

Jarno Hautajärvi

## **LÄMMÖNJAKOKESKUSTEN UUSINTAMITOITUSLASKURI**

# LÄMMÖNJAKOKESKUSTEN UUSINTAMITOITUSLASKURI

Jarno Hautajärvi  
Opinnäytetyö  
Kevät 2018  
Talotekniikan tutkinto-ohjelma  
Oulun ammattikorkeakoulu

# TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu  
Talotekniikan koulutusohjelma

---

Tekijä: Jarno Hautajärvi

Opinnäytetyön nimi: Lämmönjakokeskusten uusintamitoituslaskuri

Työn ohjaajat: Mikko Niskala ja Veli-Matti Mäkelä

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2018

Sivumäärä: 33 + 6 liitettä

---

Opinnäytetyössä laadittiin olemassa olevien lämmönjakokeskusten uusintamitoituslaskuri, jonka avulla automatisoidaan Oulun Energian työntekijöiden lämmönjakokeskuksiin liittyvää mitoituslaskentaa. Laskurilla voidaan rakennusten käyttötietojen perusteella tarkastella, minkä tehoiset lämmönsiirtimet kuhunkin kohteeseen mitoitetaan. Lisäksi laskurilla voidaan mitoittaa säätöventtiilien  $k_{vs}$ -arvot.

Laskurin laadinnassa käytettiin apuna aiempia kaukolämmön käyttöpaikkojen käyttötietoja, joita haettiin asiakastietojärjestelmistä ja mittaustietokannasta. Järjestelmistä nähdään rakennusten käyttötiedot niin pitkältä ajalta, kun siellä on ollut asennettuna kaukolämmön etälukumittari. Lämpötiloja sekä kulutustietoja voidaan seurata tunnin tarkkuudella. Laskuri luotiin Excel-ohjelmalla.

Laskuri saatiin valmiiksi ja sitä koekäytettiin monessa Oulun Energian todellisessa kohteessa, joissa uusittiin lämmönjakokeskus. Laskuri nopeutti prosessia sekä auttoi täyttämään mitoituslaskentomaketta, joka tulee näkyviin jokaisen lämmönjakokeskuksen läheisyyteen. Aivan kaikkea ei ollut mahdollista tai järkevää automatisoida laskuriin. Laskuria päätettiin kehittää tarvittaessa lisää käyttökokemusten perusteella.

---

Asiasanat: Excel, lämmönjakokeskus, kaukolämmitys, mitoitus ja taulukkolaskenta

## ALKULAUSE

Haluan kiittää Oulun Energiaa, Risto Haapalaista ja yhteyshenkilöäni Heikki Niemeä mahdollisuudesta tehdä tämä opinnäytetyö. Haluan kiittää myös ohjaajiani Mikko Niskalaa ja Veli-Matti Mäkelää avusta opinnäytetyön tekemisessä. Pirjo Partasta haluan kiittää kieliopillisesta ohjeistuksesta.

Oli hienoa tehdä opinnäytetyö, josta on hyötyä ja joka tulee käyttöön suurelle yritykselle. Oulun Energiaa kiitän saadessani tehdä työtäni myös heidän tiloissaan sekä heidän välineillään. Sain lainaksi työpisteen sekä tietokoneen. Kiitän myös muitakin avuliaita työntekijöitä, jotka auttoivat kysymyksissä koskien opinnäytetyötä.

Oulussa 1.6.2018

Jarno Hautajärvi

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ.....	3
ALKULAUSE.....	4
SISÄLLYS.....	5
1 JOHDANTO.....	6
2 TILAAJAN ESITTELY.....	7
3 KAUKOLÄMPÖ.....	8
3.1 Kaukolämpöverkko Oulussa.....	10
3.2 Kaukolämpöverkon paine-erot.....	12
3.3 Kaukolämmityksen säätäminen.....	14
3.4 Kaukolämmitys ja etäluenta Oulussa.....	15
4 LÄMMÖNJAKOKESKUS.....	17
4.1 Lämmönjakokeskuksen ensiöpuoli.....	18
4.2 Lämmönjakokeskuksen toisiopuoli.....	19
4.3 Pumput ja varolaitteet toisiopuolella.....	19
4.4 Lämmönjakokeskuksen kytkennät.....	20
5 LÄMMÖNJAKOKESKUSTEN MITOITUS.....	22
5.1 Mitoitus.....	22
5.2 Kulutusten normeeraus.....	23
6 LASKURI.....	25
6.1 Lämmönjakokeskuksen mitoitustiedot.....	25
6.2 Laskurissa apuna käytettyjä taulukoita.....	26
6.3 Laskurin toimintaperiaate.....	28
6.4 Laskurin vertailu käsin laskentaan.....	30
7 YHTEENVETO.....	31
LÄHTEET.....	32
Liite 1. Lämmönjakokeskuksen mitoitustietotaulukko	
Liite 2. Veden tiheys lämpötilan funktiona taulukko	
Liite 3. Rakentamismääräyskokoelman D1 2007 Liite 2	
Liite 4. Laskurin toinen välilehti: Laskuja	

# 1 JOHDANTO

Opinnäytetyön aiheena oli tehdä olemassa olevien kaukolämmöllä toimivien lämmönjakokeskusten uusintamitoitusta helpottava laskuri Excel-ohjelmalla. Laskurin on tarkoitus auttaa sekä nopeuttaa lämmönjakokeskuksen uusintamitoituksessa tilaajan kriteerien mukaisesti. Laskuriin automatisoidaan työtä, joka jouduttaisiin muuten tekemään aina käsin.

Laskurin luomisessa käytettiin apuna aiempia käyttöpaikkatietoja Oulun Energian kaukolämmön käyttöpaikoista. Aiempia käyttöpaikkatietoja on monen vuoden takaa ja niistä voidaan tarkastella tunnin tarkkuudella kulutustietoja rakennuksista. Tarkkojen kulutustietojen ansiosta saadaan räätälöityä oikean tehoiset lämmönsiirtimet kaikille vanhoille rakennuksille.

Opinnäytetyön tilaaja on Oulun Energia Oy ja yhdyshenkilö on Heikki Niemi. Opinnäytetyönä luotua laskuria kehitettiin tilaajan kanssa. Testikäyttöjen jälkeen se valmistui toimivaksi laskuriksi.

## 2 TILAAJAN ESITTELY

Oulun Energia Oy on perustettu 1889 ja se on Oulun kaupungin omistama osakeyhtiö. Oulun Energia -konsernin toimintaan kuuluu sähkön ja kaukolämmön myynti ja jakelu sekä erilaiset palvelut kuten urakointi, energiapalvelut, sähköverkkopalvelut ja ylläpito.

Oulun kaupungin omistaman emoyhtiön Oulun Energian lisäksi konserniin kuuluu Oulun Sähkönmyynti Oy, Oulun Energia Siirto Oy ja Jakelu Oy, Oulun Energia Urakointi Oy, Turveruukki Oy ja Huoltovoima Oy. Emoyhtiö Oulun Energia omistaa kaikki tytäryhtiönsä, lukuun ottamatta Oulun Sähkönmyyntiä. Oulun Sähkönmyynnistä omistaa Oulun Energian lisäksi osuuksia useat pohjoissuomalaiset energia-yhtiöt. (Tytäryhtiöt ja osakkuudet. 2018.)

Oulun Energia -konserni työllistää noin 400 henkilöä ja sen vuotuinen liikevaihto on noin 280 miljoonaa euroa. Suurin osa liikevaihdosta tulee sähkön- ja lämmönmyynnistä. (Vuosikertomus 2017. 2018.)

Oulun Energian tärkeimpiä tulevaisuuden tavoitteita on saavuttaa hiilineutraalisuus sähkön- ja lämmöntuotannossa vuoteen 2050 mennessä. Tavoitteen edistämiseksi Oulun Energia esimerkiksi investoi uuteen biovoimalaitokseen. Biovoimalaitoksen rakennustyöt alkavat 2018 kesäkuussa ja sen tavoite on valmistua vuoden 2020 marraskuussa. Uuden biovoimalaitoksen energiatehokkuus ja päästöt ovat huomattavasti paremmat kuin Toppilan yksikön, jonka se tulee korvaamaan. (Vuosikertomus 2017. 2018.)

### 3 KAUKOLÄMPÖ

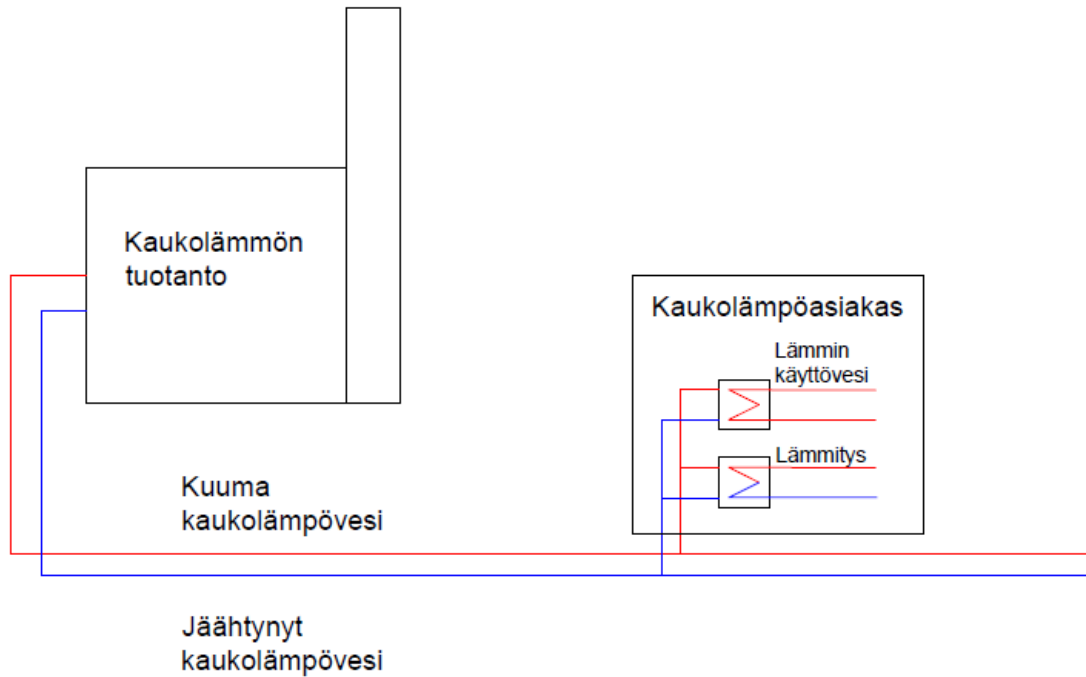
Kaukolämmitys on yleisin lämmitysmuoto Suomessa ja sitä on alettu käyttämään jo 1950-luvun alussa. Se on luonnollinen ja varma laajojen alueiden sekä kaupunkien lämmitysratkaisu. Kaukolämmitys tarkoittaa voimaloissa tai laitoksissa keskitetysti tuotettua lämpöä, joka johdetaan kuuman veden välityksellä julkista kaukolämpöverkkoa pitkin kuluttajien käyttöön. Jäähdyntynyt vesi johdetaan verkostoa pitkin takaisin uudelleenlämmitettäväksi. (Mäkelä – Tuunanen. 2015, 11.)

