



# **Mittausdatan käyttö kaukolämmitteisten asuinrakennusten lämpimän käyttövesisiirtimen mitoituksen optimoinnissa**

Linda Kangasmaa

Opinnäytetyö  
Energi- och miljöteknik (YH)  
2019

OPINNÄYTE	
Arcada	
Koulutusohjelma:	Energi- och miljöteknik
Tunnistenumero:	6830
Tekijä:	Linda Kangasmaa
Työn nimi:	Mittausdatan käyttö kaukolämpitteisten asuinrakennusten lämpimän käyttövesisiirtimen mitoituksen optimoinnissa
Työn ohjaaja (Arcada): Työn ohjaaja (Helen):	Ins. Kaj Karumaa Aleksi Sivonen
Toimeksiantaja:	Helen Oy
<p>Tiivistelmä:</p> <p>Tämä opinnäytetyö on tehty yhteistyössä Helen Oy:n kanssa. Työssä on käytetty lähteenä mittausdataa, jota on kerätty kuudesta eri Helenin kaukolämpöasiakkaan kohteesta. Mittausdataa saatiin lämpimän käyttöveden kulutuksesta kahden minuutin tarkkuudella. Työn tarkoituksena oli tutkia kohteiden lämpimän käyttövesisiirtimen mahdollista ylimitoitusta, sekä pohtia vaihtoehtoja siirtimen mitoitukselle tulevaisuudessa. Työssä syvennyttiin aluksi kaukolämmön teoriaan, lämmönvaihtimiin ja muihin lämmönjakokeskuksen varusteisiin, sekä niiden mitoitukseen. Hetkellisteho lämpimän käyttöveden kulutuksesta verrattiin kohteeseen asennettuun käyttövesisiirtimen tehoon, ja todettiin siirtimen ylimitoitus. Mittaustuloksista kävi ilmi, että kohteet eivät käytä lämmintä käyttövettä läheskään niin paljon kuin siirtimellä riittäisi kapasiteettia. Siirtimen tehon ja lämpimän käyttöveden kulutuksen hetkellistehon ero vain suureni, mitä asuntojen lukumäärältä isompiin kohteisiin siirryttiin. Lisäksi kohteiden käyttöveden kulutuksen korkein hetkellisteho esiintyi erittäin harvoin. Lopuksi työssä on kehitelty uusi laskentakaava lämpimän käyttövesisiirtimen tehon mitoitukseen. Kaava mukailee työssä esitettyjä mittaustuloksia, ja apuna on myös käytetty Suomen ja Ruotsin mitoitusperiaatteita. Kaavaa voidaan pitää prototyyppinä, sillä mittausdataa ei ole kerätty vielä tarpeeksi, jotta kaikissa tilanteissa luotettava kaava voitaisiin muodostaa. Loppupäätelmä oli, että lämpimän käyttöveden kulutusmittareita tulisi alkaa asentaa niin moneen kaukolämpöasiakkaan kohteeseen kuin mahdollista, jotta käyttövesisiirtimen mitoitus saataisiin optimoitua.</p>	
Avainsanat:	Helen Oy, kaukolämmitys, lämmin käyttövesi, lämmönsiirrin
Sivumäärä:	33
Kieli:	Suomi
Hyväksymispäivämäärä:	28.5.2019

EXAMENSARBETE	
Arcada	
Utbildningsprogram:	Energi- och miljöteknik
Identifikationsnummer:	6830
Författare:	Linda Kangasmaa
Arbetets namn:	Mittausdatan käyttö kaukolämmitteisten asuinrakennusten lämpimän käyttövesisiirtimen mitoituksen optimoinnissa
Handledare (Arcada):	Ing. Kaj Karumaa
Handledare (Helen):	Aleksi Sivonen
Uppdragsgivare:	Helen Oy
Sammandrag:	
<p>Detta examensarbete är skrivet i samarbete med Helen Oy. Som källa i arbetet användes mätningsdata som var uppmätt ur sex Helens fjärrvärmekunders hus. Mätningsdata fås av tappvarmvattenanvändningen med två minuters mellanrum. Syftet med arbetet var att undersöka om tappvarmvattnets värmeväxlare är överdimensionerade, samt fundera om det skulle finnas ett bättre sätt att dimensionera värmeväxlaren i framtiden. Arbetet fokuserar på teorin inom fjärrvärme, värmeväxlare och andra fjärrvärmecentralers utrustningar samt deras dimensionering. I undersökningen jämfördes momentaneffekten på tappvarmvattenanvändningen och effekten på husets tappvattenvärmeväxlare och resultatet blev att värmeväxlaren är mycket överdimensionerad. Mätningarna resulterade i att tappvarmvattenanvändningen inte stiger till lika hög kapacitet som värmeväxlaren har. Skillnaden på värmeväxlarens effekt och momentaneffekten på användningen steg desto fler bostäder huset har. Dessutom förekom den högsta momentaneffekten mycket sällan. I slutet av arbetet presenteras en ny formel för dimensioneringen på tappvarmvattnets värmeväxlare. Den nya formeln anammar sig efter mätningresultaten som presenterats i arbetet. Som hjälp har också Finlands och Sveriges dimensioneringsanvisningar använts. Formeln är en prototyp för det finns inte tillräckligt av mätningresultat för att forma en pålitlig formel. Slutsatsen blev att det bästa sättet att optimera dimensioneringssättet för tappvarmvattnets värmeväxlare är att installera tappvarmvattenmätare i så många fjärrvärmekunders hus som möjligt.</p>	
Nyckelord:	Helen Oy, fjärrvärme, tappvarmvatten, värmeväxlare
Sidantal:	33
Språk:	Finska
Datum för godkännande:	28.5.2019

DEGREE THESIS	
Arcada	
Degree Programme:	Energi- och miljöteknik
Identification number:	6830
Author:	Linda Kangasmaa
Title:	Mittausdatan käyttö kaukolämmitteisten asuinrakennusten lämpimän käyttövesisiirtimen mitoituksen optimoinnissa
Supervisor (Arcada):	B.Eng. Kaj Karumaa
Supervisor (Helen):	Aleksi Sivonen
Commissioned by:	Helen Oy
Abstract:	
<p>This thesis is written in collaboration with Helen Oy. As main source is used measurement data from six houses which are all district heating clients of Helen. The measurement data is from the use of hot tap water in two-minute cycles. The purpose of this thesis is to analyze if the heat exchanger for hot tap water is oversized and to discuss if there is a better way to size the heat exchanger in the future. The thesis starts with basic theory of district heating, heat exchangers and other district heating central components. Also, their sizing. The instantaneous power of usage of hot tap water and the power of the heat exchanger in the house is compared and the results shows that the exchanger is very oversized. The measurement data shows that the usage of hot tap water in the houses is much lower than the capacity of the heat exchanger, and the instantaneous power peak only occurs rarely. In the end of the thesis there is presented a new formula to calculate the power of the heat exchanger. It is a prototype and the amount of measurement data is too little to form a reliable formula. The conclusion is that to achieve the best possible way to size the heat exchanger for hot tap water is to install more meters in several houses of district heating clients.</p>	
Keywords:	Helen Oy, district heating, hot tap water, heat exchanger
Number of pages:	33
Language:	Finnish
Date of acceptance:	28.5.2019

# SISÄLTÖ

<b>1</b>	<b>Johdanto .....</b>	<b>10</b>
<b>2</b>	<b>Lämmönjakokeskuksen varusteet.....</b>	<b>11</b>
2.1	Lämmönsiirrin .....	12
2.1.1	<i>Juotettu levylämmönsiirrin .....</i>	<i>12</i>
2.2	Säätöventtiili .....	13
<b>3</b>	<b>Lämmönsiirtimen mitoituksen määräykset ja ohjeet .....</b>	<b>14</b>
3.1	Lämpimän käyttövesisiirtimen mitoitus.....	14
3.1.1	<i>Lämpimän käyttövesisiirtimen mitoitusvirtaama .....</i>	<i>15</i>
3.2	Säätöventtiin mitoitus.....	16
3.3	Helenin laatimat omat ohjeet.....	17
<b>4</b>	<b>Lämpimän käyttövesijärjestelmän kytkennät ja säädöt .....</b>	<b>17</b>
4.1	Peruskytkenä.....	18
4.2	Pientalokytkenä .....	19
4.3	Lämpimän käyttöveden säädöt .....	19
<b>5</b>	<b>Mittaukset.....</b>	<b>20</b>
5.1	Mittarit .....	20
5.2	Kohteet .....	22
<b>6</b>	<b>Tulokset.....</b>	<b>23</b>
<b>7</b>	<b>Lämpimän käyttövesisiirtimen tehon uusi laskentatapa.....</b>	<b>26</b>
7.1	Apuna käytetyt yhtälöt .....	28
<b>8</b>	<b>Yhteenveto ja johtopäätökset .....</b>	<b>30</b>
<b>9</b>	<b>Sammanfattning.....</b>	<b>31</b>
	<b>Lähteet.....</b>	<b>33</b>
	<b>LIITTEET .....</b>	<b>34</b>

