

KEMI-TORNION AMMATTIKORKEAKOULU

Hönlähöyryjen lämmön talteenotto

Virpi Kekäläinen

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelman opinnäytetyö
Konetekniikka
Insinööri(AMK)

KEMI 2011

ALKUSANAT

Haluan kiittää työn suorituksen kannalta koko lämpöosaston henkilökuntaa ja etenkin Petri Hietalaa ja Jani Peurasaarta työn ohjaamisesta. Suuri kiitos kuuluu myös ohjaaja Ari Pikkaraiselle, jonka ansiosta työn tekeminen eteni suunnitelmallisesti ja lopputulos miellytti niin koulua kuin lämpölaitostakin. Lisäksi haluan ehdottomasti kiittää avopuolisoani Jussia kannustavasta asenteesta tämän työn ja koko opiskeluni aikana sekä tietenkin pientä poikaani Iljaa, joka on antanut aikaa työn tekemiselle.

TIIVISTELMÄ

Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu, Tekniikan ala	
Koulutusohjelma	Kone- ja tuotantotekniikka
Opinnäytetyön tekijä	Virpi Kekäläinen
Opinnäytetyön nimi	Hönkähöyryjen lämmön talteenotto
Työn laji	Opinnäytetyö
päiväys	22.02.2011
sivumäärä	44 + 4 liitesivua
Opinnäytetyön ohjaaja	Ins. (YAMK) Ari Pikkarainen
Yritys	Kemin Energia Oy
Yrityksen yhteyshenkilö/valvoja	Ins. (YAMK) Petri Hietala

Kemin Karjalahdella sijaitseva kiinteän polttoaineen lämpölaitos tuottaa peruslämpöä kaupungin kaukolämpöverkkoon. Lämmitysprosessissa tuotettava lämpö siirretään kaukolämpöverkkoon, josta lämpö on asiakkaiden käytettävissä. Prosessissa syntyvät savukaasut puhdistetaan ja niiden sisältämä lämpöenergia otetaan hyötykäyttöön lämmön talteenottolaitteistolla. Lämmitysprosessin ulospuhallussäiliöstä ja termisistä kaasunpoistimista johdetaan laitoksen hönkähöyryt putkistoja pitkin laitoksen katolle ja siitä edelleen ympäristöön. Höyryjen mukana kulkeutuu myös lämpöenergiaa, joten tämän työn aiheena on selvittää, kuinka hukkaan menevä energia voitaisiin hyödyntää haluttuun kohteeseen.

Suunniteltaessa lämmön talteenottoa on tutkittava hönkähöyryjen ominaisuuksia. Työ on suurimmalta osalta tutkimustyötä, jonka tavoitteena on selvittää lämmön talteenoton mahdollisuuksia kyseisistä höyryistä. Tutkimustyö suoritetaan höyrytekniikan teorian, lämpölaitoksen dokumenttiaineiston ja haastattelujen avulla. Lisäksi työ sisältää suunnittelua ja mittausta.

Energiaa menee hukkaan jatkuvasti, kun lämmitysprosessi on käynnissä. Tämän työn tulokset sisältävät laskelmia, joiden avulla voidaan selvittää hönkähöyryjen energiasisältöä. Laskelmia hyväksi käyttäen voidaan arvioida myös lämpöenergian talteenoton taloudellisuutta. Nykymaailma pyrkii elämään enegiatehokkaasti ja ympäristöään säästäen, joten lämmön talteenotto pienestäkin energianlähteestä olisi suotavaa.

Asiasanat: kaukolämpö, lämpölaitos, kylläinen höyry, LTO

ABSTRACT

Kemi-Tornio University of Applied Sciences, Technology	
Degree Programme	Mechanical Engineering
Name	Virpi Kekäläinen
Title	The Heat Recovery of Breath Vapors
Type of Study	Bachelor's Thesis
Date	22 February 2011
Pages	44 + 4 appendices
Instructor	M. Eng Ari Pikkarainen
Company	Kemin Energia Oy
Contact Person/Supervisor from Company	M. Eng Petri Hietala

Solid-fuel heating plant located in Kemi, Karjalahti, produces basic heat in the city district heating network. The produced heat of the heating process is transferred to the district heating network from the heat is delivered to customers. The form flue gases for the process are cleaned and the contained thermal energy is utilized with into heat recovery equipment. From the outflow tank of the heating process and thermal gas extractors outflow vapors are led along the pipelines to the roof of the plant and so into the environment. The thermal energy of the vapor goes into the sky, so the objective of this thesis is to explore how wasted energy could be utilized to the desired target.

When planning heat recovery it is necessary to examine the properties of the saturated steam. The most of this work is research whose objective is to clarify the possibilities of heat recovery of these vapors. The study is carried out with the help of steam technology theory, documentary material of the district heating power plants and interviews. In addition, this thesis also includes design and measurement.

Energy is continuously wasted when the heating process is running. The results of this thesis include the calculations which can be used to find out the energy of the outflow vapors. By utilizing the calculations also can be assessed the heat recovery economy. Today world tends to live energy-efficiently and save environment, so the heat recovery from a small source of energy would be desirable.

Keywords: district heating, district heating power plants, saturated steam, heat recovery.

SISÄLLYSLUETTELO

ALKUSANAT	I
TIIVISTELMÄ	II
ABSTRACT	III
SISÄLLYSLUETTELO	IV
KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET	V
1. JOHDANTO	1
1.1. Tavoitteet	1
1.2. Menetelmät	1
1.3. Ongelmat	2
2. KEMIN ENERGIA OY	3
2.1. Toiminnan tavoitteet ja tarkoitus	3
2.2. Organisaatio	4
3. KAUKOLÄMPÖTOIMINTA	5
3.1. Toiminnan kehitys	5
3.2. Kaukolämpöasiakas	6
3.3. Kemin Energia Oy:n kaukolämpökeskukset	7
4. KIINTEÄN POLTTOAINEEN LÄMPÖLAITOS	10
4.1. Polttoaineen käsittely laitoksella	11
4.2. Polttoaineen syöttö kattilaan	13
4.3. KPA1-kattila	14
4.4. Savukaasujen pesu ja lämmön talteenotto	16
5. HÖYRYTEKNIIKAN TEORIAA	18
5.1. Höyryn ominaisuuksia	18
5.1.1. Ominaislämpökapasiteetti	19
5.1.2. Ominaisentalpia	19
5.1.3. Tilavuusvirta ja massavirta	20
5.2. Höyryn virtausmäärän mittaaminen	21
5.3. Lämmönsiirto	22
5.4. Lämmönsiirtolaitteet	23
6. KPA1-LAITOKSEN HÖNKÄHÖYRYT	25
6.1. Lisävesijärjestelmä	26
6.2. Kaukolämmön paisunta- ja paineenpitojärjestelmä	27
6.3. Ulospuhallussäiliö	28
7. HÖNKÄHÖYRYJEN ENERGIASISÄLTÖ	30
7.1. Hönkähöyryjen energiasisällön hinta	31
7.2. Kaukolämmön hinta	32
8. ENERGIASISÄLLÖN TALTEENOTTORATKAISU	35
8.1. Talteen otetun energian käyttökohteet	35
8.2. Lämmön talteenottosuunnitelma	36
8.2.1. Ratkaisu 1	36
8.2.2. Ratkaisu 2	37
8.3. Taloudellinen kannattavuus	38
9. YHTEENVETO	41
10. LÄHDELUETTELO	42
11. LIITELUETTELO	44

KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

LTO	lämmön talteenotto
MW	megawatti
MWh	megawattitunti
KPA1	kiinteän polttoaineen kattila 1
K1	öljykattila 1
K2	öljykattila 2
K3	öljykattila 3
K5	öljykattila 5
J	Joule, energian yksikkö

1. JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön aiheeksi on valittu lämpölaitoksen ulospuhallushöyryjen energiasisällön talteenotto. Työn aiheen antoi Kemin Energia Oy:n kaukolämpöosaston päällikkö Jani Peurasaari ja työtä ohjaa käyttöinsinööri Petri Hietala. Työn tuloksia on tarkoitus hyödyntää Karjalahdella sijaitsevan kiinteän polttoaineen kattilan lämmöntuotannon prosessissa.

1.1. Tavoitteet

Työn lähtökohta perustuu lämpölaitoksen energiatehokkuuteen ja lämmön talteenottoon. Kiinteän polttoaineen kattilassa tuotettava lämpö siirretään kattilaveden ja kaukolämpöveden välityksellä kaukolämpöverkkoon. Polttoaineen palaessa syntyvät savukaasut puhdistetaan ja niiden lämpö saadaan hyötykäyttöön lämmön talteenottolaitteiston avulla. Prosessissa syntyvät hönkähöyryt johdetaan putkistoja pitkin laitoksen katolle ja edelleen ympärillä olevaan ilmakehään. Työn tavoitteena on selvittää, kuinka hönkähöyryjen sisältämä lämpöenergia saataisiin hyödynnettyä. On selvää, että lämmön talteenotto lisäisi lämmitysprosessin tehokkuutta ja näin ollen sillä olisi myös taloudellinen merkitys.

1.2. Menetelmät

Energiatekniikan tunteminen ei yksistään riitä lämmitysprosessin hönkähöyryjen tutkimiseen. Työssä perehdytään myös höyrytekniikan perusteisiin käsitteiden, kaavojen ja taulukoiden avulla. Hönkähöyryjen sisältämän energian selvittämiseen tarvitaan teorian lisäksi myös mittalaitteistoa ja tietoa höyryjen osuudesta prosessissa.

Teollisuudessa on käytössä useita erilaisia lämmöntalteenottojärjestelmiä. Työssä tutkitaan erilaisia vaihtoehtoja ja suunnitellaan kannattava ratkaisu energiasisällön talteenotolle ja sen johtamiselle lämmitysprosessiin.

1.3. Ongelmat

Tämä työ tehdään tutkimustyönä, jonka tarkoituksena on sisältää mittatietoja hönkähöyryjen sisältämästä lämpöenergiasta. Valitettavasti mittalaitteistoa ei kuitenkaan saatu haluttuna aikana, joten tiedot todellisista arvoista puuttuvat. Työn luonne muuttui teoreettiseksi selvitykseksi siitä, kuinka lämpölaitoksen hönkähöyryjen lämpöenergia otettaisiin talteen.

2. KEMIN ENERGIA OY

Kemin kaupunki harjoitti energialaitostoimintaa 61 vuotta, kunnes se vuonna 1999 päätti perustaa Kemin Energia Oy -nimisen osakeyhtiön. Kemin Energia Oy aloitti toimintansa vuoden 2000 alussa ja perusti alueellisen sähkön myyntiyhtiön muiden lähialueiden energialaitosten kanssa. Näin Kemin Energia Oy on yhteistyössä niiden energiayhtiöiden kanssa, joiden alueella sen edeltäjä Kemin Sähköosakeyhtiö aikanaan aloitti sähköistämisen. Tänä päivänä Kemin Energia Oy tunnetaan Kemin kaupunkikonsernin tytäryhtiönä, jonka osakekanta on kokonaan Kemin kaupungin omistuksessa./6/

2.1. Toiminnan tavoitteet ja tarkoitus

Kemin Energia Oy tunnetaan luotettavana, kilpailukykyisenä ja ympäristöstään huolehtivana pohjoissuomalaisena energiayhtiönä. Yhtiö pyrkii toiminnassaan olemaan vastuullinen ja tunnistamaan asiakkaidensa, omistajansa, sidosryhmiensä ja henkilöstönsä tarpeet. Se tarjoaa asiakkailleen luotettavaa ja kilpailukykyistä energiapalvelua ottaen huomioon toiminnan jatkuvuuden, ympäristöasiat ja muut yhteiskunnalliset velvoitteet sekä tarjoaa työntekijöilleen motivoivan työpaikan./6/

Luotettavuus perustuu laadukkaisiin ja häiriöttömiin energiatoimituksiin ja palveluihin sekä täsmällisiin palvelusuorituksiin, kuten laskuihin. Yhtiö pyrkii pitämään tuotteet ja palveluhinnat kilpailukykyisenä sekä toimintatavat nykyaikaisena. Kemin Energia Oy huolehtii ympäristöstään ja pyrkii vähentämään toiminnan haitallisia ympäristövaikutuksia. Yhtiö edistää kestävästä kehityksestä ja opastaa asiakkaita energian järkevään käyttöön./6/ Myös pohjoissuomalaisuus on osa Kemin Energia Oy:n visiota, mikä näkyy ”Pohjoista voimaa” -lauseena yhtiön autoissa ja työntekijöiden haalareissa. Alueellisella yhteistoiminnalla haetaan vahvuuksia ja lisätään kilpailukykyä. Toiminnassa Kemin Energia Oy sitoutuu noudattamaan alaa koskevaa lainsäädäntöä ja eettisiä pelisääntöjä./6/.

