

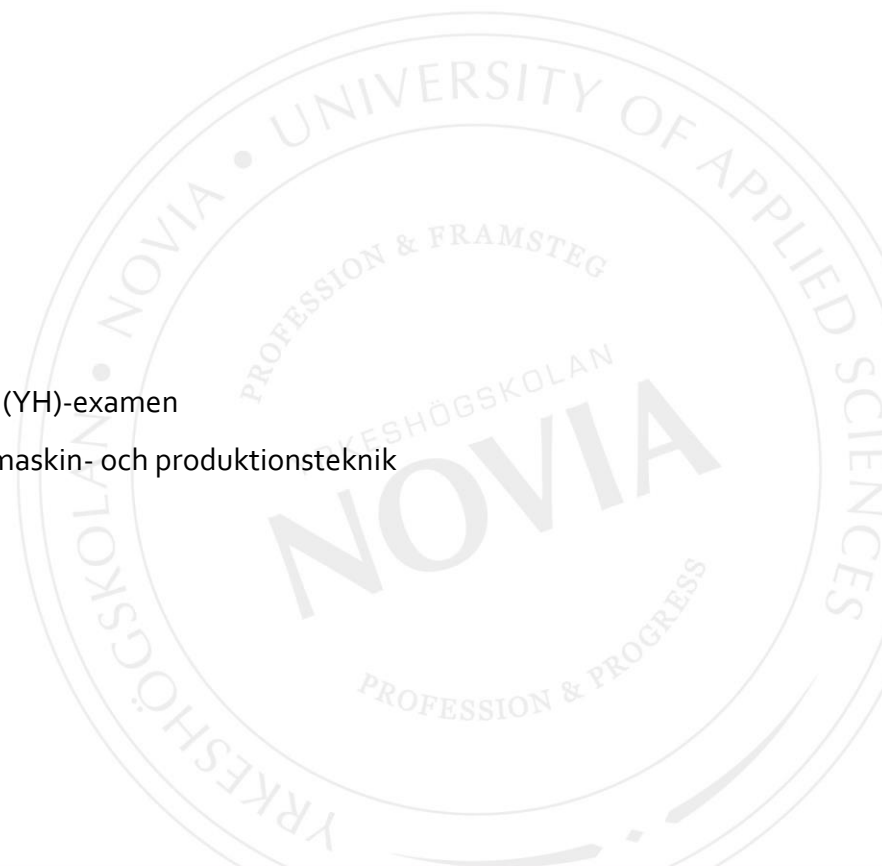
Uppföljning av lågluftöverskottssystem

Benjamin Tuori

Examensarbete för ingenjör (YH)-examen

Utbildningsprogrammet för maskin- och produktionsteknik

Vasa 2017



EXAMENSARBETE

Författare: Benjamin Tuori
Utbildning och ort: Maskin- och produktionsteknik, Vasa
Inriktningsalternativ: Drifts- och energiteknik
Handledare: Andreas Gammelgård

Titel: *Uppföljning av lågluftöverskottssystem*

Datum 30.3.2017

Sidantal 14

Bilagor 2

Abstrakt

Detta examensarbete är gjort åt avfallsförbränningsanläggningen Westenergy Oy Ab. Arbetet är en analys på det nyligen ibruktagna LEA- (low excess air) eller lågluftöverskottssystemet. Arbetet gick ut på att jämföra förbränningsdata för en viss tidsperiod innan LEA togs ibruk, med en liknande tidsperiod efter.

LEA togs i bruk för att bidra till en bättre förbränningsgrad som i sin tur ökar anläggningens verkningsgrad och sänker driftskostnaderna.

Resultatet är en uppskattning på den ekonomiska fördelen LEA ger i optimala förhållanden, samt tankar kring andra fördelar med LEA.

Språk: svenska

Nyckelord: avfallsförbränning, avfallsenergi, LEA

BACHELOR'S THESIS

Author: Benjamin Tuori
Degree Programme: Mechanical Engineering, Vasa
Specialization: Operation- and Energy Technology
Supervisors: Andreas Gammelgård

Title: *Monitoring of Low Excess Air System*

Date March 30, 2017

Number of pages 14

Appendices 2

Abstract

This bachelor's thesis was done for the waste-to-energy plant Westenergy Oy Ab. The thesis is an analysis of the LEA- (low excess air) system recently taken in use. The combustion data was gathered over a time period both before and after LEA was taken into use.

The purpose of LEA is to raise the efficiency of the plant by improving the combustion process and lowering the operational costs.

