisälle. Pystylinjat kulkivat kerrosten läpi tai putkiroiloissa, jotka oli koottu betonielementeistä. Kylpyhuone- ja WC-elementtejä alettiin valmistamaan 1960-luvulla. Viemärien vaakavedot asennettiin elementtien pohjalle. 1970-luvulla alettiin valmistamaan kylpyhuone-elementtejä pellistä. Kylpyamme, yhteinen sekoittaja, kaksiotehanat ja WC:n alahuuhtelusäiliö tulivat tutuksi jaksolla 1960–1975. Lattiakaadot tulivat märkätiloihin, vesieristykset ja korokerenkaat lattiakairoihin. [3] Kuvassa 2 esitetään tyypillinen 1960-luvun kylpyhuone.



Kuva 2. Tyypillinen 1960-luvun kylpyhuone [3].

Vesijohdot tehtiin vuosina 1975–2000 kuparista tai muovista. Viemärit tehtiin valuraudasta tai muovista. Seinien rakenne vaikutti siihen, miten vesijohdot kylpyhuoneisiin asennettiin. Vaihtoehtoina oli asentaa ne rakenteen pintaan tai rakenteen sisälle. Pystylinjat tehtiin putkiroiloihin, jotka oli paikan päällä rakennettu niitä varten. Lattiarakenteeseen tehtiin viemäreitten vaakavedot. [3]



Kuva 3. Tyypillinen kylpyhuone vuosina 1970–1990 [3].

Pystykuilut rakennettiin 1990-luvulla porrashuoneisiin. Kylpyhuoneisiin asennettiin suihkut ammeen sijasta ja 1970-luvun jälkeen tulivat yksiotehanat kylpyhuoneisiin. Kuvassa 3 esitetään tyypillinen kylpyhuone vuosina 1970–1990. [3]

3 Lämpimän käyttöveden kiertojohto

3.1 Käyttöveden tarpeellisuus rakennuksissa

Rakennuksille suunnitellaan käyttöveden lämmönsiirrin rakennuksen lämpimän veden kulutuksen tehontarpeen mukaan. Lämmin vesi tuotetaan rakennuksille usein kaukolämmön avulla. Kaukolämpövettä kierrätetään käyttöveden lämmönsiirtimen kautta, minkä tarkoituksena on lämmittää talousvettä. Talousvesi lämmitetään suunniteltuun lämpötilaan, ja tulee asukkaiden käyttöön rakennukseen.

Lämpimälle käyttövedelle on hyvin yleistä nopeat virtaamien ja tehojen muutokset rakennuksissa. Nopeat virtaamien muutokset voivat aiheuttaa vesikalusteella veden odotusaiakaa, koska maksimivirtaama ei vastaa mitoitusohjeiden mitoitusvirtaamakäyrästä. Nopeat virtaamien ja tehojen muutokset johtuvat yleensä asukkaiden lämpimän veden tarpeesta. LVI-suunnittelijalle tuottavat ongelmia maksimivirtaamien mitoitus, koska mitoitusohjeiden antamat mitoitusvirtaamakäyrästä eivät vastaa todellista maksimivirtaamaa. [22]

3.1.1 Käyttöveden lämmityslaitteiden yleiset vaatimukset

Talousvedessä on liuenneena ilmaa ja lämmityksessä osa siitä kaasuuntuu, joten järkevää valita lämmityslaitteet ja putkistot sen mukaan, että ne ovat korroosionkestävät. Kaikki materiaalit eivät kestä happipitoista vettä. Syöpyviä materiaaleja kuten terästä ei saa käyttää, koska putkistoista saattaa liueta veteen haitallisia aineita. Haitalliset aineet vedessä voivat huonontaa veden laatua. On myös varmistettava putkia asennettaessa, että putkiston sisälle ei pääse haitallisia aineita. Jos lämmitettävänä aineena on jotain muuta kuin vettä on varmistettava, ettei sitä pääse käyttövesipiiriin sisälle.

Käyttövedeen liitetyt lämmityslaitteet tulisi sijoittaa siten, että ne ovat helposti asennettavissa. Tärkeintä asentamissijoituksessa on huollon helppous ja uuden lämmityslaitteen vaihtotyön helppous. Lämmityslaitteita pitää asentaa asennusohjeiden mukaisesti. Rakenteeltaan lämmityslaitteen pitää olla vaatimusten mukainen. [7, s. 253–254.]

Käyttöveden pitää päästä vaihtumaan lämmityslaitteessa kunnolla, joten liitännäisyhteet pitää sijoittaa ohjeiden mukaan. Putkiyhteen pitää sijaita ylimmässä kohdassa käyttöveden lämmityslaitetta. Käyttövesiverkostossa vesi ei saa päästä seisomaan putkistossa

tai lämmityslaitteessa pitkään, ja sen tulee olla riittävän kuumaa mikrobikasvuston tai korroosion estämiseksi. [7, s. 253–254.]

Asennettaessa käyttöveteen lämmityslaitetta on huomioitava lattiakaivo eli mielellään lämmityslaite asennetaan paikkaan, jossa on lattiakaivo. Lattiakaivon puuttuessa on asennettava vuotokaukalo, jotta vuoto voidaan havaita tai vuotohälytin. [7, s. 253–254.]

3.1.2 Kiertojohtoverkoston liitetyt lämmityslaitteet

Uudisrakennuksiin kuivauspattereita ei saa kytkeä lämpimään käyttövesiverkoston, mutta korjaus- ja muutostöissä voidaan käyttää käyttöveteen liitetyjä kuivauspattereita uusia. Kuivauspattereiden teho saa olla enintään 200 W. Esimerkiksi pesutiloissa tai vessoissa niiden tarkoituksena on kuivattaa vaatteita. Kuivauspattereita kytketään käyttövedenkiertoon osaksi käyttövesijärjestelmää ja niihin asennetaan patteriventtiilit.

Käyttöveteen liitetyt radiaattorit eroavat lämmitysverkoston radiaattoreista siten, että radiaattorille tulee noin 58 °C:n lämpöinen vesi ja radiaattorilta lähtee 55 °C:n lämpöinen vesi aina ja lämmitysverkoston radiaattoreille tulee menovesi noin 70 °C:n lämpöinen ja lähtee noin 40 °C:n lämpöinen vesi patterilta kaukolämpöpakettile vain huipputehon aikana. Esimerkiksi muuna aikana lämpötilat voivat olla meno 40 °C ja paluu 30 °C. Lämmityspiirin pattereiden tehot vaihtelevat, toisin kuin käyttövesiverkostossa saa olla enintään 200 W. Käyttövesiradiaattoreihin ei asenneta venttiileihin termostaatteja, joten käyttövesiradiaattorit pysyvät vuoden aikana saman lämpöisinä. Kuvassa 4 on esitetty yleinen malli käyttöveteen liitetyistä lämmityslaitteista.



Kuva 4. Yleinen lämpimän käyttöveden verkostoon liitetty lämmityslaite.

Rättipatterit ovat puhekieltä, niillä tarkoitetaan kuivauspattereita ja niitä käytetään pesuhuoneissa tai siivouskomoissa. Kuivauspattereita sijoitetaan yleensä wc-istuimen päälle. Kuivauspattereita on erikokoisia, erinäköisiä ja erilaisilla tehoilla.

Kuivauspattereiden tehot saavat olla enintään 200 W yhtä huonetilaa kohden lukuun ottamatta vanhoja kiinteistöjä [2, s. 9]. Kuivauspattereita ei käytetä lämmönlähteenä, vaikka se voi lämmittää pientä kylpyhuonetta jonkin verran. Käyttövesipattereiden pitää olla tarkoitettu käyttöveteen liitettäväksi ja olla tyyppihyväksytyjä.

Kuivauspattereita on tehty myös sähköllä toimivia ja lämmitysverkossa toimivia. Sähköllä toimivissa kuivauspattereissa on sähkövastukset ja sähkövastuksien tarkoitus on lämmittää kuivauspatteria. Kuivauspatterit kuluttavat lämmitysverkostossa vähemmän energiaa kuin käyttöveteen liitetyt kuivauspatterit. Lämmitysverkostoon liitetyissä kuivauspattereissa on termostaatit, jotka leikkaavat patterin tehoa tarvittaessa. Kuvassa 5 on esitetty kuivauspatteri.