Vuonna 2009 Kemin Energia Oy:n liikevaihto oli 15 miljoonaa euroa. Sähköasiakkaita oli 14948 ja kaukolämpöasiakkaita 405. Kemin Energia Oy:n palveluihin kuuluu

sähköverkkopalvelut ja kaukolämmön myynti sekä sähköasennuspalvelut. Sähkömyyntipalvelut hoidetaan osakkuusyhtiö Oulun Sähkönmyynti Oy:n kautta./9/

2.2. Organisaatio

Kemin Energia Oy:n hallituksen puheenjohtajana toimii Kimmo Arstio ja toimitusjohtajana Anne Salo-oja. Osastoja on kolme: lämpöosasto, sähköosasto sekä hallinto- ja talousosasto. Lämpöosasto huolehtii lämpöenergianhankinnasta ja myynnistä, lämpöverkon ja lämpökeskusten suunnittelusta, rakentamisesta, käytöstä ja kunnossapidosta sekä lämpöenergian mittaamisesta. Lämpöosaston päällikkönä toimii Jani Peurasaari. Sähköosasto, jonka päällikkönä toimii Petri Gylden, huolehtii sähkön siirtämisestä kantaverkosta asiakkaille, sähköverkon suunnittelusta, rakentamisesta ja kunnossapidosta sekä asiakkaiden energiamittauksista ja vapaan sähkökaupan mittaustietojen käsittelystä. Kolmantena on hallinto- ja talousosasto, jonka päällikkönä toimii Jarmo Nousiainen. Osasto huolehtii yhtiön taloushallinnosta ja laskutuksista sekä muista yhteisistä palveluista./8/

Vuoden 2009 lopussa yhtiön palveluksessa oli 49 henkilöä, joista 44 on vakinaisessa työsuhteessa ja määräaikaisessa viisi henkilöä. Henkilökunta koostuu 28 työntekijästä, 18 toimihenkilöstä ja kahdesta ylemmästä toimihenkilöstä. Naisia henkilökunnassa on 11 ja miehiä 38. Yhtiö tekee koulu yhteistyötä tarjoamalla harjoittelu- ja kesätyöpaikkoja sekä Kemi-Tornion ammattiopiston että ammattikorkeakoulun opiskelijoille./8/

3. KAUKOLÄMPÖTOIMINTA

Kaukolämpö on lämmitysmuoto, jossa lämpö tuotetaan keskitetyssä kohteessa ja jaetaan verkon välityksellä asiakkaille. Lämmön siirtoaineena käytetään vettä tai höyryä. Asiakkaina ovat asuintalot, kuten kerrostalot ja rivitalot, teollisuus, liikerakennukset ja julkiset rakennukset. Asiakkaat käyttävät lämpöä rakennusten tilojen ja käyttöveden lämmitykseen. Kaukolämmön etuja ovat sen energiatehokkuus ja ympäristöystävällisyys. Kaukolämmön tuotantoon voidaan käyttää edullisia ja vähäpäästöisiä polttoaineita sekä prosessien jätelämpölähteitä. Kaukolämmön ominaisuuksiin kuuluu mahdollisuus yhteistuotantoon, joka hyödyntää myös sähköntuotantoa./9/ Kemissä paperitehtaat hyödyntävät yhteistuotantoa ja myyvät kaukolämpöä asiakkaille.

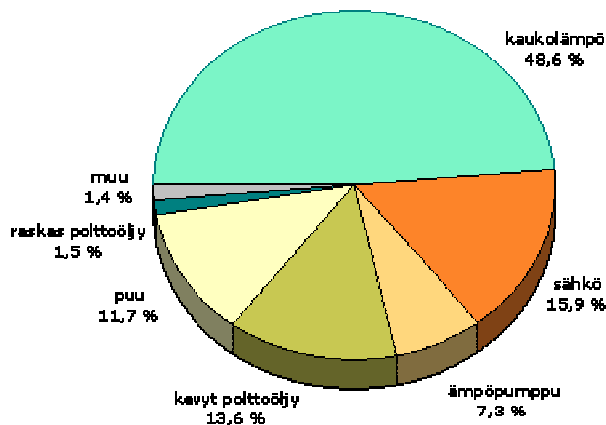
Kaukolämpöverkko rakennetaan maanpinnan alle yhdessä muiden maanalaisten johtojen, kuten sähkökaapeleiden, kanssa, minkä jälkeen siirto- ja jakelujohtojen ympäristövaikutus on lähinnä vähäinen lämpövuoto maaperään. Kemian Energia Oy:n kaukolämpöverkon veden tunnistaa sen vihreästä väristä. Vesi värjätään väriaineella, jotta vuototapauksissa tiedetään veden olevan kaukolämpöverkosta. Putkien mahdollinen vaurioituminen ei yleensä aiheuta vaaraa ympäristölle, sillä verkosto rakennetaan pintavesiviemärien tai ojien lähelle, joihin vesi useimmiten purkatuu. Kaukolämpöverkkoa huolletaan ja uusitaan vuosittain. Huollot ja verkon uudisrakentaminen tehdään roudattomaan aikaan, koska putkiston asentamista varten maata kaivetaan usein jopa yli metrin syvyyteen.

3.1. Toiminnan kehitys

Suomessa kaukolämpöä on ollut 1950-luvun alusta lähtien ja Kemissä kaukolämpötoiminta aloitettiin vuonna 1975 /2/,/6/. Noin 2,6 miljoonaa suomalaista asuu kaukolämpötaloissa/3/. Kemian kaupunkialueella kaukolämmöllä lämmitetään yli puolet kemiläisistä kodeista sekä lukuisat julkiset rakennukset ja liikerakennukset/6/. Suomessa lähes 80 % kaukolämmöstä saadaan lämpöä ja sähköä tuottavista lämmitysvoimalaitoksista (yhteistuotanto), teollisuuden ylijäämälämpönä tai kaatopaikkojen biokaasujen poltosta/3/. Pienillä paikkakunnilla, kuten Kemillä, näitä lämmönlähteitä ei ole käytettävissä usein.

Tällöin kaukolämpö tuotetaan pelkkää lämpöä tuottavissa lämpökeskuksissa, usein puuta ja muita uusiutuvia polttoaineita, kuten turvetta, käyttäen. Tämän lisäksi suuret tehtaat, kuten paperitehdas Veitsiluodossa, käyttävät prosessissa syntyvää lämpöä hyväksi ja tällä energialla lämmitetään suuri osa Hepolahden aluetta. Kemin Energia Oy:n kaukolämmöstä noin 90 prosenttia tuotetaan turpeella ja puulla kiinteän polttoaineen lämpökeskuksessa ja noin 10 prosenttia tuotetaan öljylämpökeskuksissa/6/. Asiakkaille lämpö siirretään kaukolämpöverkossa kiertävän kuuman veden avulla. Menojohdon kuuma vesi luovuttaa asiakkaan lämmönsiirtimen välityksellä lämpöä talon lämmitys- ja lämpimän käyttöveden verkkoihin. Kaukolämpövesi ei siis kierrä talojen lämmitys- ja käyttövesiverkoissa. Asiakkaille tulevan kaukolämpöveden lämpötila vaihtelee sään mukaan 65 - 115 °C välillä. Käyttöveden lämpötila pyritään pitämään 55 °C:ssa, jotta veteen päässeet bakteerit kuolevat. Alimmillaan lämpötila on kesällä, jolloin lämpöä tarvitaan vain lämpimään käyttöveteen. Asiakkailta tuotantolaitoksiin palaavan veden lämpötila vaihtelee 40 - 60 °C välillä./3/

Kuva 1 esittää lämmitystavan jakautumista Suomessa vuonna 2007.



Kuva 1. Lämmityksen markkinaosuudet Suomessa vuonna 2007./3/

3.2. Kaukolämpöasiakas

Kaukolämpöverkkoon liittyminen edellyttää asiakkaalta tiettyjä laitteita talon tekniseen tilaan sekä talon sijaintia kaukolämpöverkon läheisyydessä. Liittymismahdollisuutta voi

kysellä kaukolämmön myyjältä, joka asiakkaan ilmoittamien tietojen perusteella tekee alustavan kaukolämpötarjouksen.

Kaukolämmön myyjä laatii liittymissopimuksen asiakkaan talon LVI-suunnitelman mukaan. Tärkeintä on sopia lämmönjakuhuone kiinteistössä, johon asennetaan tarvittavat lämmönjakolaitteet sekä kaukolämmön liittymisjohtoreitti. Asiakas tarvitsee tavallisesti kaksi lämmönvaihtajaa: toinen lämmintä käyttövärttä varten ja toinen talon patteriverkostoa varten. Liittymisjohdosta tehdään piirustukset ja linjan rakentaminen suoritetaan yleensä roudattomana aikana rakentamisaikataulun mukaan. Laitteiden ja asennusten laadun varmistamiseksi tehdään lopputarkastus, jossa todetaan, että kaikki on tehty suunnitelmien mukaisesti.

Kaukolämpöjärjestelmässä tarvitaan kuitenkin vielä mittaustietojen keruuta kerran viikossa. Tämäkin tehtävä on loppumassa, kun kaukoluettavat mittarit yleistyvät ja Kemian Energia Oy:ssä on jo siirrytty etäluettaviin mittareihin.

3.3. Kemian Energia Oy:n kaukolämpökeskukset

Kemissä peruslämpö tuotetaan kiinteän polttoaineen (KPA1-laitos) lämpökeskuksessa. Loppuosa lämpöenergiasta tuotetaan raskaalla polttoöljyllä öljylämpökeskuksissa tai ostetaan lämpöenergiana Metsä-Botnia Oy:stä./6/ Öljyn hinnan vaihdellessa lämpöenergian ostaminen Metsä-Botnia Oy:stä on usein halvempi vaihtoehto. Kaukolämmössä on kaksi kiinteää ja neljä siirrettävää lämpökeskusta, joissa on yhteensä kahdeksan öljykattilaa. Kiinteän polttoaineen kattila toimii siis peruskuormakattilana ja öljykattilat toimivat huippu- ja varakattiloina./6/. Vara- ja huippukäytöllä tarkoitetaan aikaa, jolloin lämpöenergian käyttö on suurimmillaan, esimerkiksi kylmillä talvipakkasilla. Öljykattilat käyttävät polttoaineena raskasta polttoöljyä./6/. Raskaalla polttoöljyllä tarkoitetaan öljyä, jota käytetään usein esimerkiksi suurissa laivoissa ja lämpövoimaloissa ja kevyellä polttoöljyllä öljyä, jota käytetään omakotitalojen öljypolttimissa.

Seuraavassa taulukossa 1 on yhteenveto öljykattiloista. Taulukon viimeisenä lämpökeskuksena on siirrettävä lämpökeskus, joka voidaan asentaa haluttuun paikkaan ja

sitä voidaan käyttää varakattilana. 1,2 MW öljykattila on ollut käytössä esimerkiksi Veitsiluodon paperitehtaalla.

