



SAVONIA

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

PALUUVIRTAUKSEN LÄMPÖTILAN OPTIMOINTI

TEKIJÄ: Jaana Leväinen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma/Tutkinto-ohjelma Energiatekniikan tutkinto-ohjelma	
Työn tekijä Jaana Leväinen	
Työn nimi Paluuvirtauksen lämpötilan optimointi	
Päiväys 19.5.2020	Sivumäärä 20
Ohjaajat Yliopettaja Harri Heikura ja Projekti-insinööri Antti Achrenius	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani Oulun Energia Oy	
Tiivistelmä <p>Tämä opinnäytetyö tehtiin yhteistyössä Oulun Energia Oy:n kanssa. Työssä tutkittiin Pohjois-Pohjanmaalla sijaitsevan yksityisasunnon lämmitysjärjestelmän toimivuutta ja sen parantamista. Työn tarkoituksena oli tutkia, onko kohteen lämmitysjärjestelmässä sellaisia tekijöitä, jotka korjaamalla voitaisiin parantaa järjestelmän toimivuutta ja energiatehokkuutta. Työ keskittyi lauhdealtaan paluuvirtauksen lämpötilan optimointiin sekä maalämpöjärjestelmän toimintaan.</p> <p>Opinnäytetyössä tutkittiin lauhdealtaan piirin takaisinkierroon venttiilin uudelleensijoittamista ja kuinka se vaikuttaa jäähtyvyyteen. Työn tavoitteiden saavuttamiseksi käytettiin MATLAB-ohjelmistoa sekä analysoitiin etähallintajärjestelmästä saatavaa dataa. Opinnäytetyöprosessiin kuului myös projektin parissa työskennelleiden ammattilaisten haastattelut sekä palaverit.</p> <p>Tutkimusten perusteella voitiin tulla tulokseen, että venttiilin uudelleenasettelu olisi tärkeää järjestelmän toimivuuden tehostamiseksi sekä lauhdealtaan piirin jäähtyvyyden parantamiseksi. Lopullisen tuloksen näkee vasta, jos työn tilaaja päätyy tekemään muutostyön kohteeseen.</p>	
Avainsanat maalämpö, energiatase, COP-luku	

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Energy Engineering			
Author(s) Jaana Leväinen			
Title of Thesis Optimising Return Flow Temperature			
Date	May 19, 2020	Pages	20
Supervisor(s) Mr. Harri Heikura, Principal Lecturer and Mr. Antti Achrenius, Project engineer			
Client Organisation /Partners Oulun Energia Oy			
Abstract <p>This thesis was made in collaboration with Oulun Energia Oy. In the thesis the heating system of a private residence in North Ostrobothnia was investigated. The aim of the thesis was to research if there are any factors that could weaken the system's performance and energy efficiency. It was focused on optimizing the return flow temperature and geothermal system.</p> <p>In this thesis the relocation of the place of the valve in the condensate pool's circuit and how relocation affects cooling were studied. In order to achieve the goals data obtained from remote management system was studied and MATLAB software was used. Also interviews and meetings with professionals working on the project were part of the study.</p> <p>Based on the study it could be concluded that relocation of the valve would be important to improve the efficiency of the system and to improve the cooling of the condensate pool. The final result can be seen only if Oulun Energia Oy decides to do the adjustment work.</p>			
Keywords geothermal heat, COP, energy balance			

LYHENTEET JA MÄÄRITELMÄT

COP = (Coefficient Of Performance) lämpöpumpun hyötysuhde

SCOP = (Seasonal Coefficient of Performance) Lämmityskauden lämpökerroin

MLP = Maalämpöpumppu

kW = (Kilowatti) tehon yksikkö

kWh = (Kilowattitunti) energian yksikkö, vastaa tuhannen watin tehoa tunnin

°C = Celsiusaste, lämpötila yksikkö

W/W = COP-luvun yksikkö

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	6
2	TOIMEKSIANTAJA JA AIHEEN VALINTA	7
3	TEORIA	8
3.1	Maalämpöjärjestelmän toiminta	8
3.1.1	Kerupiirin asennus.....	9
3.2	Maaviileä.....	10
3.3	MATLAB -tietokoneohjelmisto	10
3.4	COP-luvun määrittäminen.....	10
3.5	Energiataselaskenta.....	11
4	LÄHTÖTIEDOT	12
5	LAUHDEALTAAN PALUUVIRTAUKSEN LÄMPÖTILAN OPTIMOINTI	14
5.1	Excelin käyttö datan tarkastelussa.....	14
5.2	Neuroverkon käyttö datan ja prosessidynamiikan tarkastelussa	15
5.3	Venttiilin uudelleensijoittelu.....	17
6	JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA.....	18
	LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT.....	19

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyö tarkastelee yksityisasunnon lämmitysjärjestelmän toimivuutta ja sen ongelmakohtien löytämistä. Työssä keskitytään maalämpöjärjestelmään yleisesti sekä kohteen lämmitysjärjestelmän lauhdepiirin toimivuuteen.

Työn tavoitteena on löytää järjestelmästä ongelmat, jotka korjaamalla voitaisiin parantaa kohteen energiatehokkuutta. Energiatehokkuutta heikentävien kohtien löytäminen tuo Oulun Energia Oy:lle tärkeää tietoa järjestelmän toimivuudesta, mikä voidaan ottaa huomioon mahdollisissa korjaustoimenpiteissä sekä seuraavissa projekteissa. Asiakkaalle järjestelmän optimointi tuo suoraa rahallista säästöä.

Työn aloitusvaiheessa käytiin keskustelua työn tilaajan kanssa sekä tutustuttiin kohteeseen. Jotta kohteesta saatiin tarpeeksi kattava kuva, vierailtiin paikan päällä sekä tutkittiin etähallintajärjestelmien moninaisuutta. Opinnäytetyön tavoitteiden saavuttamiseksi kerättiin dataa etähallintajärjestelmästä. Saatua dataa tarkasteltiin Excelissä ja MATLAB ohjelmassa sekä verrattiin tietoa teoriaan.