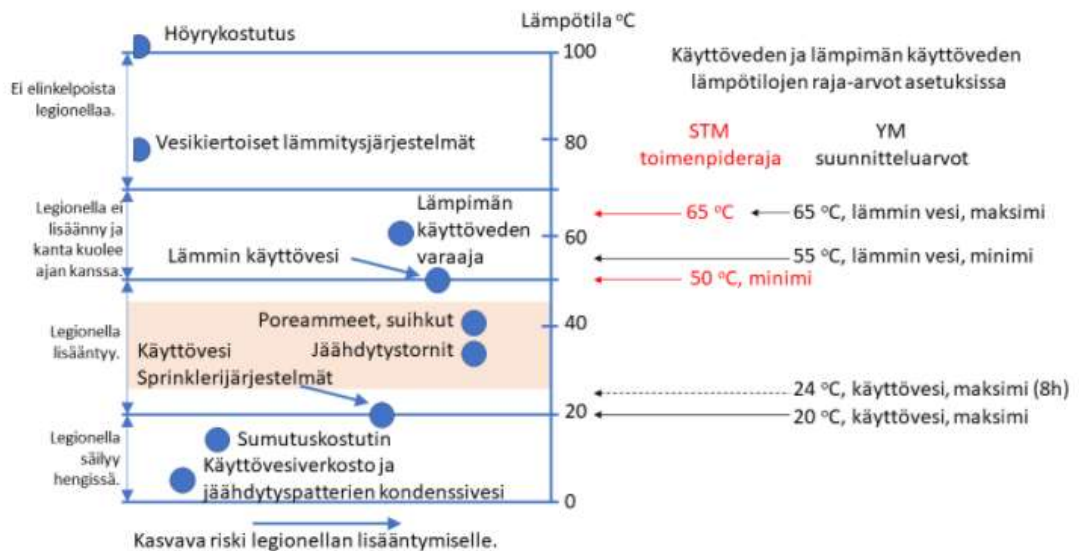
Kuva 5. Kuivauspatteri

Käyttövesiverkostoon liitetyissä lämmityslaitteissa kiertää läpi vuoden lämmin käyttövesi, ja tämä voi johtaa yllämpötiloihin kylpyhuoneissa. Lämmityslaitteet ovat vanhoissa rakennuksissa usein ylimitoitettuja. Tällä on aikoinaan varmistettu, ettei kylpyhuoneisiin synny kosteusvaurioita.

3.2 Käyttövesiverkoston ongelmat

Legionellabakteerit ovat erittäin vaarallisia bakteereita ihmisille. Ne ovat vaarallisia erityisesti vanhuksille, lapsille ja muille heikkokuntoisille, joilla on perussairauksia. Legionellabakteerin aiheuttamista infektioista vaarallisin ihmisille on keuhkokuume. Legionellabakteeri voi tarttua, kun ihminen hengittää ilmaa, jossa on pieniä vesipisaroita tai vesiaerosolia. Bakteerit voivat silloin päästä hengitysteihin ja jos ne pääsevät keuhkoputkiin asti ja sieltä kudoksiin, syntyy infektio. Yleisesti sopivin veden lämpötila Legionella-bakteerin lisääntymiselle on 20–45 °C. [4]

Kesäisin kylmän veden lämpötila saattaa nousta yli 20 °C:n seisontajaksona putkistossa. Legionella-bakteeri pystyy lisääntymään jo yli 20 °C:n lämpötilassa. Mikrobikasvuston pystyy estämään, kun lämpötilaa ei päästä nousemaan yli 20 °C:n, siksi myös kylmän käyttöveden putkistot eristetään hyvin. [4] Kuvassa 6 on esitetty Legionellan lisääntyminen eri LVI-järjestelmissä [12].



Kuva 6. Legionellan lisääntyminen eri LVI-järjestelmissä [12].

Veden lämpötilan pitää olla enintään 55 °C Legionellan, ja lisääntymisen estämiseksi lämpimän veden odotusajan on oltava enintään 20 sekuntia vesijärjestelmän kaikissa osissa. Veden odotusaika ei saa olla pidempi, jotta legionellalle otollista osuutta olisi verkostossa mahdollisimman vähän. Suunnittelutavoitteena odotusajalle on aiemmin ollut 10 sekuntia. Jos veden lämpötila on jatkuvasti yli 60 °C, se ei sisällä Legionella-baktee-

reita. Vesipisteiden suunnittelussa tulisi huomioida vesipisteiden sijainti niin, että vesipisteillä olisi vakituista käyttöä päivittäin, millä pystyttäisiin estämään lämpimän veden viilentyminen ja kylmän veden lämpeneminen. [4]

Käyttövesiverkostossa veden lämpötilan oltava yli 55 °C, siksi lämmityslaitteelle tulevan veden lämpötila pitää olla 57–58 °C [4]. ”Lämminvesilaitteistosta saatavan lämpimän vesijohtoveden tulee aina olla vähintään + 50 °C, jaksottainen veden tulistus ei täytä tätä vaatimusta, jos veden lämpötila jää syklin jossakin vaiheessa alle + 50 °C [5].” Minimilämpötiloilla halutaan ehkäistä mahdollinen legionellabakteerin syntyminen jokaisessa käyttövesiverkoston osassa. Jos vesivaraajaa kuormitetaan paljon, veden lämpötila voi tippua alle 50 °C:n. Normaalioloissa vaaditun minimilämpötilan tulee kuitenkin toteutua vesilaitteiston kaikissa osissa [5]. Kuvassa 7 on esitetty vesijärjestelmissä havaittuja legionellabakteerien esiintymistä vesijärjestelmissä [6].

Legionellojen esiintyminen vesijärjestelmissä 1988–2008



Kuva 7. Legionellojen esiintyminen vesijärjestelmissä 1988–2008 [6].

Yleisesti legionellabakteeria esiintyy talousvesijärjestelmissä, lämpimän käyttöveden järjestelmissä, jätevesijärjestelmissä, jäähdytysvesijärjestelmissä, kostuttimissa, prosessivesijärjestelmissä ja porealtaissa. Legionellabakteerin on havaittu aiheuttavan sairastumisia vedestä, jonka legionellapitoisuus on 10 000–10 000000 pesäkettä muodostavaa yksikköä litraa kohden. Pahimmat kasvualustat Legionella-bakteerille ovat porealtaat, lämpimän käyttöveden järjestelmä, jäähdytysjärjestelmät ja jätevesien puhdistusjärjestelmät. Tämä johtuu siitä, että näissä järjestelmissä veden lämpötila on otollinen Legionella-bakteerille, ja desinfiointiaineiden käyttö vaatii erityisosaamista.

4 Käyttövesiverkoston mitoitus

4.1 Putkiston mitoitusperiaate

Käyttövesijärjestelmien mitoitus voidaan aloittaa, kun kaikki vesi- ja viemärlaitteet on sijoitettu paikoilleen. Käyttövesijärjestelmän mitoituksessa käytetään apuna Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D1 liitettä 2, jossa on esitetty yleiset vesi- ja viemärlaitteiden mitoitusohjeet. Verkostoa mitoittaessa on huomioitava eri johtopituuksien virtausnopeudet ja enimmäispituudet kytkentäjohtoissa sekä paineolosuhteet vesikalusteissa. Kylmän veden jakojohdoja mitoittaessa on huomioitava, että jakojohdojen virtausnopeus saa olla mitoitusvirtaamalla vain 2 m/s. Lämpimän veden putkistossa virtausnopeus vastaavasti saa olla vain 1,5 m/s. Kun virtausnopeudet huomioidaan suunnittelussa, niin putkistojen painehäviöt pysyvät maltillisella tasolla ja putkistojen käyttöikä kasvaa, koska virtaukset eivät rasita putken seinämiä. [2] Yleisesti aloitettaessa mitoitamaan jakojohdojen mitoitusvirtaamia on huomioitava kohteen käyttötarkoitus. Mitoituksessa huomioidaan vesipisteiden määrä ja vesipisteiden käytön samanaikaisuus. Esimerkiksi koulun peseytymistilojen käytön samanaikaisuus on erilainen kuin asuinrakennuksissa.

Kun valitaan vesikalusteelle kytkentäjohtoja, on huomioitava vaihtelevat virtaamat ja mahdolliset paineiskut, joita voi seurata veden virtausnopeuden kasvaessa. Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa D1 [2] on annettu kytkentäjohtojen enimmäispituudet paineiskujen pienentämiseksi. Taulukossa 1 ja 2 on esitetty kytkentäjohtojen valintataulukko kuparisille kytkentäjohtoille ja muovisille kytkentäjohtoille.

