



STIFTELSEN FÖR VÄRMETEKNISK FORSKNING

Kontinuerlig emissionsmätning

Anna-Karin Hjalmarsson

Kontinuerlig emissionsmätning

Anna-Karin Hjalmarsson

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

Juni 1984
ISSN 0348-758X



KONTINUERLIG EMISSIONSMÄTNING

Instrument ur drift- och miljösynpunkt

Inledning Sammanfattning/Innehåll

SAMMANFATTNING

Behovet av instrumentell övervakning ur såväl driftsynpunkt som ur miljösynpunkt ökar i takt med ökad automatisering av moderna fastbränsleeldade panncentraler. För att effektivt kunna övervaka och styra process och emissioner krävs direktvisande instrument med hög tillgänglighet.

För att styra driften och få god processekonomi bör både O₂- och CO-halten mätas i rökgaserna. För övervakning av emissioner är det vanligtvis fråga om att mäta SO₂, NO_x och stoft.

Ett flertal metoder finns för att mäta de olika mätstorheterna. Instrument av insitutyp har kommit fram beroende på de problemen som finns med de extraktiva mätmetoderna. I de extraktiva mätmetoderna är det provtagningssystemen som orsakar problemen, vilka dels kan leda till fel mätresultat och stora underhållsinsatser. Flera fabrikat och instrumenttyper av insitutyp är på väg fram.

Datainsamling från instrumenten bör ske med enkla datalogger eller informationsdatorer för att möjliggöra kontinuerliga beräkningar av emissioner i dator. Vidare kan en kvalitetsbedömning av mätvärden göras med dator.

För att beräkna emissioner för redovisning till myndigheter (gS/MJ bränsle, gNO₂/MJ bränsle eller mg stoft/MJ bränsle) krävs fler värden från processen än halt av emissionen i rökgasen såsom exempelvis rökgasflöde, bränsleflöde till pannan, bränslets värmevärde. Beräkningarna kan göras på flera olika sätt med olika mätstorheter som ingångsvärden.

Beräkning av emissioner, i g/MJ bränsle, kan antingen utföras som ren medelvärdesberäkning av momentanvärden eller beräkning av viktat medelvärde. Det viktade medelvärdet ställer emissionen i förhållande till driftsförhållanden och är därför det värdet som bör redovisas.

Riktlinjer från myndigheterna saknas för hur insamling av mätdata och hur beräkningar av emissioner, månadsmedelvärde och årsvärden bör ske. För att underlätta arbetet för anläggningsägare som har skyldighet att redovisa emissioner efterlyses dessa riktlinjer.

CONTINUOUS MEASUREMENT OF EMISSIONS

Instrumentation from operational and environmental points of view.

SUMMARY

The necessity to control the process and the emissions from solid fuel-fired boilers through monitors is increasing with increasing automatization of new plants. To be able to have an efficient control of the process and emissions, it is necessary to have on-line monitors with high availability and reliability.

Both the O_2 and the CO contents in the flue gas ought to be monitored to control the operation of the boiler and to get good process economy. To control the emission, usually SO_2 , NO_x and dust contents in the flue gas are of interest.

Several methods exist for measuring the different parameters. In-situ monitors have been developed due to the problems associated with extractive monitoring systems. It is the sampling systems in the extractive systems that cause the problems which can lead to either or both wrong results and maintenance. Several new vendors and types of in-situ monitoring systems are on their way.

Data recording from monitors should be done through a simple data logger or an information data system to enable continuous calculations of emissions in a computer. A check of the quality of the values from the monitors, if they seem to be true, can also be done in the computer system.

To be able to calculate the emissions that are required from the authorities (in the units g S/MJ input fuel, g NO_2 /MJ or mg dust/MJ) it is necessary to have more information from the process than the content of emissions in the flue gas, such as for example the flue gas flow, the flow of fuel, the heat value of the fuel. The calculations can be done in several ways, starting from different measured values.

The calculations of emission, in the unit g/MJ input fuel, can either be done as of an ordinary mean value or of a "weighed mean value". In the calculation of the "weighed mean value" the value is related to the load and the "weighed mean value" is the value that ought to be reported.

Guide-lines from the authorities are missing for how the handling of the monitored values and the calculations of the emissions, monthly and yearly mean values, should be done. If the authorities would give guide-lines for this, it would make the work easier for the plant owners, who are required to render accounts of emissions.