Kaukolämmössä käytetään yleensä epäsuoraa kytkentää, eli kaukolämpövesi ei sekoitu asiakkaan lämmityspiiriin. Suorassa kytkennässä lämmityskojeisiin virtaa kaukolämpövesi. Suora kytkentä on hyvin harvinainen Suomessa. (Kaukolämmön käsikirja. 2006, 43.)

Kaukolämpöjärjestelmissä on tavallisesti voimalaitoksen lisäksi huippu- ja varalämpökeskuksia. Laitokset ja keskuksat sijoitetaan kaukolämpöverkostossa niin, että niillä voi tarvittaessa lisätä verkoston tehoa. (Hänninen. 2016, 4–5.) Kesällä on yleensä käytössä vähemmän laitoksia tai keskuksia kuin talvella.

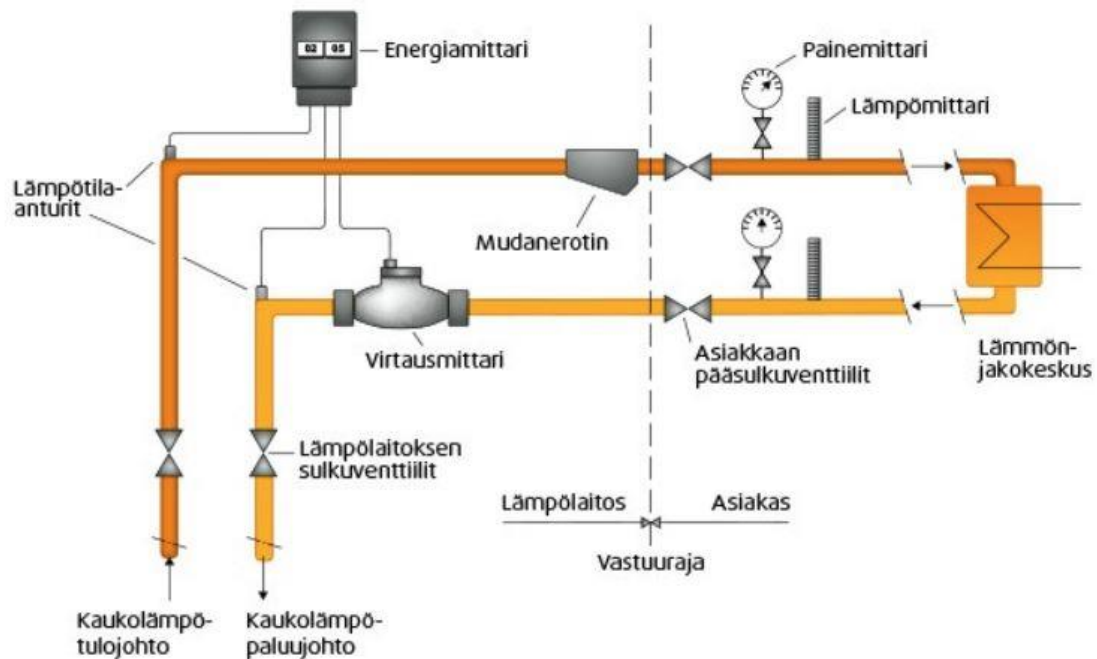
Kuvassa 1 on yksinkertaistettu kaukolämpöverkko toiminnassa. Kaukolämpövesi ei sekoitu kuluttajan lämmitysverkostoon tai käyttövedeen vaan lämpö siirtyy kuluttajalle lämmönsiirtimen kautta. Talossa on normaalisti lämmönsiirtimet käyttövedelle ja lämmitykselle. Voimalaitoksella verkoston vesi lämmitetään ja sieltä se siirretään kuluttajalle käytettäväksi. Jäähdyntynyt kaukolämpövesi johdetaan takaisin lämmitettäväksi.





KUVA 1. Kaukolämmön toiminnan havainnollistaminen

Kuvassa 2 nähdään, missä lämpölaitoksen ja asiakkaan vastuuraja kulkee. Asiakkaan vastuulle kuuluu lämmönjakokeskuksen toiminta sekä sitä edeltävät lämpö- ja painemittarit sekä sulkuventtiilit. Lämmönmyyjä vastaa lämmitysverkostosta menopuolella lianerottimelle asti ja paluupuolella kaukolämpömittarille asti.



KUVA 2. Kaukolämpölaitteet asiakkaan talon sisällä (Kuopion Energia)

Kaukolämmitys on yleisin lämmitysmuoto asuinkerrostaloissa, koska niistä suurin osa lämmitetään kaukolämmöllä. Rivitaloistakin jopa puolet lämmitetään kaukolämmöllä. Omakotitaloja lämmitetään kaukolämmöllä keskitetysti siellä, mihin kaukolämmitystä on saatavilla. Vanhemmissa kaukolämmöllä lämmitettävissä taloissa on yleensä vesikiertoinen patterilämmitys, mutta nykyään suositaan vesikiertoista lattialämmitystä.

### **3.1 Kaukolämpöverkko Oulussa**

Oulun alueen kaukolämpöverkko ulottuu Oulun keskustasta Haukiputaalle, Kiiminkiin ja Oulunsaloon asti. Uusia rakennuksia ja asuinalueita rakennetaan koko ajan ja sen seurauksena myös kaukolämpöverkkoa rakennetaan uusille alueille.

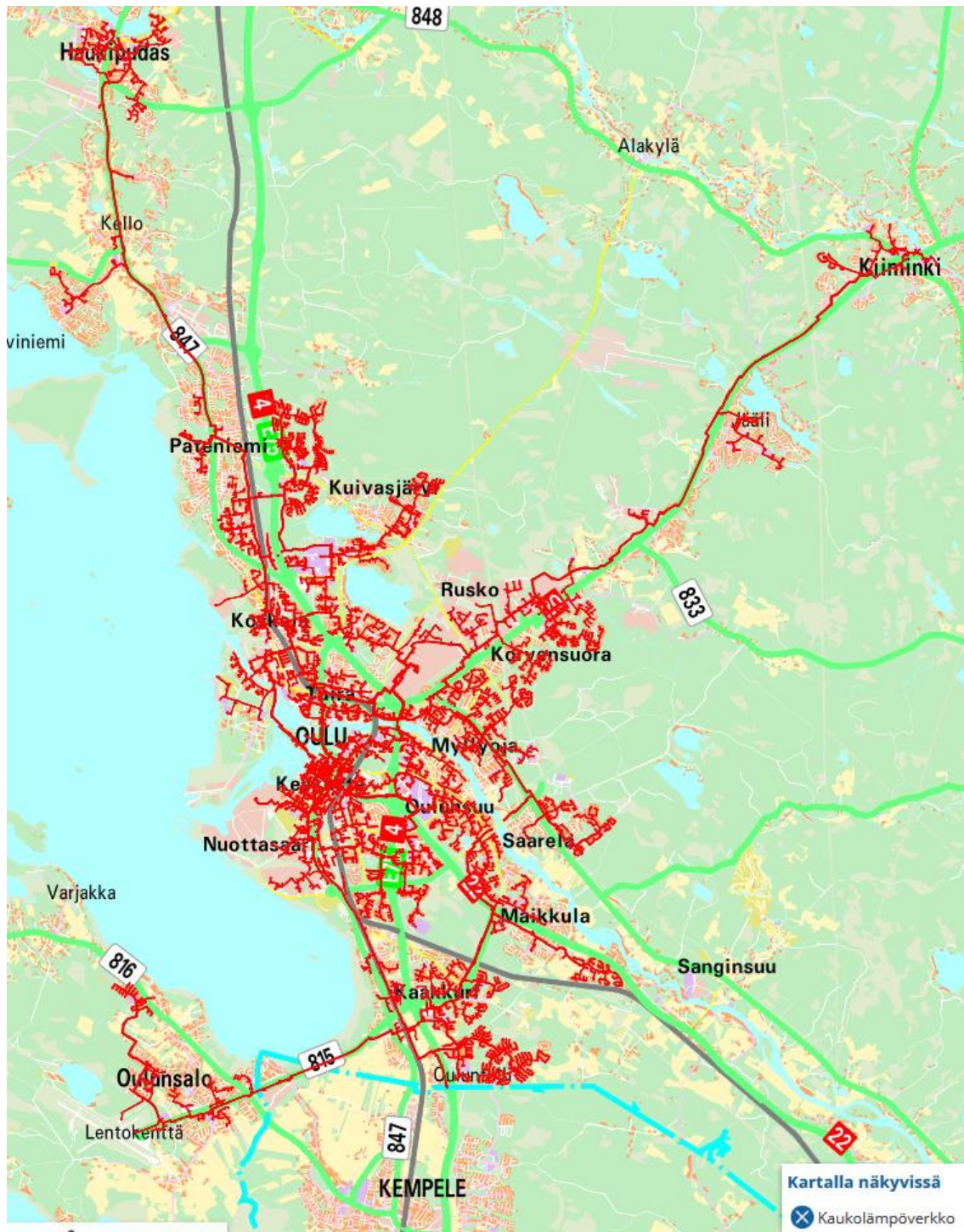
Kaukolämpö tuotetaan Oulussa pääosin Toppilan voimalaitoksissa (70 %). Kaukolämpö tuotetaan CHP-tuotantona, eli sähkön ja lämmön yhteistuotantona. Lisäksi Oulussa on käytössä Laanilan ekovoimalaitos sekä paikallisen teollisuuden huippu- ja varateholaitoksia. (Toppilan voimalaitos. 2018.)

Oulussa, kuten muuallakin Suomessa, käytetään kaukolämmössä kaksiputkijärjestelmää. Se tarkoittaa kuumaa kaukolämpöveden jakelua asiakkaille omassa putkessaan. Jäähdyntynyt paluuvesi johdetaan takaisin tuotantolaitokseen vastaavasti omassa putkessaan. (Kaukolämmön käsikirja. 2006, 44)

Hyvä jäähdyntymä asiakkaan laitteistossa on tärkeää, jotta kaukolämpövettä ei tarvitse pumpata turhaan suuria määriä. Kaukolämpöveden pumppaus on suuri kustannus energiayhtiölle. Suurempi jäähdyntymä on etu asiakkaalle ja lämmönmyyjälle.

Jakeluverkossa on käytettävä riittävän korkeaa keskipainetta kaukolämpövedelle, jotta se ei pääse höyrystymään missään vaiheessa kiertoa. (Kaukolämmön käsikirja. 2006, 44) Menoputkessa painetta voidaan korottaa tuotantolaitoksen pumpuilla ja tarvittaessa välipumppaamoilla. Välipumppaamoja käytetään, jos on tarve lisätä verkoston paine-eroa riittävän virtauksen varmistamiseksi.

Kuvassa 3 havainnollistetaan, miten Oulun kaukolämpöverkosto jakautuu. Punaisella viivalla piirretyt viivat kuvaavat kaukolämmön runkolinjoja. Kuvasta selviää, miltä kaukolämpöverkko näyttää Oulussa. Kuvaan ole piirretty rakennuksien talojohtoja.