Taulukko 1. Yhteenveto öljykattiloista

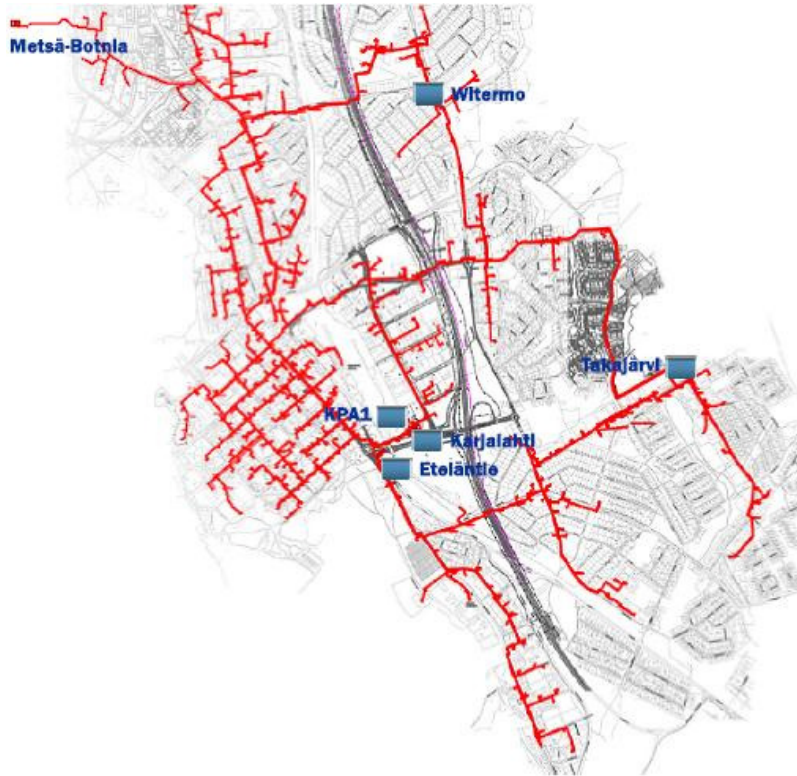
Lämpökeskus	Kattila	Teho	Öljysäiliö (m ³)	Piippu (m)	Käyttöönottovuosi
Karjalahti	K1	12	2*400	60	1978
Karjalahti	K2	8			1978
Karjalahti	K3	10			1989
Karjalahti	K5	12		60	2006
Takajärvi		12	150	40	1999
Eteläntie		12	100	40	1983
Witermo		5	50	40	2005
Siirrettävä lämpökeskus		1,2	10	12	1979

KPA1-laitoksen kanssa samalla tontilla sijaitsee myös Karjalahden kiinteä öljylämpökeskus, joka on otettu käyttöön vuonna 1978. Öljylämpökeskuksessa on kolme raskasöljykäyttöistä öljykattilaa, joiden nimellistehot ovat 12 MW, 8 MW ja 10 MW sekä kaksi raskasöljysäiliötä, joiden molempien tilavuus on 400 m³. Kuvassa 2 olevat öljykattilat ovat vuosilta 1978 ja 1989 ja niiden rungot ovat alkuperäiset, mutta polttimet, poltinautomaatiikka, pumput, puhaltimet, sähköistys, automaatio ja toimilaitteet on uusittu vuosina 2007 - 2008./6/



Kuva 2. Karjalahden öljykattilat K1, K2 ja K3

Seuraavassa kuvassa 3 on karttakuva Kemin Energia Oy:n kaukolämpöverkosta. Karttaan on merkitty lämpökeskukset sekä Metsä Botnia. Verkon pituus on yhteensä 53 km ja sen lämmitettävä rakennustilavuus on 3 586 000m³.



Kuva 3. Kaukolämpöverkko

4. KIINTEÄN POLTTOAINEEN LÄMPÖLAITOS

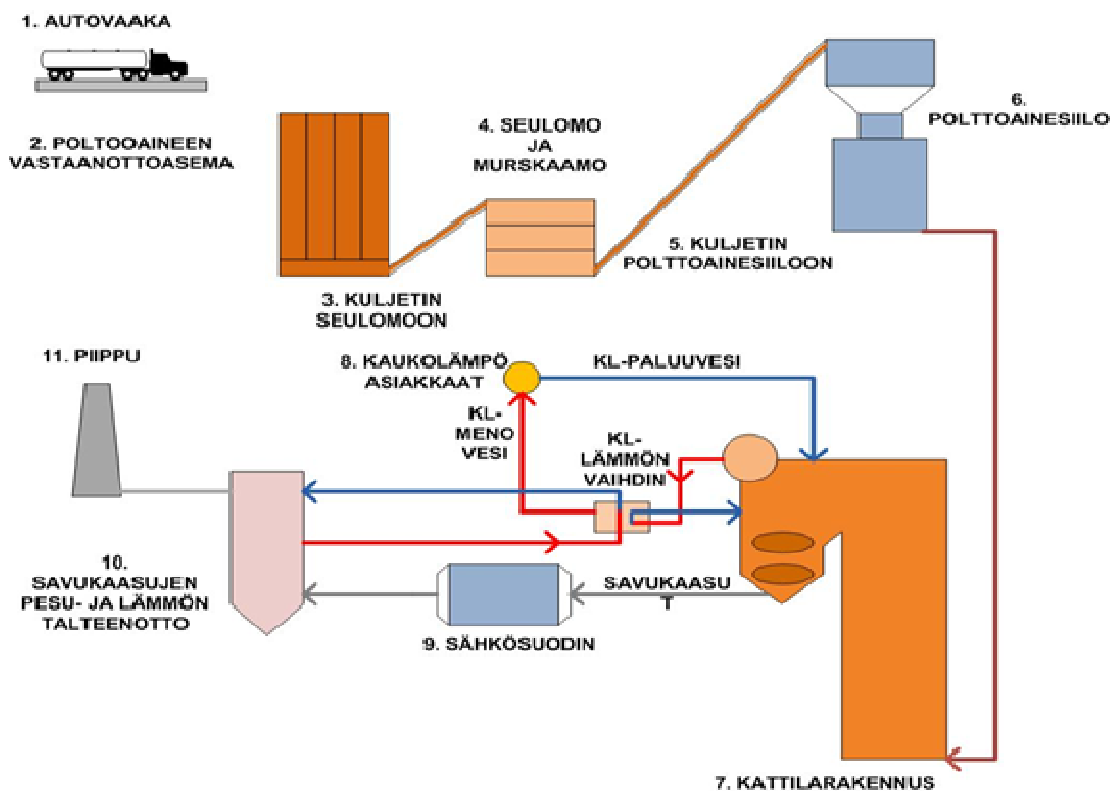
Karjalahdella vuonna 2006 käyttöön otettu kiinteän polttoaineen kattila käyttää polttoaineena turvetta ja puuta sekä käynnistyspolttoaineena kevyttä polttoöljyä. KPA1-laitos käsittää 32 MW kiinteän polttoaineen kattilan (KPA1) ja savukaasujen pesu- ja lämmön talteenottolaitteiston (LTO). Lisäksi lämpökeskukseen on sisäänrakennettu varaja huippukäyttöä varten 12 MW öljykattila, joka käyttää polttoaineena raskasta polttoöljyä./6/

Kuvassa 4 näkyy KPA1-laitos kokonaisuudessaan. Samalla tontilla, kuvan vasemmalla puolella, on vanha, mutta uudistettu lämpökeskus ja kaksi öljysäiliötä. Vuonna 2010 laitoksen tontti laajeni huomattavasti, kun kuvan oikean puoleinen hallirakennus otettiin käyttöön polttoainevarastona. Tontti on siivottu ja siihen on levitetty uusi alfalti sekä sen ympärille on rakennettu uusi aita. Uuden varastohallin ansiosta polttoaine voidaan varastoida sisätiloihin, joka esimerkiksi vähentää puupölyn leviämistä teille ja muualle ympäristöön.



Kuva 4. Kiinteän polttoaineen lämpölaitos Karjalahdella

Kuva 5 esittää periaatekaaviota KPA-laitoksesta. Kaaviossa lähdetään polttoaineen tuonnista laitoksen pihalle. Polttoaine kulkee vastaanottohallilta seulomoon ja sieltä kuljetinta pitkin polttoainesiiloon. Siilosta polttoaine kuljetetaan leijukerroskattilan tulipesään, jossa se palaa ja sen lämpöenergia siirretään kattilaveden välityksellä lämmönvaihtimeen ja siitä edelleen kaukolämpöverkkoon. Polttoaineen palamisessa syntyneet savukaasut puhdistetaan sähkösuotimessa ja niiden lämpö otetaan talteen savukaasujen pesu- ja lämmöntalteenottolaitteistolla. Polttoaineen kulku sekä lämmitysprosessi esitetään tarkemmin seuraavissa väliotsikoissa.



Kuva 5. KPA1-laitoksen periaatekaavio

4.1. Polttoaineen käsittely laitoksella

Polttoaine tuodaan rekoilla laitoksen pihaan. Polttoainerekat punnitaan tullessa ja lähtiessä autovaa'alla, joka on kuvassa 5. Laitoksen työntekijät määrittävät polttoaineesta kosteuden ja lämpöarvon ottamalla joka rekkalastista näytteen, joka punnitaan, kuivataan uunissa ja

punnitaan uudestaan. Näin saadaan polttoaineen energiamäärä. Laitoksen ollessa täydellä teholla polttoainekuljetuksia tehdään jopa kahdeksan vuorokaudessa.

Kuvan 5 kohdassa kaksi on polttoaineen vastaanottoasema, jonka tilavuus on 800 m^3 . Turve ajetaan suoraan vastaanottoon ja kipataan polttoaineen kolapurkaimien päälle. Puu varastoidaan pihalle tai sisälle polttoainevarastoon, josta se siirretään pyöräkoneella vastaanottoon. Pyöräkone tekee usein töitä ympäri vuorokauden silloin, kun polttoainetta on lisättävä kuljettimille. Vastaanottohallin sivuseinät sekä kolasyöttöpöytien jakoharjat jakavat purku-, varasto- ja syöttötoiminnot neljään linjaan, joita voidaan käyttää joko kaikkia kerralla tai esimerkiksi vain kahta linjaa/13/. Linjoille voidaan ajaa eri polttoainelaatuja ja antaa näille eri syöttönopeus, jolloin saadaan haluttu polttoaineseos. Sääto tapahtuu lämpölaitoksen valvomon kautta. Purkaimet liikkuvat pituussuuntaisesti ja polttoaine siirtyy teloille, jotka tasaavat polttoainevirran seuraavalle kuljettimelle/13/. Kuvasta 6 huomaa, kuinka turvepöly värjää hallin seinät ja katon tummanruskeiksi. Kesäaikaan, kun laitoksella tehdään vuosihuoltoa, vastaanottohalli pestään kokonaan turvepölystä. Hallissa tehdään tulitöitä vuosihuollon aikaan, joten helposti syttyvä turve saattaa aiheuttaa vaaratilanteita. Polttoaineen vastaanotossa onkin ollut turvallisuuteen liittyviä ongelmia tulipalojen muodossa, mutta ne on saatu poistettua parantavan kunnossapidon avulla.



Kuva 6. Polttoaineen vastaanottohalli

Kuljetin (kuvassa 5 kohta 3) siirtää polttoaineen vastaanottohallista seulomoon, jossa polttoaineesta erotellaan rauta sekä suuret kappaleet, kuten kivet ja kannot. Seulomo on kolmekerroksinen erillinen rakennus, joka on myös esitelty periaatekaaviossa. Polttoainetta ei seulota ennen purkamista, kuten monilla voimalaitoksilla on tapana, joten sen mukana on usein suuria kiviä ja jäisiä kameja. Turvetta nostetaan soilta, joihin ihmiset ovat saattaneet joskus haudata jätettä, kuten rautaesineitä. Rauta, kuten naulat ja niitit, erotellaan magneettisesti toimivalla raudanerottimella seulomon ylimmällä tasolla. Polttoon kelpaava polttoaine putoaa seulan läpi alapuolella olevalle kolakuljettimelle. Erotettavat kappaleet siirtyvät seulan päällä ylitesuppiloon, josta ne menevät murskaimen/13/. Murskaimen tehtävänä on murskata seulalta tulevat kannot, kamit yms. polttoon kelpaavaksi polttoaineeksi/13/. Kuvassa 7 näkyy vastaanottohalli sekä seulomorakennus. Seulomo on myös polttoaineesta johtuen likainen ja se täytyy puhdistaa aina huollon yhteydessä, jos siellä tehdään tulitöitä.



Kuva 7. Polttoaineen vastaanottohalli ja seulomo

4.2. Polttoaineen syöttö kattilaan

Seulottu ja murskattu polttoaine siirtyy kuvassa 5 esiintyvää pitkää kuljetinta pitkin polttoainesiilolle. Polttoainesiilon koko on 100m³. Kuljettimen kolat ovat kotelomaisia,

jotta polttoaine kulkeutuu ylöspäin kohti kattilarakennuksen yläosaa. Ennen annostelusiiloa on sulkupelti, joka sulkee polttoaineen käsittelyjärjestelmän silloin, kun siilossa on riittävästi polttoainetta./13/

Annostelusiilon pohjalle on asennettu kääntyvä ruuvipurkain, joka purkaa siilossa olevan polttoaineen tasaisesti ruuvikuljettimelle. Ruuvikuljetin kuljettaa polttoaineen jatkuvatoimisella pinnanmittauksella varustettuun tasaustaskuun. Tasaustaskun pohjalle on asennettu kaksi kappaletta syöttöruuveja, jotka jakavat tasaustaskussa olevan materiaalin kahden sulkusyöttimen ja kahden syöttötorven kautta kattilaan./13/ Vaikka polttoaine on tässä vaiheessa murskattu ja seulottu, on silti mahdollista, että sen mukana on kulkeutunut suuria kappaleita, jotka voivat tukkia polttoaineen syötön kattilaan.

