

Jarno Reinikainen

PATTERIVERKOSTON PERUSSÄÄTÖ - MENETELMÄT JA MAHDOLLISUUDET

Opinnäytetyö
Talotekniikka


Toukokuu 2015




MAMK

University of Applied Sciences

KUVAILULEHTI

	Opinnäytetyön päivämäärä 6.5.2015
Tekijä(t) Jarno Reinikainen	Koulutusohjelma ja suuntautuminen Talotekniikka
Nimeke Patteriverkoston perussäätö – menetelmät ja mahdollisuudet	
Tiivistelmä Opinnäytetyön tavoitteena oli laatia ajan tasalla oleva aineisto vesikiertoisen patteriverkoston perussäädöstä ja siihen liittyvistä toimenpiteistä. Tämän lisäksi tavoitteena oli tuoda esille, mihin asioihin patteriverkoston toiminnassa tulee kiinnittää huomiota ja miten voidaan varmistaa järjestelmän suunniteltu toiminta. Työn tarkoituksena oli myös esitellä yleisiä lämmitys- ja patteriverkoston ilmenneviä ongelmatilanteita sekä niihin liittyviä ratkaisuja. Opinnäytetyötä varten muodostettiin projektissa mukana olleiden yritysten ja yhteistyökumppaneiden kesken ohjausryhmä, jossa asiantuntijoiden avulla perehdyttiin tarkemmin perussäätötyön eri aihealueisiin. Opinnäytetyöprosessin aikana haastateltiin useita eri talotekniikan alan ammattilaisia, jotka olivat mukana toteuttamassa työssä esitettyjen esimerkkikohteiden perussäätöhankkeita. Opinnäytetyö on tarkoitettu ohjeistus- ja opasmateriaaliksi käyttäjille, mutta mahdollisesti myös muille toimijoille, kuten isännöitsijöille. Työn tilaaja tulee hyödyntämään tätä opinnäytetyötä mahdollisuuksien mukaan omassa tiedotuksissaan. Patteriverkoston perussäätö on hankekokonaisuus alkukartoitus- ja tasapainotustyöstä lämpötilojen tarkistusmittauksiin ja dokumentointiin. Perussäätöön liittyvien toimenpiteiden tärkeyttä esitetään toimintamallin avulla, jotta säätötyön kokonaisuudesta saadaan selkeä ja havainnollistettu käsitys käyttäjille. Kiinteistön suunnitelmallisen kunnossapidon kannalta perussäätö on hyvä tehdä säännöllisesti pidemmällä aikavälillä. Perussäädön lähtökohta ja tavoite on usein lämmitysenergiankulutuksen vähentäminen. Pienentyneet lämmitysenergiankustannukset mahdollistavat säästöjen aikaansaamisen, joka on usein perussäätöprojektiin ryhtymisen peruste. Taloudellisia säästöjä tärkeämpää on kuitenkin rakennuksissa ja tiloissa toimivien henkilöiden terveellinen, viihtyisä ja toimiva sisäilmasto, jonka yhtenä merkittävämpänä toiminnan lähtökohtana on oikein toimiva patteri- ja lämmitysverkosto.	
Asiasanat (avainsanat) Lämmitysjärjestelmät, patterilämmitys, lämpöpatterit, lämmönsäätö, energiatehokkuus, energiansäästö	
Sivumäärä 64+3	Kieli Suomi
Huomautus (huomautukset liitteistä)	
Ohjaavan opettajan nimi Martti Veuro	Opinnäytetyön toimeksiantaja Motiva Oy

DESCRIPTION

 <p style="font-size: 2em; font-weight: bold; margin: 0;">MAMK</p> <p style="margin: 0;">University of Applied Sciences</p>	<p>Date of the bachelor's thesis</p> <p>6.5.2015</p>
<p>Author(s)</p> <p>Jarno Reinikainen</p>	<p>Degree programme and option</p> <p>Building services Engineering</p>
<p>Name of the bachelor's thesis</p> <p>Balancing of hydronic radiator heating systems - methods and possibilities</p>	
<p>Abstract</p> <p>The aim of this thesis was to create up to date material of the balancing of hydronic radiator heating systems and related operations. In addition, the aim was to present what issues in hydronic radiator network operations should be paid attention to and how to ensure the operation system was designed for. The aim of this study was also to present the problem situations and related solutions arising from the usual hydronic heating and radiator systems.</p> <p>For this thesis, between the companies and the partners a steering group was formed. The steering group focused on the balancing of hydronic radiator heating system in different subject areas. As part of the study interviews were conducted with a number of different HVAC technology professionals who were involved in carrying out an example of real estate balancing projects. This thesis was intended for guidance and guide material for users, but also possibly to other agents, such as property managers. The commissioner will take advantage of this thesis in their own briefing.</p> <p>The balancing of hydronic radiator heating system is a whole project from start mapping and balancing work to check measurements and documentation. The importance of balancing hydronic radiator systems and related measures are presented by way of operation model, so that the totality of balancing can be illustrated in obvious and understanding method for users.</p> <p>Systematic maintenance of the property as for balancing of hydronic radiator heating systems is profitable to do on a regular basis over a longer period. The starting point and the target of balancing is often the heating energy consumption reduction. More important than the energy consumption and financial savings, is in buildings and premises of persons acting in a healthy, comfortable and functional indoor climate.</p>	
<p>Subject headings, (keywords)</p> <p>Heating systems, radiator heating, radiators, heat regulators, energy efficiency, energy saving</p>	
<p>Pages</p> <p>64+3</p>	<p>Language</p> <p>Finnish</p>
<p>Remarks, notes on appendices</p>	
<p>Tutor</p> <p>Martti Veuro</p>	<p>Bachelor's thesis assigned by</p> <p>Motiva Oy</p>

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	1
2	RAKENNUSTEN ENERGIATEHOKKUUDEN SUUNNITTELU JA PARANTAMINEN	2
2.1	Uudisrakentaminen	2
2.2	Korjausrakentaminen	3
3	VESIKIERTOINEN LÄMMITYSJÄRJESTELMÄ	6
3.1	Lämmitysjärjestelmän osat	6
3.1.1	Lämmönlähde	7
3.1.2	Lämmönlauvutin	11
3.1.3	Lämmönjakoverkosto	13
3.1.4	Lämpöjohtoverkoston pumppu	14
3.1.5	Paisunta- ja varolaitteet	16
3.1.6	Venttiilit ja muut verkoston varusteet	17
3.2	Vesivirtojen säätö	17
3.2.1	Termostaattinen patteriventtiili	17
3.2.2	Linjasäätöventtiili	19
4	SÄÄTÖ- JA OHJAUSJÄRJESTELMÄT	20
4.1	Menoveden lämpötilan säätö ulkolämpötilan mukaan	21
4.2	Lämmönsäädin	21
4.3	Säätökäyrä	21
4.4	Lämmityksen optimointi kompensointien avulla	23
4.4.1	Paine-erokompensointi	24
4.4.2	Huonekompensointi	24
4.4.3	Sääennustekompensointi	24
5	LÄMMITYSJÄRJESTELMÄN SUUNNITTELU	25
5.1	Mitoitus ja laskenta	26
5.2	Suunnittelu- ja energialaskentaohjelmistot	26
5.3	Sisäilmasto	27
6	PERUSSÄÄTÖ	28
6.1	Toimintamalli	29
6.2	Vesivirtamenetelmä	31

6.3	Paine-eromenetelmä	31
6.4	Perussäätöön toteutus ja suoritus	31
6.5	Tasapainotus uudisrakennuksissa	33
6.6	Patteriverkoston hapeton täyttö	33
7	ONGELMATILANTEIDEN TUNNISTAMINEN	34
7.1	Ilma ja lika patteriverkostossa	34
7.2	Ilmanvaihdon vaikutus.....	35
7.3	Lämmitysverkoston korroosion esto.....	37
7.4	Laitteiden käyttöajat ja -ajat	38
7.5	Laitteiden vikatilanteet	39
7.6	Taloteknisten laitteiden ja järjestelmien häiriöt ja huoltotoimenpiteet.....	40
7.6.1	Alhainen tai korkea huonelämpötila	40
7.6.2	Lämmitysverkoston veden lämpötila liian alhainen tai korkea	41
7.6.3	Lämmitysverkoston paine.....	41
8	SUUNNITELMALLINEN KUNNOSSAPITO.....	42
8.1	PTS	43
8.2	Huolto	43
9	KÄYTETTÄVÄT LASKENTAMENETELMÄT.....	43
9.1	Lämmitysenergiankulutus.....	44
9.2	Ominaiskulutus ja lämpöindeksi.....	45
9.3	Takaisinmaksuaika	46
9.4	Kaukolämpöveden jäähtymä	46
10	ESIMERKKIKOHTAIDEN KUVAUS	46
10.1	Turun ammattikorkeakoulu, Ruiskatu 8, Turku	46
10.2	As Oy, Pajamäentie 2, Helsinki	48
10.3	VVO, Saarenvainionkatu 17, Kaukajärvi, Tampere	49
11	TULOKSET	50
11.1	Ruiskatu 8, Turku	50
11.2	Pajamäentie 2, Helsinki	52
11.3	Saarenvainionkatu 17, Tampere	54
12	TULOSTEN TARKASTELU	56
13	JOHTOPÄÄTÖKSET.....	59
	LÄHTEET	61

LIITTEET

- 1 Lämmönsiirtimien mitoituslämpötilat, K1/2013
- 2 Lämpimän käyttöveden kulutuksen oletusarvot
- 3 Käyttöraportissa annettava vertailuryhmän lämpöindeksi kWh/m³

1 JOHDANTO

Patteriverkoston perussäätö on tärkeä osa rakennuksen vastaanottoa ja suunnitelmallista kunnossapitoa. Vesikiertoisten lämmitysjärjestelmien perussäätö vaikuttaa merkittävästi lämmitysenergian kulutukseen erityisesti kiinteistöissä, joissa on useita huoneistoja. Näin ollen patteriverkoston perussäätö on välttämätön toimenpide ennen uudisrakennuksen käyttöönottoa, tai jos olemassa olevan rakennuksen lämmöntarve muuttuu. Patteriverkoston perussäätö on hyvä tehdä suunnitelmallisen kunnossapitoon nähden säännöllisesti myös pidemmällä aikavälillä, vaikka suoranaisia muutoksia kiinteistön lämmöntarpeissa ei olisikaan tapahtunut.

Patteriverkoston lämmönluovutuksen säätöihin ja toimintoihin vaikuttavien nykyi-
kaisten tekniikoiden ja laitteiden toiminnan kuvaaminen on yksi keskeisimmistä työn aiheista. Tämän lisäksi esitetään patteriverkoston perussäädön toteutus ja toimintaa edistävien uusien palveluiden ja teknisten ratkaisujen vaihtoehtoja. Tekniikoita ja laitteita tarkastellaan energiatehokkuuden, olosuhteiden ja energiataloudellisuuden kannalta toteutuneiden kohteiden avulla.

Työn tilaaja Motiva Oy on asiantuntijayritys, joka edistää energian ja materiaalien tehokasta ja kestävästä käyttöä julkisen hallinnon, yritysten ja yhteisöjen sekä kuluttajien tarpeisiin. Opinnäytetyö on osa Motivan lämmitysjärjestelmien säätöä koskevaa hanketta, jossa on mukana useita yrityksiä ja yhteistyökumppaneita sekä Ympäristöministeriö. Hanketta varten on perustettu erillinen ohjausryhmä, joka on kommentoinut muun muassa opinnäytetyön sisältöä.

Työn tavoitteena on lisäksi tuottaa ja päivittää materiaalia liittyen patteriverkoston toimintaan ja perussäätöön. Opinnäytetyö toimii materiaali- ja tietolähteenä, jonka avulla kootaan aineisto sähköisessä muodossa Motivan internet-sivuille. Aineiston ensisijaisena kohderyhmänä ovat kiinteistöjen käyttäjät ja omistajat.

2 RAKENNUSTEN ENERGIATEHOKKUUDEN SUUNNITTELU JA PARANTAMINEN

Yhteiskunnan kestävä kehityksen tavoitteet ovat nykyään johtava periaate ja lähtökohta kaikissa toiminnoissa. Maapallolla olevien resurssien rajat asettavat taloudellisesti, sosiaalisesti, kulttuurisesti ja ekologisesti kestäväälle kehitykselle suuria vaatimuksia. Energiatehokkuudella tarkoitetaan vaihtoehtoisia teknisiä toimenpiteitä energiankulutuksen vähentämiseksi. Energiatehokkuuden ensisijaisena tavoitteena on kasvihuonekaasupäästöjen kustannustehokas vähentäminen. Energiatehokkuus voidaan lyhyesti määritellä energiankäytön hyötysuhteeksi.

Rakennuksissa käytettävän ja rakentamiseen kuluvan energian osuus energian loppukäytöstä on yli 40 prosenttia ja kasvihuonepäästöistä lähes 40 prosenttia /1, s. 9/. Rakennuskanta uusiutuu hitaasti, joten olemassa olevien rakennusten vaikutukset Suomen energiankulutukseen ja päästöihin kestävät vuosikymmeniä ja rakentaminen siirtyy yhä enemmän korjausrakentamiseen /2, s.2/. Suomessa korjausrakentamisen energiatehokkuusvaatimuksilla ja suunnitelmallisen kunnossapidon edistämällä tavoitellaan noin 25 prosentin säästöä rakennusten energiankulutuksessa ja noin 45 prosentin säästöä hiilidioksidipäästöissä vuoteen 2050 mennessä /3, s. 11/.

Energiatehokkuudella on suotuisia vaikutuksia luonnonvarojen riittävyydelle ja kestäväälle kehitykselle. Energiatehokkuuteen liittyvät määräykset lisäävät tietoisuutta rakennusten energiankäytöstä ja ohjaavat energiatehokkaisiin valintoihin. Energiatehokkuussopimukset on todettu erinomaiseksi tavaksi parantaa energiatehokkuutta. Ammattitaitoisesti toteutetut energiaremontit parantavat usein myös asumisen laatua.

2.1 Uudisrakentaminen

Nykyään rakennusten energiamääräykset siirtävät uudisrakentamisen energiatehokkuuden ohjauksen osakohtaisista vaatimuksista kokonaisenergiatarkasteluun. Kokonaisenergiatarkastelu mahdollistaa rakennuksen energiatehokkuuden kuvaamisen E-luvulla. Rakennuksen E-luku kuvaa rakennuksen energiankäytön vaikutuksia ympäristöön ja luonnonvaroihin. E-luvun käytöllä pyritään vaikuttamaan uusiutuvan energian käyttöön rakennuksissa sekä tehokkaaseen energiatuotantoon. E-luku kertoo käytännössä, onko rakennus luonnonvarojen käytön kannalta energiatehokas vai ei.

E-luvun yksikkö on kilowattitunti lämmitettyä nettoalaa kohden vuodessa (kWh/m²). E-luku määritetään rakennuksen standardikäytön mukaiselle käyttötilanteelle laskennallisen vuotuisen ostettavan energiankulutuksen avulla, painottaen lukua energiamuotojen kertoimilla. E-luku saadaan, kun eri energiamuotojen kertoimilla painotetut laskennalliset ostoenergiat lasketaan yhteen.

Rakennusten energiatehokkuus ratkaistaan pääosin jo hankesuunnitteluvaiheessa. Tuolloin suunnitellaan rakennuksen sijainti, ilmansuunta, tilatarpeet, sisäilmastovaatimukset ja energian kulutustaso koko elinkaaren ajaksi. Elinkaarikustannusten selvittäminen tarvitsee tuekseen rakennuksen energiantarvelaskelmat rakennusosien lämpöteknisten ja suunnitellun käyttötehokkuuden mukaisesti. Laskelmien avulla saadaan tehtyä energiatodistus, joka on lakisääteinen asiakirja rakennuksen energiantarpeesta viranomaisille, kiinteistön omistajille, ostajille ja vuokralaisille. Uudisrakennuksissa se vaaditaan rakennusluvan antamisen yhteydessä ja olemassa olevassa rakennuskannassa tietyin rajauksin määrittelemään rakennuksen energiatehokkuuden, kun rakennus tai siinä olevia huoneistoja myydään tai vuokrataan. /4, s.179,150./

Uudisrakentamiseen koskevia määräyksiä ja ohjeita käsitellään Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa D5, D3 ja D2. Osa D5 antaa ohjeita rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskennasta. Rakennusten energiatehokkuus 2012 D3 käsittelee tilojen lämmitys- ja jäähdytysenergiaa, rakennuksen lämpöenergiaa ja rakennuksen uusiutumaton primäärienergiaa, joille annetaan sallittuja yläraja-arvoja. Osa D2 sisältää määräyksiä ja ohjeita terveellisen sisäilmaston saavuttamiseksi rakentamisessa.

2.2 Korjausrakentaminen

Olemassa olevan rakennuskannan korjaaminen yleistyy jatkuvasti. Samaan aikaan Suomen rakennuskanta uudistuu hitaasti, joten energiansäästötoimenpiteet on kohdistettava myös olemassa olevaan rakennuskantaan. Asiantuntijat ovat arvioineet korjausrakentamisen kasvavan 2-3 prosenttia vuodessa. Tällä hetkellä ja tulevaisuudessa tyypilliset korjaushankkeet keskittyvät 1960 - 1980-luvulla rakennettuihin kiinteistöihin. /3, s. 9/. Tällöin rakennettujen rakennusten korjaustarve erityisesti talotekniikan osalta on lisääntymässä. Samanaikaisesti kiristyvät energian säästöön tähtäävät mää-

räykset asettavat haasteita korjausrakentamiselle. Pienentyneellä energian käytöllä alennetaan rakennuksien ympäristöpäästöjä ja ylläpitokustannuksia sekä saadaan aikaisempaa tasoa edullisempi kokonaiskustannus /4, s. 28/. Talotekniikan energiatehokkuutta voidaan parantaa muun muassa lämmitysverkoston toimintaa tehostamalla, jolloin rakennus tarvitsee vähemmän lämmitysenergiaa.

Rakennusten korjaaminen vain energiatehokkuuden parantamisen vuoksi ei ole yleensä kannattavaa tai järkevää. Näin ollen suuri hyöty saavutetaan, kun energiatehokkuutta parantavat korjaukset tehdään pakollisten korjausten kuten putkiremontin yhteydessä. Etenkin vanhojen rakennusten lämmitysenergiassa on paljon säästöpotentiaalia, sillä niiden energiankulutus voi olla moninkertainen verrattuna nykynormein rakennettuun rakennukseen. /5, s. 7./

Rakennuksen energiatehokkuuden parantamiseen liittyen korjaus- tai muutostyöhankkeita käsitellään Ympäristöministeriön asetuksen 4/13 mukaan, joka tuli voimaan kaikkien rakennusten osalta 1.9.2013. Korjaus tai muutostyöhankkeeseen ryhtyvän on lupaann tarvittavan suunnittelun yhteydessä esitettävä toimenpiteet, joilla rakennuksen energiatehokkuutta aiotaan parantaa rakennusosittain, järjestelmittäin tai koko rakennuksesta hankkeen laajuuden mukaisesti, jos se on teknisesti, toiminnallisesti ja taloudellisesti toteutettavissa. Asetuksen mukaan säästöjä voidaan saada aikaan muun muassa lämpöhäviöiden vähentämisellä, tehokkaampien lämmön talteenottolaitteistojen sekä sähkön tehokkaamman käytön ja uusiutuvien energialähteiden käytöstä. /2, s. 2./

Energiatehokkuudelle on määritelty asetuksessa vähimmäisvaatimukset silloin, kun kyse on rakennuksen luvanvaraisesta korjaamisesta, käyttötarkoituksen muuttamisesta tai teknisten järjestelmien uusimisesta. Tällaisia ovat esimerkiksi laajat peruskorjaukset, rakennuksen ulkovaipan korjaukset ja teknisten järjestelmien uusiminen, jolloin tarvitaan yleisesti rakennus- tai toimenpidelupa. Kiinteistön omistaja päättää milloin ja missä laajuudessa korjausrakentamiseen ryhdytään ja mitkä ovat parhaat keinot parantaa energiatehokkuutta säädösten puitteissa. Korjausrakentamiseen ryhtyminen on vapaaehtoista. /6./

Asetuksen mukaan rakennushankkeeseen ryhtyvän on energiatehokkuuden parantamisen yhteydessä tai parantavien toimenpiteiden jälkeen todennettavasti varmistettava lämmitys- ja ilmanvaihtojärjestelmän oikea ja energiatehokas toiminta. Tämän lisäksi

on tehtävä tarpeellisin osin taloteknisten järjestelmien tasapainotus ja säätö. Tehdyistä toimenpiteistä esitetään todennus rakennusvalvontaviranomaiselle luvanvaraisen työn loppukatselmuksen yhteydessä. /7./

Energiatehokkuutta parantavia toimenpiteitä ei tarvitse toteuttaa, mikäli ne eivät ole teknisesti, toiminnallisesti tai taloudellisesti mahdollisia esimerkiksi perusteltuna kohtuuttomana takaisinmaksuaikana. Energiatehokkuutta kannattaa kuitenkin parantaa osana normaalia korjausrakentamista ja suunnitelmallista kiinteistön kunnossapitoa /6/. Korjaushankkeiden yhteydessä on tärkeää kiinnittää huomiota energiatehokkuuden parantamiseen mahdollisten taloudellisten säästöjen lisäksi myös terveellisyyteen ja viihtyisyyteen. Huomioitavaa on, ettei ehjää ja toimivaa kiinteistöä kannata korjata pelkän energiansäästön takia. /3, s. 9./

Asetuksessa annetaan kolme vaihtoehtoista tapaa, miten energiatehokkuuden parantaminen toteutetaan ja todetaan.

1. Ensimmäinen vaihtoehto on energiatehokkuuden parantaminen rakennuskohteisesti. Silloin korjattujen tai uusittujen rakennusosien, kuten ulkoseinien, yläpohjan, alapohjan, ikkunoiden ja ovien lämmönpitävyyden on oltava vaatimusten mukainen tai parempi.
2. Toisena vaihtoehtona on pienentää rakennuksen standardikäyttöön perustuvaa energiankulutusta. Tällöin tarkastellaan koko rakennuksen vuosittaista, normaalikäytössä syntyvää laskennallista energiankulutusta suhteessa rakennuksen pinta-alaan.
3. Kolmantena vaihtoehtona on laskea rakennukselle ominainen, rakentamisaikakohdan mukaisilla tai viimeisimmän käyttötarkoituksen muutoksen mukaisilla tiedoilla laskettu kokonaisenergian kulutus eli E-luku, jota pienennetään vaadittuun tasoon. Näin ollen rakennuksen kokonaisenergiankulutus saa olla enintään säädettyjen vaatimusten mukainen.

Korjaushankkeen energiatehokkuuteen koskevia säädöksiä ovat /8/:

- Ympäristöministeriön asetus 4/13
- Maankäyttö- ja rakennuslain muutos 958/2012

- Laki rakennuksen energiatodistuksesta 50/2013
- Rakennusten energiatehokkuusdirektiivi 2010/31/EU
- Laki rakennusperinnön suojelemisesta 498/2010.

3 VESIKIERTOINEN LÄMMITYSJÄRJESTELMÄ

Nestekiertoisessa järjestelmässä lämpö tuotetaan keskitetysti yhdessä paikassa ja jaetaan käyttöpaikoille lämmönsiirtonesteen avulla. Yleisin lämpöä siirtävä väliaine on vesi hyvän lämmönsiirtokykynsä vuoksi. Vesi lämmitetään lämmönlähteessä ja kierrätetään lämmönjakoverkoston pitkin lämmönluovuttimille lämmittämään huonetilaa /9, s. 119/. Vesikiertoisen lämmitysjärjestelmän tehtävä on ylläpitää rakennuksissa terveelliset ja viihtyisät lämpöolot muuttuvissa ulkoilman olosuhteissa. Hyvä sisäilmasto edistää käyttäjien terveyttä ja viihtyvyyttä sekä nostaa työtehoa. Vesikeskuslämmityksen tehtävä on tuottaa rakennuksen, ilmanvaihtoilman ja käyttöveden lämmityksessä tarvittava teho ja energia.

