



Niko Saarikko

# Lämmitysjärjestelmien mittaukset, säädöt ja tasapainotus

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Rakennusmestari, LVI (AMK)

Rakennusalan työnjohto

Opinnäytetyö

15.5.2024

## Tiivistelmä

Tekijä:	Niko Saarikko
Otsikko:	Lämmitysjärjestelmien mittaukset ja säädöt ja niiden tasapainotus
Sivumäärä:	33 sivua + 2 liitettä
Aika:	15.05.2024
Tutkinto:	Rakennusmestari (AMK)
Tutkinto-ohjelma:	Rakennusalan työnjohto
Suuntautumisvaihtoehto:	LVI-tekniikka
Ohjaajat:	Lehtori Jyrki Viranko Aluejohtaja Sampsa Larnos

---

Opinnäytetyössä tarkasteltiin lämmitysjärjestelmien mittaus- ja säätötöiden merkitystä sekä niihin vaikuttavia tekijöitä. Työssä keskityttiin myös suunnitteluvaiheeseen, asennusprosessiin ja itse mittaus- ja säätötoimenpiteisiin. Työn tavoitteena oli antaa selkeä käsitys siitä, mitä asioita on otettava huomioon näiden vaiheiden aikana, jotta varmistetaan paras lopputulos.

Tutkimukset perustuivat laajaan lähdeaineistoon, erityisesti LVI-ohjekortteihin, sekä sellaisten ammattilaisten kokemuksiin, jotka ovat olleet mukana mittaus- ja säätötöissä eri työmailla.

Työ keskeinen anti oli kehittää mittaus- ja säätöohje, joka toimii käytännön työkaluna mittaus- ja säätötöiden sujuvuuden varmistamisessa. Ohjeen tarkoituksena oli pyrkiä ehkäisemään ennalta, erityisesti lämmitys- ja lämpötilaongelmia, jotka saattavat ilmetä rakennuksen käyttöönoton jälkeen. Ohjetta voidaan soveltaa myös yksittäisten rakennusosien tai järjestelmien valvonnassa.

Tärkeä tavoite oli myös liittää työssä laadittava mittaus- ja säätöohje osaksi yrityksen laaturjestelmää, jotta se voidaan ottaa käyttöön tulevilla työmailla. Ohje auttaa varmistamaan mittaus- ja säätötöiden laadun ja tehokkuuden, mikä puolestaan tukee rakennusten toimivuutta ja energiatehokkuutta.

Avainsanat: lämmitys, tasapainotus, mittaus- ja säätötyöt

---

Tämän opinnäytetyön alkuperä on tarkastettu Turnitin Originality Check -ohjelmalla.

## Abstract

Author: Niko Saarikko  
Title: Heating System Measurements, Controls, and Balancing  
Number of Pages: 33 pages + 2 appendices  
Date: 15 May 2024

Degree: Bachelor of Construction Management  
Degree Programme: Construction Site Management  
Specialisation option: HVAC Engineering  
Instructors: Jyrki Viranko, Senior Lecturer  
Sampsa Larnos, Regional Leader

---

The thesis aimed to examine the significance and processes involved in measurement and control tasks within building services engineering, focusing on the planning, installation, and execution phases. The purpose was to identify key considerations necessary to ensure optimal outcomes during these phases.

Methods involved a comprehensive review of existing literature, primarily HVAC instruction cards, combined with insights from professionals experienced in these tasks across various construction sites. This approach facilitated a thorough analysis of the procedures and challenges encountered in measurement and control activities.

The final year project resulted in the creation of a guide designed to streamline the execution of measurement and control tasks by addressing common issues, particularly in heating and temperature management, that may arise either during the control processes or post-commissioning. The guide serves as a practical aid in measuring, adjusting, and addressing issues in all liquid systems within the building's HVAC systems, including heating, cooling, and potable water systems.

The integration of the guide into the commissioning company's quality management system is anticipated to support the functionality and energy efficiency of buildings across future sites. Its application within the company could potentially improve the standard practices of measurement and control tasks specifically within this organization.

Keywords: heating, system balancing, measurement, adjustment

## Sisällys

1	Johdanto	6
2	Saipu STT -konserni	7
3	Lämmitysmuodot Suomessa	7
3.1	Kaukolämpö	8
3.2	Suora sähkölämpö	9
3.3	Maalämpö	9
3.4	Öljylämmitys	10
3.5	Puu- ja pellettilämmitys	11
3.6	Aurinkolämpöjärjestelmä	11
3.7	Hybridilämmitys	12
3.8	Lämmitysmuotojen kehitys suomessa	12
4	Lämmön jakaminen kiinteistöissä	14
4.1	Patterilämmitys	14
4.2	Lattialämmitys	14
4.3	Säteilylämmitys	14
5	Suunnittelun vaikutus kiinteistön toimivuudessa	15
6	Vesivirtojen mittaus- ja säätötyö ja verkoston tasapainotus	15
6.1	Yleisesti	16
6.2	Pumput ja niiden ohjaustavat	17
6.2.1	Autoadapt- ja Flowadapt-ohjaustavat	18
6.2.2	Vakiopaine-ohjaustapa	19
6.2.3	Suhteellinen paine -ohjaustapa	19
6.2.4	Vakiokäyrä-ohjaustapa	20
6.2.5	Vakiovirtaus-ohjaustapa	21
6.3	Virtausten ja paine-erojen mittaus- ja säätölaite TA-SCOPE	21
6.4	Säätöventtiilit	24
6.4.1	IMI-säätöventtiilit	25
6.4.2	Vexve säätöventtiilit	26
6.4.3	Oras säätöventtiilit	27
6.5	Esisäädöt ja niiden asetteleminen	28
6.6	Mittaus- ja säätötyö	29

7	Mittausten yleisimmät ongelmatilanteet	31
8	Yhteenveto	32
	Lähteet	34
	Liitteet	
	Liite 1: Mittaus- ja säätöpöytäkirja	
	Liite 2: Mittaus- ja säätöohje	

# 1 Johdanto

Lämmitysjärjestelmän mittauksilla ja säädöillä pyritään optimoimaan lämmityksen toiminta siten, että saavutetaan tarvittavat virtaamat putkistoihin ja lämmönluovuttimiin mahdollisimman energiatehokkaasti. Tämä tapahtuu ottaen huomioon haluttu sisäilman lämpötila ja tilojen käyttötarkoitus. Lämmitysjärjestelmät ja niihin liittyvät säädöt ovat keskeisiä tekijöitä terveellisen ja mukavan sisäilman luomisessa.

Mittaus- ja säätötoimilla on suuri rooli rakennuksen energiatehokkuudessa. Jopa yhden celsiusasteen sisälämpötilan laskulla voidaan saavuttaa jopa 5 prosentin säästö lämmityskuluissa. Oikein säädetty järjestelmä voi parhaimmillaan säästää 10–15 prosenttia koko rakennuksen lämmitysenergian kulutuksesta.

[1.]

Opinnäytetyössä käsitellään asioita, jotka on huomioitava lämmitysjärjestelmän suunnittelun, asentamisen sekä mittaus- ja säätötöiden eri vaiheissa. Opinnäytetyössä laaditaan mittaus- ja säätötöiden ohje, jonka noudattaminen helpottaa ja nopeuttaa mittaus- ja säätötyötä. Tämän seurauksena saavutetaan oikein säädetty ja toimiva lämmitysjärjestelmä. Ohje liitetään osaksi Suomen Talotekniikka Oy:n laatujärjestelmää, ja se otetaan käyttöön tulevilla työmailla.

## 2 Saipu STT -konserni

Saipu-STT Oy on Suomen talotekniikka-alan vahva toimija, jolla on yli 70 vuoden kokemuksella alalla. Konserni työllistää yli 500 talotekniikan ammattilaista, ja sen vuosittainen liikevaihto ylittää 100 miljoonaa euroa. Saipu-STT Oy on erikoistunut monipuolisiin talotekniikan suunnittelu- ja urakointiprojekteihin, mukaan lukien vaativat uudisrakennus- ja korjausprojektit. Yrityksen palvelut kattavat myös koko rakennusten elinkaaren aikaisen taloteknisen huollon ja ylläpidon. [2].

Konserni tarjoaa monipuolisia talotekniikkapalveluita ja kiinteistönhallintaratkaisuja Suomessa. Palveluihin kuuluvat talotekniikkaurakointi, huolto ja kunnossapito. Konserni on vahvasti sitoutunut asiakastyytyvyyteen ja noudattaa korkeita laatustandardeja ISO 9001 -laatujärjestelmän avulla. Toimialaosaaminen ja vuosikymmenten kokemus erilaisista urakkamuodoista tukevat vankkaa asemaa rakennus- ja kiinteistöalalla. [2.]

Toiminta-alue kattaa lähes koko Suomen, ja palveluita tarjotaan myös lähialueilla. Asiakaskunta koostuu monenlaisista toimijoista, kuten rakennusliikkeistä, kiinteistön omistajista, rakennuttajista ja yksityisasiakkaista. Konsernin vahvuutena on kyky tarjota kokonaisratkaisuja asiakkaiden erilaisiin taloteknisiin tarpeisiin, mukaan lukien sähkö-, lämmitys-, putki-, ilmastointi- ja jäähdytysjärjestelmät sekä kiinteistöjen hallinta ja turvallisuusratkaisut.

## 3 Lämmitysmuodot Suomessa

Tässä luvussa esitellään Suomen yleisimmät lämmitysmenetelmät ja niiden peruseriaatteet.

Suomen yleisimmät lämmitysmuodot ovat sähkölämmitys, kaukolämpö, öljylämmitys, puulämmitys, maa- ja ilmalämpöpumput. Monet suomalaiset käyttävät myös erilaisia hybridilämmitysjärjestelmiä, jotka yhdistävät esimerkiksi sähkö-

lämmityksen ja ilmalämpöpumpun käytön. Suomessa on useita erilaisia lämmitysmuotoja, jotka vaihtelevat alueittain ja käytettävissä olevien resurssien mukaan. [3.]

Suomessa on siis monia erilaisia lämmitysvaihtoehtoja, ja lämmitysvaihtoehdon valinta voi riippua alueesta, kiinteistöstä, budjetista ja ympäristöarvoista. Lämmityksen valinnassa on tärkeää harkita tehokkuutta, kustannuksia ja ympäristövaikutuksia.

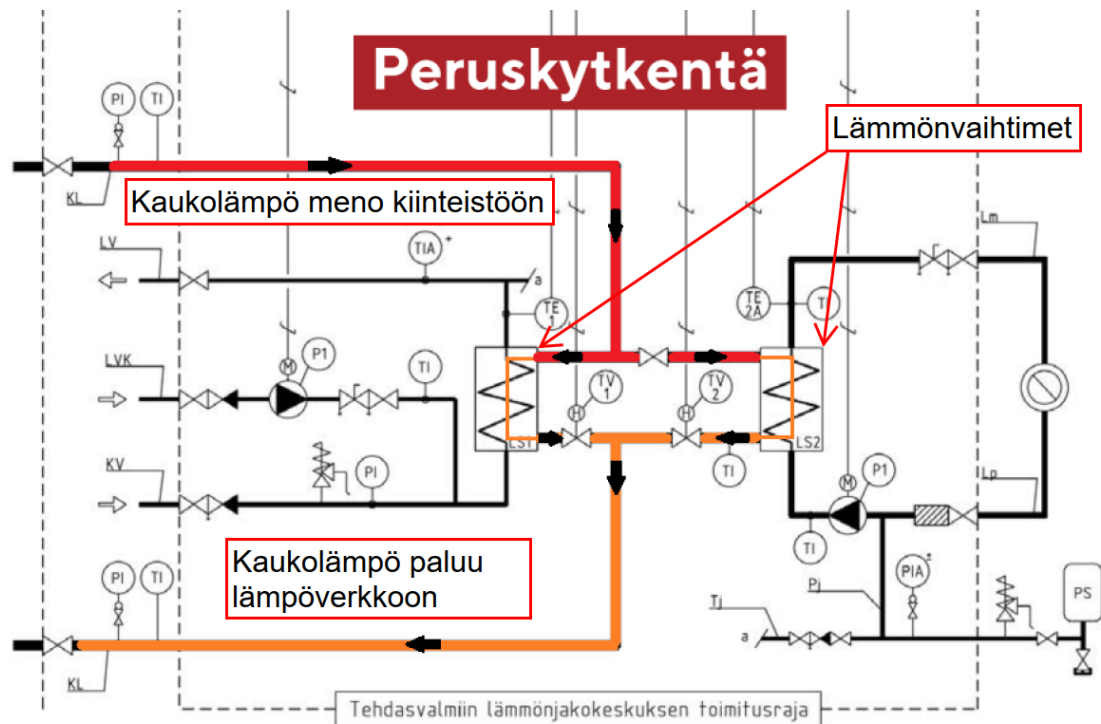
### 3.1 Kaukolämpö

Suomen yleisin lämmitysmuoto on kaukolämpö. Se on erityisen suosittu kaupunkialueilla, kuten keskustojen kerrostaloissa ja tiheästi asutuilla alueilla. [3.]

