



STIFTELSEN FÖR VÄRMETEKNISK FORSKNING

Rökgasrening och värmeåtervinning vid sopförbränning i Avesta

Georg Schuisky
Jan Thörnkvist
Klas Hedman

RÖKGASRENING OCH VÄRMEÅTERVINNING VID SOPFÖRBRÄNNING I AVESTA

Georg Schuisky	Fagersta Stainless AB
Jan Thörnkvist	IMKAB
Klas Hedman	Aqua Konsult

Fagersta i November 1985

231

Rökgasrening och värmeåtervinning vid sopförbränning i Avesta

Georg Schuisky, Fagersta Stainless AB

Jan Thörnkvist, IMKAB

Klas Hedman, Aqua Konsult

STIFTELSEN FÖR VÄRMETEKNISK FORSKNING
BOX 6405 · 113 82 STOCKHOLM · TEL. 08/ 34 09 80

Juli 1986
ISSN 0282-3772

Rötgasrening och värmeåtervinning vid
sopförbränning i Avesta

Georgj Schuisky , Fagersta Stainless AB

Jean Thörnkvist , IMKAB

Klas Hedman , Aqua Konsult

234

INNEHÅLLSFÖRTECKNINGSid

Sammanfattning	2
Summary	3
Bakgrund	6
Beskrivning av avfallsförbränningsanläggning	7
Beskrivning av försöksanläggning	8
Försöksprogram	9
Resultatsammanställning	15
- Inledning	
- Rökgasmätningar	
- Kondensatmätningar	
- Vattenbalanser	
- Kondensatbehandling	
- Lakningsförsök	
- Dioxinmätningar	
Diskussion	22
Spridningsmeteorologiska beräkningar	24
Bilaga 1: Principskiss över avfallsförbränningsanläggningen	
Bilaga 2: Schematisk bild av försöksanläggningen	
Bilaga 3: Rökgasmätningar	
Bilaga 4: Kondensatmätningar	
Bilaga 5: Kondensatbehandling	
Bilaga 6: Lakningsförsök	
Bilaga 7: Dioxinmätningar	
Bilaga 8: Spridningsberäkningar	

Sökord: Fluegas cleaning, incineration, fluegas, condensation,
hydrogen chloride (HCl), mercury (Hg), heavy metals,
condensate treatment.

SAMMANFATTNING

Miljökraven vid avfallsförbränning har under senare år skärpts väsentligt. Uppmärksamheten har i synnerhet riktats mot utsläppen av klorväte (HCl) samt kvicksilver (Hg) och andra tungmetaller. Även vissa organiska föreningar som PAH och dioxiner har diskuterats.

Undersökningarna som utförts i Avesta visar att principen "rökgaskondensering" i samband med avfallsförbränning ger god avskiljning av gasformiga föroreningar som klorväte och kvicksilver medan reduktionen av partikelbundna föroreningar är mer begränsad.

Antalet mätningar som genomförts är begränsat. Halterna av uppmätta komponenter har varierat beroende på varierande bränslesammansättning och varierande förbränningsförhållanden. Spridningen i mätdata är därför relativt stor på ingående och utgående halter. Alltför säkra slutsatser är därför svåra att dra.

För svaveldioxid har varierande avskiljningsgrader uppmätts. Erhållna resultat är dock något osäkra då avskilda mängder inte har kunnat verifieras genom utförda kondensatstudier.

Avskiljningsgraden för organiska föroreningar kan inte med säkerhet anges då undersökningsmaterialet är alltför litet. De mätningar av dioxiner och PAH som genomförts tyder dock på att en god reningseffekt kan erhållas.

De föroreningar som avskiljs i rökgaskylaren samlas i kondensatet där de höga klorvätehalterna ger upphov till ett mycket lågt pH-värde. Detta medför sekundärt att partikelbundna metaller löses och ett starkt tungmetallhaltigt avloppsvatten erhålls. Detta har mycket korrosiva egenskaper framför allt beroende på det låga pH-värdet i kombination med höga klorid- och fluoridhalter.

För att skapa möjlighet att avleda kondensatet till recipient eller i vissa fall kommunalt avloppsreningsverk, krävs en långt gående rening. Utförda behandlingsförsök visar att tillfredsställande reningseffekt erhålls genom alkalisering samt tillsats av merkaptan eller sulfid.

Det slam som bildas vid reningen har efter förtjockning en torrsubstanshalt på 4-6 %. För att deponera slammet på ett ur miljösynpunkt acceptabelt sätt krävs en ökning av torrsubstanshalten. Detta kan ske genom mekanisk avvattning eller inblandning av exempelvis flygaska.

Utförda lakningsförsök visar att tungmetaller endast i mycket liten omfattning lakas ut ur slammet. Vid en deponering under kontrollerade former minskas utlakningen ytterligare.

SUMMARY

Environmental demands concerning incineration have intensified considerably during the past few years. Attention has particularly been directed towards the discharge of hydrogen chloride (HCl), and of mercury (Hg) and other heavy metals. Certain organic compounds such as PAH and dioxines have also been discussed.

The studies carried out in Avesta indicate that applying the principle of "flue-gas condensation" to incineration provides a satisfactory separation of gaseous pollutants such as hydrogen chloride and mercury, while the reduction in particle-bound pollutant is more limited.

The number of measurements carried out is limited. The concentration of the studied components has varied because of varying fuel composition and varying combustion conditions.

The certainty of the result is therefore limited.

Varying degrees of separation have been obtained for sulphur dioxide. The results obtained are, however, somewhat uncertain since it has not been possible to verify the amounts separated in studies of the condensate.

The degree of separation for organic compounds cannot with certainty be specified since the material studied is too limited. The only measurement of dioxines and PAH which is presented (study no 6 and 7) does, however, indicate that a good purification effect can be obtained.

The pollutants which are separated in the flue-gas cooler are collected in the condensate, where the high concentrations of hydrogen chloride give rise to a very low pH-value. This leads to the release of particlebound metals, resulting in a waste water with a high concentration of heavy metals. This waste water has highly corrosive properties, mainly as a result of the low pH-value in combination with high chloride and fluoride concentrations.

A comprehensive purification is necessary in order to make it possible to discharge the condensate into the recipient, or in certain cases to a municipal sewage treatment plant. The treatment studies demonstrate that a satisfactory purification effect is obtained by alkalization and the addition of merkaptan or sulphide.

The sludge which is produced during purification has a dry solids content of 4-6 % after thickening. An increase in the dry solids content is necessary if the sludge is to be disposed in a manner which satisfies environmental demands. This can be attained through mechanical dewatering or the addition of fly ash. The leaching studies demonstrates that heavy metals are only leached from the sludge to a small extent. In the case of disposal under controlled conditions leaching is further diminished.

Tab 1	Average composition of the waste
Tab 2	Analysis of metals in dust and flue-gases
Tab 3	Analysis of the condensate
Tab 4	Studies performed
Tab 5	Results from flue-gas measurements
Tab 6	Degree of separation measured for some important components
Tab 7	Concentrations measured in the condensate
Tab 8	Water balances
Diagr 1	Acidity curve for the condensate
Tab 9	Comparison between the results obtained and the Swedish guidelines (mg/l)
Tab 10	Balance calculations
Tab 11	Summary of in-data emissions regarding max load
Tab 12	Calculated ground level concentrations in four different cases

BAKGRUND

Under 1960-talet och början av 70-talet brändes avfall av sanitära skäl. I framför allt tätbefolkade områden tillämpades dessutom förbränning för att minska deponeringsvolymerna.

Avfallets relativt höga energiinnehåll - 1 ton hushållsavfall motsvarar ca 200 liter olja samt stigande oljepriser medförde en förändrad syn på avfallsförbränningen. Avfallet har blivit lika intressant ur energisynpunkt som andra alternativa bränslen.

AB Avesta Energiverk, som driver en avfallsförbränningsanläggning, har av koncessionsnämnden ålagts att före 1985-05-01 redovisa en metod att minska halten av försurande ämnen och tungmetaller i rökgaserna från denna anläggning.

Företaget har av Stiftelsen Värmeteknisk Forskning tilldelats medel för att i samverken med Fagersta Energetics AB pröva en ny metod att genom rökgaskylning minska utsläppen.

Vid Fagersta Energetics AB pågår sedan ett flertal år ett utvecklingsarbete i syfte att tillvarata den energi i form av sensibelt och latent värme som normalt går förlorad vid förbränning. Särskilt intresse har riktats mot biobränslen och hushållsavfall. En försöksanläggning har byggts i Avesta baserad på Fagersta Energetics koncept.

