

Olli Krankka

KAUKOLÄMMÖN VÄLIOTTOKYTKENTÄ

KAUKOLÄMMÖN VÄLIOTTOKYTKENTÄ

Olli Krankka
Opinnäytetyö
Kevät 2021
Talotekniikan tutkinto-oh-
jelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Talotekniikan tutkinto-ohjelma

Tekijä(t): Olli Krankka

Opinnäytetyön nimi: Kaukolämmön väliottokytkenä

Työn ohjaaja(t): Veli-Matti Mäkelä

Työn valmistuslukukausi ja -vuosi: Kevät 2021

Sivumäärä: 38 sivua

Työn tavoitteena oli selvittää, onko kaukolämmön väliottokytkenällä vaikutusta kaukolämmön paluulämpötilaan. Kaukolämmön väliottokytkenässä lämpimän käyttöveden kierron lämmittämiseen käytettyä kaukolämpövettä ohjataan lämmityksen siirtimen kautta, jotta kaukolämmön paluulämpötila saataisiin mahdollisimman alhaiseksi. Väliottokytkenän avulla kaukolämpövesi, joka tulee lämmityksen lämmönsiirtimelle ja jota käytetään lämpimän käyttöveden kierron lämmittämiseen, saadaan jäädytettyä todella lähelle patteriverkoston paluupuolen lämpötilaa. Ilman väliottoa kaukolämpövesi palaisi voimalliseksi alhaisimmillaan lämpimän käyttöveden kierron lämpöisenä. Kaukolämmön paluulämpötila pyritään saamaan mahdollisimman alhaiseksi, koska kaukolämpöjärjestelmän hyötysuhde paranee paluulämpötilan laskiessa.

Väliottokytkenän vaikutusta tutkittiin seuraamalla kahta samantyyppistä vierekkäistä taloyhtiötä, joihin molempiin oli asennettu väliottokytkenä, joka tarvittaessa voitiin muuttaa välisyöttökytkenäksi. Taloyhtiöiden lämmönjakokeskusten toimintaa seurattiin neljä viikkoa, jonka ajan kytkentöjä muuteltiin väliottokytkenän ja välisyöttökytkenän välillä. Mittauksissa seurattiin ulkolämpötilaa, patteriverkoston paluulämpötilaa ja kaukolämmön paluulämpötilaa. Lämpötilat saatiin lämmönjakokeskuksen antureista Fiksu-järjestelmään, josta ne voitiin viedä Exceliin.

Väliottokytkenällä on työn perusteella vaikutusta kaukolämmön paluulämpötilaan, sillä väliottokytkenällä oli jokaisella mittausjaksolla matalampi kaukolämmön paluulämpötila kuin välisyöttökytkenällä. Mitä alhaisemmat toimintalämpötilat patteriverkostossa oli, sitä suurempi hyöty kytkennästä saatiin, koska väliotolta tuleva kaukolämpövesi voi maksimissaan jäähtyä patteriverkoston paluulämpötilaan. Tarkkaa hyötyä on kuitenkin vaikea sanoa, koska taloyhtiöillä oli erilaiset lämmityksen säätökäyrät ja niitä jouduttiin muuttamaan kesken mittauksien. Lisäksi ulkolämpötila-antureiden arvot poikkesivat toisistaan välillä yli 2 °C, joka vaikuttaa tulosten tarkkuuteen.

Asiasanat: Kaukolämpö, Kytkenä, Paluulämpötila, Lämmönjakokeskus, Energiatehokkuus

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	5
2	KAUKOLÄMPÖ.....	7
2.1	Tuotanto	7
2.2	Jakelu	8
2.3	Lämmönjakokeskus.....	9
2.4	Jäähtymä.....	10
2.5	Laskutus	11
3	KYTKENNÄT	13
3.1	Pientalokytkenä	13
3.2	LVK-peruskytkentä	14
3.3	Välisyöttökytkentä	15
3.4	Väliottokytkenä	16
3.4.1	Väliottokytkenä päällä	17
3.4.2	Väliottokytkenä pois päältä	18
4	ENERGIALAITOSTEN HINNOITTELUMALLEJA	20
4.1	Helen	21
4.2	Fortum	21
4.3	Oulun Energia	22
5	KOhteiden esittely	23
5.1	Taloyhtiö A	24
5.2	Taloyhtiö B	24
5.3	Taloyhtiöiden säätökäyrien asetusarvot	25
6	KOhteiden mittaukset	26
6.1	Väliotot auki 8.2.–15.2.	26
6.2	Väliotot kiinni 15.2.–22.2.	28
6.3	A:n väliotto auki, B:n kiinni 22.2.–1.3.	29
6.4	A:n väliotto kiinni, B:n auki 1.3.–8.3.	31
6.5	Tulosten koonti	32
7	Yhteenveto	35
	LÄhteet	37

1 JOHDANTO

Opinnäytetyössä tutkitaan kahden vierekkäisen taloyhtiön lämmönjakokeskusten toimintaa kaukolämpöjärjestelmässä vertailemalla eri kytkentätapojen vaikutusta kaukolämmön paluulämpötilaan. Työn kohteissa käytetään kahdenlaisia kytkentöjä: välisyöttökytkentä ja väliottokytkentä. Työn aiheena olevaa väliottokytkentää tutkitaan samaan aikaan myös muissa kohteissa.

Työn tavoitteena on selvittää saako väliottokytkennällä aikaan energiansäästöä kaukolämmön paluulämpötilan laskemisen avulla. Väliottokytkennän mahdollinen energiansäästö toisi uuden työkalun ilmastonmuutosta vastaan, joka on puhuttanut ihmisiä jo pitkään. Välisyöttökytkentä on ollut käytössä jo pitkän aikaa kohteissa, joiden lämmityspuolen paluulämpötilat jäivät korkeiksi, ja sillä on ollut huomattavia vaikutuksia kaukolämmön paluulämpötilaan. Paluulämpötilalla on merkitystä, koska pumppauksen kustannukset pienenevät ja CHP-laitoksen hyötysuhde paranee paluulämpötilan laskiessa. Paluulämpötilan laskusta hyötyy sekä asiakas että kaukolämpöyhtiö, koska alhainen paluulämpötila pienentää asiakkaan sopimusvesivirtaa ja perusmaksua.

HögforsGST esitti ajatuksen kaukolämmön väliottokytkennän tutkimisesta ja sai kumppanikseen Oulun Energian. Oulun Energia vastasi lämmönjakokeskusten asennuksista ja HögforsGST lämmönjakokeskusten valmistuksesta, suunnittelusta ja toimituksesta. Lisäksi työssä käytetään HögforsGST:n kehittämää FIKSU-ohjausjärjestelmää.

Oulun Energia on Pohjois-Suomen suurin energiayhtiö, joka on perustettu vuonna 1889. Siihen kuuluu Oulun Energia Oy, jonka omistuksessa on kaikki sen tytäryhtiöt; Oulun Energia Siirto ja Jakelu Oy, Oulun Energia Urakointi Oy, Turveruukki Oy ja Huoltovoima Oy. Oulun kaupunki omistaa koko Oulun Energian tytäryhtiöineen. Yhtiö työllistää lähes 400 henkilöä energia-alalta. (Oulun Energia Oy 2021a.) Oulun Energia tuottaa sähköä ja lämpöä sekä siirtää ne Oulun seudun kotitalouksille, yrityksille ja yhteiskunnan palveluihin. Lämmön tuotanto on kaukolämpöä, josta vuonna 2019 tuotettiin 63,2 % Toppilan voimalaitoksella. Seuraavaksi eniten kaukolämpöä tuotti Ekovoimalaitos, jonka osuus lämmön tuotannosta oli 20,9 %. Tämän lisäksi lämpökeskukset tuottivat 0,8 % ja loput 15 % ostettiin muualta. Kaukolämmön ja höyryn tuottamiseen käytettiin suurimmaksi osaksi turvetta ja puuta, joiden osuus Oulun Energian omasta tuotannosta oli 56,8 % ja 33,4 %. (Oulun Energia Oy 2021b.)

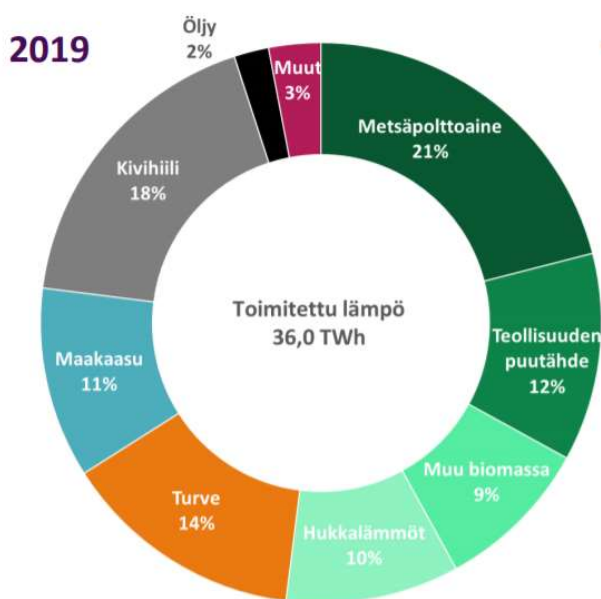
HögforsGST on suomalainen lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmiä valmistava yritys. Valmistuksen lisäksi se myy ja markkinoi tuotteitaan. Yrityksen pääkonttori sijaitsee Leppävirralla, jossa myös kaikki HögforsGST:n tuotteet valmistetaan. Yritys toimii Suomen lisäksi Ruotsissa ja Norjassa, joissa se kaiken kaikkiaan työllistää 130 henkilöä. (HögforsGST 2021a.) Opinnäytetyössä käytetään HögforsGST:n FIKSUGST-järjestelmää, joka on antaa mahdollisuuden käyttää ja säätää kaukolämpölaitteita etänä. Järjestelmään saa talteen kuvat ja dokumentit kohteista sekä mahdolliset hälytykset on mahdollista ohjata matkapuhelimeen tai sähköpostiin. (HögforsGST 2021b.)

2 KAUKOLÄMPÖ

Kaukolämpö on Suomen yleisin lämmitysmuoto, sillä asuin- ja palvelurakennusten lämmityksestä 46 % hoitui kaukolämmöllä vuonna 2019 (Energiateollisuus ry 2020a, 19.). Kaukolämpö on lämpöä, joka on tuotettu jossain muualla kuin missä sen käyttöpaikka on. Käyttöpaikkaan lämpö siirretään veden tai höyryn välityksellä. Asiakkaan kiinteistössä lämpöä on vastaanottamassa lämmönjakokeskus, jonka avulla lämpö siirretään lämmönsiirtimien läpi asiakkaan puolelle. (Energiateollisuus ry 2006, 25.)

2.1 Tuotanto

Kaukolämpö tuotetaan esimerkiksi lämmitysvoimalaitoksissa ja lämpökeskuksissa, joista se jaetaan pumppaamalla asiakkaille. Kaukolämmön tuotanto tehdään yhä yleisemmin CHP-tuotantona eli yhdistetään lämmöntuotanto sähköntuotantoon (Combined Heat and Power). CHP:ssä kaukolämmön tuotannosta saadaan tehokasta, koska sähkön tekemisen ohella prosessista saatu hukkalämpö pystytään ottamaan talteen kaukolämmöksi. Kaukolämmön tuottamiseen on mahdollista käyttää useita eri polttoaineita kuten kivihiiltä, maakaasua, turvetta, öljyä ja haketta. (Mäkelä & Tuunanen 2015, 11–14, 17, 35.) Energiateollisuuden vuonna 2020 alussa julkaiseman artikkelissa (Energiateollisuus ry 2020a, 5.) kaukolämmön energianlähteiden osuus oli kuvan 1 mukainen.



KUVA 1 Kaukolämmön energianlähteet 2019 (Energiateollisuus ry 2020a, 5.)

Kaukolämmön tuloveden lämpötilaa säädellään vuoden ajan mukaan siten, että asiakkaan lämmönjakokeskuksella tulolämpötila on 120–65 °C. Kuitenkin korkein kaukolämmön tuloveden lämpötila on tavallisesti 115 °C. Myös painetta ja paine-eroa säädellään tarpeen mukaan siten, että asiakkaan käytössä oleva paine-ero on vähintään 60 kPa. Talvisin kovimmilla pakkasilla tulovesi saavuttaa korkeimman lämpötilansa, koska lämmöntarve on sitä suurempi mitä pienempi ulkolämpötila on. Kesäisin tuloveden lämpötila on vähintään 65 °C, joka riittää hyvin lämpimän käyttöveden lämmittämisen 58 asteeseen. (Energiateollisuus ry 2010, 2.)

2.2 Jakelu

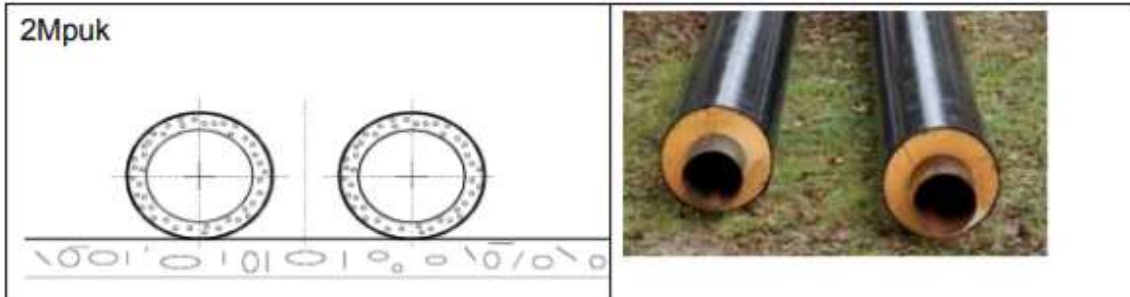
Kaukolämpö jaetaan asiakkaille jakeluverkoston kautta, johon kuuluu siirtojohdot, runkojohdot ja talojohdot. Verkosto on kustannuksiltaan kaukolämpöjärjestelmässä suurin, koska sen pitkät putkipituudet vaativat isoja rakentamiskustannuksia. Putket sijaitsevat pääosin katualueilla, joten niiden korjaamisesta ja kunnossapidosta saattaa syntyä mittavia kustannuksia kaupungeille. Siksi verkoston käyttöikä tulisi olla minimissään 30–50 vuotta.