Rakennuksen koolla on suuri merkitys lämmitysjärjestelmän valintaan. Mitä suurempi kiinteistö on, sitä enemmän se tarvitsee lämmitysenergiaa. Kiinteistön koon lisäksi käyttäjien käyttötottumuksilla on huomattava vaikutus rakennuksen energian kulutukseen. Erityisesti lämpimän käyttöveden kulutuksessa voi olla suuria eroja käyttäjien kesken /10/. Lämmitysjärjestelmän valinnassa on hyvä huomioida, että useimmat lämmitysjärjestelmät vaativat erillisen teknisen tilan ja näin ollen riittävästi tilaa tarvittaville laitteille. Osa lämmitysjärjestelmistä, kuten puu-, hake-, ja pellettilämmitys vaativat lisäksi varastotilaa.

3.1 Lämmitysjärjestelmän osat

Lämmitysjärjestelmä on suunniteltava ja rakennettava sellaiseksi, että rakennuksessa saavutetaan käyttötarkoituksen edellyttämät sisäolosuhteet energiatehokkaasti. Rakennuksen lämmitysmuoto määrää, mitä laitteita ja osia kyseinen lämmitysjärjestelmä tarvitsee toimiakseen oikein suunnitelmien ja käyttötarkoituksensa mukaisesti. Lämmitysmuodosta riippumatta lämmitysjärjestelmän toiminnan kannalta tärkeimmät ja keskeisimmät osat ja laitteet ovat samoja.

3.1.1 Lämmönlähde

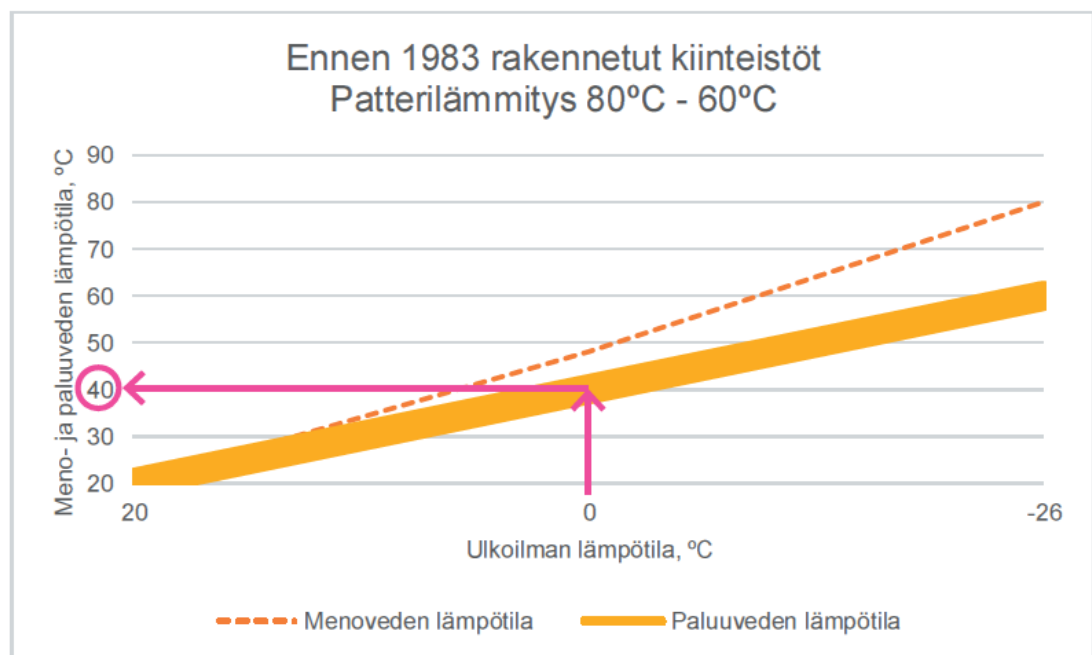
Keskuslämmitys koostuu rakennuksen omasta lämmönlähteestä tai rakennuskohtaisesta kaukolämmön alakeskuksesta. Rakennuksen oma lämmönlähde voi olla öljy-, puu-, kaasu-, hake- tai pellettilämmityksellä toimiva kattilalaitos. Vesikiertoisia lämmitysjärjestelmiä ovat myös useimmat lämpöpumppujärjestelmät sekä aurinkokeräimet. Vesikiertoisien keskuslämmityksen vesi voidaan lisäksi lämmittää myös sähköllä. Lämmitysjärjestelmän valinta vaikuttaa ratkaisevasti rakennuksen elinkaaren aikaisiin energiakustannuksiin ja -kulutukseen ja siten myös ympäristöön. Mahdollisimman vähän ympäristöä kuormittava lämmitysjärjestelmä on tulevaisuuden kannalta turvallinen valinta. Yhtä ja parasta lämmitystapaa ei ole määritetty, vaan sopivin ratkaisu määräytyy monien asioiden perusteella, muun muassa rakennuksen koon ja rakennuspaikan mukaan. /10./

Rakennuksen sijainti voi rajoittaa energiamuodon valintaa. Maaperän laatu ja tontin koko vaikuttavat esimerkiksi siihen, voidaanko asentaa maalämpöpumpun vaatima putkisto. Tontin alueella olevat maanalaiset putkistot, tunnelit tai muut rakenteet tai pohjaveden pilaantumisen riskit voivat myös rajoittaa luvansaantia maalämmölle. Kaukolämpö ja maakaasu voidaan käytännössä valita vain olemassa olevien jakeluverkostojen läheisyydessä. Lämmitysmuotoa, kuten kaukolämmön käyttöä voidaan vaatia tai rajata kaupunkikohtaisissa kaavamääräyksissä. Tontin suuntaus, muoto sekä puusto taas vaikuttavat merkittävästi aurinkokerääjien saamaan lämpömäärään. /10./

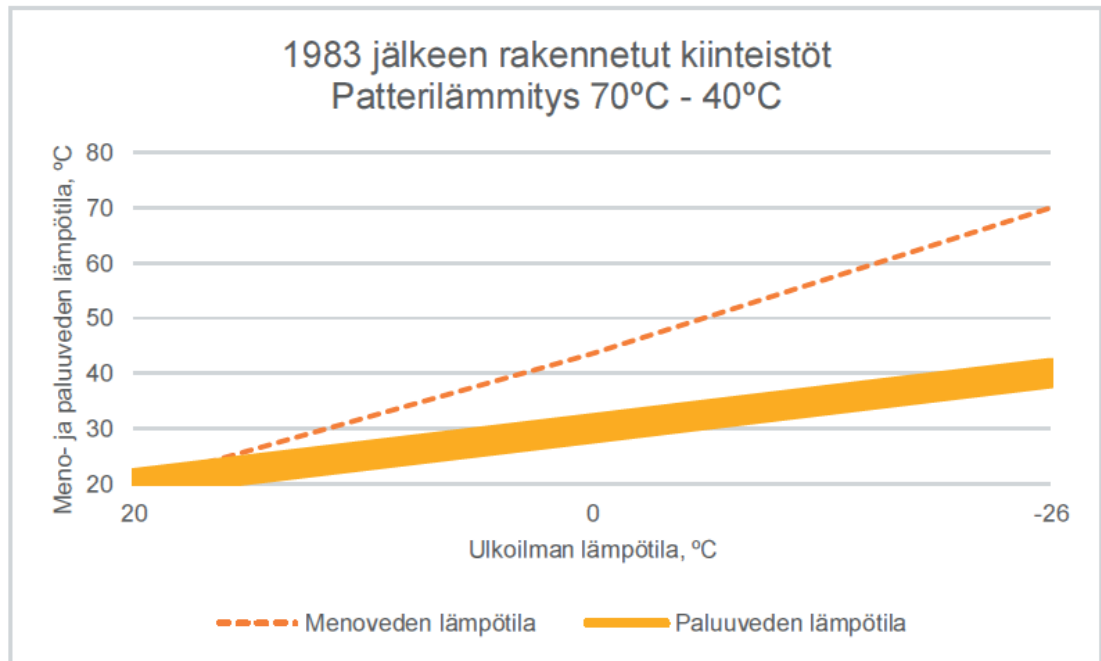
Suomen yleisin lämmitysmuoto on kaukolämpö, jonka lämpö tuotetaan keskitetysti kaukolämmön tuotantolaitoksissa ja siirretään kaukolämpöverkkoa pitkin asiakkaan lämmönjakokeskukseen. Kaukolämmityksen etuina pidetään varmuutta, energiatehokkuutta ja ympäristömyönteisyyttä, jotka perustuvat siihen, että kaukolämmitys hyödyntää sähköntuotannosta syntyvää lämpöenergiaa /11/. Kiinteistöissä kaukolämpövesi luovuttaa asiakkaan kaukolämmön lämmönjakokeskuksen lämmönsiirtimien välityksellä lämpöä kiinteistön lämmitys-, ilmanvaihto- ja lämpimän käyttöveden verkkoihin /12, s. 8/. Lämmönjakokeskuksen laitteita ennen lämmönsiirtimiä kutsutaan ensiöpuolen laitteiksi ja kiinteistön lämmitysverkostoa, käyttövesiverkostoa ja niiden osia taas toisiopuolen laitteiksi /5, s. 10 - 11/. Kaukolämpövesi ei kierrä talojen lämmitysverkostossa. Kaukolämpöverkostossa virtaava vesi usein värjätään, jotta mahdolliset putki- ja lämmönsiirrinlaiteviat havaitaan. Tulevan kaukolämpöveden

lämpötila vaihtelee sään mukaan 65 °C - 115 °C ja tuotantolaitoksiin palaavan veden lämpötila vaihtelee 40 °C - 60 °C välillä /11/. Kiinteistöön tulevan ja sieltä palaavan kaukolämpöveden lämpötilojen eroa kutsutaan jäähtymäksi. Kaukolämmön meno- ja paluuveden välinen lämpötilaero on pienimmillään kesäaikana, jolloin lämmitystä tarvitaan ainoastaan käyttöveden lämmittämiseen. Kesäaikana kaukolämmön jäähtymä on noin 15 °C - 30 °C. Lämmityskaudella eli talviaikana lämpötilaero voi olla 50 °C - 70 °C, hetkittäin jopa 80 °C. /13./

Kaukolämmitettyjen kiinteistöjen lämmitysjärjestelmän energiankäytön ja käyttöturvallisuuden tehostamiseksi on meno- ja paluuveden toimintalämpötiloille esitetty ohjeellisia lämpötila-arvoja eri ulkoilman lämpötiloille. Kiinteistöt, jotka ovat patterilämmityksellä toimivia, on jaettu kahteen kuvaajaan, ennen vuotta 1983 (kuva 1) ja sen jälkeen rakennettuihin kiinteistöihin (kuva 2). /13./

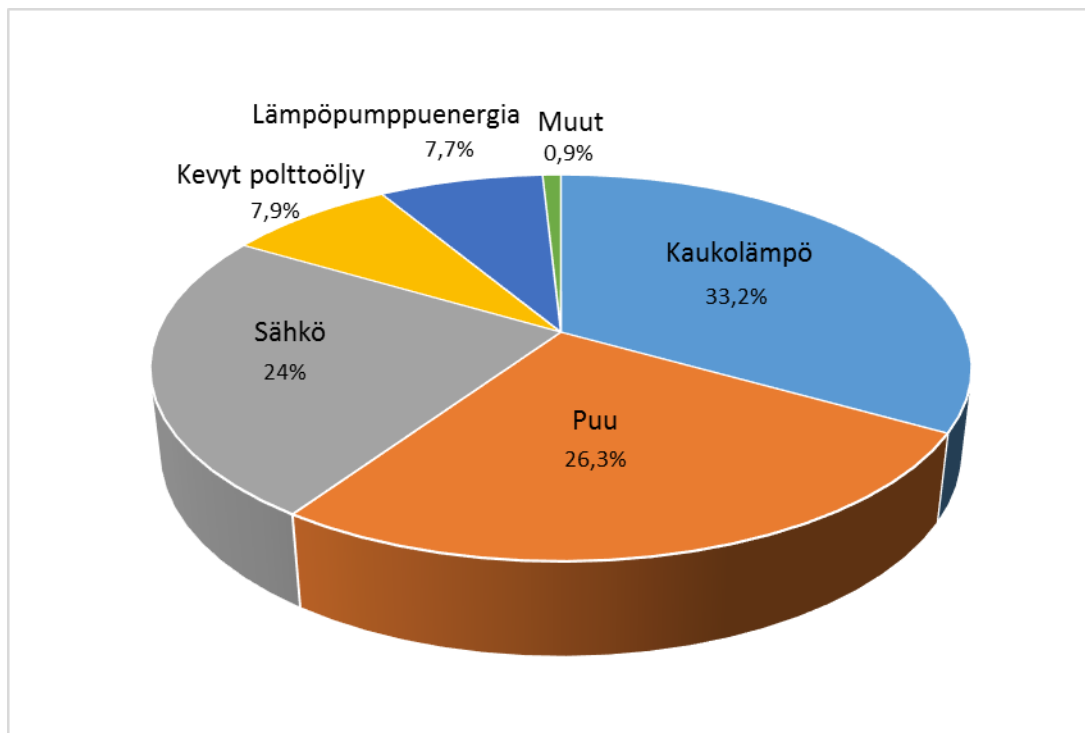


KUVA 1. Meno- ja paluuveden toimintalämpötilat ennen 1983 rakennetuissa kiinteistöissä /13/



KUVA 2. Meno- ja paluuveden toimintalämpötilat 1983 jälkeen rakennetuissa kiinteistöissä /13/

Lähes 95 % asuinkerrostaloista sekä valtaosa julkisista rakennuksista ja liikerakennuksista ovat kaukolämmitettyjä. Noin 2,7 miljoonaa suomalaista asuu kaukolämpöä käyttävissä rakennuksissa /14/. Asumisen osuus energian loppukäytöstä on keskimäärin 20 prosenttia. Asumisen energiankulutus vuonna 2013 laski kuusi prosenttia vuodesta 2012. Merkittävämpänä syynä pudotukseen oli edellisvuotta lämpimämpi sää, joka vähensi muun muassa autolämmityksen käyttöä. Asuinrakennusten lämmitykseen kului energiaa 55140 GWh vuonna 2013. Lämmityksen eniten käytetty energialähde oli kaukolämpö, jota kulutettiin 18311 GWh. Toiseksi eniten kulutettiin puuta, 14502 GWh ja kolmanneksi eniten sähköä, 13233 GWh. Näiden kolmen suurimman energialähteen osuus oli 83,5 prosenttia koko asuinrakennusten lämmitysenergian kulutuksesta (kuva 3). Lämmitysenergian kulutuksessa on huomioitu sekä päälämmitysjärjestelmän energiankulutus, että sitä täydentävien muiden lämmitysmuotojen energiankulutus. /15./



KUVA 3. Asumisen energiankulutus energialähteittäin vuonna 2013 /16/

”Lämpöpumppuenergia tarkoittaa lämpöpumpuilla ympäristöstä (maasta, ilmasta tai vedestä) talteen otettua energiaa, jota käytetään rakennusten lämmitykseen. Lämpöpumppujen sähkön käyttö on sisällytetty lämmityksen sähkönkulutukseen. Asuinrakennusten lämmitykseen sähköllä on laskettu mukaan suora ja varaava sähkölämmitys, sähköllä tapahtuva lisälämmitys, sähköinen lattialämmitys, lämpöpumppujen käyttämä sähkö, sähköllä tapahtuva käyttöveden lämmitys, sähkökiukaat sekä lämmitysjärjestelmien ja lämmönjakolaitteiden kuluttama sähkö.” /16./

Kiinteistöjä voidaan lämmittää useammalla rinnakkaisella lämmitysjärjestelmällä, jolloin puhutaan hybridilämmityksestä. Hybridilämmitys tarkoittaa useamman eri energialähteen hyödyntämistä lämmityksen tuottamiseen eri vuorokauden tai vuodenaikoina. Hybridilämmitys on vartenotettava vaihtoehto, kun kiinteistössä on ennestään öljy-, puu- tai pellettikattilajärjestelmä, jonka rinnalle halutaan vaihtoehtoisia energialähteitä. Esimerkiksi sähkölämmitteiseen taloon lisätään ilmalämpöpumppu ja varaava tulisija. Hybridilämmitysjärjestelmät ovat uudisrakennuksissa usein järkevin ratkaisu lämmitykseen, koska tällöin voidaan hyödyntää kunkin lämmönlähteen parhaat puolet mahdollisimman tehokkaasti. Käytävissä olevat eri lämmitysmuodot parantavat omavaraisuutta ja turvaavat esimerkiksi polttoaineen tai sähkön saantihäiriötilanteessa. Hybridijärjestelmän käyttö saneerauskohteissa on myös kannattavaa.

Hybridijärjestelmässä pyritään ympäristöystävälliseen ja tehokkaaseen energian tuottamiseen.

3.1.2 Lämmönlvovutin

Lämmin vesi kierrätetään huonekohtaisissa lämmönlvovuttimissa eli lämmityspattereissa, jolloin verkostossa kiertävän veden lämpö siirtyy lämmityspattereiden kautta huoneeseen. Yleisin vesikeskuslämmitysjärjestelmän lämmönlvovutin on huonekohmainen lämmityspatteri etenkin vanhoissa pientaloissa ja kaikenikäisissä kerrostaloissa. Muita yleisiä vesikeskuslämmityksen lämmönlvovutustapoja ovat vesikiertoinen lattialämmitys sekä erityisesti suurissa kaupparakennuksissa ja varastohalleissa ilmalämmitykseen tai ilmanvaihtoon perustuvat järjestelmät. Tässä työssä keskitytään ainoastaan lämmityspattereiden toimintaan.

Lämmityspatterit sijoitetaan yleensä ikkunan alle ikkunoiden aiheuttaman lämpöhäviön ja vedon tunteen eliminoimiseksi. Ikkunan alle sijoitettava lämmityspatterin tulee olla kokonaisuudessaan ikkunan levyinen etenkin vanhoissa kiinteistöissä. Lämmityspatterit sijoitetaan huoneen kylmälle seinälle, eli rakennepintaan, jonka toisella puolella on huonelämpötilaa alhaisempi lämpötila. Lämmityspatterin lämmittämä ilma nousee ylöspäin ja ehkäisee ikkunapinnan viilentämän ilman painumisen alas lattialle.

Pattereiden tulee luovuttaa tilaan vaadittu lämpöteho suunnitelluilla lämpötiloilla. Pattereiden ja niiden varusteiden, rakenteen, materiaalin ja pintakäsittelyn tulee kestää normaaleja käyttöolosuhteita ilman haitallista sisä- tai ulkopuolista korroosiota. Patterityypit jaotellaan lämmönlvovutustavan mukaan radiaattoreihin, konvektoreihin, putkipattereihin ja erikoispattereihin. /17./

Radiaattorit ovat levypattereita (kuva 4), jotka luovuttavat lämpöä huoneilmaan konvektion ja säteilyn avulla. Radiaattorien ulkopintaan voidaan lisätä konvektiolevyjä eli lamelleja, jotka tehostavat lämmön luovutusta.



KUVA 4. Purmo Compact, paneeliradiaattori /18/

Konvektorit lämmittävät ilman, kun se osuu lämmityspatterin pintaan, jonka johdosta lämmin ilma kohoaa ylöspäin. Konvektorit ovat matalarakenteisia lämmityspattereita (kuva 5), jotka on tarkoitettu esimerkiksi suurten ja korkeiden ikkunoiden alle, kun tilaa normaalikokoisille pattereille ei ole. /19./



KUVA 5. Purmo Kon, konvektoripatteri /18/

Putkipatterit valmistetaan kupari- tai teräsputkista. Putkipattereiden lämmönluovutusta voidaan lisätä esimerkiksi kasvattamalla lämpöä luovuttavaa ulkopinta-alaa esimerkiksi konvektiolamelleilla. Putkipattereita käytetään lähinnä kosteissa tiloissa kuten pesu- ja WC-tiloissa. /17./

Erikoispatterit ovat erittäin kosteisiin ja syövyttäviin olosuhteisiin sovellettuja pattereita /17/.

Näiden lisäksi erilaisiin sisustusratkaisuihin on saatavilla design-pattereita, jotka on suunniteltu ja tehty tarkkojen mittojen ja tarpeiden mukaan. Nykyään on saatavilla lisäksi retro-tyylisiä pattereita, jotka muistuttavat ulkonäöltään vanhanaikaisia lämmityspattereita. Ahtaisiin tiloihin on saatavilla pystyyn asennettavia lämmityspattereita.

Lämmitysverkoston menovesi johdetaan yleensä lämmityspatterin yläosaan patteriventtiilin läpi ja paluuputkeen asennetaan sulkuliitin. Patterimallista riippuen menovesi voidaan johtaa myös lämmityspatterin alaosaan. Patteriventtiileinä käytetään termostaattisia patteriventtiileitä tai itsenäisiä sähköisellä säätimellä toimivia venttiileitä /17/. Lämmityspatteri varustetaan ilmaruuvilla, jolloin patteriverkostoon ja lämmityspattereihin kertynyt ilma saadaan tarvittaessa poistettua.

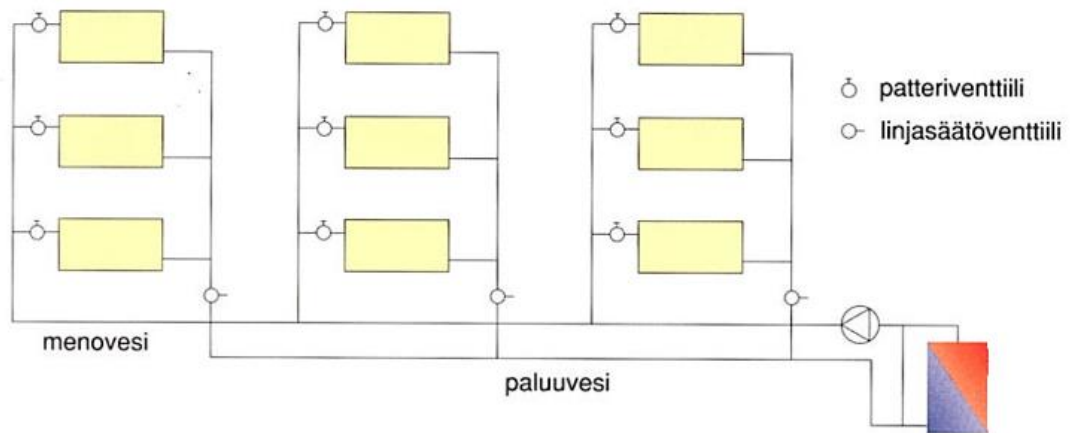
3.1.3 Lämmönjakoverkosto

Vesikiertoisen lämmitysjärjestelmän tavoitteena on viedä putkiverkoston avulla jokaiseen huoneeseen sen lämmöntarpeen edellyttämä lämpöteho. Lämmönjakoverkosto on suljettu kiertopiiri, eli menojohtoa pitkin virtaava vesi kiertää lämmityspatterin kautta paluujohtoa pitkin takaisin. Verkoston vesi ei vaihdu muulloin kuin järjestelmän huollon tai korjauksen yhteydessä. Tästä johtuen lämmitysverkostossa kiertävä vesi ei ole happipitoista ja korroosion esiintyminen on vähäistä /9, s. 124/.

Lämmitysverkoston suunnittelussa tulee ottaa huomioon putkiston asennettavuus ja huolto. Putkien asentamisessa on kiinnitettävä huomiota kannakointiin ja mahdolliseen putkien lämpölaajenemiseen. Putkiston on kestävä lämpötilojen ja paineiden vaihtelut. Yleisin käytetty putkimateriaali lämpöjohtoverkostossa on teräsputki. Muita yleisesti käytettyjä putkimateriaaleja ovat kupari, muovi- ja komposiittiputket. Kaikkien lämpöjohtoverkon putkien tulee olla happidiffuusiosuojattuja, eli ne eivät saa päästää ilman happea lämpöjohtoveteen.