Kaukolämmön lämmönlähteenä on lämpövoimala, joka toimittaa lämmitettyä kaukolämpövettä kaukolämpöverkon kautta kuluttajille. Tätä kaukolämpövettä käytetään erilaisiin tarkoituksiin, kuten huoneiden ja lattian lämmittämiseen sekä kiinteistöjen lämpimän käyttöveden tuottamiseen. Kiinteistöjen lämmin käyttövesi lämmitetään yleensä lämmönvaihtimessa, jossa kaukolämpövesi lämmitää kylmää vesijohtoveden virtausta. [4, s. 2–8.]

Huoneiden lämmityksessä kaukolämpöä voidaan hyödyntää lämmönvaihtimen avulla kiinteistön sisäiseen kiertoon, jolloin se lämmittelee huoneilmaa. Kun kaukolämpövesi on luovuttanut lämpönsä kotitalouden lämpimän käyttöveden tuottamiseen ja huoneiden lämmittämiseen, se palautetaan takaisin kaukolämpövoimalaan. Tämä jatkuva kierto mahdollistaa lämpöenergian tehokkaan hyödyntämisen ja jakelun. [4, s. 2–8.]

Kuvassa 1 on esitetty kaukolämpökeskuksen toimintaperiaate, jossa kaukolämpö kiertää lämmönvaihtimien ensiöpuolella, luovuttaen lämpöenergiaa lämmönvaihtimen toisiopuolella olevaan nesteeseen.



Kuva 1. Lämmönjakokeskuksen toimintaperiaate kuvattuna.

### 3.2 Suora sähkölämpö

Sähköinen lämmitysjärjestelmä pysyy etusijalla uusien varsinkin uusien omakotitalojen lämmitysratkaisuissa. Eniten käytetty sähköisen lämmityksen tyyppi on suora lämmitys, joka kuitenkin vähitellen korvautuu hybridilämmityksellä, jossa sähkön ja muiden lämmitysmuotojen edut voidaan hyödyntää paremmin. Tämä kehityssuunta heijastaa kasvavaa pyrkimystä energiatehokkuuteen ja ympäristöystävällisyyteen lämmitysratkaisuissa. [5, s. 64–67.]

### 3.3 Maalämpö

Tällä hetkellä maalämpö on erittäin suosittu lämmitysmuoto. Se hyödyntää maaperään varastoitunutta energiaa seuraavasti: Maahan porataan noin 100–350 metriä syvä lämpökaivo tai asennetaan maanpinnan lähelle vaakasuuntainen lämmönkeräysputkisto. Tämä putkisto toimii lämmönkeruujärjestelmänä. Kaivoon upotetaan putki, jota pitkin kiertää lämmönkeruuneste, kuten vesi ja

etyleeniglykoli-seos. Putki on suunniteltu kestämään maaperän olosuhteet ja lämpötilavaihtelut. [4, s. 2–8.]

Maaperässä oleva lämpöenergia siirtyy lämmönkeruunesteeseen. Maalämmön etu on siinä, että maaperässä säilyy tasainen lämpötila vuoden ympäri, ja tämä mahdollistaa lämmön keräämisen talvella ja jäädyttämisen kesällä. Lämmentynyt neste saapuu maalämpöpumppuun, joka hyödyntää kompressoritekniikkaa energiatehokkaasti. Maalämpöpumppu nostaa maasta kerätyn matalan lämpötilan lämmön korkeampaan lämpötilaan, joka sopii talon lämmitys- ja lämminvesijärjestelmiin. [6, s. 1–8.]

Lämpöpumppujärjestelmä jakaa lämmön talon lämmitysjärjestelmään, esimerkiksi vesikiertoiseen lattialämmitykseen, pattereihin tai muuhun vesijärjestelmään. Kun lämmönkeruuneste on luovuttanut lämmön lämpöpumpussa, se palaa takaisin porausreikään tai vaakaputkistoon, jossa se lämpenee uudelleen maaperän lämmöstä. Tämä kierto jatkuu, kunnes riittävä lämpöenergia on kerätty talon tarpeisiin. [7, s. 3–10.]

Maalämpöjärjestelmä on ympäristöystävällinen ja tehokas lämmitysjärjestelmä, koska se hyödyntää uusiutuvaa maaperästä saatavaa lämpöenergiaa. Se voi myös tarjota säästöjä energiakustannuksissa pitkällä aikavälillä.

### 3.4 Öljylämmitys

Öljylämmitysjärjestelmä koostuu komponenteista, kuten öljykattilasta, öljypolttimesta, säätölaitteista ja öljysäiliöstä. Energia, jota tarvitaan sekä huoneiden lämmittämiseen että lämpimän käyttöveden tuottamiseen, syntyy öljyn palamisreaktiossa syntyvästä lämmöstä. Vesikiertoisen lämmönjakojärjestelmän kautta lämpö siirtyy huoneisiin. [4, s. 2–8.]

Öljylämmitysjärjestelmä on yleinen vanhoissa rakennuksissa, mutta se ei ole enää paras valinta uusissa rakennuksissa. Nousussa oleva öljyn hinta ja ekologisuuden puute tekevät siitä kalliin, sekä vähemmän ympäristöystävällisen lämmitysmuodon.

### 3.5 Puu- ja pellettilämmitys

Puulämmitysjärjestelmässä tärkeimmät osat ovat puukattila, energiavaraaja ja lämmitysjärjestelmä. Puukattila on sydän, joka polttaa polttoaineena klapeja ja tuottaa lämpöä. Lämpö siirretään energiavaraajan avulla veteen, joka kiertää kiinteistön lämmitysjärjestelmässä ja käyttövesijärjestelmässä. Energiavaraaja vähentää lämmityksen sitovuutta ja parantaa järjestelmän energiatehokkuutta. Tarvittaessa sähkövastus kytkeytyy päälle varmistuen jatkuvan lämmöntuotannon. [8, s. 2–7.]

Pellettilämmitysjärjestelmä koostuu pellettikattilasta, pellettivarastosta ja lämmitysjärjestelmästä. Pelletit poltetaan kattilassa, joka lämmittää kiinteistöä patteri- tai lattialämmityksen kautta. Kattilassa oleva lämminvesikierukka tuottaa käyttöveden lämmityksen. Pellettivarasto on tärkeä, ja se voi olla ostettu tai itse rakennettu, mutta sen on oltava kuiva ja paloturvallinen. Pelletit siirretään kattilaan siirtoruuvim tai pelletti-imurin avulla. [8, s. 2–7.]

Nämä lämmitysmuodot tarvitsevat tilaa puun ja pelletin varastointiin ja vaativat säännöllisiä huoltoja ja puhdistusta.

### 3.6 Aurinkolämpöjärjestelmä

Aurinkolämpöjärjestelmä on energiatehokas ratkaisu lämpimän veden tuottamiseen aurinkoenergian avulla. Sen pääkomponentteja ovat lämmönsiirrin, putkisto, varaaja, pumppu sekä aurinkokeräimet ja toimii seuraavasti. Aurinkokeräimet ovat keskeinen osa järjestelmää. Nämä paneelimaiset laitteet asennetaan yleensä aurinkoiseen paikkaan, kuten katolle, ja ne koostuvat läpinäkyvästä lasista ja absorboivasta pinnasta. Aurinkokeräimet keräävät auringonvalon ja muuttavat sen lämmöksi. Lämmönsiirtäjä on aine, kuten glykoli, joka siirtää keräimistä saadun lämmön eteenpäin. [9, s. 2–7.]

Lämmitysjärjestelmä vastaanottaa lämmönsiirtäjäaineen lämmön ja voi olla esimerkiksi vesivaraaja tai lämmityskattila. Tässä vaiheessa lämpö siirretään käyttövedeen tai osaksi kiinteistön lämmitysjärjestelmää. [9, s. 2–7.]

Aurinkolämpöjärjestelmä on ympäristöystävällinen ja tuottaa energiaa. Se tarjoaa tehokkaan tavan tuottaa lämpöä ja lämmintä vettä, mikä voi merkittävästi vähentää perinteisten lämmitysmuotojen tarvetta ja säästää energiakustannuksissa pitkällä aikavälillä.

### 3.7 Hybridilämmitys

Hybridilämmitys viittaa kahden tai useamman lämmitysmuodon vuorotteluun sen mukaan, millaiset olosuhteet ja tarpeet vallitsevat. Tämä järjestelmä mahdollistaa eri lämmitysmuotojen parhaiden ominaisuuksien hyödyntämisen taloudellisesti ja ympäristöystävällisesti. [10.]

Esimerkkejä hyvin yhteensopivista hybridilämmityksen lämmitysmuodoista ovat aurinkolämpö ja ilma-vesilämpöpumppu kesällä sekä puu- ja pellettilämmitys talvella. Hybridilämmitysjärjestelmä voi myös ottaa huomioon sähkön tuntihinnan vaihtelun ja mahdolliset muut lämmitystavat, mikä auttaa optimoimaan lämmityksen tehokkuutta ja kustannuksia. [10.]

Vaikka hybridilämmitys vaatii monimutkaisemman ohjauksen kuin yksittäiset lämmitysjärjestelmät, markkinoille on tullut erilaisia ratkaisuja ja teknologioita, jotka tekevät sen hallinnasta helpompaa. Samalla erilaisten yhdistelmälämmitysmuotojen saatavuus ja käyttömahdollisuudet ovat kasvaneet, mikä tarjoaa entistä enemmän vaihtoehtoja omavaraisuuden lisäämiseen ja energiakustannusten alentamiseen.

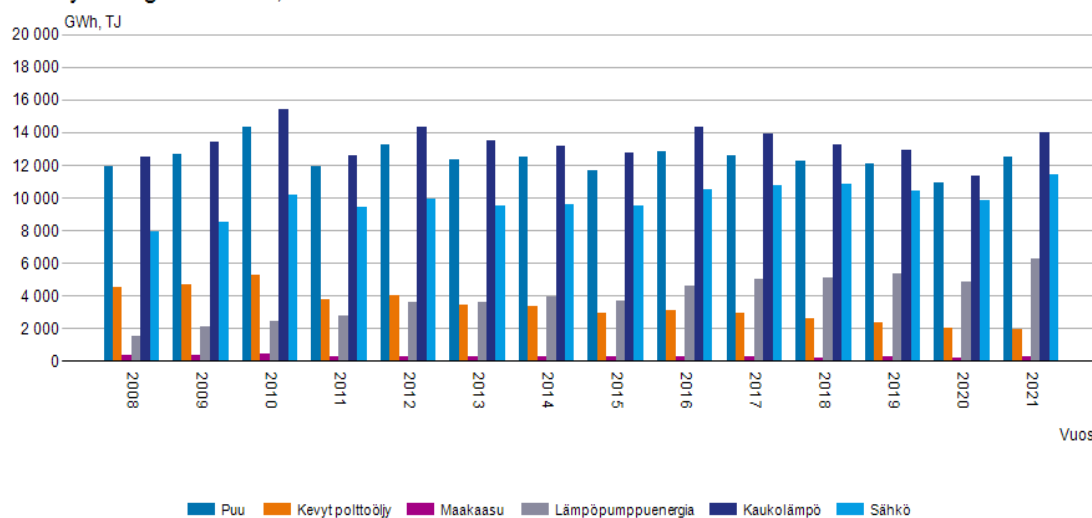
### 3.8 Lämmitysmuotojen kehitys suomessa

Suomen lämmitysmuotojen kehitys on kulkenut monivaiheisen polun vuosien varrella. Historiallisesti puulämmitys oli yleistä, mutta toisen maailmansodan jälkeen öljylämmitys yleistyi nopeasti 1950-luvulla. Sähkölämmitys oli suosittua kaupungeissa 1900-luvun lopulla ja 2000-luvun alussa, kun taas kaukolämpöjärjestelmät kehittyivät kaupunkialueilla 1960–1970-luvuilla. [3.]

Viime vuosikymmeninä uusiutuvat energialähteet ovat kasvattaneet suosiotaan (kuva 2). Maalämpö ja ilma-vesilämpöpumput ovat yleistyneet 2000-luvun alusta lähtien, ja ne hyödyntävät maan ja ilman lämpöenergiaa. Aurinkoenergiaa on myös integroitu lämmitysjärjestelmiin 2010-luvulla. [3.]