Suomessa käytetään kaukolämmön jakelussa meno- ja paluuputkea, jotka asennetaan eristettyinä maan alle. Meno- ja paluuputkien ympärille asennetaan polyuretaanista koostuva lämpöeriste ja polyeteenistä tehty suojakuori. Putkien materiaali on yleensä terästä, putket ovat maan alla vierekkäin ja ne ovat samankokoisia keskenään. Näitä tehdasvalmisteisia putkistorakenteita käytetään kahta erilaista. Näistä ensimmäinen on Mpuk (kuva 2) ja siinä meno- ja paluuputkilla on yhteinen eristys ja muovikuori. (Mäkelä & Tuunanen 2015, 50–52, 56–57.)



KUVA 2 Mpuk-kaukolämpöelementti (Mäkelä & Tuunanen 2015, 57.)

Toinen yleisesti käytetty putkistorakenne on 2Mpuk (kuva 3). 2Mpukin meno- ja paluuputket on asennettu Mpukista poiketen omalla eristyksellään ja muovikuorellaan. (Mäkelä & Tuunanen 2015, 50–52, 56–57.)



KUVA 3 2Mpuk-kaukolämpöelementti (Mäkelä & Tuunanen 2015, 57.)

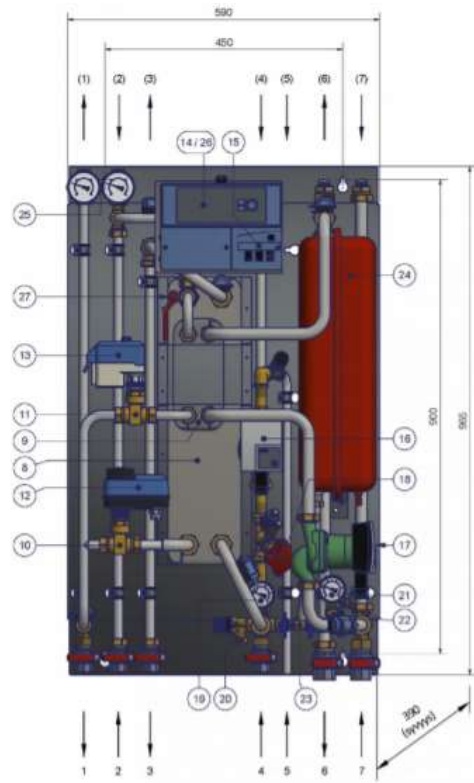
2.3 Lämmönjakokeskus

Kaukolämmön jakeluverkoston putkia pitkin kaukolämpövesi pumpataan asiakkaan lämmönjakokeskuksen läpi, jossa se luovuttaa lämpöenergiaa lämmönsiirtimien kautta asiakkaalle. Siirtimen toisella puolella kiertää asiakkaan puoleinen vesi, joka on erillään kaukolämpövedestä. Asiakkaan kiinteistössä kuumaa vettä käytetään yleisimmin rakennuksen lämmitykseen, lämpimän käyttöveden tuottamiseen tai tuloilman lämmittämiseen ilmanvaihdossa. (Energiateollisuus ry 2006, 43–44.) Lämmönmyyjän puoleisia putkia kutsutaan ensiöpuoleksi ja asiakkaan puoleisia putkia toisiopuoleksi. Alla olevassa lämmönjakokeskuksessa (kuva 4) on kaksi lämmönsiirintä. Yksi on tarkoitettu käyttöveden lämmittämiseen (kuvassa 4 merkitään numerolla 8) ja toinen patteri- tai lattialämmitykselle (kuvassa 4 numero 9). Molemmilla siirtimillä on omat säätöventtiilinsä säätämään kaukolämmön virtausta siirtimen läpi.

Unis 100-2RF

Nro Komponentti

1. Kaukolämpö, paluu
2. Kaukolämpö, tulo
3. Lämmin käyttövesi
4. Kylmävesisyöttö
5. Käyttöveden kierto
6. Lämmitys meno
7. Lämmitys paluu
8. Lämmönsiirrin LS1 (käyttövesi)
9. Lämmönsiirrin LS2 (lämmitys)
10. Säätöventtiili TV1 (käyttövesi)
11. Säätöventtiili TV2 (lämmitys)
12. Toimilaite TV1 (käyttövesi)
13. Toimilaite TV2 (lämmitys)
14. Käyttöveden ja lämmityksen säädin
15. Pumppujen kytkimet
16. Kiertovesipumppu P1 (käyttövesi)
17. Kiertovesipumppu P2 (lämmitys)
18. Käyttöveden kierron linjasäätöventtiili
19. Käyttöveden painemittari
20. Käyttöveden varoventtiili
21. Lämmitysverkon painemittari
22. Lämmitysverkon varoventtiili
23. Lämmitysverkon täyttöventtiili
24. Lämmitysverkon paisuntaastia, 12L
25. Kaukolämmön painemittari, tulo / paluu
26. Kaukolämmön lämpötila tulo/paluu (luetaan säätimeltä)
27. Lämmityksen kesäsulku



KUVA 4 Unis 100-2RF lämmönjakokeskus (HögforstGST 2021c)

2.4 Jäähdytys

Kaukolämmön jäähdytys kuvaa sitä, kuinka paljon kaukolämpövesi jäähtyy asiakkaan kaukolämpölaitteiston läpi mennessään (meno- ja paluuputken erotus). Mitä suurempi jäähdytys on, sitä parempi se on kaukolämpöyhtiölle mm. pienentyneiden pumppauskustannusten takia. Myös asiakkaan lasku jää pienemmäksi kaukolämpöyhtiöillä, joiden hinnoittelun perustana on sopimusvesivirta. Jäähdytys vaikuttavia tekijöitä ovat esimerkiksi kaukolämpölaitteiden mitoitus, laitetekniikka, säätö ja kytkentä. (Mäkelä & Tuunanen 2015, 46, 52, 67.) Opinnäytetyössä keskitytään näistä pääosin kytkentään.

2.5 Laskutus

Kaukolämmön kulutusta mitataan energiamittarilla, jonka kaukolämpöyhtiö asentaa mittauskeskuksen (kuva 5) yhteyteen. Kulutettu lämpöenergia saadaan lämmönjakokeskuksen läpi virtaavan nesteen massan ja ominaislämpökapasiteetin sekä lämpötilaeron perusteella (kaava 1). Lämpötilaa mitataan lämpötila-antureilla meno-(kuva 5 putki 1) ja paluuputkesta (kuva 5 putki 2). Massavirta saadaan virtausanturilta (kuva 5 piste 10). (Energiateollisuus ry 2008, 8.)

Siirtynyt kaukolämpöenergia lasketaan kaavalla

$$Q = C_p \int_{t_0}^{t_1} q_m \Delta T dt$$

KAAVA 1

jossa

Q = Siirtynyt kaukolämpöenergia

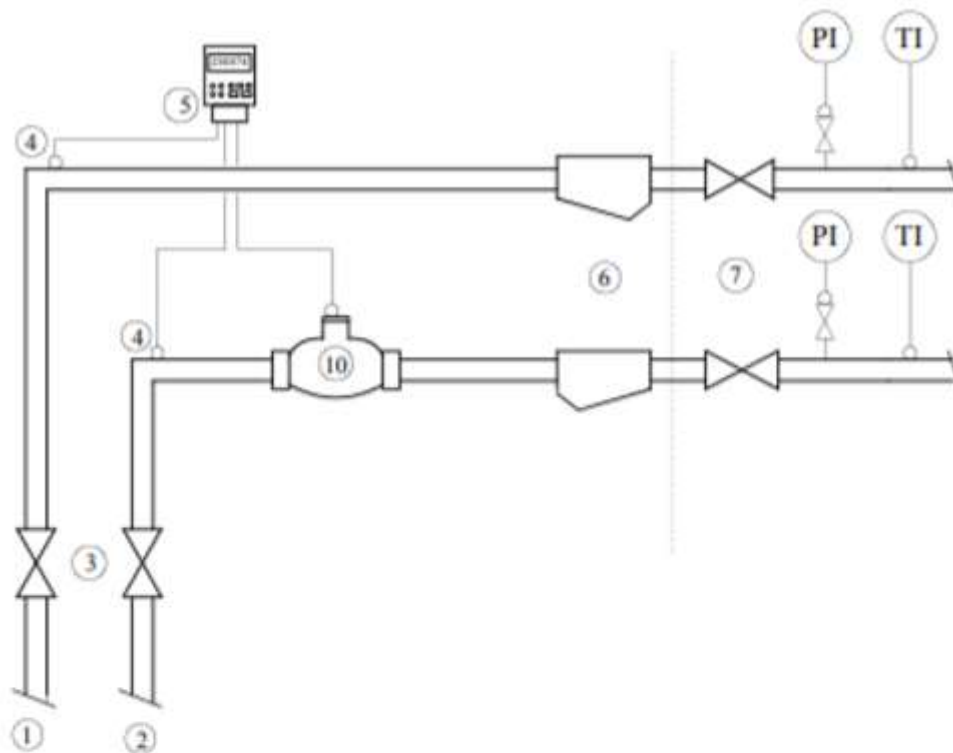
q_m = Massavirta

C_p = Ominaislämpökapasiteetti

ΔT = Tulo- ja paluuputken lämpötilojen erotus

t_0 = ajan alkuhetki

t_1 = ajan loppuhetki



1. Kaukolämpö tulo
2. Kaukolämpö paluu
3. Lämmönmyyjän pääsulkuventtiilit
4. Lämpötila-anturit
5. Lämpöenergiamittari
6. Lianerottimet
7. Asiakkaan pääsulkuventtiilit
- PI Painemittari
- TI Lämpömittari
10. Virtausanturi (vesimittari)

KUVA 5 Kaukolämmön mittauskeskus (Mäkelä & Tuunanen 2015, 109.)

3 KYTKENNÄT

Rakennusten kaukolämmityksen määräyksissä ja ohjeissa (K1) (Energiateollisuus ry 2020b) on määritelty kolme eri kytkentää (taulukko 1): LVK-peruskytkentä, pientalokytKentä ja välisyöttökytkentä. Kytkennän valinta on tärkeää, koska se vaikuttaa kaukolämmön paluulämpötilaan. Paluulämpötilalla on merkitystä, koska paluulämpötilan ollessa korkea pumppauskustannukset kasvavat ja savukaasujen lämmöntalteenoton hyötysuhde tuotantolaitoksessa laskee. Lisäksi sähkön tuotannon määrä on pienempi tehtäessä kaukolämpöä lämmön ja sähkön yhteistuotannolla. (Energiateollisuus ry 2014, 5.)

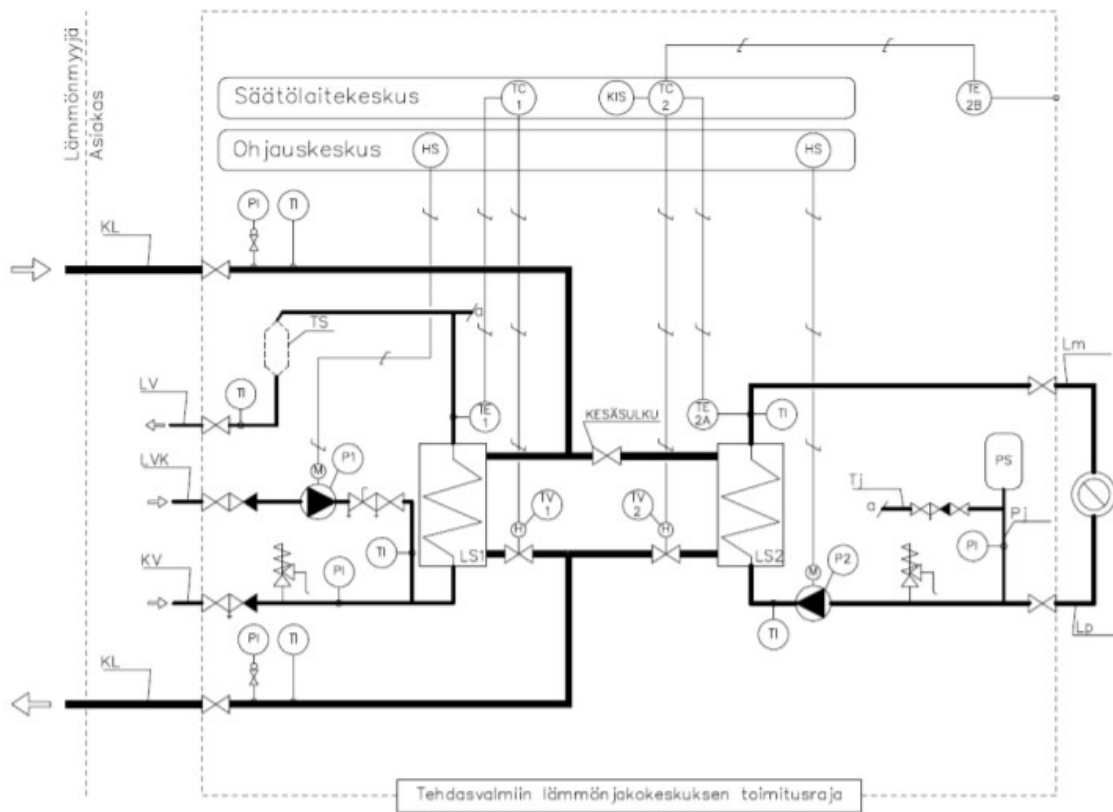
TAULUKKO 1 Kaukolämmön kytkennät (Energiateollisuus ry 2020b, 30.)