Innehållsförteckning

1. Inledning
2. Mätstorheter
 - 2.1 Processoptimering
 - 2.1.1 Förbränning
 - 2.2.2 Rökgasrening
3. Mätningar enligt myndigheternas krav
 - 3.1 Krav på instrumentering
 - 3.2 Emissionskrav
 - 3.2.1 Definitioner av begrepp för emissionsvillkor
4. Instrument
 - 4.1 Analysmetoder
 - 4.1.1 Optisk absorption
 - 4.1.2 Kemiluminiscens
 - 4.1.3 Pulsflouescens
 - 4.1.4 Flamfotometri
 - 4.1.5 Elektrokemi
 - 4.2 Provtagningsystem för extraktiva mätmetoder
 - 4.3 System för insitumätinstrument
 - 4.4 Stoftemissioner
 - 4.5 Restkolhalt
 - 4.6 Val av mätmetod och analysmetod
 - 4.7 Placering av instrument
5. Uppsamling av mätdata
6. Beräkning av emissioner
7. Mätstorheter för beräkningar av emissionen
 - 7.1 Analys av bränslet
 - 7.2 Bränsleflöde till pannan
 - 7.3 Uppmätt rökgasflöde
8. Redovisning av emissioner
 - 8.1 Beräkning av långtidsmedelvärde
 - 8.2 Instrumentens tillgänglighet
9. Driftserfarenheter av on-lineinstrument
 - 9.1 On-lineinstrument på svenska anläggningar
 - 9.1.1 Hässelbyverket, Stockholms Energiverk
 - 9.1.2 Västerås Stads Kraftvärmeverk AB, Arosverket
 - 9.1.3 Igelstaverket, Södertälje Energiverk
10. Variabellista
11. Referenslista

BILAGA 1 Härledning av delar av beräkningsformler

- A. Beräkning av rökgasmängd
- B. Beräkning enligt formel III
- C. Beräkning enligt formel IV
- D. Beräkning enligt formel V

BILAGA 2 Instrument som finns tillgängliga i Sverige genom svenska representanter

- A. Instrument för gaskomponenter
- B. Insituinstrument för gaskomponenter
- C. Stoftkoncentration
- D. Oförbränt i flygaska
- E. Rökgashastighet
- F. Nya typer av instrument

BILAGA 3 Adressförteckning över svenska representanter

BILAGA 4 Adressförteckning över instrumenttillverkare

1. Inledning

Strävan efter att minska landets oljeberoende har medfört en övergång till fasta bränslen, kol och inhemska bränslen såsom torv och flis. I samband med ökad användning av fasta bränslen för energiproduktion, ställs nu även större krav på övervakning av anläggningarna ur både processekonomiska och miljömässiga aspekter. För att effektivt kunna övervaka process och utsläpp krävs direktvisande instrument med hög tillgänglighet.

Redovisning till myndigheter av anläggningens utsläpp kräver, förutom analysvärde av rökgasens sammansättning, ytterligare värden, ex bränsleanalys, rökgasflöde, bränsleflöde.

Alternativa tillvägagångssätt finns för att beräkna utsläppen.

2. Mätstorheter

För att övervaka och styra förbränningsförloppet finns ett antal mätstorheter som är av mer eller mindre intresse. För alla av de ämnen som skulle önskas mätas finns idag inte tillgänglig on-line analysutrustning.

De mätstorheter som är mest intressanta ur miljösynpunkt är emissioner av svavel, kväveoxider, kvicksilver, stoft, klorider, oförbränt och kolväten.

Vid ekonomisk optimering av förbränningsprocessen är mätstorheter såsom syrgas-, kolmonoxid-, koldioxidhalt i rökgaserna samt halt oförbränt i aska användbara. Andra data såsom rögastemperatur, luftflöden är givetvis även viktiga, men behandlas inte vidare då denna utredning riktar in sig på instrument av typ analysinstrument.

För total optimering av processen skall givetvis både ekonomiska och miljömässiga aspekter beaktas.

Av de föreningar som är miljöpåverkande finns både de som är och inte är styrbara via processen. Genom styrning av förbränning kan halt oförbränt, kolväten och kväveoxid påverkas. Genom olika typer av rökgasreningsanläggningar kan svavel, kväveoxid och stoftutsläppen styras. I vissa typer av rökgasreningsanläggningar har även konstaterats att avskiljning av kvicksilver och klorider skett.

Ur underhållssynpunkt kan även mätningar vara till hjälp t ex läckage i luftförvärmare kan upptäckas genom att O₂ mätare installeras före och efter luftförvärmaren.

2.1 Processoptimering

2.1.1 Förbränning

Styrning av förbränning med hjälp av O₂-halten i rökgaserna är det enklaste sättet. Det finns dock system som arbetar med både O₂- och CO-halt eller CO₂-halt. Ett flertal system av denna typ finns på marknaden. Ytterligare en parameter som kan användas för optimering och kontroll av förbränningen är halt oförbränt i flygaska. I de anläggningar där man har möjlighet att sälja flygaskan från processen, är oftast ett av kvalitetskraven från köparen en given maximal halt oförbränt. Det är då i dessa fall av dubbel ekonomisk vikt att kontinuerligt kunna övervaka andel oförbränt i flygaskan.

