



Karelia-ammattikorkeakoulu
Talotekniikan koulutusohjelma, Insinööri (AMK)

Paine-eromenetelmän edut verrattuna vesivirtamittaustekniikalla suoritettuun tasapainotukseen

Visa Westerlund

Opinnäytetyö, marraskuu 2022

www.karelia.fi



OPINNÄYTETYÖ
Marraskuu 2022
Talotekniikan Koulutus

Tikkarinne 9
80200 JOENSUU
+358 13 260 600 (vaihde)

Tekijä(t)
Visa Westerlund

Nimeke
Paine-eromenetelmän edut verrattuna vesivirtamittaustekniikalla suoritettuun tasapainotukseen

Toimeksiantaja
Termotohtori Oy

Tiivistelmä

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Termotohtori Oy. Opinnäytetyön tavoitteena oli vertailla kahta erilaista alalla vallitsevaa lämmitysverkoston tasapainotustapaa. Kohteina oli kolme taloyhtiötä, joihin suoritettiin tasapainotusmittaukset paine-ero- ja vesivirtaus-tekniikalla.

Ensimmäinen lämmitysverkon tasapainotusmenetelmä oli tasapainotus vesivirtamittausmenetelmällä. Toisena menetelmänä oli mitata lämmitysverkoston paine-eroa ja tasapainottaa se paine-eromenetelmän mukaisesti. Työ toteutettiin kolmeen Uudellamaalla sijaitsevaan taloyhtiöön. Kohteet mitattiin ja tasapainotettiin ensiksi paine-eromenetelmällä, minkä jälkeen kohteeseen tehtiin vielä tavanomaiset vesivirtamittaukset.

Työssä saatiin vertailtua paine-eromenetelmän ja vesivirtamittausmenetelmän eroja. Kolmen kiinteistön mittausten perusteella todettiin vesivirtamittauksessa vesivirtojen jäävän suunniteltua pienemmiksi. Virtaamia olisi täytynyt kasvattaa säätämällä kiertovesipumppua isommalle verrattuna paine-erolla tehtyyn tasapainotukseen. Tässä opinnäytetyössä saatiin tuotua hyvin esille tuntemattomamman tasapainotusmenetelmän etuja.

Kieli
suomi

Sivuja 52
Liitteet 6
Liitesivumäärä 11

Asiasanat
lämmitysjärjestelmät, virtauslaskenta, mittausmenetelmät



THESIS
November 2022
Degree Programme in Building Services Engineering

Tikkarinne 9
80200 JOENSUU
FINLAND
+ 358 13 260 600

Author (s)
Visa Westerlund

Title
Advantages of Using Differential Pressure Method Compared to Balancing with Water Flow Measurement Technology

Commissioned by
Termotohtori Oy

Abstract

This thesis was commissioned by Termotohtori Oy. The goal in this thesis was to compare two different heating network balancing methods prevailing in the field. ways to balancing heating system.

The first method of balancing the heating network was balancing using water flow measurements. The second method was to measure the pressure differential in the heating network and balance it according to the pressure differential method
The comparison was made in three housing cooperatives in the Uusimaa area.
The sites were first measured and balanced using the pressure difference method. The second task was to measure water flow from a balanced heating system.

In this thesis the comparing shows that the measured water flows were smaller than planned. The flows would have had to be increased by adjusting the circulation pump set point. This thesis also highlighted the advantages of a more unknown balancing method.

Language
Finnish

Pages 52
Appendices 6
Pages of Appendices 11

Keywords
heating systems, computational fluid dynamics, measurement methods

Sisältö

1	Johdanto	6
1.1	Opinnäytetyön tavoite.....	6
1.2	Opinnäytetyön menetelmät	6
1.3	Opinnäytetyön rakenne	7
2	Teoriaa.....	7
2.1	Suljettu vesikiertoinen lämmitysjärjestelmä	7
2.2	Lämmönjakokeskus.....	7
2.3	Maalämpöjärjestelmä	8
2.4	Hybridiratkaisut	8
2.5	Paisuntajärjestelmä	9
2.6	Varolaitteisto	9
2.7	Kiertovesipumppu.....	10
2.8	Lämmitysverkoston menoveden lämpötilan säätötavat	11
2.9	Radiaattorit.....	13
2.10	Konvektorit	14
2.11	Venttiilit.....	15
2.12	Putkitustavat	16
2.13	Ilmanpoistajat ja ilmausruuvit.....	17
2.14	Patteriverkoston perussäätö	18
2.15	Energiansäästö patteriverkoston perussäädössä.....	20
2.16	Patteriverkoston paine-ero.....	21
2.17	Ääni patteriverkostossa	23
3	Mittaustavat	24
3.1	Mittauksiin vaikuttavat tekijät	24
	Tasapainotus käyttäen paine-eromenetelmää	24
	Tasapainotus vesivirtamittausmenetelmällä.....	26
3.2	Lämmitysverkoston tasapainotus paine-eromenetelmällä.....	27
3.3	Lämmitysverkoston tasapainotus vesivirtamittausmenetelmällä	28
4	Mittarit ja mittausmenetelmät.....	29
4.1	Mittaussuunnitelma.....	29
4.2	Paine-eron mittausmenetelmät.....	29
4.3	Vesivirtamittaus menetelmät.....	30
5	Mittaukset.....	31
5.1	Ensimmäisen Kohteen lämmitysverkoston paine-eromittaus	31
5.2	Ensimmäisen Kohteen lämmitysverkoston vesivirtamittaus	38
5.3	Toisen kohteen lämmitysverkoston paine-ero mittaus	41
5.4	Toisen kohteen lämmitysverkoston vesivirtamittaus	44
5.5	Kolmannen kohteen paine-ero mittaukset	44
5.6	Kolmannen kohteen vesivirtamittaus.....	45
6	Mittaustulokset.....	46
6.1	Ensimmäisen kohteen paine-eromittauksen tulokset.....	46
6.2	Ensimmäisen kohteen vesivirtamittauksen tulokset.....	47
6.3	Toisen kohteen paine-eromittauksen tulokset	47
6.4	Toisen kohteen vesivirtamittauksen tulokset	47
6.5	Kolmannen kohteen paine-eromittauksen tulokset	48
6.6	Kolmannen kohteen vesivirtamittauksen tulokset.....	48
6.7	Yhteenveto tuloksista	49
7	Pohdinta.....	51
	Lähteet	53

Liitteet

- Liite 1 Ensimmäisen kohteen paine-ero mittauspöytäkirjat
- Liite 2 Ensimmäisen kohteen vesivirta mittauspöytäkirjat
- Liite 3 Toisen kohteen paine-ero mittauspöytäkirjat
- Liite 4 Toisen kohteen vesivirta mittauspöytäkirjat
- Liite 5 Kolmannen kohteen paine-ero mittauspöytäkirja
- Liite 6 Kolmannen kohteen vesivirta mittauspöytäkirja

1 Johdanto

Lvi-alalla tunnetuin perussäätömenetelmä on perussäätö hyödyntäen vesivirtamittauksia.

1987 lähtien Suomessa alalla on käytetty myös paine-eromenetelmää, kun Tekniikan tohtori Aatos Kärkkäinen otti käyttöön sen Tekno-innovaatio Oy yrityksessä. (Kärkkäinen, 2010, 109).

Tänä päivänä sitä käytetään mm. pääkaupunkiseudulla sijaitsevissa suunnittelutoimistoissa.

1.1 Opinnäytetyön tavoite

Opinnäytetyön tarkoituksena on vertailla lämmitysverkoston perussäätämennetelmää kahdella eri tavalla. Kiinteistön lämmitysverkosto tasapainotetaan ensin paine-eromenetelmällä. Toisena mittauksena toteutetaan vesivirtamittaukset paine-eromittausten jälkeen. Työ rajataan koskemaan kiinteistön lämmitysjärjestelmän tasapainotusta. Työstä jätetään ulkopuolelle lämpimän käyttöveden kiertojohdon tasapainotus.

1.2 Opinnäytetyön menetelmät

Työssä toteutetaan lämmitysverkoston tasapainotus kahdella eri menetelmällä RT 103452 nestekiertoiset lämmitys- ja jäähdytysverkostot virtauksien säätö mukaisesti. Käytettäviä menetelmiä lämmitysverkoston perussäätöön ovat vesivirtamittaus sekä paine-eromittaus. Vesivirtamittauksissa suunnittelijan määrittelemien säätöarvojen toteutuminen todennetaan virtausmittarilla linjasäätöventtiileistä. Paine-eromittauksissa suunnittelijan laskemat paine-erot todennetaan suunnittelijan määrittelemistä mittauskohdista verkoston meno- ja paluuputkistosta.

1.3 Opinnäytetyön rakenne

Opinnäytetyön rakenne koostuu kolmesta eri osiosta. Opinnäytetyö aloitetaan teoriaosuudella. Toisena osuutena kuvaillaan ja käsitellään kahta eri alalla vallitsevaa tasapainotusmenetelmää. Viimeinen osuus koostuu lämmitysverkoston tasapainotuksesta, mittauksista ja niiden raportoinnista.

2 Teoriaa

2.1 Suljettu vesikiertoinen lämmitysjärjestelmä

Lämmitysjärjestelmät voidaan eritellä avoimiin sekä suljettuihin järjestelmiin. Avoimessa järjestelmässä vesi on yhteydessä ilman kanssa paisunta-astian avonaisuuden takia. Avoimet järjestelmät ovat poistuneet käytöstä ja nykyään järjestelmät ovat suljettuja. Suljetussa verkostossa nimensä mukaan lämmönsiirtoneste ei ole tekemisissä ilman kanssa. Suljetussa lämmitysjärjestelmässä käytetään kalvopaisunta-astiaa, joka on usein asennettu lämmönjakohuoneeseen. Kalvopaisunta-astia on asennettava tilaan, jossa se ei voi jäättyä. Kalvopaisunta-astia mahdollistaa veden lämpölaajenemisen ja tasaa painetta. (Harju, P, 2010, 94.)

2.2 Lämmönjakokeskus

Lämmönjakokeskus on laitevalmistajan valmis paketti, joka koostuu ensiö- ja toisiopuolen lämmönsiirtimistä. Toisiopuolen lämmönsiirtimissä kaukolämpövesi lämmittää kiinteistön vettä. Lämmönjakokeskukset koostuvat eri kokoisista siirtimistä. Yleisimpiä siirtimiä ovat lämmitysverkoston siirtimet, lämpimän käyttöveden siirrin ja ilmanvaihdon lämmityksen siirrin. (Harju, P, 2010, 149.)

2.3 Maalämpöjärjestelmä

Kiinteistö, joka on varustettu maalämpöpumpulla, saa lämmitystehonsa maahan keräytyneestä aurinkoenergiasta. Maalämpöjärjestelmä koostuu osista, jotka ovat maalämpö pumppu, keruupiiri, varaajat, paisunta- ja varolaitteisto ja lämmitysverkosto. Maalämpöpumpun tehtävä on kierrättää keruupiiristä hankittua lämmitysenergiaa vesikiertoisille lämmönluovuttimille. Varaajat ovat isoja säiliöitä, joiden tehtävä on varastoida lämmintä vettä. Vesi lämmitetään maalämpöpumpulla ja tarvittaessa sähkökattilalla. (Tom Allen Senera. 2022,3.)

2.4 Hybridiratkaisut

Vanhoissa asuinkerrostaloissa on alkanut yleistyä Hybridiratkaisut. Näitä ovat useimmiten taloyhtiöt, joissa kaukolämpöpaketin tekninen käyttöikä on tullut vastaan. Tällaisessa tilanteessa on suunniteltu hybridiratkaisu ja lisätty vesi-ilmalämpöpumppuja luomaan uusiutuvaa energiaa.

Hybridiratkaisussa kaukolämmön menoveden lämmityksen tueksi asennetaan ilmavesilämpöpumppuja keräämään lämmitysenergiaa ilmasta.

Automaation avulla ostoenergian eli kaukolämmön veden määrää pienennetään ja se korvataan uusiutuvalla energialla. (Nibe airHeat esite,1–2.)

Itsellä on kokemusta yhdestä hybridiratkaisun tasapainotuksesta. Tasapainotuksessa ilmalämpöpumput eivät olleet käytössä. Kohteesta mitattiin suunnitellut paine-erot meno- ja paluuputkiston linjoista ja säädettiin pumppu suhteellisella paineen säädöllä.

2.5 Paisuntajärjestelmä

Veden fysikaalisiin ominaisuuksiin kuuluu lämpölaajeneminen, minkä vuoksi lämmitysverkostoon kuuluu asentaa paisunta-astia. Veden lämpö laajentuessa paisunta-astiaan virtaa vettä ja jäähtyessä se palaa takaisin verkostoon. Kalvo-paisunta-astian oikein mitoittaminen on tärkeää, sillä se estää lämmitysverkostosta turhan veden poistumisen. (LVI 11-10472. 2011,1,2.)

2.6 Varolaitteisto

Lämmitysverkostoa varten on kehitetty varoventtiilit suojaamaan sitä liialliselta paineen nousulta. Varoventtiili asennetaan usein paisunta-astian yhteyteen ja sen tehtävä on päästää verkostosta pois vettä, mikäli nimetty avautumispaine ylittyy. Varoventtiili suojaa verkoston osia ja on turvallisuustekijä.

Varoventtiilin oikein mitoittaminen on tärkeää. Liian pieni varoventtiili estää veden lämpölaajenemisen ja verkoston paineen korotuksen lämmityskaudella. (LVI 11-10472,2011,7.)

2.7 Kiertovesipumppu

Kiertovesipumpun tehtävä on kierrättää vettä lämmitysverkostossa vaihtimelta lämmönlvovuttimille ja takaisin vaihtimelle.

Kiertovesipumpun käyttöönotossa pumppu säädetään tarpeiden mukaisesti, säätötapoja ovat säätää pumppu vakiopaineen, suhteellisen paineen tai älykkäiden tapojen mukaisesti. Vakiopainesäätöä käytetään, kun putket ovat isoja ja painehäviö pieni rakennuksen korkeuteen nähden. Suhteellisessa paineensäädössä pumppu muokkaa asetuksia vaihtelevan paineen ja virtaaman mukaan. Älykkäät säätötavat ovat valmistajien kehittämiä automatiikkaan perustuvia säätötapoja.



Kuva 1. Magna3 kiertovesipumppu. (Kuva: Visa Westerlund)

Esimerkiksi Grundfos laitevalmistaja käyttää kuvan 1. Magna3 kiertovesipumppuissa AUTOADAPT säätötapaa, missä pumppu vaihtelee suhteellista säätökäyrää automaattisesti ja kierrosnopeutta virtaaman noustessa. Kiertopumppuissa on olemassa myös kätevät pikakomennot pumpun asetukselle pois päältä, minimi ja maksimi komentoihin. (OY GRUNDFOS PUMPUT AB. 2022.)