Energiatehokkuutta ohjataan eri asetuksilla ja säädöksillä. Esimerkkinä energiatehokkuuslain ensimmäisen luvun ensimmäinen pykälä.

Tässä laissa säädetään energiatehokkuuden edistämisestä, energiatehokkuuden parantamiseksi tehtävistä energiakatselmuksista, sähkön ja lämmön tehokkaan yhteistuotannon ja ylijäämälämmön hyödyntämisen edistämisestä tehtävistä kustannus-hyötyanalyseistä sekä energiamarkkinoilla toimivien yritysten velvollisuudesta pyrkiä edistämään energian tehokasta ja säästäväistä käyttöä asiakkaittensa toiminnassa. (Laki energiatehokkuudesta, 2014, §1.)

Luvussa 4 tarkastellaan kohteen maalämpöjärjestelmää sekä tämänhetkistä tilannetta. Työn tilaajan toiveesta sekä salassapitovelvollisuuden vuoksi, kohteen yksityiskohtaisempia tietoja ei tulla avamaan enempää kuin mitä luvussa neljä on mainittu.

2 TOIMEKSIANTAJA JA AIHEEN VALINTA

Opinnäytetyön toimeksiantaja on Oulun Energia Oy. Oulun Energia Oy on vuonna 1889 alkunsa saanut oululainen energialaitos. Konserniin kuuluu emoyhtiön lisäksi Oulun Energia Siirto ja Jakelu Oy, Oulun Energia Urakointi Oy, Turveruukki Oy ja Huoltovoima Oy. Konserni työllistää lähes 300 alan ammattilaista. Vuonna 2019 liikevaihto oli 322,3 miljoonaa euroa. Oulun Energia -konsernin toimintaan kuuluvat sähkön- ja kaukolämmön myynti ja jakelu sekä erilaiset palvelut kuten urakointi, energiapalvelut, sähköverkkopalvelut ja ylläpito. (Tietoa Oulun Energiasta, 2018.) Opinnäytetyöprosessin aikana konsernissa tuli uudistus, kun Oulun Sähkönmyynti Oy yhdistyi viiden muun suomalaisen sähkönmyyntiyhtiön kanssa ja he perustivat uuden yhteisyrityksen nimeltä Oomi Palvelut Oy.

Oulun Energian energiantuotanto on monipuolista. Toppilan voimalaitokset Toppila1 ja Toppila2 tuottavat sähköä ja kaukolämpöä, käyttäen polttoaineena turvetta ja puuta. Toppilan voimalaitoksen seinään asennetut 827 aurinkopaneelia tuottavat aurinkosähköä asiakkaille. Merikosken vesivoimalaitos tuottaa sähköä Oulujoessa virtaavasta vedestä. Laanilan ekovoimalaitos on yhdyskunta- ja teollisuusjätettä polttoaineena käyttävä kaukolämmön ja sähkön tuotantoyksikkö. Laanilan ekovoimalaitos polttaa jätettä noin 150 000 tonnia vuodessa. Oulun Energia Oy rakentaa myös Laanilan biovoimalaitosta, jonka on määrä valmistua marraskuussa 2020. Uusi laitos tulee korvaamaan Toppila1 voimalaitoksen. Laanilan biovoimalaitos on monipolttoainevoimalaitos. Näiden voimalaitosten lisäksi Oulun Energialla on jätteiden lajittelulaitos, tuulivoimalaitoksia sekä heillä on varaus kaukolämmön huippu- ja varatehoon alueen teollisuudelta. (Tietoa Oulun Energiasta, Voimalaitokset.)

Oulun Energian Lämpöpalveluissa on jatkuvasti käynnissä erilaisia tutkimus- ja kehittämistöitä. Projekti, josta opinnäytetyö tehtiin, alkoi jo vuonna 2017. Kohteen energiankulutusta ja etäjärjestelmän häilytyksiä seurataan jatkuvasti Oulun Energia Oy:ssä. Koska kyseessä on tutkimus- ja kehittämistyön projekti, on tärkeää, että kohteen energiatehokkuutta tutkitaan enemmän opinnäytetyön avulla.

Kun ensimmäisen kerran kuulin kohteen moninaisuudesta, mielenkiintoni heräsi päästä tutkimaan kohdetta enemmän. Maalämpö itsessään oli hieman vieras aihe itselleni, joten sen toimintaperiaate ja käyttö kiinnostivat paljon. Opinnäytetyö antoi mahdollisuuden oppia ja tutkia aihetta, joka on ajankohtainen ja usein esillä julkisessa keskustelussa.

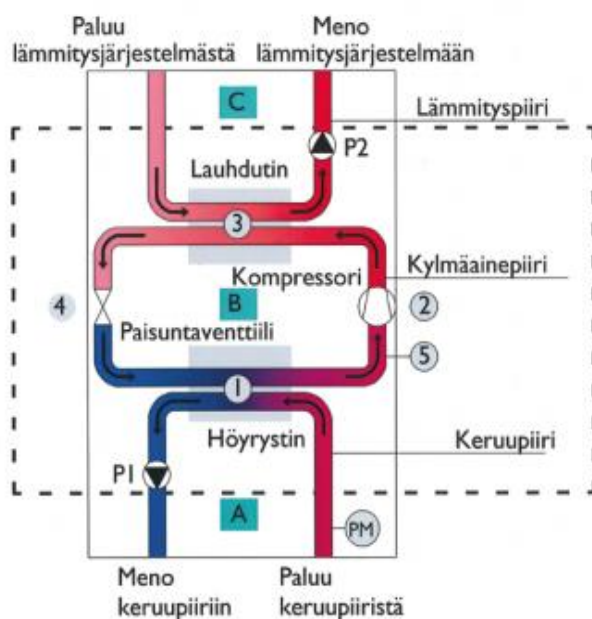
3 TEORIA

Opinnäytetyön teoriaosuudessa käsitellään tarkemmin maalämmön pääperiaatteita, MATLAB -tietokoneohjelmistoa, COP-luvun määrittämistä sekä energiataselaskentaa. Jotta kohteen energiatehokkuutta voi tarkastella, on hyvä tuntea siihen liittyvät tekijät.