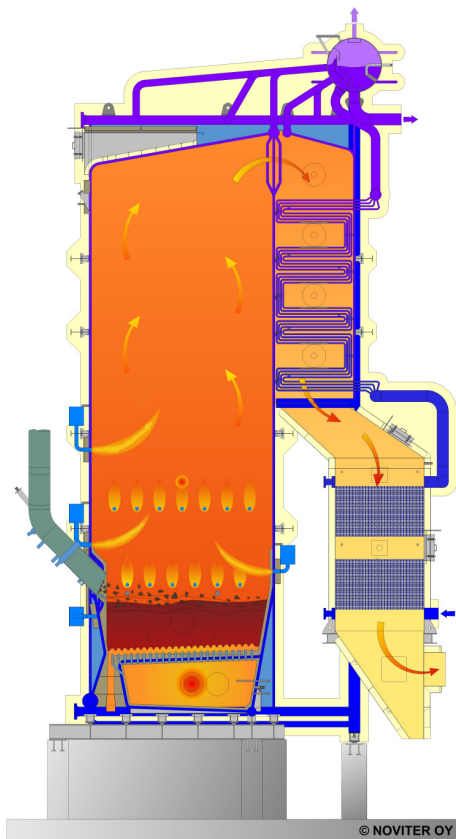
4.3. KPA1-kattila

Kuvassa 5. kattilarakennus on esitetty kohdassa 7. Kattilan teho on 32 MW ja KPA1-lämpökeskukseen on sisäänrakennettu myös 12 MW öljykattila. Öljykattilaan käytetään raskasta polttoöljyä ja käynnistyspolttoaineena käytetään kevyttä polttoöljyä, kuten muissakin kaukolämmön lämpökeskuksissa.

KPA-laitoksen kattila perustuu leijukerrostekniikkaan, josta on ympäristönäkökulmien korostumisen myötä tullut suosittu polttotapa. Leijukerrostekniikalla voidaan hyvin pitää kurissa syntyvät typpi- ja rikkipäästöt osittain matalan palamislämpötilan vuoksi ja osaksi lisätoimenpiteiden, kuten polttoaineen käsittelyn vuoksi. Kattilaan syötetty polttoaine palaa inertissä, palamattomasta materiaalista koostuvassa patjassa, johon puhalletaan ilmaa alhaalta arinassa olevien suutintuubien kautta. Ilma saa polttoaineen ja patjan leijumaan ja käyttäytymään kiehuvan nesteen tavoin./5/ KPA1-laitoksella inerttinä leijumateriaalina käytetään hiekkaa ja siihen syötetty polttoaine palaa tehokkaasti kohtalaisen matalassa lämpötilassa, noin 800 - 1000 °C:ssa. Leijukerrospoltoissa käytetään erilaisia leijukerrosreaktorityyppejä patjan leijuttamistavan mukaan/5/. KPA1-kattilassa on ns. kupliva leijukerros. Kuplivassa leijukerroskattilassa patjan leijuttaminen tapahtuu patjapartikkelien lento- ja lähtönopeutta pienemmällä kaasunopeudella/5/.

Lentoonlähönnopeus on ilnavirran nopeus, jolla patjamateriaalia irtoaa patjasta ja lähtee leijaillemaan ilnavirran mukana/5/.

KPA-laitoksen kattila on ns. luonnonkiertokattila, jossa vesi kiertää luonnonkierron mukaisesti. Kattilassa vesi siirtyy kiertovesipumpun avulla ekonomaiserien I ja II kautta kattilalieriöön, josta se laskuputkien kautta siirtyy luonnonkierron mukaisesti kattilan tulipesän seinille./13/ Kuvassa 8 lieriö on pallomainen osa kattilan yläpuolella, mutta todellisuudessa lieriö on tavallisen näköinen säiliö. Seiniltä vesi nousee yläosan kokoojien kautta lieriöön ja sieltä edelleen ulos kattilasta/13/. Lieriössä vesi on osaksi höyryä ja osaksi kuumaa vettä. Kuuma vesi pumpataan kiertovesipumpulla kaukolämpövaihtimeen, jossa se luovuttaa lämpönsä kaukolämpöpiiriin ja palaa sen jälkeen kattilaan./13/ Kattilassa ja kaukolämpöverkossa kiertää siis erilliset vedet. Kattilasta lähtevä vesi pumpataan kiertovesipumpulla kaukolämpösiirtimeen, jossa kuuma vesi luovuttaa lämpönsä kaukolämpöpiiriin ja palaa kattilaan. Kattilaan palaavan veden määrä ja lämpötila vaihtelevat kattilatehon mukaan ja niitä säädetään pumppujen ja säätöventtiilien avulla. Lieriössä veden pintaa pidetään sopivana järjestelmään liittyvän lisävesisäiliön ja -pumppujen avulla. Lieriön yläosaan muodostuvaa höyryä käytetään kattilan nuohoukseen, lisävesisäiliön sekä kaukolämmön paisunta/paineenpitosäiliön lämmitykseen ja inerttihöyrynä siilon ja tasaustaskun sammutukseen./13/



Kuva 8. KPA1-kattilan periaatekuva

4.4. Savukaasujen pesu ja lämmön talteenotto

Tulipesässä, polttoaineen palaessa, syntyy savukaasuja, jotka siirretään savukaasujärjestelmän avulla piipun kautta ulos. KPA1- kattilassa tulipesän alipaine saadaan aikaan savukaasupuhaltimella./13/ Kuvassa 8 on esitelty, kuinka tulipesässä syntyvät palamiskaasut ja pölyhiukkaset johdetaan ekonomaiserien lämpöpintojen läpi. Näin niiden sisältämä lämpö saadaan talteen. Savukaasun mukana oleva pöly erotetaan kaksikenttäisessä sähkösuodattimessa, joka on kuvassa 5. Savukaasupuhallin painaa kaasut, joiden lämpötila on noin 150 °C, savukaasupesuriin./13/. Savukaasun sisältämä lämpö otetaan talteen lämmön talteenottovaiheen avulla ja jäähtynyt, noin 50 °C savukaasu johdetaan piipun kautta ilmaan./13/. Näin laitoksen piipusta tulee ulos lähinnä pelkkää vesihöyryä.

Periaatekaaviossa savukaasujen pesu ja lämmön talteenotto on kohdassa 10. KPA-laitoksen lämmöntalteenoton teho on 7,5 megawattia. Lämmön talteenottovaiheen tehtävä on siirtää

savukaasuista lämpöä lauhteeseen. Lämmön talteenotto tapahtuu suorakontaktimenetelmällä, jossa savukaasut johdetaan täytekapalepatjan läpi alhaalta ylös. Lauhteen valuessa vastakkaiseen suuntaan täytepatja jäähdyttää savukaasut ja lauhduttaa lauhdetta ja samalla alas valuva lauhde lämpenee. Lämmin lauhde pumpataan lämmönvaihtimeen, jossa lauhde luovuttaa lämpöenergian kaukolämpöverkkoon./13/ Pesuvaiheessa pesurin alaosassa olevaan kartioon laskeutuu savukaasujen sisältämää tuhkaa, joka pumpataan soutuahapuristimelle. Puristimella tuhka kuivaa ja putoaa kartion alla olevaan suureen säkkiin, josta se viedään kaatopaikalle.

Kuvassa 9 näkyy laitoksen 60 m korkea savupiippu sekä osa savukaasun pesu ja LTO-laitteistosta.



Kuva 9. KPA1-laitoksen savupiippu

5. HÖYRYTEKNIIKAN TEORIAA

Tämän työn keskeisemmän ongelman, kylläisen höyryn energiasisällön selvittämiseksi, on perehdyttävä höyrytekniikan teoriaan ja etenkin höyryn ominaisuuksiin. Höyry on suosittu työaine, koska siihen sitoutuu höyrystettäessä suuri määrä energiaa, joka taas nesteytyksessä vapautuu. Vesihöyry on veden kaasumainen olomuoto ja se on halpaa, myrkytöntä ja helposti saatavilla.

Kylläisen vesihöyryn sisältämä energia on lämpöenergiaa. Lämpöä on varastoituneena suuria määriä kaikkiin kappaleisiin. Jos lämpöä tuodaan kappaleeseen tai viedään siitä pois, tästä aiheutuva kappaleen energiasisällön muutos saa aikaan selvästi havaittavia ja mitattavia muutoksia kappaleessa. Tämän seurauksena esimerkiksi vedellä on viisi olomuotoa:

- ”jäähtynyt” vesi
- kylläinen vesi
- veden ja höyryn seos, kostea kylläinen höyry
- kuiva kylläinen höyry
- tulistettu höyry./15/

Lämpölaitoksen hönkähöyry on kostea kylläistä höyryä.

Lämpömäärän yksikkönä käytetään SI-järjestelmän mukaan Joulea, joka on sama kuin Newtonmetri (Nm). Lämpötilan perusyksikkö on Kelvin (K), mutta yleisesti käytetään Celsius-astetta (°C)./15/

5.1. Höyryn ominaisuuksia

Työn kannalta olennainen asia on kylläisen höyryn ominaisuudet. Kylläinen höyry on höyryä, joka on paineen mukaisessa tiivistymislämpötilassaan. Mikäli höyry menettää lämpöä, se tiivistyy nesteeksi. Höyryn voi tavallisesti katsoa olevan kylläistä, jos se on välittömässä yhteydessä siihen nesteeseen, josta se on muodostunut/15/. Lämpölaitoksen hönkähöyry on peräisin ulospuhallussäiliöstä, kattilan lisävesisäiliöstä sekä kaukolämmön

paisunta- ja paineenpitosäiliöstä, joissa on vettä. Säiliöiden veden määrää seurataan jatkuvasti veden pinnanmittauksen avulla. Jos kylläistä höyryä kuumennetaan nesteettömässä tilassa, sen lämpötila kohoaa ja höyryn sanotaan tulistuvan./15/.

5.1.1. Ominaislämpökapasiteetti

Aineen ominaislämpökapasiteetti kertoo, kuinka paljon tarvitaan lämpöenergiaa yhtä ainekilogrammaa kohden lämpötilan nostamiseksi yhden asteen verran. Eli mitä suurempi kappaleen ainemäärä on, sitä enemmän lämpöä tarvitaan tietyn lämpötilan nousun aikaansaamiseksi. Yksikkönä käytetään usein $\text{kJ/kg}^\circ\text{C}$. Veden ominaislämpökapasiteetti on noin $4,19 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$, joka on riittävä useimmissa käytännön laskelmissa. Höyryn ominaislämpökapasiteetti on noin $2,1 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$. Muiden aineiden ominaislämpökapasiteetti on usein pienempi, esimerkiksi raudan vain $0,482 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$. Energiatekniikassa vettä käsitellään lähes poikkeuksetta nestemäisessä tai höyrymäisessä muodossa./16/

5.1.2. Ominaisentalpia

Höyrytekniikassa energiamäärät ilmaistaan yleensä ominaisentalpian avulla. Aineen ominaisentalpia kertoo yksiselitteisesti sen sisältämän energian kg :a kohti jossakin lämpötilassa T , paineessa P ja jollakin ominaistilavuuden v arvolla verrattuna sovittuun referenssitason./16/

Energiasisällön selvittämiseksi on olemassa taulukoita, joista voi lukea kylläisen vesihöyryn arvoja. Liitteenä 1 on osa kylläisen vesihöyryn taulokosta. Taulukossa esiintyvät arvot:

- v' = veden ominaistilavuus (m^3/kg)
- v'' = höyryn ominaistilavuus (m^3/kg)
- ρ'' = seoksen ominaistiheys (kg/m^3)
- h' = veden ominaisentalpia (kJ/kg)
- h'' = höyryn ominaisentalpia (kJ/kg)
- r = höyrystyslämpö (kJ/kg)./16/

Tämän työn kannalta kyseisen taulukon tärkein arvo on höyryn ominaisentalpia h'' , joka on 2691,6kJ/kg, kun paine on 1,5 bar ja tällöin lämpötila $t=111,37\text{ }^{\circ}\text{C}$.