Valittava kytkentä	Rakennus
LVK-peruskytkentä	<ul style="list-style-type: none">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.
PientalokytKentä	<ul style="list-style-type: none">Rakennus, jonka tilojen lämmitystehontarve on enintään 30 kW ja käyttövesiteho enintään 120 kW.
Välisyöttökytkentä	<ul style="list-style-type: none">Rakennus, jossa lämmitys- tai ilmanvaihtosiirtimeltä palaavan kaukolämpöveden lämpötila on hyödynnettävissä käyttövesisiirtimessä jäähtymän parantamiseksi.

3.1 PientalokytKentä

Kaukolämmön pientalokytKennässä (kuva 6) kaukolämpövesi virtaa erikseen lämpimän käyttöveden ja lämmityksen siirtimien läpi. Tämän jälkeen kaukolämpövesi yhdistyy siirtimien jälkeen ja palaa takaisin esimerkiksi voimalaitokselle lämmitettäväksi. PientalokytKentä on tyypillinen uusissa omakotitaloissa, joissa on lattia- tai patterilämmitys ja toimintalämpötilat ovat alhaisia. Alhaisten toimintalämpötilojen vuoksi kaukolämmön paluueden lämpöä ei voi käyttää hyödyksi käyttöveden

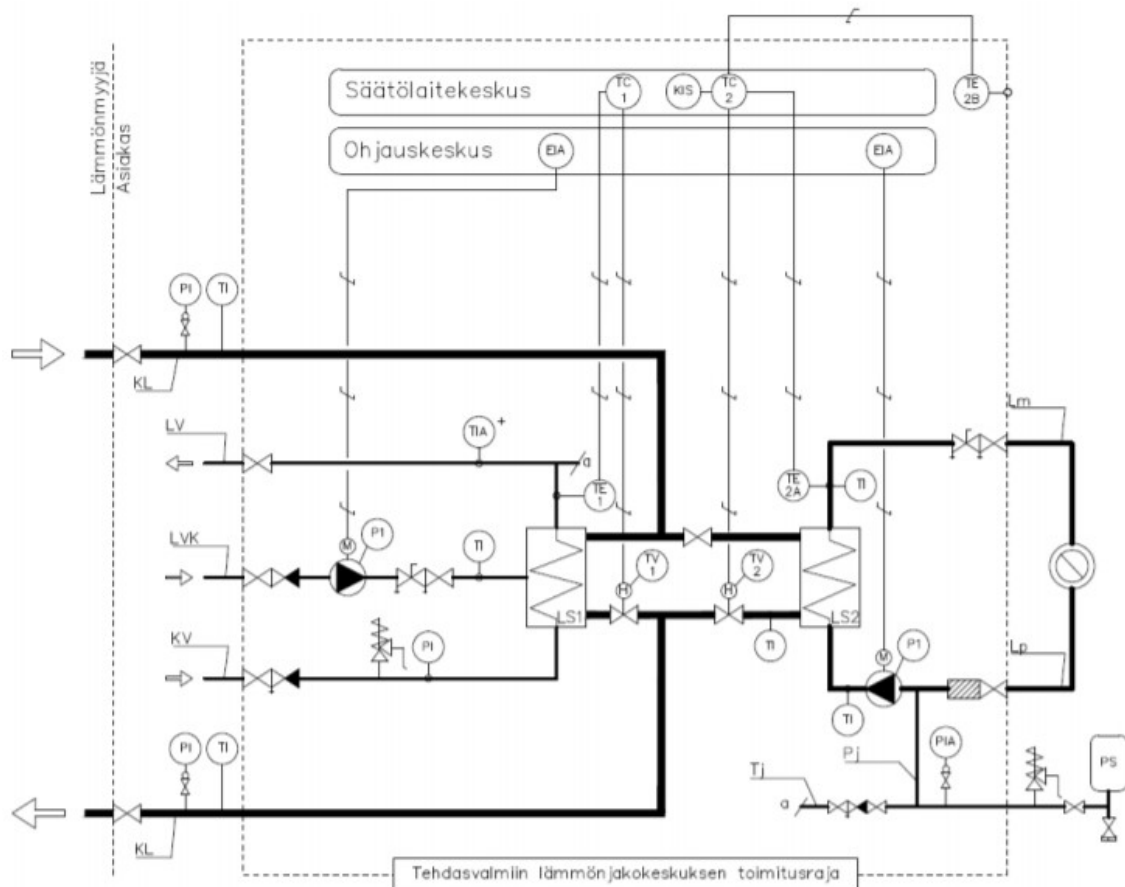
lämmittämiseen. Lämmitykseen käytettävä teho tässä kytkennässä on enintään 30 kW ja käyttöveden teho enintään 120 kW. Kytkennän käyttöveden toisiopuolelle on lisätty 10–15-litrainen tasaussäiliö helpottamaan mahdollista käyttöveden säätöä (kuva 6). Tasaussäiliö ei ole kuitenkaan pakollinen, jos säätö toimii toimintavaatimusten mukaisesti. (Energiateollisuus ry 2020b, 30.)



KUVA 6 Kaukolämmön pientalokytkentä (Energiateollisuus ry 2020b, 34.)

3.2 LVK-peruskytkentä

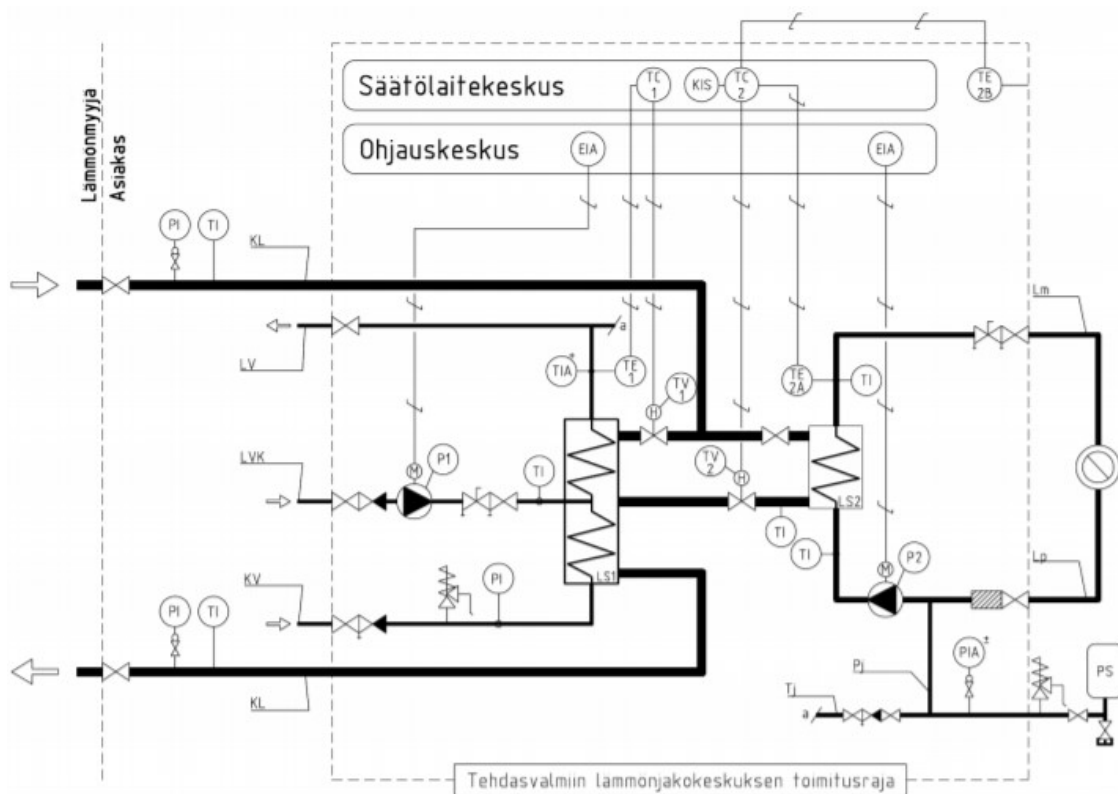
LVK-peruskytkentä (kuva 7) muistuttaa hyvin pitkälti pientalokytkentää, mutta siihen ei ole lisätty tasaussäiliötä. Myös käyttöveden siirrin on rakenteeltaan erilainen siten, että lämpimän veden kiertojohdon voi kytkeä käyttöveden siirtimen keskiosaan. Lämmityksen ja/tai käyttöveden tehojen ylitäessä pientalokytkennässä hyväksytyt tehot (lämmitys 30 kW, käyttövesi 120 kW) käytetään LVK-peruskytkentää. Tässäkin kytkennässä kaukolämmön paluuvien lämpö ei ole hyödynnettävissä samasta syystä kuin pientalokytkennässä. (Energiateollisuus ry 2020b, 30.)



KUVA 7 LVK- peruskytkentä (Energiateollisuus ry 2020b, 33)

3.3 Välisyöttökytkentä

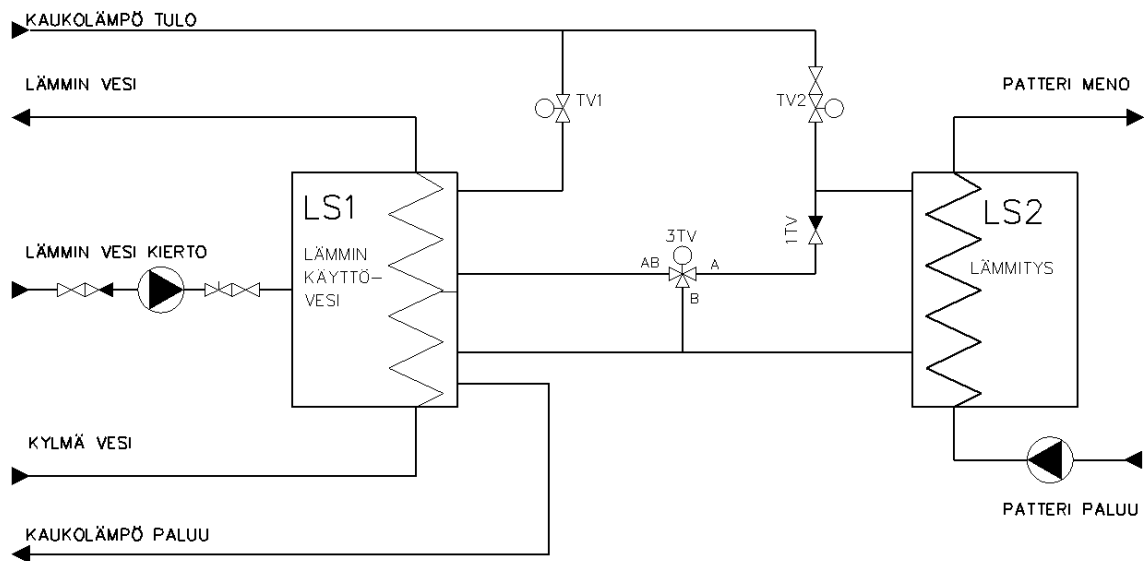
Välisyöttökytkentä (kuva 8) eroaa kaukolämmön peruskytkennästä siten, että kaukolämpövesi ei palaa suoraan lämmityksen siirtimen jälkeen voimalaitokselle tai lämpökeskukselle. Kaukolämpövesi käy käyttöveden siirtimen kautta, jolloin käyttövetä pystytään lämmittämään energialla, joka muuten jäisi käyttämättä hyödyksi. Välisyöttökytkentää käytetään K1:n mukaan rakennuksissa, joissa on mahdollista hyödyntää kaukolämpöpaluuv veden energiaa. K1:n määritelmän mukaan edellinen ehto täyttyy, kun käyttöveden siirtimen teho on enemmän kuin 120 kW ja joko lämmitys- tai ilmanvaihtosiirtimen paluuvesi on lämpötilaltaan enemmän kuin 45 °C. Välisyöttökytkentää voi myös miettiä, jos käyttövesisiirtimen teho nousee 300 kW:iin tai yli ja samaan aikaan kaukolämpöpaluuv veden lämpötila on 40–45 °C. (Energiateollisuus ry 2020b, 30–31.) Välisyöttökytkentää käytettiin ennen vuotta 2003 peruskytkentänä muissa kuin omakotitaloissa ja siksi tämän kytkennän lämmönjakokeskuksia on paljon olemassa olevissa rakennuksissa (Suomen Kaukolämpö ry 2003, 26–27).



KUVA 8 Kaukolämmön välisyöttökytkentä (Energiateollisuus ry 2020b, 35.)

