MATERIAL- OCH KEMITEKNIK 1235

Korrosion hos luftförvärmare och ekonomisrar

Magnus Nordling

värmeforsk
VÄRMETEKNISK FORSKNING OCH UTVECKLING

Korrosion hos luftförvärmare och ekonomisrar

Corrosion on air preheaters and economisers

Magnus Nordling

M08-815

VÄRMEFORSK Serviceaktiebolag
101 53 STOCKHOLM · Tel 08-677 25 80
Maj 2012
ISSN 1653-1248

Abstract

30 anläggningar har kontaktats vad avser erfarenheter av främst korrosion på ekonomisrar och luftförvärmare. Härifrån kan göras bedömningen att rostfritt stål, åtminstone för de inledande paketen för värmeväxlarna, är att rekommendera.

Förord

Denna rapport är tänkt ska ge underlag till anläggningsrepresentanter och anläggningskonstruktörer, som ska kunna bidra till att minska risken för korrosion och andra problem på rökgassidan hos matarvattenekonomisrar och luftförvärmare. Till en del består rapporten av resultatet av en litteraturgranskning av förbränningsanläggningars konstruktion och driftsförhållanden med tonvikt på det som är kopplat till matarvattenekonomisrar och luftförvärmare. Den största delen består dock av erfarenhetsinsamlingar från 30 förbränningsanläggningar i Sverige. Erfarenhetsinsamlingen är fokuserad på anläggningarnas matarvattenekonomisrar, avgaspannor och luftförvärmare, och då frågeställningar som är kopplade till korrosion, erosion och igensättningar. Erfarenheter och frågeställningar av intresse som framkommit under denna erfarenhetsinsamling för andra delar av anläggningen, är dock också presenterade.

Det är författarens förhoppning att de erfarenheter som presenteras i rapporten ska, för anläggningsrepresentanter och anläggningskonstruktörer, kunna ge vägledning eller åtminstone väcka frågeställningar värda att beakta. De personer på respektive förbränningsanläggning som bistått med den mesta av informationen finns angivna i rapporten, så skulle inte rapporten ge tillräcklig information i ett ärende bör kontaktpersonen från aktuell anläggning kunna ge mer detaljerad information. Det är slutligen författarens uppfattning att erfarenhetsinsamlingen ska kunna underlätta för någon annan utredare att samla in erfarenheter från anläggningar vad gäller andra enheter än matarvattenekonomisrar, avgaspannor och luftförvärmare.

Sammanfattning

Förbränningsanläggningar i Sverige utsätts för stora påfrestningar avseende lågtemperaturkorrosion, och skadefall med anledning av lågtemperaturkorrosion uppkommer regelbundet. Framförallt vanligt förekommande är korrosionsproblemen hos luftförvärmare och ekonomisrar. Erfarenhetsunderlaget i form av förbränningsanläggningar som har luftförvärmare och ekonomisrar är dock stort, och underlaget från en insamling av de erfarenheter som finns hos anläggningar avseende korrosion hos luftförvärmare och ekonomisrar har därför förutsättningarna att ge en bred kunskapsbas. Den sammanställning utifrån erfarenhetsinsamlingen, kompletterad med en litteraturgranskning, som här har gjorts förväntas ge anläggningsägare och anläggningskonstruktörer ett betydelsefullt redskap i att förebygga korrosion på rökgassidan hos luftförvärmare och ekonomisrar.

Val av anläggningar för utfrågning gjordes utifrån Naturvårdsverkets lista över förbränningsanläggningar från 2006, och då främst de med störst utsläpp av NO_x-gaser (vilket till stor del motsvarar anläggningens storlek). Inledningsvis påbörjades erfarenhetsinsamlingen till 35 anläggningar, men minskades till 30, bl. a på grund av att det visade sig vara svårt att få begärda uppgifter från vissa anläggningar och på grund av projektets omfattning. Med anledning av att de utvalda anläggningarna har flera pannor, och tillhörande linjer oftast har fler än en ekonomiser och luftförvärmare innebar det att erfarenhetsinsamlingen omfattar totalt 89 ekonomisrar och luftförvärmare. Utfrågningen begränsade sig dock inte enbart till ekonomisrar och luftförvärmare, utan författaren passade samtidigt på att förhöra sig om andra problem som anläggningen kunde tänkas ha. De mest intressanta av de uppgifterna finns också medtagna i rapporten. De utvalda anläggningarna kontaktades via telefon för att finna lämplig representant vad gällde utfrågning av respektive anläggning. Till en början gjordes erfarenhetsinsamlingen via telefon, men när de mest aktuella frågeställningarna utkristalliserats och en grundläggande uppfattning om anläggningen erhållits, gjordes även insamling av uppgifter med hjälp av mailfrågor. Under projektets gång, företrädesvis under sommaren och hösten 2009, besöktes ett antal av de utvalda anläggningarna för att förbättra underlaget till rapporten, och den sista rundringningen till samtliga anläggningar utfördes under augusti 2011. De personer på respektive förbränningsanläggning som bistått med den mesta av informationen finns angivna i rapporten, så skulle inte rapporten ge tillräcklig information i ett ärende finns möjligheten att ta kontakt med kontaktpersonen från aktuell anläggning för att få mer detaljerad information.

Mycket information finns att tillgå i rapporten, men en av de mest framträdande uppfattningarna är att om man håller sig över daggpunktstemperaturen på värmeväxlarens yta så undviker man åtminstone korrosion. Vissa anläggningar har bestämt daggpunktstemperaturen, medan andra mer har fått en erfarenhetsmässig uppfattning av att om man ligger över en viss temperatur så uppkommer ingen kondens (vilken dock med marginal kan vara över daggpunktstemperaturen med förlust i verkningsgrad som följd). Att säkerställa att man ligger över daggpunktstemperaturen har många anläggningar gjort genom att ha förvärmare eller någon form av vattenrecirkulation. Vissa anläggningar, och då främst vad avser luftförvärmare, har

med visad nytta också garderat sig genom att ha det paket där det uppvärmda mediet kommer in av ett rostfritt material. Problemet med erosion kommer man dock inte ifrån genom att ligga över daggpunktstemperaturen. Här kan konstateras att man med slätrörsvärmeväxlare minskar igensättningsproblem med påföljande förhöjd erosion. Andra framgångsrika metoder för att minska erosionseffekter på ekonomisrar är att installera sothyllor och att ha plåtar ut från kanalvägg för att bryta av rökgasflödet över de mer känsliga vändtuberna. Ytterligare metoder är att minska askmängden genom cykloner eller andra typer av askfällor. Även olika sotningsmetoder och övriga underhållsmetoder kommenteras, liksom olika granskningsmetoder vad avser korrosionsskador.

Executive Summary

Introduction

Combustion plants in Sweden are exposed to considerable stress regarding low temperature corrosion, and failures due to low temperature corrosion occur regularly. Particularly common is corrosion problems connected to air preheaters and economisers. The number of combustion plants having air preheaters and economisers is however large, and the result of a collection of experiences regarding corrosion on air preheaters and economisers therefore has the potential to give a broad knowledge base. The summary of collection of experiences that has been done here, complemented with a literature survey, is expected to give plant owners and plant constructors a valuable tool to prevent corrosion on the flue gas side of air preheaters and economisers.

The choice of plants for the inquiry was made using a list from the Swedish Naturvårdsverket (Environmental Protection Agency) indicating the emissions of NO_x-gases from Swedish combustion plants. From that list mainly the plants with the largest emissions were chosen, resulting in a number of 30 plants. Depending on that most of the plants have several boilers, and that the connected tubes often have several economisers and air preheaters, the number of economisers and air preheaters in this experience collection is at least 85. The study was however not limited to economisers and air preheaters, but also experiences connected to corrosion of other units were collected when mentioned, and the most interesting information here is also included in the report. Also a number of the plants were visited to improve the basis of the report, e.g. by photographing the most interesting parts. As the insight of the extension of the problem increased, renewed interview rounds were made, and the last one was made in August 2011. The representatives of each plant which contributed most in giving the requested information are mentioned in the report, giving the possibility to contact these representatives if more details than given in the report are desired.

Presentation and conclusions of common questions

For the tables in this chapter, where a specified number of feed water economisers, exhaust gas boiler an air preheaters is given, this value normally describes the number of “functions”, i.e. a unit can consist of several parts but still together having a specific “function”, and therefore is given the value “1”. For two tables, Table 5 and 6, the value instead describes the number of equivalent functional units, where the functional unit can be separated into e.g. two parts depending on different materials for the two parts, giving two not equivalent functional units.

Extent of investigation

An overview of the plants involved in the report, regarding type of fuel and number of units of interest, is given in Table 1.

Table 1. ***Extent of survey.*** *Number of plants, flue gas lines, feedwater economisers ("Feedwater ecs"), exhaust gas boilers, and air preheaters of the tube type ("Air p h (tube)") and of the Ljungström type ("Air p h (Lj)") that has been included in the survey.*
"RW" stands for recycled wood. For "Lines", "Mixed" means that a mixture of fuel has been used while it for "Plants" means that not all boilers have the same fuel or that all boilers have mixed fuel. For feedwater economisers, exhaust gas boilers, and air preheaters of the tube type and of the Ljungström type, the value means the number of functions (see 1.2).

	Plants	Lines	Feedwater ecs	Exhaust gas boilers	Air p h (tube)	Air p h (Lj)
Bio	9	15	11	8	7	3
Waste	8	28	24	12	0	0
RW	1	2	1	1	1	0
Peat	1	3	2	2	0	2
Mixed	11	12	12	4	6	1
Sum	30	60	50	26	14	6

Here it can be seen that the number of feed water economisers, exhaust gas boiler, air preheaters of the tube type and air preheaters of the Ljungstöm type are at least (the values are to be interpreted as "functional units", see chapter 1.2) 50, 26, 14 and 6, respectively.

Problem occurrence

In Table 2 the extent and type of present problems for the plants can be seen for plants started in 2008 or earlier. Here the plants started in 2009 or later are excluded, avoiding the cases where the environment is aggressive but where the symptom has not yet occurred.

		Tot	Cl	E	Co	S	U	-	?
Fw ecs	Bio	11	3/0						
	Waste	20	1/0	0/1	0/2	0/1			1
	RW	1	1/0	1/0					
	Peat	2	0/1						
	Mixed	12	2/0		1/0				
Exh g b	Bio	8	1/0						
	Waste	12							2
	RW	1		0/1					
	Peat	2							
	Mixed	3			0/1				1
Air (tube)	Bio	7			1/0				
	Waste	0							
	RW	1							
	Peat	0							
	Mixed	6							
Air (Lj)	Bio	3	3/0						
	Waste	0							
	RW	0							
	Peat	2							
	Mixed	1	1/0						

Table 2. ***Present problem occurrence. T****he number and type of present problem for plants in operation since 2008 or earlier.*
The problems concerns feedwater economisers ("Fw ecs"), exhaust gas boilers ("Exh g b") or air preheaters of the tube type ("Air p h (tube)") and of the Ljungström type ("Air p h (Lj)").
The problems consist of clogging (Cl), erosion damages (E), corrosion damages (Co), sweeping (S) or design defects of the unit (U).
The values are given according to "serious problems"/"less troublesome" and where no data is given means 0/0.
"Tot" stands for total number of "functions" (see 1.2). "?" stands for "no information received".

From Table 2 one can see that the extent of regularly occurring problems in a plant is not that overwhelming, at least not if relying on the given information. Only in three cases more serious corrosion or erosion problems is at hand, and the number of more serious problems of clogging is eight.

Purification steps

The upstream purification step in the flue gas path has a large impact on the origin of clogging, erosion and corrosion of the units. The presence of purification steps and

connected problems for the units for the included plants in the report can be seen in Table 3. For the electrostatic precipitator one can see that for 15 exhaust gas boilers with electrostatic precipitators there are no problems while for 11 exhaust gas boilers without electrostatic precipitators one has a problem. This suggests that the electrostatic precipitator decrease the extent of problems for exhaust gas boilers, which can be assumed, but the amount of exhaust gas boilers having problems are too small to be able to draw a firm conclusion.

Table 3. ***Purification steps.*** *Number of front cleaning units in the flue gas direction for feedwater economisers ("Feedw ecs"), exhaust gas boilers ("Exh gas boiler") or air preheaters of the tube type ("Air p h (tube)") and of the Ljungström type ("Air p h (Lj)").*
"P" is the number of problems for the unit. "Textile", "El Prec" and "Several" means textile filter, electrostatic precipitator, and more than one front cleaning step respectively.
"Total" stands for total number of "functions" (see 1.2) and the number of present problems for the unit, respectively. "-" and "?" stands for "no front cleaning units exists" and "no information received" respectively.
The values are given according to "number with at least the unit in question"/"number with only the unit in question"/"number without the unit", and the number of units with problems in an equivalent way.

	Total	Textile	El Prec	Cyclone	Ash trap	SCR	Several	-	?
Feedw ecs	50	1/1/49	0/0/50	14/12/36	2/0/48	0/0/50	2	35	0
P	8	0/0/8	0/0/8	4/4/4	0/0/8	0/0/8		4	1
Exh gas boiler	26	0/0/26	15/14/11	2/2/24	2/1/24	1/0/25	1	8	0
P	1	0/0/1	0/0/1	0/0/1	0/0/1	0/0/1		1	2
Air p h (tube)	14	0/0/14	2/2/12	2/0/12	2/0/12	3/2/11	2	4	0
P	1	0/0/1	0/0/1	0/0/1	0/0/1	0/0/1		1	0
Air p h (Lj)	6	0/0/6	0/0/6	0/0/6	2/1/4	3/2/3	1	2	0
P	4	0/0/4	0/0/4	0/0/4	1/1/3	1/1/3		2	0

Fuel

The number of plants with different types of fuel and the related problems for the units can be seen in Table 2. Here it can be seen that the highest number of units having a problem occurs for the biofuel plants, and not, as could be assumed, for the waste fired plants. The problem however, mainly concerns clogging, therefore an explanation could be that the biofuel plants mainly have finned tubes. When investigating this, it was found that the number of units having finned tubes is 9 and 2 respectively, and also that for the clogged economisers of the biofuel fired plants, all three have finned tubes.

Additives

One thing that can effect the deposition amount, and therefore also the corrosion, is the use of additives. The presence of additives and the connected problems for the units can be seen in Table 4.

Table 4. ***Additives.*** *Substances that are added in the flue gas line, upstream of the feedwater economisers ("Fw ecs"), exhaust gas boilers ("Exh g b") or air preheaters of the tube type ("Air p h (tube)") and of the Ljungström type ("Air p h (Lj)").*
"Amms" and "Gran" means ammonium sulphate and granular, respectively, "Mix" means that both the sulphur substances or both the NOx-reducing substances have been used and "Boiler" ("B") and "Reactor" ("R") gives the locations where the substance is added. "Total" stands for total number of "functions" (see 1.2), while "-" and "?" stands for "the additive not used" and "no information whether the additive is used or not", respectively.
The values are given according to "number of units"/"number of units with problems"/"no information of problems have been received". For units where no additives have been used, this is given by "0" instead of "0/0/0".

		Sulphur					NOx-reducing substances						Limestone		
	Total	Amms (B)	Gran (B)	Mix	-	?	NH3 (B)	NH3 (R)	Urea (B)	Mix	-	?	Lime (B)	-	?
Fw ecs	50/8/1	2/1/0	2/0/0	0	44/7/1	2	27/1/0	5/1/0	11/2/1	1/0/0	4/4/0	2	3/0/0	47/8/1	0
Exh g b	26/1/2	0	1/1/0	0	24/0/2	1	8/1/2	1/0/0	8/0/0	1/0/0	7/0/0	1	1/0/0	25/1/2	0
Air(tube)	14/1/0	2/0/0	1/1/0	0	10/0/0	1	9/1/0	0	2/0/0	0	2/0/0	1	1/0/0	13/1/0	0
Air(Lj)	6/4/0	0	0	0	6/4/0	0	2/1/0	2/1/0	0	1/0/0	1/2/0	0	1/0/0	5/4/0	0

Here it can be seen that additives of the type NO_x-reducing species are the most common, and then in the boiler. What concerns the problem related effect, feedwater economisers having lime as an additive results in no problem while it for 47 feedwater economisers without lime results in problems for 8 feedwater economisers. This suggests that lime as an additive in the boiler reduces the number of feedwater economisers having problems, but the number of feedwater economisers having lime as an additive is so much larger compared to the number of feedwater economisers having no lime, that it is not correct to draw a firm conclusion. What also can be seen is that for the NO_x-reducing species, all of the feedwater economisers have problems when no NO_x-reducing species are added, while it for feedwater economisers where NO_x-reducing species are added, the number of feedwater economisers having problems are much lower, at the most 1 of 5 for NO_x-reducing species added to a reactor. When investigating this, one can se that 4 of the 5 problems is of the clogging type. It is reasonable to believe that the adding of NO_x-reducing species before the feedwater economisers results in a less good adhesion of the flue gas ash and other components on the surface of the feedwater economisers.

Construction and operation

Problems for the units connected to the construction can be seen in Table 5, and problems connected to soot removal and maintenance can be seen in Table 6.

Table 5. ***Problems connected to construction.*** *Factors which affect the problems for the feedwater econo-misers ("Fw ecs"), exhaust gas boilers ("Exh g b"), and air preheaters of the tube type ("Air p h (tube)") and of the Ljungström type ("Air p h (Lj)").*
"Tube bend" means whether the bends of the tubes for the units are outside (O) or inside (I) the flue gas channel, "Tub surface" whether the tubes are of the type finned (F) or smooth (S), "Material" whether the material of the tube is carbon steel (CS), stainless steel (SS) or cast iron (CI), "Heating" indicates if the ingoing media is preheated with a preheater (P) or recirculation (R). "Tot" stands for total number of "equivalent functions" (see 1.2). The sign "#" means that information is not possible to receive while "?" stands for "no information received".
The values are given according to "number of units"/"number of units with problems"/"no information of problems have been received", with the exception if no case exists, where instead only "0" is given.

	Total	Tube bend			Tub surface			Material				Heating				
		O	I	?	F	S	?	CS	SS	CI	?	P	R	P+R	-	?
Fw ecs	60/9/1	24/7	22/2/1	14/0	21/6	39/3/1	0/0	51/8/1	2/0	3/1	4/0	17/3	7/4	1/0	33/2/1	2/0
Exh g b	26/1/1	8/0	7/1/1	11/0	15/1	9/0/1	2/0	11/1	2/0	0/0	13/0/1	0/0	2/0	0/0	22/1/1	2/0
Air(tube)	24/1/0	#	#	#	4/0	20/1	0/0	14/1	9/0	0/0	1/0	18/1	0/0	0/0	6/0	0/0
Air(Lj)	6/4/0	#	#	#	#	#	#	3/1	0/0	0/0	3/3	1/0	0/4	0/0	5/0	0/0

In table 5 it can be seen that for the feedwater economisers problems connected to the tube bends gives that for 24 feedwater economisers having the tube bends outside the flue gas channel 7 feedwater economisers have a problem, while for 22 feedwater economisers having the tube bends outside the flue gas channel only 2 feedwater economisers have a problem. This suggests that it is advantageous having the tube bends inside the channel. For the tube surface it can be seen that for the feedwater economisers having finned tubes, 6 have a problem, while for feedwater economisers having smooth tubes only 3 have a problem. This suggests, what could be expected, that finned tubes increase the risk for problems for feedwater economisers.

Table 6. ***Problems connected to soot removal and maintenance.*** *Factors which affect the problems for the feedwater economisers ("Feedwater ecs"), exhaust gas boilers ("Exhaust g b"), and air preheaters of the tube type ("Air ph (tube)") and of the Ljungström type ("Air ph (Lj)").*
The different types of soot removal are steam soot blowing (SSB), mechanical rapping (MR), shot cleaning (SC), acoustical soot removal (ASR) and air soot blowing (ASB). "Tot" stands for total number of "equivalent functions" (see 1.2). The sign "#" means that information is not possible to receive while "?" stands for "no information received". The values are given according to "number of units"/"number of units with problems"/"no information of problems have been received", with the exception that a value for "no information of problems have been received" is only given when it is larger than zero.

	Total	Soot removal								Maintenance		
		SSB	MR	SC	ASR	ASB	SSB+ASR	-	?	Have	-	?
Feedwater ecs	60/9/1	31/8	7/0	10/0	0/0	1/0	7/1	2/0	2/0/1	17/4	5/0	38/5
Exhaust g b	26/1/1	6/1	0/0	9/0	3/0/1	0/0	0/0	3/0	5/0	3/1	0/0	23/0/1
Air ph (tube)	24/1/0	13/1	0/0	0/0	0/0	0/0	2/0	0/0	9/0	6/0	3/0	15/1
Air ph (Lj)	6/4/0	6/4	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	2/1	0/0	4/3

In Table 6 it can be seen that for problems connected with soot removal, 9 out of 31 feedwater economisers using steam soot blowing have a problem while for 7 with mechanical rapping and 9 with bead soot removal, neither of them have a problem. This suggests that mechanical rapping and bead soot removal causes less problems than steam soot blowing.

Presentation and conclusions of individual experiences

- A bypass connected unit enables the unit to be cleaned and fixed without stopping the plant. Another method is to have oil burners in the boiler, and during cleaning of the air preheater turning of the blower for the air.
- If the plant is a power plant, the accessibility requirements are high, why the cleaning time for the heat exchangers should be minimised. This is a reason for power plants to use heat exchangers of the smooth tube type.
- For the package of the heat exchanger where the medium goes in, the risk for condensation is the greatest, and for this package the use of stainless steel is of most benefit.
- Preheaters reduce the risk that the heated medium will have such a low temperature that the temperature of surface of the heat exchanger decreases the dew point temperature. Preheaters of the heat water type however, might not be sufficient enough to give the required temperature increase.
- A protecting shelf and plates sticking out from the walls of the flue gas channel are two methods to reduce the risk for erosion on the tube bend of the heat exchanger. A dust collector pocket in the flue gas channel also reduces the erosion effect of the flue gas. An additional method to reduce the risk for erosion is to have a long flue gas channel after between a bend and the heat exchanger, thereby minimising the turbulent flow.
- Is the isolation of a partition wall insufficient, there will be a risk that a condensate is formed on the partition wall, pouring down to the heat exchanger tube and causing corrosion on the tube.
- Timber from the south of Sweden, freshly cut wood and green wood have a high chloride content why it is recommended not to have a too high percentage of these fuels. Another type of fuel which might cause problems are ash-rich fuels e.g. powders of grains and agrofuels which increases the risk for clogging.
- To decrease the carbon monoxide content in the flue gas, additives in the form of sulphur granulate might be useful.
- It is not uncommon with poorly executed welds, and an examination of the welds, possibly by an independent expert, before the device is put in place reduces the risk of breakdowns.
- Insert tube can be used when a tube of an air preheater is punctured, thereby avoiding the cost of a new package.
- A method for cleaning the air side is to use a pointed object. For example, for the air preheater of a waste boiler at the Kristinehed Plant, a saw made of plexiglass is used to saw the dirt between the tubes.

- To increase the chances of getting satisfaction from what relates to the guarantee, the condition of the warranty period must be defined.

Innehållsförteckning

1 INLEDNING 1

1.1 BAKGRUND 1
1.2 BESKRIVNING AV FORSKNINGSOMRÅDET 1
1.3 FORSKNINGSUPPGIFTEN OCH DESS ROLL INOM FORSKNINGSOMRÅDET 2
1.4 MÅL OCH MÅLGRUPP 2

2 VERKSAMHETSBESKRIVNING 3

2.1 FÖRTYDLIGANDE AV MÅLBESKRIVNING 3
2.2 METODIK 3

3 LITTERATURGRANSKNING 6

3.1 UTFORMNING EKONOMISER (FUNKTIONELLT) 6
3.2 UTFORMNING LUFTFÖRVÄRMARE (FUNKTIONELLT) 9
3.3 PROBLEMTYPER 12
3.4 PÅVERKANDE FAKTORER 16
3.5 UTFORMNING EKONOMISER (PROBLEMRELATERAT) 28
3.6 UTFORMNING LUFTFÖRVÄRMARE (PROBLEMRELATERAT) 31

4 SVARSSAMMANSTÄLLNING AV GEMENSAMMA FRÅGESTÄLLNINGAR 33

4.1 KONTAKTADE ANLÄGGNINGAR 33
4.2 PROBLEMOMFATTNING 34
4.3 ANLÄGGNINGSBESKRIVNING OCH PROBLEMKOPPLING 36

5 ANLÄGGNINGARS INDIVIDUELLA ERFARENHETER 41

5.1 KONSTRUKTION OCH DRIFT; EKONOMISER OCH LUFTFÖRVÄRMARE 41
5.2 KONSTRUKTION OCH DRIFT; EKONOMISER 42
5.3 KONSTRUKTION OCH DRIFT; TUBLUFTFÖRVÄRMARE 43
5.4 KONSTRUKTION OCH DRIFT; LJUNGSTRÖM LUFTFÖRVÄRMARE 43
5.5 KONSTRUKTION OCH DRIFT; SOTNING 43
5.6 KONSTRUKTION OCH DRIFT; ÖVRIGT 44
5.7 BRÄNSLE 44
5.8 UNDERHÅLL OCH ÖVERVAKNING 45
5.9 ALLMÄNT 46
5.10 UTÖVER KOPPLING TILL EKONOMISRAR ELLER LUFTFÖRVÄRMARE 47

6 SLUTSATSER OCH REKOMMENDATIONER 49

6.1 UTDRAG FRÅN KAPITEL 4 49
6.2 UTDRAG FRÅN KAPITEL 5 49

7 FÖRSLAG TILL UPPFÖLJNINGAR OCH FORTSATT FORSKNINGSARBETE 51

8 ACKNOWLEDGEMENT 52

9 LITTERATURREFERENSER 53

Bilagor

A.1 ANLÄGGNINGSLISTA NVV 2006

A.2 ANLÄGGNINGSLISTA NVV 2010

B FRÅGELISTA

C ANLÄGGNINGSSVAR

D ANLÄGGNINGSFOTON

E ENHETSÖVERSIKT

F.1 ENHETSSEKVENS I RÖKGASLINJE

F.2 RENINGSENHETER I RÖKGASLINJE

G BRÄNSLE

H.1 TILLSATSER (GROVDATA)

H.2 TILLSATSER (TABELL)

I.1 FÖRUTSÄTTNINGAR FÖR MATARVATTENEKONOMISER

I.2 FÖRUTSÄTTNINGAR FÖR AVGASPANNOR

I.3 FÖRUTSÄTTNINGAR FÖR LUFTFÖRVÄRMARE

J.1 PROBLEMERFARENHETER MATARVATTENEKONOMISER

J.2 PROBLEMERFARENHETER AVGASPANNOR

J.3 PROBLEMERFARENHETER LUFTFÖRVÄRMARE

K PROBLEMUPPKOMSTER OCH ÅTGÄRDER (SAMTLIGA ENHETER)

L MATERIALSAMMANSÄTTNING

M FÖRKORTNINGAR

N ENGELSK TABELLTEXT

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Förbränningsanläggningar i Sverige utsätts för stora påfrestningar avseende lågtemperaturkorrosion, och skadefall med anledning av lågtemperaturkorrosion uppkommer regelbundet. Framförallt vanligt förekommande är korrosionsproblemen hos luftförvärmare och ekonomisrar (se ref. 5, 19, 22-29). Detta beror på den förhållandevis låga temperaturen för det medium som rökgaserna ska höja temperaturen på; luft till förbränningskammaren från luftförvärmaren, och vatten till panntuberna från ekonomisern. Den låga temperaturen hos mediet gör att temperaturen hos den värmeöverförande ytan blir låg, vilket i sin tur gör att rökgaserna kondenserar på den värmeöverförande ytan. Den kondenserade gasen är vanligen mycket korrosiv och ställer höga krav på materialet hos den värmeöverförande ytan. Dessutom har den värmeöverförande ytan krav på god värmeledande förmåga, och den höga temperaturen på den inkommande rökgasen, begränsar ytterligare alternativen vad gäller materialval. Slutligen har vissa anläggningars rökgaser en hög halt av partiklar vilket bidrar till en förhöjd erosiv effekt hos rökgasen.

Olika möjligheter föreligger för att minska korrosionen, exempelvis genom att ha ett högkvalitativt korrosionståligt metalliskt material eller genom att ha ett enklare metalliskt material med en skyddande beläggning av högre kvalité. De olika alternativ som står till buds kan dock variera kraftigt i fråga om kostnad. Dessutom beror tålighetskravet hos den värmeöverförande ytan på temperaturen hos det kylande mediet, och på rökgasens sammansättning och temperatur. Rökgasens sammansättning beror i sin tur på bränsle, på tillförda ämnen till bränslet eller rökgasen, samt på förekommande reningssteg för rökgasen innan luftförvärmare och ekonomisern. Ytterligare åtgärder som påverkar livslängden hos luftförvärmare och ekonomiser är driftsrutiner, övervakning och underhållsåtgärder. Detta sammantaget gör det svårt att avgöra lämpligaste materialval för luftförvärmare och ekonomisern, eventuellt också kopplad till val av reningssteg och val av driftsrutiner.

Erfarenhetsunderlaget i form av förbränningsanläggningar som har luftförvärmare och ekonomiser är dessbättre stort, och en användbar insamling skulle därför kunna göras av de erfarenheter som finns hos anläggningar avseende korrosion hos luftförvärmare och ekonomisrar, kopplade till anläggningarnas konstruktion och driftsförhållande. En sammanställning utifrån erfarenhetsinsamlingen och en litteraturgranskning skulle ge anläggningsägare och anläggningskonstruktörer ett betydelsefullt redskap i att förebygga korrosion hos luftförvärmare och ekonomisrar.

1.2 Beskrivning av forskningsområdet

Rapporter där korrosionsproblem hos luftförvärmare och ekonomisrar generellt kommenteras förekommer (se ref. 5, 19, 22-29). Erfarenhetsinsamlingar är dock sällsynta, och den enda som hittats är en rapport där det insamlats några exempel på korrosionsskador från endast en utvald anläggning. Någon erfarenhetsinsamling som

enbart är fokuserad på luftförvärmare och ekonomisrar har alltså inte hittats, och än mindre sannolikt är det att någon erfarenhetsinsamling skulle finnas som samlat in erfarenheter om korrosionsproblem för luftförvärmare och ekonomisrar hos ett stort antal anläggningar.

1.3 Forskningsuppgiften och dess roll inom forskningsområdet

Projektet ska utföras främst i form av intervjuer med anläggningsansvariga men också i form av en litteraturstudie. För intervjudelen så ska åtminstone trettio anläggningar kontaktas, utvalda på ett sådant sätt att urvalet har så bred täckning som möjligt avseende faktorer som kan anses ha störst betydelse för korrosionen hos luftförvärmare och ekonomisrar, exempelvis bränsle och materialval. I förekommande fall av korrosionsskador på luftförvärmare eller ekonomisrar ska besök på plats göras för att bedöma skadans omfattning, art och orsak. För litteraturstudien ska rapporter inom exempelvis Värmeforsk och Swerea KIMAB granskas.

Forskningsuppgiften kommer att bidra till att behovet av sammanställda erfarenheter från förbränningsanläggningar vad gäller deras korrosionserfarenheter i allmänhet, och relaterat till luftförvärmare och ekonomisrar i synnerhet tillgodoses.

1.4 Mål och målgrupp

Enligt projektets ansökan ska projektet resultera i en rapport som

- ska ange hur omfattningen av korrosionen hos luftförvärmare och ekonomisrar påverkas av olika faktorer, exempelvis materialval hos luftförvärmare och ekonomisrar, anläggningens bränsle, anläggningens konstruktion och anläggningens driftförhållanden,

- utifrån en anläggnings bränsle ska ange hur exempelvis ovan angivna faktorer hos en förbränningsanläggning bör vara utformade för att minimera risken för korrosion hos luftförvärmare och ekonomisrar,

- ska ange om behov av ytterligare utredningar inom området korrosion hos luftförvärmare och ekonomisrar föreligger, och i så fall på vilket sätt.

Målgruppen utgörs främst av drift- och underhållsansvariga på förbränningsanläggningar, men även av beställare av anläggningar i allmänhet och beställare av luftförvärmare och ekonomisrar i synnerhet. Ytterligare en målgrupp är anläggningskonstruktörer.

2 Verksamhetsbeskrivning

2.1 Förtydligande av målbeskrivning

Enligt målbeskrivningen (se 1.4) anges att korrosion på ekonomisrar och luftförvärmare ska studeras, och då med avseende på kondenskorrosion. Detta var underförstått rökgassidig korrosion, men under utredningens gång framkom att det finns ekonomisrar och luftförvärmare som värms med vatten eller ånga från vatten/ång-cykeln. De vatten/ångvärmda värmeväxlarna utsätts dock för en miljö som är skonsam, varför korrosionen på dessa får förmodas vara förhållandevis liten. Detta stöds också av de frågor som ändå i rapporten ställdes till anläggningsägare om dessa enheter avseende korrosionserfarenheter. Därför bedömdes uppgifter om exempelvis konstruktion och driftsförhållanden för vatten/ångvärmda värmeväxlare inte kunna bidra med uppgifter av intresse för rökgasvärmda värmeväxlare, varför vatten/ångvärmda värmeväxlare inte behandlas i denna rapport.

Enligt målbeskrivningen anges begreppet ekonomisrar. Det var angett med den underförstådda betydelsen matarvattenekonomisrar. Referensgruppen ansåg dock att även erfarenheter av korrosion på bl. a fjärrvärmeekonomisrar skulle kunna utnyttjas för matarvattenekonomisrar. Projektansvarige höll med referensgruppen och lovade ta med även utredning av fjärrvärmeekonomisrar i projektet. Under utredningens gång framkom att det finns två huvudtyper av fjärrvärmeekonomisrar, dels de som uppvärms av rökgaser direkt och dels de som uppvärms av det kondensat som bildas vid rökgaskylning, samlas upp via en egen krets, och förs vidare till fjärrvärmeekonomisern. Dessa två typer kallas vanligen för primära respektive sekundära fjärrvärmeekonomisrar. Den primära fjärrvärmeekonomisern kan i sin tur delas upp i två varianter, den ena där kondensering eftersträvas, för att därigenom utnyttja kondensvärme, och den andra varianten, där man försöker undvika kondensering. Den förstnämnda utnyttjas vid rökgaskondensering och avviker från matarvattenekonomisrar för vilka man istället försöker undvika kondensering på grund av risk för daggpunktskorrosion. Därför inkluderas i projektet endast fjärrvärmeväxlare av den typen där man försöker undvika kondensering. Dessa valdes att benämnas avgaspannor (se 2.2.5).

2.2 Metodik

2.2.1 Metodik

Val av anläggningar för utfrågning gjordes utifrån Naturvårdsverkets lista över förbränningsanläggningar (se kap 2.2.2). De utvalda anläggningarna kontaktades via telefon för att finna lämplig representant vad gällde utfrågning av respektive anläggning. Här gällde det dock inte endast fråga om kunnighet utan även vad gäller beredvillighet att svara på frågor. När lämplig representant hittats började erfarenhetsinsamlingen. Till en början gjordes erfarenhetsinsamlingen via telefon, och då genom att dels endast kort förhöra sig om antalet pannor och korrosionserfarenhet vad avser ekonomisrar och luftförvärmare, och dels höra efter om möjligheten att via mail sända över ett svarsformulär för ifyllnad. Under verksamhetens fortskridande

utkristalliserade sig dock uppfattningen att det inte skulle gå att utforma ett övergripande svarsformulär som skulle kunna gälla för alla typer av anläggningar (se kap 2.2.3).

Istället valdes metoden att först via telefon i stora drag förhöra sig om anläggningen, och då framförallt på de punkter som senare skulle möjliggöra en kompletterande utfrågning vad avser detaljer via svarsformulär. Ett skäl till att inte begära även de mer detaljerade uppgifterna direkt vid samtalet rörande de övergripande uppgifterna, var att dessa mer detaljerade uppgifter, exempelvis vad gäller materialtyp i ekonomisrar och luftförvärmare, ofta var något anläggningsrepresentanten inte hade kännedom om. Ett annat skäl med att vänta med den mer detaljerade utfrågningen var att utfrågningen av enbart de övergripande uppgifterna ofta kunde ta minst en timme, och att anläggningsrepresentanten ofta varken hade ork eller tid för ytterligare frågor just vid det aktuella tillfället.

För att underlätta och systematisera utfrågningen utformades en frågemall (se kap 2.2.4). Denna frågemalls utformning var dock inget som skulle visa sig vara färdigställt inför de första samtalen. Allteftersom utfrågningarna fortskred insågs nämligen behovet av ytterligare frågor om uppgifter som skulle vara av betydelse av förståelsen för korrosion av ekonomisrar och luftförvärmare, både vad avser övergripande och mer detaljerade uppgifter. Därför var kontakt med anläggningsrepresentant tvungen att göras på nytt, allteftersom kontakterna med anläggningsrepresentanterna fortskred. Dessutom kunde konstateras att skillnader i benämningar på samma enheter - och samma benämningar på olika enheter (se kap 2.2.5) - orsakade osäkerhet och missuppfattningar i uppgiftsinsamlingen, varför även av detta skäl anläggningsrepresentanterna var tvungna att höras på nytt.

Under projektets gång, företrädesvis under sommaren och hösten 2009, besöktes ett antal av de utvalda anläggningarna, för att förbättra underlaget till rapporten. Av samma skäl letades fram leverantörer av ekonomisrar och luftförvärmare, och gjordes en litteraturgranskning. Den sista rundringningen utfördes under augusti 2011, till samtliga anläggningar och kompletterat med ytterligare mailfrågor.

Slutligen sammanställdes resultaten i föreliggande rapport.

2.2.2 Val av anläggningar

Enligt målbeskrivningen (se 1.4) anges att minst 30 anläggningar ska kontaktas, och utfrågas m a p erfarenhet av korrosion på ekonomisrar och luftförvärmare. Urvalet av anläggningar gjordes utifrån Naturvårdsverkets lista över förbränningsanläggningar där utsläpp av NOx-gaser för respektive anläggning anges [1]. Utifrån denna lista (framtagen 2006) valdes de 35 största anläggningarna ut m a p effekt, undantaget de anläggningar som kan klassas som sodapannor (se bilaga A.1). Dessutom inkluderades på önskemål från referensgruppen ytterligare en anläggning, Ryaverket, med anledning av att en av referensgruppens medlemmar framförde ett speciellt intresse just av denna anläggning. Under verksamhetens gång framkom dock att en av anläggningarna som enligt Naturvårdverkets lista uppgetts vara en fristående anläggning, Norrköpings värmeverk, i själva verket är en del av Händelöverket. Med anledning av den försening

som projektet drabbades av beslöts att dessutom utesluta ytterligare några av anläggningarna ur rapporten för att därigenom vinna tid, dock ej fler än att det i målbeskrivningen föregivna antalet, 30 stycken, inte skulle understigas. De anläggningar som uteslöts valdes ut antingen utifrån att de använder naturgas som bränsle, något som under utredningens gång visade sig medföra mycket ringa effekter på den rökgassidiga korrosionen, eller att det visade sig vara svårt att få begärda uppgifter från anläggningen.

2.2.3 Svarsformulär

Inledningsvis var planen att utforma ett svarsformulär som skulle skickas till en representant för varje anläggning. Något som har betydelse för förklaringen av eventuell korrosion på ekonomisrar och luftförvärmare är bl. a vad som kommer före dessa enheter i rökgaslinjen, exempelvis filter och tillsatser. Under utredningens gång kunde konstateras att många av de utvalda anläggningarna har flera pannor och därmed rökgaslinjer, och att varje rökgaslinje kan ha en egenartad utformning, både med avseende på de enheter som ingår i rökgaslinjen och med avseende på sekvensen för dessa. Det kunde därigenom också konstateras att ett svarsformulär som skulle ta hänsyn till alla möjliga utformningar av rökgaslinjer, skulle vara tvungen att ges en så omfattande utformning att det troligen skulle vara avskräckande att befatta sig med ett sådant svarsformulär för en anläggningsrepresentant. Dessutom skulle risk för missförstånd vara större än vid telefonkontakt.

2.2.4 Frågemall

Istället för att fortsätta försöka använda sig av svarsformulär, beslöts istället att utnyttja en frågemall. Utifrån denna frågemall skulle genom telefonkontakt med anläggningsrepresentant i första hand klargöras antal pannor, utformning av tillhörande rökgaslinjer samt i stora drag utformning av i rökgaslinjen ingående enheter och driftsförhållanden. Ett sådant formulär utformades, se bilaga B, även om det utvecklades allt under projektets gång och därför initialt sett annorlunda ut.

2.2.5 Begreppsklargöranden

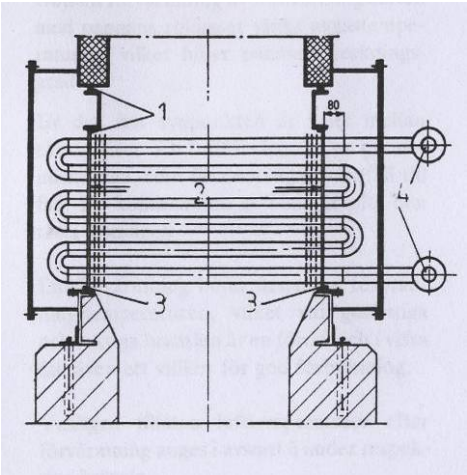
Under projektets fortskridande konstaterades att fjärrvärmeekonomisrar på vilkas ytor kondensering inte eftersträvas, har stora likheter med matarvattenekonomisrar vad gäller korrosion. Vissa anläggningsrepresentanter kallar dessa enheter för avgaspannor medan andra, om inte anläggningen har någon matarvattenekonomiser, kort och gott för ekonomiser. För att undvika sammanblandning med fjärrvärmeekonomisrar på vilkas ytor kondensering eftersträvas, och för att få en kort benämning, anges nämnda enhet i föreliggande rapport för avgaspannor.

3 Litteraturgranskning

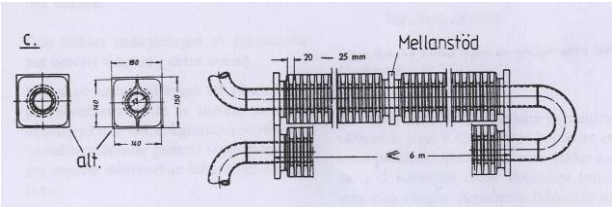
3.1 Utformning ekonomiser (funktionellt)

3.1.1 Konstruktion

Matarvattenekonomisern består av ett paket av rör där matarvattnet strömmar i släta eller flänsade tuber, medan rökgaserna strömmar utanför. För en förbränningsanläggning strömmar rökgaserna vinkelrätt mot tuberna (se figur 3.1-1), medan de för sodapannor går parallellt med tuberna. För att underlätta rengöring och reparation är paketen vanligen ej högre än 1,5-2 m, och för att underlätta rengöring och för att minska uppbyggnad av beläggningar på flänsar är flänsade tuber alltid horisontellt ställda. Rören förbinds med varandra genom rörkrökar som svetsas till rören (se figur 3.1-2), och vattnet kommer in och går ut från ekonomisern via fördelnings- respektive samlingslåda (se figur 3.1-3). Rörtuberna kan antingen vara placerade i raka rader eller i sicksack (se figur 3.1-4), där förstnämnda variant ger mindre problem med beläggning medan sistnämnda ger bättre värmeöverföring.



Figur 3.1-1. Ekonomiser i rökgaskanal. 1) tätning, 2) flänsad rörlängd, 3) stödplatta, 4) fördelnings- resp. samlingslåda.
Figure 3.1-1. Economiser in a flue gas duct. 1) sealing, 2) flanged pipe length, 3) support plate, 4) distribution and collection box.

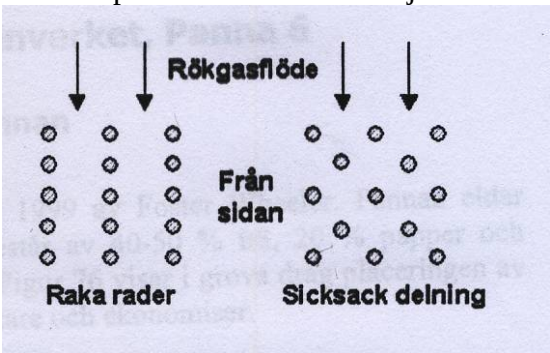


Figur 3.1-2. Kamflänsade rör.
Figure 3.1-2. Finned tube.

På grund av svårigheter att rengöra rörkrökarna från beläggningar föredras ofta att ha rörkrökarna utanför rökgasflödeslinjen (se figur 3.1-1). Har rören flänsar som är fyrkantiga kan rören läggas så att det bildas en vägg, om än ej rökgastät, på ekonomiserns två sidorna med röränder, vilket ger stöd åt rören. En annan möjlighet för att ge stöd åt rören är att använda gavelplåt, ur vilken hål av motsvarande diameter som rörens ytterdiameter skärs upp, och genom vilka rören får ligga. Själva tätningen utgörs av en yttre plåt (se figur 3.1-5). En nackdel med att ha rörkrökarna utanför

rökgaskanalen är dock att det är svårt att hålla tätt vid genomföringarna, varför aska lätt ansamlas i mellanutrymmen, med förhöjd korrosionsrisk på rörkrökarna som följd.

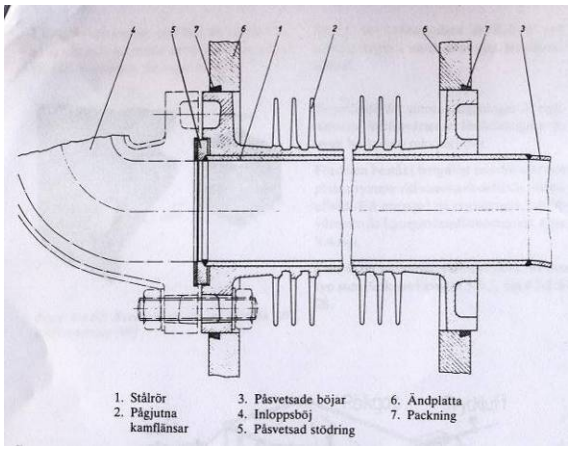
Figur 3.1-3. Ekonomiserpaket med uppsamlingslådor.
Figure 3.1-3. Economiser package with collection boxes



Figur 3.1-4. Två olika varianter av placering av tuber relativt rökgasflödets riktning.
Figure 3.1-4. Two different types of placing of tubes relative the direction of the flue gas.

Rören kan, som tidigare sagt, antingen vara släta eller flänsade, där de släta ger mindre problem med beläggning medan de flänsade ger bättre värmeöverföring. Flänsade rör kan antingen vara helgjutna av gjutjärn eller bestå av stålrör på vilka flänsarna antingen är pågjutna (se figur 3.1-6), påkrymta eller påsvetsade.

Figur3.1-5. Förflyttning av ekonomiserpaket, inkapslad i sitt yttre skal.
Figure 3.1-5. Movement of economiser package, encapsulated in its outer shell.

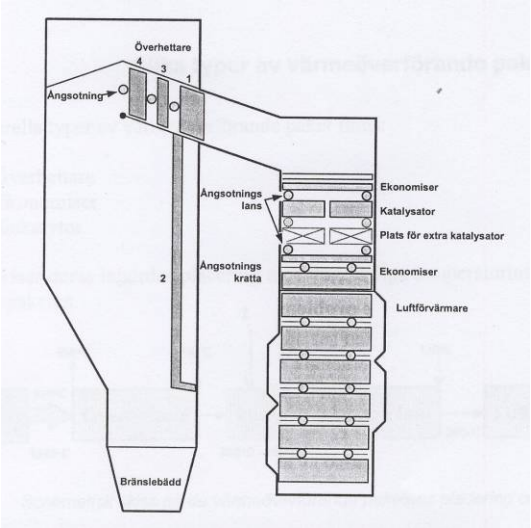


Figur 3.1-6 Ekonomisertub med pågjutna flänsar.
Figure 3.1-6 Economiser tube with molded flanges.

Flänsarnas form kan variera, framförallt om de är svetsade, och kan vara allt från fyrkantiga (se figur 3.1-7), vilket är den vanligaste varianten, till spiralformade (se figur 3.1-8), vilket används till rena gaser, exempelvis naturgas. Flänsarna kan också vara uppklippta (3.1-9), vilket ökar värmeupptagningsförmågan men samtidigt också beläggningsbenägenheten.

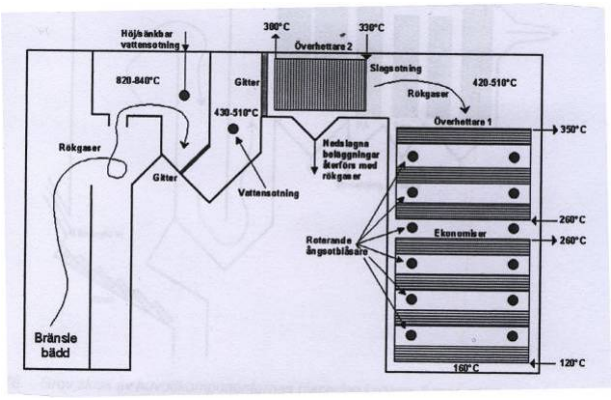
Figur 3.1-7, 3.1-8 och 3.1-9. Olika varianter av flänsning.
Figure 3.1-7, 3.1-8 och 3.1-9. Different types of flanging.

Flera paket av ekonomisrar kan följa efter varandra i rökgasens flödeslinje, och då eventuellt med andra mellanliggande enheter, exempelvis katalysatorer (figur 3.1-10).

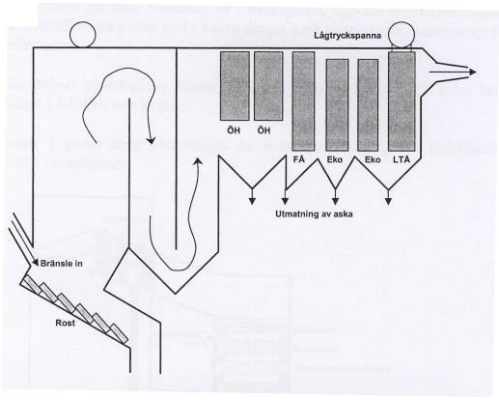


Figur 3.1-10. Ekonomiserstapel med mellanliggande enheter.
Figure 3.1-10. Economiser staple with intermediate units.

Ekonomisrarna kan dessutom antingen vara liggande (figur 3.1-11) eller hängande (3.1-12).



Figur 3.1-11. Liggande ekonomiser.
Figure 3.1-11. Horizontal economiser.



Figur 3.1-12. Hängande ekonomiser.
Figure 3.1-12. Hanging economiser.

3.1.2 Material

Gjutjärnsrör är lämpliga för aggressiva miljöer som exempelvis sodapannor. Däremot är de relativt tryckkänsliga, och för tryck högre än ca 40 bar krävs stålrör med påkrymta gjutjärnsflänsar ovanpå stålrören [2]. Dessa klarar både aggressiv miljö och högre tryck. Rostfritt är däremot mer ovanligt, och för exempelvis Ekströms Värmetekniska AB är nästan allt stål i ståltuber för ekonomisrar av typen svartstål [3]. Stålrören kan vara sömlösa eller längdsvetsade. De längdsvetsade är billigare men skillnaden i pris har under åren varierat, och de längdsvetsade är för närvarande inte så mycket billigare [3]. Dessutom har man kunnat konstatera att de längdsvetsade inte blivit utsatta för mer korrosion än de sömlösa.

3.1.3 Drift

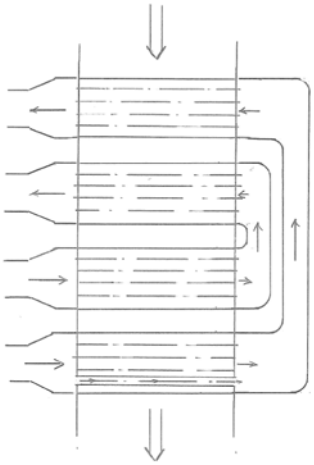
Vattenhastigheten i ekonomisertuber är vanligen 0.5-1.2 m/s, medan rökgashastigheten ligger på 6-12 m/s [2]. Vanliga värden på vattentemperaturen är 100-120 ºC in och 250-300 ºC ut, medan rökgasen kan ha motsvarande värden på 300-450 ºC respektive 150-200 ºC. På grund av den mycket högre värmeöverföringskoefficienten för vatten än för rökgasen, är rörväggens temperatur nära vattnets. Ekonomisrar med termisk effekt på några få kW passar för små oljeeldade verk, medan effekter på mellan 2 och 5 MW får anses som ganska stora.

3.2 Utformning luftförvärmare (funktionellt)

Luftförvärmning höjer förbränningstemperaturen, vilket för gasfattiga bränslen, exempelvis kol, och fuktiga bränslen är en fördel och i vissa fall även ett villkor för god förbränning. Dessutom utnyttjas värmeenergin i rökgaserna vilket höjer pannans verkningsgrad.

3.2.1 Konstruktion

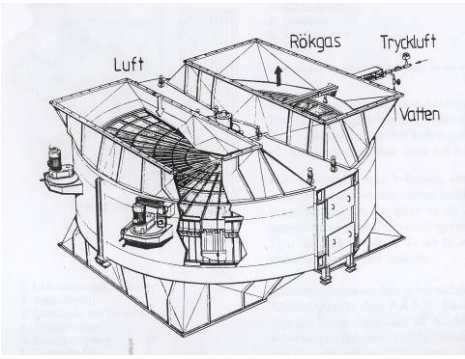
Beskrivning av utformning och drift av rörluftförvärmare motsvarar till viss del ekonomisern. En stor skillnad är dock att röränderna för luften inte är sammanbundna med rörkrökar, utan luften från ett tubpaket kommer istället ut i ett tillslutet utrymme innan den går vidare till nästa rörpaket (figur 3.2-1 och 3.2-2).



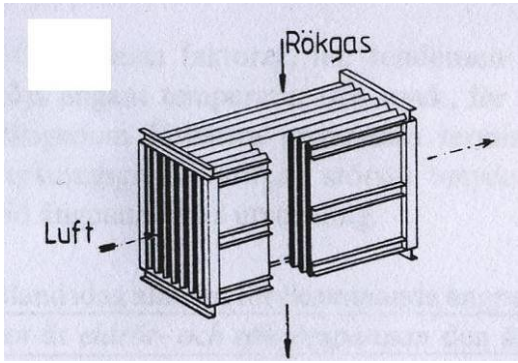
Figur 3.2-1. Principritning luftförvärmare. Luft (enkelpil) passerande genom två luftledningar bestående av två tubpaket med horisontellt liggande tuber vardera. Tubpaketen uppvärms av vertikalt gående rökgas (dubbelpil).
Figure 3.2-1. Air (single arrow) passing through two air ducts, consisting of two tube banks with horizontal tubes each. Tub packages are heated by the vertically extending flue (double arrow).

Figur 3.2-2. Primärluftförvärmare. Utrymme för inkommande luft till vänster, tubpaketets väggsida med tubändar för ingående luft till höger.
Figure 3.2-2. Primary Air preheater. Space for the incoming air on the left side, and side of tube bank with ends of tube for input air to the right.

En annan skillnad med luftförvärmare är att de inte alltid består av rör. En relativt vanligt förekommande variant av luftförvärmare är av typen regenerativ, och då av typen Ljungström (se figur 3.2-3).



Figur 3.2-3 Ljungström luftförvärmare.
Figure 3.2-3. Ljungström air preheater.

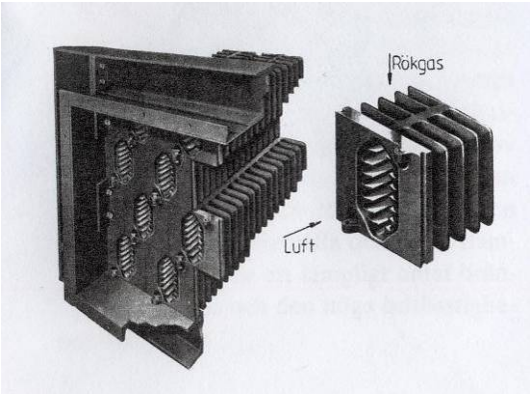


Figur 3.2-4. Plattvärmeväxlare.
Figure 3.2-4. Plate heat exchanger.

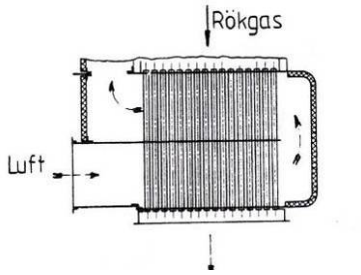
Fördelen med regenerativa luftförvärmare består i betydligt lägre vikt och krav på utrymme vid samma överförda värmemängd. Som nackdel kan anges större risk för läckage om olika tryck råder mellan rökgassidan och luftsidan, vilket oftast är fallet.