5.1.3. Tilavuusvirta ja massavirta

Laskuissa tulee ottaa huomioon, että vakiopaineessa tapahtuva lauhtuminen tai höyrystyminen tapahtuu myös vakiolämpötilassa. Lämpötilan ja paineen tunteminen ei riitä kuvaamaan yksiselitteisesti vesi-höyryseoksen tilaa. Tällöin täytyy tuntea myös höyrypitoisuus, eli kylläisen höyryn massaosuus koko seoksesta. Toisin sanoen, kuinka paljon höyryssä on vettä ja itse kaasuuntunutta vettä, eli höyryä. /16/

Energiasisällön selvittämiseen tarvitaan siis myös tiedot massavirrasta ja tilavuusvirrasta. Tilavuusvirta on putken poikkileikkauksen läpi aikayksikössä kulkevan aineen tilavuus. Tilavuusvirran yksikkönä käytetään m^3/s . Tilavuusvirta voidaan laskea virtauspoikkipinta-alan ja virtausnopeuden avulla.

$$\dot{V} = v * A \quad (1)$$

missä

\dot{V} = tilavuusvirta (m^3/s)

A = putken poikkipinta-ala (m^2)

v = virtausnopeus (m/s) /18/

Massavirta kertoo, kuinka monta massayksikköä siirtyy tietyssä ajassa. Massavirtaa määrittäessä tulee ottaa huomioon virtaavan nesteen/kaasun tiheys ja tilavuusvirta. Yksikkönä käytetään kg/s .

$$\dot{m} = \dot{V} * \rho \quad (2)$$

missä

\dot{m} = massavirta (kg/s)

$$\dot{V} = \text{tilavuusvirta (m}^3/\text{s)}$$

$$\rho = \text{aineen tiheys (kg/m}^3) / 18/$$

5.2. Höyryn virtausmäärän mittaaminen

Nesteiden, kaasujen ja höyryjen energiasisällön selvittämiseen tarvitaan siis aineen virtausmäärää, eli massavirtaa. Massavirran mittaamiseen on useita erilaisia mittalaitteita. Useilla valmistajilla on laaja valikoima virtausmittareita, kuten magneettisia virtausmittareita, massavirranmittareita, ultraääni virtausmittareita ja VORTEX-virtausmittareita.

Kompaktit VORTEX-mittarit soveltuvat nesteiden, kaasujen ja höyryn virtausnopeuden tai massavirran mittaukseen/4/. Kuvassa 9 on Rosemount 8800D VORTEX-virtausmittari, joka soveltuisi myös lämpölaitoksen hönkähöyryn virtausmäärän mittaukseen.



Kuva 9. Rosemount 8800D VORTEX-virtausmittari

Nykyään kaukolämmössä on otettu käyttöön ultraääni virtausmittareita, koska ne ovat huoltovapaita ja niiden asentaminen ei vaadi putkimuutoksia. Mittaus voidaan suorittaa riippumatta putken materiaalista, seinämän paksuudesta, putkikoosta tai lämpötilasta. Hantor-Mittaus Oy tarjoaa laitteistoa, jolla voidaan virtauksen lisäksi mitata jäähdystystehoa, lämpöenergiaa, liuosten väkevyyksiä, virtaus- ja etenemisnopeutta ja seinämien paksuuksia. Ultraääni virtausmittauslaitteisto on putken päälle asennettavin anturein varustettu kuluaika/ultraääni virtausmittari, joka pystyy mittaamaan myös

kiintoainetta ja kaasua sisältäviä nesteitä. Kaasuille ja nesteille on kehitetty oma malli, joka hyödyntää viimeisintä (“Lamb-wave”) pinta-aaltoteknologiaa./4/ Kuvassa 10 on kannettava virtausmittari. Kannettavavirtausmittari olisi kätevä apuväline työssä mitattavaan virtaukseen. Kannettavan mittalaitteiston kanssa kulkeminen olisi helppoa kattilahuoneessa ja se olisi asennettavissa ulospuhalluslinjaan, esimerkiksi laitoksen ylimmällä tasolla.



Kuva 10. Kannettava ultraäänivirtausmittari

5.3. Lämmönsiirto

Lämpöenergia voi siirtyä säteilemällä, johtumalla tai kulkeutumalla. Virtaava neste tai kaasu kuljettaa mukanaan lämpöä, jolloin siirtyneen lämmön määrä riippuu aineen virtausnopeudesta ja sen sisältämästä lämpömäärästä./15/ Kiinteän polttoaineen palaessa kattilan tulipesässä syntyy savukaasuja ja niiden lämpöenergian siirtyessä kattilaveteen tapahtuu sirtyminen kaikkia edellä mainittuja siirtymistapoja noudattaen.

Teollisuudessa on panostettu energiatehokkaaseen lämmönsiirtoon käyttämällä erilaisia lämmönsiirtoratkaisuja. Lämmönsiirtimillä lämpöä siirretään tai jäähdytetään nesteestä toiseen ja ne ovat erittäin tärkeitä koko valmistusprosessin tehokkuuden kannalta.

Yleisimpiä lämmön talteenottolaitteita ovat levy- ja putkilämmönsiirtimet, mutta myös mm. lämpöputkia, patterijärjestelmiä, pesureita, ekonomaisereita ja regeneraattoreita

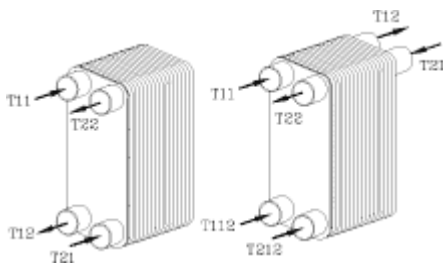
voidaan käyttää. KPA-laitoksella on käytössä esimerkiksi ekonomaisereita ja pesuri, jonka tehtävänä on puhdistaa savukaasuja, mutta myös talteenottaa energiaa.

5.4. Lämmönsiirtolaitteet

Levylämmönsiirtimet on valmistettu sarjasta koottuja aaltolevyjä. Levyjen välissä on kaksi kanavaa kylmää ja lämmintä nestettä varten. Ne kulkevat levyjen eri puolilla vastakkaisiin suuntiin./1/ Tämän tyyppisiä lämmönsiirtimiä käytetään myös KPA-laitosella.

Monissa erilaisissa käyttökohteissa käytettävät tiivisteelliset levylämmönsiirtimet on tiivistetty kumitiivisteillä. Kovajuotetut levylämmönsiirtimet on kehitetty korkeita paineita ja lämpötiloja varten. Hitsatut levylämmönsiirtimet kestävät vielä korkeampia paineita ja lämpötiloja kuin kovajuotetut./1/

Levylämmönsiirtimien valmistajia on useita. Esimerkiksi Danfoss tarjoaa levylämmönsiirtimiä kaukolämpökäyttöön. Alhaalla kuvassa 11 on esitelty siirtimen toimintaperiaate. Siirtimen sisällä virtaukset kulkevat vastavirtaan. Lämmönsiirtimen tehtävänä on siirtää lämpöä ensiövirtauksesta toisiovirtaukseen lämpöpintalevyjen välityksellä siten, etteivät virtaukset sekoitu toisiinsa./2/



Kuva 11. Levylämmönsiirtimen toimintaperiaate

Kyseisellä valmistajalla on oma esimerkki kuvan 11 virtauksista;

- T11 - Kaukolämpö, ensiö tulo
- T12 - Kaukolämpö, ensiö meno
- T112 - Kaukolämpö lämmityssiirtimeltä, tulo (2-vetoinen)
- T21 - Kylmä vesi, toisio tulo
- T22 - Lämmin käyttövesi, toisio meno
- T212 - Lämmin käyttövesikierto, tulo (2-vetoinen)/2/

Muita yleisiä lämmönsiirtimiä ovat ilmalämmönsiirrin, ilmajähdytteisten lauhdutin, spiraalilämmönvaihdin ja kaavintalämmönsiirrin.

6. KPA1-LAITOKSEN HÖNKÄHÖYRYT

Tämän työn olennainen asia on lämpölaitoksen hönkähöyryn energiasisältö, joka kertoo, kuinka paljon energiaa menee hukkaan ja kuinka paljon sitä saataisiin talteen hyödynnettäväksi prosessissa. Sen selvittämiseen tarvitaan erillinen höyryn virtausmittauslaite, mutta yhtä tärkeää on tuntea mistä höyryt muodostuvat. Energiasisällön avulla voidaan laskea lämmön talteenoton taloudellinen kannattavuus.

Hönkähöyryjä kulkeutuu KPA1-laitoksen kattoa kohti kolmesta eri säiliöstä: kattilan lisävesisäiliöstä, kaukolämmön paisunta- ja paineenpitosäiliöstä sekä ulospuhallussäiliöstä. Jokaisesta säiliöstä höyryt ohjataan höyryputkia pitkin kattotasanteelle, josta höyryjen sisältämä lämpöenergia vapautuu ympäristöön. Kuvassa 12 näkyy KPA-laitoksen piippu, josta tulee runsaasti höyryä talvipakkasella. Alempana kattotasanteella näkyy pienempi määrä höyryä, joka on prosessista poistuvaa hönkähöyryä. Höyryn lämpötila on arviolta noin 100 °C.

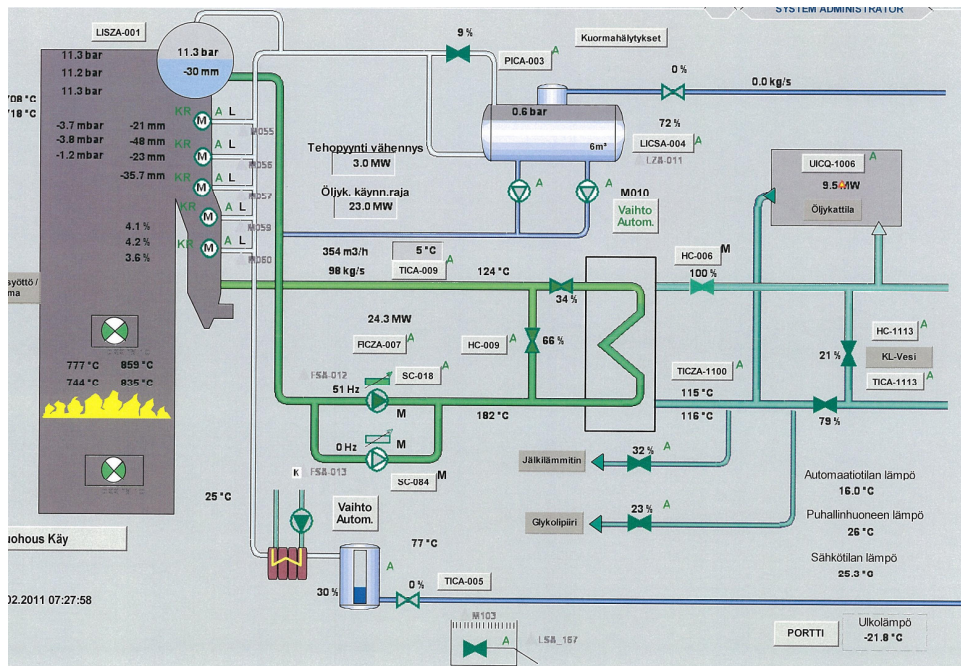


Kuva 12. KPA-laitoksen hönkähöyryt

6.1. Lisävesijärjestelmä

KPA1-laitoksella on lisävesijärjestelmä, jonka tehtävänä on huolehtia lisäveden saannista kattilalaitoksen eri laitteille. Vesijohtoverkosta saatavaa raakavettä tarvitaan jäähdytys- ja lisävedeksi savukaasupesurin laitteille, ulospuhallussäiliölle ja näytteenottojäähdyttimille, mutta myös talousvedeksi ja palosammutusjärjestelmiin. Laitokselle tuleva raakavesi jaetaan eri käyttötarkoituksiin./13/

Kattila- ja kaukolämpö-vesijärjestelmiä varten raakavesi pitää käsitellä vedenpehmennyslaitteistossa, jossa vaihdetaan vedessä olevat kalsium- ja magnesiumionit natriumioneiksi suodatinsäiliössä olevan hartsimassan ja suolan (NaCl) avulla. Lisävesi lisävesisäiliölle tuodaan sen päällä olevan kaasunpoistotornin yläosasta, josta vesi valuu tornin hyllyjä pitkin alas. Samaan aikaan säiliön vaipan yläosasta virtaa kaasunpoistohöyryä ylöspäin. Höyry lämmittää torniin tulevan veden saaden veteen liuenneet kaasut poistumaan. Kaasut poistuvat ulos tornin korkeimpaan kohtaan asennetusta hönkähöyryputkesta, jonka virtausta säädetään käsiventtiiliä kuristamalla. Säiliön paineenpito ja lämmitys tapahtuvat kattilalieriöstä otettavalla apuhöyryllä. Ennen säiliötä höyryputki jaetaan kahteen eri linjaan, jotka ovat paineensäätö- ja pohjalämmityslinja. Kattilapiirin täyttö tapahtuu lisävesipumpuilla ja ylimääräinen vesi ohjataan takaisin säiliöön ylivirtausventtiilin kautta. Säiliö tyhjennetään tarvittaessa ulospuhallussäiliöön käsiventtiiliä avaamalla./13/ Säiliö sijaitsee kattilahuoneessa, ihan kiinteän polttoainekattilan vieressä. Hönkäputket ovat kattilarakennuksen ylimmällä tasolla. Kuvassa 13. on kaaviokuva kattilaveden kierrosta ja kattilan lisävesisäiliöstä. Kuvassa näkyy myös kiinteän polttoaineen kattila. Kuvat 13, 14 ja 15 ovat lämpölaitoksen valvomon näytöltä. Koko prosessia ohjataan ja valvotaan kattilarakennuksen valvomon tietokoneilta.