The result is an estimation of the economic benefits of LEA in optimal conditions, and some thoughts about the other benefits of LEA.

Language: Swedish

Key words: waste-to-energy, LEA

OPINNÄYTETYÖ

Tekijä: Benjamin Tuori
Koulutusohjelma ja paikkakunta: Kone- ja tuotantotekniikka, Vaasa
Suuntautumisvaihtoehto/Syventävät opinnot: Käyttö- ja energiatekniikka
Ohjaaja: Andreas Gammelgård

Nimike: *Matalaylijäämäilmajärjestelmän seuranta*

Päivämäärä 30.3.2017

Sivumäärä 14

Liitteet 2

Tiivistelmä

Tämä opinnäytetyö on suoritettu jätteenpolttolaitos Westenergy Oy Ab:lle. Työn tarkoituksena on seurata hiljattain käyttöön otettua LEA- (low excess air) tai matalaylijäämäilmajärjestelmää ja verrata polttoarvoja määrätyltä aikaväliltä ennen ja jälkeen LEA:n käyttöönottoa.

LEA otettiin käyttöön tarkoituksena korottaa laitoksen tehokkuutta parantamalla polttoprosessia ja vähentämällä käyttökuluja.

Tulos on arvio LEA:n taloudellisista hyödyistä optimaalisissa olosuhteissa sekä ajatuksia LEA:n muista hyödyistä.

Kieli: ruotsi

Avainsanat: jätteenpoltto, jäte-energia, LEA

Innehållsförteckning

1 Inledning.....	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Syfte.....	2
1.3 Avgränsningar.....	2
1.4 Ordförklaringar	2
2 Teori.....	3
2.1 NO _x	3
2.2 Reducering av NO _x med ammonium.....	3
2.3 LEA	5
3 Metod	6
3.1 Samling av förbränningsdata	6
3.2 Beräkningar.....	7
4 Resultat.....	8
5 Resultattolkning.....	12
6 Diskussion	13
7 Källförteckning	14
Figur 1: Funktionsprincip för rosterpanna	1
Figur 2: Ammoniuminsprutning i pannan.....	4
Figur 3: Typiskt utförande av LEA-process.....	5
Figur 4: Ångproduktion 1.6.2015	10
Figur 5: Ångproduktion 1.6.2016.....	11
Tabell 1: Förväntad fördel av LEA.....	6
Tabell 2: Exempel på förbränningsdata exporterat till excel	7
Tabell 3: Resultat.....	9

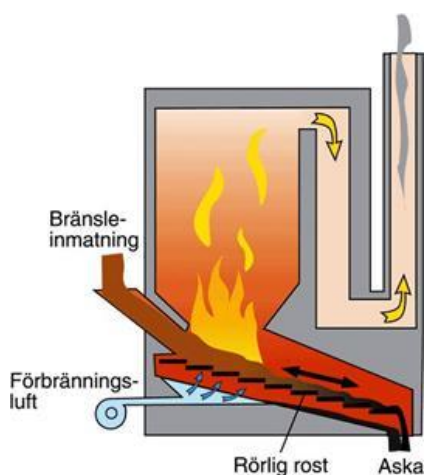
1 Inledning

Detta examensarbete görs på uppdrag av Westenergy Oy Ab. Inledningen behandlar bakgrunden och syftet med examensarbetet. I inledningen berättas också om företaget.

1.1 Bakgrund

Westenergy Oy Ab är en avfallsförbränningsanläggning som producerar vattenånga genom att använda brännbart avfall som bränsle. Av ångan producerar Vasa Elektriska Ab el och fjärrvärme. Anläggningen ligger i Kvevlax nära Vasa. Westenergy ägs av fem kommunala avfallsbolag; Stormossen Oy Ab, Lakeuden Etappi Oy, Vestia Oy, Botniasrosk Oy Ab och Millespakka Oy. (Westenergy, u.å.).

Westenergy är en förbränningsanläggning av rostertyp, där den primära förbränningsluften blåses in genom rostern under avfallet som skall brännas (figur 1). Under våren 2016 utfördes omfattande ändringar av anläggningen i samband med ett planerat serviceavbrott för att ta i bruk LEA- (low excess air) eller lågluftöverskotts-system. Dessa ändringar gjordes av Hitachi Zosen Inova AG, som även levererat själva förbränningsystemet när anläggningen byggdes. Ändringarna kom med vissa garantier om anläggningens förbättrade funktion i framtiden. (Westenergy, u.å.).