3.1 Maalämpöjärjestelmän toiminta

Geoterminen energia eli maalämpö on peräisin auringon lämmittämästä maaperästä sekä syvemällä kallioperässä radioaktiivisten aineiden hajoamisesta syntyvästä energiasta. Maaperästä saatava lämpötila vaihtelee maantieteellisen sijainnin mukaan (Juvonen ja Lapinlampi 2013, 7). Maalämpöä kerätään maahan poratuilla 100 - 400 metrin syvyisillä porakaivoilla, johon asennetaan keruupiiri. Maasta saatava lämpö on mahdollista kerätä myös noin metrin syvyyteen asennetulla vaakaputkistolla. Porakaivoihin asennetussa keruupiirissä ja vaakaputkistossa kiertää lämmönkeuruuneste. (Juntunen 2020.)

Jäätymätön neste, yleensä bioetanoliiliuos, kerää maaperästä lämpöä ja luovuttaa sen maalämpöpumpulle, jossa se höyrystyy. Höyrystymisen jälkeen kylmäaine puristetaan korkeaan paineeseen kompressorilla. Tämän seurauksena lämpötila nousee ja syntyy kuumaa kaasua. (Pesonen 2018.) Lauhduttimessa kuumakaasun lämpöenergia siirretään lämmitysjärjestelmässä tyypillisesti kiertävään veteen (Juntunen 2020). Lauhduttimen jälkeen kylmäaine kulkeutuu paisuntaventtiilille, jossa se palautuu nestemäiseen olomuotoonsa. (Pesonen 2018.) Kuvassa 1 on esitetty maalämpöpiirin toimintaperiaate.

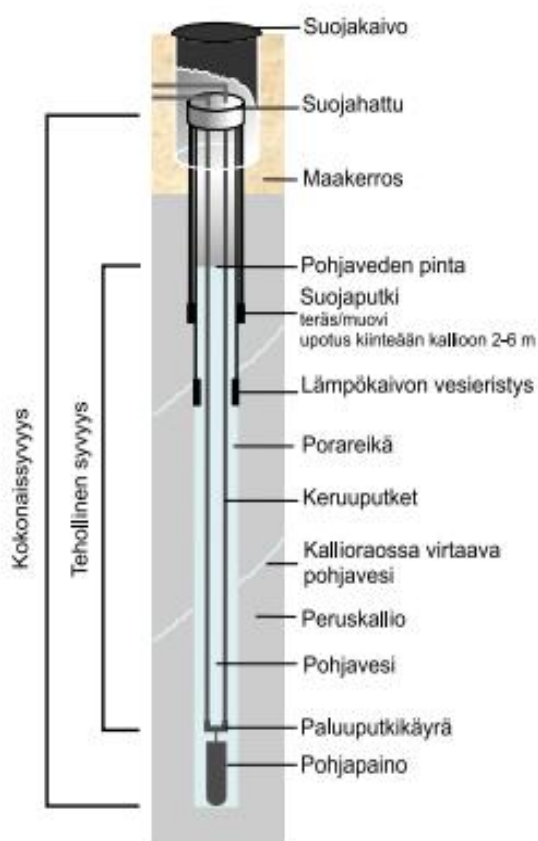


KUVA 1. Maalämpöpumpun osat ja periaate (Juvonen ja Lapinlampi 2013)

3.1.1 Keruupiirin asennus

Lämmönkeruupiirin yleisin sijoitustapa on porattava energiakaivo, mutta sen voi myös sijoittaa vaakaputkistoon tai vesistöön. Opinnäytetyön kohteessa on käytetty maaperään porattavia energiakaivoja.

Porakaivo porataan joko pystysuoraan alaspäin tai viistoon. Porakaivon syvyyteen vaikuttaa lämmöntarve sekä porakaivon veden tuotto. Yleensä porattu reikä täyttyy itsestään, mutta joskus porareikä joudutaan täyttämään vedellä. Suomessa porakaivon syvyys on yleensä noin 100 - 400 metriä ja halkaisija 105 - 165 millimetriä. Kuten opinnäytetyön kohteessa, porakaivoja voidaan porata useampia ja kytkeä ne rinnakkain. Porakaivon yläosa eristetään suojaputkella, mikä estää irtoavan maan aineksen joutumista porareikään sekä pohjaveteen. Energiakaivon pohjaan asennetaan paino, joka pitää keruupiirin putkiston suorassa. Energiakaivo tulee suojata suojahatulla sekä sen ympärille tulee asentaa tarkastuskaivo. (Juvonen ja Lapinlampi 2013). Energiakaivon rakenne on esitelty kuvassa 2.



KUVA 2. Energiakaivon rakenne ja sen osat. (Juvonen ja Lapinlampi 2013)

Kun energiakaivo on asennusvalmis, kaivoon asennetaan keruuputket. Keruuputket tulee koeponnistaa nestetäytteisinä esimerkiksi yhden tunnin ajan, kolmen barin paineella. Energiakaivolta lämpöpumpulle tulevat siirtoputket sijoitetaan vähintään 40 cm syvyyteen. Myös siirtoputket tulee koeponnistaa ennen täyttöö.

3.2 Maaviileä

Maaviileässä energiaa kerätään maasta samalla tavalla kuin maalämmössä, mutta siinä hyödynnetään porakaivoon lämmönoton seurauksena syntynyttä viileyttä. Maaviileässä ei pystytä hyödyntämään vaakaputkistoa, koska sen lämpötila kohoaa kesäaikana helposti 10 – 15 asteeseen tai ylikin. (Juntunen 2020.) Maaviileällä voidaan jäähdyttää rakennusta kesäaikaan tai tarvittaessa osaa kiinteistöstä vuoden ympäri.