3.4 Väliottokytkentä

Väliottokytkennässä (kuva 9) kytkentä on suurin piirtein sama kuin yllä olevassa välisyöttökytkennässä, mutta käyttöveden siirtimen ja lämmitysverkoston siirtimen välille on asennettu ylimääräinen putki, jotta käyttöveden lämmittämiseen käytetty kaukolämpövesi luovuttaisi vielä osan energiansa lämmityspuolelle. Lisäksi lämmityksen ja käyttöveden siirtimien väliseen putkeen on asennettu kolmitieventtiili (3TV), joka päästää lämpimän käyttöveden siirtimeltä virtaavan kaukolämpöveden kulkemaan lämmityksen siirtimen läpi silloin kun on lämmitystarvetta. Lämmitystarpeen puuttuessa kolmitieventtiilillä pystyy ohittamaan välioton, jolloin välioton kaukolämpövesi ei käy lämmityksen siirtimen kautta vaan palaa käyttövesisiirtimelle esilämmittämään lämmintä käyttövettä. (AFRY Finland Oy 2020.) Väliottokytkennässä lämpimän käyttöveden siirrin on suunniteltu siten, että väliotolta palaava kaukolämpövesi (LS2) ei voi lämmitä lämpimän veden kierron vaikutuksesta. Lämpimän käyttöveden siirtimen voi ajatella olevan kaksiosainen kaukolämmön osalta, koska väliotolta palaava vesi virtaa eri puolelle siirrintä kuin lämpimän veden kierto. (HögforsGST 2020.)

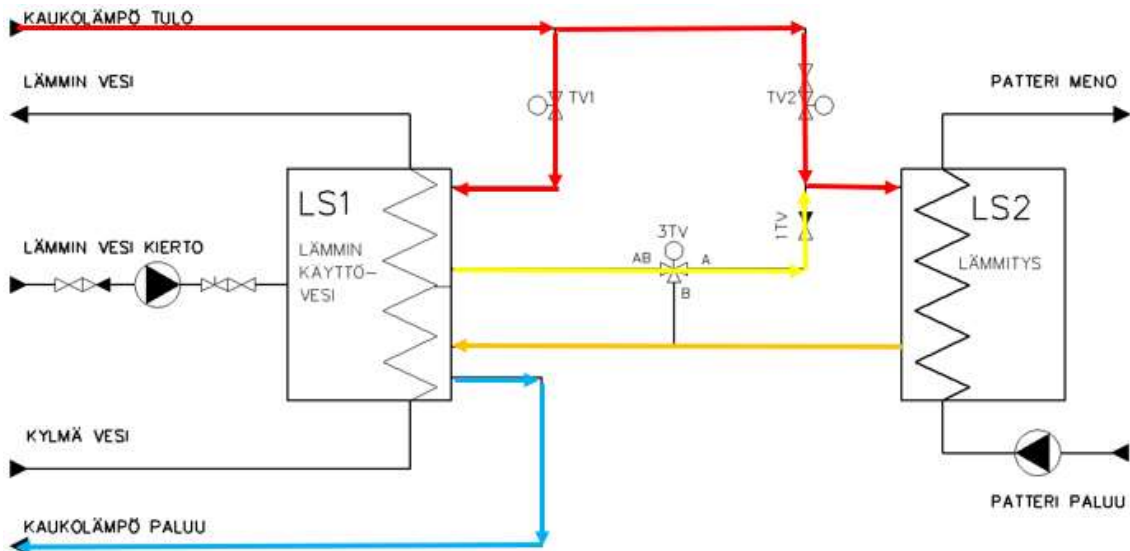


KUVA 9 Kaukolämmön väliottokytkenä (mukaillen HögforsGST:n piirtämää kytkenäkaaviota)

Väliottokytkenän jäähtymän on teoriassa ajateltu olevan maksimissaan 16–17 °C parempi kuin ilman väliottoa. Oletuksena on, että kytkenä toimii parhaiten lämmitystehon tarpeen ollessa vähäinen ja silloin kun käyttöveden kulutus on nolla. Tällöin väliotolta tuleva, lähelle käyttöveden kierron paluun lämpötilaa jäähtynyt kaukolämpövesi pystyy vastaamaan lämmitystarpeeseen. Väliotolta tuleva kaukolämpövesi voi jäähtyä enintään patteriverkoston toisiopuolen paluulämpötilaan virratessaan lämmityksen siirtimen läpi. Siksi mitä matalammiksi toisiopuolen toimintalämpötilat saadaan, sen parempi hyöty väliottokytkenällä on. Vanhemmissa rakennuksissa hyödyn ajatellaan tulevan lämpimän käyttöveden lämpöhäviöistä huonojen eristeiden takia. Uusien rakennusten hyöty muodostuu kytkenässä niiden matalista toimintalämpötiloista, sillä kovimmillakin pakkasilla lattialämmityksen toimintalämpötilat ovat 35–30 °C. (AFRY Finland Oy 2020.)

3.4.1 Väliottokytkenä päällä

Väliottokytkenän ollessa päällä siirtimien välissä oleva kolmitieventtiili (3TV) päästää käyttöveden lämmitykseen käytettyä kaukolämpövettä venttiiliin läpi patterilämmityksen siirtimeen. Patterilämmityksen siirtimessä (LS2) käyttöveden lämmitykseen käytetty kaukolämpövesi yhdistyy lämmityksen säätöventtiililtä (TV2) tulevaan kaukolämpövedeen, ja ne jatkavat käyttöveden siirtimelle (LS1) esilämmittämään käyttövettä. (Kuva 10)

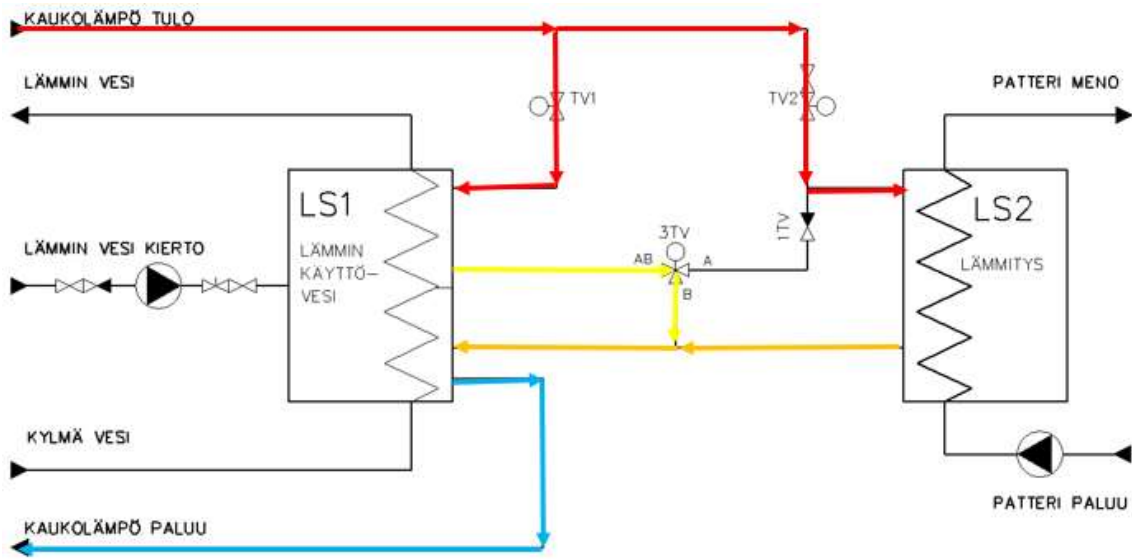


1. Punainen= Kaukolämpö tulo
2. Keltainen= Väliotto
3. Oranssi= Välisyöttö
4. Vaaleansininen= Kaukolämpö paluu

KUVA 10 Väliottokytkentä päällä

3.4.2 Väliottokytkentä pois päältä

Lämmitystehon tarpeen puuttuessa siirtimien välissä oleva kolmitieventtiili sulkee kaukolämpöveden pääsyn A-suuntaan (LS2) ja venttiili päästää kaukolämpövettä vain B-suuntaan. Käyttöveden siirtimeltä tullut kaukolämpövesi yhdistyy lämmityksen siirtimeltä palaavaan veteen, ja yhdistynyt kaukolämpövesi virtaa käyttöveden siirtimelle esilämmittämään käyttövettä. Väliottokytkennän ollessa pois päältä kytkentä toimii samalla periaatteella kuin välisyöttökytkentä. (Kuva 11.)



1. Punainen= Kaukolämpö tulo
2. Keltainen= Väliotto
3. Oranssi= Välisyöttö
4. Vaaleansininen= Kaukolämpö paluu

KUVA 11 Väliottokytkenä pois päältä

4 ENERGIALAITOSTEN HINNOITTELUMALLEJA

Suomessa kaukolämmön hintaan vaikuttaa yleensä kolme tekijää: liittymismaksu, perusmaksu ja energiamaksu. Näistä liittymismaksuun ja perusmaksuun vaikuttaa asiakkaan sopimusteho/sopimusvesivirta. Sopimusteho on kaukolämpöyhtiön asiakkaalle liittymisvaiheessa varaama kaukolämpöteho ja sopimusvesivirta tätä tehoa vastaava virtaama. Sopimustehoa/-vesivirtaa voi kuitenkin muuttaa myöhemmin vastaamaan todellista tehontarvetta, jos liittymisvaiheessa määritetty teho ei osunut kohdalleen. Sopimusteho ja sopimusvesivirta lasketaan tuntisen tehontarpeen perusteella. Tuntinen tehontarve tarkoittaa sitä, että ei käytetä hetkittäistä huipputehoa vaan tehon keskiarvoa tunnin ajalta. Tuntista tehontarvetta käytetään, koska kaukolämpöjärjestelmässä huipputehot ilmaantuvat eri aikoihin eri puolilla verkkoa ja siksi koko järjestelmää ei tarvitse mitoittaa huipputehon perusteella. (Energiateollisuus ry 2014, 3–5.)

Liittymismaksu on kiinteä liittymisvaiheessa maksettu kertaluontoinen summa. Sillä pyritään kattamaan lämpöyhtiölle kaukolämpöverkoston, talojohdon ja mittauskeskuksen kulut. (Mäkelä & Tuunanen 2015, 120.) Opinnäytetyössä ei käsitellä liittymismaksua sen enempää, koska se on kertaluontoinen maksu ja siihen ei voi liittymisen jälkeen enää vaikuttaa.

Perusmaksu (=tehomaksu) on kiinteä summa, jota maksetaan yleensä kerran kuukaudessa. Perusmaksua maksetaan, jotta kaukolämpöyhtiön kiinteät kulut kuten palkka-, kiinteistö-, kaukolämpöverkoston kulut tulisi maksettua. (Mäkelä & Tuunanen 2015, 122.) Perusmaksun osuus asiakkaan maksamasta kokonaislaskusta vaihtelee, 10–50 % välillä (Energiateollisuus ry 2014, 3).

Energiamaksu on energian käytön mukaan laskutettava maksu, jolla katetaan muuttuvia kaukolämpöyhtiön kustannuksia kuten polttoaine- ja lämmönhankintakustannukset. Energiamaksujen vaikutus asiakkaan lopulliseen kaukolämmön hintaan on sitä pienempi mitä vähemmän kaukolämpöä tulee käytettyä. (Energiateollisuus ry 2014, 3.) Seuraavaksi muutamia eri hinnoittelumalleja eri kaukolämpöyhtiöillä.

4.1 Helen

Helenin perusmaksu perustuu sopimusvesivirtaan eli vesivirran kasvaessa myös perusmaksu nousee. Helenin hinnaston mukaan ensimmäinen taso olisi 0,1 m³/h ja se tulisi maksamaan 516,94 €/v (sis. alv 24 %). Seuraavien tasojen perusmaksu nousee tasaisesti 0,05 m³/h välein. (Helen Oy 2020, 1–3.)

Energiamaksu Helenillä muuttuu neljä kertaa vuodessa. Talvella maksu saattaa olla lähes kaksikin kertaa isompi kuin kesällä (Helen Oy 2020, 1–3.). Energiateollisuuden laskema vuositasoitettu arvo (Energiateollisuus ry 2021.) energiamaksulle on 59,66 €/MWh (sis. alv 24 %).

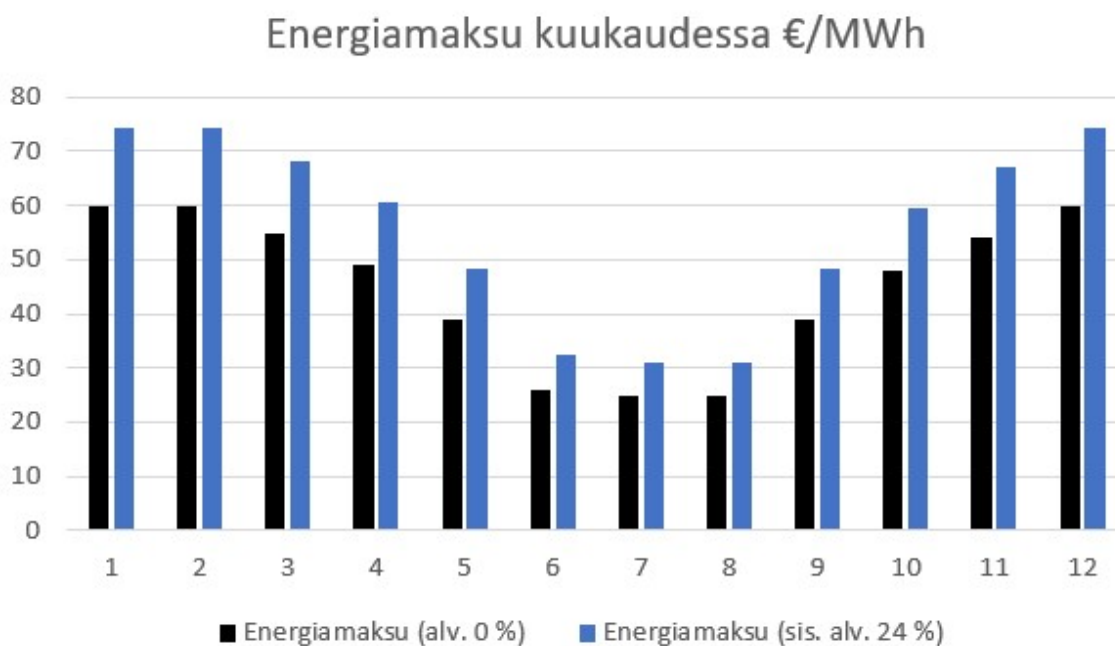
4.2 Fortum

Fortumin perusmaksu riippuu rakennuksen tyypistä ja sopimustehosta (kuva 12). Asuinrakennusten osalta Fortumin hinnoittelussa on kolme tasoa ja muilla kuin asuinrakennuksilla niitä on kuusi. Molempien tyyppien hinnoittelu on sopimustehosta riippuvainen. (Fortum Oy 2021.)