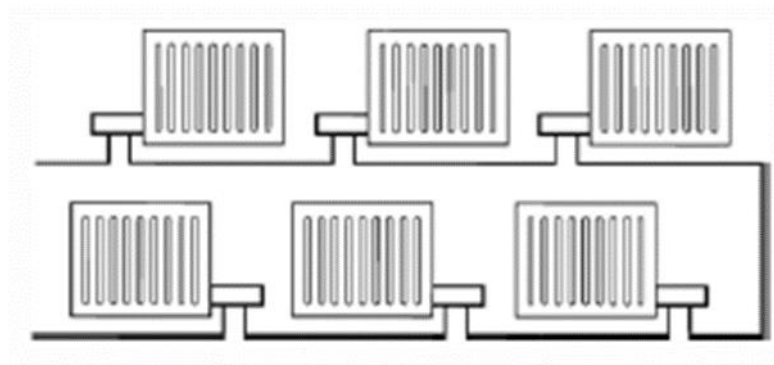
Yleisin tapa on kytkeä lämmityspatterit rinnan, eli kaksiputkikytkennällä, joka koostuu runko-, nousu- ja kytkentäjohdoista. Kaksiputkikytkennässä (kuva 6) on omat putket sekä meno- että paluuedelle. Kaikkiin lämmityspattereihin johdetaan samanläm-

pöistä menovettä ja lämmityspatterin lämmitystehoa säädellään menoveden lämpötilaa ja vesivirtaa muuttamalla. Vähemmän käytettyjä patteriverkoston kytkentämalleja ovat kaksiputkijärjestelmä käännetyllä paluulla ja yksiputkijärjestelmä.



KUVA 6. Esimerkkikuva kaksiputkijärjestelmästä /20/

Yksiputkijärjestelmässä lämmityspatterit kytketään sarjaan, jolloin patteriventtiili ja ohitusjohto jakavat osan lämmitysveden virtaamasta lämmityspatterille ja osan lämmönjakoverkosta pitkin eteenpäin. Lämmityspatterista poistuva vesi kulkee seuraavan lämmityspatterin kautta kuvan 7 mukaisesti. Näin ollen yksiputkijärjestelmän kiertopiirin lämmitysveden lämpötila laskee jokaisen lämmityspatterin jälkeen. /21./



KUVA 7. Esimerkkikuva yksiputkijärjestelmästä /21/

3.1.4 Lämpöjohtoverkoston pumppu

Uudisrakennuksiin asennettavat vesikiertoiset lämmitysjärjestelmät ovat nykyisin pelkästään pumppukiertoisia järjestelmiä. Kattilan tai lämmönsiirtimen lämmittämä vesi kierrätetään pumpun avulla venttiilien ja putkien kautta pattereille. Pumppu mitoiteetaan rakennuksen suunnitelluille ja lasketuille vesivirroille ja paine-eroille. Tarvittava

pumpun nostokorkeus muodostuu veden kiertopiirin painehäviöistä, joihin kuuluvat, lämmönlähde tai lämmönsiirrin, putkisto, venttiilit ja lämmityspatterit /22, s. 123/. Pumppujen käytöstä aiheutuva ääni ei saa ylittää Suomen rakentamismääräyskokoelman osan C1 esitettyjä enimmäisäänitasoja. Suunnitteluvaiheessa kannattaa kiinnittää huomiota pumpun energiatehokkuuteen. Lämpöjohtoverkoston pumpun sähköteho on riippuvainen rakennuksen ja näin ollen pumpun koosta. Huomionarvoista on myös se, että pumppu on käynnissä usein koko vuoden ajan yötä päivää. Energiatehokas pumppu maksaa itsensä nopeasti takaisin.

Talotekniikassa käytettäviä pumpputyyppejä ovat pääsääntöisesti kuiva- ja märkämoottoripumput. Molemmat pumpputyypit sopivat käytettäväksi erilaisissa LVI-järjestelmissä. Märkämoottoripumpussa pumpattava neste ympäröi roottorin ja laakeroinnin. Märkämoottoripumpun etuja ovat kuivamoottoripumppua hiljaisempi käyntiääni ja huoltovapaampi tekniikka. Märkämoottoripumpun käyttö lämmitysjärjestelmissä on yleistynyt huomattavasti, varsinkin pienemmissä kohteissa kuten omakotitaloissa. Kuivamoottoripumpussa pumpun hydraulikka ja moottori on erotettu toisistaan akselitiivisteiden avulla. Kuivamoottoripumppu sopii märkämoottoria paremmin vettä tiheämpien nesteiden pumppaamiseen. Kuivamoottoripumppu on yleinen suurten laitosten ja teollisuuden pumppausjärjestelmissä. /23./

Nykyään yleisimmin käytetyt pumput vesikiertoisissa lämmitysjärjestelmissä ovat taajuusmuuttajalla varustetut keskipakopumput sekä automaattisesti lämmitysjärjestelmää analysoivat kiertovesipumput varustettuna erilaisilla säätötoiminnoilla. Taajuusmuuttajan avulla säädetään pumpun pyörimisnopeutta, joka on joustava, yleinen ja energiatehokkain säätötapa. Pumppu pitää verkoston paine-eron vakiona muuttamalla pumpun pyörimisnopeutta ja näin ollen mittauspisteiden välinen paine-ero pysyy haluttuna, vaikka jonkun linjan virtaama muuttuisi. Pumpun pyörimisnopeuden laskiessa myös tarvittava nostokorkeus laskee, joka on merkittävä ero verrattuna vakionopeuksiseen pumppuun. Pumppu on verkoston mukaan säätävä, jolloin ääniongelmien johtuen paine-eron liiallisesta suuruudesta patteriventtiileille ehkäistään. /24./ Muita pumppujen säätömahdollisuuksia ovat juoksupyörän vaihto tai kuristussäätö, jossa pumpun tuottamaa painetta hävitetään painepuolelle sijoitetussa säätöventtiilissä. Pumpun tuoton eli nostokorkeuden säätäminen menoveden lämpötilan mukaan on mahdollista joissain pumpputyypeissä.

Pumppujen jatkuvan kehityksen ja hyötysuhteiden parantumisen taustalla on yhtenäiset vaatimukset energiaa käyttävien ja energiaan liittyvien tuotteiden ympäristötehokkuuden kehittämiseen liittyvät asetukset ja määräykset. Esimerkiksi erillisten akseli-tiivisteettömien kiertovesipumppujen laskettu energiatehokkuusindeksi EEI saa olla enintään 0,27, lukuun ottamatta pumppuja, jotka on suunniteltu käytettäväksi aurinkolämpöjärjestelmien ja lämpöpumppujen ensiöpiireissä. 1.9.2015 alkaen EEI-indeksi saa olla enintään 0,23. Energiatehokkuusindeksi kertoo kiertovesipumpun keskimääräisen vuotuisen sähkönkulutuksen suhteessa D-energialuokan kiertovesipumppuun. /25./ Vastaavasti kuivamoottorisille pumppuille on määrätty vähimmäishyötysuhdeindeksi MEI. MEI-luvun avulla voidaan laskea pumpulle vähimmäishydraulinen hyötysuhde. 1.1.2015 lähtien MEI luku täytyy olla suurempi tai yhtä suuri kuin 0,4. /24./

3.1.5 Paisunta- ja varolaitteet

Patteriverkostossa veden lämpötila muuttuu jatkuvasti. Lämmitysjärjestelmän veden tilavuus kasvaa lämmitessään ja pienenee jäähtyessään. Tästä syystä lämmitysjärjestelmään tulee asentaa paisunta-astia, johon laajeneva vesi pääsee virtaamaan ja josta vettä pääsee takaisin verkostoon veden jäähtyessä. Tällä tavoin estetään paineen liiallinen nousu verkostossa, koska putkisto ja muut laitteet eivät kestä veden lämpölaajenemista. /26, s. 76./ Paisuntajärjestelmät jaetaan käyttöperiaatteensa mukaan avoimiin ja suljettuihin paisunta-astioihin. Nykyään lämpöjohtoverkostoissa käytetään suljettua paisuntajärjestelmää. Paisuntalaitteena käytetään usein kalvopaisunta-astiaa. Paisuntajärjestelmään kuuluu paisuntasäiliö, varoventtiilit, painemittarit ja paisuntajärjestelmään liittyvä putkisto.

Paineen liiallisen kohoamisen ja häiriötilanteiden estämiseksi lämmitysjärjestelmä tulee varustaa siihen tarkoitetuilla varolaitteilla eli varoventtiileillä. Varoventtiili estää paineen liiallisen nousun avaamalla ja laskemalla järjestelmästä ulos vettä tai vesihöyryä. Varoventtiili suojaa lämmitysjärjestelmää rikkoutumasta liian korkean paineen seurauksena. Varoventtiilin avautumispaineeksi valitaan alempi paine kuin minäkään järjestelmän osan suurin sallittu käyttöpain.

3.1.6 Venttiilit ja muut verkoston varusteet

Lämmitysjärjestelmä koostuu useista laitteista ja varusteista, jotka ovat välttämättömiä lämmitysjärjestelmän suunnitellun ja oikeanlaisen toimivuuden kannalta. Laitteiden ja varusteiden määrä, koko ja sijoitus ovat aina rakennuskohtaisia. Yleisiä käytettäviä varusteita ovat muun muassa lämpömittarit, painemittarit, sulkuventtiilit, yksisuunta eli takaiskuventtiili, venttiiliryhmät ja säätöventtiilit, jotka voivat olla 2-, 3- tai 4-tieventtiileitä.

3.2 Vesivirtojen säätö

Suurten rakennusten lämmitysverkosto on monihaarainen ja vesivirrat jakaantuvat eri linjojen ja eri pattereiden kautta väärin, ellei vesivirtoja pystytä säätämään. Patteriverkoston vesivirrat jakaantuvat eri linjojen ja pattereiden kautta siten, että ne aiheuttavat yhtä suuren painehäviön kunkin linjan ja lämmityspatterin kautta. Verkoston osassa, jossa on vähiten virtausvastusta, kulkee eniten vettä. Näin ollen lähellä lämmönjakokeskusta ja pumppua sijaitsevilla lämmityspattereilla kiertää useimmiten liikaa vettä ja kaukaisimmassa lämmityspatterissa virtaama on tavoitetta pienempi, ellei virtaamia säädetä lainkaan.

3.2.1 Termostaattinen patteriventtiili

Termostaattisen patteriventtiilin tehtävä vesikeskuslämmityksessä on runko-osan painehäviön avulla säätää virtausta sekä termostaattiosan avulla rajoittaa huonelämpötilaa. Termostaattisen patteriventtiilin avulla päästään huonekohtaiseen lämmönsäätöön. Termostaattinen patteriventtiili on laite (kuva 8), joka huoneen lämpötilan ohjaamana säätää vesivirtaa lämmityspatterin läpi pitäen huoneen lämpötilan säädetyssä arvossa. Kun huoneessa on riittävästi lämpöä, pienentää termostaatti lämpimän veden virtausta lämmityspatterissa. Venttiili avautuu ja sulkeutuu asteittain riippuen asetusarvojen ja huonelämpötilan välisestä erosta. /22, s. 129./



KUVA 8. Patteriventtiilin runko-osa sekä termostaattinen patteriventtiili, Oras Stabila /27/

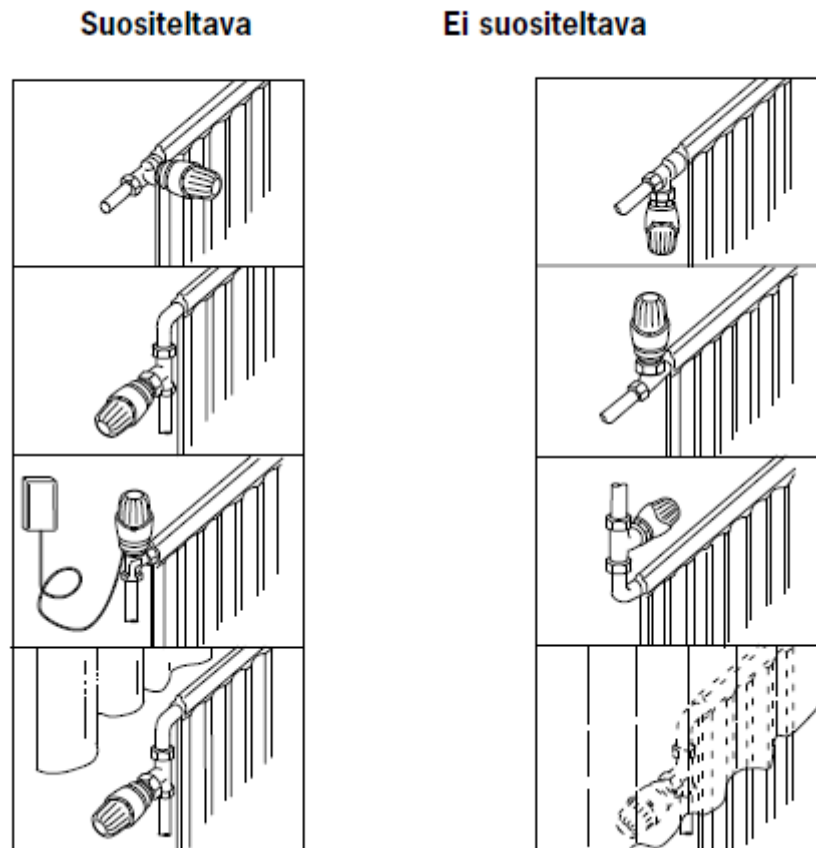
Termostaattiosan väliaineena on neste, kaasu tai vaha ja vastavoimana jousi. Kun huoneilman lämpötila nousee termostaatin asetusarvon yli väliaineen tilavuus kasvaa, jolloin paine termostaattiosassa kasvaa ja venttiili sulkeutuu. Vastaavasti huonelämpötilan laskiessa väliaineen tilavuus ja paine pienenevät, jolloin venttiili avautuu jousen auttamana /22, s. 129/. Vesivirtaa säättää termostaatin ohjaamana venttiililautanen, joka liikkuu karan välityksellä.

LVI-suunnittelija määrittää jokaiselle patteriventtiilille esisäätöarvon suuruuden. Esisäädön avulla rajataan venttiilin läpi virtaava maksimivesimäärä. Asentaja suorittaa esisäädön asennusvaiheessa tai verkoston tasapainotuksen yhteydessä. Käyttäjällä ei ole mahdollisuutta vaikuttaa esisäädön arvoon.

Termostaattiosan avulla voidaan estää huonelämpötilan nousu yli asetusarvon. Termostaattiosan numerointi ja asteikko vaihtelevat laitevalmistajasta riippuen. Esimerkiksi Oras Stabila patteriventtiilin asetteluarvot on numeroitu 1-6, jotka vastaavat lämpötilaa välillä + 11 °C.. + 26 °C. Vanhemmissa termostaateissa lämpötila saattaa olla rajoitettu esimerkiksi + 21 °C - 22 °C. Nykyään käytetään yleisimpänä maksimirajoitukseksi + 23 °C. /27./

Termostaattiosa suositellaan asennettavan paikalleen vasta, kun venttiili on esisäädetty, verkosto tasapainotettu ja mittauspöytäkirja hyväksytty /27/. Termostaattisen patteriventtiilin toiminnan varmistamiseksi on asennuksessa huolehdittava siitä, että termo-

staattiosa pystyy tuntemaan huonelämpötilan esteettä (kuva 9). Jos venttiili käytännön syistä joudutaan asentamaan sellaiseen asentoon tai paikkaan, missä termostaatin toimintamahdollisuudet ovat rajoitetut, suositellaan irtoanturallisen termostaatin käyttöä.



KUVA 9. Termostaattisen patteriventtiilin asennusesimerkkejä /28/

Termostaattiventtiileillä saavutetaan huonekohtainen lämpötilan rajoitus, jonka avulla voidaan saavuttaa tavoiteltu lämpötila jokaisessa yksittäisessä huoneessa. Termostaattiventtiilit kompensoivat mahdollisesta ylikorkeasta säätökäyrästä johtuvaa liian korkeaa menoveden lämpötilaa sekä pienentävät lämmityspatterin lämmönluovutusta silloin, kun huoneessa on ilmaislämpöä saatavilla, jotka syntyvät valaisimien, ihmisten, kodinkoneiden tai auringon säteilylämmöstä. Termostaatin mahdollistaman hienosäädön avulla voidaan säästää energiaa. Samalla päästään hyvään ja miellyttävään sisäilmastoon käyttäjän kannalta.

3.2.2 Linjasäätöventtiili

Linjasäätöventtiilit ovat monitoimiventtiileitä, joissa on säätöosan lisäksi sulkuventtiili ja mittayhteet säätöä ja mittauksia varten (kuva 10). Linjasäätöventtiili on varustettu

numeroasteikolla ja esisäätöarvoja muuttamalla saadaan säädettyä vesivirtoja ja muutettua painehäviöitä. Venttiileihin asetellaan suunniteltu ja laskettu esisäätöarvo, jolloin venttiili kuristaa veden virtauksen haluttuun määrään.



KUVA 10. Oras linjasäätöventtiili /29/

Linjasäätöventtiilit asennetaan yleensä kerrosten nousulinjojen alapäähän paluupuolelle. Linjasäätöventtiileitä käytetään lisäksi mahdollisuuksien mukaan jakotukkien, ilmanvaihtokoneen pumppu- ja säätöryhmän sekä lämminilmapuhallinpatterin yhteydessä. Linjasäätöventtiilinä voidaan käyttää myös yhdistettyä paine-erosäädintä ja virtauksen enimmäisrajoitinta, joka pitää virtaaman tai paine-eron vakiona olosuhteiden muutoksista huolimatta /22, s. 133./

4 SÄÄTÖ- JA OHJAUSJÄRJESTELMÄT

Rakennuksien lämmitystarve vaihtelee ulkoilman lämpötilan mukaan. Säätolaitteet säättävät lämmitysverkoston menoveden lämpötilaa ja pitävät lämpimän käyttöveden lämpötilan kulutuksesta riippumatta mahdollisimman tasaisena. Säätolaitteiden avulla rakennuksen energia- ja vedenkulutus voidaan pitää mahdollisimman pienenä. /12, s. 17./

Eri laitevalmistajien säätolaitteet poikkeavat toisistaan. Kiinteistöjen rakennusautomaatiojärjestelmät ovat rakennuskohtaisia ja usein hyvin erilaisia. Säätolaitteita uudis-

taessa kannattaa harkita rakennusautomaatiojärjestelmää, jolla voidaan ohjata muitakin kiinteistön teknisiä järjestelmiä.

4.1 Menoveden lämpötilan säätö ulkolämpötilan mukaan

Vesikiertoisen lämmitysjärjestelmän yleisin säätöjärjestelmä on menoveden lämpötilansäätö ulkolämpötilan mukaan. Säätöjärjestelmä ohjaa säätöventtiiliä ulkolämpötilan mukaan pitäen menoveden lämpötilan valitun säätökäyrän mukaisena. Menoveden lämpötilan säätö ulkolämpötilan mukaan ei ota huomioon huoneessa syntyviä lämpökuormia. Jos säätöjärjestelmään halutaan ottavan huonelämpötilan muutokset huomioon, järjestelmä varustetaan huonelämpötila-anturilla. Tällöin säätökeskus muuttaa säätökäyrää automaattisesti huonelämpötila-anturin rekisteröimän mittaustuloksen perusteella. Huonelämpötila-anturi sijoitetaan yleensä huoneistoon keskeisesti. Huonelämpötilaa mittaavissa säätöjärjestelmissä on oltava menoveden lämpötilalle enimmäisrajoitus. /30./

4.2 Lämmönsäädin

Lämmitysjärjestelmän vesivirtojen säädön jälkeen on säädettävä järjestelmän lämpötila sellaiseksi, että huoneiden lämpötilat ovat sovituissa rajoissa ulkoilman lämpötilasta riippumatta. Säädön suorittaa lämmitysjärjestelmää ohjaava automatiikka. Lämmönsäädin ylläpitää patteriverkostoon menevän veden lämpötilaa valitun säätökäyrän mukaisena suhteessa ulkolämpötilaan. Automatiikka mittaa verkostosta menoveden lämpötilan ja ulkolämpötilan. Automatiikkaan on valittu kiinteistökohtainen säätökäyrä. Säätöventtiili sekoittaa lämmönlähteestä tulevaan kuumaan veteen jäähtyneempää patteriverkoston paluuvettä. Pattereille menee sopivaa, ulkoilman lämpötilaa vastaava menovettä säätökäyrän mukaisesti. Lämmönsäädin vertaa laskettua arvoa valittuun säätökäyrään ja muuttaa menoveden lämpötilaa tarvittaessa.

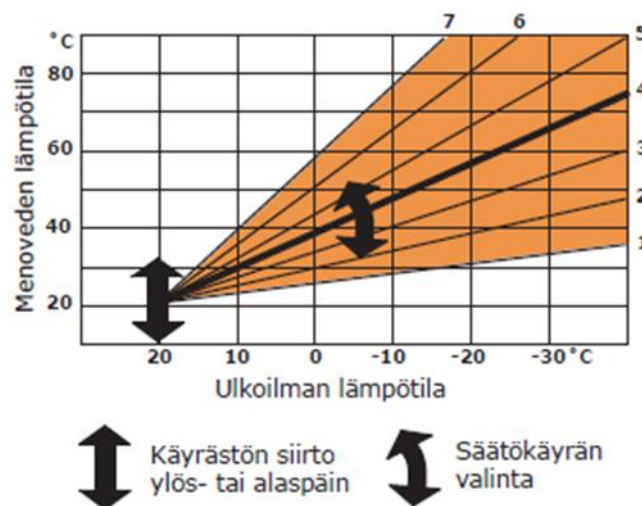
4.3 Säätökäyrä

Lämmönjakokeskuksen säätölaitteisiin asennettava säätökäyrä mahdollistaa oikean ja tasaisen sisälämpötilan ulkolämpötilavaihteluista huolimatta. Huonetiloissa olevilla termostaattisilla patteriventtiileillä tehostetaan huonekohtaista lämpötilansäätöä ja näin päästään tavoiteltuihin sisälämpötiloihin. /31./

Automatiikka mittaa menoveden lämpötilan ja ulkolämpötilan. Lämmitysverkoston menoveden lämpötilan asetus tehdään useimmiten säätökäyrän asentoa muuttamalla. Tavoitteena on välttyä yli- tai alilämmöltä. Säätökäyrän ääripäitä muokataan minimi- ja maksimirajan avulla. Menoveden minimiraja-asettelulla varmistetaan, että putkisto ei pääse jäätymään. Maksimiraja-asettelulla varmistetaan, että lämmitysjärjestelmään ei missään tilanteessa pääse liian kuumaa vettä, joka voisi vahingoittaa rakenteita tai laitteita. Oikea säätökäyrä on löydetty, kun huonelämpötila pysyy haluttuna ja tasaisena riippumatta ulkoilman olosuhteista. Kun sopiva säätökäyrä on löydetty, sen muuttaminen on harvoin tarpeen. Jokaiselle kiinteistölle on haettava sille ominainen säätökäyrä.

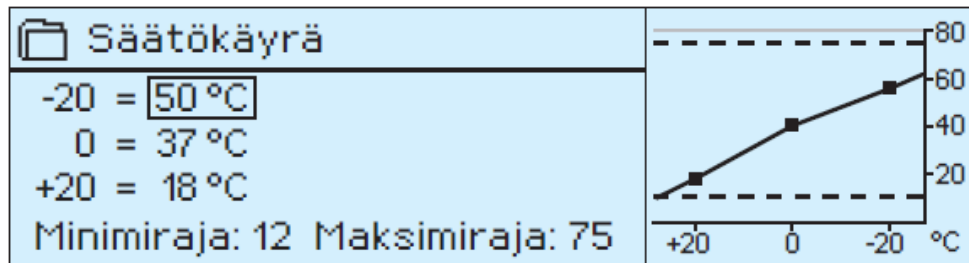
Verkoston menoveden lämpötila säädetään säätökeskuksen asetusarvoa muuttamalla. Säätökäyrän asettelua muuttaessa, lämpötilojen on annettava tasaantua vähintään kaksi vuorokautta. Säätökäyrän asettelu tapahtuu yleensä ohjelmallisesti, jolloin käyttäjä määrittää menoveden lämpötilan asetusarvoja eri ulkolämpötiloille. Säätökäyrään tehdyt muutokset näkyvät noin 1-3 vuorokauden kuluttua riippuen rakennuksen koosta. Rakennuksen massa hidastaa muutoksien vaikutusta huonelämpötiloihin. Menoveden lämpötilan nosto tai lasku 3-4 °C muuttaa huoneen lämpötilaa noin 1 °C. /22, s. 140./

Vanhemmissa automatiikoissa säätökäyrät ovat suoria ja muutos tehdään käyrän kulmaa muuttamalla (kuva 11). Korjaus tehdään säätölaitteisiin suuntaisierrolla ylös- tai alaspäin.



