



Miika Rehell

Vesikiertoinen lämmitysjärjestelmä ja patteriverkoston perussäätö energiansäästön näkökulmasta

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Talotekniikka

Insinöörityö

28.10.2021

Tiivistelmä

Tekijä:	Miika Rehell
Otsikko:	Vesikiertoinen lämmitysjärjestelmä ja patteriverkoston perussäätö energiansäästön näkökulmasta
Sivumäärä:	32 sivua
Aika:	28.10.2021
Tutkinto:	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma:	talotekniikka
Ammatillinen pääaine:	LVI-urakointi
Ohjaajat:	tutkintovastaava Markku Leino, Metropolia AMK toimitusjohtaja Juuso Pelkonen, Lämpöhuolto Group Oy

Tämän insinööriyön tarkoituksena on esitellä vesikiertoisen patteriverkoston ja sen lämmitysjärjestelmän toimintaa sekä tutkia energiansäästöön tähtääviä tekijöitä kaukolämmitteisten kohteiden korjausrakennushankkeissa.

Vesikiertoisessa patteriverkostossa olennaisin asia energiansäästön kannalta on tasapainossa oleva lämmitysverkosto. Opinnäytetyön keskeisempänä tavoitteena on laatia ajan tasalla oleva ohjeistus vesikiertoisen patteriverkoston perussäädöstä ja siihen kuuluvista toimenpiteistä. Tavoitteena on tuottaa selkeästi esitettävää tietoa patteriverkoston perussäädön suunnittelusta, toteutuksesta ja jälkiseurantavaiheesta. Opinnäytetyössä tutustutaan perussäädettyihin esimerkkiprojekteihin. Työssä tarkastellaan toteutuneiden perussäätöprojektien tuloksia energiansäästön näkökulmasta. Merkittäviin energiansäästöihin pääsevissä perussäätöprojekteissa lasketaan myös kustannussäästöt takaisinmaksuajalla.

Insinööriyössä käydään läpi tietoa lämmönjakokeskusten ja vesikiertoisten lämmitysjärjestelmien osista ja niiden toiminnasta. Työssä käytävä asia on rajattu kaukolämpökohteiden lämmönjakokeskusten toimintaan ja vesikiertoisiin patterilämmitysjärjestelmiin.

Työn tilaajana toimii Lämpöhuolto Group Oy. Tätä työtä tullaan mahdollisuuksien mukaan hyödyntämään yhtiön omassa sekä sidosryhmien toiminnassa.

Avainsanat: lämmitysjärjestelmät, lämmönjakokeskus, patterilämmitys, tasapainoitus, lämpöpatteri, energiansäästö

Abstract

Author: Miika Rehell
Title: Water circulating heating system and balancing of radiator heating from an energy saving perspective
Number of Pages: 32 pages
Date: 28 October 2021

Degree: Bachelor of Engineering
Degree Programme: Construction Site Management
Professional Major: HVAC Engineering
Supervisors: Markku Leino, Head of Degree Program, Metropolia UAS
Juuso Pelkonen, CEO Lämpöhuolto Group Ltd.

The goal of the final year project was to present the radiator heating system and to study the energy saving measures in district heating renovation projects. Especially, the final year project aimed at preparing up to date material on radiator heating systems, and their balancing. The material package was to offer basic information on the planning and contracting of a balanced radiator heating system.

The final year project looked at results of radiator heating projects from an energy saving perspective. Furthermore, the thesis gathered and reviewed information on the components of a heating system and their operation.

The thesis showed that for energy savings in radiator heating, the most important factor was a balanced heating system. Thus, renovations result in energy savings if the renovated system is unbalanced. Therefore, it can be stated that balancing of a radiator heating system is a profitable investment.

The thesis succeeds in providing basic information for the commissioning company and its partners.

Keywords: heating systems, district heating substation, radiator heating, balancing, radiator, energy saving

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Yleistä – kaukolämpö ja energiankulutus	2
3	Lämmitysjärjestelmän toiminta – lämmönjakokeskus	3
3.1	Lämmönjakokeskuksen rakenne	4
3.2	Lämmönsiirtimet	5
3.3	Säätölaitteet	6
3.4	Paisunta- ja varolaitteet	7
3.5	Pumput	8
4	Lämmitysjärjestelmän toiminta – lämmitysverkosto	10
4.1	Lämmitysputkisto	10
4.2	Venttiilit ja termostaatit	10
4.3	Radiaattorit	12
5	Lämmitysverkoston säätöautomaatiikka	13
5.1	Lämmityksen säätöautomaatio	14
5.2	Säätökäyrä	15
6	Patteriverkoston perussäätö	16
6.1	Perussäädön vaiheet	17
6.2	Suunnitteluvaihe	18
6.3	Asennusvaihe	18
6.4	Vesivirtojen säätö	20
6.5	Seurantavaihe	21
7	Toteutuneiden projektien tulokset energiansäästöissä	22
7.1	Yleistä tietoa kaukolämmön hintarakenteesta	22
7.2	Esimerkkiprojektien esittely	23
7.3	Esimerkkiprojekti – Forssa	23
7.4	Esimerkkiprojekti – Espoo	23
7.5	Esimerkkiprojektin tulokset	24

7.6	Esimerkkiprojektin tulos – Forssa	25
7.7	Esimerkkiprojektin tulos – Espoo	26
7.8	Esimerkkiprojektien kustannussäästöt	28
7.9	Yhteenveto esimerkiprojekteista	29
8	Yhteenveto ja pohdintaa	30
	Lähteet	31

1 Johdanto

Lämmityskustannukset ovat taloyhtiöiden suurin yksittäinen kuluerä. Energiankäytön kannalta olennaisin asia on tasapainossa oleva lämmitysverkosto. Tasapainossa oleva lämmitysverkosto on myös olennainen tekijä asumisviihtyvyyden kannalta. Energiankulutuksen seuranta lämmityksessä, verkoston toiminnan ylläpito, verkoston tasapaino ja optimoitu säätökäyrä ovat asioita, joilla varmistetaan tasaiset sisälämpötilat, vaadittu asumismukavuus ja pidetään energiankulutus ja kustannukset maltillisina.

Rakennuksen lämmitysjärjestelmä voidaan laitteistonsa puolesta jakaa kahteen osaan, lämmönjakokeskukseen ja lämmitysverkostoon. Tässä insinööriyössä esitetään lämmitysjärjestelmän toiminta kokonaisuudessaan. Työssä esitetään lämmitysjärjestelmän säätöautomaation toiminta ja keskitytään vesikiertoisen patteriverkoston energiatehokkuutta ja asumisviihtyvyyttä parantavaan toimenpiteeseen, patteriverkoston perussäätöön.

Vesikiertoisen patteriverkoston perussäätö voi vaikuttaa merkittävästi lämmitysenergian kulutukseen riippuen lämmitysolosuhteiden lähtötilanteesta. Työssä esitetään perussäätötyön kulku suunnittelusta toteutukseen ja työn vastaanottamiseen. Työssä tarkastellaan perussäätöprojektien energiansäästöön liittyviä tuloksia toteutuneiden esimerkkikohteiden avulla. Lisäksi työssä on laskettu energiansäästöillä saavutetut kustannussäästöt takaisinmaksuajoilla.

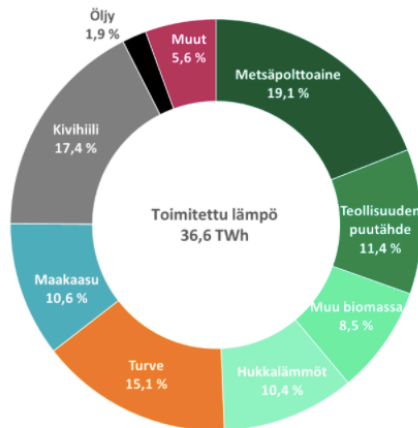
Tämä insinööriyö on kirjoitettu urakoitsijan näkökulmasta. Työ on pyritty kirjoittamaan helposti luettavaksi yrityksen sidosryhmiä varten. Insinööriyön yhtenä päämääränä oli myös syventää omaa teoriapuolen osaamista ja sisäistää työhön liittyviä käytännön taitoja.