Tehomaksu €/vuosi, alv 0 %		
Asuinrakennukset	Teho (kW)	Tehomaksu €/vuosi
	5–180	53 x kW - 60
	181–400	36 x kW + 3000
	yli 400	19 x kW + 9800
Muut rakennukset		
	5–80	54 x kW - 60
	81–300	38 x kW + 1220
	301–600	22 x kW + 6020
	601–1000	17 x kW + 9020
	1001–3500	12 x kW + 14020
	yli 3500	9 x kW + 24520

KUVA 12 Perusmaksun määräytyminen (Fortum Oy 2021.)

Energiamaksulle Fortumilla on viisi eri hintaa vuodenajan muutoksen perusteella. Talvisin energiamaksu on suurimmillaan ja kesällä pienimmillään. Fortumin osalta energiamaksun keskiarvo on 65,70 €/MWh (sis. alv 24 %) (kuva 13), joka on laskettu energiateollisuuden kaukolämmön hintataulukossa. (Energiateollisuus ry 2021.)



KUVA 13 Energiamaksun hinta (Fortum Oy 2021.)

4.3 Oulun Energia

Oulun Energian perusmaksun perusta on sopimusvesivirta. Sopimusvesivirran avulla lasketaan perusmaksu kolmella eri kaavalla sopimusvesivirran suuruuden mukaan (taulukko 2). Sopimusvesivirran ollessa 0–0,2 m³/h perusmaksu pysyy samana eikä vesivirran vaihtelu vaikuta perusmaksuun. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että sopimusvesivirran ollessa alle tai yhtä suuri kuin 0,2 m³/h perusmaksu on 463,74 €. Vaihteluvälillä 0,21–0,5 m³/h käytetään taulukon 2 toista kaavaa, jossa suurempi vesivirta vaikuttaa perusmaksuun nostavasti ja sama pätee myös viimeiseen kaavaan. Oulun Energian energiamaksu on 56,42 €/MWh (sis. alv 24 %). (Oulun Energia Oy 2021c.)

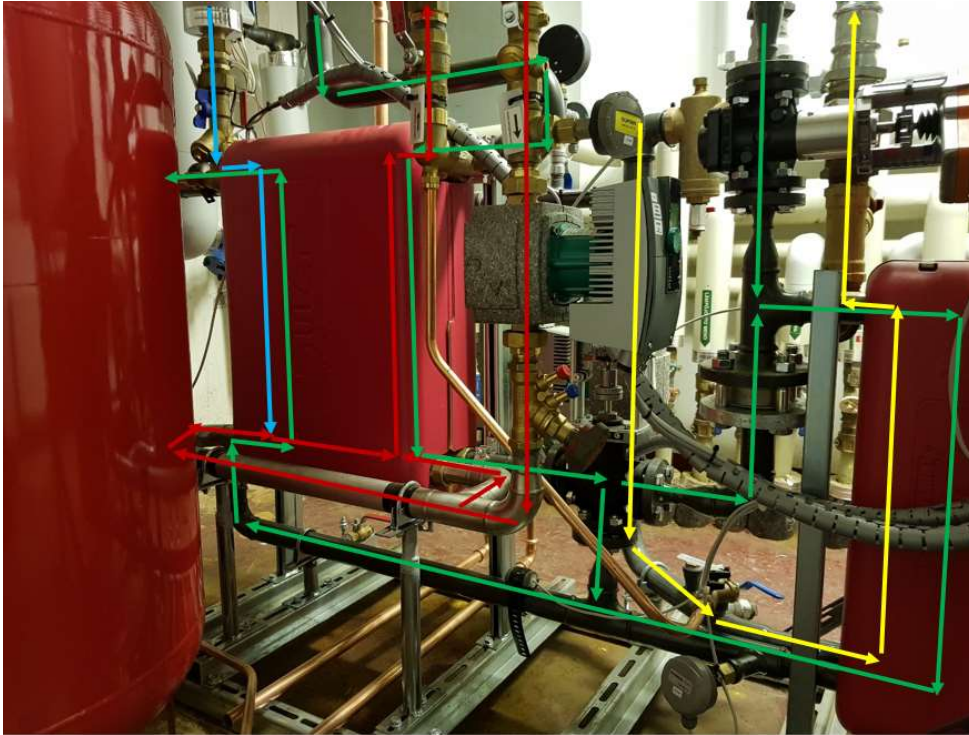
TAULUKKO 2 Oulun Energian perusmaksun laskenta (Oulun Energia Oy 2021c.)

Sopimusvesivirta	Perusmaksun laskentakaava
Pientalo, sopimusvesivirta (V) 0–0,2 m ³ /h	$(2,71 \times 138 \text{ €}) \times 1,24 = 463,74 \text{ €/v}$
Rivitalo, pieni kerrostalo, sopimusvesivirta (V) 0,21–5,0 m ³ /h	$(2,71 \times (34 \text{ €} + 520 \text{ €} \times V) \times 1,24)$
Suuri kerrostalo/kiinteistö, sopimusvesivirta (V) yli 5 m ³ /h	$(2,71 \times (1134 \text{ €} + 300 \text{ €} \times V) \times 1,24)$

5 KOHTEIDEN ESITTELY

Opinnäytetyössä tutkitaan kahta suurin piirtein samanlaista vierekkäistä taloyhtiötä. Taloyhtiöt sijaitsevat alle 15 kilometrin päässä Oulun keskustasta. Molempiin on asennettu normaalista kaukolämmön kytkennästä poikkeava väliottokytkentä, kun taloyhtiöiden lämmitysjärjestelmät muutettiin öljystä kaukolämpöön. Väliottokytkentä on mahdollista kytkeä pois päältä, jolloin on mahdollista testata kytkentää ristiin siten, että toisessa kohteessa on väliottokytkentä ja toisessa välisyöttökytkentä. Tällä tavalla erilaiset kulutustottumukset taloyhtiöissä saadaan suljettua pois. Taloyhtiöissä oli vesikiertoinen patterilämmitys ja pattereiden käyttöä jatketaan myös lämmitysmuodon vaihdon jälkeen. Taloyhtiöihin vaihdettiin patteriventtiilit ja -termostaatit sekä patteriverkostot tasapainotetaan talvella 2020–2021. Lopulliset viritykset ja säädöt tehdään 2021–2022 aikana, jolloin myös sopimusvesivirrat päivitetään tarvittaessa.

Lämmönjakokeskusten kaukolämpökytkentä poikkeaa luvussa 3.4 esitetyistä väliottokytkennöistä siten, että käyttöveden puolella on yksi kaukolämmön säätöventtiili enemmän, jotta käyttöveden säätö olisi tarkempaa pienemmillä virtaamilla. Taloyhtiöitä käsitellään nimettöminä, mutta tärkeimmät tiedot molemmista annetaan. Kuvaan 14 on väliottokytkennästä piirretty virtausnuolet. Vaaleansininen kuvaa kylmää vettä, punainen lämmintä käyttövettä tai lämpimän veden kiertoa, vihreä kaukolämpöä ja keltainen patteriverkostoa.



KUVA 14 Väliottokytettä

5.1 Taloyhtiö A

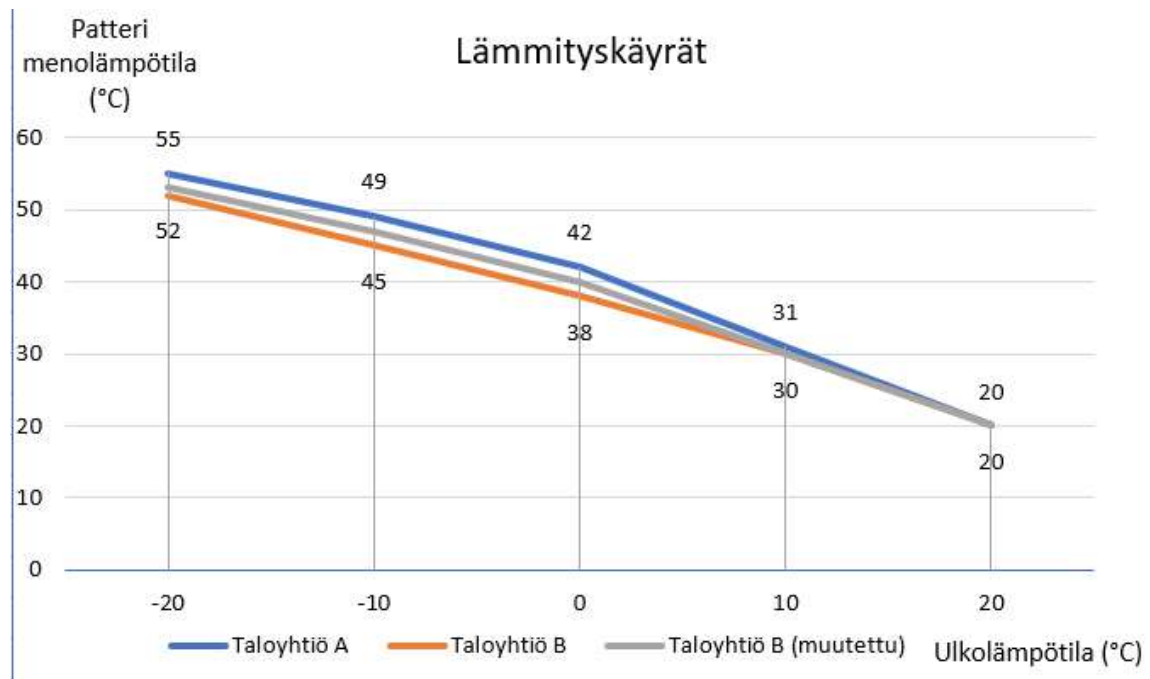
Ensimmäistä taloyhtiötä kutsutaan tästä eteenpäin taloyhtiö A:ksi. Taloyhtiö A:ssa on 23 asuntoa ja se on rakennettu vuonna 1998. Tämän taloyhtiön talojen pinta-ala on 1538 m² ja kerrosala 1886 m². Rakennustilavuudeksi on määritetty 5391 m³. Oulun Energian laskema sopimusteho on 135 kW ja sopimusvesivirta 1,34 m³/h.

5.2 Taloyhtiö B

Toista taloyhtiötä kutsutaan taloyhtiö B:ksi. Taloyhtiössä on yksi asunto enemmän kuin A:ssa ja se on valmistunut vuonna 1997. Talojen pinta-ala on 1533 m² ja kerrosala 1851 m². Rakennustilavuus B:ssä on 5376 m³. Sopimustehoksi Oulun Energian puolesta on laskettu 136 kW ja sopimusvesivirraksi 1,35 m³/h.

5.3 Taloyhtiöiden säätökäyrien asetusravot

Mittaushetkellä kohteiden lämmityksen säätökäyrien asetusravot poikkesivat hieman toisistaan (kuva 15). Taloyhtiö A:n lämmityksen säätökäyrä on korkeammalla tasolla, koska taloyhtiön asukkaat haluavat sisälämpötilan korkeammaksi. Säätökäyrän taso vaikuttaa suoraan patteriverkoston menolämpötilaan siten, että menolämpötila nousee ulkolämpötilan laskiessa. Taloyhtiö B:n asetusravot muutettiin kesken mittausten asukkaiden toiveesta.



KUVA 15 Taloyhtiöiden lämmityksen säätökäyrät

6 KOHTEIDEN MITTAUKSET

Molempien taloyhtiöiden lämmönjakokeskukset ja niiden anturit ovat yhdistettyinä Fiksu-ohjausjärjestelmään. Ohjausjärjestelmän avulla seurattiin ja ohjattiin lämmönjakokeskusten toimintaa etänä mittauksen ajan. Lisäksi Fiksu-järjestelmä tallensi antureiden tiedot, jotka voitiin viedä järjestelmästä Exceliin. Mittauksissa tarkasteltaviksi suureiksi valittiin kaukolämmön paluulämpötila, patteriverkoston paluulämpötila ja ulkolämpötila. Patteriverkoston paluulämpötila valittiin mittauksiin mukaan, koska sillä on suuri merkitys siihen, kuinka matalaksi kaukolämmön paluulämpötila väliotolla saadaan. Mittaukset suoritettiin alla taulukon 3 mukaisesti. Mittausajanjakso oli kuukauden mittainen ja siinä oli neljä viikon pituista vaihetta. Kaikki vaiheet alkoivat aloituspäivänä aamulla klo 9 ja loppuivat lopetuspäivänä aamulla klo 6.