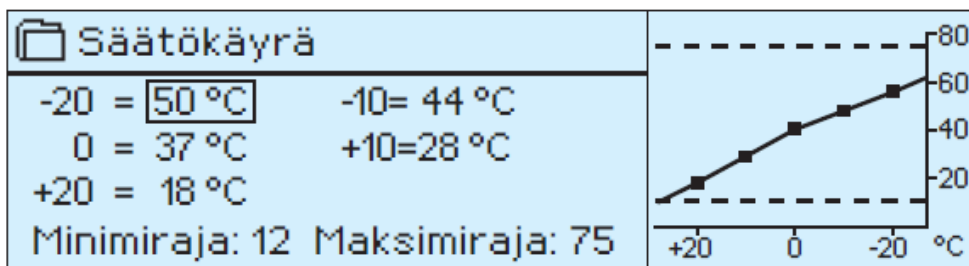
KUVA 11. Kaksipisteisen säätökäyrän asettelu /32/

Nykyaikaisissa automaatioissa käyrän muotoa voidaan muokata kolmen (kuva 12) tai viiden pisteen avulla digitaalisesti. Lämpötilapisteiden avulla tapahtuvalla käyrän asettelulla on helpompi määrittää kiinteistölle ominainen käyrä.



KUVA 12. Esimerkkikuva patterilämmityksen 3-piste säätökäyrästä /33/

5-piste säätökäyrä (kuva 13) kulkee viiden asettelupisteen kautta. Lämpötilapisteiden suurempi määrä mahdollistaa entistä tarkemman säätökäyrän asettelumahdollisuuden.



KUVA 13. Esimerkkikuva patterilämmityksen 5-pistesäätökäyrästä /33/

4.4 Lämmityksen optimointi kompensointien avulla

Lämmönsäätimen mallista riippuen on mahdollista kompensoida ulkoilmanvaihteluita, jolloin menoveden lämpötila voi poiketa asetetusta säätökäyrästä. Ulkolämpötilan mukaan ohjattua lämpötilasäätöä voidaan tarkentaa takaisinkytkentätiedon avulla. Takaisinkytkentätieto tarkoittaa säätötekniikkaa, jossa säädin käyttää prosessiohjaukseen mittaustietoa systeemin käyttäytymisestä. Takaisinkytkentätiedon avulla kiinteistön todellisesta lämmöntarpeesta saadaan tarkka tieto lämmönsäätimelle, jolloin lämmitysverkostoon ei tarvitse johtaa niin lämmintä vettä kuin säätökäyrä ulkolämpötilan mukaan osoittaa. Tavoitteena on optimoida kiinteistön lämmitysenergiankäyttö kustannustehokkaasti. Takaisinkytkentätiedon soveltuvuus on kiinteistökohtaista, mutta edellytyksenä on riittävän hyvässä tasapainossa oleva patteriverkosto. /34./

4.4.1 Paine-erokompensointi

Lämmönsäätömenetelmän avulla eliminoidaan liian kuumen nesteen ajaminen lämmitysverkostoon. Paine-erokompensointi huomioi auringon, ihmisten, kodinkoneiden ja muiden ilmaisten lämmönlähteiden tuottamaa lämpöenergiaa. Menetelmä vaatii toimiakseen vesikiertoisen patteriverkoston, joka on varustettu termostaattisilla patteriventtiileillä. Lämmitysverkoston pumppu asetetaan vakiokierroskäytölle, ja kun huoneistossa on riittävän lämmin alkaa termostaatti sulkea patteriventtiiliä, jolloin verkoston virtaus heikkenee ja paine-ero kasvaa. Paine-eromuutosta mitataan koko patteriverkoston osalta ja lämmityksen säätökäyrää kompensoidaan paine-eromuutosten mukaisesti. Paine-erokompensoinnin avulla termostaattiset patteriventtiilit pysyvät auki mahdollisimman kauan, minkä ansiosta energiankulutus pienenee ja asumisviihtyvyys paranee. Patteriverkoston vesivirtojen aiheuttamat ääniongelmät vähenevät verkostossa laitteiden toimiessa suunnitellulla tavalla. /34./

4.4.2 Huonekompensointi

Huonekompensointimenetelmä huomioi kiinteistön todellisen lämmöntarpeen langattomien tai kiinteästi asennettujen sisälämpötila-antureiden avulla. Lämpötila-anturit lähettävät mitatun tiedon lämmönsäätimelle, jossa koko kiinteistön sisälämpötilatieto keskiarvoistetaan. Keskiarvoistettua lämpötilatietoa voidaan käyttää ulkolämpötilasäädön tarkentamiseen. Huonekompensoinnin käyttö on yleistynyt viimeaikoina langattomien anturien teknisen kehityksen myötä. Tämän säätömenetelmän käytölle on asettanut rajoitteita langattomien antureiden akunkesto, sekä verkon kuuluvuusongelmien teräsbetonielementeistä rakennetuissa taloissa. /34./

4.4.3 Sääennustekompensointi

Kiinteistöjen lämmönvaraamisominaisuuksia ja sääennusteita voidaan hyödyntää ulkolämpötilasäädön tarkentamiseen. Sääennustekompensoinnin tavoitteena on minimoida lämmitysenergian käyttö tilanteissa, joissa lähitulevaisuuden säässä tapahtuu vaihteluita. Sääennusteiden perusteella lämmitystä lisätään tai vähennetään. Jos sääennusteen perusteella sää on lauhtumassa, voidaan lämmitystä vähentää ja jos sää on sääennustuksen mukaan viilenemässä, voidaan kiinteistöön varata lämpöä. Sääto pohjautuu tyypillisesti seuraavan 24 tunnin sääennusteeseen. /34./

5 LÄMMITYSJÄRJESTELMÄN SUUNNITTELU

Nykyään lämmitysjärjestelmien suunnittelun tärkeimpinä kriteereinä pidetään käytön helppoutta, taloudellisuutta ja ympäristöystävällisyyttä. Lämmitysenergian kulutuksessa kiinnitetään yhä enemmän huomiota ekologisuuteen, joten uusiutuvan energian määrää pyritään lisäämään lämmitysjärjestelmää valittaessa tai vaihdettaessa.

Asumisviihtyvyyden, lämmityksen ja teknisten järjestelmien yleisen toiminnan vaivattomuuden kannalta lämmönjaon suunnittelu, mitoitus ja laitteiden valinta ovat keskeisiä asioita uudis- tai korjausrakentamisen suunnittelussa. Rakennuksen lämmitysjärjestelmät suunnitellaan ja asennetaan siten, että energian kulutus ja tehontarve ovat mahdollisimman vähäisiä. Vesikiertoisien patterilämmityksen suunnittelussa ja toteutuksessa on otettava huomioon Suomen rakennusmääräyskokoelman osat C1 ja C2, jotka käsittelevät äänitekniisiä vaatimuksia sekä lämmityslaitteiden tarkastuksia, huoltoja sekä korjauksia.

Uudisrakennusten vesikiertoisessa patterilämmityksessä pyritään käyttämään matalia veden lämpötiloja, jolloin energiahäviöt ovat pienet ja pattereiden pintalämpötilat eivät ole polttavia. Lisäksi uudisrakennuksen radiaattorilämmityksessä menoveden lämpötilaksi suositellaan mahdollisimman alhaista lämpötilaa lämmitysverkoston hyvän säädettävyyden ja energiatehokkuuden vuoksi. Energiateollisuus ry on laatinut rakennusten kaukolämmitystä koskevan julkaisun K1/2013, jossa esitetään uudisrakennuksien ja olemassa olevien lämmityksen lämmönsiirtimien mitoituslämpötilat kaukolämpöön liitetyissä rakennuksissa (liite 1).

Lämmitysjärjestelmä suunnitellaan ja mitoitetaan siten, että sisäilmastovaatimukset täyttyvät. Uudisrakennuksen osalta on erittäin tärkeää, että lämmitysjärjestelmä säädetään käyttöönoton yhteydessä vastaamaan suunnitelmassa esitettyjä arvoja. Tämä edellyttää myös sitä, että verkoston toimintaa ja sisäolosuhteiden käyttäytymistä seurataan kohteessa vähintään takuuajan verran. Havaittaessa poikkeamia huonelämpötiloissa tehdään tarvittavat hienosäädöt verkoston toimintaan takuuajalla.

5.1 Mitoitus ja laskenta

Rakennuksen lämmitysjärjestelmän ja lämmönluovutintyyppin valinta on mitoittamisen ensimmäinen vaihe. Tämän jälkeen valitaan ja päätetään mitoituslämpötilat lämmön-
tuotannossa ja lämmönluovuttimissa. Mitoituslämpötilojen eli lämpötilaerojen ja tar-
vittavien lämmitystehojen perusteella määräytyvät vesikiertoisen lämmitysjärjestel-
män vesivirrat järjestelmän eri osissa. Vesivirtauksen aiheuttamien kitkapainehäviöi-
den ja putkimateriaalien perusteella valitaan putkikoot. /17./

Lämmitysjärjestelmän suunnittelun ja mitoituksen tärkeimpiä pääkohtia ovat: /17./

- lämmityksen tehontarvelaskenta
- lämmönluovutustavan valinta
- lämmönlähteen ja lämmitysmuodon valinta
- mitoituslämpötilojen valinta
- lämmönluovuttimien valinta ja mitoitus
- lämmitysverkoston jako- ja kytkentäjohtojen suunnittelu
- kiertopiirien tehojen ja vesivirtojen laskenta
- kiertopiirien putkistomitoitus ja painehäviöiden laskenta
- säätöjärjestelmän ja kiertovesipumpun mitoitus
- patteri- ja linjasäätöventtiilien esisäätö- ja kv-arvojen määrittäminen
- lämmönlähteen mitoitus
- laitevalinnat.

5.2 Suunnittelu- ja energialaskentaohjelmistot

Suunnitteluohjelmat ovat monipuolisia ja tehokkaita suunnittelutyökaluja, jotka mah-
dollistavat nopean suunnitteluprosessin erinomaisin tuloksin. Suunnitelmia ja piirroksia
on mahdollista tarkastella 2D ja 3D näkymänä, jotka havainnollistavat tilantarpeita
ja törmäystarkasteluita muiden rakenteiden ja järjestelmien kanssa /35/. Suunnitte-
luohjelmien mitoitus perustuu laskennalliseen mitoitukseen eli painehäviöt lasketaan
tarkasti koko järjestelmän osalta.

Suunnitteluohjelmiin määritetään käytettävät mitoituskriteerit ja muut tarvittavat läh-
tötiedot. Suunnitteluohjelmat mitoittavat ja tasapainottavat verkoston. Ohjelmistojen
tuotetietokannat mahdollistavat laitteiden valinnat ja vertailut kohteeseen. Suunnitte-

luohjelmien avulla saadaan laskettua tarkasti tarvittavat linja- ja patterikohtaiset vesivirrat, vaikeimman virtausreitit tarkastelun sekä virtaamien summan. Haasteita suunnitteluohjelmistojen mitoituksessa tuo korjausrakennuskohteiden lämpöhäviöiden määrittely, joka voi olla puuttuvien dokumenttien ja rakennusteknisten tietojen puutteiden vuoksi vaikeaa.

Energialaskentaan ja energiatehokkuuden arviointiin on myös saatavilla vaihtoehtoisia energiaohjelmistoja. Ohjelmistoilla on mahdollista tuottaa energiatodistuksia ja energiaselvityksiä. Ohjelmistojen avulla voidaan mallintaa tarkasti rakennus, sen järjestelmät ja säätölaitteet samalla varmistaen mahdollisimman pieni energiankulutus ja paras asumisviihtyvyys. /36./

5.3 Sisäilmasto

Hyvä sisäilmasto on yksi rakentamisen tärkeimmistä tavoitteista. Sisäilmaston lopulliseen laatuun vaikuttavat lämmitys-, ilmanvaihto- ja ilmastointilaitteet, rakennustekniikka, rakennustöiden suorittaminen ja käytetyt materiaalit sekä rakennuksen käyttö ja kunnossapito. Hyvä sisäilmasto edellyttää näiden asioiden huomioimista suunnittelussa, rakentamisessa ja käytössä. /37, s. 3./

Sisälämpötilat tulee suunnitella ja pitää käyttötarkoituksen mukaisina. Sisäilmastotutkimuksen mukaan suurin osa ihmisistä on tyytyväisiä, kun oleskelutilojen huonelämpötila on keskimäärin 21 °C. Kyseistä lämpötilaa pidetään myös terveellisenä ja energiataloudellisena lämpötilana. /38./

Lämmityskauden aikana sisälämpötilat tulisi pitää mahdollisimman alhaisina. Yleensä valitukset koskien sisälämpötiloja johtuvat vedon tunteesta tai liian alhaisesta lämpötilasta, mutta harvemmin liian korkeasta lämpötilasta. Liian korkea lämpötila vaikuttaa kuitenkin väsyttävästi, työtehoa vähentävästi ja hygieniatasoa heikentävästi. Korkea lämpötila johtaa usein liialliseen tuuletukseen, jolloin samalla hukataan lämmitysenergiaa turhaan.

Sisäilmastoluokitus 2008 on tarkoitettu käytettäväksi rakennus- ja taloteknisen suunnittelun ja urakoinnin sekä rakennustarviketeollisuuden apuna rakentamisessa. Sisäilmastoluokitus antaa sisäilmaston tavoite- ja suunnitteluarvot. Sitä voidaan käyttää

uudisrakentamisen lisäksi soveltuvin osin myös korjausrakentamisessa. Sisäilmasto-
luokitus tukee rakennuttajien, suunnittelijoiden, laitevalmistajien, urakoitsijoiden ja
käyttöhenkilöstön työtä. Luokitusasiakirjaan voidaan viitata rakennusselostuksessa ja
LVI-selostuksessa. /37, s. 5./ Luokitus on otettu rakennuslalla laajasti käyttöön ja sen
avulla rakennushankkeen osapuolet ovat pystyneet sopimaan hyvän sisäilmaston ta-
voitteista ja varmistamaan niiden toteutumisen valmiissa rakennuksessa.

Sisäilmastoluokitus on kolmitasoinen ja laatuluokkia ovat S1, S2 ja S3. Luokka S1 on
laadukkain, mikä merkitsee suurempaa tyytyväisten osuutta. Tavoitteen asettaminen
sisäilmastolle edesauttaa eri toimijoiden välistä yhteistyötä ja vähentää siten terveyttä
tai viihtyvyyttä vaarantavien ongelmien syntyminen riskiä. /37, s. 8./ Sisäilman hy-
vyyttä tai huonoutta ei voida todistaa pelkästään mittauksin. Mittauksilla voidaan kui-
tenkin osoittaa, että jotkin tietyt tekijät ovat tai eivät ole kunnossa. Erityinen painoar-
vo on sillä, miten tilojen käyttäjät tuntevat ympäristön. Rakennuksien käyttäjien tyy-
tyväisyys termiselle viihtyisyydelle riippuu ilman lämpötilasta, virtausnopeudesta,
toiminnan tasosta ja vaatetuksesta. Operatiivinen lämpötila on hyvä lämpötilan mitta-
uskeino, johon voidaan vaikuttaa muun muassa rakennusteknisin keinoin.

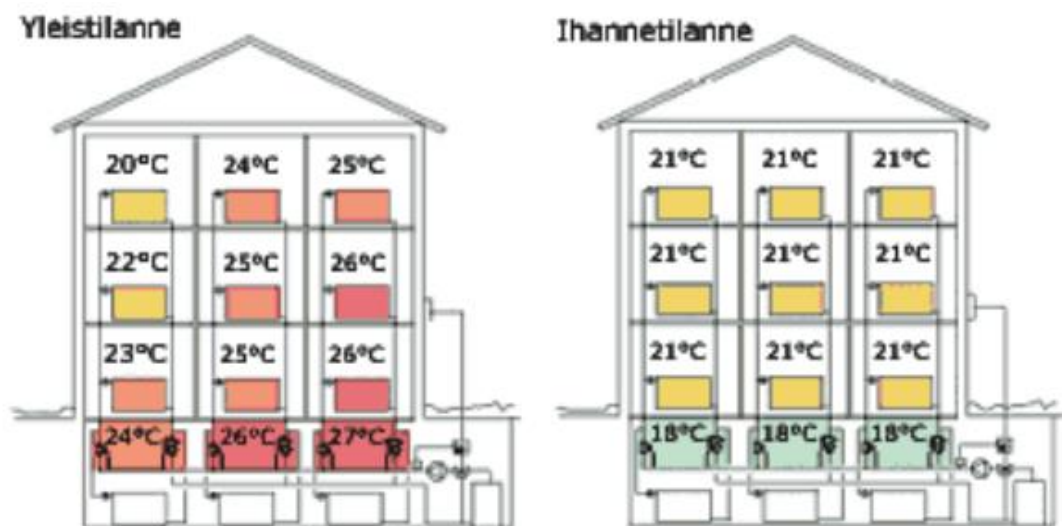
Operatiivinen lämpötila kuvaa sitä lämpötilaa, minkä ihminen kokee. Operatiivinen
lämpötila muodostuu ilman lämpötilasta ja kehoa kohti suuntautuvasta säteilylämmös-
tä. Operatiiviseen lämpötilaan vaikuttavat lisäksi ilman virtaukset ja ympärillä olevien
pintojen lämpötilat, kuten lattia, katto, seinät sekä ikkunat. Operatiivisella lämpötilalla
on merkitystä myös energian kulutukseen, sillä kylmien seinä- ja ikkunapintojen takia
huoneessa joudutaan pitämään normaalia korkeampaa lämpötilaa, jotta vedon tunne
saadaan eliminoitua. /4, s. 194./

6 PERUSSÄÄTÖ

Patteriverkoston säätäminen on tärkeä toimenpide lämmityslaitoksen energiatalouden
kannalta, jotta lämmitysteho jakautuu oikein lämmitinkohtaisesti. Arvioiden mukaan
valtaosa, jopa kolme neljäsosaa Suomen asuinrakennuskannasta on puutteellisesti pe-
russäädetty. Patteriverkoston perussäädöllä varmistetaan, että lämmitysverkoston vesi
kiertää jokaisen lämmityspatterin kautta suunnitelmien mukaisesti (kuva 14). Perus-
säätö mahdollistaa kiinteistön oikeanlaisen lämmityksen ja säästää energiaa. Perus-

säädön vaikutus kiinteistön energiankulutukseen on merkittävä, sillä yhden asteen huonelämpötilan pudotuksella saavutetaan noin 5 %:n säästö asuinkerrostalon lämmityskustannuksissa. Oikein suoritetulla perussäädöllä saavutettava energiansäästö voi olla jopa 10 - 15 %./39./

Saavutettava energiansäästö riippuu kuitenkin paljon siitä mikä on todellinen kiinteistön lähtötilanne ennen perussäätöä sisälämpötilojen osalta. Perussäädön lähtökohta ja energiasäästöjen edellytys on, että mahdolliset huoneiden väliset lämpötilaerot tasaataan ja asetetaan vastaamaan suositustasoa. Mikäli huonelämpötiloja ei pystytä laskemaan aikaisemmasta, ei myöskään saavuteta energiansäästöä. Tällaisissa tapauksissa kiinteistössä saavutetaan kuitenkin yhtenevät asumisolosuhteet kaikille huoneistoille ja mahdolliset sisäilmaongelmat, jotka johtuvat patteriverkoston vesivirtojen epätasapainosta saadaan poistettua.



KUVA 14. Esimerkkikuva lämpötilojen jakautumisesta ennen perussäätöä ja sen jälkeen. /39/

6.1 Toimintamalli

Perussäädön suunnittelun lähtökohtana on alkukartoitus, jossa tarkastellaan, mitä toimenpiteitä tarvitsee tehdä. Kartoituksen ja hankkeen laajuuden arvioimiseksi on suositeltavaa teettää asiantuntijan avulla kuntoarvio. Asiantuntijan tietämykseen yhdistettynä hallituksen ja isännöitsijän kiinteistön tuntemus, syntyy luotettava asiakirja tulevien korjausten suunnitteluun. Kartoituksen apuna voidaan käyttää laitteiden huoltohistoriaa ja kunnossapitosuunnitelmia, joiden avulla saadaan yhteys muihin toimenpiteitä

vaativiin hankkeisiin. Ilmeisen tärkeää on suorittaa patteriverkoston perussäätö lämmöntarpeiden muutoksiin liittyvien toimenpiteiden kuten ikkunoiden vaihdon tai julkisivun lisäeristämisen jälkeen. Tämä johtuu siitä että huoneen tai tilan tarvitsema lämmitystehontarve muuttuu yleensä pienemmäksi, jolloin vesivirtojen tasapainotus on ajankohtainen.

Perussäädön suunnittelu ja toteutus on aina kiinteistökohtainen. Hankkeen toteuttamisen ja suorittamisen kannalta oleellinen asia on, että riittääkö tilaajalla resurssit hoitaa hanke alusta loppuun. Suunnittelussa on tärkeää olla mukana alan ammattilainen, jotta perussäätöön liittyvät järjestelmät tulee huomioitua ja arvioitua kokonaisuutena. Ammattilaisten ja asiantuntijoiden käyttöä rajoittava asia voi olla kustannuskysymys. Asiana voidaan lähestyä esimerkiksi kunnossapitosuunnitelman kautta, jolloin hankkeeseen osataan varautua ja suunnitella rahoitus ajoissa. Valvonnan merkitys on tärkeä osa perussäädön onnistumisen ja hyvän lopputuloksen kannalta. Ulkopuolinen valvonta on usein tehokkaampaa, mutta samalla myös kalliimpaa. Toisaalta asiantuntemuksen avulla osataan vaatia ja varmistaa hankkeen kannalta oikeita asioita.

Hankkeeseen aikovan on hyvä tiedostaa, että perussäätö ei aina vaadi raskasta ja kallista budjettia. Joissain tapauksissa pienet korjaukset ja kevennetty tarpeenmukainen tasapainotus auttavat ja mahdollistavat pahempien ongelmien korjaukset, jotka mahdollisesti toteutetaan tulevaisuudessa kunnossapitosuunnitelmien mukaisesti. Tarpeenmukainen tasapainotus keskittyy vain niihin verkoston osiin, joissa havaitaan ongelmia. Näin ollen turhia ja tarpeettomia toimenpiteitä ei tarvitse tehdä. Tarpeenmukaisen tasapainotuksen idea on löytää kiinteistöstä ne ongelmatilanteet ja huoneet, joissa on epätasapainoa ja syntynyt turhaa energian tuhlausta. Korjaamalla olemassa olevat ongelmat, päästään tasapainoiseen ja toimivaan lopputulokseen nopeammin ja pienemmillä kustannuksilla. Olennainen asia on miettiä, että voidaanko pienemmällä toimenpiteellä tehdä asumisolot sopiviksi, jos suurempi projekti on tiedostettavasti tulossa lähitulevaisuudessa.

Tiedotus on tärkeässä osassa ennen perussäätöä ja sen aikana. Työt tehdään usein silloin kun tiloissa on toimintaa tai asukkaita, joten työn ajankohta on hyvä ilmoittaa. Tiedotteista on käytävä ilmi, mitä toimenpiteitä tehdään, kuinka kauan kestää ja mitä toimenpiteitä tiloista vastaavien on tehtävä. Selkeä ja hyvä tiedotus on kaikkien osapuolten eduksi, ja se ehkäisee epätietoisuutta.

Perussäädetyt rakennuksen yhteydessä on tärkeää päivittää suunnitelmat, piirustukset ja esisäätöarvot ajan tasalle. Dokumentointi on onnistumisen ja tulevien korjaustarpeiden kannalta hyvin tärkeää. Työn kannalta oleellisin asia on lämpötilojen tasaantuminen suunniteltuihin arvoihin. Lämpötilojen seuraamiseksi on hyvä vaatia ja varmistaa mittauspöytäkirjat ja takuuajaiset selvitykset ja tarkistukset.