3.3 MATLAB -tietokoneohjelmisto

MATLAB eli matrix laboratory -ohjelma on tarkoitettu tekniseen laskentaan sekä visualisointiin. MATLABia käytetään lähinnä numeeriseen laskentaan, mutta se mahdollistaa myös symbolisen laskennan, ohjelmoinnin ja simuloinnin. (Mäkelä, Perusteet - Osa 1, 1)

3.4 COP-luvun määrittäminen

COP-luku kertoo lämpöpumpun hetkellisen hyötysuhteen. Luvulla määritetään, kuinka tehokkaasti kulutettu sähköenergia muuttuu lämpöenergiaksi. Mitä korkeampi COP-luku on, sitä energiataloudellisemmin laite toimii. (Gebwell, julkaisu 2019.)

Alla esitetyssä kaavassa on kerrottu, kuinka COP-luku määritetään

$$COP = \frac{\Phi_{hs}}{P_k + P_a} \quad (1)$$

jossa Φ_{hs} = hyödyksi saatu lämpöteho

P_k = kompressorin teho, kW

P_a = apulaitteiden teho, kW

(Hokka 2012, 27).

Esimerkiksi COP-luvun ollessa 2 W/W, laitteet tuottavat kaksinkertaisen määrän lämpöä käytettyä sähkömäärää kohden.

COP-lukua arvioidessa vertailun kannalta, mittaukset tulee tehdä 7 °C lämpötilassa, jonka vuoksi COP ei anna luotettavaa tietoa laitteen toimivuudesta kylmemmillä ilmoilla. Luotettavamman lämpökertoimen saa laskettua SCOP-luvun avulla, joka lasketaan neljälle eri lämmityskaudelle (Gebwell, julkaisu 2019).

Vielä tällä hetkellä maalämpöpumppujen hyötysuhteen ilmoittaminen on yleisempää COP- kuin SCOP-luvulla (Suutari 2020).

3.5 Energiataseelaskenta

Energiatase tarkoittaa primäärienergian muuntumista loppukulutukseksi. Energiataseen yleinen laskentakaava on esitetty kaavassa 2.

$$\frac{\Delta E}{\Delta t} = c q_m (T_{in} - T_{out}) \quad (2)$$

jossa

- c = ominaislämpökapasiteetti
- q_m = massavirta
- T_{in} = virtauksen tulolämpötila
- T_{out} = virtauksen menolämpötila

Energiataseen laskentaan vaikuttavat kaikki järjestelmän osat ja laitteet, joiden läpi primäärienergia kulkee (Heikura 2020). Energiataseelaskennalla lasketaan, tuottaako laitteisto enemmän energiaa, kuin mitä se kuluttaa.

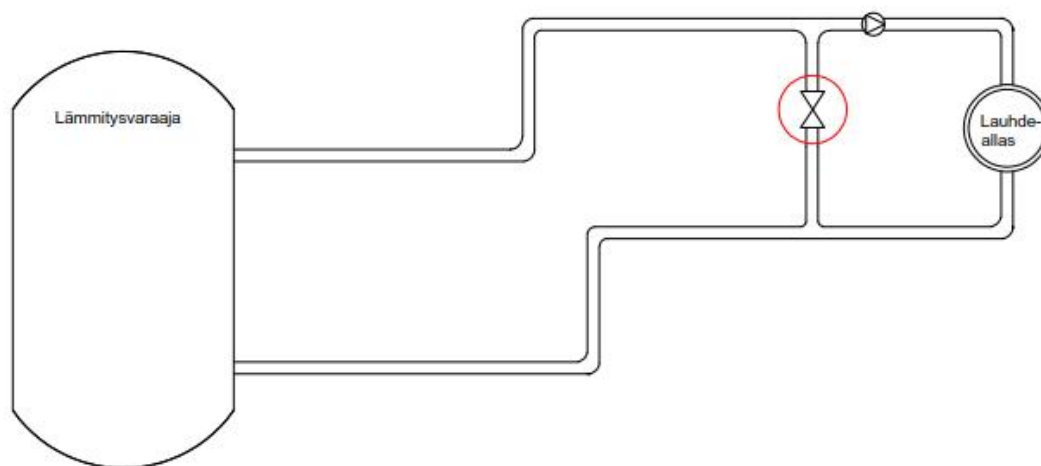
4 LÄHTÖTIEDOT

Kohteen projekti alkoi vuonna 2017, kun hakekattila korvattiin maalämpöjärjestelmällä. Kohteeseen tehtiin laaja kartoitus eri energiantuotannon vaihtoehdoista, joista asiakas päätyi valitsemaan maalämmön.

Kohteessa oli ennestään yksi maalämpökaivo, joka otettiin käyttöön. Lisäksi porattiin kahdeksan kappaletta noin kolmensadan metrin syvyistä maalämpökaivoa, jotka toimivat samassa järjestelmässä, joko lämmön- tai viilennyksen lähteenä. Kaivoista tuleva energia menee lämmönjakohuoneeseen, josta se lähtee lämpökanaaleita pitkin kohteen eri rakennuksiin. Kohteessa on myös kattava etähallintajärjestelmä, jonka avulla voidaan täysin hallita kiinteistön talotekniikkaa ja seurata energiankulutusta ilman, että tarvitsee mennä paikan päälle. Kohteessa on käytössä maalämmön lisäksi pellettilämmitys poikkeustilanteita varten, sekä sähkövastuksilla varustettu puskurivaraaja lämmityskierrossa. Kohteen energijärjestelmään kuuluvat myös viilennysvaraajat kanaaleineen ja päätelaitteineen.

Opinnäytetyön tarkasteltavassa kohteessa osaa kiinteistöstä jäähdytetään ympärivuoden. Jäähdytys tapahtuu siten, että ensisijaisesti viilennysvaraajiin ladataan kylmää pelkkien kiertovesipumppujen avulla energiakaivoista. Jos tämä ei ole kuitenkaan riittävää, käynnistyy seuraavaksi aktiivinen jäähdytys. Aktiivisessa jäähdytyksessä venttiilit vaihtavat asentoa ja maalämpöpumput alkavat käyttämään kylmävaraajia niin sanottuina energiakaivona ja syntynyt lämpö pumpataan maahan, oikeisiin energiakaivoihin.