## Kuvat

Kuva 1. Juotetun levylämmönsiirtimen periaate (Mäkelä, Tuunanen 2015) .....	13
Kuva 2. Peruskyltöntä (Energiateollisuus K1, 2013) .....	18
Kuva 3. Pientalokyltöntä (Energiateollisuus K1, 2013) .....	19
Kuva 4. Virtaus- ja lämpötila-anturi kohteessa 1 .....	21
Kuva 5. Anturit ja mittauskeskus kohteessa 2 .....	22
Kuva 6. Kohteen 2 lämpimän käyttöveden kulutus yhden päivän aikana.....	25
Kuva 7. Kohteen 3 hetkellisteho suurimmasta pienimpään .....	26

## Taulukot

Taulukko 1. Käyttövesisiirtimen tehon ohjeistus ja todellinen teho .....	24
Taulukko 2. Suurin hetkellisteho kohteissa .....	24
Taulukko 3. Suomen ja Ruotsin käyttöveden lämmönsiirtimen teho suhteessa mitoitusvirtaamaan (Lehtola, 2018) .....	29

## KÄYTETYT LYHENTEET

$k_{vS}$ -arvo	arvolla ilmaistaan säätöventtiilin kapasiteettia. Venttiilin kapasiteetti viittaa tilavuusvirtaamaan, joka virtaa venttiilin läpi sen ollessa täysin auki ja paine-eron ollessa 100 kPa. $k_{vS}$ -arvon mittayksikkö on m <sup>3</sup> /h
$k_v$ -arvo	arvolla tarkoitetaan tilavuusvirtaamaa, joka virtaa venttiilin läpi tietyllä iskunpituudella ja 100 kPa paine-erolla. $k_v$ -arvon mittayksikkö on m <sup>3</sup> /h
RakMK	Suomen Rakentamismääräyskokoelma
K1	Energiateollisuus Ry:n laatimat määräykset ja ohjeet rakennusten kaukolämmityksen suunnitteluun ja mitoitukseen Suomessa
F:101	Svensk Fjärrvärme Ab:n laatimat määräykset ja ohjeet rakennusten kaukolämmityksen suunnitteluun ja mitoitukseen Ruotsissa
Huipputeho	yhden tunnin suurin tehontarve
Jakojohto	vesijohto, joka palvelee kahta tai useampaa vesipistettä
DN	Diameter Nominal, putken nimellinen halkaisija millimetreissä
MID	mittauslaitedirektiivi
GSM	Global System of Mobile Communications, matkapuhelinjärjestelmä
GPRS	General Packet Radio Service, GSM-verkossa toimiva pakettikykentäinen tiedonsiirtopalvelu

## KÄYTETYT MERKINNÄT JA MITTAYKSIKÖT

$q$	todennäköinen mitoitusvirtaama
$q_{N1}$	suurin normivirtaama mitoitettavassa putkessa
$\theta$	todennäköisyys, että normivirtaamien $q_{N1}$ on vesikalusteella käytössä huippukulutuksen aikana
$Q$	liitettyjen vesipisteiden normivirtaamien summa
$A$	kerroin, joka ottaa huomioon, kuinka usein mitoitusvirtaama ylittää
$q_m$	kyseessä olevan venttiilin keskimääräinen virtaama
$\Delta p_v$	valitun venttiilin todellinen painehäviö
$\Delta p_{mit}$	lämmönmyyjän ilmoittama käytettävissä oleva paine-ero
$\beta$	säätöventtiilin auktoriteetti
$\emptyset$	käyttöveden lämmönsiirtimen teho
$q_v$	lämpimän käyttöveden mitoitusvirtaama
$c_p$	veden ominaislämpökapasiteetti
$\rho$	veden tiheys
$\Delta T$	veden lämpötilaero lämmönsiirtimen läpi
$Q_m$	suurin asuntokohtainen normivirtaama



## ALKULAUSE

Tämä opinnäytetyö on tehty yhteistyössä Helen Oy:n kanssa. Opinnäytetyön tarkoituksena oli käyttää ja tutkia mittausdataa lämpimän käyttöveden kulutuksesta, jota kerättiin viiden kuukauden ajalta Helenin kaukolämpöasiakkaiden kohteista. Mittausdataa oli tarkoitus käyttää lämpimän käyttöveden lämmönvaihtimen ylimitoituksen tutkimiseen. Työ osoitti ylimitoituksen, sekä loi tarkemman kuvan lämpimän käyttöveden kulutuksesta tavallisessa kerrostalokohteessa.

Haluan kiittää Helen Oy:tä tämän työn teettämisestä, sekä Aleksii Sivosta ja Olga Patchinaa, jotka toimivat ohjaajina Helenin puolelta. Suuri kiitos kuuluu myös ohjaajalleni koulun puolelta, Kaj Karumalle. Kiitos lisäksi ystäväilleni ja perheelleni, jotka ovat tukenet minua tämän prosessin aikana.

Helsingissä 23.5.2019

Linda Kangasmaa

# 1 JOHDANTO

Suomessa kaukolämmitteiset asuinrakennukset on yhdistetty kaukolämpöverkoston lämmönjakokeskuksella. Kaukolämpövesi ja rakennuksen lämmitysjärjestelmien vesi, sekä käyttövesi erotetaan toisistaan lämmönsiirtimellä. Lämmönsiirtimeen käyttö on välttämätöntä kaukolämpöverkostoiden korkeiden lämpötilojen, sekä painetasojen takia. Lämmönsiirrin suojaa myös rakennusta mahdollisilta kaukolämpöveden aiheuttamilta vesivahingoilta.

Lämmönjakokeskuksen kaikkien laitteiden mitoitus ja oikea valinta on erittäin tärkeää kaukolämpöasiakkaan kokeman lämmityksen, sekä lämpimän käyttöveden laadun kannalta. Lisäksi laitteiden oikea mitoitus käytön mukaan takaa sen, että käyttäjä ei joudu maksamaan niin sanotusti turhasta tehosta. Yksikin väärin mitoitettu osa voi pilata toimivan kokonaisuuden. Päämääränä on mitoittaa kaikki varusteet rakennuskohtaisesti, jotta ali- tai ylimitoitusta ei pääsisi tapahtumaan.

Tämä opinnäytetyö on tehty yhteistyössä Helen Oy:n kanssa. Työssä on käytetty päälähteenä mittausdataa, jota on saatu kuudesta eri Helenin kaukolämpöasiakkaan lämpimän käyttöveden kulutuksesta kahden minuutin mittausvälitarkkuudella. Mittausdataa on analysoitu tätä työtä varten marraskuusta 2018 maaliskuun 2019 alkuun asti, mutta datan kerääminen jatkuu myös tämän ajanjakson jälkeen.

Työn tarkoituksena on tutkia lämpimän käyttövesisiirtimeen mahdollista ylimitoitusta kyseessä olevissa kohteissa, sekä selvittää kohteiden oikea siirtimeen tehon tarve. Lisäksi työssä pohditaan muita ratkaisuja lämpimän käyttövesisiirtimeen mitoittamiseen, ja niitä verrataan nykyisiin ohjeistuksiin, sekä selvitetään, onko nykyinen mitoitusperiaate toimiva.

## 2 LÄMMÖNJAKOKESKUKSEN VARUSTEET

Suomalaisessa kaukolämmitysjärjestelmässä yhdistetään asiakas kaukolämpöverkoston lämmönjakokeskuksella. Lämmöntuotantolaitos säättää kaukolämpömenoveden lämpötilaa, verkoston painetta ja paine-erotasoa jokaisen järjestelmän kohdalla sen tarpeen mukaan. Kaukolämpölaitteiden kytkennöillä ja säätöjärjestelmillä on huomattava vaikutus kaukolämmön paluuveden lämpötilaan, eli kaukolämpöveden jäähtyvyyteen. Kaukolämpölaitteiden oikealla mitoituksella ja suunnittelulla pyritään saavuttamaan taloudellisesti ja kaikissa olosuhteissa hyvin toimiva kaukolämpöjärjestelmä.

Suomessa on päädytty pitkän kokemuksen perusteella taloudellisesti parhaaseen ratkaisuun, jossa asiakkaan kaukolämpötehontarpeen säädöistä huolehtii lämmönjakokeskuksen säätölaitteet. Kaukolämpövesi ja rakennuksen lämmitysjärjestelmien vedet, sekä käyttövesi, erotetaan toisistaan lämmönsiirtimillä. Lämmönsiirtimien käyttö kaukolämmityksessä on nykypäivän kaukolämpöverkoston korkeiden lämpötilojen sekä painetasojen takia lähes välttämätöntä. Ne poikkeavat huomattavasti rakennusten lämmitys- ja käyttövesijärjestelmien lämpötila- sekä painetasoista. Lämmönsiirtimen toinen tärkeä tehtävä on suojata rakennusta kaukolämpöveden aiheuttamalta vesivahingolta, joka voi olla mittava, jos rakennuksen järjestelmässä tapahtuu vesivuoto. [1, s.64]

Lämmönjakokeskuksen varusteiden oikea mitoitus ja valinta on hyvin tärkeää asiakkaan kokeman lämmityksen laadun kannalta. Yksikin väärin mitoitettu osa voi pilata toimivan kokonaisuuden. Mitoituksessa ja suunnittelussa on tarkoitus täyttää sekä asiakkaan, että lämmönmyyjän vaatimukset.