Vid förbränning av avfall bildas rökgaser som innehåller stoft, försurande ämnen och tungmetaller samt organiska föreningar. Rökgaskylningen har fått ett särskilt intresse därför att man har konstaterat att denna medför en avskiljning av flera av de förekommande miljöfarliga ämnena.

Vid utvecklingsarbetet av rökgaskylningen har miljöeffekterna diskuterats. Efter överläggningar under hösten 1984 erhöll Fagersta Stainless AB's Miljövårdsavdelning i uppdrag av Fagersta Energetics AB att utföra miljöundersökningar vid försöksanläggningen i Avesta.

För att genomföra uppdraget bildades en arbetsgrupp bestående av J E Törnkvist, IMKAB, Enköping, K Hedman, Aquakonsult AB, Spånga och G Schuisky, Fagersta Stainless, Fagersta.

För att följa projektet har Stiftelsen för Värmeteknisk Forskning tillsatt en referensgrupp med följande sammansättning:

Bo Drougge, Naturvårdsverket
Gunnar Käck, Södertörns Fjärrvärme AB
Eva-Katrin Lindman, Götaverken Energy Systems AB
Kurt Carlsson, Fläkt Industri AB
Stefan Montin, Statens Energiverk
Nils-Erik Carlstedt, Vattenfall
Göran Allhammar, Miljökonsulterna i Studsvik AB
Carl-Henrik Ling, Ångpanneföreningen
Roland Johansson, Vattenfall
Bengt Wallén, Avesta AB

BESKRIVNING AV AVFALLSFÖRBRÄNNINGSANLÄGGNINGEN

Anläggningens utformning

Vid Avesta Energiverk anlades 1981 en förbränningsanläggning för avfall bestående av två ugnar, fabrikat Bruun & Sörensen. Kapaciteten i anläggningen uppgår till 3.15 ton avfall/h och enhet. Förbränningen sker normalt vid temperaturer över 800°C.

Förbränningsugnen består av inmatningspusher, tre separata rosterenheter, slaggschakt och slaggutmatning. Slutförbränning av rökgaserna sker i en efterbrännkammare där ca 50 % av det totala stoftet avskiljs. Rökgasernas värmeinnehåll återvinns i en avgaspanna, fabrikat Götaverken, med en effekt av 7 MW. Slutlig rening av rökgaserna sker i ett elektrofilter av fabrikat Fläkt Industri AB.

I bilaga 1 redovisas en schematisk bild av anläggningen.

Enligt gällande koncessionsbeslut får rökgaserna högst innehålla 90 mg stoft/m³ norm torr gas vid ett luftöverskott korrigerat till motsvarande 10 % CO₂-halt (räknat som månadsmedelvärde).

Under hösten 1984 och vintern 1985 genomfördes modifieringar i anläggningen för att förbättra förbränningseffektiviteten. Rosterstegen försågs med separata reglerenheter för lufttillförseln. Vid bränsleinmatningen och askutmatningen anordnades bättre gastätning. Installation av turbulatorer före efterbrännkammaren medförde en jämnare temperaturhållning. Vidtagna åtgärder gjorde att luftöverskottet kunde sänkas väsentligt. Härigenom reducerades också risken för kallstråk i ugnarna.

Bränslet

Avfallet har mycket varierande sammansättning, vilket påverkar förbränningen och medför stora variationer i rökgasernas sammansättning. Nedanstående tabell ger en uppfattning om avfallets genomsnittliga sammansättning.

Under 1984 förbrändes ca 40 000 ton avfall.

<u>Komponent</u>	<u>Viktprocent</u>
Plaster	6-10
Papper	25-45
Köks- och trädgårdsavfall	20-30
Textil-gummi-läder	1-5
Metaller	4-8
Glas	4-8
Trä-ved	0-9
Övrigt	4-6

Tabell 1

Avfallets genomsnittliga sammansättning

Average composition of waste

BESKRIVNING AV FÖRSÖKSANLÄGGNINGEN

Försöksanläggningen består av en vertikal tubkylare i höglegerat stål innehållande 14 st tuber, innerdiameter 16 mm, längd 2300 mm, godstjocklek 1.0 mm och med en sammanlagd värmeöverföringsyta av 1.2 m². Bilaga 2 visar en schematisk bild av försöksanläggningen.

Rökgaserna leddes uppifrån och nedåt på tubernas insida. Temperaturen sänktes från ca 200°C till 20-40°C.

Vid kylningen bildades kondensat av vatten. Detta innehåller saltsyra, svavelsyra samt stoft lösta metaller och organiska föreningar.

Kondensatet avskildes i kylarens nedre del. Eventuella kvarvarande vattendroppar i rökgaserna avskildes i en efterföljande droppavskiljare. Efter droppavskiljaren värmdes rökgaserna ca 5°C i ett eftervärmningsbatteri. Värmningen åstadkoms med elektrisk energi. Efter påvärmningen leddes gaserna till rökgasfläkten där temperaturen steg ytterligare ca 3°C. Rökgaserna släpptes därefter ut i det fria.

För att hålla kylvorna rena återcirkulerades kondensat som sprutades in i kylaren strax ovanför den övre tubplattan. Flödet av återcirkulerat kondensat var ca dubbla kondenseringsflödet, eller ca 20 l/tim. Flödet hölls konstant genom hela försöksserien.

Rökgaserna kylades med kallt färskvatten som cirkulerades på tubernas utsida. En shuntkrets medförde att temperaturen på kylvattnet kunde inregleras till önskad temperatur. Kylvattnet pumpades i motström mot rökgaserna. Kylvattenflödet var så stort att vattnets temperaturökning endast blev ca 1°C.

FÖRSÖKSPROGRAM

Programmet omfattade följande delar:

- Rökgasmätningar
- Kondensatmätningar
- Kondensatbehandling
- Lakningsförsök

Rökgasmätningar (Jfr bilaga 3)

Rökgasmätningar utfördes samtidigt före och efter kylaren. Provtagningspunkterna förlades på en vertikal rördel med en raksträcka av 2 m.
(Se vidare bilaga 2)

Stoftets metallinnehåll analyserades enligt tabell 2. Ett antal av dessa undersöktes också i gasfas.

Tabell nr 2. Analys av metaller
Extent of analysis of metals in dust and in flue gas

Metaller i stoft	Metaller i gasfas
Kadmium	Kadmium
Kvicksilver	Kvicksilver
Zink	Zink
Bly	Bly
Järn	
Koppar	
Kobolt	
Nickel	
Krom	
Vanadin	

Provtagnings- och analysmetoder för rökgaser

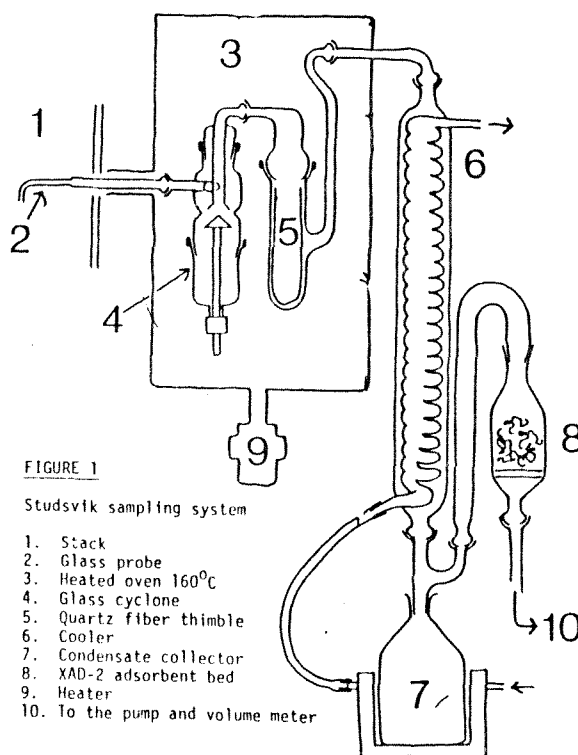
Stoft	Mätningar av stoft före och efter rökgaskylaren har utförts enligt anvisningar i Naturvårdsverkets publikation 1973:8. Uppsamling av stoft har gjorts på planfilter av kvartsfiber.
CO ₂	Kontinuerligt registrerande. IR-analys.
CO	Kontinuerligt registrerande. IR-analys.
SO ₂	Kontinuerligt registrerande. IR-analys.
SO _x	Absorption i NaOH + H ₂ O ₂ . Jonkromatograf.
F ⁻	Absorption i NaOH + H ₂ O ₂ . Gasdiffusion med hexametyldisiloxan. Jonselektiv elektrod.
Cl ⁻	Absorption i NaOH + H ₂ O ₂ . Spektrofotometrisk analys.
NO _x	Kontinuerligt registrerande. Chemiluminescens.
Hg-gasfas	Absorption i KMnO ₄ -lösning. Flamlösatomabsorption.
Metaller i stoft	Atomabsorption. Cr, Ni och Cu har uppslutits i litiumsmälta.
Metaller i gasfas	Absorption i HNO ₃ . Atomabsorption.
	Ovanstående analyser har utförts vid MILAB, Vällingby.
Kolväten C ₇ - C ₁₈	Adsorption i tenax-rör. Analys med GC/FID.