Tällä hetkellä kohteen COP-luku on noin 1,9, jota pyritään parantamaan mahdollisilla toimenpiteillä. Opinnäytetyöhön otettiin tarkastelujaksoksi 12.2.2020 – 13.3.2020. Tällä ajanjaksolla alueellinen keskilämpötila oli -3 °C. Tarkasteltava data saatiin etähallintajärjestelmästä. Tarkastelujakson aikana lauhdealtaalle menevän veden lämpötilan keskiarvo oli 45,7 °C ja paluuveden keskiarvo oli 43,1 °C, jäähtyvyys ei siis ole kuin 2,5 °C. Alla olevasta kuvassa (KUVA 3) on esitetty lauhdeallaspiiri yksinkertaistettuna. Punaisella on ympyröity venttiili, jonka uudelleensijoittelua opinnäytetyössä tarkastellaan.



KUVA 3. Lauhdemaaltaanpiirissä olevan venttiilin nykyinen paikka. (Leväinen 2020).

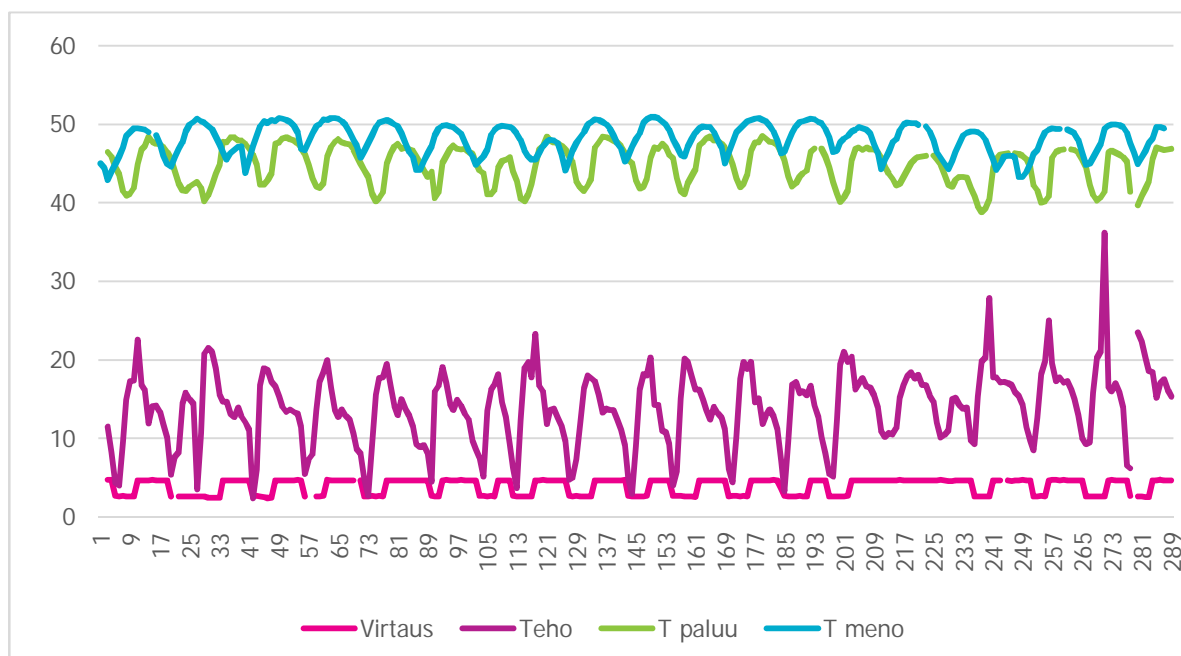
5 LAUHDEALTAAN PALUUVIRTAUKSEN LÄMPÖTILAN OPTIMOINTI

Järjestelmän toimivuuden kannalta oli tärkeää selvittää, toimisiko lämmitysjärjestelmä tehokkaammin, jos lauhdealtaan takaisinkierron venttiiliin paikkaa siirrettäisiin ja vaihdettaisiin se kolmitieventtiiliksi. MATLABista saatujen neuroverkkomallinnustuloksien sekä Excelin kaavioiden perusteella johdopäätelmä oli, että venttiilin uudelleenasettelu olisi tärkeää järjestelmän toimivuuden tehostamiseksi.

5.1 Excelin käyttö datan tarkastelussa

Tarkastelujaksoksi otettiin 12.2.2020 klo 14.15 - 12.3.2020 klo 13.50, jossa tiedonkeruuväli oli 10 sekuntia. Tarkastelussa oli mukana hetkellisen virtauksen, hetkellisen tehon, paluu- ja menolämpötilan sekä vesimäärän arvot kyseiseltä ajalta. Tarkasteltava data saatiin etähallintajärjestelmästä.

Ennen kuin arvot pystyttiin syöttämään MATLAB-järjestelmään, piti mittausparit saada kulkemaan samaan tahtiin. Jostain syystä etähallintajärjestelmän mittaukset eivät olleet täysin häiriöttömiä, vaan mittauksista puuttui mittaamattomia aikoja. Tässä vaiheessa pystyttiin näkemään Excelin kaaviosta, että venttiili ei toimi oikein, kuten alla olevasta kaaviosta (KAAVIO 1) näkee. Virtausta kuvaavasta viivasta näkee, että venttiili aukeaa aina 50 % ja 100 % välillä, eikä säädi paluuvirtausta tasanaisesti. Kaavio 1:n arvot ovat päiviltä 26.2.2020 - 27.2.2020, jolloin datassa oli melko virheetön aika.