6.2 Vesivirtamenetelmä

Vesivirtojen säätö sekä linjasäätöventtiileistä mitatut virtausmittaukset tehdään heti, kun lämmitysverkosto on asennettu lopulliseen käyttökuntoon. Huonelämpötilojen tasaaminen tapahtuu lämmityspatterin kautta kulkevan vesimäärän säätämällä. Perussäätö vesivirtamenetelmällä toteutetaan suunnittelijan laskennallisesti tasapainotetun verkoston suunnitteluarvojen mukaisesti. Verkoston vesivirrat säädetään linjasäätöventtiileillä ja esisäädettävillä patteriventtiileillä. Linjasäätöventtiileiden avulla saadaan säädettyä runkolinjojen vesivirtaa. Lämmityspatterin kautta kulkevaa vesivirtaa voidaan pienentää tai suurentaa muuttamalla patteriventtiilin esisäätöarvoa.

6.3 Paine-eromenetelmä

Paine-eromenetelmän eli vakiopainemenetelmän avulla perussäätö toteutetaan mitaamalla linjojen paine-erot. Paine-eromenetelmässä linjojen paine-eroa mitataan meno- ja paluupuolen yli eli linjasäätöventtiilin runkoputken puoleiselta mittayhteeltä ja menopuolen sulkuventtiilille asennetulta mittayhteeltä /40/. Tämän jälkeen kokonaisvesivirta saadaan kohdalleen oikein mitoitetulla pumpulla. Vakiopainemenetelmän hyöty on edulliseen ja tarkkaan perussäätöön pääseminen. Yksi syy tähän on se, että paine-ero voidaan mitata huomattavasti tarkemmin kuin vesivirta. /41./

6.4 Perussäätöön toteutus ja suoritus

Korjausrakennuskohteissa termostaattiosat irrotetaan perussäädön ajaksi. Perussäädön alkuvaiheessa verkosto täytetään vedellä ja ilmataan tarvittaessa. Yleinen käytäntö suuremmissa rakennuksissa on aloittaa verkoston täyttö täyttämällä ja ilmaamalla runkolinja, jonka jälkeen täytetään ja ilmataan jokainen pystylinja erikseen. Tämän jälkeen ilmataan kaikki lämmityspatterit. Verkoston täytön yhteydessä korkeampi veden

lämpötila ja paine helpottavat ilmausta. Verkoston täytyessä tarkistetaan ja säädetään verkoston paine. Paine ei saa ylittää verkoston heikoimman osan rakennepainetta.

Patteriventtiileihin ja linjasäätöventtiileihin asetetaan suunnitelmissa olevat esisäätöarvot. Jos järjestelmässä on paine-erosäätöisiä pumppuja, paine-eruventtiileitä tai linjakohkaisia paine-erosäätimiä säädetään niiden asetusarvot suunnitelmien mukaisiin arvoihin. Moottoritoimiset säätöventtiilit, magneettiventtiilit ja vastaavat venttiilit avataan auki-asentoon /30/. Linjasäätöventtiileistä mitataan ja tarkastetaan virtaama tai vaihtoehtoisesti paine-erot. Jos virtaama tai paine-ero ei ole tarpeeksi suuri, lisätään pumpun nostokorkeutta. Linjasäätöventtiileihin on hyvä merkitä linjan numero ja esisäätöarvo. Patteriventtiilien termostaattiosat asennetaan paikoilleen haluttuun huonelämpötilaan säädettyinä. Jos suunnitelmissa edellytetään, termostaatin lämpötila-alue rajoitetaan tai lukitaan haluttuun arvoon.

Huonelämpötilat mitataan kun oikea säätökäyrä on löytynyt. Jos huonelämpötilat poikkeavat enemmän kuin on sallittu, tasoitetaan ensin patterikohtaiset virtaamat. Patteriventtiilin esisäätöarvoa muutetaan korkeintaan yksi asteikkoväli kerrallaan. Ellei patteriventtiilien esisäätöarvojen tarkistussäädöllä saada huonelämpötiloja kohdalleen, on linjasäätöventtiileiden virtaamaa muutettava. Tämän toimenpiteen jälkeen on koko verkoston linjasäätöventtiileiden virtaamat tarkistettava ja tarvittaessa säädettävä uudestaan. Erittäin tärkeää on tehdä lämpötilojen hienosäätö eli varsinainen perussäätö, kun vuorokauden keskilämpötila on -5 °C tai alle. Tällöin saadaan mitattua luotettavat lämpötilat sekä tarkastettua lämmitysjärjestelmän toiminta. Takuuajana verkoston säädössä ilmenevien häiriöiden syyt on selvitettävä tarkistusmittauksin ja tehtävä tarvittaessa korjaussäädöt. /30./

Mittaustuloksista ja säätöarvoista tehdään mittauspöytäkirja. Muuttuneet säätöarvot on merkittävä asiakirjoihin. Mittauspöytäkirjaan merkitään tarvittavat ja vaadittavat tiedot. Perussäätöä tehdessä on varmistettava, että olosuhteet ovat rakennuksessa suhteellisen normaalit. Perussäätöä suorittaessa on hyvä varmistaa ilmanvaihdon oikea toiminta sekä säädöt, ikkunoiden on oltava kiinni ja on vältettävä sisäisiä tai ulkoisia lämpökuormia, jotka poikkeavat normaalista käytöstä. /30./

6.5 Tasapainotus uudisrakennuksissa

Patteriverkoston tasapainottaminen on suoritettava aina ennen uudisrakennuksen käyttöönottoa. On ehdottoman tärkeää, että uudisrakennuksen käyttöönottovaiheessa suoritettu perussäätö on tehty oikein suunnitelmien ja urakan mukaisesti. Yleisin ongelma uudisrakennuksien patteriverkoston toiminnassa on, että esisäätöarvoja ei ole asetettu venttiileihin suunnitelmien mukaisesti. Tästä syystä perussäätötyöhön liittyvä valvonta on erityisen tärkeää.

Uudisrakennuksissa patteriverkoston toimintaa häiritsevä asia voi olla uudet ja kosteat rakenteet, jotka voivat sekoittaa lämmitysjärjestelmän toimintaa ja näin ollen mitoitettu ja suunniteltu lämmitysteho ei riitä. Normaalioloihin päästään noin parin vuoden jälkeen käyttöönotosta.

6.6 Patteriverkoston hapeton täyttö

Tyhjää lämmitysverkostoa täytettäessä lähtökohta on, että verkosto täytetään vesijohdovedellä. Hapettoman täytön menetelmässä terminen vedenkäsittelylaite poistaa verkostoon syötettävästä vedestä ilman eli hapen ja typen. Vedessä oleva happi aiheuttaa verkostossa korroosiota ja typpi kerryttää verkostoon ja pattereihin kaasuja. Näin ollen menetelmän lähtökohta on täyttää patteriverkosto vedellä, josta on poistettu mahdollisimman tarkasti veteen liuenneet kaasut. Ilmattomaksi käsiteltyä vettä verkostoon täytettäessä pattereita ei tarvitse ilmata venttiilien vaihdon jälkeen. Tämä vähentää tarkistus- ja huoltotoimien määrää huomattavasti. /42./

Tärkeä asia ennen järjestelmän täyttöä on, että patteriverkosto on tiivis. Tiiviyden tarkistamiseksi verkosto on hyvä koeponnistaa paineilmalla venttiilien asennuksen jälkeen. Patteriverkoston hapettoman täytön menetelmä perustuu alipaineen käyttöön, joka alentaa tehokkaasti veteen liuenneiden kaasujen määrää. Prosessi tehostuu, jos käytetään niin alhaista painetta, että vesi alkaa kiehua. Nesteenä käytetään lämmintä käyttövettä, jota keitetään lämmönjakohuoneessa jatkuvana prosessina alipaineena avulla. Käsitelty vesi pumpataan suoraan patteriverkostoon. /42./

7 ONGELMATILANTEIDEN TUNNISTAMINEN

Perussäädön tarpeellisuuden toteaminen voi käydä ilmi monella eri tapaa. Yleensä ongelmiin puututaan kun valituksia tulee monelta eri taholta. Valitukset voivat johtua esimerkiksi patteriverkostossa syntyvän epämiellyttävän äänen vuoksi. Äänen aiheuttaa usein ylisuuri pumppu, jota joudutaan käyttämään suurella teholla, jotta pumppuun nähden kaukaisimmatkin asunnot saadaan lämpenemään. Lämmityspatterit voivat olla alimitoitettuja tai ne on peitetty verhoilla, jolloin lämpö ei pääse siirtymään huoneeseen. Verkoston vesivirtoja ei ole säädetty, jolloin jokin lämmityspatteri saa liikaa vettä ja jokin toinen liian vähän, jolloin huoneiden väliset lämpötilaerot kasvavat ja tavoiteltua lämpötilaa ei saavuteta. /22./

Huonelämpötilalla on suuri vaikutus kiinteistöjen energiankulutukseen, joten tarpeettoman korkeita huonelämpötiloja tulisi välttää. Huoneiden optimilämpötila riippuu käyttäjän tottumuksista, jolloin energiankulutuksen vähentäminen asumismukavuuden kustannuksella ei ole mielekäästä /5, s. 15/. Jos kiinteistössä on tiloja, jotka ovat normaalia kylmempiä, on syy selvitettävä ennen patteriverkoston perussäätöä. Syy voi olla rakenteissa, LVI-laitteissa tai molemmissa. Rakennuksen lämpöeristys voi olla riittämätön, tai sen vaippa voi vuotaa elementin saumoista tai ovien ja ikkunoiden tiivisteistä, jotka aiheuttavat erinäisiä ongelmatilanteita. Seuraavissa luvuissa on kuvattu tarkemmin laitteisiin ja patteriverkostoon liittyviä ongelmatilanteita ja vaihtoehtoisia ratkaisuja.

7.1 Ilma ja lika patteriverkostossa

Patteriverkoston suunnitelmien mukainen oikea toiminta edellyttää puhdasta järjestelmää, jossa kiertävässä nesteessä on mahdollisimman vähän ilmaa ja likaa. Ilma aiheuttaa patteriverkostossa korroosioita, ääntä ja kierto-ongelmia. Tästä syystä verkostoon ja pattereihin täytyy asentaa automaattisia tai käsikäyttöisiä ilmanpoistimia, jotka asennetaan verkoston ylimpiin kohtiin.

Suljettujen järjestelmien täytön, korjauksien ja huoltojen yhteydessä verkostoon pääsee ilmaa täytön yhteydessä. Jos ilmaa ei poisteta, on seurauksena usein käyttöönottoon liittyviä ongelmia. Verkoston mahdollisen jatkuvan vedenlisästarpeen syy tulee

aina selvittää. Jatkuva täyttäminen lyhentää teräsputkien ja -pattereiden ikää, sillä happi aiheuttaa sisäpuolista korroosiota. Lisäksi putken sisäpuolelta irtoavat epäpuhtaudet saattavat tukkia patteriventtiilejä tai muita laitteita. /12, s. 19; 43, s. 33./

Sivuvirtasuodatin parantaa järjestelmän toimivuutta ja lisää sen elinkaarta. Etenkin patteriverkoston toimintakatkon ja täytön jälkeen osa vanhoista saostumista lähtee liikkeelle ja saattaa kerääntyä esimerkiksi lämmönsiirtimien, pumppujen tai patteriventtiilien pinnoille. Tämä aiheuttaa tukkeumia, toimintaongelmia ja heikentää lämmönsiirtoa. Sivuvirtasuodattimet soveltuvat kiinteiden epäpuhtauksien suodatukseen lämmitysjärjestelmän nesteestä. Suodattimien magneetit keräävät hienojakoista rautasakkaa, joka muualla lämmitysverkostossa saattaisi häiritä ja estää laitteiden toimintaa. /44./

Lianerotin on putkistoon asennettava suodatin, joka ottaa talteen verkoston vedessä olevat liat ja epäpuhtaudet. Lianerotin suojaa muun muassa pumppujen ja säätölaitteiden toimintaa. Lianerottimen tukkeutuminen on havaittavissa esimerkiksi painemittareista, jolloin kaukolämmön meno- ja paluupuolen painemittarit alkavat näyttää lähes samoja lukemia. /31./

Patteriverkoston pesu puhdistusainein on mahdollista mutta ei suositeltavaa, sillä vahvat kemikaaliset aineet voivat vaurioittaa ja heikentää laitteita ja patteriverkostoa. Etenkin herkäät lämmitysverkoston komponentit kuten patteriventtiili voi jumiutua tai aiheuttaa toimintahäiriöitä. Sen sijaan patteriverkoston huuhtelu on suositeltavaa.

7.2 Ilmanvaihdon vaikutus

Tulevaisuudessa ja jo tällä hetkellä korjausiässä olevat rakennukset ovat yleisimmin varustettu koneellisella poistoilmajärjestelmällä tai painovoimaisella ilmanvaihtojärjestelmällä. Koneellinen poistoilmajärjestelmä on yleisin ilmanvaihtojärjestelmä kerrostaloissa. Siinä ilmanvaihtoa on toteutettu ullakolle sijoitettavalla puhaltimella tai katolle sijoitettavalla huippuimurilla tai poistopuhaltimella. Ilma poistuu likaisten tilojen kuten keittiön, wc:n, kylpyhuoneen, vaatehuoneen tai saunaan sijoitettujen venttiilien kautta. Painovoimaisia ilmanvaihtojärjestelmiä on rakennettu niin omakotitaloihin kuin kerrostaloihin. Painovoimainen ilmanvaihto perustuu lämpötilaeroista aiheutuviin tiheyseroihin ulko- ja sisäilman välillä sekä tuulen aiheuttamiin paine-

eroihin. Poistoilmaventtiilit on sijoitettu yleensä keittiö ja märkätiloihin. /5, s. 18 – 20./

Molempien yllä mainittujen ilmanvaihtojärjestelmien vaatima korvausilma huoneeseen saadaan ulkoilmakanavien tai -venttiilien, ikkunanrakojen tai rakenteiden kautta. Korvausilmaventtiilit yleistyivät vasta 1980-luvun puolivälin jälkeen, joten sitä ennen rakennettujen rakennuksien korvausilma saatiin pääsääntöisesti rakennuksen satunnaisista vuotokohdista /5, s. 20/. Ulkoa tulevan korvausilman saanti on tarkoitus saada lämmityspatterien läheisyydestä, jolloin ilma lämmitessään kohoaa ylöspäin. Jos ilmaa ei saada lämmitettyä ennen kulkeutumista oleskeluvyöhykkeelle, saattaa se aiheuttaa vedon tunnetta. Vedon tunne aiheutuu ihon paikallisesta liian voimakkaasta jäähtymisestä. Tästä johtuen käyttäjät haluavat nostaa huoneiston lämpötilaa.

Toimiva ja perinteinen tapa on sekoittaa korvausilma huoneilmaan johtamalla se lämmityspatterin aiheuttamaan konvektion piiriin, jolloin korvausilma sekoittuu konvektiovirtaukseen. On myös mahdollista esilämmittää korvausilma erilaisilla poistoilman tai auringon lämpöä hyödyntävillä ratkaisuilla, jolloin ilma voidaan tuoda huoneeseen siten, että se ei aiheuta vedon tunnetta. Korvausilman esilämmittäminen ei ole yleensä taloudellisesti kannattavaa koneellisessa poistoilmajärjestelmässä. Nykyään käytössä olevia korvausilmaratkaisuita ovat ikkunan karmiin asennettavat rakoventtiilit, joiden ilmasuihkun nopeutta ja ilmamäärää voidaan säätää venttiilin rakoja suurentamalla ja pienentämällä. Korvausilmaventtiiliksi ikkunan yläpuolelle voidaan asentaa pyöreä suodattimella ja äänenvaimennuksella varustettu venttiili. /5, s. 27./

Koneellisessa poistoilmavaihtorakennuksessa lämmitysjärjestelmää uusittaessa raitisilmaradiaattori (kuva 15) on hyvä vaihtoehto. Huoneen tarvitsema korvausilma lämpiää lämmityspatterissa, jonka jälkeen se johdetaan huonetilaan lämmityspatterin yläosassa olevan aukon kautta. Ulkoilma tuodaan sisään suodatettuna ja radiaattorin lämmittämänä, puhtaasti ja vedottomasti. Näin ollen huonetiloihin ei aiheudu vedon tunnetta. Raitisilmaradiaattori soveltuu tiiviiden rakennusten ilmanvaihdon toteuttamiseen niin uudis- kuin korjausrakennuskohteissa.



KUVA 15. Raitisilmaradiaattori, Purmo air /18/

Melkein kaikkiin uudisrakennuksiin suunnitellaan ja toteutetaan koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto, joka mahdollistaa usein asunto- tai tilakohtaisen säätömahdollisuudet ja sisäilmasto saadaan korkean vaatimustason mukaiseksi. Koneellisessa tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmässä lämmöntalteenottolaitteella saavutetaan energiansäästöä. Lämmöntalteenottolaite käyttää poistoilmasta saatavaa lämpöenergiaa tuloilman esilämmitykseen ja vähentää näin muun lämmityksen tarvetta. Koneellisessa tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmässä esiintyy vedon aiheuttamaa häiriötä harvemmin kuin muissa ilmanvaihtotyypeissä. Mikäli koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmä ei toimi oikein, on kuitenkin mahdollista, että siitä aiheutuu vedon tunnetta. Tyypillisiä ongelmatilanteita koneellisessa tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmässä ovat väärä tuloilman lämpötila ja väärät ilmamäärät tiloihin.

7.3 Lämmitysverkoston korroosion esto

Lämmitysverkostossa kiertää sama vesi jatkuvasti, ellei sitä putkisto- tai laitevaurion tai huollon takia jouduta välillä tyhjentämään tai täyttämään. Lämmitysverkoston teräs ja veden happi synnyttävät korroosioreaktion. Lisätyn veden liuennut happi reagoi teräsputkiston ja pattereiden kanssa syövyttäen niitä, kunnes vesi on menettänyt happensa. Lämmitysverkostoa täyttäessä tulisi järjestelmän lämpötilaa nostaa tilapäisesti muutaman tunnin ajan mahdollisimman korkeaksi, jotta veden ylimääräinen happi saataisiin poistumaan ilmaamalla pattereita. /4, s. 101./

Tiivis, huolella suunniteltu ja rakennettu verkosto säästää energiaa ja pidentää laitteiden ja putkiston käyttöikää. Veden pH:n raja-arvot ovat 6,5 - 9,5, mutta laatutavoite on 7,0 - 8,8 välillä. Vedessä esiintyvän vapaan hapen määrä saa olla maksimissaan 0,1 mg/kg. /4, s. 101./

7.4 Laitteiden käyttöiät ja -ajat

Lämmitysjärjestelmien laitteiden käyttöiät vaihtelevat riippuen laitteista, suunnittelusta, asennuksesta, käytöstä sekä veden laadusta. Tekniset järjestelmät tehdään lähtökohtaisesti mahdollisimman pitkäikäisiksi. Järjestelmien käyttöikää on näin ollen mahdoton sanoa tarkasti. /4, s. 128 - 129./

Laitteiden ja järjestelmien käyttöaika määräytyy laitevalinnoista, käyttöolosuhteista ja asiakkaan tarpeiden mukaan /4, s. 129/. Teknisesti laitteistot voidaan suunnitella kestämään hyvinkin pitkään. Tämän johdosta usein tarkastellaan laitteiden käyttöaikaa, jonka niiden pitäisi palvella tarkoituksissaan. Järjestelmän käyttöajan määrittelyssä on otettava huomioon järjestelmän laitteiden ja komponenttien kestävyys ja käyttöikä.

Kaukolämpölaitteiden käyttöaika on noin 20 - 25 vuotta, ja usein yli 20 vuotta vanha kaukolämpökeskus uusitaan kokonaan korjauksen yhteydessä, sillä uuden laitteiston asentaminen kokonaisuutena tulee edullisemmaksi vaihtoehdoksi kuin vanhan korjaaminen. Lämmönsiirtimien uusinnan yhteydessä on hyvä tarkistaa myös verkoston toiminta, esimerkiksi selvittämällä verkoston virtaus ja verrata sitä suunnitelmiin. Lämmönsiirtimien hyötysuhde pienenee ajan kuluessa, kun laitteistoon muodostuvat kerrostumat heikentävät lämmönsiirtokykyä. Metalliosien kestoikä on 10 - 30 vuotta. Yksi perussäädön ajankohtaisuuteen johtava syy voi olla huono kaukolämpöveden jäähtymä, jossa kaukolämmön paluulämpötila on tavanomaista korkeampi. Tähän voi olla syynä huono lämmönsiirtimen kunto. Verkoston toiminnan tarkastus on suositeltavaa myös, jos lämmitysverkostoa palveleva pumppu vaihdetaan tai uusitaan sen osia. Näin vältetään väärän kokoisen pumpun hankinta etenkin, jos patteriverkoston vesivirrat on tarkoitus tasapainottaa tulevaisuudessa.

Lämmitysputkien ja -pattereiden käyttöaika on riippuvainen patteriverkoston veden happipitoisuudesta. Putkistoremontti tehdään useimmiten noin 40 - 60 vuotta vanhaan rakennukseen, mutta remontin ajankohdan hajonta voi olla suuri rakennusten kesken.

Pattereiden tekninen käyttöikä on pääsääntöisesti yli 50 vuotta. Yleensä lämmityspatterit vaihdetaan esteettisistä syistä tai lämmöntarpeen muuttumisen johdosta. Pattereiden vaihdon syynä voi olla myös niiden uusiminen tehokkaampiin malleihin, jolloin meno- ja paluuv veden lämpötilat ovat matalammat silmälläpitäen lämmitysmuodon vaihtoa varten tulevaisuudessa esimerkiksi ilma-vesi- tai maalämpöpumppuun. Tällöin tavoitellaan parempaa lämpökerrointa ja samaa tai suurempaa tehoa pienemmällä lämpötilalla.

Patteri-, linjasäätö- ja sulkuventtiilien käyttöaika on noin 20 - 25 vuotta. Patteriventtiilien ja termostaattien vaihto on suositeltavaa kiinteistön energiansäästöön liittyvien toimenpiteiden yhteydessä /5, s. 13/. Keskipakopumpun keskimääräinen vaihtokä on noin 20 vuotta.

7.5 Laitteiden vikatilanteet

Tekniset laitteet vikaantuvat aina jossain vaiheessa. Vikaantumiselle on vaikea määrittää tiettyä tai tiettyjä syitä, sillä niitä on lukemattomia. Yleisimpiä vikatilanteita ovat erilaiset käyttövirheistä tai mekaanisesta kulumisesta johtuvat viat. Kiinteistön viat ja käyttöhäiriöt ovat hyvin moninaisia. Osa vioista on laite- ja putkistovaurioita ja monet säätölaitteiden virheellisestä toiminnasta johtuvia häiriöitä. Käyttövirheet ovat seurausta huoltohenkilöstön, asukkaiden ja asiakkaiden virheellisistä käyttötavoista. Osa vioista voi olla myös valmistusvirheitä, asennusvirheitä, huoltotyön laiminlyöntejä tai vääriä laitevalintoja.

Vian ilmettyä on ratkaistava korjauksen laajuus ja myös se, onko vikaantunut laitteita järkevää korjata vai uusitaanko laite kokonaan. Ratkaisuun vaikuttavat muun muassa seuraavat asiat /4, s. 135/:

- laitteen ikä ja jäljellä oleva käyttöaika
- laitteen korjaushistoria
- korjauksen hinta suhteessa uuden laitteen hintaan
- onko uusi laite paremmin toimiva ja kehittyneempi
- energian kulutus suhteessa entiseen laitteeseen.

Näiden asioiden lisäksi laitteen uusimiseen vaikuttaa, onko koko teknisen järjestelmän uusiminen lähiaikoina ajankohtainen.

7.6 Taloteknisten laitteiden ja järjestelmien häiriöt ja huoltotoimenpiteet

Likainen patterivesi tai pitkä yhtäjaksoinen mekaanisen käytön puute esimerkiksi ke-säaikana voi lyhentää termostaattisen patteriventtiilien käyttöikää merkittävästi. Lisä-aineita ei suositella käytettäväksi patteriverkon lämmitysvedessä, koska ne saattavat edesauttaa patteriventtiilien jumiutumista. Termostaattiosien säännöllinen kääntämi-nen ääriasennosta toiseen on yksinkertainen huoltotoimenpide, joka ehkäisee jumiu-tumista.