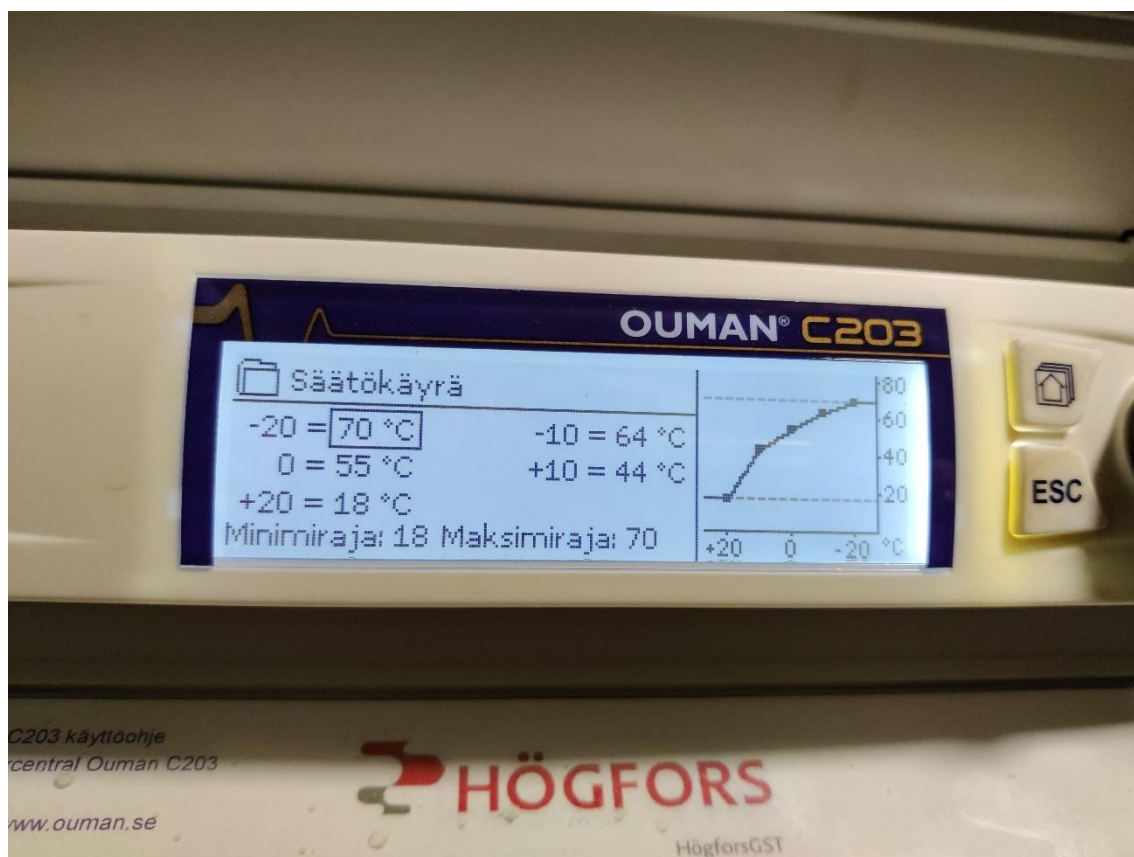
2.8 Lämmitysverkoston menoveden lämpötilan säätötavat

Lämmitysverkoston säätö ja hallinta on kehittynyt vuosien saatossa. Yksinkertaisin ja monesti vastaantuleva lämmönsäädin on asennettu kaukolämpökeskuksen sähkökeskukseen. Ohjaus ja hälytysten seuranta tapahtuu lämmönjakuhuoneesta käsin.

Yleistyvänä perinteisen lämmönsäätimen rinnalle on tullut etähallinta ja ohjaus. Varsinkin uudiskohteissa lämmönjakuhuoneesta löytyy käyttöpaneeli, josta voidaan tunnuksien avulla säätää lämmitysverkostoa. Sama säätö voidaan toteuttaa kätevästi myös etänä valvomon tai huollon toimesta.

Lämmitysverkoston menoveden lämpötila säädetään ulkolämpötilan mukaan tai ulko- ja sisälämpötilan mittauksia yhdistelemällä. Menoveden lämpötilansäädöstä vastaa automaatio. Automaatio tekee laskelmat käyttäen apuna ulkolämpötilojen mittausdataa ja säätöparametrejä. Automatiikka säätää venttiiliä, mikä määrittää lämmitetyn veden sekoitus suhteen menoveteen eri ulkolämpötiloissa. (OUMAN EH-800/EH-800B Lämmönsäädin.)

Lämmitysverkoston käyttöönotossa ja tasapainotuksessa säädetään lämmityksen menovesikäyrä suunnittelijan määrittelemiin arvoihin. Lämmönsäätimen asetukset on hyvä käydä läpi ja ottaa aikaisemmat säätöarvot talteen ennen omia muokkauksia. Talteen otettuun menovesikäyrään on hyvä palata, mikäli tarvetta. Kesäsulun toiminta on hyvä antaa automatiikan tehtäväksi. Säätökeskukselta määritetään ulkolämpötila, milloin automaatio sulkee moottoriventtiin tai kiertovesipumpun.



Kuva 2. Ouman C203 -lämmönsäätimen menoveden säätökäyrä. (Kuva: Visa Westerlund)

Menoveden säätöä varten voidaan hyödyntää sisälämpötilaa mittaavaa huoneanturia. Huoneanturin tehtävä on mitata ja välittää mittausdata lämpötilan säätökeskukselle. Säätökeskus muokkaa lämmityksen säätökäyrää huoneen keskilämpötilamittaus datan ja ulkolämpötilan avulla määritetyn ajanjakson välein. (Ouman TMR datalehti.2022.)

2.9 Radiaattorit

Radiaattoreihin kuuluu talotekniikaryl mukaisesti putkipatterit ja konvektorit. Konvektoreita käsitellään toisessa kappaleessa. Perussäätösuunnittelussa tulee vastaan monenlaisia radiaattoreita. Yleisimpiä radiaattoreita ovat paneeliradiaattorit sekä jaeradiaattorit. (Talotekniikkaryl, Radiaattorit, konvektorit ja putkipatterit, 21.13.1.7,2021.)

Suunnittelussa tarkat mitat ja valokuvat ovat hyviä apuvälineitä. Talotekniikkaryl mukaisesti suunnitelmissa määritellään patterin malli ja sijainti. Patteriventtiin malli, DN-koko, Kv-arvo ja esisäätöarvo. Korjausrakentamisessa kannakointiin otetaan kantaa, mikäli se on puutteellinen.

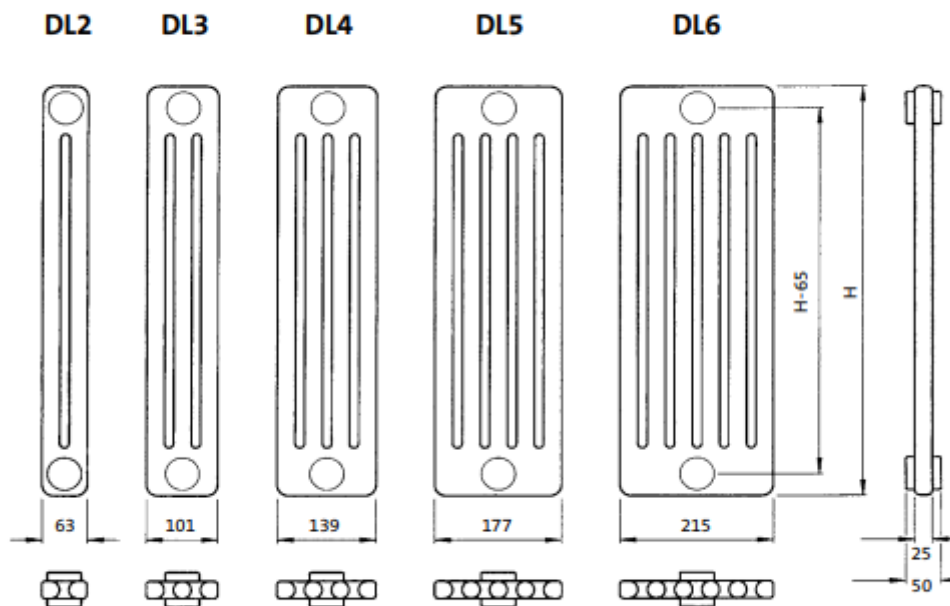
Viimeisenä radiaattorityyppinä on olemassa putkipattereita eli pyyhekuivaimia kosteisiin tiloihin. Putkipattereiden kanssa täytyy muistaa, että vuonna 2017 säädetty ympäristöministeriön asetus kieltää lämpimän käyttöveden kiertojohdon käytön lämmityksessä. Huomioitavaa on myös, että käyttöveteen liitetyt putkipattereita ei voida esisäätösuunnittelussa laskea kattamaan huoneen lämpöpölvioitä, joka luo yllilämpöä.

Asetus vaikuttaa korjausrakentamiseen, sillä osa vanhoista pyyhekuivaimista on asennettu lämpimän käyttöveden kiertoön. Vanhat pyyhekuivaimet voidaan silti saneerausessa korvata maksimissaan 200W tehoisilla kuivaimilla. (Ympäristöministeriön asetus rakennusten vesi- ja viemärlaitteistoista 1047/2017. 8 §.)

Radiaattoreiden tunnistamista ja nimeämistä oppii työtä tehdessä. Paneeliradiaattorit nimetään levyjen, konvektiolamellien, korkeuden ja pituuden mukaisesti esimerkiksi C21-300–500.

Jaeradiaattorit eli toiselta nimeltä valurautapatterit ovat hyvin yleisiä vanhimmissa asuinrakennuksissa. Jaeradiaattorit muodostuvat jakeista. Valurautapattereiden tehonlaskennassa tärkeäksi muodostuu aikojen saatossa kerätyt lämmönluovutustaulukot. Alla olevassa Kuvassa 3. havainnollistetaan jaetyyppien erilaisuutta. (Purmo Group Finland Oy. 2022, 6,13,14,100.)

RADIAATTORITYYPIT



Delta radiaattoreiden rakenne perustuu jakeisiin. Jakeiden mitat ja muodot (mitat mm). $c/c = H-65$ mm

Kuva 3. Purmo Group Finland Oy. 2022, 98.

2.10 Konvektorit

Konvektoreita löytyy erilaisiin käyttötarkoituksiin. Konvektorit ovat hyvä valinta korkeiden ikkunoiden alle. Kerrostaloissa konvektorit löytyy useimmiten liikehuoneistoiden ikkunoiden alta. Konvektoreihin törmää myös asuinhuoneistoissa, joissa ovat korkeat ikkunat.

Konvektoreita löytyy myös eri käyttötarkoituksiin. Eri käyttötarkoituksiin ovat puhallin sekä suutinkonvektorit. Puhallinkonvektorit ovat yleisiä esimerkiksi hotelleissa.

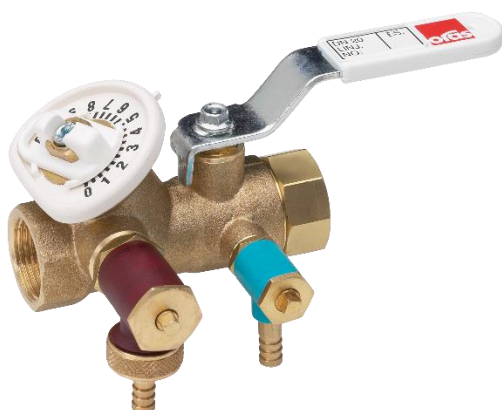
Puhallinkonvektorissa kiertää lämmin vesi, minkä läpi ohjataan ilma ja puhalletaan tuulettimen avulla huoneeseen. Puhallinkonvektorilla voidaan hoitaa lämmitys sekä jäähdytys.

Suutinkonvektorit yhdistävät lämmityksen, jäähdytyksen ja ilmanvaihdon yhdeksi kokonaisuudeksi. Käytännössä tuloilma puhalletaan lämpöputkien läpi ja ohjataan, suunnataan huonetilaan. (Swegon. 2022,3,4.)

2.11 Venttiilit

Lämmitysverkoston veden virtauksen ja paineen säätöön, sekä huoltoa varten löytyy monenlaisia venttiileitä. Verkoston täyttöä ja paineen ylläpitoa varten on lämmitysverkostoon liitetty täyttöventtiili. Täyttöventtiili koostuu sulkuventtiilistä ja yksisuuntaventtiilistä. Yksisuuntaventtiili suojaa käyttövesiverkoston ja lämmitysverkoston veden sekoittumiselta. (Oras. 2022a,25.)

Täytetty verkosto vaatii tasapainotusta ja sitä varten on kehitetty linjasäätöventtiili. Kuvan 4. Linjasäätöventtiili koostuu pallosulkuventtiilistä, säätökaraasta ja mittaus- sekä tyhjennysyhteistä. Säätökara asennetaan suunnittelijan määrittelemään arvoon ja lukitaan kuusiokoloavaimella. Mittausyhteistä voidaan mitata esimerkiksi virtaamaa sekä paine-eroa. Pallosulkuventtiilit ovat verkoston vakiovarusteita ja mahdollistavat rakennuksen jakamisen osastoihin. Sulkuventtiileillä voidaan rajata huollettava osa, eikä koko verkoston tyhjennykselle ole tarvetta. (Oras. 2022a,6,8.)



Kuva 4. Linjasäätöventtiili (Oras. 2022b)

Lämmitysverkoston säätöön liittyy oleellisesti myös patteriventtiilit. Patteriventtiileitä löytyy eri paine-ero tasoille ja eri säätöasteikoilla. Paine-erotasot ja säätöasteikko riippuu patteriventtiilin mallista ja valmistajasta. Lämmitysverkostossa patteriventtiilin tehtävä on määrittää esisäätöarvolla patterin virtaama.

Esimerkiksi Danfoss RA-N Patteriventtiili esisäädetään numeroidusta esisäätörenkaasta, N tarkoittaa täysin auki ja 1–7 ovat esisäätöarvoja puolikkaan tarkkuudella. Esisäätöä säädettäessä nostetaan esisäätörengas ja kierretään esisäätöä haluttuun esisäätöarvoon ja arvon lukitsee jousi. Esisäätöä säädettäessä rungossa muuttuu venttiililautasen asento, joka määrittää virtausaukon suuruuden. Venttiilin muihin osiin kuuluu runko- ja vaimenninosasta, tiiviste ja tiiviste pesä sekä kara. Kara mahdollistaa patteriventtiilin sulkemisen kiertämällä termostaattia, joka painaa karan pohjaan. (Oy Danfoss ab.2012,2,7.)

2.12 Putkitustavat

Patteriverkoston putkitus voidaan jakaa yläjakoiseen ja alajakoiseen putkitustapaan. Yläjakoisessa putkituksessa käytetään kaksiputkijärjestelmää, kun taas alajakoisessa vaihtoehtoina ovat kaksi- ja yksiputkijärjestelmät.

Kaksiputkijärjestelmä voidaan tehdä ylä- tai alajakoisena. Vanhoista kiinteistöistä saattaa löytyä käännetty paluuputkijärjestelmä. Järjestelmässä pattereiden putkivedot ovat keskenään samanpituisia lämmönvaihtimeen nähden. Käännetyn paluuputkijärjestelmän tavoite on säästyä paine-eron tasapainotukselta.

Yksiputkijärjestelmän toimintaperiaatteena menovesi kiertää pattereista toiseen ja lopulta palaa lämmönvaihtimelle. Menoveden lämpötila pienenee mitä kauemmas piirissä mennään, mikä täytyy huomioida patterin valinnassa. (RT 52-10797.2003, 2,4.)

2.13 Ilmanpoistajat ja ilmausruuvit

Yläjakoisessa putkituksessa järjestelmän korkeimpaan kohtaan asennetaan automaattinen ilmanpoistin toiselta nimeltä ilmakello. (RT 52-10797.2003, 4).

Automaattisen ilmanpoistimen tehtävä on poistaa irtoilmaa vedestä. Ilmanpoistimen toimintaperiaate perustuu vedenpinnan muutokseen. Ilmanpoistimen sisällä on uimuri, joka on yhteydessä venttiiliin. Ilmakuplat nousevat poistimessa ylöspäin, minkä seurauksena uimuri laskeutuu alaspäin ja aukaisee venttiilin ilman poispääsyä varten. (Harju, P, 2010, 92). Ilmanpoistimen uimuri ja rakenne havainnollistuu kuvassa 5. Flexvent ilmanpoistin.



Kuva 5. Flexvent ilmanpoistin (Aalberts hydronic flow control (Flamco / Comap). 2022).

Ilmausruuvit ovat osa lämmönluovuttimen varustusta. Ilmausruuvien tehtävä on mahdollistaa kiertoveteen liuenneiden kaasujen poisto ja varmistaa lämmönluovuttimen tehokas toiminta. (RT 52-10797.2003.)

2.14 Patteriverkoston perussäätö

Patteriverkoston perussäädössä työ alkaa tutustumalla huolellisesti lähtötietoihin tai korjausrakentamisessa niiden hankinnalla. Perussäätösuunnittelussa selvitetään rakennuksen korjaushistoria ja rakenteet lämpöhäviölaskelmia varten. Patteriventtiilien esisäätösuunnittelua nopeuttaa vanhat lämpöjohtopiirustukset, mutta mikäli niitä ei taloyhtiöltä tai arkistoista löydy täytyy kiinteistön verkosto kartoittaa. Ikävä kyllä aikaisempia lämpöjohtokuvia löytyy todella harvoin.

Tietojen hankinta on kattavaa ja vaatii usein koko kiinteistön läpikäynnin. Kiinteistön kartoituksessa käydään läpi monenlaisia asioita. Pohjakuviin merkitään radiaattoreiden paikat, runkoputkisto, nousulinjat, patteriventtiilien koko, linjasäätöventtiilien tiedot ja muut vastaantulevat huomiot.

Kartoituksen jälkeen lämmitysverkosto voidaan mallintaa uusiksi. Mallinnuksen ja suunnittelun jälkeen laaditut säätöarvot luovutetaan urakoitsijalle säädettäväksi. (LVI 41-10230.1994,8.)