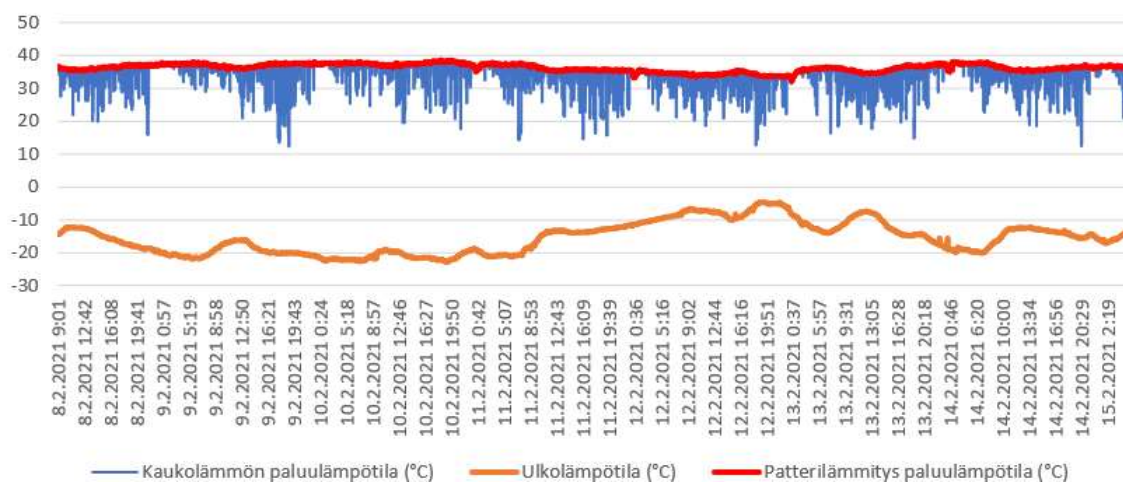
TAULUKKO 3 Mittaussuunnitelma

1.	8.2.-15.2.2021	Väliotot auki
2.	15.2.-22.2.2021	Väliotot kiinni
3.	22.2.-1.3.2021	A:n väliotto auki, B:n kiinni
4.	1.3.-8.3.2021	A:n väliotto kiinni, B:n auki

6.1 Väliotot auki 8.2.–15.2.

Kohteiden mittaukset aloitettiin laittamalla välioton 3-tieventtiili auki molemmissa taloyhtiöissä, jotta välioton kautta tuleva kaukolämpövesi virtaisi kokonaisuudessaan patterilämmityksen siirtimen kautta. Taloyhtiö A:n (kuva 16) kaukolämmön paluulämpötilan keskiarvo oli 34,4 °C. Suurin paluulämpötilan arvo oli 38,5 °C ja pienin 12,3 °C. Ulkolämpötilan keskiarvo oli –15,7 °C ja patteriverkoston paluulämpötilan keskiarvo oli 36,4 °C.

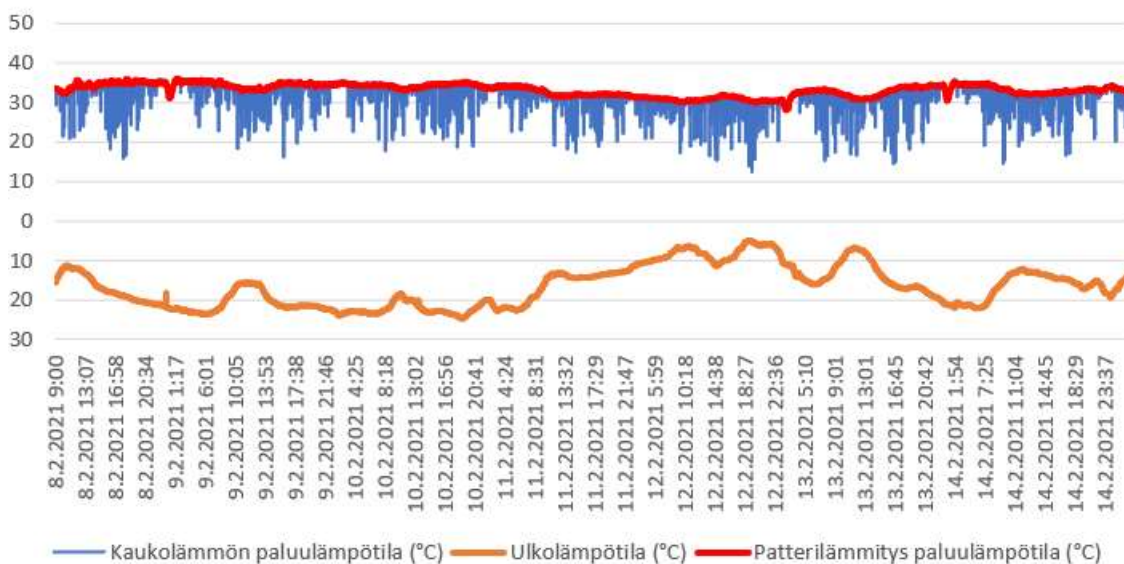
Taloyhtiö A (8.2-15.2)



KUVA 16 Taloyhtiö A:n lämpötilatiedot

Taloyhtiö B:n (kuva 17) paluulämpötilan keskiarvo oli 32,0 °C. Suurin paluulämpötilan arvo oli 36,4 °C ja pienin 12,4 °C. Ulkolämpötilan keskiarvo oli -16,1 °C ja patteriverkoston paluulämpötilan keskiarvo oli 33,6 °C.

Taloyhtiö B (8.2-15.2)

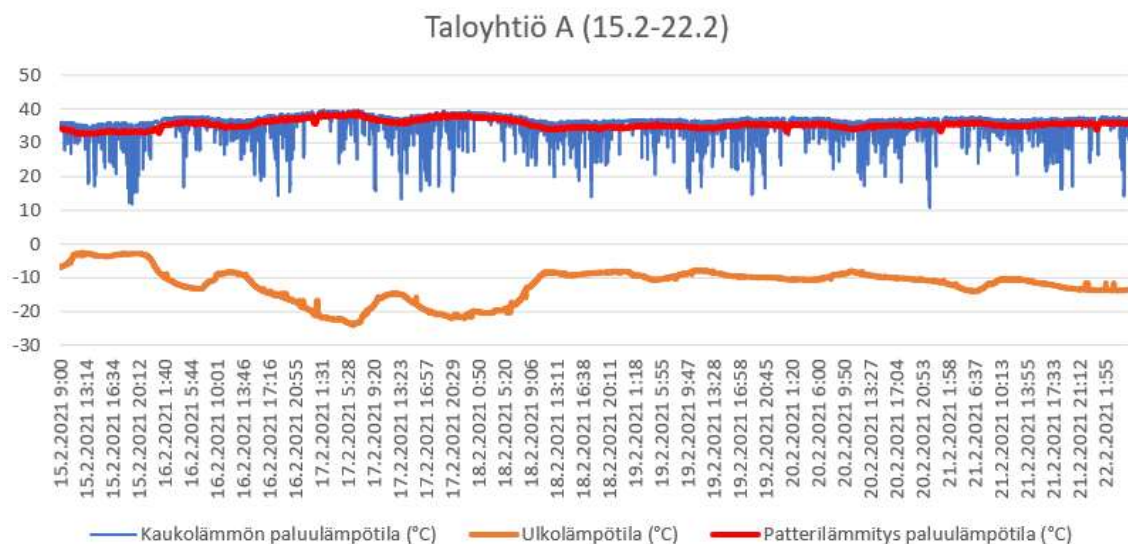


KUVA 17 Taloyhtiö B:n lämpötilatiedot

Taloyhtiö A:ssa kaukolämmön paluulämpötila oli ajanjaksolla keskimäärin 2,2 °C korkeampi kuin taloyhtiö B:ssä. Tähän voi vaikuttaa se, että taloyhtiö A:ssa lämmityksen säätökäyrä on korkeammalla tasolla ja patteriverkoston menovesi on lämpötilaltaan korkeampaa. Korkeampi patteriverkoston menoveden lämpötila tarkoittaa yleensä myös korkeampaa patteriverkoston paluuveden lämpötilaa, joka olikin A:ssa keskimäärin 2,8 °C korkeampi kuin B:ssä. Patteriverkoston paluuveden lämpötilan pitäisi olla mahdollisimman alhainen, koska väliotosta tuleva kaukolämpövesi ei voi jäähtyä alempaan lämpötilaan kuin patteriverkoston paluuvesi. Taloyhtiö B:n mitattu ulkolämpötila oli keskimäärin 0,4 °C matalampi kuin taloyhtiö A:ssa.

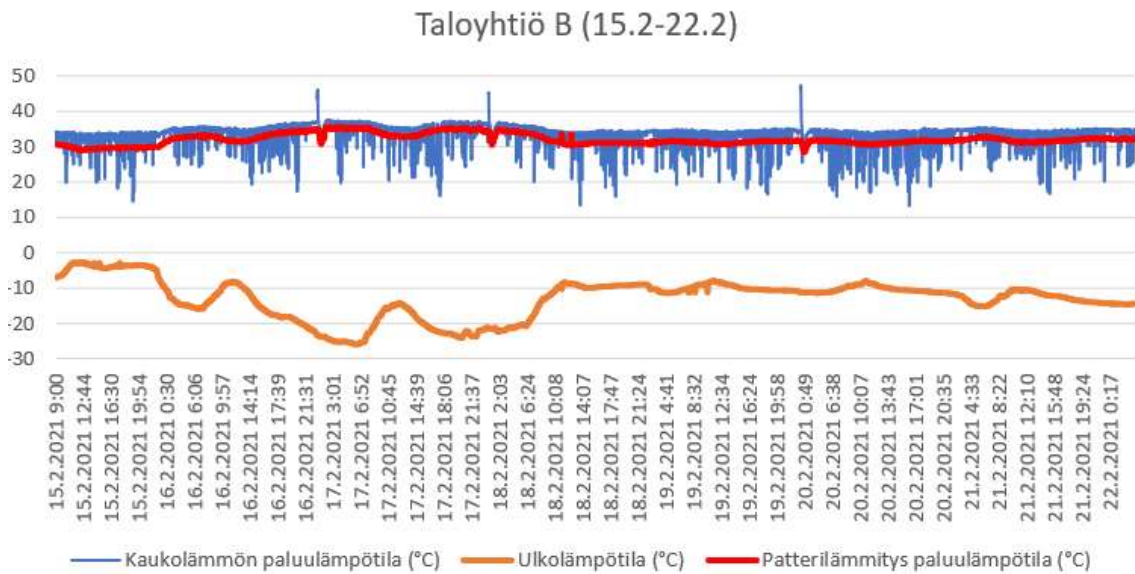
6.2 Väliotot kiinni 15.2.–22.2.

Aikavälillä 15.2.–22.2. väliotot olivat molemmissa taloyhtiöissä kiinni eli käyttöveden siirtimen läpi virtaava kaukolämpövesi ei kulkenut lämmityksen siirtimen kautta. Tämän ajanjakson tarkoitus on sama kuin ylemmän, mutta kytkentä oli päinvastoin. Taloyhtiö A:n (kuva 18) paluulämpötilan keskiarvo oli 35,2 °C. Suurin paluulämpötilan arvo oli 39,7 °C ja pienin 10,8 °C. Ulkolämpötilan keskiarvo oli –12,8 °C ja patteriverkoston paluulämpötilan keskiarvo oli 35,7 °C.



Kuva 18 Taloyhtiö A:n lämpötilatiedot

Taloyhtiö B:n (kuva 19) paluulämpötilan keskiarvo oli 33,3 °C. Suurin paluulämpötilan arvo oli 47,3 °C ja pienin 13,3 °C. Ulkolämpötilan keskiarvo oli –13,9 °C ja patteriverkoston paluulämpötilan keskiarvo oli 32,6 °C.



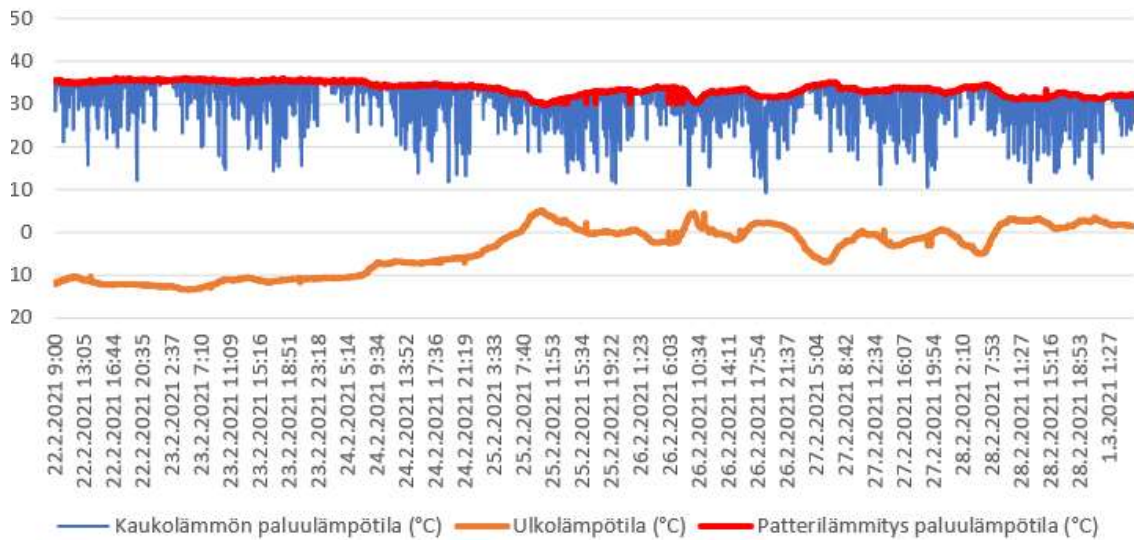
KUVA 19 Taloyhtiö B:n lämpötilatiedot

Kaukolämmön paluulämpötila oli ajanjaksolla keskimäärin suurempi molemmissa taloyhtiöissä kuin viikkoa aikaisemmin, vaikka ulkolämpötila oli lämpimämpi. Tässä vaiheessa huomaa selvästi, miten kaukolämmön paluulämpötilan korkeimmat arvot ovat reilusti yli patteriverkoston paluulämpötilan väliottojen ollessa kiinni. Ulkolämpötilojen ero taloyhtiöiden välillä oli ajanjaksolla keskimäärin 1,1 °C.