Taulukko 1. Kuparisten kytkentäjohtojen putkikoon valintataulukko [2, s. 39]

Normivirtaama dm ³ /s	Putkikoko d _n x e	Virtausnopeus m/s	Painehäviö kPa/m	Kytkenäjohtojon enimmäispituus, m
0,1	10 x 0,8	1,8	9,7	1
	12 x 1,0	1,3	3,9	3
	15 x 1,0	0,8	1,0	>10
0,2	12 x 1,0	2,6	14,9	2
	15 x 1,0	1,5	3,8	5
0,3	15 x 1,0	2,3	8,3	3
	18 x 1,0	1,5	2,8	5
0,4	18 x 1,0	2,0	4,9	4
	22 x 1,0	1,3	1,5	10

Taulukko 2. Muovisten kytkentäjohtojen putkikoon valintataulukko [2, s. 39]

Normivirtaama dm ³ /s	Putken d _s mm	Virtausnopeus m/s	Painehäviö kPa/m	Kytkenäjohtojon enimmäispituus, m
0,1	10	1,3	2,6	15
	12 ¹⁾	0,9	1,1	15
0,2	10	2,6	8,8	12
	12 ¹⁾	1,8	3,7	12
	13	1,5	2,5	20
0,3	10	3,8	18,2	10
	12 ¹⁾	2,7	7,5	10
	13	2,3	5,1	15
0,4	13	3,0	8,6	10
	16 ¹⁾	2,0	3,2	10
	20 ¹⁾	1,3	1,1	15
	20	1,3	1,1	20

Virtaamien tarkastelu tehdään sen jälkeen, kun on valittu vesikalusteille johto-osuudet. Virtaamien tarkastelu tehdään virtausteknisesti vaikeimman reitin kautta ja apuna voidaan käyttää MagiCad-suunnittelu ohjelmaa. Jos vaikeimman reitin normivirtaamaksi saadaan 100 % tai alle, voidaan olettaa paineen olevan sopivalla tasolla, ja vaikeimmalla reitillä tarkoitetaan sitä, että kauimmaiselle vesikalusteelle tulee suurin putkiston painehäviö. Virtaamien pitäisi olla normivirtaamasta vähintään 70 % tai enintään 150 %, ja tähän vaikuttavat paineolosuhteet putkistoissa.

4.2 Lämpimän käyttöveden kiertojohtoon mitoitusperiaate

Kun aletaan suunnittelemaan lämpimän käyttöveden kiertojohtoa, pitää huomioida käyttövesiverkoston putkistojen lämpöhäviöt ja käyttöveteen liitettyjen lämmityslaitteiden lämpötehot. Lämmönluovutuksen perusteella lasketaan kiertojohtokoot jokaiselle putkiosuudelle. Ohjearvona virtausnopeudelle on 0,5 m/s. Nopeutta 1 m/s ei saa ylittää. Seuraavaksi lasketaan vaikeimman kiertopiirin painehäviö ottaen huomioon lämpimän veden lämmityslaitteet, jakojohdot, kiertojohto sekä putkistorusteet. Virtaaman ja paineenkorotuksen perusteella valitaan pumppu. [13, s. 58.]

Uudisrakennuksissa lämpimän käyttöveden kiertojohtoon virtaama säädetään niin ettei paluueden lämpötila laske alle 55 °C:n veden tullessa takaisin kaukolämpölaitteelle. Vanhempaan rakennukseen, johon uusitaan kaukolämpölaitteisto tai ollaan liittämässä kaukolämpöön, mutta ei uusita käyttövesijärjestelmää tai siihen sisältyvää säätöä, voidaan hyväksyä paluueden lämpötilaksi 50 °C. Tämä koskee vain tapauksia, joissa lämpötilaa ei saada vanhalla käyttövesijärjestelmällä tai säädöllä nostettua. [13, s.58.]

Kaavalla 1 voidaan laskea lämpimän käyttöveden kiertojohtoon lämpöhäviöt.

$$\Phi_{lvk} = (l_{lv} + l_{lvk}) * \Phi + (\Phi_{laite} * \eta_{laite}) \quad (1)$$

Φ_{lvk} on lämminvesilaitteiston lämpöhäviöt [W]

$l_{lv} + l_{lvk}$ on lämpimän käyttövesi- ja kiertovesiputken pituus [m]

Φ on lämpimän käyttövesi- ja kiertovesiputken ominaislämpöhäviöt [W/m]

Φ_{laite} on kiertovesijohtoon liitettyjen lämmönluovuttimien teho [W]

η_{laite} on lämmönvuottumien lukumäärä [kpl]

Kun mitoitetaan lämpimän käyttöveden kiertojohtoa, on otettava huomioon jokainen venttiili ja putkiliitokset, koska ne lisäävät ekvivalenttipituutta putkistossa ja aiheuttavat lämpöhäviöitä. Lämpöhäviöt kannattaa laskea putkikokojen mukaan, koska sillä tavalla päästään riittävään tarkkuuteen eikä tarvitse välttämättä huomioida putkiliitoksia ja venttiileitä. Jos lämpöhäviöt lasketaan putkikokojen mukaan, voidaan käyttää taulukossa 3 esitettyjä ominaislämpöhäviöitä.

Taulukko 3. Kiertojohdon ominaislämpöhäviö [14, s. 43].

$d_u \leq 12 Cu$	6 W/m
$54 Cu \leq d_u \leq 88 Cu$	8 W/m
$d_u > 88 Cu$	10 W/m

Kun aletaan mitoittamaan järjestelmää, ovat jakojohdo-osuuksien virtaamat selvillä.

Lämpimän käyttöveden kiertojohdon virtaama lasketaan kaavalla 2.

$$q_{lvk} = \frac{\phi_{lvk}}{(\rho * c_p * \Delta t)} \quad (2)$$

q_{lvk} on kiertojohdon virtaama [dm³/s]

ϕ_{lvk} on lämminvesilaitteiston lämpöhäviöt [W]

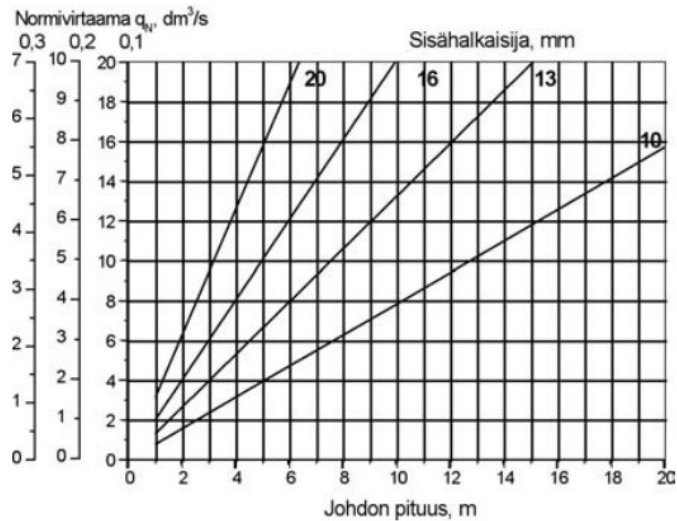
ρ on veden tiheys [kg/dm³]

c_p on veden ominaislämpökapasiteetti [kJ/(K*kg)]

Δt on sallittu veden lämpötilan laskeminen kiertojohdossa [°C]

Kaikki lämpimän käyttövesijärjestelmän lämmityslaitteet ja johdot, joissa vesi kiertää jatkuvasti, pitää eristää lämmöneristeellä. Lämpimän käyttöveden järjestelmään kuuluvat putket eristetään vähintään lämmönsiirtovastuksen 1 m² K/W omaavalla eristekerroksella [2, s. 8–9].

Kiertojohdon mitoituksessa on otettava huomioon käyttöveden odotusaika. Haitallisen odotusajan välttämiseksi on johtovälien oltava pituudeltaan niin suuri, että se kattaa normivirtaamalla vesikalusteen johdon tilavuutta vastaavan vedenmäärän, joka on noin 20 sekunnin kuluessa. Käyttöveden odotusajan funktio on esitetty kuviossa 1. Vedenlämmittimen, jotka sijaitsevat rakennuksissa, odotusaika saa maksimissaan olla 20 sekuntia, ja tämä koskee myös harvoin käytettyjä vesikalusteita, yksittäisiä vesikalusteita ja kaukana sijaitsevia vesikalusteita. [18, s. 7.] Käyttövesilaitteisto suunnitellaan niin, että pалуveden lämpötila on vähintään 55 °C [18, s. 7].



Kuvio 1. Käyttöveden odotusaika riippuen johtopituudesta, muuttujana johtokoko [2, s.10].

Johto-osuuksien odotusajan vuoksi lämpötila voi paikoitellen laskea alle 55 °C:n [18, s. 7]. Lämpimän käyttöveden kiertojohto on sijoitettava niin lähelle vesikalustetta, että haaurumiskohdan välisten jako- ja kytkentäjohtojen sisältämä vesimäärä ehtii virrata odotusajan puitteissa kalusteelta viemäriin.