Samanaikaisesti energiatehokkuus on noussut painopisteeksi. Rakennusten eristystä on parannettu ja vanhoja lämmitysjärjestelmiä päivitetty tehokkaammiksi 2000-luvulla. [3.]

Asuinrakennusten lämmitys muuttujina Energian lähde ja Vuosi. Asuinrakennusten lämmitysenergian kulutus, GWh.



Kuva 2. Lämmitysmuotojen kehitys suomessa vuosina 2008–2021. [3.]

Suomen lämmitysmuodot on siirtymässä ympäristöystävällisempiin ja kustannustehokkaampiin vaihtoehtoihin. Yhä useammat suomalaiset kiinnostuvat uusiutuvista energialähteistä ja energiatehokkuuden parantamisesta lämmityksessään. Tämä kehitys näyttää jatkuvan tulevaisuudessa, kun pyritään vähentämään ympäristövaikutuksia ja tekemään energiahuollosta kestävämpää.

## 4 Lämmön jakaminen kiinteistöissä

Tässä luvussa käsitellään kiinteistöissä yleisimmin käytössä olevia lämmitysjärjestelmiä ja niiden toimintaperiaatteita.

### 4.1 Patterilämmitys

Patterilämmitys on yleinen lämmitysmenetelmä, joka perustuu lämpimän veden kiertoon putkistoissa ja lämmityspattereissa. Toiminta perustuu konvektioon, jossa lämpö siirtyy patterin pinnan kautta huoneilmaan. Pattereita sijoitetaan yleensä seinille, ja niitä voidaan säätää termostaatilla. [11, s. 2–10.]

Patterilämmityksen edut ovat sen kohtuulliset asennus- ja ylläpitokustannukset sekä nopea huoneiden lämmitys. Se on pitkäikäinen ja helppo huoltaa.

### 4.2 Lattialämmitys

Lattialämmitys on lämmitysmenetelmä, jossa lämpö levitetään tasaisesti koko lattian alueelle. Lattialämmityspotki tai kaapeli asennetaan lattia rakenteeseen, jossa lattiarakenne toimii suurena lämmönjakopintana. Lattialämmitys luovuttaa lämpöä pääasiassa säteilyn ja johtumisen kautta. Se voidaan toteuttaa, joko vesikiertoisena tai sähköisenä. [12, s. 2–6.]

Lattialämmityksen edut sisältävät tasaisen ja miellyttävän lämmön sekä energiatehokkuuden. Se myös mahdollistaa lämpimät lattiat vuoden ympäri, mikä tuo lisämukavuutta etenkin kylpyhuoneissa.

### 4.3 Säteilylämmitys

Säteilylämmitysjärjestelmässä asennetaan lämmityselementtejä huonetilojen sisäkattoihin. Nämä elementit lämmittävät tehokkaasti esineitä sekä pintoja, jotka vuorostaan luovuttavat lämpöä huoneilmaan. [4, s. 2–8.]

## **5 Suunnittelun vaikutus kiinteistön toimivuudessa**

LVI-suunnittelu on kiinteistön elintärkeä osa, joka kattaa lämmitys-, jäähdytys-, vesi- ja ilmanvaihtojärjestelmät. Sen tarkoitus on varmistaa kiinteistön toimivuus, energiatehokkuus ja käyttömukavuus.

LVI-suunnittelu takaa kiinteistön toimivuuden ja vaikuttaa myös merkittävästi energiatehokkuuteen. Hyvin suunnitellut lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmät vähentävät energiankulutusta ja säästävät kustannuksia pitkällä aikavälillä. Esimerkiksi energiatehokkaat lämmönjakojärjestelmät voivat vähentää lämpöhäviötä ja siten säästää lämmityskustannuksissa. Sopiva lämpötila, ilmanvaihto ja kosteusaste luovat miellyttävän ympäristön asukkaille ja käyttäjille. Tämä edistää hyvinvointia ja voi parantaa terveyttä. Kun kiinteistöön valitaan ympäristöystävällisempiä lämmitysmuotoja, kuten aurinko- tai maalämpöä, voidaan vähentää kiinteistön hiilijalanjälkeä. Välttämällä fossiilisia polttoaineita voidaan vähentää ympäristövaikutuksia. Energiatehokkuuden paraneminen ja energiakustannusten vähentäminen vaikuttavat positiivisesti myös taloudelliseen kannattavuuteen.

Yhteenvedona LVI-suunnittelu on keskeinen osa kiinteistön suunnittelua ja ylläpitoa, ja se vaikuttaa olennaisesti toimivuuteen, energiatehokkuuteen, käyttömukavuuteen, ympäristöön ja kustannuksiin. Oikein suunnitellut ja toteutetut LVI-järjestelmät parantavat kiinteistön kokonaissuorituskykyä ja hyödyttävät sekä omistajia että käyttäjiä.

## **6 Vesivirtojen mittaus- ja säätötyö ja verkoston tasapainotus**

Tässä luvussa kerrotaan, miksi järjestelmiä säädetään ja miten vesivirtojen mittaus- ja säätötyö ja siitä syntyvä verkostojen tasapainotus käytännössä tehdään.

## 6.1 Yleisesti

Vesivirtojen säätö talotekniikassa on veden virtauksen hallintaan lämmitys- tai jäähdytysjärjestelmissä. Oikealla virtauksella putkistossa saavutetaan sopiva lämmitysteho kiinteistössä, mutta myös laitteiden käyttöikä sekä toimivuus saadaan maksimoitua.

Talotekniikassa vesivirtojen säätäminen on keskeistä monista syistä, jotka kaikki liittyvät rakennuksen toimivuuteen ja sen käyttäjien mukavuuteen. Kun veden virtaus on kohdillaan, lämmitys ja viilennys toimivat tehokkaasti. Tämä tarkoittaa, että energiaa ei tuhlaata ja että järjestelmä pystyy ylläpitämään tasaiset lämpötilat rakennuksen eri osissa, mikä on olennaista asumismukavuuden kannalta. Vesivirran ollessa liian suuri energiaa kuluu tarpeettomasti, ja se voi aiheuttaa tarpeetonta rasitusta putkistolle ja muille järjestelmän osille lyhentäen niiden käyttöikää. Toisaalta, jos virtaus on liian pieni, se ei ehkä pysty siirtämään tarpeeksi lämpöä tai kylmää sinne, missä sitä tarvitaan, mikä voi johtaa epämukaviin lämpötilaeroihin tai pahimmillaan jopa laitteiston rikkoutumiseen, kuten esimerkiksi ilmastointikoneen patterin jäätymiseen.

Energiatehokkuus on myös tärkeää kustannusten ja ympäristövaikutusten kannalta. Kun vesivirrat ovat optimaaliset, lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmät käyttävät vähemmän energiaa, mikä alentaa sekä käyttökustannuksia että rakennuksen hiilijalanjälkeä. Vesivirtojen säätö auttaa myös estämään vedenvirtauksesta aiheutuvaa melua, joka voi olla häiritsevää ja vähentää asuinmukavuutta.

Lisäksi moderni talotekniikka hyödyntää älykästä automaatiota ja säätöjärjestelmiä, jotka voivat hienosäätää vesivirtoja reaaliajassa vastaamaan muuttuviin tarpeisiin. Esimerkiksi, jos ulkolämpötila laskee äkillisesti, automaatio voi lisätä lämmönvaihtimien vesivirtausta pitääkseen sisälämpötilan vakiona.

Oikein säädetty vesivirtaus varmistaa, että järjestelmät kestävät pidempään. Tämä johtaa pidempiin huoltoväleihin ja pienempiin korjauskustannuksiin pitkällä aikavälillä.

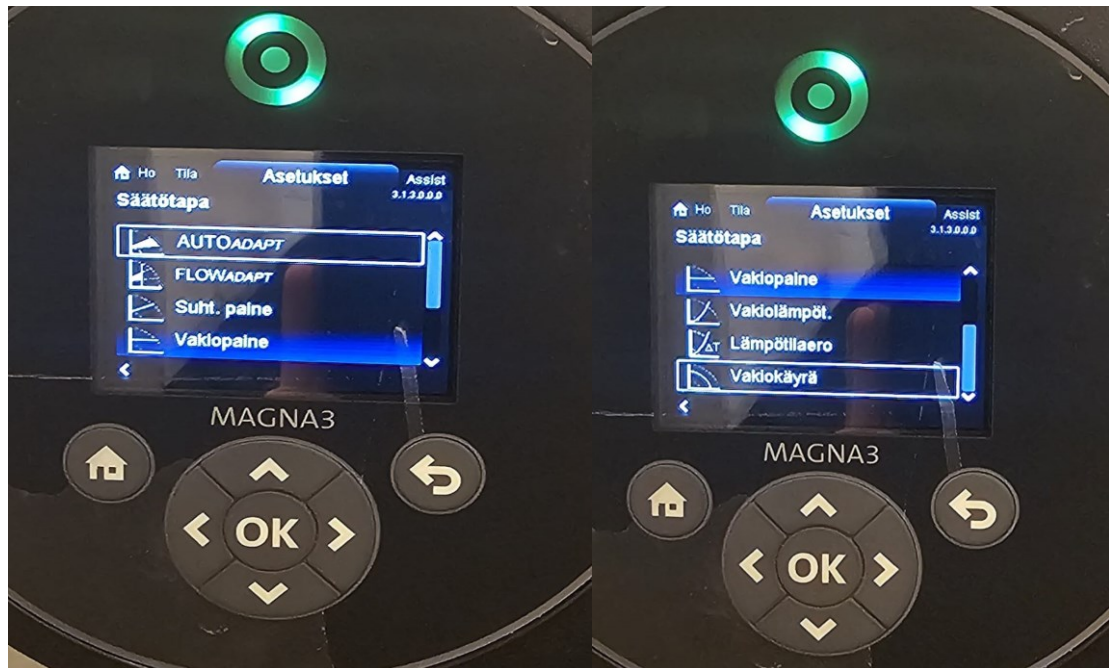
Ennen järjestelmän mittauksen ja säädön aloitusta on tarkastettava, että järjestelmä on täytetty siihen suunnitellulla lämmönsiirto nesteellä, järjestelmästä on huolellisesti poistettu kaikki ilma ja että järjestelmän venttiilit ovat auki ja mahdolliset esisäättöarvot on aseteltu kaikille venttiileille. Tarkastuksessa tulee olla hyvin huolellinen, koska kiinni oleva venttiili, tai järjestelmässä oleva ilma, voi aiheuttaa tilanteen, jossa koko järjestelmän säätötyöt on aloitettava alusta.

## 6.2 Pumput ja niiden ohjaustavat

Sekä lämmitys- että jäähdytysjärjestelmässä pumpun perustehtävä on lämmön-siirtonesteen kierrättäminen, eli pumppu siirtää nesteen, johon on sidottu energiaa, siihen osaan rakennusta, jossa sitä tarvitaan. Yksinkertaisesti tämä tarkoittaa sitä, että pumppu liikuttaa putkiston sisällä olevaa nestettä, joka on lämmitetty esimerkiksi kaukolämmön avulla. Lämmin vesi kulkee putkistoa pitkin huoneiston lämmityspatteriin, jossa lämmityspatterin sisällä kiertävä vesi luovuttaa lämpönsä huoneilmaan lämmittäen huonetta. Erityyppisiä pumppuja ovat esimerkiksi EC-pumput, taajuusmuuntajapumput ja oikosulkumoottoripumput, joita voidaan käyttää taajuusmuuntajan kanssa tai ilman. Pumpun valintaan vaikuttavat siirrettävän nesteen nopeus ja nostokorkeus.

Pumpun tuotto ilmoitetaan yleensä yksikössä ( $m^3/h$ ), jolla tarkoitetaan sitä, kuinka monta kuutiota nestettä pumpulla voidaan siirtää tunnissa. Pumpun nostokorkeus on termi, joka ilmoitetaan yleensä yksikössä (m), sitä käytetään kuvaamaan pumppujen kykyä nostaa nestettä tietylle korkeudelle tai ylläpitää painetta putkistossa. Teknisesti se viittaa pumppujen tuottamaan paine-eroon, joka on tarpeen voittamaan järjestelmän vastukset, jotka syntyvät putkistosta ja sen laitteista.

Tässä luvussa käsitellään EC-pumpun säätöä, koska se on tällä hetkellä yksi yleisimmin käytetty pumppu taloteknisissä järjestelmissä.

