

# RAKENNUKSEN LÄMMITYSTARPEEN MÄÄRITTÄMINEN KULUTUSHISTORIAN PERUSTEELLA

Pöyskö Pasi

Opinnäytetyö  
Tekniikka ja liikenne  
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka  
Insinööri (AMK)

2019

Tekniikka ja liikenne  
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka  
Insinööri (AMK)

---

<b>Tekijä</b>	Pasi Pöyskö	Vuosi	2019
<b>Ohjaaja</b>	Petri Kuisma		
<b>Toimeksiantaja</b>	Raahen Rauhanyhdistys Ry		
<b>Työn nimi</b>	Rakennuksen lämmitystarpeen määrittäminen kulu- tushistorian perusteella		
<b>Sivu- ja liitesivumäärä</b>	37 + 2		

---

Tämän opinnäytetyön tavoite oli määrittää rakennuksen lämmitystehontarve kulutushistorian perusteella. Todellinen lämmitystehontarve ja liittymän tilausteho olivat kaukana toisistaan, minkä vuoksi liittymän perusmaksu oli suuri suhteessa lämmityskustannuksiin. Työn tavoitteena oli tuottaa toimeksiantajalle aineisto, jonka avulla tilausteho voitiin muuttaa kulutusta vastaavalle tasolle. Lämmönmyyjän haluttomuus omatoimiseen tilaustehon tarkastamiseen ihmetytti. Työn tavoite oli tuoda näkyviin suunnitellun ja todellisen tehontarpeen erot, sekä sen monita-  
hoiset vaikutukset.

Opinnäytetyössä tarkasteltiin kaukolämpöliittymän vuorokausitason kulutushistorian ja ulkolämpötilan suhdetta, sekä kaukolämpömittarin hetkellisiä huippuarvoja. Rakennuksen alkuperäiset mitoituksen perusteet tarkasteltiin, mikä antoi viitteitä suunnittelun virheistä. Kulutushistorian ja mittarin huippuarvojen perusteella määritettiin rakennuksen todellinen tehontarve mitoitusulkolämpötilassa. Määrityksen seurauksena lämmityksen säätöventtiilit ja kiertovesipumput mitoitettiin uudelleen.

Työn tuloksena syntyi rakennuksen yksilöllinen lämmönkulutusprofiili. Tämän profiilin perusteella voitiin lämmityksen säätöventtiileitä pienentää. Säätöventtiilien muuttamisen perusteella voitiin neuvotella tilausteho uudelleen. Opinnäytetyön tuloksena rakennuksen lämmityskustannukset pienenivät merkittävästi. Lämmönmyyjän luottamus alkuperäisen tilaustehon oikeellisuuteen perustui taloudellisen hyödyn maksimointiin. Lämmönmyyjän ja asiakkaan yhteinen etu olisi, että perusmaksun määrityksessä ei koskaan tuodittauduttaisi pelkästään alkuperäisen lämmöntarpeen mukaiseen liittymän mitoitukseen, vaan huomioitaisiin rakennuksen kulutusprofiili.

Avainsanat

kaukolämmitys, lämmönvaihtimet, mitoitus, optimointi, monopolit

Technology, Communication and Transport  
Degree Programme in Civil Engineering

---

---

<b>Author</b>	Pasi Pöyskö	<b>Year</b>	2019
<b>Supervisor</b>	Petri Kuisma		
<b>Commissioned by</b>	Raahen Rauhanyhdistys Ry		
<b>Subject of thesis</b>	Determination of the Heating Need for the Building Based on the Consumption History		
<b>Number of pages</b>	37 + 2		

---

It was the objective of this thesis to determine the need for the heating effect of the building based on the consumption history. The objective of the work was to produce material that would help the commissioner to convert the contracted capacity to meet the consumption.

The relation of consumption history and of the outdoor temperature and the measured consumption were examined in the thesis. Based on them the real power requirement of the building was determined in the dimensioned outdoor temperature.

The individual consumption profile of the heat of the building was created as a result. Based on this profile the control valves and pumps of the heating were dimensioning again. The heating costs of the building became significantly smaller as a result of the thesis.

Key words

district heating, heat exchangers, dimensioning, optimizing, monopolies

## SISÄLLYS

1 JOHDANTO .....	6
2 KAUKOLÄMPÖLIITTYMÄ .....	8
2.1 Liittymän perustaminen .....	8
2.2 Lämmön mittaus .....	9
2.3 Liittymän mitoituserusteet .....	11
2.4 Sopimustehon tarkastaminen .....	13
2.5 Säätoventtiilien mitoittaminen .....	16
2.6 Kiertovesipumpun mitoittaminen .....	18
3 LIITTYMÄN TARKASTELUT .....	19
3.1 LVI suunnitelma ja sopimusteho .....	19
3.2 Laskutusmittaukseen perustuva menetelmä .....	20
3.3 Laskutusmittauksen soveltamista .....	21
3.4 Mittarin huippuarvomenetelmä .....	25
3.5 Kulutustietojen hyödyntäminen .....	26
4 LIITTYMÄN UUELLEENMITOITUS .....	27
4.1 Sopimusteho ja vesivirta .....	27
4.2 Säätoventtiilit .....	28
4.2.1 Lämmitys .....	28
4.2.2 Ilmanvaihto .....	30
4.3 Kiertovesipumpun mitoittaminen .....	31
5 POHDINTA .....	33
LÄHTEET .....	36
LIITTEET .....	37

## ALKUSANAT

Aluksi haluan kiittää opinnäytetyön toimeksiantajan edustajia Ristoa ja Henryä, sekä ohjaavaa opettajaa Petri Kuismaa. Minulla on ollut useita ystäviä ja kavereita, joiden kanssa keskustellessa olen saanut uutta näkökulmaa opinnäytetyöhön ja opintojen vaiheisiin, kiitokset erityisesti Sakarille, Jari-Pekalle ja Jounille. Lopuksi haluan kiittää rakasta vaimoani Sallia ja lapsiani. Olette olleet hyvin kärsivällisiä ja jaksaneet tukea ja kannustaa minua opinnoissani. Annoitte minulle mahdollisuuden opiskella monien kiireiden ja haasteidenkin keskellä. Kiitos.

## 1 JOHDANTO

Olen valinnut opinnäytetyön aiheeksi Raahen Rauhanyhdistyksen toimitalon kaukolämpöliittymän mitoitustarkastelun kulutushistorian mukaan. Havaitsin jo vuonna 2015, että liittymän sopimusteho ja toteutunut huipputeho eroavat merkittävästi. Silloiset neuvotteluni lämmönmyyjän kanssa eivät johtaneet toivottuun lopputulokseen, vaikka lämmönmyyjä tuli tietoisesti ylimitoitetusta liittymästä (liite 1). Lämpöyhtiön toimintatavasta jäi minulle silloin erittäin huono kuva. On selvää, että liittymän sopimustehon pieneneminen pienentää myös lämpölaskua ja vähentää lämpöyhtiön laskutusta. Intressi liittymän sopimustehon uudelleenmäärittämiseksi on siis taloudellinen, koska kaukolämpöliittymän perusmaksu määräytyy sopimustehon mukaan. Liittymän mitoitus on LVI-suunnittelijan määrittämä. Rauhanyhdistyksen LVI-suunnitelmassa sopimusteho on n. 50 % suurempi kuin toteutunut lämmön käyttö.

Työn tavoite on selvittää rakennuksen todellinen lämmöntarve mitoituskaukolämpötilassa. Todellisen lämmöntarpeen selvittämisen jälkeen on mahdollista neuvotella lämmön myyjän kanssa liittymän sopimusteho oikealle tasolle. Sopimustehon muutos huipputehon käyttöä vastaavalle tasolle tuo lämmönkäyttäjälle merkittävää kustannussäästöä. Lämmönmyyjä voi vastaavasti pienentää tehoreserviään erotuksen verran.

Tässä työssä liittymän tehotarkastelussa käytän Energiateollisuus Ry:n suositusta K15 2014, Teho ja vesivirta kaukolämmön maksuperusteena. Toinen päälähte on K1 2013, Rakennusten kaukolämmitys määräykset ja ohjeet. Energiateollisuus Ry on kaukolämpöyhtiöiden kattojärjestö, joka on tuottanut edellä mainitut julkaisut. Energiateollisuus Ry:n ”Reilu kaukolämpö” -toimintaan sisältyy lämmönmyyjän oma aktiivinen toiminta liittymien oikeellisuuden tarkastamiseksi. Raahen energia Oy on Energiateollisuus Ry:n jäsen ja sitoutunut Reilu kaukolämpö -toimintaan. Tiedossa ei ole, että Raahen Energia Oy olisi osoittanut omaa aktiivisuutta sopimustehojen tarkastamiseksi suuntaan tai toiseen. Tämän työn tarkoituksena on tuottaa sellainen aineisto, että liittymän sopimusteho on mahdollista neuvotella todellista lämmönkäyttöä vastaavalle tasolle.

Raahen Rauhanyhdistys Ry:n toimitalo on arkkitehtitoimisto Jorma Paloranta Oy:n suunnittelema rakennus, joka on rakennettu vuonna 2003. Rakennus on puurunkoinen ja ulkoverhouksessa on käytetty punatiiltä ja puupaneelia. Yläpohjassa eristeenä on mineraalivilla. Kattomateriaalina on konesaumattu pelti ja lattia on maanvarainen betonilaatta.

Lämmönjako on toteutettu vesipattereilla ja lämmitysmuoto on kaukolämpö. Lämmönjakokeskuksessa on omat lämmönsiirtimet lämmitykselle, ilmanvaihdolle ja käyttövedelle. Ilmanvaihto on koneellinen ja yhteenlaskettu tuloilman maksimimäärä on 4,6 m<sup>3</sup>/s. Kaukolämmön tilausteho LVI-suunnitelman mukaan on 3,2 m<sup>3</sup>/h. Automaatiojärjestelmä ohjaa lämmityksen ja ilmanvaihdon säätöventtiileitä ulkoilman lämpötilan mukaan ja pitää menoveden lämpötilan säätökäyrän mukaisessa asetusarvossa.

## 2 KAUKOLÄMPÖLIITTYMÄ

### 2.1 Liittymän perustaminen

Kaukolämpöliittymän määrittämisen prosessin tekee tyypillisesti LVI-suunnittelija. Rakennuksen lämmöntarpeen laskennassa huomioidaan rakennusvaipan johtumislämpöhäviöt, vuotoilman, tuloilman ja korvausilman lämmittämisen lämpötehon tarve, sekä käyttöveden lämmityksen lämpötehon tarve. Edellä lueteltujen lämmitysenergian tarpeiden määrittämistä varten on tiedettävä mm. rakennuksen rakennusosien pinta-alat ja lämmönläpäisykertoimet, ilmanvaihdon ilmavirrat, ilmanvaihtojärjestelmän käyntiajat ja ilmanvaihtokoneiden lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde. (D5, Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta.)

Rakennuksen kaukolämpöliittymän määrittämiseksi on Energiateollisuus Ry:n julkaisu K1/2013 Rakennusten kaukolämmitys, Määräykset ja ohjeet. Julkaisussa on määritetty kaukolämpöliittymälle ensiö- ja toisiopuolen tulo- ja paluulämpötilat, joiden perusteella lasketaan rakennuksen sopimusteho ja vesivirta. Olemassa olevan rakennuksen osalta mitoitus tehdessä mitataan virtaukset ja lämpötilat. Mittausten perusteella määritetään uudet mitoitusarvot. Uusia mitoitusarvoja määritettäessä on otettava huomioon se, onko rakennusta käytetty suunnitellusti ja tarkoituksenmukaisesti. Tällä tarkoitetaan esim. sisälämpötiloja, ilmanvaihdon käyntiaikoja ja ilmavirtoja. Lämpötilat pyritään valitsemaan siten, että kaukolämmön paluulämpötila on mahdollisimman alhainen. Taulukossa 1 on esitetty olemassa olevan rakennuksen lämmönsiirtimien mitoituslämpötilat. Lämmönsiirtimet tulee mitoittaa rakennuksen suurimman lämmitystehontarpeen mukaisesti. Mitoituslaskelmassa on esitettävä siirtimen toiminta käyttötilanteen suurimmilla virtaamilla, joka vanhassa rakennuksessa on täyden ilmanvaihdon alin lämpötila.