Perussäätösuunnittelu on tiivistä yhteistyötä taloyhtiön kanssa ja asioista täytyy sopia yhdessä. Venttiilenvaihto ja perussäätöurakan aikana taloissa asutaan ja se pitää ottaa huomioon työskentelyssä. Suunnittelun ja perussäädön osalta täytyy ilmoittaa hyvissä ajoin, koska huoneistoon ollaan tulossa. Huoneistoissa käydään yleisavaimella kartoittaessa ja mittauksia tehdessä.

Siinä vaiheessa, kun perussäätökohde on saatu laskettua ja säätöarvot merkatua kuviin alkaa viimeiseksi perussäätö. Kiinteistön kartoituksen yhteydessä suunnittelija on tehnyt kuntoarvion ja määrittänyt mitkä venttiilit vaihdetaan. Mikäli linja- ja sulkuventtiilit ovat hyvässä kunnossa ei vaihdolle ole välttämättä tarvetta. Patteriventtiilien vaihdon yhteydessä verkosto on tyhjä ja silloin on hyvä vaihtaa samalla epäkunnossa olevat verkoston osat.

Urakoitsija vaihtaa esisäädettävät patteriventtiilit ja asentaa suunnitelmien mukaiset esisäätöarvot. (Motiva.fi.2022. Patteriverkoston perussäätö.)

Ennen perussäädön tekoa lämmitysverkosto on läpäissyt painekokeen, täytetty, huuhdeltu ja ilmattu. Perussäätöä varten on tärkeää, että verkostossa ei ole irtoilmaa mikä vaikuttaa pumpulta vaadittaviin kierrosnopeuksiin ja mittaustuloksiin. Tasapainotuksessa pattereissa täytyy kiertää vesi. (RT 103452. 2022.)

Kohteessa perussäätö tapahtuu verkoston säätöarvot asetettuna ja termostaattien ollessa poissa paikaltaan. Perussäätö on asennusten ja suunnitelmien toteutumisen varmistusta. Perussäädöllä ja mittauksilla todennetaan myös verkoston oikeaoppinen toiminta.

Kohteessa perussäätö alkaa poikkeuksetta lämmönjakohuoneesta. Ensiksi säädetään lämmitysverkoston pumppu, jonka jälkeen lähdetään mittaamaan verkostoa. Perussäädössä usein linjasäätöventtiilien säätöarvot muuttuvat hieman ja ne otetaan ylös mittauksia tehdessä. Muutokset toimitetaan suunnittelijalle ja suunnittelija päivittää arvot taloyhtiölle luovutettaviin loppukuviin.

Perussäädön viimeinen vaihe on huoneistojen talvikauden lämpötila kyselyt tai lämpötilamittaukset ulkolämpötilan ollessa alle -5 astetta. Lämpötilakyselyssä asukkaat saavat kalibroidut mittarit, joilla seurata lämpötilaa. Lämpötilamittauksissa, jokainen huone mitataan ja raportoidaan. Mittaustulosten analysoinnin jälkeen selviää, tarvitseeko esimerkiksi patteriventtiilin esisäätöarvoa korottaa. (kuivaketju 10.2015,7.)

2.15 Energiansäästö patteriverkoston perussäädössä

Suomessa kiinteistön energiankulutuksessa eniten energiaa kuluu lämmitykseen. Taloyhtiöiden on hyvä huolehtia lämmitysverkoston kunnosta, sekä siitä että perussäätö on ajan tasalla. Energiansäästön kannalta alalle on tullut uusi ympäristöministeriön asetus.

Ympäristöministeriön uusi asetus määrää lämmitysjärjestelmiin itsesäätyvät laitteet lämmönjakokeskuksen vaihdon jälkeen. Perussäätösuunnittelussa tämä tarkoittaa, että vanhat käsipyörät ovat korvattava patteritermostaateilla. Käsipyörä venttiilillä tarkoitetaan venttiiliä, joka ei ole itsesäätyvä vaan on säädettävä manuaalisesti. (Ympäristöministeriön asetus eräiden rakennuksen teknisten järjestelmien energiatehokkuuden vaatimuksista 718/2020, 3 §.)

Toinen tärkeä asetus lämmityspuolen suunnittelussa on ympäristöministeriön asetus 2/17. Asetus määrää lämmitysjärjestelmän hyötysuhteen parantamista osilta, jotka uusitaan. (Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä annetun ympäristöministeriön asetuksen muuttamisesta 2/17, 5 §.)

Perussäätösuunnittelussa vaihdettavia lämmitysverkoston osia ovat patteriventtiilit, patteritermostaatit, sekä linja- ja sulkuventtiilit. Lähtökohtaisesti radiaattoreita ei uusita. Energiansäästö tapahtuu nykyaikaisten venttiileiden vaihdolla, sekä perussäätösuunnittelun ja tasapainotuksen avulla.

Patteriverkoston perussäätö voidaan jakaa osiin, joista energiansäästö muodostuu. Perussäätösuunnittelun ja tasapainotuksen lähtökohta on luoda vuoden ympäri tasaiset sisälämpötilat ja luoda asumisviihtyvyyttä.

Ensimmäinen säästökohde on suunnittelussa. Patteriventtiileille suunnitellaan esisäätoarvot lämmityksen tehontarpeen mukaan. Tehontarvelaskennassa otetaan huomioon kiinteistöön aikaisemmin tehdyt remontit ja huolellisella suunnittelulla estetään yllämpimien tilojen muodostuminen. Huomioitavia remontteja ovat esimerkiksi ilmanvaihtoon ja ikkunoihin tehdyt remontit. (Motiva.fi.2022. Patteriverkoston perussäätö.)

Esisäättöarvo tarkoittaa patteriventtiin virtausaukon asetusarvoa, joka määrittää virtaavan veden määrän patterille. Liian suuret virtaamat aiheuttavat ääniongelmia ja lisäävät energiankulutusta verkoston nousevan kokonaisvirtaaman vuoksi.

Lämmitysverkoston tasapainotuksen tehtävänä on varmistaa sopivat virtaamat kaikkiin verkoston osiin. Tasapainotuksessa verkostoa käsitellään kokonaisuutena ja lämpötilaerot tasataan. Muutoksia asetusarvoihin tapahtuu usein kiertovesipumpussa ja lämmityksen säätökäyrässä. Vanhoissa rakennuksissa kiertovesipumpun asetusarvoa saa yleensä laskea tasapainotuksen yhteydessä.

Perussäädössä taloyhtiökohtaisia energiansäästö toimenpiteitä voivat olla porras ja kellaritilojen termostaattien rajoitus, sekä taloyhtiössä yhteisesti päätetty huonelämpötilan alentaminen. (Motiva.fi.2022. Hallitse huonelämpötiloja).

2.16 Patteriverkoston paine-ero

Patteriverkostolle suunnittelija laskee verkostossa käytettävän paine-eron. Paine-eron avulla lämmitysverkoston vesi saadaan kiertämään ongelmitta myös verkoston vaikeimmassa pisteessä.

Paine-eroa tarvitsee hallita, ettei se aiheuta ääniongelmia tai verkoston epätasapainoa. Linjasäätöventtiili on kehitetty toimimaan sulkuna, säätämään virtaamia sekä paine-eroa ja estämään ääniongelmia patteriventtiileissä. (TA käsikirja, säätöpiirien säätäminen.2022, 42.)

Eri venttiilivalmistajien termostaattiset patteriventtiilit kestävät eri verran paine-eroa. Patteriventtiileille tulevaa virtausta rajoitetaan yleisesti linjasäätöventtiileillä. Linjasäätöventtiileitä ei tarvita, mikäli painehäviö on pieni.

Vanhoissa saneerattavissa kiinteistöissä, joissa on väljät runkoputkistot ja pieni painehäviö, riittää verkoston säätöön esisäädetävät patteriventtiilit.

Patteriventtiin suositeltu paine-ero on aina patteriventtiilikohtaista. Perussää-
tösuunnittelussa kaikki kohteet eivät tule saman valmistajan ja mallin venttii-
leillä. Suunnittelussa täytyy ottaa aina huomioon eri valmistajien ohjeistukset
käytettävästä paine-erosta. Ohjenuorana voidaan pitää 3–5 kPa alla olevan LVI-
ohjekortin mukaisesti (kuva 6). (RT 103452. 2022,4.)

Verkosto	Lämmön- siirtimen verkoston puolen painehäviö kPa	Putkien paine- häviö Pa/m	Linjasäätö- venttiilien minimi- painehäviö kPa	Päätelaitteiden venttiilien painehäviö kPa
Patteriverkosto	≤15	≤60	3-4	3-5
Lattialämmitysverkosto jakotukeille	≤15	≤80	3-4	
Säteilylämmitysverkosto	≤15	≤70	3-4	1-2 ²⁾
Ilmanvaihdon lämmitysverkosto	≤15	≤100	3-4	3-5
Lämmöntalteenottoverkosto	1)	≤100	3-4	3-5
Jäähdytysverkosto tilajäähdyttimet	≤20	≤70	3-4	1-2 ²⁾
Jäähdytysverkosto ilmanvaihtokoneet	≤30	≤100	3-4	3-5
Lämpimän käyttöveden kiertoverkosto	≤10 ³⁾		3-4	3-5

¹⁾ Ilmanvaihtokoneiden lämmöntalteenottopatterit mitoitetaan tapauskohtaisesti

²⁾ Auki-kiinni venttiilit

³⁾ Lämpimän käyttöveden kierron virtauksella

Kuva: 6. ohjeita paine-eroista (RT 103452. 2022,4)

Danfoss RA-N patteriventtiilille luvataan maksimissaan 0,3 Bar eli 30 kPa paine-
eron kesto. (Oy Danfoss ab.2012,7.). Imi TA TRV-3 venttiili kestää myös alle
0,3 Bar paine-eron. (IMI TA. Termostaatit ja patteriventtiilit. TRV-3 Ca-
lypso.2022,3.)

Käytettävän paine-eron suositukset vaihtelevat eri venttiilimalleilla. Imi Ta Ec-
lipse patteriventtiilillä suunnitelmallinen paine-ero on 10 kPa. (IMI TA. Termos-
taatit ja patteriventtiilit. Eclipse.2022,5.)

Patteriventtiilit siis kestävät paine-eroa turvallisesti alle 20 kPa ja ne voivat toi-
mia esisäädettynä verkoston vesivirtojen säätöeliminä. Vaikka patteriventtiilit
teoreettisesti kestävät ilman ääniongelmia 20 kPa, tavallisesti patteriventtiilille
tuleva paine-ero on 3–5 kPa.

2.17 Ääni patteriverkostossa

Korjausrakentamisessa patteriverkoston äänitekniiseen suunnitteluun voidaan kiinnittää huomiota patteriventtiilien ja kiertovesipumpun säädön osalta. Korjausrakentamisessa putkisto ja patterit pysyvät ennallaan. Saneerauksessa ainoastaan vialliset patterit vaihdetaan, tavallisesti pattereiden vaihdot ovat yksittäisiä kerrostalon kokoisessa kiinteistössä.

Esisäätösuunnittelua tehdessä suunnittelija täytyy ottaa huomioon valitun patteriventtiin ominaisuudet. Patteriventtiilit ovat suunniteltu toimimaan eri paineeroilla. Suunnitteluvaiheessa täytyy tarkkailla, ettei laskettu paine-ero nouse liian korkeaksi pattereilla. Mikäli paine-ero nousee liian suureksi voi syntyä ääniongelmia. Paine-häviötä tarvitaan silti ja patteriventtiilille suunnitellaan minimisään 2 KPa paine-eroa. (LVI 12-10327. 2001,4.)

Taloyhtiöstä riippuen lämmönjakokeskus tai maalämpöpaketti on voitu vaihtaa ennen patteriventtiili urakkaa. Suunnitelmat ja tasapainotus tehdään verkoston ehdolla. Mikäli lämmitysverkostosta löytyy paine-erosäädettävä pumppu, voidaan paine-erosäätöä käyttämällä ennaltaehkäistä ääniongelmien syntymistä. Paine-erosäädössä termostaattien sulkeutuessa virtaama pienenee ja pumppu muuttaa kierrosnopeutta. (LVI 12-10327. 2001,3.)

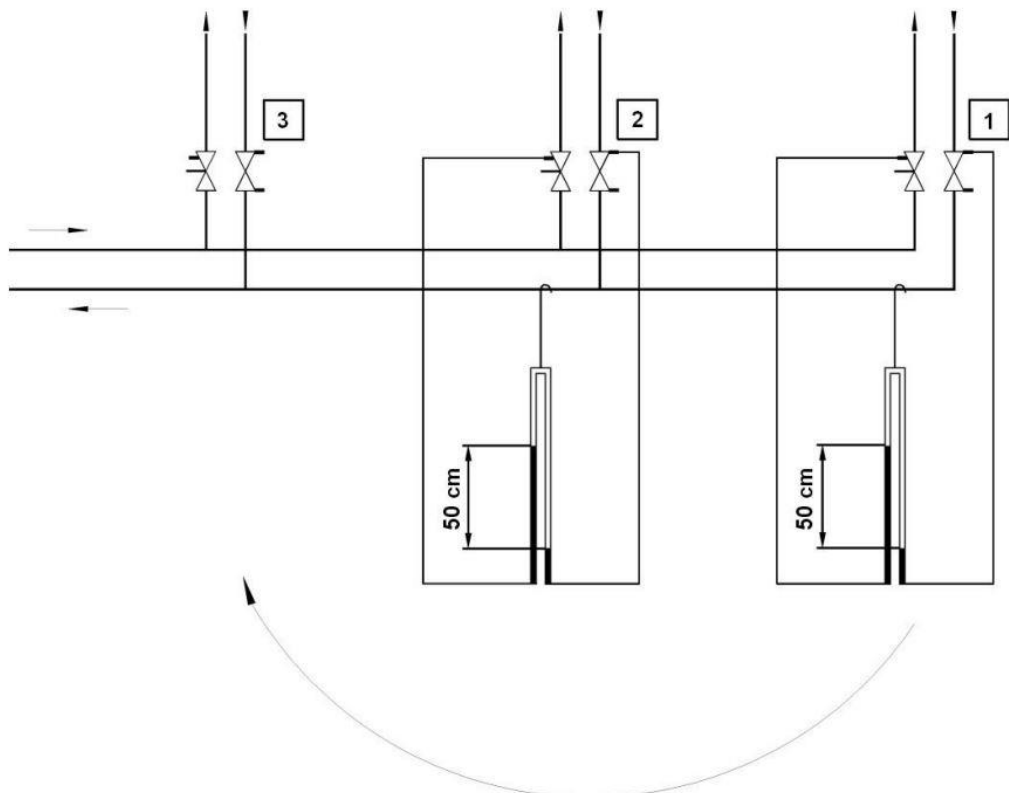
3 Mittaustavat

3.1 Mittauksiin vaikuttavat tekijät

Tasapainotus käyttäen paine-eromenetelmää

Verkoston mittausta paine-eromenetelmää käyttäen pidetään tarkempana, kuin vesivirtamittausta. Mittauksessa kiinnitetään huomiota vain verkoston paine-eroon ja siihen pitääkö se paikkansa laskettujen arvojen kanssa. Mittaus tapahtuu suunnittelijan määrittelemistä mittausyhteistä. Mittasuhteet on asennettu patteriverkoston meno- ja paluuputkiston linjoihin. (RT 103452. 2022,13.)

Alla olevassa kuvassa 7. havainnollistetaan paine-eromittausta nousulinjojen meno-paluuputkiston väliltä.



Kuva 7. Periaatekuva paine-ero mittauksesta. (Kärkkäinen, 2010, 110.)

Paine-eron mittauspiste voidaan määrittää linjasäätöventtiileihin. Useasti linjasäätöventtiilit ja sulkuventtiilit vaihdetaan patteriventtiili urakan yhteydessä. Linjasäätöventtiileitä vaihdettaessa venttiilit tulee vaihtaa aina virtaussuunnan mukaisesti.

Mittaus tapahtuu linjasäätöventtiilistä Korkeamman paineen yhteestä, mikä on punaisen värinen ja menoputkiston mittayhteestä.

Mitatessa täytyy olla tarkkana, mikäli linjasäätöventtiili on asennettu vahingossa virtaus suunnan vastaisesti. Silloin mittaus suoritetaan sinisestä mittayhteestä. Lähtökohtaisesti venttiilit asennetaan virtaussuunnan mukaisesti, mikäli tasapainotus tapahtuu vesivirtamittauksilla asennus tapa vaikuttaa virtausmittauksen tarkkuuteen.