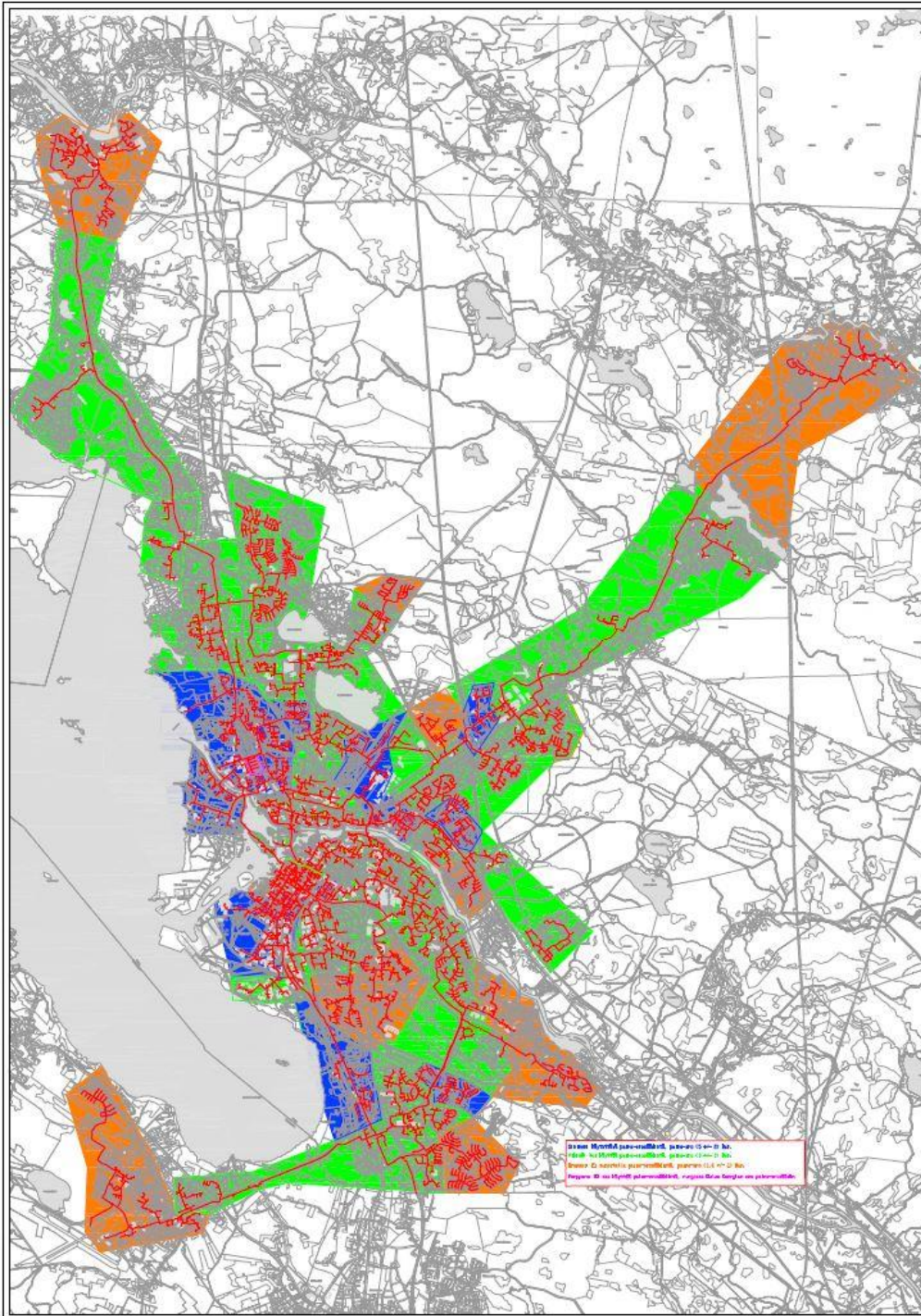


KUVA 3. Oulun kaukolämpöverkosto (Oulun karttapalvelu. 2018)

### 3.2 Kaukolämpöverkon paine-erot

Lämmönjakokeskusta mitoitettaessa on otettava huomioon alueen paine-erot. Paine-ero vaikuttaa säätöventtiilien valintaan. Käytävissä oleva paine-ero vaihtelee, koska kaukolämpöverkossa putkien pituus, rakenne ja koko vaihtelevat. Välipumppaamot, verkoston putkistojen pituudet ja painehäviöt vaikuttavat myös käytössä olevaan paine-eroon. Paine-erokartta joudutaan muokkaamaan, kun kaukolämpöverkko muuttuu. Kuvassa 4 on tällä hetkellä Oulussa käytössä oleva paine-erokartta. Kartasta suunnittelijat voivat tarkastella, onko heidän kohteissaan käytettävä paine-erosäädintä. Karttaa päivitetään tarvittaessa verkoston muutoksien seurauksena.





KUVA 4. Oulun kaukolämpöverkon paine-erokartta (Nevalainen 2018)

Kartan (kuva 4) värien selitykset:

- Sininen: Käyttävä paine-erosäädintä, paine-ero 5 +/- 2 Bar
- Vihreä: Voi käyttää paine-erosäädintä, paine-ero 3 +/- 1 Bar
- Oranssi: Ei suositella paine-erosäädintä, paine-ero 1,6 +/- 1 Bar
- Purppura: Ei saa käyttää paine-erosäädintä, rungossa Oulun Energian paine-erosäädin.

Kartan sinisillä alueilla (5 +/- 2 bar) on käytettävä aina erillistä paine-erosäädintä. Paine-ero on silloin niin suuri, että sitä pitää muuttaa säätimellä ennen veden virtaamista kiinteistön laitteistoon. Vihreällä alueella (3 +/- 1 bar) voisi käyttää paine-erosäädintä, mutta se ei ole pakollinen. Yleensä vihreälle alueelle ei laiteta säädintä, koska se voi turhaan rikkoutua sekä se aiheuttaa lisäkustannuksia. Säädin voi myös aiheuttaa paineiskuja tai paineen värähtelyä. Merkittävää hyötyä siitä ei vihreällä alueella yleensä ole. Oranssilla alueella (1,6 +/- 1 bar) ei suositella käytettävän paine-erosäädintä, koska paine-ero on jo valmiiksi niin matala. Purppuralla alueella verkoston runkolinjassa on valmiiksi paine-erosäädin, joten järjestelmä ei tulisi toimimaan oikein toisen säätimen kanssa.

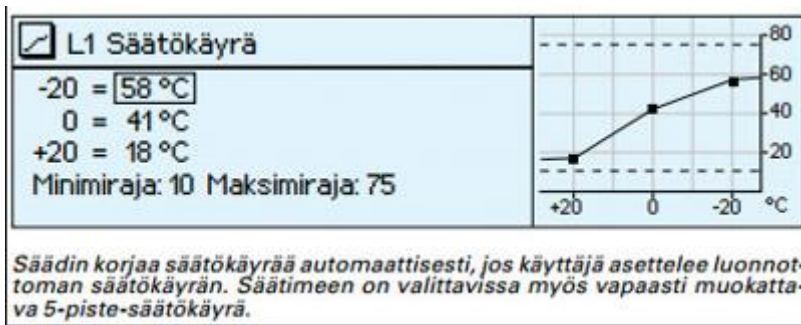
Paine-eron on oltava mittauskeskuksen jälkeen vähintään 60 kPa. (Kaukolämmön käsikirja. 2006, 67.) Oulun säädöksissä on myös maininta, että paine-eron on oltava vähintään 60 kPa.

### **3.3 Kaukolämmityksen säätäminen**

Kaukolämmitykseen kuuluu kaukolämpöverkosto, voimalaitokset, välipumppaamot, mittauskeskus sekä asiakkaan lämmönjakokeskus. Lämmönjakokeskuksesta on mahdollista säätää asiakkaan lämmitysverkoston ja käyttöveden lämpötila-arvoja.

Lämmityksen säätö toimii muuttamalla kaukolämpöveden virtaamaa lämmönsiirtimien läpi säätöventtiilin avulla. Säätöventtiili toimii ulkolämpötilan perusteella: mitä kylmempi ulkona on, sitä kuumempaa vettä ajetaan lämmitysverkostoon. Lämmityksen säätökäyrää, eli lämpötila-arvoja jolloin lämmitys reagoi ulkolämpötilan vaihteluun, voidaan muuttaa lämmönjakokeskuksesta. (Lämmöntuotto, kaukolämpö. 2016.)

Kuvassa 5 on tarkasteltavissa lämmityksen säätökäyrä. Käyrän pystyakselilla on verkostoon lähtevän menoveden lämpötila ja vaaka-akselilla ulkolämpötila. Ulkolämpötila-anturi mittaa ulkolämpötilaa ja automatiikka reagoi lämpötilan muutoksiin. Automatiikka säätää lämmityksen säätöventtiiliä automaattisesti.



KUVA 5. Esimerkki automaattisesta lämmityksen säätökäyrästä lämmönjakokeskuksessa

Käyttöveden lämmityksen säätö on yksinkertaisempi. Lämpimälle käyttövedelle asetetaan asetusrvo, jossa se pysyy. Nykyään käytetään arvoa 58 °C. Jos lämmönjakokeskuksessa on oma-voimainen lämpimän käyttöveden säätöventtiili, se viritetään oikeaan arvoon käsin. Veden lämpötila tarkastetaan mittaamalla lämpimän veden lämpötila kaukaisimmalta vesipisteeltä, ja sen tulee olla vähintään 55 °C ja maksimissaan 65 °C. (Rakentamisen säädökset muuttuvat, 2018) Yleensä lämmin käyttövesi säädetään välille 55–58 °C. Tämän jälkeen säätöventtiili osaa ylläpitää viritettyä lämpötila-arvoa automaattisesti.

Lämmönmyyjän on tarkastettava lämmönjakokeskus ennen sen käyttöönottoa ja viritystä. Kaukolämpötarkastaja tarkastaa laitteen toiminnan sekä käytetyt osat, jotta ne ovat säännösten mukaiset. Tarkastaja laatii pöytäkirjan todisteeksi tarkastuksesta. Kaukolämmityksen saa kytkeä toimintaan vasta, kun kaukolämpötarkastaja on hyväksynyt lämmönjakokeskuksen ja sen laitteet.

Kaukolämmön virittämisen yhteydessä kuuluu myös huolehtia, että laitteet on huollettu ja toimivat moitteetta. Huonosti toimivia laitteita ei pystytä säätämään toivotulla tavalla. Virityksen yhteydessä on hyvä seurata, pysyvätkö lämpötilat viritetyissä asetusarvoissaan, onko jäähtymä toivotulla tasolla sekä lämmitysverkoston painetasoa. (Lämmöntuotto, kaukolämpö. 2016.)

### 3.4 Kaukolämmitys ja etäluenta Oulussa

Oulussa on tällä hetkellä noin 10 000 kaukolämmön käyttöpaikkaa. Kaikki käyttöpaikat on varustettu etälueuttavilla kaukolämpömittareilla, jotta kaukolämmön kulutusta voidaan seurata helposti. Lisäksi lämpölasku perustuu näin aina toteutuneeseen kulutukseen. Käyttöpaikkojen määrä kasvaa koko ajan, kun rakennetaan uutta kaukolämpöverkkoa ja asiakkaita liittyy kaukolämpöön. (Kaukolämmön mittaus ja käyttö. 2018.)