Taulukko 1. Lämmönsiirtimien mitoituslämpötilat - olemassa olevat rakennukset  
(Julkaisu K1/2013, 57)

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

## 2.2 Lämmön mittaus

Lämpöenergian mittaus tapahtuu lämmön myyjän omistaman mittauslaitteen avulla. Mittauslaite koostuu virtausanturista, lämpötila-antureista ja lämpömäärälaskimesta. Virtausanturina käytetään yleisesti magneettista tai ultraäänimittaria. Lämpötila-anturit mittaavat kaukolämpöveden meno- ja paluulämpötilaa. Lämpömäärälaskin laskee kulutetun energian määrän vesivirran ja lämpötilaeron perusteella (Kaava 1). Mittauslaitteen yleisiä lisäominaisuuksia ovat tiedonsiirto ja lisämuisti, joista on hyötyä sekä lämmön myyjälle, että kuluttajalle. (Suositus K13/2008, 9–20.)

$$\text{Lämpömäärän kaava on } Q = C_v \cdot q_m \cdot \Delta T \cdot t \quad (1)$$

missä

$Q$	on	lämpöenergian määrä [kWh]
$c_v$	on	veden ominaislämpökapasiteetti [kJ/kgK]
$q_m$	on	veden massavirta [kg/s]
$\Delta T$	on	veden lämpötilaero tulo- ja paluuputkessa [K]
$t$	on	aika [h].

Kaukolämmön energiamittari rekisteröi, tallentaa ja lähettää kiinteistön kuluttaman energian määrän kaukolämmön myyjälle. Kaukolämmön kuluttajalla on oikeus tarkastella vapaasti energiamittarin valikon näyttämiä arvoja. Myyjällä on velvollisuus toimittaa lämmönkäyttäjälle käyttöraportti vuosittain. Käyttöraportin tulee sisältää perustiedot käyttöpaikasta, rakennustiedot siltä osin, kuin ne ovat lämmönmyyjän tiedossa, kaukolämmön käyttötiedot edelliseltä neljältä vuodelta, vertailutiedot edelliseltä vuodelta, sekä tietoa energiatehokkuutta parantavista toimenpiteistä. (Laki energiamarkkinoilla toimivien yritysten energiatehokkuuspalveluista 2009 3–4 §.) Suositeltava sisältö, josta näkyy lain vaatiman tiedon lisäksi lämpötilakorjatut käyttötiedot, lämpöindeksi ja maksetut kaukolämpömaksut. Suosituksen K13/2008 mukaan mittaustietoja hyödynnetään laskutukseen, tehon ja vesivirran seurantaan, asiakaspalveluun, raportointiin ja asiakkaalle tarjottaviin lisäpalveluihin. Lämmönmyyjällä on vastuu mittareiden käytönaikaisesta mittaustarkkuudesta. Lämmönmyyjällä tulee olla dokumentoitu käytönaikainen laadunvarmistusjärjestelmä. Toinen menettelytapa on, että mittareiden vaihtoväli on enintään 5 vuotta. (Suositus K13/2008, 27.)

Kysyin lämmön myyjän edustajalta, että onko heillä käytössä tuntiluentatietoja tallentavia mittareita. Tällä hetkellä ei, mutta mahdollisesti tulee jossain vaiheessa. Mittarin oikeellisuuden tarkistamisen käytännöstä sain suorasukaisen vastauksen, että mittari voidaan tarkastaa asiakkaan lukuun. Kommentti osoittaa, että lämmön myyjä luottaa täysin mittareiden oikeellisuuteen. (Kivelä 2019.)

### 2.3 Liittymän mitoitusperusteet

Liittymän mitoituksen perusteena on rakennuksen tehon tarve (kW) ja siitä laskennallisesti saatava kaukolämmön vesivirta (m<sup>3</sup>/h), joka saadaan laskettua kaavalla 2.

$$\text{Kaukolämmön vesivirran laskukaava on } V = \frac{\phi}{c_v \cdot \rho \cdot \Delta T} \quad (2)$$

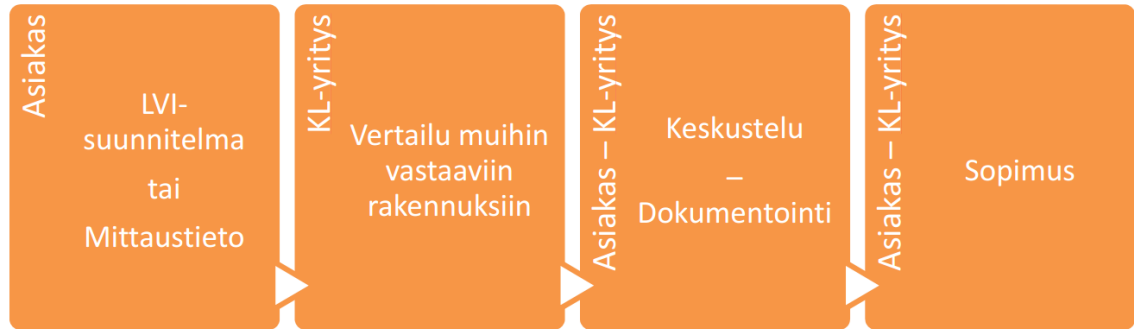
missä

$V$	on	tehoa vastaava kaukolämpöveden tilavuusvirta [dm <sup>3</sup> /s]
$\phi$	on	sopimusteho [kW]
$c_v$	on	veden ominaislämpökapasiteetti [kJ/kgK]
$\rho$	on	veden tiheys [kg/dm <sup>3</sup> ]
$\Delta T$	on	kaukolämpöveden lämpötilaero [K].

Rakennuksen lämpölasku koostuu perusmaksusta ja mitatun energiankulutuksen mukaisesta energiamaksusta. Rakennuksen kaukolämpömaksuista 10 – 50 % koostuu perusmaksusta. Energiateollisuus Ry:n julkaisun ”Teho ja vesivirta kaukolämmön maksuperusteena K15/2014” keskeinen tarkoitus on kuvata selkeät mitoituksen tarkastusmenetelmät, jotka ovat asiakkaalle ymmärrettävät, selkeät ja läpinäkyvät. Kaukolämmön asiakkaiden tasapuolinen kohtelu on tärkeä myös kilpailulainsäädännön näkökulmasta. Julkaisu K15/2014 on suositus ja lämpöyhtiöllä voi olla myös muita perusmaksun määrittämisperusteita. Suosituksen K15/2014 avulla on mahdollista määrittää lämmönkäyttäjän todellisen tarpeen mukaiset arvot. Julkaisun tavoite on, että kaukolämpöyrityksillä on käytössään avoimet, läpinäkyvät ja kaikille lämmönkäyttäjille tasapuoliset menettelytavat. Liittymisvaiheessa kaukolämmön sopimusteho ja vesivirta ovat laskennallisia ja perustuvat LVI-suunnittelijan laskelmiin. Käytön aikainen teho ja vesivirta perustuvat todelliseen tehon ja energiankäytön mittaustietoihin ja laskelmiin. (Suositus K15/2014, 1.)

Kaukolämpölasku koostuu kulutettuun energiaan perustuvasta energiamaksusta ja sopimustehoon tai -vesivirtaan sidotusta tehomaksusta. Energiamaksun yksikköhinta muodostuu lämmön tuotannon kustannuksista, kuten polttoaineet ja lämmönhankinnan muuttuvat kustannukset. Tehomaksulla katetaan lämmönhankinnan ja siirron kiinteitä kustannuksia. Tehomaksujen osuus vuotuisesta kaukolämpölaskusta on 10–50 %. Pienillä, vähän energiaa kuluttavilla asiakkailla tehomaksu on suhteellisesti suurempi, kuin paljon energiaa käyttävillä asiakkailla. Laskutuksen perusteena oleva tehomaksu voidaan määrittellä liittymävaiheen mukaisilla arvoilla, tai käytön aikana todettuihin arvoihin perustuen. Kaukolämpöyhtiön käyttämien perusteiden tulee olla avoimet ja läpinäkyvät. Sopimustehon määräytymisperusteiden tulee olla yhdenmukaiset riippumatta siitä, milloin asiakas on liittynyt kaukolämpöön. Määräytymisperusteiden muuttumisen seurauksena vanhat sopimusperusteet eivät välttämättä ole samalla viivalla nykyisten määräysten kanssa. Tästä seurauksena voi olla saman tyyppisten rakennusten tehomaksun maksuperusteiden erot, vaikka tehontarve olisi sama. Lämmönkäyttäjällä on oikeus tarkistuttaa sopimusteho lämpösopimuksen ja sopimusehtojen mukaisesti. Muutostarve voi syntyä, jos rakennukseen on tehty esim. energiatehokkuustoimenpiteitä. Sopimustehon muutoksen todennuksen määrittelee lämmönmyyjä ja se voi perustua mitattuun tietoon tai LVI-suunnitelmien mukaisiin mitoitusarvoihin, joiden mukaisesti esim. lämmönjakokeskuksen uusinta on toteutettu. (Suositus K15/2014, 3.)

Uudisrakennuksen liittyessä kaukolämpöön määrittelyn perusteena on LVI-suunnittelijan laskelmat. Kaukolämpöyhtiö vertaa laskelmia vastaaviin kohteisiin ja käyttää tarvittaessa keskusteluita LVI-suunnittelijan kanssa mahdollisista poikkeamista suhteessa kokemuseräiseen tietoon. Sopimustehon määrittämisen prosessin kuvaus esitetty kuviossa 1. Vanhan rakennuksen osalta kaukolämpöön liittyessä on olemassa tavalla tai toisella mitattua tietoa lämmönkäytöstä, josta on hyötyä mitoittamisessa. Näitä mitattuja tietoja voi hyödyntää etenkin silloin, kun rakennukseen ei toteuteta samanaikaisesti muita muutoksia ja korjauksia. Vanhoissa rakennuksissa edellisen lämmitysjärjestelmän kilpiarvoja ei voi suoraan käyttää mitoituksessa, koska ne ovat monesti huomattavasti ylimitoitettuja verrattuna todelliseen tarpeeseen. (Suositus K15/2014, 4.)



Kuvio 1. Sopimustehon ja -vesivirran määrittämisen prosessi (Suositus K15/2014, 4)

Sopimustehon määräytymisperuste on yleensä tuntinen tehontarve mitoitusulko-lämpötilassa. Rakennuksen tuntisen tehontarpeen ympäristöministeriön antamien määräysten ja ohjeiden mukaan määrittää LVI-suunnittelija. Käyttöveden osalta mitoitusperusteena käytetään tuntista tehontarvetta. Lämmitystehon vaihtelu on käyttöveden kuormitusmuutoksia hitaampaa, mistä syystä hetkellinen huipputeho on yleensä sama kuin tuntinen huipputeho. (Suositus K15/2014, 4.)

#### 2.4 Sopimustehon tarkastaminen

Sopimustehon tarkastamisen periaatteet riippuvat kaukolämpöyrityksen käyttämän laskutusperusteen mukaan. Suosituksen menettelytavat pohjautuvat mitattuun tehon- tai energiankäyttöön. Kun rakennukset ovat liittyneet kaukolämpöön eriaikaisesti ja ovat eri LVI-suunnittelijoiden toteuttamia, tulee sopimusperusteet tarkastaa vastaamaan todellista tarvetta. Tarkastaminen on mahdollista mittaamalla tai mittausten pohjalta laskemalla. Tarkastamisessa käytetään sitä menettelytapaa, jota yritys käyttää. Tuntinen etäluenta on menetelmänä suositeltavin ja vastaa todellista käyttöä. Liittymän sopimustehon tarkastamisen vaihtoehdot esitetty kuviossa 2.