Päämääränä on mitoittaa kaikki varusteet rakennuskohtaisesti, jotta ali- tai ylimitoitusta ei pääsisi tapahtumaan. Väärin mitoitetuista varusteista voi helposti seurata asiakasreklaamaatiota ja aiheuttaa ylimääräisiä kustannuksia kaukolämpöasiakkaalle, lämmönmyyjälle ja lämmönjakokeskuksen valmistajalle sekä toimittajalle. [1, s.101]

## 2.1 Lämmönsiirrin

Perusajatus lämmönsiirtimen mitoituksessa ja asennuksessa on se, että vesivirrat kulkevat lämmönsiirtimen lämpöpintojen kautta vastavirtaperiaatteella, ja että kaukolämpöveden jäähtymä on suurin mahdollinen, lämmönsiirtimen tyyppistä ja materiaalista riippumatta. Lämmönsiirtimeltä lähtevää menovettä ei saa sekoittaa paluuveteen, eli menoveden ei tule palautua siirtimelle jäähtymättä. Lämmönsiirtimet ja putkistot tulee lämpöeristää hyvin, sekä merkitä selkeästi ja pysyvästi.

Lämmönsiirtimen ominaisuuksiin vaikuttaa lämmönsiirtopinta-ala, sekä vesivirran kulke-  
kema matka siirtimessä, eli siirtimen pituus. Mitä pienempi lämpötilaero nesteiden välillä on, sitä pidemmän matkan sekä suuremman lämmönsiirtopinta-alan lämmönsiirtyminen tarvitsee. Sen vuoksi lämmönsiirtimissä ei kannata pyrkiä liian pieneen paluulämpötilojen erotukseen, eli asteisuuteen, paluuvirtaamissa, ellei se ole aivan välttämätöntä. [1, s.69]

### 2.1.1 Juotettu levylämmönsiirrin

Yleisimmin käytetty lämmönsiirrin nykyaikaisissa lämmönjakokeskuksissa on juotettu levylämmönsiirrin. Lämmönsiirtopinta valmistetaan joko ruostumattomasta tai haponkestävästä teräksestä. Nämä siirtimet ovat kestäviä, kevyitä ja niissä on suuri tehoalue kokoonsa nähden. Siirtimen vesitilavuus on kuitenkin aika pieni, joten säädössä voi ilmetä vaikeuksia vaihtelevissa lämmitysprosesseissa, kuten käyttöveden lämmityksessä, jossa ongelma esiintyy lämpötilan huojumisena.

Lämmönsiirtimen valmistuksessa puristetaan levy materiaalista lämmönsiirtopinta ja jokaisen pinnan väliin juotoslevy puhtaasta kuparista. Levypakka kuumennetaan alipaineuunissa, jotta kupari saadaan sulamaan ja hakeutumaan lämmönsiirtopintojen yhteyshohtiin. Juotospisteitä saadaan lukematon määrä, ja niiden avulla muodostuvat virtauskanavat. Kuvassa 1 on esitetty juotetun levylämmönsiirtimen periaate. [1, s.70]



Kuva 1. Juotetun levylämmönsiirtimen periaate (Mäkelä, Tuunanen 2015)

## 2.2 Säätöventtiili

Säätöventtiilien mitoituksessa ja valinnassa käytetään kahta arvoa  $k_v$  ja  $k_{vS}$ , jotka ovat venttiilien kapasiteetti-arvoja. Näistä kahdesta  $k_v$ -arvo on laskennallinen, kun taas  $k_{vS}$ -arvo kertoo virtauksen täysin auki olevan säätöventtiilin läpi paine-eron ollessa 1 bar. Laskennallinen arvo lasketaan jollakin virtaamalla ( $m^3/h$ ) ja jollakin venttiilin yli vaikuttavalla paine-erolla (bar).

Kaukolämmityksessä säätöventtiili asennetaan ensiöpuolelle, ja venttiili tulee mitoittaa sen virtaaman mukaan, joka saadaan lämmönsiirtimen lämmönsiirtotehon ja todellisen toimintalämpötilojen mukaisesti saadulla virtaamalla. [1, s.102] Helenin omissa ohjeissa *Kaukolämmön suunnittelu- ja urakointiohjeita* neuvotaan mitoittamaan käyttöveden säätöventtiili 50% siirtimen mitoitusvirtaamasta, koska käyttövedessä käytetty virtaama on normaalitilanteessa noin puolet käytössä olevasta kapasiteetista. Tässä tapauksessa myös venttiilin auktoriteetille hyväksytään pienempi arvo, sillä Helenin verkossa on usein käytettävissä yli 100 kPa paine-ero. [4]

Säätöventtiilin mahdollisuutta säätää säätöpiiriä, eli venttiilin auktoriteetti ( $\beta$ ), lasketaan säätöventtiilin todellisen painehäviön ja lämmönmyyjän ilmoittaman käytettävissä olevan paine-eron suhteella. Suhdeluvun tulee olla 0,5 tai enemmän, jotta mitoitus hyväksytään. [1, s.102]

Venttiili auktoriteetin ( $\beta$ ) laskentakaava on:

$$\beta = \frac{\Delta p_v}{\Delta p_{mit}}$$

jossa

$\Delta p_v$  = valitun venttiilin todellinen painehäviö, bar

$\Delta p_{mit}$  = lämmönmyyjän ilmoittama käytettävissä oleva paine-ero, bar

### 3 LÄMMÖNSIIRTIMEN MITOITUKSEN MÄÄRÄYKSET JA OHJEET

Suomessa käytetään lämpimän käyttöveden jakojohdon mitoittamiseen rakentamismääräyskokoelman osaa D1 *Kiinteistön vesi- ja viemärlaitteistot*. Kaukolämmön lämmönsiirtimen ja säätöventtiilin mitoituksessa käytetään Suomen Kaukolämpö ry:n tekemiä yleisiä ohjeita mitoitukseen. Jotkin lämmönmyyjät laativat myös omia ohjeita. [3]

Nämä ohjeet on tarkoitettu takaamaan sekä käyttäjälle, että lämmöntuottajalle ja -myyjälle energiatehokkuutta ja lämmitysenergian korkeaa laatua ja turvallisuutta. Ohjeet ovat kuitenkin laadittu siten, etteivät ne rajoita alan kehitystä. Määräysten ja ohjeiden noudattamisesta sovitaan kaukolämpöasiakkaan ja lämmönmyyjän välisessä yksityisoikeudellisessa sopimuksessa. [2]

#### 3.1 Lämpimän käyttövesisiirtimen mitoitus

Lämmönsiirtimet mitoitetaan patteriverkostolle, ilmanvaihdolle ja käyttövedelle erikseen. Käyttövesisiirtimen mitoitusteho lasketaan toisiopuolen mitoitusvirtaaman, sekä käyttöveden siirtimelle tulevan kylmän veden ja käyttökohteisiin lähtevän lämpimän veden lämpötilaerosta. [1, s.68-69]

Lämmönsiirtimen tehon laskentakaava:

$$\Phi = q_v \times c_p \times \rho \times \Delta T$$

jossa

$\emptyset$  = käyttöveden lämmönsiirtimen teho, kW

$q_v$  = lämpimän käyttöveden mitoitusvirtaama, dm<sup>3</sup>/s

$c_p$  = veden ominaislämpökapasiteetti, kJ/kgK

$\rho$  = veden tiheys, kg/dm<sup>3</sup>

$\Delta T$  = veden lämpötilaero lämmönsiirtimen läpi, K

Lämpimän käyttöveden lämmönsiirtimen toisiopuolen mitoitusvirtaamana käytetään jakojohdon mitoitusvirtaamaa, joka saadaan RakMK osasta D1 *Kiinteistöjen vesi- ja viemärlaitteistot*. Siirtimen teho on mitoitettava siten, että käyttöveden lämpötila mitoitusvirtaamalla on 58 °C. Lämminvesilaitteisto suunnitellaan siten, että veden lämpötila on vähintään 55 °C. Käyttöveden mitoitusvirtaama on oltava vähintään 0,3 dm<sup>3</sup>/s, joka vastaa lämmönsiirtimen lämpötehoa 60 kW. [2]

### 3.1.1 Lämpimän käyttövesisiirtimen mitoitusvirtaama

Lämpimän käyttöveden lämmönsiirtimen toisiopuolen mitoitusvirtaamana käytetään samaa virtaamaa kuin jakojohdossa. Jakojohdon mitoitusvirtaama lasketaan yhtälöllä, joka perustuu normivirtaamien summaan [5]:

$$q = q_{N1} + \theta (Q - q_{N1}) + A\sqrt{q_m \theta} \sqrt{Q - q_{N1}}$$

jossa

$q$  = todennäköinen mitoitusvirtaama, dm<sup>3</sup>/s

$q_{N1}$  = suurin normivirtaama mitoitettavassa putkessa, dm<sup>3</sup>/s

$\theta$  = todennäköisyys, että normivirtaamien  $q_{N1}$  on vesikalusteella käytössä huippukulutuksen aikana