Esisäätösuunnittelussa osa kohteista ovat todella vanhoja. Kohteiden kartoituksessa saadaan hyvin selville patterit, mutta eristetyt ja osittain piilossa kulkevan runkoputkiston koko on vaikeampi selvittää. Linjasäätöventtiileiden säätöarvojen laskentaan tarvitaan putkiston mitat ja aina niitä ei saa selville.

Paine-eromenetelmällä verkosto, minkä putkisto ei ole tiedossa voidaan tasapainottaa kuvan 7. mukaisesti. Verkoston tasapainotus aloitetaan kiinnittämällä U-manometri verkoston kauimmaisen linjasäädön mittayhteeseen ja menoputken mittayhteeseen. Toinen painemittari seuraaviin mittayhteisiin ja säädetään linjasäätöventtiiliä siten, että molemmat mittarit näyttävät saman arvon. Ensimmäisen linjan mittari siirretään mittauksen jälkeen seuraavaan linjaan ja mittaukset jatkuvat näin käyden läpi kaikki linjasäätöventtiilit. (Kärkkäinen, 2010, 125.)

Tämä mahdollistaa vaikeasti kartoitettavan rakennuksen tasapainotuksen ilman tietoa putkistosta. Näin tasapainotus ei jää tekemättä. Lähtökohtaisesti putkistot kartoitetaan ja niitä hyödynnetään. Mitä enemmän kohteesta on lähtötietoja, sitä tarkemmaksi tasapainotuksella päästään.

Tasapainotus vesivirtamittausmenetelmällä

Lämmitysverkoston vesivirtamittauksissa tarkoituksena on todeta suunnitelmien toteutuminen ja asennusten onnistuminen. Virtausmittauksissa mitatut virtaamat saavat poiketa maksimissaan 10 % suunnitelluista arvoista. Mikäli virtaamat poikkeavat enemmän kuin sallitun 10 %, täytyy säätää kiertovesipumppua. (RT 103452. 2022,9.)

Yleisille IMI TA STAD linjasäätöventtiileille tekninen tuote-esite antaa käyrästä eri esisäätöjen virtaamien poikkeavuuksista. Venttiilin ollessa täysin auki virtaamat poikkeavat vähiten ja mitä pienempi esisäätöarvo, poikkeama voi olla jopa 16 %. (IMI TA. Linjasäätöventtiilit. STAD.2019,3.)

TA-SCOPE-virtausmittareita löytyy kahta mallia: SCOPE ja SCOPE HP. Sopen mittausalue on 1–500 KPa ja SCOPE HP:n 3–1000 KPa. Virtausmittausten luotettavuuteen SCOPE HP -mittarilla linjasäätöventtiin yli vaaditaan 3 KPa paineero.

Mittarista on myös valmistajan antama mittavirhe Scope ja Scope Hp mittareille. Scope mittarin mittavirhe paineelle 0,1 kPa tai 1 % mittarin näytöllä olevasta arvosta. Scope Hp 0,2 kPa tai 1 % näytöllä olevasta arvosta. Mittarin virhe virtaamassa 1 % lisätynä venttiin tuomaan poikkeukseen. Nämä mittavirheet vaikeuttavat sallittuun 10 % säätötarkkuuteen pääsyä suunnitelmien arvoista. (IMI TA. Mittalaitteet. TA-SCOPE. 2020,2.)

Virtausmittausten luotettavuuteen vaikuttaa siis linjasäätöventtiilien valmistustoleranssi virtaamien poikkeavuudelle. Virtausmittari sisältää mittavirheen sekä, vaatii 3 kPa paineeron luotettavan mittaustuloksen saamiseksi. Vesivirtamittauksissa säädön tarkkuuteen vaikuttaa myös venttiin säätötyö. Linjasäätöventtiilit ovat yleisesti alakatossa ja säätötyöhön tarvitsee useimmiten peiliä säätötaulun näkemiseksi.

3.2 Lämmitysverkoston tasapainotus paine-eromenetelmällä

Lämmitysverkoston tasapainotus paine-eromenetelmällä.

Ennen mittauksia LVI suunnittelija on tehnyt suunnitelmat tasapainotusta varten. LVI-suunnittelija tekee laskelmat patteriventtiilien esisäätöarvoille ja linja- ja kertasäätöventtiileille. Suunnittelijan tehtävänä on jakaa verkosto säädettäviin osiin painehäviölaskelmien avulla. Verkosto jaetaan tasapainotettaviin osiin siten, että ääniongelmia ei synny. ”Osille määritetään paine-ero meno- ja paluujohdon välille etäisimmästä pisteestä. Etäisimmän pisteen paine-ero on tasapainotettavan osan minimi paine-ero” (Renholm, M.1993,12).

Lopuksi suunnittelija määrittää urakoitsijalle kuviin paine-eromittausta varten mittaussyhteiden paikat meno- ja paluuputkistossa sekä verkoston osien paine-erot.

Paine-ero mittauksessa mittaukset tapahtuvat suunnittelijan määrittelemistä mittauspisteistä. Esimerkiksi yhden rapun talossa suunnittelijan määrittelemät mittauspaikat olisivat yhden verkoston alkupäässä (lähellä lämmönjakohuonetta) ja toiset loppupäässä. Säätö tapahtuu kiertovesipumpun asetusarvoa muuttamalla. Lämmitysverkoston kiertovesipumpun säätöarvoa muutetaan, kunnes saadaan mitatuksi suunnitelmien mukainen paine-ero. Vanhojen rakennusten lämmitysverkostoissa, joissa on pienet painehäviöt, voidaan käyttää vakiopainesäätöistä kiertovesipumppua. (Wilo. 2022. Wilo-Stratos MAXO, 1479).

3.3 Lämmitysverkoston tasapainotus vesivirtamittausmenetelmällä

Virtausmittaukset aloitetaan tutustumalla suunnittelijan laatimiin lämpöjohtopiirustuksiin ja tehdään suunnitelmien perusteella mittauspöytäkirjat. Mikäli lämpöjohtopiirustuksia ei ole, täytyy linjasäätöventtiilien sijainnit, mallit ja koko selvittää kiinteistöstä kartoittamalla.

Vesivirtamittauksissa on aina tärkeä varmistua, että asennettu venttiili vastaa mittauspöytäkirjan merkintöjä. Mikäli pöytäkirjassa on jostain syystä eri venttiili kuin asennettu, on se korjattava pöytäkirjaan.

Ennen vesivirtamittausten suoritusta on kohteesta tehtävä pöytäkirjat, jotka lopulta luovutetaan valvojalle ja suunnittelijalle.

Pöytäkirjaan täytetään suunnitelmista tiedot venttiileistä, paikannustunnukset ja suunnitellut virtaamat. Mittaustuloksista vaaditaan Kv-arvo, mitattu paine-ero, mitattu virtaus. Mittauksien jälkeen pöytäkirjaan lasketaan poikkeama suunnitelmista, joka saa olla +/- 10 % virtaamasta. Mittauspöytäkirjaan on hyvä lisätä sarakkeita mittausten aikana huomioon tulleille seikoille. (RT 103452. 2022,9,10.)

Virtausmittauksissa mitataan yleensä kaikki verkoston linjasäätöventtiilit. Virtausmittauksissa mitataan linjasäätöventtiilin paine-eroa. Nykyaikaiseen virtaus- ja paine-eromittariin syötetään venttiilin tiedot ja esisäätöarvo ja mittari kertoo virtaaman. Toinen vaihtoehto on mitata paine-ero ja venttiilin tietojen avulla saada laitevalmistajan käyrästä käyttämällä venttiilin virtaus. Mittauksessa mittari on oltava kalibroitu, mitattaessa mittayhteisiin kiinnitetään painemittarin letkut ja suoritetaan mittaus. Mittauksen jälkeen mittaustulos kirjataan aiemmin tehtyyn mittauspöytäkirjaan. (RT 103452. 2022,9.)

4 Mittarit ja mittausmenetelmät

4.1 Mittaussuunnitelma

Ensimmäiseksi kohteessa suoritetaan tasapainotus hyödyntäen paine-ero mittauksia. Ennen mittauksia valmistellaan mittauspöytäkirjat. Paine-ero mittausten ja tasapainotuksen jälkeen kohteen linjojen vesivirrat mitataan linjasäätöventtiileistä. Tasapainotus mittausten jälkeen verkosto on valmis käytettäväksi ja mittaukset raportoidaan. Urakoitsijalle ilmoitetaan mittausten päättymisestä ja annetaan lupa asentaa termostaatit paikoilleen.

4.2 Paine-eron mittausmenetelmät

Kohteen mittauksessa käytetään paine-eron mittaukseen U-manometriä. U-manometri on yksi vanhimmista painemittareista ja perustuu hydrostaattiseen tasapainoyhtälöön. (Meriam Instrument.2022,3.)

Kohteen mittauksessa käytettävä mittari koostuu u:n muotoisesta läpinäkyvästä letkusta. Letkusta löytyy 0,5 kPa välein mitta-asteikko ja molempien letkujen sisällä kohot vedenpinnan lukemisen helpottamiseksi. Letkujen päissä on sulut sekä valmiudet mittayhteille.

Mittaus alkaa U-putken sulkuventtiilipäiden yhdistämisellä mittayhteisiin. Mittayhteet löytyvät suunnittelijan määrittämistä paikoista meno- ja paluuputkistossa. U-putken ollessa yhdistetty lämmitysverkostoon sulut kiinni, avataan toinen suluista ja päästetään letkuun vettä. Sulku laitetaan kiinni ja letkuun pumpataan ilmaa. Ilman pumppauksen ansiosta kelluva koho painuu alaspäin.

Viimeiseksi avataan toinen sulku ja sen seurauksena avatun sulun vedenpinta ja koho alkaa nousta. U-putkessa olevasta mitta-asteikosta voidaan laskea kohojen välinen etäisyys eli lämmitysputkiston meno-paluu välinen paine-ero.

Mittauksen voi suorittaa myös muilla paine-eromittareilla. U-manometri on yksi vanhemmista käytetyistä painemittareista, joka soveltuu lämmitysverkostossa vallitsevien paine-erojen mittaukseen hyvin. Muita hyviä puolia ovat kestävyys ja edulliset hankintakustannukset.

4.3 Vesivirtamittaus menetelmät

Kohteen lämmitysverkoston vesivirrat mitataan TA- SCOPE -virtaus- ja paine-eromittarilla. Mittari on elektroninen virtausmittari. Mittari on monipuolinen ja sillä voi suorittaa kiinteistön kaikki virtausmittaukset. Laite sisältää sovelluksia, laskimen ja apurin verkostossa olevan vian paikannukseen.

Mittari on kaksiosainen, siinä on näyttöyksikkö ja paine-eroanturiyksikkö. Näyttöyksikköön syötetään tarvittavat tiedot mittaukseen varten, jotka ovat: venttiilin merkki, DN-koko, malli ja venttiilistä luettava esisäätöarvo.

Paine-eroanturi on venttiilin mittayhteisiin kiinnitettävä laite, joka välittää tiedot näyttöyksikölle.

(IMI TA. 2020,2,3.)

Vesivirtamittausta tehdessä katsotaan ensiksi LVI-suunnittelijan lämpöjohtopiirustuksista venttiiliin asetettava esisäätöarvo. Esisäätöarvo asennetaan TA Stad-mallisiin linjasäätöventtiileihin kääntämällä venttiili ensin kiinni 0.0 asentoon, jonka jälkeen venttiili voidaan kiertää suunniteltuun arvoon. Oras 4100 -sarjan linjasäätöventtiileiden esisäädössä avataan ensin keskellä oleva kuusiokolo, jonka jälkeen kierretään esisäädön merkki suunnittelijan määrittämään arvoon. Lopuksi venttiilin kuusiokolo kiristetään takaisin ja suoritetaan mittaus.

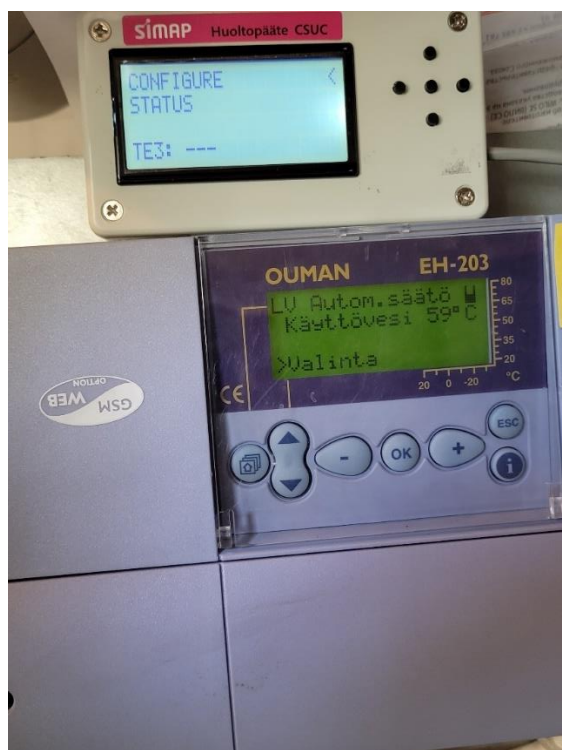
(Oras.2022C.)

5 Mittaukset

5.1 Ensimmäisen Kohteen lämmitysverkoston paine-eromittaus

Opinnäytetyön tasapainotuskohteeksi valikoitui asuinkerrostalo Uudeltamaalta. Lämmitysmuotona toimi kaukolämpö ja siihen oli liitetty kaksi taloa. Ensimmäisestä talosta löytyi kaksi rappua, raput A ja B, sekä lämmönjakuhuone. Lämmönjakuhuone sijaitsi kellarissa ja asuinkerroksia löytyi 5. Toisesta talosta löytyy raput D ja C, sekä myös 5 asuinkerrosta.

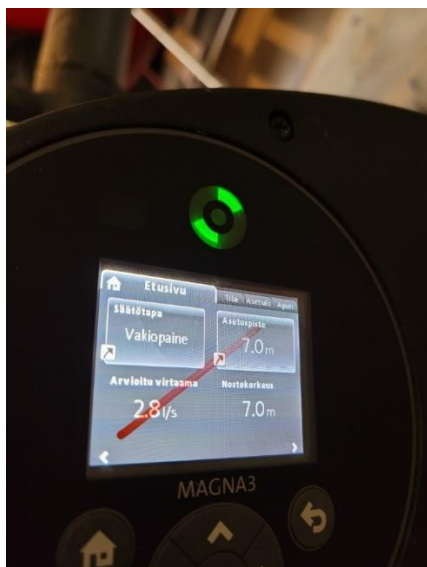
Paine-ero mittaukset alkoivat kohteessa tutustumalla lämmönjakohuoneeseen. Lämmönjakohuoneessa on hyvä käydä läpi yleisilme ja esimerkiksi, että pääsulut ovat auki. Katselmuksessa tuli ilmi kiinteistön automaatio. Kiinteistössä oli käytössä Simap automaatio järjestelmä. Lämmityksen menoveden lämpötilaa ei ohjata ulkolämpötilan mukaan, vaan asuntojen keskilämpötilaan perustuen. Asetusarvojen muuttaminen vaatii luvan. Alla kuva 8. säätökeskuksesta ja Simap paneelista.



Kuva 8. Ouman säätökeskus ja Simap huoltopäätte. (Kuva: Visa Westerlund)

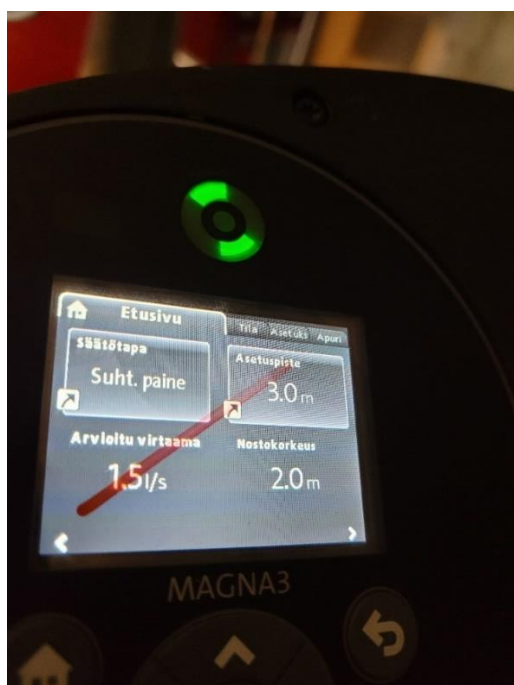
Tavallisesti tasapainotuksen yhteydessä säädetään myös lämmityksen menoveden säätökäyrä, tällä kertaa siitä vastasi Simap järjestelmä.