Ennen sopimustehon tarkastustoimenpiteisiin ryhtymistä kysyin Raahen Energia Oy:ltä, että mitkä ovat heillä käytössä olevia ja hyväksytyjä menetelmiä tarkistaa sopimustehon oikeellisuus. Sain vastauksen, että tehontarpeen laskee LVI-suun-

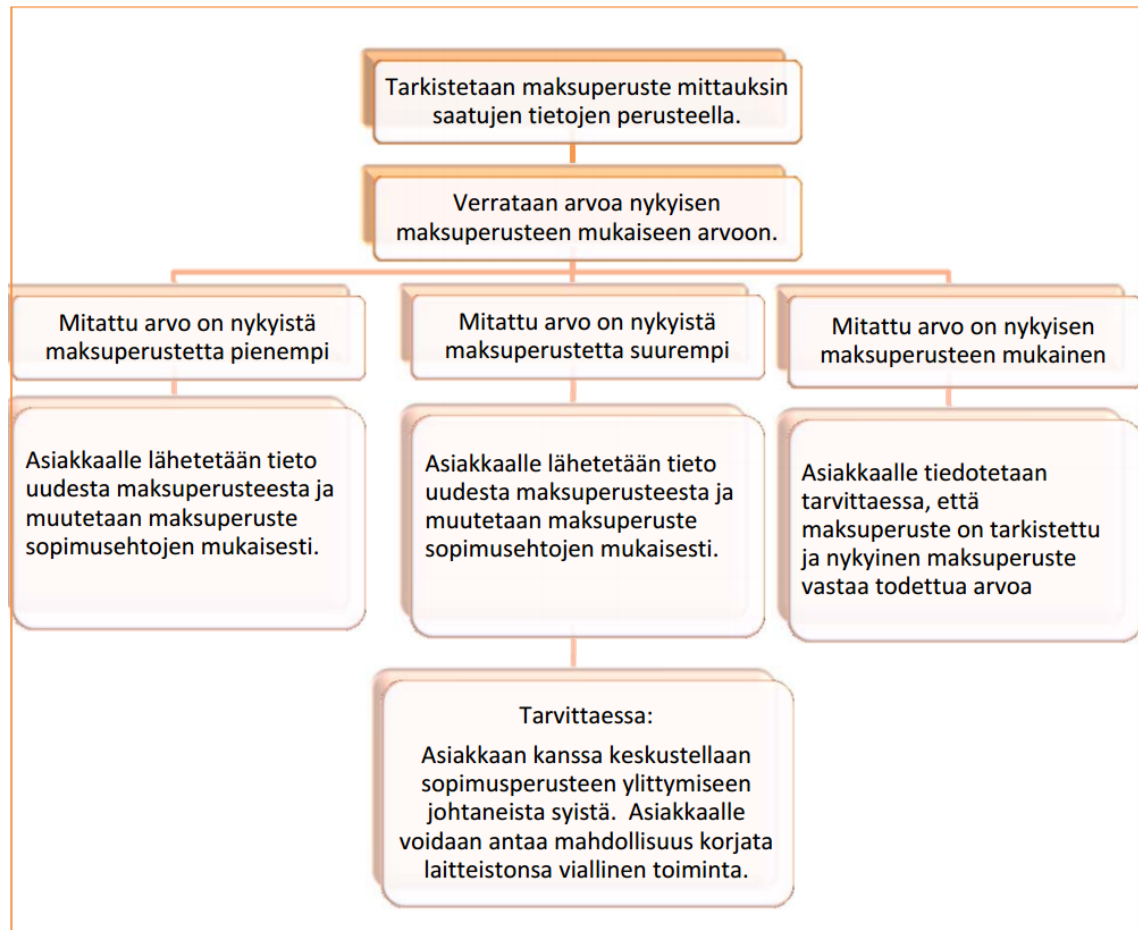
nittelija ja sen pohjalta tehdään liittymän mitoitus. Erikoisemmissa halleissa, uimahalleissa ja liiketiloissa tehdään tapauskohtaisia ratkaisuja yhdessä LVI-suunnittelijan kanssa. Raahen Energian edustaja kirjoitti, että sopimustehoja isomilta kuluttajilta tarkastellaan aika ajoin ja jos niissä on ylimitoitusta, niin perusmaksuja lasketaan tarpeen mukaan. Raahen Energian edustajan mukaan suurin osa liittymistä on mitoitettu jo valmiiksi oikein, mutta kiinteistön käyttötarkoituksen muuttuessa liittymän sopimusteho on syytä tarkastaa. Kysyin vielä tarkentavan kysymyksen, onko ainoa keino tehontarpeen uudelleenmäärittämiseen toimittaa LVI-suunnittelijan määrittämät uudelleenmitoitustiedot. Sain vastauksen, että tehontarvetta voi tarkastaa mittarin todellisen huippukulutuksen mukaan, jos se eroaa LVI-suunnitelmasta. (Kivelä 2019.)



Kuvio 2. Sopimus- ja laskutusteho. Liittymisvaiheessa sopimusteho on yleensä sama kuin laskutusteho (Suositus K15/2014, 6)

Laskutuksen sopimustehon tarkastamisen voi lämpöyrittäjä tehdä omasta aloitteestaan, jos huomaa siihen olevan tarvetta tai asiakkaan kirjallisesti sitä pyytäessä. Kaukolämpöyhtiön omatoimiset tarkastukset voivat kohdistua yksittäiseen asiakkaaseen, asiakasryhmään tai koko asiakaskuntaan. Kaukolämpöyrittäjä

suositellaan tarkistamaan laskutuksen sopimustehon oikeellisuus viimeistään 3 vuoden kuluttua asiakkaan liittymisestä. Tarkistamisen tavoitteena on varmistaa asiakkaiden tasapuolinen kohtelu. Kuviossa 3 on kuvattu laskutuksen sopimustehon tarkastamisen prosessi. (Suositus K15/2014, 7–8.)



Kuvio 3. Laskutuksen sopimustehon tarkastamisen menetelmän kuvaus (Suositus K15/2014, 8)

Kaukolämpöyritys voi käyttää valitsemaansa menettelytapaa tehon ja vesivirran tarkastamisen prosessissa. Kuviossa 2 mainitun laskutuksen sopimustehon tarkastuksen menetelmiä ovat tuntiluentatietoihin, mittarin huippuarvoihin, erillisiin mittalaitteisiin ja laskutusmittaukseen perustuvat menetelmät. Mittarin huippuarvoihin perustuvassa menetelmässä kaukolämpömittarin rekisteröimät virtaaman ja tehon huippuarvot ja ajankohdat kirjataan ylös tarkastelua varten. Huippuarvo-menetelmää voidaan hyödyntää, jos ne ovat esiintyneet riittävän kylmänä ajanjaksona ja lämmöntoimituksessa ei ole ollut häiriöitä. Mitattuja huippuarvoja käytetään

tetään laskutustehon tarkastuksen pohjana. Mittarin huippuarvoihin perustuvassa menetelmässä mittauspisteitä on huomattavasti vähemmän, kuin tuntiluentatietoihin perustuvassa menetelmässä. Lisäksi huippuarvoja tulee tarkastella kriittisesti mahdollisten ”väärin huippujen” varalta. (Suositus K15/2014, 11.)

Laskutusmittaukseen perustuva liittymän tarkastusmenetelmä ei suoranaisesti perustu tehon ja vesivirran mittaamiseen. Tarkastaminen tehdään tyypillisesti kuukauden laskutusjaksolla kulutetun energiamäärän perusteella. Kuukauden energiankulutuksen perusteella lasketaan tuntinen keskiteho. Kunkin kuukauden keskitehot esitetään keskimääräisen ulkolämpötilan funktiona graafissa. Muodostuneiden pisteiden perusteella lasketaan regressiosuora, jonka avulla määritetään laskennallinen tehontarve mitoitusulkolämpötilassa. (Suositus K15/2014, 12.) Hyödynnän edellä kuvattua menetelmää sovelletusti vuorokausitason mittausdatan perusteella.

Kaukolämmön myyjä voi pyydettäessä lukea mittarin muistiin tallentuneen datan ja toimittaa kulutushistorian lämmönkäyttäjälle. Tuntidatan saaminen ei ole mahdollista, ellei mittari rekisteröi arvoja tuntitarkkuudella. Raahen Energian lämpöverkossa olevista käyttöpaikoista saa mittausdataa vuorokausitasolla, mutta vuorokausitason virtaama- ja tehotiedot ovat pyydettäessä saatavilla. Mittarin muistista löytyy hetkelliset suurimmat virtaamat ja suurin teho edelliseltä vuodelta. Riippuen mittarin mallista voi muistista löytyä kuukauden suurin teho ja vesivirta edellisen vuoden ajalta. Mikäli huippuvirtaama ja -teho eivät ole mitattu samalta vuorokaudelta kannattaa selvittää mistä tämä johtuu. Syyn selvittämiseksi tarvitsee kyseisen vuorokauden ulkolämpötilatieto, kaukolämmön meno- ja paluulämpötilat ja tietoa kohteen käyttöveden kulutusprofiilista.

## 2.5 Säästöventtiilien mitoittaminen

Julkaisun K1/2003 ”Rakennusten kaukolämmitys määräykset ja ohjeet” mukaisesti säästöventtiilien mitoituksessa käytetään lämmönsiirtimen mitoitusarvon mukaisia virtaamia ja tehoja. Mitoituksessa käytetään kyseisen ohjeen mukaisia lämpötiloja, jotka on esitetty taulukossa 1. Säästöventtiilien mitoitukseen vaikuttaa

myös kaukolämpöverkon normaaleissa käyttöolosuhteissa vallitseva paine-ero. Lämmönmyyjältä on pyydettävä säätöventtiilin mitoitusta varten tiedot käytettävissä olevasta paine-erosta normaaleissa käyttöolosuhteissa. Säätöventtiilin  $k_v$ -arvo lasketaan kaavalla 3.

$$\text{Säätöventtiili } k_v\text{-arvon laskukaava on } k_v = \frac{V}{\sqrt{\Delta p}} \quad (3)$$

missä

$k_v$	on	luku, jonka mukaan venttiili valitaan
$V$	on	mitoitusvirtaama [m <sup>3</sup> /h]
$\Delta p$	on	mitoituspainehäviö [bar].

Ohjeen K1/2003 mukaan säätöventtiiliksi valitaan laskelmaa lähinnä oleva suurempi venttiili. Valitun säätöventtiilin aiheuttama painehäviö lasketaan kaavalla 4. Säätöventtiilin painehäviön tulee olla vähintään puolet säätöpiirin kokonaispainehäviöstä. Tämä voidaan tarkistaa laskemalla säätöventtiilin auktoriteetti eli vaikutusaste  $\beta$ , jonka tulee olla suurempi kuin 0,5. Vaikutusaste lasketaan kaavalla 5.

$$\text{Säätöventtiilin painehäviön laskukaava on } \Delta p_{sv} = \left( \frac{V}{k_{vs}} \right)^2 \quad (4)$$

missä

$\Delta p_{sv}$	on	venttiilin aiheuttama painehäviö [bar]
$V$	on	mitoitusvirtaama [m <sup>3</sup> /h]
$k_{vs}$	on	valitun venttiilin virtaama [m <sup>3</sup> /h].

Säätöventtiilin vaikutusasteen laskukaava on  $\beta = \frac{\Delta p_{sv}}{\Delta p_{mit}}$  (5)

missä

$\beta$	on	vaikutusaste
$\Delta p_{sv}$	on	venttiilin aiheuttama painehäviö [bar]
$\Delta p_{mit}$	on	lämmön myyjän ilmoittama verkoston paine-ero [bar].

## 2.6 Kiertovesipumpun mitoittaminen

Julkaisun K1/2013 mukaan kiertovesipumppu tulee mitoittaa lämmönsiirtimen todellisilla toiminta-arvoilla. Laitteusinnan yhteydessä käyttöön jäävän vanhan kiertovesipumpun toimintapiste tulee määrittää todellisella virtaamalla. Näin ollen toisiopuolen kiertoveden virtaama tulee säädettyä oikealle tasolle pumpun avulla. (Julkaisu K1/2013, 27.)

Kiertovesipumpun uudelleenmitoituksella on tarkoitus saattaa rakennuksen toisiopuoli vastaamaan ensiöpuolen arvoja. Jos esim. säätöventtiilin  $k_v$ -arvoa muutetaan, niin pumpun mitoitus on tehtävä myös. Säätöventtiilin pienentämisestä seuraa se, että olemassa oleva pumppu on liian suuri. Tapauskohtaisesti tarkasteltavaksi jää se, että kykeneekö olemassa oleva pumppu uuden  $k_v$ -arvon mukaiseen virtaamaan. Nykyaikaiset taajuusmuuttajalla varustetut kiertovesipumput toimivat laajalla toiminta-alueella. Vuosihyötysuhde jää kuitenkin matalaksi, jos pumppua ei vaihdeta liittymän uudelleenmitoituksen yhteydessä.

Pumppuvalmistajilla on mitoitusohjelmia, joilla oikean pumpun valinta on helppoa. Tällainen mitoitusohjelma löytyy mm. Grundfosin nettisivulta, jota hyödynnän tässä työssä sopivan pumpun valinnassa.

### 3 LIITTYMÄN TARKASTELUT

#### 3.1 LVI suunnitelma ja sopimusteho

Raahen Rauhanyhdistyksen LVI suunnitelman mukainen lämpöteho mitoitusulkolämpötilassa -32 °C on 256 kW. Tehon tarpeeksi on määritetty lämmityksen 96 kW ja ilmanvaihdon 158 kW tehoista. Mitoituksessa on toisiopiirin lämpötiloina käytetty 40–70 °C. Suunnitelman mukaisesta lämpötehosta ja lämmityspiirin jäähtymästä päästään kiinni virtaamiin laskukaavan 2 avulla. Suunnitelmia tarkastellessani minulle jäi epäselväksi, että mistä muodostuu lämmityksen 96 kW:n teho. Laskin LVI-suunnitelmasta lämmityslaitteiden yhteistehoksi 52 kW. Aiheen rajauksen vuoksi en ole tutkinut tarkemmin mihin lämmitystehon tarve perustuu.

Lämmönjakokeskuksen mitoitus tiedot taulukossa 2 noudattelevat edellä kuvattua laskentatapaa. Kaukolämmön ensiöpuolen virtaamat on laskettu samalla kaavalla ja jäähtymät ovat K1/2013 olemassa olevien rakennusten mukaiset. Lämpimän käyttöveden lämmitystehoa ei ole huomioitu tilaustehon määrittämisessä. Lämpimän käyttöveden mitoitusvirtaama on 0,67 dm<sup>3</sup>/s ja jäähtymät K1/2013 ohjeen mukaiset. Ohjeen mukaan LVI-suunnittelijan tulee määrittää toisiopuolen virtaamat rakennuksen lämpöhäviöiden perusteella, josta muodostuu lämmöntarve.