5 Käyttövesiverkoston säätö ja tasapainotus

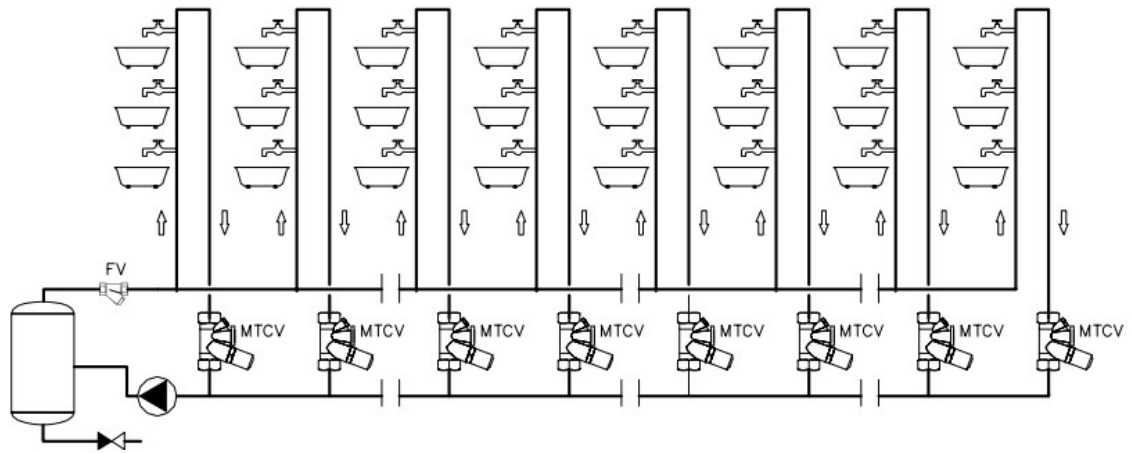
Lämmityslaitteistoa säädetään linjasäätöventtiileillä, kuten Oras 4100 [20], Stad lvk [19] tai suhteellisesti säätävällä termostaattinen linjaventtiilillä Danfoss MTCV [15, s. 2]. Kiuvauspattereiden yhteydessä käytetään kertasäätöventtiileitä, yleisesti käytetty malli on esimerkiksi Imi Raditrim A [21]. Kuvassa 8 on esitetty yleisesti 20–30 vuotta vanhoissa rakennuksissa käytetty linjasäätöventtiili mallia Oras 4100.



Kuva 8. Linjasäätöventtiili Oras 4100 lämpimän käyttöveden kiertojohdossa [Kuva: Aatu Uotila].

Käyttövesiverkosto tasapainotetaan täysin samalla lailla kuin lämmitysverkosto. Epätasapainon huomaaminen ei ole välttämättä yhtä selkeää kuin lämmitysverkostossa. Käyttövesiverkoston liitettyjen lämmityslaitteiden meno- ja paluulämpötiloista voi huomata epätasapainon siis, että paluuv veden lämpötila siirtimelle on matala ja virtaama poikkeaa suunnitteluarvosta. Nousulinjat säädetään lämpimän käyttöveden kiertojohdossa siten, että vesi kiertää yhtä helposti jokaisessa nousulinjassa. Lämmönjakohuonetta lähimpänä olevan pystylinjan linjasäätöventtiilillä kuristetaan enemmän kuin kauimmaisen pystylinjan linjasäätöventtiiliä. Tämä tarkoittaa sitä, että linjasäätöventtiilien esisäätöarvot ovat pienemmät lähempänä lämmönjakohuonetta kuin kauempana lämmönjakohuoneesta, eli tarkoituksena on saada linjasäätöventtiilien painehäviöt yhtä suuriksi.

Esisäätöarvoja pystyy kuivauspattereiden kertasäätöventtiileillä säätämään linjakohtaisesti niin, että kaikille linjassa oleville käyttövesiverkostoon liitetyille lämmityslaitteille tulee sama painehäviö [7, 174–178]. Kuvassa 9 esitetty esimerkki lämpimän käyttöveden verkosta.



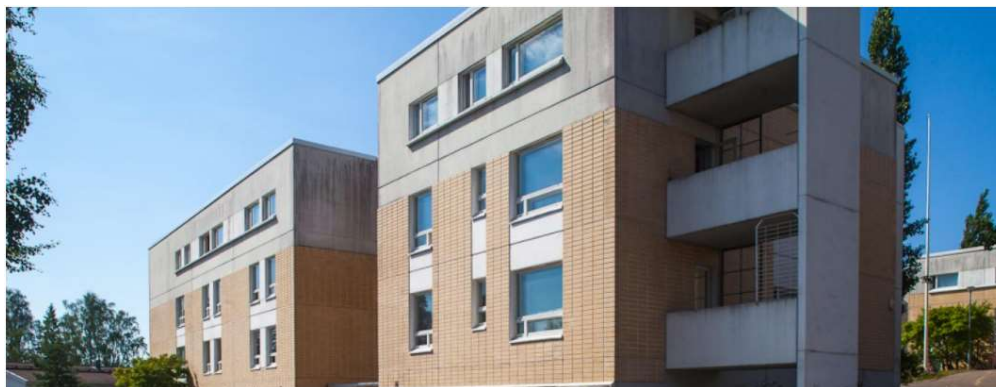
Kuva 9. Lämpimän käyttöveden verkosto [15, s. 5]

Epätasapainoinen verkosto voi myös aiheuttaa olemassa olevissa taloyhtiössä sen, että käyttövesiverkostoon liitettyihin lämmityslaitteisiin on laitettu käsisäätöpöyrät.

6 Verkoston tasapainotus ja venttiilien uusinta esimerkikohteessa

6.1 Kohde

Kohteena oli espoolainen vuokratyöyhtiö. Yhtiöön kuuluu kolme kerrostaloa, joissa on A–E raput ja kerroksia 2–4. Taloyhtiöön kuuluu yhteensä 68 asuinhuoneistoa. Asuntojen pinta-alat vaihtelevat 28 m² – 76 m². Rakennukset ovat valmistuneet vuonna 1991. Kuva 10 on asuinrakennuksesta.



Kuva 10. Kohde [Kuva: Aatu Uotila].

6.2 Urakka

Urakkaan kuuluu kaikkien käyttövesipatteriventtiilien uusiminen. Käyttövesijärjestelmän linjasäätö- ja sulkuventtiilit uusitaan ja verkosto tasapainotetaan.

6.2.1 Venttiilit

Käyttövesipatterien venttiilit uusitaan, uusi patteriventtiili on IMI Raditrim A. Venttiilit asennetaan meno- ja paluupuolelle. Menopuolen venttiili säädetään piirustusten mukaisesti, paluupuoli säädetään auki. Linjasäätö- ja sulkuventtiilit uusitaan. Uudet säätöventtiilit ovat mallia IMI Stad ja sulkuventtiilit mallia Oras 4100. Suunnittelijan hyväksymien virtaamamittausten jälkeen urakoitsijan tulee merkitä linjan tunnus, koko, virtaama, k_v -arvo ja esisäätöarvo linjasäätöventtiiliin kahvaan sijoitettavaan tarraan tai palloketjuin asennettavaan kylttiin. Venttiilit toimitetaan tarvittavin yhdistäjin ja liitososin. Urakoitsija tarkastaa venttiili- ja tarvikemäärät, -koot ja sijainnit toteutusvaiheessa ja ilmoittaa poikkeamista suunnittelijalle. Lopullinen urakkasumma muodostuu urakoitsijan toimittaman

yksikköhintaluettelon mukaan lasketuista työsuorituksista, joko vähentäen tai lisäten tarjouksen mukaista kokonaissummaa.

6.2.2 Tasapainotus

Käyttövesipatterit ilmataan venttiilien vaihtotyön jälkeen huolellisesti. Lämpimän käyttöveden verkosto tasapainotetaan asettamalla linjasäätö- ja patteriventtiileihin piirustuksissa esitetyt esisäätöarvot. Urakoitsijalle toimitetaan linjasäätöventtiilien mittauspöytäkirja. Kiertovesipumppu asetetaan kokonaisvirtaamalle ja mitataan säädettyjen venttiilien vesivirrat, tarvittaessa hienosäätäen esisäätöarvoja. Hyväksytyt poikkeama venttiilien virtaamassa on ± 10 %. Urakkaan sisällytetään tarvittaessa 2 mittaus- ja säätökierrosta.

Säätötyön jälkeen varmistetaan, että kaikki käyttövesipatterit lämpiävät. Mikäli tarkastuksessa löytyy kylmiä pattereita, verkosto ilmataan ja/tai suoritetaan tarkastussäätöjä.