Figur 1: Funktionsprincip för rosterpanna (Storskalig förbränning, u.å.)

1.2 Syfte

Syftet med detta examensarbete är att jämföra anläggningens nuvarande funktion mot en liknande tidsperiod före uppgraderingen till LEA, för att säkerställa att garantikraven för ändringarna stämmer.

1.3 Avgränsningar

Detta examensarbete avgränsas till LEA-systemet. Även om andra ändringar av anläggningen förekommit på samma gång som uppgraderingen till LEA, tas inte dessa i beaktande.

1.4 Ordförklaringar

Här förklaras i examensarbetet förekommande förkortningar:

LEA – Low excess air eller lågluftöverskott

NO_x – Kväveoxider (NO eller NO₂)

SNCR – Selective non-catalytic reduction

LHV – Lower heating value eller effektivt värmevärde

DH, district heat, fjärrvärme

AP, active power, aktiv eleffekt dvs. Den genererade effekten minus anläggningens behov

WasteTP, waste throughput, avfallsgenomgång

NH₄OH, åtgång av ammoniumlösning

BotAsh, bottenaska

BoilAsh, pannaska

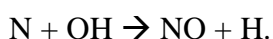
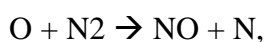
Residue, flygaska

2 Teori

I teoridelen behandlas såväl funktionen som behovet av LEA samt kemisk teori bakom användandet av ammonium för att sänka kväveoxidutsläppen.

2.1 NO_x

NO_x syftar på kvävemoxid (NO) eller kvävedioxid (NO₂). Kvävemoxid (NO) bildas vid förbränning när kvävet i luften eller bränslet reagerar med syret i luften eller bränslet. Nästan direkt efter reagerar NO med syret i luften och bildar NO₂. Förenklat sett bildas NO_x på följande vis enligt Zeldovich-mekanismen:

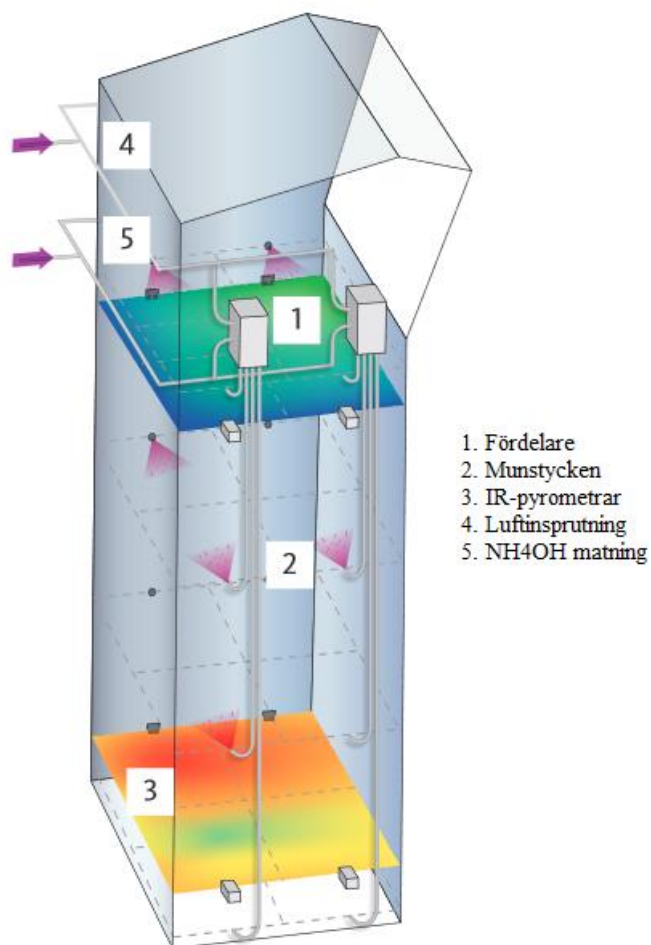


(Annamalai & Puri, 2007).

NO_x-utsläpp har flera olika miljöpåverkningar, bl.a. bidrar det till att bilda troposfärisk ozon eller så kallat smog. Med troposfären syftas på jordens lägsta atmosfärlager. Detta i sin tur kan bidra till andningsproblem. Vidare bidrar NO_x-utsläpp även till sura regn samt global uppvärmning. (NO_x, 1998).

2.2 Reducering av NO_x med ammonium

För reduktion av NO_x används ett SNCR-system (Selective non-catalytic reduction system). Detta system sprutar enligt behov in ammonium-vattenlösning (NH₄OH) rakt i pannan med lufttryck (figur 2). (DyNOR, u.å.).