Taulukko 2. Kaukolämpösiirtimien mitoitus tiedot (LVI-suunnitelma)

LÄMMÖNJAKOKESKUKSEN LAITTEIDEN MITOITUS							
LÄMMÖNSIIRTIMET	Yksikkö	KÄYTTÖVESI LS1		LÄMMITYS LS2		IV-LÄMMITYS LS3	
Valmistaja		LPM		LPM		LPM	
Malli		HL-11-32/32		HL-11-36		HL-11-58	
Teho	kW	127		96		158	
		ensiö	toisio	ensiö	toisio	ensiö	toisio
Virtaus	dm <sup>3</sup> /s	0,62	0,67	0,33	0,78	0,55	1,28
Lämpötilat	°C-°C	70-20	10-55	115-45	40-70	115-45	40-70
Painehäviö	kPa	18	21	3	11	3	12
Suunnittelupaine	MPa	1,6	1,0	1,6	0,6	1,6	0,6
Rakenneaine							

### 3.2 Laskutusmittaukseen perustuva menetelmä

Raahen Energia ylläpitää kulutus-web palvelua, jonne asiakas voi kirjautua käyttöpaikan ja mittarin numerolla. Nämä tiedot löytyvät kaukolämpölaskulta. Palvelusta löytyy useita erilaisia raportteja rakennuksen kaukolämmön kulutuksesta. Kuukausiraportti kertoo kunkin kuukauden laskutetun energiankulutuksen megawattitunteina. Muita hyödynnettäviä tietoja on kuukauden keskilämpötila, joka myös löytyy kuukausiraportista. Lisäksi web-palvelu tuottaa sääkorjatun kulutus-tiedon tarkasteluvuodelta ja vertailuksi tarkasteluvuotta edeltävältä vuodelta. Paikkakunnan lämmitystarveluku löytyy myös palvelusta.

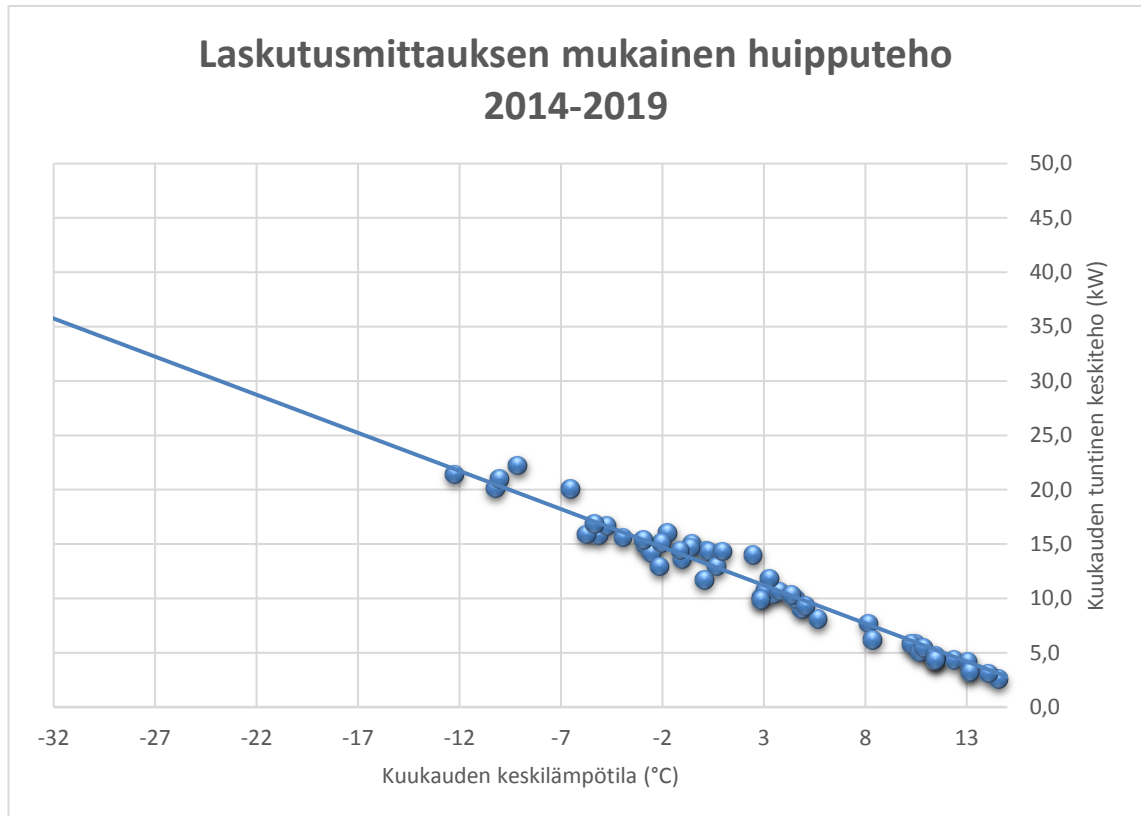
Kulutus-web palvelun tietoja on helppo hyödyntää. Laskutusmittaukseen perustuvan menetelmän mukaiseen mitoitustarkasteluun tarvittavat tiedot ovat kuukauden keskilämpötila (°C), sekä kuukauden mitattu kulutus (MWh). Keskilämpötila on suoraan hyödynnettävässä muodossa, mutta mitattu kulutus täytyy muuttaa tuntiseksi keskitehoksi. Muutos tuntiseksi keskitehoksi tapahtuu kaavan 6 avulla.

Kuukauden tuntisen keskitehon laskukaava on 
$$\phi = \frac{Q}{d \cdot 24 \cdot 1000} \quad (6)$$

missä

$\phi$	on	tuntinen keskiteho [kW]
$Q$	on	kuukauden lämmönkulutus [MWh]
$d$	on	päiviä kuukaudessa
24	on	vuorokauden tunnit
1000	on	muuntokerroin MW => kW.

Kuvoissa 4 on kuvattuna Rauhanyhdistyksen kaukolämpöliittymän kuukauden keskiteho suhteessa ulkolämpötilaan. Kuvion jokainen yksittäinen piste edustaa yhden kuukauden tuntisen keskitehon ja kyseisen kuukauden keskilämpötilan välistä suhdetta. Näistä pisteistä muodostuu lineaarinen regressiosuora, joka kuvaa tuntista tehontarvetta mitoitusulkolämpötilassa.



Kuvio 4. Laskutusmittauksen mukainen huipputeho

### 3.3 Laskutusmittauksen soveltamista

Energiateollisuus Ry:n suosituksessa K15/2014 kuvattuja muita tarkastusmenetelmiä ei voi käytössä olevan energiamittarin ominaisuuksien vuoksi suoraan hyödyntää. Rakennukseen asennettu energiamittari ei rekisteröi kulutustietoja tunnin tarkkuudella, joten kaikista tarkin menetelmä ei ole käytössä. Menetelmiä on mahdollista hyödyntää joiltakin osin ja eri menetelmien yhdistäminen on mielestäni perusteltua haettaessa optimaalista liittymän mitoitus. Tutkin seuraavaksi laskutusmittaukseen perustuvan menetelmän tarkempaa sovellutusta tuomalla toteutuneen kulutuksen kuukausitasolta vuorokausitasolle. Tämän sovelletun menetelmän etu on se, että rakennuksen lämmönkulutus käyttötilanteessa tulee esille paremmin kuin kuukausitarkastelussa edellä.

Lämmön myyjä toimittaa pyydettyä tarkemman raportin käyttöpaikan kulutustiedoista (Taulukko 3). Pyysin Raahen Energialta raportin edellisen kalenterivuoden ja kuluvan vuoden osalta. Raportti toimitettiin sähköpostitse liitetiedostona.

Tiedosto on taulukkomuotoinen ja avautuu Excelillä. Taulukosta löytyy perustiedot kuten mittarinumero, asiakasnumero ja käyttöpaikan osoite. Taulukossa vuorokauden kulutustiedot ovat ”piilossa”, koska jokaiselle päivälle löytyy mittarin muistissa oleva kokonaisenergian määrä (Taulukko 3, sarake G). Vesivirta ja käyttötunnit ilmoitetaan niin ikään juoksevana kokonaismääränä (Taulukko 3, sarake H). Taulukosta löytyy jokaiselle vuorokaudelle kaukolämpöveden jäähtymä, sekä meno- ja paluulämpötilat (Taulukko 3, sarakkeet I-K). Taulukon tutkiminen paljastaa, että mittari ei lähetä vuorokauden tietoja aina samaan aikaan vuorokaudesta. Taulukossa on päiviä, jolloin mittari ei ole lähettänyt kulutustietoa lainkaan. Tästä seuraa tietysti se, että energian kokonaismäärä tällaisten välipäivien jälkeen on suurempi. Käyttötunnit sarakkeen (Taulukko 3. sarake L) hyödyntämisellä saadaan kulutettu energiamäärä jaettua todellisille käyttötunneille.

Taulukko 3. Vuorokautiset lämmönkulutustiedot (Raahen Energia Oy)

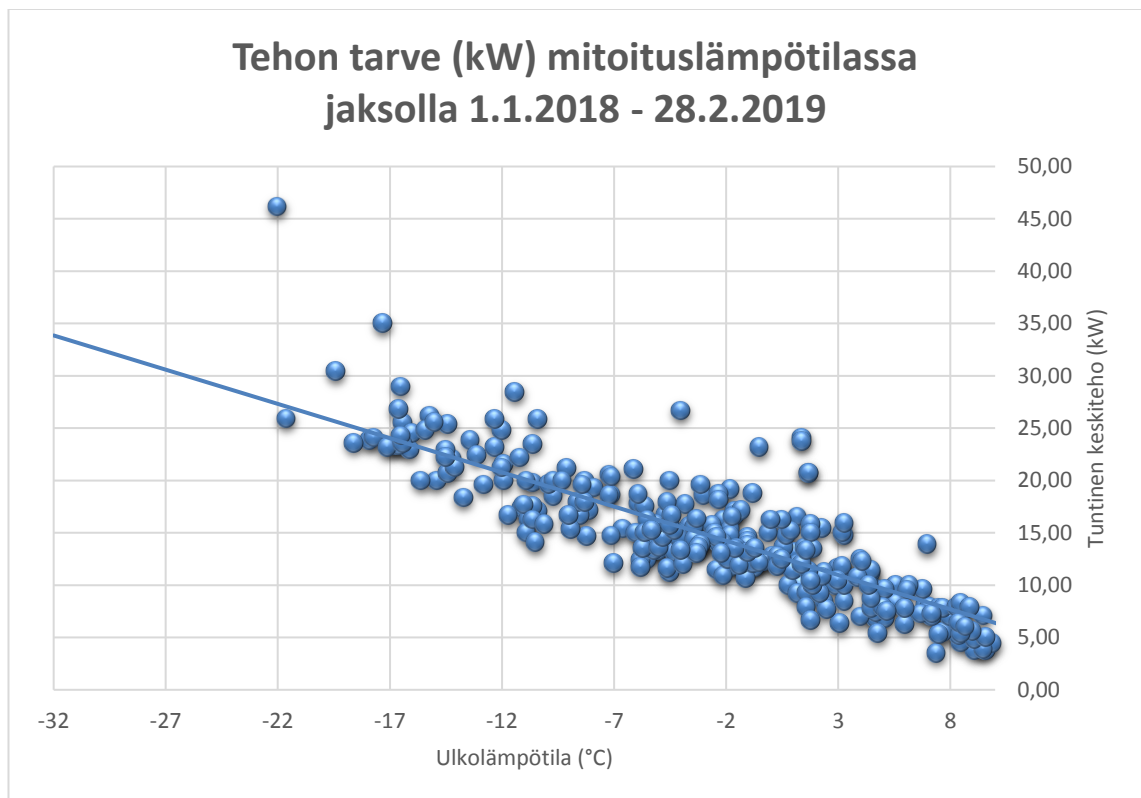
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	Mittarinumero	Päiväys	Aika	Asiakasnumero	Nimi	Osoite	Energia (MWh)	Vesi (m <sup>3</sup> )	T1 (C)	T2 (C)	T1-T2 (C)	Käyttötunnit
2		1.1.2018	1:38		PAJU PAJU		1474,3	26287,9	96,98	37,04	59,94	130380
3		2.1.2018	6:31		PAJU PAJU		1474,69	26293,2	99,24	36,65	62,59	130409
4		3.1.2018	1:43		PAJU PAJU		1474,93	26296,5	97,06	36,09	60,97	130428
5		4.1.2018	6:01		PAJU PAJU		1475,28	26301,4	99,59	37,03	62,56	130456
6		5.1.2018	1:38		PAJU PAJU		1475,55	26305,1	101,2	35,87	65,33	130476
7		6.1.2018	6:30		PAJU PAJU		1475,9	26309,8	103,09	35,9	67,19	130505
8		7.1.2018	1:35		PAJU PAJU		1476,14	26313,1	105,22	36,26	68,96	130524
9		8.1.2018	5:24		PAJU PAJU		1476,66	26319,7	102,49	37,17	65,32	130552
10		9.1.2018	1:35		PAJU PAJU		1476,94	26323,4	102,44	36,57	65,87	130572

Poistin taulukon turhan informaation, kuten mittarinumeron, asiakasnumeron, nimen ja osoitteen. Taulukkoon täytyi tuoda lisäinformaationa paikkakunnan ulkoilman vuorokauden keskilämpötila (Taulukko 4, sarake C). Tämän tieto on haettava ilmatieteenlaitoksen palvelusta, josta löytyy myös paikkakunnan vuorokauden ylimmät ja alimmat lämpötilat. Lämpötilatieto on samaa tiedostoformaattia ja soveltuu liitettäväksi samaan taulukkoon.