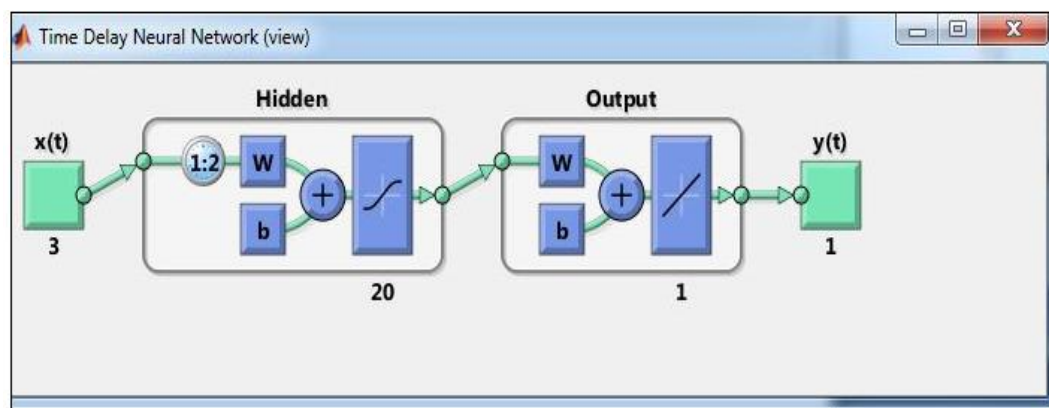
KAAVIO 1. Venttiilin käyttäytyminen.

5.2 Neuroverkon käyttö datan ja prosessidynamiikan tarkastelussa

Excelissä järjestetty data syötettiin MATLAB-ohjelmaan, mikä antoi tietoa järjestelmän toimivuudesta. Saadulla aikasarjaneuroverkkomallilla voidaan ennustaa simuloimalla, miten järjestelmä toimii eri tilanteissa syöttämällä erilaisia tulomuuttujan arvoja. Tässä neuroverkkomallissa käytettiin tulomuuttujina menolämpötilaa ($^{\circ}\text{C}$), paluulämpötilaa ($^{\circ}\text{C}$) ja virtausta (l/s) sekä lähtömuuttujana lämpötehoa (kW). Neuroverkon opetuksessa käytettiin Bayesin regularisaatiota.

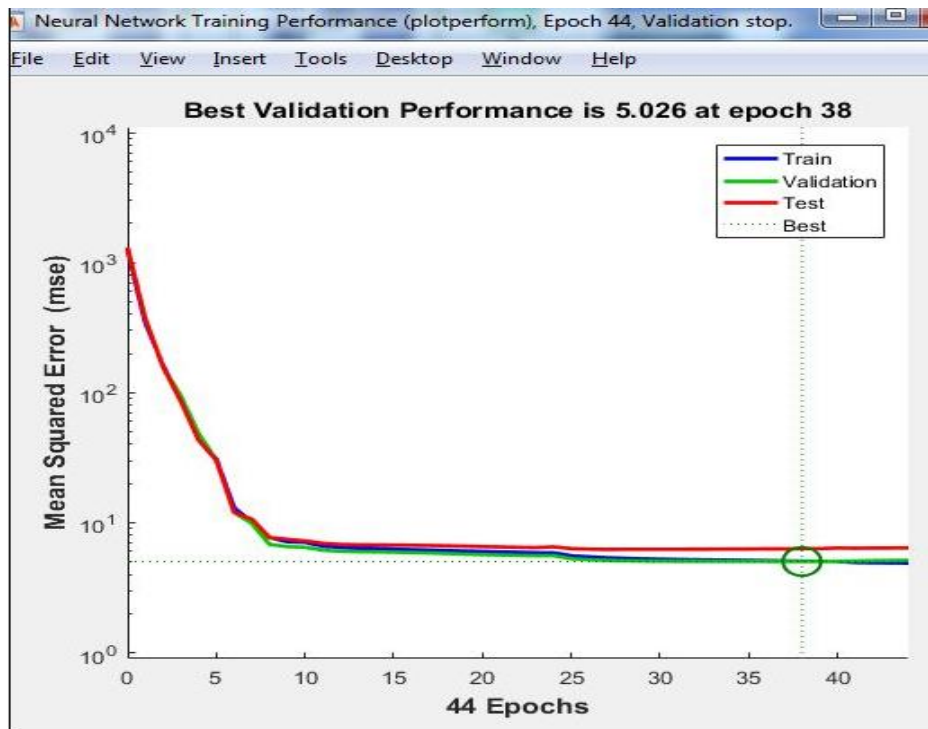
Neuroverkon avulla voidaan tutkia prosessia ja se toimii apuna selvittäessä laitteiden toimintaa prosesseissa. Alla olevat kuvat (KUVA 4, KUVA 5, KUVA 6 ja KUVA 7) kertovat neuroverkon toiminnasta.

Kuvassa neljä on aikasarjaperiaatteella muodostettu neuroverkkomalli, jossa on kolme tulomuuttujaa, 20-piilokerroksinen neuroverkko, yksikerroksinen lähtöverkko ja yksi lähtömuuttuja.



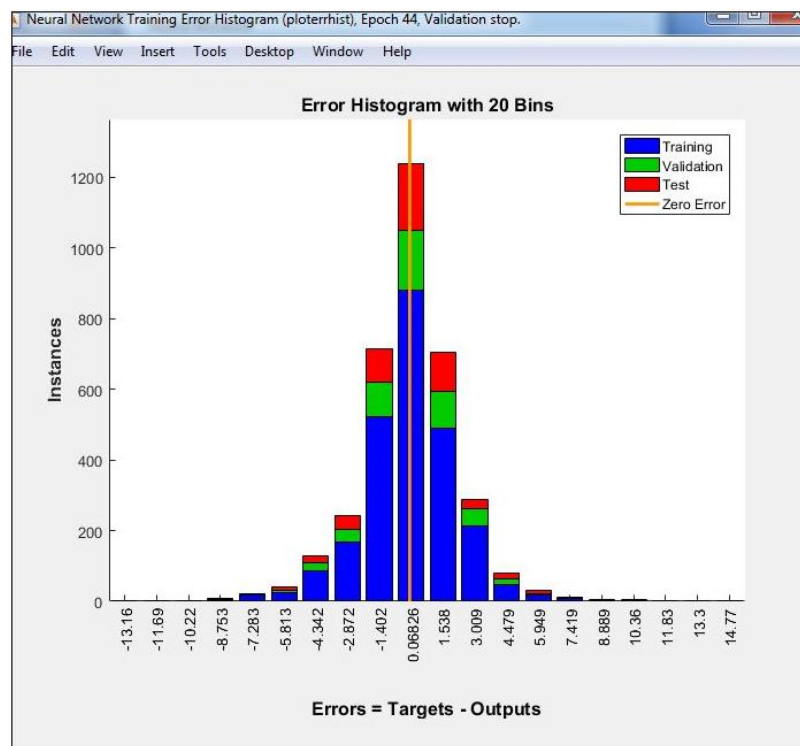
KUVA 4. Neuroverkon rakenne. (Heikura 2020)