$Q$  = liitettyjen vesipisteiden normivirtaamien summa, dm<sup>3</sup>/s

$A$  = kerroin, joka ottaa huomioon, kuinka usein mitoitusvirtaama ylitetään

$q_m$  = kyseessä olevan venttiilin keskimääräinen virtaama, dm<sup>3</sup>/s

Jakojohtojen mitoitusvirtaaman laskentaan asuin-, toimisto-, koulu-, hotelli-, sairaala-, ym. vastaavissa rakennuksissa käytetään seuraavia arvoja [5]:

$q_{N1} = 0,2$  dm<sup>3</sup>/s (ei kylpyammetta)

$$q_{N1} = 0,3 \text{ dm}^3/\text{s} \text{ (kylpyamme)}$$

$$q_m = 0,2 \text{ dm}^3/\text{s}$$

$$\theta = 0,015$$

$$A = 3,1$$

Normivirtaamien summan laskentaan käytetään taulukkoa, joka löytyy RakMK osasta D1 *Kiinteistöjen vesi- ja viemärlaitteistot*. Taulukkoon on lueteltu yksittäisten vesikalusteiden normivirtaamat. Liitteessä 1 on esitetty kyseessä oleva taulukko.

## 3.2 Säätöventtiilin mitoitus

Säätöventtiilin mitoitus toteutetaan lämmönsiirtimen lämmönsiirtotehon ja todellisten toimintalämpötilojen mukaisesti saadulla virtaamalla. Säätöventtiilin  $k_{vs}$ -arvo määräytyy venttiilin käytettävissä olevan paine-eron avulla, joka saadaan lämmönmyyjän ilmoittaman käytettävissä olevan paine-eron, sekä muiden laitteiden ja putkiston painehäviöiden avulla.

Pienin paine-ero, joka on käytettävissä kaukolämpöverkostossa, on 60 kPa. Tätä tulee tosin käyttää vain, jos lämmönmyyjä niin ilmoittaa. Jos säädettävä teho vaihtelee laajalla alueella, voidaan käyttää kahta tai useampaa säätöventtiiliä rinnakkain sarjaan asennettuna. Useampi säätöventtiili saattaa myös olla tarpeen, jos säätöventtiilin  $k_v$ -arvoksi tulee suurempi kuin 6,3. Väärin mitoitettu säätöventtiili saattaa aiheuttaa kavitaatiota ja ääniongelmia, sekä pahimmassa tapauksessa toisiopuolen lämpötilojen huojumista ja lämpötehon vajausta. [1, s.102]

Säätöventtiilin  $k_v$ -arvo lasketaan yhtälöllä:

$$k_v = \frac{q_v}{\sqrt{\Delta p}}$$

jossa

$q_v$  = lämmönsiirtimen ensiöpuolen mitoitusvirtaama [ $\text{m}^3/\text{h}$ ]

$\Delta p$  = mitoituspaine-ero [bar]



Säätöventtiiliä valittaessa suositellaan mieluummin pienempää kuin suurempaa venttiiliä. Jos venttiili on liian iso, on sillä säätäminen vaikeampaa, koska säädön vaikutus ei ole riittävän nopea. [2]

### 3.3 Helenin laatimat omat ohjeet

Helenin kaukolämpöverkoston alueella noudatetaan Energiateollisuus ry:n laatimia rakennusten kaukolämmitystä koskevia määräyksiä ja ohjeita (K1/2013) kaikessa kaukolämpösuunnittelussa ja -toteutuksessa. Lisäksi Helen on laatinut oman ohjeen *Kaukolämmön suunnittelu- ja urakointiohjeita*, joka sisältää lisäyksiä ja joitakin omia ohjeita suunnitteluun ja urakointiin.

Helenin omat lisäykset käsittelevät suurimmaksi osaksi tarkennettuja ohjeita teknisten laitteiden sijoittelusta esimerkiksi mittauskeskuksessa, mutta myös varusteiden mitoittamiseen liittyviä lisäyksiä. Ohjeista löytyy myös tarkat kaukolämpöasiakkaaksi liittymiseen tarvittavat tiedot, sekä yhteystiedot ja -henkilöt. Ohjeisiin on myös laadittu taulukko, joka kertoo minkä kokoisen käyttöveden siirtimen ja säätöventtiilin asuintalo tarvitsee asunton lukumäärän perusteella. [4]

## 4 LÄMPIMÄN KÄYTTÖVESIJÄRJESTELMÄN KYTKENNÄT JA SÄÄDÖT

Rakennukset liitetään kaukolämpöverkkoon suoralla tai epäsuoralla kytkennällä. Kaukolämpövesi virtaa suorassa kytkennässä kiinteistön lämmitysjärjestelmässä, mutta lämpimän käyttöveden lämmitys tapahtuu kuitenkin lämmönsiirtimellä, sillä kaukolämpövesi ei ole tarpeeksi puhdasta soveltuakseen käyttövedeksi.

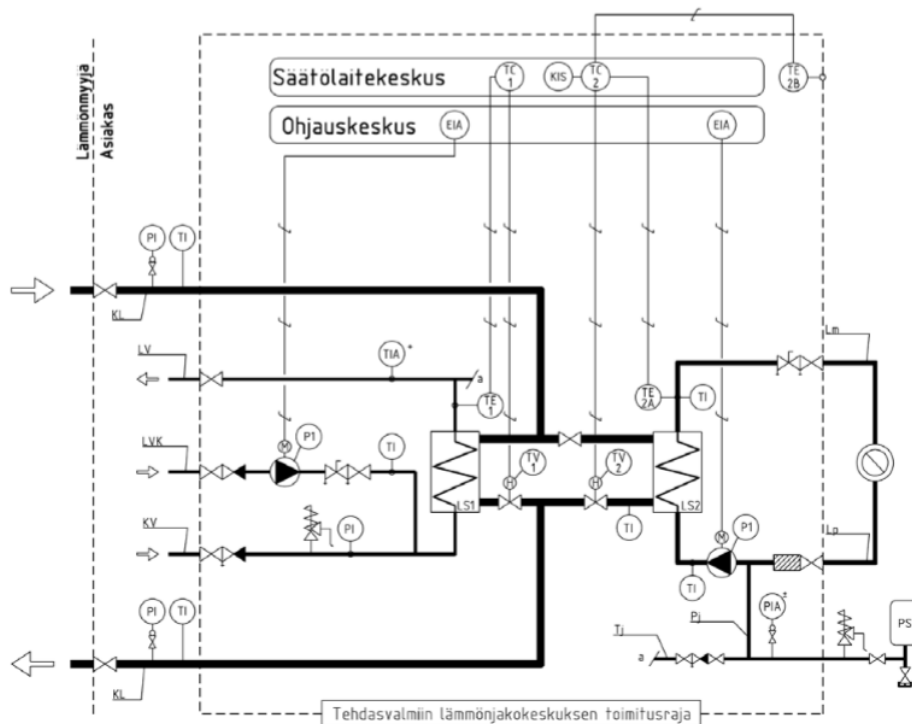
Suomessa käytetään ainoastaan epäsuoraa kytkentää, jossa lämpö otetaan sekä lämmitysjärjestelmään, että lämpimän käyttöveden lämmittämiseen lämmönsiirtimen kautta. Tässä kytkennässä kaukolämpövesi ja kiinteistön oma vesipiiri eivät pääse sekoittumaan.