2 Yleistä – kaukolämpö ja energiankulutus

Rakennusten lämmitys vie noin neljäsosan kaikesta Suomessa käytetystä energiasta. Kaukolämpö on ylivoimaisesti yleisin lämmitystapa. Rakennuksissa käytettävään ja rakentamiseen kuuluva osuus energiankulutuksesta on merkittävä koko Suomen kasvihuonepäästöistä. Rakennusten lämmitykseen kuuluva energiankulutuksen osuus on 27 prosenttia. Lämmitysenergian kulutusta on mahdollista säästää useilla eri toimenpiteillä, joka vähentää kasvihuonepäästöjä merkittävästi. Rakennuskanta uusiutuu Suomessa hitaasti, ja rakentaminen siirtyy yhä enemmän korjausrakentamiseen. Varsinkin korjausrakennuskohteissa on iso energiansäästöpotentiaali [1]

Kaukolämpö on yleisin lämmitysmuoto Suomessa. Lähes puolet kaikkien rakennusten tarvitsemasta lämmityksestä ja lämpimästä käyttövedestä tuotetaan kaukolämmöllä. Asiakkaat arvostavat kaukolämpöä hyvien ominaisuuksien kuten varmatoimisuuden ja helppokäyttöisyyden takia. [2]

Kaukolämpöä tuotetaan sähkön ja lämmön yhteistuotantolaitoksissa tai lämpökeskuksissa. Niiden polttoaineita ovat puu ja muut uusiutuvat energialähteet sekä maakaasu, kivihiili, turve ja vähäisissä määrin öljy. Kuvassa yksi on esitetty kaukolämmön tuotannon eri energialähteiden osuudet. Tulevaisuudessa erilaisten uusiutuvien energialähteiden sekä teollisuuden ja yhdyskuntien yli-jäämälämpöjen ennakoitaan edelleen lisääntyvän voimakkaasti. Uusiutuvien polttoaineiden käyttö on lisääntynyt, ja hiilidioksidipäästöt ovat siten vähentyneet. [2]



Kuva 1. Kaukolämmön tuotannon energialähteet 2019.

Kaukolämpö siirretään asiakkaille kuumana vetenä kaksiputkisessa kaukolämpöverkostossa. Kaukolämpöjohdot asennetaan yleensä katuihin ja kevyenliikenteen väylien kohdalle, maan alle noin 0,5 – 1 metrin syvyyteen. Kaukolämmön menovesi luovuttaa asiakkaan lämmönsiirtimen avulla lämpöä rakennuksen lämmitys- ja lämpimän käyttöveden verkostoihin. Kaukolämmön paluuvesi palaa jäähtyneenä takaisin energialaitokselle uudelleen lämmitettäväksi. [2]

3 Lämmitysjärjestelmän toiminta – lämmönjakokeskus

Jokainen kaukolämpöasiakas on kytketty paikallisen energialaitoksen verkostoon omalla lämmönjakokeskuksella. Lämmönjakokeskus on suunniteltava ja rakennettava energiatehokkaasti. Asiakkaan kaukolämpötehontarpeen säädöstä pitävät huolen lämmönjakokeskusten säätölaitteet. Säätölaitteilla säädetään kaukolämmön vesivirtaa tehontarpeen mukaisesti. Energialaitos säätelee verkoston menoveden lämpötilan ja paine-erotason, vuodenajan ja tarpeen mukaan. Lämmönjakokeskuksen kytkennöillä ja säätöjärjestelmien toiminnalla on suuri vaikutus kaukolämmön paluuv veden jäähtyvyyteen ja siten koko järjestelmän energiatehokkuuteen. [3, s. 64.]

Lämmönjakokeskuksen kytkentöjä on standardisoitu sekä kytkentäkaavioita yhdenmukaistettu suunnittelun ja valmistamisen tasalaatuisuuden varmistamiseksi. Kaukolämpölaitteiden mitoituksella pyritään saavuttamaan taloudellisesti hyvä ja teknisesti kaikissa olosuhteissa toimiva kaukolämpöjärjestelmä. [3, s. 64.]

3.1 Lämmönjakokeskuksen rakenne

Kaukolämmössä käytetään lähes aina tehdasvalmisteisia lämmönjakokeskuksia. Kuvassa 2 on esitetty Gebwellin valmistama lämmönjakokeskus. Lämmönjakokeskuksilla on kolme erilaista kytkentävaihtoehtoa: LVK-peruskytkentä, pientalokytkentä ja välisyöttökytkentä. Energiategollisuus ry:n julkaisemassa opuksessa Rakennusten kaukolämmitys määräykset ja ohjeet, on esitetty tehdasvalmisteisten lämmönjakokeskusten toimitusrajat laitesisältöineen. Opissa määritellään myös lämmönjakokeskuksen minimivarustus. [4, s. 30–32.]



Kuva 2. Tehdasvalmisteinen lämmönjakokeskus.

Tehtaalla valmistettu lämmönjakokeskus on rakennettu luetelmassa mainituista mekaanisten ja elektronisten komponenttien kokonaisuudesta:

- lämmönsiirtimet
- säätölaitteet
- venttiilit ja varusteet
- pumput, paisunta- ja varolaitteet.

3.2 Lämmönsiirtimet

Lämmönjakokeskuksen olennaisin ja arvokkain osa on lämmönsiirrin. Lämmönsiirrin toimii välittäjänä ensiöpuolen kaukolämmön ja toisiopuolen veden välissä. Kaukolämmössä on historian aikana käytetty useantyyppisiä siirtimiä. Lämmönsiirrintyytit eroavat toisistaan ulkonäöllisesti, rakenteellisesti ja lämmitysteknisesti. [3, s. 68.]

Nykyaikainen lämmönjakokeskus on varustettu lähes aina levylämmönsiirtimellä. Materiaalina levylämmönsiirtimessä on käytetty ruostumatonta tai haponkestävää terästä. Siirrintyytin hyvinä puolina ovat kestävyys, keveys ja suuri tehomäärä kokoonsa nähden. Haittapuolena pidetään pientä vesitilavuutta, jolla on vaikutusta käyttövesipuolella lämpötilojen huojumiseen. Pienemmän vesitilavuuden takia nykyisten säätölaitteiden ajoajat ovat pienempiä lämpötilojen huojumisen estämiseksi. [3, s. 70.]

Vanhemmissa lämmönjakokeskuksissa on käytetty aiemmin kierukka- ja suoraputkisiirtimiä. Niiden toimitus on lähes loppunut juotettujen levylämmönsiirrinten tullessa markkinoille. Kuparikierukkasiirtimiä on edelleen runsaasti käytössä vanhoissa kaukolämpölaitteissa. Siirtimien haittapuolina olivat suurempi tilantarve ja heikompi kaukolämmön jäähdytyskyky verrattuna nykyaikaiseen levylämmönsiirtimeen. [3, s. 72.]

Lämmönsiirtimet on mitoitettu jokaiselle piirille erikseen. Patteriverkoston tai lattialämmityksen siirtimien tehot on laskettu lämmitystehontarvelaskennassa, joihin vaikuttavat rakennusmateriaalien lämmöneristyskyky, rakennuksen pinta-ala, sekä ilmanvaihdon ja vuotoilman tarvitsemat tehot. IV-piirin siirtimen tehontarve on laskettu ilmavirran lämmittämiseen vaatimasta lämmitystehosta, joka riippuu ilmavirran suuruudesta, lämmitettävän ilman lämpötiloista ja lämmöntalteenoton tehokkuudesta. Käyttövesisiirtimien mitoitusteho lasketaan lämpimän käyttöveden mitoitusvirtaaman ja lämpötilaerojen mukaan. [4, s. 13.]



Kuva 3. Nykyaikainen kovajuotettu levylämmönsiirrin.

3.3 Säätolaitteet

Säätolaitteet ovat kuuluneet lämmönjakokeskuksiin jo kaukolämpötoiminnan alkua ajoista lähtien. Säätojärjestelmä koostuu normaalisti lämmityksen ja käyttöveden säätolaitteista. Säätojärjestelmä sisältää toimilaitteet, säätimet ja anturit. Säätolaitteiden tehtävänä on pitää säätöpiirien lämpötilat haluttuina.

Lämmönjakokeskuksen säätöprosessi perustuu kaukolämpöveden virtauksien asetteluun siten, että siirtimen toisiopuolelle saadaan halutun lämpöistä nestettä. Toimilaitteet ohjaavat säätöventtiilejä mittaustulosten perusteella ja pyrkivät pitämään lämpötilat asetusarvossa. Säädön tarkkuuteen vaikuttavat monet tekijät: toimilaitteiden nopeus, kuormitusten muutokset ja lämmönsiirtimen tilavuus. [5, s. 15–16.]

3.4 Paisunta- ja varolaitteet

Paisuntalaitteen tehtävä on estää nesteen lämpölaajenemisen aiheuttama liiallinen paineen kasvu. Kalvopaisunta-astia (kuva 4) on yleisin paisuntalaitte. Suu- rissa ja korkeissa kohteissa käytetään myös paisunta-automaatteja, jos tavallista kalvopaisunta-astiaa ei voida asentaa paineen ylläpitämisen tai suuren koon takia. Vanhemmissa kohteissa käytettiin aikaisemmin avonaisia paisuntajärjestelmiä, mutta ne ovat poistuneet markkinoilta korroosio-ongelmien vuoksi. [6, s. 94.]