Joihinkin lämpöjohtoverkoston pumppuihin on saatavilla vaihtosarjoja ja -osia, joiden käyttöä on syytä harkita, jos pumppu ei ole iältään kovin vanha. Pumpuista ilmenevä vuoto tai erikoinen ääni on yleensä merkki vaihdon tarpeesta.

7.6.1 Alhainen tai korkea huonelämpötila

Huoneen suuret lämpöhäviöt voivat olla syynä alhaiseen huonelämpötilaan. Tällöin on syytä tarkistaa muun muassa ikkunoiden tiiveys ja tiivisteet. Jos koko rakennuksen lämpötila on alhainen, voi syynä olla liian alhaiseksi valittu lämmityksen säätökäyrä. Säätökäyrän valinta ylempään tai suuntaissiirron korjaus on tällöin tarvittava toimen-pide. /4, s. 140./ Jos matalia lämpötiloja esiintyy vain muutamassa huoneistossa, tuli-sivat lämpötilaongelmat ratkaista huoneistokohtaisesti. Jos lämmityksen säätökäyrää nostetaan, vaikutetaan todennäköisesti muidenkin huoneistojen sisälämpötiloihin nos-tavasti, mikä saattaa lisätä tarpeettomasti rakennuksen energiankulutusta. Mikäli läm-mityksen säätökäyrää muutetaan, on erittäin tärkeää, että tehdyt muutokset kirjataan ylös esimerkiksi huoltokirjaan, jotta mahdollisia vaikutuksia on helpompi seurata tu-levaisuudessa. Toimivat asetusarvot on myös näin ollen helpompi määrittää kohdal-leen, kun järjestelmän historia on tiedossa. Muistiin kirjattavia asioita ovat tehdyt muutokset, päivämäärä, ajankohta, säätöhetken ulkolämpötila ja sääolosuhteet.

Alhainen huonelämpötila kertoo usein heikosta vedenkierrosta, joka käy usein ilmi siitä, että huoneen lämmityspatterin alaosa on lähes huoneenlämpötiloissa, vaikka suunniteltua huonelämpötilaa ei ole saavutettu. Vesivirtojen perussäätö on voinut muuttua tai perussäätö on tekemättä. Oikein toimiva lämmityspattere on lämmin ylä-

osasta ja viileämpi alaosastaan. Jos lämmityspatterin on lämmin vain alaosasta ja se aiheuttaa lorisevaa ääntä on syynä usein siihen kertynyt ilma, jolloin se täytyy ilmata.

Alhainen huonelämpötila voi johtua myös menoveden sekä paluuveden liian alhaisista lämpötiloista. Alhaisen huonelämpötilan syyn selvittämiseksi suositellaan seuraavia toimenpiteitä /4, s. 140/:

- lämmityspatterin ilmaus
- patteriventtiilin toiminta ja asento
- sulku- ja linjasäätöventtiilien asento
- lianerottimen puhtaus
- pumpun toiminta/pyörimissuunta.

Jos koko rakennuksen keskilämpötila todetaan liian korkeaksi, on lämmityksen säätökäyrä todennäköisesti valittu liian korkeaksi ja suuntaissiirto nostettu tarpeettoman ylös /4, s. 140/.

7.6.2 Lämmitysverkoston veden lämpötila liian alhainen tai korkea

Nopea säänmuutos kylmästä lämpimäksi voi olla syynä lämmitysverkoston alhaiseen lämpötilaan. Ilma lämpiää, mutta rakenteet ovat edelleen kylmät. Myös tuulisilla ilmoilla talo pyrkii jäähtymään. Jos säätimeen on kytketty tuulikompensointi, on sillä nostava vaikutus menoveden lämpötilaan. Jos lämmitysverkoston lähtevän veden lämpötila on liian korkea, voi syynä olla rikkiäinen tai roskainen säätöventtiili, joka ei sulkeudu. /4, s. 141./

7.6.3 Lämmitysverkoston paine

Lämmitysverkoston paineistus on yksi tärkeimmistä tekijöistä lämmitysverkoston toimivuuden ja lämmön jakaantumisen osalta. Jos lämmitysverkoston paine pääsee laskemaan, voi nesteeseen liuenneet kaasut vapautua lämmitysjärjestelmään ja aiheuttaa korroosiota. Lämmitysverkoston vapautuneet kaasut häiritsevät lisäksi lämmitysverkoston kiertoa. /34./

Jos lämmitysverkoston paine on alhainen, syynä voi olla vuoto järjestelmän jossain osassa. Tällöin on tarkistettava putkisto ja tarvittaessa koepainettava putkisto. Venttii-

lit, liitokset ja tiivisteet on syytä tarkistaa. Lämmitysverkoston liiallinen paine voi käydä ilmi varoventtiilin jatkuvana toimintana. Syynä korkeaan paineeseen voi olla esimerkiksi täyttöventtiilin vuoto, paisunta-astian kumikalvon rikkoontuminen tai lämmönsiirtimen puhkeaminen. Ennen perussäädön suoritusta on hyvä tarkistaa paisunta-astian ja paisuntajärjestelmän kunto ja paine. Paisuntajärjestelmän kunto ja paisunta-astian esipaine tulee tarkistaa säännöllisin väliajoin.

8 SUUNNITELMALLINEN KUNNOSSAPITO

Koska lämmitysjärjestelmien käyttöikä ei pystytä täsmällisesti arvioimaan, niiden kuntoa on seurattava säännöllisesti. Suunnitelmallinen kunnossapito on tärkeää, sillä lämmitysjärjestelmän rikkoentuessa tulee nopea ja mahdollisesti laaja korjaus maksamaan paljon enemmän kuin ajoissa ja hyvin suunniteltu korjaus. Suunnitelmallisen kunnossapidon ylläpitämiseksi tulee säännöllisin väliajoin päivittää olemassa olevaa suunnitelmaa.

Korjaustarpeen määrittelyssä hyödynnetään kiinteistön kuntoarviota, huoltokirjaa, lämmön- ja vedenkulutustilastoja sekä kunnossapitosuunnitelmaa. Kun kuntoarviota ja huolto- ja korjaushistoriaa yhdistellään, sekä tarkastellaan kulutustilastoja, saadaan melko luotettava arvio laitteiston kunnosta. Säännöllisellä energiankulutusseurannalla pystytään mahdollisten poikkeamien perusteella havaitsemaan esimerkiksi lisääntyneen energiankulutuksen perusteella mahdollisia vikatilanteita kiinteistössä.

Energiatehokkaan lämmityksen tavoitteena ovat terveellinen sisäilmasto ja alhaiset lämmityskustannukset. Laitteiden oikea käyttö ja seuranta, ennakkohuolto ja vikojen korjaukset ovat jo itsessään energianhallintaa. Pitkällä tähtäimellä kiinteistön omistaja vaikuttaa energianhallintaan järjestelmä- ja laiteinvestointien avulla. /12, s. 14./

Energiatehokas lämmitys edellyttää säännöllistä kuntoarvion tekemistä. Kuntoarvion luotettavuutta parannetaan huoltokirjan korjaushistoria- ja vikailmoitustiedoilla. Maankäyttö- ja rakennusasetus 895/1999 edellyttää, että uusille rakennuksille tehdään huoltokirja. Huoltokirjan ylläpitäminen ohjaa lämmittämään, huoltamaan ja hoitamaan kiinteistöä oikein ja oikea-aikaisesti. /12, s. 15./

8.1 PTS

Pitkän tähtäimen suunnitelma eli PTS antaa taloyhtiön hallinnolle kokonaiskuvan kiinteistön kunnosta, tulevista korjaustarpeista, niiden ajankohdista ja kustannuksista. Se kertoo millä aikataululla ja missä järjestyksessä on ajateltu toteuttaa kiinteistön erilaiset korjaushankkeet kuten venttiileiden vaihto ja patteriverkoston tasapainotus. PTS:n antaman tiedon pohjalta pystytään aloittamaan tarvittavat valmistelut hyvissä ajoin, kuten suunnittelijoiden, viranomaislupien ja korjausavustusten hankinta. Hyvä suunnitelma pohjautuu hallittuun kiinteistön ylläpitoon, huoltoon ja säännöllisiin kuntoarvioihin sekä kuntotutkimuksiin. PTS:n kartoitus tehdään vähintään noin 10 vuoden aikajänteellä ja sitä ylläpidetään vuosittain. /45./

8.2 Huolto

Lämmitysjärjestelmien huoltotyöt ovat järjestelmäkohtaisia. Lämmitysjärjestelmien tarkastus ja huollon tarve suunnitellaan aina rakennuskohtaisesti. Huoltotoiminnalla voidaan vaikuttaa vikojen määrään ja niiden laatuun sekä vähentää vikojen syntymisiä. Lämmitysjärjestelmän ja laitteiden huollon seurauksena viat eivät pääse mittaviksi ja ne voidaan korjata vähäisillä käyttökatkoilla. /4, s. 131./

Taloudellisesti on järkevää antaa laitteiden käydä tarkkailun alla valvottuna ja tehdä tarkastukset ja huollot ajallaan. Suunnittelutoimistot voivat ohjeistaa huolto-ohjelman avulla milloin järjestelmän tai laitteen huolto tulisi tehdä. Ylimoitettu huolto on hyödytöntä ja tulee pidemmällä aikavälillä kalliiksi. /4, s. 131./

Tyypillisiä korjaustoimenpiteitä patteriverkoston osalta ovat esimerkiksi termostaattisten patteriventtiilien vaihto, linjasäätöventtiilien, lämmönsiirtimien ja lämmityspatterien uusiminen ja lämpöjohtoverkoston pumpun vaihto.

9 KÄYTETTÄVÄT LASKENTAMENETELMÄT

Tässä osiossa esitetään työssä käytetyt laskentakaavat ja -menetelmät.

9.1 Lämmitysenergiankulutus

Esimerkkikohteiden tuloksia tarkastellaan vertailemalla lämmitysenergiankulutuksen tietoja ennen perussäätöhanketta ja sen jälkeen. Rakennusten lämmitysenergiankulutusta seurataan yleensä nettoenergiana, joka kuvaa sitä energiaa, jonka rakennus kuluttaa. Lämmitysenergiankulutuksen normeerauksen tavoitteena on palvella rakennuksen energiankulutuksen seuranta ja ohjata kohti energiatehokasta toimintaa. Lämmitysenergian seurannassa energian normeeraus on välttämätöntä, koska lämmitysenergian vaihtelevuus vuosittain on riippuvainen ulkolämpötiloista. Tästä syystä lämmitysenergiankulutuksen normitukseen käytetään kuntakohtaisia kertoimia sekä vertailupaikkakuntien normaalivuoden eli vertailukauden lämmitystarveluvut, jotka on mitattu vuosina 1981 - 2010. Vertailtavat lämmitystarveluvut löytyvät ilmatieteen laitoksen sivuilta. /46./

Saman rakennuksen lämmitysenergiankulutuksen vertailu eri ajankohtina saadaan laskettua yhtälöllä 1.

$$Q_{norm} = \frac{S_N \text{ vpkunta}}{S_{toteutunut \text{ vpkunta}}} \times Q_{toteutunut} + Q_{\text{lämmin käyttövesi}} \quad (1)$$

Q_{norm}	rakennuksen normitettu lämmitysenergiankulutus
$S_N \text{ vpkunta}$	normaalivuoden tai -kuukauden (1981 - 2010) lämmitystarveluku vertailupaikkakunnalla
$S_{toteutunut \text{ vpkunta}}$	toteutunut lämmitystarveluku vuosi- tai kuukausitasolla vertailupaikkakunnalla
$Q_{toteutunut}$	rakennuksen tilojen lämmittämiseen kuluva energia
$Q_{\text{lämmin käyttövesi}}$	käyttöveden lämmittämisen vaatima energia

Normitus koskee vain rakennuksen lämmittämiseen kuluva energiaa. Säästä riippumaton käyttöveden lämmittämiseen kuluva energia on ensin poistettava rakennuksen kokonaislämmitysenergiankulutuksesta yhtälöllä 2.

$$Q_{toteutunut} = Q_{kok} - Q_{\text{lämmin käyttövesi}} \quad (2)$$

Q_{kok}	rakennuksen kokonaislämmitysenergiankulutus
-----------	---

Käyttöveden lämmittämiseen tarvittava energia ei ole riippuvainen ulkolämpötilasta. Tästä syystä sen osuus erotetaan normitettavasta lämmitysenergiankulutuksesta. Lämpimän käyttöveden energiankulutus arvioidaan käytettävissä olevien tietojen mukaan seuraavasti:

1. Lämpimän käyttöveden energiankulutuksena käytetään ensisijaisesti rakennuksen käyttöveden energiamittauksiin perustuvaa arvoa.
2. Jos lämpimän käyttöveden energiankulutusta Q_{lkv} (kWh/vuosi) ei ole mitattu erikseen, lasketaan se kulutetun lämpimän käyttöveden perusteella kaavalla 3

$$Q_{lkv} = Q \times V_{lkv}, \text{ jossa} \quad (3)$$

V_{lkv} on kulutettu lämpimän käyttöveden määrä (m^3/vuosi)

$Q = 58,33 \text{ (kWh/m}^3\text{)}$ on veden lämmittämiseen tarvittava energiamäärä vesikuutiota kohden, joka saadaan yhtälöstä 4

$$Q = \frac{\rho \times c_p \times V \times (t_2 - t_1)}{3600}, \text{ jossa} \quad (4)$$

Q veden lämmittämiseen kuluva energia (kWh)

ρ veden tiheys (1000 kg/m^3)

c_p veden ominaislämpökapasiteetti ($4,2 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$)

V vedenkulutus (m^3)

t_2 lämmitetyn veden lämpötila + $55 \text{ }^\circ\text{C}$

t_1 lämmitettävän veden lämpötila + $5 \text{ }^\circ\text{C}$

3600 muunnoskerroin

3. Jos lämpimän käyttöveden määrää V_{lkv} ei ole mitattu erikseen, oletetaan sen olevan asuinrakennuksissa 40 % ja muissa rakennuksissa 30 % veden kokonaiskulutuksesta.
4. Jos veden kokonaiskulutusta ei ole mitattu, käytetään lämpimän käyttöveden määrän V_{lkv} oletusarvona asuinrakennuksissa $0,6 \text{ m}^3/\text{brm}^2$ vuodessa. Muissa kuin asuinrakennuksissa voidaan käyttää liitteen 2 mukaisia arvoja. /46./

9.2 Ominaiskulutus ja lämpöindeksi

Ominaiskulutus tarkoittaa vuodessa käytetyn lämmitysenergian suhdetta rakennustilavuuteen ($\text{kWh}/\text{rak-m}^3$). Eri vuosien ominaiskulutuksia vertailtaessa täytyy lämmi-

tysenergiankulutus normeerata. Lämpöindeksi saadaan laskettua jakamalla normeerattu lämmitysenergiankulutus rakennuksen tilavuudella yhtälön 5 mukaisesti.

$$\text{lämpöindeksi} = \frac{\text{rakennuksen normeerattu lämmitysenergiankulutus}}{\text{rakennuksen tilavuus}} \quad (5)$$

Kaukolämpöyhtiöt voivat ilmoittaa eri rakennustyypeille valmistumisvuoden mukaan lämpöindeksien vertailuryhmiä, jonka tiedot pohjautuvat rakennuksista annettuihin tietoihin. Energiateollisuus ry on julkaissut lämpöindeksien vertailutietoja, jotka on esitetty liitteessä 3.

9.3 Takaisinmaksuaika

Takaisinmaksuaika lasketaan yhtälön 6 mukaan. Takaisinmaksuajan mukaan tarkastellaan kuinka kauan kestää ennen kuin hankkeen investoinnin saadut nettotuotot ylittävät investoinnin hankintamenot. Laskuissa käytetään kaavaa, jossa ei oteta huomioon korkoja tai kaukolämmön hinnan muutoksia.

$$\text{takaisinmaksuaika} = \frac{\text{hankintamenot}}{\text{investoinnin nettotulot}} \quad (6)$$

9.4 Kaukolämpöveden jäähtymä

Kaukolämpöveden jäähtymä kuvaa meno- ja paluueden lämpötilaeroa. Jäähtymästä voidaan päätellä kaukolämpölaitteiden toiminta. Mitä suurempi kaukolämpöveden jäähtymä on, sitä pienemmän vesimäärään kaukolämpölaitteet ottavat tarvittavan lämmitysenergian rakennuksen lämmitykseen.

10 ESIMERKKIKOHTTEIDEN KUVAUS

Esimerkkikohteita on kolme kappaletta, joista yksi on ammatillinen oppilaitosrakennus ja kaksi esimerkkikohdetta ovat asuinkerrostaloja.

10.1 Turun ammattikorkeakoulu, Ruiskatu 8, Turku

Esimerkkikohteena on Turun terveydenhoidon ammattikorkeakouluna ja ammatti-instituuttina toimiva kiinteistö (kuva 16). Turun terveydenhoidon ammattikorkeakoulu on rakennettu 1979 ja laajennusosa on rakennettu 1988. Rakennuksen lämmitetty nettoala on 98900 m³. Kiinteistössä on luokkahuoneistoja, uima-allas, kaksi ruokalaa ja urheiluhalli.



KUVA 16. Ruiskatu 8, Turku /47/

Kiinteistöön on toteutettu vuodesta 2004 lähtien ESCO-projekti liittyen ilmanvaihdon saneeraukseen. ESCO-palvelu on palveluliiketoimintaa, jossa ulkopuolinen energia-asiantuntija toteuttaa asiakasyrityksessä investointeja ja toimenpiteitä tarkoituksena säästää tilaajan energiakustannuksia. Sopimuksen aikana LVIA-laitteiden toiminnallinen vastuu ja huolto ovat toimittajalla. ESCO-palveluun liittyy takuu syntyvistä energiansäästöistä. Palvelun kustannukset ja energiansäästöinvestoinnit maksetaan alentu-neista energiakustannuksista syntyvillä säästöillä. /48./

Kiinteistön lämmitysjärjestelmän korjaustyö käsitti linjasulku- ja linjasäätöventtiilien uusimisen ja säädön sekä patteriventtiilien uusimisen ja säädön. Työhön sisältyvä lämpöjohtoverkoston perussäätötyö tehtiin suunnitelmissa esitettyjen esisäätöarvojen mukaan ja virtaamat mitattiin. Kiinteistön kaikki patteriventtiilit uusittiin Oras Stabila patteriventtiileihin. Uusittavien patteriventtiilien lukumäärä oli 748 kpl. Uusittavia

sulkuventtiileitä oli 59 kpl ja linjasäätöventtiileitä 64 kpl. Pumppujen juoksupyörät uusittiin vastaamaan tuottoarvoja. Työt aloitettiin 1.7.2013 urakkasopimuksen mukaan ja hanke valmistui 30.9.2013. Jälkitarkastus tehtiin muutama kuukausi myöhemmin. Asennetuille laiteille sekä asennustyölle edellytettiin kahden vuoden takuu.

10.2 As Oy, Pajamäentie 2, Helsinki

Taloyhtiö on rakennettu vuonna 1959. Rakennuksessa on 30 kpl asuntoja ja kerrosten määrä on neljä (kuva 17). Rakennustilavuus on 6600 m³.



KUVA 17. Pajamäentie 2, Helsinki /49/

Perussäätö-projekti tuli ajankohtaiseksi keväällä 2012 pidempään jatkuneiden epäta-
saisten lämpötilojen vuoksi eri huoneistoissa. Osassa huoneistoista lämpötilat talvi-
kaudella jopa 24 °C – 25 °C, jotka sijaitsivat ympäri taloa, joka kertoo selvistä ongel-
mista. Huonelämpötilojen erojen lisäksi joidenkin asuntojen lämmityspatterit eivät
lämmenneet ollenkaan. Tarkemman lähtötilanteen kartuttamiseksi tehtiin huoneistois-
sa lämpötilamittauksia lämmityskaudella. Perussäätötyö valmistui vuonna 2013 ennen
lämmityskauden alkua.

10.3 VVO, Saarenvainionkatu 17, Kaukajärvi, Tampere

Rakennus on seitsemän kerroksinen kerrostalo, jossa on 33 asuntoa ja kaksi porashuonetta (kuva 18). Rakennusvuosi on 1971 ja rakennuksessa on koneellinen poistoilmanvaihto. Rakennustilavuus on 9070 m³. Lämmönsäätö, patteri- ja linjasäätöventtiilien uusiminen toteutettiin vuonna 2010. Lämmönsäätö tehtiin patteriverkoston termostaattiventtiilien vaihtamisen vuoksi, jotka olivat pääsääntöisesti 1980-luvulta. Vaihtoon syynä olivat osin vialliset ja tukkoiset venttiilit, joiden vuoksi patteriverkosto oli epätasapainossa, eikä toiminut suunnitellulla tavalla. Tasapainotuksen ajankohitaisuutta edesauttoi rakennuksessa uusitut ikkunat ja ilmanvaihdon nuohous ja ilma-
virtojen säätö, jotka oli tehty muutama vuosi aiemmin. Patteriverkoston täyttö toteutettiin hapettoman veden täytöllä ja säätölaskenta ja säätötyö tehtiin paine-eromenetelmällä.



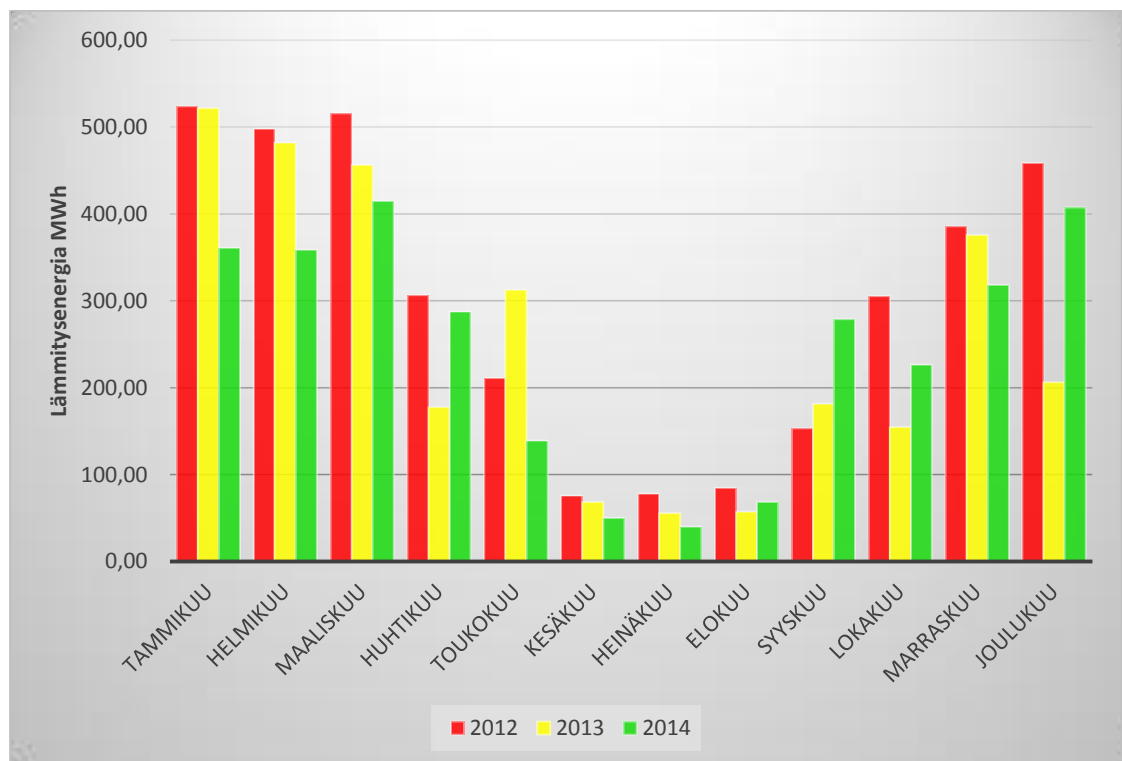
KUVA 18. Saarenvainionkatu 17, Tampere /50/

11 TULOKSET

Esimerkkikohteisiin tehtyjen perussäätöhankkeiden tulokset esitetään tässä osiossa. Tuloksien pääpaino keskittyy rakennuksien lämmitysenergiankulutuksien muutoksiin. Tuloksissa esitetyt lämmitysenergiankulutukset ovat kaikki normeerattuja arvoja.