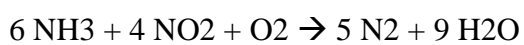


Figur 2: Ammoniuminsprutning i pannan (DyNOR, u.å.)

Ammonium (NH_3) reagerar med NO enligt:



Och med NO_2 enligt:



(von der Heide, 2008).

Via reaktionen av ammonium och NO_x bildas alltså kvävgas och vatten.

2.3 LEA

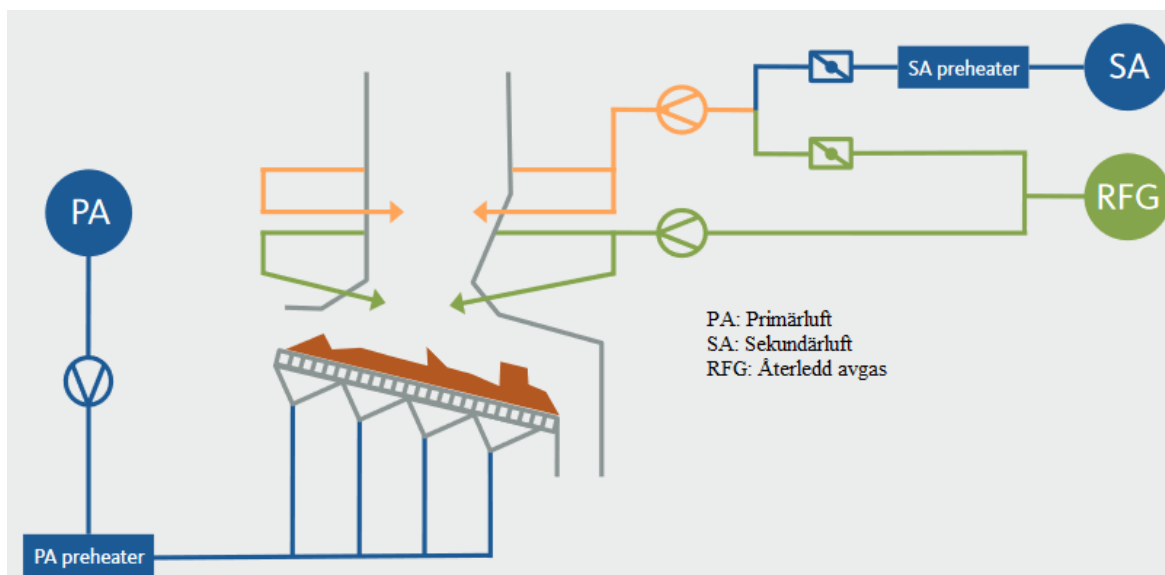
Tanken med LEA är att maximera anläggningens effektivitet genom att förbättra förbränningsprocessen och höja ångproduktionen. Systemet skall även minska NO_x-utsläpp och pannans korrosion, och således driftskostnaderna. (A LEAP forward, u.å.).

För att ta LEA i bruk måste anläggningen uppfylla vissa grundkrav. Dessa är:

- Avfallets LHV över 9,5 MJ/kg
- Avgasåterledning
- Beklädnad av pannans väggar
- 2-stegsinsprutning av sekundärluft och avgasåterledning

Dessa krav uppfylls vid Westenergys avfallsförbränningsanläggning. (A LEAP forward, u.å.).

Det typiska utförandet består av två insprutningssteg. I det första steget med ofullständig förbränning sprutas återledd avgas rakt in. I det andra steget med fullständig förbränning sprutas en blandning av sekundärluft och återledd avgas in i virvelström. (A LEAP forward, u.å.).



Figur 3: Typiskt utförande av LEA-process (A LEAP forward, u.å.)

Genom bättre fördelning av insprutning av luften i pannan uppnås en bättre förbränningsgrad. Detta leder till ökad ångproduktion och minskning av NO_x-bildning.

Minskningen av NO_x-utsläpp leder direkt till en minskning av behovet för ammoniak. Den bättre förbränningsgraden skall även minska flygaska och pannaska. Detta bidrar dock till en direkt ökning av bottenaska. Se tabell 1.