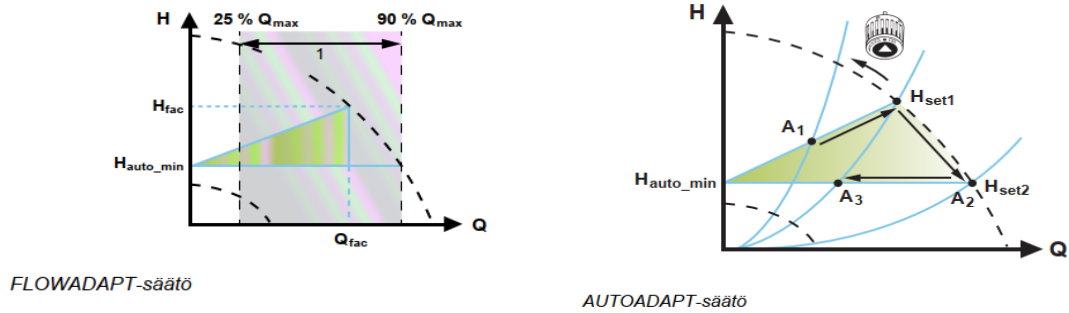


Kuva 3. Grundfos Magna 3 ohjaustoiminnot.

Yleisimpiä ohjaustapoja ovat vakiopaine, suhteellinen paine, vakiokäyrä, sekä vakiovirtaus (kuva 3).

### 6.2.1 Autoadapt- ja Flowadapt-ohjaustavat

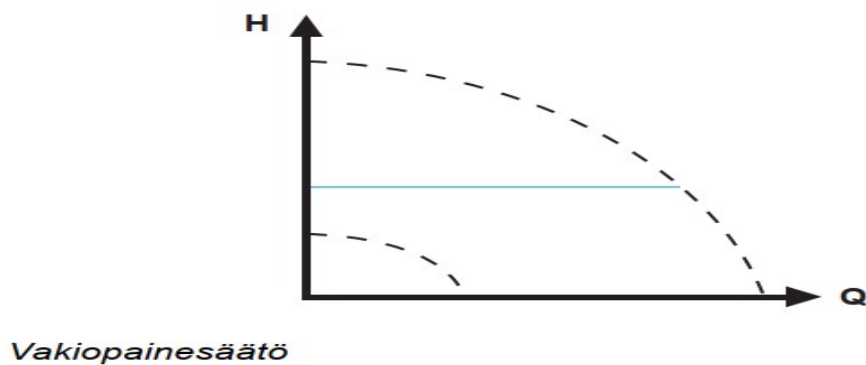
Grundfos MAGNA3 -pumpun säätötavat AUTOADAPT ja FLOWADAPT ovat niin sanottuja älykkäitä toimintoja (kuva 4). AUTOADAPT säätelee pumpun toimintaa automaattisesti järjestelmän tarpeiden mukaan optimoiden energiankulutusta esimerkiksi ulkolämpötilan muutosten mukaisesti. FLOWADAPT yhdistää automaattisen nopeudensäädön ja FLOWLIMIT-toiminnon, joka rajoittaa virtausta, estäen ylivirtauksen ja säästää energiaa. Molemmat säätötavat sopeutuvat dynaamisesti järjestelmän muuttuviin olosuhteisiin tehden pumpusta tehokkaamman ja vähentäen käyttökustannuksia älykkäissä lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmissä. [13, s. 24–25.]



Kuva 4. FLOW- ja AUTOADAPT ohjaustavat. [13.]

### 6.2.2 Vakiopaine-ohjaustapa

Vakiopaineen säätö on toiminto, joka ylläpitää tasaisen paineen järjestelmässä riippumatta virtauksen muutoksista (kuva 5). Kun tämä toiminto on aktiivinen, pumppu säätelee tehoaan automaattisesti siten, että järjestelmän paine pysyy ennalta määritetyllä tasolla. [13, s. 26.] Tämä on hyödyllistä erityisesti monikerroksisissa rakennuksissa tai laajoissa lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmissä, joissa painehäviöt ovat pieniä.

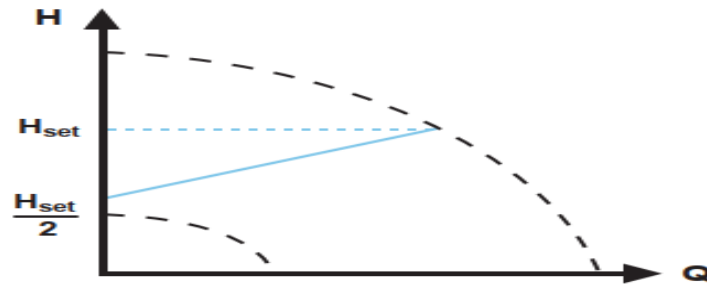


Kuva 5. Vakiopainesäätö. [13.]

### 6.2.3 Suhteellinen paine -ohjaustapa

Suhteellinen paineen säätö on toiminto, joka säätelee painetta suhteessa virtaukseen (kuva 6). Toisin sanoen kun virtaus kasvaa, pumppu lisää painetta, ja kun

virtaus vähenee, paine pienenee. [13, s. 25.] Tämä säätötapa on erityisen hyödyllinen järjestelmissä, joissa käyttöolosuhteet vaihtelevat ja jossa tarvitaan joustavaa paineenhallintaa.

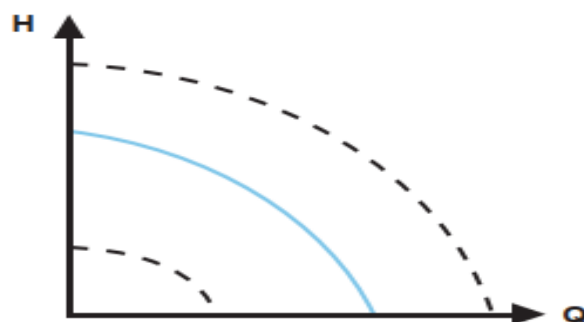


*Suhteellinen painesäätö*

Kuva 6. Suhteellinen painesäätö. [13.]

#### 6.2.4 Vakiokäyrä-ohjaustapa

Vakiokäyräsäätö tarkoittaa, että pumppu toimii kiinteällä, ennalta määritellyllä toimintakäyrällä (kuva 7). Tässä säätötavassa pumppu pyörii vakiona pidetyllä nopeudella, joka vastaa tiettyä paine- ja virtausarvojen yhdistelmää. [13, s. 27–28.] Tämä toimintatapa soveltuu hyvin tilanteisiin, joissa järjestelmän vaatimukset ovat jatkuvasti samankaltaiset ja jossa ei tarvita suuria muutoksia paineessa tai virtauksessa. Kyseinen ohjaustapa voi sopia hyvin esimerkiksi lämpimän kiertoveden ohjaukseksi, jossa yleensä painehäviöt sekä virtaus ovat vakioita.

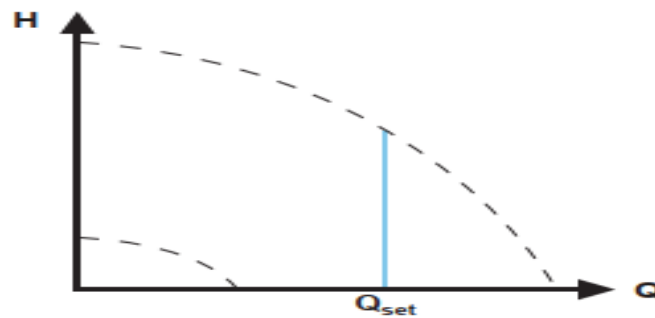


*Vakiokäyräkäyttö*

Kuva 7. Vakiokäyrä ohjaus. [13.]

### 6.2.5 Vakiovirtaus-ohjaustapa

Vakiovirtauksen säätö on toiminto, joka ylläpitää jatkuvaa ja tasalaatuista virtausta läpi järjestelmän, riippumatta muista muuttujista kuten paine-erosta (kuva 8). Tässä säätötavassa pumppu automaattisesti säätää toimintaansa pitääkseen veden tai lämmön virtauksen vakiona. [13, s. 27.] Tämä on erityisen hyödyllistä sovelluksissa, joissa on tarpeen ylläpitää tasaista virtausta jatkuvasti. Tämä ohjaustapa on hyvä yksinkertaisessa järjestelmässä, esimerkiksi ilmastointikoneen yksittäisessä lämmityspatterin kierrossa.



*Vakiovirtaama*

Kuva 8. Vakiovirtaus ohjaustapa. [13.]

### 6.3 Virtausten ja paine-erojen mittaus- ja säätölaite TA-SCOPE

TA-SCOPE on IMI Hydronic Engineering Oy:n kehittämä mittaus- ja säätölaite, joka on suunniteltu käytettäväksi nestekiertoisten järjestelmien mittauksessa (kuva 9). Se mittaa virtauksia ja paine-eroja, ja auttaa tunnistamaan ja korjaamaan tasapainotusongelmia järjestelmissä.



Kuva 9. TA-SCOPE näyttöyksikkö ja Dps-visio paine-eroanturiyksikkö

TA-SCOPE laitteella voidaan mitata useimpia vesikiertoisissa järjestelmissä käytettäviä säätöventtiileitä, joissa on mittausmahdollisuus. Laitteeseen on itsessään ohjelmoitu kaikki TA-venttiilien käyrästöt, ja siihen on mahdollista lisätä myös muiden valmistajien käyrästöjä. Laitteella on myös mahdollista mitata venttiili myös pelkkää Kv-arvoa käyttäen, jolloin ei ole merkitystä, vaikka kyseistä venttiiliä ei automaattisesti laitteesta löytyisikään. Kv-arvolla tarkoitetaan kuinka paljon vettä virtaa venttiilin läpi tunnissa, kun paine-ero on yksi baari (bar). Kv-arvolla mitatessa tulee tietää venttiilit Kv-arvo tietyssä venttiilin asennossa, ja tämä arvo on yleensä esitetty kyseisen venttiilin ohjekirjassa, joka löytyy venttiilivalmistajan kotisivuilta (kuva 10).

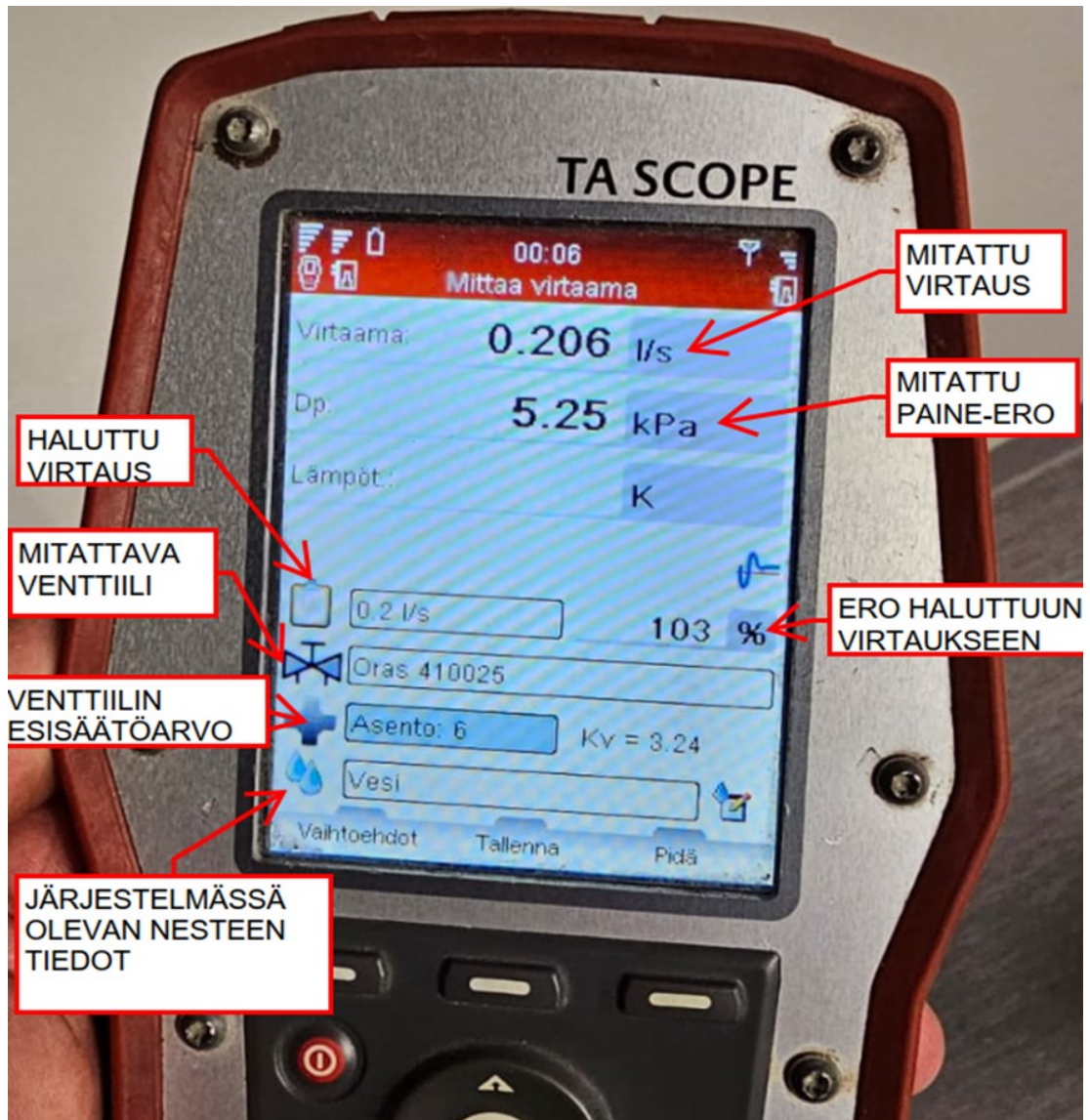
Esisäätöarvo	DN 15	DN 20	DN 25	DN 32	DN 40	DN 50
1,0	-	0,04	0,19	0,22	0,48	0,71
1,5	0,04	0,07	0,35	0,41	0,6	1,29
2,0	0,06	0,12	0,56	0,61	0,82	2,09
2,5	0,11	0,20	0,77	0,85	1,29	3,10
3,0	0,18	0,30	1,10	1,21	1,84	4,02
3,5	0,25	0,45	1,41	1,67	2,47	5,11
4,0	0,33	0,63	1,80	2,17	3,29	6,48
4,5	0,45	0,83	2,29	2,68	4,19	8,20
5,0	0,59	1,02	2,86	3,46	5,44	10,43
5,5	0,72	1,51	3,60	4,50	7,05	13,01
6,0	0,90	2,10	4,63	5,89	9,09	16,25
6,5	1,13	2,72	5,82	7,35	11,45	20,39
7,0	1,42	3,52	6,77	9,14	13,99	24,53
7,5	1,70	4,39	8,35	11,01	17,09	29,30
8,0	2,04	5,40	9,96	12,85	20,24	34,13
8,5	2,32	6,66	11,76	15	22,78	37,10
9,0	2,61	8,18	13,75	17,29	25,14	39,73