Suoritetusta säätötyöstä laaditaan pöytäkirja, johon kirjataan suunnitellut ja säädetyt asetusarvot (virtaama, esisäätöarvo, painehäviö) sekä pumpun virtaama, paineenkorotus ja mittalaite. Linjasäätöventtiilit varustetaan kaiverretuilla kilvillä, joista käy ilmi venttiilien asetusarvot (linjan tunnus, koko, virtaama, k_v -arvo ja esisäätöarvo).

6.2.3 Säätö

Käyttövesi lämmitetään lämmönjakokeskuksessa oman erillisen siirtimen avulla. Lämpimän kiertoveden paluulämpötila säädetään urakassa arvoon 53 °C. Yleensä kiertojohdon lämpötilanarvoksi säädetään 55 °C, mutta urakassa se ei ollut mahdollista. Lämmönjakohuonetta ei uusittu, joten virtaama kasvaisi ja pumppu ei pystyisi tuottamaan haluttua virtaamaa.

6.3 Selvitys

Insinööritoimisto Aavat Oy teki kohteeseen lämmitysjärjestelmien kartoituksen 06.02.2019. Kartoituksessa selvitettiin lämmitysjärjestelmien kunto sillä hetkellä. Käyttöveden paluukierron virtaama mitattiin ja tulokseksi saatiin $0,69$ l/s, kun suunniteltu virtaama oli $0,5$ l/s eli toteutunut virtaama oli 40 % suurempi kuin suunniteltu. Kiertovesipumpun nostokorkeutta on jouduttu nostamaan suunnitellusta, koska vanhat linjasäätöventtiilit eivät enää pystyneet säätämään, tai ovat alkaneet menemään tukkoon. Lin-

jasäätöventtiilit olivat alkuperäiset eli noin 30 vuotta vanhat. Selvityksen toimenpide-ehdotuksissa päädyttiin siihen, että linjasäätöventtiilien vaihto ja verkoston tasapainotus on tarpeen tehdä viiden vuoden kuluessa.

Yritys y tilasi selvityksen perusteella kohteeseen LVK-suunnittelun vuonna 2020. Insinööritoimisto Aavat Oy teki suunnitelmat ja kilpailutti urakoitsijat. Urakka aloitettiin kohteessa helmikuun alussa vuonna 2021, ja urakassa oli tarkoitus vaihtaa käyttöveden lämmityslaitteiden patteriventtiilit ja linjasäätöventtiilit.

6.4 Kohdekäynti ennen urakkaa

Ensimmäinen mittauskäynti kohteessa suoritettiin tiistaina 26.2.2021 kello 9–15. Valittuihin asuntoihin vietiin vietiin tiedotteet 24.2.2022 ja valittuja asuntoja oli 15. Kuvassa 11 on esitetty valitut asunnot. Tiedotteissa kerrottiin mittauskierrroksesta asunnoissa 26.2.2021. Valitsimme linjakohtaisesti asunnot, joissa mittauskäynnit suoritettiin linjakohtaisesti, eli valitusta linjasta mitattiin linjan ensimmäisen, toisen, kolmannen ja neljännen kerroksen asunnot. Linjakohtaisuutta pidettiin luotettava tapana selvittää tasapainotuksen tilanne ennen urakkaa voimme vertailla samojen asuntojen lämpötiloja ennen urakkaa ja urakan jälkeen. Lämpötilojen mittauksessa käytettiin Ebron TFN 520 -lämpötilamittaria, johon oli kytketty kuparinen johto. Ebron TFN 520 -lämpötilamittarilla saatiin mitattua pintalämpötiloja meno- ja paluuputkista. Mittalaite on esitetty kuvassa 12. Kohdekäynnillä kirjasimme lämmönsäätimen käyttöveden lämpötilan asetusarvot ja kiertovesipumpun asetusarvot talteen. Mittasimme kiertojohdon kokonaisvirtaaman venttiililtä sekä meno- ja paluuputkien pintalämpötilat.



Kuva 11. Valitut asunnot, jotka valittiin mittauskierrokseen ja asunnot, joissa mittaukset tehtiin. [Kuva: Aatu Uotila].

Valitut asunnot on merkitty punaisella merkillä kuvaan. Kuvassa vihreällä merkatut asunnot ovat asuntoja, johon on päästy tekemään varsinainen mittaus. Kuvassa sinisellä on merkitty lämmönjakohuone.



Kuva 12. Ebro TFN 520 [Kuva: Aatu Uotila].

Lämpökameralla otettiin satunnaisesti kuvia, jotta voidaan analysoida tuloksia paremmin. Kuvassa 13 esitetty mittauskäynnillä käytetty lämpökamera.



Kuva 13. Seek Thermal lämpökamera [Kuva: Aatu Uotila].

6.5 Haasteet mittauksessa ennen tasapainotusta.

Kohteessa ilmaantui haasteita, kun huomattiin, ettei pintalämpötilamittarilla Pyrometri BP17 voinut mitata lämpötiloja kromatuista kupariputkista.

Päädyimme suorittamaan mittauskierroksen Ebro TFN 520 -lämpötilamittarilla ja mittarille saatiin mittaustulos myös kromatuista putkista. Lämpökameralla pinnan emissiivisyys arvioidaan, joten lämpötilojen tarkkaan mittaukseen se ei sovellu.

Pattereiden meno- ja paluulämpötilojen mittausongelmia ilmaantui kuudessa asunnossa. Kolmessa asunnossa käyttövesipatterin venttiilin käsiasäätö oli laitettu kiinni-asentoon, ja kahdessa asunnossa käyttövesipatterit olivat täysin kylmiä johtuen huonosta kiertovesiverkon tasapainosta. Yhdessä asunnossa asukas ei päästänyt sisään. Pandemian aikana on hyvin yleistä, etteivät asukkaat päästä omaan asuntoonsa ylimääräisiä ihmisiä. Onneksi otimme varmuuden vuoksi monta asuntoa tutkimukseen mukaan.

Tarkoituksena mittauskäynnillä oli mitata virtaama jokaisesta linjasta, mutta linjasäätöventtiilit olivat vanhempaa Oras 4100 -mallia, joissa on messinkinen säätötaulukko [10]. Nämä linjasäätöventtiilit olivat noin 30 vuotta vanhoja. Kuvassa 14 esitetty kohteen linjasäätöventtiili. Virtaamien mittaus näin vanhoista linjasäätöventtiileistä on turhaa, koska linjasäätöventtiilien käyttöikä on ylittynyt. Vanhojen linjasäätöventtiilien venttiilin mittausyhteet voivat jäädä vuotamaan mittauksen jälkeen tai linjasäätöventtiilit voivat mennä tukkoon.



Kuva 14. Oras 4100 (vanha malli) [Kuva: Aatu Uotila].

6.6 Mittaustulokset ennen tasapainotusta

Mittaustulokset on esitetty taulukossa 3. Mittaustuloksista voi päätellä, että käyttövesiverkosto on ollut epätasapainossa ennen urakkaa. Lämpötilojen vaihtelut tiputtavat käyttöveden kierron paluulämpötilaa, mikä aiheuttaa Legionella-riskiä putkistossa [6]. Lämmönjakohuone sijaitsi D-rapun kellarikerroksessa. Kuvassa 11 on esitetty asuntojen sijainnit ja kuvasta voi päätellä sen, että mitä lähempänä lämmönjakohuonetta asunto on, sitä lähempänä suunnittelu arvoja meno- ja paluulämpötilat ovat. Patteriventtiileihin oli

asennettu käsisäätöpyörät, jolloin saa vesivirran suljettua väkisinkin ja verkoston tasapaino menee sekaisin.