Kuvassa 5 on esitetty neuroverkon painokertoimen laskenta. Laskennassa käytettiin 38 kierrosta, kunnes saavutettiin haluttu tarkkuus syötetyn datan ja saadun neuroverkkomallin kanssa.



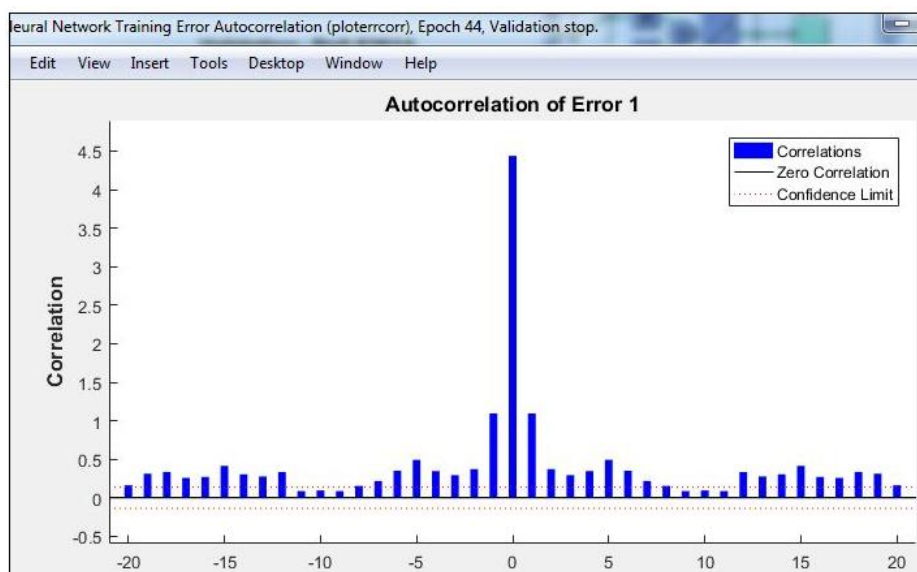
KUVA 5. Neuroverkon painokertoimen laskenta (Heikura 2020)

Kuvassa 6 nähdään saadun neuroverkkomallin laskennan tuloksen ja syötetyn datan välinen virhejakauma.



KUVA 6. Neuroverkkomallin virhejakaumaa (Heikura 2020)

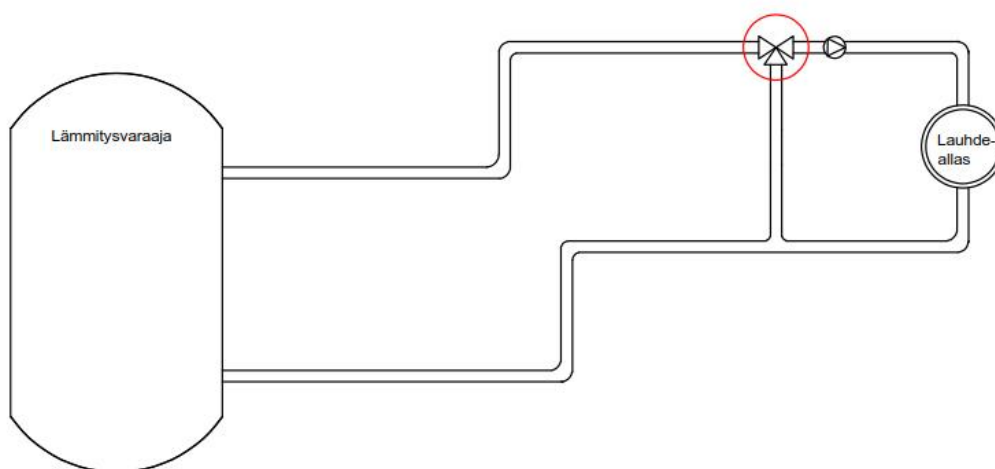
Kuva 7 havainnollista lasketun lähdön ja syötetyn datan välistä autokorrelaatiota eri viiveillä.



KUVA 7. Autokorrelaatio eri viiveillä (Heikura 2020)

5.3 Venttiilin uudelleensijoittelu

Alla olevasta havainnollistavasta kuvasta (KUVA 8) havaitaan, mihin venttiili olisi hyvä sijoittaa järjestelmän toimivuuden parantamiseksi. Jos venttiili uudelleen sijoitettaisiin kuvassa yhdeksän näkyvään kohtaan, venttiili säännöstelisi palaavaa vettä tarpeenmukaisemmin. Sähköpostikeskustelussa projektin parissa työskennelleen Jyrki Laurilan kanssa vahvistui näkemys venttiilin uudesta paikasta. (Venttiilin uudelleen sijoittelu 2020-05-11 – 2020-05-13).



KUVA 8. Venttiilin uudelleensijoituspaikka (Leväinen 2020)

6 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli löytää järjestelmästä kohdat, jotka heikentävät sen energiatehokkuutta. Tutkimuksissa keskityttiin lauhdealtaan jäähtyvyyteen ja sen parantamiseen.