Taulukko 1. Vexven X-linjasäätöventtiilien Kv-arvot

Kuva 10. Vexve Oy:n X-linjasäätöventtiilien Kv-arvot tietyssä esisäätöarvossa. [14.]

TA-Scopen anturiyksikkö kytketään mitattavaan venttiiliin laitteen mukana tulevien mittaus letkujen avulla. Laitteen mukana tulee myös adapterit, jotka sopivat eri valmistajien venttiileihin esimerkiksi Oras Oy ja Vexve Oy, jotka käyttävät venttiileissään erilaista liitoista kuin IMI Hydronic Engineering Oy.

Venttiili mittaus SCOPE-mittalaitteella on helppoa. Dps-visio anturiyksikkö kytketään mitattavaan venttiiliin laitteen mukana tulevien mittaletkujen avulla. SCOPE-mittalaitteesta valitaan oikea mittaustila, jolloin valikosta voidaan valita mitattava venttiili. Tämän jälkeen asetellaan mitattavan venttiilin esisäätö, neste sekä haluttu virtaus. Mittari kertoo mittaustilanteessa, kuinka lähellä haluttua virtausta mittaushetkellä ollaan (kuva 11).



Kuva 11. TA-SCOPE näyttöyksikkö mittaustilanteessa.

## 6.4 Säätöventtiilit

Säätöventtiilit toimivat niin, että ne säätelevät veden virtausta lämmitys- tai jäähdytysjärjestelmän eri osiin. Säätöventtiilien tehtävänä on varmistaa, että oikea määrä kuumaa tai kylmää vettä virtaa järjestelmän läpi, jotta haluttu lämpötila saavutetaan mahdollisimman tehokkaasti. Näiden venttiilien toiminta voi olla manuaalista tai automaattista. Automaattiset venttiilit voidaan liittää rakennuksen hallintajärjestelmään, joka säätelee niitä automaattisesti esimerkiksi huone- lämpötilan tai muiden olosuhteiden mukaan. Tämä mahdollistaa tarkemman

lämpötilan säädön rakennuksessa. Seuraavaksi käydään läpi eri valmistajien yleisimmin käytössä olevia venttiileitä.

#### 6.4.1 IMI-säätöventtiilit

IMI Hydronic Engineering Oy:n säätöventtiili tarjonta on todella laaja. STAD malli on näistä yleisimmin Suomessa käytössä oleva venttiili, mutta tarjontaa on niin patteriventtiileistä ja isommista laippaventtiileistä aina automaattisiin säätöventtiileihin. Kaikkia IMI Hydronic Engineering Oy:n säätöventtiileitä, joissa on mittausvalmius, voidaan mitata TA-SCOPE mittalaitteella.

TA STAD -venttiili on säätöventtiili, jota käytetään yleisesti lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmissä rakennusten talotekniikassa (kuva 12). Kyseisen venttiilin säätöominaisuudet ovat erittäin tarkat, esisäätöarvoa voidaan muuttaa säätö osaa kääntämällä välillä 0.5-4.0, 0.1 arvon tarkkuudella (kuva 13).



Kuva 12. TA-STAD venttiili ja Dps-visio anturiyksikkö mittayhteillä.

**Kuva 1**  
Kiinni oleva venttiili



**Kuva 2**  
Auki 2,3 kierrosta



**Kuva 3**  
Täysin auki oleva venttiili



Kuva 13. TA-STAD venttiilin esisäätöarvoja. [15.]

Säätöventtiilejä ei tulisi asentaa liian lähelle mitään putkistovarustetta tai pumpua, koska silloin mittauspoikkeama kasvaa ja tulos ei näin ole luotettava. TA-STAD-venttiin suojatäisyyden tulisi olla putkistovarusteen läheisyyteen asennettaessa vähintään viisi kertaa venttiin DN-koko ennen venttiiliä ja kaksi kertaa venttiin jälkeen. Pumpun yhteyteen asennettaessa kymmenen kertaa DN-koko ennen venttiiliä ja kaksi kertaa jälkeen.

#### 6.4.2 Vexve säätöventtiilit

Vexve Oy:n valmistaa venttiilejä lämmitys-, jäähdytys- ja energiateollisuuden tarpeisiin. Vexve Oy:n venttiileitä käytetään yleensä suuremmissa lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmissä, ja siksi suurin osa venttiileistä onkin hitsattavia (kuva 14).



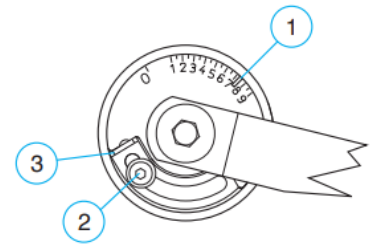
Kuva 14. Vexve Oy:n hitsattavat linjasäätöventtiilit, ylempänä uusi X-sarja.

## 4.7 Esisäätöarvojen asettaminen

Katso kuva 12

### Venttiilit ≤ DN 150

1. Aseta haluttu esisäätöarvo (1)
2. Avaa rajoittimen lukitusruuvi (2)
3. Siirrä rajoitin asteikkolevyn reunaa vasten (3)
4. Kiristä rajoittimen lukitusruuvi (2)

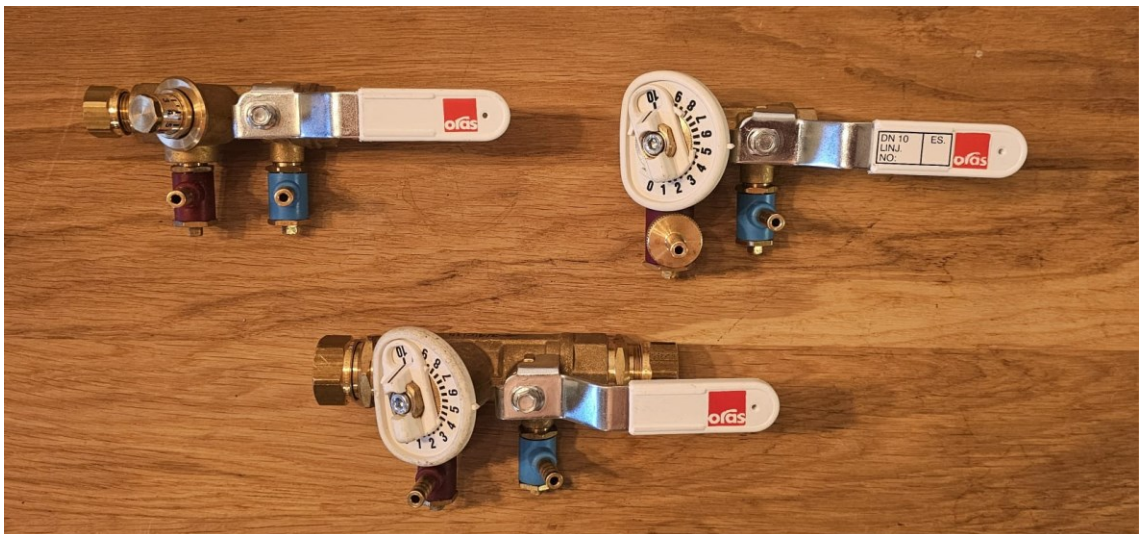


Kuva 15. Vexve Oy:n venttiilin esisäädön asettaminen. [14.]

Kyseisten venttiilien suojaetäisyydet ovat samat kuin TA-STAD-venttiilissä. Mittaus- ja säätötoissa on huomioitava oikeat mittayhteet, koska mittayhteiden malli on muuttunut uudemmissa venttiileissä. Venttiileitä voidaan mitata TA-SCOPE-mittalaitteella, joko valmiiden käyrästöjen avulla, tai käyttäen Kv-arvoa. Esisäädön asettaminen onnistuu helposti venttiilin kahvaa kääntämällä (kuva 15).

### 6.4.3 Oras säätöventtiilit

Oras Oy:n valmistaa linjasäätöventtiilejä, pumpun säätöventtiilejä ja lämpimän veden kiertoventtiilejä. Kyseiset venttiilit ovat joko kierre tai puserrus liitoksella ja venttiilejä valmistetaan koossa DN10-DN50 (kuva 16).

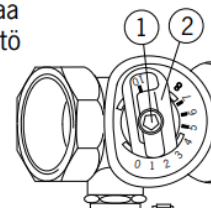


Kuva 16. Oras Oy:n säätöventtiilejä.

## Esisäätö

Piirustuksissa on ilmoitettu ko. venttiilin kohdalla haluttu linjasäätöventtiilin virtaama tai suoraan esisäätöarvo. Jos esisäätöarvo puuttuu, saadaan virtaamaa vastaava esisäätöarvo paine-erolukeman ja säätökäyrästä avulla. Venttiilin säätö haluttuun esisäätöarvoon tehdään seuraavasti:

- Löysää kiristysruuvi (1) 4 mm kuusiokoloavaimella Oras-nro 910024
- Kierrä osoitin (2) asteikkolevyn vastaavan numeron kohdalle.
- Lukitse osoitin kiristysruuvilla paikoilleen.