Etäluennalla saadaan hyvää dataa asiakkaiden energiankulutuksesta. Asiakas voi myös helposti itse seurata omia kulutustietoja ja vertailla niitä aiempiin tietoihin. Asiakas voi seurata omaa kaukolämmön kulutusta energiailin kautta. Näin energialaskuja on myös helpompi ymmärtää. Etäluennan etuihin kuuluu myös kyky havaita laiteviallinen tai rikkoutunut laite suoraan lämmönmyyjän konttorilta käsin lukemalla ja vertailemalla saatuja käyttötietoja. Etäluennan avulla havaitaan nopeasti, jos kiinteistön kaukolämpöveden jäähdytys heikkenee. (Kaukolämmön mittaus ja käyttö. 2018.)

Jäähdytyksen yhtäkkinen heikkeneminen kertoo huonosti toimivasta lämmönjakokeskuksesta. Huonoon jäähdytykseen tulee aina puuttua ja selvittää mistä se johtuu. Lämmityskaudella kaukolämpöveden jäähdytys tulisi olla vähintään 25 °C. Hyvä jäähdytys voi olla jopa 60 °C. Jäähdytymään tulee eroja kesän ja talven välillä, koska verkoston menoveden ja paluueden lämpötilat vaihtelevat. Talvella kaukolämpöverkoston menoveden lämpötila on korkeampi, joten jäähdytys on silloin yleensä suurempi. (Kaukolämmön mittaus ja käyttö. 2018.)



## 4 LÄMMÖNJAKOKESKUS

Kaukolämmitys vaatii toimiakseen lämmönjakokeskuksen laitteineen. Lämmönjakokeskus alkaa mittauskeskuksen jälkeen ja kaukolämpömittarin omistaa lämmönmyyjä. Etäluettavan mittauskeskuksen ansiosta lämmönmyyjä näkee, jos lämpötiloihin tai vesivirtoihin tulee suuria muutoksia.

Lämmönjakokeskus liitetään kaukolämpöön. Kaukolämpövedestä lämmönsiirtimet siirtävät lämpöä rakennuksessa olevaan lämmitysverkoston, esimerkiksi patteriverkoston. Keskuksen automatiikka säätää veden virtaamaa lämmönsiirtimen läpi säätöventtiilin avulla niin, että se vastaa hetkellistä tehon tarvetta. (Kaukolämmön käsikirja. 2006, 44) Koko säätö lähtee oikean tehon säätämisestä. Teho säädetään kaukolämpöveden virtausta säätämällä. Ylimääräinen veden pumppaaminen kaukolämpöverkostossa on kallista lämmönmyyjälle ja sitä kautta myös asiakkaalle. Pumpattavan veden määrä pysyy kurissa, kun ei käytetä ylimääräistä tehoa ja kaukolämpöveden jäähtymä pysyy kunnossa.

Lämmönjakokeskus (kuva 6) on yhdyslinkki kaukolämpöverkon ja yksittäisen rakennuksen välillä. Lämmönjakokeskukseen kuuluu monia laitteita, joiden avulla asiakas pystyy seuraamaan ja säätämään käyttöveden sekä lämmityksen lämpötila-arvoja.



KUVA 6. Pientalon seinäasenteinen lämmönjakokeskus (Unis 100-2RF)

Selvästi yleisin kuluttajille asennettava lämmönsiirrinmalli on levylämmönsiirrin. Levylämmönsiirrimen hyötysuhde on hyvä. Lämmönsiirtimissä virtaavan kaukolämpöveden voi Oulussa erottaa normaalista vesijohtovedestä siihen lisätyn vihreän värin ansiosta. Värjätty vesi ei ole myrkyllistä, mutta sitä ei suositella juotavaksi.

#### 4.1 Lämmönjakokeskuksen ensiöpuoli

Ensiöpuoli tarkoittaa putkistoa, laitteita ja venttiileitä joissa kaukolämpövesi virtaa tai joihin sen paine vaikuttaa. Ensiöpuolen suunnittelulämpötila on 120 °C ja suunnittelupaine, eli suurin käyttöpaine 1,6 MPa. (Rakennusten kaukolämmitys. 2014, 23.)

Ensiöpuolella putkisto ja venttiilit tulee liittää hitsaamalla, kovajuotoksella tai laippaliitoksilla. Kierrellisiä palloventtiilejä saa käyttää enintään kokoon DN 20 asti.

Palloventtiin tulee olla vähintään sitä DN-kokoa, kuin putki mihin se liitetään. Lämpö- ja painemittareiden tulee kestää suunnittelulämpötilat ja paineet, sekä ne tulee merkitä mittareihin. Painemitt-

tarit varustetaan sulkuventtiileillä. Normaalikäytössä ne pidetään suljettuina. Painemittaria luettessa sulkuventtiili avataan.

## **4.2 Lämmönjakokeskuksen toisiopuoli**

Toisiopuoli tarkoittaa putkistoa ja laitteita, joissa virtaa lämmönsiirtimissä lämmitetty vesi tai joihin niiden paine vaikuttaa. Toisiopuolen suunnittelulämpötila eli korkein sallittu veden lämpötila on lämmitysverkostossa 80 °C ja käyttövesiverkostossa 65 °C. Suunnittelupaine eli suurin käyttöpainne on lämmitysverkostossa 0,6 MPa ja käyttövesiverkostossa 1,0 MPa. Nämä määräykset koskevat toisiopuolen kaikkia varusteita ja venttiilejä. (Rakennusten kaukolämmitys. 2014, 25.)

## **4.3 Pumput ja varolaitteet toisiopuolella**

Lämmönjakokeskuksessa olevien lämpimän käyttöveden ja lämmityksen pumppujen käyntiääni ei saa ylittää Rakentamismääräyskokoelman osassa C1 määriteltyjä äänitasoja tai muita vaatimuksia. Lämpimän käyttöveden pumpun tulee käydä koko ajan. Pumput asennetaan piirien paluupuolelle. Pumppujen varaosat kiinnitetään lämmönjakokeskukseen sitä varten asennettuun telineeseen. (Rakennusten kaukolämmitys. 2014, 27.)

Paisuntaputki sijoitetaan paluupuolelle pumpun imupuolelle lämmönsiirtimen ja sulkuventtiilin väliin. Paisuntaputkeen sijoitetaan sulkuventtiili, jonka kahva tulee poistaa ja kiinnittää venttiilin läheisyyteen väärinkäytön estämiseksi. Verkoston täyttöputki liitetään siten, että liitoskohdan ja paisuntaputkessa olevan varoventtiilin välillä ei ole suljettavaa venttiiliä. (Rakennusten kaukolämmitys. 2014, 28.)

Varoventtiilin koon tulee olla vähintään DN15. Varoventtiileitä suositellaan laitettavaksi lämmityspiiriin kaksi kappaletta, mutta pientaloihin riittää yksi. Käyttöveden varoventtiilin avautumispaine on yleensä 10 Bar. Lämmityspiirin venttiilien avautumispaineeksi valitaan normaalisti 2,5–5 Bar. Avautumispaineeseen vaikuttaa verkoston korkeus. Varoventtiiliin tulee merkitä DN-koko ja avautumispaine. Varoventtiilit mitoitetaan taulukon 1 mukaisesti.

TAULUKKO 1. Varoventtiilin mitoitusohje (Rakennusten kaukolämmitys. 2014, 28)

Lämmönsiirtimen teho kW	Varoventtiili DN
...200	15
200...800	20
800...	25

Paisuntasäiliö mitoitetaan lämmitysjärjestelmän vesitilavuuden mukaan. Vesitilavuudessa on otettava huomioon mahdollinen vesitilavuuden muutos, joka on noin 2...3 % riippuen mitoituslämpötiloista. Mitoitus on syytä tehdä LVI-kortin LVI 1110472 mukaisesti, jotta saadaan käyttäjän kannalta hyvä lopputulos.

#### 4.4 Lämmönjakokeskuksen kytkennät

Lämmönjakokeskuksen kytkentä valitaan käyttöalueen ja käyttökohteen mukaan. Taulukossa 2 on esitetty kolmen eri kytkennän käyttötarkoituksia. (Rakennusten kaukolämmitys. 2014, 29.)

TAULUKKO 2. Ohje eri kytkentävaihtoehtojen valintaan (Rakennusten kaukolämmitys. 2014, 29)

Valittava kytkentä	Rakennus
Peruskytkentä	<ul style="list-style-type: none"> <li>Rakennus, jonka tilojen lämmitystehontarve on yli 30 kW tai käyttövesiteho yli 120 kW ja lämmitys tai ilmanvaihtosiirtimeltä palaavan kaukolämpöveden lämpötila ei ole hyödynnettävissä käyttövesisiirtimessä jäähtymän parantamiseksi.</li> </ul>
Pientalokytkentä	<ul style="list-style-type: none"> <li>Rakennus, jonka tilojen lämmitystehontarve on enintään 30 kW ja käyttövesiteho enintään 120 kW.</li> </ul>
Välisyöttökytkentä	<ul style="list-style-type: none"> <li>Rakennus, jossa lämmitys- tai ilmanvaihtosiirtimeltä palaavan kaukolämpöveden lämpötila on hyödynnettävissä käyttövesisiirtimessä jäähtymän parantamiseksi.</li> </ul>

Peruskytkentä on tavallinen ratkaisu kaikkiin uudisrakennuksiin pientaloja lukuun ottamatta. Peruskytkennässä ei ole kannattavaa hyödyntää lämmitys- tai ilmanvaihtosiirtimeltä palaavaa vettä kaukolämpöveden jäähtymän parantamiseksi. (Rakennusten kaukolämmitys. 2014, 29.)

PientalokytKentä on nimensä mukaisesti suunniteltu pientaloja varten. Sen suunnittelussa on haluttu varmistaa lämpimän käyttöveden lämpötila tasaajasäiliön avulla. Tasaajasäiliön koko on yleensä noin 10...15 litraa. (Rakennusten kaukolämmitys. 2014, 29.)

Välisyöttökytkentä tarkoittaa lämmitys- tai ilmanvaihtosiirtimeltä palaavan kaukolämpöveden hyödyntämistä. Sen lämpötilaa hyödynnetään parantamaan käyttövesisiirtimen jäähtymää. Välisyöttökytkentää voidaan käyttää, jos käyttövesiteho on yli 120 kW ja lämmitys- tai ilmanvaihtosiirtimeltä palaavan kaukolämpöveden lämpötila on yli 45 °C. (Rakennusten kaukolämmitys. 2014, 29.)

## 5 LÄMMÖNJAKOKESKUSTEN MITOITUS

Lämmönsiirtimien mitoituksessa tärkeintä on saada siirtimet tehontarvetta vastaaviksi. Tehontarve voidaan laskea rakennuskohtaisesti. Toinen tärkeä asia on jäähtymä. Jäähtymän tulisi olla mahdollisimman suuri kaikissa käyttötilanteissa. Suuri jäähtymä tarkoittaa systeemin toimivan tarkoitetulla tavalla sekä hyötysuhteen olevan hyvä.