MATLABista saatujen tuloksien ja Excelin kaavioiden perusteella voidaan tulkita, että venttiilin uudeleenasettelu olisi tärkeää järjestelmän toimivuuden tehostamiseksi sekä lauhdealtaan piirin jäähtyvyyden parantamiseksi. Lopullisen tuloksen näkee vasta, jos työn tilaaja päätyy tekemään muutostyön kohteeseen. Nykyinen kaksitiventtiili olisi hyvä vaihtaa aiemmin esitettyyn kohtaan kolmitiventtiiliksi. Tutkimusten perusteella lauhdealtaan piirin takaisinkierron venttiili ei tällä hetkellä säännöstele veden määrää halutulla tavalla

Opinnäytetyön laajuuden vuoksi työtä jouduttiin rajaamaan ja keskittymään vain lauhdepiirin ongelmakohtien etsimiseen. Avoimia kysymyksiä jäi vielä seuraaviin mahdollisiin tutkimustöihin. Olisi esimerkiksi hyvä tutkia, mittaako etähallintajärjestelmä oikein, eli onko todellinen ja mitattu virtaus ja lämpötila sama, jonka etähallintajärjestelmä ilmoittaa. Toinen hyvä tutkimisen kohde on jäähdytyspiirin toimivuus.

Opinnäytetyöhön toi haastetta aiheen rajaaminen. Koska kohde, josta opinnäytetyö tehtiin, on hyvin moninainen, oli vaikeaa päättää mihin tutkimukset rajataan. Oli mielenkiintoista päästä tutkimaan kohdetta, jonka lämpöpumpplaitteiston teho on erityisen suuri omakotitaloasumiseen.

Mielestäni opinnäytetyö oli kokonaisuutena onnistunut ajatellen omaa oppimista työn aikana sekä saavutettuja tuloksia. Yhteistyö työn tilaajan kanssa oli sujuvaa ja avointa, joka edesauttoi opinnäytetyön tekemistä ja viimeistelyä.

LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT

ALATULKKILA, Kimmo 2019-10-28. LÄMPÖPALVELUJOHTAJA. [Haastattelu.] OULU: Oulun Energia Oy.

ENERGIATEHOKKUUSLAKI L 1429/2014. Finlex. Lainsäädäntö. [Viitattu 2020-9-05]. Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2014/20141429?search%5Btype%5D=pika&search%5Bpika%5D=1429%2F2014>

GEBWELL, julkaisu 2019-5-10. SCOP vai COP? Ota tehojen vertailun keskeiset termit haltuun!. [Viitattu 2020-05-03] Saatavissa: <http://gebwell.fi/ajankohtaista/scop-vai-cop-ota-tehujen-vertailun-keskeiset-termit-haltuun/>

GEBWELL, nettijulkaisu. Maaviennys. [Viitattu 2020-05-14] Saatavissa: <https://gebwell.fi/maalampo/maajaahdytys/>

HEIKURA, Harri 2020-02-27. YLIOPETTAJA. [Haastattelu.] OULU: Savonia-ammattikorkeakoulu.

HEIKURA, Harri 2020. VOIMALAITOSPROSESSIEN TOIMINTA JA MITOITUS. Luento. [Viitattu 2020-9-05].

HOKKA, Jari 2012. MAALÄMPÖPUMPUN COP-ARVON SELVITTÄMINEN JA OPPIMISTEHTÄVIEN IDEOINTI. Tampereen ammattikorkeakoulu. Sähkötekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö. [Viitattu 2020-27-4.] Saatavissa: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/40390/Hokka_Jari.pdf?sequence=3&isAllowed=y

JUNTUNEN, Arttu 2019-12-04. TUOTEPÄÄLLIKKÖ. [Haastattelu.] OULU: Oulun Energia Oy.

JUNTUNEN, Arttu 2019-10-28. TUOTEPÄÄLLIKKÖ. [Haastattelu.] OULU: Oulun Energia Oy.

JUNTUNEN, Arttu 2020-5-18. TUOTEPÄÄLLIKKÖ. [Haastattelu.] OULU: Oulun Energia Oy.

JUVONEN, Janne ja LAPINLAMPI, Toivo 2013. Energiakaivo. Maalämmön hyödyntäminen pientaloissa. Ympäristöopas. [Viitattu 2020-02-25] Saatavissa: https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/40953/YO_2013.pdf?sequence=4

MOTIVA 2012. Lämpöä omasta maasta. [Viitattu 2020-02-25] Saatavissa: https://www.sulpu.fi/documents/184029/190695/Motiva%20Lampoa_omasta_maasta-1.pdf

MÄKELÄ, Timo. Perusteet. MATLAB – Osa 1. [Viitattu 2020-04-24] Saatavissa: <https://sites.google.com/site/laskenta/matlab>

PESONEN, Joni 2018. Maalämpöjärjestelmän mitoitus ja kustannusarvio. Lapin AMK. Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka. Opinnäytetyö. [Viitattu 2020-02-25] Saatavissa: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/150144/Pesonen_Joni.pdf?sequence=1&isAllowed=y

SUUTARI, Tero 2020. COP VS. SCOP – HYÖTYSUHTEIDEN EROT. Nilan. Julkaisu. [Viitattu 2020-05-13.] Saatavissa: <https://www.nilan.fi/energiansaasto/cop-vs-scop-hyotysuhteiden-erot/>

TIETOA OULUN ENERGIASTA 2018. [Viitattu 2020-03-19] Saatavissa: <https://www.oulunenergia.fi/oulun-energia-konserni/konsernin-esittely>

TIETOA OULUN ENERGIASTA, Voimalaitokset. [Viitattu 2020-03-23] Saatavissa: <https://www.oulunenergia.fi/energia-ja-ymparisto/energiantuotanto/voimalaitokset>

VENTTIILIN UUDELLEEN SIJOITTELU 2020-05-11 – 2020-05-13. [Laurila Jyrki sähköpostikeskustelu.]