Kuva 4. Kalvopaisunta-astia.

Lämpötilan noustessa ja laskiessa patteriverkoston vesitilavuus muuttuu. Tilavuus pienentyy veden jäähtyessä ja kasvaa veden lämmitessä. Tästä syystä verkostoon asennetaan aina paisunta-astia. Neste pääsee laajenemaan paisunta-astiaan kovilla pakkasilla ja paisunta-astiasta edelleen verkostoon leudoilla keleillä. [6, s. 94.]

Paineen liiallisen nousun ja vikatilanteiden estämiseksi lämmitysjärjestelmä tulee varustaa siihen tarkoitetuilla varoventtiilillä. Varoventtiili estää paineen liiallisen nousun laskemalla järjestelmästä ulos nestettä paineen noustessa avautumispaineen yli. Varoventtiili estää lämmitysjärjestelmän vauriotumista liian korkean paineen seurauksena. Varoventtiilin avautumispaineeksi valitaan alempi paine kuin järjestelmän suurin sallittu käyttöpaine. [6, s. 95.]

Kalvopaisunta-astian yhteyteen kuuluvat varoventtiili, painemittari ja tarvittaessa myös ilmanpoistin. Varoventtiilit ovat jousikuormitteisia ja niiden avautumispaine on merkitty varoventtiiliin. Jokainen varoventtiili yhdistetään omalla ulospuhallusputkella. Ulospuhallusputken tulee olla vähintään varoventtiilin kokoinen. [4, s. 28–29.]

3.5 Pumput

Lämpöjohtoverkoston vesi kierrätetään kiertovesipumpun avulla lämmönluovutuksille. Pumppu mitoitetaan suunniteltujen ja laskettujen painehäviöiden ja vesivirtojen mukaisesti. Pumpun nostokorkeus muodostuu veden kiertopiiriin kuuluvien osien painehäviöistä, joihin kuuluvat lämmönsiirrin, putkisto, venttiilit ja lämpöjohtopatterit. Suunnitteluvaiheessa on tärkeää huomioida valitun pumpun energiatehokkuus. Pumpun sähköteho on riippuvainen lämpöjohtoverkoston koosta. Yleensä pumppu pidetään päällä koko vuoden ajan. Energiatehokas pumppu maksaa itsensä takaisin. [5, s. 123–127.]

Nykyaikaiset lämmönjakokeskusten kiertovesipumput varustetaan taajuusmuuttajalla. Kuvassa 5 on esitetty taajuusmuuttajalla varustettu pumppu. Taajuusmuuttaja on laite, jolla voidaan säätää portaattomasti pumpun pyörimisnopeutta. Taajuusmuuttajan avulla pumppu pitää verkoston paine-eron vakiona säätämällä pumpun pyörimisnopeutta oikeassa suhteessa. Tarvittavan nostokorkeuden laskeessa pumpun pyörimisnopeus laskee. Pyörimisnopeuden säätö on energiatehokasta, sillä saavutetaan parempi hyötysuhde suhteessa vakionopeuksiin pumppuihin. [5, s. 125.]



Kuva 5. Nykyaikainen taajuusmuuttajalla varustettu pumppu.

Myös ääniongelmia paine-eron liiallisesta suuruudesta patteriventtiileille saadaan ehkäistyä, kun pumppu muuttaa säätöjään verkoston mukaan. Taajuusmuuttaja pumppuissa nopeusohjeina voidaan käyttää paine-eroa, painetta, tuottoa ja joissain malleissa myös lämpötilaa. Ilman portaatonta säätöä lämpöjohtopumppu pyörii sille asetetulla vakionopeudella. Suurin osa tämänhetkisistä käytössä olevista pumppausjärjestelmistä on vakionopeudella pyöriviä, ohjaamattomia pumppuja. Vakionopeuspumput ovat poistumassa markkinoilta asetettujen energiatehokkuus vaatimusten vuoksi. [7, s. 8.]

4 Lämmitysjärjestelmän toiminta – lämmitysverkosto

4.1 Lämmitysputkisto

Lämmitysverkoston tehtävänä on viedä jokaiselle patterille lämmöntarpeen vaatima lämpöteho. Lämmitysputkisto on nykyisin suljettu kiertopiiri, eli verkoston vettä ei vaihdeta normaalin käytön aikana. Suljetun lämmityspiirin vedestä poistuu happi lähes kokonaan, korroosion esiintyminen on hyvin vähäistä. Tämän vuoksi lämmitysputkiston tekninen käyttöikä pysyy korkeana. Yleisin käytetty putkimateriaali lämpöjohtoverkostossa on teräsputki. [6, s. 103–105, 110]

Rinnankytkentä kaksiputkikytkennällä on yleisin lämmityspattereiden kytkentätapa. Se koostuu runko-, nousu- ja kytkentäjohdoista. Meno ja paluuedelle on omat putkistot kaksiputkikytkennässä. Harvinaisempia kytkentätapoja ovat yksiputkijärjestelmä ja käännetyn paluun kaksiputkijärjestelmä. [6, s. 103–105, 110]

4.2 Venttiilit ja termostaatit

Isommissa kohteissa patteriverkosto on jaettu lämmönjakokeskuksen runkolinjoista pienemmiksi haarautuviksi linjoiksi rakennuksen eri osiin. Haarautuvien linjojen vesivirrat eivät jakaudu oikein itsestään ilman linjasäätöventtiilejä. Linjasäätöventtiilin tehtävänä on säätää jokaisen linjan vesivirta oikeaksi. Säädön lisäksi venttiilistä on mahdollista sulkea linja huoltotöiden ajaksi. Osa linjasäätöventtiileistä on myös varustettu tyhjennyksellä (kuva 6). Linjojen alimmissa kohdissa on hyvä olla tyhjennysventtiilit. Linjasäätöventtiilin vesivirrat mitataan mitausyhteiden avulla. [6, s. 85–86.]



Kuva 6. TA Stad-mallinen tyhjennyksellä varustettu linjasäätöventtiili.

Patteriventtiilin valinta suoritetaan radiaattorin tehon perusteella. Patteriventtiili valmistetaan usein messinkivalusta. Venttiilirungon ja venttiililautasen välisen aukon koko määrittelee venttiilin maksimivirtausmäärän lämmönluovuttimelle. Aukon koko määräytyy venttiiliin asetettavasta esisäätöarvosta. Asukkaan ei pitäisi säätää patteriventtiilien esisäätöjä itse.

Erikoistyyökaluilla esisäädettävät patteriventtiilit ennaltaehkäisevät asukkaiden itsenäisten säätöjen tekoa ja verkoston epätasapainoa. Patteriventtiilin mallia valittaessa on hyvä ottaa huomioon venttiilin rakenne äänihaittojen ehkäisemiseksi. [6, s. 106–109.]

Patteriventtiilit alkavat olemaan pelkästään termostaattisia laitteita. Patteriventtiilien termostaattiosat valitaan tilan ja käyttötarkoituksen mukaan sopivaksi. Termostaattiosat ovat kiintoanturi- tai irtoanturimallisia. Termostaattiosia asennetaan joko venttiiliin kiinni tai seinälle kapillaariputken avulla. Termostaattiosan väliaineena on kaasu tai vaha. Kaasutäytteisessä termostaatissa huoneilman lämpötilan kasvu höyrystää nestettä ja paine palkeessa lisääntyy sulkien venttiilin. Huonelämpötilan pudotessa palkeen höyry nesteytyy, jolloin venttiili avautuu jousen avulla. [6, s. 106–109.]

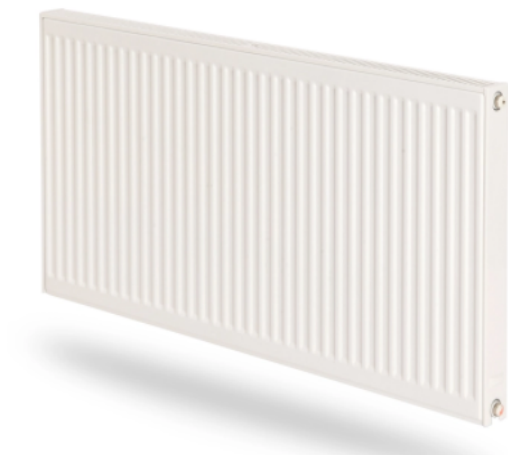


Kuva 7. Eri valmistajien patteriventtiileitä kiintoantureilla varustettuna.