### 5.1 Mitoitus

Uusintamitoitus voi tulla ajankohtaiseksi, jos siirtimen tekninen käyttöikäsuositus (noin 20–25 vuotta) tulee täyteen tai laitteen lämmönsiirtokyky heikkenee huomattavasti. Uusintamitoitus tarvitaan myös, jos rakennuksen koko tai käyttötarkoitus muuttuu oleellisesti. Lämmönjakokeskus ja siirtimet voivat pysyä ehjinä pidempäänkin, jos niitä huolletaan ajallaan tai tarpeen vaatiessa. (Kaukolämmön mittaus ja käyttö. 2018)

Lämmönsiirtimet mitoitetaan mittaustietokannasta saadun datan avustuksella. Tässä työssä käytetään tehona Oulun Energian etäluettavien mittareiden mittaamia arvoja. Käyttötietojen arvot haetaan Oulun Energian mittaustietokannasta. Suurimmat mitatut lämmitystehot ovat luonnollisesti talvella, yleensä tammi- ja helmikuussa. Mitattuja lämmitystehoja redusoimalla voidaan mitoittaa lämmityksen lämmönsiirrin riittämään Oulun mitoituslämpötilassa, eli  $-32\text{ °C}$ :ssa. Aiempien käyttötietojen perusteella voidaan arvioida, onko tarpeellista muuttaa siirtimen tehoa.

Käyttöveden lämmönsiirrin mitoitetaan käyttöveden mitoitusvirtaaman avulla. Käyttöveden kuluusta voidaan tarkastella mittaustietokannasta karkeasti heinä- ja elokuun käyttötietojen mukaan, koska tällöin ei yleensä ole lämmitystä käytössä. On kuitenkin aina huomioitava, onko lämmitystä ollut käytössä, sillä se vaikuttaa mitattuun tehoon. Näin saadaan suuntaa antava tieto mitoitusta ajatellen. Suuntaa antavaa tietoa verrataan käyttöveden mitoitusvirtaaman avulla laskettuun tehoon. Rakennuksen aiempien käyttötietojen perusteella päätetään minkä tehoinen käyttöveden lämmönsiirrin on riittävä. Käyttöveden lämmönsiirrin on kuitenkin vähintään 60 kW, mikä vastaa mitoitusvirtaamaa  $0,3\text{ dm}^3/\text{s}$ . (Rakennusten kaukolämmitys. 2014, 22)

## 5.2 Kulutusten normeeraus

Kulutuksen normeerausta ei käytetä laskurissa, mutta sen avulla voidaan laskea vertailun kannalta lämmitysenergian kulutusta. Tämä on mahdollista, koska Oulun Energialla on saatavissa aiempia energiankulutustietoja kaukolämmön käyttöpaikoista.

Lämmönkulutuksen normitusta käytetään silloin, kun halutaan vertailla eri vuosien kuukausien lämmitysenergiankulutusta toisiinsa. Normitus tehdään lämmitystarvelukujen avulla. Jokaiselle paikkakunnalle on annettu lämmitystarveluku ja laskentakaava riippuu siitä, mihin lukuja halutaan vertailla. Tässä työssä verrattaisiin saman alueen samaa rakennusta, joten käytettäisiin Motivan laskentakaavaa 1. Kulutuksen normitus Laskentakaavat- ja ohjeet. Normeerauksessa käyttövesi lasketaan erikseen tarkemman tuloksen saamiseksi. (Kulutuksen normitus auttaa kulutusseuranassa. 2016.)

Kaavalla 1 laskettu arvo ei ole vertailukelpoinen muilla paikkakunnilla olevien rakennusten kulutuksiin ilman korjauskertoimen käyttöä.

$$Q_{norm} = \frac{S_{N\ vpkunta}}{S_{toteutunut\ vpkunta}} \times Q_{toteutunut} + Q_{lämmin\ käyttövesi} \quad \text{KAAVA 1}$$

Huom. Normitus koskee vain rakennuksen lämmittämiseen kuluva energiaa. Säästä riippumaton käyttöveden lämmittämiseen kuluva energia on ensin poistettava rakennuksen kokonaislämmitysenergian kulutuksesta kaavalla 2.

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

$Q_{norm}$  = Rakennuksen normitettu lämmitysenergiankulutus

$Q_{toteutunut}$  = Rakennuksen tilojen lämmittämiseen kuluva energia

$Q_{kok}$  = Rakennuksen kokonaislämmitysenergiankulutus

$Q_{lämmin\ käyttövesi}$  = Käyttöveden lämmittämisen vaatima energia

$S_{N\ vpkunta}$  = Normaalivuoden tai -kuukauden (1981–2010) lämmitystarveluku vertailupaikkakunnalla

$S_{toteutunut\ vpkunta}$  = Toteutunut lämmitystarveluku vuosi- tai kuukausitasolla vertailupaikkakunnalla

Kulutuksen normeeraus voidaan laskea käsin kaavojen 1 ja 2 avulla. Tässä tapauksessa voidaan myös tarkastella normeerattua kulutusta Oulun Energian mittaustietokannasta. Mittaustietokannasta voidaan valita mikä tahansa tarkastelun ajankohta, jolloin rakennus on ollut kytkettynä kaukolämpöverkkoon. Vertailemalla monen vuoden ajalta normeerattuja kulutuksia saadaan käsitys vanhan siirtimen mitoituksen onnistumisesta.



## 6 LASKURI

Laskurilla pyrittiin helpottamaan ja automatisoimaan lämmönjakokeskusten uusintamitoitusta vanhoihin jo olemassa oleviin Oulun Energian kaukolämpökohteisiin. Laskuri on tehty Excelin avulla ja se täyttää lämmönjakokeskuksen mitoitus-tietotaulukkoa lähtötietojen avulla.

### 6.1 Lämmönjakokeskuksen mitoitus-tiedot

Laskuri luotiin täyttämään lämmönjakokeskuksen mitoitus-tietotaulukko. Mitoitus-tietotaulukko sijoitetaan aina lämmönjakokeskuksen välittömään läheisyyteen. Näin voidaan helposti tarkastaa, mitä laitteita keskukselta löytyy sekä laitteiden mitoitus-tiedot. Mitoitus-tietotaulukko on tarkastettava lämmönjakokeskuksen käyttöönoton yhteydessä, jotta tiedot ovat samat kuin lämmönjakokeskuksessa. Mitoitus-tietotaulukko (kuva 7) on päivitettävä, jos lämmönjakokeskuksen tiedot muuttuvat. Mitoitus-tietotaulukko on paremmin tarkasteltavissa liitteessä 1.

LÄMMÖNJAKOKESKUS											
Kohde											
Esimerkkikohde											
LÄMMÖNSIIRTIMET			Käyttövesi LS 1			Lämmitys LS 2			Ilmanvaihto LS 3		
Valmistaja											
Malli											
Teho kW											
			336			173					
			ensiö toisio			ensiö toisio			ensiö toisio		
Virtaus			dm <sup>3</sup> /s			dm <sup>3</sup> /s			dm <sup>3</sup> /s		
			1,62 1,69			0,59 1,40					
Lämpötilat			°C °C			°C °C			°C °C		
			70 20 10 58			115 43 40 70			0 0 0 0		
Painehäviö			kPa			kPa			kPa		
SAÄTÖVENTTIILIT			Käyttövesi TV 1			Lämmitys TV 2			Ilmanvaihto TV 3		
Valmistaja											
Malli											
Virtaus dm <sup>3</sup> /s											
			1,62			0,59					
Painehäviö kPa											
			86			72					
Koko / k <sub>v</sub> -arvo			DN / k <sub>v</sub>			DN / k <sub>v</sub>			DN / k <sub>v</sub>		
			20 6,30			15 2,50					
SAÄTÖKESKUS											
Valmistaja											
Malli											
KIERTOESIPUMPUT			Käyttövesi P 1			Lämmitys P 2			Ilmanvaihto P 3		
Valmistaja											
Malli											
Virtaus			dm <sup>3</sup> /s			dm <sup>3</sup> /s			dm <sup>3</sup> /s		
			0,51			1,40					
Nostokorkeus			kPa			kPa			kPa		
			50			39					
Nimellisvirta / Jännite			kW/A / V			kW/A / V			kW/A / V		
VERKOSTO, PAISUNTA- JA VAROLAITTEET			Lämmitysverkosto			Ilmanvaihtoverkosto					
Verkon tilavuus / painehäviö			dm <sup>3</sup> / kPa			dm <sup>3</sup> / kPa			dm <sup>3</sup> / kPa		
			-			-					
Paisuntasäiliön tilavuus / espaine			dm <sup>3</sup> / kPa			dm <sup>3</sup> / kPa			dm <sup>3</sup> / kPa		
			-			-					
Varoventtiilin koko / avautumisaine			DN / kPa			DN / kPa			DN / kPa		
			2 x 15			350					
PAINE-EROSÄÄDIN			Kyllä								
Valmistaja / malli											
Virtaama / painehäviö dm <sup>3</sup> /s / kPa											
/ /											
Koko / k <sub>v</sub> -arvo			DN / k <sub>v</sub>			DN / k <sub>v</sub>			DN / k <sub>v</sub>		
			/ /			/ /			/ /		
Asetusarvo			kPa			kPa			kPa		
			120								
N:o			kpl			Laitte			Mitoitus		
			1			Paisuntasäiliö			150 L		
LISÄTIETOJA:											
Verkon normaaliaine 1 Bar, minimipaine 0,7 Bar maksimi paine 2 Bar											
Verkon hälytysrajat: ylärajahälytys 3 Bar, alarajahälytys 0,5 Bar											
PAINE-ERO Lämmönmyyjän ilmoittama käytettävissä oleva paine-ero vaihtelurajoihin 300 - 700 kPa											

LÄMMÖNJAKOKESKUS													
Rakennuksen käyttötarkoitus						Asuinkeuhkot							
Rakennuksen lukumäärä						1 kpl							
Rakennustilavuus (SFS 5139)						21 460 m <sup>3</sup>							
Lämmitetty nettoala (DakMK osa D3)						6 000 m <sup>2</sup>							
Sisälämpötila						21 °C							
Asuntojen lukumäärä						47 kpl							
Lämpimän käyttöveden mitoitusvirtaama						1,69 dm <sup>3</sup> /s							
KAUKOLÄMMITYKSEN LÄMMITYSTEHOJEN LAITERIHMÄKOHTAISESTI ERITELTYNÄ						LÄMMITYSTEHOJEN ERITTELY (kW)							
						Muu toimintatapa, joka määrittelee Paikallisen mitoitus- ja käyttö- max tarjontarpeen - °C illassa -32 °C							
Laiteryhmä						Mitoitus °C - °C		Johtuminen ja vuoto		Ilmanvaihto		Yht.	
Käyttövesipiiriin liitetyt lämmityslaitteet						-							
Lämmityspatterit						-							
Lattialämmitys						-							
Kierrätysilmalattiat						-							
Ilmanvaihtopatterit						-							
Jälkilämmityspatterit						-							
TARVITTAVA KAUKOLÄMPÖTEHO													
+ Teho lämmöntalteenotosta													
+ Muu lämmitysteho													
LÄMMITYSTEHOJEN YHTEENSÄ													
Kaukolämpövesivirta (ilman käyttöä)						dm <sup>3</sup> /s		dm <sup>3</sup> /s		dm <sup>3</sup> /s		dm <sup>3</sup> /s	
Kaukolämpöenergian kulutus / vuosi						MWh/a							
LISÄTIETOJA:													
Urakoitsijan merkinnät						Lämmönmyyjän merkinnät							
Urakoitsija													
Päiväys													
Vastuhenkilö													
Allekirjoitus													
Kaupunginosa / kylä						Korttel / tila		Tontti / RNo		Viranomaisten merkintä			
Rakennusohjelmä										Pirustuslaji			
Rakennuskohde ja osoite										No			
										Lämmönjakokeskustyyppi			
										Pirustus sisältö			
Suunnittelijan yhteystiedot										KAUKOLÄMMÖN KYTKENTÄKAAVIO			
										Suunnittele			
Paikka						Päiväys		Suunnitteluala		LVI			

KUVA 7. Esimerkki lämmönjakokeskuksen mitoitus-tietotaulukosta

Kuvassa 7 oleva mitoitustietotaulukko on esimerkki siitä, minkä näköistä asiakirjaa tulisi etsiä. Lomake sijoitetaan yleensä lämmönjakohuoneen seinälle tai kaappiin keskuksen omaan kansiin.