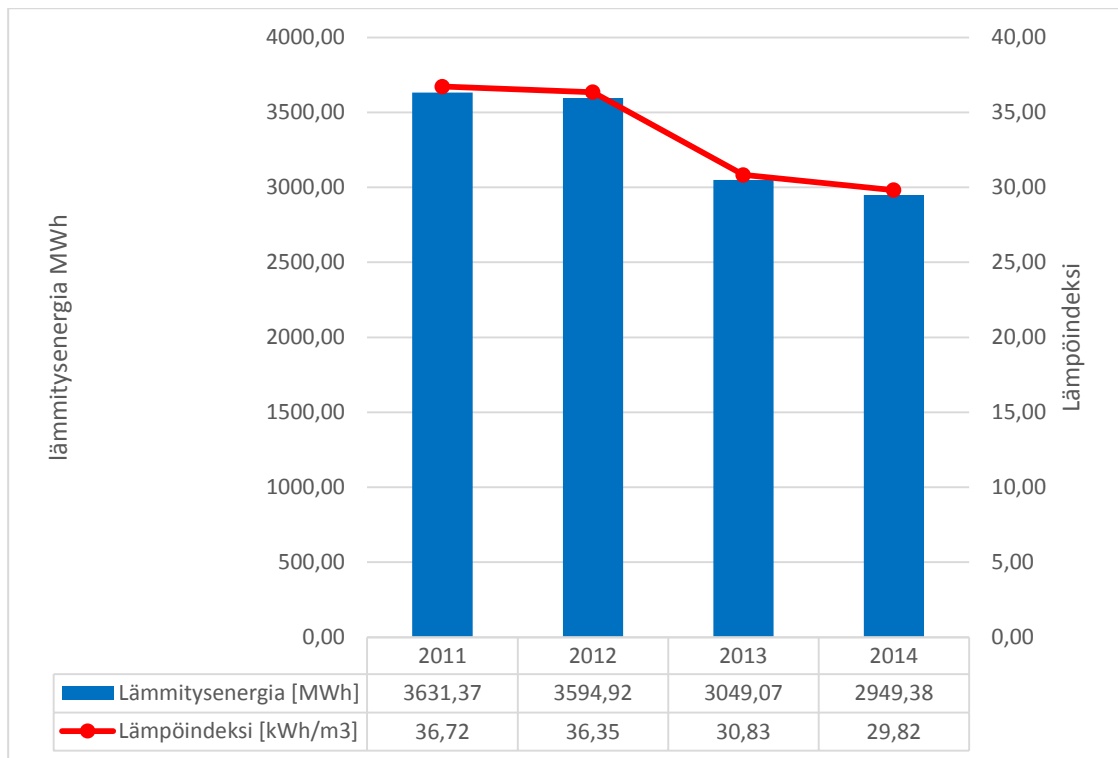
11.1 Ruiskatu 8, Turku

Ammattikorkeakoulukiinteistö on esimerkkikohteista suurin. Vuonna 2013 tehty perussäätö on johtanut selviin lämmitysenergian säästöihin kyseisessä kohteessa. Kuvassa 19 esitetään lämmitysenergian muutos kuukausittain vuosina 2012 – 2014.



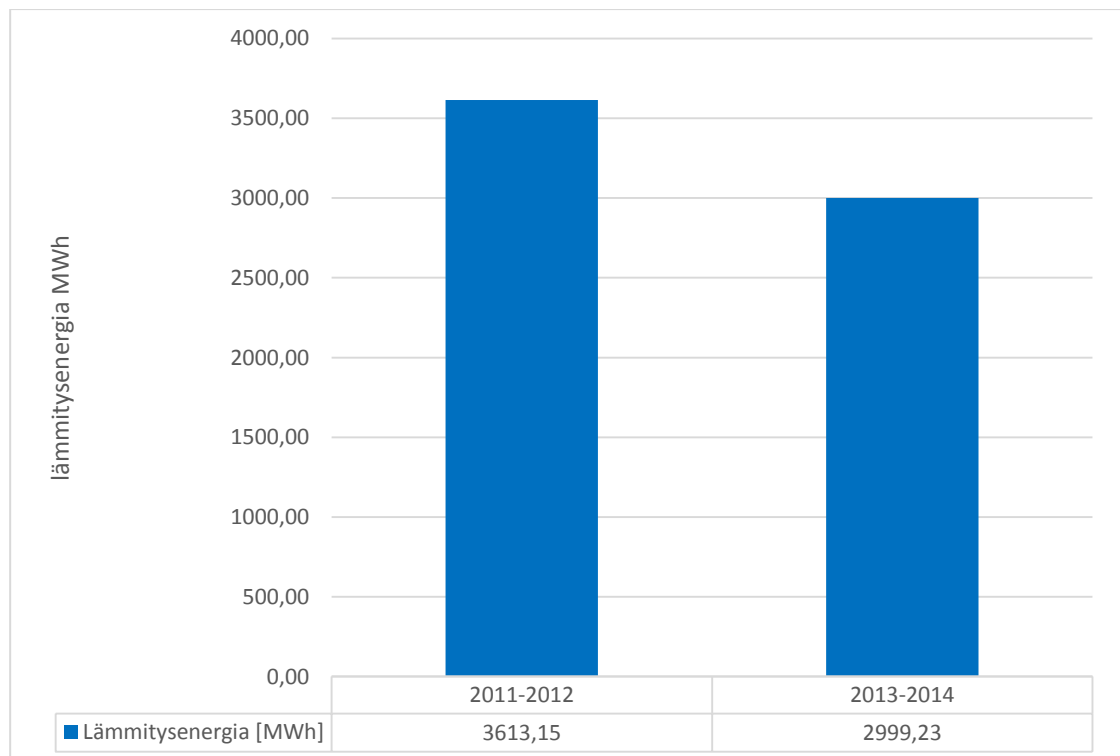
KUVA 19. Lämmitysenergian muutos kuukausittain vuosina 2012 - 2014

Kun kyseisen kohteen lämmitysenergiankulutusta tarkastellaan vuositasolla ennen toteutettua perussäätöhanketta ja sen jälkeen, huomataan kuvasta 20 kuinka lämmitysenergiankulutus on vähentynyt huomattavasti. Myös rakennuksen lämpöindeksin arvo on laskenut vastaamaan parempaa tasoa.



KUVA 20. Lämmitysenergiankulutus ja lämpöindeksi vuosina 2011 – 2014

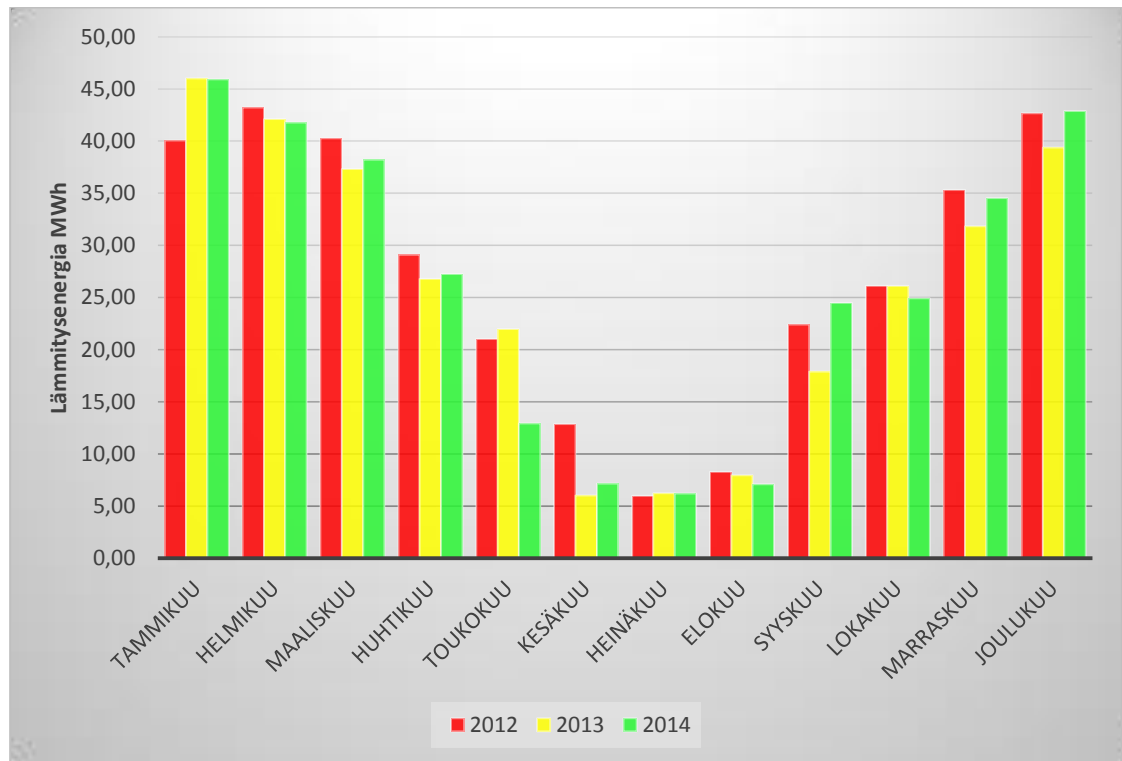
Kuvassa 21 on esitetty keskiarvoilla lasketut vuosittaiset lämmitysenergiankulutukset ennen ja jälkeen perussäätötyön. Lämmitysenergiesästäö kyseisessä kohteessa on 613,92 MWh.



KUVA 21. Lämmitysenergiankulutuksen muutos ennen ja jälkeen perussäädön

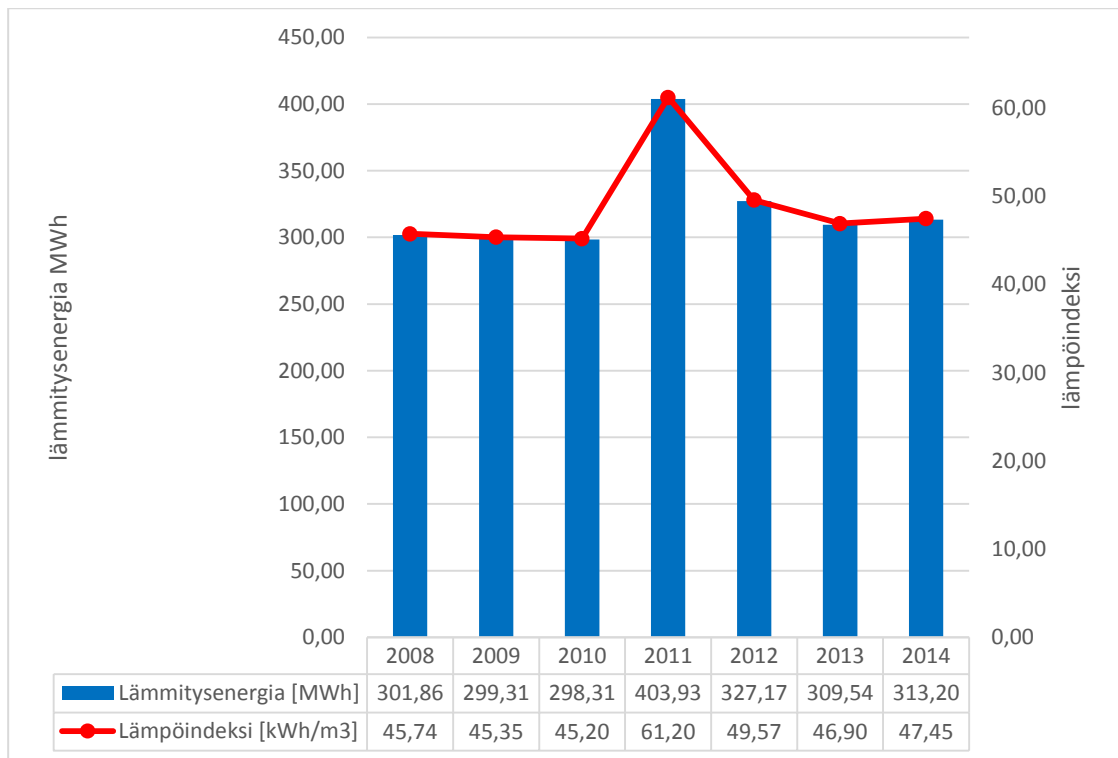
11.2 Pajamäentie 2, Helsinki

Taloyhtiön normeeratut lämmitysenergiankulutukset on esitetty kuvassa 22 kuukausittain vuosina 2012 - 2014. Perussäätöprojekti on toteutettu vuonna 2013.



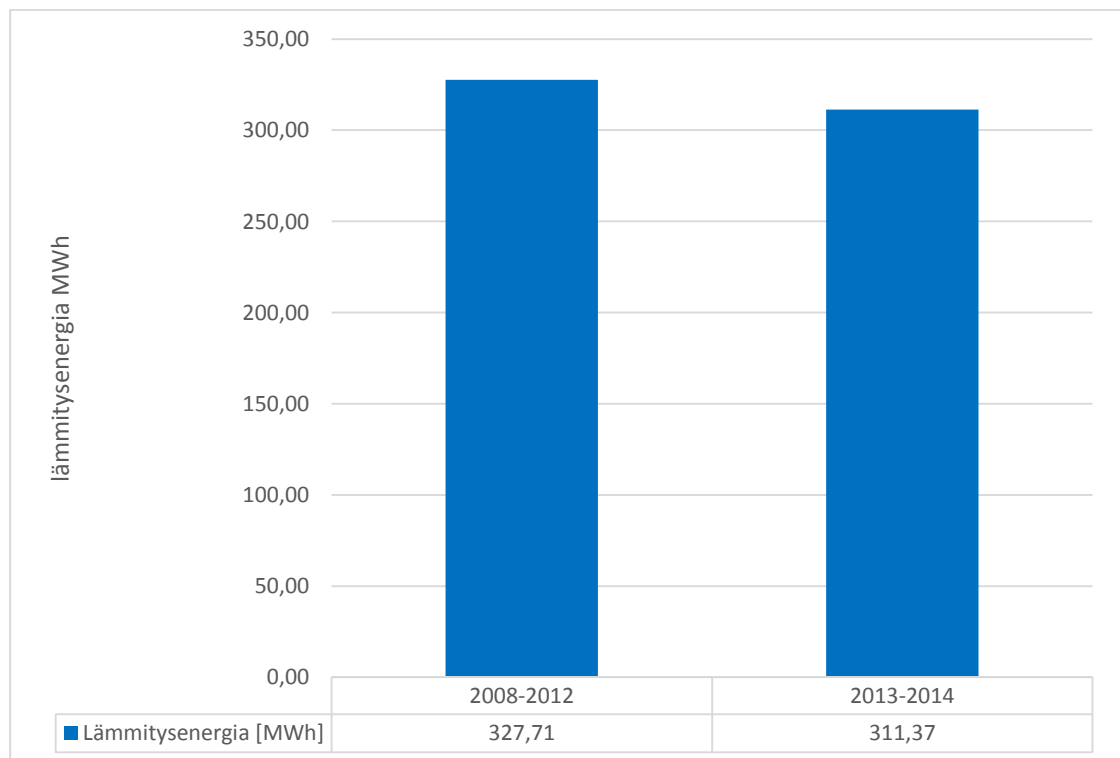
KUVA 22. Lämmitysenergian muutos kuukausittain vuosina 2012 - 2014

Kuvassa 23 on esitetty lämmitysenergiankulutus ja lämpöindeksi vuosilta 2008 - 2014.



KUVA 23. Lämmitysenergiankulutus ja lämpöindeksi vuosina 2008 - 2014

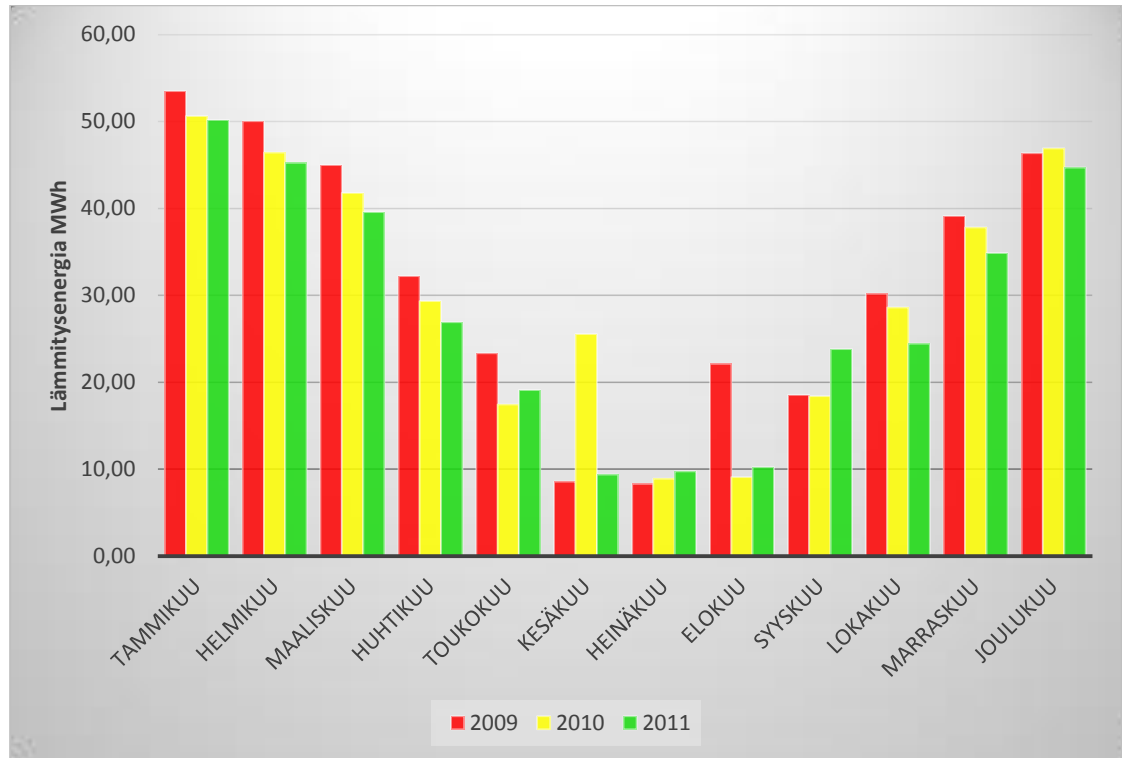
Kuvassa 24 on esitetty keskiarvoilla lasketut vuosittaiset lämmitysenergiankulutukset ennen ja jälkeen perussäätöön. Lämmitysenergiansäästö kyseisessä kohteessa on 16,34 MWh.



KUVA 24. Lämmitysenergiankulutuksen muutos ennen ja jälkeen perussäädön

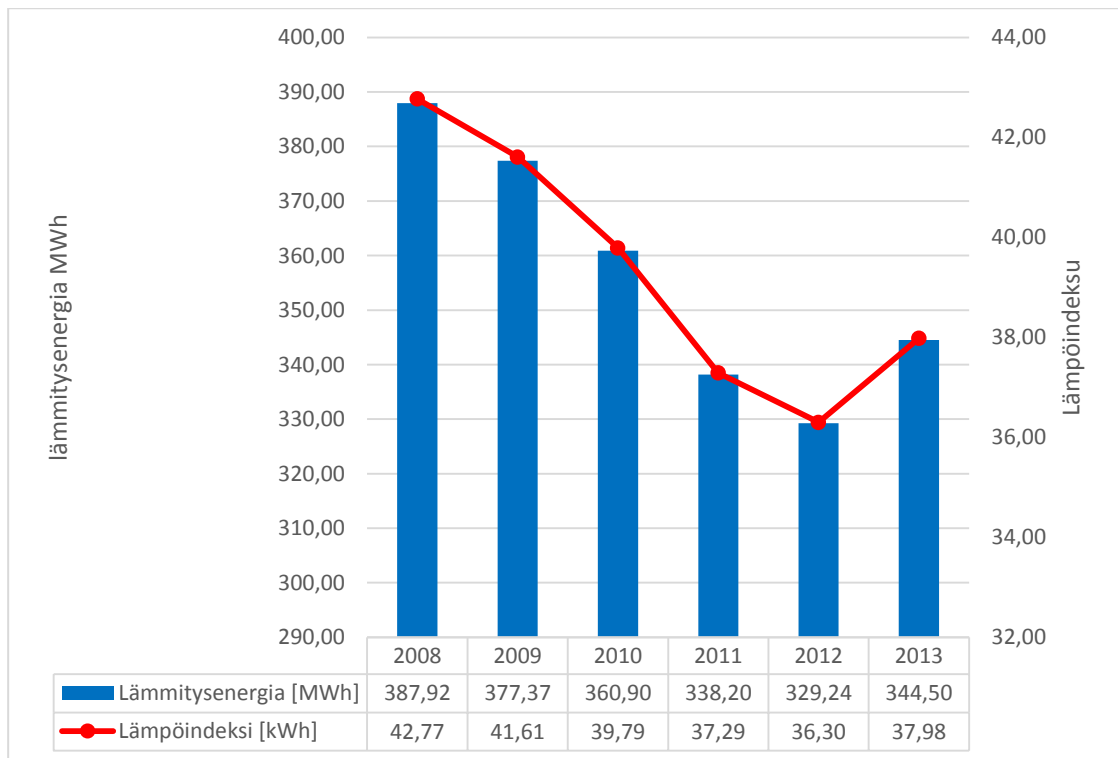
11.3 Saarenvainionkatu 17, Tampere

Kerrostalon kuukausittaiset lämmitysenergiämäärät vuosilta 2009 - 2011 on esitetty kuvassa 25. Perussäättöprojekti on toteutettu vuonna 2010.



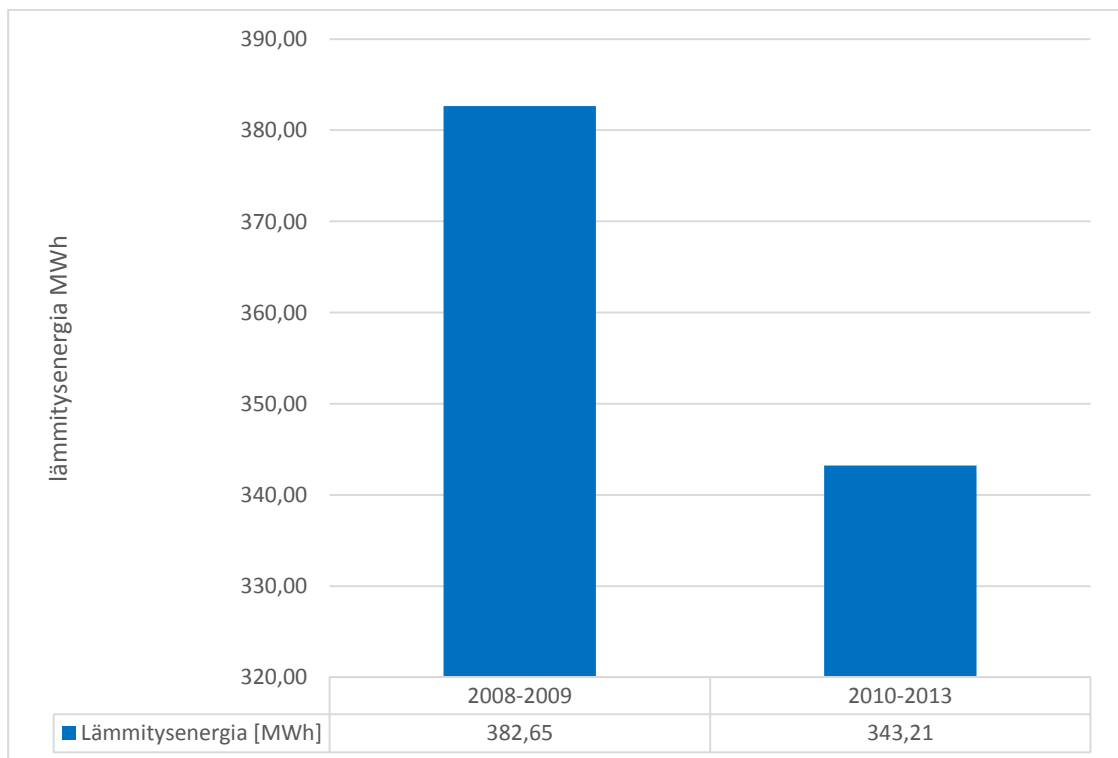
KUVA 25. Lämmitysenergian muutos kuukausittain vuosina 2009 - 2011

Kuten kuvasta 26 käy ilmi, on lämmitysenergiankulutus vähentynyt kyseisessä kohteessa melko tasaisesti.