Asunnoissa käytetään yleensä kiintoanturia (kuva 7) . Jos patteriventtiili sijaitsee verhon, kiintokalusteen tai muun esteen takana varustetaan se irtoanturilla oikean lämpötilamittauksen saavuttamiseksi. Termostaattiosien lisäksi patteriventtiileihin voidaan asentaa manuaaliset käsisäätöpyörät. Käsisäätöpyöriä käytetään tiloissa, joissa termostaatin toiminta häiriintyy lämpötilamuutosten takia, esimerkiksi pesuhuoneissa ja tuulikaapeissa. Käsisäätöpyöriä on myös saatavilla lukittavina jäätymisen estämiseksi. [8, s. 8.]

4.3 Radiaattorit

Lämmin vesi kierrätetään huonekohtaisessa lämmönluovuttimessa (kuva 8) eli lämmityspatterissa, jolloin verkoston veden lämpö vapautuu huoneeseen. Lämmityspatterit sijoitetaan yleensä huoneen ulkoseinälle ikkunoiden alle. Patterin lämmittämä ilma nousee ylöspäin ikkunan pintaa pitkin ja ottaa mukaansa ikkunasta tulevan kylmän ilman vedon. Lämmityspatterit mitoitetaan jokaiseen huoneeseen lämmitystehontarpeen mukaan. [6, 103–105.]



Kuva 8. Nykyaikainen paneeliradiaattori.

Lämpö poistuu kaikkien huoneiden rakennepintojen kautta, joiden toisella puolella huonelämpötila on alhaisempi kuin patterinpuoleisen seinän lämpötila. Huoneeseen tuodaan yleensä ikkunan alle ulkoseinälle sijoitetun lämmityspatterin avulla siitä lämpöhäviönä poistunut lämpömäärä. [6, 103–105.]

5 Lämmitysverkoston säätöautomaatiikka

Lämmitysjärjestelmästä riippumatta jokaiseen kohteeseen tarvitaan lämmitystehoä säätävä laitteisto. Oikein toimiva lämmönsäätöautomaatiikka pitää kiinteistön olosuhteet kunnossa. Lämmitysverkoston säädön tavoitteena on pitää huonelämpötila halutussa arvossa ulkolämpötilan ja sisätilojen lämpökuormien vaihtelusta huolimatta. Ulkolämpötilaan vaikuttavat vuodenaika, sään vaihtelut ja vuorokaudenaika. Sisälämpötilaan vaikuttavat ilmaislämmön ja lämpökuormien vaihtelut eri vuodenaikojen ja vuorokauden aikojen mukaan. Nämä koostuvat auringon lämmöstä, käyttäjien määrästä ja toiminnasta, kodinkoneiden käytöstä sekä esimerkiksi saunan käytöstä. Lämmityksen säätöautomaatiikan sujuva toiminta edellyttää tasapainossa olevaa patteriverkostoa. [5, s. 15–16.]

5.1 Lämmityksen säätöautomaatio

Rakennuksien lämmitystarve vaihtelee sääolosuhteiden mukaan. Lämmityksen säätöautomaation tehtävänä on pitää verkoston menoveden lämpötila haluttuna ja energiankulutus optimaalisena. Ulkolämpötilaohjattu säätöjärjestelmä on yleisin vesikiertoisissa patteriverkostoissa oleva säätöjärjestelmä. Vesikiertoisten pien-, rivi ja kerrostalokohteiden lämmityksen säätöautomaatio tapahtuu yleensä pelkästään ulkolämpötila ohjatulla säätöautomaatiikalla. Kuvassa 9 on esitetty tyypillinen säätöautomaation lämmönsäädin lämmitysjärjestelmiä varten. [5, s. 15–16.]



Kuva 9. Oumanin valmistama lämmönsäädin erilaisia lämmitysjärjestelmiä varten.

Säätöautomaatiota pystytään hyödyntämään energiansäästön kannalta aikaohjauksen avulla. Esimerkiksi koulu- ja teollisuusrakennusten käyttö on yleensä osa-aikaista. Niiden lämpötilaa pystytään pudottamaan rakennuksen käytön ulkopuolisena aikana. Rakennuksen koko on huomioitava lämpötilan pudotuksessa, koska suuremmat rakennukset lämpenevät ja jäähtyvät hitaammin. [5, s. 15–16.]

5.2 Säätkäyrä

Lämmitysverkoston säätö määräytyy säätkäyrän perusteella (kuva 10). Oikeanlaisen säätkäyrän etsiminen on yksi olennaisimmista lämmitykseen liittyvistä tehtävistä. Säätkäyrän vaaka-akseli kertoo ulkolämpötilan ja pystyakseli menoveden lämpötilan. Vanhoissa automaatiojärjestelmissä säätkäyrät ovat suoria ja muutos tehdään käyrän kulmaa muuttamalla. Nykyaikaisten digitaalisten säätimien säätkäyrät ovat kolmi- tai viisipisteisiä, joilla saavutetaan tarkempi säättötulos rakennuskohtaisesti. [5, s. 25–26.]



Kuva 10. Nykyaikaisen digitaalisen säätimen viisipisteinen lämmityksen säätökäyrä ja vanhanaikainen suora asteluvulla muutettava säätökäyrä.

Säätkäyrän menoveden lämpötiloihin asetetaan ylä- ja alarajat. Yläraja-asetuksella varmistetaan, että lämmitysjärjestelmä ei pääse vahingoittumaan liian kuumen veden seurauksena. Alaraja asetuksella pystytään estämään putkistojen jäätyminen. Lämmityksen säätkäyrää vaihdettaessa muutokset alkavat näkymään hitaasti, noin 1–3 vuorokauden jälkeen. Rakennuksen massa ja verkoston mitoituslämpötilat vaikuttavat muutos aikaan. [5, s. 25–26.]

6 Patteriverkoston perussäätö

Taloyhtiön suurimmat kulut tulevat lämmityksestä. On tärkeää, että lämmitysverkosto toimii tasaisesti ja tehokkaasti ilman turhaa yllämmitystä. Yleisin syy turhaan kulutukseen vesikiertoisessa lämmitysverkostossa on verkoston epätasapaino. Lämmitysverkoston suuret lämpötilaerot ja epätasapaino rakennuksen eri osissa aiheuttavat ylimääräisen kulutuksen lisäksi huonot asuinolosuhteet. [9]

Perussäädön tavoitteena on varmistaa, että vesi kiertää jokaisen lämmityspatterin kautta tasaisesti ja takaa säadettävään rakennukseen mahdollisimman tasaiset lämpötilat. Oikein suoritettuna perussäätötyön jälkeen rakennuksen lämmityskustannukset pienenevät ja asumismukavuus kasvaa. Kuvassa 11 on esitetty tyypillinen vanhan kiinteistön epätasapainossa oleva patteriverkosto ja tasapainossa oleva perussäädetty patteriverkosto. [10, s. 4.]



Kuva 11. Tyypillinen vanhan kiinteistön perussäätämätön patteriverkosto, jossa osassa huoneistoissa lämpötilat ovat liian korkealla ja osassa huoneistoja liian matalalla. Oikein tehdyllä perussäädöllä voidaan saavuttaa jopa 10–15 prosentin säästö energiankulutukseen.

Perussäädön tavoite ja lähtökohta on vähentää rakennuksen energiankulutusta ja parantaa asumisviihtyvyyttä. Yleinen perussäätöprojektin ryhtymisen peruste on pienentää lämmitysenergian kustannuksia, jotka mahdollistavat säästöjen aikaansaamisen. Tärkeintä on kuitenkin rakennuksissa ja tiloissa toimivien henkilöiden terveellinen, viihtyisä ja toimiva sisäilmasto, jonka yhtenä merkittävämpanä toiminnan lähtökohtana on oikein toimiva patteri- ja lämmitysverkosto. [9]

Motivan arvioiden mukaan jopa kolme neljäsosaa Suomen rakennuskannan patteriverkostoiden perussäädöistä on puutteellisesti säädettyjä. Patteriverkoston perussäädön tarvetta suositellaan kartoittamaan myös muiden suunnitelmassa olevien korjausten ja uudistusten aikana. [9]

Luvanvaraisissa korjausrakennushankkeissa määräykset edellyttävät varmistamaan ilmanvaihdon ja lämmityksen energiatehokkaan toiminnan. Näihin luvanvaraisiin hankkeisiin kuuluvat rakennuksen ilmanvaihtoon, ulkovaippaan, ikkunoihin ja kattoon kohdistuvat korjaukset. Patteriverkoston perussäätö kannattaa tehdä aina, kun verkoston epätasapaino on tiedossa. Lisäksi perussäätö kannattaa tehdä julkisivuremontin tai muiden peruskorjausten yhteydessä, lämmitystehontarpeen muuttuessa. [9]

6.1 Perussäädön vaiheet

Patteriverkoston perussäätötyö voidaan toteuttaa myös ilman patteri- ja linjasäätöventtiileiden uusintaa, jos kaikki verkoston venttiilit ja termostaatit ovat säädettävyydeltään nykyaikaisia ja toimivat moitteettomasti. Tässä ohjeistuksessa keskitytään olemassa olevien rakennusten patteriverkoston perussäätöön, missä uusitaan myös patteri ja linjasäätöventtiilit. Patteri- ja linjasäätöventtiileiden uusinnan sisältävä patteriverkoston perussäätö voidaan jakaa suunnitteluvaiheeseen, asennusvaiheeseen ja asennusvaiheen jälkeen tapahtuvaan seurantavaiheeseen, johon kuuluu huoneistojen lämpötilamittaus. [10, s. 5.]

6.2 Suunnitteluvaihe

Perussäädön suunnitteluvaihe aloitetaan kohteeseen tutustumalla ja kartoittamalla kiinteistö vanhojen lämpöjohtopiirustuksien avulla. Alkukartoituksessa tehdään kuntoarvio perussäädettävästä kohteesta ja päätetään, mitkä verkoston venttiilit ja laitteet uusitaan yhdessä tilaajan resurssit huomioiden. Alkukartoituksen jälkeen saadaan vaadittavat tiedot varsinaisten suunnitelmien tekemiseen. Suunnittelutyö aloitetaan lämmitystehontarpeen laskennalla ja laskennan jälkeen siirrytään lämmitysverkoston mallintamiseen ja mitoittamiseen. Mitoittaminen tehdään tietokoneohjelmia hyödyntäen. Varsinaisiin suunnitelmiin hyödynnetään vanhoja olemassa olevia suunnitelmia. [10, s. 6.]

Vaikka perussäätökohteissa ei vaihdeta putkistoja ja radiaattoreita, niiden on oltava suunnitelmissa. Näin suunnitteluohjelma pystyy mitoittamaan verkoston oikeiden laskelmien mukaan. Tarvittaessa suunnittelija täydentää vanhoja suunnitelmia niiden ollessa puutteellisia. Vanhoista kiinteistöistä voivat puuttua suunnitelmat kokonaan, jolloin joudutaan tekemään uudet suunnitelmat kartoituskäyntejä hyödyntäen.

Suunnitelmissa on oltava seuraavat asiakirjat urakoitsijaa varten: [10, s. 6.]

- työselitys ja piirustukset (piirustuksissa on oltava jokaiseen patteriin ja linjasäätöön venttiilin esisäätöarvo ja mallitunnus)
- pohjat linjasäätöventtiileiden mittauspöytäkirjoista
- pohjat tarkastus- ja vastaanottopöytäkirjoista

6.3 Asennusvaihe

Asennusvaiheesta on hyvä pyrkiä suoriutumaan mahdollisimman pienillä häiriöillä asukkaiden kannalta. Asennusvaiheen sujuvuuden varmistamiseksi on tärkeää huolehtia tiedotuksesta ennen perussäätötöiden aloitusta. Varsinkin taloyhtiöissä iso osa töistä tapahtuu asutuissa asunnoissa. Työn ajankohta on hyvä ilmoittaa etukäteen. Selkeä tiedotus hyvissä ajoin ehkäisee asukkaiden epätietoisuutta ja parantaa projektin kulkua. [10, s. 7.]

Perussäätötyön ajankohta huomioidaan asennustöissä, niin että viivästymisiä ei tule vuodenajan mukaan. Verkoston tyhjentäminen ja venttiilien vaihtotyöt on parasta suorittaa lämmityskauden ulkopuolella, mutta myös lämmityskaudella pystytään tekemään perussäätöitä lisälämmityksiä hyödyntäen. Sisälämpötilojen mittaustyöt on suoritettava lämmityskaudella oikeiden mittaustulosten varmistamiseksi. [10, s. 7.]

Verkoston huuhtelu on suositeltavaa perussäädön yhteydessä varsinkin silloin, kun verkoston vedessä tiedetään olevan epäpuhtauksia. Huuhtelulla pystytään poistamaan epäpuhtauksia ja parantamaan lämmityspattereiden lämmöntuottoa. Esimerkiksi sykehuuhtelu on tehokas tapa verkoston huuhteluun. Sykehuuhtelulaite antaa lämmitysverkostoon vedellä ja paineilmalla tuotettuja paineiskuja. Näin verkostoon kertynyt lika saadaan liikkeelle, ja epäpuhtaudet poistuvat.

Patteri- ja linjasäätöventtiileiden vaihtotöiden jälkeen täytetään verkosto ja suoritetaan ilmaus, joka on yksi tärkeimmistä toimenpiteistä verkoston toimivuuden kannalta. Verkoston ilmaus voidaan tehdä koneellisesti tai mekaanisesti. Koneellista ilmausta suositellaan käytettäväksi hankalasti ilmattaviin kohteisiin, jos lämmitysjärjestelmä haarautuu moneen paikkaan. Koneellisessa ilmauksessa alipaineilmanpoistin asennetaan lämmitysverkoston paluupuolelle ilmausprosessin ajaksi. Suuremmat lämmönjakokeskukset ovat varustettu nykyisin ilmanpoistokoneelle tehdyillä varauksilla. Automaattinen ilmanpoistin poistaa verkostossa olevat ilmakuplat ja veteen liuenneet vapaat kaasut alipaineen sekä useiden käsittelykertojen avulla. [11, s. 2.]

Pienissä ja helposti ilmattavissa kohteissa riittää mekaaninen ilmaustyö, joka suoritetaan pattereiden ilmausruuveista huoneistokäynneillä ja ilmausyhteiden avulla. Patteriverkoston ilmaus on tärkeää suorittaa huolellisesti loppuun asti, ennen mittaus- ja säätötöiden aloitusta, jotta virtausmittaukset sujuvat ilman ongelmia.

6.4 Vesivirtojen säätö

Vesivirtojen säätö toteutetaan suunnittelijan mitoittamilla arvoilla. Myös kiertovesipumppu asetetaan suunnitelman mukaiseen arvoon. Linjasäätöventtiileiden avulla säädetään runkolinjojen vesivirrat ja patteriventtiileiden esisäätöarvoilla asetetaan patterikohtaiset tehon tarpeen mukaan mitoitettut virtaamat. Mitatessa ja säädettyä täytetään mittauspöytäkirjat ja varmistetaan verkoston oikein toimivuus. Kiertovesipumppu asetetaan vakionopeudelle mittauksien ajaksi. [12, s. 1–2.]



Kuva 12. Näyttö- ja paine-eroanturiyksiköstä koostuva virtausten ja paine-erojen mittauksiin soveltuva vesipainemittari TA Scope.

Linjasäätöventtiileiden vesivirtojen mittaus suoritetaan virtausten ja paine-erojen mittauksiin soveltuvalla mittarilla. Kuvassa 12 on esitetty TA Scope -merkkinen vesivirtojen mittaukseen ja säätämiseen soveltuva mittari. Vesipainemittari mittaa nesteen virtaaman linjasäätöventtiin mittausyhteiden paine-eron ja venttiilikohdistaisten tietojen perusteella. [12, s. 1–2.]

6.5 Seurantavaihe

Asennusvaiheen jälkeen tehdään huoneistojen lämpötila mittaukset. Jos perussäätö tehdään lämmityskauden ulkopuolella, mittaukset suoritetaan seuraavalla lämmityskaudella. Vuorokauden keskilämpötila on hyvä olla alle -5 astetta, jotta huonelämpötilojen mittaustyöt voidaan suorittaa. Lämmityksen säätökäyrä tarkistetaan ennen huonelämpötilojen mittauksien aloitusta. Lämpötilojen mittaaminen toteutetaan esimerkiksi etäluettavilla, huoneistoihin mittaussjakson ajaksi asennettavilla langattomilla antureilla. Langattomien antureiden lisäksi tarvitaan tukiasema, joka sijoitetaan yleensä lämmönjakohuoneeseen mittauksien ajaksi. Kuvassa 13 on esitetty tarvittavat välineet huonelämpötilojen mittausta varten.

[9]



Kuva 13. Tarvittavat välineet huonelämpötilojen mittausta varten: Etäluettavat huoneistoihin mittaussjakson ajaksi asennettavat langattomat anturit sekä tukiasema mittausdatan keräämistä varten.

Asukkaiden tiedottaminen on tärkeää ennen huonelämpötilojen mittauksien aloitusta. Näin varmistetaan, että rakennuksessa on mittaushetkellä normaalit olosuhteet. Huoneistojen sisäiset lämpökuormat pidetään mahdollisemman pieninä, ikkunat ja ovet pidetään kiinni sekä ilmanvaihdon käyntinopeus normaalina.