Kuvan 7 mukainen asiakirja on luotu Exceliin taulukoksi. Luotuihin Excel-välilehtiin täytetään lähtötiedot, joiden avulla taulukkolaskuri täyttää mitoitustietotaulukkoa. Välilehdille on tuotu tarpeellisia taulukoita sekä laskentakaavoja, joiden avulla voidaan laskea lämmönjakokeskuksen laitteiden arvoja, kuten virtaamia, painehäviöitä ja venttiileiden  $k_{vs}$ -arvoja.

Mitoitustietolomaketta voidaan käyttää myös lämmönjakokeskusten tarjouspyyntöjä kysyttäessä. Lomakkeen avulla nähdään mitä laitteita lämmönjakokeskukselta vaaditaan, joten lämmönjakokeskusten valmistajat ja toimittajat osaavat sen mukaan tehdä tarjouksen tarvittavasta lämmönjakokeskuksesta.

## 6.2 Laskurissa apuna käytettyjä taulukoita

Taulukko 3 on laskurissa käytetty taulukko. Se kuvaa veden tiheyttä ja ominaislämpökapasiteettia lämpötilan funktiona. Kuvassa näkyy vain osa taulukosta, ja koko taulukko on liitteissä 2. Suuremmissa lämpötilassa veden tiheys pienenee sekä ominaislämpökapasiteetti laskee.

TAULUKKO 3. Veden tiheys lämpötilan funktiona

Lämpötila ( °C)	Tiheys (kg/m <sup>3</sup> )	Ominaislämpö- kapasiteetti (kJ/KgK)
5	1000	4,203
6	1000	4,201
7	1000	4,199
8	1000	4,196
9	1000	4,194
10	1000	4,192
11	1000	4,191
12	1000	4,189
13	1000	4,188
14	999	4,186
15	999	4,185
16	999	4,184
17	998,8	4,183
18	998,6	4,182
19	998,4	4,181
20	998,2	4,181

Taulukkoa käytettiin laskettaessa virtaamaa lämmönsiirtimien läpi kulkevalle vedelle. Veden tiheys muuttuu aina, kun käytetään eri mitoituslämpötiloja. Laskuri hakee mitoituslämpötilojen mukaan oikeat veden tiheydet sekä laskee tarvittavat virtaamat ja painehäviöt. Laskuri täyttää samalla mitoitus tietolomaketta automaattisesti. Käyttäjän tulee vain täyttää mitoitus tiedot ja tarkastella saatuja lopputuloksia.

Taulukossa 4 on käytetty Rakentamismääräyskokoelman D1 2007 liite 2:n taulukkoa ja rakennettu siitä Excel-taulukko. Taulukko on näkyvässä kokonaisuudessaan liitteessä 3.

TAULUKKO 4. Käyttöveden mitoitusvirtaaman hakutaulukko

Normivirtaamien summa Q dm <sup>3</sup> /s	Mitoitusvirtaama q dm <sup>3</sup> /s				Normivirtaamien summa Qn
	0,1	0,2	0,3		
0,1	0,1	-	-		Käyttöveden mitoitusvirtaama dm <sup>3</sup> /s    dm <sup>3</sup> /s
0,2	0,16	0,2	-		
0,3	0,18	0,26	0,3		0,1    1,38
0,4	0,2	0,28	0,36		0,2    1,48
0,5	0,21	0,3	0,38		0,3    1,58
0,6	0,23	0,31	0,4		
0,7	0,24	0,33	0,41		
0,8	0,25	0,34	0,43		
0,9	0,26	0,35	0,44		
1	0,27	0,36	0,45		
1,1	0,28	0,37	0,46		

Taulukko hakee automaattisesti käyttöveden mitoitusvirtaaman D1:n taulukon mukaisesti. Taulukon avulla voi myös valita, mitä mitoitusvirtaamaa q, eli korkeimman yksittäisen vesikalusteen mitoitusvirtaamaa laskuri käyttää. Kyseisessä taulukossa on saatu mitoitusvirtaamaksi 0,2 dm<sup>3</sup>/s ja normivirtaamien summaksi 27 dm<sup>3</sup>/s. Näillä arvoilla saatiin käyttöveden mitoitusvirtaamaksi 1,48 dm<sup>3</sup>/s.

Taulukosta on esitetty vain osa ja koko taulukko on nähtävillä liitteessä 3. Taulukossa mitoitusvirtaama on valittu 0,2 dm<sup>3</sup>/s kohdalta, koska se on suurin yksittäisen vesikalusteen normivirtaama kyseisessä esimerkissä. Kyseinen 0,2 dm<sup>3</sup>/s mitoitusvirtaama on samalla yleisin käytetty yksittäisen vesikalusteen maksimi mitoitusvirtaama. Samaan taulukkoon on myös automatisoitu käyttöveden normivirtaamien summan pyöristys ylöspäin seuraavaan tasalukuun yli 20 dm<sup>3</sup>:iin/s yltävissä arvoissa (taulukko 5).

TAULUKKO 5. Laskurin pyöristämisen tärkeys

Normivirta	Mitoitusvirtaama q		
summa Q	dm <sup>3</sup> /s		
dm <sup>3</sup> /s	0,1	0,2	0,3
17,5	1,07	1,17	1,26
18	1,09	1,18	1,28
18,5	1,1	1,2	1,3
19	1,12	1,22	1,31
19,5	1,14	1,24	1,33
20	1,16	1,25	1,35
21	1,19	1,29	1,38
22	1,22	1,32	1,42

Pyöristys taulukossa 5 on tärkeää, koska taulukossa 20 dm<sup>3</sup>:in/s jälkeen on enää saatavissa normivirtaamien summien tasalukuja. Esimerkiksi jos taulukkolaskuri antaisi lukeman 20,5 dm<sup>3</sup>/s, niin silloin laskuri hakisi normivirtaamien summan 20 dm<sup>3</sup>:in/s kohdalta. Taulukossa pyritään varmistamaan käyttöveden mitoitusvirtaaman riittävyys ja näin ollen pyöristetään aina ylöspäin, eli tässä tapauksessa 21 dm<sup>3</sup>:iin/s.

### 6.3 Laskurin toimintaperiaate

Mitoitustietotaulukon täyttö luotuu pohjaan alkaa hakemalla Oulun Energian asiakastietojärjestelmästä uusittavan kohteen tiedot (kuva 8). Lähtötietoja täytetään taulukon välilehdelle nimeltä laskuja, eli toiselle välilehdelle. Tässä kohteessa on kaksi lämmönsiirrintä, lämmin käyttövesi ja lämmitys. Tilaa on tarvittaessa kolmelle siirtimelle. Yksilöidyt ruudut ovat käyttäjän muokattavissa. Suurimman osan taulukosta käyttäjä voi täyttää asiakastietojärjestelmästä haetun datan mukaan. Suurempi kuva on nähtävissä liitteessä 4.

<b>Lähtötiedot</b>			Paine-ero alueen mukaan	Alue	3 +/- 1 bar
Normeerattu kulutus	671	MWh	Käytettävissä oleva paine-ero	kesä	2,0 bar
Kiinteä osa (läm.käyt.vesi)	172	MWh	Käytettävissä oleva paine-ero	talvi	4,0 bar
Tilavuus	13200	m <sup>3</sup>	Käyttöveden säätöventtiilin kvs-arvo		6,30
As. lukumäärä	49	kpl	Lämmityksen säätöventtiilin kvs-arvo		2,50
Kylmän veden lämpötila	10	°C			
			Verkoston hävittämä paine		5 kPa
			Lämmönsiirtimen hävittämä paine		20 kPa
<b>Virtaamien laskenta</b>					
	kv	L1	L2		
Siirtimen teho (kW)	367	203			
Ensiö Tm (°C)	70	115			
Ensiö Tp (°C)	20	43			
Veden ominaislämpö kJ/kgK	4,178	4,196			
Veden tiheys kg/dm <sup>3</sup>	0,9902	0,9724			
Ensiö virtaama dm <sup>3</sup> /s	1,774	0,691			
Toisio Tm (°C)	58	70			
Toisio Tp (°C)	10	40			
Veden ominaislämpö kJ/kgK	4,177	4,182			
Veden tiheys kg/dm <sup>3</sup>	0,9944	0,9857			
Toisio virtaama dm <sup>3</sup> /s	1,841	1,642			
Lämmityssiirtimen teho			201 kW		
Ominaisteho			15 W/m <sup>3</sup>		
Normivirtaamien summa			25 dm <sup>3</sup> /s	Laskettu yhden asunnon normivirtaaman ollessa 0,5dm <sup>3</sup> /s	
Käyttöveden mitoitusvirtaama			1,42 dm <sup>3</sup> /s	d1 taulukko	
Käyttövesisiirtimen tuntinen teho			52,1 kW	K15 mukaan laskettuna as.lukumäärällä	
Käyttövesisiirtimen teho, vertailu			347 kW	K15 mukaan laskettuna as.lukumäärällä	
Käyttövesisiirtimen teho			269 kW	Käyttöveden mitoitusvirtaamasta laskettu	
<b>Käyttöveden säätöventtiili</b>			<b>Lämmityksen säätöventtiili</b>		
Käyttövesisiirtimen ensiövirtaama	1,77	dm <sup>3</sup> /s	Lämmityssiirtimen ensiövirtaama	0,69	dm <sup>3</sup> /s
Venttiilin hävittämä paine	103	kPa	Venttiilin hävittämä paine	99	kPa
Venttiilin auktoriteetti kesällä	0,51		Venttiilin auktoriteetti kesällä	0,50	
Venttiilin auktoriteetti talvella	0,13		Venttiilin auktoriteetti talvella	0,25	

### KUVA 8. Laskurin lähtötietojen täyttö

Lähtötietojen avulla laskuri laskee esimerkiksi lämmönsiirtimien läpi kulkevat ensiö- ja toisiopuolen virtaamat ja sijoittaa ne suoraan mitoitusviritaulukkoon. Virtaamat lasketaan automaattisesti lämpötilojen mukaan haetuilla veden ominaisarvoilla. Laskurissa on verkoston- ja lämmönsiirtimen painehäviöksi valittu Rakennusten kaukolämmitys Julkaisu K1/2013 mukaisesti mitoituspainehäviöt. Verkostolle on valittu painehäviöksi 5 kPa ja lämmönsiirtille 20 kPa. Verkoston ja lämmönsiirtimen painehäviöt otetaan huomioon laskettaessa säätöventtiilin mitoituspaineroa. Käyttäjä valitsee verkoston paine-eroalueen alavetovalikosta ja voi kokeilla eri kvs-arvoja venttiileille. Laskuri laskee venttiilin hävittämän painehäviön sekä auktoriteetit kesällä ja talvella. Venttiilin auktoriteetin tulisi olla 0,5 tai suurempi.