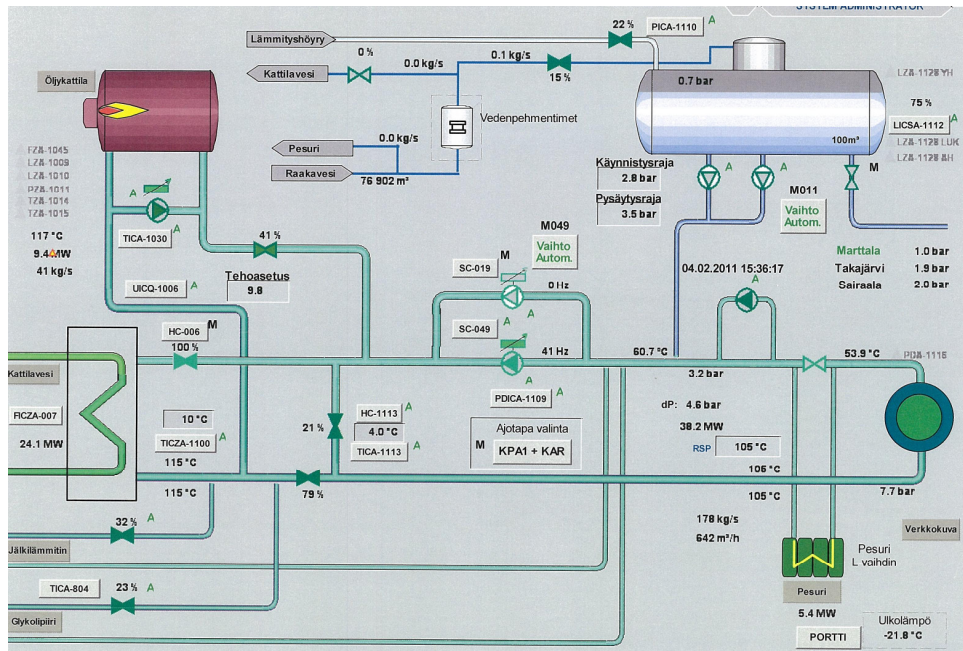
Kuva 13. Kattilavesi

Lisävesisäiliön tilavuus on 6 m³, suurin sallittu käyttöpaine on 3,0 bar ja sallittu sisälämpötila 20 - 144 °C. Hönkähöyryputki on kokoa DN40 ja paineluokka PN16./11/

6.2. Kaukolämmön paisunta- ja paineenpitojärjestelmä

Järjestelmän tarkoituksena on hallita kaukolämpöverkon paineen vaihtelua. Paineen laskiessa verkossa paisunta/paineenpitosäiliöstä pumpataan paineenpitopumpuilla verkkoon lisävetä. Vastaavasti verkon paisuessa, eli paineen noustessa, ylimääräinen vesi johdetaan takaisin säiliöön. Säiliö on toiminnaltaan lisävesisäiliön kaltainen. Kuten lisävesisäiliön, myös paisunta/paineenpoistosäiliön paineenpito ja lämmitys tapahtuu kattilalieriöstä otettavalla apuhöyryllä ja ennen säiliötä höyryputki jaetaan kahteen eri linjaan, eli paineensäätö- ja pohjalämmityslinjaan. Höyryn painetta säiliössä ohjataan paineenalennusventtiilillä. Putki vie säiliön yläosaan ja muutetaan säiliön sisällä reikäputkeksi, josta höyry ruiskutetaan säiliön vesirajan yläpuolelle olevaan tilaan. Pohjalämmitysreikäputken säätö tapahtuu käsikäyttöisellä säätöventtiilillä käyttökokemusten perusteella. Lisävesi kaukolämpöverkkoon pumpataan kahdella paineenpitopumpulla ja verkon paisuessa vesi palaa säiliöön ylivirtausventtiilien kautta.

Säiliö voidaan tarvittaessa tyhjentää ulospuhallussäiliöön avaamalla toimilaitteventtiili./13/
Kuvassa 14 on esitelty kaukolämmön vedenkierto sekä paisunta- ja paineenpitossäiliö.

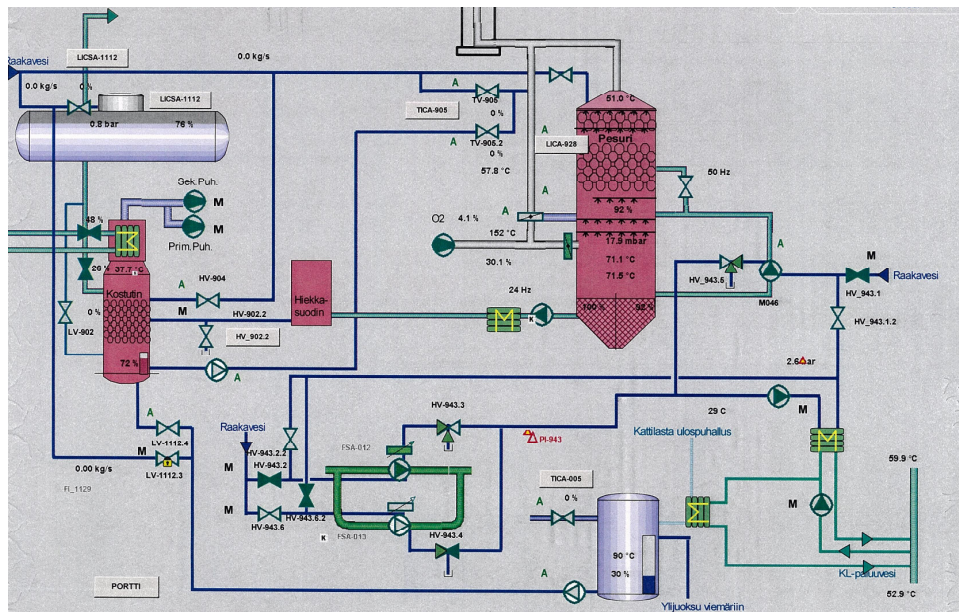


Kuva 14. Kaukolämpövesi

Paisunta/paineenpitossäiliön tilavuus on 100 m³, suurin sallittu käyttöpaine 4,0 bar ja käyttölämpötila 20 - 120 °C. Hönkähöyryputki on kokoa DN40 ja paineluokka PN16./10/

6.3. Ulospuhallussäiliö

Lisäveden mukana tuleva suola ja orgaaniset aineet poistetaan kattilavedestä ulospuhalluslinjan avulla. Sääto tapahtuu käsiventtiilillä kuormituksen ja vedenkäsittelyn mukaan. Ulospuhallusvesi johdetaan ulospuhallussäiliöön, josta se jäädytykseen jälkeen voidaan johtaa viemäriin tai halutessa ohjata joko kostuttimelle tai kaukolämmön paisunta- ja paineenpitossäiliöön. Säiliöstä viemäriin johdettavan veden lämpötilaa säädetään jäädyttämällä sitä kylmällä jäädytysvedellä./13/ Ulospuhallussäiliö on kuvan 15 alareunassa oleva säiliö. Kuvassa näkyy vedenkierto ulospuhallussäiliöstä kostuttimelle ja sieltä pesurille tai kaukolämmön paisunta- ja paineenpitosäiliölle.



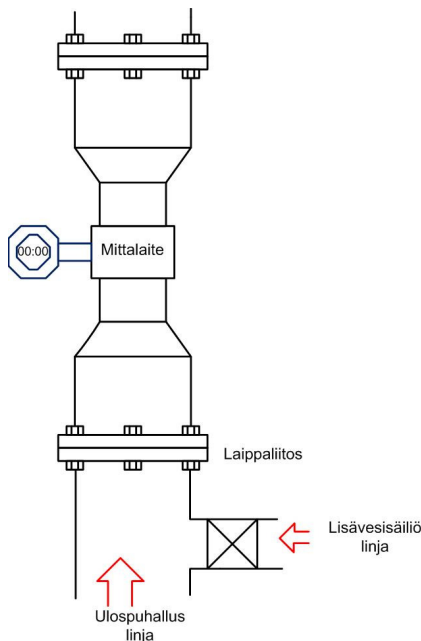
Kuva 15. Vesienkierrätys

Ulospuhallussäiliön tilavuus on 1 m^3 , suurin sallittu käyttöpaine 2,0 bar ja käyttölämpötila 20 - 204 °C. Hönkähöyryputki on kokoa DN150, eli putken halkaisija on 168,3mm ja seinämän vahvuus 2 mm./12/ Ulospuhallussäiliö sijaitsee kattilarakennuksen alimmalla tasolla ja sen hönkäputki kulkee kattilahuoneen seinämää pitkin katolle saakka.

7. HÖNKÄHÖYRYJEN ENERGIASISÄLTÖ

Kylläisen vesihöyryn energiasisältöä voidaan tutkia liitteenä 1 olevan Kylläisen vesihöyryn arvoja- taulukon avulla. Lämpölaitoksen valvomon näytöltä voidaan suoraan lukea kyseisen höyryn paine, joka on 1,5 bar. Tällöin kylläisen höyryn energiasisältö on 2691,6 kJ/kg ja lämpötila on 111,37 °C. Energiasisältö kasvaa paineen kasvun myötä.

Hönlöhöyryn mittaamista varten on tehtävä putkimuutoksia, jos mittalaitteena käytetään esimerkiksi kuvan 9 mittalaitetta. Kun lisävesisäiliön putki on yhdistetty ulospuhalluslinjaan, johon kaukolämmön paisunta- ja paineenpitosäiliön putki on jo yhdistetty, tehdään ulospuhalluslinjan putkeen muutos laitoksen ylimmälle tasolle. Yksi ratkaisu olisi asentaa ns. laippaliitoksella väliaikainen putken osa mittalaitteelle. Koska ulospuhallusputki on DN150, sitä tulisi supistaa mittalaitteelle sopivaan kokoon. Kun mittaus on suoritettu, voidaan mittalaite poistaa putkilinjasta ja asentaa tilalle LTO-laitteisto. Kuva 16 esittää periaatekuvaa putkimuutokselle.



Kuva 16 Periaatekuva mittaukseen tarvittavasta muutoksesta

Paras vaihtoehto massavirtauksen selvittämiseksi olisi hankkia kannettava ultraäänivirtausmittari, joka ei vaadi ollenkaan putkimuutoksia ja mittaus voidaan suorittaa

putken lävitse. Mittalaitteisto on hankintana kallis, mutta se on vuokrattavissa eri valmistajilta.

7.1. Hönkähöyryjen energiasisällön hinta

KPA-laitoksen hönkähöyryjen energiasisältö kylläisen vesihöyrytaulukon mukaan on 2691,6 kJ/kg, kun paine on 1,5 bar ja lämpötila 111,37 °C. Työn edetessä huomattiin, ettei massavirtaa saada tarkkaan mitattua ilman mittalaitteistoa, joten laskuissa käytetään kuvitteellista arvoa. Näin voidaan myöhemmin lisätä mitattu massavirran arvo ja saada todelliset tulokset. Kun kylläisen vesihöyryn energiasisältö kerrotaan sen massavirralla, saadaan tulokseksi se energian määrä, mitä lämpölaitoksen katolta vapautuu sekunnin aikana.

$$X = h'' \cdot \dot{m} \quad (3)$$

missä,

X = energian määrä sekuntia kohden

h'' = kylläisen vesihöyryn energiasisältö

\dot{m} = massavirta

Jos kylläisen höyryn massavirta ulospuhalluslinjassa olisi esimerkiksi 0,0002 kg/s, voidaan energiasisältö selvittää kaavan 3 avulla.

$$X = 2691,6 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} * 0,0002 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

$$X = 0,53832 \frac{\text{kJ}}{\text{s}} = 0,53832 * 10^3 \frac{\text{J}}{\text{s}} = 538,32 \frac{\text{J}}{\text{s}}$$

Energiaa vapautuisi näin ollen 538,32 joulea sekunnissa, joka on sama kuin 538,32 wattia. Joule on SI-järjestelmän energian varsinainen yksikkö, joka on toisessa muodossa wattisekunti. Sähköisen energian yksikkönä käytetään usein kilowattituntia. Wattitunti on energia, joka kuluu käytettäessä watin verran tehoa tunnin ajan./17/

$$Wh = W * 3600s = 3600J = 3,6kJ \quad (4)$$

missä,

Wh = Wattitunti

s = sekunti

J = Joule

kJ = kilojoule

Kemin Energia Oy:n hinnoitteluperusteena käytetään megawattituntia (MWh). Kun tiedetään kuinka paljon lämpöenergiaa vapautuu laitoksen katolta ympäristöön tiettyä aikana, voidaan laskea kuinka paljon hukkaan menevä energia on euroissa. Kaukolämpö Kemin Energia Oy:ssä maksaa 60,27 € megawattitunnille/7/. Jos ulospuhalluslinjasta vapautuu ilmakehään 500 wattia yhden tunnin ajan, energiaa kuluu hukkaan 500 wattitunnin verran. Arvo voidaan muuttaa haluttuun megawattituntiin seuraavasti/18/;

$$1MWh = 10^6 Wh$$

$$500Wh = 0,0005MWh$$

Näin ollen **joka tunti kuluisi 0,03 €** kun kerrotaan kaukolämmön hinta 60,27 € 0,0005:lla.