Tabell 1: Förväntad fördel av LEA (Proposal for low excess air operating mode implementation)

Ökning av ångproduktion	1	t/h
Minskning av onödig last (luftblåsning)	95	kWel
Minskning av NH ₄ OH användning	25	l/h
Minskning av pannaska	30.8	kg/h
Minskning av flygaska	39.6	kg/h
Ökning av bottenaska	70.4	kg/h

3 Metod

I detta kapitel beskrivs metoderna som använts för att få fram eftersökt resultat, allt från samling av data till beräkningar och jämförelser.

3.1 Samling av förbränningsdata

Anläggningen sparar all förbränningsdata i systemet. Därifrån har data för perioden 1.6.2015 – 28.2.2016 samt 1.6.2016 – 28.2.2017 exporterats till Microsoft Excel. Datat togs ut i en timmes intervall, där värdet var timmens medeltal (tabell 2). Man kunde direkt ha tagit ut månatliga medeltal från anläggningens system, men för en bättre överblick över driftsstopp och dylikt var detta ett bättre sätt.

Tabell 2: Exempel på förbränningsdata exporterat till Excel

Time	FI LiSt Boil t/h
6/1/2015 12:00:00 AM	72.75
6/1/2015 1:00:00 AM	73.08
6/1/2015 2:00:00 AM	72.58
6/1/2015 3:00:00 AM	73.32
6/1/2015 4:00:00 AM	72.86
6/1/2015 5:00:00 AM	72.67
6/1/2015 6:00:00 AM	73.43
6/1/2015 7:00:00 AM	72.27
6/1/2015 8:00:00 AM	72.00
6/1/2015 9:00:00 AM	73.29
6/1/2015 10:00:00 AM	71.89
6/1/2015 11:00:00 AM	73.34
6/1/2015 12:00:00 PM	72.72
6/1/2015 1:00:00 PM	73.02
6/1/2015 2:00:00 PM	72.72
6/1/2015 3:00:00 PM	73.85
6/1/2015 4:00:00 PM	72.87
6/1/2015 5:00:00 PM	71.97
6/1/2015 6:00:00 PM	73.48
6/1/2015 7:00:00 PM	72.53
6/1/2015 8:00:00 PM	73.81
6/1/2015 9:00:00 PM	72.40
6/1/2015 10:00:00 PM	73.33
6/1/2015 11:00:00 PM	70.16

3.2 Beräkningar

Därefter har dagligt medeltal räknats ut och exporterats till en annan excel-fil för lättare jämföring av ”normala” respektive LEA-värden. Vidare har månatligt medeltal beräknats och en resultat-tabell framställts. För att få värden som bäst motsvarar normalvärden har alla dagar då anläggningen varit i driftsstopp, då ångturbinen varit i driftsstopp eller dagar då en märkbar mängd brännolja använts, tagits ur beräkningen av medeltal.

Alla värden som togs ur systemet var inte för en timmes medeltal. Bottenaskans vikt räknades uppåt från noll med 24 timmars mellanrum (i ton). Här användes formeln (dagens sista värde)/24 h för att få bildningen av bottenaska i ton/h.

Pannaskan och flygaskan hade endast mått på vikten i behållaren. Här användes formeln (dagens sista värde – dagens första värde)/24 h, eller ifall tömning förekommit under dagen; (dagens sista värde – första värdet efter tömning + sista värdet före tömning – dagens första värde)/24 h.

I resultat-tabellen har skillnaden mellan de ”normala” värden och LEA-värden räknats ut och multiplicerats med respektive komponents pris för att få fram förmånen i euro per timme. Priserna som använts finns i bilaga 1, på grund av sekretessbelagda priser har dock denna bilaga lämnats bort ur den offentliga versionen av examensarbetet.

Eftersom ammoniumåtgången anges i liter per timme behövs densiteten för att omvandla den till ton per timme. Densiteten som använts är för 24,5 % ammoniumlösning; 907 kg/m^3 (Aqueous ammonia 24,5 %).

4 Resultat

Eftersom alla driftsstopp och dylikt tagits ur beräkningen av medeltal, ger inte resultatet ett exakt värde för en viss månad, utan snarare ett medeltal för en optimal månad. När medeltalet för alla månader räknas ihop fås ett universiellt värde (i €/h) som kan användas för att räkna ut förmånen för ett optimalt år. Se tabell 3. I tabell 3 presenteras följande värden:

- Fl LiSt, Live steam flow, ångproduktion
- DH, district heat, fjärrvärme som säljs
- AP, active power, aktiv eleffekt dvs. Den genererade effekten minus anläggningens behov
- WasteTP, waste throughput, avfallsgenomgång
- NH₄OH, åtgång av ammoniumlösning
- BotAsh, bottenaska
- BoilAsh, pannaska
- Residue, flygaska

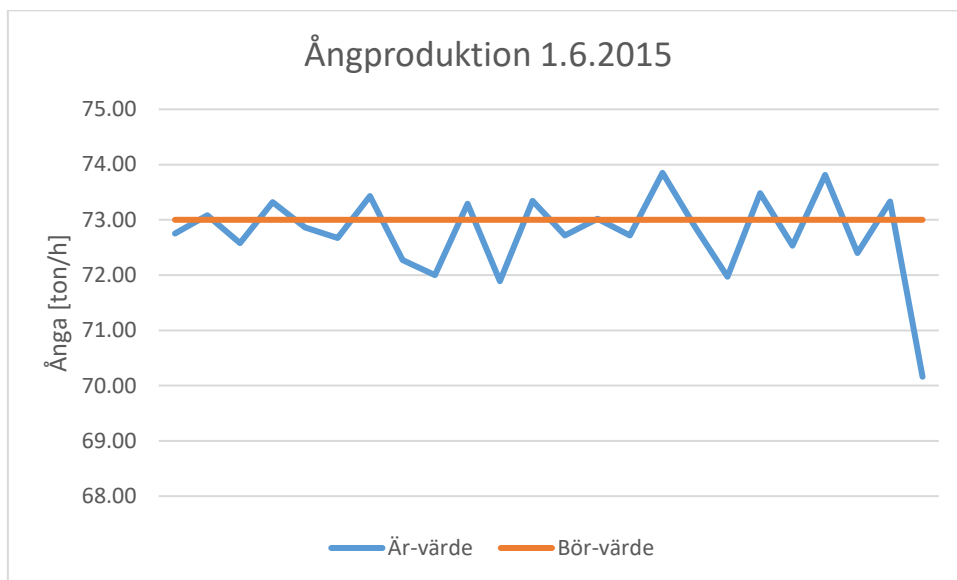
Dessa presenteras som månadens medeltal (bortseende från driftsstopp och dylikt) jämförande gamla och nya värden. Positiva förändringar är märkta med grön färg medan negativa är märkta med röd färg.