Taulukko 4. Vuorokautiset lämmönkulutustiedot lisättynä keskilämpötilatiedolla

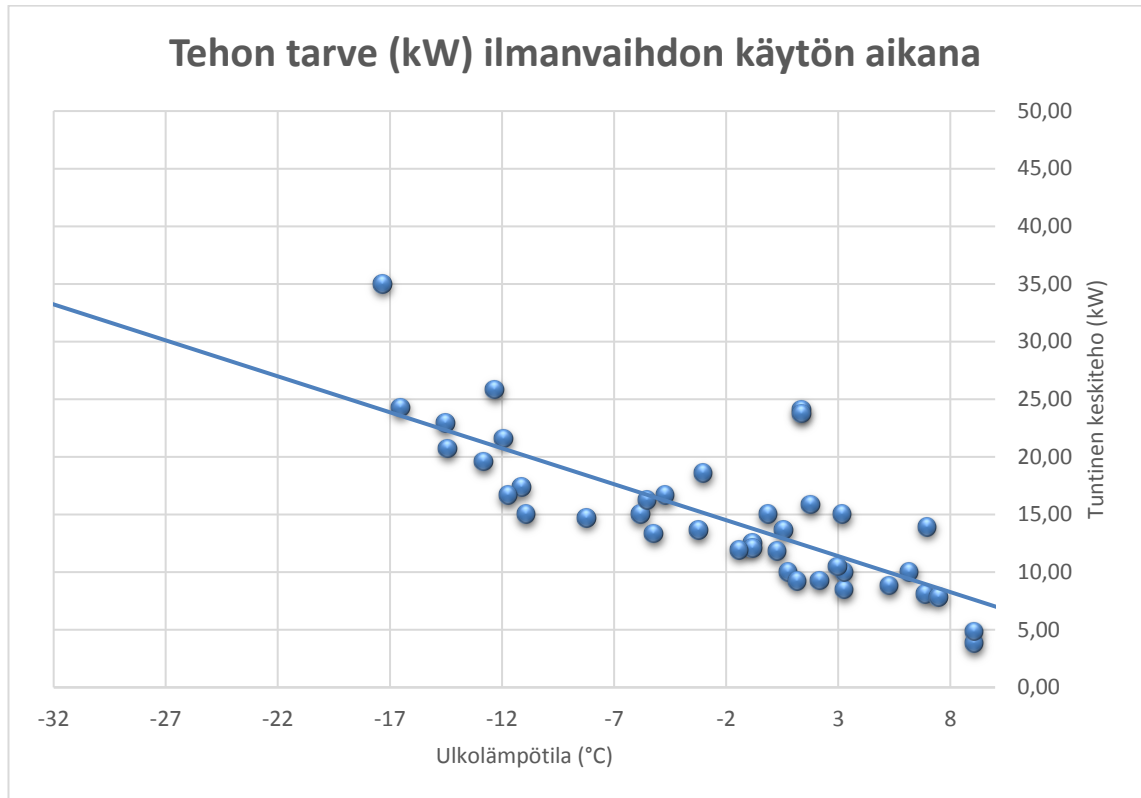
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	Päiväys	Aika	(keskilt, vrk)	(MWh/jakso)	(MW, h)	(kW, h)	(m <sup>3</sup> , vrk)	(m <sup>3</sup> /h)	(dm <sup>3</sup> /s)	T1 (C)	T2 (C)	T1-T2 (C)	(h/jakso)
2	1.1.2018	1:38	-1,3	0,39	0,013	13,45	5,3	0,18	0,051	96,98	37,04	59,94	29
3	2.1.2018	6:31	-1	0,24	0,013	12,63	3,3	0,17	0,048	99,24	36,65	62,59	19
4	3.1.2018	1:43	0,1	0,35	0,012	12,50	4,9	0,18	0,049	97,06	36,09	60,97	28
5	4.1.2018	6:01	-3,5	0,27	0,013	13,50	3,7	0,18	0,051	99,59	37,03	62,56	20
6	5.1.2018	1:38	-1,4	0,35	0,012	12,07	4,7	0,16	0,045	101,2	35,87	65,33	29
7	6.1.2018	6:30	-0,8	0,24	0,013	12,63	3,3	0,17	0,048	103,09	35,9	67,19	19
8	7.1.2018	1:35	-3	0,52	0,019	18,57	6,6	0,24	0,065	105,22	36,26	68,96	28
9	8.1.2018	5:24	-2,3	0,28	0,014	14,00	3,7	0,19	0,051	102,49	37,17	65,32	20
10	9.1.2018	1:35	-1	0,35	0,015	14,58	5,1	0,21	0,059	102,44	36,57	65,87	24

Vuorokaudessa kulutetun energiamäärän ja käyttötunnit laskin vähennyslaskulla. Näin saadun energiamäärän (MWh/jakso) jaoin jakson tuntimäärällä (h/jakso) sain tuntisen tehontarpeen (MW). Yksikkömuutos MW => kW kertolaskulla. Vesivirran kanssa tein vastaavan operaation, että sain virtaamat ( $\text{m}^3/\text{s}$ ) ja edelleen ( $\text{dm}^3/\text{s}$ ). Taulukossa 4 on esitetty tammikuun 2018 ensimmäisten päivien tiedot. Tällä tavalla on muodostunut koko tarkastelujakson tiedot ja niiden perusteella on laadittu kuviot 5-7.

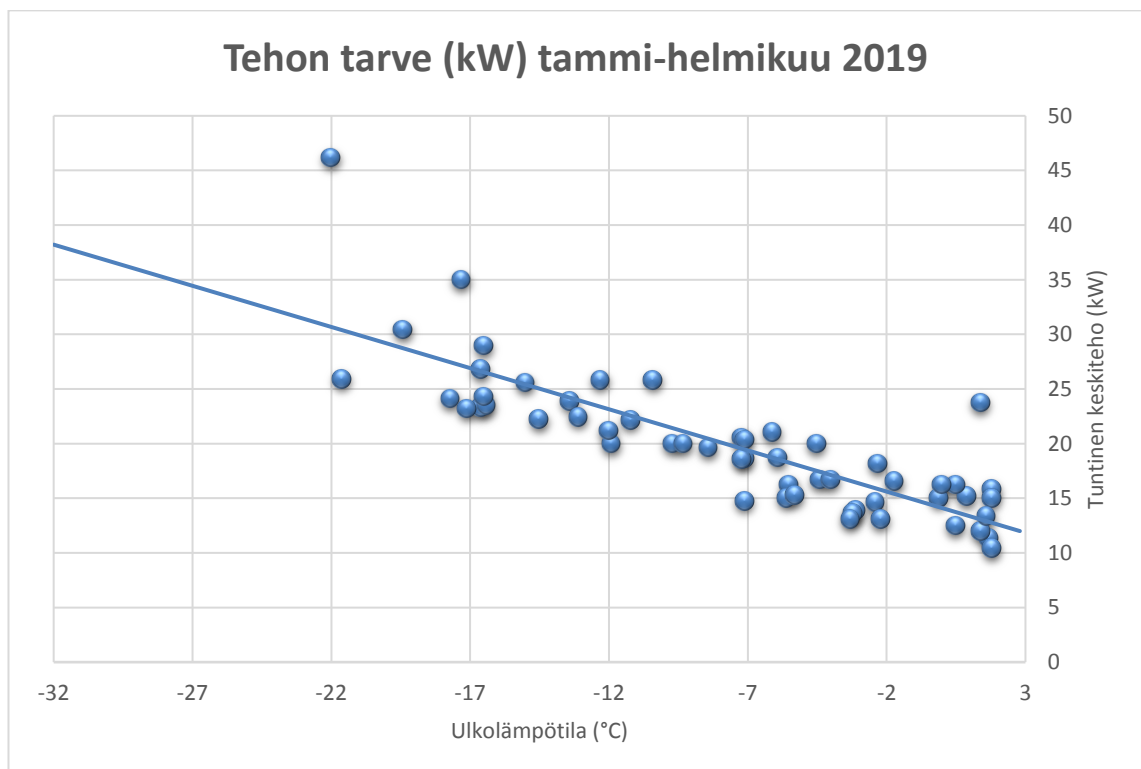


Kuvio 5. Lämmitystehon tarve mitoituslämpötilassa

Verrattaessa kuviota 4, 5 ja 6 keskenään nähdään, että tehontarve mitoituslämpötilassa muodostuu lähes samalle tasolle. Näin ollen ilmanvaihdon tehostuksella ei ole merkittävää vaikutusta lämmitystehoon. Ilmanvaihtokoneet on varustettu lämmön talteenotolla ja tehostuksen ohjaustapa perustuu hiilidioksidin määrään poistoilmassa. Tehotarkastelu kylmien talvikuukausien ajalta osoittaa, että lämmitystehontarve on suurempi kuin koko vuoden tarkastelujakso näyttää (kuvio 7).



Kuvio 6. Tehon tarve rakennuksen käyttötilanteessa

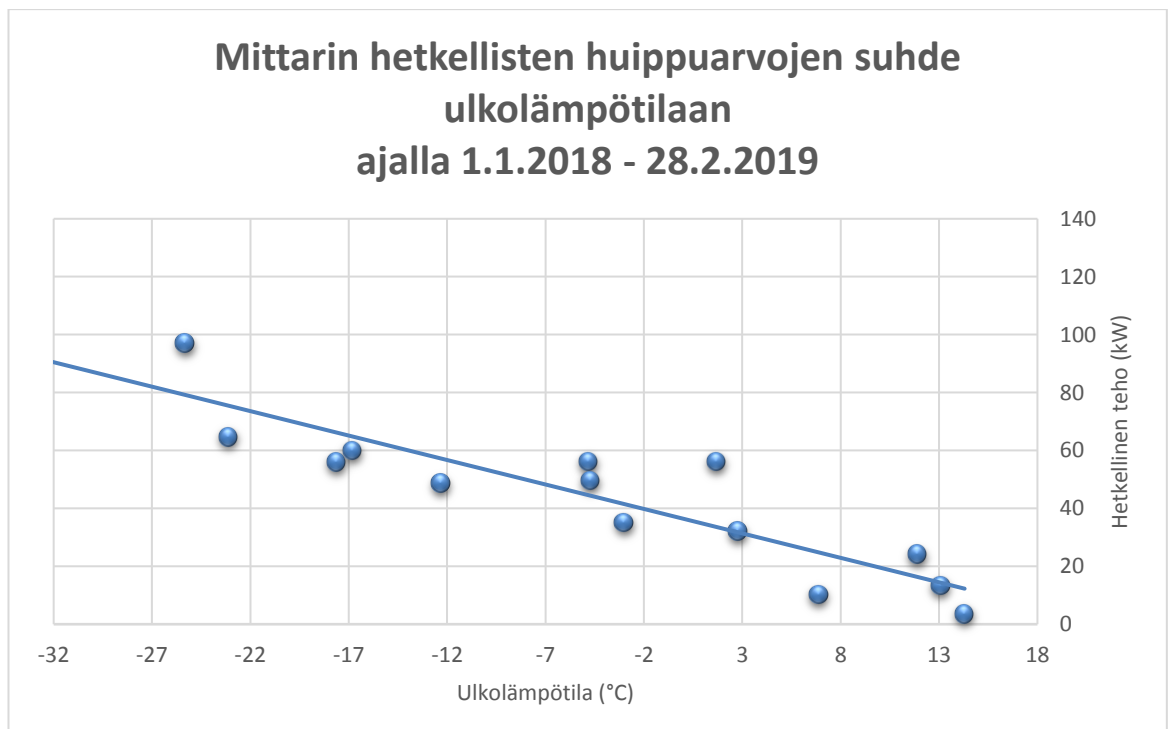


Kuvio 7. Tehon tarve talven kylmimpinä kuukausina

### 3.4 Mittarin huippuarvomenetelmä

Energiateollisuus Ry:n suosituksen K15/2014 mukainen liittymän sopimustehon ja vesivirran tarkastusmenetelmä on mittarin huippuarvoihin perustuva tarkastusmenetelmä. Sovellan tätä menetelmää samalla tavalla, kuin edellä luvuissa 3.2 ja 3.3 laskutusmittauksen kanssa. Mittarin huipputehon aikainen ulkolämpötila ja rakennuksen mahdollinen käyttö antavat hyvän kuvan tehontarpeesta mitoituslämpötilassa.