Mittaukset alkoivat kiertovesipumpun säädöllä. Alla kuva 9. kiertovesipumpun lähtötilanteesta.



Kuva 9. Alkuperäiset asetusarvot kiertovesipumpulle. (Kuva: Visa Westerlund)

Ensimmäisenä Magna3 kiertovesipumpusta vaihdettiin pumpun säätötapa suht. paine asetukseen. Samalla pumpun asetuspistettä pienennettiin reilusti mittauksia varten. Alla kuva 10. kiertovesipumpun muutetuista arvoista.



Kuva 10. Pumpun asetusarvojen ensimmäinen muutos. (Kuva: Visa Westerlund)

Pumpun asetuksen jälkeen suoritettiin ensimmäinen mittaus. Mittauksella haetaan pumpun oikeaa asetuspistettä.

Lämmönjakohuoneesta löytyi kaksi linjasäätöventtiiliä mittausyhteillä varustettuna ja toista niistä hyödynnettiin pumpun säädössä. Alla kuva 11. U-manometrin yhdistämisestä mittayhteisiin.



Kuva 11. U-manometri yhdistettynä mittayhteisiin. (Kuva: Visa Westerlund)

Pumpun säädön jälkeen U-manometri yhdistettiin lämpölinjan menovesiputken sulkuventtiilin asennettuun yhteeseen, sekä paluuputkiston linjasäädön mittayhteeseen. Paine-eron mittauksen jälkeen pumpun asetuspistettä nostettiin vielä hieman ennen varsinaisia mittauksia. Alla kuva 12. pumpun asetuksesta mihin päädyttiin



Kuva 12. Säädetty kiertovesipumppu. (Kuva: Visa Westerlund)

Kiertovesipumpun säädön jälkeen kuvan 12. linjan mitatuksi paine-eroksi saatiin 5.8 kPa suunnitelmien mukaisella säätöarvolla. Verkoston jokaiseen linjaan tavoiteltiin 6 kPa paine-eroa.

Mittauksen jälkeen verkostosta lähdettiin ottamaan vielä tarkistus mittauksia ennen verkoston loppupäähän D-rappuun siirtymistä.

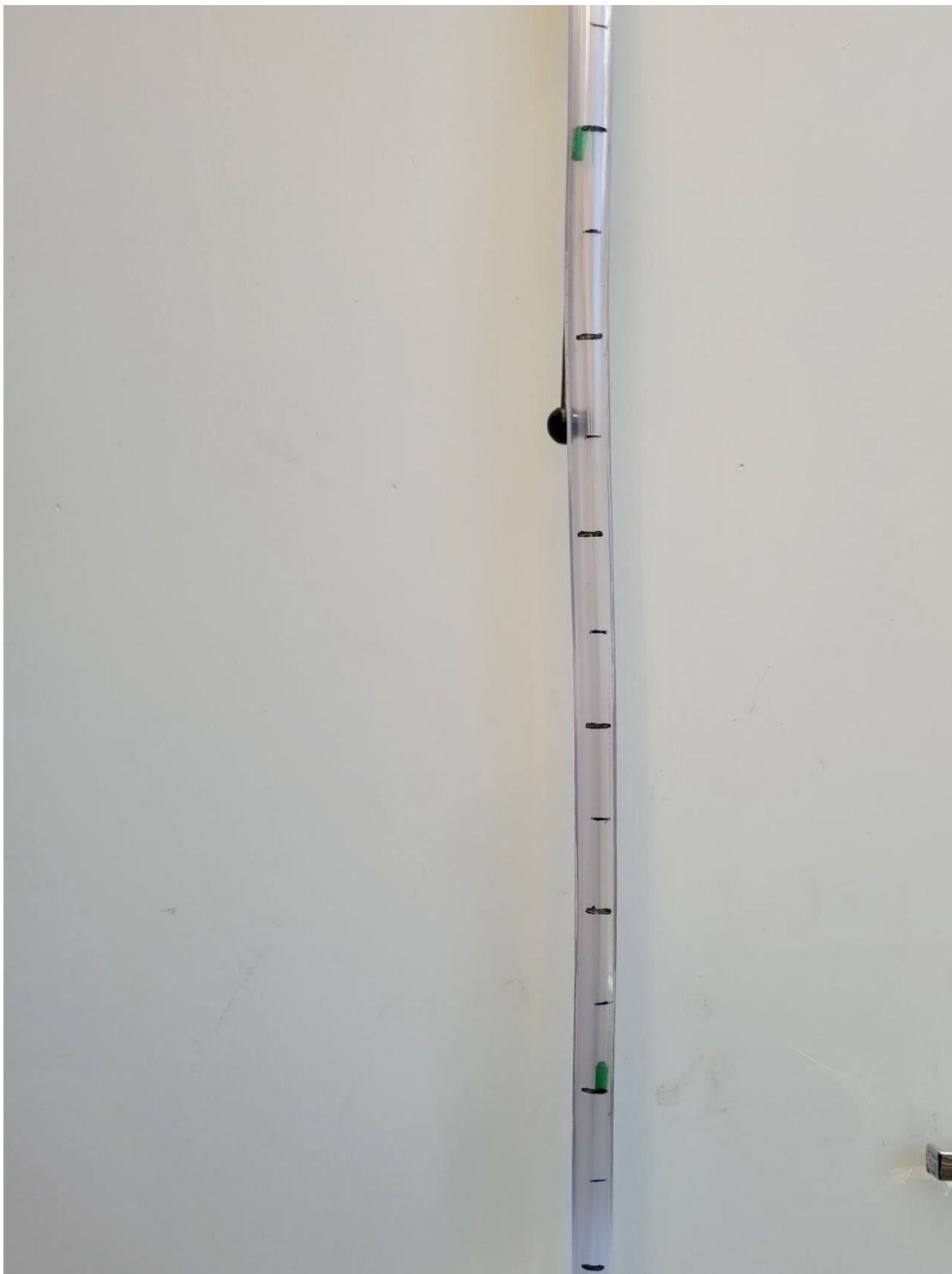
Tarkistusmittauksia on hyvä tehdä muutamasta kohdasta ennen tasapainotusta. Mikäli tarkistusmittaukset olisivat paljon suurempia suunnitelmallisiin arvoihin nähden mitatussa linjassa voi olla esimerkiksi ilmaa. Kohteessa tarkistus mittasimme 4 linjaa ennen D-rappua. Paine-erot eivät poikenneet merkittävästi suunnitelmien lasketuista paine-eroista.

Tarkistusmittausten jälkeen siirryimme verkoston kauimmaiselle linjasäätöventtiilille ja aloitimme tasapainotus mittaukset. Mitattavia linjasäätöventtiileitä kohteesta löytyi 23 kappaletta. Alla kuva 13. Lastenvaunuvaraston linjan paine-ero mittauksesta.



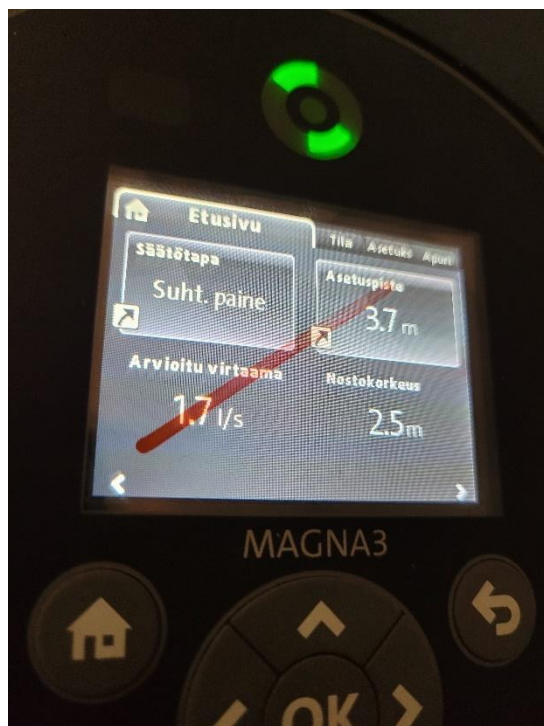
Kuva 13. linjasäätöventtiilin 12. Paine-eromittaus lastenvaunuvarastossa.
(Kuva: Visa Westerlund)

Mittauksessa kaksi letkua on yhdistetty patteriverkoston meno- ja paluuputkistoon. Letkuista löytyvät vedenpinnan lukemista helpottavat kohot ja mitta asteikko. Mitta asteikossa viivojen välinen etäisyys on 0.5 Kilopascal. Kohojen välinen etäisyys on helppo laskea ja paine-eroa verrata suunniteltuun paine-eroon. Mittausten yhteydessä otettu tarkempi valokuva mitta asteikosta, kuva 14.



Kuva 14. Paine-ero mittarin mitta-asteikko. (Kuva: Visa Westerlund)

Kuvasta 14. voidaan kohojen väliseksi etäisyydeksi laskea 4.8 kPa. Paine-ero mittaukset suoritettiin kauimmaisesta D rapusta kohti lämmönjako-huonetta. Linjasäätöventtiilit löytyivät C ja D rapussa kellari kerroksesta. A ja B rapun venttiilit sijaitsivat ensimmäisen kerroksen käytävän alas laskussa. Kohteen perussäätösunnittelu oli onnistunut hyvin ja teki tasapainotuksen hel-poksi. Kaikista linjoista mitattiin paine-ero ja 9 venttiilistä säätöarvoa hienosää-dettiin. 14 venttiiliä pysyi suunniteluissa säätöarvoissa. Mittauspöytäkirjat löyty-vät mittaustulokset kappaleesta. Viimeisenä vaiheena tasapainotuksessa oli pumpun lopullinen säätö. D rapun kauimmaisen linjasäätöön numero 14 kiinni-tettiin paine-ero mittari ja säädettiin pumpua. Pumpun asetuspiste oli 4.0 m ja se pudotettiin 3.7 m. Alla kuva 15. Pumpun asetusarvoista.



Kuva 15. Magna3 lopulliset asetusarvot. (Kuva: Visa Westerlund)

5.2 Ensimmäisen Kohteen lämmitysverkoston vesivirtamittaus

Kohteen vesivirtamittaus tapahtui paine-eromittauksen jälkeen. Verkoston suunniteltu kokonaisvirtaama 6625 l/h.

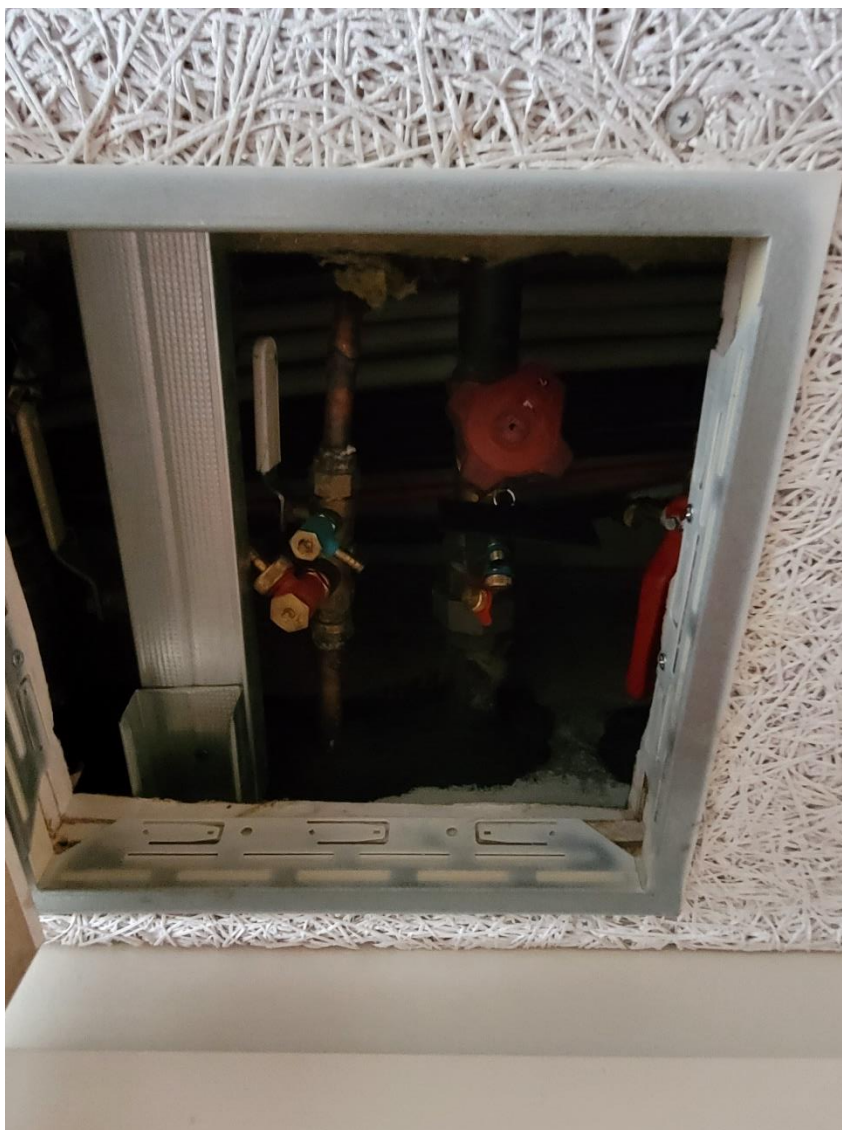
Vesivirtamittaukset suoritettiin Ta Scope mittarilla alla kuva 16. mittarista.



Kuva 16. Ta Scope mittalaite. (Kuva: Visa Westerlund)

Mittaukset alkoivat tuttuun tapaan lämmönjakohuoneesta. Ensimmäiseksi tarkistettiin kiertovesipumpun asetusarvot. Asetusarvot olivat samat, mitkä oli asetettu paine-eromittauksen jälkeen.

Vesivirtamittauksia lähdettiin mittaamaan D-rapusta. Mittaus järjestykseksi suunnittelin mitata linjasäätöventtiilit rappu kerrallaan ja viimeisenä lämmönjakohuoneen. D-talossa ja C-talossa linjasäätöventtiilit löytyvät alas lasketuista katoista luukkujen takaa. Alla kuva 17 oikeanpuoleisesta lämmitysverkoston linjasäätöventtiilistä.



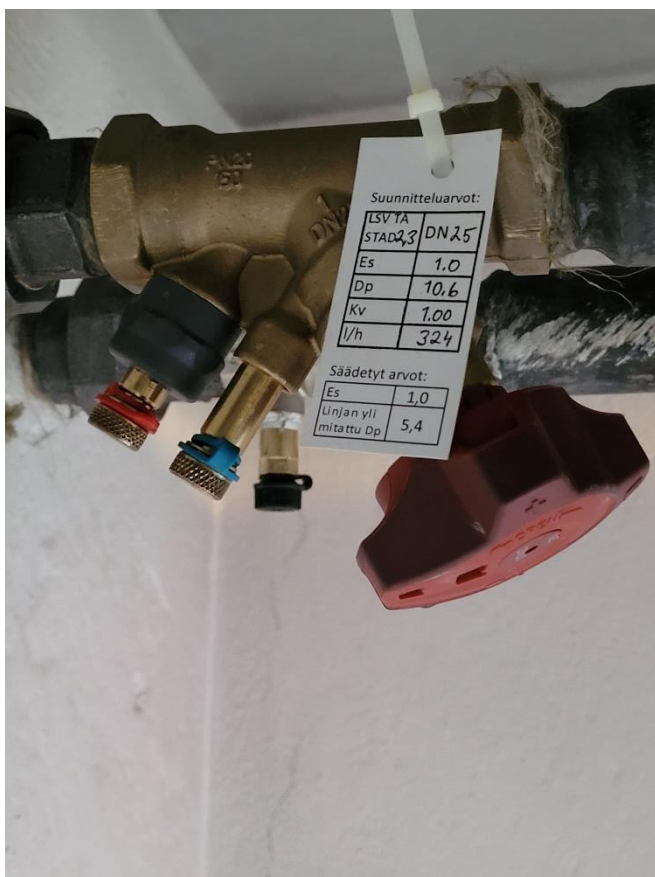
Kuva 17. Linjasäätöventtiili alas lasketussa katossa. (Kuva: Visa Westerlund)

Linjasäätöventtiileiden asennuksessa oli kiinnitetty huomiota mittaamiseen. mittarin kiinni saamiseen vaaditaan tilaa ja mittaussiikki täytyy saada asetettua kohtisuorassa mittayhteeseen kiinni. Ainoastaan muutamiin linjasäädön mittayhteisiin oli hankala saada mittaria paikoilleen katossa kulkevan muun tekniikan ja kattorakenteen vuoksi. Lämmitysjärjestelmän kaikki venttiilit olivat kuitenkin mittavissa.