Suomessa käytetään kolmea eri epäsuoraa kytkentätapaa; rinnankytkentä, kaksivaiheinen kytkentä ja kolmivaiheinen kytkentä. Rinnankytkennässä käytetään erillisiä

lämmönsiirtimiä lämmitykselle ja lämpimälle käyttövedelle. Kaksivaiheisessa kytkennässä lämmityksen ja ilmanvaihdon lämmönsiirtimen paluuvettä käytetään hyödyksi käyttöveden esilämmityksessä. Tämä kytkentä alentaa kaukolämmön paluuveden lämpötilaa. Kolmivaiheisessa kytkennässä on nimensä mukaan kolme vaihetta; kaukolämpövesi menee ensin käyttöveden lämmönsiirtimelle, sieltä lämmityskiertoon ja lopuksi käyttöveden esilämmitykseen. [3]

## 4.1 Peruskytkentä

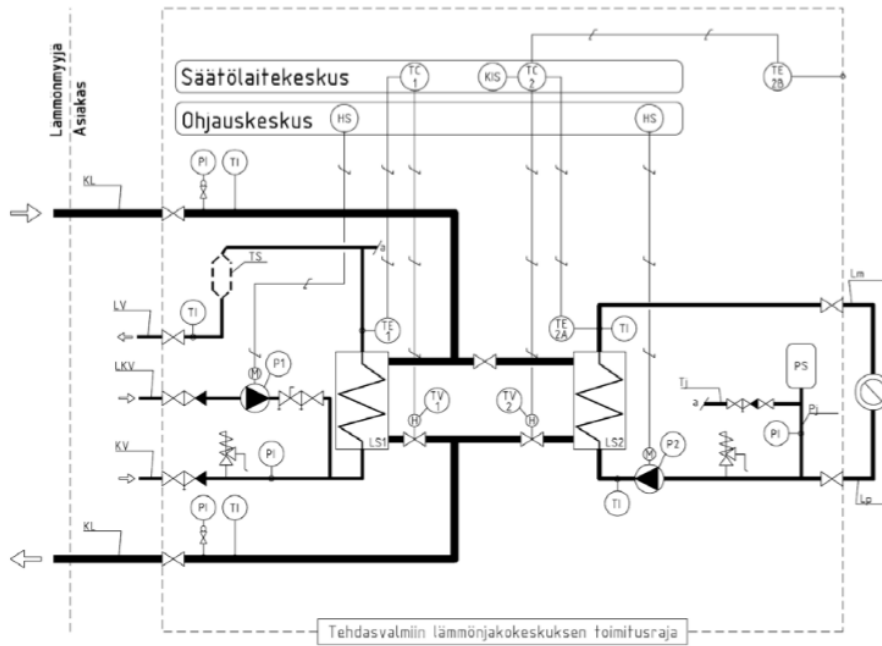
Peruskytkentä on käytössä uusissa asuinrakennuksissa, sekä suurimmassa osassa olemassa olevista rakennuksista, joissa käyttöveden mitoitus-teho on yli 120 kW. Tämä on Suomen kaukolämpö Ry:n malli-kytkentä ja siinä käytetään kaksivaiheista kytkentää (kuva 2). Tässä kytkennässä ei voida hyödyntää lämmitys- tai ilmanvaihtosiirtimeltä palaavaa kaukolämpöveden lämpötilaa kaukolämpöveden jäähtymän parantamiseksi. [2]



Kuva 2. Peruskytkentä (Energiateollisuus K1, 2013)

## 4.2 PientalokytKentä

PientalokytKentää käytetään rakennuksissa, joissa tilojen lämmitystehon tarve on enintään 30 kW ja lämpimän käyttöveden mitoitus-teho on enintään 120 kW. [2] PientalokytKentä eroaa peruskytKennästä lähinnä sillä, että lämmintä käyttövettä ei esilämmitetä. PientalokytKennässä käytetään rinnankytKentää. [3] Kuvassa 3 näkyy mallikytKentä pientalokytKennästä.



Kuva 3. PientalokytKentä (Energiateollisuus K1, 2013)

## 4.3 Lämpimän käyttöveden säädöt

Lämpimän käyttöveden lämpötilojen säädöissä ilmenee joitakin ongelmia, jotka johtuvat epälineaarisuudesta ja nopeasta kuormitusvaihtelusta. Mitä pienempi osa lämmönsiirtimen maksimitehosta tarvitaan, sitä vaikeampaa säätö on. Tästä syystä lämmönsiirtimen oikea mitoitus on jälleen tärkeää, jotta stabiili lämpötila tavoitetaan. [3]

Suomen Kaukolämpö ry:n mukaan säätöjärjestelmät tulee suunnitella, valita, mitoittaa, asentaa ja virittää tavalla, jossa haluttu lopputulos saavutetaan kaikissa käyttötilanteissa. Asiakkaalle asennetun lämpimän käyttöveden säätöjärjestelmän tulee täyttää seuraavat

vaatimukset lämmönmyyjän ilmoittamissa käyttöolosuhteissa, eli normaaleissa ulkolämpötilan ja rakennuksen käytön tilanteissa:

1. Suurin pysyvä poikkeama asetusarvosta  $\pm 2\text{ °C}$   
Sallittu palautumisaika muutoksen alkuhetkestä  
siihen hetkeen, kun em. vaatimus täyttyy 2 minuuttia
2. Suurin hetkellinen poikkeama asetusarvosta  
käyttöveden säätöjärjestelmät  $+7/-10\text{ °C}$   
muut säätöjärjestelmät  $\pm 10\text{ °C}$
3. Sallittu jatkuva huojunta  
käyttöveden säätöjärjestelmät  $\pm 2\text{ °C}$   
muut säätöjärjestelmät  $\pm 0,5\text{ °C}$

## 5 MITTAUKSET

Lämpimän käyttöveden kulutuksen mittausta ja analysoimista varten asennettiin seitsemään eri, Helsingissä sijaitsevaan, taloyhtiöön virtausanturit. Kaikki taloyhtiöt ovat Helenin kaukolämpöverkkoasiakkaita, ja heiltä on saatu lupa asentaa mittarit. Kaikista kohteista ei valitettavasti ole saatu mittaustuloksia. Kohteiden nimet on jätetty tästä työstä pois tietoturvasyistä.

### 5.1 Mittarit

Lämpimän käyttöveden mittaukseen käytettyjen mittareiden valmistaja on Kamstrup A/S, ja mittarit ovat MID tyyppihyväksytyjä DK-0200-MI400-020. Laskijalaitteena on käytetty Kamstrupin MultiCal 602-laitetta.

Virtausanturina on käytetty UltraFlow 54-anturia, joka toimii ultraäänimittauksella. Anturia on käytetty koossa DN40, jonka  $q_p=10\text{m}^3/\text{h}$ , mutta pienemmissä kohteissa on käytetty myös DN25-kokoa. Mittauksessa on myös käytetty Pt500 lämpötila-anturia, sekä

integroitua GSM/GPRS 3G GSM8H-modeemia. Liitteessä 2 on esitetty kytkentäkaavio, josta näkyy miten virtausanturi ja lämpötila-anturit on kytketty toisiopuolen putkistoon.



Kuva 4. Virtaus- ja lämpötila-anturi kohteessa 1

Kuvassa 4 näkyy virtausanturi ja lämpötila-anturi asennettuna venttiilin jälkeen, ennen käyttöveden lämmönsiirintä. Kuva on otettu mittauskohteesta 1. Kohteessa on käytetty pienempää anturia, eli kokoa DN25.

Kuvassa 5 näkyy antureiden lisäksi paremmin, kuinka anturit on kytketty mittauskeskukseen. Kuva on otettu mittauskohteesta 2. Kohteessa on käytetty isompaa anturia, eli kokoa DN40.



Kuva 5. Anturit ja mittauskeskus kohteessa 2

## 5.2 Kohteet

Kohde 1 on kerrostalo ja se on rakennettu vuonna 1939. Talossa on 26 asuinhuoneistoa. Kohteen käyttövesisiirtimen teho on 225 kW ja lämpimän käyttöveden mitoitusvirtaama on 1,12 dm<sup>3</sup>/s.

Kohde 2 on kerrostalo ja se on rakennettu vuonna 2010. Talossa on 84 asuinhuoneistoa. Kohteen käyttövesisiirtimen teho on 484 kW ja lämpimän käyttöveden mitoitusvirtaama on 2,4 dm<sup>3</sup>/s.

Kohde 3 on kerrostalo ja se on rakennettu vuonna 2010. Talossa on 128 asuinhuoneistoa. Kohteen käyttövesisiirtimen teho on 525 kW ja lämpimän käyttöveden mitoitusvirtaama on 2,82 dm<sup>3</sup>/s.

Kohde 4 on kerrostalo ja se on rakennettu vuonna 2010. Talossa on 104 asuinhuoneistoa. Kohteen käyttövesisiirtimen teho on 524 kW ja lämpimän käyttöveden mitoitusvirtaama on 2,8 dm<sup>3</sup>/s.

Kohde 5 on kerrostalo ja se on rakennettu vuonna 2010. Talossa on 56 asuinhuoneistoa. Kohteen käyttövesisiirtimen teho on 319 kW ja lämpimän käyttöveden mitoitusvirtaama on 1,6 dm<sup>3</sup>/s.

Kohde 6 on kerrostalo ja se on rakennettu vuonna 2015. Talossa on 74 asuinhuoneistoa. Kohteen käyttövesisiirtimen teho on 401 kW ja lämpimän käyttöveden mitoitusvirtaama on 2 dm<sup>3</sup>/s. Kohteesta ei ole valitettavasti saatu mittaustuloksia.

Kohde 7 on kerrostalo ja se on rakennettu vuonna 2011. Talossa on 118 asuinhuoneistoa. Kohteen käyttövesisiirtimen teho on 564 kW ja lämpimän käyttöveden mitoitusvirtaama on 2,81 dm<sup>3</sup>/s.

## **6 TULOKSET**

Tuloksia saatiin yhteensä kuudesta eri Helenin kaukolämpöasiakkaan käyttöpaikasta. Mittareita on asennettu seitsemään eri kohteeseen, mutta yhdestä ei ikävä kyllä ole saatu tuloksia. Mittaustuloksia on analysoitu tätä työtä varten ajalta 1.11.2018 – 6.3.2019.