Laskuriin täytetään kohdat, jotka on Excelissä yksilöity reunaviivoilla. Havainnollistamisen vuoksi liitteeseen 6 on väritetty keltaisella ne kohdat, jotka käyttäjä täyttää tai valitsee laskurin antamista arvoista. Kuvan 8 oikeassa yläreunassa olevat kohdat, eli paine-eroalueet sekä venttiilien kvs-arvot valitaan taulukkoon luodusta alavetovalikoista, jotta virheellisiä arvoja ei käytettäisi.

#### **6.4 Laskurin vertailu käsin laskentaan**

Laskukaavojen ja asiakirjojen hakeminen on ennen suoritettu manuaalisesti ja tarvittavia kaavoja sekä dokumentteja on etsitty eri lähteistä. Se ei ole paras tai nopein tapa toimia, joten mitoitukseen liittyviä laskuja pyrittiin automatisoimaan mahdollisimman paljon. Nyt taulukot ja tärkeät dokumentit on nyt koottu samaan paikkaan, josta ne löytyvät helposti. Lisäksi suurin osa luoduis-ta taulukoista on automatisoitu laskemaan mitoituksessa vaadittuja laskuja valmiiksi. Näin työn määrä vähenee ja mitoitus helpottuu.

Laskuria on testikäytetty oikeissa kohteissa, jolloin on huomattu korjaus- ja parannusehdotuksia. Laskuria paranneltiin ehdotusten perusteella ja sen on todettu nopeuttavan lämmönjakokeskus-ten valintaa. Oulun Energian työntekijät ovat todenneet laskurin toimivaksi.

## 7 YHTEENVETO

Opinnäytetyön aiheena oli tehdä laskuri, joka auttaisi lämmönjakokeskuksen ja sen laitteiden valinnassa. Laskuri automatisoitiin laskemaan lämmönjakokeskuksiin liittyviä laskuja, kuten virtaamia, painehäviöitä ja venttiilien  $k_{vs}$ -arvoja.

Laskuri tuli valmiiksi muutaman koekäyttökerran ja muutoksen jälkeen. Laskuria koekäytettiin Oulun Energian todellisten kohteiden lämmönjakokeskusten uusinnassa. Laskuri todettiin sopivaksi käyttötarkoitukseensa.

Verrattuna vanhaan tapaan, jolloin haettiin kaikki taulukot ja asiakirjat erikseen sekä laskettiin laskut käsin, saatiin työtä nopeutettua huomattavasti. Täysin automaattiseksi taulukkoa ei kuitenkaan kyetty luomaan, koska jotkin arvot tulee käyttäjän täyttää jokaiseen kohteeseen erikseen. Näitä ovat esimerkiksi lämmitysverkostossa käytettävät lämpötilat sekä lämmönsiirtimeen lopulliset tehot.

## LÄHTEET

Hänninen, Marko. 2016. Kaukolämpö ja -jäähdytys nyt ja tulevaisuudessa. Saatavissa: [http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/113843/Hanninen\\_Marko.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/113843/Hanninen_Marko.pdf?sequence=1&isAllowed=y) Hakupäivä 2.5.2018.

Kaukolämmön käsikirja. 2006. Energiateollisuus ry. Helsinki. Libris Oy.

Kaukolämmön mittaus ja käyttö. 2018. Oulun Energia. Saatavissa: <https://www.ouluenergia.fi/tuotteet-ja-palvelut/lampopalvelut/kaukolampo/kaukolammon-mittaus-ja-kaytto> Hakupäivä: 21.3.2018.

Konsernin esittely. 2018. Oulun Energia. Saatavissa: <https://www.ouluenergia.fi/oulu-energia-konserni/konsernin-esittely> Hakupäivä 30.4.2018.

Kulutuksen normitus auttaa kulutusseurannassa. 2016. Motiva. Saatavissa: [https://www.motiva.fi/files/12186/Kulutuksen\\_normitus\\_Laskentakaavat\\_ja\\_ohjeet\\_Motiva\\_Oy\\_12-2016.pdf](https://www.motiva.fi/files/12186/Kulutuksen_normitus_Laskentakaavat_ja_ohjeet_Motiva_Oy_12-2016.pdf) Hakupäivä: 15.4.2018.

Lämmöntuotto, kaukolämpö. 2016. Motiva. Saatavissa: [https://www.motiva.fi/koti\\_ja\\_asuminen/taloyhtiot/energiaeksperttitoiminta/lahtotilanteeseen\\_tutustuminen/lammontuotto\\_kaukolampo](https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/taloyhtiot/energiaeksperttitoiminta/lahtotilanteeseen_tutustuminen/lammontuotto_kaukolampo) Hakupäivä 20.3.2018.

Mäkelä, Veli-Matti – Tuunanen, Jarmo. 2015. Suomalainen kaukolämmitys. Mikkeli. Mikkelin ammattikorkeakoulu.

Nevalainen, Markku 2018. Oulun paine-erokartta. Sähköpostiviesti. Vastaanottaja: jarno.hautajarvi@ouluenergia.fi

Oulun karttapalvelu. 2018. Saatavissa: <https://kartta.ouka.fi/ims> Hakupäivä 31.5.2018

Rakennusten kaukolämmitys. Määräykset ja ohjeet. Julkaisu K1/2013. 2014. Energiateollisuus ry. Saatavissa: [https://energia.fi/files/502/JulkaistuK1\\_2013\\_20140509.pdf](https://energia.fi/files/502/JulkaistuK1_2013_20140509.pdf) Hakupäivä 5.3.2018



Rakentamisen säädökset muuttuvat. 2018. Rakennusteollisuus. Saatavissa: <https://www.rakennusteollisuus.fi/globalassets/koulutus-ja-esitysaineistot/2017/kiertue/rakmk-uusiminen.pdf> Hakupäivä: 28.5.2018

Toppilan voimalaitos. 2018. Oulun Energia. Saatavissa: <https://www.ouluenergia.fi/energia-ja-ymparisto/energiantuotanto/voimalaitokset/toppilan-voimalaitos> Hakupäivä 3.5.2018

Tytäryhtiöt ja osakkuudet. 2018. Oulun Energia. Saatavissa: <https://www.ouluenergia.fi/ouluenergia-konserni/konsernin-esittely/tytaryhtiot-ja-osakkuudet>  
Hakupäivä 30.4.2018

Unis 100-2RF. 2018. HögforsGST. Saatavissa: <http://hogforsgst.com/fi/tuotteet/seinaasenteiset-lammonjakokeskukset/unis-100-2rf-lammonjakokeskus/> Hakupäivä 31.5.2018

Vuosikertomus 2017. 2018. Oulun Energia. Saatavissa: <https://www.ouluenergia.fi/ouluenergia-konserni/konsernin-esittely/vuosikertomus> Hakupäivä 30.4.2018.

<b>LÄMMÖNJAKOKESKUS</b>															
Kohde		Esimerkkikohde													
<b>LÄMMÖNSIIRTIMET</b>			<b>Käyttövesi LS 1</b>				<b>Lämmitys LS 2</b>				<b>Ilmanvaihto LS 3</b>				
Valmistaja															
Malli															
Teho		kW		336				173							
				ensiö		toisio		ensiö		toisio		ensiö		toisio	
Virtaus		dm <sup>3</sup> /s		1,62		1,69		0,59		1,40					
Lämpötilat		°C °C		70 20		10 58		115 43		40 70		0 0		0 0	
Painehäviö		kPa													
<b>SÄÄTÖVENTTIILIT</b>			<b>Käyttövesi TV 1</b>				<b>Lämmitys TV 2</b>				<b>Ilmanvaihto TV 3</b>				
Valmistaja															
Malli															
Virtaus		dm <sup>3</sup> /s		1,62				0,59							
Painehäviö		kPa		86				72							
Koko / k <sub>vs</sub> -arvo		DN / k <sub>vs</sub>		20		6,30		15		2,50					
<b>SÄÄTÖKESKUS</b>															
Valmistaja															
Malli															
<b>KIERTOVIESTIPUMPUT</b>			<b>Käyttövesi P 1</b>				<b>Lämmitys P 2</b>				<b>Ilmanvaihto P 3</b>				
Valmistaja															
Malli															
Virtaus		dm <sup>3</sup> /s		0,51				1,40							
Nostokorkeus		kPa		50				39							
Nimellisvirta / Jännite		kW/A / V													
<b>VERKOSTO, PAISUNTA- JA VAROLAITTEET</b>						<b>Lämmitysverkosto</b>				<b>Ilmanvaihtoverkosto</b>					
Verkoston tilavuus / painehäviö				dm <sup>3</sup> / kPa		-		-							
Paisuntasäiliön tilavuus / esipaine				dm <sup>3</sup> / kPa		-		-							
Varoventtiilin koko / avautumispaine				DN / kPa		2 x 15		350							
<b>PAINE-EROSÄÄDIN</b>			Kyllä												
Valmistaja / malli			/												
Virtaama / painehäviö		dm <sup>3</sup> /s / kPa		/											
Koko / k <sub>vs</sub> -arvo		DN / k <sub>vs</sub>		/											
Asetusarvo		kPa		120											
N:o	kpl	Laite				Mitoitus									
	1	Paisuntasäiliö				150 L									
<b>LISÄTIETOJA:</b>															
Verkoston normaalipaine 1 Bar, minimipaine 0,7 Bar maksimi paine 2 Bar															
Verkoston hälytysrajat: ylärajahälytys 3 Bar, alarajahälytys 0,5 Bar															
<b>PAINE-ERO</b> Lämmönmyyjän ilmoittama käytettävissä oleva paine-ero vaihtelurajoiheen 300 - 700 kPa															