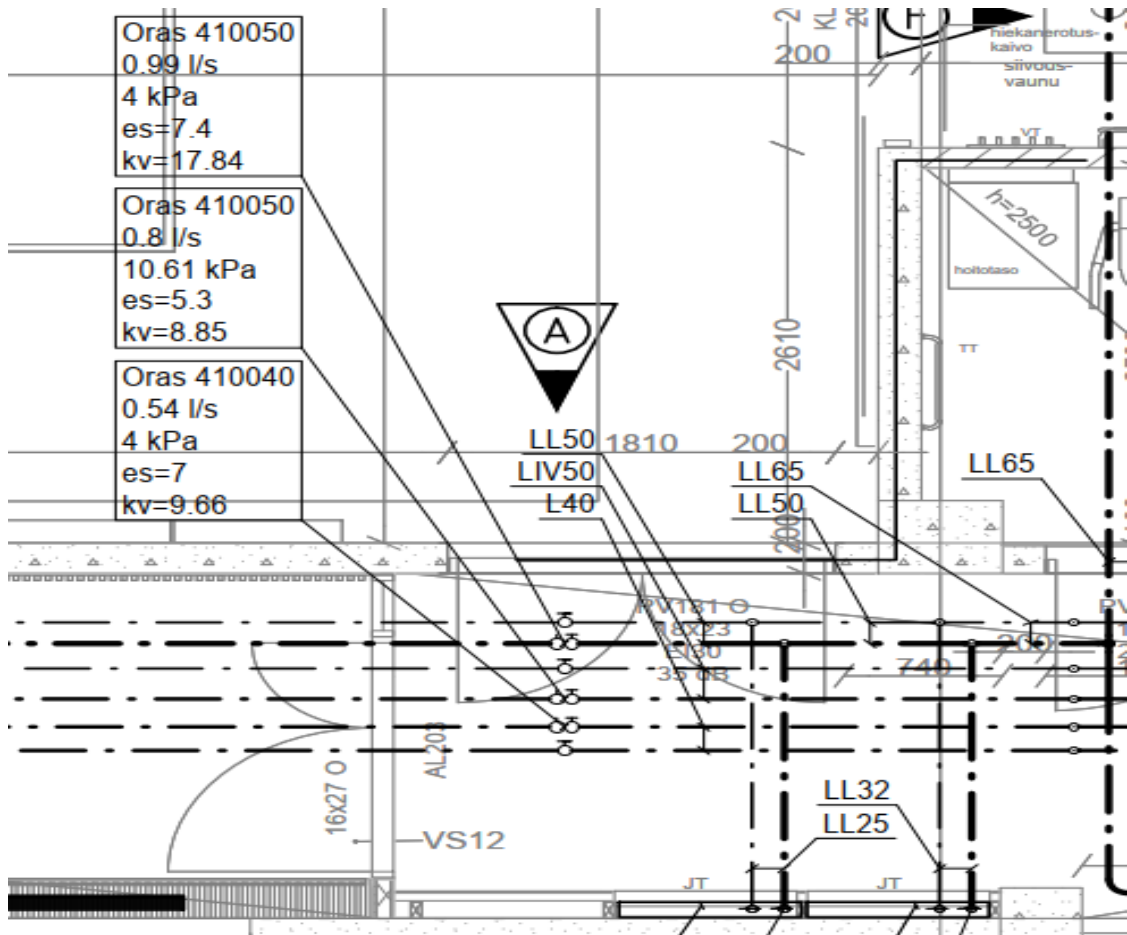


Kuva 17. Oras Oy:n venttiilin esisäätöarvon asettaminen.

Oras Oy:llä on venttiileissä käytössään samat mittayhteet kuin Vexve Oy:n vanhemmissa venttiileissä, ja esisäätöarvon asettaminen venttiiliin on varsin yksinkertaista. Kyseisissä venttiileissä pätee samat suojaetäisyydet kuin aiemmissäkin venttiileissä. Venttiileitä voidaan mitata TA-SCOPE mittalaitteella, joko valmiiden käyrästäjien avulla, tai käyttäen Kv-arvoa. Venttiileitä voidaan säätää osoitinta kääntämällä (kuva 17).

## 6.5 Esisäädöt ja niiden asetteleminen

Nestekiertoisten lämmitys- ja jäähdytysverkostojen virtauksien säädössä esisäädöt ovat keskeisiä. Venttiilien esisäätöarvot asetetaan suunnitelmien mukaisiksi. Esisäädöllä varmistetaan, että jokainen järjestelmän osa saa suunnitelman mukaista nestevirtausta. Tämä vaatii venttiilien, kuten linjasäätöventtiilien tarkan esisäätöarvon määrittämisen, joka ohjaa venttiilin läpi kulkevan nestevirtauksen määrää. Venttiilien mitoitus on tärkeää ja suositellaan, että linjasäätöventtiilien Kv-arvo on noin 50 % maksimista, jolloin säätövaraa jää molempiin suuntiin. Tämä pienentää mittausepävarmuutta ja auttaa tarkassa säädössä. Todellisuudessa verkostot eivät usein toteudu täsmälleen suunnitelmien mukaan, joten melkein kaikkia esisäätöarvoja joudutaan hienosäätämään tasapainotuksen aikana.



Kuva 18. LV-suunnitelma, jossa esitetty venttiilien tiedot.

Ylempänä olevassa kuvassa on oikeaoppisesti merkattuna kaikki tarvittava tieto, jotta venttiilin esisäätöarvo saadaan asetettua ja mittaus- ja säätötyö suoritettua (Kuva 18). Laatikosta, joka osoittaa kyseiseen venttiiliin on luettavissa ylhäältä alaspäin: Venttiilin tyyppi, suunniteltu virtaus, suunniteltu paine-ero, venttiilin esisäätöarvo sekä esisäätöarvoa vastaava Kv-arvo.

## 6.6 Mittaus- ja säätötyö

Säätöprosessissa esisäätöarvoja voidaan joutua säätämään mittauksen ja järjestelmän tasapainotuksen perusteella. Ennen mittaus- ja säätötyön aloittamista varmistetaan, että kaikki tarvittavat toimenpiteet, kuten verkoston täyttö ja ilmaus, pumppujen alustava säätö sekä suunniteltujen esisäätöarvojen asettelu

on tehty. Mittauksilla tarkistetaan venttiilien toiminta ja varmistetaan, että todellinen virtaus vastaa suunniteltua. Näin säädöt takaavat järjestelmän tasapainon ja tehokkuuden.

Ennen säätötyön aloitusta on hyvä ymmärtää mitattavan järjestelmän toiminta. Järjestelmän mittaus- ja säätötyötä edesauttaa, kun mittaaja ymmärtää, miten yksittäisen venttiilin esisäätöarvon muuttaminen vaikuttaa kyseisen järjestelmän tasapainoon. Vaikeimmissa järjestelmissä yksinkertainen apu tähän on järjestelmän kuvaaminen esimerkiksi paperille, johon sen voi kuvata itselleen yksinkertaisemmalla tavalla kuin suunnitelmissa.

Järjestelmästä tulee selvittää mitattavien venttiilien tyypit valmiiksi, ja huomioitava onko järjestelmässä esimerkiksi automatisoituja tai itsesäätäviä venttiileitä. Esimerkiksi kaikki moottoriventtiilit ovat ajettava täysin auki asentoon, jotta suunniteltu virtaus saadaan järjestelmässä toteutumaan. Lisäksi toimilaitteet ja termostaatit on joko otettava irti, tai joissain tapauksissa laitettava täysin auki asentoon.

Mittaus- ja säätötyö voidaan aloittaa, kun kaikki alustavat toimenpiteet on tehty. Työ kannattaa aloittaa varmistamalla, että pumpusta kauimmaisesta venttiilistä tai pienimmän paine-eron omaava venttiili saavuttavat halutun virtauksen. Pienimmän paine-eron omaava venttiili löydyttyä, on hyvä varmistaa, että venttiilin paine-ero on vähintään 3 kPa, jotta mittaustulos on luotettava. Tämä kannattaa muistaa myös mittausten edetessä, mutta lähtökohtaisesti paine-eron tulisi olla automaattisesti tätä suurempi. Jos virtaus on hyväksyttävissä arvoissa, voidaan olettaa, että virtaukset ovat myös muissa venttiileissä suhteellisen lähellä suunniteltua ja mittaus- ja säätötyöt voidaan aloittaa.

Virtausmittarin kytketään venttiilin mittauskohtiin, ja mittarin tulee olla samalla korkeustasolla mitattavan venttiilin kanssa tarkan mittaustuloksen saamiseksi. Yleensä mittauksen tarkkuus paranee paine-eron suurentuessa ja STAD-venttiileissä on esimerkiksi ilmoitettu mittaustarkkuus myös eri esisäätöarvoilla (kuva 19).

### Mittaustarkkuus

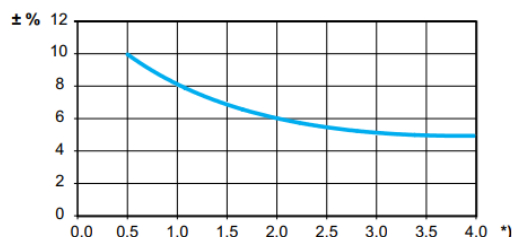
Nolla-asento on kalibroitu. Kahvan asentoa ei saa muuttaa.

#### Virtauksen muuttuminen eri esisäätöarvoilla

Kuvan 1 käyrästä on voimassa kun asennus on tehty tavanomaisin liittimin ja virtaussuunta (kuva 2) on oikea. Tämän lisäksi tulee välttää venttiilin asentamista välittömästi pumpun tai muun putkistovarusteen yhteyteen.

Venttiilit voidaan asentaa myös päinvastaiseen virtaussuuntaan. Käyrästä tiedot pätevät myös tällöin, mutta poikkeamat voivat olla suurempia (maks. 5% suurempia).

Kuva 1



\*) Esisäätökierrosten lukumäärä.

Kuva 19. STAD-venttiilin mittaustarkkuus eri esisäätöarvoilla. [15.]

Seuraavaksi venttiilin tiedot ja haluttu virtausarvo syötetään virtausmittariin. On tärkeää, että venttiilin tiedot ovat täsmälliset, sillä virheelliset tiedot johtavat väärään mittaustulokseen. Kaikki mittaustulokset kirjataan ylös ennen siirtymistä seuraavaan venttiiliin. Mittauksen jälkeen laaditaan pöytäkirja (liite 1), johon kirjataan venttiilin koko, mitattu paine-ero, suunniteltu ja mitattu virtaus sekä näiden ero prosentteina sekä pumpun asetukset. Joissakin tapauksissa venttiilien virtausmäärät merkitään myös venttiiliin kiinnitettäviin kilpiin, tämä tehdään kuitenkin vasta siinä vaiheessa, kun tulokset ovat lopullisia ja järjestelmän mittaukset ja säädöt ovat valmiina. Venttiilien esisäätöarvot lukitaan niin, ettei venttiiliä voi avata yli sen lopullisen esisäätöarvon. Useimmissa venttiileissä lukitus tehdään säätökarasta kuusiokoloavaimella.

## 7 Mittausten yleisimmät ongelmatilanteet

Mittaus- ja säätötoimenpiteissä esiintyy joissain tapauksissa ongelmia. Tässä luvussa käydään läpi yleisimpiä ongelmia, sekä ratkaisuja niihin.

LVI-verkostoissa ilman esiintyminen on yleinen ongelma. Mittaus hetkellä verkostossa liikkuva ilma esiintyy mittarissa yleensä virtauksen ja paine-eron heitelynä. Sen pystyy useasti myös havaitsemaan verkostosta kuuluvana äänenä. Ennen mittauksia verkostot tulee ilmata kunnolla, laskemalla vettä verkoston

läpi niin virtaussuuntaan, kuin sitä vastaankin. Tämä on yleensä riittävä tapa saada verkostoon jäänyt ilma sekä asennusaikana kertynyt lika verkostosta pois. Verkostoon on myös tarpeellista asentaa ilmakelloja niihin kohtiin, jossa epäillään, että ilma muodostaa ns. ilmapusseja. Eri valmistajilla on myös olemassa ilmanpoistoon tarkoitettuja laitteita/kojeita, esimerkiksi mikrokuplanpoistimia tai alipaineilmapoistimia, joita voidaan hyödyntää järjestelmän ilmauksessa.

Jos venttiiliä säädettäessä ei saavuteta toivottua virtaamaa, on varmistettava, ettei putkisto ole tukossa, venttiilejä ole suljettu, eikä ilmasta johtuvia ongelmia ole. Esimerkiksi aiemmin mainittujen moottoriventtiilien asento on syytä tarkistaa. On myös mahdollista, että venttiilin on asennettu virtaussuuntaan nähden väärin päin. Yleensä näissä tapauksissa mittari ilmoittaa negatiivista paine-eroa. STAD-mallin linjasäätöventtiilin voi mitata myös päinvastaiseen virtaussuuntaan, mutta mittaustarkkuus ei tällöin ole yhtä hyvä. On suositeltavaa, että venttiilit asennetaan oikeaan virtaussuuntaan.

Virheelliset mittaustulokset voivat johtua myös virheellisistä turvaetäisyyksistä venttiilin asennuksessa. Liian lähellä olevat käyrät tai putkiosat voivat aiheuttaa pyörteitä, jotka vaikuttavat tuloksiin. Esimerkiksi TA-STAD-venttiilin osalta on suositeltavaa, että virtaussuunnassa ennen venttiiliä on viisi kertaa venttiilin halkaisijan verran suoraa putkea ja kaksi kertaa halkaisijan verran sen jälkeen. On myös huomioitava, että TA SCOPE mittalaite on kalibroitu valtuutetulla huolto-yhtiöllä. Kalibrointi tulee suorittaa vuoden välein, ja se on tarkastettavissa mittarin asetuksista. Kalibroinnin suorittamisesta on myös oltava todistus, jonka saa kalibroinnin yhteydessä. Todistusta voidaan joissain tapauksissa vaatia esitettäväksi esimerkiksi kohteen LVI-valvojalle.