Taulukossa 1 on vertailtu kohteiden asuinhuoneistojen lukumäärän perusteella käyttövesisiirtimen tehoa. Taulukossa on aseteltu vastakkain Helenin kaukolämpöohjeen mukaisen käyttövesisiirtimen teho ja kohteessa käytetty siirtimen teho. Taulukosta voidaan huomata, että kohteissa on käytetty jokseenkin ohjeiden mukaisia siirtimien kokoja. Tässä työssä analysoitujen kohteiden mittaustuloksissa asuntolukumäärään 74 asti on käytetty muutaman kilowatin pienempiä siirtimiä mitä ohjeistuksessa lukee. Kohteessa, jossa asuntolukumäärä on 84, ja siitä ylöspäin on taas käytetyn siirtimen teho ylittänyt

ohjeistuksen tehon. Siirtimen koko nousee selvästi turhan suureksi, mitä suurempiin asuntolukumääriin noustaan. Tämä voi mahdollisesti johtua LVI-suunnittelijan tekemistä virhelaskennoista, tai tavasta, jossa suunnittelija pyöristää laskelmiaan ylöspäin. Pyöristämällä jokaisessa vaiheessa ylöspäin virhemarginaali kasvaa, mitä suurempiin asuntolukumääriin noustaan.

Taulukko 1. Käyttövesisiirtimen tehon ohjeistus ja todellinen teho

Asuntoja (kpl)	Käyttövesisiirtimen teho (kW)	
	Ohjeistus	Käytetty
26	245	225
56	343	319
74	409	401
84	430	484
104	472	524
118	492	564
128	512	525

Mittaustuloksista kiinnostavin tulos on anturin mittaama hetkellisteho käyttöveden virtaamasta. Hetkellistehoa analysoimalla voidaan todeta, että kohteen käyttämä teho ei yllä läheskään asennetun siirtimen tehoon. Taulukossa 2 on vertailtu kohteen käyttövesisiirtimen tehoa suurimpaan hetkellistehoon, joka on saavutettu mittausajanjakson aikana. Mainittakoon, että mittausajanjakso ylettyy myös joulun ajan yli, jolloin ihmisten lomien takia kotona oleminen ja käyttöveden kuluttaminen on huipussaan. Taulukosta puuttuu yhden kohteen suurin hetkellisteho, josta ei mitaustuloksia ole saatu.

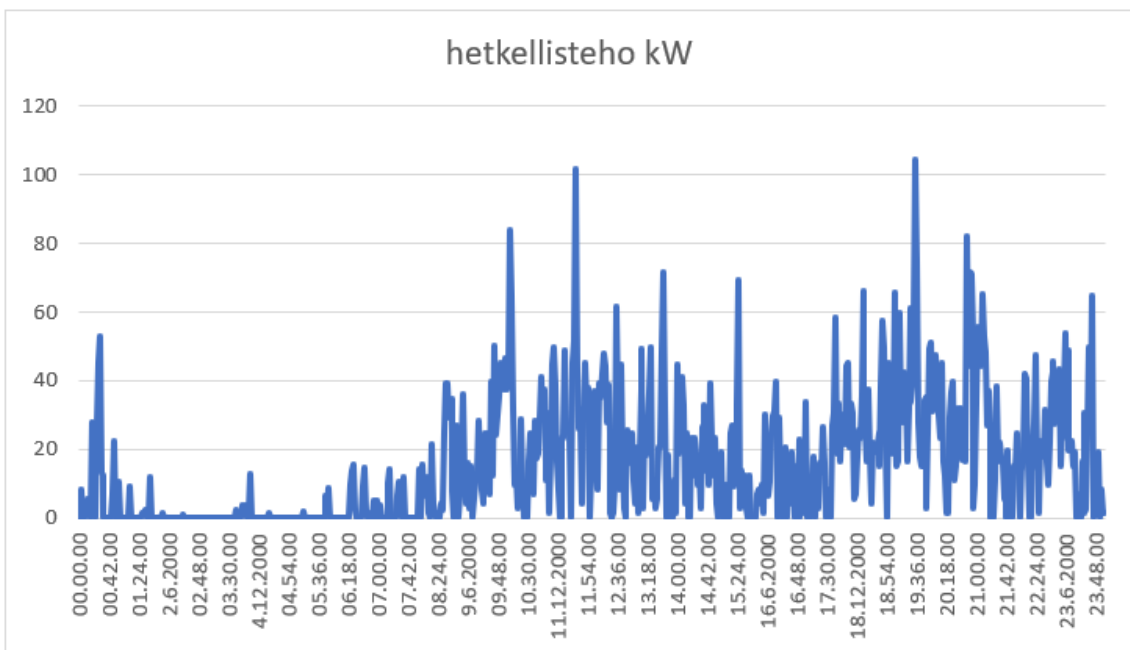
Taulukko 2. Suurin hetkellisteho kohteissa

Asuntoja (kpl)	Käyttövesisiirtimen teho (kW)	Suurin hetkellisteho (kW)
26	225	126
56	319	176
74	401	-
84	484	145
104	524	229
118	564	283
128	525	231

Jostain syystä kohteeseen, jossa on 118 asuinhuoneistoa, on asennettu 564 kW:n käyttövesisiirrin, kun taas suurempaan, 128 asuinhuoneiston kohteeseen on asennettu 525 kW:n

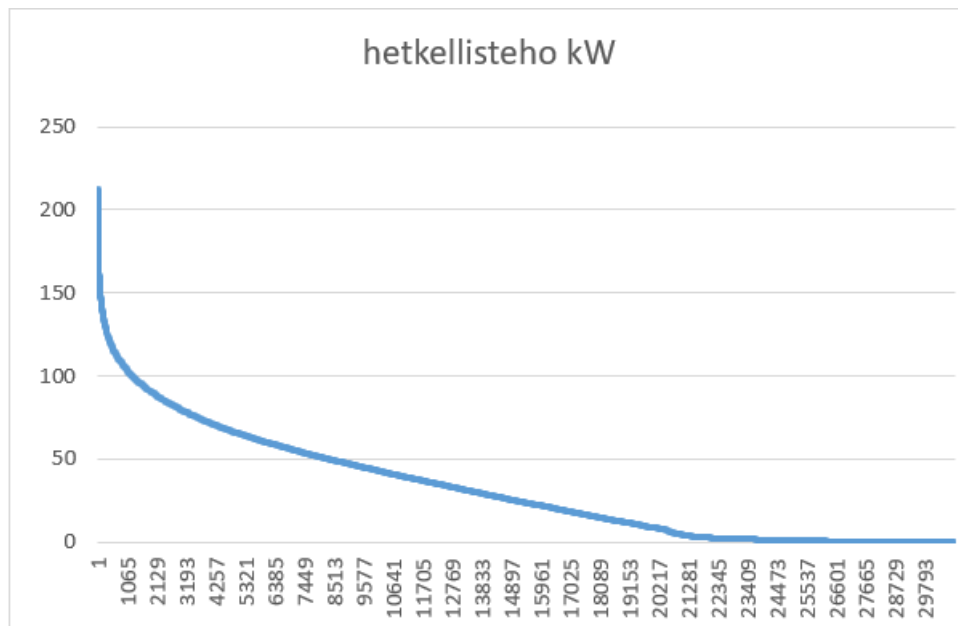


siirrin. Kohteiden lämpimän käyttöveden mitoitusvirtaamat ovat kuitenkin suhteessa asuinhuoneistoiden lukumäärään, mutta poikkeavat toisistaan vain 0,01 dm<sup>3</sup>/s. 118 asuinhuoneiston kohteen mitoitusvirtaama on 2,81 dm<sup>3</sup>/s ja 128 asuinhuoneiston kohteen mitoitusvirtaama on 2,82 dm<sup>3</sup>/s. Taulukosta 2 voidaan kuitenkin huomata, että näistä kahdesta kohteesta pienemässä on suurempi hetkellisteho, 283 kW, kun taas suuremmassa kohteessa hetkellisteho on vain 231 kW. Kohteiden rakennusvuoden eroavat toisistaan vain yhdellä vuodella, mutta Helenin asukastietojen mukaan isommassa kohteessa asukkaita on huomattavasti enemmän, 255 asukasta, kun taas pienemmässä kohteessa asukkaita on 159.



Kuva 6. Kohteen 2 lämpimän käyttöveden kulutus yhden päivän aikana

Kuvassa 6 on esitetty kohteen 2 lämpimän käyttöveden kulutus yhden päivän aikana. Tämä kyseinen päivä on sunnuntai 9.11.2018. Hetkellisteho nousee selvästi piikiksi noin puolen päivän aikaan, sekä seitsemän aikaan illalla, kun ihmiset tavallisesti käyvät suihkussa. Tämän kyseisen päivän aikana piikki on hieman yli 100 kW, kun kyseisen kohteen käyttövesisiirtimen teho on 484 kW.