Vuorokaudessa menetetty euromäärä olisi $24 * 0,03€ = 0,72 €$

Kuukaudessa menetetty euromäärä olisi noin $30 * 0,72€ = 21,6 €$

Vuodessa menetetty euromäärä olisi noin $12 * 21,6€ = 259,2 €$

7.2. Kaukolämmön hinta

Hönlämpöryjen sisältämä lämpöenergia hyödynnetään kaukolämpöverkon lämmittämiseen, joten on syytä tutustua myös kaukolämmityksen hinnan muodostumiseen. Kemin Energia Oy:n kaukolämpöasiakkaana on omakotitaloja, rivi- ja kerrostaloja sekä julkisia rakennuksia ja kiinteistöjä. Lämpöosasto käyttää Suomessa yleisesti käytössä olevaa hinnoittelujärjestelmää, joka jakaantuu liittymismaksuun, perusmaksuun ja energiamaksuun.

Energiamaksun suuruuteen vaikuttavat käytetyt polttoaineet ja lämmönhankinnan muuttuvat kustannukset. Kemin Energia Oy:n energiamaksu on 1.1.2011 alkaen 60,27 €/MWh (sis. alv:n 23 %)/7/.

Perusmaksulla katetaan pääosin lämmönhankinnan kiinteitä kustannuksia. Perusmaksu sidotaan yleensä liittymistehoon tai tilausvesivirtaan. Tilausvesivirta on se kaukolämpöveden maksimivirtaus, minkä energialaitos sallii kiertävän lämmönsiirtimien läpi mitoitusolosuhteissa. Tilausvesivirta voidaan muuttaa tilaustehoksi ja päinvastoin, kun toinen tunnetaan. Jokaisessa energialaitoksessa tilausvesivirran määrittäminen tehdään Suomen Kaukolämpö ry:n ohjeen " Rakennusten kaukolämmitys, määräykset ja ohjeet, K1" mukaisesti. Tilausvesivirta pyöristetään ylöspäin siten, että vesivirta-alueella 0,1 - 1 m³/h lukuarvo on jaollinen 0,1:llä, 1 - 4 m³/h 0,2:llä, 4 - 10 m³/h 0,4:llä, 10 - 20 m³/h 1,0:lla ja yli 20 m³/h 2,0:lla./7/

Perusmaksu määräytyy taulukon 2 mukaan. Kerroin $k=0,55$.

Taulukko 2. Kaukolämmön perusmaksu

Tilausvesivirta, V m ³ /h	Perusmaksu €/v
0-2,0	$k \cdot (200 + V \cdot 2900) + \text{alv.}$
2,0-8,0	$k \cdot (3000 + V \cdot 1500) + \text{alv.}$
yli 8,0	$k \cdot (9000 + V \cdot 750) + \text{alv.}$

Kaukolämmön liittymismaksun suuruus vaihtelee eri paikkakunnilla ja erikokoisilla kiinteistöillä. Kemin Energia Oy:llä omakotitalon liittymismaksu on 2700 €. Kaukolämpöön liittyminen edellyttää, että rakennus on lähellä kaukolämpöverkkoa. Jos rakennuksen talojohdon pituus tontin rajalta mittauskeskukselle ylittää 10 m, peritään ylittävältä osuudelta 170 €/m. Lämmönmyyjä rakentaa liittymisjohdon ja mittauskeskuksen, mutta asiakkaan tontin alueella liittyjä suorittaa maanrakennustyöt omalla kustannuksellaan lämmönmyyjän ohjeiden mukaisesti. Liittymismaksu koostuu taulukon 3 mukaan. Uudisrakennuksilla kerroin $k=0,21$ ja vanhoilla rakennuksilla $k=0,17$./7/

Taulukko 3. Kaukolämmön liittymismaksu

Tilausvesivirta, V m ³ /h	Liittymismaksu €
0-2,0	$k*(9000+V*21000)$
2,0-10,0	$k*(25000+V*13000)$
10,0-20,0	$k*(70000+V*8500)$
yli 20,0	$k*(120000+V*6000)$

8. ENERGIASISÄLLÖN TALTEENOTTORATKAISU

Hukkalämmönlähteiden taloudellinen hyödyntäminen on mahdollista riittävän suurissa kohteissa, joissa lämpö jaetaan lämmitysverkon kautta. Hukkalämmön hyödyntämisessä tärkeintä on, että käytettävissä oleva lämpö hyödynnetään tehokkaimmin samassa prosessissa, jossa se syntyy./9/ Lämmön talteenotossa tyypillisimmin käytetyin menetelmä on talteen otetun lämpöenergian suora hyödyntäminen. Lisäksi lämpöpumppujen avulla tapahtuva matalalämpöisen lämpövirran lämpötilan nostaminen hyödynnettävissä olevalle tasolle sekä monivaiheiset lämmön talteenoton menetelmät, joissa hyödynnetään useampaa teknologiaa ovat suosittuja./14/ Lämmön talteenoton suunnittelu vaatii mittaustietoja prosessista.

8.1. Talteen otetun energian käyttökohteet

Teollisuudessa on paljon prosesseja, joiden poistoista pystytään ottamaan lämpöä talteen. Yleisiä lämmön talteenottolähteitä ovat mm. savukaasut, kuumat prosessin poistovedet, poistoilma, jäähditysvedet, jätevedet sekä lauhde/14/. KPA-laitoksella lämmön talteenoton lähteenä on prosessista poistettavat savukaasut, joista lämpö otetaan talteen pesurin kautta. Yleisiä talteenotetun lämmön hyödyntämiskohteita ovat mm. palamisilman ja korvausilman esilämmitys, ilmastointitilojen lämmitys, käyttövesisysteemi sekä muiden tuotantoprosessien lämmitys/14/. KPA-laitoksella talteenotettua energiaa hyödynnetään suoraan kaukolämpöverkkoon sekä pihalämmitysputkistoon, joka pitää piha-aluetta sulana talvisin.

Lämpölaitoksen hönkähöyryjen sisältämä lämpöenergia suunnitellaan johdettavaksi suoraan prosessiin ja edelleen asiakkaille kaukolämpöverkkoon. Vaihtoehtona on ohjata lämpöenergia ulospuhallussäiliöön, josta se käytetään kostuttimelle tai kaukolämmön paisuntasäiliölle. Toisena vaihtoehto on johtaa hönkä ulospuhallussäiliön kautta savukaasukanavaan, josta jo olemassa oleva LTO-laite ohjaa hönkähöyryyn lämpöenergian kaukolämmönvaihtimeen. Uusia laitehankintoja ei tarvitse, jos hönkähöyryt ohjataan olemassa olevalle LTO -laitteistolle.

8.2. Lämmön talteenottosuunnitelma

Lämmön talteenottoa lähdetään suunnittelemaan laitoksella pidettyjen palaverien pohjalta. Suunnittelussa otetaan huomioon lämmön talteenottoon vaikuttavia asioita, kuten kohteen ympäristö, ratkaisun asennustyöt, huollettavuus ja kannattavuus. Kolmen hönkähöyryputken yhdistämisen jälkeen ratkaisuvaihtoehtoja on kaksi; johdetaan talteenotettu lämpö LTO-laitteen avulla takaisin ulospuhallussäiliöön, josta se voidaan hyödyntää haluttuun kohteeseen tai liitetään yhdistetyt hönkäputket savukaasupesurille, josta hönkä siirtyy laitoksen jo olemassa olevaan LTO-laitteeseen. Ratkaisumalleja lähdetään etsimään yksinkertaisista vaihtoehdoista, joita pystytään kehittämään ja soveltamaan juuri kyseiseen kohteeseen. Molemmista ratkaisuista on liitteinä 2-4 prosessin PI-kaaviot, joihin on lisätty muutosehdotukset. Muutokset ovat merkitty kuviin punaisella värillä.

8.2.1. Ratkaisu 1

Ensimmäisessä ratkaisuvaihtoehdossa huomio kiinnittyy uuteen LTO-järjestelmään. Hönkähöyryjen LTO-järjestelmä perustuu höyryn ominaisuuteen menettää lämpöä tiivistyessään nesteeksi. Lämpö siirtyy virtaavan nesteeseen, joka kuljettaa energiaa haluttuun kohteeseen. Tarkoituksena on asentaa ulospuhallussäiliön hönkähöyryputken jäähdytysjärjestelmä, joka nesteyttää putkessa virtaavaa höyryä. Neste valutetaan ulospuhallussäiliöön, josta se voidaan halutessa ohjata joko kostuttimelle tai kaukolämmön paisunta- ja paineenpitosäiliöön.

Hönkähöyryputket sijaitsevat kattilahuoneen yhdellä seinämällä, suhteellisen lähellä toisiaan. Koska putkia on kolme, ei ole järkevää lähteä rakentamaan kolmea eri lämmöntalteenottojärjestelmää, vaan putket yhdistetään yhdeksi kokonaisuudeksi. Kattilahuoneen sisällä on riittävästi tilaa muutostöille ja laitteiden asennus- sekä huoltotyöt on helppo tehdä sisätiloissa. Kolme hönkähöyryputkea liitetään ulospuhallussäiliöön tekemällä muutoksia putkistoon. Kaukolämmön paisunta/paineenpitosäiliön hönkä on jo yhdistetty ulospuhalluslinjaan, mutta lisävesisäiliön putki täytyy muuttaa. Lisävesisäiliöstä lähtevä hönkäputki yhdistetään ulospuhalluslinjaan laitoksen ylimmällä tasolla. Samaan

kohtaan asennetaan höyryn virtausmittauslaite ja LTO-järjestelmä. Kuvassa 16 on periaatekuva suunnitelmasta. LTO-järjestelmän asennus- ja huoltotöitä varten hoitotasoa on laajennettava, jotta työt voidaan tehdä turvallisesti.

Kattilahuoneessa voidaan tehdä putkitöitä, mutta on myös mietittävä, miten muutostyöt vaikuttavat prosessiin. Prosessin PI-kaavioita tutkimalla suunnitellaan miten ja minne hönkähöyryjä ohjataan ja kuinka LTO-järjestelmän teho saadaan parhaiten käytettyä. On huomioitava esimerkiksi putkistojen paineet; paineetonta ja paineellista virtausputkea ei voida yhdistää keskenään. Lisäksi on huomioitava mahdolliset lämpöhäviöt, jotka voivat kasvaa huomattavasti esimerkiksi pitkissä putkilinjoissa. LTO-laitetta ei ole järkevää sijoittaa mihin tahansa, vaan se tulee sijoittaa niin, että hyötysuhde on mahdollisimman hyvä. Lämpö on tärkeä ottaa talteen mahdollisimman varhaisessa vaiheessa, jotta lämpöhäviöt ovat mahdollisimman pienet. LTO-laitteen sijoittamisella prosessiin on siis suuri merkitys myös taloudellisen kannattavuuden kannalta.

Lämmön talteenottoratkaisusta pyritään kehittämään helposti asennettava sekä huollettava. Yksinkertainen rakenne, vähän huollettavia komponentteja ja saatavissa olevat varaosat, tekevät laitteen kunnossapidosta vaivatonta ja turvallista. Liian hienoa järjestelmää, jota on vaikea huoltaa tai jonka huoltotöihin kuluu liikaa aikaa, ei kannata lähteä suunnittelemaan. On tärkeä vertailla erilaisia vaihtoehtoja ja käyttää hyväksi omaa kokemusta sekä jo olemassa olevia ratkaisumalleja.