Dioxiner och andra organiska föreningar:

En delgasmängd leds genom ett provtagnings-system bestående av filterampull med glasdun, kylsystem med kondensavskiljare samt kolonn med XAD-2. All utrustning är uteslutande av glas och teflon.

Princip och uppbyggnad är densamma som illustreras i figur nedan.

Utrustningen har emellertid skalats ned för dessa mätningar på grund av utrymmesskäl.



Analyser avseende kolväten, dioxiner samt övriga organiska föreningar har för försök nr 6 utförts vid Miljökonsulterna AB. ref: Kristoffer Warman. Analyser avseende dioxiner för försök nr 7 har utförts vid Umeå universitet. ref: Christoffer Rappe/Stellan Marklund.

Kondensatmätningar (Jfr bilaga 4)

Flödesmätningar utfördes under försöksperioden genom att kondensatflödet bestämdes varje timma. Tillförd kylvattenmängd avlästes på summerande vattenmätare.

Kontinuerlig provtagning utfördes inom respektive delförsök.

Tabell 3

Analysomfattning av kondensat.

Extent of analysis of condensate

<u>Katjon</u>	<u>Anjon</u>	<u>Övr parametrar</u>
Kadmium	Klorid	Tot S och N
Kvicksilver	Sulfat	Susp ämnen/glödförlust
Zink	Fluorid	COD, TOC, DOC
Bly		PAH
Järn		Dioxiner
Koppar		Klorfenoler
Kobolt		Klorbensener
Nickel		Övr organiska föreningar
Krom		
Vanadin		

Analysmetoder kondensat

Metallerna kadmium, zink, bly, järn, koppar	Enligt Svensk standard SS 02 81 52
Krom och vanadin	Atomadsorptionsspektrometri i enlighet med Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.
Klorider och sulfater	Jonkromatografisk metod
Fluorider	Jonselektiv elektrod enligt Svensk Standard SS 02 81 35.
Total kväve	Enligt Svensk Standard SS 02 81 31.
Susp ämnen	Enligt Svensk Standard SS 02 81 12.
COD	Kemisk syreförbrukning enligt Svensk Standard SS 02 81 42.
TOC och DOC	Totalt organiskt kol och löst organiskt kol med Carlo Erba TOC-apparat vid Svelab, Kalmar.
Dioxiner	För analys av dessa ämnen, se "Provtagnings- och analysmetoder för rökgaser".

pH-värde och aciditet följdes kontinuerligt genom registrering och analys.

Delprov från respektive försök analyserades med avseende på suspenderade ämnen, konduktivitet och klorid.

Kondensatbehandling (Jfr bilaga 5)

Det insamlade kondensatet användes för reningsförsök. Behandlingen omfattade pH-justering, flockning, sedimentering, filtrering och slambehandling.

I syfte att reducera kvicksilverhalten till en acceptabel nivå undersöktes tillsats av oorganisk sulfid (Na_2S) och ett antal organiska svavelföreningar (merkaptaner). De sistnämnda valdes med utgångspunkt från tidigare erfarenheter av liknande behandling. Följande preparat provades.

- Natriumsulfid
- TMT 15 (Degussa)
- Plexon 1104 (Ch Erbslöh)
- Shipley's WTA 2539 (Shipley)
- Shipley's WTA 2353 (Shipley)
- KCu/J-kem (Kemifar)

Ett flertal redoxtitreringar genomfördes med varje preparat i syfte att klarlägga erforderligt doseringsintervall.

I syfte att klarlägga lämplig hjälpkoagulant samt att översiktligt bedöma erforderligt doseringsintervall utfördes polymerförsök. Valet av de polymerer som ingick i undersökningen baserades på praktiska erfarenheter från liknande applikationer.

Det behandlade vattnet analyserades efter varje behandlingsförsök.

Lakningsförsök (Jfr bilaga 6)

Efter samråd med Statens Naturvårdsverk m fl föreslogs att metallutlakningen kvantifieras med hjälp av systematiska undersökningar av typ "skakförsök". Härvid tillämpades i huvudsak samma teknik som använts inom bl a Kol-Hälsa-Miljö-projektet (teknisk rapport nr 105).

Genom att använda denna metod erhöles fördelar då resultaten direkt kunde jämföras med tidigare utförda studier på bland annat avfall från fastbränsleanläggningar (flygaskor, bottenaskor, avsvavlingsprodukter m fl).

Med hänsyn till den begränsade slamtillgången har mindre slam-mängder använts. I dessa fall proportionerades försöksbetingelserna ned till lämplig nivå.

Mot bakgrund av de resultat som erhöles vid behandlingsförsöken bestämdes följande omfattning:

Slam från behandling med natriumsulfid

Maximihalt Oavvattnat slam (6 % TS) och mekaniskt
och maximimängd avvattnat slam (25 % TS)

Slam från behandling med organiska sulfider (TMT 15)

Maximihalt Oavvattnat slam (6 % TS) och mekaniskt
och maximimängd avvattnat slam (30 % TS)

Lakningsförsöken utfördes med slam som erhållits efter behandling av kondensat från prov 2.

Kondensatbehandlingen genomfördes satsvis med ca 700 l/omgång. Efter respektive behandling avvattnades förtjockat slam i kammarfilterpress.

För bestämning av maximihalten lakades i tre omgångar med svagt sur lösning (pH 4). Som lakvatten utnyttjades 0.05 mM svavelsyra. Försöken utfördes vid ca 20°C. I varje delmoment skedde materialbyte. Maximimängden utlakningsbart material bestämdes genom tre lakvattenbyten under i övrigt lika betingelser som vid "maximihalt". Vid varje lakvattenbyte uttogs delfprov som sammanslogs till blandprov för analys.

I samtliga försök tillämpades sekvensen "skakning 24 h - sedimentering 24 h - filtrering - skakning 24 h" osv.

Analysmetoder

Samtliga analyser utfördes i huvudsak i enlighet med Svensk Standard där sådan finnes. För kvicksilver följdes förslag till Svensk Standard. Metallanalyserna utfördes med hjälp av atomabsorptionssepktofotometri. Uppslutning av fast prov skedde med salpetersyra i autoklav vid 120°C. Samtliga prov på lakvatten har filtrerats genom ett 0.45 µm filter före analys.

RESULTATSAMMANSTÄLLNING

Inledning

Genomförda försök framgår av tabell 4.

Tabell 4. Genomförda försök

	Datum	Mättid	Kylvatten temp	Temp diff rökgas kylv
Försök nr 1	16/1	2 h	20°C	10°C
Försök nr 2	17/1	5 h	30°C	10°C
Försök nr 3	17/1	5 h	20°C	10°C
Försök nr 4	18/1	2 h	10°C	10°C
Försök nr 5	21/3	5 h	30°C	5°C
Försök nr 6	21/3	8 h	30°C	5°C
Försök nr 7	26/4	8 h	30°C	10°C

Vid försök nr 1-4 utfördes mätningar efter panna nr 2 medan försök nr 5-7 gjordes i rökgas efter panna nr 1. En delgasmängd av det totala rökgasflödet efter elfilter avleddes till rökgaskylaren. Avledning av delgasströmmen skedde genom att en sond av samma dimension ($\varnothing$ 0.11 m) som pilotanläggningens rökgaskanal inplacerades i den befintliga rökgaskanalen före rökgasfläkten.

Försök nr 5-7 genomfördes med en större droppavskiljare efter rökgaskylaren. Den tidigare droppavskiljaren begränsade möjligheten att åstadkomma isokinetisk avsugning till kylaren.

<u>Rökgashastigheter</u>	<u>Delgasström</u>	<u>Huvudkanal</u>
Försök nr 1-4 m/s	6.5	20
Försök nr 5-7 m/s	19.6-19.9	20

Rökgasmätningar (Jfr bilaga 3)

Som framgår av tabell nr 5 belastades kylaren med ca 100 resp ca 315 m³ norm/h torr gas.

Tabell nr 5. Resultat från rökgasmätningar

Results from flue-gas measurements

		Försök nr						
		1	2	3	4	5	6	7
Gasflöde								
m ³ norm/h	tg	99	101	109	100	315	315	320
Stoft	in	58	60	58	63	19	-	-
mg/m ³ NTG	ut	23	43	33	37	8	-	-
Hg	in	-	297	214	294	125	-	-
µg/m ³ NTG	ut	-	12	30	15	54	-	-
Klorider	in	341	1185	689	483	789	-	-
mg/m ³ NTG	ut	119	10	44	4	21	-	-
SO ₂	ppm	-	159	217	142	-	-	-
	ut	-	87	204	53	-	-	-
NO _x	ppm	-	120	160	90	-	-	-
	ut	-	120	160	90	-	-	-
TCDD	in	-	-	-	-	-	4.1	1.8
ng/m ³ NTG	ut	-	-	-	-	-	1.3	0.4

Tabell nr 6. Uppmätta avskiljningsgrader för några viktiga komponenter (%)

Degree of separation measured for some important components.

Försök nr	Stoft	Kviksilver	Klorider	TCDD
Försök nr 1	60	-	65	-
Försök nr 2	28	95	99	-
Försök nr 3	43	85	94	-
Försök nr 4	41	95	99	-
Försök nr 5	58	57	98	-
Försök nr 6	-	-	-	68
Försök nr 7	-	-	-	78
Medelvärde	46	83	91	72

I försök 1-4 var gashastigheten i rökgaskanalen till provanläggningen ca 6.5 m/s medan gashastigheten i huvudkanalen var ca 20 m/s. Rökgaserna sögs ut genom ett rör som var insvetsat i huvudkanalen och riktat mot gasströmmen. Hastigheten i utsugningspunkten var 6.5 m/s. Detta innebar att i den delgasström som analyserades var antalet grovpartiklar överrepresenterade och stofthalten förhöjd pga underisokinetisk avsugning.

Från delgaskanalen har sedan gas sugits ut isokinetiskt i en stoftprovtagningssond. Proverna har uttagits i slutet av en 2 m lång vertikal mätsträcka.

De ifrån gasmätningarna uppmätta avskiljningsgraderna av metaller korresponderar i mätningarna 1-4 dåligt med den uppmätta halten i kondensatet. I dessa mätningar är halterna högre i kondensatet än vad som motsvaras av avskild mängd i gasmätningarna. Orsakerna till detta kan vara två. Kondensatflödet är uppmätt för lågt. Vi bedömer dock att noggrannheten i denna mätning är god. Ingående stofthalt är för låg. Detta bedömer vi som möjligt. Eftersom gas-hastigheten i delgaskanalen var låg, kan det ha ha funnits stråk med höga och stråk med låga stofthalter. Längs kanalens väggar kan t ex en högre stofthalt ha förekommit än i kanalens centrum. Eftersom sonden har placerats i kanalens centrum kan ingående stofthalt ha uppmätts för låg.

Däremot torde mätresultaten för de gasformiga föroreningarna ej ha påverkats av den underisokinetiska avsugningen i försök 1-4.

Således varierar avskiljningsgraden för kvicksilver, klorider, fluorider relativt lite mellan de olika försöken. Jämför även diskussionen på sid 19. Med undantag för nitroäsa gaser och svaveldioxid är avskiljningsgraden hög. I några fall, vilket framgår av bilaga 3, har avskiljningsgrader över 99 % noterats för klorid. Denna avskiljningsgrad har uppnåtts i delprov där koncentrationen av klorid varit ca 1600 mg/m³ norm. Detta visar att anläggningen har en god kapacitet att avskilja klorider även vid höga ingångshalter.

Av de gasformiga metallerna har endast kvicksilver förekommit i mätbara kvantiteter. Kadmium, zink och bly redovisas därför ej.

Dioxin och PAH-mätningar. Se bilaga 7

I försök 6 och 7 uppmättes avskiljningsgraden för dioxiner och andra organiska ämnen.

<u>Resultat</u>		Försök 6	Försök 7
Dioxin			
TCDD-ekviv	Före kylare	4.1	1.8
ng/M ³ NTG	Efter kylare	1.3	0.4
	avskiljningsgrad %	68.3	77.7

Vid försöken uppsamlades kondensat som neutraliserades och renades. Dioxinhalterna analyserades.

	Försök 6	Försök 7
Obehandlat kondensat		
TCDD ekviv ng/l	24	33
Renat kondensat		
TCDD ekviv ng/l	—	< 0.3
Slam		
TCDD ekviv ng/g	—	4.6

Av ovanstående tabell framgår att dioxinerna vid kondensatbehandlingen hamnar i slammet.

Övriga organiska föreningar. Mätningar genomförda vid försök nr 6.

	Före kylare	Efter kylare
Klorbensener ng/m ³	3.7	4.2
Florfenoler "	4.2	4.8
PAH "	0.19	0.040
Fenyletylketon "	1.1	1.3
Etylbensoldekyd "	2.0	1.9
C7-C ₁₈ mätn 1 mg/m ³ norm	19.9	4.7
C7-C ₁₈ mätn 2 mg/m ³ norm	4.9	1.1

Kondensatmätningar (Jfr bilaga 4)

Provtagning och flödesmätning utfördes vid samtliga försök. Resultaten redovisas i tabell nr 7.

Tabell 7. Uppmätta halter i kondensat.

Concentrations measured in the condensate.

	Flöde l/h	Susp ämnen mg/l	Kvick- silver mg/l	Klorid mg/l	Sulfat mg/l	Kväve mg/l	Acidi- tet mekv/l	TCDD ekv ug/l
Försök 1	8.2	-	-	6300	-	-	-	-
Försök 2	6.5	26	2.1	12700	180	7.0	360	-
Försök 3	10.8	8	0.77	8300	170	1.0	220	-
Försök 4	10.6	78	2.2	7000	180	12.0	180	-
Försök 5	19.6	9	1.8	11000	75	-	330	-
Försök 6	19.6	-	-	-	-	-	-	0.024
Försök 7	-	-	-	-	-	-	-	0.033

En större volym kondensat, ca 1.4 m³ uppsamlades under januari för behandlingsförsök. Den insamlade volymen analyserades och utgör samtidigt en kontroll av övriga utförda analyser.

Kloridhalten i kondensatet är hög och står i direkt relation till aciditeten i proven.

De analyser som utförts på delfprov visar att rökgasens sammansättning varierar inom relativt vida gränser. Som exempel kan nämnas att kloridhalten under en 5-timmars mätperiod varierat mellan 10 700 och 19 700 mg/l. Halterna "suspenderade ämnen" uppvisar ännu större fluktuationer. Det bör dock påpekas att halten suspenderadeämnen inte korresponderar mot den från rökgasen avskilda stoftmängden då en stor del av stoftet löser sig i kondensatet. Av uppmätta metaller föreligger samtliga så gott som helt i löst form (jonform). Vissa svårlösliga metallföreningar förekommer dock, vilket visas av den analys som utförts på bottensats från cirkulationsbehållaren. Se bilaga 4:10.

Försök nr	Vatten- halt före g/kg torr gas	Dagg- punkt före °C	Vatten- halt efter g/kg torr gas	Dagg- punkt efter °C	Kylvatten- temp °C	Gastemp efter °C	Uppmätt konden- satflöde l/h	Beräkn konden- satflöde enligt gasmätn l/h	Beräknat uppmätt %
1	91.8	51	17.4	23	21	30	8.2	9.4	+ 14.6
2	83	49	32.5	33	31	43	6.5	6.5	± 0
3	88	50	14.4	19.5	21	34	10.8	10.3	- 4.6
4	84	49.5	11.7	16	13	26	10.6	9.2	- 7.5
5	99.5	52	42.3	37	32	37	19.6	23	+ 17.6
Beräkn.123		56	48	40	30	65			

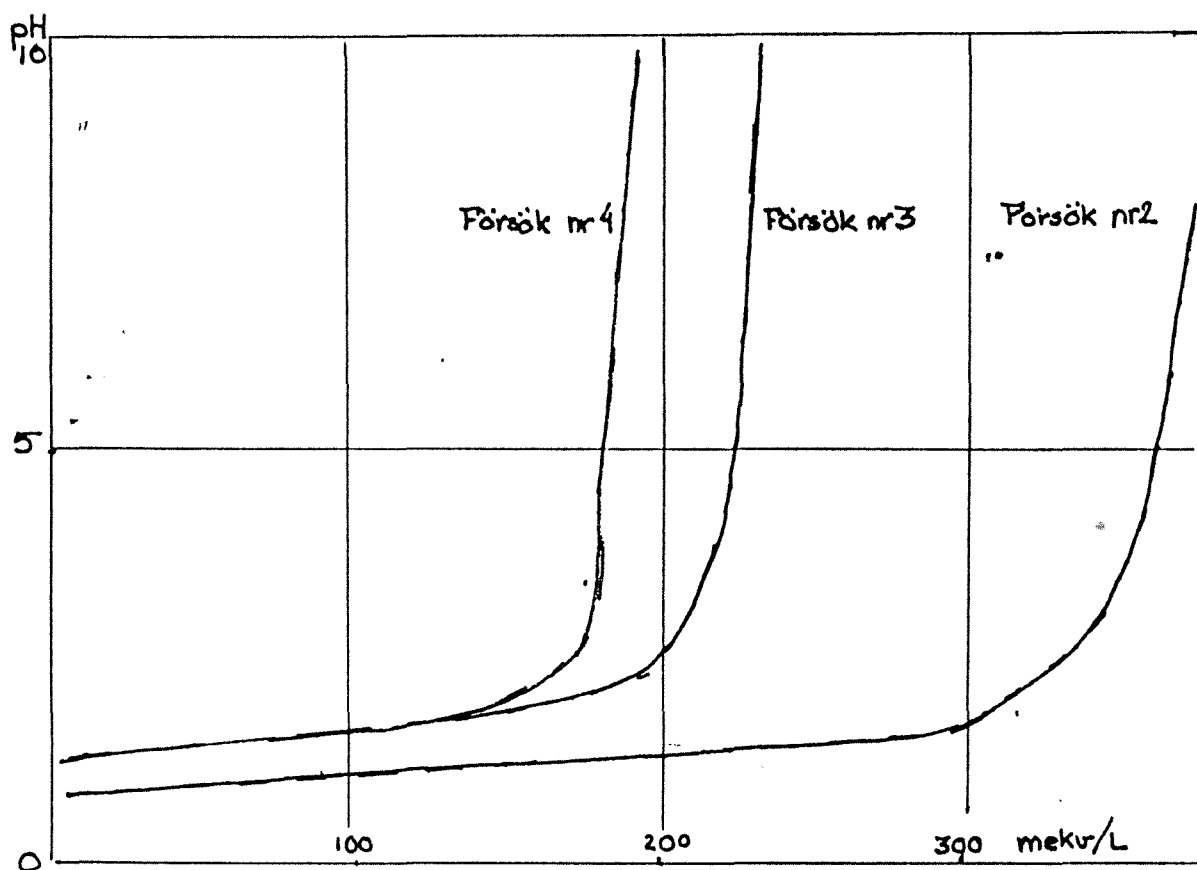
Av ovanstående tabell framgår att utgående rökgaser i samtliga mätningar hade en relativt låg vattenhalt. I försök nr 5 däremot var gashastigheten hög. Sannolikt har droppar ryckts med gasen, och mättat gasen på vatten. Av tabellen framgår också skillnaden mellan avskilt kondensat enligt gasmätningarna och beräknade värden.

Kondensatbehandling (Jfr bilaga 5)

Det insamlade kondensatet är till sin karaktär starkt surt och innehåller tungmetaller. Aciditeten uppgår till 180-360 mekv/l. Kondensatet måste således genomgå en rening genom utfällning av tungmetaller, slamavskiljning och slamavvattning.

Diagram nr 1. Aciditetskurvor för kondensat

Acidity curve for the condensate



Av diagrammet framgår att kondensatet närmast är att betrakta som en stark syra. De variationer som uppmätts är i huvudsak betingade av rökgasens klorväteinnehåll.

Av försöken framgår att kondensatreningen bör ske stegvis genom utfällning av metallhydroxider efter alkalisering och utfällning av kvicksilver med hjälp av organiska sulfider. Vid ett optimerat fällningsförfarande kan nedanstående resthalter erhållas. Dessa jämförs i tabell nr 9 med de normer som vatten och avloppsverksföreningen (VAV) uppställt. Vidare görs en jämförelse med Statens Naturvårdsverks (SNV) riktlinjer för utsläpp av metallhaltigt vatten.

Tabell 9. Jämförelse mellan erhållna försöksresultat och svenska normer (mg/l)

Comparison between the results obtained and the Swedish guidelines (mg/l)

	Erhållet resultat	VAV	SNV
Zink	0.03	2.0	2.0
Koppar	0.09	1.0	1.0
Kadmium	0.01	0.005	0.1
Kvicksilver	0.0002	0.002	-
Bly	0.1	1.0	-
Järn	0.2	från fall till fall	
Nickel	0.2	1.0	
Krom	0.04	2.0	

Av tabell 9 framgår att det går att uppnå behandlingsresultat som ligger långt under aktuella gränsvärden för metallhalter i vattnet. Det måste dock understrykas att resultaten hänför sig till laboratorieförsök under i det närmaste idealiska betingelser. Vid praktisk drift måste hänsyn tas till variationer i hydraulisk och föroreningsmässig belastning samt eventuella störningar, varför de laboratiemässiga resultaten inte kan uppnås som medelvärde över en längre drifttid. Ovan redovisade gränsvärden bör dock kunna innehållas i en väl utformad och dimensionerad anläggning.

Lakningsförsök (Jfr bilaga 6)

Utlakningen av de flesta metaller är mycket liten. Bästa resultat med tunnslam erhålls efter fällning med natriumsulfid. Försöken med avvattnat slam visar att utlakningen är väsentligt lägre jämfört med tunnslam samt att någon större skillnad mellan natriumsulfid och TMT 15 som fällningsmedel inte föreligger.

Det avvattnade slammets alkalinitet uppgår till ca 2.9 mmol OH⁻/g vid titrering till pH 3 respektive 1.5 mmol OH⁻/g vid titrering till pH 6.

Vid en area av 1 m², höjden 15 m, slamdensitet 1.3 ton m³ och regnmängden 0.535 m/år med aciditeten 1.1 mol H⁺/m³ kan den teoretiska förurningstiden beräknas.

För att surgöra det deponerade materialet till pH 6 åtgår teoretiskt 29 000 år. För att ytterligare sänka pH-värdet till pH 3 åtgår teoretiskt ytterligare 22 000 år.

Det skall också framhållas att lakvatten vid praktisk deponering i mycket liten utsträckning kan penetrera in i de hårda slamkakor som uppkommer vid mekanisk avvattnings. Vid lakningsförsök enligt "skakmetoden" sker en effektiv sönderdelning av slammet i mycket små aggregat med stor exponerad yta, vilket bör öka utlakningen väsentligt.

DISKUSSION

Om resultaten från rökgasmätningar och kondensatmätningar räknas om och sammanställs i en mängdbalans, uttryckt som mängd/tidsenhet, erhålles en helhetsbild av de undersökningar som gjorts. En sådan beräkning redovisas i tabell nr 9. Inkommande mängder, beräknade avskilda mängder och utsläppsmängder samt de värden som uppmätts i kondensatet redovisas.

Som tidigare nämnts förekommer i försök 1 till 4 avvikelser som beror på svårigheten att erhålla representativa ingående halter. Vidare har konstaterats svårigheterna att jämföra stofthalter med halter av suspenderat material i kondensatet.

Stora variationer förekommer i avfallets sammansättning, vilket sedan avspeglas i rökgasernas sammansättning. Detta kan utläsas i tabellerna där stora variationer i analysresultaten finns.

Gasformiga komponenter som klorider, fluorider och kvicksilver uppvisar samstämmighet i mängdbalansen. Detta beror bl a på att dessa inte varit lika känsliga för de låga gashastigheterna.

Kloridmängden är i huvudsak linjärt bunden till aciditeten. Rökgaskylaren visar ingen avskiljningsgrad för NO_x .

Svavel i kondensatet har analyserats som sulfat och i de tre första försöken även som tot sulfat. Endast i ett prov har en differens erhållits som skulle kunna tyda på närvaro av SO_3 eller andra svavelföreningar. Samstämmigheten mellan sulfathalten i kondensatet och svaveldioxidmängderna i rökgaserna är mindre god. Detta förklaras med att små mängder svaveldioxid löser sig i kondensatet vid aktuellt pH-intervall, pH 2.

I försök nr 5 erhöles mycket höga halter av järn, krom och nickel, vilket i huvudsak utgör korrosionsprodukter från försöksanläggningen.

Under mätningarna vid försök 3 förekom mycket höga halter av SO_2 . Registreringen visar värden uppemot 900 mg/m^3 norm.

Tabell nr 10. Balansberäkningar

Balance calculations

	Stoft alt s.ä g/h	Cl ⁻ g/h	SO ₂ /SO ₄ g/h	F ⁻ g/h	Cd mg/h	Hg mg/h	Zn mg/h	Pb mg/h	Fe mg/h	Cu mg/h	Co mg/h	Ni mg/h	Cr mg/h	V mg/h
Försök nr 1														
Före kylning	5.74	33.8	1											
Efter kylning	2.28	11.8												
Avskilt	3.46	22												
Kondensat	0.77	52												
Försök nr 2														
Före kylning	6.06	120	16	1.5	4.8	30	233	102	19.6	17.9	<0.05	0.64	1.08	<0.18
Efter kylning	4.32	1.0	8.8	0.2	4.0	1.2	200	88	17.1	14.7	<0.04	0.63	0.88	<0.14
Avskilt	1.72	119	7.2	1.3	0.7	28.8	33	14	2.5	3.8	<0.01	0.01	0.20	<0.04
Kondensat	0.17	83	1.2	0.8	2.7	13.7	150	42	50.7	4.4	<0.33	1.8	2.2	<6.5
Försök nr 3														
Före kylning	6.35	75	23.6	1.31	4.8	23.3	247	79.4	16.2	15.2	<0.05	0.69	1.62	<0.18
Efter kylning	4.39	4.7	22.3	0.1	3.1	3.3	159	55.1	7.5	9.7	<0.08	0.29	0.83	<0.14
Avskilt	1.96	70.5	1.5	1.2	1.7	20.0	88	24.3	8.7	5.5	<0.01	0.40	0.79	<0.04
Kondensat	0.09	90	1.8	0.9	3.1	8.3	151	89.6	29.2	8.1	<0.54	0.86	1.2	<10.8
Försök nr 4														
Före kylning	6.30	48.3	14.2	0.8	3.4	29.4	374	140	21.4	13.2	<0.12	0.47	11.3	<10.8
Efter kylning	3.70	0.4	5.3	0.1	2.2	1.5	247	96.9	15.7	9.0	0.10	0.86	1.3	<0.33
Avskilt	2.68	47.9	8.9	0.7	1.1	27.9	127	43.1	5.7	4.2	<0.02	-	10.0	<0.06
Kondensat	0.80	74.0	1.9	0.413	7.8	23.3	498	201	75.3	21.2	<0.53	1.48	3.2	<10.6
Försök nr 5														
Före kylning	6.0	249			5.0	39.4	280	130	19	17	1.5	0.59		
Efter kylning	2.52	6			1.6	17.0	93	45	24	5.7	1.0	0.81		
Avskilt	3.47	243			3.4	22.4	187	85	-	11.3	0.5			
Kondensat	0.18	222	1.5	2.8	2.8	36	182	65	1082	7.4	-	403	171	

s.ä = susp ämnen

Spridningsmeteorologiska beräkningar (Jfr bilaga 8)

SMHI har på uppdrag av AB Avesta Energiverk genomfört en spridningsmeteorologisk studie för fastbränsleanläggningen i Avesta. Modellberäkningar har utförts för fyra alternativ.

Alternativ A Skorstenshöjd 40 m utan rökgaskondensering (nuläge)

Alternativ B Skorstenshöjd 40 m med rökgaskondensering

Alternativ C Skorstenshöjd 70 m utan rökgaskondensering

Alternativ D Skorstenshöjd 70 m med rökgaskondensering

I de fyra fallen har man studerat spridningen av SO_2 , NO_x , stoft HCl och HF . En uppskattning av kvicksilverdepositionen har även gjorts. Motivet för studien är att ge ett underlag med haltvärden för en effektbedömning av anläggningen.

Beräkningarna har genomförts med data enligt tabell 11.

Tabell 11. Sammanfattning av indata (emissionerna avser maxlast då ej annat är angivet).

Summary of in-data emissions regarding max load.

Panna	PA	PB	PC	PA	PB	PC
Alternativ (se inledn)		A			D	
Bränsle	stenkol fastbr	avfall	avfall	stenkol fastbr	avfall	avfall
Rökrörshöjd (m)	40	40	40	70	70	70
Rökrörsdiameter (m)	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Rökgasvolym vid maxlast (Nm^3/h)	45000 (20000*)	20000 (26000*)	20000 (26000*)	45000 (20000*)	20000 (23400*)	20000 (23400*)
Rökgastemperatur vid skorstensmynning ($^{\circ}\text{C}$)	130	250	250	130	60	60
SO_2 -emission (mg/Nm^3)	400	300	300	400	300	300
NO_x -emission (mg/Nm^3)	150	250	250	150	250	250
Stoft-emission (mg/Nm^3)	20	60	60	20	30	30
HCl -emission (mg/Nm^3)	-	700	700	-	60	60
HF -emission (mg/Nm^3)	-	10	10	-	1	1
Hg-emission ($\text{kg}/\text{år}$)		50			4.6	
Maxlast (MW)	20	7	7	20	7	7

*) Utnyttjade rökgasvolymmer i denna rapport.

Sammanfattning

Slutsatserna från de spridningsmeteorologiska beräkningarna kan sammanfattas:

- För SO₂ och NO_x innebär rök-gaskondensering att 99-procentilhalterna blir något högre (pga den lägre rök-gastemperaturen).
- För stoft innebär rök-gaskondensering att 99-procentilhalterna blir något lägre. Den största effekten ger dock en höjning av skorstenen till 70 m.
- För HCl och HF visar en jämförelse mellan alternativ B och C (se inledningen) att maxhalten är ungefär lika stor men att halterna avtar fortare med avståndet då skorstenen är lägre.

Tabellen nedan ger en sammanfattning av den högsta 99-procentilhalten under beräkningsperioden, inom avståndet 2000 m från källan, för de alternativ och ämnen beräkningar utförts för.

Tabell 12. Sammanfattning av beräknade haltvärden för högsta 99-procentilhalter för fastbränsleeldning i Avesta.

Calculated ground level concentrations in four different cases.

	SO ₂ (ug/m ³)	NO _x (ug/m ³)	Stoft (ug/m ³)	HCl (ug/m ³)	HF (ug/m ³)
Alternativ A 40 m skorstenshöjd utan rök-gaskonden- sering	198	110	22	185	2.6
Alternativ B 40 m skorstenshöjd med rök-gaskonden- sering	250	139	17	20	0.3
Alternativ C 70 m skorstenshöjd utan rök-gaskonden- sering	25	14	3	23	0.3
Alternativ D 70 m skorstenshöjd med rök-gaskonden- sering	36	20	2	3	0.05

De processer som bestämmer kvicksilvrets deposition och reemission är fortfarande inte klarlagda i detalj. Därför har endast en överslagsmässig bedömning av kvicksilvrets deposition kunnat göras. Den antyder att anläggningens lokala bidrag, vid rök-gaskondensering skulle kunna nå upp till 5 å 10 % av bakgrundsdepositionen av kvicksilver på ett avstånd av 1-2 km från anläggningen. Anläggningens bidrag utan rening skulle kunna nå upp till 50 å 100 % av bakgrundsdepositionen under samma förutsättningar.

PROV NR: 5 (30-10) forts

FÖRE KYLARE	EFTER KYLARE	AVSKILT
----------------	-----------------	---------

STOFT

Stoftflöde	g/h	5,99	2,52	3,47
Avskiljningsgrad	%	57,9		

Hg - kvicksilver

Hg-halt	$\mu\text{g}/\text{m}^3$ norm, tg	116/134	49/59	
Hg-mängd	mg/h	39,4	17	22,4
Avskiljningsgrad	%	56,6	(gasfas + partikelbunden)	

Klorider - Cl^-

Cl-halt	mg/m^3 norm, tg	1000/577	21/20	
Cl-mängd	g/h	249	6	243
Avskiljningsgrad	%	97,6		

Svaveldioxid - SO_2

SO_2 -halt	mg/m^3 norm			
SO_2 -mängd	g/h			
Avskiljningsgrad	%			

Fluorider - F

F-halt	mg/m^3 norm			
F-mängd				
Avskiljningsgrad	%			

AB AVESTA ENERGIVERK
AVESTA

UNDERSÖKNING AV KONDENSAT HÄRRÖRANDE FRÅN RÖKGASKYLNING I SAMBAND
MED AVFALLSFÖRBRÄNNING

Delrapport I. Mätningar vid AB Avesta Energiverks avfallsförbrännings-
anläggning

10-1250-01

Stockholm den 10 april 1985

AB AVESTA ENERGIVERK

AVESTA

UNDERSÖKNING AV KONDENSAT HÄRRÖRANDE FRÅN RÖKGASKYLNING I SAMBAND
MED AVFALLSFÖRBRÄNNING

Delrapport I. Mätningar vid AB Avesta Energiverks avfallsförbrännings-
anläggning

ORIENTERING

Föreliggande undersökningar ingår som en integrerad del av projektet
"Rökgasrening/värmeåtervinning vid sopförbränning" (B 4-379).

Delrapport I omfattar slutredovisning av kondensatrelaterade mätningar
vid Fagersta Energetics pilotanläggning i Avesta.

Mätningarna utfördes den 16-18 januari 1985 med kompletteringar den
21 mars 1985.

OMFATTNING OCH UTFÖRANDE

Allmänt

Mätningarna har omfattat bestämning av rökgasmängder och rökgassammansättning före och efter kylaren samt kontroll av kondensatflöden och kondensatanalyser.

Mätprogrammet som genomförts framgår av sammanställningen nedan.

Mätn. nr	Mät- per., h	Kylvattentemp. utg., °C	Temp.diff. kylv./rökgas, °C	Anm.
1	2	20	10	Avkort.mätn.
2	5	30	10	
3	5	20	10	
4	2	10	10	
5	5	30	10	Dioxiner, PAH 8h

Mätning nr 5 var ursprungligen avsedd att endast omfatta dioxiner, talkolväten (C_6-C_{18}) och bens(a)pyren (PAH) men har kompletterats med metaller och anjoner i enlighet med tidigare mätningar.

Bestämning av kondensatflöde har skett ett flertal gånger under respektive mätperiod enligt metoden "fyllnadstid för känd volym". Genom att samla upp allt kondensat har en mycket noggrann kvantifiering av totala mängder kunnat göras.

Provtagning har skett på den totala mängden efter effektiv omblandning. Detta förfarande ger en mycket hög noggrannhet vid provtagningen, varför uttagna prov är helt representativa för respektive försöksperiod.

I syfte att följa eventuella belastningsfluktuationer eller andra förändringar av kondensatets föroreningsinnehåll har under vissa mätomgångar flera delprov uttagits för analys av ledningsförmåga, klorid och suspenderade ämnen.

Under mätning nummer 1-4 har pH-värdet kontinuerligt registrerats. Rök Gastemperaturer före och efter kylaren har registrerats på skrivare. Kondensat och kylvattentemperaturer har kontrollerats genom stickprovsmätningar under varje mätperiod.

Kylvattenmängder (indirekt kylning) har kontrollerats genom avläsning av befintlig vattenmätare (vinghjulstyp).

Analys och analysomfattning

Vid mätning nummer 1 har avkortad analysomfattning tillämpats. Mätning nummer 5 har förutom metaller och anjoner i enlighet med mätserie 2-4 även omfattat dioxiner, PAH, klorbensener och klorfenoler.

Uttagna kondensatprov har analyserats med avseende på

Kadmium
Kvikksilver
Zink
Bly
Järn
Koppar
Kobolt*
Nickel
Krom
Vanadin*
Klorid
Sulfat
Sulfat, tot.*
Fluorid
Nitrogen, tot.*
Susp. ämnen
Kemisk oxygenförbr., COD (Cr)*
Kol tot.org., TOC
Kol löst org., DOC*
Aciditet (pH 7)
pH-värde
Konduktivitet
Dioxiner, PAH, klorbensener och klorfenoler (redovisas separat, se bilaga 3, sid 15)

* Ingår ej i mätning 5

Samtliga analyser har utförts enligt Svensk Standard (SS) där sådan finns.¹⁾ I övriga fall har anvisningarna i Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater eller annan vedertagen metod tillämpats.

Metallanalyserna har utförts med atomabsorptionsspektrofotometer (AAS) där kvicksilver analyserats flamlöst. Klorid och sulfat har analyserats med jonkromatograf.

Analys av dioxiner, PAH, klorfenoler och klorbensener har skett vid MKS Miljökonsulterna i Studsvik AB. Övriga analyser har utförts av Miljöanalytiska Laboratoriet AB, MILAB, Stockholm.

¹⁾ Kviksilver enligt "Förslag till Svensk Standard"

ANLÄGGNINGSBESKRIVNING

Utrustningen för rökgaskylning har installerats vid avfallsförbränningsanläggningen i Avesta. Kylaren beskickas med en delgasström, som uttas i huvudkanalen omedelbart före skorstenen.

Anläggningens principiella utformning och funktion framgår av Fig. 1 nedan.

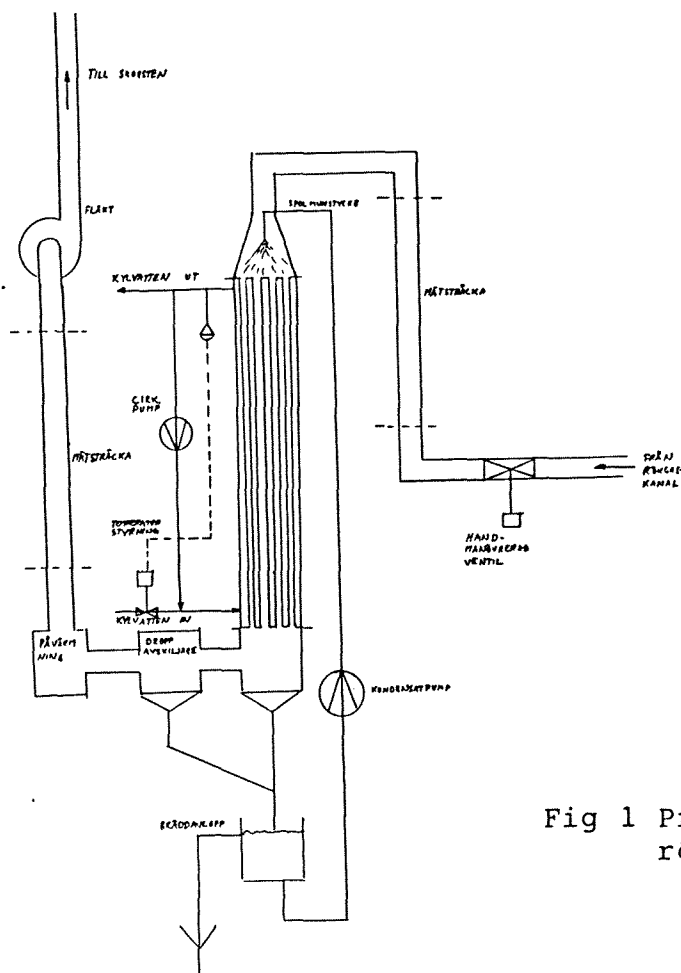


Fig 1 Principskiss,
rökgaskylare

Som framgår av skissen ovan cirkuleras avskilt kondensat över kylaren. Överskottet (= fallande mängder) leds till avlopp (framtida behandling).

Vattenflödet för indirekt kylning styrs via termostatreglerad ventil.

Utgående kyld rökgas passerar en droppavskiljare före avledning via separat skorsten till atmosfären. Möjlighet finns att värma rökgasen före skorstenen.

UNDERSÖKNINGSRESULTAT

Kondensatflöden

Uppmätta kondensatflöden har sammanfattats i tabell 1 nedan. Flödesvariationer och övriga data samt mätbetingelser redovisas i bilagorna ./1-5 1-5.

Under mätningarna 1-4 uppgick rökgasflödet till ca 100 m³/h norm, tg. Vid mätning nr 5 uppmättes ca 315 m³/h norm, tg.

Tabell 1. Kondensatflöden

Mätn.nr	Kylv.temp/ Δt °C	Flöde l/h	Spec.flöde l/m ³ rökgas n, tg
1	20-10	8.2	0.082
2	30-10	6.5	0.065
3	20-10/2	10.8	0.108
4	10-10	10.6	0.106
5	30-10	19.6	0.062

Totalt uppsamlade kondensatmängder under mätperioderna har varierat mellan 16 l (mätn. 1) och 98 l (mätn. 5).