Kuva 7. Kohteen 3 hetkellisteho suurimmasta pienimpään

Kuvassa 7 on esitetty kohteen 3 mitatut hetkellistehot järjestyksessä suurimmasta pienimpään. Kaaviokuvaan on järjestelty mittaustulokset suurimmasta pienimpään kolmen kuukauden ajalta. Kaaviokuvasta voidaan huomata, että kohteen suurimmat käytetyt hetkellistehot jäävät määrällisesti hyvin pieniksi, ja käyrä lähtee hyvin nopeasti laskemaan. Kaikkien kohteiden kulutusdata toisti samaa käyrää. Näissä tapauksissa voisi miettiä, olisiko sopivampi ratkaisu pienempi lämmönsiirrin, sekä käyttövesivaraaja, joka toimisi niin sanotusti puskurina korkeimpiin tehoihin, joihin pienempi siirrin ei kykenisi.

## 7 LÄMPIMÄN KÄYTTÖVESISIIRTIMEN TEHON UUSI LASKENTATAPA

Tätä työtä varten kerättyä dataa lämpimän käyttöveden kulutuksesta voidaan hyödyntää uuden käyttövesisiirtimen tehon laskentakaavan muodostamiseen. Dataa ei tällä hetkellä ole tarpeeksi, jotta kaavasta saataisiin tarpeeksi luotettava, mutta tässä luvussa on esitelty tulokset, joihin on mahdollista päästä tämän hetkisillä tiedoilla.

Kaavaa varten on laskettava yhden huoneiston lämpimän käyttöveden normivirtaamien summa, jonka avulla voidaan määrittää yhtälö, jota voidaan käyttää siirtimen tehon

laskentaan asuntojen lukumäärän perusteella. Esimerkkinä yhden tavallisen kerrostalo-huoneiston lämpimän käyttöveden normivirtaamien summana voidaan pitää 0,5. Tässä tapauksessa huoneistossa on yksi astianpesuallas, yksi suihku ja yksi käsienpesuallas. Normivirtaamien summa koostuu seuraavista normivirtaamista [5]:

Astianpesuallas	0,2
Suihku	0,2
Käsienpesuallas	0,1

Jos yhden huoneiston lämpimän käyttöveden normivirtaamien summa on 0,5, olisi uusi yhtälö käyttöveden lämmönsiirtimen tehon laskentaa varten seuraava:

$$y = 54,329x^{0,3893}$$

jossa

$y$  = lämpimän käyttövesisiirtimen teho, kW

$x$  = asuntojen lukumäärä, kpl

Kaava on muodostettu mukailemaan mittaustuloksia lämpimän käyttöveden kulutuksesta, jotka on esitelty tässä työssä. Apuna on käytetty Suomessa käytettyä jakojohdon mitoitusvirtaaman laskentaa tarkoitettua yhtälöä, sekä Ruotsissa lämpimän käyttöveden lämmönsiirtimen mitoitusvirtaaman laskentaa käytettyä yhtälöä. Suomen ja Ruotsin lämpimän käyttöveden lämmönsiirtimen mitoitukseen tarkoitetuista yhtälöistä saadut tulokset poikkeavat toisistaan jonkin verran. Oletuksena on, että siirtimen optimaalinen mitoitus-teho on suunnilleen näiden kahden puolessa välissä. Voidaan lisäksi todeta, että muodostettu yhtälö mitoittaa siirrintä tehokkaammaksi kuin Ruotsissa on tapana mitoittaa, mutta pienemmäksi, kuin tavallamme Suomessa.

Jo ennen uuden kaavan muodostumista tiedettiin, että siitä tulee logaritminen. Mittausdatasta voidaan todeta, että teho kasvaa asuntojen lisääntyessä, mutta tehon kasvu asuntoa kohden hidastuu asuntojen lukumäärän kasvaessa. Näin toimii myös aikaisemmin esitetty uusi kaava. Tämän työn tuloksena saatua yhtälöä voidaan käyttää oikeastaan vain seurannassa olleisiin kohteisiin. Kun mittausdataa saadaan enemmän, saadaan tarkempia parametrejä, ja yhtälöstä tulee tarkempi. Nyt muodostettu on vasta ensimmäinen versio.

Uusi lämpimän käyttövesisiirtimen tehon laskentakaava on rakennettu Microsoftin laskentatyökalu Excelin avulla. Työkalu muodostaa käyrän siihen syötetyn tiedon avulla, johon uusi yhtälö perustuu. Se laskee yhden asunnon normivirtaamien summan syötettyjen vesikalusteiden määrän perusteella, ja erottelee siitä lämpimän käyttöveden normivirtaamien summan. Tämän tiedon avulla käyrä muodostuu juuri oikeaa asuntokokoa käyttäen, ja käyrästä saadun yhtälön avulla voidaan laskea lämpimän käyttövesisiirtimen teho syöttämällä yhtälöön asuntojen lukumäärä.

Esimerkkinä tässä työssä esitelty kohde 2. Kohteessa on 84 asuinhuoneistoa. Oletuksena on, että huoneistot ovat tavallisia kerrostaloasuntoja, ja yhden huoneiston lämpimän käyttöveden normivirtaamien summa on 0,5.

$$y = 54,329 \cdot 84^{0,3893} = 304,9 \text{ kW}$$

Käyttövesisiirtimen teho olisi uudella kaavalla 304,9 kW, kun taas kohteessa käytetty siirrin on 484 kW ja kohteen suurin käytetty hetkellisteho oli tässä työssä analysoidun ajanjakson aikana 145 kW.

## 7.1 Apuna käytetyt yhtälöt

Suomen jakojohdon mitoitusvirtaaman laskentaan tarkoitettu yhtälö:

$$q = q_{N1} + \theta (Q - q_{N1}) + A \sqrt{q_m \theta} \sqrt{Q - q_{N1}}$$

Ruotsin lämpimän käyttöveden lämmönsiirtimen mitoitusvirtaaman laskentaan tarkoitettu yhtälö:

$$q = q_m + \theta (nQ_m - q_m) + A \sqrt{q_m \theta} \sqrt{nQ_m - q_m}$$

jossa

$q$  = lämmönsiirtimen mitoitusvirtaama  $n$  asunnolle,  $\text{dm}^3/\text{s}$

$q_m$  = asuntokohtainen mitoitusvirtaama,  $\text{dm}^3/\text{s}$

$Q_m$  = suurin asuntokohtainen normivirtaama,  $\text{dm}^3/\text{s}$

$\theta$  = tekijä, joka ottaa huomioon, kuinka usein  $q_m$  ylitetään

$A$  = tekijä, joka ottaa huomioon, kuinka usein mitoitusvirtaama  $q$  ylitetään

$n$  = asuntojen lukumäärä

Ruotsissa lämpimän käyttöveden lämmönsiirtimen mitoitusvirtaaman laskentaan käytetty yhtälö julkaistaan Svensk Fjärrvärmens toimesta F:101 julkaisuna. [6]

Opinnäytetyössä *Kaukolämmitteisten asuinrakennusten lämpimän käyttövesijärjestelmän ja lämmönsiirtimen suunnittelun ja mitoitusten eroavaisuudet Suomessa ja Ruotsissa* on verrattu Suomen ja Ruotsin lämpimän käyttöveden lämmönsiirtimen mitoitusperiaatteita. Taulukossa 3 on tarkasteltu mitoitusvirtaamien suhdetta lämmönsiirtimen tehoon käyttäen näiden kahden maan mitoitusperiaatteita. Mitoitusvirtaamat F:101 viittaavat Ruotsin rakentamismääräyksiin ja D1 Suomen rakentamismääräyskokoelmaan. Taulukosta voidaan huomata aikaisemmin mainittu poikkeama näiden kahden maan mitoitusperiaatteissa, joissa käyttöveden lämmönsiirtimen teho jää Ruotsin mitoitusperiaatteilla huomattavasti pienemmäksi Suomeen verrattuna. [7]

Taulukko 3. Suomen ja Ruotsin käyttöveden lämmönsiirtimen teho suhteessa mitoitusvirtaamaan (Lehtola, 2018)

Asuntoja (kpl)	Mitoitusvirtaama (l/s)	Teho (kW)
	<b>F:101</b>	
40	0,55	103
80	0,78	148
120	0,99	187
160	1,19	224
200	1,38	260
240	1,56	293
Asuntoja (kpl)	Mitoitusvirtaama (l/s)	Teho (kW)
	<b>D1 : (0,5 l/s)</b>	
40	1,25	252
80	1,87	375
120	2,41	484
160	2,91	585
200	3,39	682
240	3,86	775
Asuntoja (kpl)	Mitoitusvirtaama (l/s)	Teho (kW)
	<b>D1 : (0,8 l/s)</b>	
40	1,73	326
80	2,61	492
120	3,40	640
160	4,13	779
200	4,84	912
240	5,53	1041

## 8 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Tässä työssä esitetyt laskelmat on tehty mittausdatan perusteella, jota on kerätty kuudesta eri kohteesta. Dataa ei ole tarpeeksi, ja se on vielä turhan puutteellista, jotta tuloksista saataisiin luotettavia. Dataa tulisi olla huomattavasti nykyistä enemmän, sekä useammasta kohteesta, jotta luotettavuus voitaisiin saavuttaa. Lisäksi mukana tulisi olla kohteita suuremmalla asuntojen lukumäärän vaihtelulla. Tässä työssä käytetyn mittausdatan kohteet vaihtelevat pienistä kerrostaloista alle 130 asunnon kerrostaloihin, joten kohteet eivät eroa toisistaan kovinkaan dramaattisesti.