Termostaatit otetaan irti huonelämpötilamittauksien ajaksi. Jos huonelämpötilat poikkeavat liikaa toisistaan, patterikohtaiset virtaamat tasoitetaan esisäätöarvoja muuttamalla, yhteistyössä suunnittelijan kanssa. Esisäätöarvoja muutetaan korkeintaan yksi asteväli kerrallaan. Jos huoneistojen lämpötilat eivät tule kohdalleen pelkästään patteriventtiileiden esisäätöjä muuttamalla, tarkistetaan ja tarvittaessa säädetään linjasäätöventtiileiden virtauslukemat uudelleen. Muuttuneet säätöarvot on tärkeää merkitä asiakirjoihin. Huonelämpötilojen mittauksista tehdään oma mittauspöytäkirja.

7 Toteutuneiden projektien tulokset energiansäästöissä

7.1 Yleistä tietoa kaukolämmön hintarakenteesta

Kaukolämmön hinta riippuu monista eri tekijöistä. Asutuksen tiheys, energiantuotantoon tehdyt investoinnit, energiantuotantoon käytetyt polttoaineet, tuotannon rakenne ja kaukolämpöyhtiöiden hinnoittelutapa ovat asioita, joista määräytyy asiakkaan maksama kaukolämmön kokonaishinta. [14]

Kaukolämmön hinta jaetaan yleensä kolmeen osaan:

- liittymismaksu
- energiamaksu
- tehomaksu

Kiinteistön liittyessä kaukolämpöön maksetaan liittymismaksu. Liittymismaksun suuruuteen vaikuttaa kiinteistön koko ja liittymisjohdon pituus. Maksu kattaa liittymisjohdon rakentamiseen liittyvät kustannukset. Kaukolämpöasiakkaat maksavat energiamaksua kulutetun energiakäytön mukaan. Energiamaksun suuruus perustuu mitattuun asiakkaan käyttämään lämmitystehoon (kW). Useat energialaitokset muuttavat energiamaksun yksikköhintaa vuodenajan mukaan. Lisäksi asiakkaat maksavat tehomaksun, joka riippuu liittymän koosta. Tehomaksun avulla katetaan kaukolämmön tuotantoon, siirtoon ja kunnossapitoon liittyviä kustannuksia. [13]

7.2 Esimerkkiprojektien esittely

Tähän työhön on otettu kaksi esimerkkikohdetta. Molemmat kohteet ovat asuin-kerrostaloja. Ensimmäinen esimerkkiprojekti on Forssassa sijaitseva asunto-osakeyhtiö. Toisessa esimerkkiprojektissa mukana on Espoon kaupungin omistama vuokra-asuntokiinteistö.

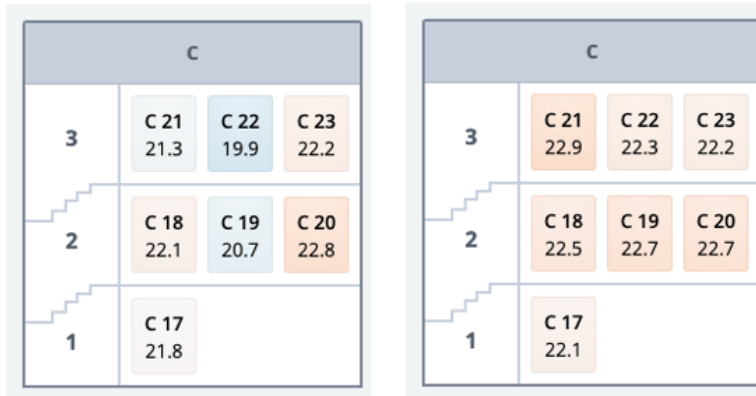
7.3 Esimerkkiprojekti – Forssa

Ensimmäisenä esimerkkikohteena on Forssassa sijaitseva asunto-osakeyhtiö. Kohde on rakennettu vuonna 1989. Rakennuksessa on yhteensä 28 kpl asuinhuoneistoja. Rakennuksen tilavuus on yhteensä 6390 m³ ja huoneistoala 15 014 m². Patteriverkoston perussäätö suoritettiin asuntojen välillä olevien selkeiden lämpötilaerojen ja alkuperäisten patteriventtiileiden uusintatarpeen vuoksi. Suurimmillaan huoneistojen väliset lämpötilaerot olivat 4–5 astetta ja useat alkuperäiset patteriventtiilit olivat tukkeutuneet tai muuten viallisessa kunnossa.

Kyseisen kohteen patteriverkoston perussäätötyö sisälsi patteriventtiileiden uusinnan termostaateineen sekä linjasäätö- ja linjasulkuventtiileiden uusinnan. Vaihdeettavia patteriventtiileitä oli yhteensä 103 kpl. Linjasäätö- ja linjasulkuventtiileitä 12 paria. Työhön sisältyvä huonelämpötilojen mittaus suoritettiin huoneistoihin mittausjakson ajaksi asennettavien langattomien antureiden avulla. Mittaustyöt suoritettiin perussäätötyön päätteeksi tammikuussa 2020. Ulkolämpötila oli mittausjakson aikana –6 astetta.

7.4 Esimerkkiprojekti – Espoo

Toisena esimerkkikohteena on Espoon kaupungin omistama vuokra-asuntokiinteistö. Vuonna 1985 rakennetussa kohteessa on yhteensä 32 asuntoa. Esimerkkiprojekti sisälsi patteriventtiileiden, linjasäätö- ja linjasulkuventtiileiden uusinnat sekä vesivirtojen mittaus ja säätötyöt.



Kuva 14. Leanheat-järjestelmästä otetut kuvankaappaukset huoneistokohtaisista sisälämpötiloista ennen ja jälkeen patteriverkoston perussäätötyön.

Kohde on varustettu kaukolämmitteisten rakennusten lämmityksen valvontaan ja ohjaukseen erikoistuneella Leanheat-järjestelmällä. Leanheat-järjestelmässä oleva kiinteistö on varustettu kiinteillä huoneistokohtaisilla lämpötila-antureilla. Kiinteät huoneanturit autoivat perussäätöprojektin tekemistä ja antureiden mittausdataa käytettiin hyväksi säätötöiden aikana. (Kuva 14) Kiinteiden huoneistokohtaisten lämpötila-antureiden avulla kohteessa ei tarvinnut käyttää erillisiä mittaustöiden ajaksi asennettavia antureita. Leanheat-järjestelmän avulla kohdeesta saatiin monipuolisesti mittausdataa tuloksien tarkastelua varten. Mittausdatan avulla saatiin selville jokaisen huoneiston sisälämpötilat ennen ja jälkeen perussäätötyön.

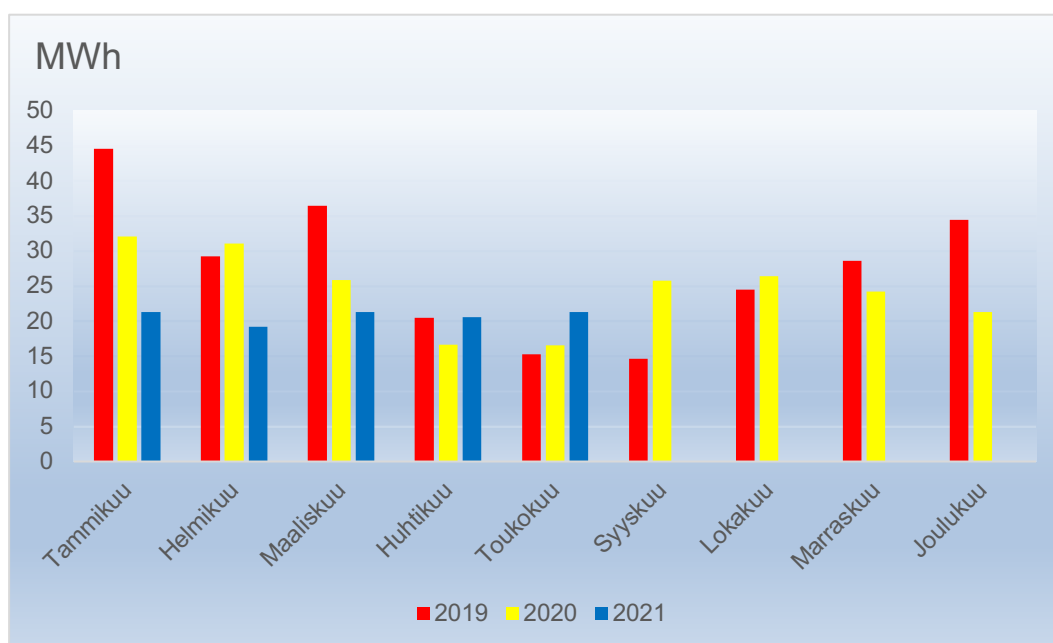
7.5 Esimerkkiprojektin tulokset

Esimerkkiprojekteihin tehtyihin patteriverkoston perussäätöihin liittyvät tulokset esitetään tässä osiossa. Tuloksissa seurataan lämmitysenergian kulutuksessa tapahtuvia muutoksia. Kaikki lämmitysenergiankulutukseen liittyvät tulokset on esitetty normeerattuina arvoina Motivan laskentakaavan mukaisesti. Lämmitysenergian kulutuksen normeeraus auttaa saamaan rakennuksen energiankulutuksen seurantaan vertailukelpoisia tuloksia lämmityskausien lämpötilaeroista huolimatta. Lisäksi normitetuista tuloksista on vähennetty lämpimään käyttövee-teen kuluva energia, jonka energian kulutus ei ole riippuvainen ulkolämpötilasta.

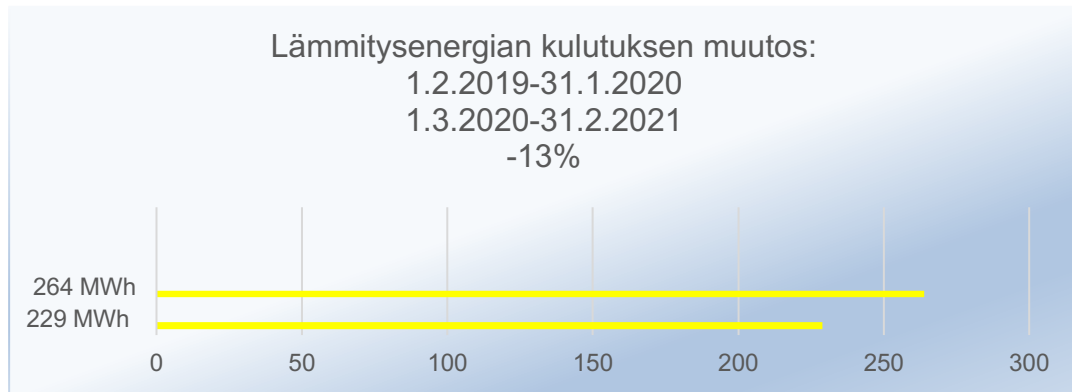
Normeeratut tulokset ovat tulleet suoraan energialaitoksen ja Leanheat-palvelun saamasta mittausdatasta, eikä niitä ole tarvinnut erikseen laskea. [16]

7.6 Esimerkkiprojektin tulos – Forssa

Forssassa sijaitsevassa asunto-osakeyhtiössä päästiin merkittäviin energiansäästöihin huoneistojen lähtötilanteesta johtuen. Asuntojen keskilämpötilaksi mitattiin säädön jälkeen 23,7 °C, lämmönsäätökäyrän asetusarvojen pudotuksella lämmitysenergian kulutus on vähentynyt. Kuvassa 15 olevassa kaaviossa on esitetty lämmitysenergian kulutuksen muutokset kuukausitasolla lämmityskauden aikana. Energialaitoksen kulutusraportin perusteella tehdyn kaavio mukaan talvella 2020 suoritettu patteriverkoston perussäätö on saanut aikaan noin 13 prosentin (kuva 16) vuosittaisen energiansäästön, kun tuloksia vertaillaan perussäädön jälkeisiin lämmitysenergian kulutuslukemiin.



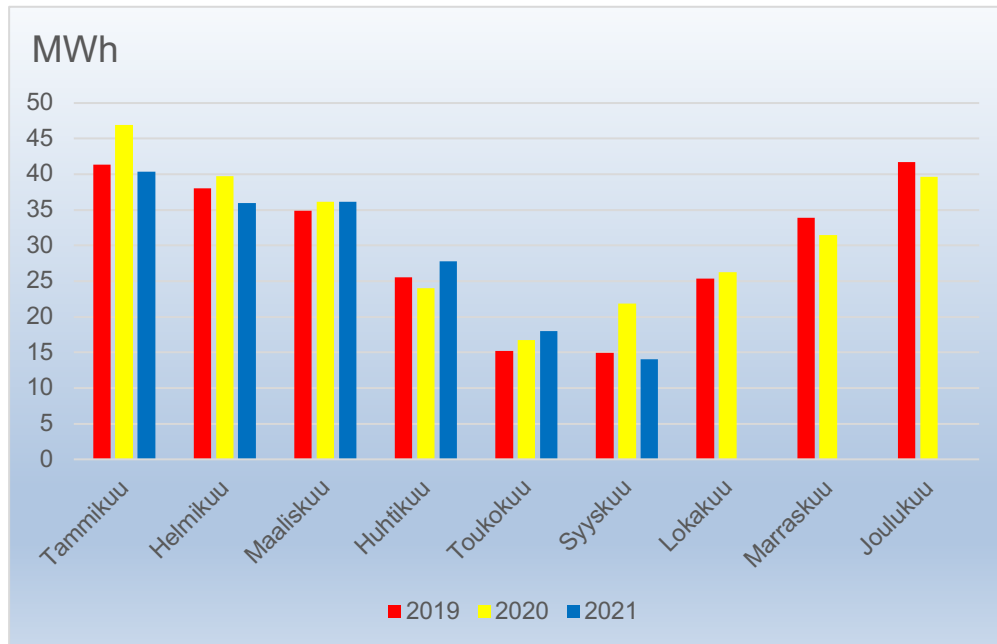
Kuva 15. Forssassa sijaitsevan asunto-osakeyhtiön lämmitykseen kuluvan energian kulutusmuutokset normeeratuilla arvoilla vuosilta 2019–2021. Perussäätö suoritettiin kiinteistöön talvella 2020.



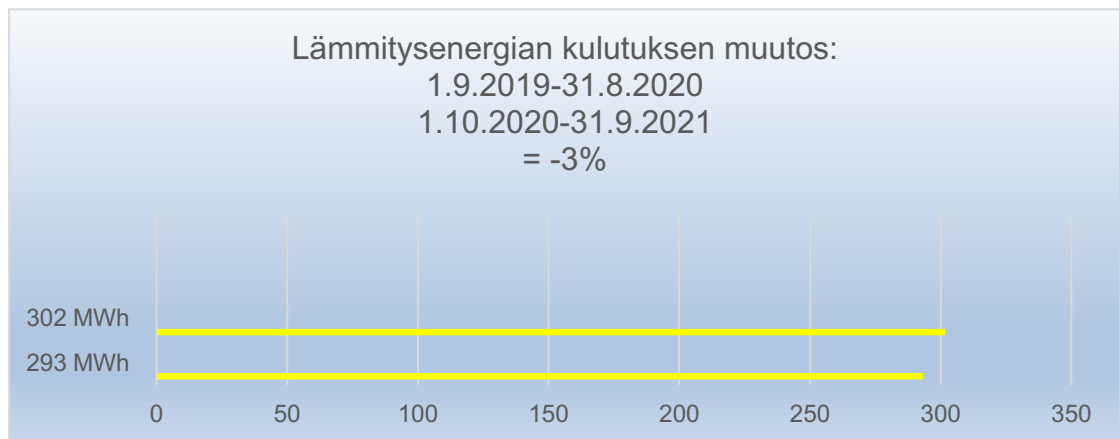
Kuva 16. Energialaitoksen kulutusraportin perusteella laskettu vuosittainen lämmitysenergian kulutuksen muutos ennen ja jälkeen perussäätötyön. Kulutus on laskettu normeeraatuilla arvoilla.

7.7 Esimerkkiprojektin tulos – Espoo

Espoon kaupungin omistamassa vuokra-asuntokiinteistössä saadut lämmön- säästöt olivat maltillisemmat kuin Forssassa sijaitsevassa asunto-osakeyhtiössä. Kiinteistön keskilämpötila oli jo lähtötilanteessa 21–22 astetta. Leanheat-järjestelmästä otetun mittausdatan perusteella lämmitysenergian kulutuksessa on tapahtunut pieniä muutoksia perussäädön jälkeen (kuva 17). Normeeratuilla arvoilla esitetyissä tuloksissa vuosittainen lämmitysenergian kulutus on vähentynyt noin kolmen prosentin verran (kuva 18).



Kuva 17. Espoon kaupungin omistaman vuokra-asuntokiinteistön lämmitykseen kuluvan energian kulutusmuutokset normeerautulla arvoilla vuosilta 2019–2021. Perussäätö suoritettiin kiinteistöön syyskuussa 2020.