Även luftförvärmare av typen plattvärmeväxlare förekommer men är relativt ovanlig. Den består av ett antal parallellt ställda plåtar. Plåtarna är sammanbundna två och två, på så sätt att två motstående kanter är sammanfogade. För vartannat par är hopfogningen horisontell och varannan vertikal, varvid det möjliggörs att rökgasen kan strömma igenom varannan vertikal kanal, medan luften genom varannan kanal horisontellt (se figur 3.2-4).

Flänsar kan förekomma hos rörluftförvärmare, och då både in- och utvändigt, samtidigt som rören är tillplattade (se figur 3.2-5). Det förekommer också luftförvärmare där rökgaserna går inne i rören (se figur 3.2-6), men dessa är mest vanliga i USA.



Figur 3.2-5. Luftförvärmare med flänsade rör.
Figure 3.2-5. Air preheater with flanged tubes.



Figur 3.2-6. Luftförvärmare med vertikalt ställda rör.
Figure 3.2-6. Air preheater with vertical tubes.

3.2.2 Material

Gjutjärn klarar sig bättre än kolstål i korrosionssammanhang, men är dyra och tunga, och därför ovanliga numer, till förmån för kolstål. Stålrören kan vara sömlösa eller längdsvetsade.

3.2.3 Drift

Vanliga värden på lufttemperaturen in är i vissa fall rumstemperatur jämfört med 80-120 ºC då förvärmning förekommer, och 130 ºC ut. På grund av att värmeöverföringskoefficienten är av samma storleksordning på luft- och rökgassidan, är det värmeöverförande godsets temperatur ungefär mittemellan luftens och rökgasens.

3.3 Problemtyper

Detta projekt ska samla in erfarenheter från ett antal förbränningsanläggningar av främst korrosion på matarvattenekonomisrar, på icke kondenserande fjärrvärmeekonomisrar samt på luftförvärmare, varför dessa fortsättningsvis ibland för enkelhetens skull kallas ”värmeväxlarna”.

Rökgasen vid ekonomisrar och luftförvärmare innehåller fasta partiklar och gasmolekyler, medan däremot vid de temperaturer som vanligen råder, kring 200 ºC, ingen vätska. Däremot kan temperaturen på ytorna hos ekonomisrar och luftförvärmare underskrida daggpunktstemperaturen varvid kondens faller ut på ytorna. Kondensen kan öka risken för vidhäftning av de fasta partiklarna på ytorna men också, beroende på kondensatets sammansättning, orsaka korrosion på ytorna. Fasta partiklar, i form av hygroskopiska salter, kan å sin sida ökar risken för kondensutfällning genom att höja daggpunktstemperaturen (se kap 3.3.3), och dessutom göra kondensatet mer aggressivt om det hygroskopiska saltet innehåller exempelvis klorider. Fasta partiklar behöver dock ingen närvaro av kondens för att vidhäfta mot ytorna, och vidhäftningen kan fortsätta på den initialt bildade avlagringen. Är avlagringens vidhäftning mot ytan och avlagringen i sig tillräckligt stark, kan avlagringen växa sig allt tjockare. Detta medför inte bara att värmeöverföringen från rökgasen till mediet i ekonomisern och luftförvärmaren hämmas, utan även, i förlängningen, att igensättningar uppkommer, vilket ökar risken för erosion. Är det dessutom så att beläggningen innehåller ett salt med ett lågsmältande eutektikum (se kap 3.3.3), kan rökgastemperaturen vara tillräcklig för att skapa en saltsmälta vilket kraftigt ökar risken för korrosion. Slutligen kan fasta partiklar, beroende på hårdhet och storlek, öka risken för erosion. Beroende på konstruktion och temperatur hos ekonomisern, och på grund av att den ligger före luftförvärmaren i rökgasflödet, är det främst ekonomisern som kan drabbas av igensättningar, saltsmältor och erosion av rökgasens fasta partiklar.

Rökgassidiga problem för värmeväxlarna utgörs av beläggningsbildning, igensättningar, erosionsskador samt korrosionsskador. Problem på värmeväxlarens sida med det värmeupptagande mediet utgörs rimligen endast i mycket begränsad omfattning av beläggningsbildning och erosion, utan istället av korrosion och då för vattenbaserade värmeväxlare. Den vattensidiga korrosionen får dock förmodas också vara mycket begränsad, åtminstone om man jämför med de rökgassidiga problemen. Vid samtal med representanter för de anläggningar som granskas i denna rapport (se bilaga A1) har endast vid ett fåtal tillfällen framkommit att problem uppstått på sidan med det värmeupptagande mediet, varför frågeställningar kopplade till denna typ inte tas upp i det följande.

3.3.1 Beläggningsbildning och igensättning

Beläggningsbildning kan betraktas som ett förstadium till igensättningar, och för med sig den nackdelen att värmeväxlarens prestanda minskar. Om beläggningarna blivit så tjocka att igensättning kan sägas ha skett, kommer rökgasens hastighet genom de ytor som inte är igensatta att öka kraftigt, med den påföljden att erosionseffekten där också ökar.

3.3.2 Erosion

På vattensidan av ekonomisern är erosionsskador sällsynta även om de uppges förekomma [4]. Diskontinuiteter, exempelvis uppkomna på grund av anlagringar av fasta produkter på ytan, kan orsaka störningar i flödet i form av turbulens, med nötning och materialförlust som följd.

Betydligt mer vanligt förekommande är erosionsskador på rökgassidan, där en av de vanligaste bidragande orsakerna är den eroderande effekten hos rökgasen. Här är flygaskan en betydande komponent. Den påverkar både direkt genom att erodera ytan men också indirekt genom att orsaka beläggningar. Detta begränsar genomflödesarean, vilket ökar rökgashastigheten och därmed den eroderande effekten. Den eroderande effekten hos partiklar minskar när temperaturen går upp, på grund av att partiklarna blir mjukare [2]. Samtidigt kan man dock anta att beläggningsbenägenheten ökar hos partiklarna med ökad temperatur. Detta medför då en ökning av hastigheten genom ekonomisern på grund av den minskade genomflödesarean som den ökade beläggningen orsakar. Därför är det inte helt klart att en ökad temperatur hos partiklarna minskar erosionen.

Förutom flygaska kan bitar härrörande från avlossning av panntubs- och överhettaravlagringar förekomma i rökgasen. Att detta förekommer har kunnat konstateras i ett annat pågående Värmeforskprojekt [30]. Detta har säkerligen en stor betydelse för erosionen men det är oklart hur pass vanligt förekommande fenomenet är. Partiklarnas hårdhet beror också på dess sammansättning. Här anses höga koncentrationer av aluminium och kisel ge hög grad av hårdhet [4]. Förutom partiklarnas hårdhet och koncentration har alltså rökgasens hastighet stor betydelse för korrosionen. Exempelvis anges maximal rökgashastighet för att undvika erosion till 23 m/s för bagass (sockerrörsavfall), 18 m/s för sand och 14 m/s för cementdamm. Att beakta är här att både högre last och utökat luftöverskott ökar rökgashastigheten [4].

Erosionsskador kan uppkomma även utan att igensättningar uppstått om det är brister i värmeväxlarens konstruktion, exempelvis att genomflödesarean är för liten, och då antingen genom värmeväxlaren i sig eller relativt rökgasväggen. Även andra orsaker till erosion än rökgasen kan förekomma. Här är erosion orsakad av sotblåsare av störst intresse. En felriktad blåsare tillåter en höghastighetsstråle av ånga, eller av luft innehållande kondenserade vattendroppar, att slå an mot tubytan istället för mellan tuberna. Partiklar i rökgasen kan också följa med strålen och öka bidraget till erosionen.

Slutligen kan ekonomisrar drabbas av erosionsskador i form av steam cutting, d v s ångutsläpp från närliggande genombrottsskadad tub. Detta är som mest allvarligt där trycket och ångtemperaturen är som störst, vilket exempelvis gör att steam cutting ger mer omfattande skador hos överhettare. Dessutom rapporteras denna typ av skada på ekonomisrar relativt sällan. Detta kan dock bero på förväxling med skada orsakad av rökgaspartikelerosion, vilken ibland kan ge en liknande skadebild som steam cutting.

3.3.3 Korrosion

För ekonomisrar är rökgasens temperaturområde ca 300-450 ºC in och 150-200 ºC ut vilket gör att förutsättningar finns för att temperaturen på ekonomiserytan ska vara tillräckligt hög för att salter med lågsmältande eutektikum ska kunna bilda smältor och orsaka korrosion, se tabell 3.3-1 [20,21]. Några uppgifter om att saltsmältor ska ha orsakat skador på ekonomisrar och luftförvärmare har dock inte hittats.

Tabell 3.3-1. Blandsalter med lågsmältande eutektikum. T_{mp} står för ”melting point” d v s smältpunkten.
Table 3.3-1. Mixed salts with low-melting eutectic. T_{mp} stands for melting point.

Klorider (Zn)	T_{mp} [°C]	Klorider (Övr)	T_{mp} [°C]	Sulfater	T_{mp} [°C]
$KCl-ZnCl_2$	230	CuCl-NaCl	320	$K_2SO_4-ZnSO_4-Na_2SO_4$	384
$NaCl-ZnCl_2$	262	$KCl-FeCl_2$	355	$K_2SO_4-ZnSO_4$	440
$ZnCl_2-KCl-PbCl_2$	275	$NaCl-PbCl_2$	410	$Na_2SO_4-ZnSO_4$	472
$ZnCl_2-PbCl_2$	300	$KCl-PbCl_2$	411	$K_2SO_4-PbSO_4$	795
$ZnCl_2$	318	KCl-NaCl	658		

För luftförvärmare är temperaturen inte tillräckligt hög för att orsaka saltsmältor, utan förutsättningen för korrosion är här istället att vattenlösning i någon form finns närvarande på det utsatta materialets yta.

Daggpunktstemperatur
Lågtemperaturkorrosion är korrosion som inträffar vid lägre temperaturer. En övre temperaturgräns för lågtemperaturkorrosion är inte bestämd, men brukar uppfattas som temperatur över vilken vattenlösningar inte är närvarande och därmed inte heller bidrar till korrosionen. För exempelvis förbränningsanläggningar med svavel i bränslet är den övre gränsen för lågtemperaturkorrosion den temperatur vid vilken svavelsyralösningar faller ut, d v s daggpunktstemperaturen, som högst, då bränslet innehåller mycket svavel, ca 140-180 ºC. För rökgaser från bränsle som inte innehåller svavel är daggpunktstemperaturen betydligt lägre. Exempelvis bränsle som förutom vattenånga endast innehåller klorväte, har en daggpunktstemperatur som är betydligt lägre, ca 60-90 ºC. En allmän uppfattning är därför att man kan undvika korrosion på ytor exponerade för rökgaser i åtminstone luftförvärmaren genom att hålla materialtemperaturen över rökgasens daggpunktstemperatur.

Ett annat förhållande som gör det möjligt att få vätska närvarande även om inte daggpunktstemperaturen underskrids, är om hygroskopiska salter finns närvarande på materialytan. Detta kan beroende på att salt höjer temperaturen för vätskenärvaro med åtminstone ca 30 ºC [5], och troligen än mer. Denna temperatur är inte formellt att uppfatta som daggpunktstemperatur men eftersom vätska ändå finns närvarande under denna temperatur finns anledning att kalla temperatur vid vilken kondensat finns närvarande för kondenseringstemperaturen. Dessutom, om närvaron av kondensat beror på närvaro av salter, kan temperaturen anges som den hygroskopiska daggpunktstemperaturen, eller den delikvescenta daggpunktstemperaturen [6].

Ytterligare en sak som ofta förbises vid bedömning av daggpunktstemperaturen för bränslen utan svavelinnehåll är i de fall tillsatser till eldstaden görs av svavel i någon form för att komma tillrätta med kloridsmältor på panntuber. Genom att tillsätta svavel exempelvis i form av ammoniumsulfat enligt metoden ChlorOut [7] eller i form av svavelgranulat [8], binds svavel i form av sulfat till alkalimetaller som annars skulle bilda kloridsmältor, och kloriderna försvinner med rökgaserna i form av HCl. Detta innebär dock att daggpunktstemperaturen kan riskera att höjas kraftigt genom det svavel som inte reagerar med alkalimetallerna, och som då går vidare med rökgaserna för att omvandlas till svavelsyra i ett senare skede.

En metod att bestämma kondenseringstemperaturen är teoretisk. För rena oljeeldade verk, då i stort sett den enda kondenserbara gasen över rumstemperatur utöver vattenånga är svavelsyraånga, anses av vissa att teoretiska beräkningar ger ett bra värde på kondenseringstemperaturen [9,10,11,12]. För koleldade, bioeldade och avfallseldade kraftverk är den resulterande rökgasen mer sammansatt. Även om vissa hävdar att man ändå har teoretiska uttryck för att utifrån rökgassammansättningen kunna erhålla värdet på kondenseringstemperaturen [6], får detta anses betydligt osäkrare än för rökgaser från ren oljeeldning, framförallt som den teoretiska underbyggnaden för metoderna är tveksam [6]. Än osäkrare blir det att bestämma kondenseringstemperaturen vid närvaro av hygroskopiska salter, och framförallt då dubbelsalter.

Ett annat sätt att bestämma metoden är experimentellt. En kommersiellt tillgänglig daggpunktstemperaturmätare tillhandahålls av företaget Land Instrument International [13]. Instrumentet bygger på den ändring i resistans som uppkommer mellan två elektroder då kondensat faller ut i samband med att enheten med de två elektroderna kylts under daggpunktstemperaturen. Ytterligare en daggpunktsmätare har utvecklats av Swerea KIMAB [14,15]. Den bygger också på den ändring i resistans som uppkommer mellan två elektroder då kondensat faller ut i samband med att enheten med de två elektroderna kyls under daggpunktstemperaturen. Dock avviker Swerea KIMABs utrustning från den som Lands konstruerat, både i fråga om utformning och ifråga om elektrokemisk mätmetod.

Erosionskorrosion

Ytterligare ett område som är värt att nämna är den skadehöjande effekt som korrosion och erosion tillsammans kan ge. Underskrids daggpunktstemperaturen faller kondensat ut och tuben börjar korrodera. Korrosionsprodukten har en viss avskärmande effekt på kondensatet, varför korrosionshastigheten blir lägre än vad den var initialt då inga korrosionsprodukter var närvarande. Förekommer erosion av tillräckligt hög grad kommer dock korrosionsprodukten att erodera bort varvid korrosionen fortsätter med lika hög hastighet som den hade initialt.

3.4 Påverkande faktorer

Flera faktorer påverkar omfattningen av problem med beläggningsbildning, igensättningar, erosionsskador och korrosionsskador (se kap 3.3), och dessa faktorer kan delas upp dels på den omgivande miljön, dels på värmeväxlarens utformning, dels på värmeväxlarens inre miljö, och dels på omfattning samt typ av underhåll av värmeväxlaren.

3.4.1 Rökgasmiljö

Efter förbränningen innehåller rökgaserna fasta partiklar och gasmolekyler, där de fasta partiklarna består av aska och ofullständigt förbrända partiklar, sot. Med fullständig förbränning menar man att alla brännbara beståndsdelar förenat sig fullständigt med syre, exempelvis C, H_2 och S till CO_2, H_2O respektive SO_2. I dagligt tal förstås med aska det som är fasta restprodukter vid förbränning. Inom området energiteknik används betydelsen fast icke brännbar substans, vilket innebär att aska förekommer även i bränslet före förbränningen. Vad avser askan som restprodukt vid förbränningen så kan den delas upp i bottenaska, eller som det också benämns, slagg, samt i flygaska. Vilka restprodukter som erhålls i eldstaden i samband med förbränning beror främst på bränslet, men även pannans utformning och förbränningsförhållanden påverkar. Förekommer cykloner som reningssteg, vilken då är det första reningssteget i rökgasens väg, kan flygaskan delas upp cyklonaska, d v s den aska som faller ut från cyklonen, samt i filteraska, d v s det som passerar genom cyklonen [17]. Vad gäller gasmolekylerna kan också dessa utgöras av förbränningsprodukter som ytterligare kan förena sig med syre, exempelvis CO.

Den övervägande andelen av de komponenter som når fram till värmeväxlaren härrör från de reaktionsprodukter som bildats vid förbränning av bränslet, vilka på vägen från eldstad till värmeväxlare eventuellt undergått ytterligare reaktioner med varandra [16]. Andra komponenter kan härröra från de tillsatser som gjorts, antingen i samband med förbränningen eller i ett senare skede i rökgasflödets riktning, och som också kan ha undergått ytterligare reaktioner med reaktionsprodukter från förbränningen. Dessutom kan rökgasen innehålla komponenter som lossnat från avlagringar. Omfattningen av komponenterna i rökgasen kan också begränsas, framförallt genom olika typer av reningssteg, men också genom utfällning på rökgaskanaler och föregående värmeväxlare.

Vad gäller rökgasmiljön kring värmeväxlaren utgörs den, förutom av rökgasens genomsnittliga sammansättning och den eventuella snedfördelningen i rökgasströmmen av fasta partiklar, även av rökgastemperatur, daggpunktstemperatur och hastighet. Förutom rökgasen kan de yttre miljöfaktorerna utgöras av sotningsförhållanden och övriga rengöringsförhållanden.

3.4.2 Bränsle och förbränningsförhållande

Aska

Ungefärliga värden på askinnehåll kan ses i tabell 3.4-1. Här kan ses att askinnehållet varierar kraftigt, inte bara mellan olika bränslen utan även inom samma bränsletyp.

Framför allt för avfall och kol kan askinnehållet variera kraftigt, och för kol finns uppgifter på att askinnehållet för vissa koltyper kan vara ända upp till 40% [2].

Bränsle	Aska	
	% av torrt bränsle	kg/kJ i torrt, askfritt bränsle
Olja	0,01–0,3	0,003–0,07
Kol	5–15	1,5–5,5
Ved	1,5–5,3	0,5–3
Torv	0,5–6,2	0,3–3
Sopor	12–30	6–10
Halm	3–5,5	2–5

Tabell 3.4-1. Ungefärliga värden på askinnehåll för olika bränslen.
Table 3.4-1. Approximate values of the ash content for different fuels.

Förutom aska kan fasta partiklar, exempelvis alkaliklorider, bidra till den fasta beläggningen. Är de fasta partiklarna hygroskopiska salter kan de även bidra till att sänka rökgasens daggpunktstemperatur (se 3.3.3), och därmed riskera att rökgasen kondenserar på ytan, med större risk för beläggningsbildning som följd. Biobränslen, men särskilt returträ och avfall, innehåller relativt höga halter av alkaliklorider. Framförallt påverkas dock daggpunkten av svavelhalten i rökgaserna, vilken givetvis är hög i samband med oljeeldning, men också då torv eldas. Även bildäck innehåller höga halter av svavel, vilka ibland eldas tillsammans med avfall, varvid daggpunktstemperaturen på rökgasen höjs markant.

Förutom att alkalikloriderna bidrar till att höja daggpunkten resulterar de även i att det kondensat som eventuellt faller ut blir extra aggressivt, genom de från alkalikloriderna närvarande kloridjonerna, vilket kraftigt ökar risken för gropfrätning.

Partiell förbränning orsakar högre halter av partiklar och aska i rökgasen, och därmed också rökgasens eroderande effekt. Detsamma gäller om bränslet är förorenat med sand eller jord. En möjlighet att minska dessa problem är att ha någon typ av uppsamlare eller filter innan ekonomisern eller luftförvärmaren.

Fukt

En hög fukthalt i bränslet sänker energiutbytet och kan även ge förbränningstekniska och hanteringsmässiga problem. Exempelvis kan en hög fukthalt medföra att förbränningstemperaturen sjunker men att rökgasvolymen ökar, vilket förflyttar värmeupptagningen från eldstaden till konvektionsstråket [17]. Den ökade rökgasvolymen kan också medföra att den uttagna panneffekten reduceras på grund av den förändrade värmeupptagningen. För exempelvis en rostpanna leder höga fukthalter i bränslet till en mindre glödbädd vilket i sin tur försämrar förbränningsstabiliteten på rosten. Hög fukthalt ger i allmänhet ”kladdigare” och mera kompakt bränsle vilket kan vara svårare att mata jämnt in till pannan. Den försämrade förbränningen kan medföra ökad askhalt och därmed öka risken för beläggningar på ekonomisrar och luftförvärmare.

Rekommenderad övre fukthalt beror på panntyp, se tabell 3.4-2 [17].

Tabell 3.4-2. Rekommenderad övre fukthalt beroende på panntyp.
Table 3.4-2. Recommended upper moisture content depending on type of boiler.

Pulverpannor	**Rost**	**BFB/CFB**
< 15% fukthalt. Torrt bränsle nödvändigt för snabb antändning	Relativt okänslig för fukthalt. Spann 5-60%, beror på designen av pannan.	Höga fukthalter kan accepteras. Spann 5-60%, beror på design.

En högre fukthalt höjer också daggpunktstemperaturen, vilket riskerar att den överskrider yttemperaturen på ekonomisrar och luftförvärmare. Pannor som eldar blandbränslen med hög fukthalt och låg förbränningstemperatur har haft problem, medan anläggningar som eldar rena, torra biobränslen har klarat sig utan problem [17].

Ved
Lufttorkad ved brukar innehålla ca 25-30% fukt. Det är praktiskt möjligt att elda träbränslen med fukthalt upp till 65%. Bark är dock ofta i fuktigaste laget, speciellt vintertid, och särskilt om virket våtbarkas [2]. Vid trumbarkning är fukthalten 35-60% och vid hydraulisk barkning kan den vara upp till 70%. När fukthalten är stor (50-65%) sker förbränningen bäst på snedrost (jämför tabell 3.4-2). Bark har hög sand- och askhalt. Dessutom, när virket transporteras med bil får barken oftast ett upptag av sand och jord. Även om flottning av ved numer inte görs i Sverige, så finns uppgifter på att askhalterna för biltransporterat bränsle blir högre, ibland 5%, jämfört med flottat bränsle.

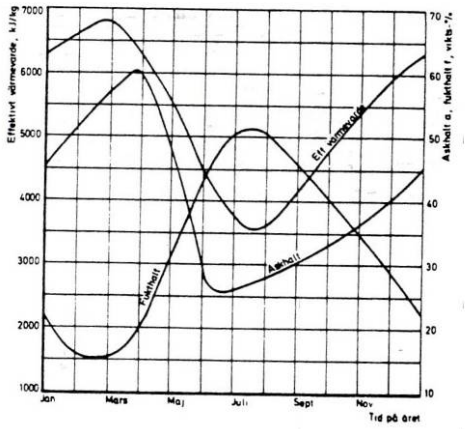
Flis gör man i första hand av skogsavfall d v s toppar, grenar, stubbar och klena träd som blir över när man gallrar eller avverkar. Rivningsvirke och byggavfall ger flis med låg fukthalt [2]. Avfallsbränslen (sågspån, flis) innehåller ofta i rått tillstånd omkring 50% fukt [2].

Förbränningsluftens temperatur vid vedeldning varierar mellan rumstemperatur och 300 ºC beroende på fukthalt och inmurning i pannans eldstad.

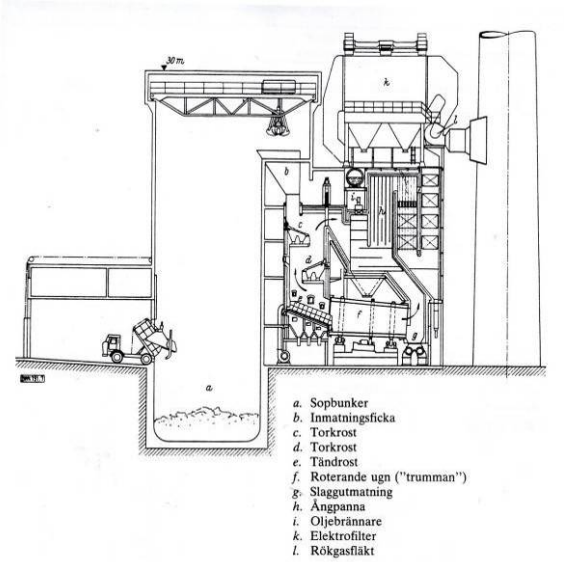
Torv
Torvens värmevärde och övriga egenskaper är snarlika träbränslets [2]. Askhalten varierar mellan 2 och 20%. Askan mjuknar vid ca 1000 ºC.

Den färska torven innehåller 80-90% vatten. Soltorkning ger vanligen fukthalt med ca 50%, och ibland ned till 25%. För att kunna användas som bränsle ska fukthalten vara högst 50%.

Avfall
Avfallets värmevärde samt fukt och askhalt kan variera kraftigt under ett år (se figur 3.4-1).



Figur 3.4-1. Variation hos avfall av värmevärde, fukt och askhalt under ett år.
Figure 3.4-1. Garbage variation of heating value, moisture and ash content during one year.



Figur 3.4-2. Panna konstruerad för att leda en del av förbränningsgaserna över det färska avfallet.
Figure 3.4-2. Boiler constructed to lead some of the combustion gas above the fresh garbage.

Med ökad pappersåtervinning minskar avfallets värmevärde medan det ökar om metall och glas sorteras ut. En del obrännbart material kan sorteras ut, men merparten av det obrännbara och slaggbildande materialet kommer att matas in. Om avfallssorteringen drivs så långt att avfallet delas upp i brännbar del, kompostråvara, metaller och plaster kommer den brännbara delen att ha ett relativt högt värmevärde och måttlig askhalt. Den kan då torkas och pelleteras. Plastavskiljning ger mindre korrosion, både i panna och efterföljande delar. För att undvika svårigheter vid förbränning av avfall bör man eftersträva en utjämning av svängningarna i avfallets egenskaper. Det kan åstadkommas delvis genom att med organisatoriska åtgärder se till att avfall av varierande ursprung blandas, och delvis genom tillsats av högvärdigare bränslen. Finns tillgänglighet till bunker med stor volym underlättas utjämningen.

Askan mjuknar vid ca 1000 ºC, men redan vid 800 ºC kan sammanklumpning inträffa. Att elda hushållsavfall av normal beskaffenhet på en fast rost har visat sig praktiskt omöjligt, utan det är nödvändigt att hålla bränsleskiktet i rörelse för att undvika en för förbränningen störande sammanbakning.

En del av de från förbränningen härrörande gaserna leds ofta över det färska avfallet för att uppnå torkning (figur 3.4-2). De torkande gaserna kan därmed erhålla en temperatur som under vissa omständigheter sjunker så pass att mängden av oförbrända material i dessa gaser kraftigt ökar. För att undvika detta måste den för fullständig förbränning nödvändiga sekundärluften förvärmas.

Luktgränsen för avfall ligger vid ca 600-700 ºC, och för att förbränningsgaserna med säkerhet ska vara luktfria skall eldningstemperaturen vara ca 900 ºC. För att förhindra utsläpp av hälsovådliga produkter, ex. dioxiner, krävs en minimitemperatur tillsammans

med god syretillförsel och en minsta uppehållstid. Vad gäller minimitemperatur hävdas av vissa att den bör ligga på 1300 ºC[2], medan många pannor med fluidiserande bädd använder sig av 850 ºC som gräns.

Kol
Kol som används för eldning i värmeverk brukar kallas ångkol, medan benämningen gaskol används på kol som används för gasframställning. Fukthalten varierar normalt mellan 1 och 10% för stenkol medan ofta mellan 40 och 50% för brunkol. Askans smältpunkt kan ligga mellan 1000 och 1500 ºC. Svavelhalten brukar ligga på mellan 0.5 och 5%.

Det kol som används i svenska kraftverk är stenkol. Brunkol används på grund av sitt lägre energiinnehåll endast i anläggningar i anslutning till brunkolsgruvor. I Sverige används kolkraftverk i mycket liten utsträckning. Den totala användningen av fossila bränslen i Sverige uppgår till 3,4% av den totala energiproduktionen. Bolaget Vattenfall, helägda av svenska staten, har dock ett flertal kolkraftverk. 46 procent av Vattenfalls energiproduktion består av fossila bränslen, till största delen kolkraftverk utanför Sverige.

Kolets askmängd innebär att askbeläggningar i pannan ökar jämfört med oljeeldning. Vid övergång från olje- till koleldning måste därför värmebelastningen i eldstaden och rökgastemperaturen hållas lägre med hänsyn till de större askmängderna och den lägre asksmälttemperaturen. Behovet av stoftavskiljning ökar.

Bränsleblandning
Bränsleblandning kan ha till fördel att stödja förbränning av lågvärdigt bränsle eller att uppnå en jämnare ångproduktion i de fall ett av de samtidigt eldade bränslena har varierande kvalité. Kan bränslena blandas innan de tillförs brännkammaren har man att göra med endast ett bränsle, ett blandbränsle, varigenom både eldstadens konstruktion, bränslehantering och förbränningsstyrning förenklas.

Inom trä- och pappersmassaindustrin förekommer det ofta att tillgången på träbränslet varierar avsevärt. Under sådana förhållanden måste pannan utformas för att klara full kapacitet även när träbränslet ej är tillräckligt, och alltså kunna köras med full last med enbart tillsatsbränslet.

3.4.3 Eldningsutrustning

Beroende på typ av bränsle och hur bränslet behandlats kan förbränningen ske antingen på en bränslebädd, s k rosteldning, i en fluidiserad bädd eller i finfördelad form, s k pulvereldning.

Rosteldning
Vid förbränning av fasta bränslen som ved, kol och flis är det vanligt att använda en rosterpanna, där själva rostern är en sorts galler. Rosterpannan finns i olika utformningar där skillnaderna huvudsakligen beror på huruvida rostern är rörlig eller ej, och från vilket läge i pannan bränslet matas in. Utifrån rosterns rörlighet kan rosterpannan kategoriseras som fastplanrost, trapprost, kedjerost eller vanderrost där de

två sistnämnda har rörlig roster medan trappstegsrosten kan vara både och [2]. Utifrån inmatningsläget kan rosterpannan kategoriseras som övermatningsrost eller undermatningsrost. Ofta används en rörlig roster som då alltså rör sig i pannan under det att bränslet förbränns. Förbränningsluft tillförs underifrån och från sidan, och aska som bildas faller ner genom gallret och kan tas om hand.

Större delen av primärluftens syre förbrukas i skiktet närmast rosten, som är den oxiderande delen av bränslebädden. Därför behövs också sekundärluft som tillföres ovanför bränslebädden.

Fördelen med trapproster som har horisontella luftutsläpp är att bränslet ej faller genom rosten även om den skulle ha stora luftöppningar.

Är roststavarna i trapprostern vattenkylda kan kylningen vara tillräcklig [13], men förekommer inte vattenkylning är kylningen dålig, och temperaturen blir åtminstone över 1000 ºC på de varmaste platserna. Om hålrummen för luftkylningen dessutom täpps igen kan temperaturen bli betydligt högre. Den luftkylda rostern är därför bäst lämpad för lågvärdiga bränslen, speciellt sådana med hög fukthalt. Speciellt lämplig är trapprosten för träflis med hög fukthalt (50-60%).

Trapproster med rörliga stavar används även för avfallsförbränning.

Bränsleskiktet i undermatningsroster är högt, och är därför ej lämplig för bränslen med låg asksmältpunkt eller bakande slagg.

Om askhalten är hög och det finns risk för stark slaggbildning väljs en snedrost kombinerad med en rörlig rost.

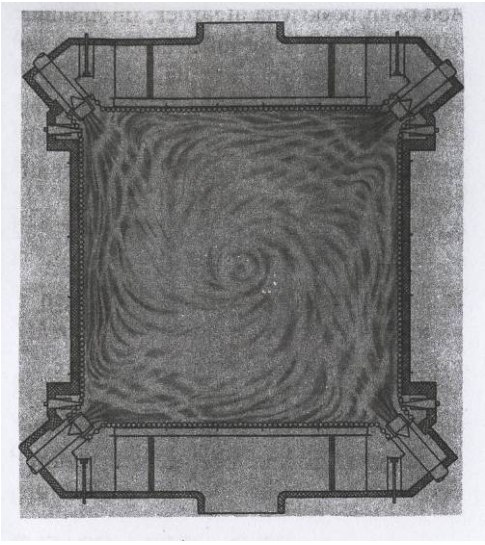
Rosten har en värmeackumulerande förmåga och besitter därmed en viss termisk tröghet. Detta är till fördel då bränslet har en skiftande fukthalt och värmevärde, för att förhindra att elden slocknar vid tillförsel av speciellt fuktigt bränsle.

Pulvereldning
Är bränslet malt till ungefär samma finhet som mjöl, kan det eldas på i princip samma sätt som olja. Bränslet sprutas då tillsammans med luft in i eldstaden, där det brinner svävande i luften. Bränslet kan intimt blandas med luft, varför lågt luftöverskott kan användas vid förbränning. Kringutrustningen för torkning, malning och transport i luftströmmen är dock dyrbar varför det för exempelvis kolpulvereldning sällan är ekonomiskt för anläggningar med en effekt under ca 30 MW.

Brännarna i en pulvereldad panna kan antingen vara raka brännare där bränsle-luftblandningen tillföres i en platt ström parallellt med sekundärluften, eller virvelbrännare, en mer avancerad variant, där bränsle-luftblandningen tillförs via ett cylindriskt rör placerat i brännarens centrum, och sekundärluften tillförs koncentriskt med detta rör. En fördel med virvelbrännare är att den möjliggör belastningsändringar inom ett brett område. Brännarna kan vara flera till antalet, och en vanlig variant med raka brännare är hörnbrännare. Dessa är placerade i hörnen av en eldstad med

kvadratisk horisontell sektion, och är riktade så att de ger upphov till en virvel i förbränningsrummet (figur 3.4-3). Detta ger en god blandning av luft och bränsle.

För pulvereldning uppehåller sig bränslepartiklarna endast någon sekund i eldstaden varför tändningen måste ske snabbt. Tändningen underlättas genom att förbränningsluften förvärms, och för sekundär och eventuell tertiärluft vanligen till 250-450 ºC. För primärluften är dock temperaturen lägre för att undvika avsättningar i bränsle-luftblandningsröret, och för exempelvis kolpulvereldning begränsas temperaturen uppåt till ca 65-80 ºC.



Figur 3.4-3. Luftströmningsprofil i en hörneldad panna.
Figure 3.4-3. Airflow profile in a corner fired boiler.

Förbränningsförloppet är beroende av bränslepartiklarnas storlek, blandningen av luft och bränsle, samt temperaturen i eldstaden.

För att uppnå tillfredställande förbränning bör temperaturen i eldstaden för exempelvis kolpulvereldning ligga på ca 1000 ºC. Temperaturvariationen i kolpulverflammor visar dock värden som varierar mellan ca 1600 ºC i i mitten och ca 600 ºC vid eldstadsväggarna. Genom att variera sekundär- och tertiärluftmängderna kan man påverka både temperaturfältet och flammans läge i förbränningsrummet.
En förlust på grund av oförbrända partiklar på 1-2% vid kolpulvereldning är vanlig.

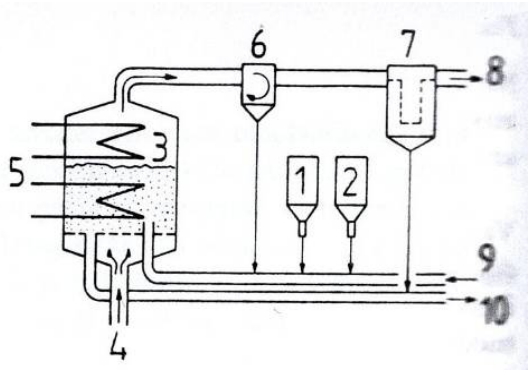
Om smält eller mjuk aska, d v s slagg, träffar kylda ytor stelnar den och slaggbeläggningar byggs upp. Pannan kan antingen vara utformad efter förutsättningen att smält slagg ska undvikas, med s k torr botten, eller efter att slaggen ska bibehållas i smält form tills den avlägsnats, med s k våt botten i en smältkammareldstad. Vid torr botten följer ca 80-90% av askan med rökgaserna till stoftavskiljaren, medan med våt botten så avskiljs 30-40% av askan i smält tillstånd. En speciell typ av smältkammare är cykloneldstaden. Den har en cylindrisk form med tangentiell inblåsning av bränsleluftblandningen, med resultatet att den ges en spiralrörelse med hög tangentiell hastighet. Den viktigaste fördelen med cykloneldning är att 80-90% av askan avskiljs i ugnen.

Genom att dela upp bränsletillförseln på många små brännare kan man få fullständig förbränning med lågt luftöverskott.

Fördelarna med pulvereldning är flera, bl. a tillåter den en mycket snabbare reglering av pannans belastning än eldning på rost. Dessutom ger torrt pulverbränsle högre förbränningstemperatur än fuktig biomassa. Därmed kan de värmeöverförande ytorna i pannan göras mindre. För torkning av bränslet kan man utnyttja de varma rökgaserna från pannan.

Askan i rökgasen är ett svårare problem än vid rosteldning på grund av större mängd och finare partiklar.

Fluidiserad bädd
När en bädd av fasta partiklar genomströmmas underifrån av en gas, kan olika faser urskiljas beroende på gasens hastighet. Vid låg hastighet söker sig gasen uppåt i det fria utrymmet mellan partiklarna, och partiklarna ruckas inte från sina vilolägen. Med högre hastighet kan ett sådant tillstånd uppnås att bäddpartiklarna lämnar sina vilolägen och svävar i gasströmmen. I denna andra fas uppför sig bädden ungefär som en fluid, d v s något som motsvarar en vätska eller en gas, varför den kallas fluidiserande bädd (FB). Om gashastigheten ökas ytterligare uppnås så småningom ett läge där alla partiklar lämnar bädden och följer med gasströmmen. Tillståndet i denna tredje fas benämns pneumatisk transport, vilket f ö är strömningstillståndet vid bränslepulvereldning.

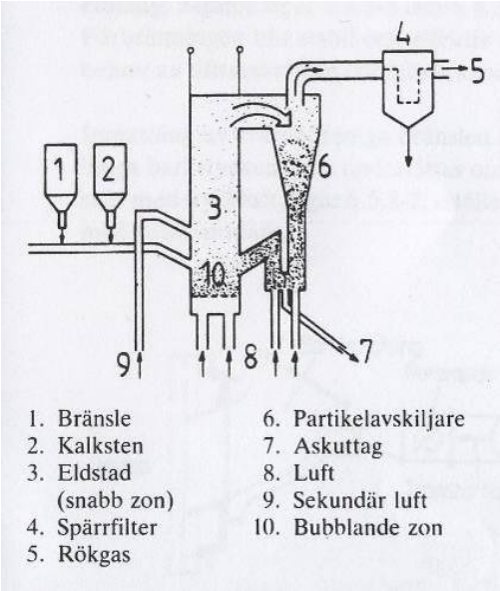


Figur 3.4-4. Turbulent fluidiserande bädd.
1) bränsle, 2) kalksten, 3) eldstad, 4) fluidiserings- och förbränningsluft, 5) värmeöverförande ytor, 6) grovavskiljare, 7) spärrfilter, 8) rökgaser, 9) transportluft, 10) askutmatning.

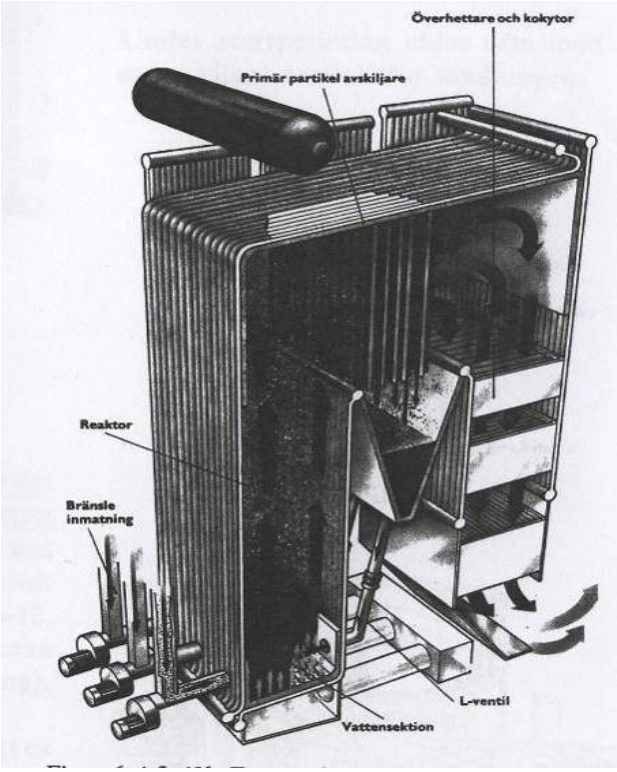
Figure 3.4-4. Turbulent fluidised bed.
1) fuel, 2) lime stone, 3) fire place, 4) fluidising and combustion air, 5) heat transfer surface areas, 6) coarse separator, 7) filter, 8) flue gas, 9) transportation air, 10) ash discharge.

Den fluidiserande bädden kan i sig ha tre stadier med ökande gashastighet; bubblande (BFB), turbulent respektive cirkulerande (CFB). I förstnämnda fallet strömmar gasen genom bädden i form av bubblor. I den turbulenta fluidiserande bädden (figur 3.4-4) blir bubblorna alltmer oregelbundna i formen, samtidigt som de skapas och kollapsar snabbare, alltså alltmer turbulent. Här lämnar en del partiklar bädden, flera ju större turbulensen är. Med än mer ökande hastighet blir bäddens yta allt svårare att definiera och hela kärlet fylls slutligen med ett moln av partiklar. För att hålla partikelkoncentrationen konstant måste de utblåsta partiklarna kontinuerligt återföras till bädden, och när detta görs har man en cirkulerande bädd eller en CFB (figur 3.4-5).

De fluidiserande bäddarna arbetar vanligen i närheten av atmosfärstryck, så kallade atmosfäriska bäddar, men man kan även hålla systemet under ett visst övertryck, så kallade trycksatta bäddar, PFB (pressurised fluidized bed). PFB är vanligen bubblande.



Figur 3.4-5a. CFB
Figure 3.4-5a. CFB

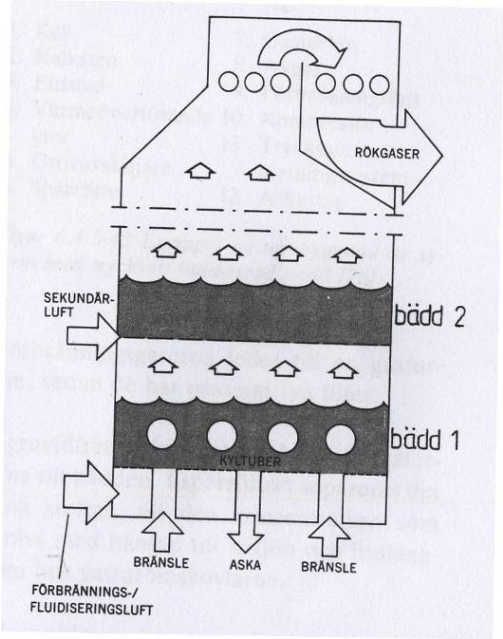


Figur 3.4-5b. CFB
Figure 3.4-5b. CFB.

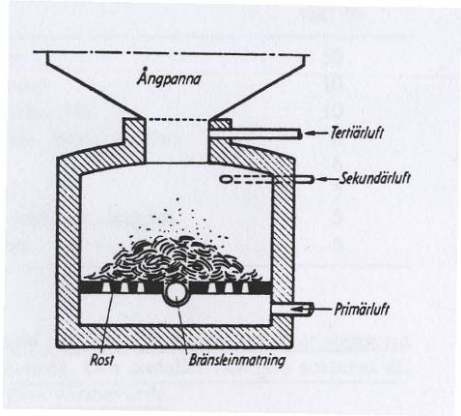
En vidareutveckling är att låta förbränningen ske i två ovanför varandra liggande bäddar, s k MBC (Multi Bed Combustion), se figur 3.4-6.

Fördelen med att trycksätta eldningssystemet är att anläggningens dimensioner minskar och att förbränningsgaserna kan användas för gasturbindrift. Dessutom uppnås bättre förbränning och avsvavling av rökgaserna samt lägre NO_x-halt. Temperaturen är dock högre vilket gör att stoftavskiljningen blir svårare.

Med flerbäddsförbränning minskar andelen oförbrända partiklar, samtidigt som det vid kalktillsats uppnås en effektivare avsvavling. Bädden består av en blandning av bränsle och inert material, där 98-99% är inert material exempelvis sand, aska, kalksten eller dolomit. Genom att bränslemängden alltså endast utgör 1-2% av bäddmaterialet är det möjligt att förbränna bränslen med höga ask- och fukthalter. FB-tekniken är således relativt okänslig för bränslekvalitén. Däremot kräver CFB homogent bränsle i små dimensioner till skillnad från en rosterpanna.



Figur 3.4-6. Flerbäddsförbränning.
Figure 3.4-6. Multi-bed combustion.



Figur 3.4-7. Undermatningsrost i kombination med cyklonugn.
Figure 3.4-7. Underfeeding grate boiler in combination with a cyclone oven.

Bäddtemperaturen är relativt låg, ca 850 ºC vilket gör att förbränningen sker långsamt, vilket åtminstone till viss del kompenseras av den intensiva omblandningen. Oförbrända partiklar är således att vänta vid eldning i FB. Vid koleldning kan oförbrända partiklar separeras i en grovavskiljare och återföras till bädden för att höja verkningsgraden.

Sekundär- och tertiärluft
Primär- sekundär- och tertiärluft används vid förbränning av bränslet i dess olika stadier, och när behov finnes. För bränsle med hög fukthalt (65%), exempelvis bark, flis och sågspån, är undermatningsrost i kombination med cyklonugn lämplig (se figur 3.4-7). På rosten fås en torkning och partiell förbränning med primärluften. Med hjälp av sekundärluften förbränns eller förgasas de med gaserna medföljande bränslepartiklarna, och med hjälp av tertiärluften förbränns sedan oförbrända gaser.

3.4.4 Tillsatser

Tillsatser till bränslet eller till rökgaserna kan göras huvudsakligen i två syften, dels i avsikt att minska korrosiviteten hos rökgaserna och dels för att minska utsläpp av hälsovådliga ämnen. Dessutom förekommer för fluidiserande bäddar tillsats i förbränningstekniskt syfte i form av inert material till bränslebädden. En negativ bieffekt är dock att sand i CFB ger erosion. Har anläggningen rökgaskondensor kan även tillsats göras i energiutvinningssyfte, och då i form av vatten till bränslet. Slutligen kan tillsatser göras i form av återföring av stoft från rökgasen till eldstaden för att förbränna kvarvarande oförbrända produkter eller för att oskadliggöra eventuella kvarvarande hälsovådliga ämnen.

Bäddfluidiseringstekniken möjliggör svavelrening redan vid förbränning, om kalcium finns närvarande, enligt

$$CaCO_3=CaO+CO_2 \qquad (3.4\text{-}1)$$

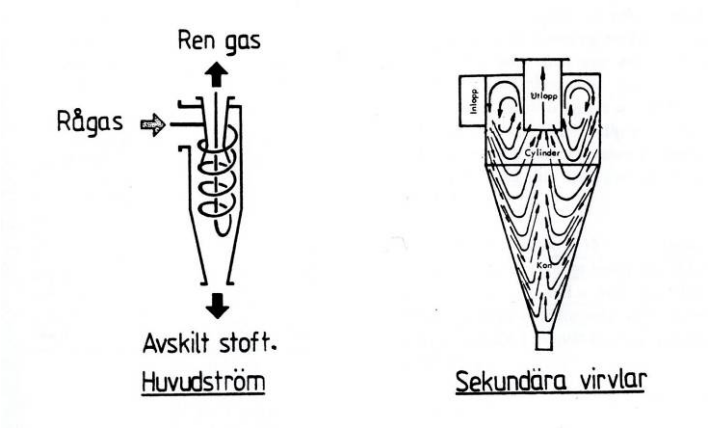
$$CaO+SO_2+½O_2=CaSO_4 \qquad (3.4\text{-}2)$$

Därför tillsätts kalksten eller dolomit med bränslet. Dolomit är ett mineral bestående av kalciummagnesium-karbonat, $CaMg(CO_3)_2$.

3.4.5 Rökgaslinje

Rökgasens sammansättning på dess väg från eldstaden till värmeväxlare påverkas av de olika enheter den stöter på. Framförallt gäller det olika rökgasreningssteg som exempelvis cykloner, elfilter eller textilfilter men även överhettare påverkar rökgasens sammansättning i och med de utfällningar från rökgasen som där uppkommer.

Dynamiska avskiljare
I s k dynamiska avskiljare används tröghetskrafter för att avlänka stoftpartiklar från gasströmmen. Den vanligaste dynamiska avskiljaren är cyklonen. I denna bibringas gasströmmen i en roterande rörelse, varvid stoftpartiklar av centrifugalkraften slungas ut mot mantelytan (se figur 3.4-8). Samtidigt, och under inverkan av sekundärvirvlar, drivs stoftet mot uttaget. Cyklonens avskiljningsförmåga förbättras genom minskning av dess diameter, men samtidigt ökar dock slitaget och tryckförlusterna. Vid höga krav på avskiljningsgraden delar man därför upp gasflödet på flera mindre cykloner. Utifrån antalet cykloner kan cyklonreningen delas upp i kategorierna enhetscyklon, battericyklon och multicyklonaggregat. För de två sistnämnda kan kapaciteten regleras genom att cyklonerna grupperas i sektioner som kan inkopplas efter behov.



Figur 3.4-8. Cyklon.
Figure 3.4-8. Cyclone.

Cykloner fungerar bäst för ett visst flöde och är därför inte lämpliga i applikationer där flödet varierar kraftigt.

Elektrofilter.
Elektrofilter. Rökgaserna leds mellan två elektroder, en emissionselektrod och en utfällningselektrod. Mellan elektroderna ligger en hög likspänning, 30-50 kV, som joniserar gasen. Partiklar fastnar på utfällningselektroder och kan sedan skakas av och transporteras bort. Elektrofilter är bara måttligt effektiva, men har fördelen att rökgaserna kan renas medan de fortfarande har en hög temperatur, exempelvis för att hindra att en avgaspanna sotar igen.

Spärrfilter.
Spärrfilter. Kallas även textilfilter eller slangfilter. I filtret silas rökgaserna genom en väv i vilken partiklar fastnar. De utformas ofta som tuber i vilka rökgaserna går utifrån och in eller vice versa, och kallas då tubfilter. Ibland tillsätter man före filtret kalk eller kol vilket fångar upp andra föroreningar innan det fastnar. Textilfilter är effektiva, men har dels nackdelen att de inte tål allt för höga temperaturer på rökgaserna och dels att de har ett högre tryckfall än elfilter.

Skrubber
Skrubber benämns även rökgastvätt. I skrubbern "tvättas" rökgaserna med antingen vatten eller någon typ av lösning. En vanlig metod för rening av svavel är att duscha rökgasen med en blandning av kalk och vatten varvid svaveldioxiden reagerar med kalken och bildar gips. Även bland annat kvicksilver och saltsyra renas bort med skrubber. Skrubbern sänker även rökgastemperaturen och kan därför inte användas om restvärmen ur rökgaserna senare ska utvinnas. Däremot kan skrubbern i samband med rökgaskondensering användas i just detta syfte. Skrubbern är vanlig som sista steg i rökgasreningen. I en våtskrubber duschas rökgaserna med vatten vilket fångar upp partiklar som sot och andra fasta föroreningar. Våta skrubbrar används ibland i samband med rökgaskondensering, då värme utvinns ur det av rökgaserna uppvärmda vattnet. I en torr skrubber däremot sprutas till exempel kalkpulver in direkt i rökgasen. Ibland används också halvtorr skrubber, där absorbenten tillsätts löst i vatten men efter att detta förångats fås en fast rest.

Slaggaller
Slaggaller kan förhindra att slagg och större lossnade avlagringar går vidare i rökgasflödet och därigenom orsakar korrosionsskador [4].

3.4.6 Värmeväxlare

Värmeväxlarens utformning kan i sig påverka omfattningen av problemen. Vad gäller beläggningsgraden påverkas den av rökgasens hastighet, vilket i sin tur påverkas av genomflödesarean, både genom själva värmeväxlaren och mellan värmeväxlaren och rökgaskanalens sidor. Dessutom påverkas beläggningsgraden av ytans beskaffenhet hos värmeväxlaren, framförallt om värmeväxlaren är av tubkonstruktion och om den då i sådant fall har flänsar eller inte. En annan faktor hos värmeväxlarens utformning som påverkar beläggningsgraden är hur dess ytor är riktade i förhållande till rökgasens flödesriktning och i förhållande till fallriktningen, d v s om värmeväxlaren exempelvis är hängande eller liggande. Ytterligare en faktor som kan tänkas påverka beläggningen är ett eventuellt underskridande av daggpunktstemperaturen på värmeväxlarens yta med kondensatutfällning som följd.

Värmeväxlarens utformning kan också påverka omfattningen av eventuella erosionsskador, och då genom den hastighet som ges av genomflödesarean. Även erosionsskador vid lokala konstruktionselement som orsakar turbulens kan också tänkas uppkomma. Vad gäller uppkomst av rökgassidig korrosion förutsätter den att yttemperaturen på värmeväxlaren underskrider daggpunktstemperaturen. Denna påverkas bl. a av temperaturen på värmeväxlarens medium när den går in i värmeväxlaren. En möjlighet att påverka ingångstemperaturen är att förvärma mediet innan det går in i värmeväxlaren, exempelvis genom en annan värmeväxlare som värms med ånga från vattenångcykeln. Huruvida yttemperaturen underskrider daggpunktstemperaturen påverkas också av hur mediets flöde är riktat relativt rökgasen. För mediets riktning relativt rökgasen gäller exempelvis att bäst energiutnyttjande fås om mediet går motströms rökgasen [2]. Hur pass omfattande erosions- och korrosionsskadorna blir beror slutligen på det material som värmeväxlaren är konstruerad av. Här kan man då för att spara in på kostnaden ha ett material av högre kvalité endast på utsatta delar, och eventuellt då i form av endast ett ytskikt. I materialbetydelsen får även inkluderas svetsningar, där kvalitén kan variera mycket, inte bara mellan olika utförare utan också för samma utförare vid olika tidpunkt.

Slutligen påverkas omfattningen av skador av hur pass ofta rengöring och underhåll sker, och av vilken typ. Vid val av underhållstyp kan utformningen av värmeväxlaren spela in, exempelvis att slagsotning förutsätter hängande värmeväxlare. För effektivt underhåll har omfattning och typ av övervakning också betydelse. Exempelvis kan man minimera följdeffekterna av en i god tid upptäckt påbörjad skada genom ändring av driftförhållanden eller införande av skyddsåtgärder för de utsatta delarna. Ett fel som kan åtgärdas om det upptäcks i god tid, tillika ett extremfall av skadlig miljö, är exempelvis felinställda sotare.

3.5 Utformning ekonomiser (problemrelaterat)

3.5.1 Förvärmare

Ett sätt att undvika att temperaturen på vattnet in i ekonomisern är så låg att temperaturen på dess yta underskrider daggpunktstemperaturen är att låta vattnet, innan det går in i ekonomisern, passera en förvärmare som exempelvis drivs med ånga eller hetvatten från vattenångcykeln eller som drivs elektriskt.

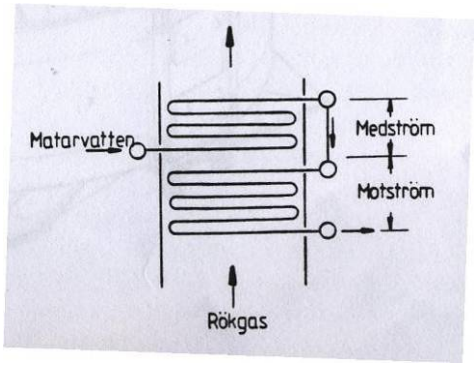
3.5.2 Shunt

En shunt är en ventil för att reglera flödet av exempelvis vatten genom en värmeväxlare. Shunten låter en viss del av det vatten som passerar ut genom värmeväxlaren gå tillbaka till inloppet för värmeväxlaren. Är värmeväxlaren sådan att den höjer temperaturen på vattnet som passerar, kommer då också temperaturen på vattnet in i värmeväxlaren att höjas. Till shunten kan en shuntstyrning kopplas som reglerar delflödet och därigenom temperaturen på det vatten som går vidare från värmeväxlaren. Utnyttjas en shunt kan

således inloppstemperaturen till ekonomisern regleras, och därigenom säkerställs att temperaturen på vattnet inte underskrider daggpunktstemperaturen.

3.5.3 Flödesriktning

Koppling av ekonomisern kan göras på så sätt att det kallaste vattnet i ekonomisern går medströms (se figur 3.5-1).



Figur 3.5-1. Principritning för omvänd flödesriktning.
Figure 3.5-1. Principle drawing of reverse flow direction.

Det gör att den rökgas som kommer i kontakt med det kallaste vattnet kommer att ha en högre temperatur än annars, och därmed minska risken att dess temperatursänkning resulterar i ett värde under daggpunktstemperaturen. Finns kopplingsalternativ tillgängliga så kan man exempelvis vid dellast, då både rökgastemperaturen och vattentemperaturen är lägre än normalt, och därigenom risken för underskridande av daggpunkt större, låta koppla över till medströms.

3.5.4 Flänsar

Risken för beläggningsbildning och igensättningar ökar av att rören är försedda med flänsar, och då mer ju tätare avståndet är mellan flänsarna. Avståndet mellan flänsarna brukar anges med avståndet från centrum till centrum (cc) hos flänsarna. Om rökgaserna är smutsiga, exempelvis för sodahuspannor, torveldade pannor och i vissa fall bioeldade pannor brukar ett minimum för cc på 30 mm rekommenderas [3], medan man för rena rökgaser kan ha värden på 10 mm, och ända ned till 5 mm för rökgaser från exempelvis naturgaseldade pannor.

3.5.5 Tubläge

Om tuberna är placerade i sicksack istället för i raka rader gynnas värmeöverföringen men samtidigt ökar risken för beläggningsbildning. Risken för beläggningsbildning ökar också om tuberna är horisontella.

3.5.6 Tubkonstruktion

Stålrören kan vara sömlösa eller längdsvetsade. En ofta förekommande uppfattning har varit att längdsvetsade rör är känsligare för korrosion än sömlösa. Enligt Ekströms Värmetekniska AB [3], tillverkare av ekonomisrar, är dock deras erfarenhet att längdsvetsade rör inte är sämre än sömlösa rör. Det är t o m ibland något bättre med längdsvetsade rör på grund av den högre precision med vilken längdsvetsade rör kan

utformas, exempelvis medförande att tjockleken blir jämnare. Däremot kan det ofta bli diskussion med kunden om känsligheten hos längdsvetsade rör, varför man därför väljer sömlösa.

3.5.7 Tubmaterial

Så länge som daggpunktstemperaturen inte underskrids och temperaturen inte kommer upp i högtemperaturområdet, d v s den temperatur där saltsmältor uppkommer, är inte miljön korrosiv, och varken kolstål eller gjutjärn skulle korrodera nämnvärt.

3.5.8 Driftstemperatur

En förutsättning för lågtemperaturkorrosion är att kondenstemperaturen underskrids (se kap 3.3.3). Kännedom om rökgasens daggpunktstemperatur är dock bristfällig, delvis på grund av att beräkningssystem utifrån bränslesammansättning inte är tillgängliga och samtidigt på grund av att beräkningsmodeller utifrån rökgasens sammansättning inte är tillräckligt tillförlitliga. Anläggningsägarna har istället genom erfarenhet kommit fram till en vattentemperatur som ligger över daggpunktstemperaturen, delvis utifrån direktiv man fått av anläggningskonstruktören, direktiv som grundar sig bl. a på erfarenhet av det bränsle som anläggningen är tänkt ska använda.

Hur nära daggpunktstemperaturen som vattentemperaturen ligger är dock osäkert, vilket gör att man riskerar att hålla sig märkbart över daggpunktstemperaturen, något som innebär att anläggningen ligger på en lägre verkningsgrad än nödvändigt. Dessutom kan ändring i bränslesammansättning eller tillsatser antingen sänka daggpunktstemperaturen än mer, eller istället höja daggpunktstemperaturen över vattentemperaturen, med korrosion som följd. En möjlighet att få bättre kännedom om daggpunktstemperaturen, antingen för att höja anläggningens verkningsgrad eller förebygga risken för korrosion vid ändring av bränslesammansättning eller tillsatsrutiner, är att utnyttja experimentell utrustning för bestämning av daggpunkten (se kap 3.3.3).

För att undvika att temperaturen på ekonomiserns yta understiger rökgasens daggpunktstemperatur finns möjligheten att värma mediet med annat än rökgasen, exempelvis ånga från vattenångcykeln, vilket dock medför en minskning av anläggningens verkningsgrad jämfört med om enbart rökgasen skulle utnyttjas för uppvärmning. En annan möjlighet är att låta en del av vattnet återcirkuleras till ekonomiserns inlopp, varvid temperaturen där höjs (se 3.5.2).

3.5.9 Erosionsskydd

Det kan finnas områden där erosion kan förväntas på tuber, exempelvis i närheten av sotblåsares utlopp, eller där erosionsskador uppstått och kan förväntas uppkomma igen, exempelvis där skadorna är orsakade av störningar i rökgasflödet. På dessa ytor kan då förstärkningar göras exempelvis i form av termisk sprutning, påsvetsning eller så kallat tubskydd.

3.5.10 Underhåll och övervakning

Underhåll

Blästring och högtryckstvätt är exempel på underhåll, som dock vanligen endast görs vid driftstopp eller revision.

Övervakning
För sotning med luft, ånga eller vatten rekommenderas regelbunden inspektion av munstycksplacering och riktning.

Regelbunden kontroll av områden som riskerar att utsättas för erosion av rökgasflödet, exempelvis utstående partier och områden där virvelbildningar kan uppstå. Kontroller rekommenderas också i anslutning till sotblåsares munstycken.

3.6 Utformning luftförvärmare (problemrelaterat)

3.6.1 Förvärmare

Ett sätt att undvika att temperaturen på luften in i luftförvärmaren är så låg att temperaturen på dess yta underskrider daggpunktstemperaturen är att, som på motsvarande sätt som för ekonomisern, låta luften innan den går in i luftförvärmaren passera en förvärmare.

3.6.2 Shunt

Se 3.5.2.

3.6.3 Flänsar

Se 3.5.4.

3.6.4 Tubläge

I avfallsanläggningar tas generellt primärluften direkt från bunkerhallen för att kunna skapa ett undertryck, och därmed minimera luktläckaget ut ur bunkerhallen. Eftersom luften i bunkerhallen innehåller partiklar leder detta till att luften till luftförvärmaren i avfallsanläggningar är smutsigare än för andra anläggningar, och att därför även luftsidan på luftförvärmaren behöver rengöras.

Risken för beläggningsbildning anses öka om tuberna är placerade i sicksack istället för i raka rader, även om uppgifter finns på att konfigurationen av tuberna inte har någon märkbar betydelse på hur snabbt igensättning sker [18].

För att förhindra svängningar av tuberna, med ljudproblem eller vibrationsskador som följd, rekommenderas vanligen svängningsdämpare i form av hålplåtar (plåtar på tvärs mot rörens riktning, genom vars hål rören passerar).

3.6.5 Tubkonstruktion

Se motsvarande för ekonomisrar (kap 3.5.6).

3.6.6 Tubmaterial

Så länge som daggpunktstemperaturen inte underskrids och temperaturen inte kommer upp i högtemperaturområdet är inte miljön korrosiv, och både kolstål och gjutjärn räcker till i detta avseende. Det finns t o m resultat som visat på att stål av typen 316 korroderat mer än kolstål och framförallt mer än stålet Cor-Ten [19].

.

4 Svarssammanställning av gemensamma frågeställningar

Utifrån svaren från de kontaktade anläggningarna (se bilaga C1-C30) görs här en sammanställning av dessa svar utifrån olika synvinklar, följt av kommentarer. För de tabeller i detta kapitel där antal matarvattenekonomisrar, avgaspannor och luftförvärmare anges, så gäller för detta värde, om inget annat anges, antalet ”funktioner”, d v s en enhet i en anläggnings linje kan bestå av flera delar men har en funktion och ges därför värdet 1. I ett fall, tabell 4.3-3, anger värdet istället antalet likvärdiga funktionella enheter (där den funktionella enheten exempelvis kan skilja sig i två delar med avseende på olika material, och då ger två olikvärdiga funktionella enheter).

4.1 Kontaktade anläggningar

Anläggningar för kontakt valdes utifrån lista tillgänglig hos Naturvårdsverket, vilken rangordnar förbränningsanläggningars pannor inom Sverige utifrån utsläppt mängd av NO_x-gaser [1]. Från lista tillgänglig 2007, beskrivande för år 2006, valdes ut de 35 anläggningar som hade störst effekt och som inte var sodapannor, se bilaga A1. Dessutom valdes Ryaverket ut. För fullständighet visas även den lista som vid rapportens slutgiltiga färdigställande, september 2011, fanns tillgänglig på Naturvårdsverket, och som innehöll motsvarande uppgifter för 2010, se bilaga A2.

Ett av de namn som enligt listan angetts som separat anläggning, P14 (internbeteckning nr 24) visade sig vid kontakt ingå i Händelöverket. Dessutom uteslöts senare ur utredningen 5 anläggningar på grund av att det inte gått att erhålla tillräcklig information från dessa anläggningar, trots upprepade påstötningar (dessa anläggningar markeras med # i tabellen i bilaga A1). Antalet anläggningar, 30 stycken, är dock ändå i överensstämmelse med det antal som anges i den ansökning som ligger till grund för utredningen (se kap 2.2.2). Representanter för anläggningarna utfrågades enligt en frågemall, se bilaga B, och de erhållna svaren kan ses i bilaga C 1-30. En sammanställning av namn på de personer på respektive anläggning med vilka kontakten huvudsakligen togs kan ses i bilaga A.1. Här anges också de anläggningar där besök gjordes, för att genom fotografering av exempelvis skadefall eller anläggningskonstruktion förbättra underlaget för rapporten. Ett urval av de tagna fotografierna ges i bilaga D. En översikt över vad som granskades i rapporten kan ses i tabell 4.1-1.

Tabell 4.1-1. Omfattning av undersökning. *Antal anläggningar, linjer, matarvattenekonomisrar, avgaspannor och luftförvärmare som ingått i undersökningen. För matarvattenekonomisrar, avgaspannor och luftförvärmare står värdet för antalet "funktioner", d v s en enhet i en anläggnings linje kan bestå av flera delar men ges i denna sammanställning värdet 1.*
"Avf" står för avfallsbränsle och "RT" för returträ. Med "Bland" menas för " Linjer" att blandbränsle använts medan det för "Anläggning" innebär att inte alla pannorna eldats med samma bränsle eller att alla pannorna använt blandbränsle. "Mavaekons", " Lufo (tub)" och "Lufo (Lj)" står för matarvattenekonomiser, luftförvärmare med tuber respektive luftförvärmare av typen Ljungström.
For text in english, see supplement N.

	Anläggningar	Linjer	Mavaekons	Avgaspannor	Lufo (tub)	Lufo (Lj)
Bio	9	15	11	8	7	3
Avf	8	28	24	12	0	
RT	1	2	1	1	1	
Torv	1	3	2	2	0	2
Bland	11	12	12	4	6	1
Summa	30	60	50	26	14	6

Här kan ses att antalet matarvattenekonomisrar, avgaspannor, luftförvärmare av tubtyp och luftförvärmare Ljungström är minst (se kap 4) 50, 26, 14 respektive 6 stycken.

4.2 Problemomfattning

En översiktlig beskrivning av omfattningen av problem kopplat till enheterna för de anläggningar som ingår i utredningen kan ses i bilaga E, och en sammanfattning i tabell 4.2-1.

Tabell 4.2-1. Översikt problemförekomst. *"Tot" anger den totala förekomsten av linjer som har en eller flera matarvattenekonomisrar ("Mavaekon"), avgaspannor, luftförvärmare av tubtyp ("Lufo (tub)") eller luftförvärmare Ljungström ("Lufo (Lj)").*
"P_{nu}" och "$P_{förr}$" anger problem som enheten har respektive har haft, och då enligt "allvarliga problem"/"mindre besvärande"/"ingen uppgift erhållits". "I", "E", "K", "S" och "U" står för antalet enheter med igensättning (I), med erosionsskador (E), korrosionsskador (K), problem relaterade till sotblåsning (S) samt konstruktionsfel i enheten (U), medan"?" står för "ingen uppgift erhållits".
Värdena är angivna enligt "allvarliga problem"/"mindre besvärande" som enheten har (före kommat) respektive har haft (efter kommat). "Tot" står för antalet "funktioner" (se kap 4).
For text in english, see supplement N.

	Tot	P_{nu}	$P_{förr}$	I	E	K	S	U	?
Mavaekon	50	8/6/1	25/7/2	7/1,6/4	1/1,5/1	1/2,9/2	0/2,4/0	0/0,6/0	1,2
Avgaspann a	26	1/2/2	14/0/2	1/0,2/0	0/1,3/0	0/1,7/0	0/2,4/0	0/0,0/0	2,1
Lufo (tub)	14	1/0/0	10/0/2	4/0,1/0	0/0,1/0	1/0,9/0	0/0,0/0	0/0,0/0	0,2
Lufo (Lj)	6	4/0/0	1/0/0	4/0,1/0	1/0,0/0	0/0,0/0	0/0,0/0	0/0,0/0	0,0
Tot	96	14/8/3	45/5/5	11/1	9/2	24/4	6/0	6/0	6

I tabell 4.2-2 kan ses omfattningen och typen av problem som anläggningarna har nu, för de anläggningar vars drift startat 2008 eller tidigare.

		Tot	I	E	K	S	U	-	?
Mavaekon	Bio	11	3/0						
	Avfall	20	1/0	0/1	0/2	0/1			1
	RT	1	1/0	1/0					
	Torv	2	0/1						
	Bland	12	2/0		1/0				
Avgasp	Bio	8	1/0						
	Avfall	12							2
	RT	1		0/1					
	Torv	2							
	Bland	3			0/1				1
Lufo (tub)	Bio	7			1/0				
	Avfall	0							
	RT	1							
	Torv	0							
	Bland	6							
Lufo (Lj)	Bio	3	3/0						
	Avfall	0							
	RT	0							
	Torv	2							
	Bland	1	1/0						

Tabell 4.2-2. Aktuell problemförekomst. *Anger antalet och typen av pågående problem för anläggningar i drift sedan 2008 eller tidigare. Problemen gäller för matarvattenekonomisrar (”Mavaekon”), avgaspannor (”Avgasp”, luftförvärmare av tubtyp (”Lufo (tub)”) eller luftförvärmare Ljungström (”Lufo (Lj)”).*
Problemen består av igensättning (I), erosionsskador (E), korrosionsskador (K) relaterade till sotblåsning (S) samt konstruktionsfel i enheten (U). ”Tot” står för antalet enheter i form av ”funktioner” (se kap 4) medan ”?” står för ”ingen uppgift erhållits”. Värdena är angivna enligt ”allvarliga problem”/”mindre besvärande”, och där ingen uppgift är angiven gäller 0/0.
For text in english, see supplement N

Från tabell 4.2-1 kan man få uppfattningen att problemomfattningen kraftigt gått ner, och då för alla kategoriseringstyperna. Detta är dock att dra en förhastad slutsats eftersom det höga värdet vad gäller ”förr” beror på att detta värde gäller för en längre period. En något mer användbar tabell utgör tabell 4.2-2 där man kan se att problemen i nuläget inte är speciellt omfattande, åtminstone inte utifrån de uppgifter som erhållits. Endast tre fall av allvarligare korrosions- eller erosionsproblem förekommer, och antalet allvarligare igensättningar utgörs av 8. Eftersom anläggningar från 2009 och senare uteslutits, undviker man de fall där problemmiljö förekommer men där symptom på detta ännu inte hunnit upptäckas.

4.3 Anläggningsbeskrivning och problemkoppling

4.3.1 Reningssteg

Framförvarande reningssteg i rökgasflödets riktning har en stor betydelse för uppkomsten av igensättningar, erosion och korrosion på enheterna. Förekomsten av reningssteg för de i rapporten kontaktade anläggningarna kan ses i bilaga F1 och F2, och utifrån bilaga F2 en sammanfattning enligt tabell 4.3-1.

Tabell 4.3-1 Reningssteg. *Framförvarande reningssteg i rökgasflödets riktning för matarvattenekonomiser (”Mava”), avgaspanna (”Avgasp”), luftförvärmare av tubtyp (”Lufo (tub)”) och luftförvärmare Ljungström (”Lufo (Lj)”). ”P” står för antalet problem för enheten ifråga. ”Textfi”, ”Elfi”, ”Cy”, ”Askf” och ”SCR” står för textilfilter, elfilter, cyklon, askfälla respektive katalysatorenhet. ”Flera”, ”-” och ”?” står för flera föregående reningssteg, inget framförvarande reningssteg förekommer respektive ingen uppgift erhållits. ”Tot” står för antalet enheter i form av ”funktioner” (se kap 4), respektive totala antalet nuvarande problem för enheten ifråga. Antalet enheter med respektive rening anges enligt ”antal med åtminstone enheten ifråga”/”antal med enbart enheten”/”antal utan enheten”, och antalet enheter med problem på motsvarande sätt. For text in english, see supplement N.*

	Tot	Textfi	Elfi	Cy	Askf	SCR	Flera	-	?
Mava	50	1/1/49	0/0/50	14/12/36	2/0/48	0/0/50	2	35	0
P	8	0/0/8	0/0/8	4/4/4	0/0/8	0/0/8		4	1
Avgasp	26	0/0/26	15/14/11	2/2/24	2/1/24	1/0/25	1	8	0
P	1	0/0/1	0/0/1	0/0/1	0/0/1	0/0/1		1	2
Lufo (tub)	14	0/0/14	2/2/12	2/0/12	2/0/12	3/2/11	2	4	0
P	1	0/0/1	0/0/1	0/0/1	0/0/1	0/0/1		1	0
Lufo (Lj)	6	0/0/6	0/0/6	0/0/6	2/1/4	3/2/3	1	2	0
P	4	0/0/4	0/0/4	0/0/4	1/1/3	1/1/3		2	0

Här kan man se att reningsstegen elfilter och cyklon överväger, och då främst för avgaspanna respektive matarvattenekonomiser. Vad gäller problemkoppling har endast cykloner för matarvattenekonomiser respektive elfilter för avgaspanna tillräckligt stort antal för att man åtminstone ska ha någotsånär goda förutsättningar för att kunna dra några säkrare slutsatser. Vad gäller förstnämnda kan man se att det för 14 matarvattenekonomisrar med cykloner erhåller 4 matarvattenekonomisrar med problem medan det för 36 matarvattenekonomisrar utan cyklon också ger 4 matarvattenekonomisrar med problem. Utifrån detta skulle man kunna dra slutsatsen att cykloner ökar problemomfattningen för matarvattenekonomisrar. Det troliga är dock att andra orsaker här spelar in, exempelvis att konstruktion eller driftförhållande avviker till nackdel för de matarvattenekonomisrar som har framförvarande cykloner i rökgasflödets riktning. Vad gäller elfilter för avgaspanna kan man se att det för 15 avgaspannor med elfilter har inga problem medan det för 11 avgaspanna utan elfilter 1 avgaspanna har problem. Det pekar mot att elfiltret minskar problemomfattningen för

avgaspannor, vilket man för övrigt rimligen kan förmoda, men antalet avgaspannor med problem, 1 st, är för litet för att kunna dra några säkrare slutsatser.

4.3.2 Bränsle

Bränslet har stor påverkan på beläggningsbildningen och därmed efterföljande erosion och korrosion. Se bilaga G för sammanställning av det bränsle som anläggningarna använder, och om anläggningen gjort några större förändringar vad gäller bränslesammansättningen. Även hur länge anläggningen drivs per år har betydelse, och troligen också den effekt som anläggningen körs med, varför även dessa uppgifter ges i bilagan. En sammanfattning av aktuell problemförekomst relaterat till bränslet ges i tabell 4.2-2. Här kan ses att biobränsle orsakat de flesta problemen, och inte vad man skulle kunna förmoda, avfallsbränslet. Problemen utgörs dock främst av igensättningar, varför orsaken kan vara att de berörda biobränsleanläggningarna främst har matarvattentuber med kamfläns, vilket ökar risken för igensättningar. Utifrån bilaga I ges att antalet kamflänstuber för biobränsleanläggningarna och avfallsanläggningarna är 9 respektive 2, samtidigt som, vid jämförelse mellan bilaga I och bilaga E, ges att de igensatta ekonomisrarna för biobränsleanläggningarna samtliga 3 har kamfläns. Detta kan anses ge stöd för nämnda förklaring.

4.3.3 Tillsatser

Något som kan påverka beläggningsbildningen är tillsatser. Se bilaga H1 och H2 för text- respektive tabellform, och sammanfattad utifrån bilaga H2 enligt tabell 4.3-2.

Tabell 4.3-2 Tillsatser. *Ämnen som tillsätts i rökgaslinjen, och då med avseende på rökgasens flödesriktning före matarvattenekonomiser (”Mava”), avgaspanna (”Avgasp”), luftförvärmare av tubtyp (”Lufo (tub)”) och/eller luftförvärmare Ljungström (”Lufo (Lj)”).*
”Amms” och ”Gran” står för ammoniumsulfat respektive granulat. Mix står för om båda av alternativen för svavel respektive NOx-reducerande ämnen tillsats. ”-” och ”?” står för att inget alternativ tillsats respektive ingen uppgift erhållits. ”P” och ”R” står för de platser där ämnet tillsats dvs panna respektive reaktor.
Värdena anges enligt ”antal enheter”/”antal av enheterna med problem”/”ingen uppgift om problem erhållits” och där antalet enheter anges i form av ”funktioner” (se kap 4). Finns ingen enhet där tillsats gjorts anges detta med ”0” istället för 0/0/0.
For text in english, see supplement N.

		Svavel					NOx-reducerande ämnen						Kalk		
	Tot	Amms (P)	Gran (P)	Mix	-	?	NH3 (P)	NH3 (R)	Urea (P)	Mix	-	?	Kalk (P)	-	?
Mava	50/8/1	2/1/0	2/0/0	0	44/7/1	2	27/1/0	5/1/0	11/2/1	1/0/0	4/4/0	2	3/0/0	47/8/1	0
Avgasp	26/1/2	0	1/1/0	0	24/0/2	1	8/1/2	1/0/0	8/0/0	1/0/0	7/0/0	1	1/0/0	25/1/2	0
Lufo(tub)	14/1/0	2/0/0	1/1/0	0	10/0/0	1	9/1/0	0	2/0/0	0	2/0/0	1	1/0/0	13/1/0	0
Lufo (Lj)	6/4/0	0	0	0	6/4/0	0	2/1/0	2/1/0	0	1/0/0	1/2/0	0	1/0/0	5/4/0	0

Här kan man se att tillsatser i form av NO_x-reducerande ämnen är vanligast, och då i pannan. Vad gäller koppling till problem kan man se att det för matarvattenekonomisrar med kalktillsättning erhåller inga matarvattenekonomisrar med problem medan det för 47 matarvattenekonomisrar utan kalktillsättning ger 8 matarvattenekonomisrar med problem. Detta pekar på fördel med kalktillsättning men antalet matarvattenekonomisrar utan kalktillsättning i urvalet är så pass mycket större än antalet matarvattenekonomisrar utan kalktillsättning att någon säker slutsats inte kan dras. Vad

man också kan se är att det för NO_x-reducerande ämnen är problem för samtliga av de 4 matarvattenekonomisrar för vilka NO_x-reducerande ämnen inte tillsats, medan det för matarvattenekonomisrar där NO_x-reducerande ämnen tillsats innebär betydligt lägre andel problem, som mest 1 av 5 för NH_3-tillsats i reaktor. Utifrån bilaga H2 han ses att 3 av de fyra problemen är i form av igensättningar. Möjligen skulle tillsats av NOx-reducerande ämnen uppströms matarvattenekonomisern medföra sämre vidhäftning av askan på matarvattenekonomisrarna.

4.3.4 Konstruktion och drift

Förutom yttre förhållanden, exempelvis rökgastemperatur, rökgassammansättning och rökgasflödeshastighet, påverkas känsligheten för igensättningar, erosion och korrosion hos enheten även av dess konstruktion och dess driftförhållanden. De förutsättningar som gäller vad avser konstruktion och drift för matarvattenekonomiser, avgaspanna och luftförvärmare kan ses för respektive i bilagorna I1-I3 och vad gäller problemerfarenheter och åtgärder i bilagorna J1-J3. En något sammanfattad version av problemuppkomst och åtgärd kan ses i bilaga K. En sammanfattande tabell av både förutsättningar och problem vad gäller koppling till konstruktion ges i tabell 4.3-3, och vad gäller koppling till sotning och underhåll i tabell 4.3-4.

Tabell 4.3-3 Problem kopplade till konstruktion. *Faktorer kopplade till konstruktion som påverkar problembilden hos matarvattenekonomisrar (M), avgaspannor (A), luftförvärmare av tubtyp (”L(tub)”) och/eller luftförvärmare Ljungström (”L(Lj)”).*
”Ände” står för om enhetens rörändar ligger utanför (U) eller i (I) rökgaskanalen, ”Tubyta” anger om tuberna är av typen kamfläns (K) eller släta (S), ”Material” anger om tubens material är av kolstål C, rostfritt (ss) eller gjutjärn (Gj) medan ”Värmning” anger om mediet in i enheten förvärms med förvärmare (F), återcirkulation (Å) eller ingen förvärmning alls.
Värdena anges enligt ”antal enheter”/”antal av enheterna med problem”/”ingen uppgift om problem erhållits”, med undantag för ”ingen uppgift om problem erhållits” där detta endast anges där värde erhållits (detta p g a utrymmesbrist i tabell). Antalet enheter anges i form av ”likvärdiga funktionell enheter” (se kap 4). Tecknet ”#” anger att uppgift inte går att erhålla alt. ingen avvikelse förekommer medan ”?” står för att ingen uppgift erhållits.
For text in english, see supplement N.

	Tot	Tubände			Tubyta			Material				Värmning				
		U	I	?	K	S	?	C	SS	Gj	?	F	Å	F+Å	-	?
M	60/9/1	24/7	22/2/1	14/0	21/6	39/3/1	0/0	51/8/1	2/0	3/1	4/0	17/3	7/4	1/0	33/2/1	2/0
A	26/1/1	8/0	7/1/1	11/0	15/1	9/0/1	2/0	11/1	2/0	0/0	13/0/1	0/0	2/0	0/0	22/1/1	2/0
L(tub)	25/1/0	#	#	#	4/0	21/1	0/0	15/1	9/0	0/0	1/0	19/1	0/0	0/0	6/0	0/0
L(Lj)	6/4/0	#	#	#	#	#	#	3/1	0/0	0/0	3/3	1/0	0/4	0/0	5/0	0/0

Vad gäller matarvattenekonomisrar kan ses i tabell 4.3-3 att problem kopplade till rörändarnas placering ger att för 24 matarvattenekonomisrar med rörkrökarna utanför rökgaskanalen så har 7 problem medan för 22 matarvattenekonomisrar med rörkrökarna innanför rökgaskanalen endast 2 har problem. Det pekar i problemhänseende på att det är fördelaktigare att ha rörändarna placerade i rökgaskanalen. Det är i överensstämmelse med uppgiften att Metso Power och Foster Wheeler numer installerar matarvattenekonomisrarna så att vändtuberna kommer i rökgaskanalen (se 5.2). För Tubyta kan ses att för 21 matarvattenekonomisrar med kamflänstuber har 6 problem

medan för 39 matarvattenekonomisrar med slättuber endast 3 har problem. Det pekar på, vilket man i och för sig kan förvänta sig, att kamflänstuber ökar risken för problem. Vad avser om mediet in i enheten förvärms med förvärmare eller återcirkuleras kan ses att för 17 matarvattenekonomisrar med förvärmning har 3 problem och för 7 matarvattenekonomisrar med återcirkulation har 4 problem, medan det för 33 matarvattenekonomisrar utan förvärmning eller återcirkulation endast 2 har problem. Detta pekar på att det i problemhänseende skulle vara till nackdel med förvärmning eller återcirkulation. Någon förklaring till vad detta skulle bero på har vi inte.

Tabell 4.3-4 Problem kopplade till sotning och underhåll. *Anges för matarvattenekonomisrar (M), avgaspannor (A), luftförvärmare av tubtyp (”L(tub)”) och/eller luftförvärmare Ljungström (”L(Lj)”), och hur vanligt förekommande de är för de i rapporten granskade anläggningarna.*
”Sotning” anger om sotning utförts med ångsotning (Å), slagsotning (Sl), kulsotning (Ku), ljudsotning (Lj) eller luftsotning (Lu), och ”Underhåll” anger om det förekommer någon annan typ av underhåll än sotning (Har) eller ej (-).
Värdena anges enligt ”antal enheter”/”antal av enheterna med problem”/”ingen uppgift om problem erhållits”, med undantag för ”ingen uppgift om problem erhållits” där detta endast anges där värde erhållits (detta p g a utrymmesbrist i tabell). Antalet enheter anges i form av ”likvärdiga funktionell enheter” (se kap 4). Tecknet ”#” anger att uppgift inte går att erhålla medan ”?” står för att ingen uppgift erhållits. ”Tot” står för antalet likvärdiga funktionell enheter (se kapitel 4).
For text in english, see supplement N.

	Tot	Sotning								Underhåll		
		Å	Sl	Ku	Lj	Lu	Å+Lj	-	?	Har	-	?
M	60/9/1	31/8	7/0	10/0	0/0	1/0	7/1	2/0	2/0/1	17/4	5/0	38/5
A	26/1/1	6/1	0/0	9/0	3/0/1	0/0	0/0	3/0	5/0	3/1	0/0	23/0/1
L(tub)	25/1/0	14/1	0/0	0/0	0/0	0/0	2/0	0/0	9/0	6/0	4/0	15/1
L(Lj)	6/4/0	6/4	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	2/1	0/0	4/3

Vad gäller matarvattenekonomisrar kan ses i tabell 4.3-4 att problem kopplade till sotning ger att för 31 matarvattenekonomisrar med ångsotning så har 9 problem medan slagsotning och kulsotning inte har några problem, trots att åtminstone 7 respektive 10 enheter utnyttjar dessa. Detta pekar på att slagsotning och kulsotning är bättre än ångsotning ur problemhänseende. Hur slagsotning och kulsotning klarar sig relativt ljudsotning är dock underlaget för sistnämnda för litet för att kunna ge ett svar på.

5 Anläggningars individuella erfarenheter

Här presenteras individuella erfarenheter hos representanter för de olika anläggningarna som erhållits i samband med utfrågningen av anläggningsrepresentanterna (se bilagorna C1-C30). Främst presenteras de erfarenheter som har koppling till igensättningar, erosion och korrosion på luftförvärmare och ekonomisrar, men även erfarenheter som erhållits inom andra områden av intresse för anläggningsrepresentanter presenteras. Där begreppet ”enhet” används innebär det, enligt vad som tidigare sagts, ett samlingsnamn för luftförvärmare, matarvattenekonomiser och fjärrvärmeekonomiser. De anläggningar från vilken uppgiften härrör är angiven inom klammerparentes, {}. ”förf. anm.” står för ”författarens anmärkning”. I bilagorna C1-C30 markeras med asterisk (*) de uppgifter som är väl värda att följa upp.

5.1 Konstruktion och drift; ekonomiser och luftförvärmare

- *Konstruktionen* på matarvattenekonomisern gör att man bara kan sota från ett håll, och inte kommer åt ordentligt vid ”änden” {10}. En *bypasskopplad enhet* möjliggör att enheten kan rengöras och lagas utan att anläggningen måste stoppas. Konstrueras *enheten i mindre* paket istället för en stor sammanhållen enhet, möjliggörs för att ha inspektionsluckor i enheten (mellan paketen), vilket förbättrar förutsättningarna för inspektion och rengöring. Ny ekonomiser byggdes in i en "sväng" från rökgaslinjen, *möjliggjorde körning under installation*, så när som under själva inkopplingen {16}.
- Svårt att komma åt om *kamfläns*, tjockleksmätning går bara för de översta tubraderna {1}. P g a den sämre värmeupptagningsförmågan kräver slättubsvariant större utrymme om den värmeupptagande effekten ska vara likvärdig, begränsat utrymme i rökgaskanalen kan därför göra att byte till slättub inte går {9}. *Om anläggningen har kraftvärme* är tillgänglighetskravet hög, varför rengöring måste minimeras {9}. Detta är för kraftvärmeanläggningar ett argument för slättuber (förf. anm.). Prövade med slättubsekonomiser men trångt utrymme krävde *”hårnålskurvor”, orsakade problem*, bytte därför till kamfläns {26}.
- För att minska korrosionsrisk på grund av vattenansamling i samband med ångsotning eller högtryckstvätt rekommenderas *vattenuppsamlingsanordningar* i form av exempelvis slitsar eller ”skvallerrör” [3], samt dräneringsventiler [18].
- *Daggpunktstemperatur* bestämd till 134 °C av Foster Wheeler genom beräkningar och provsonder {1} Om anläggningen har rökgaskondensering så är det av mindre intresse att sänka rökgastemperaturen p g a att rökgaskondensorn tar hand om restvärmen{1}. En "tumregel" är att det inte är värt att gå ner till 130 °C på matarvattenekonomiserns vatten även om mätningar skulle tyda på att det är över daggpunkten {26}. En *cirkulationskrets* säkerställer att det är minst 120 °C på inkommande vattnet till avgaspannan {26}. Högre ångdata sägs motverka daggpunktskorrosion på ekonomiser genom högre temperatur på rökgasen {6}. För *ekonomisrar bestäms dock yttemperaturen främst av* det inre mediets temperatur p g a vattnets höga värmekapacitet, gynnsamt dock för luftförvärmare (förf. anm.). Kamflänsar rostade bort p g a att man låg under daggpunktstemperaturen under några månader {13}. *I det paket där det värmeupptagande mediet kommer in först* är risken för kondensbildning störst, och rostfritt material är här av störst nytta för att

minimera kondenskorrosion (förf. anm.). Gränstemperatur för korrosion på luftförvärmare och ekonomisrar kan bestämmas med *påläggssonder* {15}.

- *Förvärmare* minskar risken för att det uppvärmda mediet kommer att hålla så låg temperatur att temperaturen på värmeväxlaren yta underskrider daggpunktstemperaturen. *Hetvattenluftförvärmare räckte dock ej* för luftförvärmare i kolstål, något som inte gällde för den tidigare förekommande ångluftförvärmaren {9}. En anläggning har ångluftförvärmare men användes ej först, fick då korrosionsskador på luftförvärmaren {25}. Funderar på att byta resterande kolstål på luftförvärmaren till rostfritt så att ej behöva förvärma, måste hålla upp temperaturen på rökgasen för att kunna ”slippa förvärma”, medför minskad elproduktion {25}. Underskrids daggpunktstemperaturen under längre tid krävs det rostfritt stål av mycket hög kvalité, däremot är det bra med rostfritt för att *gardera sig mot tillfälliga underskridanden av daggpunktstemperaturen* (förf. anm.,[30]). Temperatur på inkommande vattnet till avgaspanna sänktes för att få mer effekt, gav kondenskorrosion, *kostade 2 miljoner kr för att byta* {35}.

5.2 Konstruktion och drift; ekonomiser

- *Vändtuber* som är i rökgaskanalen utsätts ofta för kraftig erosion. *Sothylla m. "tilläggskonstruktion”*, som gjorts i dialog med tillverkaren, kan minska risken, "tillägget" kan dock endast göras vid nykonstruktion medan "hyllan" eventuellt är möjlig för befintlig anläggning men krångligt {9}. *Plåtar ut från kanalvägg* är ett annat sätt att försöka bryta av rökgasflödet {9}. Vändtuber utanför rökgasstråket riskerar ge kondens på vändtuberna med påföljande igensättningar och korrosion, medan vändtuber i rökgasstråket ökar risken för erosionsskador på vändtuberna. Är vändtuberna i rökgasstråket kan ”sothylla” minska risken för erosionsskador. Att ha vändtuber utanför rökgaskanalen kräver genomföringar med spalt pg a att det måste vara expansionsmöjlighet, det ger då kondensproblem på vändtuberna i ”mellanutrymmet” med påföljande risk för korrosionsskador och bildning av gipsklumpar beroende på bränsle {9,20}. Metso Power och Foster Wheeler konstruerar *numer enligt "innanför"*{9}.
- En pipa i ekonomisern byttes från kolstål till *syrafast* (2343) för åtminstone 7-8 år sedan och håller fortfarande (slät och fin) i motsats till kolstålet, vågar ej byta hela av rädsla för sprödhet {19}. *Uppfattningen att rostfritt o. då 2343 skulle vara för sprött* för temperaturområdet som gäller för ekonomisrar är obefogad (förf. anm.). Däremot kan risk för spänningskorrosion föreligga, varför val av rostfritt måste vara sådant som har *hög motståndskraft både mot gropfrätning och spänningskorrosion.* Exempel på sådana stålmaterial är 904L (1.4539) med vilket man har en säkerhetsmarginal, framförallt med hänsyn till risken för spänningskorrosion (30).
- Kondensatutfällning i avgaspannan medförde korrosion o. tillsammans med kalk som samlats i "döda utrymmen" bildades "betongklumpar", ny *avgaspanna* inskaffades där *"döda utrymmen" undveks*{29}. Temperaturen i avgaspannan hålls högre än daggpunktstemperaturen genom *långsammare cirkulation av fjärrvärmevattnet* och genom "shuntning" {29}.

5.3 Konstruktion och drift; tubluftförvärmare

- På 90-talet prövades kassetter med *emaljerade tuber*, blev sprickbildning i emaljskiktet. Har även prövat keramisk beläggning (också 90-talet), som inte heller föll väl ut {9}. Efter korrosionsskada på luftförvärmartuber av kolstål byttes tubmaterialet till SS2343 varvid problemen uteblev {6}.
- Gått hål på tuberna vid "passagegräns" mot skiljevägg, trolig orsak att *kondens från skiljevägg* runnit dit {30}, isolering av skiljevägg behövs också (förf. anm.). Även *korrosion i tak hos vändkammare*, kondenskorr p g a kvarvarande fukt, lätt att missa {30}.

5.4 Konstruktion och drift; Ljungström luftförvärmare

- *Tätare mellan segmenten* ger ett effektivare värmeutbyte men ökar risken för igensättning. Nu tätare mellan plattor i den nya än i den gamla, satte igen, rengöring tar tid {3}. Öresundskraft har gått upp i segmentstorlek vilket gett mindre problem med igensättning men samtidigt minskad effekt {10}.
- Den gamla varianten, "klassisk Ljungström", hade *bärrullar* vilka gav mycket slitage, byttes mot variant vilken hänger i bärlagret {10}.

5.5 Konstruktion och drift; sotning

- Risken för erosionsskador i samband med sotning har gjort att vissa anläggningar endast rengörs i samband med revision. Sotningens omfattning varieras beroende på om hög- eller låglast {3}. På tuberna påsvetsade vinkeljärn eller rundbockade tubskydd gör att *tuberna skyddas mot erosionsskador* orsakade av sotning.
- Vid kulsotningen fastnar kulorna mellan böjarna och mellan plåtarna {11}. Nöjd med *kulsotning*, om än att man kan få småklumpar i kulfördelaren {35}. Kulsotning innebär relativt hög risk för erosion och har i vissa fall tagits bort medan det i andra fall prövats med kulor av enbart aluminium {35}.
- *Ljudsotning* innebär mindre slitage och är billigare i drift än ångsotning. Tester har utförts med spräng- och ljudsotning, är nöjda med ljud för luftförvärmare och ekonomiser medan *sprängsotning bättre för överhettarstråk* ({12}. Ljudsotning installerades ca 2007-2008, övre gräns för ljudsotning ca 500 °C, för exempelvis överhettare på över 800 °C blir det för klibbigt {34}. Man har gjort *stora framsteg inom ljudsotning*, dock är servicekostnaden lika hög oavsett om anläggningen är på 10 eller 100 MW {35}.
- Tvingades byta matarvattenekonomiser p g a den utsatts för mekaniskt slitage och skakat sönder av *slagsotning*, bytte till samma matarvattenekonomiser men med installerade vibrationsdämpare varvid problem uteblev {7}.
- För *ångsotning* kan det vara lämpligt att försöka minimera sotningen för att minska risk för erosion och för att spara ånga {9}. En möjlighet att minska erosionsrisken vid ångsotning är att ha *lågt tryck när ånglansarna går in* {9}. En annan möjlighet är att ha dränering på sotlansarna men det är ändå svårt få bort allt kondensat längst fram {11}.

5.6 Konstruktion och drift; övrigt

- Cykloner *tar bort slitande partiklar*, och ett tomdrag som har bottenuppsamling tar bort det värsta vad avser eroderande rökgasinnehåll. *En stoftficka i rökgaskanalen* minskar också det eroderande rökgasinnehållet {19}.
- Ändring av rökgaskanalens konstruktion framför enheten, exempelvis införandet av en katalysator före ekonomisern, kan påverka *flödesförhållandena* på ett ogynnsamt sätt. Om värmeväxlaren kommer strax efter rökgaskanalkrök blir rökgasströmmen längs ekonomisern extra kraftig längs den sida som sammanfaller med krökens "ytterkurva" med erosionsproblem som följd {9}. Detta bör kunna undvikas genom att *bygga anläggningen med lång rökgaskanal efter kröken* (förf. anm.). Turbulens uppstod efter katalysator vilket medförde erosionsskador på efterliggande ekonomiser, vinkel för ”koning” till katalysator ändrades varvid problemet försvann {21}. *Instrypning av rökgaskanal före avgaspanna* gav upphov till erosionsproblem, instrypningen togs bort varvid erosionsproblemen försvann {28}.
- *Höjning av last* ökar risken för att det inte ska gå att kunna hålla enheten tillräckligt ren{16}.

5.7 Bränsle

- *Torv från Sveg* dyrare än Vitrysslands men har bättre kvalité; högre värmevärde, lägre askhalt {32}. För ca 3 år sedan gick torv från klassning "grönt" till semi-fossilt, gick upp i skatt men mindre än jämfört med olja o. kol {34}. Torv ger glödande partiklar i rökgasen vilket är till skada för eventuella textilfilter [35}. Beläggningsbildning blir mindre med torv än med kol {13}.
- Returfliskvalité kan variera stort, har haft olika leverantörer varav *den senaste leverantören haft renast*{3}. I *returträ* finns det nästan inga plaster el. papper, medan det i returflis kan vara allt, ex matjord {13}. Samförbränning "biobränsleanläggning" innebär källmärkt el, torv är ej bioklassat och det godkänns bara upp till 50% RT {14}. Icke-vitt RT ger inte aska godkänd för skog {17}. *RT kan självantända i bränsledepå* om det ligger för tätt, hände hösten 2009, gjorde att man då höll extra hög tillförsel av RT till pannan, var troligen orsak till efterföljande korrosion i anläggningen, har nu större bränsledepå {21}. Provat med RT, det som magnetavskiljaren ej tagit fastnade, ex. spik o. skruv o. mässingsbeslag, *botten ("flatbotten") var ej gjord för så mycket järnskrot* varför bädden kollapsade {34}.
- *Återvinningsbränsle* ger mer beläggning än kol {9}. *Huruvida hushållsavfall är besvärligare än industriavfall eller ej* beror på vilken typ av industriavfall d v s hur avfallet är hos den närliggande industrin.{18}. Hushållsavfall är billigare än industriavfall{18}. Det är klurigare att elda industriavfall än hushållsavfall p g a det senare homogenare {23}. Avfallsskatt/förbränningsskatt försvann under 2010, en skatt som innebar många gånger högre kostnad för förbränning av hushållsavfall än industriavfall {23}, *risk för att den avfallseldade anläggningen ökar proportionen av hushållsavfall* så snabbt att anläggningen inte hinner ställa om (förf. anm.). *Bränslena förändras med tiden* och kräver ändrade driftförhållanden, exempelvis har energiinnehållet gått upp i hushållsavfallet p g a utökad källsortering {2}.
- *Övergång från kol till biobränsle* kan ha varit orsaken till att problemen med igensättningar kraftigt ökade hos Ljungström luftförvärmare{10}. Virke söderifrån {4}, färskhuggen ved {7} och grönflis {19} *har relativt höga kloridhalter*. Mer *fukt*

i bränslet ger högre tryck o därmed högre hastighet p g a fläktar styr (trycket styrs m fläktar). Bark ger alltså indirekt mer erosion än torrare bränslen (förf. anm.). Efter övergång till ren bio från *mycket inslag av bark* blev det i motsats till tidigare ingen beläggning på konvektionsdel, den fuktiga barken ("som matjord") krävde dessutom torv för att få upp temperaturen {35}.

- *Kol* är mindre fint o. mer slitande än bio men ger mindre igensättning {10}.
- Anläggningen hade under en längre period *pellets* från Holland och för vilken PVC-plasten skulle ha varit bortsorterad, utlovat kloridhalt var under 1% men bränslet visat sig vara sämre, ibland över 2%, orsakade skador {13}. Väl värt att regelbundet *granska bränslets sammansättning* (förf. anm.). Igensättningar vanligare med mer *askrika bränslen* ex spannmålspulver/agrobränslen, billigare med agrobränslen men vinsten äts upp av ökade underhållskostnad; sotning, sotavlämningskostnader och skadefall {15}.
- *Svavelgranulat* har tillsatts periodvis för att sänka CO i rökgaserna och har gett positiv effekt, Anders Hjörnhede, Vattenfall, har teori om varför halten CO minskar {15}. Även andra anläggningar har prövat med svavelgranulat med samma resultat {16}. Funderar på S-granulat, enklare än ChlorOut (doserar direkt på inmatningsbandet) {21}. Börjat med S-granulatpellets 2008, utvärdering ej klar {30}.
- Man bör ej gå under 128 °C i *rökgastemperatur om NH_3 tillsätts*, sägs att man då får utfällning {35}. .

5.8 Underhåll och övervakning

- Rengöring av luftförvärmare underlättas av om en *bypasskanal* är kopplad parallellt med luftförvärmaren (ex. Kristinehedsverket, anläggning tillhörande Halmstad Energi och Miljö AB, [18]). Då kan rengöring utföras även när anläggningen är i drift, genom att spjäll före och efter luftförvärmaren stängs, och luften går genom bypasskanalen istället. *Finns oljebrännare tillgängliga i pannan är annars ett alternativ* att vid rengöring stänga av luftförvärmarens luftfläkt och istället att elda med olja (ex. Sysavs avfallskraftvärmeverk, [18]). *Inspektionslucka* i rökgaskanalen, och då en rymlig sådan och i närheten av enheten underlättar övervakningen, och gjordes efter att anläggningen byggts (se bilaga D11,{30}).
- Regelbundna och täta kontroller på tuber i närheten av *sotblåsares mynning* minimerar omfattningen av uppkomna erosionsskador orsakade av sotblåsaren. Utifrån *missfärgningar* på matarvattenekonomiserns tuber kan man misstänka att slitage pågår{6}. Det är inte ovanligt med bristfälligt utförda svetsar, och en *granskning av svetsarna*, eventuellt av en oberoende expert, innan enheten sätts på plats minskar risken för driftsstörningar {12}. Tubläckor ger beläggningar som kan innebära att det endast sipprar, varför det kan dröja innan läckan upptäcks {11}. En effekt som gör att *orsaken till tubläckor kan missförstås* är där tubläckor på ekonomisern är orsakade av vattensidig korrosion - detta kan ge kraftiga beläggningar vilka som sekundäreffekt orsakar korrosion från utsidan.
- *Stoftmätare* som är placerad efter filter gör att eventuell dålig stoftavskiljning dessförinnan inte observeras. Med *ultraljud* är det svårt att se gropar och porer. Med *röntgen* är det också svårt att se gropar, samtidigt som metoden dessutom både är tidsödande och arbetsmiljömässigt besvärlig. *Insticksrör* i form av mantlar prövades

då det gått hål i luftförvärmartuber, blev efter ytterligare en tid nya tubhål strax efter änden på instickstuben, beror på att den låga lufttemperaturen ”flyttades fram” {6}. Prövat provisoriskt med insticksrör, utförts (inkl. påsvetsning) {30}. Samtliga tuber (5520 st.) luftförvärmare kragades, kostade 4600 kkr att jämföra med då uppgiven kostnad för nytt paket på 7500 kkr {34}. *Tjockleksmätningar* kan bara göras på släta el. "stålkamfläns" (gjutjärnsfläns fungerar även som skydd), man kan inte heller göra mätningar på dubbelmantlade{20}. Kontroll av status på tuber kan göras genom att mäta *syrehalt i rökgaserna* och att *provtrycka pipor*, i första fallet är det redan kört om kan se hög halt av syre och för det senare fallet innebär det ett väldigt omfattande jobb att provtrycka alla pipor {19}. Svårt se gropar o. porer med *ultraljud* {21}. *Röntgen* har provats men man har missat gropar, det är tidsödande, det är dyrt och det är dessutom arbetsmiljömässigt besvärligt - kan ej vara i närheten {21}. Har hört att det finns "*ljudavlyssnare*” men är tveksam {21}. Intressant med *tryckmätare* som nämnts (företag som kontaktat Swerea KIMAB), men förutsätter att den kan ange om läckageläge är i eller efter pannan {21}. Gått hål på luftförvärmares tuber vid "passagegräns" mot skiljevägg, konstaterades genom att man såg inläckage av syre {30}.

- Matarvattenekonomiser har man försökt att *göra rent med vatten*, gick inte tillräckligt bra, blev som cement och dessutom drabbades luftförvärmaren nedanför av dropp, gick bättre med *citronsyra* {10}. Har försökt *rengöra segment i Ljungström*, först "för hand" o. sedan med HCl, förstnämnda mycket arbetsintensivt medan HCl medförde dålig avbetning, nu köper nya segment istället vilket är både billigare och bättre {10}. Provat kemisk rengöring av tuber har provats men man har inte blivit riktigt nöjd, däremot gått bättre med att sätta vattendysor på ånglansarna och använda högtryckspump, tar ett dygn att få rent {15}. En metod för rengöring på luftsidan är att rensa mellan tuberna med ett smalt föremål. Exempelvis används på luftförvärmaren till avfallspannan för panna 3 vid Kristinehedsverket, *en såg gjord i plexiglas vilken sågar bort smutsen mellan tuberna* [18].
- Har mätare i skorsten vilken mäter hastighet och skorstensradie ger flödeshastighet (enkel uträkning), utrustningen är dyr (säkert 100 kkr) o. kalibrering per år säkert 50 kkr, utan denna utrustning är dock bestämningen av flödeshastighet komplicerat (beräknas utifrån effekt, syrehalt, bränsle) o. är dessutom troligen osäker {21}.

5.9 Allmänt

- Hade fått hög avverkningstakt på panntuber före garantitidens slut, *skicket vid garantitidens slut* hade dock ej definierats varför det blev svårt att få krav tillgodosedda {5}.
- Efter skada på matarvattenekonomiser med kamfläns köptes ny, blev tyvärr ”*panikupphandling*” vilket gjorde att det blev en kamflänsekonomiser igen där kamflänsarna sitter väldigt tätt och lätt sätter igen, fanns utrymme för kamflänsekonomiser med glesare mellan flänsarna {11}. Inköp av så kostsamma enheter som ekonomisrar och luftförvärmare bör alltid föregås av genomtänkt planering {förf. anm.}.
- Igensättning av dysor för förbränningsluft kom efter byte till *ny design av dysor* {12}. Rekommendation är att före inköp kolla referenser för anläggning med motsvarande typ av panna och bränsle (förf. anm.).

- Ett stort problem är *åderlåtning på kompetens*, huvudsakligen p g a pensionering {16}.
- Anläggningskonstruktören vill byta ut ekonomiser medan anläggningsansvarig vill uppskjuta kostnaden, *oberoende konsult* för granskning och besiktning är önskvärt {19}.

5.10 Utöver koppling till ekonomisrar eller luftförvärmare

- *Rosterpanna* är bättre lämpad för RT än CFB {3}. RT-flis kan komma ner under rosten och brinna också där, varvid det kan bli för varmt {5}. Om pannan ej har konstruerats för eldning med RT kan den behöva byggas om, vilket ibland görs {9}. Rosterpanna är tåligare mot avfall än CFB {18}. *Sanden från BFB* kan ej silas ren m. befintlig utrustning och kostnad för deponi o. för ny sand är dyrt, finns modernare pannutformning med siktning och återvinning {17}.
- Inconel 625 med svetspåläggning och Sanicro 28 har testats som panntubsmaterial, S28 hade mindre materialavgång men är dyrare {13}.
- *Salix* ger mycket beläggning, tar upp mycket salter som smälter i pannan, kyls o. stelnar mot tuber, faller vanligen ner av sig självt men någon gång måste det spolas {3}. Sedan man börjat med inblandning av *bildäck i bränslet* har korrosionen på panntuberna minskat {9}.
- Tillsats av kalk i form av *osläckt kalk* där vatten tillsatts prövats men klumpade igen {11}. $Ca(OH)_2$, *släckt med etanol* ger fluffigare o. större yta {36}.
- *Förbränningsluften* till hetvattenluftförvärmare tas från avfallsbunkern vilket orsakar igensättningar på luftsidan {5}.
- *SCR* gav igensättningar och resulterande tryckfall, krävde högre effekt av fläkt o. därmed elkostnad, togs bort 2009 {1}. *Tomrum utformats för eventuell framtida katalysator* {6,11}. Exempel på konstruktion av anläggning vilket möjliggör installation av enhet vid senare tillfälle ifall behov skulle uppstå (förf. anm.). Verksamma bitarna i SCR blev "förgiftade" av kalium från bränslet {9}. Blev tvungna att värma rökgasen före SCR p g a att man genom bättre verkningsgrad kommit ner i så låg temperatur att den inte var lämplig för effekten på SCR för låg, från 400 till 250 ºC {9}. *Innan SCR installerades ströps syretillförsel*, gav ibland understökiometrisk förbränning vilket gjorde att det skyddande oxidskikt på panntuberna försvann {29}.
- *Elfiltret* har drabbats av mekaniska förslitningar p g a vibrationer, har åtgärdats {3}.
- För *våt rökgasrening* är reningen optimal vid 180 ºC, ekonomiser som ligger i separat rökgaskanal kan bypassas vid start och därigenom snabbt få upp temperaturen för den våta rökgasreningen{18}.
- *Tjockleksmätning* av panntuber sker årsvis med virvelströmsteknik {13}. *Värmefotografering av elfilter* avslöjade kraftiga värmeläckage {13}.
- Möjligheten finns att med hjälp av *kylda sonder*, exempelvis från Metso, Chalmers och Vattenfall, instoppade i hål i panntubsväggen, undersöka härdigheten för olika material och effekten av ändring i bränslesammansättning. Möjligheten till en mer omfattande test med många mätpunkter begränsas dock av antalet luckor {9}. Konstrueras anläggningen med flera luckor förbättras förutsättningarna att på bästa sätt följa utveckling av eventuellt planerade ändringar (förf. anm.).

- Har *metalliserat överhettare* i testsyfte efter upphandling{14}. Underhåll görs i form av termisk metallsprutning {13}.

6 Slutsatser och rekommendationer

6.1 Utdrag från kapitel 4

- Problem vad avser igensättningar, erosion och/eller korrosion på matarvattenekonomisrar, avgaspannor och luftförvärmare är i nuläget inte speciellt vanligt förekommande, åtminstone inte utifrån de uppgifter som erhållits.
- Kalktillsatser i pannan motverkar troligen problem för matarvattenekonomisrar.
- Troligen innebär tillsats av NO_x-reducerande ämnen i rökgasflödet före matarvattenekonomisern att problem i form av åtminstone igensättningar minskar.
- För att motverka problem för matarvattenekonomisrar, åtminstone i form av igensättningar, är det fördelaktigare att ha rörändarna placerade i rökgaskanalen än utanför den.
- Kamflänstuber på matarvattenekonomisrar innebär större risken för problem, åtminstone i form av igensättningar, än för slättuber.
- Slagsotning och kulsotning är bättre än ångsotning för att på matarvattenekonomisrar undvika igensättningar, erosion och/eller korrosion.

6.2 Utdrag från kapitel 5

- En bypasskopplad enhet möjliggör att enheten kan rengöras och lagas utan att anläggningen måste stoppas. Ett annat sätt är att ha oljebrännare tillgängliga i pannan för att vid rengöring stänga av luftförvärmarens luftfläkt och istället att elda med olja.
- Om anläggningen har kraftvärme är tillgänglighetskravet hög, varför rengöring måste minimeras. Detta är för kraftvärmeanläggningar ett argument för slättuber.
- I det paket där det värmeupptagande mediet kommer in först är risken för kondensbildning störst, och rostfritt material är här av störst nytta för att minimera kondenskorrosion.
- Förvärmare minskar risken för att det uppvärmda mediet kommer att hålla så låg temperatur att temperaturen på värmeväxlaren yta underskrider daggpunktstemperaturen. Hetvattenluftförvärmare riskerar dock att inte räcka till.
- Sothylla m. "tilläggskonstruktion” och plåtar ut från kanalvägg är två sätt att minska risken för erosion på vändtuber i rökgaskanalen. En stoftficka i rökgaskanalen minskar också det eroderande rökgasinnehållet. Ytterligare ett sätt att minska risken för erosion är genom att ha en lång rökgaskanal mellan en rökgaskanals krök och värmeväxlaren.
- Är isolering av skiljevägg bristfällig riskerar det att kondens bildas på skiljeväggen, kondens som rinner längs väggen till tuberna, och där orsakar korrosion.
- Virke söderifrån, färskhuggen ved och grönflis har relativt höga kloridhalter varför man bör undvika att ha för hög andel av dessa i bränslet. Ett annat

bränsleinslag som man bör vara försiktig med är askrika bränslen ex spannmålspulver/agrobränslen vilka ökar risken för igensättningar.

- Vill man sänka CO i rökgaserna talar mycket för att Svavelgranulat i bränslet är en möjlighet.
- Det är inte ovanligt med bristfälligt utförda svetsar, och en granskning av svetsarna, eventuellt av en oberoende expert, innan enheten sätts på plats minskar risken för driftsstörningar.
- Insticksrör kan utnyttjas då det gått hål i luftförvärmartuber för att undvika kostnad för nytt paket.
- En metod för rengöring på luftsidan är att rensa mellan tuberna med ett smalt föremål. Exempelvis används på luftförvärmaren till avfallspannan för panna 3 vid Kristinehedsverket, en såg gjord i plexiglas vilken sågar bort smutsen mellan tuberna.
- För att öka chanserna för att få krav tillgodosedda vad avser garanti bör skicket vid garantitidens slut ha definierats.

7 Förslag till uppföljningar och fortsatt forskningsarbete

- Erfarenhetsinsamling kring enheter som inte är ekonomisrar eller luftförvärmare
- Utvidgad och fördjupad erfarenhetsinsamling med avseende på underhålls- och statusgranskningsmetoder för ekonomisrar eller luftförvärmare
- Utvidgad och fördjupad erfarenhetsinsamling med avseende på hur daggpunktstemperaturen bestämts och hur korrekt den erhållna uppgiften visat sig vara
- Försöka få fram kvalitén på det rostfria stålet hos de värmeväxlare som har detta material, framförallt för de anläggningar där materialet för värmeväxlaren bytts från kolstål
- Följa upp de anläggningar där materialbyten nyligen gjorts
- Följa upp de anläggningar i denna rapport som prövat med svaveltillsatser, exempelvis genom att förhöra sig om problem orsakade av alkalikloridkorrosion minskat, och då i vilken omfattning

.

8 Acknowledgement

Ett stort tack till alla anläggningsrepresentanter som lagt ned tid på att svara på författarens frågor, vilka ofta återkommit med en förmodat irriterande envishet. TACK!

Dessutom ett lika stort tack till referensgruppen som bidragit med många insiktsfulla kommentarer och noggrann granskning; Lennart Nordh (Metso Power AB), Andreas Back (Alstom Power Sweden AB), Hans Wettergren (Renova AB) och Bengt Hildenwall (Vattenfall R&D).

9 Litteraturreferenser

1) Naturvårdsverkets hemsida

2) Alvarez H; ”Energiteknik”, Studentlitteratur Lund 1999

3) Muntlig kontakt; Andersson, L, Ekströms Värmetekniska AB

4) Port R D, Herro H M, ”the Nalco Guide to Boiler Failure Analysis

5) Lindau Leif, Goldschmidt Barbara; "Lågtemperaturkorrosion i barkeldade, mindre pannor", Värmeforsk Service AB, Stockholm, juni, 2002

6) Nordling M, Hildenwall B, “Lågtemperaturkorrosion i kraftvärmeverk”, Konsortium Materialteknik för demonstration och utveckling av termiska energiprocesser, 2010

7) Henderson P, Szakalos P, Pettersson R, Andersson C, Högberg J; "Reducing superheater corrosion in wood-fired boilers", Materials and Corrosion 2006, 57, No. 2

8) Erik Skog et al; "Materialutvärdering och forskning i den avfallseldade pannan P14 på Händelö, Del II";

9) Lampert D; "Low-Temperature Corrosion in Feed-Heaters Heated by Flue Gas", Brown Boveri Rev. 10-78, 1978

10) Ganapathy V; "Cold end corrosion: causes and cures", Hydrocarbon Processing, January 1989

11) Haase R. & Borgmann H-W., Präzisionsmessungen zur Ermittlung von Säuretaupunkten, Mitt der VGB, Heft 76, Feb 1962, s. 16-19. (1962)

12) Verhoff F.H & Banchero J.T., Predicting dew points of flue gases. Chemical Engineering Progress, Aug 1974, vol 70, nr 8, s.71-72 (1974)

13) Land T; "The theory of acid deposition and its application to the dew-point meter", J of the Institute of fuel, 68-75, juni 1977

14) Linder M, Pettersson R; "Rostfria stål i utrustning för våt rökgasrening i anläggningar för avfallsförbränning", (Projekt 43023, Stålindustrins Värmnings-, Bearbetnings- och Materialpaket 1999-2003), 2003

15) Linder et al; "Stainless steels for wet conditions in municipal incineration and combustion plants" (European Commission, Science Research Development, Technichal steel research, Report EUR 220822), 2006

16) Persson H et al, ”Partikelemissioner från biobränsleeldade mindre fjärrvärmecentraler”, Värmeforsk Service AB, Stockholm december 2001

17) Strömberg B, “Bränslehandboken” Värmeforsk Service AB, Stockholm mars 2005

18) Björkman M, “Utredning av primärlufteldning till två avfallseldade pannor”, Examensarbete 20 p, februari 2008

19) Stålenheim A, Henderson P, “Korrosion i avfallsförbränningsanläggningar”, Värmeforsk Service AB, Stockholm november 2004

20) Levin E.M., Robbing C.R., McMurdie H.F., “Phase diagrams for ceramists”, The American Ceramic Society Inc., 1969

21) Cha, S.C., Spiegel M., Materials and Corrosion 57, p.159-164, 2006.

22) Goldschmidt, B, Nordling, M; ”Materialval vid rökgaskondensering”, Februari 2003

23) Goldschmidt B; ”Lågtemperaturkorrosion i pannor med SNCR”, Januari 2004

24) Eriksson T; ”Driftrelaterad direktmätning av lågtemperaturkorrosion i en bränsleeldad kraftvärmeanläggning”, Maj 2000

25) Eriksson T, Eriksson S; ”Direktmätning av rökgassidig lågtemperaturkorrosion i en avfallspanna”, Juni 1998

26) Kiessling L; ”Lågtemperaturkorrosion på eftereldytor i hetvattenpannor vid eldning med torv och trädbränsle”, Augusti 1988

27) de Pourbain M; ”Korrosion i kondenserande rökgas. Fältförsök etapp I och II”, April 1988

28) Dahl L; ”Kondenskorrosion - en litteraturstudie”, Maj 1986

29) Nordling M et al; "Materialval vid rökgaskondensering", December 2004

30) Nordling M; "Förutsättning för sänkning av rökgastemperatur", Värmeforsk, to be published

31) Oral communication, Lennart Nordh, Metso.

Bilagor

För bilagorna E t.o.m. J är vissa anläggningsnummer markerade med rött medan vissa med blått, vilket symboliserar de som ej respektive de som har svarat på författarens frågor från det sista frågeutskicket augusti 2011. Ett anläggningsnummer, 20, är markerat med grönt vilket symboliserar att anläggningen svarat men först efter att rapporten i stort sett färdigställts (och därför inte fått svaren medtagna i rapporten).

I bilagorna E t.o.m. K förekommer referenser i form av hakparanteser. De hänvisar sig till referens med samma nummer hos den anläggning för vilken de anges, och som återfinns bland bilagorna C

A.1 Anläggningslista NVV 2006

Nr	#	Anläggning	Plats	Besök	Ägare	Kontakt
1		Bristaverket	Brista/Sth		Fortum Värme s m Sth stad AB	Per Eric Jacobsson
2		Dåva Kraftvärmeverk	Umeå		Umeå Energi AB	Fredrik Lundström
3		ENA Kraft KVV (ca)	Enköping		ENA Energi AB	Bengt Lindgren
4		Gruvöns bruk	Grums/Karlstad		Billerud AB	Stefan Magnusson
5		Gärdstadverket	Linköping	090624	Tekniska Verken i Linköping AB	Olle Svanfeldt Peter Kolin
6		Hedensbyn	Skellefteå		Skellefteå Kraft AB	Leif Lundberg
7		Hedenverket	Karlstad		Karlstads Energi AB	Lennart Gustavsson
8	#	Heleneholmsverket	Malmö		E.ON Värme Sverige AB	Tommy Larsson
9		Händelöverket	Norrköping	090827	E.ON Värme Sverige AB	Bengt Heikne Kenneth Andersson
10		Hässelbyverket (ca)	Sth	090618	Fortum Värme s m Sth stad AB	Kent Andersson Roger Fagermyr
11		Högdalenvserket	Sth	090921	Fortum Värme s m Sth stad AB	Anders Eklund
12		Idbäckens KVV	Nyköping		Vattenfall AB Värme Nyköping	Josef Nieznaj
13		Igelstaverket	Södertälje/Sth	090715	Söderenergi AB	Mats Risberg
14		Johannesverket	Gävle		Gävle Kraftvärme AB	Toni Holkko
15		Jordbro värmeverk	Haninge/Sth		Vattenfall AB Värme Drefviken	Robert Mattsson
16		Karskärsverket	Gävle	090902	(Karskär Energi AB)	Hans Lönnevik
17		Korsnäs Frövi	Frövi/Örebro		Korsnäs Frövi AB	Ingemar Andersson
18		Korstaverket (ca)	Sundsvall	090911	Sundsvall Energi AB	Mikael Henriksson
19		Kvarnsveden värmeverk (ca)	Borlänge		Stora Enso Kvarnsveden AB	Bengt Andersson
20		Linköping KVV (ca)	Linköping	09064	Tekniska Verken i Linköping AB	Anders Kull Krister Johansson
21		Lugnviksverket	Östersund	090729	Jämtkraft AB	Hasse Hansson Bo Brygård
22	#	Luleå kraftvärmeverk (ca)	Luleå		Lulekraft AB	Hans Eriksson
23		Malmö avfallsförbranl (ca)	Malmö		SYSAV	Jonas Eek
24	#	Norrköpings värmeverk	Norrk		#	#
25		Sandviksverket	Växjö		Växjö Energi AB	Fredrik Strömgren
26		Sävenäs avfallskraftvverk (ca)	Göteborg		Renova AB	Hans Wettergren
27	#	Sävenäsverket	Göteborg		Göteborg Energi AB	Jarl Ivarsson
28		Uppsala avfallsförbranl (ca)	Uppsala	090820	Vattenfall AB Värme Uppsala	Lars Åblad Lennart Isaksson
29		Uppsala KVV (ca)	Uppsala		Vattenfall AB Värme Uppsala	Fredrik Wettervik
30		Vattumannen	Eskilstuna	090923	Eskilstuna Energi & Miljö AB	Rolf Gustavsson
31	#	Värtaverket	Sth		Fortum Värme s m Sth stad AB	Peter Isaksson
32		Västerås kraftvärmeverk	Västerås	090925	Mälarenergi AB	Evert Lundqvist
33	#	Västhamnsverket	Helsingborg		Öresundskraft Produktion AB	Christer Nilsson
34		Åbyverket	Örebro		E.ON Värme Sverige AB	Leif Svärd

35		Ålidshemsverket	Umeå		Umeå Energi AB	Åke Carlsson
36		Ryaverket	Borås		Borås Energi	Göran Gustafsson

Lista på förbränningsanläggningar rangordnade utifrån utsläppt mängd av NOx-gaser [1]. Samtliga anläggningar är granskade och presenterade i rapporten utom de som i kolumn ”#” är märkta med ”#”.

A.2 Anläggningslista NVV 2010

Anläggning	Nr	Plats	Huvudman	Energi TWh
Öresundsverket	*	Malmö	E.ON Värmekraft Sverige AB	3.31
Värtaverket	31	Stockholm	Fortum Värme smSs, AB	3.05
Västerås kvv	32	Västerås	Mälarenergi AB	2.77
Rya kvv	*	Göteborg	Göteborg Energi AB	2.21
Högdalenverket	11	Stockholm	Fortum Värme smSs, AB	2.06
Igelsta kvv	*	Södertälje/Sth	Söderenergi AB	2.02
Händelöverket	9	Norrköping	E.ON Värme Sverige AB	1.91
Åbyverket	34	Örebro	E.ON Värme Sverige AB	1.63
Malmö avfallsförbranl	23	Malmö	SYSAV	1.53
Sävenäs avfallskvv	26	Sävenäs/Göteborg	Renova AB	1.52
Kraftvärmeverket	22	Luleå	Lulekraft AB	1.44
Hässelbyverket	10	Stockholm	Fortum Värme smSs, AB	1.31
Västhamnsverket	33	Helsingborg	Öresundskraft Kraft&Värme AB	1.30
Igelstaverket	13	Södertälje/Sth	Söderenergi AB	1.08
Gärstadverket	5	Linköping	Tekniska Verken i Linköping AB	1.08
Bristaverket	1	Märsta/Sth	Fortum Värme smSs, AB	1.04
Dåva kvv	2	Umeå	Umeå Energi AB	1.03
Uppsala avfallsförbranl	28	Uppsala	Vattenfall AB Värme Uppsala	1.03
Vattumannen	30	Eskilstuna	Eskilstuna Energi & Miljö AB	1.01
Uppsala kvv	29	Uppsala	Vattenfall AB Värme Uppsala	1.01
Korsnäsverket	16	Gävle	Korsnäs AB	0.92
Sandviksverket	25	Växjö	Växjö Energi AB	0.90
Lugnviksverket	21	Östersund	Jämtkraft AB	0.87
Gruvöns Bruk	4	Grums/ Karlstad	Billerud AB	0.86
Linköpings kvv	20	Linköping	Tekniska Verken i Linköping AB	0.85
Ryaverket	36	Borås	Borås Energi och Miljö AB	0.84
Korstaverket	18	Sundsvall	Sundsvall Energi AB	0.84
Hörneborgsverket	*	Örnsköldsvik	Övik Energi AB	0.83
Kvarnsveden vv	19	Borlänge	Stora Enso Kvarnsveden AB	0.80
Hedenverket	7	Karlstad	Karlstads Energi AB	0.76
Korsnäs Frövi	17	Frövi/ Örebro	Korsnäs Frövi AB	0.61
Hedensbyn	6	Skellefteå	Skellefteå Kraft AB	0.59
Heleneholmsverket	8	Malmö	E.ON Värme Sverige AB	0.57
Billerud Skärblacka	*	Billerud/ Säffle	Billerud Skärblacka AB	0.57
Gunnesboverket	*	Lund	Kraftringen Produktion AB	0.56
Johannesverket	14	Gävle	Gävle Kraftvärme AB	0.54
Jordbro vv	15	Jordbro/ Sth	Vattenfall AB Värme Drefviken	0.50
Idbäckens KVV	12	Nyköping	Vattenfall AB Värme Nyköping	0.48
Sävenäsverket	27	Sävenäs/Göteborg	Göteborg Energi AB	0.44
ENA Kraft, KVV	3	Enköping	Ena Energi AB	0.36
Ålidhemsanläggningen	35	Umeå	Umeå Energi AB	0.17

B Frågelista

Inledning	
Anläggning	Namn, stad, ägare
Kontaktperson [30]	Namn, titel
Besök [31]	Besöksdatum
Pannor [1]	Pannor ex: PA, (PB), PC, (PD)
Sekvens[2]	
Linje A	Eldstad/överhettare/matarvattenekonomiser/avgaspanna/luftförvärmare/elfilter/slangfilter/katalysator/
	S-skrubber/rökgaskondensor/quencher/avfallsskrubber/påvärmare/droppavskiljare/rökgasfläkt/skorsten[62]
Linje B	
(osv)	
Pannor	
Panna linje A	*Pannbeskrivning:*
	Ångp eller hvp (dom eller genomströmningspanna)[56], eldstadstyp, turbinförekomst, tillverkare.
	Driftsförhållanden:
	Bränsle (fördelning). Effekt[42], ångdata[42], drifttid per år.
	Historik: Driftstartsår. Ändringar [32]
Panna linje B	
(osv)	
Tillsatser [6]	
Linje A	Komponent (plats)
Linje B	
(osv)	
Ekon [59]	
Linje A [26]	Antal. Rökgassekvens [33]. Ritning [44].
	Beskrivning: Placering[34], tubändar[35], tublutning[9]. Tubtyp[11], material[55]. Tillverkare[60]
	Drift: Förvärmning[12], vattenåterföring[36]. Sotning (omfattning)[38]. Underhåll[39].
	Temperatur vatten (temperatur rg)[14]. Granskning[13].
	Historik: Driftsstartsår[61]. Problem[15], orsak, ändringar[16].
	Nuvarande problem: Typ[17], orsak[18], planerad åtgärd.
	Övr: Ändringsplan [19]. Tester [40].
Linje B	
(osv)	
Luftförvärmare (rökgas) [47]	
Linje A [26]	Antal. Typ [24]. Sekvensbeskrivning[25]. Ritning [44]
Om tub:	Beskrivning: Röränder[48], rökgasläge[51], tublutning[9]. Tubtyp[11], material[55]. Tillverkare.
Om Ljungström:	Beskrivning: Material. Tillverkare.
	Drift: Förvärmning[21]. Sotning [38]. Underhåll[39].
	Temperatur[49]. Granskning[13].
	Historik: Driftsstartsår. Problem[15], ändringar[16]. Tester [40].
	Nuvarande problem: Typ[17], orsak[18], planerad åtgärd.
	Övr: Ändringsplan [19]. Tester [40].
Linje B	

Övrigt	
Revision[52]	Period
Underlag [53]	
Utredningsbehov [54]	
Övr [57]	

1) Namnen på anläggningens pannor. De som ej är baslastpannor har angivits med parentes.
I rapporten presenteras endast uppgifter för de linjer där pannan är baslast.
2) Enheter i rökgasflödet. Angivna i ordning från eldstad och vidare i rökgasflödets riktning.
Sekvensbeskrivningen är fullständig till och med den sista av enheterna mavaekon, avgaspanna eller lufo[58].
Därefter är det möjligt att inte alla förekommande enheter i rökgasledet är angivna.
Om parentes runt enhet innebär det att enheten nyligen avlägsnats eller inte utnyttjas.
Estad=eldstad,öh=överhettare,mavaekon=matarvattenekonomiser,avgasp=avgaspanna,lufo=luftförvärmare,elfi=elfilter, slangfi=slangfilter
kat=katalysator,rgkond=rökgaskondensor,Q=quencher,påvä=påvärmare,dravsk=droppavskiljare,rgfl=rökgasfläkt,S=skorsten.
6) Av komponenterna NH3, Urea, S (i någon form), kalk (i någon form). De av dessa komponenter som inte är angivna tillsätts inte.
9) Vertikala ("ver") eller horisontella ("horis"). Om horisontella anges om rökgasen kommer ovanifrån ("nedåt") eller underifrån ("uppåt").
11) Kamfläns ("kam") eller slättub ("slät").
12) Anger om vattnet från matarvattentanken värms upp av någon enhet innan det når panntuberna, ex. ånga från vatten/ång-cykeln.
13) Typ av undersökning (ex. visuell granskning och tjockleksmätning) samt inom parentes hur ofta och utförare.
14) In/ut vatten samt, inom parentes, in/ut rökgaser. Om flera ekons gäller in- o. uttemperaturen för hela sekvensen om ej annat anges.
15) Problem och orsaksbedömning. Problem kan vara ex. igensättning, erosion, korrosion. Årtal anges.
Orsak kan vara exempelvis felställda sotblåsare, konstruktionsfel, för låg medietemperatur eller svetsfel.
16) Ändring av driftsförhållanden eller konstruktion som ej är till följd av föregående problem.
17) Ex. igensättning, erosion, korrosion.
18) Exempelvis felställda sotblåsare, konstruktionsfel, för låg medietemperatur eller svetsfel.
19) Ex. ändring av tubmaterial, sotningsmetod eller granskningsrutiner.
21) Luften passerar genom luftförvärmare som värms med ångluftförvärmare (ÅL) eller hetvattenförvärmare (HL).
24) Tub eller Ljungström.
25) Enheter räknas upp. Sekvensbeskrivning görs om flera enheter och om kännedom för detta finns. P=primärluft, S=sekundärluft.
26) En av linjerna anges här, med det namn på linjen som anläggningen använder sig av.
30) Om flera namn är angivna är den senast kontaktade angiven överst. Fler än de angivna kan också ha kontaktats i ärendena.
31) För vissa anläggningar gjordes besök av författaren, för att bl. a fotografera hos anläggningen intressanta delar.
32) Ex. med avseende på ombyggnation, bränsle eller övriga driftsförhållanden, inkl. årtal.
33) Sekvens anges enligt riktning medströms. Sekvens för värmemottagnade mediet i omvänd ordning om ej annat anges.
Även ev. mellanliggande enheter anges exempelvis SCR.
Om kännedom om antal paket anges dessa för respektive ekon inom parentes.
Om kännedom sekvens för paketen anges dessa enligt samma princip som för ekonomisrarna.
34) Integrerad med pannan eller separerad från den (ex. placerad i rökgaskanal).
35) Enbart samlingslådor eller också rörkrökar, och om rörkrökar alternativen innanför eller utanför rökgaskanalen.
36) Anger om en delström efter mavaekon går tillbaka till inloppet (ex. med hjälp av cirkulationspump eller ”shuntning”).
Detta för att höja inloppstemperaturen för ekon, o. som följd förbättra möjligheten att ligga över daggpunktstemperaturen.
38) Typ av sotning och omfattning (gånger per dygn om ej annat anges).
"Ång", "slag", "ljud", "kul" är ångsotning, slagsotning, ljudsotning resp. kulsotning.
39) Annan än regelbunden sotning; typ (ex. vattentvätt) följt av parantes med omfattning (ex vid revision) och utförare.
40) Exempelvis insättning av testtuber av avvikande material, eller ändring av bränslesammansättning.
42) Max/normal (MW) respektive tryck/temperatur (bar/ ºC).
44) Anger om ritning över sekvens tillgänglig hos författaren.
47) Endast luftförvärmare som värms med rökgas beskrivs, alltså ej ångluftförvärmare (ÅL) eller hetvattenluftförvärmare (HVL).
48) Vändutrymmen eller rörkrökar, och om rörkrökar huruvida innanför eller utanför rg-kanalen.
49) In/ut luft samt, inom parentes, in/ut rökgaser
51) Utanför eller innanför tuberna.
52) Revisionsperiod under året. "V"= vecka.
53) Anges om underlag av värde finns tillgängligt (som ej angetts ovan), ex principritningar, foton, rapporter
54) Anger om önskemål om utredningar finns.
55) Se bilaga L för klargörande av materialsammansättning.
56) "Ångp"= ångpanna, "hvp"= hetvattenpanna.

57) Som framkommit under utredningens gång, och är av intresse utöver vad som specifikt gäller lufos och ekons.
58) Mavaekon= matarvattenekonomiser, lufo= luftförvärmare.
59) Matarvattenekonomiser eller avgaspanna.
60) Kan eventuellt vara så att leverantör och tillverkare olika företag, och att bara leverantören angetts.
61) Kan ev. vara byggår.
62) De enheter som efterfrågats. I det aktuella fallet ej nödvändigtvis motsvarande alla enheter eller den ordning som anges här.

C Anläggningssvar

För att relatera svaren till frågor, se bilaga B. För att underlätta kopplingen mellan svar och frågor har på de frågor där svar inte erhållits istället lagts in ett frågetecken. För de uppgifter som ansetts extra intressanta har understrykningar gjorts, och för de uppgifter där det är av extra intresse med uppföljande kontroll har en asterisk (*) angetts. Eventuella initialer hänvisar till någon av de representanter som utfrågats. Variationer i textstorlek har ingen koppling till uppgifternas betydelse utan är enbart en fråga om utrymmesskäl.

C.1 Bristaverket (1)

Inledning	
Anläggning	Bristaverket, Märsta, AB Fortum Värme samägt med Stockholms stad
Kontaktperson	Tomas Berglund, titel?
	Per Eric Jacobsson, titel?
Besöksdatum	-
Pannor	KVP
Linjer	
KVP	Eldstad/avskilj[4]/öh/mava1/(katalysator[2])/mavae2/lufo/elfi/rgfl1/rgkond/rgfl2/ skorsten
Pannor	
KVP	Ångp (dom), CFB, turbin, Foster Wheeler.
	Bio (stamvedsflis60,bark+GROT+spån40). 122/95MW, 144bar/540ºC, 7400h/år.
	1996. Kondensor installerad 2003. RT 2008 (engångstest[6])
Tillsatser	
Linje KVP	Ammoniumsulfat (pannan[14]), NH3(avskiljaren[4]).
Matarvattenekonomiser	
Linje KVP	Mava 2(2pkt)/ Mava 1(2pkt) [15]. Ritning tillgänglig.
	Integrerad, utanför[23], horis (nedåt). Kamfläns, St45,8III[3]. FW[24].
	Ej förvärmning, ej återcirk. Ång (3ggr/dygn[29]). Mekanisk rengöring (vid revision, själva)
	218/318(461/241)ºC. Visuellt och tjockleksmätning [5](vid revision, själva)
	1996. 2 läckor 2008, ångsotning, skyddsplåt [22]. Nu OK.
	Inga problem för närvarande.
	Inga ändringsplaner. Bestämt daggpunktstemp [25].
Avgaspanna	
Linje KVP	-
Luftförvärmare	
Linje KVP	5 lufos, tub. L1-L5. Ritning tillgänglig.
	Vändkanal, rg utanför, horis (ovan). Släta, rostfritt(=?*,L1,[26])+ Fe37B(L2-L5). FW[24]
	Ej förvärmning [19]. Ångsot (3 ggr[29]). Renblåsning (revision, själva).
	58/66ºC(P-sekv), 58/76ºC(S-sekv), rg:241/145ºC (hela).
	Visuellt och tjockleksmätning [5](vid revision, själva)
	L1: 1996. Kondenskorr, bytt 3 ggr (t. urspr kolstål), sista 2002 rostfritt. Därefter OK.
	L2-L5: Ej korrosionsdrabbad.
	Inga ändringsplaner. Inga tester har utförts.
Övrigt	
Revision	4-5v
Underlag	-
Utredningsbehov	-
Övr	-

2) Borttagen sommaren 2009. SCR, av typen honeycomb (bikaka), egentligen f. att fånga upp NH3 ("slipbroms").
Gav igensättning o. resulterande tryckfall krävde högre effekt av fläkt o. därmed elkostnad.
Utvärdering efter denna säsong.
3) Kammarna av annat material. Ser sällan påverkan.
4) Även benämnd cyklon eller separator, d v s där sand o. aska avskiljs innan åter t. eldstad

Hade detta även när SCR var i bruk [2].
5) Svårt att komma åt om kamfläns. Visuell besiktning, översta raderna kommer man åt med tjockleksmätare, mäter själva.
14) Använt/testat sedan 2002. Ska nu utvärdera.
Har sett att mindre alkaliklorid bildats - dock osäkert om betalar sig.
15) Benämnd "1" trots att den före "2" i rgkanal, o. därmed senare i vattenflödesriktning (normal benämning tvärtom).
19) Har ånglufo men används bara vid start och stopp. Ursprungligen tänkt för oljeeldning, o. då behov hålla extra hög temp.
22) Sotblåsare trolig orsak. Svetsreparation samt skyddsplåt. Därefter OK.
23) Trots integrerad?!
24) Tidigare uppgift Ekströms Värmetekniska AB?!
25) Bestämt daggpunkt till 134 ºC (så hög?!*). Detta genom att FW gjort beräkningar och haft provsonder.
Om rgkond så mindre intressant att sänka rgtemp (tar i rgkond hand om restvärmen)
Däremot intressant om ej kondensor o. samtidigt ångförvärmning.
26) "Vitt", vet ej vilket material. (904L/austenitiskt troligen). Enl. tidigare uppgift.
29) Eventuellt ska börja med höjning av sotningsfrekvensen pga försmutsning.

C.2 Dåva KVV (2)

Inledning	
Anläggning	Dåva KVV, Umeå, Umeå Energi AB
Kontaktperson	Fredrik Lundström
Besök	-
Pannor	P1, (P2)
Linjer	
Linje 1	Eldstad/öh/mava3(HT)[17]/mava2(HT)/textilfi[11]/mava1(HT)/mava2(LT)/mava1(LT)/Q/
	skrubber(sur-,avsvavling- och kondensor[12])/påvärmare[13]/rgfläkt/skorsten
Pannor	
Linje 1	Ångp (dom), roster, turbin, Rafako.
	Avfall(verksamhetsavfall[1]30-40,hush 60-70[16]). ?/58MW[2], 40bar/400ºC, 7800h.
	2000. Inga större förändringar gjorts.
Tillsatser	
Linje 1	NH3(panna), kalkmjölk (avsvavlingsskrubber)
Matarvattenekonomiser	
Linje 1	Mava3HT(1)/mava2HT(1)/mava1HT(2)/mava2LT(2)/mava1LT(2)[17]. Ritning tillgänglig.
	Placering?,tubändsläge?,tublutning?. Slättub, St35.8 III. Tillverkare?.
	Förvärmare, återcirk? Mava1(HT) o. Mava1-2(LT) ingen sotning [19],
	Mava 2-3(HT) slagsotning. Underhåll?
	?/? (?/?)ºC?. Granskning?
	2000. Varit kulsotning men tagit bort 2005 [19]. Inte haft några större problem.
	Inga problem för närvarande.
	Inga ändringsplaner. Inga tester har utförts.
Avgaspanna	
Linje 1	-
Luftförvärmare	
Linje 1	Endast icke rg-värmda enheter (ÅL).
Övrigt	
Revision	Antingen vår eller höst, 4-5 v.
Underlag	-
Utredningsbehov	?
Övr	-

1) Ung. sorterat indavfall (troligen de flesta har sorterat). Mindre o. mindre hushållsavfall, samtidigt har energiinnehållet gått upp.
2) Inkl. värme, exkl rökgaskond. "Bonusdel" vilket ger högre normaleffekt än den termiska effekt som pannan beställ för.
11) 2005 byggdes om pga klibbighet (klibbade filter igen? ej hänt tidigare?!).
Drog om rgledning - förbi filtret?! Samtidigt sägs "högre materialkvalite filterslang om rågas.
12) Kondensorskrubber kopplad till kompressorvärmepumpar. Våt rökgasrening från 2005.
13) Ger torrare rökgas o. sparar därmed fläkten (slitning o/el elström?)
16) Högre värmevärde hushavf, för högt när 80%.
Fukt sänker värmevärdet - samtidigt som det höjer f. hushavfall?! Höjs värmevärdet om tillgång till rgkond?

17) HT= Högtrycksekonomiser, LT= Lågtrycksekonomiser.
LT värmer matarvattentankens vatten. Benämns "avgaspanna" ("beror på vem man frågar").
19) Ett tidigare icke fungerande textilfilter byttes ut 2005 mot ett fungerande, varvid sotning ej ansågs behövas
(o. inte heller verkar göra det). Dessutom kulsotning tidigare givit erosion. Rengöring endast vid revision.

C.3 ENA Kraft KVV (3)

Inledning	
Anläggning	Ena Kraft KVV, Enköping, Ena Energi AB
Kontaktperson	Bengt Lindgren, Driftsing
Besök	-
Pannor	KVP, (ett antal nödpannor hvp)
Linjer	
KVP	Eldstad/öh[8]/cyklon/mavaekon/uppsamlare[14]/lufo/elfi/rgfläkt/rg-återföring/
	(rgkond[9])/(påvärmare[10])/droppavskiljare/skorsten
Pannor	
Linje KVP	Ångp(dom),vibrost, turbin, Burmeister & Wein Energy A/S
	Biobränsle(skogsflis 80-90,RT10-20)[1]). 75/40-45, 100bar/540ºC, ca 6000h/år.
	1994.Skogsflis 100% fram t. 2008/2009 då inslag RT (10-20)[3].
Tillsatser	
Linje KVP	NH3 (pannan).
Matarvattenekonomiser	
Linje KVP	Mava 2/ mava 1.
	Separerad, utanför, horis (uppåt). Släta, St 35.8. Tillverkare?
	Förvärmning., återcirk? Ångsotning (2-3g/dygn[17]). Vattentvätt (revision, utförare?).
	146/206(348/182)ºC. Visuellt (revision, utförare?).
	1994. Inte haft några större problem.
	Inga problem för närvarande.
	Inga ändringsplaner. Inga tester har utförts.
Avgaspanna	
Linje KVP	-
Luftförvärmare	
Linje KVP	En st lufo. Ljungström.
	EN10130DC01/EN10209DC04EK[19]. Burmeister & Wein Energy A/S.
	Förvärmn[2]. Ång (2ggr/dygn), Vattentvätt (revision, själva).
	82/110, 60/170ºC. Besiktning utförs (på vilket sätt?, 1g/år, BWE)
	1994. Förslitning (troligen), bytt plattor successivt, hela innehållet 2008 (tätare mellan plattor),
	vinter 2009/2010 satte igen [15].
	Igensättningar.
	Inga ändringsplaner. Inga tester har utförts.
Övrigt	
Revision	V24-v33
Underlag	-
Utredningbehov	Nej
Övr	RT[1]. Salix[6]. Elfiliter[20]. Eldstad [5].

1) I skogsflis ingår salix (energiskog ex. sälg och al) upp t. 15%.
RT ej värsta sorten (=?). Haft några olika leverantörer av RT, Wasab senast vilken renast. Oklart om betalar mer för Wasab eller om "haft tur". Returfliskvalite kan variera stort
Bränslet i "tippfickan" o. ej i något större lager. Detta gör att störningar i leveransen (ex. bilhaveri, brister i vägröjning),
kan medföra ändringar i bränslesammansättningen, åtminstone under kortare tid, ex. RT upp till 30%.
Rosterpanna, som här, bättre lämpad för RT än CFB (Brista)
2) Förvärmning endast om låglast
3) Första säsongen m RT bara ca 2 mån o. dessutom vårperiod (innebär lägre last). Märkt effekt av RT?*
5) Fått byta rosterplattor, troligen mekaniskt slitage, byter allteftersom (inga stopp).
6) Salix ger mycket beläggning; faller vanligen ner av sig självt men någon gång måste spola.
Tar upp mycket salter, smälter i pannan (salterna el. hela biomassan?), kyls o. stelnar mot tuber.
9) Endast då riktigt kallt, finns bypasskoppling.
10) Varmluft fr. lufo (liten del), om rgkond används.
14) Som en sorts "kona", upp- och nedvänt hus där gasen vänder varvid tyngre partiklar faller ner.
15) Nu tätare mellan plattor än i den gamla, för effektivare värmeutbyte.
Vinter 2009/2010 satte igen. Rengöring tar tid.
17) Beroende på om låg- eller höglast.
19) Stål resp emaljeringsstål.
20) Har drabbats av mekaniska förslitningar pga vibrationer. Nu OK.

C.4 Gruvöns bruk (4)

Inledning	
Anläggning	Gruvöns bruk, Grums/Karlstad, Billerud AB
Kontaktperson	Stefan Magnusson, titel?
Besök	-
Pannor	Barkpanna (”Bp”), (sodapanna)
Linjer	
Linje Bp[1]	Eldstad/öh/mavaekon/lufo/elfilter/rgfläkt/skorsten
Pannor	
Bp	Ångp(dom),BFB, turbin, Ahlström
	Bio(bark90,flis "o.d." resten,[3]).?/100MW, 60bar/480ºC, 11½ månad.
	1987.Från roster t. BFB 2005.
Tillsatser	
Linje Bp[1]	NH3 (pannan).
Matarvattenekonomiser	
Linje Bp	Mava 1/ Mava 2 [12].
	Separerad, tubändläge?, horisontella (nedåt). Slätrör(mava1) resp kamfläns(mava2)[6], svartstål. Tillverkare?
	Ej förvärmning, återcirkulering? Ångsotning (3 g/dygn). Underhåll?
	34/?(?/?)ºC. Granskning?
	1987 (mava1), 2005 (mava2). Inte haft några större problem.
	Inga problem för närvarande.
	Inga ändringsplaner. Inga tester har utförts.
Avgaspanna	
Linje Bp	-
Luftförvärmare	
Linje Bp	2 lufos, tub. L0(4)/L1(4) [10].
	Tubändsläge?, rg-läge?, tublutning?. Slätrör,kolstål.
	Ej förvärmning, återcirk?. Ångsotn (1g/dygn).Underhåll?
	?/?(?/?)ºC. Granskning?
	1987. Sprickor någon gång under perioden 1995-2000 (orsak?*, åtgärd?*).
	Inga problem för närvarande.
	Inga ändringsplaner. Inga tester har utförts.
Övrigt	
Revision	?
Underlag	-
Utredningbehov	?
Övr	Virke [3].

1) För processånga
3) Virke söderifrån avviker från norr, betydligt mer Na o. Cl söderut.
6) Bör pga högre igensättningsrisk för kamfläns ligga efter i rökgasriktning.
10) Luften in i L0. Därifrån grening till lågsekundär eller L1. Från L1 till prim, högsek, tertiär o. kvartär (obs avvikelse fr. fig. - är verkligen inblåsningen under bränslehärd primärluft?).
12) Omvänd numreringsordning mot normalt.

C.5 Gärdstadverket (5)

Inledning	
Anläggning	Gärstadverket,Linköping,Tekniska Verken i Linköping AB
Kontaktperson	Markus Perneros
	Peter Collin, Uh-tekniker
Pannor	P1, P2, P3, P4
Besök	090624
Linjer	
Linje 1-3	Eldstad/ekostapel[1]/slangfi[2]/scrubber[3,6]/påvärmare[20]/filter[4]/skorsten
Linje 4	Eldstad /öh/mavaekon/slangfi/scrubber/påvärmare/skorsten.
Pannor	
P1	Hvp (dom), roster (trappstegs-), ej turbin[17], von Roll Inova (Schweiz).
	Avfall (hush50-ind50[33,34]). ?/15 MW, 20bar/200ºC, 8000 h/år.
	1981. 2008 nya panelväggar och stödoljebrännare.
P2-P3	Hvp (dom), eldstadstyp?, ej turbin, Völund.
	Avfall (hush50-ind50[33,34]). ?/30 MW, 20bar/200ºC, 8000 h/år.
	P2:1982,P3:1984. 2007 ny panna (både P2 o. P3).
P4	Ångp(dom), eldstadstyp?, turbin, Völund.
	Avfall (hush50-ind50[33,34]). ?/68 MW, 40bar/400ºC, 8000 h/år.
	2005. Inga större förändringar gjorts.
Tillsatser	
Linje 1	Urea (panna), släckt kalk ([21], före slangfi)
Linje 2-4	Urea (panna)
Matarvattenekonomiser	
Linje 1-4	L1: En ekostapel [1]. 1 mavaekon o. 2 avgaspannor[36]
	L2-L3: En ekostapel [1]. 2 avgaspannor och 3 mavaekon (MavaB/MavaA)[28]
	L4: En matarvattenekon.
	Placering?,tubändsläge?,tublutning?. Slätrör, St35.8. Generator[30].
	Ej förvärmning (troligen inte), återcirk? Kulsotning (4 ggr/h,[18]). Underhåll?
	L1-L3: Mava:140[11]/175ºC, avgaspanna: 148/153ºC [35], rg: 280/150ºC. Granskning?
	L4: 130/232(340/158)ºC. Granskning?
	L1: 1985. Bytte 1997 o. 2002 böjar/krökar (alla, pga dåliga svetsar [22]).
	Inga läckage sedan de sista krökarna bytts (när, 2002 el. 2007?).
	L2-L3: Driftstart? Ny 2007, ej problem dessförinnan?
	L4: Driftstart 2005. Inte haft några större problem.
	Inga problem för närvarande [31].
	Inga ändringsplaner. Inga tester har utförts.
Avgaspanna	
Linje 1-3	Se Mavaekon.
Linje 4	-
Luftförvärmare	
Linje 1-4	Endast icke rg-värmda enheter (HL).
Övrigt	
Revision	4v per panna (när?) o. år samt ett kortare stopp under våren.
Underlag	-
Utredningbehov	Intresse av erfarenheter o. material. Möjligen intresse av info om entreprenörer.
Övr	Garanti[14], hetvattenlufo [37]

1) Med flera "paket" istf "självständiga ekos- skillnad?
2) Elfi kopplades ur pga dioxinbildning (när?), istället textilfi in 1985-1986.
Trots att dessförinnan kommit tillrätta med dioxinbildn m hj av adioxfiltret?!
3) Med värmeåtervinning, Venturibotten (=?).
"Våta" delen (= scrubbern?) byggdes 1995 av Fagerta Energetics. Planerar för ny pga åldersskäl.
4) Dioxinfilter (adiox)
6) 4-stegsskrubber med värmeåtervinning (fyllkroppsbädd). Pronea (återuppstått som Pilum) levererat rgreningen.
11) "Över syradaggpunkten" - räknats fram?*
14) P4 Inconel. Problem med leverantör, Völund. Hög avverkningstakt.
Ej definierat skick vid garantitidens slut (misstag), efter 5 år. Breda fenor, medför dålig kylning (varför?).
17) Plan för turbin - med hvp?!
18) 5min/kvart. Blandning av Al o. "stålklipp" till ca 2008, därefter bara Al, bytt f. alla linjers ekos? Misstänktes, o. visade sig, vara mildare, både för utrustning o. tuber, samtidigt som sotning förblivit likvärdig.
20) Gemensam f. L1-3. Kräver totalstopp f. granskning, vanligen 1½ vecka per år.
21) För att på slangfi binda upp HCl o. SO2 (släckt kalk) o. dioxiner (aktivt kol).
Vid uppstart (utan att elda m. avfall?) byggs stoftkaka upp, kan ramla bort (måste då starta om?)
22) Troligen konstruktionsmiss pga att övriga linjers ekos samma typ o. de ej drabbats. Även Renova hade samma problem.
Skadestånd?
28) I rg-linje 2 paket fjveko o. 3 paket mavaeko
30) Ligger i Partille.
31) Ej ens igensättningar. Efter byte endast marginellt slitage fr. övre tuber pga sotning.
33) Krävs minst 850 ºC för avfallseldade enligt direktiv 2005 (fick dispens fram t. 2008).
34) Stödeldar med RT-flis vid uppstart, nereldning och surt/fuktigt avfall.
RT-flis kan komma ner under rosten och brinna också där, kan bli för varmt.
35) Endast 5 ºC höjning av vattnet efter 2 avgaspannor?!
36) Kallas för "HV-ekonomiers"
37) Förbränningsluften tas från avfallsbunkern vilket orsakar igensättningar på luftsidan.

C.6 Hedensbyn (6)

Inledning	
Anläggning	Hedensbyn/Bioenergikombinatet, Skellefteå Kraft AB, Skellefteå
Kontaktperson	Leif Lundberg, titel?.
Besök	-
Pannor	(H1),H2 [25]
Linjer	
Linje H2	Eldstad/cyklon[32]/öh/mavaekon/lufo/elfi/rgfl/skorsten
Pannor	
H2	Hvp(dom),roster,turbin,FW.
	Bio/torv(70-100,0-30[1,27]). 92/70MW, 140bar/540ºC, 7500-7800h.
	1996. Bio/torv(0-100,0-100) till ca 2008.
Tillsatser	
Linje H2	NH3[14](cyklon)
Matarvattenekonomiser	
Linje H2	Eko 3/2/1 [42]. Ritning finns.
	Separerad [33], utanför, horis (nedåt). Släta, 15Mo3. FW.
	Ej förvärmning[15], ej återcirk. Ångsotning/1 ggr [5,34,38]. Underhåll?
	170-220/250-320 (400-500/200-300)ºC[37]. Huvudsakligen visuell granskning men även tjockleksmätning [39] (1 ggr/ år, egen personal och ibland Dekra).
	1996. Inga problem för närvarande [29].
	Tittat lite på ljudsotning, inget beslutat. Inga tester har utförts.
Avgaspanna	
Linje H2	-
Luftförvärmare	
Linje H2	5 "dubbellufopaket"[18], L5-L1.Tub. Ritning.
	Vändkanal, rg utanför, horis (nedåt). Slät, SS2343(L1 o.L 2) + SS1232-04(L3-L5)[21]. Sammet[36].
	Ångförvärmning[19]. Ångsot (1g/dygn). Mekanisk rening (någon gång i något hörn, utförare?).
	45-70/185-210ºC(P), 40-70/190-215ºC(S), rg:200-300/115-145.
	Visuellt (1 ggr/ år och lite stickprov, egen personal och ibland kontrollorgan Dekra)
	1996. Korr L1 o. L2 [20], bytte t. bättre kolstålskvalite 1998, korrosion igen.
	Bytte t. syrafast 2006 (L1) o. 2009 (L2). Inga problem därefter.
	Inga problem för närvarande.
	Ändringsplaner? Tester utförts?
Övrigt	
Revision	?
Underlag	-
Utredningbehov	?
Övr	-

1) Ganska stor skillnad olika torv, den torv som här används (=?) 4.5-5.0% askhalt.
5) Förberett ljudsotning (när börja?), hoppas på att ska ”räcka även till lufo".
Mindre slitage o. billigare i drift. Växjö provat, nöjda, ångsotningsbehovet minskat.
14) Börjat januari 2009. Klarat utsläppsvärden dessförinnan men måste betala om inte tillräckligt lågt, får premie från anläggningar som ligger högt om själv extra lågt.
15) Högtrycksförvärmare, 2 st. Angetts i tidigare samtal.
18) Prim o. sek går i tur o. ordning genom samtliga, men skilda från varandra m mellanvägg.
Enl principfig ser ut som 3 pkt medan skalritning som 5 pkt?!
19) En för primär- o. en för sekundärkanalen. Ej fr. högtrycksdel, endast v. låglast.
Om rgtemp under 125 ºC kör ångförvärmning.
20) Inloppsdelarna på 1an o. 2an skadade. Ev. beror på lägre rgströmning/ blir kallare ("spekulationer").
Från början mantlar (=insticksrör?*) av Foster W men blev då istället korr efter manteln. Pga att lågtemp kvarlåg t. efter manteln.
Bytte t. tjockare o. något bättre kolstålskvalité. Garantin täckte.
21) "Blankare" än kolstål, aska fastnar inte lika lätt
25) Systerpannor i Växjö och Brista.
27) Kommunen krävde att max 30% årsbasis pga att torv klassas som fossilt. Periodvis över 50%.
29) Höga ångdata motverkar daggpunktskorrosion på ekon (hur?). Kan ej ha höga ångdata med avfallsbränslen pga korrosionsrisk.
Pga att högre ångdata ger högre rg-temp som i sin tur ger högre T på ytor, framförallt lufos?
32) Integrerad "Cyklon", sandavskiljare vägg i vägg (den är 4-kantig med två cirkulära rör i taket för att åstadkomma rotation).
33) Kort kanal upptill där öh hänger (då snarare integrerad?!).
34) Tidigare uppgift på slagsotning?!
36) Ett finskt företag FW nyttjade. De nya reparationerna har gjorts av lokal firma, bara härmat tidigare konstruktion.
37) Enl. äldre mail. 185-205/260-305,395-485/205-250 enligt datablad. 100901-110501 (där högst nov-feb). Normalt så stor differens?!
39) Punktvis där man kan se eller utifrån missfärgningar misstänka slitage.
42) Tomrum mellan eko 3 och 2. Var tänkt för framtida katalysator men blev aldrig installerad.

C.7 Hedenverket (7)

Inledning	
Anläggning	Hedenverket, Karlstad, Karlstads Energi AB
Kontaktperson	Lennart Gustavsson, Uh-ansvarig
Besök:	-
Pannor	P1,(P2)
Linjer	
Linje 1	Eldstad/mavaekon/slangfilter/skrubber/rgkond/rgfläkt/skorsten
Pannor	
P1	Hvp(dom),roster, ej turbin, tillverkare?
	Avfall(hush mest).?/17MW,ångdata?, 6 mån.
	1986. Bytte roster ca 2002-2003[11]. Alltid varit mest hushållsavfall.
Tillsatser	
Linje 1	NH3(Pannan), kalk(var?)
Matarvattenekonomiser	
Linje 1	En ekon (5 paket). Ritning?
	Placering?,tubändsläge?,tublutning?. Slätrör, material?. Tillverkare?
	Ej förvärmning, återcirk? Slagsotning[2] (omfattning?). Underhåll?
	?/?(?/?)ºC. Granskning?.
	1986. Byttes 2002 pga skakat sönder (mekaniskt slitage) av slagsotning [12].
	Inga problem för närvarande.
	Ändringsplaner? Tester utförts?
Avgaspanna	
Linje 1	-
Luftförvärmare	
Linje 1	-
Övrigt	
Revision	?
Underlag	-
Utredningbehov	?
Övr	Ved [8].

2) Har ej tillräckligt med ånga
8) Färskhuggen mycket klorider (hur kan torkningen ta bort kloriderna?)
11) Från positiv t. negativ lutning - "som alla andra har"
12) Bytte t. samma men med vibrationsdämpare. Nu ej problem.

C.8 Händelöverket (9)

Inledning	
Anläggning	Händelöverket, Norrköping, E.ON Värme Sverige AB
Kontaktperson	Bengt-Åke Andersson, prof/Dr (business development technology)
	Samuel Nilsson, anläggningsansvarig
	Bengt Heikne, anläggningsansvarig
Besökt	090827
Pannor	P11,(P12),P13,P14, P15[1]
Linjer	
Linje 11	Eldstad/öh/mavaekostapel[34]/avgasp[41]/textilfi/rgkond[13]/rgfl/skorsten
Linje 13	Eldstad/kokskärmar[14]/cyklon/öh/ mavaekostapel[34]/lufos/elfi/rgkond[13]/rgfl/skorsten
Linje 14	Eldstad/cyklon/tomdrag/kokyta[42]/öh/kokyta/ mavaekostapel[34]/NID[15]/textilfi/rgfl/skorsten
Pannor	
P11	Ångp(dom), vibroster[28], turbin[2], Burmeister & Wein[28]
	RT/bildäck(fördelning?). 90/(70-85)MW,110bar/540°C, 5000h.
	1982. Kol t. 1996 då byggde om [28]. RT100% t. inblandning bildäck (när?).
P13	Ångp(dom), CFB, turbin[2], Kvaerner Power[29]
	Bio/RT/Övr(skogsavfall45[4],bildäck30,RT25[19]?).125/131MW,110bar/540°C,7000h.
	1993. Bildäck fr. 2004. Från skogsflis t. RT 2007. Kokskärmar[31].
P14	Ångp(dom), CFB, turbin[2], Metso Power[29].
	Avfall(hush50/ind50[30]),?/?MW,110bar/540°C,7800h.
	2002. Bytte murverk[32]
Tillsatser	
Linje 11	Urea([17],pannan)
Linje 13	NH3([44], pannan), kalk([18], var?)
Linje 14	NH3(pannan, NID[15]), kalk(var?)
Matarvattenekonomiser	
Linje 11	Ekostapel (4 paket)[34]
	Placering?, utanför[45], lutning?. Kamfläns, material?. Ekströms Värmetekniska AB.
	Ej förvärmning, återcirk? Luftsotning (omfattning?). Underhåll?
	120/?(?/?)ºC. Granskning?
	1982. Bytte 1996 (t. samma[7]) och 2007[43]. Bytt enstaka rör o. vingar genom åren.
	Inga problem för närvarande [51].
	Ändringsplaner? Tester utförts?
Linje 13	Ekostapel (7 paket)[34].
	Separerad, utanför, lutning?. Slättub, material?. Ekströms Värmetekniska AB.
	Ej förvärmning, återcirk?. Ångsotning[23] (omfattning?). Underhåll?
	120/?(?/?)ºC. Granskning?
	1993. Alla byttes från kamfläns t. slättub 2008[36]. Satte 2008 in askhyllor[24], [50].
	Bytt enstaka rör o. vingar genom åren
	Inga problem för närvarande.
	Ändringsplaner? Tester utförts?
Linje 14	Ekostapel (6 paket)[34].
	Separerad, innanför, lutning?. Slätrör[20], material?. Kvaerner Power.
	Ej förvärmning, återcirk? Ljudsotning[37]. Underhåll?.
	125/?(?/?)ºC. Granskning?
	2002. Erosionsskador, i vändtuber pga konstruktionsfel ([46]). Satte 2008 in askhyllor[24], [50].
	Inga problem för närvarande.

	Ändringsplaner? Tester utförts?
Avgaspanna	
Linje 11	(delvis i bruk[41]
Linje 13, 14	-
Luftförvärmar	
Linje 11	Endast icke rg-värmda enheter (HL,[9]).
Linje 13	En lufo, tub. 2P och 2S[10]
	Tubändsläge?, rg-läge?, tublutning?. Slätrör, 316L/kolstål[11].?.
	Förvä[47], återcirk? Sotning? Underhåll?
	?/?(?/?)ºC. Granskning?
	1993. Gavlar isolerade. Fått hål nära väggar (slagit in insatsrör, innan bytte t rostfritt?)
	Ca 2007 byttes steg 1 på prim o. sek från kolstål t. rostfritt (=?*, pga korrskada?). Resultat?*
	Korrosion ej längre?*
	Ändringsplaner? Prövat med emalj[54].
Linje 14	Endast icke rg-värmda enheter (ÅL, [39]).
Övrigt	
Revision	?
Underlag	-
Utredningbehov	?
Övr	Sonder[52]

1) P15 i drift sedan oktober 2010. Ej med i rapport.
2) Gemensam turbin för P11-P13
4) Skogsavfall=?, till ”relativt nyligen” proportionerna 70,10-30,0-20.
7) Till samma pga ej utrymme för slätrör, bytt enstaka vingar genom åren. Åldersskäl?
9))Tidigare ånglufo, fick ej plats då byggde om från vander- till vibrost
10) "2-stegs"; innebär först värmer primär o. sedan sekundär (jj parallella i paket med åtskiljande vägg?).
11) Rostfritt steg 1 (både prim o. sek), medan kolstål steg 2 (?)
13) Gemensam för L11 och L13. Kallar f. fjärrvärmekondensor om ligger i rgkondensor,"avgaspanna" om förångning.
14) Hänger som öh i eldstad, extra eldstadsväggar
15) Prodnamn, Novelle Integrated Desulpharisation, en sorts reaktor, ursprungligen f avsvavling,
tillsätter kalk i för svavlet, aktivt kol tillsätts före för dioxiner o. Hg (o. övr tungmetaller?),
kol stor aktiv yta som fastnar i filtret (verkar även i NID?-varför annars tillsätts före NID?),
Även recirkulerande flygaska som fuktas; ger behövlig fuktighet f. S - o. HCl reaktioner (=?, till vad nytta?).
17) Kan gå högre i temp med urea
18) Kalk om bildäck, för svavlet, tillsätts i bränsleinmatningen
19) Pannan byggts om f. RT, siktar på 50%.
20) Korslagda är bättre på värmeupptagning men svårare rengöra. Rengöring fungerar.
23) Ska pröva utan "nästa säsong" (sparar ånga o. mindre erosion). Hur har det gått?*
För att undvika kondenskorrosion så har man lågt tryck när ånglansarna går in.
24) Sothylla m. "tilläggskonstruktion”, för vändtuber, gjorts i dialog med Kvaerner.
"tillägget" (=?) kan endast göras v. nykonstruktion, "hyllan" ev. möjlig f. befintlig men krångligt
Hög hastighet utmed väggarna, böjarna blir enormt eroderade, plåtar fr vägg bryter av hastighet.
Ekon kommer ibland strax efter rgkanalkrök. Då blir luftströmmen längs ekon extra kraftig längs den sida om sammanfaller med krökens "ytterkurva". Bör alltså bygga med lång rgkanal efter krök.
FW ville inte ha styrplåtar, blev inte heller (trots goda resultat 13,14). Ändrade sig när såg systeranläggn i Italien (enl BH, ej enl BÅA).
Andra konstruktioner har böjar utanför, ger kondensproblem m. påföljande gipsklumpar
Nu blivit ganska bra. Bör ha styrplåtar nära kraftigt rökgasflödeområde (hur svårt i efterhand?*).

Ej insatta f. L11. Kan ej, eller ej behov?
28) Byggde om, Vöhlund gjorde den första (vanderrost).
29) Dåvarande Tampella (?!), blev Kvaerner o. sedan Metso P
30) Kan pendla mellan 40-60.
31) Kokskärmar i eldstad, ger bättre askutmatning (hur?).
32) Fr lågcementmassa till kiselkarbid, har bättre värmeöverföringstal, för att få ner temp f öh, därmed (”också” eller huvudanledning?) ge bättre temp f. avskiljning av NOx (bättre avskiljning om låg temp? Var sker avskiljning?) blev dubbelt så bra (även om också tidigare bra).
34) "Ekostapel", lättare att göra ren än "hel stapel" (skillnad?), uppdelad f att underlätta sotning.
36) Lättare göra ren slätrör, fick plats m. slätrör pga slängde ut SCR. Nöjda.
Högt tillgänglighetskrav på kraftvärme, rengöring måste minimeras.
Ursprungligen konstruerad för kol, återvinningsbränsle har mer beläggning
37) "Mest", ångsotning 1g/v för att hålla igång maskineriet (ångsotning behövs ej för regelbunden rengöring).
Ljudsotning görs av Infrafon, enda ljudsotningsföretaget i Sverige. Dimensionerar efter storlek askpartiklar mm.
Ljudsotn funnits i många år (sedan 70t?), men först på senare år blivit riktigt bra. Rimlig effektgräns för att det ska löna sig är 50 MW.
39) Brukar ej ha rglufo om avfall
41) Använder avgasp om f höga rgtemp f textilfi (o. om detta ej gjort f höga temp)
42) Kokyta= konvektionsyta.
43) Bytte kallaste paketet 2007, 1996 hela paketet?.
44) Hade tidigare SCR, först i världen m SCR för biobränsle
Verksamma bitarna i SCR blev "förgiftade" av kalium från bränslet,
var ”mot slutet” tvungna att värma pga att man ofta kommit ner f lågt i temp på rökgasen (fr 400 t 250 ºC).
Mindre tryckfall o. bättre verkningsgrad utan SCR
45) Genomföringar problem om rörkrökar utanför rökgasstråket, måste ha spalt f expansionsmöjlighet.
Har inre o. yttre vägg, geggigt i mellanutrymmet, gipsklump (kalktillsats även P11?). "Gegget" är problemet?.
Metso o FW konstruerar numer enligt "innanför". Extra besvärligt med ”utanför” om kalktillsats?*
46) Felaktigt montage gjorde att ekon hamnade snett varvid det blev större luftspalt ena sidan. Drabbade rörkrökarna där.
Alla ekos mer el. mindre erosionsskador i vändtuber. Felkonstr åtgärdad, hur?*.
47) Med HL, räckte ej f kolstål, "ÅL hade klarat".
50) Se bild besöksformulär.
51) Sedan inblandning av bildäck blivit bättre. Även för ekos?* (eller bara för pannan genom minskning av mängd alkaliklorider?).
52) Tester kylda sonder. 1000h standard. Vill gärna ha fler mätpunkter. Förekommit både 1000h o. 2000h.
Beror på antalet luckor. Rekommendation flera luckor för att på bästa sätt kunna följa utveckling av ev. planerade ändringar.
Metso o. Chalmers har, förutom Vattenfall, kylda sonder.
54) Prövade på 90-talet kassett med emaljerade tuber, blev sprickbildning i emaljskiktet.
Har även prövat keramisk beläggning (också 90-talet), föll ej väl ut (ingen dokumentation hittad).

C.9 Hässelbyverket (10)

Inledning	
Anläggning	Hässelbyverket, Stockholm, AB Fortum Värme samägt med Stockholms stad
Kontaktperson	Kent Andersson, driftingenjör
	Roger Faremyr, driftschef
Besök:	090618
Pannor	P1, P2, P3, (P4)
Linjer	
Linje 1	Eldstad/öh/mavaekon/lufo/förvärmare[8]/elfi/avgasp/rgfl/skorsten[5]
Linje 2	Eldstad /öh/mavaekon/lufo/förvärmare[8]/elfi/avgasp/rgfl/skorsten[5]
Linje 3	Eldstad /SCR/öh/mavaekon/lufo/förvärmare[8]/elfi/rgfl/skorsten[5]
Pannor	
Linje 1-3	Ångp(dom), pulvereldad, turbin, AB Svenska Maskinverken.
	Bio (malda träpellets 99%, vita o. bruna [20]). ?/100 MW, 75bar/500ºC, 6000h/år.
	1959[14]. I början endat olja, 1982 endast kol, en period därimellan både och[15]. Enbart biobr från 1999[7].
Tillsatser	
Linje 1	-
Linje 2	-[13]
Linje 3	NH3 (SCR)
Matarvattenekonomiser	
Linje 1-3	En mavaekon (ett paket).
	Placering?, utanför, lutning?. Kamfläns[23], St35. Tillverkare?
	Förvärmning[9], återcirk? Ångsotning (3g/dygn)[2],[18].Underhåll?
	?/?(?/?)ºC. Granskning?
	1959. Inga ändringar. Kraftiga igensättningar senaste åren [19].
	Igensättningar fortfarande.
	Ändringsplaner? Tester utförts?
Avgaspanna	
Linje 1-2	En st. Flera paket.
	Placering?, tubändeläge?, tublutning?. Typ?, material?. Tillverkare?
	Förvärmning?, återcirk?. Sotning?. Underhåll?
	?/?(?/?)ºC. Granskning?
	2007. Inte haft några större problem.
	Inga problem för närvarande.
	Ändringsplaner? Tester utförts?
Linje 3	-[16]
Luftförvärmare	
L1-L3	En Ljungström.
	Material?. AB Svenska Maskinverken.
	Ej förvärmning [22]. Ångsotning (2 ggr var 8e timme). Underhåll?
	?/?(?/?)ºC. Granskning?
	1959. Bytte 2000-2001 hela pga dålig verkningsgrad (pga utslitna plattor?), till en Howden [10].
	Igensättningar[1], bytte segment vart 3e år, sommaren 2009 alla bytta [11].
	Igensättningar.
	Ändringsplaner? Tester utförts?
Övrigt	
Revision	Ung. 1/6-1/9
Underlag	-

Utredningsbehov	?
Övr	Kol [12]

1) Igensättningar troligen på "mindre segmentstorlek" (ed) men kan även bero på övergång t. trä (mer igensättning om enbart trä, än om trä och kol tillsammans?).
Även Öresundskraft och Mälarenergi har Ljungströmtyp.
Öresundskraft har gått upp i segmentstorlek vilket gett mindre problem med igensättning men samtidigt minskad effekt.
2) Minskar sotningens omfattning successivt f. pannan för att komma fram till minimibehovet. Kollar resultat vid revision. Kollas ej f. ekons?
5) Gemensam skorsten (skilda pipor?) f. alla tre
7) Ej behövt bygga om v övergång kol t. bio
Nya skatteregler gjorde nackdel f. olja, dessutom elcertifikat ung samma år.
Elcert ger bidrag löpande för biobr från det tas i drift (ej ersättning för ombyggnad), och ca 15 år därefter (går ut här 2013).
8) Vid uppstart, värms med ånga från separat slinga, stängs efter "utfört arbete"(=?).
9) Fr. turbin/mavakrets, ej högtrycks.
10) Gamla varianten, "klassisk Ljungström", hade bärrullar vilka gav mycket slitage, den nya hänger i bärlagret.
Tillverkare av nya är Howden/Irland, men saluförs som Ljungström. Inte tätare mellan spalterna än "klassiska", snarare glesare.
Först försökt rengöra "för hand" o. sedan m. HCl. Förstnämnda mycket arbetsintensivt o. HCl dålig avbetning (men inte korr?).
Nu köper nya segment (billigare/bättre).
11) Pga successiva byten eller alla byttes?.
12) Kol mindre fint o. mer slitande än bio (men mindre igensättning? – se [1])
13) Plan på SNCR
14) Byggd för kol o. olja 50-50%
15) Några år 30% olja pga skattetekniska skäl (har något att göra med om man har mottryck eller enbart el).
16) Skulle ha blivit för låg rökgastemperatur (varför här men inte för L1 och L2?)
18) Sotning endast fr ett håll, ovansidan (kommer man inte åt ”där nere”?).
19) Kraftiga igensättningar. Troligen successiva påbyggnader under flera år (inte upptäckt tidigare?!).
Först försökt göra rent med vatten, gick inte tillräckligt bra (renar bara med tryck, löser ej, blir som cement).
Dessutom lufo nedanför på vilket det droppar, o. som är "omöjlig" att rengöra. Bättre med citronsyra.
Tog 2-3 veckor med högtrycksspolning (f. vatten som till slut fungerade eller citronsyran?*).
20) Som mest 0.1-0.5% brunt (vitt?). Det som avgör fördelningen är halten önskvärt N (vilket är mer i bark).
Brunpellets från bark billigare.
Pellets mals t. pulver i kvarnar (vissa anläggningar kan ta direkt?).
Tidigare 75% energi/volym relativt kol men nu bättre kvarnar vilka ger ung motsv.
Oljebrännare kopplade t. varje panna v. uppstart
22) Förutom ångbatteri vid uppstart.
23) "Typ av" punktsvetsade "skivor" (ej helgjutna).

C.10 Högdalenverket (11)

Inledning	
Anläggning	Högdalenverket, Stockholm, Fortum Värme samägt med Stockholms stad
Kontaktperson	Pegman Zand (P1,P2), titel?
	Tobias Pelicano (P3), titel?
	Johan Stadig (P4), uh-ingenjör
	Emil Arvila (P4), titel?
	Marika Rotevall(P6), titel?
Besök	090921
Pannor	P1,P2,P3,P4,(P5),P6
Linjer	
Linje 1,2	Eldstad/öh/mavaekon/("reaktor"[32])/slangfi[38]/(avgasp[5])/rgkond[27]/påvärmare[6]/rgfläkt/skorsten
Linje 3	Eldstad/öh/mavaekon[33]/(lågtryckspanna[25])/mavatankekon[33]/slangfi/rgkond[27]/påvä/rgfl/skorsten
Linje 4	Eldstad/öh/mavaekon/elfilter[26]/Q/rgkylare/påvärmare/rgfläkt/skorsten
Linje 6	Eldstad/avskiljare[36]/öh/mavaekon/slangfi/rgkond/påvärmare/rgfläkt/skorsten
Pannor	
P1-P2[39]	Ångp(dom),roster,turbin [46],VKW
	Avfall(hush80[1],indavfall[2]20). ?/23MW/,36bar/315ºC,8000h/år,
	1970. Lagt till brännare mm 2005 [45].
P3	Ångp(dom),roster(wander),turbin [46], Wehrle Werk AG/ Martin Gmbh [63].
	Avfall(hush80[1],indavfall[2]20). 44/44MW[62], 36bar/360ºC, 8000h/år.
	1986. Inga större förändringar gjorts.
P4	Ångp(dom), roster(wander[12]),turbin [46],Vöhlund
	Avfall(hush80[1],indavfall[2]20).80MW/?,36bar/315ºC,8000h/år.
	2005. Inga större förändringar gjorts.
P6[4]	Ångp(dom),CFB,turbin [46],FW
	Avfall(indavfall100). 91/91MW,60bar/480ºC,7500h/år.
	1999. Inga större förändringar gjorts.
Tillsatser	
Linje 1-2	NH3[22](panna), kalk(rg-kanal före textilfi)
Linje 3	NH3(panna,[22]), kalk (direkt efter mavaekon, i formen Ca[OH]2 och utan vatten[37])
Linje 4	NH3(panna), kalk (skrubber).
Linje 6	NH3[3](avskiljaren), kalk[24,31](före slangfi)
Matarvattenekonomiser	
Linje 1,2	En ekon (4 pkt). Ritning finns (tillgänglig ej tillräcklig).
	Integrerad, innanför, horis (nedåt). Kamfläns, P235GH. Tillverkare?
	Förvärmning[64], återcirk[57]. Kulsotning([17],4 ggr/dygn). Sanering (=?*, hur ofta?,utförare?).
	?/?(260/140)ºC.Granskning utförs (hur? 1g/år, Inspecta).
	1969. Bytte ca 1988 o. 2009 [58]. 2004/2005. "Åldersskäl".
	Inga problem för närvarande [17].
	Inga ändringsplander. Inga tester utförts.
Linje 3	2 ekos. Eko 2(4 paket)/eko1(4 paket)
	Integrerad(men ändar utanför?!), utanför, lutning?. Släta, St 35.8 III. E1:ÅPS,E2:WW.
	Förvärmning[64], ej återcirk. Kulsotning([17] (1g/h). Underhåll?
	125/?(?/?)ºC. Visuell granskning och tjockleksmätning med ljudprovning), 1g/år, Inspecta.
	E1: 1986. Bytt 2006(t. samma?), slitet o. läckage, trol. kondenskorr [66], t. viss del åldersskäl.
	E2: 1986. Åtgärder?

	Inga problem för närvarande.
	Inga ändringsplander. Inga tester utförts.
Linje 4	1 ekos (paket 5-1). Ritning finns.
	5 pkt. 5-1.
	Separerad, innanför, horis(nedåt). Slättub, 35.8I. B&W Vöhlund.
	Ej förvärmning, återcirk[55]. Ångsotning(3g/dygn[29]). Sandblästring (vid revision, utförare?).
	120/195(320/160)ºC. Visuell kontroll och tjockleksmätning, vid revision, Inspecta och B&W Vöhlund.
	2005. Lite erosion översta paketet (där rg går in), ev. också näst översta ([41]).
	Möjligen någon lågtemperaturkorr i paket 1. Erosion översta paketet (paket 5).
	Inga ändringsplaner. Ljudsotstest [61].
Linje 6	En ekon (4 pkt). Ritning finns ej i digital form.
	Integrerad, innanför, horis(nedåt). Släta, kolstål. Aktab.
	Ingen förvärmning, återcirk[59]. Ång (1g/dygn) [53], ljud (1g/40e sek) [52]. Vattenspolning 2 ggr/år [54].
	120/280,(430-500/140-160)ºC.
	Visuellt (vid varje stopp [60] utförare?) och tjockleksmätning (vid revision, Inspecta).
	1999. Askhyllor några år senare [42]. Haft tubläckor[50]. Bytt skadade tuber, samma material.
	2009 bytte hela ekon (62 km) [15] till identisk [51] o. start ljudsotning 2009.
	Igensättningar [51].
	Inga ändringsplaner. Ljudsotstest [61].
Avgaspanna	
Linje 1-3	-[5]
Linje 4,6	-
Luftförvärmare	
Linje 1-3	Endast icke rg-värmda enheter (ÅL).
Linje 4	Endast icke rg-värmda enheter (primärkrets ÅL, sekundärkrets HVL).
Linje 6	-
Övrigt	
Revision	?
Underlag	-
Utredningbehov	Sotning[65]
Övr	-

1) Fördelning beroende på säsong (hur stor variation?)
2) "Grovkross" (”formell benämning”?, definition?).
3) Finns utrymme för installation av SCR.
4) Vf-rapport 917
5) Gemensam L1-L3. Bortplockad ca 1999, f. att få korrekt temp f. reaktion (map skrubberrening?)
Medförde att temperaturen sänktes för mycket.
6) Gemensam återvärmare för L1-L3. Ska bytas.
12) Lite speciell wanderrost - i sidled
15) Flest fel i böjarna, ville "bygga utanför" (pga trångt) men hann inte, ekon troligen slut redan 2006.
Igensättning trolig orsak (med påföljd eroderande flödesstråk). Flest fel i böjar pga utsatt läge o/eller svetsar?
17) Kulorna fastnar mellan böjarna och mellan plåtarna.
22) Uppehållstid NH3 krävs 2s.
24) Släckt kalk (prövade först med osläckt kalk där vatten tillsattes men klumpade igen). Kalk för att få effekt på slangfiltret.
25) För att kyla ner rg inför slangfi hos P3, används bara om "akut". Kopplad till vad?
26) Elfilter tar mindre plats, för trångt för slangfilter.
27) Gemensam för L1-L3

29) Billigare med kulsotning, varför då ångsotning?
31) Och aktivt kol.
32) Burk för dosering av kalk. Har "nyligen" rivits. Istället blåser kalk direkt in i rökgaskanal
(går lika bra, mer modernt, lägre uh-kostnad)
33) Mavaekon benämns ekonomiser, går vidare till dom. Matarvattentankekonomiser benämns matarvattenekonomiser, och värmer vattnet i matarvattentanken.
Var finns "mavatankekon" i rg-sekv? Elller värms m. HV el. ÅV?!
36) Cyklon en del av avskiljaren.
37) Tog bort reaktor sommaren 2009 (gammal-från 1986, anledning till reaktor är förlängd uppehållstid)
Gjordes i samband med byte av slangfilter (var det bättre slangfi som gjorde att reaktor ej ansågs behövas?)
38) Var elfilter när byggdes, byttes till slangfilter, troligen billigare i drift (är det så?).
39) Avvecklas troligen om 5-7 år (2015-2017)
41) Erosion, relaterat till sotblåsarna och/eller askerosion. Bytt några tuber. Satt dit tubskydd.
Om problemet enbart orsakas av sotblåsare bör väl alla paket vara lika drabbade?
Har dränering på sotlansar men svårt få bort allt längst fram. Funderar på att försöka starta innan går in mot tub.
Upptäcktes tidigt på garantin, förlängd garanti på tryckkärl.
42) Pga erosionskorrosion på böjarna. Hjälpte ej tillräckligt. Askhyllor "bara" samlar upp. Styrplåtar möjligt?
Jämför styrplåtar (anläggning 9/Händelö).
45) Enligt EU-direktiv 2005 måste avfallsförbränningen hålla minst 850 ºC. Tidigare kastade in brinnande pinne för att starta.
46) 2 turbiner dit alla linjer är kopplade.
50) För tubläcka krävs byte. Måste stoppa inom ett ca dygn. Oftast kapar, o. svetsar på ny tubdel.
Tubläckor ger kakor, kan innebära att det endast sipprar (varför läcka inte upptäcks).
51) Väldigt tät (sätter lätt igen). "Panikupphandling". Kunde ha glesats ur (ursprungligen lämnats plats för SCR-som inte installerats).
Man kan nog räkna med att problemet återkommer efter några driftsäsonger
52) Gigantisk ljudsotning. Svårt utvärdera ljudsotningen (ändrat denna o. samtidigt byggt om pannan).
53) Prövat med ånsotning 1g/v (efter start ljudsotning), men då fastnade lansarna (pga att de kördes för sällan).
54) Räcker med vatten.
55) Shuntslinga via ångdom.
57) Cirkulationspump och shuntventil.
58) Tidigare angivet även 2004/2005 (100909).
59) Ekonomisern är utrustat med shuntpump
60) Har två planerade stopp varje år och några oplanerade.
61) Planer på att minska ångsotningen till 1ggn/dygn i ekon för att kunna utvärdera effekten av ljudsotaren.
62) Ny last efter ombyggnad, tidigare 40.5/40.5 MW (angetts att ”inga större förändringar gjorts”?!).
63) Tryckkärlet, rostern från Martin Gmbh.
64) På så sätt att matarvattentankekon gör att temperaturen för matarvattentankens vatten höjs.
65) Sotning/sotningsutrustning i samtliga delar av pannan, ”best practice”,
där det är dokumenterat "bra" för att kunna förlänga driftsäsongen
66) Trol. pga f. låg ingångstemp den tiden (110-115 ºC).

C.11 Idbäckens KVV (12)

Inledning	
Anläggning	Idbäckens KVV, Nyköping, Vattenfall Värme AB Nyköping.
Kontaktperson	Seppo Simola, titel?
	Jozef Nieznaj, driftingenjör
Pannor	P3,(2 reserv)
Linjer	
Linje 3	Eldstad/öh/askfälla[24]/öh/mavaekon/lufo2 [19]/elfilter/lufo1/rgfl/rgkond//påvä/skorsten
Pannor	
Linje 3	Ångp(dom), BFB, turbin, Outokumpu Ecoenergy.
	RT-flis(100).93/64MW,140bar/540ºC, 7500h.
	1994. Kol,flis,torv[3]. Började smått m. RT 2000[4], kol slut 2004. Tidigare SCR[5] o. kalk[6].
Tillsatser	
	Ammoniumsulfat(panna)
Matarvattenekonomiser	
Linje 3	En ekon [18] (Pkt 2/ pkt 1). Ritning finns.
	Separerad [25], innanför., horisontella (uppåt). Flänsade, 15Mo3. Outokumpu Ecoenergy.
	Förvärmning, ej återcirk. Ångsotning (2g/dygn)[23,26]. Högtryckstvätt (2 ggr/år, utförare?).
	220/285 (457/267)ºC. Okulär besiktning och tjockleksmätning (varje år, själva).
	1994. Erosionsskador [27] pga igensättningar o. ångsotning. Igensättningar när sotblåsare gått sönder [28].
	Erosionsskador och igensättningar [21].
	Byta eko 2012[30]. Inga tester utförts.
Avgaspanna	
Linje 3	-
Luftförvärmare	
Linje 3	Lufo 2(P4/P3/S)/elfilter/Lufo1(P2/P1).Tub. Ritning finns.
	Vändkanal, rg-läge? horis (uppåt L2, nedåt L1). Släta, rostfr (=?*,S)+kolstål(P) .Outokumpu Ecoenergy.
	Ångförvä S, ej P[15]. Sotning?, Underhåll?
	Pluft: 132/163/231ºC (L1in/L1ut/L2ut), Sluft: 76/219ºC, Rg: 267/191/170ºC (L2in/L2ut/L1ut).Granskning?
	1994. Bytte S 96/97 pga korr t. samma material (kolstål). Början 2000-talet t. rostfritt (=?*). Tveksamt om OK 14]. Lu1 utbytt 2004 pga korrosion (till sammamaterial?!*).
	Inga problem för närvarande [14]
	Ändringsplaner? Tester utförts?
Övrigt	
Revision	?
Underlag	-
Utredningsbehov	-
Övr	Igensättning dysor [16].

3) Inslag av reject ex. mjölkkartonger
4) Lite konstiga bränslen äv. tidigare - se 3)
5) Ej längre. Fel placering (var?), problem med igensättning o. rengöring varje år.
6) Ej kalk pga att slutat m. kol(?), enda skäl t. kalk är om svavelhaltiga bränslen?
14) Problem (=?*) troligen ej helt borta (varför tror man inte det?). Kan dock ej se symptom på problem, ex ökad O2-halt i rg)
15) För sekundärlufo men ej primlufo. Temp ingångsluft prim tillräckligt hög. Varför är ingångsluft till sekundär lägre (utan förvärmare)? Beror anledning till förvärmare inte istället på att rg-temp vid sekundärpaketet
högre än vid primärpaketet (o. därmed mindre risk för att underskrida TDP på paketets yta)?
16) Utan rg-återföring skulle förbränningstemp bli för hög (pga att bränslet är RT, rg för att dämpa torrt bränsle , "raket" om enbart luft).
Visst problem med igensättning dysor, rengöring 1-2 ggr per driftssäsong. Aska sätter igen dysorna.
Ej pga RT. Igensättning kom först efter byte av pannbotten 2007, o. en ny design av dysor.
18) Ursprungligen två ekos, eko2 (1a enheten i rgsekvens) skrotades pga erosion (erosion på vilket sätt?).
Gick ej att reparera. Klarar sig utan (huvudsyftet var att sänka rgtemp före katalysatorn- som ej var kvar).
Borde inte erosionsproblemet kvarstå för eko 1?
19) Paket 2 med P2 o. S2 parallellt?
21) Stora problem med igensättningar. Ger erosion, bytt 25% av tuberna. Börjat när (o. varför just då, ex från RT-start)?
Ville byta denna sommar men blir nästa.
Om glesare mellan tuber eller släta tuber krävs större volym. Ev plats för extra mindre ekon senare i rg-flödet.
23) Planerar utesluta ångsotning pga erosionsskador.
Tester med spräng- och ljudsotning (ej kulsotning - "20-30 år tillbaka i tiden").
Nöjda med ljud för lufo o. ekon, medan sprängsotning bättre för öh-stråk (varför?).
24) Kallas "Vestibul" (mellan eldstad o. 2a draget), askan evakueras ner till skrapan under 2a o. 3e draget.
25) Placerad i 3e draget.
26) Ångsotblåsare dels gett erosionsskador, o. dels, när gått sönder, gett igensättningar (som i sin tur också ger erosion).
27) Nedre paketet (pkt 3) delvis utbytt.
28) Varför gått sönder? Händer fortfarande?
30) Ej klart med slutlig utformning dvs likadan eller glesare eller mer yta.

C.12 Igelstaverket (13)

Inledning	
Anläggning	Igelstaverket, Södertälje, Söderenergi
Kontaktperson	Mats Risberg, drifting
	Sven Wallin, ?
Besök	090715
Pannor	P1, P2, P3
Linjer	
Linje 1	Eldstad,elfi,avgasp,S-skrubber[7],slangfi[20],rökgasfl,skorsten
Linje 2	Eldstad,elfi,avgasp, S-skrubber[7],slangfi[20],rökgasfl,skorsten
Linje 3	Eldstad,öh,avgasp,elfi,S-skrubber[7],slangfi[20],luftuppfuktare[8],rgkond,påvä,rökgasfl,skorsten
Pannor	
P1	Ångp(dom)[38], roster[9], ej turbin, tyskt företag[4].
	"Sorterat indavfall"(100[5]). Ca ?/80MW, 15bar/200ºC [16], 9 mån.
	1982, kolpulverpanna,kol o. olja. Början 90-t torv (mest) o. tallbeck.
	1997 roster, sorterat indavfall.
P2	Hvp(dom), pulvereldad, ej turbin, tyskt företag[4].
	Torv100[22]. ?/105MW, 15bar/200ºC, 6 mån.
	1982. Kol fr. start, Torv fr. början av 90-t.
P3	Ångp(dom),BFB, ej turbin, tyskt företag[4].
	RT 100% (lite torv ibland). Ca ?/80MW, 15bar/200ºC, 8-9 mån.
	1983, kolpulverpanna. Ombyggd av Foster Wheller 1994 t. BFB o. plus rgkond.
	Tidigare blandning av RT, returflis[21], ikovapellets[39] (proportionerna 75-80,10-15,10,[26]).
Tillsatser	
Linje 1,2	Urea([31], pannan), kalk ([30], framför slangfiltret).
Linje 3	NH3([31], pannan), kalk ([30], framför slangfiltret).
Matarvattenekonomiser	
Linje 1-3	-
Avgaspanna	
Linje 1,2	1 avgasp (2 paket).
	Placering?,tubändsläge?,tublutning?. Kamfläns, kolstål(35.8). Tillverkare?
	Ej förvärmning, återcirk?. L1: Ångsotn(3/dygn), L2: Ångsotn(max 1/dygn). Underhåll?[40]
	?/?(?/?)ºC. Granskning [34]?
	1982. Bytts 2006-2009 [40]. Inte haft några större problem.
	Inga problem för närvarande [25].
	Ändringsplaner? Tester utförts?
Linje 3	1 avgasp (2 paket).
	Placering?,tubändsläge?,tublutning?. Slättub, kolstål(35.8). Tillverkare?
	Ej förvärmning, återcirk?. Ångsotn(1-3/dygn). Underhåll?
	?/?(?/?)ºC. Granskning[34]?.
	1982. Byttes 2006-09 [40], till samma typ o. material. Åldersrelaterat[24]/Sotblåsekorr [27]/kondenskorr[27]?!
	Viss erosion pga BFB.
	Ändringsplaner? Tester utförts?
Luftförvärmare	
Linje 1-3	Endast icke rg-värmda enheter (HL).
Övrigt	
Revision	?
Underlag	-

Utredningsbehov	?
Övr	Underhåll[34]. Nya anläggningen benämns IKV [28]. Materialtest panntuber P1 [11]. Värmefotografering elfilter[15]. S-tillsats [18].

4) Tyskt företag, sedermera uppköpt o. nedlagt

5) Sorterat industriavfall = PPT (papper, plast, trä), ej pelleterats.
Gummi o. plast fr bilind komplement senare år, upp t. 25%. Tidigare Ikovapellets ung motsvarande proportioner (nu inget, bristvara, istället till Igelstaverkets nya KVV).

7) Gemensam för alla tre? Tillsätts släckt kalk, d v s Ca(OH)2 och vatten.
Konstruerade av Svenska Fläktfabriken och klassificeras som "semi-dry".

8) Modell "rotor". För att ge till rg före kondensor (varifrån kommer i sådant fall fukt?) el. f. att ge t. förbrluft för lufo?

9) Metallsprutad Inconel 625 på tubväggar.

11) Inconel 625 svetspåläggning o. Sanicro 28, år?, S28 mindre materialavgång, dyrare (se prot möte 2005)

15) Se seminarieföredrag inom ”Korrosionsnätverk för förbränningsanläggningar” 2007

16) Temperaturen för pannvattnet ligger på ca 200 ºC (troligen 210-220 ºC, [referens 31).
Denna temp och mätning av rgtemp, ger att tubmaterialets yttertemp bedöms vara ca 250-270ºC och oxidskiktets yttemperatur ca 450ºC.
Rgtemp vid utloppen för pannorna (före eller efter avgasp?) ca. 155ºC för P1, ca. 160°C för P2 och ca. 175°C för P3.

18) S-tillsatser till bränslet prövat.
Som främsta anledning att minska CO-halten (ej CO2?) i rökgasutsläppet (av vilket ingen positiv effekt kunde ses).
S-tillsatserna gjordes under så pass kort tid att det inte kunde förväntas att man skulle kunna hinna se någon effekt på korr.

20) Om koleldning krav på sekvensen "elfilter, S-reaktor, slangfilter”.

21) Klassat som "returbränsle" (ej avfall). Dyrare numer (pga av byggs mindre-o. därmed färre rivningar/rester).
RT nästan inga plaster el. papper. Returflis kan vara allt, ex matjord. Direkt fr ind kallas indavfall.

22) Tallbeck -på senare tid alltmer eldningsolja-v. uppstart. Torv kommer som briketter o. pellets, mals.

24) Svårt att svetsa pga urkolat.

25) Inte ens beläggningar. På koltiden stopp 1-2 ggr/v.
Alltså ifråga om beläggningsbildning bättre m torv än kol?

26) Tidigare försvann torv som del under en period, pga att det var för dyrt.

27) Flertal läckage gav rivningsbeslut (alltså ej åldersrelaterat).
Skadorna lokaliserade t. övre delarna v ångblåsarna, avvikande konstruktion relativt L1 o. L2?
Enl SW rostade kamflänsar bort pga att man låg under TDP några månader (när?).

28) Började mitten av september 2009, övertagen 100115, "rekordsnabbt".

30) Tar bort klor, framförallt aktivt på slangfiltret

31) Nu byggs troligen ej för urea. Urea luktar ej, men om fel (hur?) ges myrsyra. Örstarnd fått genombrottskorrosion. NH3 harmlös.

34) I samband med årskontroll blästras eldstadsväggar för P1.
Tjockleksmätning sker årsvis och med virvelströmsteknik. Även avgasp?
Underhåll görs i form av termisk metallsprutning (se seminarie Korrosionsnätverk 2007).

38) Levererar "internånga" (för diverse ändamål). Om <10% av lasten (dvs det som "passerar") ger ånga klassas som HVP.

39) Pelletsen kommer från Holland, där PVC-plasten ska vara bortsorterad.
Utlovat kloridhalt är under 1% men bränslet visat sig vara sämre, innehåller ibland över 2% (enligt Igelstas egna analyser).
Förhöjda kloridhalter kan konstateras även ända till slangfiltret.
Askhalten är hög (ca. 10%) och bottenaskan går ut med pulverslagg.
Plasten största problemet (men ska alltså vara bortsorterad?!).

40) Samtliga avgasp byttes under denna period, även f. L1 o. L2.

C.13 Johannesverket (14)

Inledning	
Anläggning	Johannesverket, Gävle, Gävle Kraftvärme AB
Kontaktperson	Toni Holkko, driftchef.
Besök	-
Pannor	Kvp,(en reserv o. en spets)
Linjer	
Linje Kvp	Eldstad/öh/mavaekon/lufo/elfilter[12]/rgfl1/rgkond/rgfl2/skorsten
Pannor	
Kvp	Ångp(dom), BFB, turbin, Metso
	Bio/RT[2](bark70-80,RT10-30,GROT+stamvedsflis0-10). ?/77MW[3],93bar/480ºC[7], 6000h/år.
	1999. Inga större förändringar gjorts.
Tillsatser	
	NH3(pannan)
Matarvattenekonomiser	
Linje Kvp	Eko3(1paket)/eko2(3paket;C/B/A)/eko1(1paket).
	Placering?, utanför[15], horisontell (nedåt). E1 kamfläns, E2-E3 slättub, St35.8III[17]. Tillverkare?
	Ej förvärmning, återcirk? Ångsotning(4g/dygn[9]). Underhåll?
	?/?(?/?)ºC. Granskning?
	E1: 1999.-[16]
	E2: 1999. Höjde effekt 2004, gav igensättningar. 2008 3 paket slättub (mot 1 pkt kamfläns).
	E3: 1999. Slät fr starten. Inte haft några större problem.
	Inga problem för närvarande.
	Inga ändringsplaner. Inga tester har utförts.
Avgaspanna	
Linje Kvp	-
Luftförvärmare	
Linje Kvp	1 tubluftvärmare (3 paket)[8]. P o. S parallellt genom paket.
	Tubändsläge?, rg-läge?, tublutning?. Slättub, material?. Tillverkare?
	Förvärmning[5], återcirk? Ångsotning (var 4e timme). Underhåll?
	?/?(?/?)ºC. Granskning?
	1999. Inga ändringar eller problem.
	Inga problem för närvarande.
	Inga ändringsplaner. Inga tester har utförts.
Övrigt	
Revision	
Underlag	
Utredningsbehov	
Övr	S-tillsatstester[13]. Metallisering överhettare [18].

2) Samförbränning. "Biobränsleanläggning" innebär källmärkt el; torv ej bioklassat, godkänner upp till 50% RT
3) Upptrimmad 10% (hur?).
5) Två ånglufos.
1a ånglufon uppfuktar (tappvatten?), kopplas in endast om rgkond påkopplad (ej alltid?).
2a ånglufon reglerar lufttemp in i rg-lufon med hänsyn till daggpunktstemp (hur bestämts?).
7) Utgående fr. tertiär-öh (färdig f. anläggn/t. turbin/användbar)

8) Rökgaserna 2 ºC-3 ºC-1 ºC (ej 3 ºC-2 ºC-1 ºC?!).
9) Har tidigare sotat 8/dygn, ev. gå ner ytterligare (främst pga slitageminskn el ångsparande?).
12) renar till 99.9%
13) Har testat ChlorOut, prövades av Vattenfall innan de "gick ut", funderar på svavelgranulat
15) Samlingslådor utanför (ej rörkrökarna?)
16) Inga igensättningar trots kamfläns p g a tunn eko, o. p g a att en del sot fastnar på de övriga två ekona.
17) Inlopps- o. utloppskammare av annat material, troligen 15Mo3 e.d.
18) Har metalliserat 3 ºC o. 2 ºC i testsyfte (ej hela paketen?). Resultat?
Gjordes av Kasa Metallisering (vann upphandlingen).

C.14 Jordbro värmeverk (15)

Inledning	
Anläggning	Jordbro värmeverk, Stockholm, Vattenfall AB Värme Drefviken
Kontaktperson	Johan Lindgren, uh-ansvarig
	Robert Mattsson, projektingenjör
Pannor	P34[3], 3 dellastpannor
Linjer	
Linje 34	Eldstad/avgaspanna/elfi/rgfläkt/skorsten
Pannor	
P34	Hvp(dom),träpulverbrännare,ej turbin, Kvaerner
	Bio(träpulver, "jungfruligt").75-80/40 MW, ångdata?,7mån/år.
	1994/95. Inga större förändringar gjorts [6].
Tillsatser	
Linje 34	NH3(eldstaden), svavelgranulat[2] (eldstaden)
Matarvattenekonomiser	
Linje 34	-
Avgaspanna	
Linje 34	E3/E2/E1
	Integrerad, innanför, horis (nedåt). Kamfläns, kolstål. Kvaerner.
	Förvärmning?, återcirk?. Ljudsotning (24ggr/dygn), ångsotning(3ggr/dygn). Vattenrening (vid revision, själva)
	80/110,(?/110-120)ºC. Visuell granskning [7] (minst 2 ggr/år, själva), difftrycksmätning (hur ofta? själva), tjockleksmätning (vartannat år, Inspecta)
	1995. Erosionsskada, sotblåsare fastnat i fel läge.
	Akutstopp hösten 2009, igensättningar f. alla (Eko 3 värst) [16].
	Inga problem för närvarande [17]
	Inga ändringsplaner. Inga tester har utförts.
Luftförvärmare	-
Linje 34	Endast icke rg-värmda enheter (HL).
Övrigt	
Revision	3v/år under sommaren
Underlag	-
Utredningbehov	(-)
Övr	Daggpunktstemperatur[20,5]. Agrobränslen[8]

2) Periodvis, för att sänka CO i rökgaserna, ingen kan svara på varför CO minskar
även andra gör (o. ger effekt), inte bara Vattenfall, Anders Hjörnhede har teori
3) Ersatte P3 o. P4 som var koleldade.
5) Vattenfall Power Consulting gjort tester m påslagssonder för att avgöra gränstemp (sedan lagt på 10 ºC)
Pulvret fukthalt 10%, ger ingen fukt o. därför inget behov kondensvärme
Sänkte m 40-50 ºC, betydande höjning verkningsgrad
6) Träpulver från början.
7) Visuell granskning av underhållsingenjör, kryper minst 2 ggr per år, inspektionsluckor mellan ekopaketen.
Borde då ej ha sett igensättning?
8) Igensättningar vanligare om mer askrika bränslen ex spannmålspulver/agrobränslen ("var något mer tidigare"-varför då?)
Billigare med agrobränslen men vinsten äts upp av ökade uh-kostnad (sotning, sotavlämningskostnader och skadefall)

och skadefall)
Pannan måste vara avsedd för agrobränslen
Sorterat (map vad?) RT dyrare (än osorterat RT- för dyrt för att vara av intresse?)
16) Blev inte rengjort vid revisionsstopp, görs inte alltid då (sällan?). Hög personalomsättning o. chansning trolig orsak.
Utvecklats metoder för tubrengöring. Sätter vattendysor på ånglansarna, högtryckspump. Tar ett dygn.
Provat kemisk rengöring (=?*), inte riktigt nöjd.
Finns troligen utrymme för slättuber.
17) En liten del av ekon (20%) har satts igen permanent. Klarar ändå uppgiften.
20) Verkar ligga under 75ºC. Ligger med minst 80ºC v. inflödet .

C.15 Karskärsverket (16)

Inledning	
Anläggning	Karskärsverket, Gävle, Gävle Lut&kraft (Korsnäs AB) [10]
Kontaktperson	Sten-Olof Edlund, driftstekniker
Besök	090902
Pannor	Barkpanna(”Bp”), (oljepanna), (hvp), (2 sodapannor)
Linjer	
Bp[20]	Eldstad, öh[8], mavaekon, grovstoftavskiljare[18], elfi, rgkond, rgfläkt, skorsten[19]
Pannor	
Bp	Ångp(dom), roster[1,11], turbin[12], Burmeister & Wein.
	Bio(Bark70,spån25,fiberslam5[17]). 60/50MW,480ºC/80bar, 11½ månad.
	1971. Inga ändringar i driftförh el. pannan.
Tillsatser	
Linje Bp	Urea (pannan)
Matarvattenekonomiser	
Linje Bp	Mava1/mava2/mava3[25]. Ej ritning
	Integrerad (eko1-2) resp separerad(eko3), innanför, horis(uppåt). Släta (eko1) resp kam (eko2-3), kolstål. BWE.
	Förvärmare, ej återcirk. Ångsotning (1g/2h). Vattentvätt (2 ggr/år, utförare?).
	156/278(470/210)ºC. Visuellt (omfattning?, Inspecta).
	1971(eko 1-2), 2003(eko 3). Bytte hela eko 1 början 1990-talet till samma[5].
	2003 bytte eko 1 t. släta (fr kamfläns) pga korrosion [6]. Samtidigt ny eko (eko 3) [7].
	Byte eko 2 början 90t. Inga problem för eko 2.
	Inga problem för närvarande.
	Inga ändringsplaner. Tester utförts?
Avgaspanna	
Linje Bp	-
Luftförvärmare	
Linje Bp	Endast icke rg-värmda enheter (HL).
Övrigt	
Revision	Sommaren
Underlag	-
Utredningbehov	-
Övr	Kompetens[29]. Test svavelgranulat [13].

5) Hade kamflänseko med ganska täta "plattor". 2/3 av tublängd var dock "relativt slät".
6) Blev så hög temp att askan blev kletig. "Översta paketet" mavaekon, pga lasthöjningar.
Igensättning och läckor flera ggr per månad. Lyckades tidigare hålla rent.
Skillnad i last =?*, ville ej gå ner i last igen?
7) Ekon placering "utanför", möjliggjorde körning under installation (så när som på själva inkopplingen av rg-ledningen med ekon).
Byggt in i en "sväng" från rg-linjen, ej "utomhus".
Kompletterade den från kamfläns till slät ändrade eko 1 med ny eko (eko 3), p g a sämre värmeupptagning om släta tuber.
8) Gemensam m. oljepannan.
10) Tidigare ägare Karskärs Energi (Korsnäs,Gävle stad, E.ON-mfl?), köptes av Korsnäs.
11) Kablitzroster
12) "Mindre turbin". Ånga även från sodapannorna (som först gått via annan turbin)
13) Har prövat/testat svavelgranulat. Driftchefen tog bort pga avtagande intresse för trimning av operatören

Peter Holmström vet (tidigare ÅF, nu vd Bioteknik i Norrköping o. konsult).
För att få ner CO-halten, "gick för bra" (hur kan det gå ”för bra”?)..
17) Ej flis, spån ed. På senare tid fibrer från pappersmassaindustrins fiberslam.
Fiberslam gör att det blir mindre CO. Mäts kontinuerligt (krav från länsstyrelsen - däremot ej på CO2). Effekt syns tydligt.
18) För att ta bort oförbränd bark, vilket annars kan antändas på filtret. "Cyklon" enl 110831.
19) 3 Pipor - varav 2 för olja - i skorstenen.
Stora mängder cortenflagor kunde ses.
20) Blir inte så långlivad, Bp (o. oljepanna) i malpåse snart. Bp januari 2013.
Ska tas beslut om ny panna o. ny turbin, bark huvudbränsle
Ger fjärrvärme t. större delen av Gävle
25) Tvärtemot normal benämningsordning.
För mava 1 första halvan i rg-riktning medströms medan andra halvan motströms, mava 2 o. 3 motströms.
Medströmskopplingen något att göra med att få korrekt temperatur.
29) Åderlåtning på kompetens, huvudsakligen pga pensionering.

C.16 Korsnäs Frövi (17)

Inledning	
Anläggning	Korsnäs Frövi, Frövi/Örebro, Korsnäs Frövi AB
Kontaktperson	Ingemar Andersson, produktionsansvarig
Besök	-
Pannor	Barkpanna ("Bp"), (sodapannor)
Sekvenser	
Linje Bp	Eldstad/öh/mava3/lufo/mava2/mava1/elfi/avgasp/rgfläkt/skorsten
Pannor	
Bp	Ångp(dom),BFB, ej turbin,Kvaerner[8].
	Bio/RT(GROT36,RT27[2],bränsleved[9]25,"trädelar"8).?/120MW,ångdata?,drifttid?
	1981. Byggde om roster t. BFB 1997.
Tillsatser	
Linje Bp	-
Matarvattenekonomiser	
Linje Bp	Mava3(1 pkt)/mava2(1 pkt)/mava1(1 pkt).
	Placering?, utanför(eko1) resp innanför(eko2-3), tublutning?(eko1) resp 45 ºC (eko2-3)[16]. Släta, kolstål. Tillverkare?
	Ej förvärmning, återcirk?. Ångsotning(3g/dygn). Rengöring (=?, utförare?[11]).
	?/? (?/?)ºC. Tjockleksmätning (revision, Inspekta[10])
	1997(mava1),1981(mava2),1981(mava3).
	E1: -[12].
	E2: Haft erosion relaterat t. sotning. Gjorts så att dräneras bättre. Nu OK.
	E3: Ny 2005. Visst slitage vissa stråk sidoväggar. Skyddsplåtar åtgärdade problemet.
	Inga problem för närvarande.
	Ändringsplaner? Tester utförts?
Avgaspanna	
Linje Bp	1 st (ett paket).
	Placering?,tubändsläge?,tublutning?. Lamell, material?. Tillverkare?
	Ej förvärmning, återcirk?. Ingen sotning. Underhåll?
	?/? (?/?)ºC. Granskning?
	1997. Försvann" på ett år, pga felaktigt material (=?*). Ny 1998.
	Inga problem för närvarande.
	Ändringsplaner? Tester utförts?
Luftförvärmare	
Linje Bp	En tublufo. En primär- och en sekundärsekvens (P resp S).
	Tubändsläge?, rg-läge?, tublutning?. Slättub,kolstål. Kvaerner (P) medan Burmeister&Wein (S).
	P förvärmd, S ej förvärmd [17]. Sotning?. Underhåll?.
	?/? (?/?)ºC. Granskning?
	1981. Bytte primärpaket 1997. Haft problem?
	Inga problem för närvarande.
	Ändringsplaner? Tester utförts?
Övrigt	
Revision	?
Underlag	-
Utredningsbehov	?
Övr	Sandproblem[5]. Askan fin[6].

2) RT måste vara "vitt", ej tillstånd för "icke-vitt" (krävs "avfallspanna").
Vit RT stora krav, ej målat el. impregnerat el metall, provat RT fr Danmark-ej fungerat, svårt få bort plast
Icke-vitt ger inte aska godkänd f. skog (vilket önskas här). Så fin att den kan deponeras direkt i skog (5000 ton/år)
5) Hittar mycket i sanden från BFB, kan ej silas ren m. befintlig utrustning.
Finns modernare m. siktning o. återvinning (ej återvinning här eller bara en liten del?).
Kommer ifrån kostnad för deponi o. f. ny sand (siktad o. torkad sand dyrt)
6) Så fin att den kan deponeras direkt i skog (5000 ton/år)
8) Ursprungligen Burmeister & Wein, ombygge Kvaerner
9) Massaved som ej klarar klassning
10) En koncentrerad vecka per år, tjockleksmätning Inspecta, provpunkter övre tubrader,
slits mest där (flödet alltså i nedåtriktning?), inget längre ner.
11) Mer omfattande rengöring under revisionsperiod. Började med detta för 7-8 år sedan.
12) Konstruktionsfel 1an, rättades till.
16) Tubrader 45 ºC relativt gasflödets riktning (L2 och/eller L3).
Fördelen mindre beläggningsrisk medan nackdelen konstruktionskostnad?
17) Rg-temp så hög (400-450ºC, pga läge i sekvens) att temp på tubytan inte går under daggpunktstemp.

C.17 Korstaverket (18)

Inledning	
Anläggning	Korstaverket, Sundsvall, Sundsvall Energi AB
Kontaktperson	Lars-Ove Orre, titel?
	Micke Henriksson (ej rg-sida), Uh-ansvarig
	Rune Svensson (F1 mest), driftingenjör
Besök	090911
Pannor	F1,F5[15]
Linjer	
F1	Eldstad/cyklon/öh/öhhuv[23]/tomdrag/konvektionsdel/mavaekon/stoftavsk[13]/
	textilfi[14]/katalysator/rgfl/skorsten
F5	Eldstad/öh/konvdel/mavaekon[22]/elfi/scrubbers[1]/SCR/vvx[4]/påvä/skorsten.
Pannor	
F1	Ångp(dom),CFB,turbin[25], Babcock&Wilcox Völund
	Avfall(ind[9] 80-90,hush10-20). ?/?MW, ångdata?, 8 mån[24]
	1984, CFB[32]. Byggts om hela tiden.
F5	Ångp(dom), roster, turbin[25], B&Wilcox Völund
	Avfall(hush[26]70-80,ind20-30). ?/?MW, ångdata?, 11 mån.
	2006. Inga större förändringar gjorts.
Tillsatser	
Linje F1	-
Linje F5	NH3(SCR)
Matarvattenekonomiser	
Linje F1	En ekon. 5 paket; 7/8/9/10/11
	Placering?, innanför, horisontella (nedåt). Slättub, kolstål. B&W Völund
	Ej förvärmning, återcirk? Ångsotning(8g/dygn). Underhåll?
	?/?(?/?)ºC. Granskning?
	1984.Ombyggt allteftersom. Ca 2003/2004 byttes hela ekopaketet [27]. Haft problem?
	Inga problem för närvarande [29].
	Ändringsplaner? Tester utförts?
Linje F5	En ekon (fler än 3 pkt).
	Placering?, innanför, vertikala. Släta, kolstål. B&W Völund.
	Förvärmn?, återcirk? Slagsotn (kontinuerligt[28]). Underhåll?
	?/?(?/?)ºC. Granskning?
	2006. Inte haft några större problem.
	Inga problem för närvarande [29].
	Ändringsplaner? Tester utförts?
Luftförvärmare	
Linje F1	-[6]
Linje F5	Endast icke rg-värmda enheter (ÅL[7]).
Avgaspanna	
Linje F1,F5	-
Övrigt	
Revision	?
Underlag	-
Utredningsbehov	?
Övr	-

4) För att suga ut mer värme (ej f. uppvärmn av rg) Kopplad till vad?
5) Endast f. textilfilter (se F5), om än här för skrubbervatten. Behövs ej för miljövärden om har våt rökgasrening.
Svårt dosera kalk/dolomit i roster
6) Ska bygga (har klarat sig utan, varför behov nu?)
7) Två vvx i samma lufo, en värms m. ånga o. en m. hv, ånga o. hv fr. vatten/ång-cykeln (slutet system). Huvudsakligen för primärluft men en "delgren" t. sekundärluft, sekundärluft hsakl f. att kyla rostern (är inte det uppgiften för primärluften?).
9) Angetts som "verksamhetsavfall" (skillnad mot indavfall?). Stort inslag av olja mm enl. fil fr. Korsta?! Inte så enligt senare uppgifter.
13) Kallas även "cyklon för avskiljning". Tidigare elfilter (till ca 2009 då, förutom stoftavskiljare, även spärrfilter).
14) Även kallat spärrfilter.
22) Ekon kan bypassas, rg-rening optimalt vid 180 ºC, kör förbi ekon vid start.
23) =?
24) Pannan 20 bar vilket inte ger stort elutbyte (därav rel. Kort drifttid trots turbin).
25) Gemensam för F1 och F5.
26) Hushavfall billigare än indavfall, men ger mer problem.
Jmfr motsatsen anläggn 23 (Malmö avfallsförbränningsanl.) Skillnaden beror på den närliggande industrin. Därför får P5 ta större andel hushavfall pga att eldstaden är tåligare (roster tuffare än CFB).
27) Ville öka värmeutbytet, satte in en större. Samtidigt gjordes glesare.
28) Alltid någon "hammare" som håller på.
29) Åtminstone inga tubläckor sedan 2007 (LOO började).
32) En av de första i Sverige.

C.18 Kvarnsveden värmeverk (19)

Inledning	
Anläggning	Kvarnsveden pappersbruk, Borlänge, Stora Enso Kvarnsveden AB
Kontaktperson	Bengt Andersson, Verkmästare
Besök	-
Pannor	(P6),P7[21],P8
Linjer	
Linje P7	Eldstad/öh/(lufo[22])/mavaekon/stoftficka[23]/elfilter/rgfläkt/skorsten(-cyklon)
Linje P8	Eldstad/öh/cyklon/öh/konvdel/stoftficka/lufo4/mavaekon/lufo(1-3)/ elfi/rgfl/rgkond[30]/S
Pannor	
P7	Dom(ångp[1]), snedrost, turbin[25], Svenska Maskinverken.
	Bio(renseribark[2], nästan 100). 130/80MW, ångdata?, drifttid?
	1982. Kolpulvereldad ursprungligen, gjordes om för bioeldad 2004.
P8	Dom(ångp), CFB, turbin[25], Foster Wheeler
	Bio(renseribark50,externt bio 30,olja+kol10,slam[9]10).138/?, ångdata?, drifttid?
	2004. Ändringar utförts?
Tillsatser	
Linje P7	-[26].
Linje P8	NH3 (eldstad[7], cyklon[32])
Matarvattenekonomiser	
Linje P7	Eko3(2pkt)/eko2(2pkt)/eko1(1pkt,[27])
	Placering?,tubändsläge?,tublutning?. Slättub, svartstål[28]. Svenska Maskinverken.
	Ej förvärmning, återcirkulering?. Ångsotning(2g/dygn). Underhåll?
	?/?(?/?)ºC. Granskning?
	1982.Eko1 bytts en eller 2 ggr (när?,ändrat något?)
	Inga problem för närvarande.
	Ändringsplaner? Tester utförts?
Linje P8	En eko.
	Placering?,tubändsläge?,tublutning?. Tubtyp?, svartstål. Tillverkare?
	Ej förvärmning, återcirkulering?. Sotning? Underhåll?
	?/?(?/?)ºC. Granskning?
	2004. Inte haft några större problem.
	Inga problem för närvarande.
	Ändringsplaner? Tester utförts?
Avgaspanna	
Linje P7, P8	-
Luftförvärmare	
Linje P7	Undantagsfall [22]
Linje P8	En lufo. Tub. PS1[34], P2, S2
	Tubändsläge?, rg-läge?, tublutning?. Tubtyp?, kolstål[29]. Tillverkare?
	Förvärmning. Sotning? Underhåll?
	?/?(?/?)ºC. Granskning?
	2004. Korrosionsskada. Prövat med insticksrör [11], trolig orsak gått hål i ånglufo [10], följdskada rg-del, bytt ånglufodelar till rostfritt. Nu OK (?*).
	Erosion i rökgasdel[5].
	Ändringsplaner? Tester utförts?
Övrigt	
Revision	?

Underlag	-
Utredningsbehov	Veta vilka som bytt lufo. Konsult för granskning/besiktning.
Övr	Manlucka[17]. Kontroll[6].

1) Cirkulationspump, går hela tiden (om står så kan pannan haverera)
2) Definieras hur? Innehåller mer fukt (än vanlig bark?). Värre m. "grönflis"(=?,högre kloridhalt, barren kvar- där finns kloriderna?)
5) Pga stoftansamlingar mellan rör.
6) Att mäta O2-halt redan kört (generellt om kan se hög halt eller just i detta fall?)
Provtrycka pipa f. pipa väldans jobb (ej gjorts här?, när behöver man?)
7) I eldstad, f. att reducera svavelmängd. Mindre kalk behövs om man har rgkond.
Kalksten kan ge kalciumklorid (gör alltså ändå?!). Enligt Foster Wheeler bildas CaCl2 på luvon.
Däremot f varmt på mavan för att CaCl2 ska bildas där (alltså CaCl2 på luvo 1-3 men ej 4an?).
9) Slam från avloppsrening, karbonater i detta. Och/eller P8?
10) Gått hål på ånglufon (ånglufons hål oklart, trol. konstruktionsfel?) varifrån ånga kommit in i rglufon, och som då troligen korroderat inifrån (inga beläggningar ed som kunnat bidra till slutsatsen?).
Foster Wheeler tror att kalciumklorid orsak (alltså ej orakat av hål i ÅL?!). Hade f. kalla rökgaser (ej för kall lufttemp?*). Ska diskuteras i mars 2011. Resultat?*
Foster Wheeler vill byta ut ekon redan nu. Konsult f. granskning/besiktning önskvärt.
Ånglufodelarna nu utbytta t. rostfritt.
11) Prövade först plugga (kan - åtminstone denna panna- plugga 10% av rör utan att prestandan påverkas f mycket)
Först instick ena änden (hur långt?) med valsning i "inneränden" (se figur), valsade med "rotationsverktyg". Korrosion försköts t. änden av insticksröret. Sedan instick hela röret (5½m?) o. svetsade ändar. Samma material insticksröret som originalröret.
17) "Mellan" ekon och lufo (vilken) för L8.
Erosion/Vortexeffekt. Ändrade design, fr. "urgröpning". OK nu?*
21) Större delen säsongen 2009/2010 endast P8. Kommer troligen att stänga P7.
Pga teknisk förändring i pappersmassaproduktionen har ångbehovet minskat.
Säljer spetsvärme till Borlänge, också från P8?
22) Används ej längre, förutom om olja. Aktiv under kolpulvereldningsperioden.
23) Alternativ benämning grovavskiljare
25) Gemensam för P7 och P8
26) Sidomonterade brännare som sitter f. högt upp gör att inte går att dosera NH3.
Det är dock anläggningens totala utsläpp som räknas, varför NH3 för P8 räcker.
Ger olika temp olika bredder, för många stråk, skulle ha suttit i hörnen.
27) Har en intern uppvärmning med en egen avstickande krets (ed).
28) Bytt en pipa t. syrafast (2343) för åtm 7-8 år sedan, håller fortfarande (slät och fin)
Vågade ej hela f risk f att temp ger sprödhet.
29) Ska byta t. 316L, varför (om huvudsaklig orsak t. korrosion fel i ångdelen – se [11] - ?).
30) Ska bli S-skrubber
32) Sätts till cyklon istf eldstad om hög last. Om för varmt bildas NOx (av NH3).
34) Prim o. sek, två paket i serie f. båda, första prim o sek sitter ihop. Hur är sekvens i rg-kanal?

C.19 Linköping KVV (20)

Inledning	
Anläggning	Kraftvärmeverket i Linköping, Linköping, Tekniska Verken i Linköping AB
Kontaktperson	Krister Johansson, processingenjör
	Anders Kull, titel?
	Stefan Karlsson, Uh-chef
Besök	090624
Pannor	P1, (P2), P3
Linjer	
Linje 1	Eldstad, öh, mavaekon, cyklon[11], avgasp, S-skrubber[16], slangfilter, rgfl, skorsten
Linje 3	Eldstad, öh,mavaekon, cyklon[11], avgasp, elfi, S-skrubber[16], uppfuktare[17], skorsten
Pannor	
P1	Ångp(dom), wanderrost, turbin[15], AB Svenska Maskinverken.
	Samförbr (Gummi 40, kol 40, bio 20). 60-70/70 MW, 57 bar/475ºC, 7-8 månader.
	1964. Oljebrännare, olja och "liknande". 1985, wanderrost, kol. 1992 samförbr.
	Fr ca 2010 o. ett antal år tidigare 50-40-10.
P3	Ångp(dom), trappstegsrost, turbin[15], AB Svenska Maskinverken.
	RT/bio(stamved+bark+GROT)/PPT[18]:50/40/10. ?/60-70/ MW, 57 bar/475ºC,11 mån.
	1964, oljebrännare [22]. 1985 trappstegsrost[20], skogsflis o. GROT. 1990-92 kom även RT.
Tillsatser	
Linje 1	Urea (pannan), kalk ([9], S-skrubbern)
Linje 3	Urea (pannan)
Matarvattenekonomiser	
Linje 1	En ekon; pkt 2/ pkt 1[1].
	Placering?, utanför, tublutning?. Kamfläns, gjutjärn. AB Svenska Maskinverken.
	Ej förvärmning, återcirk?. Ångsotning (var 8e timme). Underhåll?.
	125/210(?/?)ºC. Granskning?
	1964. Har troligen bytts (i så fall t. likvärdig [31]). Igensättningar [29], ingen korrosion. [24].
	Igensättningar [9].
	Inga ändringsplaner. Inga tester utförts.
Linje 3	En ekon; pkt 2/ pkt 1[1].
	Placering?, utanför, tublutning?. Kamfläns, kolstål. AB Svenska Maskinverken.
	Ej förvärmning [30], återcirk?. Ångsotning (var 8e timme). Underhåll?.
	125ºC/250-260(?/?)ºC. Granskning?
	1964. Bytte 07-08 kamfläns gjutjärn till kamfläns stål/plattjärn pga igensättn[4]. Igensättn [9].
	Igensättningar [29].
	Inga ändringsplaner. Inga tester utförts.
Avgaspanna	
Linje 1	1 avgasp (6 paket).
	Placering?, utanför, tublutning?. Slätrör, ?. AB Svenska Maskinverken.
	Förvärmning?, återcirk?. Ångsotning (3g/dygn). Underhåll?
	?/?(?/?)ºC. Tjockleksmätning[8] (av vilka?, hur ofta?)
	1985. Bytt hela ca 2000 (från kamfläns), pga igensättningar.
	Inga problem för närvarande.
	Inga ändringsplaner. Inga tester utförts.
Linje 3	1 avgasp (2 paket).
	Placering?, utanför, tublutning?. Kamfläns[21], ?. AB Svenska Maskinverken.

	Förvärmning?, återcirk?. Ångsotning (3g/dygn). Underhåll?
	?/?(?/?)ºC. Granskning?
	1985. Troligen endast bytt tuber, ev helt paket (varför?), huset kvar. Ändrat något?
	Problem m. böjarna [32].
	Ev. ta bort fjärrvärmeekon. Inga tester utförts.
Luftförvärmare	
Linje 1-3	Endast icke rg-värmda enheter (HL).
Övrigt	
Revision	v25- senast ca v31
Underlag	-
Utredningsbehov	?
Övr	-

1) En kall (där vattnet först kommer in) o. en varm. Namn?.
4) Hade 2-3 stopp per driftssäsong. Nu inte lika tätt mellan flänsar och därför mindre ofta stopp. Dock sämre värmeöverföring vilket kräver mer rör/ större volym.
8) Kan bara göras på släta el. "stålkamfläns" (gjutjärnsfläns fungerar även som skydd)
Kan ej ta prover på dubbelmantlade. Tar där man kommer åt, stickprov.
9) Kalk in i scrubber, fastnar äv. på filtret vilket förbättrar avsvavling. Skyddar också slangfiltret (hur?).
11) Behöver cykloner om hög last pga att annars ges för högt flöde (med påföljande erosionsrisk). Vanligare med cyklon förr (varför?)
"Grovcyklon", vilka olika varianter av cyklon finns?
P1: 30 cm diameter, 1m höga, flera?, grovavskiljning (rent kol och o. mycket oförbränt åter).
P3: Två mycket stora, lite oförbränt.
15) Gemensam L1-L3
16) Våttorr avsvavling
17) Värmeväxlare med kondensering, kopplad t. fjärrvärmenät, viss del av kondensat åter t. bränsle (efter rening).
18) PPT= Papper, plast, trä ("rivningsvirke"). Kan vara mycket PVC i PPT (mindre i RT).
Nästan inget PPT 2011, fortsätter troligen så. Vad istället?
20) Gjord av Generator
21) OK m. kamfläns om RT men inte "samförbr"?
22) Olja och "liknande".
24) Haft cirkulationsekon (=?) som tagits bort 2007, varför?.
Olika bränslesammansättningar ger olika sammansättningar på askan, o. olika sammansättningar på askan ger olika smältpunkt. Därför kan mindre ändringar i sammansättningar på bränslet göra att temperaturen vid en ekon ökar risken för askbeläggning på ekons yta.
Ändringar i bränslesammansättningen är vanlig varför ibland igensättningar ekon hos L1 och ibland hos L3.
"Beläggningar som lock under ekon vanligt" (trots att rökgaserna går i nedåtriktning ?!).
29) Ansamlingar o. igensättningar i rörkrökarnas "mellanväggar". Ger kloridanrikning o. korrosion.
30) Finns möjlighet.
31) Ej fr kamfläns gjutjärn till kamfläns stål/plattjärn som L3s?
32) "Lever på övertid". Har rg-kondensor (=scrubber med fjärrvärmeekon) som kan ta värme. Huvudfunktion nu för avgasp är att värmaskorstensrök.
Funderar på att ta bort avgasp o. värma skorstensrök "direkt m. fjärrvärmevatten" (hur?).

C.20 Lugnviksverket (21)

Inledning	
Anläggning	Lugnviksverket,Östersund, Jämtkraft AB,
Kontaktperson	Karl Selander, drifting
	Lars-Erik Viklander, UH-ing
Besök	090729
Pannor	KVV,(P1),(P2),(P4)
Linjer	
Linje KVV	Eldstad/cyklon/öh/askficka[1]/mavaeko2/SCR[2]/mavaeko1/lufo/elfi/rgkond/ påvä/droppavsk/rgfl/S
Pannor	
KVV	Ångp(dom),CFB, turbin, Foster Wheeler
	Bio(GROT30,bark20,spån20,RT10[3],torv10,flis10).125/90MW,144bar/545°C,10 mån.
	2002. RT mer eller mindre från start. Inga större förändringar gjorts.
Tillsatser	
	NH3(avskiljaren).
Matarvattenekonomiser	
Linje KVV	Två ekos. Eko2(1pkt)/eko1(2pkt;1B/1A). Ritning finns.
	Separerad[20], innanför, horis(nedåt). Kamfläns, St45.8. Sammasmaan Metalli OY[5].
	Förvärmning, eko 2 återcirk [21], eko 1 ej återcirk. Ångsotn(Eko1:2g/dygn, Eko2:3g/dygn).
	Påläggssvets (vid behov, utförare?).
	Matarva: 230/285ºC [7], rg: 490/360ºC (E1), 360/245ºC (E2). Kontrollmätning och IU[26] (varje år, DEKRA).
	2002. Ett par läckor i några böjars svetsar ca 2006, dåliga svetsar, bytte skadade tubdelar.
	Uttunnat material erosion [9], påläggssvets och skyddsplåt [18].
	Erosion främst 1B, ändrade konstruktion [22].
	Inga problem för närvarande [17].
	Ändringsplaner? Tester utförts?
Avgaspanna	
Linje KVV	-
Luftförvärmare	
Linje KVV	Två st. L2/L1 [19]. Tub. Ritning finns
	Vändkammare, rg utanför, horis(nedåt). Slättub, 316 (L1) o. kolstål (L2). Sammasmaan Metalli OY[5].
	Ibland förvärmning [12]. Ångsot(2-3g/dygn). Inget underhåll.
	42/213[24] (250/140)ºC. Inga granskningar [10]
	2002. Kondenskorr (troligen) på L1, bytte hela 2007 från kolstål [8] till 316, nu OK.
	Korrosion manteln (när?), pga dålig isolering, har nu isolerats [25], OK nu.
	Inga problem för närvarande.
	Ändringsplaner? Tester utförts?
Övrigt	
Revision	?
Underlag	-
Utredningbehov	(-)
Övr	Uppstartsproblem[23]. S-granulat[4]. Skorstensmätare[6]. Granskningstekniker[10].

1) "Östersundsficka" (unik f. Lugnviksverket-på vilket sätt?*).
Skiljer av stoft i rg (som en tratt), ej med i Foster Ws ursprungliga ritning
2) Kallas katalysator
3) Kan bli upp till 40%. Kan i bränsledepå självantända om ligger för tätt, hände hösten 2009,
medförde extra hög tillförsel av RT till pannan, trolig orsak till korrosion, trolig påföljd behov byta i eldstad.
Har nu större bränsledepå.
Har ej impregnerat RT. Enorma pengar att tjäna pga billig RT.
4) Funderar på S-granulat, enklare än ChlorOut (doserar direkt på inmatningsbandet),
FW har erfarenhet av S-granulatdosering, Västerås kvv har.
Torv börjat svänga i pris, (blivit billigare?), dödsdömd f ca 2 år sedan, CO2-avgift har sänkts.
5) Foster Wheeler leverantör.
6) Har mätare i skorsten (ovanligt; köpdyr-säkert 100 kkr- o. kalibrering per år säkert 50 kkr)
Mäter hastighet, skorstensradie ger flödeshastighet, enkel uträkning
Annars komplicerat - o. troligen osäkert-utifrån effekt,O2-halt,bränsle mm
Räknas om till flöde torrgas f. Miljöförvaltningen
7) ”Dimnorm” =? (hos alla?, utifrån pannkrav?).
8) "Härnösand" hade samma problem. Bytte också t. 316 året före.
9) Väggen mot panndelen (innebär innersidan relativt rg-rörkrök, som ligger ovanför), mycket lokalt. Mest 1B (ej eko 2?!). Turbulens troligen.
Styrplåtar ovanför eko 2 är troligen orsak till att luftflödet inte ligger på yttersidan relativt rg-rörkrök.
10) Svårt se gropar o. porer med ultraljud
Röntgen provats, inte lyckats helt (missat gropar), tidsödande,
arbetsmiljömässigt besvärligt (kan ej vara i närheten), dyrare än ultraljud,
röntgen kräver utrymme-är trångt, svetsar ses m röntgen
Finns "ljudavlyssnare"-tveksam
Intressant med tryckmätare (ex. "Swerea KIMABs"/Bertil Sandbergs om den åtminstone kan ange om läckageläge i eller efter panna*)
12) Vid låga flöden.
17) Inga igensättningar vid rörkrökarna?
18) Verkar fungera bra. Även Foster Wheeler funderar på att införa "som standard".
19) Separata linjer för P och S, med varsina HL medan gemensamma paket med skiljeväggar.
20) ”Over the top”-konstruktion enligt Foster Wheeler. Ekonomisrar ligger i bakdraget.
21) Shuntning över eko 2. Ej 1an?
22) Turbulens verkar värre efter katalysator (belägen mellan eko 1 o. 2).
Vinkel för ”koning” till katalysator ändrades för några år sedan så att flödesvinkeln bättre.
23) Uppstartsprobl (kokar i början och ger tryckstötar om inte tillräckligt flöde inväntas, ca ½-1 dygn, normalt?, tryckstötar kan orsaka vad?).
24) Samma för prim- o. sekledning?!*
25) Bara där som kallast (ej isolerats enl 110830, bra ändå?!).
26) In- och utvändig besiktning (av tryckkärl).

C.21 Malmö avfallsförbränningsanläggning (23)

Inledning	
Anläggning	Malmö avfallsförbränningsanläggning (?), Malmö, SYSAV
Kontaktperson	Lars Jacobsson, produktionschef
	Jonas Eek, titel?
	Håkan Lindsjö, projektingenjör
Besök	-
Pannor	P1,P2,P3,P4 (alla fullast?)
Sekvenser	
Linje 1,2	Eldstad/avgasp/slangfilter/rgkond[6]/påvärmare/rgfläkt/skorsten
Linje 3,4[21]	Eldstad/öh/mavaekon/elfi/vvx1[11] /Q/skrubber/elfi[12]/vvx2[11]/
	rgfl1/påvärmare[13]/SCR/rgfl2//skorsten
Pannor	
P1-P2	Hvp (ej dom,[22]),roster,ej turbin,MARTIN GmbH(hlev)
	Avfall(ind50,hush50). ?/?MW, ångdata?, 5000h.
	1973. 2005 ny panna [30]. P2: 2010 från indavfall 100%]32].
P3	Ångp(dom),roster,turbin[4],Wehrle-werk AG (Ty)
	Avfall(hush50,ind50). ?/?MW, 40bar/400ºC, 7500h
	2002. Inga större förändringar gjorts.
P4	Ångp(dom),roster,turbin[4],SES Tlmace (Slovakien)
	Avfall(hush50,ind50). ?/?MW, ångdata?, 7500h.
	2008. Inga större förändringar gjorts.
Tillsatser	
Linje 1,2	NH3(panna), kalk(torr Ca[OH]2, före slangfi [18])
Linje 3,4	NH3(SCR), kalkslurry([23], skrubber)
Matarvattenekonomiser	
Linje 1,2	-
Linje 3,4	En ekon (1 paket).
	Integrerad [31], innanför, tublutning?. Släta tuber, kolstål. Wehrle-werk AG ("slutekon"?).
	Vanligen ej förvärmn [24], återcirk? Slagsotn(minst 1g/h). Underhåll?
	?/? (?/?)ºC. Granskning?
	2005 (tidigare angetts 2002). Inte haft några större problem.
	Inga problem för närvarande.
	Ändringsplaner? Tester utförts?
Avgaspanna	
Linje 1,2	En st. [25] (6 paket).
	Placering?, tubändeläge?, vertikala. Släta tuber, material?. Tillverkare?
	Ej förvärmning, återcirk?. Ljudsotning (omfattning?). Underhåll?
	?/?(?/?)ºC. Granskning?
	Driftstart?. Flänsar trillade av vid kulsotning. Bytte fr kamfläns t. slättub (innan ny panna?).
	Ny panna 2005. Bytt t. ljudsotning (när?).
	Inga problem för närvarande.
	Ändringsplaner? Tester utförts?
Linje 3,4	-
Luftförvärmare	
Linje 1-4	Endast icke rg-värmda enheter (Linje 1,2 HL, linje 3-4 ÅL).
Övrigt	

Revision	?
Underlag	-
Utredningsbehov	?
Övr	Avfallseldning[5]. Avfallsskatt[17]. Stillestånd[26].

4) "Hög skatt på avfall om ej elproduktion" (förutom värme?).
5) Klurigare att elda indavfall än hushavfall pga det senare homogenare.
6) Gemensam rgrening för 1 o. 2
11) Gas/gas-vvx. Vvx1 i kontakt med vvx2 (och värmer denna).
Därigenom värmer i sin tur vvx2 utgående gas fr. våta reningen till för katalysatorn önskvärd temp.
12) "Vått" elfilter (tvättas med vatten). Varför behövs två?
13) Ånga fr pannan. Också för att värma rökgasen för katalysatorn? Varför heter denna påvärmare o. ej vvx2?
Vx2 o. påvärmare har felaktigt bytt plats?.
17) Avfallsskatt/förbränningsskatt försvinner 1/10 (2010?). Medförde många gånger högre kostnad för förbränning av hushavhfall än indavfall
Dispens från EU-direktiv tagit slut, utsläppskraven medförde problem.
18) Direktdosering (som alternativ t. vad?)
21) Tillhör leverantören (än så länge garantiperiod), vet ej om får säga så mycket.
22) Under ångproduktionsnivå (=?).
23) Kalkstensmjöl + vatten
24) Vanligen ej förvärmning utan endast när stått still.
25) Ej direkt fjärrvärmevatten t. avgaspannan. "Hopkopplad med pannvattnet", "har egen pump".
ÅF har definierat som "avgaspanna".
26) Står fr april t. okt (ej så bra), ingen torkning, fyller med vatten.
30) Ett "tak" till (=?), stödbrännare (för att klara krav på uppehållstid i förbränning för avfall).
31)
Martinpanna.
32) 100% industriavfall gav problem. Kloriderna från indavfall gör detta besvärligare än hushållsavfall.

C.22 Sandviksverket (25)

Inledning	
Anläggning	Sandviksverket, Växjö, Växjö Energi AB
Kontaktperson	Niklas Sandh, titel?.
Besök	-
Pannor	Sandvik 2(”S2”),(ÅÅ50)
Linjer	
S2	Eldstad/cyklon/öh/mavaekon2/katalysator[8]/mavaekon1/lufo/elfi/rgkond/rgfl/skorsten
Pannor	
S2	Ångp(dom),CFB,turbin, Foster Wheeler.
	Bio (trä90,torv10).104/104 (?),149bar/540ºC,7800h.
	1996. Inga större förändringar gjorts.
Tillsatser	
	NH3 (cyklon)
Matarvattenekonomiser	
Linje S2	Eko2/Eko1(pkt: 1B/1A)
	Separerad, tubändläge?, horis (nedåt). Flänsade, St35.8III. Tillverkare?
	Förvärmning, ingen återcirk [13]. Ångsotn (1g/dygn). Ljudsotning (var 90e sek). Mekanisk rengöring (omfattning?, själva).
	200/260(450/260)ºC. Visuellt (1g/år, själva).
	1997. 2007 materialskada på tub mitt för sotblåsare[3], påläggssvetsning o. skyddsplåt.
	Inga problem för närvarande.
	Inga ändringsplaner. Inga tester har utförts.
Avgaspanna	
Linje S2	-
Luftförvärmare	
Linje S2	En st lufo, tub. Tub. Ritning finns (ej skaffad).
	Vändkanal, rg utanför, vertikala. Fläns, rostfritt (kallaste delen) + Fe37B (övr). Tillverkare?
	Förvärmn[6]. Ångsotning(1g/dygn), ljudsotn(fr ekon). Mekanisk rengöring (vilka?,omfattning?).
	50-75º/230(260/140)ºC. Visuellt (1g/år, själva).
	1996. Tuberna korroderade vid gavlarna (1999 genombrott), f. låg temp förbränningsluft [6].
	Bytte kallaste paketet t. rostfritt fr kolstål. Nu OK[7].
	Inga problem för närvarande.
	Inga ändringsplaner. Inga tester har utförts.
Övrigt	
Revision	?
Underlag	-
Utredningbehov	(-)
Övr	-

3) Kondensvatten fr. sotbåsare.
6) Ångluftförvärmning. Användes ej först, fick då korrosionsskador.
Tappar energi pga håller för hög värme på rökgaserna (menas att energi tappas pga att ånga går till ÅL eller pga att rg medvetet hålls högt för att undvika underskridande av daggpunktstemperatur?).
Energin hamnar till viss del i rgkond när den körs.
7) Funderar på att byta resterande kolstål t rostfritt så att ej behöva förvärma.
"Måste hålla upp temp på rg f att kunna slippa förvärma", medför minskad elproduktion
Alltså högre rgtemp gör att yttemp på lufo inte sjunker under daggpunktstemp (om ej istället ÅL).
8) "SCR/SNCR-blandning" (menas att effekt av båda typerna?)
13) Shuntning för att hålla rätt temperatur till katalysator. Bypass av eko 2B möjlig (till vilken fördel?). .

C.23 Sävenäs avfallskraftverk (26)

Inledning	
Anläggning	Sävenäs avfallskvv, Göteborg, Renova AB
Kontaktperson	Jonas Axner
Besök	-
Pannor	P1,P4,P5 (inga dellast?) [21]
Linjer	
Linje 1,4,5	Eldstad/öh/mavaekon/elfi/avgasp/skrubber[9]/påvärmare/textilfilter[1]/skorsten
Pannor	
Linje 1,4,5	Ångp(dom), roster[28], turbin[20], tillverkare?.
	Avfall(hush/ind ca 50/50). ?/?MW, ångdata?, 7500-8000h.
	70-talet. L1: Ny panna slutet -99[14], L4-5: Ny panna 94/95[14].
Tillsatser	
Linje 1,4,5	NH3 (panna), kalk(Ca[OH]2, "kompaktreaktor"[15])
Matarvattenekonomiser	
Linje 1	1 st (4 paket) [24].
	Integrerad [22,23], tubändeläge?, horis(uppåt). Slättub, kolstål. Tillverkare?
	Ej förvärmning, återcirk? Kulsotning (3 g/h). Underhåll?
	140[13]/?(?/?)ºC. Ultraljud (stickprov, revision, Inspecta).
	2001. Inte haft några större problem.
	Inga problem för närvarande.
	Ändringsplaner? Tester utförts?
Linje 4, 5	1 st (4 paket).
	Placering?,tubändsläge?, horis(uppåt). Slättub, kolstål.
	Ej förvärmning, återcirk? Slagsotning[10] (kanske 1g/h). Underhåll?
	140/?(?/?)ºC. Ultraljud (stickprov, revision, Inspecta).
	1994/95. Någon läcka pga svetsdefekt.
	Korrosion ("åldersrelaterat"), börjar märkas lite.
	Ändringsplaner? Tester utförts?
Avgaspanna	
Linje 1	En st [16] (2 paket).
	Placering? innanför, tublutning?. Slätrör[7], kolstål. Underhåll?
	Ej förvärmning, återcirk[29]. Ljudsotning (omfattning?). Underhåll?
	120/160(?/?)ºC. Granskning?
	1988, släta. Höll nästan i 20 år!?[6]. 2007 bytte hela. Bytte fr kulsotning [26]
	Inga problem för närvarande.
	Ändringsplaner? Tester utförts?
Linje 4,5	En st. [16] (2 paket).
	Placering? innanför, tublutning?. Kamfläns[7], kolstål. ?.
	Förvärmning?, återcirk?. Kulsotning?[26] (omfattning?). Underhåll?
	?/?(?/?)ºC. Granskning?
	1988, släta. Höll nästan i 20 år!?[6]. 2005 bytte hela (bytte t. kamfläns[7]).
	Inga problem för närvarande.
	Ändringsplaner? Tester utförts?
Luftförvärmare	
Linje 1,4,5	Endast icke rg-värmda enheter (ÅL, [2]).
Övrigt	

Revision	?
Underlag	-
Utredningsbehov	?
Övr	Plym [5]. Optimerad anläggning [27].

1) Att ses som "polisfilter"; mot dioxin - och S-utsläpp (vanligt om avfall).
Fukt och klorider (?!) krävs för textilfi för att få tillräcklig S-avskiljning
2) Har prövat med rglufo (samtliga linjer?) men satte igen
5) Synbar fuktig rökgas=plym, England har lag mot detta.
6) Extrema förhållanden (och ändå hållit i 25 år?!), dålig stoftavskiljning, såg ej i rgmätning pga denna efter filtret
Nöjd m. 15 års livslängd.
7) Knepig konstruktion m. hårnålskurvor (=?). Blev vilka problem?
"Hårnålskurvor" pga trångt om utrymme. Bytte därför t. kamfläns L4 o. L5. Ej tillräckl utrymme f. L1s?
9) Angett som "våta reningssteget", kondensat värmer plattvvvx som kopplad t. fjvnät
"Surskrubber" resp "kondensorslam" (ev. värms inte plattvvx "direkt" av "surkondensatet").
"Sur- och S-skrubber"; L5 2009, L1 och L4 2010.
10) Möjlig då hängande. Sot samlas i nedre samlingslåda.
13) "Tumregel", inte värt riskera 130 °C även om mätningar skulle tyda på att det är över daggpunkten.
14) 40bar/400 °C ist f. 20bar, och som gick på mättad ånga. Rg-rening från 88/89 kvar.
15) Kanalstump (som en "blindtarm") vid textilfiltret. Måste ha kalk om svavel i bränslet (men "tillräckligt" med svavel i avfall för att kräva kalktillsats?).
16) Benämns "rökgasekonomiser"/HV-ekon.
20) Gemensamt ångsystem och turbin.
21) Ny panna, P7, tagits i drift dec 2009.
22) Mavaekon integrerad del av pannan, dvs ej rökgaskanal mellan ekon och övriga panndelar.
Kallas "pannekonomiser. För L1 en Martinpanna medan för L4 o. L5 en van Roll-panna.
23) Ej rörkrökar, endast en utgående och en ingående samlingslåda.
24) Vanligen ej förvärmn. När stått still
26) Började testa ljudsotning 2009, o. bytte under de två närmaste åren för alla linjers avgasp. Kräver torr aska.
27) Anläggningen optimerad för maximal energiutvinning o. energiutnyttjande.
28) Normalt för roster att kyla underifrån. RT-flis medför risk för att bränslet faller igenom rostern o. fortsätter brinna under. Försämrar kylningen.
29) Cirkulationskrets säkerställer minst 120 °C på inkommande vatten. Hur stämmer det överens med 13) ? Gör att ej kondenserar ut rökgas, ej ens om svavelsyratillsats (för att undvika kloridsmältor, Waste Refinery-projekt)

C.24 Uppsala avfallsförbränningsanläggning (28)

Inledning	
Anläggning	Uppsala avfallsförbränningsanläggning, Uppsala, Vattenfall AB Värme Uppsala
Kontaktperson	Lars Åblad (fjvekon), driftsing
	Tommy Gustafsson (P1,P3,P4), driftsingenjör
	Kenny Johansson (P5), driftsingenjör
Besök	090820
Pannor	P1,P3[24],P4,P5
Linjer	
Block 1,4	Eldstad/mavaekon/elfi/avgasp[6]/scrubber[6,7]/droppavsk/påvä/slangfi/rgfl[6]/S
Block 3	Eldstad/cyklon[26]/konvdel/elfi/avgasp[6]/scrubber[6,7]/droppavsk/slangfi/påvä/rgfl [6]/S
Block 5[30]	Eldstad/mavaekon/elfi/rgkond[7]/skrubber[27]/påvä[29]/slangfi/vvx[28]/påvä[29]/SCR[14]/rgfl[6]/S
Pannor	
Block 1,4	Ångp(dom), flatbäddsroster (bl1) resp fallroster(bl4), turbin[2], Burmeister & Wein
	Avfall (hush/ind:40/60[1]). ?/?MW,ångdata?, 8000h.
	1981(bl4), 1983(bl1). Turbin 2009[2].
Block 3	Ångp(dom), flatbäddsroster, turbin[2], Burmeister & Wein
	Avfall (hush/ind:90-95/5-10[1]). ?/?MW,ångdata?, 7000h
	1972/1973. Turbin 2009 [2].
Block 5	Ångp(dom), fallroster, turbin[2], Burmeister & Wein
	Avfall (hush/ind:30/70[1]). ?/?MW,ångdata?, 8500h.
	2005. Turbin 2009 [2].
Tillsatser	
Block 1,3,4	Urea(panna), kalk(före textilfi) [8][31]
Block 5	NH3(SCR), kalk[8](pannan troligen?!)
Matarvattenekonomiser	
Block 1,4	En ekon (12 Pkt). Ritning?
	Integrerad[33], innanför, tublutning?. Slättub, St 35.8 + 2343 (bl4, nedre paket). Tillverkare?.
	Ingen förvärmning, återcirk?. Slagsotning (omfattning?). Underhåll?
	120/?(?/250-280)ºC. Visuellt och ljudprovning (vid revision, utförare?).
	Bl1: 1983. Tubläckage (när?, varför?, åtgärd?*)
	Bl4: 1981. Ekon skadats (hur? [9]). Bytte 2009 t. 2343.
	Problem för närvarande?
	Ändringsplan? Tester?
Block 3	-
Block 5	En ekon (3 pkt). Ritning?
	Separerad, tubändläge?, tublutning?. Kamfläns, svartstål. Tillverkare?
	"Lite" förvärmning (=?), återcirk?. Ingen daglig sotning. Sprängsotning (vid revision, utförare?)
	?/? (?/?)ºC. Granskning?
	2005. Inte haft några större problem.
	Inga problem för närvarande.
	Ändringsplan? Tester?
Avgaspanna	
Block 1,3,4 [6]	1 avgasp (2 paket). Ingen ritning.
	Separerad, utanför, horis(nedåt). Kamfläns, svartstål. Kvaerner Generator AB
	Förvärmning (?), återcirk[35]. Kulsotning (minst 1g/h). Inget övr underhåll [36].
	?/? (?/?)ºC. Slumpvis tjockleksmätning (hur?) av tuber i rökasstråket (1 g/år, utförare?).

	1992. Inlopp o. utloppsböjar på samlingslådor (utanför rg-kanal) bytta slutet -90talet (varför?).
	Erosionsproblem invändigt, byggts bort[4].
	Inga problem för närvarande.
	Inga ändringsplaner. Inga tester utförts.
Block 5	-
Luftförvärmare	
Block 1,3,4,5	Endast icke rg-värmda enheter (ÅL,[3], [13]).
Övrigt	
Revision	?
Underlag	-
Utredningsbehov	Vet ej.
Övr	Ångleverans[12]. Avfallsdirektiv [17]. Panntrattar [18]. ÅL [15].

1) Under någon period eldat 60-40 o. fått mycket svavel - "förvånande"
2) Gemensam lågtrycksturbin för alla block 2009.
Påstods innebära att anläggningen tappar mer i förlorad värmeeffekt än vinner i eleffekt.
3) Luft från avfallsbunkern (f. att undvika dammproblem o. doft).
4) Instrypning av rgkond före avgasp gav upphov t. erosionsproblem, instrypningen togs bort.
6) Gemensam f. 1,3 o. 4 (inkl inkommande kanaldel och efterföljande system)
7) "Rgkylare" o. ”scrubber” användes också som namn. Åstadkommer pH-justering.
Kopplad t. fjvnät via absorptionsvärmepump(AVP) - som är "ångdriven". Kan även användas f. kyla.
8) För textfiltrets skull. "Troligen också i pannan" (varför?). Kalk för kloriderna fr HCl (skyddar alltså även filtret mot kloriderna?).
9) Enligt anläggningsrepresentant ska vara beskrivet i Värmeforskrapport (kunde dock ej hittas, förf. anm.).
14) med inblåsning av NH3 (i o. ej före?)
15) För att kunna laga utan att stanna. Har gått hål ibland (trots att det är en ÅL?!).
18) Under ex. mavaekos f. uppsamling av sot
24) Problem (m korr?) börjat sista 3-4 åren f. L3 (alla linjerna?), huvudsakligen pannan men även 1a draget.
Undersöker, tidigare gått bra, accelererat nu, troligen orsakat av bränslevariation.
L3 måste stoppas f. sotning (osäkert var) jämna mellanrum, går därför något mindre
26) Kylda ytor (hur o. varför?). HVP inuti, för att få ner rökgastemp. Energiavgivning t. fjärrvärmenät.
27) Sur-, svavel- o. kondensering. Även pH-justering.
28) "Gas-gas"(=?), kopplad t. SCR (på vilket sätt och varför?).
29) Två?!
30) Högsta prio, "Block"= fr eldstad t. rgfläkt
31) "Tekniskt kalk", Ca(OH)2, ej uppblött
33) Viedner Ernst konstruerade eldstad, B&W pannan.
35) Shuntas innan det ska in i pannan (ej före mavan?!).
36) Har aldrig behövt rengöras.

C.25 Uppsala KVV (29)

Inledning	
Anläggning	Uppsala KVV, Uppsala, Vattenfall AB Värme Uppsala
Kontaktperson	Guy Ericsson, Uh-ledare.
Besök	-
Pannor	KVV, (fem dellast, 2 elpannor)
Linjer	
Linje KVV	Eldstad/öh/mavaekon/fallkammare[17]/katalysator[1]/luvo/elfi/avgasp/slangfi/rökgasfl/skorsten
Pannor	
KVV	Ångp (genomströmningspanna[2]),pulverbrännare, turbin, Burmeister & Wein (BWE).
	Torv(100). 350/350MW,130bar/435ºC, 3000-3500h.
	1973,olja. Torv o. slangfi [8] 1985. Glesade öh vid ombyggnad.
Tillsatser	
	NH3/Urea[3](panna), dolomit[9](panna), kalk[4](strax före slangfi)
Matarvattenekonomiser	
Linje KVV	1 st (2 paket). Ritning finns.
Mavaekon	Integrerad, innanför, horisontellt [16] (nedåt). Släta, 13CrMo44. Burmeister & Wein.
	Förvärmning, ej återcirk. Ångsotning (3 ggr/dygn). Inget övr underhåll.
	235/300 (600/380)ºC. Inspektion (=?, [12], vid revision, egna o. BWE och Dekra).
	1973.-
	Inga problem för närvarande [12]
	Inga ändringsplaner. Inga tester utförts.
Avgaspanna	
Linje KVV	1 st [11] (1 paket). Ritning finns.
	Placering?, innanför, lutning?. Kam, material? Tillverkare?
	Förvärmning?, återcirk?. Ingen sotning. Vattentvätt (vid behov/vart 3e år).
	?/?(?/?)ºC. Visuell granskning (hur ofta?, egen personal).
	1973 (?). Ca 1998 bytte inkrom[13]. Satte igen[19], pga underskred daggptemp [14].
	Ej samtidig förhöjd kalkdosering? (angetts som alternativ tidigare).
	Inga problem för närvarande.
	Inga ändringsplaner. Inga tester utförts.
Luftförvärmare	
Linje KVV	En Ljungström[18].
	Svartstål. Ljungström.
	Ej förvärmning. Ångsotn (ca 3 g/dygn). Underhåll görs (vad?, omfattning? [6]).
	40/325(380-400/170)ºC. Visuell inspektion (omfattning? egen personal samt BWE).
	1973. Bytte "plåtpaket" (="tårtbitarna") 1999 pga igensättningsproblem o. lite korr.
	2005 helrenovering[10], andra ångblåsare [15].
	Inga problem för närvarande.
	Inga ändringsplaner. Inga tester utförts.
Övrigt	
Revision	?
Underlag	-
Utredningbehov	(-)
Övr	-

1) För att reducera NOx, NH3 tillsättes i pannan (för SCR vanligen strax före katalysatorn).
Innan katalysatorn installerades ströps syretillförsel, gav ibland understökiometrisk förbränning (oxidskikt på tuberna försvann).
Började med NH3 och katalysator samtidigt?
2) Bensonpanna. Mavapump trycker (alltid f. genomströmningspanna?)
3) NH3 v. höglast o. Urea v. låglast
4) "Teknisk kalk" (= släckt kalk), aggressivt, tillsammans med vatten och flygaska reagerar på slangfiltret med S
Blandar Ca(OH)2 o vatten (vatten bara för att möjliggöra utsprut?) och sprejar strax före elfi (vatteninnehållet ska förångas innan fastnar på filtret). Kallas för MDI (most dust injection). Strumporna belägges med kalk när dom är nya, rensas av rg-flödet under drift, dock hinna kvar som gör att någon "tillskottsbeläggning" ej behöver göras.
6) Service (o. koll?) görs av ett "avknoppat" företag (=?).
8) Installerades då började med "fastbränsle".
9) Kalkslurry (=?).
10) Lappade överallt, nya tätningar, "plåtpaketet" (= värmeöverförande ytor) endast rengöring.
Rengjorde med högtryckstvätt.
11) "Kan också kallas rgkylare". Fjärrvärmevattnet går direkt in.
12) Kompakta, vet ej status.
13) Tubpaketet (exkl "ytterhöljet").
14) Kondensat uppkom enbart vid start. Erhölls tillräckligt med kondensat enbart vid uppstart?!.
15) Fram o. tillbaka ist. f. "arm".
16) Sneda; map rg-flödets riktning?, 45 ºC?. Koncept enl. Burmeister & Wein. Angavs horisontella (enl 110901)?!
17) Ligger där rökgaserna vänder uppåt, en del stoft tas ut.
18) Endast primärluft eftersom bara en, eller samma temp/luft f. primär- o. sekundärkrets?
19) Kondensatutfällning i avgaspanna medförde korrosion o. tillsammans med kalk bildades"betongklump". Kalket samlats i "döda utrymmen", undveks i nya avgaspannan.
Dessutom hålls temperaturen högre genom långsammare cirkulation av fjärrvärmevattnet, och "shuntning".

C.26 Vattumannen (30)

Inledning	
Anläggning	Vattumannen, Eskilstuna, Eskilstuna Energi & Miljö AB
Kontaktperson	Rolf Gustavsson, produktionschef
Besök	090923
Pannor	CFB,KVP (övriga är oljespetsar)
Linjer	
CFB	Eldstad/cyklon/elfilter/rgkond/droppavsk/påvä/rgfl/skorsten
KVP	Eldstad/öh(3)/mavaekon/lufo(6)/elfi/rgfl/rgskrubber[5]/dravsk/påvä/rgfläkt/skorsten
Pannor	
CFB	Ångp(dom),CFB, ej turbin, tillverkare?
	Rent skogsavfall (GROT80-85,sågverksrest övr, tidigare 50-50). ?/56MW, ångdata?, 3500h.
	1986. Byggt om bränsletillförsel, bytt cyklontyp t kylda.
KVP	Ångp(dom), BFB, turbin, Metso.
	Bränsle som f. om CFB. ?/110MW, ångdata?, 7000h.
	2000. Inga större förändringar gjorts.
Tillsatser	
Linje CFB	NH3([10], panna), S([6], panna)
Linje KVP	NH3([10], panna), S([7], panna)
Matarvattenekonomiser	
Linje CFB	-
Linje KVP	Två ekos. Eko2/Eko1.
Eko 1,2	Separerad, tubändsläge?, tublutning?. Kamfläns,kolstål. Tillverkare?
	Ej förvärmning, återcirk? Ångsotn(3g/dygn), (ljudsotn[15]). Underhåll?
	?/?(?/?)ºC. Granskning?
	2000. Inte haft några större problem.
	Inga problem för närvarande.
	Ändringsplaner? Tester utförts?
Avgaspanna	
Linje CFB, KVP	-
Luftförvärmare	
Linje CFB	-
Linje KVP	1 lufo, tub. S3,P2,P1,S2,S1(luft:P1/P2,S1/S2)
	Tubändsläge?, rg-läge?, tublutning?. Slätrör, material?. Tillverkare?
	P: Förvärmare, S: förvärmare?, återcirk?. Ångsotn(3 g/dygn)[15]. Underhåll?
	?/?(?/?)ºC. Granskning utförs (=?, omfattning? utförare?)
	2000. Inspektionslucka[13]. Bytt 3 paket 2010 (P1,S1,S2), gick upp i kvalite något. Effekt?*
	P1P2,S2: smärre korr, S1: Relativt mycket korr [11]. Prövat instickstuber [16]. Även korr i takdel[17].
	Ändringsplaner? Tester utförts?
Övrigt	
Revision	?
Underlag	-
Utredningsbehov	?
Övr	Aska[2]

2) Flyg- resp. bottenaska. Förstnämnda OK f. deponi, 2a ej OK f. "markrörsfyllning" (=?, ej heller deponi?), troligen pga oönskat näringstillskott för marken (ej pga förorening?!).
5) Rgkylare av skrubbermodell (fyllkroppar), kondensat fr skrubbern till fjärrvärmeekonomiser?
6) Kommer med p g a att tillsätts m a av KVP.
7) I bränsle. S-granulatpellets, börjat 2008, utvärdering ej klar. Nu?*.
Bytte öh 2009, "hinner ej se" (menas väl "ej tillräckl tid hunnit gå sedan dess"?)
10) Funderar (för båda linjerna?) på katalysator (=SCR) för att få ned NOx ytterligare. Finns utrymme f SCR mellan mavaekos.
"Vissa betalar och vissa får" (över NOx-snittet betalar).
11) Gått hål på tubernas rgsida vid "passagegräns" mot skiljevägg rg/luft.
Konstaterades genom att man såg inläckage av syre (analys av syrehalt i rg?).
Trolig orsak att kondens skiljevägg runnit dit. Endast S1?!.
13) I efterhand gjort rymlig inspektionslucka t. luftkanal f. möjliggöra inspektion.
15) Ljudsotningsljud för öh L8. Troligen obefintlig effekt lufo, men viss effekt mava.
16) Prövat provisoriskt m. insticksrör. Utförts (inkl påsvetsning) av danskt företag. Metso dyra.
Utrymme v. insticksplats begränsar "hellängd" f. insticksrör, alt. successiva påsvetsningar (hur fungerar Metsos?**).
17) Även korr i tak på luftsida(se foto D11), kondenskorr pga kvarvarande fukt?, bedöms ej som problem?!

C.27 Västerås KVV (32)

Inledning	
Anläggning	Västerås KVV, Västerås, Mälarenergi AB
Kontaktperson	Magnus Allmyr, titel?.
	Evert Lundqvist, enhetschef kemi.
Besök	090925
Pannor	(P1),(P2),(P3),P4,P5
Linjer	
Linje 4	Eldstad/öh(3)/mavaekon/katalysator[6]/lufo/avsvavling[8]/slangfi[10]/rgfläkt/skorsten
Linje 5	Eldstad/öh/askavskiljare[26]/mavaekon/katalysator[9]/lufo/slangfi/rgkyl/rgfläkt/skorsten
Pannor	
P4	Ångp (genomströmningspanna[11]),eldstadstyp?,turbin[1],Soltzer.
	Torv(100[13]).?/400MW,170-180bar/540°C, 4-5000h/år[2].
	1971. Olja,kol(1984),torv(2005[14]). Inga pannändringar.
P5	Ångp (dom,[3]), CFB, turbin[1], tillverkare?
	Bio(GROT/sågverksavfall/bark80,RT10,torv10).?/190MW,120-160bar/540°C[25],8000h.
	2000. Inga större förändringar gjorts.
Tillsatser	
Linje 4	NH3 (panna, SCR[7]).
Linje 5	NH3 (panna), S-granulat[16] (panna).
Matarvattenekonomiser	
Linje 4	En st.
Mavaekon	Integrerad, innanför, horis(uppåt). Slättub, kolstål. Tillverkare?
	Förvärmare[17], återcirk? Ångsotn(2g/dygn). Ej övrigt underhåll.
	?/?(?/?)°C. Granskning utförs (vad?, omfattning? egen utförare).
	1971. Inte haft några större problem.
	Inga problem för närvarande. (lite igensättningar).
	Ändringsplaner? Tester utförts?
Linje 5	1 st (2 paket).
Mavaekon	Separerad, innanför, horis(nedåt). Kamfläns, kolstål. Tillverkare?
	Förvärmare[17]. Ångsotning (1g/dygn). Ej övr underhåll.
	?/?(?/?)°C. Granskning utförs (vad?, omfattning? egen utförare).
	1971. Inte haft några större problem.
	Inga problem för närvarande.
	Ändringsplaner? Tester utförts?
Avgaspanna	
Linje 4,5	-
Luftförvärmare	
Linje 4	2 st Ljungström, parallell rg-kanal, en i varje [22]. Ritning finns.
	Material?. Tillverkare?
	Förvärmning. Luftsotn([28],1g/v). Vattentvätt (vid igensättn [24], utförare?).
	?/?(?/?)°C. Granskning?
	1971. Kvar sedan dess. Inga problem (ej ens besvärligare igensättningar) [23].
	Inga problem för närvarande.
	Inga ändringsplaner. Inga tester.
Linje 5	En lufo (flera paket), tub[19].
	Vändkanal, rg utanför, horis(nedåt). Släta, svart + vitt (=?*, kallare delar-eller alla[20]?).
	Förvärmning. Ångsotn(1g/dygn). Ej underhåll.

	?/?(?/140-170)°C. Läckagekontroll (hur?*), okulärt, tjockleksmätn, XRF [27] (revision, utförare?).
	2000. Kondenskorr [20].
	Inga problem för närvarande.
	Inga ändringsplaner. Inga tester utförts.
Övrigt	
Revision	?
Underlag	-
Utredningbehov	Återkommer.
Övr	-

1) Gemensam för P4 o. P5. Har problem (=?) m. turbin, kör nu "direktvärme" t. rgkond L5.
2) Mitten okt t. mars/april. Om höga elpriser (sällan) fortsätter med P4 (P5 fyller ej turbineffekt helt).
Alltså elpris under sommaren så pass lågt att ej lönsamt att även utnyttja ånga från P4?
3) Ung. som Jämtkrafts-vad gäller enbart pannan?

6) SCR/insprutning NH3. Flygaskeavskiljning (också i SCR?).
7) Startade med SCR (dosering NH3 strax före), "på senare tid", kompletterat med NH3 i pannan för att få ner NOx ytterligare.
Bytte paket SCR 2009. Varför?
8) Halvtorr.
9) Utan någon insprutning ("slipkatalysator").
10) Ombyggt fr elfi pga effektivare med textilfilter, medför även avsvavlingseffekt (men har ju avsvavlingsanläggn?!)
För stoft, torrt filter, ej kalk.
11) Bensontyp, genomströmningspanna alltid tangentiellt eldade
13) Tillsats kol uppstart o. ev. kallare perioder, kol dyrt men ger större "effekt" än torv.
Torv från Sveg dyrare än Vitrysslands men bättre kvalite (högre värmevärde,lägre askhalt)
14) Successivt alltmer fr. 2005. Måste ändra driftsrutiner v. övergångar.
16) Börjat hösten 2009, använder Vfalls beläggningssonder. Söderträlje installerat.
Detta trots torv. Tanken var att ersätta torv. Vill nu ha kvar (båda?).
17) Lågtrycksförvärmare före mavatank o högtrycksförvä efter, gemensam mavatank. Samma för eko L4 o. eko L5.
19) Vet ej varför inte tagit Ljungström.
20) Väldigt angripet,hål, kondenskorr, upptäcktes revision 2009. Bytte de "sista kvarvarande paketen" t. ädlare (nu alla ädla?). Nu OK.
22) Ljungströmmarna parallella stråk. Går ihop före avsvavling. Kan köra enbart ett stråk om låglast.
23) Vilken är nackdelen med Ljungström?.
24) Krävs vartannat-vart 3e år.
25) För HTÖH. Mellan ÖH 20-40bar, 535ºC.
26) Hur/med vad?, på två nivåer, i bakdrag (=efter möh?).
27) XRF (X-ray fluorescence f, röntgenfluorescens) för beläggningsanalys på senare tid, varför?*. Utförare?*
28) Både luft- o. ångsotning angiven. Samma sak?

C.28 Åbyverket (34)

Inledning	
Anläggning	Åbyverket, Örebro, E.ON Värme Sverige AB
Kontaktperson	Bengt Lidner, uh-ingenjör
	Leif Svärd, titel?
Besök	-
Pannor	(P1[3]),(P2[3]),(P3-skrotad),(P4/hvp),P5, [16].
Linjer	
L5	Eldstad/öh/mavaekon/lufo/elfi/rgfl/rgkond/skorsten
Pannor	
P5	Ångp(dom), CFB, turbin, tillverkare?.
	Bio/torv(bio[21]75,torv 25[1],[2]). 160-170/? MW. ångdata?, 7000-7500h.
	1989,kol. 1992 bio/torv(träflis 80, torv 20[4],[7],[13])
Tillsatser	
Linje 5	NH3(panna[17]), kalk(i bädden, [18])
Matarvattenekonomiser	
Linje 5	En eko (2 pkt).
	Placering?, utanför, tublutning?. Kamfläns, material?. Tillverkare?
	Förvärmning, återcirk? Ångsotn och ljud[14]. Underhåll?
	?/?(?/?)ºC. Granskning?
	1989. Inte haft några större problem.
	Ej större problem (ej bytt tuber).
	Ändringsplaner? Tester utförts?
Avgaspanna	
Linje 5	-
Luftförvärmare	
Linje 5	En lufo, tub. Troligen 4 paket varav två prim o två sek.
	Tubändsläge?, rg-läge?, tublutning?. Tubtyp?, material?. Tillverkare?.
	Förvärmning[10]. Sotning? Underhåll?
	?/? (?/?)ºC. Granskning?
	1989. 1996 startade insatstuber [9]. Tubbyten 1996[8], o. 2005 tub och tubgavelplåt.
	båda fallen pga korr [19]. Mellan 1996 o. 2005 insatstuber[9]. Bytte 2005 hela lufon [22] till rostfritt(2343?*[20]).
	Inga problem för närvarande [11].
	Ersätta P1 och P2 [16]. Inga tester utförts.
Övrigt	
Revision	?
Underlag	-
Utredningsbehov	?
Övr	-

1) För ca 3 år sedan gick torv från klassning "grönt" till semi-fossilt, gick upp i skatt (men mindre än olja o. kol).
2) Provat med RT, det som magnetavskiljaren ej tagit fastnade, ex. spik o. skruv o. mässingsbeslag. Detta trots flis, (finns i olika kvalitetsgrader, =?)
Botten ej gjord f. spik o skruv ("flatbotten"), f mycket järnskrot, bädden orkade ej lyfta, kollapsade.
Vilken typ av botten krävs?*
3) När P5 ej räcker till.
4) Beskattningen (samma år?) slog ut kol t. förmån f. bio.
7) Till o. från andra biobränslen, ex nu - feb 2009 - bark eller "sliperflis"(=?).
8) Hela tubpaketet ("i den kallaste delen"), återigen kolstål eftersom fortsatte m. insatstuber?
9) Mellan 1996 o. 2005 åtgärdades med insatstuber ("sätter utanpå"?!, silikonpackning härdas) ca vartannat år.
Flyttade fram korrosionen, fortsatte tills ej längre plats att stoppa in de allt längre rören (för liten vändkammare,
hållit på tills längd av ca 1.6m). Kanske kunde ha svetsat på allteftersom rören stacks in (el. besvärlig svetsmiljö?).
Troligen fortsatt korrosion pga att luft ej tillräckligt varm när framme vid änden av instickstub (för Jämtkraft OK?*)
Tuberna skarvades 1350mm med skarvhylsa (1.6m?, togs ut o. skarvades o. sedan in igen).
Kragades på ("krage"/"svamphatt" längst ut, andra änden stacks in i den gamla friska tuben (o-ringspackning ed i ändkanten)
Samtliga tuber (5520 st.) kragades, arbetet utfördes av AFG Engineering i Fagersta
Helt nytt paket 7500kkr, skarvning 4600kkr,möjliggör byte t. härdigare material ifall nödv
10) ÅL. Ånglufons effekt (maxeffekt 2MW) styrs av yttemp på tuberna (tempmätare?!) i lufon.
"För att skydda att dessa för att komma i kritisk låg nivå på rökgassidan"
11) Efter byte till rostfritt kommit ifrån problemet. Pga "bättre med lufo" el. pga installation av rgkond (gick då upp i rgtemp – varför upp i rg-temp om rgkond?).
13) Försöker elda så billigt som möjligt. Kört med bark denna säsong, vet ej effekt.
Mer fukt ger högre tryck o därmed högre hastighet pga fläktar styr (trycket styrs m fläktar). Bark ger alltså indirekt mer erosion?
14) Ljudsotn installerades ca 2007-2008. Övre gräns för ljudsotn ca 500 °C, för ex öh 800 °C blir för klibbigt. Fortfarande används ångsotning?
16) P1 o. P2 ska ev. skrotas. Domen spricker, kanske måste klassas som hvp. Ca 2012 ny panna om beslut går igenom.
17) Eldstad högst upp samt luftkanal
18) Varför i bädden?
19) Trots ånglufo före, ev ej utnyttjat?. Lyckades ej hålla sig över önskvärda 103-105 ºC.
20) 1.3 m (inte hela tublängden?!) på inloppssidan samt tubgavelplåten (ingående luft, ej också för utgående?), byttes fr. kolstål t. 2343.
21) GROT o
bark
22) Problem för i stort sett alla paket.

C.29 Ålidshemsverket (35)

Inledning	
Anläggning	Ålidshemsverket, Umeå, Umeå Energi
Kontaktperson	Simon Lysell, anläggningsing
Besök	-
Pannor	(P3),(P4),(P5),P6[10],P7[10],(2 elpannor)
Linjer	
Linje P6	Eldstad/elfi/avgasp/rgfläkt/skorsten
Linje P7	Eldstad/askutmatning[26]/avgasp/slangfi/rgfläkt/skorsten
Pannor	
P6	Hvp(dom), "vanlig" roster, ej turbin, Generator.
	Bio(flis)[25]. 35/32MW,12bar/190-200ºC, 3000h.
	1981. Snedroster, bio o. torv[23]. Till "vanlig" roster 1993 (Kvaerner). Ren bio 2009 [24].
P7	Hvp(dom),roster, ej turbin,Götaverken.
	Bio(grövre[22]). 22/19MW,12bar/190-200ºC, 3500h.
	1985. Kombipanna[12], avfall. 2006 "enbart" roster. Ca 2009 biobränsle [22,24].
Tillsatser	
Linje P6	NH3(panna)
Linje P7	NH3(panna), kalk([2], strax före filtret)
Matarvattenekonomiser	
Linje P6, P7	-
Avgaspanna	
Linje P6	1 st (2 paket).
	Separerad, tubändläge?, tublutning?. Kamfläns, material?. ÅPS combustion AB.
	Förvärmare?, återcirk?. Ingen sotning [14]. Underhåll?
	?/? (?/134)ºC. Granskning?
	1982. Bytte 2007/2008 pga "helt slut" (till samma?), pga kondenskorrosion[15].
	Inga problem för närvarande.
	Inga ändringsplaner. Inga tester utförts.
Linje P7	1 st. (flera paket).
	Separerad, tubändläge?, tublutning?. Slättub, material?. ÅPS combustion AB.
	Förvärmare?, återcirk?. Kulsotning (var 4e timme,[16]). Underhåll?
	?/? (?/ 134)ºC. Granskning?
	1990. Bytte 2007/2008 pga "helt slut" (till samma?), pga kondenskorrosion[15].
	Inga problem för närvarande.
	Inga ändringsplaner. Inga tester utförts.
Luftförvärmare	
Linje P6, P7	Inga rg-värmda enheter (HL).
Övrigt	
Revision	?
Underlag	-
Utredningsbehov	?
Övr	Avfall [8].

2) Kalken (vilken form?) hjälper mot glöd som förs t. väv, skydda strumporna även mot HCl (inget slangfi ingen behov av kalk?).
8) Värmevärdet höjs alltmer i avfall pga att sura (dvs fuktiga?) matrester plockas bort
10) Från 2009/2010 har Dåva KVV (110 MW) tagit över alltmer.

12) Kombipannan (=?) kraftigare roster/ större eldstad.
13) Pannvattenvärmd. Bra om bränslet surt (=fuktigt?), kan ha snö (används bara då bränslet surt?).
14) Ingen sotning efter elfiltret. Spolar rent under revisionsperiod.
Tidigare varit tvungen att ibland spola rent under drift, nu behöver ej pga pannan utnyttjas mindre
15) För båda linjerna?. Sänkte temperatur på inkommande fjärrvärmevatten för att få mer effekt, gav kondenskorr.
"Schuntade ut mer".
Ej under 128 °C om NH3, sägs då få "utfällning".
2 miljoner Kr f att byta.
16) Nöjd med kulsotning, om än kan få småklumpar i kulfördelaren.
Gjort stora framsteg inom ljudsotning. Dock servicekostnad ljud lika hög oavsett om 10 eller 100MW.
22) Grövre biobränsle än för P6
23) Från start? Kring 2008 bioflis 70, torv 30. Ibland 50 o. tom 100% torv (efter tillgång).
24) Efter övergång till ren bio ingen beläggning på konvektionsdel (i motsats till tidigare). Tidigare mycket bark i biobränslet.
Den fuktiga barken ("som matjord") krävde torv för att få upp temperaturen.
Dessutom ger glödande partiklar i rg (vilket skulle vara till skada för textilfiltret i L7).
Bränsledistributionen för torv på anläggningen lång f. P6, gav inslag av damm o. andra föroreningar (därför torv ej kvar, trots bra mot alkalismältor).
25) Anpassade efter tillgång; bark, sågverksavfall, byggavfall.
26) Har konvektionsdel med egen askutmatning

C.30 Ryaverket (36)

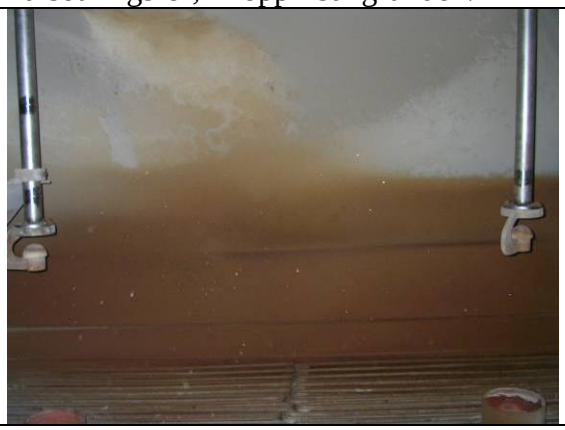
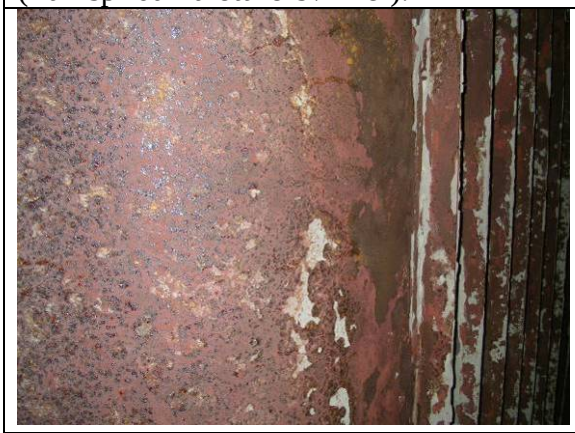
Inledning	
Anläggning	Ryaverket, Borås, Borås Energi
Kontaktperson	Göran Gustafsson, Uh-ansvar
	Anders Gunnarsson, titel?
Pannor	ÅP1,ÅP2[10],PVA1,PVA2
Linjer	
PVA1,2	Eldstad/öh/cyklon[12]/mavaekon/"reaktor"[2]/slangfi/rgfläkt/skorsten
ÅP1,2	Eldstad/öh/mavaekon/elfi/lufo/avgasp/rökgasfl/skorsten.
Pannor	
PVA1,2	Ångp(dom), BFB, turbin[13], Kvaerner
	Avfall (hush30, ind[14]70,biomal[27],slam[27]). ?/20MW, 49bar/405ºC, 8000h/år.
	2004. Driftändring[9].2010 biomal och slam, tidigare hush30, ind70.
ÅP1,2	Ångp(dom), vanderroster, turbin[13], AB Svenska Maskinverken.
	Skogsflis (95%[3]). 60/?MW, 49bar/405ºC, 5000h/år.
	1964-65. Olja. Till bio+kol 1984. Ren bio 1994[15].
Tillsatser	
Linje PVA1,2	NH3(panna), kalk(reaktorn).
Linje ÅP1,2	Urea[4](pannan)
Matarvattenekonomiser	
Linje PVA1,2	En ekon (6 paket).
	Separerad, utanför, horisontella (nedåt) [24]. Släta rör, kolstål. AB Svenska Maskinverken.
	Ej förvärmning, återcirk? Ångsotning (1 ggr/dygn), ljudsotning [23]. Underhåll?
	120/?(?/?)ºC. Okulär besiktning och tjockleksmätning (två ggr/år, Metso) [7].
	2004. Stora erosionsskador inledningsvis pga felinställda sotare [6]. Inga större ändringar.
	Tubskydd [20].
	Viss ångsotningserosion (trots tubskydd?*).
	Ändringsplaner? Tester utförts?
Linje ÅP1.2	En ekon (4 paket)
	Integrerad, utanför, horisontella (nedåt). Kamfläns, trol. gjutjärn. AB Svenska Maskinverken.
	Ej förvärmn, återcirk? Kulsotning (omfattning). Underhåll?
	?/? (?/?)ºC. Granskning?
	Ca 1995-99. Oklart om ändrats sedan start. Tubläckor pga korrosion 3 år sedan [25].
	Inga stora korrosionsproblem nu.
	[26], övr ändringsplaner? Tester utförts?
Avgaspanna	
Linje PVA1,2	-
Linje ÅP1,2	1 st (flera paket).
Fjvekon	Placering?,tubändsläge?,tublutning?. Kamfläns, pkt1 syrafast (=?*), övriga pkt kolstål [26]
	Ej förvärmning, återcirk?. Sotning? Underhåll?
	?/?(?/?)ºC. Granskning?
	1980 (troligen). Syrafast slutet 90-talet, bra efter byte.
	Korr (Inspecta trodde erosion - ej bidragande?), syns pga rostar o. vittrar [21].
	Installerat tubskydd (varför?*). Resultat?
	Inga problem för närvarande [26]
	Ändringsplaner? Tester utförts?

Luftförvärmare	
Linje PVA1,2	Endast icke rg-värmda enheter (HVL).
Linje ÅP1,2	En lufo, tub.
P1(?)	Tubändsläge?, rg-läge?, tublutning?. Kamfläns (gjutna på stålrör), kolstål. Tillverkare?
	Förvärmare, återcirk?. Sotning?. Underhåll?
	?/? (?/?)ºC. Visuell granskning och tjockleksmätning[27] (1g/år, ÅF).
	Gammal (fr oljetiden,[19]). Inte haft några större problem?
	Inga problem för närvarande.
	Ändringsplaner? Tester utförts?
Övrigt	
Revision	Revision 4v per panna o. år (inkl. ett kortare stopp under våren).
Underlag	
Utredningsbehov	
Övr	

2) Tomt kärl där kalk o. aktivt kol tillsätts, för slangfi (vanligt om avfall?)
Ca(OH)2, <u>släckt med etanol ger fluffigare o. större yta.</u>
3) Skogsflis förutom GROT även stubbar (o. hela träd?), "ren" bark (utan "innanmäte") ingår ej. Rest beroende på ev. kampanj.
4) <u>Temperaturfönstret</u> (för detta bränsle/denna panna?) bättre än NH_3
6) Hade för fuktig ånga (måste ha torr), slog sönder tuber, "slarv". <u>Större erosionsrisk ångsotning.</u>
Ev partiklar med efterverkan bidragande orsak.
7) Kryper o. okulär besiktning. Tjockleksmätning föregånget av blästring med Al-silikat el. högtryckstvätt.
Två ggr/år (från början tvungna, ev. kan så småningom gå ner t. 1 g/år).
9) Ändrat eldningsförhållanden (=?*) så att erhållit lägre beläggningstemp f. askan (fördel=?), bundit alkali till bottenaskan
(pga lägre beläggningstemp?)
Projekt tillsammans med högskolan; "Waste Refinery" (hemsida)
10) Ersättas. Förstudie mer eller mindre avslutad. Elcertifikat går ut 2013 (pga ålder el. pga ej klarar utsläppskrav?)
12) För finsand och stoft. <u>Tar bort ev. slitande partiklar.</u> <u>Kvaerner nu som standard</u> att ha cyklon.
13) Samma turbinsystem alla fyra.
14) Har hänt att <u>gipsskivor</u> kommit med, innehåller svavel. Positivt eller negativt?
15) <u>Inte sett problem därefter</u> (ej heller igensättningar eller kloridbesvär?).
19) <u>Snällare med flis</u> (än olja?!)
20) Vinkeljärn som svetsas på tub, för ångsotningserosion.
21) Stora flänsbitar rostat bort.
23) Ljudsotning fr. o. m. hösten 2011 (främst för ekonomisern).
24) Rören i sicksack (varannan rad förskjuten ½ steg).
25) Ej i samband med ändring av drift eller bränsle, troligen orsakat <u>av långvarig process</u>.
26) Problem börjar synas på paket 2, troligt behov av snart byte, "lång och trogen tjänst".
27) <u>Biomal</u>= malda kroppar av självdöda djur. En av de fyra anläggningar i Sverige som eldar detta. Start hösten 2010.
Även <u>slam</u> (också start 2010?). <u>Ger helt annan beläggningskemi</u>; kan sänka panntemperaturen (varför? fördel?).
Dock mer klorider i bottenaska fr slam o/el bottenkroppar.

D Anläggningsfoton

D1 Gärstadverket (5)

Matarvattenekonomiser; manlucka (botten).	Matarvattenekonomiser; spridarkalott på ett kulsotningsrör, inlopp i bakgrunden.
	
Matarvattenekonomiser; tuber med "kulbroms" (vinkeljärn) samt "bromshuv" (ifall spridarkalott försvinner).	Matarvattenekonomiser; kulsotningsrör med spridarkalottter.
	
Matarvattenekonomiser; tubvägg.	Matarvattenekonomiser; tubbeläggning.

D2 Händelöverket (9)

Matarvattenekonomiser; mellanutrymme med sothylla t. höger.	Matarvattenekonomiser; mellanvägg.
Luftförvärmare; sotbeläggning på rör.	Luftförvärmare; inloppssida med bortre ände till höger.
Luftförvärmare; luftsida med inlopp, tub med insticksrör i mitten till vänster.	Luftförvärmare; luftsida med utlopp.

D3 Hässelbyverket (10)

Ljungström luftförvärmare.	Martarvattenekonomiser; rör för ångsotning.
Martarvattenekonomiser.	Martarvattenekonomiser; rör för ångsotning.
Martarvattenekonomiser; tömningslucka.	

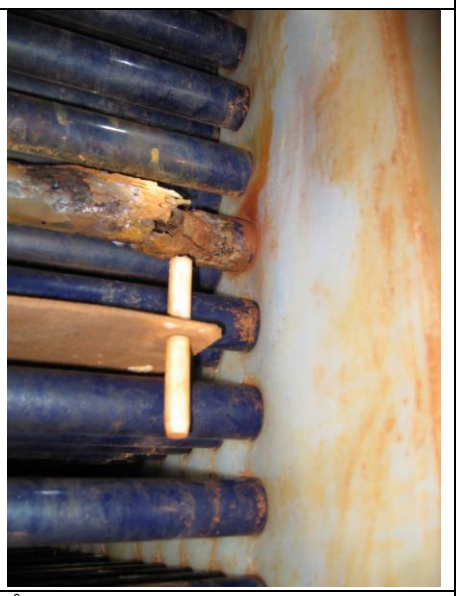
D4 Högdalenverket (11)

Återvärmare; inflödessida för rökgaser.

Återvärmare; korrosion på tubytor, "döda" ändpunkter.

Återvärmare; inflödessida vatten.

Återvärmare; korrosion på tubytor.



Återvärmare; korrosion på tubytor samt polymerskivor (som rökgasflödes-riktare).

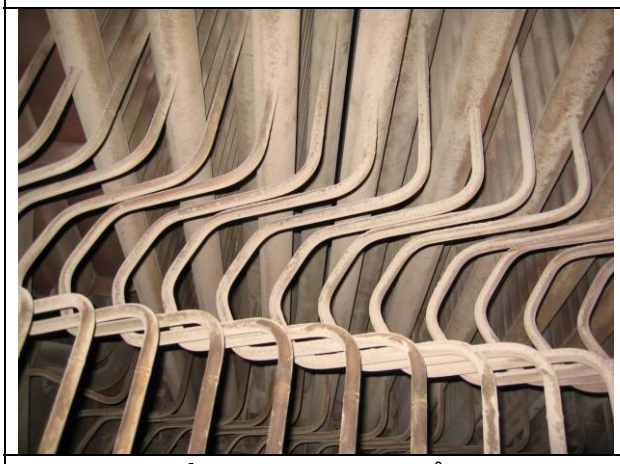
D5 Igelstaverket (13)

Tuber för fjärrvärmeekonomiser (kasserade i samband med byte).	Tuber för fjärrvärmeekonomiser (kasserade i samband med byte).
Tuber för fjärrvärmeekonomiser (kasserade i samband med byte); rörkrökar.	Tuber för fjärrvärmeekonomiser (kasserade i samband med byte); rörkrökar.
Tuber för fjärrvärmeekonomiser (kasserade i samband med byte); erosionskorrosion på rörkrökar.	Tuber för fjärrvärmeekonomiser (kasserade i samband med byte); korrosion och eventuellt också erosion på tuberna.

D6 Karskärsverket (16)

Matarvattenekonomiser; inlopp tak, ångsotledningar botten. Skjuts fram och åter i djupled.	Matarvattenekonomiser; ångsotledningar närmast på tvärs, ekonomisertuber i djupled, hållare för ekonomisertuber på tvärs "något längre bort" (med "femhörningar").
Matarvattenekonomiser.	Matarvattenekonomiser; ångsotningstuber ("inledning" i djupled fördelar sig på "tvärledningar").

D7 Korstaverket (18)

Matarvattenekonomiser "våning 1"; golvgaller (för möjlighet att gå) och dräneringsrör.	Matarvattenekonomiser "våning 1"; dräneringsrör och - i bildens "tak" - fördelardosor.
	
Matarvattenekonomiser "våning 1"; dräneringsrör i kontakt med fördelardosor.	Matarvattenekonomiser med slagsotning; sett utifrån.
Matarvattenekonomiser med slagsotning våning 2 sett inifrån; änden av en "pistong"	Matarvattenekonomiser med slagsotning våning 2 sett inifrån; änden av en "pistong" i kontakt

hos slagsotningen ligger "bakom" bortre ändan på fördelarröret.	med änden hos ett fördelarrör.

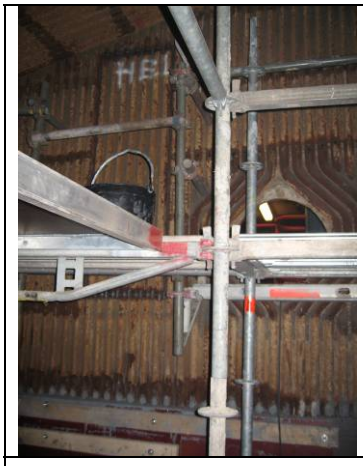
D8 Linköping KVV (20)

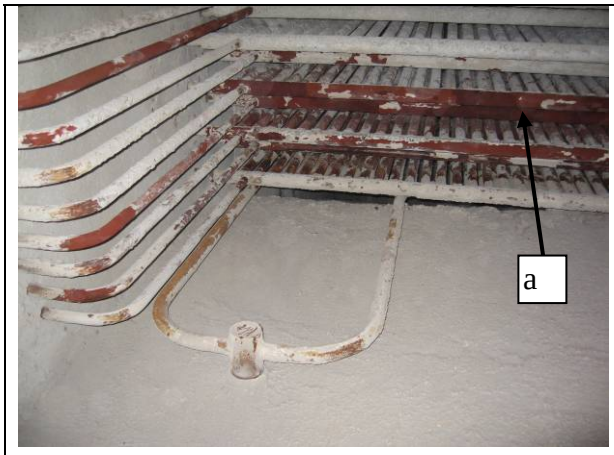
Matarvattenekonomiser L1; kamflänsrör.	Matarvattenekonomiser L1; kamflänsrör och ångsotare.
Matarvattenekonomiser L3; kamflänsrör och slätrör.	Fjärrvärmeekonomiser; tuber.
Fjärrvärmeekonomiser; tuber, närbild.	

D9 Lugnviksverket (21)

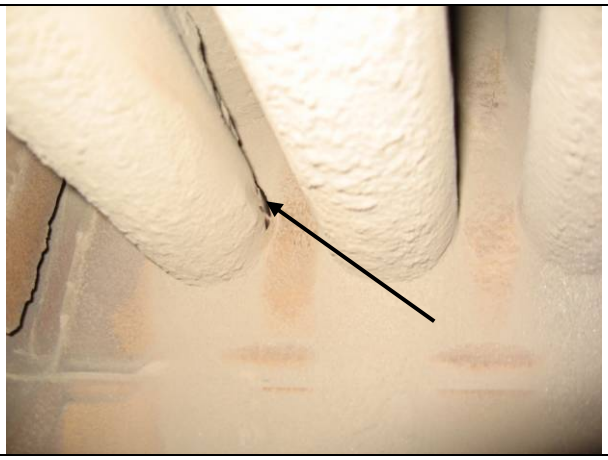
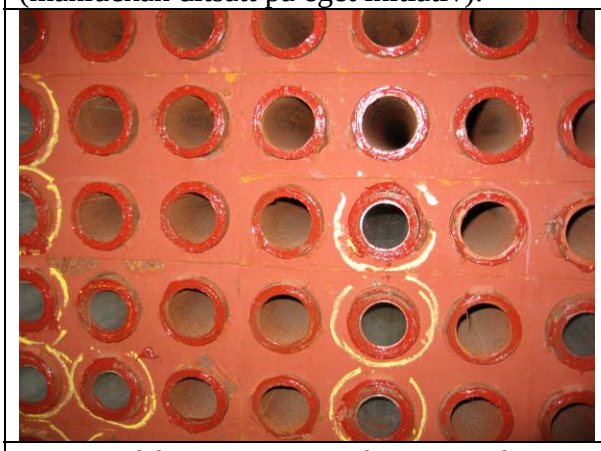
Luftförvärmare; inloppssida för primärluft.	Luftförvärmare; inloppssidor för 2 paket för primärluft, nedre utbytt 2007.
Luftförvärmare.	Luftförvärmare; sotningskanaler på båda sidor (ångsotning)
Luftförvärmare; sotningskanal (för ångsotning).	Matarvattenekonomiser; kamflänstuber (ovan) och slättuber (nedan) samt sotningskanal för ångsotning (på tvären).

D10 Uppsala avfallsförbränningsanläggning (28)

	
Eldstad, block 1. Manlucka syns på bortre vägg.	Eldstad, block 1. Tuber i bakgrunden. De vertikala rören är gittertuber som fördelningslådan (röret med piggar på) hänger i. Piggarna ska hålla murmassorna på plats.
Eldstad, block 1. Tuber överst och murning längst ned. Det röda är formplyfa för den eldfasta installationen (håller gjutmassan på plats till den har torkeldats och blivit hård).	Eldstad, block 1. Det gråa ”nymurat”, och hålen är till för sekundärluft med urea-inblåsning.

	
Matarvattenekonomiser där a) fördelardosor. Bilden är tagen efter sotning som utförts av ett bankeverk.	Ångluftförvärmare. Sidovägg nedre vänstra hörnet, ångtuber till höger (inlopp för luftflöde), inloppsspjäll övre vänstra hörnet.

D11 Vattumannen (30)

	
Luftförvärmare rökgassida; sett från manluckan. Omfattande askavlagringar.	Luftförvärmare rökgassida; "bortdriven" aska med underliggande skada.
Manlucka till luftförvärmare för primärkretsen (manluckan ditsatt på eget initiativ).	Primärluftförvärmare luftsidan; för luft ingående tubvägg till vänster.
	
Primärluftförvärmare luftsidan; för luft ingående tubvägg i närbild (inringade rör har extra tubrör inlagt).	Primärluftförvärmare luftsidan; korrosion kan ses i taket, vilket har bedömts orsakats av kvarvarande fukt.

D12 Västerås KVV (32)

Luftförvärmare Ljungström; luftsida med bottenplattans ovandel. I bildens bortre del syns sektorplåt med tätningar (skiljer luftsidan och rökgassidan). Rotorytan är indelad i tårtbitsmönster, och i dessa ligger korgar med plåtar s k element.	Luftförvärmare Ljungström; luftsida med bottenplattans ovandel. Närbild av elementen, och dess mellanrum med "sottilltäppningar".
Luftförvärmare Ljungström; luftsida med bottenplattans ovandel. "Sotstav" för ångsotning i bildens mitt..	Luftförvärmare Ljungström; luftsida med bottenplattans underdel.

Matarvattenekonomiser linje 4; utrymme mellan ekonomiser 41 och 42. Det stora horisontella röret är ett ångsotningsrör.	Sotningsutrustningar för ekonomiser (drivs in vid sotning).

E Enhetsöversikt

A	Linje	Bränsle	Mavaekon				Avgaspanna				Lufo (rökgasvärmd)			
			Antal	År	K(nu)	K(förr)	Har	År	K(nu)	K(förr)	Har	År	K(nu)	K(förr)
1	1	Bio	2	1996	-	K	0	#	#	#	5	1996	-	K
2	1	Avf	5	2000	-	?	0	#	#	#	0	#	#	#
3	KVP	Bio/RT	2	1994	-	-	0	#	#	#	1*	2008	I	I,E
4	Bp	Bio	2	-87,-05	-	-	0	#	#	#	2	1987	-	K
5	1	Avf	1	2007(?)	-	U	3	2007(?)	-	-	0	#	#	#
	2,3	Avf	3	2007	-	U(?)	2	2007	-	-	0	#	#	#
	4	Avf	2	2005	-	-(?)	0	#	#	#	0	#	#	#
6	H2	Bio/torv	3	1996	-	-	0	#	#	#	5	1996	-	K
7	P1	Avf	1	2002	-	S	0	#	#	#	0	#	#	#
9	11	RT/Ö	1	2007	-	(-)	1	?	?	?	0	#	#	#
	13	Bio/RT/Ö	1	2008	-	E	0	#	#	#	4	-93,-07	-(?)	K
	14	Avf	1	2002	-	E	0	#	#	#	0	#	#	#
10	1-3	Bio	1	1959	I	(I)	1	2007	-	-	1*	2001	I	-(?)
11	1	Avf	1	2009	-	(K)	0	#	#	#	0	#	#	#
	2	Avf	2	2009	-	(K)	0	#	#	#	0	#	#	#
	3	Avf	2	2006	-	K	0	#	#	#	0	#	#	#
	4	Avf	1	2005	(E)	(E)	0	#	#	#	0	#	#	#
	6	Avf	1	2009	I	I,K	-	#	#	#	0	#	#	#
12	3	RT	1	1994	E,I	E,I	0	#	#	#	2	97,04	-	K
13	1	Avf[5]	0	#	#	#	1	1982	-	-	0	#	#	#
	2	Torv	0	#	#	#	1	1982	-	-	0	#	#	#
	3	RT	0	#	#	#	+	06-09	(E)	S,K	0	#	#	#
14	Kvp	Bio/RT	3	-99,08	-	I	0	#	#	#	1	1999	-	-
15	34	Bio	0	#	#	#	3	1995	I	S	0	#	#	#
16	Bp	Bio	3	b90t,03	-	I,K	0	#	#	#	0	#	#	#
17	Bp	Bio/RT	3	81,97,05	-	E,S	1	1998	-	K	1	-81-97	-	-(?)
18	F1	Avf	1	03-04	-	-	0	#	#	#	0[6]	#	#	#
	F5	Avf	1	2006	-	-	0	#	#	#	0	#	#	#
19	7	Bio/Ö	3	-82,-95	K	K	0	#	#	#	0	#	#	#
	8	Bio/Ö	1	2004	-	-	0	#	#	#	0	#	#	#
20	1	Ö/kol/bio	1	1964(?*)	I	I	1	2000	-	I	0	#	#	#
	3	RT/bio/PPT	1	2008	I	I	1	1985(?)	(K)	K(?)	0	#	#	#
21	KVV	Bio	2	2002	-	E,U	0	#	#	#	2	2002	-	K
23	1	Avf	0	#	#	#	1	2005	?	S	0	#	#	#
	2	Avf	0	#	#	#	1	2005	?	?	0	#	#	#
	3	Avf	1	2005	-	K	0	#	#	#	0	#	#	#
	4	Avf	1	2008	-	-	0	#	#	#	0	#	#	#
25	S2	Bio	2	1997	-	-	0	#	#	#	+	1996	-	K
26	1	Avf	1	2001	-	-	1	2007	-	-	0	#	#	#
	4,5	Avf	1	1995	(K)	U	1	2005	-	-	0	#	#	#
28	1	Avf	1	1983	?	K	1[6]	1992	-	E	0	#	#	#
	3	Avf	0	#	#	#	1[6]	1992	-	E	0	#	#	#
	4	Avf	1	2009	-	*	1[6]	1992	-	E	0	#	#	#
	5	Avf	1	2005	-	-	0	#	#	#	0	#	#	#
29	KVV	Torv	1	1973	-	-	1	1998	-	I	1*	2005	-	-
30	CFB	Bio	0	#	#	#	0	#	#	#	0	#	#	#
	KVP	Bio	2	2000	-	-	0	#	#	#	5	2000	K	K

32	4	Torv	1	1971	(I)	(I)	0	#	#	#	2*	1971	-	-
	5	Bio/RT	1	2000	-	-	0	#	#	#	+	2000	-	K
34	5	Bio/torv	1	1989	-	-	0	#	#	#	4(?)	2005	-	K
35	P6[,P710]	Bio	0	#	#	#	1	2008	-	K	0	#	#	#
36	PVA1,2	Avf	1	2004	(S)	S	0	#	#	#	0	#	#	#
	ÅP1,2	Bio	4	-95-99	(-)	K	1	sl -90t	-	K(E?)	1	(ca 60t)	-	?

Tabell, bilaga E. Enhetsöversikt. Anger om någon typ av problem förekommer eller har förekommit för matarvattenekonomiser, avgaspanna och luftförvärmare.

Kolumn A:

A= Anläggningsnummer (se bilaga A1)

Kolumn Linje:

Benämning i enlighet med anläggningens interna nomenklatur.

Kolumn Bränsle:

Bio= biobränsle, Avf= avfallsbränsle, RT= Returträ, Ö=övrigt bränsle (d v s exkl biobränsle, avfallsbränsle, returträ, torv, naturgas och kol).

Kolumn Mavaekon:

Matarvattenekonomiser

Kolumn Avgaspanna:

Fjärrvärmeekonomiser där rökgaskondensering inte eftersträvas

Kolumn Lufo(rökgasvärmd):

Luftförvärmare vilka värms med rökgas.

Kolumn Har:

Anger det antal av respektive matarvattenekonomiser, avgaspanna eller luftförvärmare som rökgaslinjen har (plustecken anger att enheten finns men att uppgift om antalet inte föreligger, parentes runt innebär att uppgiften osäker). De värden som för kolumn Lufo(rökgasvärmd) har en asterisk innebär att luftförvärmaren är av typ Ljungström.

Kolumn År:

Står för året för driftsstart av enheten (om byte av hel eller avgörande del av enhet skett räknas det år som detta gjorts senast som år för driftsstart)

Kolumn K(nu) och K(förr):

Står för uppgifter om det föreligger korrosionsproblem eller andra problem med enheten för närvarande respektive om det har gjort (K= korrosion, E=erosion, I= igensättning, U= Utrusning/Konstruktionsfel, Ö= övrigt). Parentes runt uppgiften innebär att problemet är av lindrig omfattning, frågetecken efter att problemet möjligen föreligger - har inte kontrollerats, minustecken innebär att problemet inte föreligger, minustecken följt av frågetecken innebär att problemet troligen inte föreligger, #-tecken innebär att uppgift inte kan erhållas p g a att enheten inte finns i rökgaslinjen.

F.1 Enhetssekvens i rökgaslinje

A	Linje	Bränsle	Ptyp	Rökgaslinje
1	1	Bio	CFB	Eldstad/avskilj/öh/**mava1**/(katalysator[2])/**mavae2/lufo**/elfi/rgfl1/rgkond/rgfl2/skorsten
2	1	Avf	R	E/Öh]/**mava3(HT)/mava2(HT)**/textfi[11]/**mava1(HT**)/**Mava2(LT)/Mava1(LT)**/Q/skru[12]/påvä/rgfl/S
3	KVP	Bio/RT	R	E/öh/avsk/**mava/**uppsamlare[14]**/lufo**/elfi/rgfl/rgkond/påvä/droppavsk/S
4	Bp	Bio	BFB	E/öh/**mava2/mava1/lufo**/elfi/rgfl/S
5	1	Avf	R	E/**mavaavgasp[1]/**/slangfi/skru/påvä/dioxinfilter/S
	2	Avf	R(?)	E/**mavaavgasp[1]/**/slangfi/skru/påvä/dioxinfilter/S
	3	Avf	R(?)	E/**mavaavgasp[1]/**/slangfi/skru/påvä/dioxinfilter/S
	4	Avf	R(?)	E/öh/**mava**/slangfi/skru/påvä/S
6	H2	Bio/torv	FB	E/cy/öh**/mava/lufo**/elfi/fl/S
7	P1	Avf	R	E/**mava**/slang/skru/rgkond/rgfl/S
9	11	RT/Ö	R	E/öh/**mava**/slang/**avgasp/**rgkond/rgfl/S
	13	Bio/RT/Ö	CFB	E/kokskärmar/cy/öh/**mava/lufo/**elfi/rgkond/rgfl/S
	14	Avf	CFB	E/cy/tomdrag/kokyta/öh/**mava**/NID[15]/slang/rgfl/S
10	1-2	Bio	Pu	E/öh/**mava/luföl**/förvärmare/elfi/**avgasp**/rgfl/S
	3	Bio	Pu	E/SCR/öh/**mava/luföl/**förvärmare/elfi/rgfl/S
11	1	Avf	R	E/öh/**mava/**slangfi/rgkond[27]/påvä[6]/rgfl/S.
	2	Avf	R	E/öh/**mava/**slangfi/rgkond[27]/påvä[6]/rgfl/S.
	3	Avf	R	E/öh/**mava/lågtryckspanna**[25,34]/mavatankekon[33]/slangfi/rgkond/påvä/rgfl/S.
	4	Avf	R	E/öh/**mava**/elfi/Q/rgkylare/påvä/rgfl/S
	6	Avf	CFB	E/avsk[36]/öh/**mava/**slangfi/rgkond/påvä/rgfl/S
12	3	RT	BFB	E/öh/askfä/öh/**mava/lufo2**/elfi/**lufo2/**rgfl/rgkond/rgkond/påvä/S.
13	1	Ö[5]	R	E,öh,elfi,**avgasp**/S-reaktor/slang,rgfl,S
	2	Torv	Pu	E,öh,elfi,**avgasp**/S-reaktor/slang,rgfl,S
	3	RT	BFB	E,öh,**avgasp/** elfi,S-reaktor/slangfi/uppfu/,rgkond/påvä,rgfl,S
14	Kvp	Bio/RT	BFB	E/öh/**mava/lufo**/elfi/rgfl1**/**rgkond/rgfl2/S.
15	34	Bio	Pu	E/**avgasp**/elfi/rgfl/S
16	Bp	Bio	R	E,öh,**mava,**avskiljare,elfi,rgkond,rgfl,S
17	Bp	Bio/RT	BFB	E/öh/**mava3/lufo/mava2/mava1**/elfi/**fjvekon**/rgfl/S
18	1	Avf	CFB	E/Cy/Öh/tomdrag/konvdel/**mava/**avsk/slangfi**/**katalysator/rgfl/S
	5	Avf	R	E/Öh/konvdel/**mava/**elfi/scrubbers/SCR/Vvx[4]/påvä/S
19	7	Bio/Ö	R	E/öh/**mava**/(lufo[22])/(svavelreaktor[8])/stoftficka[23]/elfi/rgfl/S
	8	Bio	CFB	E/öh/cy/öh/konvdel/askfälla**/lufo(4)**/**mava/lufo(1-3)**/elfi/rgfl/rgkond[30]/S
20	1	Ö/kol/bio	R	E,öh,**mava**,avsk/**avgasp**/,S-skrubber/slangfi,rgfl,S
	3	RT/bio/PPT	R	E,öh,**mava**,avsk/**avgasp**/,elfi/S-skrubber(?)/,uppfu/S
21	KVV	Bio	CFB	E/avskilj/öh/askfä[1]**/mava2**/SCR[2]/**mava1/lufo**/elfi/rgkond/påvä/droppavsk/rgfl/S
23	1-2	Avf	R	E/**avgasp**/slangfi/rgkond/påvä/rgfl/S
	3-4	Avf	R	E/öh/**mava/**elfi/vvx[11]/Q/skrubber/elfi[12]/påvä/rgfl1/kat/rgfl2/rgkond[16]/S
25	S2	Bio	CFB	E/avskilj/öh/**mava2/**kat/**mava1/lufo**/elfi/rgkond/rgfl/S
26	1,4,5	Avf	R	E/öh/**mava/**elfi/**avgasp**/skrubbe/påvä/slang/rgfl/S
28	1,4	Avf	R	E/**mava/**elfi/rgfl**/avgasp[6]**/skru/drpavsk/slangfi/påvä/rgfl/S
	3	Avf	R	E/avsk/konvdel/elfi/rgfl/**avgasp[6]**/skru/drpavsk/slangfi/påvä/rgfl/S
	5	Avf	R	E/**mava/**elfi/skru/påvå/slangfi/vvx[28]/påvä[29]/SCR/rgfl/S
29	KVV	Torv	Pu	E/öh/**mava**/fallkammare/kat**/lufo**/elfi**/avgasp**/slangrgfl/S
30	CFB	Bio	CFB	E/avsk/öh/elfi/rgkond/drpavsk/påvä/rgfl/S.
	KVP	Bio	BFB	E/öh/**mav/lufo**/elfi/rgfl/skru/drpavsk/påvä/rgfl/S
32	4	Torv	Ö	E/öh(3)//**mava/**kat[6]**/lufo/**avsvavl[8]/slang[10]/rgfl/S
	5	Bio/RT	CFB	E/öh/**mava/**kat[9]**/lufo**/slang/rgkond/rgfl/S -fjvekon, finns påvä[x]
34	5	Bio/torv	CFB	E/öh/**mava/lufo/**elfi/rgfl/rgkond/S
35	P6[10]	Bio	R	E/elfi/**avgasp/**rgfl/S
	P7 [10]	Bio	R	E**/**askutmatning[2]/**avgasp**/slangfi/rgfl/S
36	PVA1,2	Avf	BFB	E/öh]/avsk/**mava/**"reaktor"[2]/slangfi/rgfl/S
	ÅP1,2	Bio/Ö	R	E/öh/**mava**/elfi/**lufo/avgasp**/rgfl/S

Tabell, bilaga F.1. Enhetssekvens i rökgaslinje. Angivna i den ordning de ligger i rökgasens flödesriktning. Matarvattenekonomiser (mava), avgaspanna (avgasp) och luftförvärmare (lufo) anges i fet stil.
Kolumn A:
A= Anläggningsnummer (se bilaga A1)
Kolumn Linje:
Benämning i enlighet med anläggningens interna nomenklatur.
Kolumn Bränsle:
Bio= biobränsle, Avf= avfallsbränsle, RT= Returträ, PPT= Papper-plast-trä, Ö=övrigt bränsle (d v s exkl biobränsle, avfallsbränsle, returträ, torv, naturgas och kol).
Kolumn Ptyp:
Ptyp= typ av panna, R=Rosterpanna, FB= fluidiserande bädd, CFB= cirkulerande FB, BFB= Bubblande FB, Pu= pulverbrännare, Ö= övrig typ av panna.
Kolumn Rökgaslinje:
Anger ordningsföljden i rökgasflödets riktning för de enheter som finns i rökgaslinjen (fet stil markerar mava, avgaspanna d v s fjärrvärmeekonomiser utan medveten kondensering samt lufo). E=eldstad, öh= överhettare, cy= cylinder, mava= matarvattenekonomiser, lufo= luftförvärmare, avgasp(fjärrvärmeekonomiser där rökgaskondensering inte eftersträvas), kat= katalysator (ex. SCR), elfi= elfilter, slangfi= slangfilter, textilfi= textilfilter, skru= skrubber (kan vara ex. surskrubber, avsvavlingsskrubber och/eller kondenseringsskrubber), Q= quencher, kond= rökgaskondensor (benämns ibland rökgaskylare), avsvavl= avsvavlingsutrustning (ex. NID=Novelle Integrated Desulpharisation, ett prodnamn, en sorts reaktor f avsvavling), vpump= värmepump, påvä= påvärmare, rgåterfö= rökgasåterförare, luftuppfu= luftuppfuktare, drpavsk= droppavskiljare, rgfl= rökgasfläkt, S= skorsten.
Övr: Hänvisning inom hakparentes refererar till motsvarande referensnummer för aktuell anläggning i bilaga C

F.2 Reningsenheter i rökgaslinje

A	Linje	Bränsle	Mava						Avgaspanna						Lufo					
			Har	P	Cy	Elfi	Ask	Kat	Har	P	Cy	Elfi	Ask	Kat	Har	Cy	Ask	Elfi	Ask	Kat
1	1	Bio	1		1				0						1		1			
2	1	Avf	2/3						0						0					
3	KVP	Bio/RT	2						0						1*	P			1	
4	Bp	Bio	2						0						1					
5	1	Avf	1						3						0					
	2,3	Avf	3						2						0					
	4	Avf	2						0						0					
6	H2	Bio/torv	1		1				0						1		1			
7	P1	Avf	1						0						0					
9	11	RT	1						0						0					
	13	Bio/RT/Ö	1		1				0						1		1			
	14	Avf	1		1				0						0					
10	1-2	Bio	1	P					1			1			1*	P				
	3	Bio	1	P					0						1*	P				1
11	1-4	Avf	1						0						0					
	6	Avf	1	P	1				0						0					
12	3	RT	1	P	1				0						1		1			
13	1	Bio/RT	0						1			1			0					
	2	Torv	0						1			1			0					
	3	RT	0						1			-(?)			0					
14	Kvp	Bio/RT	3						0						1					
15	34	Bio	0						1	P					0					
16	Bp	Bio	1						0						0					
17	Bp	Bio/RT	1						1			1			1					
18	1	Avf	1		1				0						0					
	5	Avf	1						0						0					
19	7	Bio/Ö	1	P					0						(0)[2]					
	8	Bio/Ö	1		1		1		0						1		1		1	
20	1	Ö/kol/bio	1	P	1				1		1				0					
	3	RT/bio/PPT	1	P	1				1		1				0					
21	KVV	Bio	1		1		1		0						1		1		1	1
23	1-2	Avf	0						1						0					
	3-4	Avf	1						0						0					
25	S2	Bio	1		1				0						1					1
26	1,4,5	Avf	1						1			1			0					
28	1	Avf	1	?					1			1			0					
	3	Avf	0(?*)						1			1			0					
	4	Avf	1						1			1			0					
	5	Avf	1						0						0					
29	KVV	Torv	1						1			1	1	1	1*				1	1
30	CFB	Bio	0						0						0					
	KVP	Bio	1						0						1	P				
32	4	Torv	1						0						1*					1
	5	Bio/RT	1						0						1					1
34	5	Bio/torv	1						0						1					

35	P6[10]	Bio	0						1			1			0					
	P7 [10]	Bio	0						1				1		0					
36	PVA1,2	Avf	1		1				0						0					
	ÅP1,2	Bio/Ö	1						1			1			1			1		

Tabell, bilaga F.2. Reningsenheter i rökgaslinje Reningssteg som i rökgasens riktning ligger före matarvattenekonomisrar, avgaspannor och rökgasvärmda luftförvärmare. Vad gäller textilfilter har detta endast uppgivits för en enhet, matarvattenekonomisern för anläggning 2s linje 1, varför textilfilterkolumnerna pga utrymmesskäl utlämnats.
Kolumn A: A= Anläggningsnummer (se bilaga A1)
Kolumn Linje: Benämning i enlighet med anläggningens interna nomenklatur.
Kolumn Bränsle: Bio= biobränsle, Avf= avfallsbränsle, RT= Returträ, PPT= papper-plast-trä, Ö=övrigt bränsle (d v s exkl biobränsle, avfallsbränsle, returträ, torv, naturgas och kol).
Övriga kolumner: ”Har” anger antalet värmeväxlarenheter som föreligger (de värden som för kolumn Lufo(rökgasvärmd) har en asterisk innebär att luftförvärmaren är av typ Ljungström), ”P” huruvida de har problem (igensättning, erosion och/eller korrosion) eller ej, ”Cy” = cyklon, ”Elfi”= elfilter,”Ask”= askuppsamlare av något slag (exkl cyklon), ”Kat” = katalysator.
Övr: Hänvisning inom hakparentes refererar till motsvarande referensnummer för aktuell anläggning.

G Bränsle

A	Linje	Bränsle	Panna			Drift		Bränslespec	
			Startår	Ptyp	Ev pannändringar	Tid	Effekt	För närvarande	Större ändringar
						h	MW		
1	1	Bio	1996	CFB		7400	122/95	Skogsflis/övr bio(bark,GROT,spån):60/40	RT 2008 (engånstest[6])
2	1	Avf	2000	R		7800	?/55	Ind/Hush:/30-40/60-70	
3	KVP	Bio/RT	1994	R		6000	75/45	Skogsflis(ingår salix 0-15%)/RT[1]: 80-90/10-20	Skogsflis 100% t. 2008/2009 då RT
4	Bp	Bio	1987	BFB	2005: Från R	8300	100/?	Bark/"flis o.d.": 90/10	
5	1	Avf	2008	R	Urspr 1981	8000	?/15	Ind/hush:50/50. Ibland stödeldning RT [34].	
	2	Avf	2007	R(?)	Urspr 1982	8000	?/30	Ind/hush:50/50. Ibland stödeldning RT [34].	
	3	Avf	2007	R(?)	Urspr 1984	8000	?/30	Ind/hush:50/50. Ibland stödeldning RT [34].	
	4	Avf	2005	R(?)	(?)	8000	?/68	Ind/hush:50/50. Ibland stödeldning RT [34].	
6	H2	Bio/torv	1996	R		7500	92/70	Bio/torv:70-100/0-30	Bio/torv:0-100/0-100 t. ca 2008
7	P1	Avf	1986	R	2003: negativ lutning	?	?/17	Hush/ind: Mest/minst	Alltid varit enl angivning
9	11	RT/Ö	1982	R	1996: Till vibR	5000	90/70-85	RT/Bildäck:90(?)/10	Kol t. 1996. 100% RT senare, däck (när?)
	13	Bio/RT/Ö	1993	CFB	2007: Kokskärmar(=?)	7000	?	Skogsavf/bildäck/RT:45/30/25 (RT siktar 50)	Något tidigare: 70/10-30/0-20 Bildäck fr 2004, RT från 2008
	14	Avf	2002	CFB		7800	?	Ind/hush:50/50 (kan pendla 40-60)	Kol t. 1997 (?)
10	1-3	Bio	1959	Pu		6000	?/100	Biobr (pellets; vit eller brun?):100	Enbart olja, enbart kol 1982, endast bio 1999
11	1	Avf	1970	R	Lagt till brännare 2005	8000	27/23	Hush/Ind(grovkross):80/20(varierar)	
	2	Avf	1970	R	Lagt till brännare 2005	8000	27/23	Hush/Ind(grovkross):80/20(varierar)	
	3	Avf	1986	R	Ombyggnad ca 2009	8000	44/44	Hush/Ind(grovkross):80/20(varierar)	Upp i last ca 2009 fr 41MW
	4	Avf	2005	R	-	8000	82/82	Hush/Ind(grovkross):80/20(varierar)	
	6	Avf	1999	CFB	-	7500	91/91	Ind:100	
12	3	RT	1994	BFB		7500	93/64	RT:100 (inslag "Reject")	Från kol t RT: 2000-2004
13	1	Ö[5]	1982	R	1997: Från kolpulverpanna	6-6500	?/80	Sorterat indavfall (PPT, ej pelleterats)/"bilind"(gummiplast):75-100/0-25	Början kol o. olja, början 90-t mest torv, ikovapellets [39] t. ca 2008.
	2	Torv	1982	Pu		4300	?/105	Torv: 100	Kol fr start. Torv början 90-t
	3	RT/Bio	1983	BFB	1994: Från kolpulverpanna	6100	?/80	RT 100 (lite torv ibland)	Kol fr start. RT/returflis/Ikovapellets [39] fr ca mitten 90t (75-80/10-15/10)
14	Kvp	Bio/RT	1999	BFB	-	6000	?/77	Bio/RT:70-90 (bark70-80,GROT+stamved 0-10)/10-30	
15	34	Bio	1985	Pu	-	5000	80/40	Bio (träpulver)	-
16	Bp	Bio	1971	R	-	8300	60/50	Bark/spån(?)/fiberslam:70/25/5	-
17	Bp	Bio/RT	1997	BFB	1981: Från R	?	?/120	Bio/RT: 70(GROT35/Ved25/trädelar10)/RT(vitt[2]) 30	?
18	1	Avf	1984	CFB	-	5800	?/?	Ind/hush: 80-90/10-20	

	5	Avf	2006	R	-	7900	?/?	Hush/Ind: 70-80/20-30	
19	7	Bio/Ö	1982	R	2004: Kolpulverp t. R	3600	130/80	Bio80(renseribark50,externt bio30),kol10,slam10.	
	8	Bio/Ö	2004	CFB	-	8300	138/?	Bio80(renseribark50,externt bio30),kol10,slam10.	
20	1	Ö/kol/bio	1964	R	1985: Fr oljebr	5-6000	60-70/70	Gummi/kol/bio:40/40/20	Olja t. kol 1985, samförbr 1992, ett antal år före 2010 50/40/10.
	3	RT/bio/PPT	1964	R	1985: Fr oljebr	7900	60-70/70(?)	RT/Bio(GROT,skogsflis,bark)/PPT[18]: 50/40/10	Bio 1985, 1990-1992: RT infördes
21	KVV	Bio	2002	CFB	-	7200	125/90	Bio(GROT/bark/spån/flis)/RT/Torv/flis: 80/10/10	Ej impregnerad RT, RT kan bli 40.
23	1	Avf	1973	R	2005: ”Ny panna” [3]	5000	?/?	Ind/hush: 50/50	2010 från indavfall 100%
	2	Avf	1973	R	2005: Vad?	”	”	Indavfall: 100 (?)	
	3	Avf	2002	R	- (?)	7500	?/?	Hush/Ind:50/50	
	4	Avf	2008	R	- (?)	”	”	Hush/Ind:50/50	
25	S2	Bio	1996	CFB	-	7800	104/104	Trä/torv:90/10	-
26	1,4,5	Avf	1999	R	Urspr 70-t	7500-8000	?/?	Hush/Ind:50/50 (ca)	
28	1	Avf	1983	R	Turbin 2009 [2]	8000	?/?	Hush/Ind:40/60	Under någon period 60/40 [1]
	3	Avf	1973	R	Turbin 2009 [2]	7000	?/?	Hush/Ind:90-95/5-10	
	4	Avf	1981	R	Turbin 2009 [2]	8000	?/?	Hush/Ind:40/60	
	5	Avf	2005	R	Turbin 2009 [2]	8500	?/?	Hush/Ind:30/70	
29	KVV	Torv	1973	Pu		3-3500	350/350	Torv: 100	Olja t. torv 1985
30	CFB	Bio	1986	CFB	Bytt cyklontyp t. kyld	3500	?/56	GROT/sågverksrester:80-85/15-20	Tidigare 50/50
	KVP	Bio	2000	BFB	-	7000	?/110	GROT/sågverksrester:80-85/15-20	Tidigare 50/50
32	4	Torv	1971	Ö(?)	-	4-5000	?/400	Torv: 100	Olja t. kol 1994, kol t. torv 2005[14]
	5	Bio/RT	2000	CFB	-	8000	?/190	GROT/sågverksavfall/bark: 80/10/10	(-)
34	5	Bio/torv	1989	CFB		7000-7500	?/160-170	Bio (GROT,bark)/torv:75/25	Fr kol t. bio/torv 1992. Andelen olika biokomp varierar [7],[13].
35	P6[10]	Bio	1981	R	1993: Fr snedR t. "vanlig"	3000	31/25	Bio	Tidigare Flis/torv: 70/30 (ibl 50-100, efter tillgång flis). Ren bio fr 2009
	P7 [10]	Bio	1985	R	2006: Fr kombipanna t. R	3500	20	Bio (grövre än f. P6)	Tidigare Flis/torv: 70/30 (ibl 50-100, efter tillgång flis). Ren bio fr 2009.
36	PVA1,2	Avf	2004	BFB	(-)	8000	?/20	Ind/hush: 70/30, viss andel biomal[27] o. slam[27]	Lägre förbränningstemp [9]
	ÅP1,2	Bio	1965	R		5000	?/60	Bio; skogsflis (inkl GROT,stubbar, ej ”avskalad” bark)95, övr beroende på kampanj	Olja t. kol år?, t bio + kol 84, t. bio 94

Tabell för bilaga G. Bränsle och panna.
Kolumn A: A= Anläggningsnummer (se bilaga A1)
Kolumn Linje: Benämning i enlighet med anläggningens interna nomenklatur.
Kolumn Bränsle: Bio= biobränsle, Avf= avfallsbränsle, RT= Returträ, Ö=övrigt bränsle (d v s exkl biobränsle, avfallsbränsle, returträ, torv, naturgas och kol).
Kolumn Panna: ”Ptyp” anger typ av panna (R=Rosterpanna, FB= fluidiserande bädd, CFB= cirkulerande FB, BFB= Bubblande FB, Pu= pulverbrännare, Ö= övrig typ av panna), och ”Ev pannändringar” anger huruvida ändringar utförts av pannan av betydelse för rökgassammansättningen och i så fall när. *Koliumn Drift:* ”Tid” anger antalet drifttimmar per år och ”Effekt” anger pannans effekt enligt Max/Normal.
Bränslespec: Specificerar bränslet (bränslekomponenterna anges i storleksordning följt av andelen för respektive). ”Större ändringar” anger större ändringar som inträffat vad gäller bränslesammansättningen.
vr: Hänvisning inom hakparentes refererar till motsvarande referensnummer för aktuell anläggning.

H.1 Tillsatser (grovdata)

A	Linje	Bränsle	Ptyp	Tillsatser
1	1	Bio	CFB	Ammoniumsulfat ([14], P), NH3[4] (avskiljaren[14])
2	1	Avf	R	NH3 (P). kalkmjölk (avsvavlingsskrubber)
3	KVP	Bio/RT	R	NH3 (P)
4	Bp	Bio	BFB	NH3 (P).
5	1-4	Avf	R	Urea (P). Aktivt kol och släckt kalk (före slangfi, [21]).
6	H2	Bio/torv	FB	NH3(pannan)
7	P1	Avf	R	NH3(P), kalk (för textilfi?)?
9	11	RT/Ö	R	Urea(P), ej kalk[16]
	13	Bio/RT/Ö	CFB	NH3(P), kalk(P,[18])
	14	Avf	CFB	NH3(P), kalk(NID)
10	1	Bio	Pu	-
	2	Bio	Pu	-[13]
	3	Bio	Pu	NH3 (SCR)
11	1,2	Avf	R	NH3(panna),kalk(rg-kanal, efter mava)
	3	Avf	R	NH3[(panna), kalk([före textfi)
	4	Avf	R	NH3(panna),kalk(Skrubber)
	6	Avf	CFB	NH3(avsk),kalk(före slangfi)
12	3	RT	?	Ammoniumsulfat(panna[7])
13	1	Ö[5]	R	Urea(P),Kalk(slangfi)
	2	Torv	Pu	Urea(P),Kalk(slangfi)
	3	RT	BFB	NH3(P),Kalk(slangfi)
14	Kvp	Bio/RT	BFB	NH3(panna)
15	34	Bio	Pu	NH3 (panna),svavelgranulat(panna,[2])
16	Bp	Bio	R	Urea(pannan)
17	Bp	Bio/RT	BFB	- (?)
18	1	Avf	CFB	?
	5	Avf	R	NH3(SCR)
19	7	Bio/Ö	R	-[26]
	8	Bio/Ö	CFB	Kalksten (eldstad),NH3(eldstad)
20	1	Ö/kol/bio	R	Urea (pannan), kalk([9], S-skrubbern)
	3	RT/bio/PPT	R	Urea (pannan)
21	KVV	Bio	CFB	NH3(avskiljaren)
23	1-2	Avf	R	NH3(panna),kalk(före slangfi)
	3-4	Avf	R	NH3(SCR), kalk (slurry i skrubber)
25	S2	Bio	CFB	NH3(panna)
26	1,4,5	Avf	R	NH3(panna), kalk (textilfi,[15])
28	1,3,4	Avf	R	Urea(panna), kalk ([31], textilfi, ev. också panna)
	5	Avf	R	NH3 (SCR), kalk (textilfi o/el P?)
29	KVV	Torv	?	NH3/Urea([3],panna),dolomit(panna),kalk[4](strax före slangfi)
30	CFB	Bio	CFB	NH3 (eldstad[10]), svavelgranulat ([Eldstad [7],[6])
	KVP	Bio	BFB	NH3 (eldstad[10]), svavelgranulat (Eldstad [7])
32	4	Torv	Ö	NH3(SCR,panna[7])
	5	Bio/RT	CFB	NH3(pannan), svavelgranulat ([16],panna)
34	5	Bio/torv	CFB	NH3(panna[17]), kalk(pannan).
35	P6[10]	Bio	R	NH3(panna)
	P7 [10]	Bio	R	NH3(panna),kalk(strax före filtret)
36	PVA1,2	Avf	BFB	NH3 (panna), kalk (reaktorn)
	ÅP1,2	Bio	R	Urea (pannan)

Tabell, bilaga H.1. Tillsatser (rådata). Ämnen som satts till i rökgaslinjen före matarvattenekonomisrar, avgaspannor eller luftförvärmare
Kolumn A: A= Anläggningsnummer (se bilaga A1)
Kolumn Linje: Benämning i enlighet med anläggningens interna nomenklatur.
Kolumn Bränsle: Bio= biobränsle, Avf= avfallsbränsle, RT= Returträ, Ö=övrigt bränsle (d v s exkl biobränsle, avfallsbränsle, returträ, torv, naturgas och kol).
Kolumn Ptyp: Ptyp= typ av panna, R=Rosterpanna, FB= fluidiserande bädd, CFB= cirkulerande FB, BFB= Bubblande FB, Pu= pulverbrännare, Ö= övrig typ av panna.
Kolumn Tillsatser: P=panna
Övr: Hänvisning inom hakparentes refererar till motsvarande referensnummer för aktuell anläggning

H.2 Tillsatser (tabell)

A	Linje	Bränsle	Tillsatser									Problem		
			S			Denox					Kalk			
			Al-sulfat	Granulat	?	NH3(P)	U(P)	NH3(R)	U(R)	?	Kalk(P)	Mava	Avgp	Lufo
1	1	Bio	1			1						-	#	-
2	1	Avf				1						-	#	#
3	KVP	Bio/RT				1						-	#	I*
4	Bp	Bio				1						-	#	-
5	1-3	Avf					1					-	-	#
	4	Avf										-	#	#
6	H2	Bio/torv				1						-	#	-
7	P1	Avf				1						-	#	#
9	11	RT					1					-	?	#
	13	Bio/RT/Ö				1						-	#	-
	14	Avf				1						-	#	#
10	1	Bio										I	-	I*
	2	Bio						0[13]				I	-	I*
	3	Bio						1				I	-	I*
11	1,2,3	Avf				1						-	#	#
	4	Avf				1						(E)	#	#
	6	Avf				1						I	#	#
12	3	RT	1									E,I	#	-
13	1	Bio/RT					1					#	-	#
	2	Torv					1					#	-	#
	3	RT				1						#	(E)	#
14	Kvp	Bio/RT				1						-	#	-
15	34	Bio		1		1						#	I	#
16	Bp	Bio					1					-	#	#
17	Bp	Bio/RT			?					?		-	-	-
18	1	Avf			?					?		-	#	#
	5	Avf				1						-	#	#
19	7	Bio/Ö										K	#	#
	8	Bio/Ö				1					1	-	#	#
20	1	Ö/kol/bio					1					I	-	#
	3	RT/bio/PPT					1					I	(K)	#
21	KVV	Bio				1						-	#	-
23	1-2	Avf				1						#	?	#
	3-4	Avf						1				-	#	#
25	S2	Bio				1						-	#	-
26	1	Avf				1						-	-	#
	4,5	Avf										(K)	-	#
28	1	Avf					1					?	-	#
	3											#	-	#
	4											-	-	#
	54	Avf						1				-	#	#
29	KVV	Torv				1	1				1	-	-	-*
30	CFB	Bio		(1)		1						#	#	#
	KVP	Bio		1		1						-	#	K
32	4	Torv				1		1				(I)	#	-*
	5	Bio/RT		1		1						-	#	-
34	5	Bio/torv				1					1	-	#	-
35	P6,P7[10]	Bio				1						#	-	#

36	PVA1,2	Avf				1						(S)	#	#
	ÅP1,2	Bio					1					(-)	-	-

Tabell, bilaga H.2. Tillsatser (tabellformat). Ämnen som satts till i rökgaslinjen före matarvattenekonomisrar, avgaspannor eller luftförvärmare. ”1” anger att tillsats gjorts av ämnet angivet i tillhörande kolumn medan ”0” att tillsats inte gjorts. Rutor som inte är ifyllda innebär att tillsats ej gjorts.
Kolumn A: A= Anläggningsnummer (se bilaga A1)
Kolumn Linje: Benämning i enlighet med anläggningens interna nomenklatur.
Kolumn Bränsle: Bio= biobränsle, Avf= avfallsbränsle, RT= Returträ, Ö=övrigt bränsle (d v s exkl biobränsle, avfallsbränsle, returträ, torv, naturgas och kol).
Kolumn Ptyp: Ptyp= typ av panna, R=Rosterpanna, FB= fluidiserande bädd, CFB= cirkulerande FB, BFB= Bubblande FB, Pu= pulverbrännare, Ö= övrig typ av panna.
Kolumn Tillsatser: P=panna, R=Reaktor
Kolumn Problem: Anger de problem som existerar för matarvattenekonomiser (Mava), avgaspanna (Avgp) och luftförvärmare (Lufo), där det för sistnämnda är markerat med asterisk efter kolumnuppgiften om luftförvärmaren är av typ Ljungström. Problemen kan vara av typ igensättning (I), erosion (E), Korrosion (K) eller sotning (S). Är problemet av mindre besvärande art så anges det med parentes runt problembeteckningen.
Övr: Hänvisning inom hakparentes refererar till motsvarande referensnummer för aktuell anläggning. Frågetecken och #-tecken innebär att uppgift ej erhållits respektive att uppgift inte kan erhållas p g a att enheten inte finns i rökgaslinjen.

I.1 Förutsättningar för matarvattenekonomiser

A	Linje	Bränsle	Sekvens (M)	Avvik	Miljö		Konstruktion			Drift				Övr	
					Rening	Rg-temp	Ändar	Tub	Material	Värmn	Va-temp	Sotn	Uh	Start	Tid[5]
1	KVP	Bio	M2/M1(M1/M2)[15]		Avsk	461/241	ute	kam	St45.8III	-	218/318	Ång(3)	Mekanisk (rev)	1996	7400
2	1	Avf	M3(HT)/M2(HT)/Fi/M1(HT)/M2-M1(LT)	M3(HT)/M2(HT)	-	?/?	?	Slät	St3583	Förvä	?/?	Slag (omfattn?)	?	2000	7800
				M1(HT)/M2-M1(LT)	Textfi							-[19]			
3	KVP	Bio/RT	M1/M2		-	348/182	Ute	Slät	St35.8	Förvä	146/206	Ång(2-3)	Vattentvätt (rev)	1994	6000
4	Bp	Bio	M1/M2	M1	-	?/?	?	Slät	Kolstål(?)	-	?/?	Ång(3)	?	1987	8300
				M2	-	?/?	Ute	Kam	Kolstål	?	?/?	Ång(3)	?	2005	
5	1	Avf	(?)		-	?/?	?	Slät	St35.8	-("?")	135/175	Kul(4g/h)[18]		2007(?)	8000
	2	Avf	(?)		-	?/?	?	Slät	St35.8	-("?")	135/175	"		2007	8000
	3	Avf	(?)		-	?/?	?	Slät	St35.8	-("?")	135/175	"		2007	8000
	4	Avf	(?)		-	?/?	?	Slät	St35.8	-("?")	"(?)	"(?	?	2005	8000
6	H2	Bio/torv	M1-M3(M3-M1)		Avsk	400-500/200-300	Ute	Slät	15Mo3	-	170-220/250-320	Ång(1)	- (?)	1996	7500
7	P1	Avf	1 (5 paket)		-	?/?	?	Slät	38.3	-	?/?	Slag	?	2002	?
9	11	RT/Ö	1 (4 pkt)		-	?/?	Ute	Kam	?	-	?/?	Luft (?!)	?	2007	5000
	13	Bio/RT/Ö	1 (7 pkt)		Avsk	?/?	Ute	Slät	?	-	?/?	Ång(omf?)[23]	?	2008	7000
	14	Avf	1 (6 paket)		Avsk	?/?	Inne	Slät	?	-	?/?	Ljud, Ång(1)	?	2002	7800
10	1-2	Bio	1 (1 pkt)		-	?/?	Ute	Kam	St35	Förvä	?/?	Ång(3)	?	1959(?!)	6000
	3				SCR										
11	1	Avf	1 (4 paket)		-	260/140	Inne	Kam	P235GH	Åter	125/?	Kul(4)	Sanering(*)	2009	8000
	2	Avf	1 (4 paket)		-	260/140	Inne	Kam	P235GH	Åter	125/?	Kul(4)	Sanering(*)	2009	8000
	3	Avf	2 (4 paket)		-	?/?	Ute	Slät	St35.8III	Förvä	125/?	Kul(24)	Ev. (*) blästring	(1986) 2006	
	4	Avf	1 (5 paket)		-	320/160	Inne	Slät	35.8I	Åter	120/195	Ång(3)	Sandblästring(?!*)	2005	8000

	6	Avf	1 (4 paket)		Avsk	430-500/140-160	Inne	Slät	Kolstål(*)	Åter	120/280	Ljud(omf?) Ång(1)	Vattenspol (menas ej pannan?)	2009[1]	
12	3	RT	1		Askfä	457/267[29]	Inne	Kam	15Mo3	Förvä	220/285	Ång(2)	Högtryckstvätt (2/år)	1994	7500
14	Kvp	Bio/RT	M1(1)/M2(3)/M3(1)	M1	-	?/?	Ute	Kam	St35.8III	-	?/?	Ång(4)[9]	?	1999	6000
				M2				Slät						2008	
	5			M3				Slät						1999	
16	Bp	Bio	M3/M2/M1[25]	M1	-	470/210	Inne	Slät	Kolstål	Förvä	156/278	Ång(12)	Vattentvätt(2/år)	2003	8300
				M2				Kam						b90t	
				M3				Kam						2003	
17	Bp	Bio/RT	Rg: M3(1)/Lufo/M2(1)/M1(1)	M1		?/?	Ute	Släta	Kolstål	-	?/?	Ång(3)	?	1997	?
				M2			Inne							1981	
				M3			Inne							2005	
18	1	Avf	1 (5)		Avsk	?/?	Inne	Släta	Kolstål	-	?/?	Ång(8)	?	2004	5800
	5	Avf	1 (3+)		-	?/?	Inne	Släta	Kolstål	?	?/?	Slag (kont)	?	2006	8000
19	7	Bio/Ö	M1/M2/M3	M1		?/?[48]	Ute	Slät	Kolstål	Åter[40]	?/?[48]	Ång(2)	Våtkonservering[43]	1995	3500
				M2,M3										1982	
	8	Bio/Ö	1 (2 pkt)		Avsk, Af	?/?[48]	Ute	Slät	Kolstål	Åter[50]	?/?[48]	Ång(2)	-	2004	8300
20	1	Ö/kol/bio	1 (2)		-	?/?	Ute	Kam	Gjut	-	125/210	Ång(3)	?	(1964) ?	5-6000
	3	RT/bio/PPT	1(2)		-	?/?	Ute	Kam	Kolstål	-[30]	125/250-260	Ång(3)	?	2008	8000
21	KVV	Bio	Rg: M2/Kat/M1(1B/1A)	M2	Avsk	490/360	Inne	Kam	St45.8	Förvä, åter	230/285	Ång(3)	Påläggssvets (v. behov)	2002	7000
				M1		360/245				Förvä		Ång(1)			
23	3	Avf	1(1)			?/?	Inne	Släta	Kolstål	-[24]	?/?	Slag (>24)	?	2005	7500
	4	Avf												2008	
25	S2	Bio	M1/M2		Avsk	450/260	?	Kam	St35.8III	Förvä	200/260	Ljud(90e s) Ång(1)	Mekanisk rengöring(*)	1997	7800
26	1	Avf	1 (4)		-	?/?	?	Slät	Kolstål	-	140/?	Kul(3g/h)	?	2001	7500-8000
	4,5	Avf										Slag (24)	?	1995	
28	1	Avf	1(x)		-	?/?	Inne	Slät	Kolstål	-	?/?	?	?	1983	8000
	4	Avf	1(x)		-	?/?	Inne	Slät	2343	-	?/?	?	?	2009	8000
	5	Avf	1(x)		-	?/?	?	Kam	Kolstål	-	?/?	- (?)	Sprängsot (rev)	2005	8500

29	KVV	Torv	1		-	600/380	Inne	Släta	13CrMo44	Förvä	235/300	Ång(3)	-	1973	3-3500
30	KVP	Bio	2 (x)		-	?/?	?	Kam	Kolstål	-	?/?	Ång(3) Ljud[8]	?	2000	7000
32	4	Torv	1		-	?/?	Inne	Släta	Kolstål	Förvä	?/?	Ång(2)	- (?)	1971	4-5000
	5	Bio/RT	1		Askav	?/?	Inne	Kam	Kolstål	Förvä	?/?	Ång(1)	-	2000	8000
34	5	Bio/torv	1 (2)		-	?/?	Ute	Kam	?	Förvä	?/?	Ljud (x) Ång (x)	?	1989	7000-7500
36	PVA1,2	Avf	1 (6)		Avsk	?/?	Ute	Slät	Kolstål	-	120/?	Ång(3) Ljud[23]	?	2004	8000
	ÅP1,2	Bio	1 (4)		-	?/?	Ute	Släta	Gjutjärn(?)	-	?/?	Kul(x)	?	-95-99(?)	5000

Tabell, bilaga I.1. Förutsättningar för matarvattenekonomiser. Anger uppgifter om anläggningen och om matavattenekonomisern vilka är, eller kan förmodas vara, av betydelse för uppkomst av skador, igensättningar eller övriga driftstörningar hos matavattenekonomisern.
Kolumn A: A= Anläggningsnummer (se bilaga A1)
Kolumn Linje: Benämning i enlighet med anläggningens interna nomenklatur.
Kolumn Bränsle: Bio= biobränsle, Avf= avfallsbränsle, RT= Returträ, Ö=övrigt bränsle (d v s exkl biobränsle, avfallsbränsle, returträ, torv, naturgas och kol).
Kolumn Sekvens: Anger vilka matarvattenekonomisrar som finns och ordningen för dessa, både i matarvatten- och rökgasled. Inom parentes efter respektive matarvattenekonomiser anges antalet paket. Numreringen anger ordning i vattenled om ej annat anges.
Kolumn Avvik: Om alla matarvattenekonomisrar eller paket inte är lika, utan avviker från varandra med avseende på någon av de i tabellen förekommande områdena, delas de upp i likvärdiga grupper, vilka då anges i denna kolumn på varsina rader. För gruppen i första raden anges samtliga uppgifter för de i tabellen förekommande områdena, medan det för gruppen/grupperna i den efterföljande raden/de efterföljande raderna endast anges avvikande uppgifter.
Kolumn Rening: Anger, i rökgasflödets riktning, för matarvattenekonomisern framförvarande reningssteg. Cy= cylinder, Avsk= askavskiljare (som ej är cylinder), Textfi= Textilfilter.
Kolumn Rg-temp: Anger enligt ”rökgastemperaur före första matarvattenekonomisern i rökgasflödets riktning”/ ”rökgastemperaur efter sista matarvattenekonomisern i rökgasflödets riktning”.
Kolumn Ändar: Anger om matarvattenekonomiserns rörändar ligger utanför (”ute”) eller innanför (”inne”) rökgaskanalen.
Kolumn Tub: Anger om tuberna är slättub (Slät”) eller kamflänstub (”Kam”).
Kolumn Material: Anger material hos tub (se bilaga L för specificering av materialsammansättning). För kamflänstuberna anges ej materialet för kammarna. C=kolstål, ss= stainless steel (rostfritt).
Kolumn Värmn: Anger om förvärmning av typen förvärmare (”Förvä”) eller återcirkulation (”Åter”) förekommer.
Kolumn Va-temp: Anger enligt ”vattentemperatur in i första matarvattenekonomisern i matarvattenflödets riktning”/ ”vattentemperatur ut ur sista matarvattenekonomisern i matarvattenflödets riktning”.

Kolumn Sotning: Anger vilken typ av sotning som utförs, och inom parentes därefter antal gånger per dygn som sotningen utförs. Ång= ångsotning, Slag=slagsotning, Kul= kulsotning, Ljud= ljudsotning. ”Omf?” anges inom parentes om uppgiften för omfattning av sotning saknas.
Kolumn Underhåll: Uppger om någon typ av underhåll annan än regelbunden/daglig sotning sker, och inom parentes hur ofta. ”Rev”= Revisionsperiod.
Kolumn Start: Anger driftstartår för matarvattenekonomisern. Har matarvattenekonomisern bytts ut en eller flera gånger uppges driftstartår för den första matarvattenekonomisern inom parentes (har matarvattenekonomisern bytts ut mer än en gång anges inte driftstartår för den eller de i tiden ”mellanliggande” matarvattenekonomisrarna).
Kolumn Tid: Anger drifttid per år för anläggningen. Är värdet mer än tusen är enheten timmar, och om det är 12 eller mindre är enheten månader.
Övr: Hänvisning inom hakparentes refererar till motsvarande referensnummer för aktuell anläggning.

I.2 Förutsättningar för avgaspannor

A	Linje	Bränsle	Sekvens (M)	Avvik						Drift				Övr	
					Rening	Rg-temp	Ändar	Tub	Material	Värmn	Va-temp	Sotn	Uh	Start	Tid[5]
5	1	Avf	(?)		-	?/?	?	Slät	St35.8	-("?")	135/175	Kul(4g/h) [18]		2007(?)	8000
	2	Avf	(?)		-	?/?	?	Slät	St35.8	-("?")	135/175	"		2007	8000
	3	Avf	(?)		-	?/?	?	Slät	St35.8	-("?")	135/175	"		2007	8000
10	1-2	Bio	1 (flera pkt)		Elfi	?/?	?	?	?	-(?)	?/?	?	?	2007	6000
13	1	Ö[5]	1 (2 pkt)		Elfi	?/?	?	Kam	St35.8	-	?/?	Ång(3)	?	1982(?)	6500
	2	Torv	1 (2 pkt)		Elfi	?/?	?	Kam	St35.8	-	?/?	Ång(1)	?	1982(?)	4500
	3	RT	1 (2 pkt)		-(?)	?/?	?	Släta	St35.8(?)	-	?/?	Ång(1-3)	?	2006-09	6-6500
15	34	Bio	E1/E2/E3		-	?/110-120	Inne	Kam	Kolstål	-	80/110	Ång(3)	Vattenrening(rev)	1995	5000
17 (*)	Bp	Bio/RT	1 (1)		Elfi	?/?	?	Lamell	?	-	?/?	-	?	1998	?
20	1	Ö/kol/bio	1 (6)		Avsk	?/?	Ute	Slät	?	?	?/?	Ång(3)	?	(1985) 2000	5-6000
	3	RT/bio/PPT	1(2)		Avsk	?/?	Ute	Kam	?	?	?/?	Ång(3)	?	1985 (?)	8000
23	1-2	Avf	1 (6)		-	?/?	Inne(?)	Släta	?	-	?/?	Ljud (omfattn?)	?	2005	5000
26	1	Avf	1 (2)		Elfi	?/?	Inne	Släta	Kolstål	-	120/160	Ljud(omf?)	?	2007	7500-8000
	4,5	Avf						Kam(?)			?/?	Kul(x) (?*)	?	2005	
28	1,3,4	Avf	1 (x), gem-ensam[6]		-	?/?	Ute	Kam	?	- (?)	?/?	Kul (>24)	?	1992	8500
29	KVV	Torv	1		Fallk[17],kat,elfi	?/?	Inne	Kam	?	-	?/?	-	Va-tvätt (v. behov/vart 3e år)	1973 (1998[13])	3-3500
35	P6	Bio	1		Elfi	?/134	?	Kam	?	Återcirk	?/?	-	Spolar (rev)	2007-8	3000
	P7	Bio	1		Askutm	?/134	?	Slät	?	Återcirk	?/?	Kul(6)	?	2007-8	3500
36	ÅP1,2	Bio		Pkt 1	Elfi	?/?	Ute	Kam	Syrafast	- ("?")	?/?	?	?	(ca 1980) sl 90t	5000
				Övr					Kolstål						

T**abell, bilaga I.2. Förutsättningar för avgaspanna.** Uppgifter om anläggningen och om avgaspanna vilka är, eller kan förmodas vara, av betydelse för uppkomst av skador, igensättningar eller övriga driftstörningar hos avgaspannan.
Kolumn A: A= Anläggningsnummer (se bilaga A1)
Kolumn Linje: Benämning i enlighet med anläggningens interna nomenklatur.
Kolumn Bränsle: Bio= biobränsle, Avf= avfallsbränsle, RT= Returträ, Ö=övrigt bränsle (d v s exkl biobränsle, avfallsbränsle, returträ, torv, naturgas och kol).
Kolumn Sekvens: Anger vilka avgaspannor som finns och ordningen för dessa, både i matarvatten- och rökgasled. Inom parentes efter respektive avgaspanna anges antalet paket. Numreringen anger ordning i vattenled om ej annat anges.
Kolumn Avvik: Om alla avgaspannor eller paket inte är lika, utan avviker från varandra med avseende på någon av de i tabellen förekommande områdena, delas de upp i likvärdiga grupper, vilka då anges i denna kolumn på varsina rader. För gruppen i första raden anges samtliga uppgifter för de i tabellen förekommande områdena, medan det för gruppen/grupperna i den efterföljande raden/de efterföljande raderna endast anges avvikande uppgifter.
Kolumn Rening: Anger, i rökgasflödets riktning, för avgaspannan framförvarande reningssteg. Cy= cylinder, Avsk= askavskiljare (som ej är cylinder), Textfi= Textilfilter.
Kolumn Rg-temp: Anger enligt ”rökgastemperaur före första avgaspannan i rökgasflödets riktning”/ ”rökgastemperaur efter sista avgaspannan i rökgasflödets riktning”.
Kolumn Ändar: Anger om avgaspannans rörändar ligger utanför (”ute”) eller innanför (”inne”) rökgaskanalen.
Kolumn Tub: Anger om tuberna är slättub (Slät”) eller kamflänstub (”Kam”).
Kolumn Material: Anger material hos tub (se bilaga L för specificering av materialsammansättning). För kamflänstuberna anges ej materialet för kammarna. C=kolstål, ss= stainless steel (rostfritt).
Kolumn Värmn: Anger om förvärmning av typen förvärmare (”Förvä”) eller återcirkulation (”Åter”) förekommer.
Kolumn Va-temp: Anger enligt ”vattentemperatur in i första avgaspannan i vattenflödets riktning”/ ”vattentemperatur ut ur sista avgaspannan i vatenflödets riktning”.
Kolumn Sotning: Anger vilken typ av sotning som utförs, och inom parentes därefter antal gånger per dygn som sotningen utförs. Ång= ångsotning, Slag=slagsotning, Kul= kulsotning, Ljud= ljudsotning. ”Omf?” anges inom parentes om uppgiften för omfattning av sotning saknas.
Kolumn Underhåll: Uppger om någon typ av underhåll annan än regelbunden/daglig sotning sker, och inom parentes hur ofta. ”Rev”= Revisionsperiod.
Kolumn Start: Anger driftstartår för avgaspannan. Har avgaspannan bytts ut en eller flera gånger uppges driftstartår för den första avgaspannan inom parentes (har avgaspannan bytts ut mer än en gång anges inte driftstartår för den eller de i tiden ”mellanliggande” avgaspannorna).
Kolumn Tid: Anger drifttid per år för anläggningen. Är värdet mer än tusen är enheten timmar, och om det är 12 eller mindre är enheten månader.
Övr: Hänvisning inom hakparentes refererar till motsvarande referensnummer för aktuell anläggning.

I.3 Förutsättningar för luftförvärmare

Konstruktion

A	Linje	Bränsle	Sekvens	Spec	Avvik	Miljö		Konstr					Drift				Övr	
						Rening	Rg-temp	Ändar	Läge	Medium	Tub	Material	Värmn	Va-temp	Sotn	Uh	Start	Tid[5]
1	KVP	Bio	L1-L5(L5-L1), P o. S // (?).	Tub	L1	Avsk	241/145	Kanal	Ute(?)	tub	slät	ss/903L	-	P:58/66,S:58/76	Ång(3)	Visuellt, tjocklek	1996	7400
					L2-L5							Fe37B					1996	
3	KVP	Bio/RT	1	Ljung		Uppsaml	182/110	#	#	#	#	10130DC[19]	-[2]	60/170	Ång(2)	Vattenrening (driftstopp)	(1994) 2008	6000
4	Bp	Bio	L0(1-4)/L1(1-4)	Tub		-	?/?	?	?	?	slät	Kolstål	-	?/?	Ång(1)	?	1987	8300
6	H2	Bio/torv	L1-L5(L5-L1), P o. S // (?).	Tub	L1,L2	Avsk	200-300/ 115-145(?)	Kanal	Ute(?)	tub	slät	SS2343	Förvä	P:45-70/185-210[41] S:40-70/190-215	Ång(1)	Mekanisk (rev?)	1996	7500
					L3-L5							Kolstål						
9	13	Bio/RT/Ö	P1,P2,S1,S2	Tub	P1,S1(?)	Avsk	?/?	Kanal	Ute(?)	Tub(?)	Slät	ss	Förvä	?/?	?	?	2007	7000
					P2,S2(?)							kolstål					1993	
10	1-2	Bio	1	Ljung		-	?/?	#	#	#	#	?	- [22]	?/?	Ång (6)	?	2000-01	6000
	3	Bio				SCR											1959(?!)	
12	3	RT	L2(P4/P3/S1)/elfi/L1(P2/P1)	Tub	L2(S1)	Askfä	191/170	Kanal	Ute(?)	tub	Slät	Ss(*)	-	S:76/219	?*	?*	1994	7500
					Övr							Kolstål(*)		L1:132 /163 L2(P3,P4):163/231				
14	Kvp	Bio/RT	L1,L2,L3 (P o. S //)	Tub		-	?/?	Kanal(?)	Ute(?)	Tub(?)	Slät	?	Förvä	?/?	Ång(6)	?	1999	6000
17	Bp	Bio/RT	Antal?, P o. S //?	Tub	P	-	?/?	Kanal(?)	Ute(?)	Tub(?)	Slät	Kolstål	Förvä	?/?	?	?	1997	?
					S												1981(?)	
19	8	Bio/Ö	L1/2/3/4	Tub	1	avsk, askfä	281-375/ 135-149	Kanal	Ute	tub	Slät	St37.2II	Förvä	P: 87/300 S: 28/265	Ång(2)	?	2010	
					2-4												2004	
21	KVV	Bio	L1/L2	Tub	L1	avsk, askfä	250/140	Kanal	Ute	Tub	Slät	316	-[12]	42/213	Ång(2-3)	-	2002	7000
					L2							Kolstål						
25	S2	Bio	L1/L2(?*)	Tub	L1	Avsk	260/140	Kanal	Ute	Tub	Kam	Ss(*)	Förvä	50-75/230	Ång(1) Ljud(ekon)	Mekanisk rengöring	1999	7800
					L2							Fe37B					1996	

29	KVV	Torv	1	Ljung		Fallk[17],kat	390/170	#	#	#	#	Kolstål	-	40/325	Ång(3)	?	1973 (1999)	3-3500
30	KVP	Bio	L1/L2/L3 P1/P2, S1/S2/S3 (?)	Tub	P1,S1, S2	-	?/?	Kanal(?)	Ute(?)	Tub(?)	Slät	ss (?)	Förvä	?/?	Ång(3)[15]	?	2010	7000
					P2,S3							Kolstål(?)						
32	4	Torv	2 parallella rg-kanaler, 1 i varje	Ljung		Kat	?/?	#	#	#	#	Kolstål(?)	Förvä	?/?	Ång(1)	Vattentvätt v. behov [24]	1971	4-5000
	5	Bio/RT	5 paket, // kanaler f. P o. S(?)	Tub		Avsk, kat	?/140-170	Kanal	Ute	Tub	släta	Kolstål [20]	Förvä	?/?	Ång(1)	-	2000	8000
												ss						
34	5	Bio/torv	1 (// slingor för P,S). Fig!	Tub		-	?/?	Kanal(?)	Ute(?)	Tub(?)	Släta(?)	2343	Förvä	?/?	?	?	2005	7000-7500
36	ÅP1,2	Bio	(?)	Tub		Elfi	?/?	?(*)	?	Tub(?)	Kam	Kolstål[28]	Förvä	?/?	?	?	(60t)	5000

T**abell, bilaga I.3. Förutsättningar för luftförvärmare.** Uppgifter om anläggningen och om rökgasvärmda luftförvärmare vilka är, eller kan förmodas vara, av betydelse för uppkomst av skador, igensättningar eller övriga driftstörningar hos luftförvärmaren.
Kolumn A: A= Anläggningsnummer (se bilaga A1).
Kolumn Linje: Benämning i enlighet med anläggningens interna nomenklatur.
Kolumn Bränsle: Bio= biobränsle, Avf= avfallsbränsle, RT= Returträ, Ö=övrigt bränsle (d v s exkl biobränsle, avfallsbränsle, returträ, torv, naturgas och kol).
Kolumn Sekvens: Anger vilka luftförvärmare som finns och ordningen för dessa, både i matarvatten- och rökgasled. Inom parentes efter respektive luftförvärmare anges antalet paket. L= Luftförvärmare, P= Primärluftförvärmare, S=Sekundärluftförvärmare, //= i luftförvärmaren parallella linjer. Numreringen anger ordning i luftflödesled om ej annat anges.
Kolumn Spec: Anger om luftförvärmaren är av tub- eller Ljungströmtyp. Ljung= Ljungström.
Kolumn Avvik: Om alla luftförvärmare eller paket inte är lika, utan avviker från varandra med avseende på någon av de i tabellen förekommande områdena, delas de upp i likvärdiga grupper, vilka då anges i denna kolumn på varsina rader. För gruppen i första raden anges samtliga uppgifter för de i tabellen förekommande områdena, medan det för gruppen/grupperna i den efterföljande raden/de efterföljande raderna endast anges avvikande uppgifter.
Kolumn Rening: Anger, i rökgasflödets riktning, för luftförvärmare framförvarande reningssteg. Cy= cylinder, Avsk= askavskiljare (som ej är cylinder), Textfi= Textilfilter.
Kolumn Rg-temp: Anger enligt ”rökgastemperaur före första luftförvärmaren i rökgasflödets riktning”/ ”rökgastemperaur efter sista luftförvärmaren i rökgasflödets riktning”.
Kolumn Ändar: Anger om luftförvärmarens rörändar utgörs av vändkanal (”Kanal”) eller rörkrök (”Rör”).
Kolumn Läge: Anger om luftförvärmarens ändar ligger utanför (”ute”) eller innanför (”inne”) rökgaskanalen.
Kolumn Medium: Anger om luften går inne i tuberna (”Tub”) eller utanför/omgivning (”Omgiv”).
Kolumn Tub: Anger om tuberna är slättub (Slät”) eller kamflänstub (”Kam”).
Kolumn Material: Anger material hos tub (se bilaga L för specificering av materialsammansättning). För kamflänstuberna anges ej materialet för kammarna. C=kolstål, ss= stainless steel (rostfritt).

Kolumn Värmn: Anger om förvärmning av typen förvärmare (”Förvä”) eller återcirkulation (”Åter”) förekommer.
Kolumn Va-temp: Anger enligt ”lufttemperatur in i första avgaspannan i luftflödets riktning”/ ”lufttemperatur ut ur sista avgaspannan i luftflödets riktning”. L= Luftförvärmare, P= Primärluftförvärmare, S=Sekundärluftförvärmare.
Kolumn Sotning: Anger vilken typ av sotning som utförs, och inom parentes därefter antal gånger per dygn som sotningen utförs. Ång= ångsotning, Slag=slagsotning, Kul= kulsotning, Ljud= ljudsotning. ”Omf?” anges inom parentes om uppgiften för omfattning av sotning saknas.
Kolumn Underhåll: Uppger om någon typ av underhåll annan än regelbunden/daglig sotning sker, och inom parentes hur ofta. ”Rev”= Revisionsperiod.
Kolumn Start: Anger driftstartår för luftförvärmaren. Har luftförvärmaren bytts ut en eller flera gånger uppges driftstartår för den första luftförvärmaren inom parentes (har luftförvärmaren bytts ut mer än en gång anges inte driftstartår för den eller de i tiden ”mellanliggande” luftförvärmarna).
Kolumn Tid: Anger drifttid per år för anläggningen. Är värdet mer än tusen är enheten timmar, och om det är 12 eller mindre är enheten månader.
Beteckningar: Beteckningar och förkortningar ej angivna under respektive kolumn. #= uppgift som ej kan ges, p g a att det som uppgiften efterfrågas på inte finns.
Övr: Hänvisning inom hakparentes refererar till motsvarande referensnummer för aktuell anläggning.

J.1 Problemerfarenheter matarvattenekonomiser

A	Linje	Bränsle	Avvik	Nuvarande problem		Tidigare problem			
				Spec	Åtgärdsplan	Spec	Orsak	Åtgärd	Resultat
1	1	Bio		-	-	Läckor	Ångsotn	Svetsrep, skyddsplåt	OK
2	1	Avf	M3,M2(HT)	-		-			
			M1(HT),M2,M1(LT)	-		Sotningserosion		Tog bort kulsotning, bättre textilfi	OK
3	KVP	Bio/RT	M1,M2	-		-			
4	Bp	Bio	M1/M2	-		-			
5	1-4	Avf	(?)/Mava-avgasp	-		Hål svetsar	Dåliga svetsar/ konstruktionsmiss[22]	Bytte	OK
	2	Avf	(?)	-		-			
	3	Avf	(?)	-		-			
	4	Avf	(?)	-		-			
6	H2	Bio/torv	Mava	-	-	-	#	#	#
7	P1	Avf	Mava	-		Mekanisk slitage pga slagsotning		Bytte mava o. instalerade vibdämpare	
9	11	RT/Ö	1 (4 pkt)	- [51]		Enstaka rör och vingar bytts, hela 1996 o. 2007	Åldersk(?)	- [7]	
	13	Bio/RT/Ö	1 (7 pkt)	-		Förslitning [24], bytte t. slättub 2008. Enstaka rör och vingar bytts.	Flödeserosion [24]	Askhyllor 2008, slätrör 2008.	OK
	14	Avf	1 (6 paket)	-		Förslitning vänddtuber	Felkonstruktion [46]	Åtgärdade (=?), askhyllor 2008	OK
10	1-3	Bio	1 (1 pkt)	Kraftiga igensättningar (senaste år)	Citronsyra [19]	Viss förslitning vid ångblåsare	-	-	
11	1,2	Avf	Mava	-[17*]	-	-	#	#	#
	3	Avf	Mava	-		Läckage före 2006, bytte 2006.	Kondenskorr[66], åldersk	(håller sig över daggpunktstemp)	OK
	4	Avf	Mava	(K),(E; pkt 5)	-	Tubskador	Sotblåsar- och askerosion	Tubskydd	Bättre
	6	Avf	Mava	Igensättn (trots slät?!)[51]	-	Igensättningar, läckage [15], byte ekon (2009) t. samma	Igensättn	Askhyllor (ej tillräckligt), ljudsotn	Oklart
12	3	RT	Mava	Erosionsskador och igensättningar [21].	Byta eko 2012[30].	E pga igensättningar (nedre pkt delvis bytt) o. ångsotning[28]		Ska byta ekon	Pågår
14	Kvp	Bio/RT	M2	-		Igensättningar	Höjde effekt 2004	Bytte t. slät (fr. kam)	OK
			M1,M3			-		?	
16	Bp	Bio	Eko1[25]	-		Igensättningar o. läckage	Lasthöjningar [6].	Bytte fr kamfläns t. släta 2003	OK
			Eko2,3						
17	Bp	Bio/RT	M1	-		Konstruktionsfel		Åtgärdades	
			M2	-		Erosion	Sotning	Gjort så bättre dränering	OK
			M3	-	-	Viss erosion sidoväggar	Flöde	Skyddsplåtar	OK

18	1	Avf	Mava (3)	-		Igensättningar		Glesade paketet v. byte (2004)	
	5	Avf	Mava (3+)	-		-(?)			
19	7	Bio/Ö	M1	K genomföringar [42]	-	Sliten	Ålderskorrosion	Bytte 1995 t. samma [41]	(OK)
			M2,M3	-				-	
	8	Bio	Mava(flera?)	-	-	-	#	#	#
20	1	Ö/kol/bio	1(2)	Igensättningar	-	Igensättningar, bytt (t. likvärdig/kam)	Variation i asksamman-sättning/ bränsle	-	
	3	RT/bio/PPT	1(2)	Igensättningar i mellanväggar	-	Igensättningar, bytt 2008	"	Bytte t. släta [4]	Bättre
21	KVV	Bio	M2,M1(1A	-	-	Läckor svetsar, uttunnat material	Dåliga svetsar, erosion	Bytte, påläggssvets o. skyddsplåt	OK
			M1(1B)				+E pga turbulens [22]	Ändrade inflöde [22]	OK
23	3-4	Avf		-		-			
25	S2	Bio	M1(1A/1B)/M2	-	-	Materialskada	Sotblåsare (kondvatten)	Påläggssvets, skyddsplåt	OK
26	1	Avf	1(2)	-		-			
	4,5	Avf				Någon läcka Visst angrepp	Svetsdefekt Åldersk		
28	1	Avf	1(x)	- (?)		Tubläckage	?	?	
	4	Avf	1(x)	-		Skadades	?	Bytte 2009 till 2343	OK
	5	Avf	1(x)	-		-			
29	KVV	Torv		-[12]	-	-	#	#	
30	KVP	Bio	2(x)	-		-			
32	4	Torv		Lite igensättningar	-	Lite igensättningar		-	(OK)
	5	Bio/RT		-		-	#	#	
34	5	Bio/torv	1 (2)	-		- (?)			
36	PVA1,2	Avf	1 (6)	Viss ångsotnerosion (?!)	- (?)	Tubskador	Ångsotnerosion (felinställda)	Åtgärdade felinsträln, Tubskydd	(OK)
	ÅP1,2	Bio	1 (4)	(-)		Tubläckor	Långvarig proc (ej i samband med drift- eller bränsleändring)	Lagade, övr?	(OK)

Tabell, bilaga J.1. Problemerfarenheter för matarvattenekonomisrar. Anger nuvarande eller tidigare uppkomna problem rörande skador, igensättningar eller övriga driftstörningar hos matarvattenekonomisern.
Kolumn A: A= Anläggningsnummer (se bilaga A1)
Kolumn Linje: Benämning i enlighet med anläggningens interna nomenklatur.
Kolumn Bränsle: Bio= biobränsle, Avf= avfallsbränsle, RT= Returträ, Ö=övrigt bränsle (d v s exkl biobränsle, avfallsbränsle, returträ, torv, naturgas och kol).
Kolumn Avvik: Om alla matarvattenekonomisrar eller paket inte är lika, utan avviker från varandra med avseende på någon av de i tabellen förekommande områdena, delas de upp i likvärdiga grupper, vilka då anges i denna kolumn på varsina rader. För gruppen i första raden anges samtliga uppgifter för de i tabellen förekommande områdena, medan det för gruppen/grupperna i den efterföljande raden/de efterföljande raderna endast anges avvikande uppgifter.
Övr: Hänvisning inom hakparentes refererar till motsvarande referensnummer för aktuell anläggning.

J.2 Problemerfarenheter avgaspannor

A	Linje	Bränsle	Ekon	Nuvarande problem		Tidigare problem			
				Spec	Åtgärdsplan	Spec	Orsak	Åtgärd	Resultat
5	1-2	Avf	3[1]	-(?)		? (se mava)			
	3		2[28]	”		”			
9	11	Avf		?		?			
10	1-2	Bio		-		-			
13	1	Ö[5]		-		- (?)			
	2	Torv		-		- (?)			
	3	RT		Viss erosion pga BFB	-	Svårt svetsa Läckage Kamflänsar rostade bort	Urkolat/ålderskorr Sotblåsare Kondenskorr	Bytte ? ?	OK
15	34	Bio	E1/E2/E3	-[17]	-	Eskada (sotblåsare fastnat i fel läge), igensättn (akutst 2009)		-	[17]
17(*)	Bp	Bio/RT	1 (1)	-		Korroderade bort på 1 år, 1997	Felaktigt material	Bytte t. bättre material 1998	OK
20	1	Ö/kol/bio		-		Igensättningar		Byttte t. släta	OK
	3	RT/bio		Slitningar i böjarna, ålderskorr	Ev. ta bort [32]	(K)			
23	1	Avf	1 (6)	-		Flänsar trillade av	Kulsotning	Bytte t. slättub	OK(?)
	2	Avf		-		?			
26	1	Avf		-		Bytte avgasp 2007	Åldersk		
	4,5	Avf		-		Bytte avgasp 2005	Åldersk		
28	1,3,4	Avf	1(x), Gem	-		Samlingslådor	Erosion/ U	Ändrade utformning [4]	OK
29	KVV	Torv		-	-	Igensättning	Underskred TDP [14]	Bytte inkrom	OK
35	P6	Bio	1	-	-	Tuber korroderat sönder	Kondenskorr [15]	Ändrade drift	OK
	P7	Bio	1	-	-	Tuber korroderat sönder	Kondenskorr [15]	Ändrade drift	OK
36	ÅP1,2	Bio	1 (x); pkt 1	-		Flänsbitar rostade bort	Oklart (kond eller E [21])	Tubskydd; försköt, syrafast sl 90t	OK
			pkt 2	K	Byte	-			
			Övr	-		-			

T**abell, bilaga J.2. Problemerfarenheter för avgaspannor.** Anger nuvarande eller tidigare uppkomna problem rörande skador, igensättningar eller övriga driftstörningar hos avgaspannan.
Kolumn A: A= Anläggningsnummer (se bilaga A1)
Kolumn Linje: Benämning i enlighet med anläggningens interna nomenklatur.
Kolumn Bränsle: Bio= biobränsle, Avf= avfallsbränsle, RT= Returträ, Ö=övrigt bränsle (d v s exkl biobränsle, avfallsbränsle, returträ, torv, naturgas och kol).
Kolumn Avvik: Om alla avgaspannor eller paket inte är lika, utan avviker från varandra med avseende på någon av de i tabellen förekommande områdena, delas de upp i likvärdiga grupper, vilka då anges i denna kolumn på varsina rader. För gruppen i första raden anges samtliga uppgifter för de i tabellen förekommande områdena, medan det för gruppen/grupperna i den efterföljande raden/de efterföljande raderna endast anges avvikande uppgifter.
Övr: Hänvisning inom hakparentes refererar till motsvarande referensnummer för aktuell anläggning.

J.3 Problemerfarenheter luftförvärmare

A	Linje	Bränsle	Avvik	Nuvarande problem		Tidigare problem			
				Spec	Åtgärdsplan	Spec	Orsak	Åtgärd	Resultat
1	1	Bio	L1	-	-	Genombrkorr, bytt 3 ggr.	Kondenskorr [28]	T. urspr kolstå 2 första, sista 2002 rostfritt.	OK
			L2-L5			-	-	-	
3	KVP	Bio/RT		Igensättn	-	Igensättn o. förslitning	Förslitn pga igensättn	Bytte 2008, t. tätare?!	Sämre
4	Bp	Bio	L0(1)	-		Sprickor (1995-200)	?	?	OK(?)
			Övr	-			-		
6	H2	Bio/torv	L1,L2	-	-	Korr	Trol. kondkorr	Insticksrör (hjälpte ej[20]), till 2343	OK
			L3-L5			-	#	#	
9	13	Bio/RT/Ö	P1,S1(?	- (?)		Hål nära väggar	Kondenskorrr	Insticksrör (fördröjde), 2007 ss(=?)	OK
			P2,S2	- (?)		-			
10	1-3	Bio		Igensättningar. Oklart orsak (tätare segment el. övergång trä fr kol)	Byten[10]	Slitage bärrullar		Bytte fr Ljungström t. Howden (hänger i bärlagret)	OK
12	3	RT	L2(S2)	- (troligen ej helt borta)		Kondenskorr		Byte t. rostfritt	OK
			Övr	-		-			
14	Kvp	Bio/RT		-		-			
17	Bp	Bio/RT	P	-		Bytte 1997	Åldersk?		(OK)
			S	-		?			
19	8	Bio/Ö	L1	-	-	Hål 2008	Oklart[11]	Insticksrör först Rostfritt 2010	Hjälpte ej[11] OK
			L2-L4	-		-	#	#	#
21	KVV	Bio	L1	-	-	Tubkorr, bytte 2007. Mantelkorr	Kondenskorr (troligen). Dålig isolering	Fr kolstål t. 316 Isolerade.	OK OK
			L2			-			
25	S2	Bio		-	-	Genombrkorr 1999 ”kallaste” paketen	Kondenskorr (förvä användes ej)	Bytte t. ss ”kallaste” paketen [7]	OK
29	KVV	Torv		-		Igensättning		Rengöring[10], andra ångbl[15]	
30	KVP	Bio	P1,S2	Smärre korr		Bytte paket 2010	?	?	OK(?)
			S1	K (?)	?	”	”	”	
			P2,S3	Smärre korr		-			
32	4	Torv		-		-			
	5	Bio/RT	”Kallaste”	-		Tubhål.	Kondenskorr	Bytte t. ädlare material	OK
			Övr			-			
34	5	Bio/torv		-		Tubläckor	Kondenskorr [19]	Insatstub; uppsköt problemet Materialbyte (fr kolstål) t. rostfr	OK

T**abell, bilaga J.3. Problemerfarenheter för luftförvärmare.** Anger nuvarande eller tidigare uppkomna problem rörande skador, igensättningar eller övriga driftstörningar hos rökgasvärmda luftförvärmare.
Kolumn A: A= Anläggningsnummer (se bilaga A1)
Kolumn Linje: Benämning i enlighet med anläggningens interna nomenklatur.
Kolumn Bränsle: Bio= biobränsle, Avf= avfallsbränsle, RT= Returträ, Ö=övrigt bränsle (d v s exkl biobränsle, avfallsbränsle, returträ, torv, naturgas och kol).
Kolumn Avvik: Om alla luftförvärmare eller paket inte är lika, utan avviker från varandra med avseende på någon av de i tabellen förekommande områdena, delas de upp i likvärdiga grupper, vilka då anges i denna kolumn på varsina rader. För gruppen i första raden anges samtliga uppgifter för de i tabellen förekommande områdena, medan det för gruppen/grupperna i den efterföljande raden/de efterföljande raderna endast anges avvikande uppgifter.
Beteckningar: Beteckningar och förkortningar ej angivna under respektive kolumn. #= uppgift som ej kan ges, p g a att det som uppgiften efterfrågas på inte finns.
Övr: Hänvisning inom hakparentes refererar till motsvarande referensnummer för aktuell anläggning.

K Problemuppkomster och åtgärder (samtliga enheter)

	A	Linje	Skada	Orsak	Åtgärd	Resultat
Mava	1	1	Läckor	Ångsotning	Skyddsplåt	OK
	3	KVP	Erosion	Kulsotning	Tog bort, bättre textilfilter	OK
	5	1-4	Läckor i svetsar	Dåliga svetsar, felkonstruktion	Bytte enhet	OK
	7	P1	Mekansikt slitage	Slagsotning	Installerade vibrationsdämpare.	OK
	9	11	Förslitning	Ålderskorrosion	Bytte enhet	OK
		13	Förslitning	Igensättning med påföljande ökad erosion[24]	Bytte t. slätrör, satte in askhyllor.	OK
		14	Förslitning vändtuber	Felkonstruktion[46]	Askhyllor (mm)?	OK
	10	1-3	Igensättningar		Citronsyra[19]	Bättre
		1-3	Viss förslitning	Ångblåsare	- (?)	
	11	3	Läckage	Kondenskorrosion[66], ålderskorrosion	Håller sig över daggpunktstemp	OK
		4	Förslitning	Ångblåsare, askerosion	Tubskydd, ej ngt mot askerosion?	Bättre
		6	Igensättningar[51] m. påfölj (?*) läckage[15]		Askhyllor, ljudsotning (fr. vad?*)	Oklart
	12	3	Igensättningar[21]	För trångt (kamfläns), o. pga sotningsskada[26,28]	Ska byta till slätrör[30]	Oklart
	14	KVP	Igensättningar	Lasthöjning	Bytte t. slättub	OK
	16	Bp	Igensättningar (med påföljande läckage)	Lasthöjning[6]	Bytte t. släta	OK
	17	Bp	Skador	Konstruktionsfel	Åtgärdades (garanti)	OK
			Erosionsskada	Ångsotning	Förbättrade dränering ångsotare	OK
			Erosion sidoväggar	Besvärande strömningsbild	Skyddsplåtar	OK
	18	1	Igensättningar	För trångt	Glesade paket vid byte	OK
	20	1	Igensättningar	Variationer i bränsle [x]	-	-
		3	Igensättning	Trångt	Bytte t. släta[4]	Bättre
			Igensättning mellanväggar	Konstruktionsutformning	-	
	21	KVV	Läckor svetsar	Dåliga svetsar	Bytte (svetsar?)	OK
			Uttunnat tubmaterial	Erosion	Skyddsplåt	OK
			Uttunnat tubmaterial vissa delar	Besvärande strömningsbild[22]	Ändrade inflöde[22]	OK
	25	S2	Materialskada	Kondensvatten från ångbåsare	Skyddsplåt	OK
	26	4,5	Läcka i svets	Svetsdefekt, ålderskorrosion	Påläggssvetsning	(OK)
	28	1	Tubläckage	?	?	?
		4	Tubläckage	?	Bytte till 2343	OK
	36	PVA1,2	Erosion vid ångsotblåsare	Felinställda ångsotblåsare	Justerade inställning	(OK)
			"	Kondensvatten från ångbåsare	Tubskydd	(OK)

		ÅP1,2	Tubläckor	Ålderskorrosion	-	(OK)
Avgasp	13	3	Erosion	Sand fr BFB (ej CFB?!)	-	(-)
			Kamflänsar rostade bort	Kondenskorr	?	OK?
			Läckage	Ångsotblåsare	?	OK?
	15	34	Erosionsskada	Ångsotblåsare (fastnat i fel läge)	Åtgärdat	OK
			Igensättning (akutstopp)	?	?	-(?)
	20	3	Förslitning i böjar	Ålderskorrosion	Ev. ta bort[32]	Oklart
	23	1	Flänsar trillade av	Kulsotning	Bytte t. slättub (istf sotningsmetod?!)	OK
	26	1	Förslitning	Ålderskorrosion	Bytte	OK
		4,5	Förslitning	Ålderskorrosion	Bytte	OK
	28	1,3,4	Förslitning samlingslådor	Konstruktionsbrist	Ändrade utformning[4]	OK
	29	KVV	Igensättning	Underskred daggpunktstemperaturen[14]	Bytte, upprätthöll T>TDP	OK
	35	P6,P7	Tuber korroderade sönder	Kondenskorrosion[15]	Ändrade drift	OK
	36	ÅP1,2	Flänsbitar rostade bort	Kondens eller erosion[21]	Tubskydd prövades	- (?)
					Syrafast	OK
L(tub)	1	1	Genombrottskorrosion	Kondenskorr[28]	Kolstål igen	-
	4	Bp	Sprickor (1995-2010*)	?	?	OK*
	6	H2	Korrosion	Troligen kondenskorrosion	Insticksrör[20]	Uppsköt
					Byte till 2343	OK
	9	13	Hål nära väggar	Kondenskorrosion	Insticksrör	Uppsköt
					Byte till 2343	OK
	12	3	Korrosion	Kondenskorrosion	Byte till rostfritt	Bättre
	17	Bp		Ålderskorrosion	Byte till rostfritt	(OK)
	19	8	Hål nära väggar	Oklart[11]	Insticksrör	Uppsköt
					Rostfritt	OK
	21	KVV	Tubkorr	Troligen kondenskorrosion	Byte till 316	OK
			Mantelkorr	Dålig isolering	Isolerade	OK
	25	S2	Genombrottskorrosion	Kondenskorrosion (förvärmaren användes ej)	Bytte till rostfritt[7]	OK
	34	5	Tubläckor	Kondenskorrosion[19]	Insatstub	Uppsköt
					Byte till rostfritt	OK
L(Ljung)	3	KVP	Förslitning	Igensättning med påföljande ökad erosion[24]	Bytte t. tätare(?!)	Sämre
	10	1-3	Igensättningar	Oklart om byte till tätare segment eller övergång till trä från kol (skedde samtidigt)	Kontinuerliga byten av segment[10]	(-)
			Slitage bärrullar	Konstruktionsberoende	Bytte från Ljungström till Howden	OK
	29	KVV	Igensättningar		Rengöring[10] o. andra ångblåsare	OK

	32	5	Tubhål	Kondenskorrosion	Bytte till ädlare material	OK

L Materialsammansättning

Formellt namn	Trivialnamn	Typ	Sammansättning									
			C	Cr	Mo	Ni	Mn	Si	Cu	V	P	S
13CrMo44		C	0.1-0.18	0.7-1.1	0.45-0.65		0.4-0.7	0.1-0.35				
DIN 2440/2441	St 35.8	C	<0.17	0.3		0.3	0.4-0.8	0.15-0.35	0.25			
EN10028	15Mo3	C	0.12-0.2	0.25	0.25-0.35	0.3	0.4-0.9	0.1-0.35	0.3		0.035	0.03
EN10130DC01		C	0.12				0.6				0.045	0.045
EN10209DC04EK		C	0.08				0.5				0.03	0.05
P235GH		C	<0.16	0.3	<0.08	0.3	0.4-1.2	<0.35	0.3	0.02		
S235JR	Fe37B	C	0.09-0.5	0.3		0.3	0.35-0.65	0.17-0.35	0.3		0.04	0.04
	St 45.8	C	<0.21			0.3	0.4-1.2	0.15-0.35	0.25			
904L		ss	0.01	20	4.3	25						
SS2343	316	ss	0.04	16.9	2.6	11						

Tabell, bilaga L. Materialsammansättning.
Kolumn Typ: Med C menas kolstål och med ss menas Stainless steel (rostfritt).

M Förkortningar

Förkortning	Utskrivet	Förkortning	Utskrivet
Alt	Alternativ	Samförbr	Samförbränning
Avf	Avfall	Sek	Luftförvärmare för sekundärluft
BFB	Bubblande fluidiserande bädd	Sem	Seminarie
CFB	Cirkulerande fluidiserande bädd	Slangfi	Slangfilter
Drifting	Driftingenjör	Sotn	Sotning
Droppavsk	Droppavskiljare	S-skrubber	Svavelskrubber
Ekon	Ekonomiser	Stoftavsk	Stoftavskiljare
Elfi	Elfilter	Temp	Temperatur
FB	Fluidiserande bädd	Textfi	Textilfilter
Fjv	Fjärrvärme	Uh	Underhåll
Fjvekon	Fjärrvärmeekonomiser	Ung	Ungefär
FW	Foster Wheeler	v	Vecka
Förbr	Förbränning	Vibdämpare	Vibrationsdämpare
Förvä	Förvärmning	Vibrost	Vibrationsroster
Genomstrp	Genomströmningspanna	Vpump	Värmepump
HL	Hetvattenluftförvärmare	Vvx	Värmeväxlare
HT	Högtryck	yd	Ytterdiameter
Hush	Hushåll	ÅF	Ångpanneföreningen
HV	Hetvatten	ÅL	Ångluftförvärmare
Hvp	Hetvattenpanna	Ångp	Ångpanna
Häng	Hängande ekonomiser	Öh	Överhettare
Ind	Industri	#	Inga uppgifter finns att tillgå
Istf	Istället för	*	Avsaknad av uppgift har extra stor betydelse att åtgärdas
K	Korrosion	1', 2' (osv)	Primär, sekundär (osv)
Kond	Kondensor		
Konv	Konvektionsdel		
Konvdel	Konvektionsdel		
Korr	Korrosion		
KV	Kraftvärme		
Kvp	Kraftvärmepanna		
Kvv	Kraftvärmeverk		
L	Linje		
LT	Lågtryck		
Lufo	Luftförvärmare		
Luvo	Luftförvärmare		
Mava	Matarvatten		
Mavaekon	Matarvattenekonomiser		
Prim	Luftförvärmare för primärluft		
Ptub	Panntub		
Påvä	Påvärmare		
Q	Quencher		
Rg	Rökgas		
Rgfl	Rökgasfläkt		
Rgk	Rökgaskanal		
Rgkond	Rökgaskondensor		

Rgvvx	Rökgasvärmeväxlare		
RT	Returträ		

N Engelsk tabelltext

Table 4.1-1. Extent of survey. The number of plants (“Anläggningar”), flue gas lines (“Linjer”), feedwater economisers (“Mavaekons”), exhaust gas boilers (“Avgaspannor”), and air preheaters of the tube type (“Lufo (tub)”) and of the Ljungström type (“Lufo (Lj)”) that has been included in the survey. “Bio”, “Avf”, “RT” and Torv” means biofuel, waste, recycled wood and peat, respectively. For “Linjer”, “Bland” means that a mixture of fuel has been used while it for “Anläggningar” means that not all boilers have the same fuel or that all boilers have mixed fuel. For feedwater economisers, exhaust gas boilers, and air preheaters of the tube type and of the Ljungström type, the value means the number of functions (see chapter 4).

Table 4.2-1. Survey of problem occurrence. ”Tot” means the total number of lines that have one or more feedwater economisers (“Mavaekon ”), exhaust gas boilers (“ Avgaspanna ”) or air preheaters of the tube type (“Lufo (tub)”) and of the Ljungström type (“Lufo (Lj)”). ”P_{nu}” and ”$P_{förr}$” gives the number of problems that the unit have or has had respectively, and then according to “serious problems”/”less troublesome”/”no information has been received”. ”I”, ”E”, ”K”, ”S” and ”U” stands for the number of units with problems of the type clogging (I), erosion damages (E), corrosion damages (K), sweeping (S) or design defects (U), while “?” stands for “no information received”. The values are given according to “serious problems”/”less troublesome” which the unit has (before comma) or has had (after comma). “Tot” stands for total number of “functions” (see chapter 4).

Table 4.2-2. Present problem occurrence. Gives the number and type of present problem for plants in operation since 2008 or earlier. The problems concerns feedwater economisers (“Mavaekon”), exhaust gas boilers (“Avgasp”) or air preheaters of the tube type (“Lufo (tub)”) and of the Ljungström type (“Lufo (Lj)”), and consists of clogging (I), erosion damages (E), corrosion damages (K), soot removal (S) or design defects (U). “?” stands for “no information received”. The values are given according to “serious problems”/”less troublesome” and where no data is given means 0/0. “Tot” stands for total number of “functions” (see chapter 4).

4.3-1. Purification steps. Number of front cleaning units in the flue gas direction for feedwater economisers (“Mava”), exhaust gas boilers (“Avgasp”) or air preheaters of the tube type (“Lufo (tub)”) and of the Ljungström type (“Lufo (Lj)”). “P” means the number of problems for the unit. ”Textfi”, ”Elfi”, ”Cy”, ”Askf” and ”SCR” stands for textile filter, electrostatic precipitator, cyclone, ash trap and catalysing unit respectively. ”-” and ”?” stands for “no front cleaning units exists” and “no information received” respectively. “Tot” stands for total number of “functions” (see chapter 4) and the total number of problems, respectively. The number of units for each purification step is given according to “number with at least the purification step in the column”/ “number with only the purification step in the column”/”numbers without the purification step”, and the number of units with problems in an equivalent way.

4.3-2. Additives. Substances that are added in the flue gas line, upstream of the feedwater economisers (“Mava”), exhaust gas boilers (“Avgasp”) or air preheaters of the tube type (“Lufo(tub)”) and of the Ljungström type (“Lufo(Lj)”). ”Amms”, “Gran” and “Kalk” means ammonium sulphate, granular and limestone, respectively, and ”?” stands for “no information received”. “Mix” means that both the sulphur substances or both the NOx-reducing substances have been used and “Plant” (“P”) and ”Reactor” (“R”) gives the locations where the substance is added. “Tot” stands for total number of “functions” (see chapter 4). The values are given according to “number of units”/”number of units with problems”/”no information of problems have been received”. For units where no additives have been used, this is given by ”0” instead of ”0/0/0”.

4.3-3. Problems connected to construction. Factors which affect the problems for the feedwater economisers (“M”), exhaust gas boilers (“A”) or air preheaters of the tube type (“L(tub)”) and of the Ljungström type (“L(Lj)”). “Tubände” means whether the bends of the tubes for the units are outside (U) or inside (I) the flue gas channel, “Tubyta” whether the tubes are of the type finned (K) or smooth (S), “Material” whether the material of the tube is carbon steel (C), stainless steel (SS) or cast iron (Gj), ”Värmning” indicates if the ingoing media is preheated with a preheater (F) or recirculation (Å). The values are given according to “number of units”/”number of units with problems”/”no information of problems have been received”, with the exception if no case exists, where instead only “0” is given. “Tot” stands for total number of “equivalent functions” (see chapter 4). The sign “#” means that information is not possible to receive while “?” stands for “no information received”.

4.3-4. Problems connected to soot removal and maintenance. Factors which affect the problems for the feedwater economisers (“M”), exhaust gas boilers (“A”), and air preheaters of the tube type (“L(tub)”) and of the Ljungström type (“L(Lj)”). The different types of soot removal are steam soot blowing (Å), mechanical rapping (Sl), bead soot removal (Ku), acoustical soot removal (Lj) and air soot blowing (Lu). The values are given according to “number of units”/”number of units with problems”/”no information of problems have been received”, with the exception that a value for ”no information of problems have been received” is only given when it is larger than zero. “Tot” stands for total number of “equivalent functions” (see chapter 4). The sign “#” means that information is not possible to receive while “?” stands for “no information received”.

Värmeforsk är ett organ för industrisamverkan inom värmeteknisk forskning och utveckling. Forskningsprogrammet är tillämpningsinriktat och fokuseras på energi- och processindustriernas behov och problem.

Bakom Värmeforsk står följande huvudmän:

- Elforsk
- Svenska Fjärrvärmeföreningen
- Skogsindustrin
- Övrig industri

VÄRMEFORSK SAMARBETAR MED STATENS ENERGIMYNDIGHET

VÄRMEFORSK SERVICE AB
101 53 Stockholm
Tel 08-677 25 80
Fax 08-677 25 35
www.varmeforsk.se

Beställning av trycksaker
Fax 08-677 25 35

Värmeforsk är ett organ för industrisamverkan inom värmeteknisk forskning och utveckling. Forskningsprogrammet är tillämpningsinriktat och fokuseras på energi- och processindustriernas behov och problem.

Bakom Värmeforsk står följande huvudmän:

- Elforsk
- Svenska Fjärrvärmeföreningen
- Skogsindustrin
- Övrig industri

VÄRMEFORSK SAMARBETAR MED STATENS ENERGIMYNDIGHET

VÄRMEFORSK SERVICE AB
101 53 Stockholm
Tel 08-677 25 80
Fax 08-677 25 35
www.varmeforsk.se

Beställning av trycksaker
Fax 08-677 25 35