Datan keräämiseen tulisi kehittää toimivampi ohjelma. Tällä hetkellä datan siirteleminen käsin Excel-taulukoista toisiin on turhan aikaa vievää. Datan analysoimista helpottaisi ohjelma, joka osaisi seuloa kaikki tärkeimmät informaatiot helposti tulkittavaan muotoon. Esimerkiksi kohteen lämpimän käyttöveden päivän huipputeho tulisi olla helpommin saatavilla. Pidemmällä mittausaikavälillä ohjelma voisi myös näyttää kohteen korkeimman huipputehon vuodelta.

Tässä työssä esitetty data ja tulokset ovat vasta pintaraapaisu käsillä olevaan ongelmaan. Tulevaisuudessa lämpimän käyttöveden kulutuksen mittareita tulisi alkaa asentaa niin moneen kohteeseen kuin mahdollista. Tärkeintä olisi saada mittausdataa mahdollisimman monista, sekä toisistaan mahdollisimman paljon poikkeavista kohteista. Paras skenaario olisi, että jokaiseen uuteen, sekä saneerattavaan kaukolämpöasiakkaan kohteeseen asennettaisiin samassa paketissa myös lämpimän käyttöveden kulutusmittari. Lämpimän käyttöveden kulutusta tulisi mitata yhtä tarkasti kuin tänä päivänä sähkön kulutusta, jotta saataisiin riittävästi informaatiota optimaaliseen lämmönsiirtimen mitoitukseen. Tällä tavoin välttyttäisiin siirtimien ylimitoitukselta, joka parantaisi käyttökokemusta, sekä säästäisi rahaa siirtimen hankinnan ja asennuksen yhteydessä. Lisäksi energialaitos mitoittaa tonttijohtonsa, sekä kaikki liittymän komponentin uudisrakennuskohteissa siirtimen mukaan, joten tälläkin puolella ilmenisi säästöjä. Tämä vaikuttaisi myös asiakkaan maksamiin maksuihin energiantoimittajalle.

Tämän työn aikana kerätty mittausdata osoittaa, että lämpimän käyttövesisiirtimen mitoittaminen ei olisi kannattavaa edes hetkellistehohuippujen mukaan, vaan siirrin voisi

olla sitäkin pienempi. Huiput esiintyvät niin harvoin, että pienempikin siirrin riittäisi. Vaikka siirtimen teho loppuisi kesken, ilmenisi se vain lämpimän käyttöveden menoveden hetkellisenä putoamisena, mikä ei sinänsä ole vaarallista. Käyttäjälle ei tästä ilmenisi haittaa.

## 9 SAMMANFATTNING

Examensarbetet är skrivet i samarbete med Helen Oy. Arbetet strävar efter att optimera dimensioneringsregler för tappvarmvattnets värmeväxlare i fjärrvärmda bostäder med hjälp av mätningdata. Företaget visste från förut att med nuvarande dimensioneringssätt blir värmeväxlaren överdimensionerad. Syftet med arbetet var att ta reda på hur stor överdimensioneringen är, och om det finns ett bättre sätt att dimensionera. Helen installerade sju stycken mätare i sju stycken olika fjärrvärmekunders hus. Alla husen var höghus, från 26 lägenheters hus till nästan 130 lägenheters hus. Husen befinner sig i Helsingfors. Mätaren använder sig av ultraljudsmätning och sänder resultat på den varma tappvattenanvändningen med två minuters mellanrum. Resultaten samlades i Excel-filer. Det väsentligaste värdet i mätresultaten var den momentana effekten, det vill säga hur mycket huset använder tappvarmvatten under två minuters tid. Mätningresultaten analyserades och den högsta momentana effekten under mätningperioden hittades. Det resulterade i att husens värmeväxlare för tappvarmvatten var mycket överdimensionerade. I husen med färre lägenheter var skillnaden ungefär 100 kW, medan husen med över 100 lägenheter hade minst 200 kW för stor värmeväxlare. Detta resulterar i försämrad kvalitet på regleringen av tappvarmvattnet och orsakar onödigt höga kostnader vid installering och beställningsavgifter. Med hjälp av mätningresultaten kunde man försöka skapa en ny formel för uträkningen av värmeväxlarens effekt. Som hjälp användes också Finlands och Sveriges dimensioneringsregler som avviker rätt mycket från varann, och därför antogs det att den rätta effekten satt ungefär mitt emellan de två länders regler. Den nya formeln använder sig av uppgiften om en lägenhets normflöde av tappvarmvattnet, som skall räknas ut med hjälp av tabellen som finns i Finlands byggbestämmelser. Den skapade formeln räknar sedan ut effekten på tappvarmvattnets värmeväxlare på grund av hur många lägenheter huset har. Formeln är en prototyp och det kan inte garanteras att den stämmer i alla situationer. För att få en pålitlig formel måste man få mycket fler mätningresultat, men ännu viktigare är att det skulle installeras mycket fler mätare. Helen fortsätter att

samla in mätningresultat från dessa mätare, men det bästa sättet skulle vara att alltid installera en mätare vid en renovering eller koppling till fjärrvärmenätverket.



## LÄHTEET

1. V.M. Mäkelä ja J. Tuunanen; *Suomalainen kaukolämmitys*, MAMK University of Applied Science, 2015
2. Energiateollisuus Ry, *Rakennusten kaukolämmitys määräykset ja ohjeet (K1)*, 2013
3. J. Koivuniemi, *Lämpimän käyttöveden mitoitusvirtaama ja lämpötilakriteerit veden mikrobiologisen laadun kannalta kaukolämmitetyissä asuinrakennuksissa*. Diplomityö, Espoo: Teknillinen Korkeakoulu, Konetekniikan osasto, 2005
4. Helen Oy, *Kaukolämmön suunnittelu- ja urakointiohjeita*, 1/2015, [www] Luettu 27.2.2019  
Saatavilla: [https://www.helen.fi/globalassets/lampo/ammattilaiset/kauko-lampo/kaukolammon\\_suunnittelu\\_ja\\_urakointiohjeita.pdf](https://www.helen.fi/globalassets/lampo/ammattilaiset/kauko-lampo/kaukolammon_suunnittelu_ja_urakointiohjeita.pdf)
5. Suomen rakentamismääräyskokoelma, *Kiinteistöjen vesi- ja viemärlaitteistot määräykset ja ohjeet (D1)*. Ympäristöministeriö, 2007
6. Svensk Fjärrvärme Ab, *Fjärrvärmecentralen utförande och installation, Tekniska bestämmelser (F:101)*, 2014.
7. L. Lehtola, *Kaukolämmitteisten asuinrakennusten lämpimän käyttövesijärjestelmän ja lämmönsiirtimen suunnittelun ja mitoituseroavaisuudet Suomessa ja Ruotsissa*. Opinnäytetyö, Helsinki: Ammattikorkeakoulu Arcada, koulutusohjelma Energi- och miljöteknik, 2018.

## LIITTEET

### Liite 1:

#### Mitoituksessa käytettävät vesikalusteiden normivirtaamat.

Vesipiste <sup>1)</sup>	Normivirtaama $q_n$ , dm <sup>3</sup> /s	
	Kylmä vesi	Lämmin vesi
Astianpesuallas	0,2	0,2
Astianpesukone kotitaloudessa	0,2	(0,2)
Pesuallas	0,1	0,1
Suihku	0,2	0,2
Kylpyamme	0,3	0,3
WC-istuin	0,1	-
Pesukone kotitaloudessa	0,2	-
Pesukone talopesulassa tai vastaavassa	0,4	-
Vesiposti pientalossa, DN 15	0,2	-
Vesiposti kerrostalossa, DN 20	0,4	-
Laskuhana, tasapohja-allas	0,2	0,2
Pesuistuin	0,1	0,1
Urinaalin huuhteluventtiili	0,4	-
Urinaalin huuhteluhana	0,2	-
Ryhmäpesuallas (n kpl)	0,07 + 0,03 n	0,07 + 0,03 n
Sarjaan kytketyt urinaalit (n kpl)	0,14 + 0,06 n	-
Ryhmäsuihku (n kpl)	0,14 n	0,14 n
Teollisuus ym. laitteet	Lask. erikseen	-

<sup>1)</sup> Jos vesikalusteessa on vaihtoehtoisia ulostuloja, otetaan mitoituksessa huomioon vain suurimman virtaaman antava ulostulo. Ulostuloksi luetaan tässä yhteydessä myös järjestely, jossa kalusteesta johdetaan vesi jollekin laitteelle, esimerkiksi pesukoneelle, helposti irrotettavan kytkennän kautta.

Liite 2:

