

KAAKKOISSUOMEN AMMATTIKORKEAKOULU

Energiatekniikan koulutusohjelma / Käyttö ja käynnissäpito

Jaakko Turunen

PRIMÄÄRI-ILMALUVON MITOITUS KONTIOSUON LÄMPÖKESKUKSELLE

Opinnäytetyö 2014

TIIVISTELMÄ

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Käyttö ja käynnissäpito

TURUNEN, JAAKKO

Opinnäytetyö

Työn ohjaaja

Toimeksiantaja

Marraskuu 2014

Avainsanat

Primääri-ilmaluvon mitoitus Kontiosuon lämpökeskukselle

36 sivua

Tuomo Pimiä, Tutkimusinsinööri

Fortum Power and Heat Joensuu

Primääri-ilmaluvo, höyryluvo, petilämmöt

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia Joensuun Fortumin Kontiosuon lämpökeskuksen varustamista primääri-ilmaluvolla. Lämpökeskuksen palamisilma otetaan nykyään kattilahallin sisältä, eikä sitä lämmitetä sen enempää. Savukaasujen loppulämpötila on jatkuvasti noin 160 °C, joten siitä voisi ottaa 50 – 60 °C palamisilman esilämmitykseen. Kuuma primääri-ilma auttaisi myös petilämpöjen hallintaa huonoilla polttoaineilla.

Alkuosassa esitellään leijupetikattilan toimintaa, veden- ja ilmanesilämmittimiä sekä lämmönsiirtimien toimintaperiaatteita. Loppuosassa käsitellään primääri-ilmaluvon laskentaa ja mitoitusta, sekä sen jälkeen höyryluvon mahdollisuutta ja sen erilaisia kytkentävaihtoehtoja.

Opinnäytetyön tuloksena päädyttiin ehdottamaan höyryluvoa Kontiosuon lämpökeskukselle, koska se vaikutti helpoimmalta ja tehokkaimmalta ratkaisulta petilämpöjä ja muutostöitä ajatellen. Primääri-ilmaluvo vaikutti ensinnäkin suurelta komponentilta hyötyyn nähden ja sen mahdollisesti aiheuttama happokastepisteen vaara tuntui liian suurelta.

ABSTRACT

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

University of Applied Sciences

Energy Engineering

TURUNEN, JAAKKO

Bachelor's Thesis

Supervisor

Commissioned by

March 2014

Keywords

Adding a Primary Air preheater to Kontiosuo Boiler Plant

36 pages

Tuomo Pimiä, Research Engineer

Fortum Power and Heat Joensuu

Air preheater, steam preheater, fluidized bed temperature

The objective of this Bachelor's Thesis was to study and calculate a primary air preheater for Kontiosuo boiler plant. The combustion air is currently taken from inside the boiler plant and it is not heated at all. The final temperature of the flue gas is continuously about 160 °C so there is 50 – 60 °C that could be used to warm up primary combustion air. Hot combustion air could also help to control fluidized bed temperatures when burning poor fuels.

The first part of this thesis explains the working principles of fluidized bed combustion, water- and air preheaters and heat exchangers. The second part discusses the calculation and design of a primary air preheater. The possibility of using a steam air preheater and different connection possibilities.

On the basis of the result it is recommended that a steam air preheater be added to Kontiosuo boiler plant. It seemed to be the easiest and the most efficient solution regarding fluidized bed temperatures and modifications to the boiler building. A primary air preheater on the other hand seemed to be a too large and complex component in relation to the given benefits. In addition the risk of the acid dew point associated with the primary preheater was one reason for recommending a steam air preheater.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO	6
1.1	Toimeksiantaja	6
1.2	Opinnäytetyön tausta ja määrittely	8
2	HOB-KATTILA	9
2.1	Leijukerrokattilalaitoksen esittely	9
2.2	Palamisilman nykytilanne	12
3	LÄMMÖNSIIRTIMET	13
3.1	Kattilan lämpöpinnat	13
3.2	Syöttöveden esilämmittimet	14
3.3	Ilmanesilämmittimet	15
3.3.1	Rekuperatiiviset ilman esilämmittimet	16
3.3.2	Regeneratiiviset ilman esilämmittimet	18
3.3.3	Höyryluvo	19
3.4	Lämmönsiirintyytit	20
4	PRIMÄÄRI-ILMALUVON LASKENTA	21
5	HÖYRYLUVON LISÄÄMINEN	28
5.1	Päätyminen höyryluvoon	28
5.2	Höyryluvo primääripuhaltimen painepuolelle	29
5.3	Höyryluvo primääripuhaltimen imupuolelle ennen kiertokaasun sekoitusta	31
5.4	Höyryluvo primääripuhaltimen painepuolelle sekä kiertokaasupuhaltimen lisäys	33
5.5	Ratkaisuehdotus Kontiosuon lämpökeskukselle	34
6	YHTEENVETO	35
	LÄHTEET	36

ALKUSANAT

Tämän työn teettäjä on Fortum Power and Heat Joensuun voimalaitos.

Haluan kiittää voimalaitoksen käytön- ja kunnossapidon väkeä hyvistä neuvoista ja vastauksista kysymyksiini opinnäytetyöhön liittyen.

Erityisesti haluan kiittää Markku Viljasta ja hänen vuoroaan hyvistä keskusteluista sekä esimiestäni Tommi Kauhasta, joka on toiminut erittäin joustavasti opinnäytetyöni kanssa.

Joensuussa 24.10.2014

Jaakko Turunen

1 JOHDANTO

1.1 Toimeksiantaja

Opinnäytetyön toimeksiantaja on Fortum Power and Heat Oy:n omistama Joensuun voimalaitos. Voimalaitos sijaitsee Iiksenvaarassa Joensuun kaupungin laidalla. Fortum on yksi pohjoismaiden johtavia energiayhtiöitä, joka tuottaa, jakaa ja myy lämpöä, höyryä ja sähköä. Fortum omistaa ja käyttää lukuisia voimalaitoksia Suomessa, Ruotsissa, Baltian maissa sekä Venäjällä. Fortumin edeltäjä Imatran voima on perustettu vuonna 1932 ja se muuttui Fortumiksi vuonna 1998. (Fortum Oy 2014.)

Joensuun voimalaitos on otettu käyttöön 1986 ja sen tyyppi on väliottovastapainelauhdevoimalaitos. Voimalaitos (jatkossa CHP) tuottaa sähköä valtakunnan verkkoon sekä kaukolämpöä Joensuun kaupungin alueelle. Kattila tehtiin alun perin jyrshinturpeen pölypolttoon, mutta keväällä 2000 se muutettiin leijupetikattilaksi. Muutoksen ansiosta kattilassa voidaan polttaa puuperäisiä aineita ja jyrshinturvetta. Muutoksen suunnitteli ja toteutti Fortum Engineering. (Joensuun voimalaitos.)

CHP-rakennuksen vieressä on Kontiosuon lämpökeskus, jonka kaukolämpöteho on 30 MW. Lämpökeskus (jatkossa HOB) on vain kaukolämpöä varten ja sen polttoaineena on pelkästään puuperäiset aineet. Kattilassa voidaan myös polttaa CHP-kattilan puuturpe-seosta, mikäli tarve niin vaatii. Sen tyypilliset käytönaikaiset kylläisen höyryn arvot ovat 11,5 bar ja 185 °C. Kattilan tuottamaa höyryä käytetään nuohoukseen, lisävesisäiliön lämmitykseen ja sammutushöyryksi. (Joensuun voimalaitos.)

CHP-kattilan polttoainetehto turpeella on 204 MW. Seossuhteen ollessa 50 % turvetta ja 50 % puuperäisiä aineita polttoainetehto on 179 MW. Maksimi kaukolämpöteho on 120 MW ja sähköteho 60 MW. Höyryntuotto on maksimissaan 270 t/h ja 234 t/h edellä mainituilla polttoainesuhteilla. Höyryarvot ovat 110 bar ja 535 °C. CHP-kattilan kaukolämpökapasiteetti riittää noin kolmen asteen pakkaseen asti. Loppuosa tuotetaan HOB-kattilalla, ja eri puolilla kaupunkia sijaitsevilla öljykäyttöisillä lämpölaitoksilla. (Joensuun voimalaitos.)

2013 molemmissa kattiloissa paloi yhteensä 1045,54 GWh polttoaineita. Kokonaisnettosähkötuotanto verkkoon oli 236,60 GWh, josta lauhdesähkön osuus oli 25,43 GWh. Puiden osuus polttoainevirrasta oli 70,71 %. Joensuun kaukolämmöstä pystyttiin tuot-

tamaan näillä kahdella kattilalla peräti 97 %. Taulukossa 1. on eriteltyä polttoaineiden kulutuksia. (Joensuun voimalaitos.)

Taulukko 1. Polttoaineiden kulutus 2013

	CHB	HOB
turve	290,07 GWh	0,021 GWh
puuseos	208,26 GWh	53,05 GWh
metsähake	450,03 GWh	27,98 GWh
biokaasu	4,57 GWh	0 GWh
ruokohelppi	0 GWh	0 GWh
POR	10,22GWh	0 GWh
POK	0 GWh	1,33 GWh
YHTEENSÄ	963,15 GWh	82,39 GWh

CHP-kattilan yhteyteen valmistui vuoden 2013 lopussa pyrolyysiöljy-laitos. Laitos ottaa lämpötehonsa CHP-kattilan arinahiekasta. Laitoksen toiminta perustuu nopeapyrolyysiin, jossa puuainesta kuumennetaan ja jäädytetään nopeasti, jolloin siitä höyrystyneet kaasut tiivistyvät öljyksi. Sen suunniteltu vuosituotanto on 50000 t. (Joensuun voimalaitos.)



Kuva 1. Joensuun voimalaitos sekä vasemmalla Kontiosuon lämpökeskus.

1.2 Opinnäytetyön tausta ja määrittely

Pyrolyysilaitoksen valmistuttua se ottaa tehoa CHP-kattilasta noin 30 MW. Tämä tarkoittaa, että 30 MW kaukolämpötehoa täytyy tuottaa jollakin muulla. HOB-kattilan vuosittainen käyttöaika todennäköisesti nousee tämän takia. Lisääntyneen ajoajan takia olisi suotavaa että HOB pystyy tuottamaan tarvittavan lisälämmön luotettavasti ja hyvällä hyötysuhteella. Tällä hetkellä HOB ottaa kaiken palamisilman suoraan kattilahallista. Kattilaan menevän ilman lämpötila vaihtelee tällöin 20 – 40 asteen välillä. Välillä ilma on jopa 80 °C, mutta se johtuu suuresta kiertokaasumäärästä. Tällä on suora vaikutus savukaasujen loppulämpötilaan, joka liikkuu nykyisin 160 °C seudulla. (Joensuun voimalaitos.)

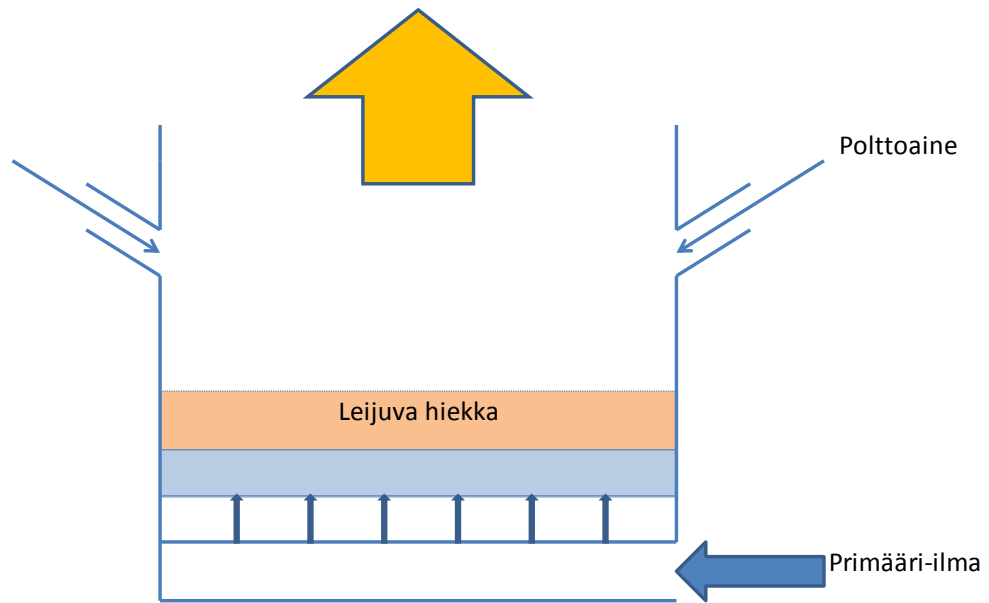
Opinnäytetyön aiheena on mahdollisen primääri-ilmaluvon lisääminen HOB-kattilan yhteyteen. Aihe on tullut esille jutellessani henkilökunnan kanssa ja se on kaikin puolin mielenkiintoinen ja käytännönläheinen. Kuumemmat leijutusilmat voisivat auttaa myös ylösajossa. Savukaasuista saisi hyvin lämpöä talteen ja hyötysuhde paranisi. Kattila on pienehköstä koostaan johtuen kohtuullisen herkkä polttoaineen laadun vaih-

teluille, joten kuumempi palamisilma voisi auttaa pitämään myös petilämpöjä yllä, kun kattilaan menee huonompaa polttoainetta. Työskennellessäni polttoaineen vastaanotossa aihe tuli minulle hyvinkin tutuksi. Silmin nähtynä polttoaineen seassa ei tarvitse jäätä tai lunta olla kovinkaan paljoa, kun HOB-kattilan petilämmöt ja koko tuotanto alkaa heilahdella. Se taas aiheuttaa ylimääräistä vaivaa koko vuorohenkilökunnalle.

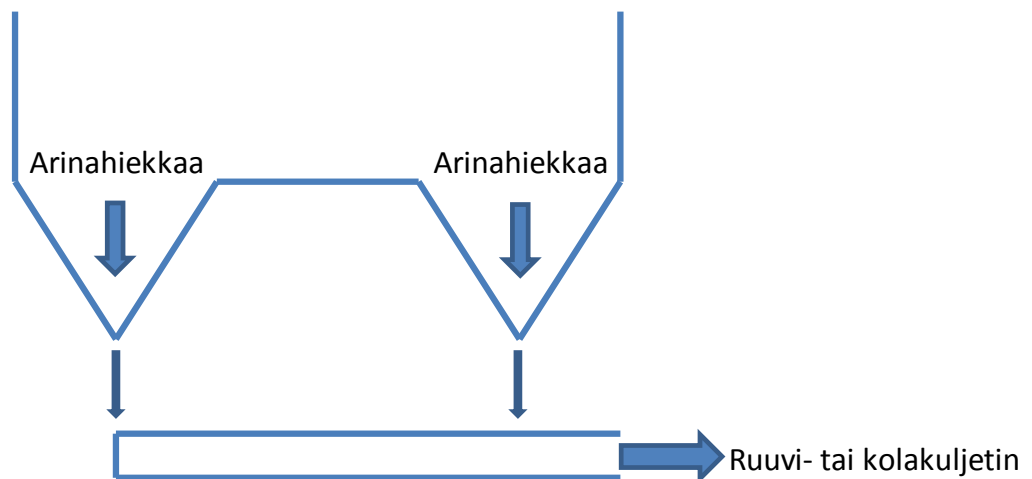
2 HOB-KATTILA

2.1 Leijukerrokattilalaitoksen esittely

Leijukerrospoltto on menetelmä, jossa polttoainetta poltetaan hiekkapedissä. Hiekkapeti leijutetaan alapuolelta puhallettavan ilman avulla. Hiekkapedin paksuus vaihtelee noin 0,4 – 0,8 m välillä ja tiheys luokkaa 800 kg/m³. Hiekkapedin lämpötila on noin 850 °C. Hiekkapedin leijutusnopeus on tyypillisesti 1,0 – 3,0 m/s. (Jalovaara 2003, 34.) Polttoaine syötetään arinan yläpuolelta petiin pudotusputkia pitkin, jolloin polttoaine hautautuu petin sisään. Pienet partikkelit palavat petin yläpuolella ja suuremmat petin sisällä. Pohjatuhkaa ei juurikaan synny, vaan lähes kaikki tuhka on lentotuhkaa. Leijukerrospoltto soveltuu todella hyvin kosteiden polttoaineiden polttoon, sillä petiin sitoutunut suuri lämpö kuivattaa, höyrystää ja sytyttää kosteankin polttoaineen. Petihiekka karkenee käytön myötä, joten sitä on vaihdettava määräjain. Karkenevaa petihiekkaa poistetaan arinan alapuolella olevien suppiloiden kautta. Käytössä on myös seulontajärjestelmiä, jolla hiekkaa ei kulu niin paljon. (Huhtinen 2011, 36-37.) Joensuussa CHP- ja HOB- kattiloilla hiekan seulontaa ei ole käytössä, vaan hiekka viedään suoraan läjitysalueelle.



Kuva 2. Leijupetikattilan tulipesän rakenne.



Kuva 3. Leijupedin arina.

Kontiosuon lämpökeskuksen kattila on varustettu kuplivalla hiekkapedillä. Se on kiinteän polttoaineen kattila, jossa voidaan polttaa turvetta ja puuperäisiä aineita. Käytännössä kattilassa poltetaan pelkästään puuta. Pääpolttoaineena toimii kokopuuhake ja erilaiset puru-kuoriseokset. Polttoaine tulee kahdelta purkutaskulta, joista edellä mainittuja aineita puretaan halutussa suhteessa. Täysillä purkutaskuilla laitosta voidaan ajaa noin 8-10h. Puuseos kulkee sen jälkeen seuralle, jossa polttoaineesta erotetaan raudat magneetilla ja seulotaan ylisuuret ja –pitkät sekä jääkamit. Tämän kokoluokan

laitoksessa ei ole nähty tarpeelliseksi käyttää erillistä murskainta. Polttoaine jatkaa matkaa päiväsiiloon. Siitä ruuvikuljettimella tasaustaskun ja kahden sulkusyöttimen kautta kattilaan. Kattila on varustettu starttipolttimella, jota voidaan säätää alueella 2,5-10 MW. Polttimen polttoaineena toimii kevyt polttoöljy. (Joensuun voimalaitos.)

Kattila on alhaalta tuettu, höyrylieriöllä varustettu kuumavesikattila. Kattilan vedenkierron periaate on luonnonkierto. Se tarkoittaa sitä, että tulipesän putkiseinissä virtaava vesi ja höyry-seos saa pumppausenergian sen lieriöstä lähtevissä laskuputkissa virtaavan veden tiheyseroista. Painava vesi laskeutuu alaspäin ja lämpenevä ja laajeneva vesihöyryseos nousee kevyempänä ylös. Tästä johtuen ulkopuolista pumppausenergiaa ei tarvita. Sähkökatkoissa ja muissa häiriötilanteissa tulipesän seinien jäähditys on näin ollen taattu ilman apuenergiaa vaikka kattilapiirin pumppu pysähtyy. Tulipesä on mitoitettu niin isoksi, että polttoaine ehtii palaa kunnolla. Savukaasujen lämpötila pysyy näin matalana ja konvektiopinnat puhtaampana. (Joensuun voimalaitos.)

Tulipesästä savukaasut kulkevat sileäputkiekoon (II-eko), joka on kytketty vesipuolelta kattilapiirin paluupuolelle I-ekon jälkeen. Ekon putket ovat kannatettu koukkukanatuksella konvektio-osan seinistä. Ekossa savukaasut virtaavat ylhäältä alaspäin vastavirtaan kattilaveteen nähden. II-eko nuohotaan pyörivillä höyrynuohoimilla, joita on neljä kappaletta. (Joensuun voimalaitos.)

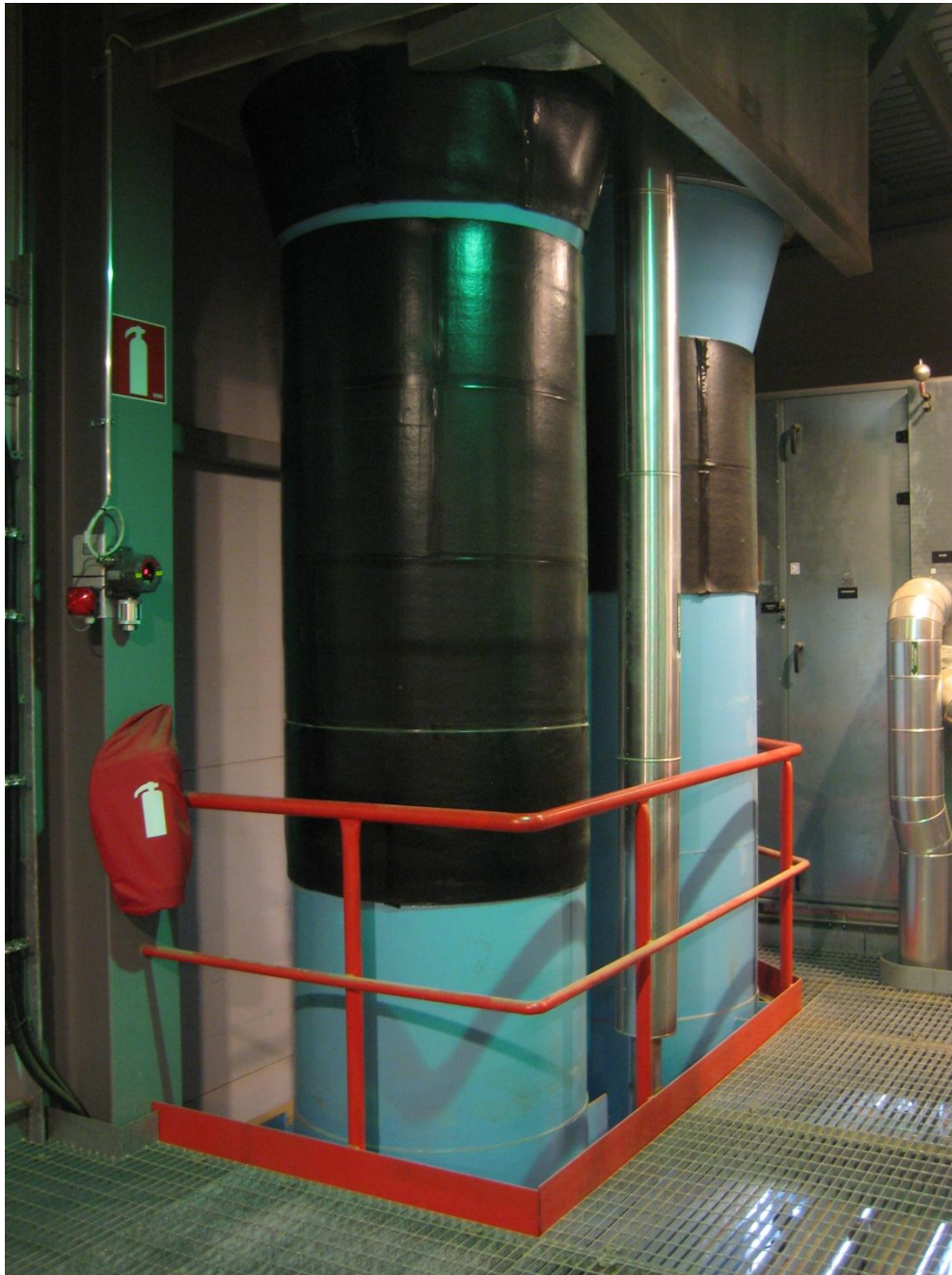
II-ekon alapuolella on ripaputkirakenteinen I-eko. Se on tehty omaksi vedoksi kattilan perään. Savukaasut ja kattilapiirin vesi virtaavat samalla periaatteella kuin II-ekossa. I-eko on kytketty vesipuolelta kattilapiirin paluupuolelle kaukolämmönvaihtimen jälkeen. (Joensuun voimalaitos.)

Ekojen jälkeen savukaasut virtaavat sähkösuodattimeen. Suodattimessa on kaksi puolta, joissa hiukkaset erotetaan savukaasuvirrasta. Tämän jälkeen savukaasut kulkevat savukaasupuhaltimen kautta piippuun ja ulos. (Joensuun voimalaitos.)

Kattilapiirin vesi pumpataan molempien ekojen läpi höyrylieriöön, josta se laskuputkia pitkin valuu luonnonkiertoperiaatteella alas ja nousee taas kattilan tulipesän putkia pitkin takaisin osaksi höyrystyneenä. Kuuma vesi menee kattilapiirin kaukolämmönvaihtimelle ja höyryä käytetään nuohouksiin.

2.2 Palamisilman nykytilanne

Nykyään kaikki palamisilma otetaan kattilahallin sisältä. Katon rajasta lähtee kaksi erillistä putkea, sekundääri- ja primääri-ilmalle omansa. Kattilahallin yläkerroksessa on tuloilmakone, joka lämmittää patteriverkosta ottamallaan lämmöllä tuloilmaa hiukan. Tuloilmakone lämmittää ilmaa niin, että se on noin 15 °C. Kattilahalliin tulevista hukkalämmöistä johtuen ilman imukanaviin menevän ilman lämpötila on 20 – 40 °C asteen välillä.



Kuva 4. Primääri- ja sekundääri-ilman otto.



Kuva 5. Tuloilmakone 1.

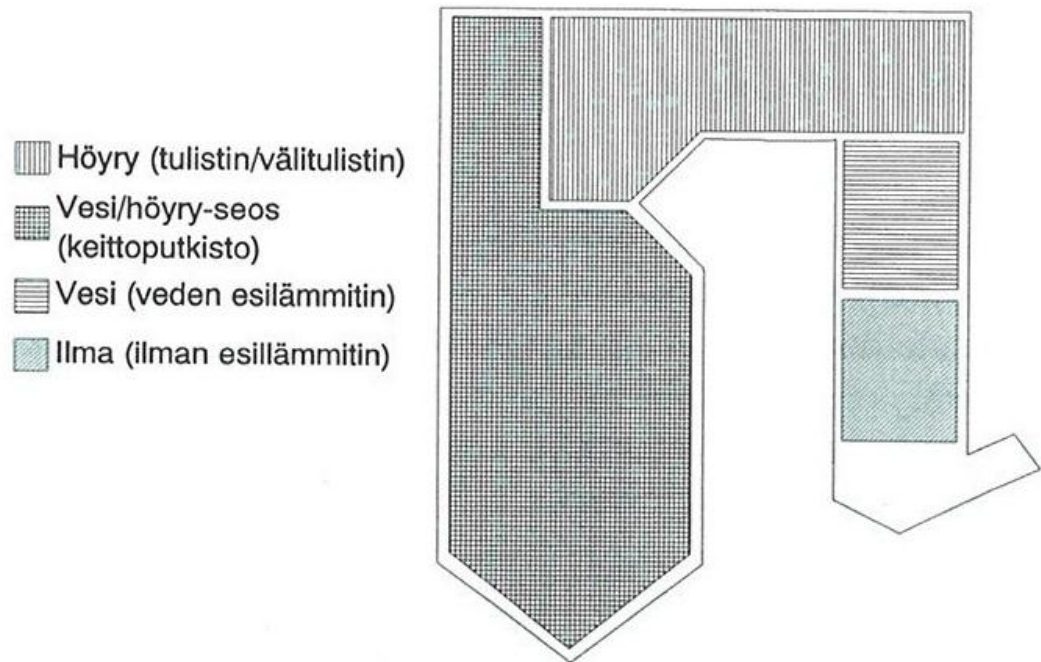
Ilmanottoputket menevät alakertaan, jossa on kummallekin linjalle oma puhallin. Ennen puhallinta primääri-ilmakanavaan on liitetty kiertokaasukanava. Primääri-ilma kanava on siitä lähtien lämpöeristetty, sillä suurella kiertokaasumäärällä kanavan pinta on kuuma koskettaa. Primääri-ilma johdetaan puhaltimella arinan alle. Sekundääri-ilma johdetaan kahteen kerrokseen kattilan kylkiin sekä heittoilmaksi polttoaineen sulkusyöttimien alle.

3 LÄMMÖNSIIRTIMET

3.1 Kattilan lämpöpinnat

Kattilan lämpöpintojen tarkoituksena on siirtää mahdollisimman tehokkaasti lämpöenergia kattilan vesi-höyrykiertoon sekä kattilan palamisilman sekaan. Lämpöpinnoinla tarkoitetaan kaikkia kattilan sisällä olevia pintoja, jotka siirtävät lämpöä savukaasuista ja joita jäähdytetään lämpöä talteen ottavilla massavirroilla. Näitä massavirtoja ovat vesi, vesi-höyryseos, höyry ja ilma. Kattilan sisällä olevia lämmönsiirtimiä ovat keittoputkisto, tulistin, välitulistin, veden esilämmitin (ekonomaiser, EKO) ja ilmanesilämmitin (luftvorwärmer, LUVO). (Huhtinen 2000, 184-208.)

Koska HOB-kattilassa ei tulisteta höyryä ollenkaan, ei tulistimia käsitellä tässä työssä sen enempää.



Kuva 6. Lämmituspintojen jakautuminen kattilan sisällä. (Huhtinen 2000, 184.)

Esilämmittimet

Esilämmitin on laite, jolla pyritään ottamaan lämpöä talteen kaasusta tai nesteestä. Monissa teollisuusprosesseissa käytetään valtavasti energiaa raaka-aineiden lämmitykseen ja käsittelyyn. Esimerkiksi teräs- ja sellutehdas. Tästä energiavirrasta on taloudellisesti kannattavaa ottaa energiaa talteen ja käyttää se prosessissa hyödyksi. Myös voimalaitoksilla käytetään monenlaisia esilämmittimiä keräämään lämpöä ja parantamaan hyötysuhdetta. (Huhtinen 2000, 194.)

3.2 Syöttöveden esilämmittimet

Syöttöveden esilämmittimiin syötetään vettä ennen sen siirtymistä kattilan keittoputkiin. Syöttöveden esilämmittimet jaetaan höyrystämättömiin ja höyrystäviin. Tämä tarkoittaa sitä, että höyrystämättömissä vesi pidetään noin 20°C kiehumislämpöä pienemmässä lämpötilassa. Näin vältetään kuormitusvaihteluiden aikana mahdollinen

kiehuminen. Höyrystävässä esilämmittimessä osa vedestä alkaa kiehua ja poistuminen tapahtuu vesi-höyryseoksena. (Huhtinen 2000, 194.)

Savukaasun lämmönsiirto-ominaisuudet (W/m^2K) ovat paljon huonommat kuin putkissa virtaavan veden, joten esilämmittimet ovat yleensä rivoitettu lämpöpinta-alan maksimoimiseksi. (Huhtinen 2000, 195.)

HOB-kattilan II-eko on sileäputkieko, mutta I-eko on mallia teräsriivoitettu teräsputkieko. Samanlainen löytyy myös CHP-kattilan savukaasukanavasta. (Joensuun voimalaitos)

Syöttöveden esilämmittimet voidaan jakaa raaka-aineen perusteella valurauta- ja teräsputkiesilämmittimiin. Valurauta kestää terästä paremmin syöpmistä matalissa lämpötiloissa ja sopii paremmin jos syöttövesi on kylmää. Valurautaputket kestävät myös hyvin savukaasuvirrassa olevien hiukkasten ja nuohoimien kuluttavaa vaikutusta. Valurautaputken huonona puolena on huono paineen kesto (n. 60 bar), joten tarpeen vaatiessa käytetään compoundputkea, jossa rivoitetun valurautaputken sisälle asennetaan painetta hyvin kestävä teräsputki. (Huhtinen 2000, 195.)

Teräsputkiesilämmittimiä käytetään yleisemmin kuin valurautamalleja. Teräsputkiesilämmittimiä käytetään silloin, kun savukaasujen syövytysominaisuudet ovat pienet. Teräsputkia rivoitetaan kuin myös valurautaputkia. Teräsriivoituksen sijaan voidaan käyttää myös alumiinirivoitusta, sillä se kestää paremmin syövyttäviä olosuhteita. (Huhtinen 2000, 195.)

Putkien rivat suurentavat painehäviöitä, mutta parantavat lämmön siirtymistä selvästi. Lentotuhkaa synnyttävä poltto, kuten puun poltto, likaa rivoitettuja lämmönsiirtimiä tehokkaasti. Paikoissa, joissa likaantuminen on erityisen voimakasta, käytetään sileäputkisia lämmönsiirtimiä. (Huhtinen 2000, 196.)

3.3 Ilmanesilämmittimet

Kattilaan johdettavaa palamisilmaa lämmitetään voimalaitoksissa monestakin syystä: palaminen nopeutuu, polttoaineesta poistuu kosteutta ja polttoaineen syttyminen on tehokkaampaa. Palamisilman lämpötilaan vaikuttaa polttoaine ja polttotapa, jolloin lämpötila liikkuu 100 – 400 °C:n välillä. Palamisilmaa lämmitetään silloinkin, kun

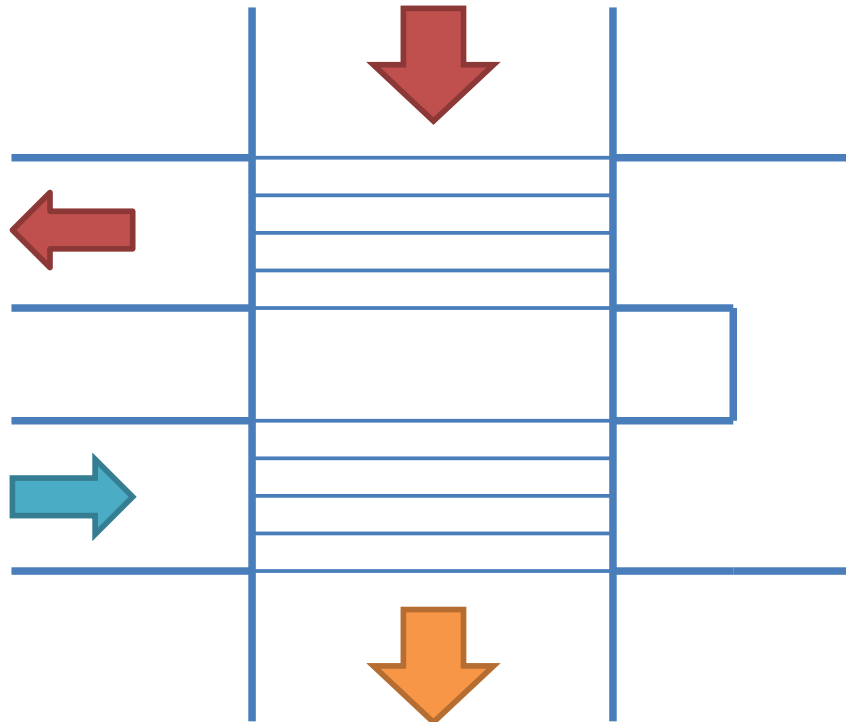
polttoaine olisi helposti syttyvää. Esimerkiksi öljy ja maakaasu. Etenkin epähomogeenisten ja kosteiden aineiden poltossa palamisilman esilämmityksen merkitys korostuu. Esimerkkeinä kivihiilen- ja turpeen pölypoltto sekä teollisuuden jätepoltoainesten arinapoltto. (Huhtinen 2000, 196.)

Ilman esilämmitin sijaitsee viimeisenä lämmönsiirtimenä kattilan savukaasukanavassa. Esilämmitin mitoitetaan siten, että lämmönsiirtimen jälkeen savukaasun lämpötila on yli sen happokastepisteen. Tyypillisiä savukaasun lämpötiloja ovat: hiilenpoltossa 120 – 150 °C, teollisuuden ja yhdyskuntajätteenpoltossa 130 – 150 °C, öljypoltossa 140 – 160 °C ja maakaasupoltossa 100 – 120 °C. Jos savukaasujen lämpötila on laskeudessa alle happokastepisteen, voidaan ilmaa lämmittää ennen savukaasuluvoa erillisellä höyryluvolla. (Huhtinen 2000, 197.)

3.3.1 Rekuperatiiviset ilman esilämmittimet

Rekuperatiivinen ilman esilämmitin toimii siten, että lämpö siirtyy lämmönsiirtimen lämmönsiirtopinnan läpi savukaasuista ilmaan. (Huhtinen 2000, 197.)

Teräsputkiluvossa ei tarvita rivoitusta, koska lämmönsiirto-ominaisuudet ovat samantaisia savukaasu- ja ilmapuolella. Teräs käy hyvin materiaaliksi, jos lämpötila ei laske happokastepisteen alapuolelle. (Huhtinen 2000, 197.)



Kuva 7. Ristivirtateräspuutkiluvo.

Kuvassa 7 on tavallisimmin käytetty teräspuutkiluvo. Tässä mallissa ilma virtaa putkien sisällä ja savukaasut niiden ulkopuolella. Tarpeen niin vaatiessa voidaan kytkeä useita ristivirta lämmönsiirtimiä peräkkäin. Kuvan 7 lämmönsiirrin on U-mallinen, koska ilma kiertää U-mallisen kuvion lämmönsiirtimen läpi. Muita malleja ovat M ja N.

Valurautaluvo kestää syöpymistä paljon paremmin jos savukaasuista tiivistyy rikkihappoa. Valurautaluvo voidaan tehdä joko putkimalliseksi tai vastakkain asennettavista valurautalevyelementeistä. Rikkoutuneen elementin voi kätevästi vaihtaa uuteen. Valurautaluvot ovat yleensä rivoitettu molemmilta puolilta.

Valurautaluvo on rakenteeltaan ristivirtasiirrin, kuten kuvan 7 teräspuutkiluvo. Ilma virtaa savukaasuihin nähden kohtisuoraan. Savukaasut virtaavat ylhäältä alas ja ilma vaakasuoraan valurautaluvon läpi. Myös valurauta lämmönsiirtimiä laitetaan yleensä useampia peräkkäin.

Rekuperatiivisten ilmanesilämmittimien pahin ongelma on lämmönsiirtimen kylmän pään korroosio ja likaantuminen. Varsinkin savukaasupuolen kylmän ilman sisäänvirtauskohta jäähtyy joskus alle happokastepisteen, jolloin myös valurautaiset esilämmittimet saattavat syöpyä puhki. Vuoto voidaan havaita esimerkiksi mittaamalla savukaasujen happipitoisuutta ennen ja jälkeen esilämmittintä. (Huhtinen 2000, 199.)

Lasiputkiluvo kestää rekuperatiivisista ilman esilämmittimistä savukaasuista mahdollisesti tiivistyvää rikkihappoista vettä. Lasiputkiluvon rakenne on samanlainen kuin teräspuutkiluvon. Lasina käytetään silikoboraattia, sillä sen lämpölaajenemiskerroin on vain 1/3 verrattuna tavalliseen lasiin. Lasiputkiluvon tukirakenteisiin laitetaan teflonia, jolloin nekin kestävät hyvin korroosiota. Lasiputkiluvo ei likaannu niin nopeasti kuin teräspuutki- ja valurautaluvot. Sen nuohoustarve on pienempi, joten investointi- ja käyttökustannukset ovat alemmat. (Huhtinen 2000, 199.)

3.3.2 Regeneratiiviset ilman esilämmittimet

Regeneratiivisen lämmönsiirtimen periaatteena on ,että lämpö siirtyy lämpöä varaavien massojen välityksellä. Kylmä ja kuuma massavirta ovat vasta vuoroin kosketuksissa lämpöä siirtävän materiaalin kanssa.

Regeneratiivinen ilman esilämmitin on rakenteeltaan levykennosto, jonka läpi kuumat savukaasut ja kylmä ilma vuoron perään virtaavat. Levykennostot ovat yleensä vaihdettavissa. Ne koostuvat n.1mm paksuisista teräsaaltolevyistä. Levyt päällystetään tarpeen mukaan emalilla tai korvataan korroosiota kestäville keraamisilla pinnoilla, jos savukaasut ovat syövyttäviä. Ilman täytyy jakautua tasaisesti lämpöpinnoille, ettei sinne pääse muodostumaan korroosiopisteitä. (Huhtinen 2000, 199.)

Regeneratiivisia ilman esilämmittimiä käytetään yleisesti suurissa voimalaitoksissa vähäisen tilan tarpeen vuoksi. Esilämmittimen elementti voidaan laittaa joko pystyyn tai vaaka-asentoon. Regeneratiivisia lämmönvaihtimia käytetään kahdenlaisia. Rottermühle esilämmittimen sisempi kanava pyörii akselinsa ympäri ja levykennosto pysyy paikallaan. Toisen mallisessa Ljungström-luvossa lämpöä varaavaa ja luovuttavaa kennostoa pyöritetään vuoroin savukaasu- ja ilmakehässä. Mallista riippuen savukanavaa tai lämpökennostoa pyöritetään 1,5-4 kierrosta minuutissa.

Pyörivässä ilman esilämmittimessä käytetään savukaasu- ja ilmakehän välissä elastista tiivistettä, joka estääkin varsin hyvin ilman ja savukaasun sekoittumisen.

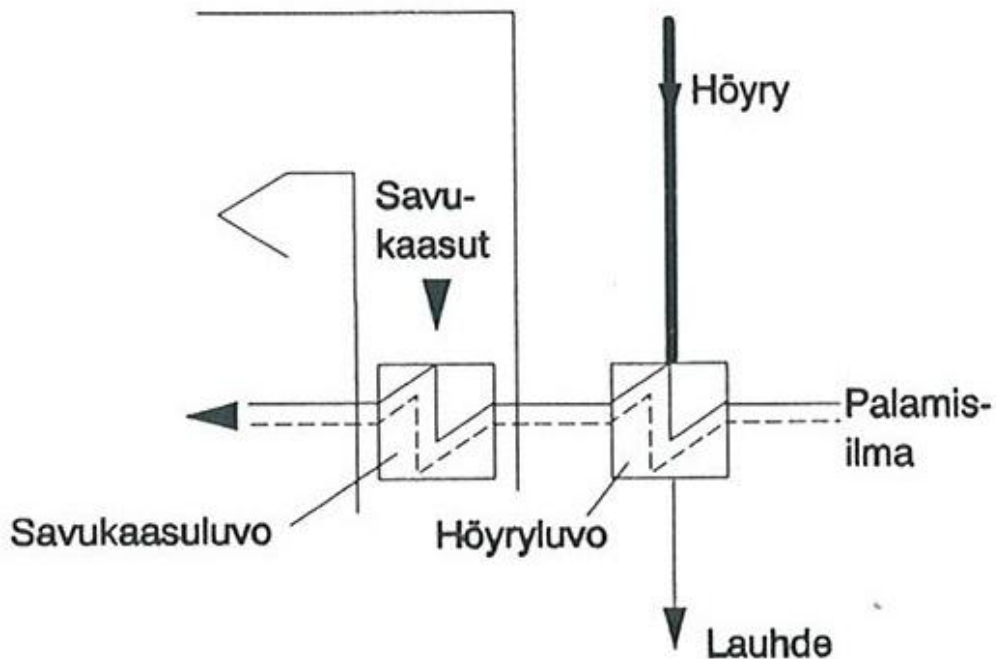
Pyörivässä esilämmittimessä käytetään palontorjuntalaitteistoa, ettei lämpöpintoihin mahdollisesti tarttunut palamaton polttoaine syty palamaan joutuessaan ilman kanssa kosketuksiin. Sammutukseen käytetään todennäköisimmin höyryä. (Huhtinen 2000, 200.)

Ilman esilämmittimisissä ei saada talteen kuin n. 10% savukaasuissa virtaavasta energiasta. Rekuperatiivisessa ilman esilämmittimessä voi olla yli puolet koko kattilan lämpöpinta-alasta, mutta ilman esilämmittimien lämpöpinta on kuitenkin halpaa verrattuna kattilan muihin lämmönsiirtopintoihin. (Huhtinen 2000, 201.)

3.3.3 Höyryluvo

Höyryluvossa lämmitetään ilman esilämmittimelle menevää ilmaa höyryllä. Se sijaitsee ennen esilämmitinää. Höyryluvoa käytetään silloin, kun halutaan estää savukaasujen lämpötilaa tippumasta alle happokastepisteen. Lämmitykseen käytettävä höyry on yleensä matalapainehöyryä (4-10 bar), joka otetaan turbiinin väliotosta. Joissain tapauksissa käytetään kuumaa vettä. Höyryluvo tehdään ulkopuolelta rivoitetuista putkista, jolloin putkissa virtaava höyry lauhtuu. Rivoitus tehdään siksi, että putken sisällä virtaavan höyryn lämmönsiirto-ominaisuudet ovat paljon paremmat kuin toisella puolella virtaavan ilman.

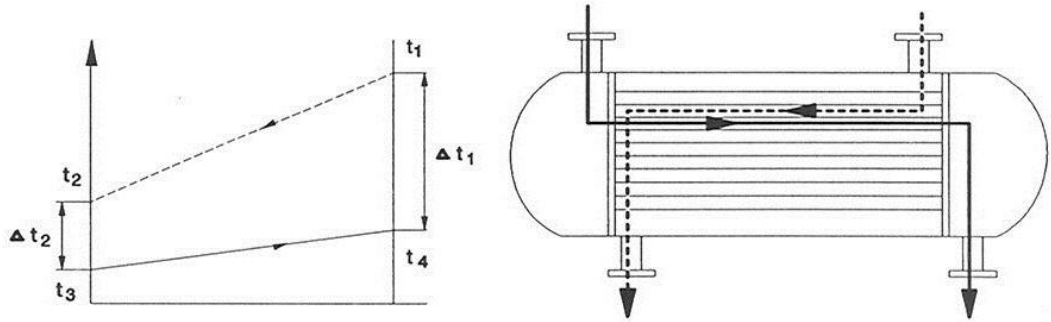
Höyryluvo on käytössä erityisesti pienillä kuormilla. Silloin lämpötilaerot virtaavien aineiden välillä pienenevät, kun samoilla lämmönsiirtimillä siirretään pienempiä tehoja. Tällöin kastepiste voi alittua savukaasupuolelta ja putket voivat alkaa syöpyä puhki. Höyryluvo auttaa tässä tilanteessa nostamaan ilman lämpötilaa ennen luvoa.



Kuva 8. Höyryluvun rakenne. (Huhtinen 2000, 201.)

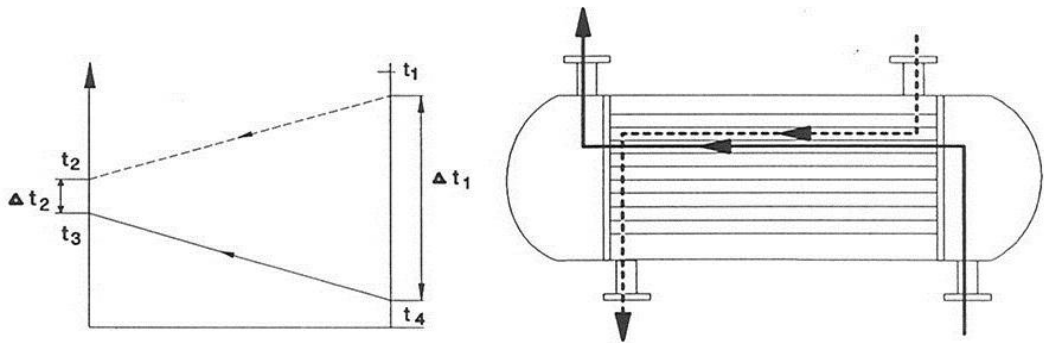
3.4 Lämmönsiirintyytit

Vastavirtalämmönsiirtimessä aineet virtaavat vastakkaisiin suuntiin. Näin saadaan lämpö siirrettyä pienimmällä pinta-alalla. Vastavirtalämmönsiirtimessä voidaan lämmitellä lämmitettävä aine kuumemmaksi kuin lämpöä antavan aineen loppulämpötila.



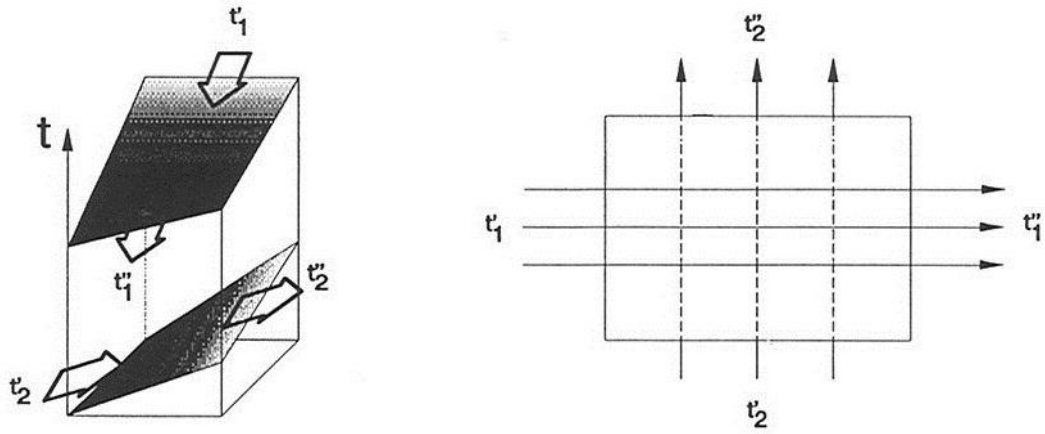
Kuva 9. Vastavirtalämmönsiirrin. (Huhtinen 2000, 203.)

Myötävirtalämmönsiirtimessä molemmat aineet virtaavat samaan suuntaan. Tässä tapauksessa suurin lämpötilaero on virtaavien aineiden sisääntulokohdassa. Myötävirtalämmönsiirtimessä lämmitettävää ainetta ei voi lämmitellä lämmittävän aineen poistumislämpötilaa korkeammaksi.



Kuva 10. Myötävirtalämmönsiirrin. (Huhtinen 2000, 203.)

Voimalaitoksissa useimmat lämmönsiirtimet ovat ristivirtalämmönsiirtimiä. Jos useita ristivirtalämmönsiirtimiä on peräkkäin, niitä voidaan käsitellä lämpötekniisessä mielessä joko vasta- tai myötävirtalämmönsiirtimenä. Ristivirtalämmönsiirtimen huono puoli on se, että siihen muodostuvat kylmät ja kuumat nurkat voivat laittaa materiaalit kovalle rasitukselle.



Kuva 11. Ristivirtalämmönsiirrin. (Huhtinen 2000, 203.)

4 PRIMÄÄRI-ILMALUVON LASKENTA

Primääri-ilmapuhaltimen ilmamäärä, kun se käy 100 %:n teholla on 5,87 m³/s. (Joensuu voimalaitos.) Koska puhallin ottaa ilman kattilanhallista, ilman lämpötila on noin 25 °C. Ilman tiheys 25 celsius asteessa on 1,18 kg/m³. Tästä saadaan primääri-ilman massavirta.

$$\dot{m} = \rho_i \cdot V_i \quad (1)$$

\dot{m} = primääri-ilman massavirta

ρ_i = ilman tiheys

$$\dot{m} = 1,18 \text{ kg/m}^3 \cdot 5,87 \text{ m}^3/\text{s} = 6,95 \text{ kg/s}$$

Päätetään seuraavaksi halutut lämpöarvot primääri-ilmaluvolle. Tiedossa ovat savukaasun lämpötila sekä palamis-ilman lämpötila. Savukaasun lämpötilaksi luvon jälkeen otetaan 100 °C. Kyseinen lämpötila on happokastepistettä ja mahdollista kosteuden tiivistymistä ajatellen ehkäpä alin mahdollinen. Primääri-ilman lämpötilaksi luvon jälkeen otetaan 130 °C.

T_1 = Savukaasun lämpötila ennen luvoa 160 °C

T_2 = Primääri-ilman lämpötila luvon jälkeen 130 °C

T_3 = Palamis-ilman lämpötila ennen luvoa 25 °C

T_4 = Savukaasun lämpötila luvon jälkeen 100 °C

Lasketaan seuraavaksi lämmönsiirtimen keskimääräinen lämpötilaero. Se saadaan tarkimmin logaritmisella menetelmällä. (Huhtinen 200, 202.)

$$\Delta T_{log} = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\frac{\ln \Delta T_1}{\Delta T_2}} \quad (2)$$

$$\Delta T_1 = 160 - 130 = 30^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_2 = 100 - 25 = 75^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_{log} = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\frac{\ln \Delta T_1}{\Delta T_2}} = \frac{30^\circ\text{C} - 75^\circ\text{C}}{\frac{\ln(30^\circ\text{C})}{75^\circ\text{C}}} = 49,1^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_{log} = 49,1^\circ\text{C}$$

Luvon koko lämpöteho voidaan laskea kaavalla: (Huhtinen 2000, 367.)

$$\Phi_{luvo} = \dot{m} \cdot C_{pi} \cdot (T_2 - T_3) \quad (3)$$

$$\dot{m} = 6,95 \text{ kg/s}$$

$$C_{pi} = \text{Ilman lämpökapasiteetti } 1,0 \text{ kJ/kgK}$$

$$\Phi = 6,95 \text{ kg/s} \cdot 1 \text{ kJ/kgK} \cdot (130^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C}) = 730 \text{ kW}$$

Tarvittavan putkipinta-alan saa tehon, lämmönläpäisykerroimen ja lämpötilaeron perusteella. (Huhtinen 2000, 202)

$$A = \frac{\Phi}{k \Delta T_{log}} \quad (4)$$

$$k = \text{Lämmönläpäisykerroin } \text{W}/(\text{m}^2\text{K})$$

Lämmönläpäisykerroin k saadaan laskettua tilanteesta, jossa kuvitellaan lämmön siirtymistä pinnan läpi vasemmalta oikealle. Ensimmäisestä aineesta lämpö siirtyy seinämän konvektion tai säteily kautta. Seinämässä lämpö johtuu materiaalin lämmönjoh-

tavuuden mukaan. Seinämästä lämpö siirtyy jälleen konvektiolla toiseen aineeseen. (Huhtinen 2000, 207) Luvon putken seinämän paksuus s on 0,005m.

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{s}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} \quad (5)$$

α_1 =ilman lämmönjohtavuus $20 \text{ W/m}^2\text{K}$

s = Luvon putken seinämän paksuus 0,005m

λ = Luvon teräsputken lämmönjohtavuus 45 W/mK

α_2 = Savukaasun lämmönjohtavuus $20 \text{ W/m}^2\text{K}$

$$k = \frac{1}{\frac{1}{20 \text{ W/m}^2\text{K}} + \frac{0,005\text{m}}{45 \text{ W/mK}} + \frac{1}{20 \text{ W/m}^2\text{K}}} = 9,98$$

Nyt voidaan laskea kaavan 4 mukaisesti luvon tarvittava putkipinta-ala.

$$A = \frac{730027\text{W}}{(9,9889\text{W/m}^2\text{K} \cdot 49,1^\circ\text{C})}$$

$$= 1488\text{m}^2$$

Tarvittavan putken kokonaispituus voidaan laskea putken pinta-alan ja ympärysmittan avulla. (Huhtinen 2000, 372.) Valitaan luvon putken halkaisijaksi 0,072m. Seinämän paksuus on 0,005m. Kyseinen putkimalli on käytössä Joensuussa Rantakylän vanhalla turvelaitoksella, joka on nykyään huippukuormakäytössä. (Joensuun voimalaitos.)

$$L = \frac{A}{\pi D} \quad (6)$$

$$D=0,072\text{m}$$

$$L = \frac{1488m^2}{\pi \cdot 0,072m} = 6579m$$

Seuraavaksi lasketaan kokonaisvirtauspinta-ala, jonka läpi ilman on kuljettava. Pinta-ala ratkaistaan primääri-ilman massavirran, -tiheyden ja -virtausnopeuden mukaan. (Huhtinen 2000, 372.) Ilman virtausnopeudeksi luvon sisällä otetaan 8m/s. Ilman keskimääräinen tiheys on 1 kg/m³.

$$A_{tot} = \frac{\dot{m}}{\rho_i \cdot w} \quad (7)$$

$$w=8m/s$$

$$A_{tot} = \frac{6,95kg/s}{1kg/m^3 \cdot 8m/s} = 0,87m^2$$

Lasketaan seuraavaksi savukaasun massavirta.

$$\dot{m}_{sk} = \frac{\Phi_{luvo}}{Cp_{sk} * (T_1 - T_4)} \quad (8)$$

$$Cp_{sk} = \text{Savukaasun ominaislämpökapasiteetti } 1,1 \text{ kJ/kgK}$$

$$\dot{m}_{sk} = \frac{730kW}{1,1 \text{ kJ/kgK} * (160^\circ\text{C} - 100^\circ\text{C})} = 11,1kg/s$$

Savukaasujen tilavuusvirta voidaan laskea kertomalla massavirta savukaasun tiheydellä. 160 °C:n lämpötilassa savukaasun tiheys on 0,87 kg/m³. Tästä saadaan 12,72 m³/s.

Yhden putken virtauspinta-ala saadaan laskettua putken ulkohalkaisijan ja seinämäpaksuuden avulla. Ensin lasketaan putken sisähalkaisija.

$$d = D - 2t \quad (8)$$

d = putken sisähalkaisija

t = putken seinämän paksuus

$$d = 0,072m - 2 \cdot 0,005m = 0,062m$$

Sitten voidaan laskea yhden putken virtauspinta-ala.

$$A_{\text{yksi putki}} = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \quad (9)$$

$$A_{\text{yksi putki}} = \frac{\pi}{4} \cdot (0,062m)^2 = 0,00302m^2$$

Nyt voidaan laskea rinnakkaisten putkien määrä, kun tiedossa on kokonaisvirtauspinta-ala ja yhden putken virtauspinta-ala.

$$n_r = \frac{A_{\text{tot}}}{A_{\text{yksi putki}}} \quad (10)$$

$$n_r = \frac{0,87m^2}{0,00302m^2} = 287,8$$

Valitaan 50 rinnakkaista putkea.

Jakamalla putkien määrä 50:llä, saadaan päällekkäisten putkien määräksi 5,8. Valitaan päällekkäisten putkien määräksi 6.

Savukaasun tarvitsema virtauspinta-ala voidaan laskea savukaasujen tilavuusvirran ja -nopeuden avulla.

$$A_{sk} = \frac{q_{vsk}}{\rho w} \quad (13)$$

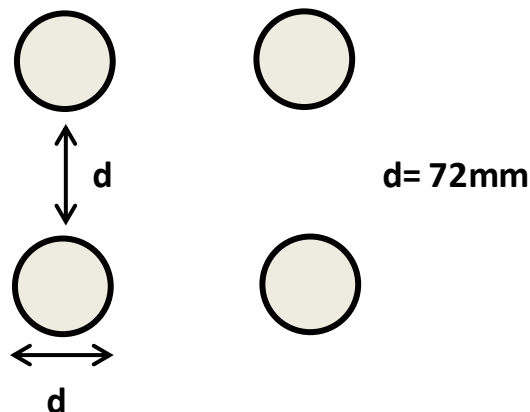
q_{vsk} = Savukaasun tilavuusvirta m^3/s

w = Savukaasun virtausnopeus m/s

$$A_{sk} = \frac{11,1 \text{ kg/s}}{0,87 \text{ kg/m}^3 \cdot 10 \text{ m/s}} = 1,27 \text{ m}^2$$

Lasketaan sitten savukaasuvirtauksen tarvitsema leveys. Se saadaan jakamalla savukaasujen virtauspinta-ala savukaasukanavan syvyydellä. Valitaan savukaasukanavan syvyydeksi 4 m. Tästä saadaan 0,32 m.

Seuraavaksi voidaan laskea savukaasukanavan leveys. Valitaan putkijako niin, että putkien välissä on joka suuntaan putken halkaisijan kokoinen rako. Näin luvo ei ole niin herkkä lentotuhkan aiheuttamalle tukkeutumiselle. Leveydeksi saadaan 7,2 m.



Kuva 12. Putkiasettelu.

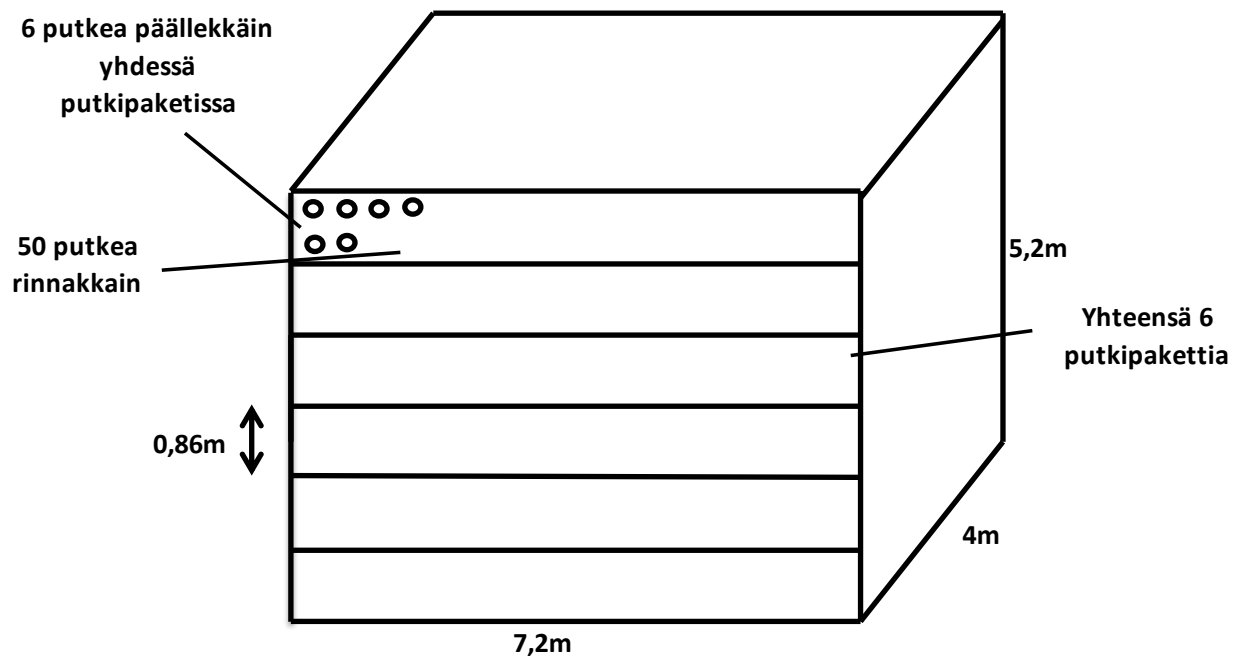
Yhden putkipaketin kokonaispituus saadaan kertomalla keskenään rinnakkaisten putkien valittu määrä 50 putkea, päällekkäisten putkien valittu määrä 6 putkea ja valittu savukaasukanavan syvyys 4 m. Tästä saadaan 1200 m.

Nyt voidaan laskea putkipakettien laskennallinen määrä, joka saadaan jakamalla putken kokonaispituus 6579 m yhden putkipaketin kokonaispituudella. Tästä saadaan 5,48. Valitaan putkipakettien määräksi 6 kappaletta.

Lasketaan nyt yhden putkipaketin korkeus, joka saadaan kertomalla valittu savukaasukanavan leveys 7,2 m ja valittu päällekkäisten putkien valittu määrä 6 kpl keskenään ja jakamalla ne rinnakkaisten putkien valitulla määrällä 50 kpl. Tästä saadaan 0,86 m.

Lasketaan lopuksi luvon kokonaiskorkeus, joka saadaan kertomalla valittu päällekkäisten putkien määrä 6 kpl ja yhden putkipaketin korkeus 0,86 m keskenään. Tästä tulee 5,16 m.

Nyt kaikki tiedot luvopaketista on laskettu.



Kuva 13. Pirmääri-ilmaluvo.

5 HÖYRYLUVON LISÄÄMINEN

5.1 Päätyminen höyryluvoon

Laskelmien perusteella tulin siihen tulokseen, ettei primääri-ilmapaketissa ole järkeä kyseisen kattilan kanssa. Savukaasujen lämpötila laskisi toisinaan niin alas, että happokastepiste ei ole enää kaukana. Sitä riskiä ei kannata ottaa, että esimerkiksi sähkösuodin alkaa syöpyä jostain nurkasta. Savukaasujen lämpötila on kuitenkin suhteellisen hyvissä rajoissa, eikä mielestäni kannata riskeerata sähkösuotimen toimintaa kyseisen komponentin lisäämisellä. Lisäksi luvon koko on sen verran iso, että sen sovitaminen kattilan rakenteisiin vaatisi reilusti muutoksia ilma- ja savukaasukanaviin.

Sen sijaan höyryluvon lisääminen ei ole mahdoton ajatus. Sen ajatus tuli mieleeni miettiessäni miten ilmaa voisi lämmittää kätevämmin ja ennen kaikkea pienemmällä ratkaisulla. Höyryluvolla voisi tehokkaasti lämmittää primääri-ilmaa höyrylieriön kyläisellä höyryllä noin 150 °C:een. Höyrylieriöstä saa noin 185 °C höyryä. Höyryluvon edut tulevat parhaiten esiin kattilan käynnistysvaiheessa, sekä silloin kun kattilaan menee huonompaa polttoainetta. Operaattori voisi petilämpöjen laskiessa nostaa nopeasti primääri-ilman lämpöä ja näin ollen koittaa pitää prosessin tasapainossa. Kesäisin höyryluvoille ei ole niinkään tarvetta. Höyryluvo on investointinakin paljon yksinkertaisempi ja halvempi toteuttaa kuin primääri-ilmaluvo.

Höyryluvon lisääminen lisää luonnollisesti kylläisen höyryn kulutusta. Höyryluvon tehontarve on samaa luokkaa kuin primääri-ilmaluvon laskettu teho eli noin puoli megawattia. Höyryä käytetään nuohoukseen, joten höyryn riittävyys olisi varmistettava, ettei höyrylieriön paineen kanssa tule ongelmia. Nuohous ottaa noin 2,5-3 MW tehoa. Nykyisin toimitaan niin, että täydellä teholla ajettaessa kuormaa pudotetaan noin 3 MW, ettei höyrylieriön paine romahda nuohouksen aikana. Sama toimenpide olisi siis tehtävä käytettäessä höyryluvoa. Rajoittavana tekijänä on nykyisin puhaltimien kapasiteetti. Logiikka ohjaa nuohouksen aikana polttoaineruuveja isommalle pitääkseen asettelupaineen höyrylieriössä. Puhaltimet eivät kuitenkaan kykene tuottamaan tarpeeksi ilmaa täydellä teholla ja huonommalla polttoaineella, joten vaaditaan kuorman pudotusta nuohouksen ajaksi. (Joensuun voimalaitos.)

5.2 Höyryluvo primääripuhaltimen painepuolelle

Tässä ratkaisussa höyryluvo sijoitetaan kattilarakennuksen alaosassa kulkevaan primääri-ilmakanavaan juuri ennen ilmakaappia. Tarvittava höyrylinja vedetään höyrylieriöltä kattilan yläosasta. Kuvassa 13 on primääri-ilma kanava ennen ilmakaappia. Kohdassa olisi hyvin tilaa höyryluvolle, sillä se ei ole fyysisesti kovin iso komponentti. Luvosta syntyvän lauhteen voisi pumpata lisävesisäiliöön, josta vesi palautuu kattilapiiriin takaisin kiertoon. Kuvassa 14 höyrylieriössä on sopiva paikka höyryn ottamiseen. Linjaan on asennettava venttiilit höyrylieriölle, luvon jälkeen sekä ennen lisävesisäiliötä. Pumpun on kyettävä pumppaamaan lauhde lisävesisäiliöön käytön aikana, jolloin säiliössä on painetta noin 1,3 bar. Lisäksi luvolle menevään höyrylinjaan olisi laitettava pienempi venttiili linjan lämmitystä varten.



Kuva 14. Höyryluvon paikka ennen ilmakaappia.



Kuva 15. Hörylinjan lähtö höyrylieriöltä.



Kuva 16. Lisävesisäiliö.

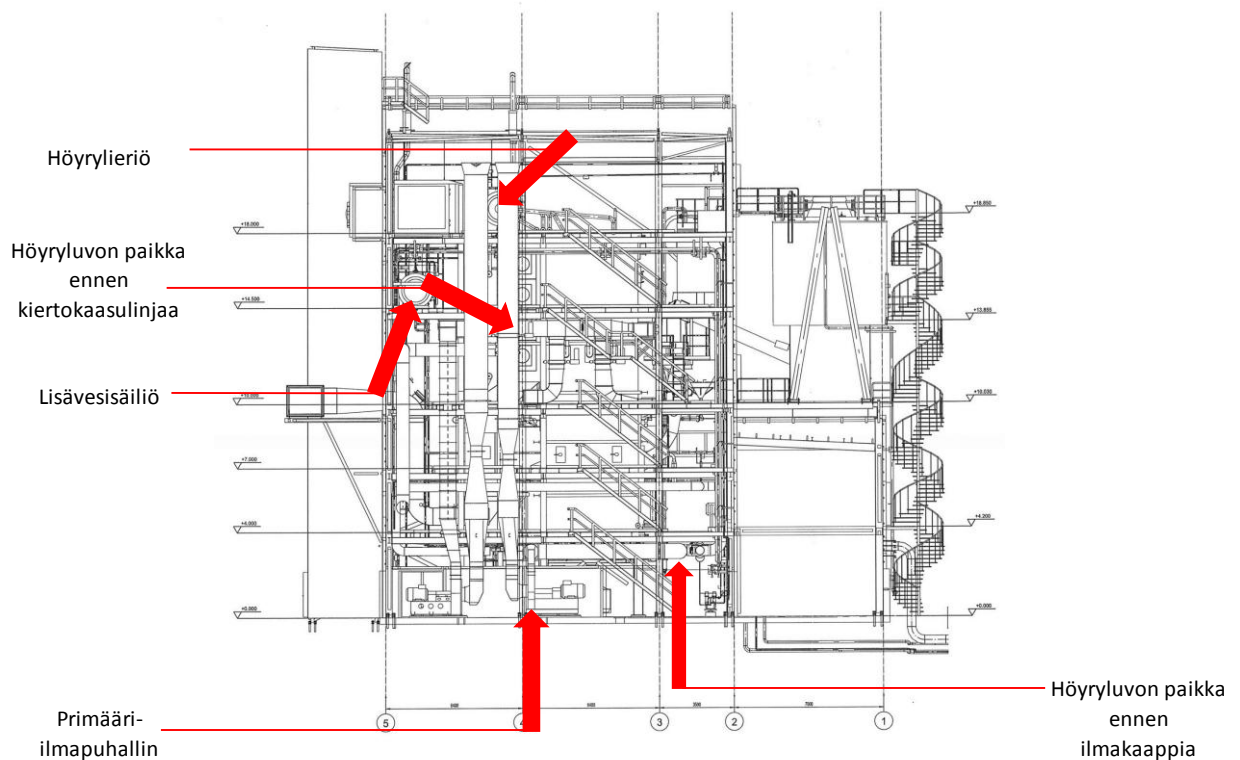
Kytkenän huonona puolena on höyryluvon mahdollinen likaantuminen ajan kanssa, koska kiertokaasu tulee primääri-ilmakanavaan puhaltimen imupuolelle. Tästä johtuen kiertokaasussa mukana olevat hiukkaset voivat liata höyryluvoa ajan kanssa. Höyryluvon likaantumista on tarkkailtava ja puhdistettava tarvittaessa. Likaantumisen voi havaita ensisijaisesti höyryluvon suorituskyvyn heikkenemisenä. HOB-kattila ei ole kuitenkaan käytössä jatkuvasti toisin kuin CHP, joten mahdolliset puhdistustyöt seisakin aikana ei ole suuri lisätyö. Lisäksi on muistettava, että normaaleilla polttoaineilla luvon ei välttämättä tarvitse olla käytössä ollenkaan, joten pieni likaisuus ei siinä tapauksessa haittaa. Lisäksi primääri-ilma puhaltimen puhaltaessa luvon läpi syntyy pientä painehäviötä, mutta arvioisin sen olevan luvon paljon pienemmästä koosta johtuen melko pientä.

5.3 Höyryluvo primääripuhaltimen imupuolelle ennen kiertokaasun sekoitusta

Toinen vaihtoehto on lisätä höyryluvo primääri-ilmapuhaltimen imupuolelle ennen kiertokaasun sekoitusta. Tässä tapauksessa sekä höyry, että lauhdelinjat olisivat paljon lyhyempiä kuin ensimmäisessä vaihtoehdossa. Höyryluvon mahdollinen kohta on kattilahallin keskivaiheilla, eikä pohjakerroksessa niin kuin ensimmäisessä tapauksessa. Lisäksi primääri-ilmaputken eristyksille ei tarvitse tehdä juuri mitään, koska linja on muutenkin eristetty kiertokaasun takia. Tämän kytkennän seurauksena ei esiinny luvon likaantumista. Huonona puolena on kuuman ilman kulkeminen primääri-ilmapuhaltimen läpi. Kuuma ilma on kevyempää, joten puhaltimen on kyettävä tuottamaan painetta myös näissä olosuhteissa. Samalla puhaltimen kierroslukumäärällä sen kapasiteetti tippuisi ja sähkön käyttö lisääntyisi. Tässä tapauksessa on oltava varmuus siitä, että puhallin kykenee toimimaan uusissa olosuhteissa, tai on hankittava uusi ja tehokkaampi puhallin.



Kuva 17. Höyryluvon paikka ennen kiertokaasulinjaa.



Kuva 18. HOB vasemmalta kuvattuna.

5.4 Höryluvo primääripuhaltimen painepuolelle sekä kiertokaasupuhaltimen lisäys

Kolmas vaihtoehto olisi höryluvun lisäys painepuolelle ja kiertokaasulle oman puhaltimen lisäys. Nyt kiertokaasu tulee primääri-ilmakanavaan savukaasupuhaltimen painepuolella olevan yhteen kautta. Kiertokaasulinja tulisi primääri-ilman sekaan höryluvun jälkeen ennen ilmakaappia. Järjestelyn hyötynä olisi puhdas luvo ja primääri-ilmapuhaltimelle ei tarvitsisi tehdä mitään. Huonona puolena on kiertokaasupuhaltimen lisääminen ja kiertokaasulinjan veto kattilahallin alaosaan. Tämä nostaisi kyseisen järjestelyn hinnan varmasti kalleimmaksi kaikista edellä mainituista. Koska luvo ei likaantuisi ja pelkoa primääri-ilmapuhaltimen kapasiteetin riittävydestä ei olisi, tämä olisi kuitenkin kestävin ratkaisu.

Muitakin muutoksia olisi tehtävä höryluvun lisäämisen takia. Prosessinohjausjärjestelmään olisi lisättävä kuvat ja ohjaukset seuraaville komponenteille:

- Hörylieriöltä lähtevän linjan lämmitysventtiili
- Saman linjan päähöryventtiili
- Hörylinjan painemittaus
- Ilman lämpötilan mittaus ennen luvon ja sen jälkeen
- Lauhdeventtiili luvon jälkeen
- Lauhteen lämpötilan mittaus
- Lauhdepumpun ohjaus
- Lauhteen pinnan mittaus

Luvon käyttö tapahtuu niin että operaattori avaa lämmityshöryventtiilin ja hieman lauhdelinjan venttiiliä. Näin syntyy pieni virtaus luvon läpi ja samalla paine hörylinjassa nousee hallitusti. Lauhteen määrän kasvaessa nostetaan lauhdepumpun kieroksia sopivasti. Päähöryventtiilin ollessa auki ja luvon toimiessa normaalisti ohjataan luvon tehoa lauhdelinjan venttiiliä kuristamalla, että saadaan primääri-ilmalle haluttu lämpötila.

5.5 Ratkaisuehdotus Kontiosuon lämpökeskukselle

Ehdotan edellä olevien vaihtoehtojen perusteella Kontiosuon lämpökeskukselle höryluvun lisäämistä primääri-ilmapuhaltimen painepuolelle ennen ilmakaappia. Koska kyseessä on suhteellisen helppo kytkentä ja pieni komponentti, ei suuria muutoksia kattilahallin rakenteisiin tarvitse tehdä. Höryluvo olisi helposti käytettävissä tarvittaessa ja täyttäisi varmasti paikkansa huonoilla polttoaineilla sekä kattilan käynnistysvaiheessa. Käyttäminen onnistuu helposti prosessinäytöltä valvomosta. Lisäksi jos ratkaisu aiheuttaa ongelmia höryluvun likaantumisen kanssa, voi tähän vielä jälkeensäkin lisätä kiertokaasulle oman puhaltimen ja yhteen ennen ilmakaappia.

Varsinaisen investoinnin kannattavuuden arviointi on hieman hankalaa, koska luvon tarve vaihtelee todellakin suuresti ja ennalta arvaamattomasti. Tuotantotappiot olisi arvioitava ja laskettava tarkkaan mikäli todellisia kustannuksia huonosta polttoaineesta ja sitä kautta luvon kannattavuudesta haluaisi laskea.

6 YHTEENVETO

Yhteenvetona opinnäytetyöstäni voin todeta, että primääri-ilmaluvon laskemisesta ja aiheeseen syventymisestä oli hyötyä minulle ja työnantajallekin. Sain työn aikana valtavasti tietoa palamisilmaan, savukaasujen lämmön hyödyntämiseen sekä petilämpöjen hallintaan liittyen. Tutustuin kattavasti eri ratkaisuihin primääri-ilman lämpöjen hyödyntämisestä, sekä lopuksi höyryluvoon liittyen. Työni herättää varmasti ajatuksia työnantajassa, vaikkei varsinaisiin toimenpiteisiin asiaan liittyen heti ryhdyttäisikään.

Opinnäytetyöni lisäsi paljon tietoa voimalaitosprosessien ymmärtämisestä, sillä olen koko ajan ollut töissä polttoaineen vastaanotossa opinnäytetyön ohessa. Olen voinut tutustua prosessiin ja nähdä komponentteja sekä niiden toimintaa aivan lähituntumasta. Opinnäytetyöni aihe oli todella käytännönläheinen, koska yksi suurimmista ongelmista sekä HOB-kattilan, että CHP-laitoksen ajamisessa on polttoaineen laatu. Polttoainevastaavan työssä olen nähnyt kuinka suurta vaihtelua on palakoon, lumen, jään ja kosteuden määrässä. Aihe on sinänsä aivan oma ongelmansa ja varmasti yksi suurimpia kysymyksiä biopolttoaineiden tehokkaassa käytössä.

Opinnäytetyöni osoitti minulle hyvin, kuinka yhteen ongelmaan voi olla useampia keinoja puuttua. Huomatessani että primääri-ilmaluvo ei ole kovin järkevä ratkaisu, on ongelmaan varmaankin muitakin ratkaisuja ja päädyin lopulta höyryluvun ehdottamiseen.

LÄHTEET

Fortum Oy:n internetsivut. <http://www.fortum.com/fi/pages/default.aspx> [Viitattu 13.3.14] Julkaistu 21.2.2014

Huhtinen M, Korhonen R, Pimiä T, Urpilainen S. Voimalaitostekniikka. 1-1.painos. Juvenes Print 2011.

Jalovaara J, Aho J, Hietämäki E, Hyytiä H. Paras käytettävissä oleva tekniikka (BAT) 5-50 MW:n polttolaitoksissa Suomessa. Vammalan kirjapaino Oy 2003.

Joensuun voimalaitos. Tekninen ohjeisto.

Huhtinen M, Kettunen A, Nurminen P, Pakkanen H. Höyrykattilatekniikka. 5., uusittu painos. Oy Edita Ab 2000.