Virtausmittaukset sujuivat kokonaisuudessaan hyvin. Linjasäätöventtiilien paikantamista helpotti aikaisempi mittauskierrös, sekä valmistelu ennen mittauksia. Ennen mittauksia kohteen venttiileistä oli tehty mittauspöytäkirja, joka oli jaettu rappujen mukaisesti.

Linjasäätöventtiilin mittauksen jälkeen oli aina viimeisteltävä venttiili. Kun mittari irrotetaan, täytyy mittayhteiden hatut kiertää kiinni. Linjasäätöventtiilit täytyy myös lukita säädön jälkeen. Linjasäätöventtiilit olivat lukittu aikaisemmassa paine-eromittausvaiheessa.

Viimeiseksi ennen luukkujen sulkemista, linjasäätöventtiiliin merkittiin suunnittelu arvot, mitatut paine-erot ja asetettu esisäätö arvo. Alla kuva 18. merkitystä linjasäätöventtiilistä.



Kuva 18. Merkitty linjasäätöventtiili. (Kuva: Visa Westerlund)

Tulevaisuudessa kuvan 18. merkatuista arvoista voi olla hyötyä. Suunnittelu ja säätöarvot pysyvät tallessa, vaikka lämpöjohtosuunnitelmat katoaisivat.

5.3 Toisen kohteen lämmitysverkoston paine-ero mittaus

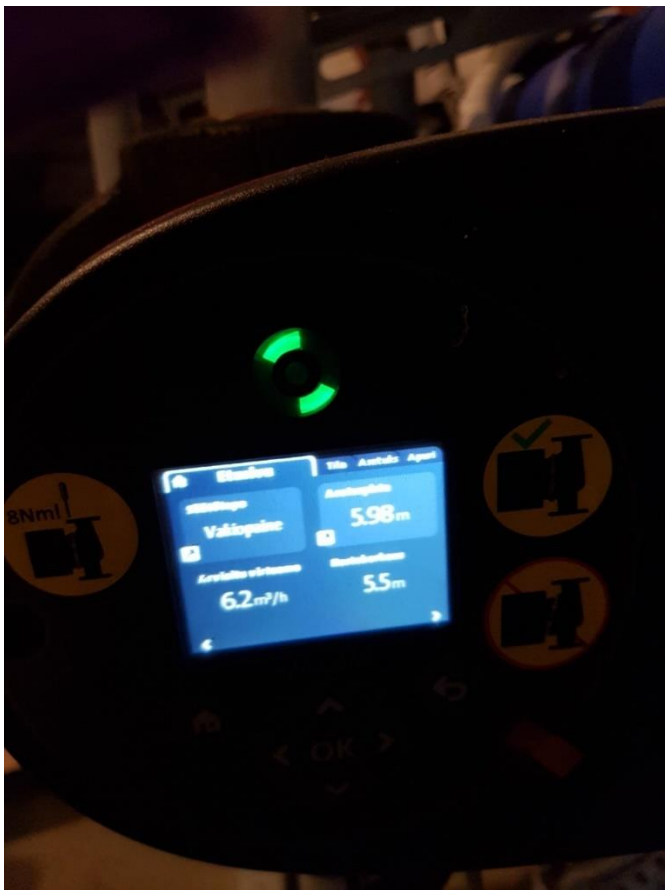
Toinen mittauskohde oli Uudellamaalla sijaitseva kaksikerroksinen rivitalo kohde. Kohde oli kaukolämpöön liittynyt taloyhtiö, joka koostui kuudesta talosta, talot A-F. Kohde suunniteltiin tasapainotettavaksi 5 kPa paine-erolla. Kohteessa oli 12 mitattavaa venttiiliä, joiden avulla verkosto oli jaettu tasapainotettaviin osiin.

Linjasäätöventtiilit löytyivät asuntojen tuulikaapista. alla kuva 19. linjasäätöventtiileiden sijainnista katossa.



Kuva 19. linjasäätöventtiilit tuulikaapissa. (Kuva: Visa Westerlund)

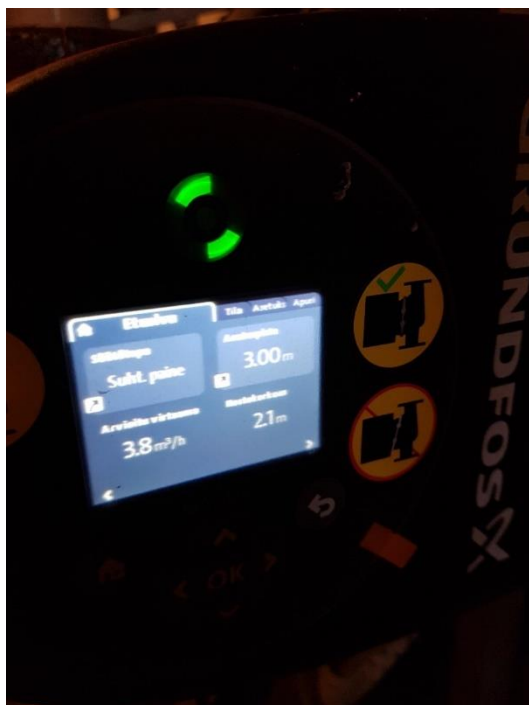
Mittaukset aloitettiin lämmönjakuhuoneesta. Ensimmäiseksi säädettiin kiertovesipumppu. Alla kuva 20. kiertovesipumpun lähtötilanteesta.



Kuva 20. Kiertovesipumpun lähtötilanne. (Kuva: Visa Westerlund)

Kuva 20. on hieman sumea, kiertovesipumpun näytön päällä olevan suojakalvon takia. Kiertovesipumpun säätötapa on vakiopaine säätö. Asetuspiste 5.98 m. Arvioitu virtaus 6.2 kuutiota tunnissa ja nostokorkeus 5.5 m.

Kiertovesipumpun säätötapa vaihdettiin suhteelliseen säätöön ja asetuspistettä laskettiin. Alla kuva 21. kiertovesipumpun säädöistä mittauksen aikana.



Kuva 21. Kiertovesipumppu säädettyä mittauksia varten. (Kuva: Visa Westerland)

Kiertovesipumppu säädettiin mittaamalla lämmönjakohuoneessa sijaitsevista mittayhteistä 6.5 kPa paine-ero kuvan 21. pumpun asetuksilla.

Pumpun säädön jälkeen teimme muutamia tarkistus mittauksia ja siirryimme tasapainottamaan verkostoa aloittaen D talosta, mikä sijaitsi kauimpana.

Säätökierroksen jälkeen oli palattava lämmönjakohuoneelle säätämään pumppu mittausten perusteella hieman pienemmälle. Kiertovesipumpun asetuspistettä laskettiin 2.6 metriin, nostokorkeus laski 1.8 m ja arvioitu kokonaisvirtaus laski 3.4 kuution tunnissa. Pumpun asetukset säädettiin mittaamalla lämmönjakohuoneesta löytyvistä yhteistä paine-eroa, joka jäi asetuksilla 5,3 kPa. Verkoston tasapainotettavat osat suunniteltiin 5 kPa paine-erolle, lopulliset paine-erot vaihtelevat 5–5.3 kPa välillä. Verkosto saatiin siis tasapainotettua suunniteltuun paine-eroon. Viimeisenä vaiheena tasapainotuksessa oli säätää lämmityksen säätökäyrä ja merkata linjasäätöventtiileihin säätöarvo ja mittaustulos kyltit.

5.4 Toisen kohteen lämmitysverkoston vesivirtamittaus

Kohteen suunniteltu kokonaisvesivirta oli 4360 litraa tunnissa. Kohde suunniteltiin tasapainotettavaksi paine-ero menetelmällä. Suunnitellut paine-erot linjasäätöventtiileille vaihtelevat 7–1 kPa välillä.

A talossa suunniteltu paine ero noin 7 kPa, B talossa noin 5 kPa, C talossa 2,5 kPa, D talossa 1 kPa, F talossa 5 kPa ja E talossa 4,6 kPa.

Vesivirtamittaukset alkoivat mittaamalla päälinjasäätöventtiin virtaama. Päälinjasäätöventtiili virtaama oli 3810 l/h ja paine-ero 1.39 kPa. Virtausmittaukset jatkuivat päälinjasäätöventtiin mittauksen jälkeen kauimmaisesta talosta. Kohteen kaikki linjasäätöventtiilit päästiin mittaamaan.

5.5 Kolmannen kohteen paine-ero mittaukset

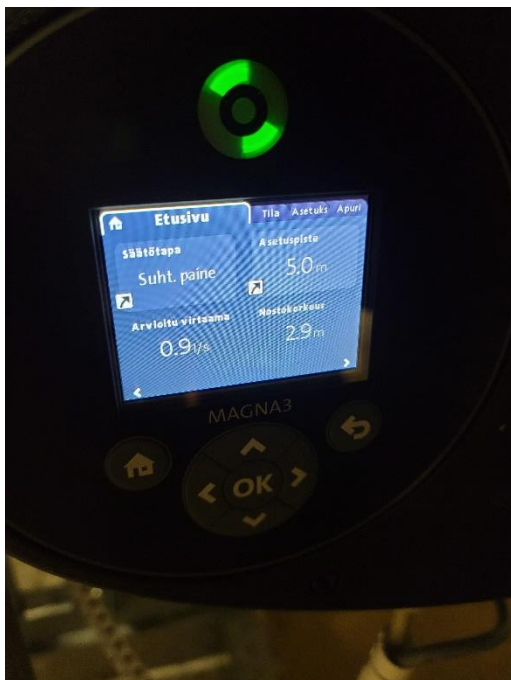
Kolmas tasapainotus kohde oli Uudella maalla sijaitseva kaksikerroksinen pienkerrostalo. Kohde suunniteltiin tasapainotettavaksi paine-erolla ja tasapainotettaville osille suunnitelmallinen paine-ero oli 5 kPa. Kohde oli liitetty kaukolämpöön, jonka takana oli kaksi taloa. Lämmönjakohuone sijaitsi A rapussa. Toinen talo koostui kolmesta rapusta C-D.

Tasapainotus mittaukset alkoivat lämmönjakohuoneesta ja ensimmäiseksi säädettiin kiertovesipumppu. Alla kuva 22. pumpun alkuperäisistä arvoista.



Kuva 22. Kiertovesipumpun lähtötilanne. (Kuva: Visa Westerlund)

Ensimmäiseksi pumpusta vaihdettiin säätötapa suhteelliselle säädölle ja asetettiin asetuspiste pienemmälle. Alla kuva 23. pumpun arvoista mittauksen aikana.



Kuva 23. Säädetty kiertovesipumppu. (Kuva: Visa Westerlund)

Pumpun säädön jälkeen lähdettiin tekemään muutamia tarkistus mittauksia. Tarkistus mittaukset olivat lähellä suunnitelmallista 5 kPa paine-eroa. Tasapainotukset aloitettiin kauimmaisesta E talosta.

5.6 Kolmannen kohteen vesivirtamittaus

Kohde suunniteltiin paine-erolla tasapainotettavaksi. Kohteen suunniteltu kokonaisvirtaama 3596 litraa tunnissa. A ja B rapun talo suunniteltiin säädettäväksi päälinjasäädöllä. Päälinjasäädön jälkeiset linjasäätöventtiilit oli asennettu auki asentoon urakoitsijan toimesta.

C portaan linjasäätöjen suunnitelmalliset paine-erot vaihtelevat 5,3–4,7 kPa välillä. D portaan linjasäädöille suunnitellut paine erot 2,9 kPa ja 2,6 kPa. E talolla 2,3–1 kPa. Mittaukset alkoivat lämmönjakuhuoneesta ja

6 Mittaustulokset

6.1 Ensimmäisen kohteen paine-eromittauksen tulokset

Perussäätösuunnittelussa kohde jaetaan tasapainotettaviin osiin ja osille suunnitellaan paine-erotasot. Kohde suunniteltiin tasapainotettavaksi paine-ero menetelmällä.

Laskennassa käytettiin 5 kPa meno-paluu välisenä paine-erona. Linjasäätöventtiileille käytettiin minimi paine-erona 1.5 kPa. Suunnitelmallinen menoveden lämpötila 60 °C. Verkoston laskennallinen vesitulavuus on 6625 litraa tunnissa. Paine-erolla mitattaessa, jokaisen linjan tavoite paine-ero on 5 kPa.

Mittauksista tehdyt pöytäkirjat löytyvät kuvina alta. Mittauspöytäkirjat näyttävät hyvin, kuinka tasapainotus on edennyt. Ensimmäisellä mittauskierroksella verkoston tilanne alkaa hahmottua ja valitaan venttiilit, joiden säätöarvoihin tehdään muutoksia. Mikäli paine-erot ovat lähellä suunniteltua ei venttiilin säätöarvoa kannata muuttaa heti aluksi.

Säätökierroksella esisäätöarvojen muutokset olivat pieniä. Tämä kertoo suunnitelmien ja patteriventtiilien vaihto urakan onnistuneisuudesta. Säätökierroksen jälkeen viimeisenä vaiheena oli kiertovesipumpun säätö. Pumppu säädettiin mitaamalla paine-eroa linjasäädöltä, missä oli raportoitu verkoston pienin paine-ero. Mittausten aikana kiertovesipumpun asetusaste oli 4 metriä. Mittausten jälkeen pumpun asetusaste säädettiin 3.7 metriin seuraten pienimmän paine-eron linjan paine-eron muutosta.

Tasapainotuksen jälkeen linjojen paine-erot vastaavat hyvin lähelle suunniteltuja 5 kPa paine-eroa. Suurin paine-ero poikkeama on 0,6 kPa suunnitelmallisista arvoista. Pumpun asetusaste ja virtaama pieneni huomattavasti verrattuna alkuperäiseen. 2.8 l/s virtaama tippui 1.7 l/s ja asetusaste vaihtui 3.7 metriin, joka oli aluksi 7 metriä.

6.2 Ensimmäisen kohteen vesivirtamittauksen tulokset

Kiinteistön verkoston laskennallinen vesitilavuus on 6625 litraa tunnissa. Kiinteistö suunniteltiin mitattavaksi paine-ero menetelmällä. Vesivirtamittauksille suunnitelmalliset linjasäätöjen paine-erot ovat A ja B talossa 9 kPa – 10.6 kPa välillä. C ja D talossa paine-erot linjasäätöventtiilille ovat 4.9 kPa – 1.5 kPa. Virtaukset jäivät pienemmäksi suunnitelluista arvoista.

Vesivirtamittauksia varten verkoston alkupäästä linjasäätöventtiileiden kuristus olisi pitänyt olla suurta, jotta virtaama riittää viimeiseen rappuun. Virtaamien jäädessä pienemmäksi kiertovesipumpun asetus pistettä olisi täytynyt nostaa verrattuna paine-erolla tasapainotettuun verkostoon.

6.3 Toisen kohteen paine-eromittauksen tulokset

Linjasäätöventtiilit olivat hyvin mitattavissa. Yksi menopuolen mittayhde oli asennettu niin, että siihen ei mittaria saanut liitettyä. Mittaus saatiin suoritettua viereisestä menopuolen mittayhteestä.

Mittausten aikana 6 venttiiliä säädettiin. Mittauksissa löytyi yksi poikkeava linja, minkä paine-ero oli suhteessa muita pienempi. Linja sijaitsi F talossa ja linjasäätöventtiilin koko oli DN 20. Säättämättä jääneet patteriventtiilit voisivat selittää paine-eron laskua.

6.4 Toisen kohteen vesivirtamittauksen tulokset

Virtausmittaukset sujuivat hyvin. Virtaamat mitattiin kaikista linjasäätöventtiileistä. Paine-eromittausten perusteella oli tiedossa, että mittarin näytön vaadittava 3 kPa paine-ero ei toteudu kaikissa linjoissa. Virtaamat jäivät suurimmaksi osaksi noin 20 % suunniteltua pienemmäksi.

6.5 Kolmannen kohteen paine-eromittauksen tulokset

Kokonaisuudessaan mittaukset sujuivat hyvin ja ainoastaan kolmea venttiiliä hieman säädettiin. C rapusta numero 14. venttiiliin ei päästy käsiksi. Venttiili sijaitsee häkki varastossa ja se oli täynnä tavaraa. Yhdestä venttiilistä löytyi myös tippa vuoto yhdistäjästä. Vuoto kirjattiin ylös ja ilmoitettiin urakoitsijalle. Paine-eromittauksessa yhdestä linjasta numero 15. tuli mieleen mahdollinen ilma linjassa, paine-eron ollessa suurempi suhteessa muihin linjoihin.