Fig 1 visar exempel på princip för reglering med mätning av CO och O₂-halt. Någon ekonomisk utvärdering för installation av optimeringssystem görs ej här, då typer och kostnaderna för reglersystem med mätinstrument ändras snabbt.

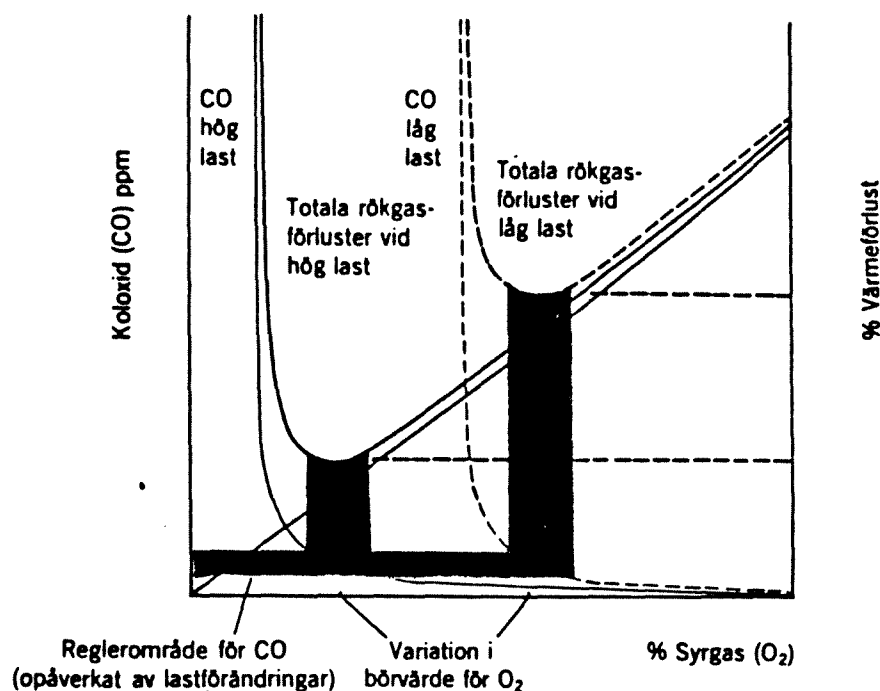


Fig 1 Rökgasförluster och kolmonoxidhalt som funktion av syrgashalt vid olika laster (Källa: Förbränningsregulator för förbättrad förbränningsekonomi, Kockumation, broschyr)

Försök med att använda självinställande regulatorer för optimering av förbränning av fasta bränslen har gjorts av ASEA vid Aroskrafts kolpulvereldade anläggning i Västerås. De mätparametrar som använts är O_2 -halt och CO-halt i rökgaserna. Halt oförbränt i flygaskan från elektrofiltret planeras även att användas. Processoptimeringen har skett genom ändring av luft/bränsleförhållandet, luftdistributionen till de olika brännarna samt inställningen av kolkvarnarna.

2.1.2 Rökgasrening

Stoftavskiljningsutrustningar dimensioneras som regel för att ge ett givet utsläpp för ett bränsle eller bränsleband. Anläggningen körs sedan maximalt och utan optimering, oberoende av bränslekvalitet.

System finns nu även för reglering av stoftemissioner från elfilter. (Genom kontinuerlig mätning av stoftemissionerna har Fläkt i EPIC-systemet en funktion med vilket emissionerna kan regleras till önskad nivå.)

Det finns även rökgasavsvavlingsanläggningar som reglerar reningen och därmed svavelemissionerna till en viss given nivå.

För optimering av rökgasavsvavlingsanläggning är, förutom svavelhalt före och efter reaktor, klorhalten av intresse.

Vid våt-torr rökgasavsvavling är det önskvärt att även få ett mått på fuktigheten i rökgaserna för att kunna ha optimal drift.

3. Mätningar enligt myndigheternas krav

3.1 Krav på instrumentering

Enligt Statens Naturvårdsverks riktlinjer för utsläpp och instrumentering ska anläggningar där förbränning av fasta bränslen såsom kol, torv, ved och flis sker, förses med vissa kontinuerligt registrerande instrument. Beroende på anläggningens storlek varierar kraven. Anläggningar mindre än 10 MW tillförd effekt berörs ej av kraven. För de anläggningar som har större tillförd effekt än 10 MW gäller nedanstående sammanställning.