Tabell 3: Resultat

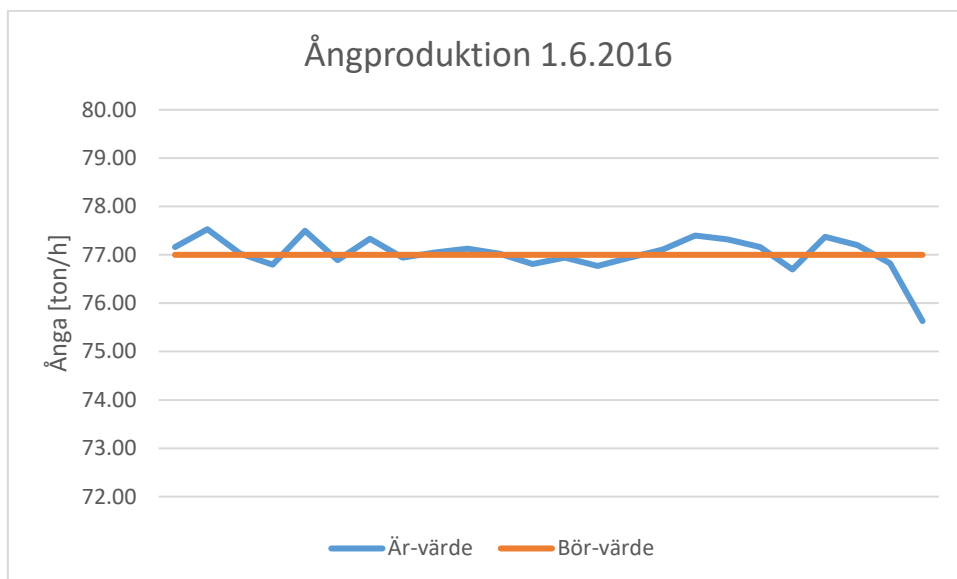
	FI LiSt [t/h]	DH [MW]	AP [MW]	WasteTP [t/h]	NH4OH [l/h]	BotAsh [ton/h]	BoilAsh [ton/h]	Residue [ton/h]
Medeltal juni 2015	72.69	33.27	10.85	21.63	35.59	3.64	0.13	0.41
Medeltal juni 2016	77.18	30.67	12.38	20.71	10.36	3.52	0.15	0.42
Skillnad	4.483	-2.598	1.527	-0.924	-25.229	-0.123	0.021	0.012
	DH [MW]	AP [MW]	WasteTP [t/h]	NH4OH [l/h]	BotAsh [ton/h]	BoilAsh [ton/h]	Residue [ton/h]	
Medeltal juli 2015	72.38	26.08	11.32	21.42	34.29	3.61	0.13	0.45
Medeltal juli 2016	75.80	22.98	12.22	20.92	11.69	3.43	0.15	0.40
Skillnad	3.418	-3.106	0.892	-0.495	-22.598	-0.179	0.021	-0.041
	DH [MW]	AP [MW]	WasteTP [t/h]	NH4OH [l/h]	BotAsh [ton/h]	BoilAsh [ton/h]	Residue [ton/h]	
Medeltal augusti 2015	72.88	24.50	11.52	21.21	39.33	3.62	0.13	0.43
Medeltal augusti 2016	76.52	31.72	12.12	22.60	25.51	3.28	0.15	0.42
Skillnad	3.636	7.219	0.592	1.388	-13.827	-0.340	0.021	-0.015
	DH [MW]	AP [MW]	WasteTP [t/h]	NH4OH [l/h]	BotAsh [ton/h]	BoilAsh [ton/h]	Residue [ton/h]	
Medeltal september 2015	72.85	34.82	11.63	21.64	35.86	3.64	0.14	0.39
Medeltal september 2016	77.04	35.60	12.37	22.51	5.64	3.92	0.17	0.41
Skillnad	4.194	0.783	0.742	0.870	-30.226	0.280	0.037	0.016
	DH [MW]	AP [MW]	WasteTP [t/h]	NH4OH [l/h]	BotAsh [ton/h]	BoilAsh [ton/h]	Residue [ton/h]	
Medeltal oktober 2015	73.11	37.37	11.91	22.38	37.64	3.78	0.15	0.42
Medeltal oktober 2016	76.93	40.69	12.67	22.94	13.70	4.41	0.18	0.47
Skillnad	3.812	3.322	0.761	0.561	-23.937	0.627	0.028	0.055
	DH [MW]	AP [MW]	WasteTP [t/h]	NH4OH [l/h]	BotAsh [ton/h]	BoilAsh [ton/h]	Residue [ton/h]	
Medeltal november 2015	75.83	39.12	12.30	24.53	46.14	4.64	0.18	0.47
Medeltal november 2016	77.83	41.29	12.66	23.77	19.31	4.13	0.19	0.46
Skillnad	2.000	2.172	0.359	-0.761	-26.828	-0.505	0.012	-0.012
	DH [MW]	AP [MW]	WasteTP [t/h]	NH4OH [l/h]	BotAsh [ton/h]	BoilAsh [ton/h]	Residue [ton/h]	
Medeltal december 2015	73.24	37.74	11.72	24.50	36.41	4.79	0.18	0.47
Medeltal december 2016	77.97	41.47	12.39	24.17	16.92	3.86	0.19	0.47
Skillnad	4.725	3.723	0.670	-0.324	-19.490	-0.929	0.011	-0.001
	DH [MW]	AP [MW]	WasteTP [t/h]	NH4OH [l/h]	BotAsh [ton/h]	BoilAsh [ton/h]	Residue [ton/h]	
Medeltal januari 2016	71.89	37.09	10.94	24.14	33.07	3.85	0.16	0.41
Medeltal januari 2017	77.81	41.87	12.00	24.58	9.09	4.13	0.19	0.44
Skillnad	5.916	4.782	1.060	0.442	-23.988	0.284	0.025	0.028
	DH [MW]	AP [MW]	WasteTP [t/h]	NH4OH [l/h]	BotAsh [ton/h]	BoilAsh [ton/h]	Residue [ton/h]	
Medeltal februari 2016	71.72	37.00	11.34	24.61	31.97	3.77	0.17	0.40
Medeltal februari 2017	77.56	40.90	12.51	24.56	7.68	4.13	0.20	0.46
Skillnad	5.835	3.892	1.166	-0.049	-24.296	0.360	0.025	0.062

Eftersom priserna är sekretessbelagda förekommer inte dessa i resultattabellen (tabell 3) utan i andra resultattabeller i bilaga 2, som även den är borttagen ur den offentliga versionen av examensarbetet. I bilaga 2 beräknas medelbesparingen ut i tre olika tabeller, den första med samma värden som tabell 3, den andra utan fjärrvärme, eftersom fjärrvärmen går enligt förfrågan och är beroende av vädret. Den tredje tabellen är utan både fjärrvärme och avfallsåtgång.