KUVA 26. Lämmitysenergiankulutus ja lämpöindeksi vuosina 2008 - 2013

Lämmitysenergian säästö kyseisessä kohteessa on 39,44 MWh, kuten kuva 27 havainnollistaa.



KUVA 27. Lämmitysenergiankulutuksen muutos ennen ja jälkeen perussäädön

12 TULOSTEN TARKASTELU

Esimerkkikohteisiin toteutetut perussäätö-projektit ovat onnistuneet hyvin. Lämmitysenergiankulutus on pienentynyt jokaisessa kiinteistössä.

Perussäätöön johtaneet syyt olivat kaikilla esimerkkikohteilla melko samat. Rakennukset ovat iältään korjausrakennusvaiheessa. Termostaattisten patteriventtiilien, linjasäätöventtiilien ja sulkuventtiilien uusiminen oli monen hankkeen lähtökohta, johtuen niiden iästä tai toimimattomuudesta. Asuinkerrostaloissa perussäätöön johtavat syyt olivat enemmän huonelämpötilojen lämpötilaeroista johtuvia, joita pyrittiin saamaan tasaisemmaksi.

Pajamäentiellä perussäätötyön jälkeen toteutettiin kattava lämmönmittausseuranta. Lämmitysverkoston säätölaitteistolle haettiin oikeita asetuksia, joita tarkasteltiin tarkistusmittauksilla. Suurta lämmitysenergiankulutuksen pienentymistä ei tapahtunut. Tämä johtuu osaltaan ennen perussäätöä rakennuksessa olevista suurista huonelämpötilaeroista, jotka perussäädön avulla on saatu tasattua. Merkittävä laadullinen parannus on huomattavasti tasaisemmat huonelämpötilat. Tarkistusmittauksia tehdään vielä käynnissä olevalla lämmityskaudella parhaan ja optimaalisen säätökäyrän löytämiseksi. Kohteeseen tehtiin alkuperäistä suurempi korjaustoimenpide, joka oli taloudellisesti kalliimpi, mutta näin saatiin lämmitysjärjestelmä varmemmin toimintakuntoiseksi. Osa vanhan patteriverkoston patteriventtiileistä oli alkuperäisiä, jolloin kyseisillä laitteilla tehty patteriverkoston perussäädön onnistuminen olisi ollut kyseenalaista.

Saarenvainionkadun lämmönsäätöprojekti onnistui suunnitellusti. Toteutetun lämmönmittausseurannan avulla voitiin osoittaa, että perussäädön lämpötilatakuu $\pm 0,5$ °C kyseisessä kiinteistössä toteutui. Lisäksi lämmönsäätimen säätökäyrää kyettiin laskemaan matalammaksi, jolloin saavutettiin lämmitysenergiensäästöä.

Määrältään suurin lämmitysenergiankulutuksen pienentyminen saatiin aikaan Turun terveydenhoidon ammattikorkeakoulukiinteistössä. Suuren kiinteistön lämpöjohtoverkoston linjojen veden virtaamien säätö uudelleentehtyjen suunnitelmien mukaisesti vähensi kaukolämmön kulutusta merkittävästi. Uusien termostaattisten patteriventtiili-

en vaihto kaikkiin kiinteistön lämmityspattereihin takasi ilmaisenergian käytön entistä tehokkaammin.

Lämmitysenergiankulutus

Lämmitysenergian säästöä tapahtui ennen – jälkeen vertailussa seuraavasti

Turun terveydenhoidon ammattikorkeakoulu,

$$3613,15 \text{ MWh} - 2999,23 \text{ MWh} = 613,92 \text{ MWh}$$

$$100 * \frac{3613,15 \text{ MWh} - 2999,23 \text{ MWh}}{3613,15 \text{ MWh}} = 16,99\%$$

Pajamäentie 2,

$$327,71 \text{ MWh} - 311,37 \text{ MWh} = 16,34 \text{ MWh}$$

$$100 * \frac{327,71 \text{ MWh} - 311,37 \text{ MWh}}{327,71 \text{ MWh}} = 4,99\%$$

Saarenvainionkatu 17,

$$382,65 \text{ MWh} - 343,21 \text{ MWh} = 39,44 \text{ MWh}$$

$$100 * \frac{382,65 \text{ MWh} - 343,21 \text{ MWh}}{382,65 \text{ MWh}} = 10,31\%$$

Rakennusten lämpöindeksi

Rakennusten lämpöindeksit pienentyivät lämmitysenergiankulutuksen vähenemisen mukaan (taulukko 1).

TAULUKKO 1. Esimerkkikohteiden lämpöindeksien muutos

Kohde	Lämpöindeksi ennen	Lämpöindeksi jälkeen
Turku amk	36,53 kWh/m ³	30,33 kWh/m ³
Pajamäentie	49,41 kWh/m ³	47,18 kWh/m ³
Saarenvainionkatu	42,19 kWh/m ³	37,84 kWh/m ³

Tampereella sijaitsevan Saarenvainionkadun asuinkerrostalon vertailuryhmän lämpöindeksi on liitteen 3 mukaan 1966 - 1975 valmistuneille asuinkerrostaloille 50 kWh/m³. Nykyinen lämpöindeksi 37,84 kWh/m³ on selvästi alle vertailuryhmän lämpöindeksiä.

Helsingin Pajamäentiellä sijaitsevan asuinkerrostalon lämpöindeksi perussäätötyön jälkeen on 47,18 kWh/m³, joka on alle rakennusvuoden 1956 - 1965 vertailuryhmän lämpöindeksin, joka on 48 kWh/m³.

Takaisinmaksuaika

Turun terveydenhoidon ammattikorkeakoulukiinteistön lämpöjohtoverkoston tasapainotuksen urakkasumma oli 68119,35 € (alv 0 %). Urakkasumma ei sisällä suunnittelu-työtä. Vuositasolla syntyvän lämmitysenergian säästö on 613,92 MWh ,josta saadaan takaisinmaksuajaksi laskettua

$$\frac{68119,35\text{€}}{613,92\text{ MWh} * 58,4\text{€/MWh}} = 1,90$$

Saarenvainionkadun lämmönsäätö-projekti 10081 € (alv 0 %), sisältäen suunnittelu-työn. Vuositasolla syntyvän lämmitysenergian säästö on 39,44 MWh ,josta saadaan takaisinmaksuajaksi laskettua

$$\frac{10081\text{€}}{39,44\text{ MWh} * 54\text{€/MWh}} = 4,73$$

Kaukolämpöveden jäähtymä

Pajamäentien taloyhtiön kuukausiraporttitiedoissa on näkyvillä kaukolämpöveden jäähtymä. Jäähtymästä voidaan päätellä, että järjestelmä on toimiva sekä perussäätö-työ on hieman nostanut jäähtymää ja näin ollen parantanut lämmitysjärjestelmän toi-mivuutta entisestään.

TAULUKKO 2. Pajamäentie 2, kaukolämpöveden jäähtymä

Kuukausi	Kaukolämpöveden jäähtymä [°C]					
	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Tammikuu	48	45	46	46	49	52
Helmikuu	48	46	40	49	51	54
Maaliskuu	41	48	44	48	48	52
Huhtikuu	63	50	45	48	50	50
Toukokuu	47	48	57	46	46	47
Kesäkuu	41	43	20	44	39	43
Heinäkuu	39	43	38	39	38	36
Elokuu	41	39	39	42	41	37
Syyskuu	46	46	44	46	46	45
Lokakuu	49	46	62	48	51	49
Marraskuu	49	41	42	49	51	52
Joulukuu	46	36	46	48	54	50
Keskimääräinen jäähtymä [°C]	46,5	44,25	43,58	46,08	47	47,25

13 JOHTOPÄÄTÖKSET

Rakennusta ei voi lämmittää energiatehokkaasti, jos lämmitysverkoston vesivirrat ovat epätasapainossa suunniteltuihin vesivirtoihin nähden. Silloin rakennusta on lämmitettävä kylmimmän huonetilan mukaan, joka on yleensä kaukaisin järjestelmän osa. Tällöin muissa tiloissa ilmenee helposti yllämpöä ja näin ollen energiaa käytetään turhaan lämmitykseen.

Uudisrakennuksissa esiintyy ongelmia vesivirtojen tasapainotukseen ja huonelämpötilaeroihin liittyen, mutta kuitenkin määrällisesti vähemmän kuin olemassa olevassa rakennuskannassa. Tästä syystä seurantaa ja hienosäätöä tulisi vaatia entistä enemmän etenkin uudisrakennuskohteissa. Patteriverkoston perussäätö on sekä taloudellisesta näkökulmasta että korjaustoimenpiteisiin liittyvien työsuoritusten vuoksi järkevää tehdä energiatehokkuutta parantavien toimenpiteiden yhteydessä. Patteri- ja lämmitysverkostoon liittyvät korjaustoimenpiteet kannattaa yhdistellä, suunnitella ja toteuttaa mahdollisuuksien mukaan samaan aikaan. Patteriverkoston perussäädön ei aina kuitenkaan tarvitse käsittää monia työvaiheita ja kallista taloudellista investointia. Mahdollisuuksien mukaan asiantuntijoilla on tarjottavana tarpeenmukaista tasapainotusta.

Patteriverkoston perussäädön aikaansaaman energiansäästön olennaisin edellytys on, että huonelämpötiloja pystytään keskimäärin pudottamaan. Huomionarvoista perussäädön toteuttamiselle on, että siihen johtavat päätökset tai syyt eivät liity aina lämmitysenergiankulutuksen vähenemiseen ja taloudelliseen säästöön. Energiansäästöä tärkeämpi asia on kuitenkin käyttäjien parantuneet asumis- tai työolosuhteet viihtyisyyden ja terveellisyyden kannalta. Sisäilmaston ja sisälämpötilan vaikutus on riippuvainen henkilön subjektiivisesta lämpötilatuntemuksesta. Tästä syystä tavoitellusta sisälämpötilasta on sovittava kaikkien kiinteistöjen käyttäjien, hallituksen ja isännöitsijän sekä siellä toimivien kesken.

Teknologian ja laitteiden kehitys tuo uusia tekniikoita ja palveluita käyttöön jatkuvasti. Opinnäytetyön tarkoitus oli selvittää, mitä nykyaikaisia menetelmiä ja laitteita käytetään lämmitysjärjestelmien lämmönsäätöön liittyen. Opinnäytetyössä ei oteta kantaa siihen mitä laitteita ja menetelmiä tulee käyttää, vaan annetaan neuvoja ja vaihtoehtoisia toimintamahdollisuuksia. Jokainen kiinteistö on yksilöllinen ja lämmitysjärjestelmät on suunniteltu kiinteistökohtaisesti. Tästä syystä jokainen kiinteistö vaatii juurille sopivia ratkaisuja parhaan mahdollisen lämmitysjärjestelmän toiminnan saavuttamiseksi.

LÄHTEET

1. RIL 216-2013. Rakenteiden ja rakennusten elinkaaren hallinta. Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL ry. 2013.
2. Perustelumuistio Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä. PDF-dokumentti. www.ym.fi. Julkaistu 27.2.2013. Luettu 2.2.2015.
3. Pyly, Petri. Uudet energiatehokkuusmääräykset korjausrakentamisessa – Opas taloyhtiöille. Kiinteistöalan kustannus Oy. 2014.
4. Myyryläinen, Leevi. Kiinteistön teknisen huollon käsikirja. Helsinki: Kiinteistöalan kustannus Oy. 2008.
5. Jaakkola, Tuomo, Junnonen, Juha-Matti, Lindstedt, Tuomo. Energiatehokas asuin-kerrostalojen talotekniikkakorjaus. Helsinki: Suomen rakennusmedia Oy. 2010.
6. Ympäristöministeriön asetus. 2013. Energiatehokkuus huomioon luvanvaraisessa korjausrakentamisessa. WWW-dokumentti. [http://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Energiatehokkuus_huomioon_luvanvaraisess\(3871\)](http://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Energiatehokkuus_huomioon_luvanvaraisess(3871)). Päivitetty 2.2.2015. Luettu 2.2.2015.
7. Ympäristöministeriön asetus 4/13. 2013. Ympäristöministeriö. PDF-dokumentti. http://www.finlex.fi/data/normit/40799-EU_27_2_2013YM__asetus_lopullinen_FIN.pdf. Julkaistu 27.2.2013. Luettu 2.2.2015.
8. Energiatehokkuus korjaamisessa. 2014. Helsingin kaupunki. PDF-dokumentti. http://www.hel.fi/static/rakvv/ohjeet/energiatehokkuus_korjaamisessa.pdf. Julkaistu 6/2014. Luettu 4.2.2015.
9. Seppänen, Olli. Rakennusten lämmitys. Jyväskylä: Suomen LVI-liitto ry. 2001.
10. Pientalon lämmitysjärjestelmät. 2012. Motiva. PDF-dokumentti. http://www.motiva.fi/files/2701/Pientalon_lammitysjarjestelmat.pdf. Julkaistu 2012. Luettu 10.2.2015
11. Kaukolämmön toimintaperiaate. Energiateollisuus ry. WWW-julkaisu. <http://energia.fi/koti-ja-lammitys/kaukolammitys/toimintaperiaate>. Päivitetty 6.4.2015. Luettu 6.4.2015
12. Rakennusten lämmitysjärjestelmät. Helsinki. Rakennustieto Oy. 2007.
13. Lämmitysverkon meno- ja paluueden toimintalämpötilat. Helsingin Energia Oy. Moniste. 2015.
14. Kaukolämmitys. Energiateollisuus. WWW-julkaisu. <http://energia.fi/koti-ja-lammitys/kaukolammitys>. Päivitetty 30.1.2015. Luettu 30.1.2015.

15. Asumisen energiankulutus. 2013. Tilastokeskus. WWW-julkaisu. http://tilastokeskus.fi/til/asen/2013/asen_2013_2014-11-14_tie_001_fi.html. Päivitetty 13.3.2015. Luettu 13.3.2015.
16. Asumisen energiankulutus energialähteittäin vuonna 2013. Tilastokeskus. WWW-julkaisu. http://tilastokeskus.fi/til/asen/2013/asen_2013_2014-11-14_tau_002_fi.html. Päivitetty 13.3.2015. Luettu 13.3.2015.
17. Vesikiertoinen patterilämmitys. LVI-ohjekortti 12-10343. 2002.
18. Tekninen esite. 09/2014. Purmo. PDF-dokumentti. http://www.purmo.com/docs/PURMO_Technicalbrochure_FI_0914_web.pdf.
19. Kuka määrää patterin paikan? Suomela. WWW-julkaisu. <http://www.suomela.fi/lammitys-lvis/Lammityslaitteet/Kuka-maaraa-patterin-paikan-48909>. Päivitetty 22.1.2015. Luettu 22.1.2015.
20. Energiaeksperttikoulutus osa 2 lämmitys. Keski-Suomen Energiatoimisto. PPT-julkaisu. www.kesto.fi/GetItem.asp?item=file;5430. Ei päivitystietoja. Luettu 12.3.2015.
21. Patteriverkoston säätäminen. TA-käsikirja. PDF-dokumentti. <http://vantarvi.fi/wp-content/uploads/2014/05/TA-K%C3%84SIKIRJA-Patteriverkoston-S%C3%A4%C3%A4t%C3%A4minen-2011.pdf>. Ei päivitystietoja. Luettu 8.4.2014.
22. Harju, Pentti. Talotekniikan mittauksia, säätöjä ja automatiikkaa. Kouvola: Penan tieto-opus Ky. 2014.
23. Lintumäki Jesse. 2012. Kiertovesipumppujen säätö- ja ohjaustavat. Metropolia ammattikorkeakoulu. Talotekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö.
24. Talotekniikan taajuusmuuttajapumput 2014. Kolmeks. PDF-dokumentti. Focus2014-cd.
25. Akselitiivisteettömät kiertovesipumput. Ekosuunnittelu. WWW-julkaisu. <http://www.ekosuunnittelu.info/tuoteryhmat/pumput/kiertovesipumput>. Päivitetty 17.2.2015. Luettu 17.2.2015.
26. Harju, Pentti. Lämmitystekniikan oppikirja. Kouvola: Penan tieto-opus Ky. 2006.
27. Oras Stabila patteriventtiili. Oras. PDF-dokumentti. http://www.oras.com/fi/professional/products/productgroups/Documents/Stabila_esite.pdf. Luettu 11.2.2015.
28. Oras Stabila termostaattiset patteriventtiilit. Oras. PDF-dokumentti. http://www.oras.com/ProductDocuments/Termostaattiset_patteriventtiilit.pdf. Luettu 11.2.2015.
29. Oras (4100). Oras. WWW-sivut. <http://www.oras.com/fi/professional/products/Pages/ProductVariant.aspx?productcode=4100>. Päivitetty 11.2.2015. Luettu 11.2.2015.

30. Lämmitysverkoston säätö. LVI-ohjekortti 41-10230. 1994.
31. Kaukolämpölaitteiden seuranta- ja käyttöohjeita. Jyväskylän energia. PDF-dokumentti. <http://www.jyvaskylanenergia.fi/filebank/210-kaukolampolaitteidenopas.pdf>. Ei päivitystietoja. Luettu 18.2.2015.
32. Käytä kaukolämpöä oikein. Energiateollisuus ry. PDF-dokumentti. http://energia.fi/sites/default/files/kayta_kaukolampoa_oikein_0.pdf. Ei päivitystietoja. Luettu 22.1.2015.
33. Käyttöohje Ouman C203. PDF-dokumentti. <http://www.gebwell.fi/wp-content/uploads/2014/05/OUMAN-c203.pdf>. Ei päivitystietoja. Luettu 13.3.2015.
34. Nevala, Matti 2015. Sähköposti 8.4.2015 ja 20.4.2015. Ouman Energiatehokkuuspalvelut Oy. Toimitusjohtaja.
35. Progan Oy. MagiCAD. PDF-dokumentti. http://www.magicad.com/sites/default/files/files/PDF_brochures/FIN/MagiCAD%20brochure%202012%20FIN%20web.pdf. Ei päivitystietoja. Luettu 9.4.2015.
36. Equa 2015. Yrityksen WWW-sivut. <http://www.equa.se/fi/ida-ice>. Päivitetty 6.4.2015. Luettu 6.4.2015.
37. Sisäilmastoluokitus 2008. Sisäympäristön tavoitearvot, suunnitteluohjeet ja tuotevaatimukset. 2008. Sisäilmayhdistys ry.
38. Sisäilmasto. 2015. Motiva Oy. WWW-dokumentti. http://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/nain_saastat_energiaa/lammonsaasto/sisalampotila. Päivitetty 25.3.2015. Luettu 25.3.2015.
39. Lämmitysverkoston perussäätö. Motiva. WWW-dokumentti. http://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/taloyhtiot/lammitusverkoston_perussaato. Päivitetty 25.3.2015. Luettu 25.3.2015.
40. Kemppainen, Vesa. Patteriverkoston perussäätö: Matalavirtamenetelmä ja lämpöjohtopumppujen säätömuotojen tarkastelu. Metropolia ammattikorkeakoulu. Talotekniikan koulutusohjelma. 2014.
41. Patteriverkoston perussäätö. Termotohtori Oy. WWW-sivusto. <http://www.termotohtori.fi/perussaato>. Päivitetty 10.2.2015. Luettu 10.2.2015.
42. Patteriverkoston ilmausongelmat kuriin. LVI-ohjekortti 12-40069. 2006.
43. Petitjean, Robert. Total hydronic balancing. A handbook for design and troubleshooting of hydronic HVAC systems. Tour & Andersson Ab. 2004.
44. KL-lämpö. Yrityksen WWW-sivut. <http://www.kl-lampo.com/tuotteet/suodatus/kk-sivuvirtasuodattimet/16>. Päivitetty 16.3.2015. Luettu 16.3.2015.

45. Pitkän tähtäimen kunnossapitosuunnitelma. Talokeskus. WWW-julkaisu. <http://www.talokeskus.fi/yllapitopalvelut/kunnossapito/pts>. Päivitetty 10.4.2015. Luettu 10.4.2015.
46. Laskukaavat: Lämmitysenergiankulutus. Motiva. WWW-dokumentti. http://www.motiva.fi/julkinen_sektori/energian kayton_tehostaminen/kiinteistojen_energianhallinta/kulutuksen_normitus/laskukaavat_lammitysenergiankulutus. Päivitetty 8.4.2015. Luettu 8.4.2015.
47. Korte, Juhani. Ruiskatu 8, kuva. Sähköposti. Turun kaupunki. Suunnitteluinsinööri.
48. ESCO-palvelu. Motiva. WWW-dokumentti. <http://www.motiva.fi/esco-palvelu>. Päivitetty 6.4.2015. Luettu 6.4.2015.
49. Pajamäentie 2 AS Oy. Taloyhtiösivut. WWW-sivusto. <http://www.taloyhtiosivut.fi/taloyhtio/default.aspx?id=40732800>. Päivitetty 9.4.2015. Luettu 9.4.2015.
50. VVO-yhtymä Oyj. Saarenvainionkatu 17, Kaukajärvi, Tampere. WWW-sivusto. <https://www.vvo.fi/vuokraasunnot/?sapid=10453>. Päivitetty 9.4.2015. Luettu 9.4.2015.

Lämmönsiirtimien mitoituslämpötila K1/2013

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

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

Lämpimän käyttöveden kulutuksen oletusarvot

Taulukko: Lämpimän käyttöveden kulutuksen oletusarvot

Rakennustyyppi	Lämpimän veden kulutus rakennuksen bruttoalaa kohti, $V_{kv,omin}$ ($dm^3/brm^2/vuosi$)
Toimistorakennus	100
Terveystenhoito	520
Päiväkoti	460
Teatteri ja kirjasto	120
Uimahalli	1 800
Opetusrakennus	180
Myymäla	65
Muut rakennukset	100

Käyttöraportissa annettava vertailuryhmän lämpöindeksi kWh/m³

Rakennusluokka	Rakennuksen valmistumisvuosi	Jyväskylä	Helsinki	Vantaa	Turku	Tampere	Lahti	Lappeenranta	Pori	Joensuu	Kuopio	Vaasa	Kajaani	Oulu	Sodankylä	Inari
01 Erilliset pientalot	- 1945	51	44	46	45	48	48	48	46	52	51	48	55	53	63	62
	1946 - 1955	55	48	50	49	52	52	52	49	56	55	52	59	57	68	67
	1956 - 1965	52	45	47	46	49	49	49	47	53	52	49	56	54	64	63
	1966 - 1975	51	44	46	45	48	48	48	46	52	51	48	55	53	63	62
	1976 - 1985	38	33	35	34	36	36	36	34	39	38	36	41	40	47	46
	1986 - 2010	36	31	33	32	34	34	34	32	37	36	34	38	38	44	44
02 Rivi- ja ketjutilat	- 1945	61	53	55	54	58	57	58	55	62	61	58	65	64	75	74
	1946 - 1955	61	53	55	54	58	57	58	55	62	61	58	65	64	75	74
	1956 - 1965	61	53	55	54	58	57	58	55	62	61	58	65	64	75	74
	1966 - 1975	61	53	55	54	58	57	58	55	62	61	58	65	64	75	74
	1976 - 1985	53	46	48	47	50	50	50	48	54	53	50	57	55	65	65
	1986 - 2010	51	44	46	45	48	48	48	46	52	51	48	55	53	63	62
03 Asuinkerrostalot	- 1945	42	36	38	37	40	40	40	38	43	42	40	45	44	52	51
	1946 - 1955	50	43	45	44	47	47	47	45	51	50	47	53	52	62	61
	1956 - 1965	55	48	50	49	52	52	52	49	56	55	52	59	57	68	67
	1966 - 1975	53	46	48	47	50	50	50	48	54	53	50	57	55	65	65
	1976 - 1985	47	41	43	42	45	44	45	42	48	47	45	50	49	58	57
	1986 - 2010	45	39	41	40	43	42	43	40	46	45	43	48	47	56	55