6.6 Kolmannen kohteen vesivirtamittauksen tulokset

Kohteen vesivirtamittaukset suoritettiin paine-ero mittausten jälkeen. Vesivirtojen mittaus onnistui kokonaisuudessaan hyvin. Linjasäätöventtiili numero 14 jäi mittaamatta, kuin myös paine-ero mittauksissa. Venttiileihin oli helppo päästä mitatessa käsiksi ja säätöarvojen luku oli helppoa.

6.7 Yhteenveto tuloksista

Yhteenvetona paine-eromittauksista ja kiertovesipumpun säädöistä tehdyt taulukot. Paine-eromittaukset onnistuivat kohteissa hyvin ja paine-erot pysyvät +-1 kPa sisällä suunnitellusta 5 kPa paine-erosta.

Kiertovesipumppujen asetusten kohdalla, jokaisen kohteen kiertovesipumppua saatiin säätää huomattavasti pienemmälle. Kohteessa 3 mitattiin D talon yhdestä linjasäätöventtiilistä 6,3 kPa paine-ero, sitä ei löydy alla olevasta taulukosta. Poikkeavan paine-eron mahdollinen syy on linjassa oleva ilma.

Tasapainotuskohde	Suunnitelmallinen paine-ero	Verkoston lopulliset paine-erot
Kohde 1	5 kPa	4,8 kPa - 5,6 kPa
Kohde 2	5 kPa	5,0 kPa - 5,3 kPa
Kohde 3	5 kPa	4,8 kPa - 5,6 kPa

Kuva 24. Kohteiden lopulliset paine-erot. (kuva: Visa Westerlund)

Kiertovesipumpun lähtötilanne					
Tasapainotuskohde	Kiertovesipumppu	Säätötapa	asetuspiste	arvioitu virtaama	Nostokorkeus
kohde 1	Magna3	Vakiopaine	7,0m	2.8 l/s	7,0m
kohde 2	Magna3	Vakiopaine	5,98m	6,2 m3/h	5,5m
kohde 3	Magna3	AutoAdapt	6,5m	0,9 l/s	2,5m

Kuva 25. Kiertovesipumppujen lähtötilanteet. (kuva: Visa Westerlund)

Kiertovesipumppu tasapainotuksen jälkeen					
Tasapainotuskohde	Kiertovesipumppu	Säätötapa	asetuspiste	arvioitu virtaama	Nostokorkeus
kohde 1	Magna3	Suhteellinen paine	3,7m	1.7 l/s	2,5m
kohde 2	Magna3	Suhteellinen paine	2,6m	3,4 m3/h	1,8m
kohde 3	Magna3	Suhteellinen paine	5,0m	0,9 l/s	2,9m

Kuva 26. Kiertovesipumput tasapainotusten jälkeen. (kuva: Visa Westerlund)

Perussäätösuunnittelussa täytyy ottaa huomioon millä tavalla verkosto tullaan tasapainoittamaan. Kohteet oli suunniteltu tasapainotettavaksi paine-eromene-
telmällä ja suunnitelmalliseksi paine-eroksi oli valittu kohteisiin 5 kPa paine-ero.
Vesivirtamittaukset vaativat linjasäätöventtiililtä mitattaessa 3 kPa paine-eron.
Yleisesti kohteiden alkupäässä paine-erot olivat yli 3 kPa virtaamia mitattaessa.
Alla kuvan 27. taulukko näyttää, kuinka virtaamat jäivät pienemmiksi verrattuna
paine-erolla tasapainotukseen.

Tasapainotuskohde	Mitattuja paine eroja	Virtaamien erot suunnitelmalli- seen
Kohde 1	5,0 kPa- 7,85 kPa	- 4 % ... -28 %
Kohde 2	4,48 kPa ja 4,9 kPa	-21 %
Kohde 3	3,5 kPa- 5,6 kPa	-7 %... -14 %

Kuva 27. Otantoja vesivirtamittauspöytäkirjojen virtaamista mitattavilla paine-
eroilla. (kuva: Visa Westerlund)

Virtausmittauksissa virtaamat jäivät yhtä poikkeusta lukuun ottamatta kaikki pie-
nemmäksi, mitä oli suunniteltu. Samaa ilmiötä kuvaa kiertovesipumppujen läh-
tötilanne. Kohteet tasapainotettiin ensimmäistä kertaa käyttäen paine-ero mene-
telmää. Vesivirtamittauksilla tasapainottaessa kiertovesipumpulle täytyisi aset-
taa korkeampi asetuspiste. Mitä isommalle pumppu asetetaan, sitä isompi riski
on ääniongelmien synnyssä.

7 Pohdinta

Opinnäytetyö oli opettava kokemus lämmitysjärjestelmän tasapainottamisesta. Verkostojen tasapainotus jatkuu työelämässä ja saadut tulokset on hyvä pitää mielessä. Kaikki kohteet olivat suunniteltu tasapainotettavaksi paine-erolla. Tämän takia kaikkiin mitattaviin linjasäätöventtiileihin ei tullut Ta Scopen näyttöpäätteen vaatimaa 3 kPa paine-eroa. Pienimpien paine-eron omaavien linjasäätöventtiileiden virtaamat eivät ole välttämättä niin tarkkoja. Tästä huolimatta mitausdataa saatiin työhön paljon.

Huomattavin ero mittaustavoissa on virtaamien jääminen suunniteltua pienemmäksi vesivirta mittarilla. Kokonaisuudessa virtaamat jäävät noin 20 % pienemmiksi. Toinen huomio kiinnittyi verkoston kiertovesipumpun asetuksiin. Paine-erolla tasapainottaessa jokaisen kohteen kiertovesipumpun asetuspistettä laskettiin alkuperäisestä. Vesivirtamittauksilla pumppua olisi pitänyt jättää isommalle.

Tässä työssä vertailtiin paine-eromenetelmän hyötyjä vesivirtamittauksiin. Mielestäni paine-eromenetelmän käyttö saisi alalla yleistyä.

Paine-eromenetelmästä on paljon hyötyä korjausrakennus puolella, jolla itse työskentelen.

Paine-eromenetelmällä mitatessa jää pois linjasäätöventtiilin ja vesivirtamittarin poikkeamat. Paine-eroa ei myöskään tarvitse muodostaa keinotekoisesti virtausmittaria varten.

Linjasäätöventtiilit ovat tarkimmillaan täysin auki valmistustoleranssin vuoksi. Mikäli kiinteistön kartoituksessa runkoputkisto todennetaan tarpeeksi isoksi verkostot tasapainoittaan monesti linjasäätöventtiilit auki. Verkoston mallinnuksessa ilmenee viimeistään, onko linjasäätöventtiileiden säädölle tarvetta.

Linjasäätöventtiilit sijaitsevat usein kiinteistön katossa, eikä säätöarvoa välttämättä näe edes peilillä. Vesivirtamittari vaatii mittausta varten tiedon säätöarvosta. Paine-ero mittarilla venttiili voidaan kääntää haluttuun asentoon paineeron mukaan. Venttiili ei jää mittaamatta vaan siihen saadaan suunnitelmallinen paine-ero.

Huomattava etu on myös mahdollisuus suorittaa tasapainotus ilman tietoa verkoston putkiston koosta. Tämä menetelmä on harvinaisempi, itse olen aina kirjoittanut verkoston putkiston niiltä osin kuin se on mahdollista.

Opinnäytetyössä vesivirtamittari muistutti, myös muutamassa ongelma venttiilissä hyvät puolensa. Virtausmittarilla on helppo verrata mitattua tulosta kyseisen linjan pattereiden suunniteltuun yhteisvirtaamaan. Mikäli virtaama jää pienemmäksi pattereissa voi olla ilmaa. Mikäli virtaama on paljon suurempi, voi kyseessä olla säätämättömistä patteriventtiileistä.

Lähteet

- Aalberts hydronic flow control (Flamco / Comap). 2022. Flexvent automaattiset ilmanpoistimet.
https://flamcogroup.com/media/pro-ducts/flexvent_sec_closed_f41104.jpg.5.4.2022
- Harju, P. 2010. Lämmitystekniikan oppikirja. Anjalankoski: Solverpalvelut Oy
- IMI TA. 2019. Linjasäätöventtiilit. STAD. Tekniset tiedot
<https://www2.imi-hydronic.com/fi/tuotteet-ja-ratkaisut/ta-balancing-and-control/linjasaa-toventtiilit/linjasaa-toventtiilit/>. 6.7.2022
- IMI TA. 2020. Mittalaitteet. TA-SCOPE. Tekniset tiedot.
<https://www2.imi-hydronic.com/fi/tuotteet-ja-ratkaisut/ta-balancing-and-control/mittausvalineet/mittalaitteet/> .7.7.2022
- IMI TA.2022. Termostaatit ja patteriventtiilit. Eclipse. Tekniset tiedot.
<https://www2.imi-hydronic.com/fi/tuotteet-ja-ratkaisut/heimeier-thermostatic-control/termostaatit-ja-patteriventtiilit/termostaattiset-patteriventtiilit/Eclipse/>
- Kärkkäinen, A. 2010. Gasfri påfyllning av värme- och kylsystem samt injustering av radiatorsystem. Aalto yliopisto. Energiatekniikan laitos. Väitöskirja.
<https://aaltodoc.aalto.fi/handle/123456789/4816>. 24.9.2022
- Kuivaketju10. Toimintakokeet – toteutus ja dokumentointi.2015.
- IMI TA.2022. Termostaatit ja patteriventtiilit. TRV-3 Calypso. Tekniset tiedot.
<https://www2.imi-hydronic.com/fi/tuotteet-ja-ratkaisut/heimeier-thermostatic-control/termostaatit-ja-patteriventtiilit/termostaattiset-patteriventtiilit/TRV-3-Calypso/> . 4.7.2022
- http://kuivaketju10.fi/wp/wp-content/uploads/2015/11/Toimintakokeet_toteutus-ja-dokumentointi_Janne-Nevala.pdf?05f5b8. 20.8.2022
- LVI 41-10230.1994. Lämmitysverkoston säätö.18.10.2022
- LVI 12-10327. 2001. Vesikeskuslämmityksen äänitekninen suunnittelu ja äänenvaimennus. 28.8.2022
- LVI 11-10472. 2011. Paisuntajärjestelmän valinta ja mitoitus. Rakennustieto. 25.4.2022
- Nibe airHEAT esite.2022. Nibe eu.20.8.2022
<https://www.nibe.eu/download/18.2da8a904178d16fbc7a2ed/1618583698909/NIBE%20air-HEAT%20esite%2021-15-1%20netti.pdf>

Meriam Instrument.2022. Using Manometers to Precisely Measure Pressure, Flow and Level.

<https://www.meriam.com/assets/eng/050-MHB-1.pdf>

.7.7.2022

Motiva.fi.2022. Hallitse huonelämpötiloja. 11.9.2022

https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/hyva_arki_kotona/hallitse_huonelampotiloja

Motiva.fi.2022. Patteriverkoston perussäätö. 28.8.2022

https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/taloyhtiot_-_yhdesa_energiatehokkaasti/lammitys/patteriverkon_perussaato

Oras. 2022a. Oras Venttiiliopisto.

<https://slideplayer.fi/slide/13532247/>.9.4.2022

Oras. 2022b. Linjasäätöventtiili.

<https://www.oras.com/fi/tuotteet/tuoteperheet/oras/linjasaatoventtiili/410025>.11.4.2022

Oras.2022C. Linjasäätöventtiili. 4100.

https://www.oras.com/fileadmin/resources/15807_4100_Linjasaatoventtiili.pdf.7.7.2022

OUMAN EH-800/EH-800B Lämmönsäädin.2021. 20.8.2022

https://ouman.fi/wp-content/uploads/2021/11/XM1198B_EH-800-kayttoohje_v.3.1.3_FIN_PRINT.pdf#page=

Ouman TMR datalehti.

http://ouman.fi/documentbank/TMR_data_brochure_fi.pdf. 4.7.2022

Oy Danfoss ab.2012. RA 2000 Venttiilirungot RA-N esisäädettävät venttiilit

<https://assets.danfoss.com/documents/69355/AI062286402526fi-000701.pdf>.9.4.2022

OY GRUNDFOS PUMPUT AB. 2022.MAGNA3-pumpun käyttö- ja säätötavat

<https://www.grundfos.com/fi/learn/ecademy/all-courses/the-magna3-circulator-pump-course1/magna3-operation-and-control-modes>. 5.4.2022

Purmo Group Finland Oy. 2022. Tekninen luettelo 08-2018 Vesi.

https://www.purmo.com/docs/PURMO_Technical-brochure_FI_0718_web.pdf.5.4.2022

Renholm, Mika 1993. Uusi patteriverkosto tasapainotus menetelmä. Diplomityö.

Espoo: Teknillinen Korkeakoulu, LVI-tekniikka. 18.10.22

RT 52-10797. 2003. Vesikiertoinen patterilämmitys. Rakennustieto. 18.10.2022

RT 103452. 2022. Nestekiertoisten lämmitys- ja jäähdytysverkot. Virtauksien säätö. Rakennustieto. 4.7.2022

Swegon. 2022. Primo ulkoseinälle asennettava suutinkonvektiojärjestelmä
https://www.swegon.com/siteassets/_product-documents/waterborne-climate-systems/perimeter-climate-systems/_fi/primod.pdf.19.4.2022

TA käsikirja, säätöpiirien säätäminen.2022.

<http://vantalvi.fi/wp-content/uploads/2014/05/TA-K%C3%84SIKIRJA-S%C3%A4%C3%A4t%C3%B6piirien-S%C3%A4t%C3%A4minen-2011.pdf>.18.10.2022

TalotekniikkaRYL 2021/1 Taloteknisten järjestelmien yhteiset laatuvaatimukset Osa. Rakennustieto Oy. https://ryl-rakennustieto-fi.tietopalvelu.karelia.fi/ryl/TalotekniikkaRYL/2021_1/.18.10.2022

Tom Allen Senera. 2022. Maalämpöopas kiinteistöille

<https://www.tomallensenera.fi/lataa-maalampoopas-kiinteistoille?hsCtaTracking=85defc15-ca75-48ef-b2fc-b94f218c3533%7C4f62786e-ccd1-4144-9c09-f7d8e19da064> 19.4.2022

Wilo. 2022. Wilo-Stratos MAXO.