Taulukko 3. Mittaustulokset ennen tasapainotusta

Porras	Kerros	Asunto	Menoveden lämpötila	Paluueden lämpötila	
	A	1	1	46	
	A	2	6	52	
	B	1	15	46	
	B	3	23	42	
	C	2	30	39	
	C	4	38	48	
	D	2	44	52	
	D	4	52	52	
	E	4	65	51	
Keskiarvo (°C)				47,6	41,6
Maksimi (°C)				52	47
Minimi (°C)				39	28
Mittattavien asuntojen lukumäärä				9	
Mittattu virtaama		0,494 l/s			
Suunniteltu virtaama		0,5 l/s			
LV menolämpötila		57 (°C)			
LV paluulämpötila		47 (°C)			

Ennen urakkaa kaukolämmönsiirtimelle lämpimän veden lämpötilaksi oli suunniteltu 58 °C ja kaukolämmönsiirtimelle palaavan veden lämpötilaksi oli suunniteltu 53 °C:n läm-
pöinen vesi. Taulukkoa 3 tarkastelemalla selviää verkoston epätasapaino selvästi, koska
menoveden lämpötilan vaihtelevuus on 13 °C, eli maksimilämpötila on ollut 52 °C patte-
riverenttiilille ja minimilämpötila on ollut 39 °C patteriventtiilille. Lämpimän paluueden läm-
pötiloissa on ollut myös vaihtelevuutta 19 °C, ja maksimilämpötila paluuedelle on ollut
47 °C ja minimilämpötila 28 °C. Pattereiden lämpötila erot johtuvat siitä, että pattereiden
venttiilit ovat alkaneet menemään tukkoon. Tukkoon menevät venttiilit aiheuttavat yli-
määräistä painehäviötä, jonka seurauksena vesi virtaa paremmin jollekin toiselle patte-
rille. Esimerkiksi tarkastelemalla asuntoa 30 taulukosta 3 huomataan, että menoveden
lämpötila patteriventtiilille on ollut 39 °C ja paluueden lämpötila ollut 32 °C. Asunnon
patteriventtiilissä ei nähtävästi vettä virtaa kunnolla patteriventtiilin läpi, jolloin vesi jääh-
tyy kytkentä johdossa ja tulee patterille matalassa lämpötilassa. Patteriventtiili lienee
osaksi tukossa aiheuttaen korkean painohäviön, joka pienentää virtausta. Esimerkiksi
jos asunnon 30 veden lämpötiloja verrataan portaikon neljännen kerroksen asuntoon 38,
voidaan huomata merkittävää lämpötila eroa. Asuinrakennuksen epätasapainoon ovat

vaikuttaneet tukkoon menevät patteriventtiili ja käsisäätöpyörät, koska niillä saadaan veden virtaama pysäytettyä. Pattereiden heikkoa kiertoa on kompensoitu nostamalla pumpun nostokorkeutta noin 20 %, eli suunnitellusta nostokorkeudesta 50 kPa oli nostettu pumpun nostokorkeudeksi 60 kPa, jotta virtaama on saatu pidettyä suunnitteluarvossa. Huomioitavaa mittauksissa on mittaustapa, jossa mitattiin putken päältä lämpötilaa kuparinauhalla, joka liimattiin teipillä putken päälle. Tämä mittaustapa ei ole tarpeeksi tarkka antamaan oikeanlaisia tuloksia. Tulokset ovat suuntaa antavia. Tämä käy ilmi esimerkiksi suuresta lämpötilan noususta lämmönsiirtimelle, mikä johtaa epärealistiseen korkeaan verkoston laskennalliseen tehoon.

6.7 Kohdekäynti urakan jälkeen

Urakan valmistumisen jälkeen 31.3.2021 pääsin suorittamaan viimeisen mittauskäynnin kohteeseen. Mittaus toteutettiin samoissa yhdeksässä asunnossa kello 9–15. Käyttövee-teen liitettyjen lämmityslaitteiden meno- ja paluulämpötiloja mitattiin Ebro TFN 520 -lämpötilamittarilla ja kokonaisvirtaaman venttiililtä mittasimme paine-ero- ja virtausmittauslaitteella IMI TA SCOPE. Kuvassa 15 on esitetty tämä mittalaite.



Kuva 15. IMI TA SCOPE, paine-erojen ja virtausten mittalaite.

Lämmönjakohuoneesta mitattiin kiertoveden pumpun virtaama, pumpulle tulevan veden lämpötila ja lämmönsiirtimeltä lähtevän lämpimän veden lämpötila.

6.8 Mittaustulokset urakan jälkeen.

Mittaustulokset on saatu mittaamalla menoveden lämpötilaa putken pinnasta ennen patteriventtiiliä ja paluuveden lämpötila on saatu patterilta lähtevän veden putken pinnasta. Mittaustulokset on saatu patteriventtiilien ja linjasäätöventtiilien vaihtotyön jälkeen. Menoveden keskiarvolämpötila on noussut noin 3 °C ja paluuveden keskiarvo on noussut noin 4 °C. Kaukolämmönsiirtimelle palaavan veden lämpötila on noussut 6 °C, mikä pienentää Legionella-riskiä verkostossa. Taulukon 5 tuloksia tarkasteltaessa patterin menoja paluulämpötiloista ilmenee se, että menoveden lämpötila ei ole 58 °C eikä paluuveden lämpötila ole 53 °C, vaikka lämpötilojen pitäisi olla suunnitelluissa arvoissa. Tuloksista voimme olettaa, ettei verkosto ole täysin tasapainossa, koska lämpötilat eivät ole suunnitellussa tasossa. Huomioitavaa mittauksissa on mittaustapa, jossa mitattiin putken päältä lämpötilaa kuparinauhalla, joka liimattiin teipillä putken päälle, ja tämä mittaustapa ei ole tarpeeksi tarkka antamaan oikeanlaisia tuloksia. Tulokset ovat suuntaa antavia.

Taulukko 4. LSV-mittauspöytäkirja

SIVU 1			ESISÄÄTÖARVOT		MITTAUSTULOKSET			SUUNNITTELU- ARVOT		EROTARKASTELU		Huom!
VENTTIILIN TUNNUS		DN- koko	esi- säätö- arvo	kv- arvo	paine- ero (kPa)	käyt. ES- arvo	virtaus (l/h)	virtaus (l/h)	paine (kPa)	virtaus ± %	paine ± %	
Kokonaisvirtaama												
Siiv. A	STAD	10	1.51	0.14	4,6	1,5	30	32	5.783	-6 %		
Siiv. BC	STAD	10	1.42	0.13	4,5	1,55	30	32	6.647	-6 %		
Siiv. DE	STAD	10	1.10	0.10	5,5	1,45	29	32	10.973	-9 %		
V1 A	STAD	15	1.68	0.43	8,4	1,4	91	97	5.179	-6 %		
V1 BC	STAD	15	1.92	0.56	5,8	1,55	88	97	3	-9 %		
V1 DE	STAD	15	1.38	0.31	9,7	1,3	89	97	9.614	-8 %		
V2 BC	STAD	15	1.88	0.54	5,5	1,6	91	97	3.245	-6 %		
V3 A	STAD	15	1.70	0.44	7,4	1,45	89	97	4.945	-8 %		
V3 BC	STAD	15	1.86	0.53	5,5	1,6	91	97	3.402	-6 %		
V3 DE	STAD	15	1.66	0.42	8,6	1,65	122	130	9.803	-6 %		
V4 A	STAD	15	1.63	0.40	8,8	1,35	89	97	5.795	-8 %		
V4 DE	STAD	15	1.61	0.40	9,7	1,6	122	130	10.77	-6 %		
V5 BC	STAD	15	1.62	0.40	5,2	1,55	90	97	5.998	-7 %		
V6 A	STAD	10	2.07	0.29	3,2	2,1	61	65	5.136	-6 %		
V6 BC	STAD	15	1.58	0.38	5,3	1,55	89	97	6.52	-8 %		
V6 DE	STAD	15	1.64	0.41	9,9	1,6	123	130	10.256	-5 %		
V7 A	STAD	15	1.81	0.50	7,7	1,45	91	97	3.828	-6 %		
V7 BC	STAD	15	1.99	0.61	5,9	1,8	121	130	4.532	-7 %		
V7 DE	STAD	15	1.64	0.41	9,5	1,6	120	130	10.049	-8 %		
V8 DE	STAD	15	1.51	0.35	8,2	1,4	90	97	7.771	-7 %		
V9 BC	STAD	10	2.60	0.51	4,6	2,4	88	97	3.585	-9 %		
V9 DE	STAD	15	1.75	0.46	8,4	1,65	121	130	7.813	-7 %		
V10 BC	STAD	15	1.84	0.51	5,4	1,6	90	97	3.629	-7 %		
V10 DE	STAD	15	1.75	0.46	9,2	1,6	118	130	7.814	-9 %		

Taulukossa 4 on esitetty suunnitellut virtaamat, paine-erot, esisäätöarvot ja kv-arvot ja urakoitsijan mittaustulokset. Urakoitsijan säätö- ja mittauskierroksella on päästy virtaamassa lähelle suunniteltua arvoa, mutta jouduttu muuttamaan linjasäätöventtiilien