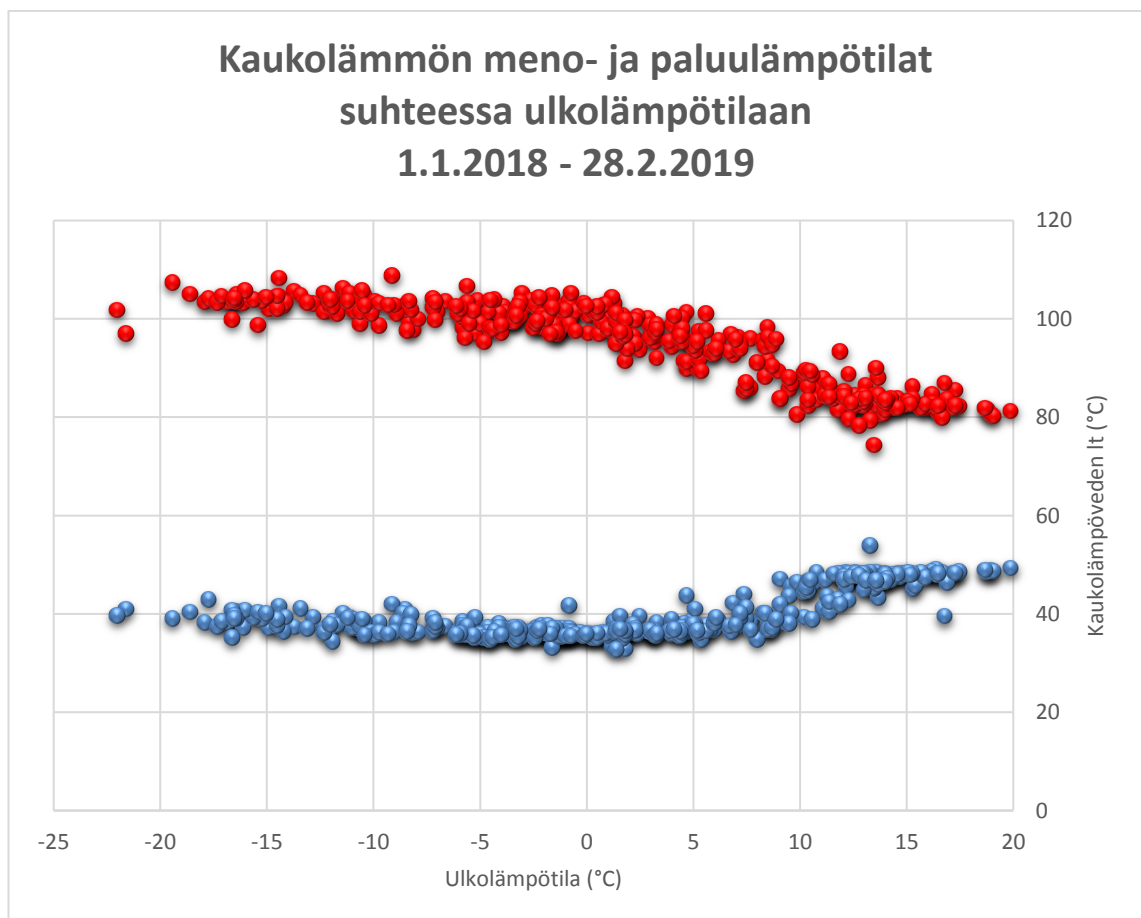
Lämmönmyyjän toimittama kulutushistoria sisälsi lisäksi joka kuukauden hetkellisen huipputehon ja päivän, milloin huippu on saavutettu. Rauhanyhdistyksen toimintakalenterin mukaan kyseisen seurantajakson korkeimman hetkellisen tehon (96,6 kW) aikaan rakennus on ollut täydessä käytössä. Kyseisen vuorokauden alin lämpötila Ilmatieteenlaitoksen mukaan on ollut -25,3 °C, joka on myös kuluvan vuoden pakkasennätys Raahessa. Kuvio 8 osoittaa, että hetkellisen huipputehomitoituksen mukainen mitoitus-teho on 90 kW. Kuviossa 8 on mukana myös käyttöveden lämmitys. Yksittäinen suurin poikkeama, joka esiintyy kuviossa 2 °C:n lämpötilalla johtuu kovasta lämpimän veden kulutuksesta. Kyseisellä hetkellä on talon keittiössä ollut joulumyyjäisten valmistelut (Raahen Rauhanyhdistys Ry:n toimintakalenteri.)



Kuvio 8. Hetkellinen huipputeho mittarin muistista suhteessa lämpötilaan

### 3.5 Kulutustietojen hyödyntäminen

Lämmönmyyjän toimittamaa aineistoa voi hyödyntää monella tapaa. Kuviossa 9. on kaukolämmön meno- ja paluulämpötilat kulloinkin vallitsevalla ulkolämpötilalla. Kuviossa 9 kiinnittää huomion kaksi punaista pistettä vasemmassa reunassa n -22 °C:n lämpötilan kohdalla. Ylempi pisteistä edustaa kyseisen tarkastelujakson kylmintä vuorokautta, joka on sunnuntai 27.1.2019. Alempi piste on torstailta 24.1.2019. Kaukolämmön tulolämpötila -21,6 °C:n lämpötilassa on ollut n. 97 °C varmaan voidaan puhua jo lämmöntoimituksen häiriöstä. Korkein kaukolämmön tulolämpötila on 108,8 °C, joka on toteutunut -9,1 °C:n pakkasella. Kaukolämmön paluulämpötila pysyttelee kylmimmillä keleillä 40 °C:n tuntumassa ja pikkupakkasella keskimäärin 35 °C:n kieppeillä. Kaukolämmön jäähtymä on tarkastelujaksolla hyvällä tasolla. Yli 10 °C:n lämpötiloilla paluulämpötila on keskimäärin lähellä 50 °C:ta. Säätoventtiilien mitoittaminen uudelleen saattaa parantaa jäähtymää entisestään, kun säätö tarkentuu.



Kuvio 9. Kaukolämmön meno- ja paluulämpötilat vuorokauden keskiarvona

## 4 LIITTYMÄN UUDELLEENMITOITUS

### 4.1 Sopimusteho ja vesivirta

Liittymän sopimusteho ja vesivirta ovat olleet rakennuksen valmistumisesta lähtien samalla tasolla 254 kW ja 3,2 m<sup>3</sup>/h, jonka on määrittänyt LVI-suunnittelija. Sopimusteho on muodostunut lämmityksen 98 kW ja ilmanvaihdon 158 kW yhteistehosta. Luvussa 3 esitettyjen laskelmien perusteella lämmityksen lämmönsiirtimen osuudeksi sopimustehosta riittää 35-40 kW. Rakennuksen tarvitsema teho on vakiintunut edellä mainitulle tasolle ja lisäksi rakennuksen käyttö on kulutushistorian mukaista myös jatkossa, joten muutokset sopimustehoon on mahdollista ja erittäin suositeltavaa toteuttaa.

Ilmanvaihdon lämmöntarpeen mitoituksessa on ilmeisesti ajateltu, että rakennuksen peruslämpö pidetään maltillisena esim. 16 °C ja ennen käyttötilannetta lämpötila nostetaan ilmanvaihdon avulla. Tämä seikka voisi osittain selittää ilmanvaihdon alkuperäisen sopimustehon ja toteutuneen tehonkäytön eron. Kulutushistoria osoittaa, että tällaisia ilmanvaihdolla toteutettuja lämmön nostoja ei ole ollut. Rakennuksen peruslämpö on pidetty samalla n. 21 °C tasolla riippumatta rakennuksen käytöstä. Ilmanvaihdon lämmitystehoksi muodostuu huipputehotarkastelun mukaisesti 90 kW.

Liittymän tehojen tarkastelun kustannusvaikutukset voi laskea, kun tietää tilaustehon, vesivirran ja lämmön myyjän perusmaksutariffin. Perusmaksun määräytyminen on esitetty kaavassa 7 (Raahen Energia Oy).

Nykyinen perusmaksu on  $2,8 \times (34 + 620 \times 3,2) \times 1,24 = 7006,50 \text{ €/a}$ .

Uuden tilaustehon mukainen perusmaksu muodostuu lämmityksen ja ilmanvaihdon siirtimien tehon tarpeista,  $40 \text{ kW} + 90 \text{ kW} = 130 \text{ kW}$ . Tilaustehosta tilausvesivirtaan päästään kaavan 2 avulla

$$130 \text{ kW} / 4,2 \text{ kJ/kgK} \times 0,950 \text{ kg/dm}^3 \times 70 \text{ K} = 0,434 \text{ dm}^3/\text{s}$$

$$0,434 \text{ dm}^3/\text{s} \times 3600 \text{ s/h} / 1000 \text{ dm}^3/\text{m}^3 = 1,564 \text{ m}^3/\text{h}$$

Liittymän uudelleen mitoituksen mukainen perusmaksu on

$$2,8 \times (34 + 620 \times 1,564) \times 1,24 = 3484,80 \text{ €/a.}$$

$$\text{Perusmaksun määräytyminen } \text{€} = kq \cdot (A + B \cdot Q) \cdot alv \quad (7)$$

missä

€	on	Perusmaksu [€/a]
kq	on	perusmaksukerroin 2,8
A	on	tilausvesivirran mukaan määrittyvä kerroin 34
B	on	tilausvesivirran mukaan määrittyvä kerroin 620
Q	on	tilausvesivirta [m <sup>3</sup> /h]
alv	on	arvonlisäveron kerroin 1,24.

## 4.2 Säästöventtiilit

### 4.2.1 Lämmitys

Lämmityksen tehontarpeeksi mitoituslämpötilassa -32 °C muodostuu kulutushistorian perusteella 36 kW. Tehoa vastaava mitoitusvirtaama saadaan laskettua kaavalla 2, jolloin virtaamaksi saadaan 0,12 dm<sup>3</sup>/s [36 kW / (4,2 kJ/kgK x 0,950 kg/dm<sup>3</sup> x 75 K)].

Lämmityksen säästöventtiilin mitoituksessa lämmön myyjän ilmoittama verkoston paine vaihtelurajoiheen on 100 – 250 kPa ja maaliskuussa kohteessa vallitsi 150 kPa:n paine. Taulukossa 5 on laskettu lämmityksen säästöventtiilin mitoitus verkoston paineen vaihteluvälillä. Vihreissä ruuduissa olevat arvot on laskettu luvussa 2.5 esitetyillä kaavoilla. Käytetyt kaavat näkyvät taulukon 5 D-sarakkeessa.

Taulukko 5. Lämmityksen säätöventtiilin valinta

	A	B	C	D
1	Lämmityksen säätöventtiilin valinta vaihteluvälillä 100 - 250 kPa			laskukaava
2	Mitoitusvirtaama V	0,432	m <sup>3</sup> /h	
3	Δp verkosto	100	kPa	
4	Δp siirrin	3	kPa	
5	Δp putkisto	5	kPa	
6	Mitoituspainehäviö Δp	0,92	bar	(B3-B4-B5)/100
7	laskettu kv-arvo (kaava 3)	0,450391		B2/NELIÖJUURI(B6)
8	Valitun venttiilin kvs-arvo	0,4	m <sup>3</sup> /h	
9	Δp säätöventtiili (kaava 4)	116,6	kPa	(B2/B8)^2*100
10	β vaikutusaste (kaava 5)	1,17		B9/B3
11				
12				laskukaava
13	Mitoitusvirtaama V	0,432	m <sup>3</sup> /h	
14	Δp verkosto	250	kPa	
15	Δp siirrin	3	kPa	
16	Δp putkisto	5	kPa	
17	Mitoituspainehäviö Δp	2,42	bar	(B14-B16-B15)/100
18	laskettu kv-arvo (kaava 3)	0,2777		B13/NELIÖJUURI(B17)
19	Valitun venttiilin kvs-arvo	0,4	m <sup>3</sup> /h	
20	Δp säätöventtiili (kaava 4)	116,6	kPa	(B13/B19)^2*100
21	β vaikutusaste (kaava 5)	0,47		B20/B14

Taulukon 5 laskentatulokset osoittavat, että käytettävissä olevan paineen ollessa 100 kPa venttiiliksi tulisi valita DN15 k<sub>vs</sub> 0.63 venttiili, mutta jos valitaan kyseinen venttiili vaikutusaste β putoaa hieman alle 0.5 (taulukko 6). Jos valitaan pienempi DN15 k<sub>vs</sub> 0.4 m<sup>3</sup>/h venttiili ja käytettävissä oleva paine on 100 kPa, niin maksimivirtaama olisikin 0,385 m<sup>3</sup>/h ja tästä laskettu mitoituslämpötilan maksimiteho n. 33 kW. Maaliskuussa vallinnut paine antaa kuitenkin vaikutelman, että talvella käytettävissä oleva paine on enemmän kuin 100 kPa.