<https://cms.media.wilo.com/dcidocfinder/wilo191793/1692307/wilo191793.pdf> .
6.7.2022

Ympäristöministeriön asetus eräiden rakennuksen teknisten järjestelmien energiatehokkuuden vaatimuksista 718/2020. 2.10.2022

Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä annetun ympäristöministeriön asetuksen muuttamisesta 2/17, 5 §. 2017. https://www.finlex.fi/data/normit/43242/YMa%20_17%2012.5.2017%20fi%20signed.pdf.18.10.2022

Ympäristöministeriön asetus rakennusten vesi- ja viemärlaitteistoista 1047/20. 2.10.2022

Liite 1

Ensimmäisen kohteen paine-eromittauspöytäkirjat

Suunnitteluarvot ja ensimmäiset mittaustulokset

linja	DN-koko	suunnitteluarvot			mittaustulokset		ero
		säätö-arvo	kv-arvo	virtaus, l/h	virtaus, l/h	paine-ero, kPa	suunnitelmalliseen
A-Rappu							
LSV TA STAD 1	20	1,3	0,96	314		5,5	10 %
LSV TA STAD 2,3	25	1,0	1,0	324		5,8	16 %
LSV TA STAD 4,5	20	1,3	1,0	325		4,7	-6 %
LSV TA STAD 6	20	1,1	0,77	246		6	20 %
LSV TA STAD 7	15	1,7	0,39	119		5,4	8 %
LSV TA STAD 8,9	20	1,9	1,68	523		6,2	24 %
LSV TA STAD 10	20	1,2	0,91	280		5,2	4 %
LSV	15	1,0	0,21	66		4,2	-16 %
A prs	15	1,7	10,6	126		7,2	44 %
B-Rappu							
B	15	1,8	0,46	139		6,5	30 %
LSV VSS	15	1,8	0,42	126		5,8	16 %
LSV	20	0,5	0,47	143		5,0	0 %
LSV TA STAD 12	20	0,5	0,48	143		5,7	14 %
LSV TA STAD 13,14	20	1,3	0,93	281		5,3	6 %
LSV TA STAD 15-17	20	1,4	1,07	320		5,8	16 %

Suunnitteluarvot ja ensimmäiset mittaustulokset

linja	DN-koko	suunnitteluarvot			mittaustulokset		ero
		säätö-arvo	kv-arvo	virtaus, l/h	virtaus, l/h	paine-ero, kPa	suunnitelmalliseen
Talo-2 C-rappu							
LSV TA STAD prs C	15	2,1	0,63	138		7,5	50 %
LSV TA STAD 1,2	25	1,7	2,5	549		5,8	16 %
LSV TA STAD 3-6	25	1,7	2,68	591		4,7	-6 %
LSV TA STAD 7	20	1,1	0,84	186		3,9	-22 %
Talo-2 D-rappu							
LSV TA STAD prs D	15	2,8	1,13	139		5,9	18 %
LSV TA STAD	25	2,4	4,79	595		5,6	12 %
LSV TA STAD 8,9	25	2,3	4,52	553		5,6	12 %
LSV TA STAD 14	20	1,8	1,5	187		5,4	8 %

Suunnitteluarvot ja säätöjen jälkeiset mittaustulokset

linja	DN-koko	suunnitteluarvot			säädetty			ero
		säätö-arvo	kv-arvo	virtaus, l/h	säätö-arvo	virtaus, l/h	paine-ero, kPa	suunnitelmalliseen
Talo-2 C-rappu								
LSV TA STAD prs C	15	2,1	0,63	138	1,5		6,1	22 %
LSV TA STAD 1,2	25	1,7	2,5	549				
LSV TA STAD 3-6	25	1,7	2,68	591	1,9		5,5	10 %
LSV TA STAD 7	20	1,1	0,84	186	1,5		5,4	8 %
Talo-2 D-rappu								
LSV TA STAD prs D	15	2,8	1,13	139				
LSV TA STAD	25	2,4	4,79	595				
LSV TA STAD 8,9	25	2,3	4,52	553				
LSV TA STAD 14	20	1,8	1,5	187				

Suunnitteluarvot ja pumpulla säädetyt lopulliset paine-erot

linja	DN-koko	suunnitteluarvot			lopullinen		ero
		säätö-arvo	kv-arvo	virtaus, l/h	virtaus, l/h	paine-ero, kPa	suunnitelmalliseen
Talo-2 C-rappu							
LSV TA STAD prs C	15	2,1	0,63	138		5,6	12 %
LSV TA STAD 1,2	25	1,7	2,5	549		5,2	4 %
LSV TA STAD 3-6	25	1,7	2,68	591		4,9	-2 %
LSV TA STAD 7	20	1,1	0,84	186		4,8	-4 %
Talo-2 D-rappu							
LSV TA STAD prs D	15	2,8	1,13	139		5,3	6 %
LSV TA STAD	25	2,4	4,79	595		5,0	0 %
LSV TA STAD 8,9	25	2,3	4,52	553		5,0	0 %
LSV TA STAD 14	20	1,8	1,5	187		4,8	-4 %

Liite 2

Ensimmäisen kohteen vesivirtamittaus pöytäkirjat

Kiinteistön A ja B rapun mittauspöytäkirja

linja	DN-koko	suunnitteluarvot			säädetty		ero suunnitelmalliseen	mitaustulokset			ero suunnitelmalliseen
		säätö-arvo	kv-arvo	virtaus, l/h	säätö-arvo	paine-ero, kPa		säätö-arvo	virtaus, l/h	paine-ero, kPa	
A-Rappu											
LSV TA STAD 1	20	1,3	0,96	314				1,3	271	7,14	-14 %
LSV TA STAD 2,3	25	1,0	1,0	324				1,0	245	5,66	-24 %
LSV TA STAD 4,5	20	1,3	1,0	325	1,4			1,4	297	7,18	-9 %
LSV TA STAD 6	20	1,1	0,77	246				1,1	213	6,26	-13 %
LSV TA STAD 7	15	1,7	0,39	119				1,7	114	6,68	-4 %
LSV TA STAD 8,9	20	1,9	1,68	523	1,8			1,8	376	5,24	-28 %
LSV TA STAD 10	20	1,2	0,91	280	1,3			1,3	259	6,55	-8 %
LSV	15	1,0	0,21	66	1,2			1,2	71,6	7,35	8 %
A prs	15	1,7	10,6	126	1,65			1,65	116	7,85	-8 %
B-Rappu											
B	15	1,8	0,46	139	1,7			1,7	110	6,25	-21 %
LSV VSS	15	1,8	0,42	126				1,8	116	5,4	-8 %
LSV	20	0,5	0,47	143	0,6			0,6	133	5,0	-7 %
LSV TA STAD 12	20	0,5	0,48	143				0,5	123	5,35	-14 %
LSV TA STAD 13,14	20	1,3	0,93	281				1,3	227	5,03	-19 %
LSV TA STAD 15-17	20	1,4	1,07	320				1,4	264	5,65	-18 %

Kiinteistön C ja D rapun mittauspöytäkirja

linja	DN-koko	suunnitteluarvot			säädetty		ero suunnitelmalliseen	mitaustulokset			ero suunnitelmalliseen
		säätö-arvo	kv-arvo	virtaus, l/h	säätö-arvo	paine-ero, kPa		säätö-arvo	virtaus, l/h	paine-ero, kPa	
Talo-2 C-rappu											
LSV TA STAD prs C	15	2,1	0,63	138	1,5			1,5	49,5	2,12	-64 %
LSV TA STAD 1,2	25	1,7	2,5	549				1,7	431	2,56	-21 %
LSV TA STAD 3-6	25	1,7	2,68	591	1,9			1,9	529	2,54	-10 %
LSV TA STAD 7	20	1,1	0,84	186	1,5			1,5	185	2,33	-1 %
Talo-2 D-rappu											
LSV TA STAD prs D	15	2,8	1,13	139				2,8	73,3	0,36	-47 %
LSV TA STAD	25	2,4	4,79	595				2,4	451	0,83	-24 %
LSV TA STAD 8,9	25	2,3	4,52	553				2,3	358	0,64	-35 %
LSV TA STAD 14	20	1,8	1,5	187				1,8	182	1,25	-3 %

Liite 3

Toisen kohteen paine-eromittaus pöytäkirjat

Suunnitteluarvot ja ensimmäiset mittaustulokset taloista A-D

linja	DN-koko	suunnitteluarvot			mittaustulokset		ero
		säätö-arvo	kv-arvo	virtaus, l/h	virtaus, l/h	paine-ero, kPa	suunnitelmalliseen
A-Talo							
LSV DN25 Kuivaushuone	25	1,3	1,67	437		6,5	30 %
LSV DN20	20	1,4	1,06	282		6,5	30 %
B-Talo							
LSV DN25 seinän suuntaisesti	25	1,4	1,77	396		6,1	22 %
LSV DN25	25	1,4	1,69	378		7,0	40 %
C-Talo							
LSV DN20	20	2,1	2,07	328		6,0	20 %
LSV DN 25	25	1,9	3,10	492		6,4	28 %
D-Talo							
LSV DN 20	20	2,4	2,58	258		6,4	28 %
LSV DN 25	25	1,9	3,25	326		6,5	30 %

Suunnitteluarvot ja ensimmäiset mittaustulokset rapuista taloista E ja F

linja	DN-koko	suunnitteluarvot			mittaustulokset		ero
		säätö-arvo	kv-arvo	virtaus, l/h	virtaus, l/h	ero, kPa	suunnitelmalliseen
E-Talo							
LSV DN 25	25	1,6	2,14	457		5,9	18 %
LSV DN 20	20	1,6	1,30	278		5,8	16 %
F-Talo							
LSV DN 25	25	1,5	1,93	431		5,5	10 %
LSV DN 20	20	1,7	1,35	300		5,0	0 %

Suunnitteluarvot ja säätöjen jälkeiset mittaustulokset taloista A-D

linja	DN-koko	suunnitteluarvot			mittaustulokset			Säädetty			ero
		säätö-arvo	kv-arvo	virtaus, l/h	virtaus, l/h	ero, kPa	säätö-arvo	virtaus, l/h	ero, kPa	suunnitelmalliseen	
A-Talo											
LSV DN25 Kuivaushuone	25	1,3	1,67	437		6,5					
LSV DN20	20	1,4	1,06	282		6,5					
B-Talo											
LSV DN25 seinän suuntaisesti	25	1,4	1,77	396		6,1					
LSV DN25	25	1,4	1,69	378		7,0	1,3		6,5	30 %	
C-Talo											
LSV DN20	20	2,1	2,07	328		6,0	2,2	6,3	6,3	26 %	
LSV DN 25	25	1,9	3,10	492		6,4					
D-Talo											
LSV DN 20	20	2,4	2,58	258		6,4					
LSV DN 25	25	1,9	3,25	326		6,5					

Suunnitteluarvot ja säätöjen jälkeiset mittaustulokset taloista E ja F

linja	DN-koko	suunnitteluarvot			mittaustulokset			Säädetty			ero
		säätö-arvo	kv-arvo	virtaus, l/h	virtaus, l/h	ero, kPa	säätö-arvo	virtaus, l/h	ero, kPa	suunnitelmalliseen	
E-Talo											
LSV DN 25	25	1,6	2,14	457		5,9	1,7		6,3	26 %	
LSV DN 20	20	1,6	1,30	278		5,8	1,7		6,3	26 %	
F-Talo											
LSV DN 25	25	1,5	1,93	431		5,5	1,7		6,2	24 %	
LSV DN 20	20	1,7	1,35	300		5,0	2,2		6,3	26 %	

Suunnitteluarvot ja pumpulla säädetyt lopulliset paine-erot taloissa A-D

linja	DN-koko	suunnitteluarvot			lopullinen		ero
		säätö-arvo	kv-arvo	virtaus, l/h	virtaus, l/h	ero, kPa	suunnitelmalliseen
A-Talo							
LSV DN25 Kuivaushuone	25	1,3	1,67	437		5,3	6 %
LSV DN20	20	1,4	1,06	282		5,3	6 %
B-Talo							
LSV DN25 seinän suuntaisesti	25	1,4	1,77	396		5,0	0 %
LSV DN25	25	1,4	1,69	378		5,3	6 %
C-Talo							
LSV DN20	20	2,1	2,07	328		5,1	2 %
LSV DN 25	25	1,9	3,10	492		5,2	4 %
D-Talo							
LSV DN 20	20	2,4	2,58	258		5,2	4 %
LSV DN 25	25	1,9	3,25	326		5,3	6 %

Suunnitteluarvot ja pumpulla säädetyt lopulliset paine-erot taloissa E ja F.

linja	DN-koko	suunnitteluarvot			lopullinen		ero
		säätö-arvo	kv-arvo	virtaus, l/h	virtaus, l/h	ero, kPa	suunnitelmalliseen
E-Talo							
LSV DN 25	25	1,6	2,14	457		5,2	4 %
LSV DN 20	20	1,6	1,30	278		5,2	4 %
F-Talo							
LSV DN 25	25	1,5	1,93	431		5,1	2 %
LSV DN 20	20	1,7	1,35	300		5,0	0 %

Liite 4

Toisen kohteen vesivirtamittaus pöytäkirjat

A-D talojen mittauspöytäkirja

linja	DN-koko	suunnitteluarvot			säädetty			Mittaustulokset			ero suunnitelmalliseen
		säätö-arvo	kv-arvo	virtaus, l/h	säätö-arvo	virtaus, l/h	paine-ero, kPa	säätöarvo	virtaus, l/h	paine-ero, kPa	
A-Talo											
LSV DN25 Kuivaushuone	25	1,3	1,67	437				1,3	344	4,48	-21 %
LSV DN20	20	1,4	1,06	282				1,4	224	4,9	-21 %
B-Talo											
LSV DN25 seinän suuntaisesti	25	1,4	1,77	396				1,4	305	2,66	-23 %
LSV DN25	25	1,4	1,69	378	1,3			1,3	260	2,56	-31 %
C-Talo											
LSV DN20	20	2,1	2,07	328	2,2			2,2	263	1,39	-20 %
LSV DN 25	25	1,9	3,10	492				1,9	383	1,33	-22 %
D-Talo											
LSV DN 20	20	2,4	2,58	258				2,4	177	0,49	-31 %
LSV DN 25	25	1,9	3,25	326				1,9	231	0,49	-29 %

E ja F talojen mittauspöytäkirja

linja	DN-koko	suunnitteluarvot			säädetty			mittaustulokset		ero suunnitelmalliseen	
		säätö-arvo	kv-arvo	virtaus, l/h	säätö-arvo	virtaus, l/h	paine-ero, kPa	virtaus, l/h	ero, kPa		
E-Talo											
LSV DN 25	25	1,6	2,14	457	1,7			6,3	395	2,15	-14 %
LSV DN 20	20	1,6	1,30	278	1,7			6,3	202	1,85	-27 %
F-Talo											
LSV DN 25	25	1,5	1,93	431	1,7			6,2	394	2,13	-9 %
LSV DN 20	20	1,7	1,35	300	2,2			6,3	297	1,77	-1 %

Liite 5

Kolmannen kohteen paine-ero mittauspöytäkirja

Paine-ero mittaustulokset

linja	DN-koko	suunnitteluarvot			mittaustulokset			ero	säädetty			ero	lopullinen		ero
		säätö-arvo	kv-arvo	virtaus, l/h	virtaus, l/h	paine-ero, kPa	suunnitelmalliseen	säätö-arvo	virtaus, l/h	paine-ero, kPa	suunnitelmalliseen	virtaus, l/h	paine-ero, kPa	suunnitelmalliseen	
Porras A-B															
LSV DN40 Päälinjasäätö	40	1.8	5.30	1361		5,6	12 %							5,6	12 %
Porras E															
LSV 20.	15	3.3	1.68	167		5,0	0 %							5,0	0 %
LSV 19.	20	1.9	1.64	166		5,0	0 %							5,0	0 %
LSV 18.	20	2.1	1.98	200		4,7	-6 %	2.2		4,8	-4 %			4,8	-4 %
LSV 17.	20	2.4	2.44	371		5,8	16 %	2.2		5,5	10 %			5,5	10 %
Porras D															
LSV 16.	20	2.4	2.48	401		5,0	0 %							5,0	0 %
LSV 15.	15	2.3	0.73	124		6,3	26 %	2.0		6,00	20 %			6,3	26 %
Porras C															
LSV 14.	15	2.0	0.56	121		x								x	
LSV 13.	20	1.4	1.02	224		5,0	0 %							5,0	0 %
LSV 12.	15	1.8	0.43	97		5,5	10 %							5,5	10 %
LSV 11.	15	1.6	1.29	297		4,9	-2 %							4,9	-2 %

Liite 6

Kolmannen kohteen vesivirtamittaus pöytäkirja

Mittaustulokset

linja	suunnitteluarvot			mittaustulokset			ero	säädetty			ero	lopullinen		ero
	DN-koko	säätö-arvo	kv-arvo	virtaus, l/h	virtaus, l/h	paine-ero, kPa	suunnitelmalliseen	säätö-arvo	virtaus, l/h	paine-ero, kPa	suunnitelmalliseen	virtaus, l/h	paine-ero, kPa	suunnitelmalliseen
Porras A-B														
LSV DN40 Päälinjasäätö	40	1.8	5.30	1361	1261	5,5	-7 %					1261	5,6	-7 %
Porras E														
LSV 20.	15	3.3	1.68	167	162	0,78	-3 %					162	0,78	-3 %
LSV 19.	20	1.9	1.64	166	112	0,40	-33 %					112	0,40	-33 %
LSV 18.	20	2.1	1.98	200	191	0,74	-5 %					191	0,74	-5 %
LSV 17.	20	2.4	2.44	371	240	1,15	-35 %	2,3	244	1,06		244	1,06	-34 %
Porras D														
LSV 16.	20	2.4	2.48	401	371	2,14	-7 %					371	2,14	-7 %
LSV 15.	15	2.3	0.73	124	73	1,43	-41 %	2,3	73	0,86	-83 %	73	0,86	-41 %
Porras C														
LSV 14.	15	2.0	0.56	121	x	x						x	x	
LSV 13.	20	1.4	1.02	224	207	3,5	-8 %					207	3,5	-8 %
LSV 12.	15	1.8	0.43	97	83	3,58	-14 %					83	3,58	-14 %
LSV 11.	15	1.6	1.29	297	275	4,2	-7 %	1,7				275	4,2	-7 %