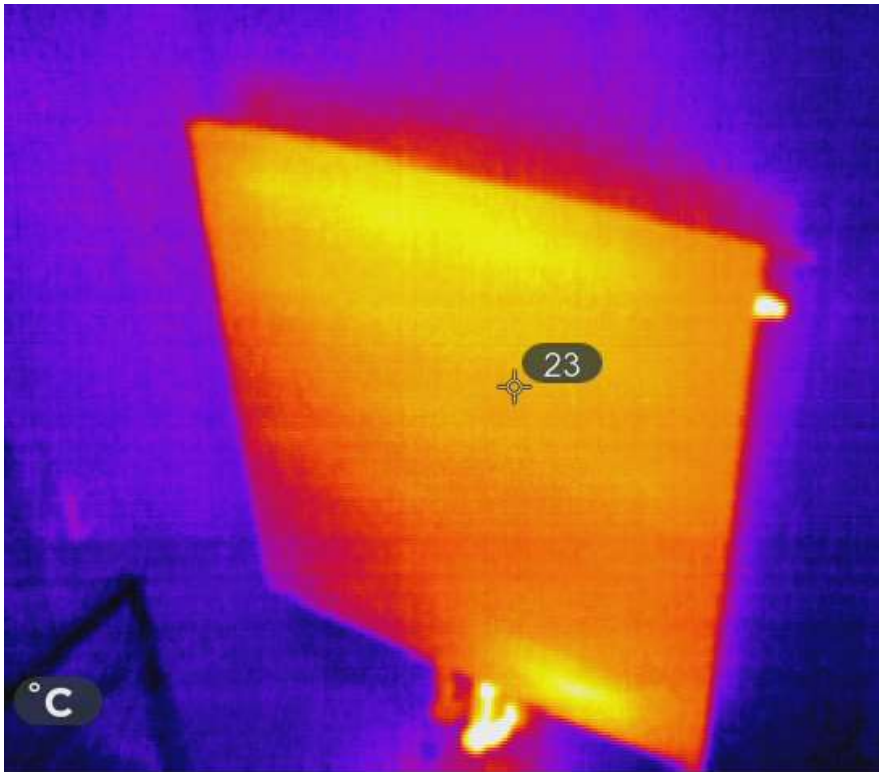
esisäätoarvoa jokaisessa linjassa. Paine-eron mittaustuloksista voidaan huomata, kuinka tulokset eroavat suunnitellusta.

Taulukko 5. Mittaustulokset 31.3.2021

Porras	Kerros	Asunto	Menoveden lämpötila	Paluuv veden lämpötila	
	A	1	1	51	46
	A	2	6	51	46
	B	1	15	50	45
	B	3	23	51	46
	C	2	30	52	46
	C	4	38	49	45
	D	2	44	48	45
	D	4	52	52	46
	E	4	65	51	46
Keskiarvo (°C)				50,6	45,7
Maksimi (°C)				52	46
Minimi (°C)				48	45
Mittattavien asuntojen lukumäärä				9	
Mittattu virtaama		0,497 l/s			
Suunniteltu virtaama		0,5 l/s			
LV menolämpötila		58 (°C)			
LV paluulämpötila		53 (°C)			

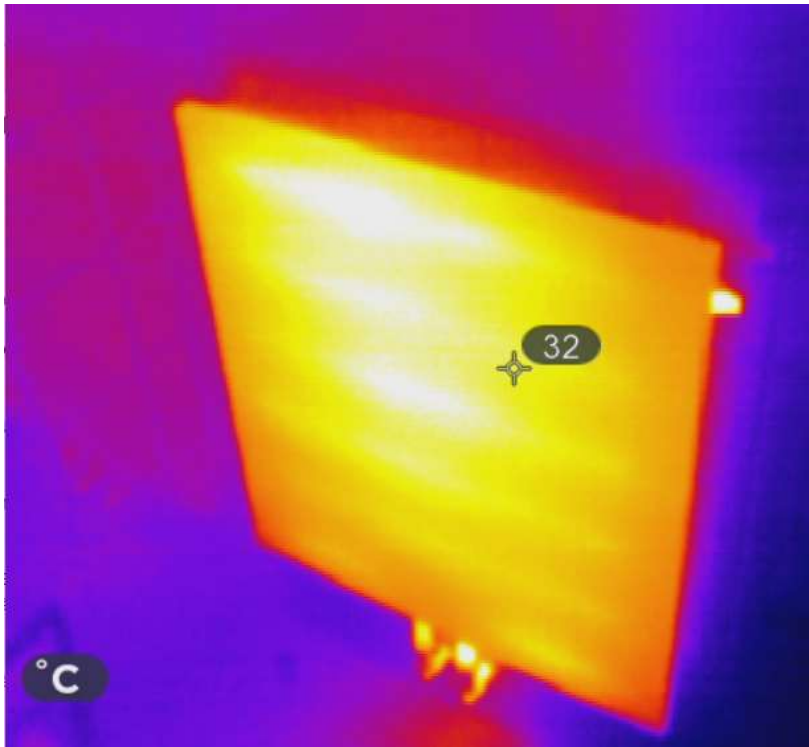
6.9 Lämpökamerakuvat

Lämpökamerakuvat otettiin kuvan 13 olevalla laitteella eli lämpökameralla. Kuva 16 on otettu 26.2.2021 ennen patteriventtiilien ja linjasäätöventtiilien vaihtotyötä. Kuvasta voidaan päätellä, että patterissa on heikko virtaama. Paluupuolen venttiili on punertavan värinen, ja selvästi vesi viilentyy patterin sisällä. Patterin veden lämpötilaan on vaikuttanut verkoston epätasapaino.



Kuva 16. Lämpökamerakuva asunnon B30 patterista ennen urakkaa.

Kuva 17 otettu 31.3.2021 patteriventtiilien ja linjasäätöventtiilien vaihtotyön jälkeen. Kun verrataan kuvaa 16 kuvaan 17, huomataan patterin pintalämpötilan nousseen selvästi. Kohdistusmerkin kohdalla lämpökameran osoittama arvio pintalämpötilasta on noussut 23 °C:sta arvoon 32 °C. Tämä aiheutuu kasvaneesta virtauksesta ja menoveden lämpötilan noususta. Patteriventtiilien vaihtotyön hyöty näkyy selkeästi kuvassa.



Kuva 17. Lämpökamerakuva asunnon B30 patterista urakan jälkeen.

Lämpökamerakuvia otettiin viidestä patterista ja jokaisessa ilmeni sama pintalämpötilojen nousu. Lämpökamerakuvat osoittava venttiilien vaihdon ja verkoston tasapainotuksen nostaneen toimintalämpötilat lähemmäs suunnitteluarvoja. Jos venttiileitä ei olisi vaihdettu vielä, tulevaisuudessa riski Legionella-bakteerille olisi ollut suuri. Tilaajan kannalta voidaan päätellä urakkaan kuuluvan venttiileiden ja linjasäätöventtiilien vaihtotyön hyödylliseksi.

7 Päätelmät

Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää, mitä vaikutuksia lämpimän käyttöveden verkoston patteriventtiilien uusinnalla ja verkoston tasapainottamisella on asuinrakennuksessa. Tutkimuksessa tutkittiin lämmönjakohuoneelta pattereille tulevaa käyttöveden lämpötilaa ja pattereilta lähtevää paluuveden lämpötilaa.

Tutkimuksen aineistona käytettiin mittauksista otettavaa dataa, jotka koostuivat paikan päällä otetuista mittaustuloksista. Opinnäytetyön tutkimusosa pohjautui vahvasti mittaustuloksiin. Opinnäytetyön tavoitteena oli myös tuottaa tutkimuksen tuotoksena vastauksia kuviona, numeroina tai selitteenä toimeksiantajalle käyttöön sekä laatia toimeksiantajalle raportti tutkimuksesta.

Ensimmäisellä mittauskierroksella 26.2.2021 lämpimän käyttöveden lämpötilat olivat ai-lahtelevia, mikä kertoo patteriventtiilien säädön heikentymisestä tai ilmaisee, että patteriventtiilissä saattaa olla roskaa sisällä. Lämpimän veden lämpötiloissa oli vaihtelua noin 13 °C. Pattereiden paluuveden lämpötiloissa oli huomattavia eroavaisuuksia, jopa enim-millään 19 °C:n eroavaisuuksia. Eroavaisuudet johtuvat mittauksen epätarkkuudesta, koska pintalämpötiloja on vaikeaa mitata tarkasti. Huomasimme lämpötilojen vaihtelevan eri mittauskohdasta riippuen noin 2 °C. Paluuveden lämpötilaan vaikutti selkeästi lin-jasäätöventtiilien heikentynyt kierto, tämän pystyi päättelemään lämmönjakohuoneelle tulevan lämpimän veden kiertojohdon lämpötilasta. Kaukolämpölaitteistolle palaavan lämpimän veden kiertojohdon lämpötila oli 47 °C.

Mittauksessa huomattiin matalia lämpötiloja menoveden lämpötilasta ja paluuveden läm-pötiloissa. Matalat lämpötilat aiheuttavat legionellariskin kasvua putkistoon, koska ylei-sesti mieluisin vedenlämpötila Legionella-bakteerin lisääntymiselle on 20–45 °C [4]. Koh-teessa monessa asunnossa oli alle 45 °C:n lämpötiloja meno- ja paluulämpötiloissa, ja tämä nostaa eritoten riskiä sairastua Legionella-bakteerin johdosta. Kiinteistö on raken-nettu ennen vuotta 2007, jolloin kiertojohdossa pitäisi noudattaa yleisesti 50 °C:n mini-milämpötilaa [4]. Tämä ei toteutunut esimerkkikohteessa.