8.2.2. Ratkaisu 2

Toinen ratkaisu lämpöenergian hyödyntämiselle on ohjata hönkähöyryt savukaasupuhaltimelle, joka painaa hönkähöyryn savukaasupesuriin, jossa höyryn sisältämä lämpö otetaan talteen olemassa olevan lämmön talteenottovaiheen avulla. Näin jäähtynyt hönkähöyry poistuu piipun kautta ilmaan eikä uusia LTO-järjestelmiä tarvita. Tämä ratkaisu vaatii kuitenkin enemmän putkistomuutoksia, koska lisävesisäiliö on kaksi kerrosta alempana kuin savukanava. Savukaasupesuriin johtava putkilinja sijaitsee samalla seinämällä hönkähöyrylinjojen kanssa, mutta muutostyöt pitää tehdä kattilahuoneen ulkopuolisella tasanteella, jossa savukanava kääntyy pesurille. Kattilahuoneessa on tilaa

putkimuutoksille, mutta muutoskohdassa oleva savukaasun lämpötilan mittari saattaa häiriintyä. Tässä ratkaisussa lisävesisäiliön yhdistäminen tehdään sisätiloissa samalla seinämällä kuin muutkin putkityöt. Lisävesisäiliön putkilinjaa täytyy jatkaa kattilahuoneessa kaksi kerrosta alaspäin. Putkimuutokset on mahdollisia suorittaa turvallisesti eivätkä uudet putket aiheuta kattilarakennuksessa muutoksia esimerkiksi huoltotasoissa.

Hönnkähöyryjen yhdistäminen savukanavaan tuntuu yksinkertaiselta ratkaisulta, mutta siihen liittyy useita pieniä seikkoja, jotka saattavat vaikuttaa koko lämmitysprosessiin. Yksi tärkeä huomio on lämpötila. Savukaasun lämpötila pidetään rikkikastepisteen yläpuolella, jotta vältetään ekonomaiserien, kanavien ja sähkösuodattimen korroosio-ongelmat. Lämpötila ei saa ylittää savukaasupesurille sallittua lämpötilaa. Savukaasujen lämpötila vaihtelee 130 °C:n ja 200 °C:n välillä ja hönnkähöyryjen lämpötila on noin 100 °C, joten lämpötilan ei pitäisi huomattavasti nousta.

8.3. Taloudellinen kannattavuus

Tässä kappaleessa esitetään karkea arvio lämmön talteenoton vaatimista kustannuksista. Tässä otetaan huomioon materiaalikustannukset, laitehankinnat ja asennustyöt. Materiaaleihin on arvioitu tarvittava putkimäärä ja hinnat ovat lähimmältä tukkumyyjältä. Asennustöihin tarvitaan vähintään kaksi asentajaa, joiden palkat on kerrottu viikkotuntimäärällä, joka on työn arvioitu asennusaika, eli 40 h. Asentajien tuntipalkka on suuruudeltaan yleisin tällä alueella käytetty palkka, mutta eroja voi olla eri asennusfirmojen välillä.

Putkimateriaalina käytetään haponkestävää terästä. Kaikki mitat on pyöristetty niin, että ne sopivat suoraan materiaalien hankintamääräksi. Tarkemmat asennusmitat mitataan, jos työ toteutetaan ja siitä tehdään tarkemmat asennuspiirustukset. Putkikäyrien kappalemäärät on suunniteltu kattilahuoneessa paikan päällä, joten näihinkin voi tulla muutoksia. Haaroitukset on otettu huomioon putkikanavien yhdistämiskohdissa. Kuten taulukoissa 4 ja 5 on esitetty, ensimmäiseen ratkaisuvaihtoehtoon on laskettu yksi kappale haaroituksia, koska ulospuhalluslinjaan yhdistetään lisävesisäiliön linja. Toisessa ratkaisuvaihtoehdossa

haaroituksia on kaksi, koska lisävesisäiliön yhdistämisen lisäksi ulospuhalluslinja yhdistetään savukanavaan. Lisäksi putkimuutokset tarvitsevat venttiilejä, jotka voidaan halutessa sulkea, tai joiden avulla virtauksen määrää voidaan säätää.

Ratkaisun 1 kustannuksiin vaikuttaa taulukon 4 lisäksi myös tarvittava LTO-laitteisto. Sen hankkimiseen tarvitaan hönkähöyryjen virtaustiedot, joten LTO-järjestelmän hinta täytyy selvittää mittaustietojen jälkeen.

Taulukko 4. Ratkaisu 1:n hintatiedot

Materiaalit ja asennustyöt	hinta/€ alv 0%	hinta/€ alv 22%
DN40 HST-PUTKI L=3500mm	28,86€/m = 101,01€	35,21€/m = 123,24€
DN40 HST-KÄYRÄ 1 kpl	6,38€/kpl = 6,38€	7,78€/kpl = 7,78€
DN40 HST-T-HAARA 1 kpl	19,06€/kpl= 19,06€	23,25€/kpl= 23,25€
DN150 HST-T-HAARA 1 kpl	189,70€/kpl= 189,70€	231,43€/kpl= 231,43€
DN150 HST-PUTKI L=1000mm	97,91€/m = 97,91€	119,45€/m = 119,45€
SÄÄTÖV.HST DN40 1kpl	564,30€/kpl= 564,30€	688,45€/kpl= 688,45€
Asennustyöt noin 40h	40€/h = 1600€ * 2 = 3200€	48,8€/h = 1952€ * 2 = 3904€
yht.	4 178,36 €	5 097,60 €

Taulukossa 5 on toisen ratkaisun hinta-arvioita. Taulukon lisäksi kustannuksiin vaikuttavat merkittävästi säätöventtiili, joka tulisi asentaa ulospuhalluslinjaan. Sen putkikoko on DN150 ja suuremmat sekä erikoisemmat venttiilit ovatkin kalliimpia, eikä niitä aina löydy suoraan valmistajien tuotevalikoimista.

Taulukko 5. Ratkaisu 2:n hintatiedot

Materiaalit ja asennustyöt	hinta/€ alv 0%	hinta/€ alv 22%
DN40 HST-PUTKI L=13500mm	28,86€/m = 389,61€	35,21€/m = 475,33€
DN40 HST-KÄYRÄ 2 kpl	6,38€/kpl = 12,76€	7,78€/kpl = 15,56€
DN40 HST-T-HAARA 1 kpl	19,06€/kpl= 19,06€	23,25€/kpl= 23,25€
DN150 HST-PUTKI L=6000mm	97,91€/m = 587,46€	119,45€/m = 716,70€
DN150 HST-KÄYRÄ 2 kpl	79,63€/kpl = 159,26€	97,15€/kpl = 194,30€
DN150 HST-T-HAARA 2 kpl	189,70€/kpl= 379,40€	231,43€/kpl= 462,86€
SÄÄTÖV.HST DN40 1kpl	564,30€/kpl= 564,30€	688,45€/kpl= 688,45€
Asennustyöt noin 40h	40€/h = 1600€ * 2 = 3200€	48,8€/h = 1952€ * 2 = 3904€
yht.	5 311,85 €	6 480,45 €

Kustannukset arvioidaan molempiin ratkaisuvaihtoehtoihin. Niitä verrattaessa Kemin Energia Oy tekee lopullisen päätöksen työn toteuttamisesta. Lopulliseen arvioon vaikuttavat tietenkin todelliset arvot hönkähöyryjen sisältämästä energiamäärästä.

9. YHTEENVETO

Tämä tutkimustyö on laajentanut näkemystäni tekniikan maailmaan ja auttanut soveltamaan niin konetekniikkaa, energiatekniikkaa kuin höyrytekniikkaakin keskenään. Tutkimalla tarkemmin Karjalahden kiinteän polttoaineen laitosta, olen huomannut kuinka monimutkainen ja samaan aikaan mielenkiintoinen lämmitysprosessi on. Vaikka kaukolämpö on yleinen lämmitysmuoto kaupunkialueilla, eivät ihmiset välttämättä tiedä sen lämmitystekniikasta paljoa. Tämä voi johtua osaksi siitä, että kaukolämpöverkosto sijaitsee maan alla ja lämpökeskukset ovat tavallisesti pieniä ja huomaamattomia rakennuksia. Nykyään ihmiset ovat kuitenkin entistä kiinnostuneempia energiasta ja sen käytöstä, joten nyt olisi hyvä aika tuoda myös kaukolämpö tunnetummaksi kuluttajille.

Kaukolämpöön ja sen lämmitysprosessiin tutustuminen auttoi ymmärtämään paremmin lämpölaitoksen hönkähöyryjä ja niiden tärkeyttä prosessissa. Voidaan ajatella, että lämpölaitos tavallaan hengittää hönkähöyryputkien kautta ja ilman näitä hönkäputkia laitoksen paineet kasvaisivat. Hönkähöyryjen mukana vapautuva lämpöenergia on tämän työn selvitysten mukaan mahdollista ottaa talteen ja käyttää suoraan kaukolämpöverkkoon.

Tämän työn selvitykset toimivat perustana jatkotoimenpiteitä varten, joista lämpöosasto lopullisesti päättää. Työn todelliset tulokset riippuvat hönkähöyryjen sisältämästä lämpöenergiasta, jotka saadaan asianmukaisen mittalaitteiston avulla. Mittaustyön jälkeen voidaan laskea lämmöntalteenoton taloudellinen kannattavuus. Työn lähtövaatimukset jäivät mittatietojen puuttumisen takia vajaiksi, mutta lopputulos lämmön talteenottoratkaisuista täytti odotukset.

10. LÄHDELUETTELO

/1/ Alfa Laval Suomi, Energiatehokkaat lämmönsiirtoratkaisut, [www-dokumentti],
[<http://local.alfalaval.com/fi-fi/key-technologies/heat-transfer/Pages/default.aspx>],
1.12.2010.

/2/ Danfoss, Kovajuotettu levylämmönsiirrin, [www-dokumentti],
[<http://www.lpm.danfoss.fi/fi/cfmldocs/index.cfm?ID=873>], 14.1.2011.

/3/ Energiateollisuus, Kaukolämpö, [www-dokumentti],
[<http://www.energia.fi/fi/kaukolampo/kaukolampo>], 1.8.2010.

/4/ Hantor-Mittaus Oy, Kannettavat-ultraaani virtausmittarit-fluxus-f601, [www-
dokumentti], <http://www.hantor.fi>, 28.1.2011.

/5/ Hellgren, Matti, Heikkinen, Lauri, Suomalainen, Lauri, Kala, Janne, Energia ja
ympäristö, 3.painos, Opetushallitus, 1999.

/6/ Kemin Energia Oy, Kemin Energia,[www-dokumentti],
[<http://enersrv.keminenergia.fi>], 15.6.2010.

/7/ Kemin Energia Oy, Palveluhinnasto, [www-dokumentti],
[http://www.keminenergia.fi/palvelut/hinnastot_ja_laskutus], 8.2.2011.

/8/ Kemin Energia Oy:n vuosikertomus 2009.

/9/ Koskelainen, Lasse, Saarela, Rauli, Sipilä, Kari, Kaukolämmön käsikirja, 1.painos,
Kirjapaino Libris Oy, 2006.

/10/ KPA1 KL-paisunta/paineenpitosäiliön kokoonpanopiirustus, Kemin Energia Oy.

/11/ KPA1 lisävesisäiliön kokoonpanopiirustus, Kemin Energia Oy.

/12/ KPA1 ulospuhallussäiliön kokoonpanopiirustus, Kemin Energia Oy.

/13/ Lindström, Heikki, Kemi-KPA Toimintakuvaus, 18.8.2005.

/14/ Motiva, Energiatehokas lämmitys- ja lämmöntalteenotto järjestelmä, [www-dokumentti],[http://www.motiva.fi/files/2418/Energiatehokas_l_mmitys_ja_LTO], 14.1.2011.

/15/ Näretie, Veikko, Höyrytekniikka:kattilat ja koneet, 3. painos, Otava, 1981.

/16/ Perttula, Jarmo, Energiatieniikka, 1. painos, WSOY, 2000.

/17/ Tietoportti, Kilowattitunti, [html], [<http://www.tietoportti.com/Kilowattitunti.html>], 8.2.2011.

/18/ Valtanen, Esko, Tekniikan taulukkirja, 16.painos, Gummerus Kirjapaino Oy, 2008.

11. LIITELUETTELO

LIITE 1	Kylläisen vesihöyryn arvoja
LIITE 2	Ratkaisu 1. muutosehdotus
LIITE 3	Ratkaisu 2. muutosehdotus
LIITE 4	Ratkaisu 2. muutosehdotus