6.3 A:n väliotto auki, B:n kiinni 22.2.–1.3.

Kolmannella viikolla siirryttiin ajamaan kytkentöjä ristiin siten, että taloyhtiö A:n väliotto oli auki ja B:n kiinni. Tämän viikon tarkoituksena oli verrata kohteiden lämpötiloja toisiinsa silloin kun kytkennät poikkesivat toisistaan. Taloyhtiö A:n (kuva 20) paluulämpötilan keskiarvo oli 31,3 °C. Suurin paluulämpötilan arvo oli 36,1 °C ja pienin 9,2 °C. Ulkolämpötilan keskiarvo oli –3,2 °C ja patteriverkoston paluulämpötilan keskiarvo oli 33,9 °C.

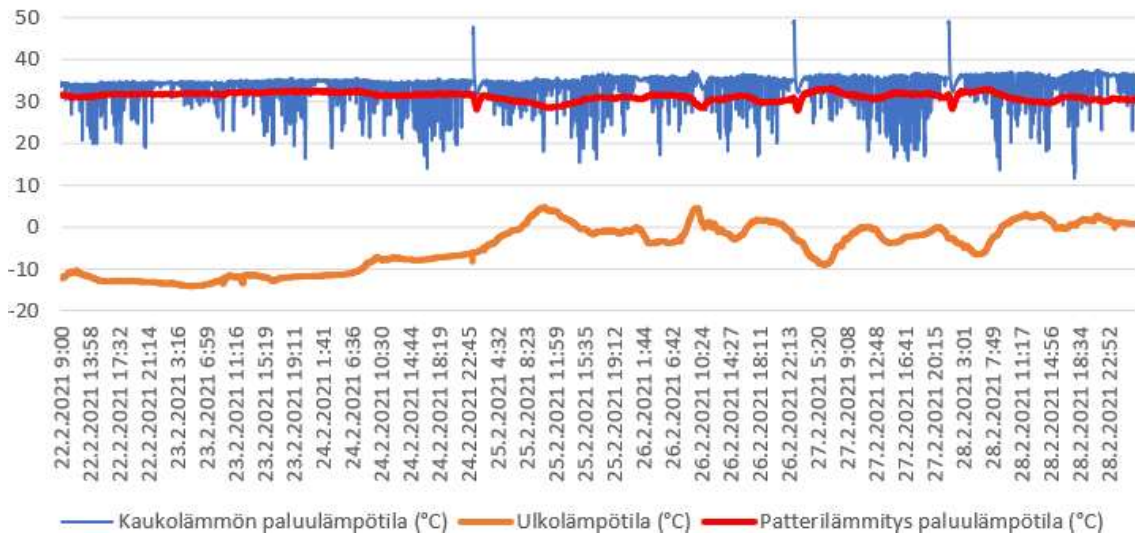
Taloyhtiö A (22.2-1.3)



KUVA 20 Taloyhtiö A:n lämpötilatiedot

Taloyhtiö B:n (kuva 21) paluulämpötilan keskiarvo oli 33,6 °C. Suurin paluulämpötilan arvo oli 49,2 °C ja pienin 11,6 °C. Ulkolämpötilan keskiarvo oli –3,2 °C ja patteriverkoston paluulämpötilan keskiarvo oli 31,1 °C.

Taloyhtiö B (22.2-1.3)



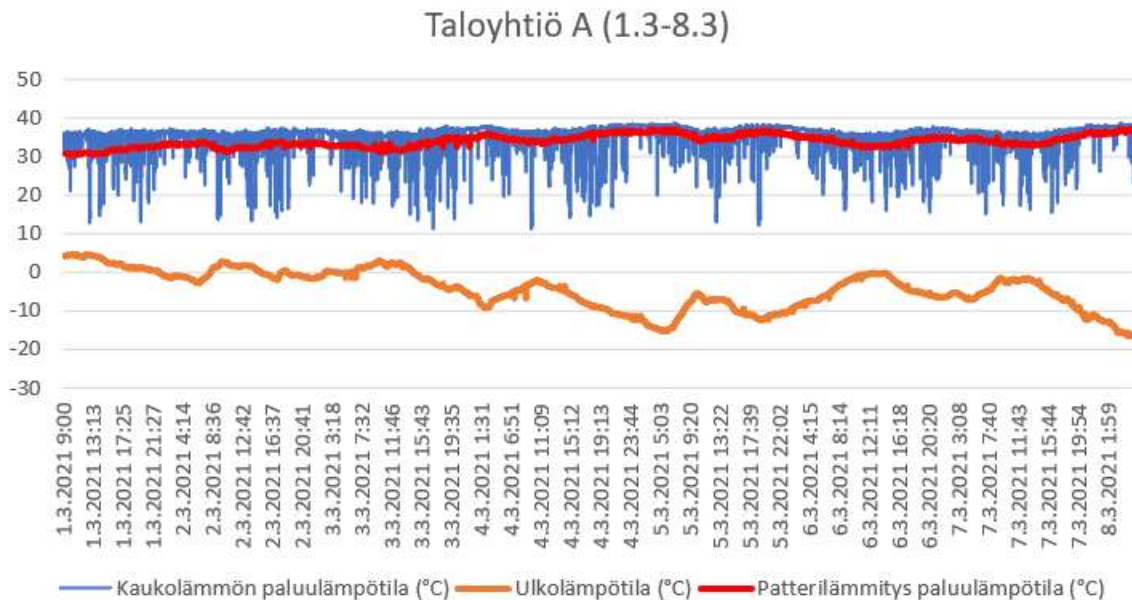
KUVA 21 Taloyhtiö B:n lämpötilatiedot

Taloyhtiö A:n kaukolämmön paluulämpötila oli 2,3 °C matalampi kuin B:ssä vaikka A:n lämmityksen säätökäyrä on korkeammalla tasolla. Taloyhtiö A:n (kuva 20) ja B:n (kuva 21) kuvaaja vertaamalla

erottaa, miten taloyhtiö A:n kaukolämmön paluulämpötilan korkeimmat arvot ovat todella lähellä patterilämmityksen paluulämpötilaa. Taloyhtiö B:ssä niiden erotuksena on välillä useampikin aste.

6.4 A:n väliotto kiinni, B:n auki 1.3.–8.3.

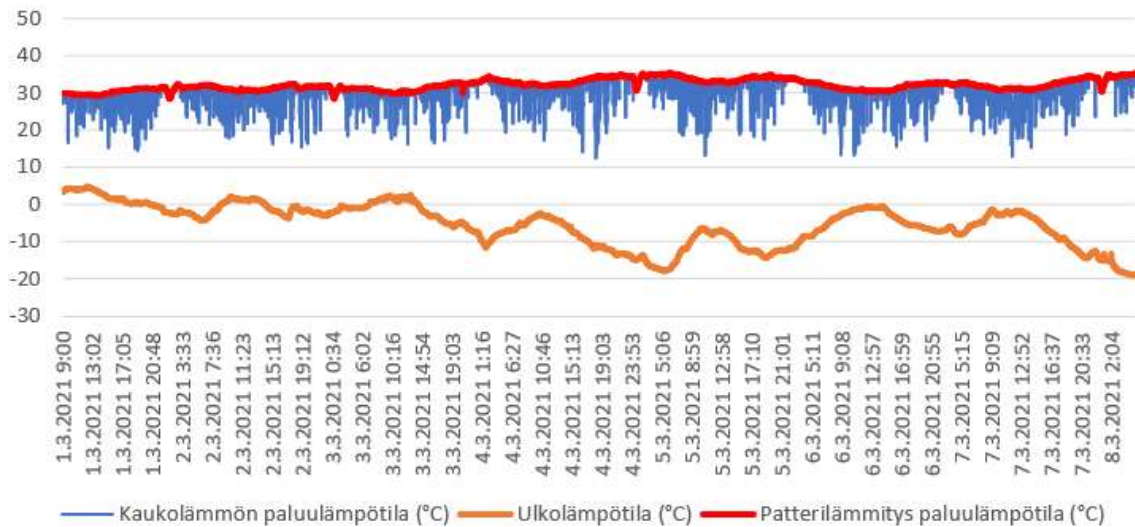
Neljännellä mittausviikolla kaukolämmön kytkentä oli päinvastoin kuin kolmannella. Taloyhtiö A:n (kuva 22) paluulämpötilan keskiarvo oli 34,6 °C. Suurin paluulämpötilan arvo oli 38,7 °C ja pienin 11,2 °C. Ulkolämpötilan keskiarvo oli –4,4 °C ja patteriverkoston paluulämpötilan keskiarvo oli 34,5 °C.



KUVA 22 Taloyhtiö A:n lämpötilatiedot

Taloyhtiö B:n (kuva 23) paluulämpötilan keskiarvo oli 30,7 °C. Suurin paluulämpötilan arvo oli 35,6 °C ja pienin 12,4 °C. Ulkolämpötilan keskiarvo oli –5,7 °C ja patteriverkoston paluulämpötilan keskiarvo oli 32,5 °C.

Taloyhtiö B (1.3-8.3)

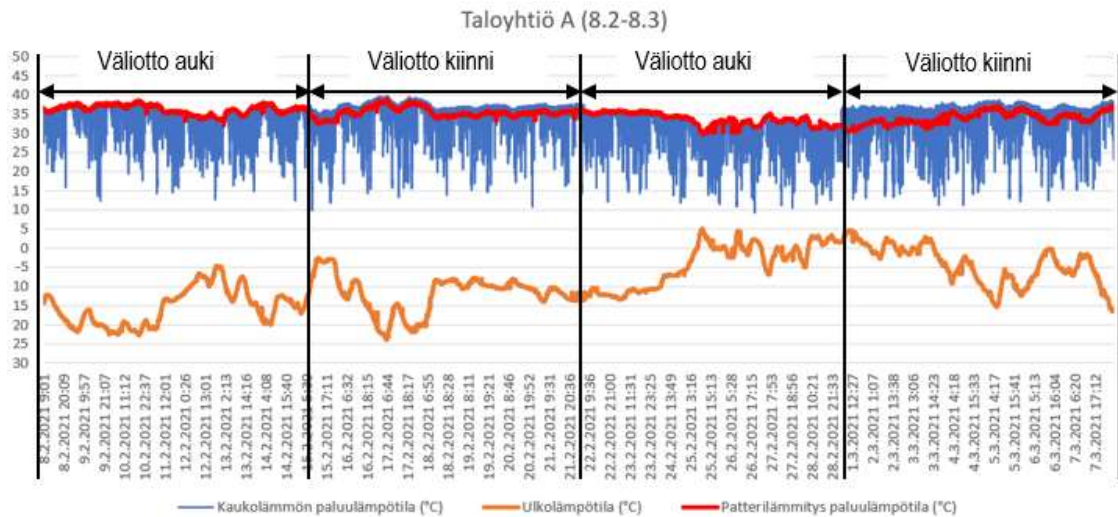


KUVA 23 Taloyhtiö B:n lämpötilatiedot

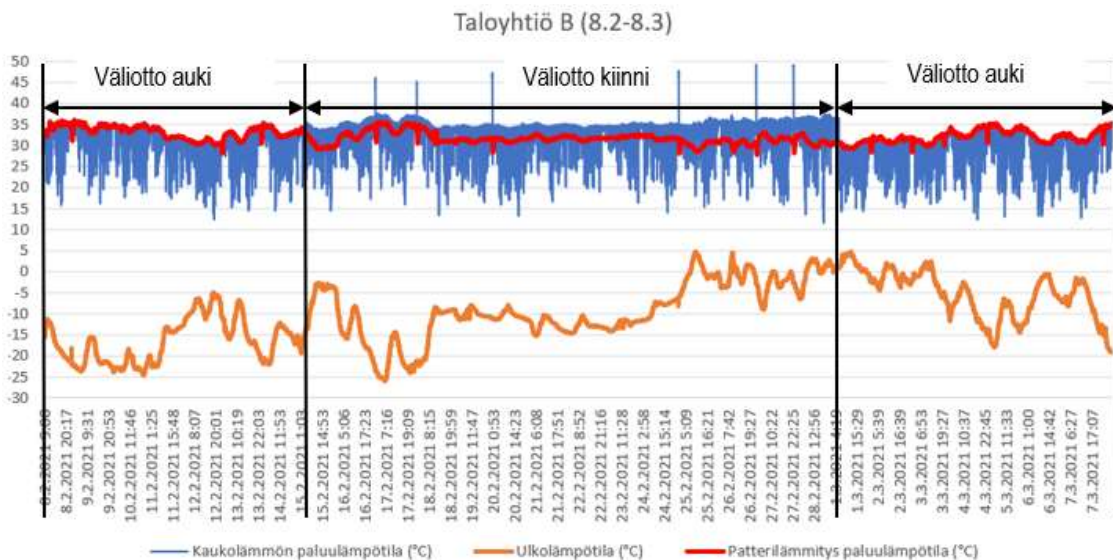
Kuvaajista huomaa saman kuin kolmannella viikolla eli välioton ollessa auki kaukolämmön paluulämpötilan korkeimmat arvot ovat todella lähellä patteriverkoston paluulämpötilaa. Taloyhtiö A:n kuvaajasta näkee selvän eron kaukolämmön paluulämpötilan korkeimpien arvojen ja patteriverkoston paluulämpötilan välillä. Kaukolämmön paluulämpötila oli taloyhtiö B:ssä 3,9 °C matalampi kuin taloyhtiö B:ssä.