## **8 Yhteenveto**

Suomen talotekniikka Jyväskylä Oy on kohdannut haasteita työvoiman saatavuudessa ja osaamisessa liittyen verkoston säätöihin. Tämän työn tavoitteena oli tutkia ongelman syitä ja laatia ohje LV-asentajille verkoston säätötyöhön.

Tutkimuksessa keskityttiin virtausmittauksen ja verkoston säätötöiden prosessiin. Työn tuloksena syntyi opas, joka auttaa tasapainottamaan ja säätämään LV-verkostoja sekä selvittämään virtausmittauksessa yleisesti esiintyviä ongelmia. Opas tarjoaa tietoa erilaisten pumppujen säätämisestä ja selvittää niiden sekä venttiilien toimintaperiaatteita, jotka ovat olennaisia suurempien verkostojen mittauksessa. Opas otetaan Suomen Talotekniikka Oy:ssä vaiheittain käyttöön ja sitä tullaan kehittämään ja päivittämään tarpeen mukaan. Opas on esitetty kokonaisuudessaan insinööriyön liitteessä 2.

Tämän työn hyödyt eivät rajoitu vain Suomen Talotekniikka Jyväskylä Oy:n tarpeisiin, vaan se on hyödyllinen työkalu myös koko konsernille. Ohje liitetään osaksi Suomen Talotekniikka Oy:n laatujärjestelmää, ja se otetaan käyttöön tulevilla työmailla. LVI-tekniisten verkostojen säätäminen on välttämätöntä kaikissa remontti- ja uudisrakennuskohteissa, joten oppaan käyttöä voidaan laajentaa useisiin eri projekteihin.

## Lähteet

- 1 Huonelämpötilat, patterit ja termostaatit. 2023. Verkkoaineisto. Motiva. <[https://www.motiva.fi/koti\\_ja\\_asuminen/remontoi\\_ja\\_huolla/energiatehokas\\_sahkolammitys/huonelampotilat\\_patterit\\_ja\\_termostaatit](https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/remontoi_ja_huolla/energiatehokas_sahkolammitys/huonelampotilat_patterit_ja_termostaatit)> Päivitetty 17.1.2023. Luettu 8.2.2024.
- 2 Saipu-STT Oy. Yrityksen verkkosivut. Verkkoaineisto. <<https://saipu.fi/>>. Luettu 15.5.2024.
- 3 Asuinrakennusten päälämmönlähteiden kehitys 2010-luvulla. 2018. Verkkoaineisto. Tilastokeskus. <[https://www.stat.fi/til/asen/2018/asen\\_2018\\_2019-11-21\\_kat\\_001\\_fi](https://www.stat.fi/til/asen/2018/asen_2018_2019-11-21_kat_001_fi)> Päivitetty 21.11.2019. Luettu 18.6.2023.
- 4 Rakennusten lämmitys. 2006. LVI 10-10397. Rakennustieto.
- 5 Numminen, Sini; Silvikko de Villafranca, Marika; Hyysalo, Sampsa. 2023. Päälämmityslähteestä monilämmitykseen. Verkkoaineisto. Alue ja Ympäristö <<https://aluejaymparisto.journal.fi/article/view/125979/80228>> 20.6.2023. Luettu 24.8.2023.
- 6 Lämpöpumput. 2002. LVI 11-10332. Rakennustieto.
- 7 Maalämpöpumput pientalot. 2018. LVI 11-10623. Rakennustieto.
- 8 Puupellettilämmitys. 2006. LVI 11-10406. Rakennustieto.
- 9 Aurinkolämpöjärjestelmät. 2019. RT 103077. Rakennustieto.
- 10 Hybridilämmitys vähentää lämmityskuluja ja riippuvuutta yhdestä energiamuodosta. 2022. Verkkoaineisto. Lämpöykkönen. <<https://lampoykkonen.fi/artikkelit/hybridilammitys-omakotitaloon/>> Päivitetty 3.1.2024. Luettu 22.2.2024.
- 11 Vesikiertoinen patterilämmitys. 2002. LVI 12-10343. Rakennustieto.
- 12 Vesikiertoinen lattialämmitys. 2003. RT 52-10801. Rakennustieto.
- 13 Datakirja. Magna 3. Grundfos.
- 14 Linjasäätöventtiilit säätöohje. 2022. Vexve Oy
- 15 STAD-Linjasäätöventtiili DN 10-50, PN 25. 2019. Imi Hydronic Engineering Oy.



**Mittaus- ja säätöohje**

**STT**

**SUOMEN TALOTEKNIikka**

**Vesivirtojen Mittaus- ja Säätöohje**

---

## SISÄLLYSLUETTELO

<a href="#">Vesivirtojen Mittaus- ja Säättöohje</a> .....	3
<a href="#">1. YLEISTÄ</a> .....	3
<a href="#">1.1 Yleiskuvaus</a> .....	3
<a href="#">1.2 Mittausten ja säätötoimien tarkoitus</a> .....	3
<a href="#">1.3 Tarvittava laitteisto</a> .....	3
<a href="#">2. Valmistelut</a> .....	4
<a href="#">2.1 Järjestelmä</a> .....	4
<a href="#">2.2 Ilmaus ja tarkastukset</a> .....	5
<a href="#">2.3 Venttiilit ja Esisäädöt</a> .....	5
<a href="#">3. Venttiilit ja niiden esisäätöarvojen asettelu</a> .....	6
<a href="#">3.1 Yleistä</a> .....	6
<a href="#">3.2 Esisäätöarvo</a> .....	6
<a href="#">4. Pumput ja niiden säädöt</a> .....	7
<a href="#">4.1 Yleistä</a> .....	7
<a href="#">4.2 Pumpun säätäminen</a> .....	7
<a href="#">5. Mittaus- ja Säättötyö</a> .....	8
<a href="#">5.1 Yleistä</a> .....	8
<a href="#">5.2 Mittaukset ja niiden dokumentointi</a> .....	9
<a href="#">6. Yleisimmät Ongelmatilanteet</a> .....	10
<a href="#">7. Mittaus- ja Säättööiden vaiheet tiivistettynä</a> .....	10

## 9 Vesivirtojen Mittaus- ja Säättöohje

### 10 1. YLEISTÄ

#### 11 1.1 Yleiskuvaus

Tämän ohjeen on tarkoitus toimia käytännön työkaluna mittaus- ja säätötoimien sujuvuuden varmistamiseen. Ohjeella pyritään ennaltaehkäisemään yleisiä ongelmia, joita mittaus- ja säätötoimissa esiintyy. Ohjetta voidaan myös soveltaa yksittäisten rakennusosien tai järjestelmien mittaukseen ja säätöön.

#### 12 1.2 Mittausten ja säätötoimien tarkoitus

Lämmitysjärjestelmän mittauksilla ja säädöillä pyritään optimoimaan lämmityksen toiminta siten, että saavutetaan tarvittavat virtaamat putkistoihin ja lämmönluovuttimiin mahdollisimman energiatehokkaasti. Tämä tapahtuu ottaen huomioon haluttu sisäilman lämpötila ja tilojen käyttötarkoitus. Lämmitysjärjestelmät ja niihin liittyvät säädöt ovat keskeisiä tekijöitä terveellisen ja mukavan sisäilman luomisessa.

#### 13 1.3 Tarvittava laitteisto

Tämä ohje on luotu käyttäväksi silloin kun käytössä on TA-SCOPE virtausmittaria, mutta sitä voi soveltaa myös silloin, kun käytössä on jokin vastaava mittalaite.



**Kuvassa TA-SCOPE Mittalaite salkku ja tarvittavat varusteet.**

TA-SCOPE mittaa ja raportoi TA Hydronicsin venttiileiden, kuten STAD, STAF ja STAP/STAM, paine-eron, virtauksen ja lämpötilan. Laite sisältää myös toimintoja venttiilien esisäätöarvojen laskentaan ja säätöön, mukaan lukien TA Menetelmän ja TA Balancen käyttö. Lisäksi se pystyy laskemaan oikean virtaaman myös jäätyminenestoaineita käytettäessä. Tällä mittarilla pystytään mittaamaan myös muiden valmistajien venttiileitä, joko valmiiden käyrästöjen avulla, tai käyttäen Kv-arvoa.

## 14 2. Valmistelut

### 15 2.1 Järjestelmä

**Ennen säätöjen aloittamista on tärkeää perehtyä piirustuksiin huolellisesti.** Ymmärrä järjestelmän rakenne tekemällä ensisijainen tarkistus. Etsi säätöpiirit, jakelumekanismit ja yksittäiset säätöventtiilit, jaotellen järjestelmä osiin. Varmista yhteistyössä projektipäällikön kanssa, että sinulla on kaikki tarvittavat suunnitelmat ja piirustukset ja että ne ovat ajan tasalla. Joskus on hyödyllistä luoda yksinkertaistettu periaatepiirustus, josta puuttuvat kaikki perussäädön kannalta epäolennaiset osat.

On hyvä sisäistää, että kun säädät virtaamaa säätöventtiilin kautta, se vaikuttaa paine-eroon kyseisessä venttiilissä ja liittyvissä putkissa, mikä puolestaan vaikuttaa muihin saman linjan säätöventtiileihin. Kaikki virtaaman muutokset vaikuttavat jo säädettyihin venttiileihin, sillä saman linjan piirit ovat keskenään yhteydessä.

## **16 2.2 Ilmaus ja tarkastukset**

Ennen järjestelmän mittauksen ja säädön aloitusta on tarkastettava, että järjestelmä on täytetty siihen suunnitellulla lämmönsiirto nesteellä, järjestelmästä on huolellisesti poistettu kaikki ilma, ja että järjestelmän venttiilit ovat auki ja mahdolliset esisäätöarvot on aseteltu kaikille venttiileille. Tarkastuksessa tulee olla hyvin huolellinen, koska kiinni oleva venttiili, tai järjestelmässä oleva ilma, voi aiheuttaa tilanteen, jossa koko järjestelmän säätötyöt on aloitettava alusta.

## **17 2.3 Venttiilit ja Esisäädöt**

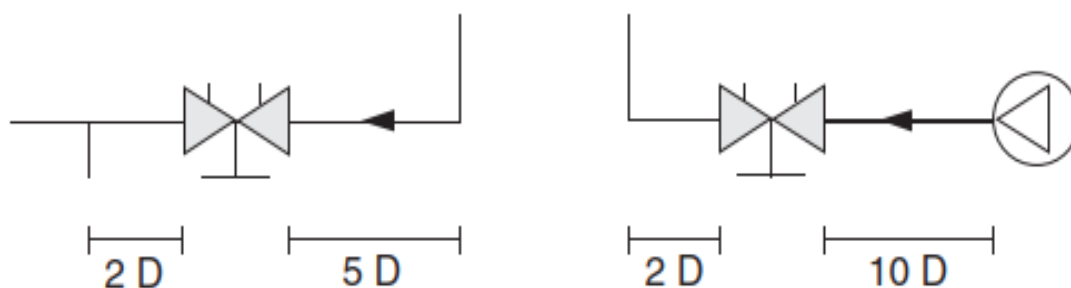
Järjestelmästä tulee selvittää mitattavien venttiilien tyypit valmiiksi, ja huomioida, onko järjestelmässä esimerkiksi automatisoituja tai itsesäätäviä venttiileitä.

Esimerkiksi kaikki moottoriventtiilit ovat ajettava täysin auki asentoon, jotta suunniteltu virtaus saadaan järjestelmässä toteutumaan. Lisäksi toimilaitteet ja termostaatit on joko otettava irti, tai joissain tapauksissa laitettava täysin auki asentoon. Venttiilien esisäätöarvot asetellaan suunnitelmien mukaisiin arvoihin.

### 18 3. Venttiilit ja niiden esisäätöarvojen asettelu

#### 19 3.1 Yleistä

Kertasäätöventtiilit ovat olennainen osa lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmiä, koska ne mahdollistavat järjestelmän modulaarisen hallinnan. Niiden avulla järjestelmä voidaan jakaa erillisiin moduuleihin, kuten laitteisiin, haarajohdoksiin, runkojohtoihin, pääjohtoihin ja tuotantoyksiköihin, ja kunkin moduulin virtaamaa voidaan säätää itsenäisesti. Tämä jakaminen mahdollistaa tarkat säädöt ja joustavuuden. Niiden avulla voidaan toteuttaa tarkkoja säätöjä ja ylläpitoa, mikä takaa järjestelmän optimaalisen toiminnan ja pitkän käyttöiän.