Kohde on rakennettu vuonna 1991, ja samalla putkistojen komponentit ovat yhtä vanhoja kuin rakennus. Venttiilien ikä on noin 20 vuotta, tämä alkaa olemaan jo venttiilien käyt-töän loppu. Venttiilien seinämät haurastuvat, varsinkin patteriventtiilien, koska ne ovat kovassa rasituksessa. Rasituksesta johtuen patteriventtiilit ja linjasäätöventtiilit pitäisi

vaihtaa noin 15–20 vuoden iässä. Muuten ne voivat alkaa vuotamaan haurastumisen seurauksena tai menevät tukkoon.

Käyttöveden putkistossa suomessa voi esiintyä pistekorroosiota, koska putkimateriaalina käytetään yleisesti kuparia. Yleensä johtuu lian päätyemisestä putkistoon. Välttämättä vanhoissa verkostoissa ei ole putkenpäitä hiottu tarpeeksi. Yleensä vuosien aikana kupariputki haurastuu, ja putkiston sisältä irtoaa paloja, jotka voivat aiheuttaa pistesyöpymää. Eroosikorroosiota aiheuttavat korkeat veden virtausnopeudet. Usein vanhat rakennukset ovat mitoitettu väärin ja tästä johtuu veden nopeat virtausnopeudet. [23]

Toisella mittauskierroksella 31.3.2021 patterille tulevan veden lämpötilat olivat erinomaisia, koska vaihtelua lämpötiloissa oli vain 4 °C. Tämä tämä kertoo patteriventtiilien toimivuudesta, jolloin asuinrakennuksessa ei ole kylmiä pattereita. Esisäädöt ovat aseteltu aluksi suunnitelmien mukaan. Paluulämpötiloissa oli vaihtelua vain noin 1 °C. Kaukolämpölaitteistolle palaavan lämpimän veden lämpötila oli 53 °C, ja tämä kertoo säätöjen onnistuneen urakan jälkeen.

Patteriventtiilien ja linjasäätöventtiilien vaihtotyön hyöty näkyy selvästi lämpötiloissa. Lämpötilojen nouseminen putkistoissa pienentää legionellabakteerin syntymisriski putkistoon. Venttiilien vaihto vähentää vuodon riskiä verkostossa, kuten pistesyöpymää venttiileissä.

On hyvä suorittaa kartoituskäynnejä asuinrakennuksissa, joissa käyttöveden verkoston ikä on noin 10–20 vuotta. Kartoituskäynneillä voidaan suorittaa tarkastus vanhoille venttiileille ja käyttöveden lämpötiloille. Kun analysoidaan tuloksia kartoituskäynnin jälkeen, voidaan perustelluilla toimenpide-ehdotuksilla pienentää riskien syntymistä verkostoon. Esimerkkikohteessa olisi hyvä suorittaa uusi venttiilien vaihtotyö ja verkoston tapainotus noin 15–20 vuoden päästä.

8 Yhteenveto

Tässä opinnäytetyössä on käsitelty asuinrakennusta Espoossa. Urakassa oli tarkoitus vaihtaa käyttöveden liitettyjen lämmityslaitteiden patteriventtiilit ja tasapainottaa verkosto. Lämpötilojen mittauksen tarkkuus, linjasäätöventtiilien korkea ikä ja ahtaat paikat mitata ja lisäksi pandemia toivat omat haittansa opinnäytetyön tutkimus osuuden suorittamiseen. Vaikeuksista huolimatta mittaustuloksista pystyi näkemään, että patteriventtiileiden vaihtotyöstä ja verkoston tasapainotuksesta oli hyötyä sekä tasaisemman lämmönjaon että pienemmän Legionella-riskin kannalta.

Lähteet

- 1 Talotekniikkateollisuus 2020. 8 Lämpimän käyttöveden kiertojohto. <https://www.talotekniikkainfo.fi/vesi-ja-viemarilaitteistot-opas/8-vvl-lampiman-kayttoveden-kiertojohto>. Luettu 22.12.2020
- 2 Kiinteistöjen vesi- ja viemärlaitteistot. 2007. Suomen rakentamismääräyskoelma, osa D1. Helsinki: ympäristöministeriö.
- 3 Sulamäki, Hanna. LVI-järjestelmät asuinkerrostaloissa historiaa (1880- n. 2000). Helsinki. Luettu 20.12.2020
- 4 Talotekniikkateollisuus 2020. 6 Vedenlämpötila. <https://www.talotekniikkainfo.fi/vesi-ja-viemarilaitteistot-opas/6-vvl-veden-%20lampotila>. Luettu 4.1.2020
- 5 Asumisterveysasetus 25.4.2016/2731. (Asumisterveysasetus 2731/2016 2.3:7 §)
- 6 Terveyden ja hyvinvoinnin laitos THL 2020. Legionella bakteerit vesijärjestelmissä. <https://thl.fi/fi/web/ymparistoterveys/vesi/legionellabakteerit-vesijarjestelmissa>. Luettu 8.1.2021
- 7 Seppälä, Olli. 2001. Rakennuksen lämmitys. Helsinki: Suomen LVI-liitto ry
- 8 Talotekniikkateollisuus 2020. 24 Lämpimän käyttöveden kiertojohtojon virtaaman säätö. <https://www.talotekniikkainfo.fi/vesi-ja-viemarilaitteistot-opas/24-vvl-lampiman-kayttoveden-kiertojohtojon-virtaaman-saato>. Luettu 13.1.2020
- 9 Espoon Asunnot Oy 2021. Viitakorpi 3. <https://www.espoonasunnot.fi/kohteet/viitakorpi-3>. Luettu 30.3.2021
- 10 Aatu omat kuvat
- 11 V.M. Mäkelä ja J. Tuunanen, Suomalainen kaukolämmitys. MAMK-University of Applied Sciences, 2015.
- 12 Talotekniikkateollisuus 2020. Käyttöveden lämpötila ja laatu. <https://www.talotekniikkainfo.fi/esimerkki-kayttoveden-lampotila-ja-laatu>. Luettu 23.2.2021
- 13 Rakennusten kaukolämmitys, määräykset ja ohjeet. Julkaisu K1/2013. Energiategollisuus. Verkkoaineisto. energia.fi. Luettu 21.03.2021
- 14 Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta. 2013. Suomen rakentamismääräyskokoelma. Osa D5. Helsinki: Ympäristöministeriö
- 15 Lämpimän käyttöveden kiertotermostaatti. 2004. Tekninen esite MTCV. Danfoss.
- 16 Liedes, Marko. 2020. Toimitusjohtaja, Insinööritoimisto Aavat Oy, Espoo. Keskustelu 24.11.2020.
- 17 Peteri, Juha. 2020. Suunnittelujohtaja, olosuhde- ja energiahallinta, Insinööritoimisto Aavat Oy, Espoo. Keskustelu 12.12.2020

- 18 Ympäristöministeriön asetus rakennusten vesi- ja viemärlaitteistoista. 22.12.2017. Perustelumuuisto. Helsinki: ympäristöministeriö
- 19 STAD linjasäätöventtiili/LVK venttiilit DN10-20 PN25. Verkkoaineisto. IMI TA Hydronic Engineering. https://www2.imi-hydronic.com/Handlers/FileDownloaderHandler.ashx?path=%2fProductFiles%2fProducts%2fdocuments%2fCatalogues%2fFinland%2fPDF_low%2fSTAD_LVK_FI_MAIN.pdf. Luettu 17.4.2021
- 20 Oras linjasäätöventtiili. Verkkoaineisto. Oras Oy. http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/pientalon_lammitys/linjansaatoventtiili.htm. Luettu 17.4.2021
- 21 IMI Hydronic Engineering. Raditrim A. <https://www2.imi-hydronic.com/fi/tuotteet-ja-ratkaisut/heimeier-thermostatic-control/termostaatit-ja-patteriventtiilit/paluuventtiili/raditrim-a/>. Luettu 17.4.2021
- 22 Koivuniemi, Janne. 2005. Lämpimän käyttöveden mitoitusvirtaama ja lämpötilakriteerit veden mikrobiologisen laadun kannalta kaukolämmityissä asuinrakennuksissa. Diplomityö. Teknillinen korkeakoulu.
- 23 Kekki Tomi, Kaunisto Tuija, Keinänen-Toivola Minna, Luntamo Marja. 2008. Vesi-johtomateriaalien vauriot ja käyttöikä Suomessa. Turku: Vesi-instituutti, Prizztech Oy