Kylvattenmängderna har uppmätts till

Mätn.nr	Kylv.temp/ Δt °C	Flöde m ³ /h	Kylv.mängd m ³ /mätperiod
1	20-10	1.0	2.0
2	30-10	0.5	2.5
3	20-10/2	1.3	6.6
4	10-10	2.3	4.5
5	30-10	1.1	5.5

Föroreningshalter och -mängder

./6-10 Samtliga analysresultat redovisas i bilagorna 6-10. Övriga mätdata ./1-5 framgår av bilagorna 1-5.

Resultaten av undersökningarna har sammanfattats i tabellerna 2 och 3 nedan.

Tabell 2. Föroreningsmängder, 850116-18

Analys		Mätning nr		
		Kylvatten/ Δt , °C		
		2	3	4
		30-10	20-10/2	10-10
Kadmium	mg/h	2.7	3.1	7.8
Kvicksilver	"	13.7	8.3	23.3
Zink	"	150	151	498
Bly	"	42.3	89.6	201
Järn	"	50.7	29.2	75.3
Koppar	"	4.4	8.1	21.2
Kobolt	"	<0.33	<0.54	<0.53
Nickel	"	1.76	0.86	1.48
Krom	"	2.21	1.2	3.18
Vanadin	"	<6.5	<10.8	<10.6
Klorid	"	82550	89640	74200
Sulfat	"	1105	1836	1908
Sulfat,tot	"	1170	1836	1908
Fluorid	"	780	950	413
Tot.nitrogen	"	45.5	10.8	127
Susp/gr	"	169/143	86.4/64.8	827/636
Kem.ox.COD	"	6110	7128	8056
Kol tot.org TOC	"	71.5	108	445
Kol löst org DOC	"	65.0	105	106

Vid den kompletterande mätningen den 21 mars har prov även uttagits före och efter mätperioden i syfte att eliminera eventuella fel orsakade av anrikning/utarmning av systemets föroreningsinnehåll. Det cirkulerande systemets totala volym uppgår till 4.6 l. Utförd kompen-sation framgår av tabell 3. Felet understiger 10% för de flesta rele-vanta parametrarna.

Tabell 3. Föroreningsmängder, 850321

Analys		Kompensation	Samlingsprov (korrigerat)
Kadmium	mg/h	+ 0.06	2.8
Kvicksilver	"	+ 0.4	36
Zink	"	+ 5.6	182
Bly	"	+ 1.8	65
Järn	"	+ 180	(1082)
Krom	"	+ 34.4	(171)
Nickel	"	+ 70	(403)
Koppar	"	+ 0.04	9.4
Aluminium	"	- 1.8	51
Klorid	"	+ 5600	222000
Sulfat	"	+ 19.2	1489
Fluorid	"	+ 64	2808
Susp.ä./gr	"	+ 6.4	182
Tot.org.kol. TOC	"	- 3.2	52

./11 I bilaga 11 redovisas aciditetskurvor för försök 2-4.

DISKUSSION AV UNDERSÖKNINGSRESULTATEN

Av tabell 2 och 3 framgår att höga COD-värden uppmätts, vilka inte korresponderar mot TOC och andra oxiderbara ämnen (metaller m fl). Detta torde förklaras av att en partiell oxidation av klorid till fri klor erhålles då analysmetoden inte är anpassad till de höga kloridhalter som föreligger här.

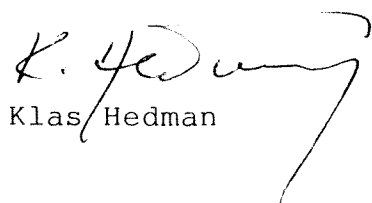
Registrering av kondensatets pH-värde visar att relativt konstanta betingelser råder. Av skrivarkurva framgår att pH-värdet i cirkulationssystemet ligger omkring 0.2-0.4. De pH-värden som uppmätts i samlingsproven vid senare analys på laboratorium är väsentligt högre. Det torde här vara flera samverkande faktorer som orsakar detta fenomen. Som exempel kan nämnas hydratiseringsjämvikterna för svaveldioxid och koldioxid samt andra reaktioner som kan påverka aktiviteterna och därmed indirekt pH-värdet.

De analyser som utförts på delfprov visar att rökgasens sammansättning varierar inom relativt vida gränser. Som exempel kan nämnas att kloridhalten under en 5-timmars mätperiod varierat mellan 10.700 och 19.700 mg/l. Halterna "suspenderade ämnen" uppvisar betydligt större fluktuationer. Det bör dock här påpekas att halten suspenderade ämnen inte korresponderar mot den från rökgasen avskilda stoftmängden då en stor del av stoftet löser sig i kondensatet. Av uppmätta metaller föreligger samtliga så gott som helt i löst form (jonform). Vissa svårlösliga metallföreningar förekommer dock, vilket visas av den analys som utförts på bottensats från cirkulationsbehållaren (jmf bilaga 10).

Vid de kompletterande försöken som utförts 850321 har en rökgaskylare tillverkad av ett syrafast rostfritt stål använts. Då denna materialkvalitet i föreliggande miljö starkt påverkas genom korrosion kan analyserna avseende järn, krom och nickel inte utnyttjas vid beräkning av kylarens avskiljningsgrad då merparten av uppmätta mängder utgörs av korrosionsprodukter.

Stockholm den 10 april 1985

Aquakonsult AB


Klas Hedman

AB AVESTA ENERGIVERK

- +— Tid
- Kond.temp
- x— Rökg.temp,in
- ▽— Rökg.temp,ut
- #— Kylv.temp
- ◇— Flöde

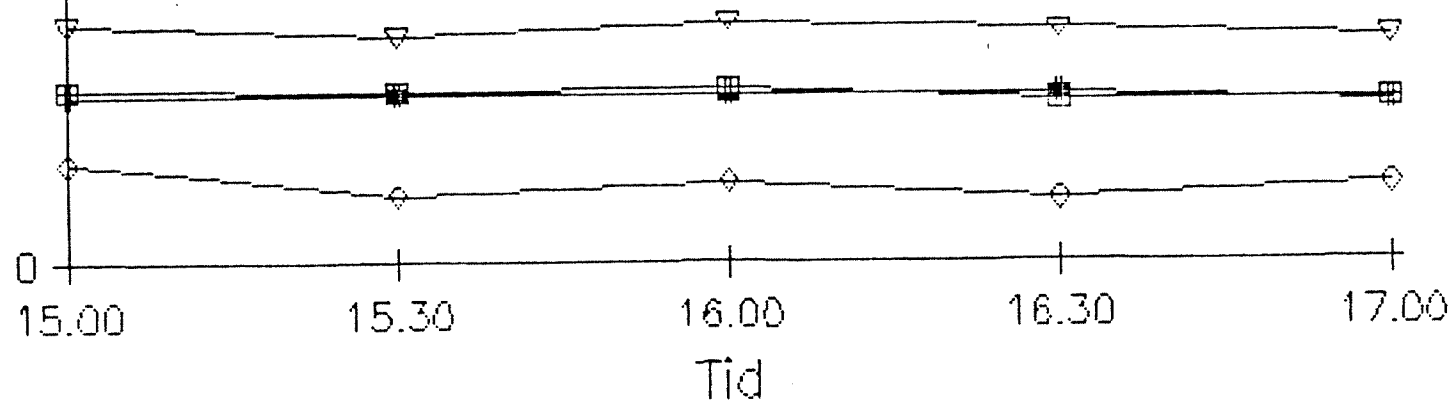
Flöde, l/h; Temp., °C

Mätning nummer 1, 20-10 C

Tid K1	Kond.temp C	Rökg.temp,in C	Rökg.temp,ut C	Kylv.temp C	Flöde l/h
15.00	21.70	140.00	29.90	21.00	12.00
15.30	21.20	127.00	28.10	21.00	8.00
16.00	21.50	125.00	30.00	21.00	9.90
16.30	20.00	125.00	28.90	21.00	7.50
17.00	20.00	127.00	27.80	19.50	9.20

Total kondensatmängd 16.5 liter

Indirekt kylvatten 1.0 m³/h



Värmeforsk är ett organ för industrisamverkan inom värmeteknisk Forskning och utveckling. Stiftelsens forkningsprogram är tillämpningsinriktat och fokuseras på energi- och processindustriernas behov och problem. Bakom Värmeforsk står följande huvudmän:

- Elforsk
- Värmeverksföreningen
- Övrig industri

Värmeforsk samarbetar med Närings- och teknikutvecklingsverket (NUTEK).

STIFTELSEN FÖR VÄRMETEKNISK FORSKNING

Box 1765 · 111 87 Stockholm
Tek: 08-7900600 · Fax 08-796 00 37