**Kun venttiileitä asennetaan järjestelmään, on otettava huomioon niiden vaatimat suojaetäisyydet!**

#### 20 3.2 Esisäätöarvo

Esisäätöarvo määrittelee, kuinka paljon venttiili on alun perin avoinna, mikä vaikuttaa läpi kulkevan veden määrään ja nopeuteen. Oikein määritellyt esisäätöarvot auttavat tasapainottamaan järjestelmän, varmistavat, että eri osat saavat tarvittavan määrän vettä, ja estävät epätasapainoa ja mahdollisia toimintahäiriöitä. Kun järjestelmä on asennettu, linjasäätöventtiilejä voidaan säätää tarkemmin, jotta ne vastaavat tarkalleen järjestelmän todellisia käyttöolosuhteita.

Oras 410050	< Venttiilin tyyppi
0.99 l/s	< Suunniteltu virtaus
4 kPa	< Suunniteltu paine-ero
es=7.4	< Suunniteltu esisäätö
kv=17.84	< Esisäätöä vastaava Kv-arvo

### Tarvittavat suunnitelmissa esitettävät linjasäätöventtiilien tiedot.

Venttiilit säädetään suunnitelmien mukaisiin arvoihin, eri valmistajien venttileissä on pieniä eroja esisäätöarvon asettelussa.

Kuva 1  
Kiinni oleva venttiili



Kuva 2  
Auki 2,3 kierrosta



Kuva 3  
Täysin auki oleva venttiili



Kuvassa TA-STAD venttiilin esisäätöarvon osoitin.

## 21 4. Pumput ja niiden säädöt

### 22 4.1 Yleistä

Lämmitys- tai jäähdytysjärjestelmissä pumpun päätehtävä on lämmönsiirtonesteen, eli energialla kyllästetyn nesteen, kierrättäminen rakennuksen tarvitsemiin osiin. Virtausnopeus, joka ilmaistaan kuutiometreinä tunnissa ( $m^3/h$ ), kertoo kuinka paljon nestettä pumppu pystyy siirtämään tunnissa. Pumpun nostokorkeus, ilmaistuna metreinä (m), kuvaa pumpun kykyä nostaa nestettä tiettyyn korkeuteen tai ylläpitää painetta putkistossa. Teknisesti tämä tarkoittaa paine-eroa, jonka pumppu luo voittaakseen järjestelmän vastukset, jotka johtuvat putkistoista ja niihin liittyvistä laitteista.

### 23 4.2 Pumpun säätäminen

Tämä luku käsittelee Grundfos Magna 3 -pumpun säätövaihtoehtoja, jotka ovat vakioaine, suhteellinen paine, vakioikäyrä ja vakiovirtaus. Nämä säätötavat ovat tärkeitä erilaisissa käyttöympäristöissä ja järjestelmissä. **AUTOADAPT ja FLOWADAPT säätöjä käytetään vain niissä tapauksissa, jossa se on erikseen vaadittu.**

**AUTOADAPT ja FLOWADAPT** ovat Grundfos MAGNA3 -pumpun älykkäitä

säätöominaisuuksia. AUTOADAPT säätää automaattisesti pumpun toimintaa järjestelmän tarpeiden mukaan, esimerkiksi ulkolämpötilan muutoksiin reagoiden, optimoiden samalla energiankulutusta. FLOWADAPT yhdistää automaattisen nopeudensäädön ja FLOWLIMIT-toiminnon, joka rajoittaa virtausta, estää ylivirtauksen ja säästää energiaa. Nämä säätötavat mukautuvat dynaamisesti järjestelmän olosuhteisiin, tehostaen pumpun toimintaa ja vähentäen käyttökustannuksia.

**Vakiopainesäädössä** pumppu ylläpitää tasaisen paineen järjestelmässä, säätäen tehoaan automaattisesti, jotta paine pysyy ennalta määritetyllä tasolla. Tämä on hyödyllistä monikerroksisissa rakennuksissa tai laajoissa järjestelmissä, joissa on tärkeää varmistaa tasainen lämpötila tai vedenpaine.

**Suhteellisessa painesäädössä** pumppu säätää painetta virtauksen mukaan. Kun virtaus kasvaa, pumppu lisää painetta ja päinvastoin, mikä tekee tästä säätötavasta joustavan ja hyödyllisen vaihtelevissa käyttöolosuhteissa.

**Vakiokäyräsäädössä** pumppu toimii kiinteällä, ennalta määritellyllä toimintakäyrällä, joka sopii erityisesti järjestelmiin, joissa vaatimukset ovat jatkuvasti samankaltaiset ja joissa ei tarvita suuria muutoksia paineessa tai virtauksessa.

**Vakiovirtaussäädössä** pumppu ylläpitää jatkuvaa ja tasalaatuista virtausta läpi järjestelmän, riippumatta muista muuttujista. Tämä säätötapa on erityisen hyödyllinen sovelluksissa, jotka vaativat tasaista virtausta, kuten ilmastointikoneiden yksittäisissä lämmityspatterikerroissa.

**Jos olet epävarma säätötavan valinnassa, otathan yhteyttä suunnittelijaan, tai projektin vetäjään!**

## 24 5. Mittaus- ja Säätötyö

### 25 5.1 Yleistä

Mittaus- ja säätötyön aloittaminen vesikiertoisessa lämmitys- tai jäähdytysjärjestelmässä edellyttää, että kaikki alustavat toimenpiteet on tehty.

Työ kannattaa aloittaa tarkistamalla, että järjestelmän etäisimmät venttiilit tai pienimmän paine-eron omaavat venttiilit saavuttavat halutun virtausnopeuden. Tämän jälkeen on tärkeää varmistaa, että pienimmän paine-eron

omaavalla venttiilillä on vähintään 3 kPa:n paine-ero, jotta mittaus on luotettava. Paine-eron tulisi lähtökohtaisesti olla aina tätä suurempi, mutta se on syytä tarkistaa mittauksia tehdessä. Jos virtaus on hyväksyttävissä rajoissa, voidaan olettaa, että myös muiden venttiilien virtausnopeudet ovat lähellä suunniteltuja arvoja, ja mittaus- sekä säätötyöt voidaan aloittaa.

Virtausmittarin asennuksessa on tärkeää kytkeä se venttiilin mittauskohtiin ja pitää mittari samalla korkeustasolla mitattavan venttiilin kanssa tarkan mittaustuloksen saavuttamiseksi. Mittaustarkkuus yleensä paranee, kun paine-ero kasvaa. Esimerkiksi STAD-venttiileissä mittaustarkkuus voi vaihdella eri esisäätöarvojen mukaan, mikä on otettava huomioon mittauksia suoritettaessa. Näiden vaiheiden avulla voidaan varmistaa, että järjestelmä säädettään oikein ja tehokkaasti, mikä on tärkeää sen optimaalisen toiminnan kannalta.

## 26 5.2 Mittaukset ja niiden dokumentointi

Kun mittaus- ja säätötyössä siirrytään yksittäisen venttiilin mittaukseen, ensimmäinen askel on syöttää venttiilin tiedot ja haluttu virtausarvo virtausmittariin. Tässä vaiheessa on ensiarvoisen tärkeää varmistaa, että venttiilin tiedot ovat täsmälliset. Virheelliset tiedot johtavat väärään mittaustulokseen, joka voi vaikuttaa koko järjestelmän toimintaan.

Mittaustulokset kirjataan ylös huolellisesti ennen kuin siirrytään seuraavaan venttiiliin. Näin varmistetaan, että kaikki tiedot ovat tallessa ja järjestelmällisesti järjestettyinä. Mittauksen edetessä täytetään pöytäkirjaa, johon kirjataan venttiilin koko, mitattu paine-ero, suunniteltu ja mitattu virtaus sekä näiden ero prosentteina. Lisäksi kirjataan ylös pumpun asetukset.

Joissain tapauksissa venttiilien virtausmäärät merkitään suoraan venttiileihin kiinnitettävälle kilvillä. Tämä tehdään kuitenkin vasta, kun kaikki mitaukset ja säädöt ovat valmiita ja tulokset ovat lopullisia. Tämä varmistaa, että järjestelmä on täysin säädettynä ja kaikki tiedot ovat ajan tasalla.

Venttiilien esisäätöarvot lukitaan viimeisessä vaiheessa, jolloin varmistetaan, että venttiiliä ei voi avata yli sen lopullisen esisäätöarvon. Lukitus suoritetaan yleensä venttiilin säätökarasta käyttäen kuusiokoloavainta. Tämä estää tahattomat tai asiattomat säätömuutokset, jotka voisivat heikentää järjestelmän toimintaa.

## 27 6. Yleisimmät Ongelmatilanteet

Mittaus- ja säätötoimenpiteissä LVI-järjestelmissä voi kohdata useita yleisiä ongelmia, ja näihin ongelmiin on tarjolla erilaisia ratkaisuja.

Ilman esiintyminen LVI-verkostoissa on yleinen ongelma, joka ilmenee mittauksissa virtauksen ja paine-eron heittelemisenä sekä kuultavana äänenä verkostosta. Tämän ongelman ratkaisemiseksi verkostot tulee ilmata perusteellisesti ennen mittauksia, mikä tarkoittaa veden laskemista verkoston läpi molempiin suuntiin. Tämä menetelmä auttaa poistamaan järjestelmään jääneen ilman ja asennuksen aikana kertyneen lian. Lisäksi on suositeltavaa asentaa ilmakelloja niihin kohtiin verkostoa, joissa ilma voi muodostaa "ilmapusseja". Ilmanpoistoon tarkoitettuja laitteita, kuten mikrokuplanpoistimia tai alipaineilmapoistimia, voidaan myös käyttää ilman poistamiseen järjestelmästä.

Jos venttiilin säätämisessä ei saavuteta toivottua virtaamaa, on tarkistettava, ettei putkisto ole tukossa, venttiilit suljettuina tai ilman aiheuttamia ongelmia esiinny. Tarkista myös moottoriventtiilien asento ja varmista, että venttiilit on asennettu oikein virtaussuuntaan nähden. Mikäli venttiili on asennettu väärin päin, mittari saattaa näyttää negatiivista paine-eroa.

Virheelliset mittaustulokset voivat johtua myös virheellisistä turvaetäisyyksistä venttiilin asennuksessa. Liian lähellä olevat käyrät tai putkiosat saattavat aiheuttaa pyörteitä, jotka vaikuttavat mittauksiin. On suositeltavaa, että venttiilin molemmiin puoliin on riittävästi suoraa putkea.

Lisäksi on tärkeää, että käytetty mittalaite, kuten TA SCOPE, on säännöllisesti kalibroitu valtuutetulla huoltoyhtiöllä, yleensä vuoden välein. Kalibrointitodistus on säilytettävä ja sitä saatetaan vaatia esitettäväksi esimerkiksi LVI-valvojalle.

## 28 7. Mittaus- ja Säätötöiden vaiheet tiivistettynä.

- 1. Ennen säätöjen aloittamista on tärkeää perehtyä piirustuksiin huolellisesti ja ymmärtää järjestelmän rakenne.**
- 2. Suunnitteluarvojen tarkistus: Ennen esisäädön asettamista**

**tulee tarkistaa järjestelmän suunnitteluarvot. Näihin kuuluvat virtausnopeudet, paine-erot ja muut järjestelmän toimintaan vaikuttavat tekniset tiedot.**

- 3. Venttiilin tyyppi ja kapasiteetti: Varmista, että käytössä olevat linjasäätöventtiilit sopivat järjestelmän vaatimuksiin. Jokaisella venttiilityypillä on omat ominaisuutensa ja kapasiteettinsa, jotka on otettava huomioon**
- 4. Varmista, että järjestelmä on ilmattu huolellisesti ja, että linjasäätöventtiilien esisäädöt on aseteltu suunniteltuihin arvoihin ja muut venttiilit ovat auki asennossa. Varmista, että sinulla on tarvittava laitteisto mittauksen aloitukseen.**
- 5. Säädä pumppu suunnitelmien mukaisesti ja varmista, että pienimmän paine-eron omaavalla venttiilillä on vähintään 3 kPa:n paine-ero, jotta mittaus on luotettava.**
- 6. Kun venttiilit on asetettu ja pumppu säädetty, tarkistetaan, toimiiko järjestelmä suunnitellusti. Virtausnopeudet ja paine-erot mitataan ja varmistamaan, että ne vastaavat suunniteltuja arvoja. Tarvittaessa venttiilien asetuksia säädetään uudelleen. Kaikki mittaustulokset kirjataan ylös pöytäkirjaan.**
- 7. Kun järjestelmä on tasapainossa ja virtaukset ovat suunnitelmia vastaavissa arvoissa, voidaan venttiilin tulikita ja varustaa venttiilikilvillä.**