Taulukko 6. Suuremman venttiilin laskentatulokset

	A	B	C	D
1	Lämmityksen säätöventtiilin valinta vaihteluvälillä 100 - 250 kPa			laskukaava
2	Mitoitusvirtaama V	0,432	m <sup>3</sup> /h	
3	Δp verkosto	100	kPa	
4	Δp siirrin	3	kPa	
5	Δp putkisto	5	kPa	
6	Mitoituspainehäviö Δp	0,92	bar	(B3-B4-B5)/100
7	laskettu kv-arvo (kaava 3)	0,450391		B2/NELIÖJUURI(B6)
8	Valitun venttiilin kvs-arvo	0,63	m <sup>3</sup> /h	
9	Δp säätöventtiili (kaava 4)	47,0	kPa	(B2/B8)^2*100
10	β vaikutusaste (kaava 5)	0,47		B9/B3

Taulukossa 7 on paineena käytetty maaliskuun todettua käytössä olevaa painetta 150 – 200 kPa ja venttiilin koko on DN15  $k_{vs}$  0.4 m<sup>3</sup>/h. Laskennasta voi nähdä, että DN15  $k_{vs}$  0.4 m<sup>3</sup>/h venttiili on optimaalinen lämmityspiirin säätöön, koska laskettu kv-arvo on alle 0.4 m<sup>3</sup>/h, jolloin määräystenmukainen seuraava suurempi venttiili on DN15  $k_{vs}$  0.4 m<sup>3</sup>/h. Lämmönjakokeskuksen laitteiden uudelleen mitoitus löytyy liitteestä 2.

Taulukko 7. Optimaalinen lämmityksen säätöventtiili

	A	B	C	D
1	Lämmityksen säätöventtiilin valinta vaihteluvälillä 150 - 200 kPa			laskukaava
2	Mitoitusvirtaama V	0,432	m <sup>3</sup> /h	
3	$\Delta p$ verkosto	150	kPa	
4	$\Delta p$ siirrin	3	kPa	
5	$\Delta p$ putkisto	5	kPa	
6	Mitoituspainehäviö $\Delta p$	1,42	bar	(B3-B4-B5)/100
7	laskettu kv-arvo (kaava 3)	0,362526		B2/NELIÖJUURI(B6)
8	Valitun venttiilin $k_{vs}$ -arvo	0,4	m <sup>3</sup> /h	
9	$\Delta p$ säätöventtiili (kaava 4)	116,6	kPa	(B2/B8)^2*100
10	$\beta$ vaikutusaste (kaava 5)	0,78		B9/B3
11				
12				laskukaava
13	Mitoitusvirtaama V	0,432	m <sup>3</sup> /h	
14	$\Delta p$ verkosto	200	kPa	
15	$\Delta p$ siirrin	3	kPa	
16	$\Delta p$ putkisto	5	kPa	
17	Mitoituspainehäviö $\Delta p$	1,92	bar	(B14-B16-B15)/100
18	laskettu kv-arvo (kaava 3)	0,311769		B13/NELIÖJUURI(B17)
19	Valitun venttiilin $k_{vs}$ -arvo	0,4	m <sup>3</sup> /h	
20	$\Delta p$ säätöventtiili (kaava 4)	116,6	kPa	(B13/B19)^2*100
21	$\beta$ vaikutusaste (kaava 5)	0,58		B20/B14

#### 4.2.2 Ilmanvaihto

Ilmanvaihdon säätöventtiilin mitoitus tapahtuu pääpiirteissään samalla tavalla, kuin lämmityksen säätöventtiilin mitoitus. Huipputehotarkastelun mukainen ilmanvaihdon tehontarve mitoituslämpötilassa on 90 kW. Käytän mitoituksessa käytössä olevan paineen vaihteluvälinä 150 – 200 kPa. Taulukon 8 mukaisesti laskettu kv-arvo asettuu edellä mainitulla paineella 0,79 – 0,92 välille. Tämän laskennan seurauksena valitaan ilmanvaihdon säätöventtiiliksi DN15  $k_{vs}$  1.0 m<sup>3</sup>/h.

Vaikutusaste  $\beta$  pysyy kyseisellä venttiilivalinnalla vähimmäisarvon 0,5 yläpuolella.

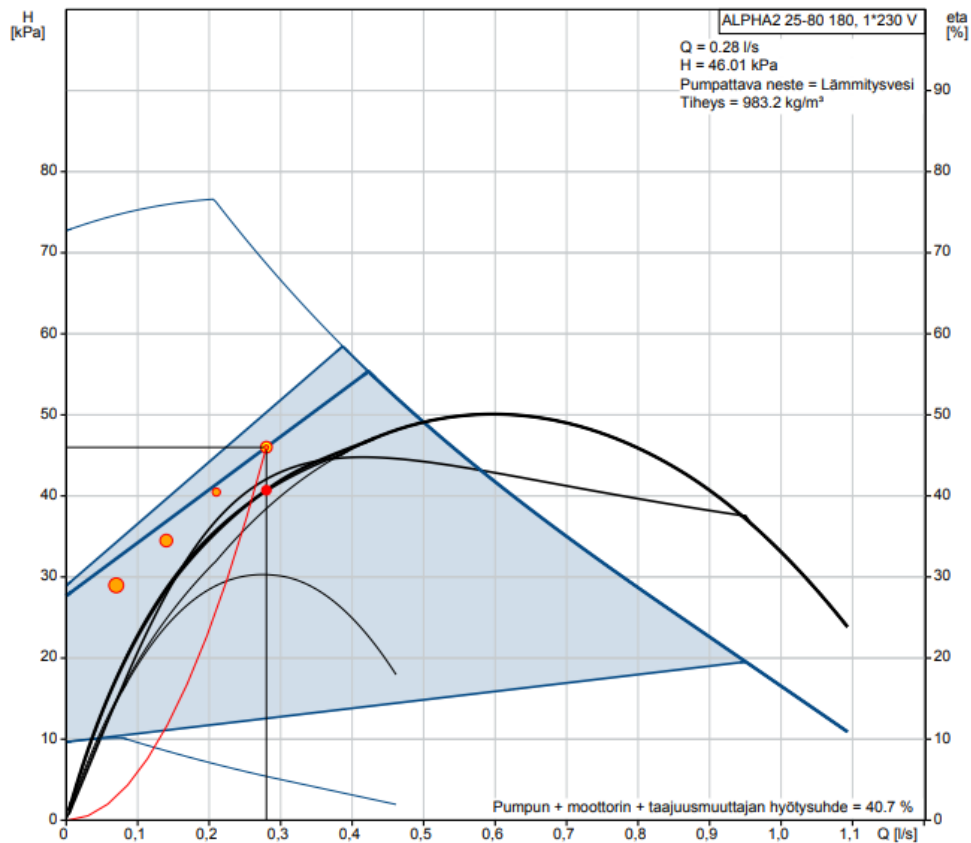
Taulukko 8. Ilmanvaihdon säätöventtiilin optimimitoitus

	A	B	C	D
1	Ilmanvaihdon säätöventtiilin valinta vaihteluvälillä 150 - 200 kPa			laskukaava
2	Mitoitusvirtaama V	1,1	m <sup>3</sup> /h	
3	$\Delta p$ verkosto	150	kPa	
4	$\Delta p$ siirrin	3	kPa	
5	$\Delta p$ putkisto	5	kPa	
6	Mitoituspainehäviö $\Delta p$	1,42	bar	$(B3-B4-B5)/100$
7	laskettu kv-arvo (kaava 3)	0,923099		$B2/NELIÖJUURI(B6)$
8	Valitun venttiilin kvs-arvo	1	m <sup>3</sup> /h	
9	$\Delta p$ säätöventtiili (kaava 4)	121,0	kPa	$(B2/B8)^2 \cdot 100$
10	$\beta$ vaikutusaste (kaava 5)	0,81		$B9/B3$
11				
12				laskukaava
13	Mitoitusvirtaama V	1,1	m <sup>3</sup> /h	
14	$\Delta p$ verkosto	200	kPa	
15	$\Delta p$ siirrin	3	kPa	
16	$\Delta p$ putkisto	5	kPa	
17	Mitoituspainehäviö $\Delta p$	1,92	bar	$(B14-B16-B15)/100$
18	laskettu kv-arvo (kaava 3)	0,793857		$B13/NELIÖJUURI(B17)$
19	Valitun venttiilin kvs-arvo	1	m <sup>3</sup> /h	
20	$\Delta p$ säätöventtiili (kaava 4)	121,0	kPa	$(B13/B19)^2 \cdot 100$
21	$\beta$ vaikutusaste (kaava 5)	0,61		$B20/B14$

#### 4.3 Kiertovesipumpun mitoittaminen

Patterilämmityksen toisiopuolen uudelleenmitoituksen mukainen virtaama on  $40 \text{ (kW)} / 4,19 \text{ (kJ/kg K)} \times 1 \text{ (kg/dm}^3) \times 30 \text{ (K)} = 0,28 \text{ dm}^3/\text{s}$ . Ilmanvaihdon vastaava virtaama on  $90 \text{ (kW)} / 4,19 \text{ (kJ/kg K)} \times 1 \text{ (kg/dm}^3) \times 30 \text{ (K)} = 0,73 \text{ dm}^3/\text{s}$ . LVI-suunnitelman mukaan lämmityspiirin pumppu on Grundfos UPE 25-80 ja IV-piirissä Grundfos Magna UPE 50-60. Grundfos pumpun mitoitusohjelma toimii siten, että pikamitoituksessa ohjelma kysyy maksimivirtaamaa (l/s) ja nostokorkeutta (kPa). Käytän mitoituksessa rakennuksen LVI-suunnittelijan määrittämää nostokorkeutta, joka on lämmityspiirin 46 kPa ja IV-piirin 47 kPa. Näiden tietojen lisäksi tehdään käyttötapaa kuvaavat valinnat. Mitoitusohjelma listaa syötettyihin

arvoihin soveltuvat pumpputyypit. Uusien virtaamien mukaisilla arvoilla pumppu-  
 tyypeiksi valikoituu lämmityspiiriin Alpha 2, 25-80 ja IV-piiriin Magna 3, 25-80.  
 Kuviossa 10 on esitetty lämmityspiirin pumpun toimintapisteet eri käyttötilantei-  
 den virtaamilla. Kuviossa ylimpänä oleva keltainen toimintapiste kuvaa täyden  
 virtaaman aikaista tilannetta. (Grundfos).



Kuvio 10. Lämmityspiirin pumpun toimintapisteet käyttötilanteen virtaamilla (Grundfos)

## 5 POHDINTA

Työn tavoitteena oli määrittää rakennuksen kaukolämmön sopimusteho toteutunutta kulutusta vastaavalle tasolle ja tuottaa tarvittava aineisto sopimustehon muuttamista varten. Jo ennen työn aloittamista tiesin, että liittymä on reilusti yli-imitoitettu. Työn tekemisen ja tutkimusten aikana tämä seikka tuli entistä selvemmin esille. Liittymän sopimusteho ja vesivirta olivat lähtötilanteessa 256 kW ja 3,2 m<sup>3</sup>/h. Kulutushistorian ja mittarin huipputehojen tarkastelun mukaisesti sopimustehoksi ja vesivirraksi muodostuu 130 kW ja 1,564 m<sup>3</sup>/h. Jo työn alkuvaiheessa päätin, että liittymän säätöventtiilit kannattaa mitoittaa kulutushistorian mukaisille virtaamille, koska säätöventtiilien sopivalla mitoituksella saavutetaan vakaampi säätö. Venttiilien uudet arvot ovat: lämmitys DN15,  $k_{vs}$  0.4 dm<sup>3</sup>/s ja ilmanvaihto DN15,  $k_{vs}$  1.0 dm<sup>3</sup>/s. Säätöventtiilien mitoitukseen kuuluu olennaisesti kiertovesipumppujen uudelleenmitoitus. Pumppujen mitoituksella on vaikutusta myös sähköenergian kulutukseen. Pumppujen ylimitoitusta tulee välttää. Liittymän uudelleen mitoituksen mukanaan tuoma säästö pelkästään perusmaksussa on noin 3500 €/a.