En fördel med LEA som är svår att beräkna är att ångproduktionen blivit stabilare, dvs. är-värdet hålls nära bör-värdet med små kastningar. Detta syns bra genom att jämföra grafer. Jämför figur 4 och 5.



Figur 4: Ångproduktion 1.6.2015



Figur 5: Ångproduktion 1.6.2016

Ångproduktionen har även ökat, medeltalet före LEA var 73,0 ton/h och efter 77,2 ton/h, för tidsperioden 1.6 – 28.2.

5 Resultattolkning

Vid jämförelse av resultaten med de förväntade resultaten (tabell 1) kan man för det första konstatera att ökningen ångproduktion som förväntades har uppfyllts med god marginal. Även minskningen i onödig last har uppfyllts, vilket ses i och med att den aktiva eleffekten är högre (tabell 4).

Minskningen av ammoniumlösningens åtgång stämmer ganska bra överens med den förväntade minskningen. Vissa kast kan bero på olika tester av ammoniumisnprutnings-systemet. Även NO_x-bildningen har hållits jämn trots minskningen av ammonium.

Minskningen av pann- och flygaska har inte uppfyllts enligt förväntningarna, utan i vissa fall till och med ökat. Detta kan i vissa fall men inte helt bero på ökning av avfallsgenomgång. Det kan också eventuellt bero på andra ändringar som gjorts på pannan i samband med uppgraderingen till LEA.

Det ultimata garantikravet var att anläggningen skall fungera bättre eller minst lika bra som före LEA. Detta kan anses uppfyllt med tanke på resultaten samt den stabilare ångproduktionen. Det har även nämnts att LEA borde minska pannans korrosion, detta är dock svårt att mäta och märks först i framtiden.

6 Diskussion

Målet med examensarbetet var att följa upp LEA-systemets funktion för att säkerställa att garantikraven för systemet har uppfyllts. Detta mål har nåtts.

Det största problemet med en dylik jämföring av gamla och nya värden är att man inte kan garantera att väderförhållanden och dylikt har varit likadana. Jämförelsen har dock gjorts på ett så pass långt tidsspann att medelvärden borde vara tillförlitliga.

Detta examensarbete var givande och gav en bra insyn i kraftverksteknik samt avfallsförbränning. Examensarbetet var inte direkt svårt men däremot väldigt tidskrävande p.g.a. den stora mängden data att analysera.

Samarbetet med Westenergy fungerade bra, och de var tillmötesgående med all behövlig information och hjälp. Jag hade sedan tidigare en relativt bra insyn i företagets verksamhet eftersom jag jobbat där i två somrar.

Eftersom LEA endast varit i bruk under ett år, blev tidsperioden för jämförelsen ganska kort. Det kunde vara intressant att göra en likadan analys över en längre tidsperiod om några år, när LEA varit i bruk längre.

7 Källförteckning

A LEAP Forward (u.å.). [Online]

http://www.hz-inova.com/cms/wp-content/uploads/2014/11/313163_HZI_Technologieblatt_LEAP_13_low.pdf [Hämtat: 26.1.2017]

Annamalai K. & Puri I. K., 2007. *Combustion science and engineering*. [Online]

<https://books.google.fi/books> [Hämtat: 27.1.2017]

Aqueous ammonia 24,5 % (u.å.). [Online]

<http://www.ocinitrogen.com/Media%20Library/Ammonia%20aqueous%20solution%2024.5%20pr%20-%20Product%20data%20sheet.pdf> [Hämtat: 28.3.2017]

DyNOR (u.å.). [Online]

http://www.hz-inova.com/cms/wp-content/uploads/2014/11/HZI_Dynor.pdf [Hämtat: 27.1.2017]

NOX How Nitrogen Oxides Affect The Way We Live And Breathe, 1998. [Online]

<https://nepis.epa.gov/Exe/ZyNET.exe> [Hämtat: 26.1.2017]

Storskalig förbränning (u.å.). [Online]

<http://www.bioenergiportalen.se/?p=2120> [hämtat: 24.1.2017]

von der Heide, B., 2008. *SNCR process*. [Online]

http://www.ms-umwelt.de/english/downloads/SNCR-Best_Available_Technology_for_NOx_Reduction_in_Waste_To_Energy_Plants.pdf [Hämtat: 26.1.2017]

Westenergy (u.å.). [Online]

<http://westenergy.fi/?l=sv> [Hämtat: 23.4.2017]