<b>LÄMMÖNJAKOKESKUS</b>								
Rakennuksen käyttötarkoitus						Asuinkerrostalot		
Rakennusten lukumäärä						1 kpl		
Rakennustilavuus (SFS 5139)						21 460 m <sup>3</sup>		
Lämmitetty nettoala (DakMK osa D3)						6 000 m <sup>2</sup>		
Sisälämpötila						21 °C		
Asuntojen lukumäärä						47 kpl		
Lämpimän käyttöveden mitoitusvirtaama						1,69 dm <sup>3</sup> /s		
<b>KAUKOLÄMMITYKSEN LÄMMITYSTEHOT LAITERYHMÄKOHTAISESTI ERITELTYNÄ</b>				<b>LÄMMITYSTEHOJEN ERITTELY (kW)</b>				
				Muu toimintapiste, joka määrittelee Paikkakunnan mitoitusulkolämpö- max tehontarpeen - ____ °C			tilassa -32 °C	
Laiteryhmä		Mitoitus °C - °C	Johtuminen ja vuoto	Ilmanvaihto	Yht.	Johtuminen ja vuoto	Ilmanvaihto	Yht.
Käyttövesipiiriin liitetyt lämmityslaitteet		-						
Lämmityspatterit		-						
Lattialämmitys		-						
Kierrätysilmapatterit		-						
Ilmanvaihtopatterit		-						
Jälkilämmityspatterit		-						
<b>TARVITTAVA KAUKOLÄMPÖTEHO</b>								
+ Teho lämmöntalteenotosta								
+ Muu lämmitysteho								
<b>LÄMMITYSTEHOT YHTEENSÄ</b>								
Kaukolämpövesivirta (ilman käyttövettä)						dm <sup>3</sup> /s		dm <sup>3</sup> /s
Kaukolämpöenergian kulutus / vuosi								MWh/a
LISÄTIETOJA:								
<b>Urakoitsijan merkinnät</b>					<b>Lämmönmyyjän merkinnät</b>			
Urakoitsija Päiväys Vastuhenkilö Allekirjoitus								
Kaupunginosa / kylä		Kortteli / tila	Tontti / RN:o		Viranomaisten merkintöjä			
Rakennustoimenpide					Päiväys		N:o	
Rakennuskohde ja osoite					Lämmönjakokeskustyyppi			
					Päiväys			
					<b>KAUKOLÄMMÖN KYTKENTÄKAAVIO</b>			
Suunnittelijan yhteystiedot					Suunn n:o			
Paikka		Päiväys			Suunnitteluala		LVI	

Lämpötila ( °C)	Tiheys kg/m <sup>3</sup>	Ominaislämpö- kapasiteetti kJ/KgK
5	1000	4,203
6	1000	4,201
7	1000	4,199
8	1000	4,196
9	1000	4,194
10	1000	4,192
11	1000	4,191
12	1000	4,189
13	1000	4,188
14	999	4,186
15	999	4,185
16	999	4,184
17	998,8	4,183
18	998,6	4,182
19	998,4	4,181
20	998,2	4,181
21	998,0	4,181
22	997,8	4,180
23	997,5	4,180
24	997,3	4,179
25	997,0	4,179
26	996,8	4,179
27	996,5	4,178
28	996,2	4,178
29	995,9	4,177
30	995,7	4,177
31	995,3	4,177
32	995,0	4,177
33	994,7	4,177
34	994,4	4,177
35	994,0	4,177
36	993,7	4,177
37	993,3	4,177
38	993,0	4,177
39	992,6	4,177
40	992,2	4,177
41	991,8	4,177
42	991,4	4,177
43	991,0	4,178
44	990,6	4,178
45	990,2	4,178
46	989,8	4,178
47	989,4	4,179
48	988,9	4,179
49	988,5	4,180
50	988,0	4,180
51	987,6	4,180
52	987,1	4,181
53	986,7	4,181
54	986,2	4,182
55	985,7	4,182
56	985,2	4,182
57	984,7	4,183
58	984,2	4,183

59	983,7	4,184
60	983,2	4,184
61	982,7	4,184
62	982,2	4,185
63	981,6	4,186
64	981,1	4,187
65	980,6	4,187
66	980,0	4,188
67	979,5	4,188
68	978,9	4,189
69	978,3	4,189
70	977,8	4,190
71	977,2	4,190
72	976,6	4,191
73	976,0	4,191
74	975,4	4,192
75	974,9	4,193
76	974,3	4,194
77	973,6	4,195
78	973,0	4,196
79	972,4	4,196
80	971,8	4,197
81	971,2	4,198
82	970,5	4,199
83	969,9	4,199
84	969,3	4,200
85	968,6	4,201
86	968,0	4,202
87	967,3	4,203
88	966,7	4,204
89	966,0	4,205
90	965,3	4,206
91	964,6	4,207
92	964,0	4,208
93	963,3	4,209
94	962,6	4,210
95	961,9	4,211
96	961,2	4,212
97	960,5	4,213
98	959,8	4,214
99	959,1	4,215
100	958,4	4,216
101	957,6	4,218
102	956,9	4,219
103	956,2	4,220
104	955,5	4,222
105	954,7	4,223
106	954,0	4,225
107	953,2	4,226
108	952,5	4,228
109	951,7	4,229
110	951,0	4,230
115	947,1	4,237
120	943,0	4,245
125	939,0	
130	934,8	

Normivirtaamien summa Q dm <sup>3</sup> /s	Mitoitusvirtaama q <sup>1)</sup> dm <sup>3</sup> /s q <sub>Nl</sub> (dm <sup>3</sup> /s)			Normivirtaamien summa Q dm <sup>3</sup> /s	Mitoitusvirtaama q <sup>1)</sup> dm <sup>3</sup> /s q <sub>Nl</sub> (dm <sup>3</sup> /s)		
	0,1	0,2	0,3		0,1	0,2	0,3
0,1	0,1	-	-	12,0	0,86	0,96	1,06
0,2	0,16	0,2	-	12,5	0,88	0,98	1,08
0,3	0,18	0,26	0,3	13,0	0,90	1,00	1,10
0,4	0,20	0,28	0,36	13,5	0,92	1,02	1,11
0,5	0,21	0,30	0,38	14,0	0,94	1,04	1,13
0,6	0,23	0,31	0,40	14,5	0,96	1,06	1,15
0,7	0,24	0,33	0,41	15,0	0,98	1,08	1,17
0,8	0,25	0,34	0,43	15,5	1,00	1,09	1,19
0,9	0,26	0,35	0,44	16,0	1,02	1,11	1,21
1,0	0,27	0,36	0,45	16,5	1,03	1,13	1,23
1,1	0,28	0,37	0,46	17,0	1,05	1,15	1,24
1,2	0,29	0,38	0,47	17,5	1,07	1,17	1,26
1,3	0,30	0,39	0,48	18,0	1,09	1,18	1,28
1,4	0,31	0,40	0,49	18,5	1,10	1,20	1,30
1,5	0,32	0,41	0,50	19,0	1,12	1,22	1,31
1,6	0,33	0,42	0,51	19,5	1,14	1,24	1,33
1,7	0,34	0,43	0,52	20,0	1,16	1,25	1,35
1,8	0,35	0,44	0,53	21,0	1,19	1,29	1,38
1,9	0,35	0,45	0,54	22,0	1,22	1,32	1,42
2,0	0,36	0,45	0,55	23,0	1,26	1,35	1,45
2,2	0,38	0,47	0,56	24,0	1,29	1,39	1,48
2,4	0,39	0,48	0,58	25,0	1,32	1,42	1,51
2,6	0,41	0,50	0,59	26,0	1,35	1,45	1,55
2,8	0,42	0,51	0,61	27,0	1,38	1,48	1,58
3,0	0,43	0,53	0,62	28,0	1,42	1,51	1,61
3,2	0,45	0,54	0,63	29,0	1,45	1,54	1,64
3,4	0,46	0,55	0,65	30,0	1,48	1,57	1,67
3,6	0,47	0,56	0,66	32,0	1,54	1,63	1,73
3,8	0,48	0,58	0,67	34,0	1,60	1,69	1,79
4,0	0,49	0,59	0,68	36,0	1,66	1,75	1,85
4,2	0,51	0,60	0,69	38,0	1,71	1,81	1,91
4,4	0,52	0,61	0,71	40,0	1,77	1,87	1,97
4,6	0,53	0,62	0,72	45,0	1,91	2,01	2,11
4,8	0,54	0,63	0,73	50,0	2,05	2,15	2,24
5,0	0,55	0,64	0,74	55,0	2,18	2,28	2,38
5,5	0,58	0,67	0,77	60,0	2,31	2,41	2,51
6,0	0,60	0,70	0,79	65,0	2,44	2,54	2,64
6,5	0,63	0,72	0,82	70,0	2,57	2,67	2,76
7,0	0,65	0,74	0,84	80,0	2,82	2,91	3,01
7,5	0,67	0,77	0,86	90,0	3,06	3,16	3,25
8,0	0,70	0,79	0,89	100,0	3,30	3,39	3,49
8,5	0,72	0,81	0,91	110,0	3,53	3,63	3,72
9,0	0,74	0,84	0,93	120,0	3,76	3,86	3,95
9,5	0,76	0,86	0,95	130,0	3,98	4,08	4,18
10,0	0,78	0,88	0,97	140,0	4,21	4,30	4,40
10,5	0,80	0,90	1,00	150,0	4,43	4,53	4,62
11,0	0,82	0,92	1,02	160,0	4,65	4,74	4,84
11,5	0,84	0,94	1,04	170,0	4,86	4,96	5,06

Lähtötiedot		Paine-ero alueen mukaan	Alue
Normeerattu kulutus	671 MWh	Käytettävissä oleva paine-ero	3 +/- 1 bar
Kiinteä osa (läm.käyt.vesi)	172 MWh	Käytettävissä oleva paine-ero	2,0 bar
Tilavuus	13200 m <sup>3</sup>	Käyttöveden säätöventtiilin kvs-arvo	4,0 bar
As. lukumäärä	49 kpl	Lämmityksen säätöventtiilin kvs-arvo	6,30
Kylmän veden lämpötila	10 °C		2,50
		Verkoston hävittämä paine	5 kPa
		Lämmönsiirtimen hävittämä paine	20 kPa

Virtaamien laskenta		kv	L1	L2
Siirtimen teho (kW)		367	203	
Ensiö Tm (°C)		70	115	
Ensiö Tp (°C)		20	43	
Veden ominaislämpö kJ/kgK		4,178	4,196	
Veden tiheys kg/dm <sup>3</sup>		0,9902	0,9724	
Ensiö virtaama dm <sup>3</sup> /s		1,774	0,691	
Toisio Tm (°C)		58	70	
Toisio Tp (°C)		10	40	
Veden ominaislämpö kJ/kgK		4,177	4,182	
Veden tiheys kg/dm <sup>3</sup>		0,9944	0,9857	
Toisio virtaama dm <sup>3</sup> /s		1,841	1,642	

Lämmityssiirtimen teho	201 kW
Ominaisteho	15 W/m <sup>3</sup>
Normivirtaamien summa	25 dm <sup>3</sup> /s
Käyttöveden mitoitusvirtaama	1,42 dm <sup>3</sup> /s
Käyttövesisiirtimen tuntinen teho	52,1 kW
Käyttövesisiirtimen teho, vertailu	347 kW
Käyttövesisiirtimen teho	269 kW

Laskettu yhden asunnon normivirtaaman ollessa 0,5dm<sup>3</sup>/s  
d1 taulukko  
K15 mukaan laskettuna as.lukumäärällä  
K15 mukaan laskettuna as.lukumäärällä  
Käyttöveden mitoitusvirtaamasta laskettu

Käyttöveden säätöventtiili		Lämmityksen säätöventtiili	
Käyttövesisiirtimen ensiövirtaama	1,77 dm <sup>3</sup> /s	Lämmityssiirtimen ensiövirtaama	0,69 dm <sup>3</sup> /s
Venttiilin hävittämä paine	103 kPa	Venttiilin hävittämä paine	99 kPa
Venttiilin auktoriteetti	kesällä	Venttiilin auktoriteetti	kesällä
Venttiilin auktoriteetti	talvella	Venttiilin auktoriteetti	talvella
			0,50
			<b>0,25</b>