Käytin työssä suosituksen mukaista tehontarkastamisen menetelmää, joka antoi viitteitä liittymän ylimitoituksesta. Suosituksen mukaisista neljästä liittymän tarkastusmenetelmästä soveltui tähän kohteeseen kaksi menetelmää. Kumpikin käytössä ollut menetelmä antoi mielestäni todellisen kuvan liittymästä. Mielestäni pelkästään laskutusmittaukseen perustuvan menetelmän käyttö ei anna liittymän todellisesta tehon tarpeesta oikeaa kuvaa. Toisaalta pelkästään huipputehomi-toituksen käyttäminen jättää avoimia kysymyksiä käyttöveden lämmityksen osuudesta huipputehoihin. Käytin tarkastelussa suosituksen mukaisten menetelmien lisäksi myös itse sovellettuja menetelmiä, jotka perustuivat kulutukseen ja kyseisen hetken tai jakson ulkolämpötilaan. Rakennuksen toteutuneen käytön huomiointi tarkastelussa usean eri menetelmän avulla osoittautui päteväksi keinoksi mitoittaa uudet venttiilit. Vuorokauden tehotarkastelun avulla sai hyvän kuvan lämmityksen lämmönsiirtimen tehon tarpeesta. Huipputehotarkastelun yhdistäminen rakennuksen käyttötilanteeseen toi esille ilmanvaihdon lämmönsiirtimen tehon tarpeen. Venttiilien mitoitusta tehdessäni laskeskelin ja mietin, että riittääkö lämpö mitoituslämpötilassa. Lopputulemana päädyin aina siihen tulokseen, että kyllä lämpö riittää. Kaikissa tehotarkasteluiden tehoissa on mukana lämpimän

käyttöveden lämmityksen osuus. Käyttöveden lämmityksellä on vaikutus juuri huipputehoihin. Uusien venttiilien, eteenkin ilmastoinnin säätöventtiilin mitoituksessa on näin pelivaraa käyttöveden hetkellisen lämmitystehon verran.

Työn tekemisen aikana mietin usein, että miten liittymän ylimitoitus on päässyt toteutumaan. Yksi mahdollinen syy lämmityksen ylimitoitukseen voi olla inhimillinen virhe rakennuksen lämmöntarpeen tai patteritehojen laskennassa. Ilmastoinnin siirtimen ylimitoitukseen vaikuttaa merkittävimmin suunnitelman mukaisen säätötavan ja toteutetun säätötavan erot. Minulla ei ole käytettävissä tietoja rakennuksen suunnitteluvaiheesta. On mahdollista, että suunnittelijan, tilaajan ja käytännön toteutuksen yhteisvaikutus on altistanut ylimitoitukselle. Sopimustehon ja suunnitelmien oikeellisuuden merkitystä lämmön myyjän näkökulmasta olen pohtinut työni äärellä usein. En ole osallistunut uuden liittymän neuvotteluihin lämmönmyyjän kanssa, mutta ajattelen, että ”reilu” mitoitus uuteen liittymään houkuttelee niin suunnittelijaa, lämmön myyjää, kuin tilaajaakin.

On inhimillistä, että lämmönmyyjällä ei ole päällimmäisenä intressinä pienentää asiakkaiden Sopimustehoja, koska perusmaksukertymä pienenee. Sen sijaan alimitoitettujen liittymien sopimustehojen tarkistaminen toisi euroja kassaan. Asiakkaiden tasapuolinen kohtelu on kuitenkin ensiarvoisen tärkeää. Mielestäni lämmön myyjän toimita sopimustehon tarkastamisissa ei ole ollut tasapuolista. Kun puhutaan omakoti-kokoluokkaa suuremmista lämmönkäyttäjistä ovat sopimustehon tarkastukseen yhtä lailla oikeutettuja vähemmän energiaa käyttävät, kuin suuret kuluttajatkin. Lämmön myyjälle myönnetyn laatumerkin perusteella voisi olettaa, että toiminta on tasapuolista ja läpinäkyvää. Tämä työ osoittaa, että näin ei valitettavasti ole. Lämmön käyttäjät ovat eriarvoisessa asemassa. Kyseisen rakennuksen liittymän sopimustehon muutos on tilattu jo vuonna 2015, mutta sopimusteho on edelleen alkuperäisellä tasolla.

Suosituksen mukaan liittymän sopimusteho tulisi tarkastaa lämmön myyjän toimesta viimeistään kolmen vuoden kuluttua käyttöönotosta. Jos sopimusteho olisi tarkastettu suosituksen mukaisesti vuoden 2006 lopulla olisi säästöä toteutuneeseen verrattuna kertynyt yhteensä reilut 40 000 euroa. Menetetty rahamäärä on niin suuri, että lämmönkäyttäjän palkkaama ammattilainen olisi tuonut vuosien varrella rahaa kassaan moninkertaisesti! Mielestäni sopimustehon tarkastus voisi

kuulua pakollisena jo toisen vuoden takuutarkastukseen. Takuutarkastuksen yhteydessä tehdyn tarkastelun pohjalta voisi tarvittaessa päättää seuraavan tehon tarkastamisen tarpeellisuudesta ja ajankohdasta. Rakennuksen kahden vuoden käyttö antaa jo viitteitä sopimustehon oikeellisuudesta. Rakennuksen ensimmäisen käyttövuoden kulutus ei ole vertailukelpoista, koska rakennusaikaisen kosteuden poistamiseksi ilmanvaihdon käyntiajat voivat olla varsin erilaiset käyttötilanteeseen verrattuna.

Tässä työssä käytettyjä tarkastusmenetelmiä voi hyödyntää kaukolämpökohteiden sopimustehon tarkastamisessa. Lämmönkulutuksen tiedot löytyvät jokaisesta käyttöpaikasta lämmön myyjältä ja liittymän omistaja saa ne käyttöönsä pyydettyä. Olisi mielenkiintoista tehdä mitoitustarkasteluita kulutushistorian perusteella muihinkin Raahen Energian kaukolämmön käyttöpaikkoihin. Energia-teollisuus Ry:n jäsenyrityksenä Raahen Energia Oy:llä olisi saatavilla puolueettomia ja suositeltavia menetelmiä asiakkaidensa sopimustehojen tarkastamiseksi. Perusmaksun laskutusperusteen muuttaminen toteutuneen vesivirran mukaisesti esim. vuodeksi kerrallaan olisi asiakkaiden tasapuolisen kohtelun näkökulmasta paras menetelmä. Nykyinen menettelytapa asettaa kaukolämpöasiakkaat eriarvoiseen asemaan ja kohtelu ei ole tasapuolista. Asiakkaiden eriarvoinen kohtelu on kilpailulainsäädännön näkökulmasta tuomittavaa. Mikäli lämmönmyyjä pitäytyy jatkossakin nykyisessä menettelytavassa, kannattaisi mitoitustarkastelut tehdä viipymättä.

## LÄHTEET

Grundfos. Product center. Viitattu 30.4.2019 <https://product-selection.grundfos.com/front-page.html?pumpsystemid=562474073&sizeType=adv&qcid=465483077>.

Ilmatieteenlaitos. Havaintojen lataus. Raahe Lapaluodon satama. Viitattu 21.12.2018 <https://ilmatieteenlaitos.fi/havaintojen-lataus#!/>.

Julkaisu K1/2013. Rakennusten kaukolämmitys, Määräykset ja ohjeet. Päivitetty 9.5.2014. Energiateollisuus Ry.

Kivelä, P. 2019. Kysymyksiä opinnäytetyöhön liittyen. Sähköposti pasi.poyksko2@edu.lapinamk.fi 5.3.2019. Tulostettu 3.4.2019.

Laki energiamarkkinoilla toimivien yritysten energiatehokkuuspalveluista 22.12.2009/1211.

Raahen Energia. Lämmönmyyntitariffi 1.1.2016 lukien. Viitattu 3.4.2019 <http://www.raahenenergia.fi/wp-content/uploads/2016/07/L%C3%A4mm%C3%B6nhinta2016-1.pdf>.

Suomen rakentamismääräyskokoelma D5, 2012. Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta. Ympäristöministeriö, Rakennetun ympäristön osasto.

Suositus K13/2008. Kaukolämmön mittaus. Energiateollisuus Ry.

Suositus K15/2014. Teho ja vesivirta kaukolämmön maksuperusteina. Energiateollisuus Ry.

Suositus M1/2010. Kaukolämmön käyttöraportit. Energiateollisuus Ry. Viitattu 18.12.2018 [https://energia.fi/ajankohtaista\\_ja\\_materiaalipankki/materiaalipankki/suositus\\_m1\\_2010\\_kaukolammon\\_kayttoraportti.html#material-view](https://energia.fi/ajankohtaista_ja_materiaalipankki/materiaalipankki/suositus_m1_2010_kaukolammon_kayttoraportti.html#material-view).

Suositus T1/2010. Kaukolämmön sopimusehdot. Viitattu 18.12.2018 <http://www.raahenenergia.fi/wp-content/uploads/2016/07/KL-sopimusehdot2010.pdf>.

Ympäristöministeriö 2018. Energiatehokkuus. Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta. Viitattu 18.2.2019 <http://www.ym.fi/download/noname/%7B4332AA81-75E1-4CA0-B208-B0ACB60A267F%7D/133692>.

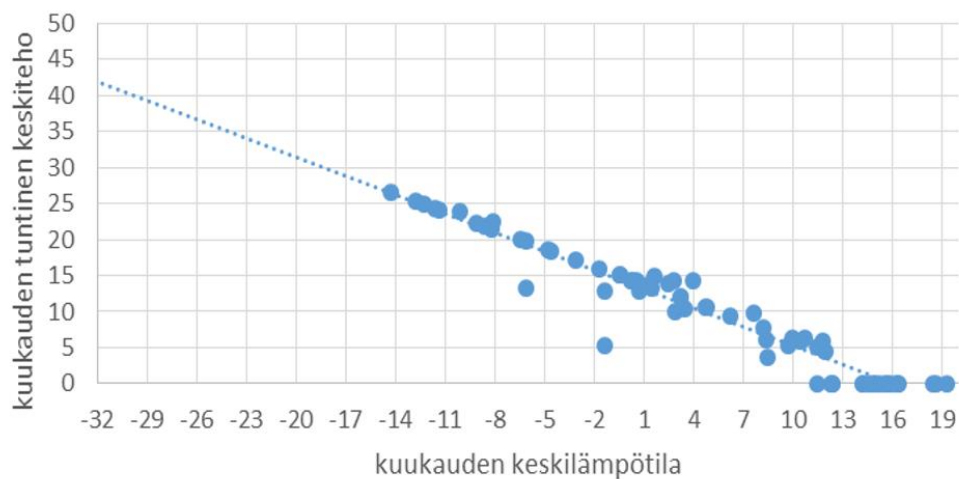
**LIITTEET**

- Liite 1. Liittymän tehotarkastelu vuodelta 2015
- Liite 2. Lämmönjakokeskuksen laitteiden uudelleen mitoitus

Liite1.

# Toteutunut lämmön käyttö

Raahen Rauhanyhdistys Ry. 2010-2015 keskitieto  
mitoitustilassa



- ▶ Jokainen sininen piste on yksittäisen kuukauden lämpötilan ja kulutuksen kuvaaja.
- ▶ Katkoviiva kuvaa tehontarpeen kasvun pakkasen kiristyessä. Mitoituslämpötila  $-32\text{ °C}$
- ▶ Mukana vuodet 2010-2015
- ▶ Huipputeho mittarin muistissa oli 130 kW
- ▶ Mitoitusteho on 260 kW ja tilausvesivirta  $3,2\text{ m}^3/\text{h}$
- ▶ Jäähdytymän ollessa  $70\text{ °C}$  vesivirta on  $1,6\text{ m}^3/\text{h}$
- ▶ Perusmaksu pienenee  $3444,23\text{ €/vuosi}$ .

## Liite 2.

Lämmönjakokeskuksen laitteiden mitoitus							
Lämmönsiirtimet	Yksikkö	Käyttövesi LS 1		Lämmitys LS 2		Ilmastointi LS3	
Valmistaja		LPM		LPM		LPM	
Malli		HL-11-32/32		HL-11-36		HL-11-58	
Teho	kW	127		(96) 40		(158) 90	
		Ensiö	Toisio	Ensiö	Toisio	Ensiö	Toisio
Virtaus	dm <sup>3</sup> /s	0,62	0,67	0,12	0,28	0,31	0,73
Lämpötilat	°C - °C	70 - 20	10 - 55	115 - 45	40 - 70	115 - 45	40 - 70
Painehäviö	kPa	18	21	3	11	3	12
Suunnittelupaine	Mpa	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
Rakennepaine							
Säätöventtiilit		Käyttövesi TV1		Lämmitys TV2		Ilmastointi TV3	
Valmistaja		OUMAN		OUMAN		OUMAN	
Malli		VD220		VD215		VD215	
Virtaus	dm <sup>3</sup> /s	0,62		0,13		0,32	
Painehäviö	kPa	77,4		136,9		132,7	
Koko / kvs arvo	DN/kvs	20/2,5		15/0,4		15/1,0	
Kiertovesipumput		Käyttövesi P1		Lämmitys P2		Ilmastointi P3	
Valmistaja		GRUNDFOS		GRUNDFOS		GRUNDFOS	
Malli		UPE25-60B		ALPHA 2 25-80		MAGNA 3 25-80	
Virtaus	dm <sup>3</sup> /s	0,134		0,28		0,73	
Nostokorkeus	kPa	30		46		47	
Moottorin teho	W	230V/0,40A		230V/0,44A		230V/1,02A	