6.5 Tulosten koonti

Kuvaajista (kuva 24 ja kuva 25) näkee, miten ensimmäisellä viikolla kaukolämmön paluulämpötilat olivat molemmissa taloyhtiöissä matalammat kuin toisella viikolla, vaikka ensimmäinen viikko oli kylmempi ja patterien menoveden lämpötila oli suurempi. Kolmannella viikolla kaukolämmön paluulämpötila oli 2,3 °C matalampi väliotollisessa kohteessa ja neljännellä viikolla lähes 4 °C välioton eduksi. Jokaisella mittausjaksolla väliotolla oli matalampi kaukolämmön paluulämpötila kuin ilman väliottoa. Kaukolämmön paluulämpötilan korkeimmat huiput saatiin jäähdytymään todella lähelle patteriverkoston paluulämpötilaa silloin kun väliotto oli auki. Välioton ollessa kiinni kaukolämmön paluulämpötilan korkeimmat arvot karkaavat selvästi yli patteriverkoston paluulämpötilan.



KUVA 24 Taloyhtiö A:n lämpötilat mittausjakson aikana



KUVA 25 Taloyhtiö B:n lämpötilat mittausjakson aikana

Mittaustuloksista (taulukko 4) on myös nähtävissä taloyhtiöiden erot säätökäyrien osalta. Taloyhtiö A:n säätökäyrä oli korkeammalla tasolla, jolloin pattereille menevä vesi on lämpimämpää ja siksi patteriverkoston paluulämpötila jää korkeammaksi. Korkea patteriverkoston paluulämpötila vähentää välioton hyötyjä, koska väliotolta lämmityksen siirtimelle tuleva kaukolämpövesi voi teoriassa jäähtyä välioton seurauksesta maksimissaan lämmitysverkoston paluulämpötilaan. Yksi tuloksia vääristävä tekijä on ulkolämpötila ja taloyhtiöiden välillä olikin hetkittäisesti yli 2 °C eroja, mutta keskimäärin erot jäivät kuitenkin pienemmiksi. Lisäksi kesken mittauksen taloyhtiö B:n lämmityksen säätökäyrän arvoja nostettiin asiakkaiden toiveesta.

TAULUKKO 4 Tulosten koonti (8.2.–8.3.)

Viikko	Taloyhtiö	Patterilämmitys paluulämpötila	Kaukolämmön paluulämpötila			Ulkolämpötila	
		Keskiarvo (°C)	Keskiarvo (°C)	Suurin (°C)	Pienin (°C)	Keskiarvo (°C)	Väliotto
1	A (8.2-15.2)	36,4	34,4	38,5	12,3	-15,7	AUKI
	B (8.2-15.2)	33,6	32	36,4	12,4	-16,1	AUKI
2	A (15.2-22.2)	35,7	35,2	39,7	10,8	-12,8	KIINNI
	B (15.2-22.2)	32,6	33,3	47,3	13,3	-13,9	KIINNI
3	A (22.2-1.3)	33,9	31,3	36,1	9,2	-3,2	AUKI
	B (22.2-1.3)	31,1	33,6	49,2	11,6	-3,2	KIINNI
4	A (1.3-8.3)	34,5	34,6	38,7	11,2	-4,4	KIINNI
	B (1.3-8.3)	32,5	30,7	35,6	12,4	-5,7	AUKI

Väliottokytkenällä on laskeva vaikutus kaukolämmön paluulämpötilaan ja vaikutus riippuu ulkolämpötilasta ja patterien toimintalämpötiloista. Mitä lämpimämpää ulkona on ja mitä alhaisemmat patterien toimintalämpötilat ovat, sitä suurempi hyöty väliotolla muodostuu verrattuna välisyöttöön. Kuitenkin väliottokytkenän hyöty loppuu silloin kun pattereilla ei ole enää lämmitystarvetta.

7 YHTEENVETO

Opinnäytetyön aiheena oli kaukolämmön väliottokytkenä, jota tutkittiin kahdessa vierekkäisessä taloyhtiössä Oulussa. Taloyhtiöt ovat suurin piirtein samanlaisia: ne on rakennettu 1997–1998, niiden lämmitettävä pinta-ala on lähestulkoon sama ja taloyhtiö B:ssä on yksi asunto enemmän kuin taloyhtiö A:ssa. Molempiin taloyhtiöihin on asennettu väliottokytkenä, joka voidaan tarvittaessa ottaa pois päältä ja muuttaa välisyöttökytkenäksi.

Kaukolämmön kytkennän valinnalla on suuri merkitys, koska se vaikuttaa kaukolämmön paluulämpötilaan. Kaukolämmön paluulämpötilan lasku tarkoittaa säästöjä niin lämpöyhtiöille kuin asiakkaillekin. Asiakkaan kaukolämmön perusmaksu pienenee kaukolämmön paluulämpötilan laskiessa, kun perusmaksun hinnoittelu perustuu sopimusvesivirtaan. Perusmaksun hinnoittelun ollessa on tehoperusteinen perusmaksu ei muutu, koska väliottokytkenällä ei ole vaikutusta tehontarpeeseen vaan ainoastaan kaukolämmön tulo- ja paluulämpötilan erotukseen.

Työn tavoitteena oli selvittää väliottokytkenän vaikutus kaukolämmön paluulämpötilaan. Oletuksena oli, että välioton hyöty olisi suurimmillaan, kun lämmitystehon tarve on vähäinen ja lämpimän käyttöveden kulutus on nolla. Silloin pelkästään lämpimän käyttöveden kierron lämmittämiseen käytetty kaukolämpövesi virtaa väliotolle jopa 55 °C lämpöisenä ja se voidaan vielä jäähdyttää lämmityksen siirtimellä lähelle patteriverkoston paluulämpötilaa.

Työssä seurattiin taloyhtiöiden lämmönjakokeskusten toimintaa kuukauden ajan (8.2.- 8.3.2021), jonka aikana kytkentöjä muuteltiin väliottokytkenän ja välisyöttökytkenän välillä. Mittaukset toteutettiin neljässä viikon pituisessa vaiheessa. Työn aikana tuli esille, että ulkolämpötilamittauksilla oli taloyhtiöiden välillä hetkittäisesti yli 2 °C ero, joka nostaa patterien menoveden lämpötilaa. Myös taloyhtiöiden lämmityksen säätökäyrät poikkesivat toisistaan siten, että taloyhtiö A:n patterien menoveden lämpötila oli korkeampi kuin B:ssä. Lisäksi taloyhtiö B:n säätökäyrän asetuservoja jouduttiin nostamaan kesken mittauksen, koska asukkaat toivoivat korkeampaa sisälämpötilaa.

Työn tuloksista selvisi, että väliottokytkenällä oli vaikutusta kaukolämmön paluulämpötilaan. Jokaisella mittausjaksolla, jolla verrattiin väliottokytkenää välisyöttökytkenään, väliottokytkenällä oli matalampi kaukolämmön paluulämpötila. Tuloksista on kuitenkin hankala päätellä, kuinka paljon

vaikutus tarkalleen ottaen oli, koska ulkolämpötilan mittaukset poikkesivat toisistaan ja lämmityksen säätökäyrät olivat erilaiset sekä niitä jouduttiin muuttamaan mittausten aikana.

Väliottokytkeä olisi tarpeellista tutkia koko lämmityskauden ajalta, jolloin saataisiin mittaustuloksia myös alkusyksystä ja loppukeväästä, kun välioton teoreettinen hyöty on parhaimmillaan. Tällöin kaukolämmön paluulämpötilan laskemisen vaikutus sopimusvesivirtaan ja kaukolämmön hintaan saataisiin paremmin selville. Lisäksi voitaisiin tarkastella kytkennän kannattavuutta taloudellisesta näkökulmasta.

Jatkossa ulkolämpötilamittaus voisi taloyhtiöissä tapahtua samalla anturilla, jotta eroja ulkolämpötiloissa taloyhtiöiden välillä ei pääsisi muodostumaan. Myös lämmityksen säätökäyrien asetustarvojen pitäminen samanlaisena helpottaisi tulosten tarkastelua, kun lämmitysverkoston toimintalämpötilat eivät muutu. Teoriassa parhaat mittaustulokset saataisiin silloin kun vertailtavien mittausjaksojen olosuhteet olisivat samanlaiset taloyhtiöiden välillä koko mittausjakson ajan. Käytännössä tämä on todella vaikeaa, koska taloyhtiöillä oli erilaiset tarpeet eikä ulkolämpötiloihin voi vaikuttaa.

LÄHTEET

AFRY Finland Oy 2020. HögforsGST Oy. VäliottokytKentä ja kaukolämmön paluulämpötila. Raportti. Vantaa: AFRY Finland Oy.

Energiateollisuus ry 2006. Kaukolämmön käsikirja. Helsinki. s 25, .43–44.

Energiateollisuus ry 2008. Kaukolämmön mittaus. Suositus K13/2008. s.8. Hakupäivä 7.1.2021. https://energia.fi/files/589/SuositusK13_2008_KL-mittaus.pdf.

Energiateollisuus ry 2010. Kaukolämmön sopimusehdot. Suositus T1/2010. s. 2. Hakupäivä 6.1.2021. https://energia.fi/files/869/SuositusT1_2010_KL-sopimusehdot.pdf.

Energiateollisuus ry 2014. Teho ja vesivirta kaukolämmön maksuperusteina. Suositus K15/2014. s. 3–5, Hakupäivä 4.1.2021. https://energia.fi/files/586/Teho_ja_vesivirta_SuositusK15_2014.pdf.

Energiateollisuus ry 2020a. Energiavuosi 2019. Kaukolämpö. s.5, 19. Hakupäivä 4.1.2021. https://energia.fi/files/4402/Energiavuosi2019_Kaukolampo_MEDIAKUVAT_20200120.pdf.

Energiateollisuus ry 2020b. Julkaisu K1/2020. Määräykset ja ohjeet. Rakennusten kaukolämmitys. s. 30–35, Hakupäivä 5.11.2020. https://energia.fi/files/5423/JulkaistuK1_2020_Energiateollisuus_ry_%28paiv.20201119%29.pdf.

Energiateollisuus ry 2021. Uutishuone. Materiaalipankki. Kaukolämmön hintatilasto. Hakupäivä 10.3.2021. https://energia.fi/uutishuone/materiaalipankki/kaukolammon_hintatilasto.html#material-view.

Fortum Oy 2021. Lämmitys ja jäähdytys. Hinnat Järvenpää ja Tuusula. Hakupäivä 4.1.2021 <https://www.fortum.fi/yriyksille-ja-yhteisoille/lammitys-ja-jaahdytys/kaukolampo/kaukolammon-hinnat-taloyhtiaille-ja-yriyksille>.

Helen Oy 2020. Lämmitys ja jäähdytys. Kaukolämpö. Hinnat. Kaukolämmön energia- ja vesivirtamaksut. Hakupäivä 4.1.2021. s. 1–3. <https://www.helen.fi/globalassets/hinnastot-ja-sopimusedot/lampo-ja-jaahdytys/kotitaloudet/kaukolammon-energia-ja-vesivirtamaksut-01012021.pdf>.

HögforsGST 2020. Uudet ratkaisut. jäähdytyskytkentä. PowerPoint-esitys.

HögforsGST 2021a. Yritys. Hakupäivä 29.11.2020. <https://hogforsgst.com/fi/yritys>.

HögforsGST 2021b. Ohjausjärjestelmät. Hakupäivä 30.11.2020. <https://hogforsgst.com/fi/ratkaisut/ohjausjarjestelmat>.

HögforsGST 2021c. Tuotteet. Seinäasenteinen Unis100-2RF-lämmönjakokeskus. Hakupäivä 4.1.2021. <https://www.hogforsgst.se/produktblad/fi/printpdf/56>.

Mäkelä Veli-Matti & Tuunanen Jarmo 2015. Suomalainen kaukolämmitys. s. 11–14, 17, 35, 46, 50–52, 56–57, 67, 109, 120, 122. Hakupäivä 5.1.2021. <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/97138/URNISBN9789515885074.pdf>.

Oulun Energia Oy 2021a. Tietoa Oulun Energiasta. Hakupäivä 27.10.2020. <https://www.ouluenergia.fi/oulu-energia-konserni/konsernin-esittely>.

Oulun Energia Oy 2021b. Tietoa Oulun Energiasta. Energiantuotanto. Lämmön alkuperä. Hakupäivä 4.1.2021. <https://www.ouluenergia.fi/energia-ja-ymparisto/energiantuotanto/lammon-alkuperä>.

Oulun Energia Oy 2021c. Lämpö, Kaukolämpö. Hinnasto. Kaukolämmön energia- ja perusmaksut, Laskentakaavat. Hakupäivä 4.1.2021 <https://www.ouluenergia.fi/lampo/kaukolampo/hinnasto/kaukolammon-energia-ja-perusmaksut/laskentakaavat>.

Suomen Kaukolämpö ry 2003. K1/2003. Rakennusten kaukolämmitys. Määräykset ja ohjeet. s.26–27. Hakupäivä 5.1.2021 <https://www.raahenenergia.fi/wp-content/uploads/2016/07/klm%C3%A4%C3%A4r%C3%A4ykset-ja-ohjeet.pdf>.