Kuva 18. Leanheat-järjestelmästä saadun datan perusteella laskettu vuosittainen lämmitysenergian kulutuksen muutos ennen ja jälkeen perussäätöön. Laskettu normeerautulla arvoilla.

7.8 Esimerkkiprojektien kustannussäästöt

Takaisinmaksuaika lasketaan alla näkyvän kaavan perusteella. Takaisinmaksuaika tarkoittaa vuosien määrää, milloin lämmityskustannuksista saadut säästöt ylittävät projektin hankintamenot. Laskelma on suoritettu paikallisen energialaitoksen sen hetkisen hinnaston mukaisesti. Perussäästöprojektin kokonaiskustannus sisältää myös suunnittelutyön osuuden. [15, s. 146.]

$$takaisinmaksuaika = \frac{\text{hankintamenot}}{\text{investoinnin nettotulot}} \quad (1)$$

Forssassa sijaitseva asunto-osaakeyhtiö:

- perussäästöprojektin kokonaiskustannus 13 740,00 € (sis. alv 24 %)
- lämmitysenergiesäästöt vuodessa 35 MWh
- vuotuinen keskimääräinen energiamaksu 72,53 € / MWh alv 24 % [17]

$$takaisinmaksuaika = \frac{13\,740\text{€}}{35\text{ MWh} * 72,53\text{MWh/€}} = 5,4\text{ vuotta}$$

7.9 Yhteenveto esimerkkiprojekteista

Esimerkkiprojekteissa Forssassa sijaitsevassa asunto-osakeyhtiössä päästiin selviin lämmitysenergian säästöihin. Lämmitysenergian säästöt vuodessa olivat 35 MWh ja laskettuja lämmönsäästöjä saatiin normitetuilla arvoilla 13 prosentin verran. Investoinnin kannattavuutta mittaavaksi takaisinmaksuajaksi saatiin 5,4 vuotta.

Espoon kaupungin omistamassa vuokra-asunto kiinteistössä lämmitysenergian kulutuksen muutokset olivat pienet. Lämmitysenergian kulutus on vähentynyt noin kolmen prosentin verran, kun tuloksia tarkastellaan normeeratuin arvoin. Kiinteistön lämmitysenergian kulutus pysyi lähes samana, joten kyseisestä kohteesta ei laadittu takaisinmaksuaikaa.

Tulokset ovat suuntaa antavia, laskussa ei oteta huomioon kaukolämmön hinnan muutoksia. Tuloksista voidaan päätellä, että lämmitysenergian säästö määräytyy lähtötilanteen ja perussäätötyön jälkeen asetettavan sisälämpötilan mukaan. Huoneistoihin asetettava sisälämpötila on lopulta talo- ja kiinteistöyhtiöissä päätettävä asia. Asumisterveysohjeissa hyväksi määritelty asuntojen sisälämpötila on 21 astetta, johon yleensä pyritään.

8 Yhteenveto ja pohdintaa

Patteriverkoston perussäätö on kannattava investointi, jos takaisinmaksuaika on lyhyt. Perussäätötyöstä saavutettavia muita hyötyjä ei silti pidä unohtaa. Myös asumisviihtyvyyden parantuminen tasaisten sisälämpötilojen ansiosta on yksi tärkeimmistä patteriverkoston perussäädön päämääristä. Energian kustannuksilla mitattavat lämmönsäästöt vaihtelevat paikkakunnittain ja ovat riippuvaisia kaukolämpöyhtiön hinnoittelutavasta. Energimaksun noustessa myös lämmönsäästöistä saadut kustannukset kasvavat.

Motivan verkkojulkaisun mukaan oikein tehdyllä perussäädöllä jo yhden asteen keskilämpötilan lasku antaa noin viiden prosentin säästön lämmityskuluihin. Tulokset ovat suuntaa antavia, mutta kyseinen lämmityskulujen säästö piti paikkansa Forssassa sijaitsevassa asunto-osakeyhtiössä.

Tyypillisessä epätasapainossa olevassa lämmitysverkostossa säätökäyrää on nostettu verkoston viimeisien ja kylmimpien huoneistojen sisälämpötilan mukaan. Näissä kohteissa verkoston säätäminen tasapainoon mahdollistaa rakennuksen lämmittämisen energiatehokkaasti.

Insinööriyössä annettiin selkeä kuva vesikiertoisen lämmitysjärjestelmän toiminnasta ja patteriverkoston perussäätötyöstä. Työssä tutkittiin patteriverkoston perussäätötyöstä saatavia lämmitysenergian säästöjä kahden esimerkkiprojektin avulla. Insinööriyössä tehtiin ohjeistus ainoastaan olemassa olevien patteriverkostojen perussäätötyöhön ja tutkittiin niistä saatavia lämmitysenergian säästöjä. Ohjeistuksesta saatiin kuitenkin selkeä, olen tyytyväinen työni lopputuloksiin.

Lähteet

- 1 Rakennusten lämmitys kuluttaa runsaasti energiaa. Verkkoaineisto. <<https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/hillinta/-/artikkeli/73fa2827-42d1-4fd7-a757-175aca58b441/rakennusten-lammitys-kuluttaa-runsaasti-energiaa.html>.> Luettu 18.9.2021
- 2 Kaukolämpö. Verkkoaineisto. <<https://kaukolampo.fi/>> Luettu 18.9.2021.
- 3 Mäkelä, Veli-Matti. Tuunanen, Jarmo. suomalainen kaukolämmitys. <<https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/97138/URNISBN9789515885074.pdf?sequence=1&isAllowed=y>> Luettu 14.8.2021.
- 4 Rakennusten kaukolämmitys Määräykset ja ohjeet. Julkaisu K1/2020 <https://energia.fi/files/5423/JulkaisuK1_2020_Energiateollisuus_ry_%28paiv._20201119%29.pdf> Luettu 15.8.2021
- 5 Harju, Pentti. 2014. Talotekniikan mittauksia, säätöjä ja automatiikkaa. Kouvola. Penan Tieto-Opus Oy
- 6 Harju, Pentti. 2010. Lämmitystekniikan oppikirja. Kouvola. Penan Tieto-Opus Oy
- 7 Pumput ja putkistot teoriassa ja käytännössä. Verkkoaineisto. ITT Water & Wastewater Suomi Oy. <<http://documentlibrary.xylemappliedwater.com/files/documents/2011/03/eng-low-slutlig-ed-fi.pdf>> Luettu 27.8.2021.
- 8 Vesikiertoinen patterilämmitys. Standardi LVI 12–10343. 2002. <<https://kortistot-rakennustieto-fi.ezproxy.metropolia.fi/resource/juha/content/12511#page=1>> Luettu 27.8.2021.
- 9 Patteriverkon perussäätö. Verkkoaineisto. <https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/taloyhtiot_-_yhdedssa_energiatehokkaasti/lammitys/patteriverkon_perussaato> Luettu 11.9.2021
- 10 Lämmitysverkoston perussäätö säästää rahaa ja luo terveellisen sisäilmaston. Verkkoaineisto. <<https://www.motiva.fi/files/781/perussaato-esite.pdf>> Luettu 11.9.2021.
- 11 Spirotech tuoteluettelo 2019 suomi. Verkkoaineisto. <<https://kolmeks.com/wp-content/uploads/2021/05/Spirovent-Superior-esite-suomi.pdf>> Luettu 18.9.2021.

- 12 Lämmitysverkostojen vesivirran mittaus. Standardi LVI 014-10291. <<https://kortistot-rakennustieto-fi.ezproxy.metropolia.fi/resource/juha/content/11402#page=1>> Luettu 23.10.2021.
- 13 Kaukolämmön hinta. Verkkoaineisto. <https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/lammitysmuodot/kaukolampo/kaukolammon_hinta> Luettu 9.10.2021.
- 14 Mihin kaukolämpölasku perustuu? Nämä viisi asiaa määräävät kaukolämmön hinnan. Verkkoaineisto. <<https://adven.com/fi/artikkelit/mihin-kaukolampolasku-perustuu-nama-viisi-asiaa-maaraavat-kaukolammon-hinnan/>> Luettu 9.10.2021.
- 15 Eklund, Irina. Kekkonen, Heidi. 2018. Kannattavuus laskennan taitajaksi. Helsinki. Sanoma Pro Oy.
- 16 Lämmitysenergian kulutuksen normitus. Verkkoaineisto. <https://www.motiva.fi/files/16105/Motiva_Kulutuksennormitus_laskentakaavat-ja-ohjeet_12-2016.pdf> Luettu 16.10.2021.
- 17 Kaukolämmön hinta Forssa. Verkkoaineisto. <<https://nevel.com/fi/kaukolampo/forssa/>> Luettu 16.10.2021.