Typ av mätare	Pannstorlek i tillförd effekt
1 Stoft	
1a Ljusstråleinstrument för övervakning	10 - 50 MW
1b Kontinuerligt registrerande instrument	≥ 50 MW
2 CO	
Kontinuerligt registrerande instrument	> 10 MW
3 SO ₂	
Kontinuerligt registrerande instrument	≥ 50 MW ¹⁾
1) gäller koleldade anläggningar	

För de pannor som inte är utrustade med kontinuerligt registrerande instrument bör månadsmedelvärdena kontrolleras med en kombination av återkommande besiktningsmätningar och en vid besiktning ordentlig genomgång och avsyning av anläggning, underhållsrutiner och personalutbildning.

Fastställda riktlinjer för utsläpp av kväveoxider och stoft saknas idag. Statens Naturvårdsverk har framlagt förslag på riktlinjer för utsläpp i samband med eldning av fasta bränslen. För svavelemissioner finns svavellagen som anger största tillåtna innehåll av svavel i bränsle vid eldning av fossila bränslen. För övrigt har ett antal förslag om tillåtna svavelutsläpp lagts fram i olika propositioner. Nedan ges en sammanfattning av tillåtna emissioner enligt Statens Naturvårdsverks förslag samt svavellagen.

Emission	Bränsle	Enhet	Besikt- nings- värde	Månads- medel- värde	Års- medel- värde	Maximi- värde
1. STOFT	kol	mg/MJ	15	20		200
		mg/m ³ norm torr gas (13 % CO ₂)	35	50		500
	ved o torv < 10 MW	mg/MJ	55	80		275
		mg/m ³ norm torr gas (10 % CO ₂)	100	150		500
	ved o torv < 10 MW	mg/MJ	200	275		
		mg/m ³ norm torr gas (10 % CO ₂)	350	500		
2. KVÄVEOXIDER (räknat som kvävedioxid)	kol	g/MJ		0,28		
3. SVAVEL	fossila bränslen	g/MJ				1) 0,24
a) enligt svavellagen						
b) enligt ny svavelför- ordning 2)	kol	g/MJ			3) 0,3	
		g/MJ			4) 0,24	
	torv	5) vikt-%			0,5	

1) gäller nu större delen av landet och f o m 1984-10-01
hela landet

2) gäller fr o m 1984-10-01

3) gäller t o m år 1987

4) gäller från år 1987

5) räknat på bränslets torrsustans

För anläggningar som eldas med kol, flis eller torv bör i tabellen angivna månads- och maxvärden för stoftutsläpp gälla som gränsvärden, enligt Statens Naturvårdsverks förslag.

Vid anläggningar avsedda för flera bränslen gäller det strängaste utsläppskravet. Gränsen 10 MW gäller hela anläggningen, vilken kan bestå av flera pannor och avser summan av de fasta bränslena. Om man först bygger en panna mindre än 10 MW och några år senare ytterligare en panna av en storlek så att gränsen 10 MW överskrids gäller de strängaste kraven endast den senast byggda pannan.

3.2.1 Definitioner av begrepp för emissionsvillkor

Gränsvärden Är sådana utsläppsvärden eller föroreningshalter i omgivningen som inte får överskridas. Om ett gränsvärde överskrids kan detta leda till straffpåföljd.

Riktvärden är sådana utsläppsvärden eller föroreningshalter i omgivningen som normalt bör kunna klaras. Överskridanden leder inte till straffpåföljder. Företaget måste dock vidta omedelbara åtgärder för att få ner utsläppet under riktvärdet men också rapportera överskridandena till länsstyrelsen och föreslå motåtgärder för att förhindra ett upprepande. Länsstyrelsen får sedan avgiva vilka åtgärder som erfordras.

Besiktningsvärden avser utsläpp då anläggningen är väl fungerande och reningsutrustningen injusterad.

Månads- och årsmedelvärden avser det totala utsläppet under en månad eller ett år och skall inrymma alla driftförhållanden.

4. Instrument

När man har bestämt vilka parametrar som behöver mätas för att styra och övervaka förbränning, rökgasrening och registrera utsläpp finns det ett antal olika metoder, analysprinciper och fabrikat att välja på.

Vid analyser av innehållet i rökgaser skiljer man mellan metoder med separata provtagnings- och analyssteg och analysmetoder som visar resultatet direkt. Den väsentligaste fördelen med direktvisande instrument är den höga analyshastigheten som gör att processen kan följas omedelbart och att analysresultaten kan användas direkt för processtyrning och för att kontinuerligt registrera emissionerna.

Direktvisande instrumenten kan vara antingen in situ mätande eller extraktivt mätande, beroende på var mätningen sker. Vid in situ mätning sker mätningen direkt i rökgasstråket och vid extraktiv mätning tas gasen ut till ett analysinstrument. Det krävs alltså ett separat provtagningssystem vid en extraktiv mätning där stoft avskiljs och fukt kondenseras ut.

De extraktiva mätprinciperna kan vidare indelas i flödeskänsliga och flödesokänsliga metoder. För de flödesokänsliga metoderna är utslaget endast beroende av gaskoncentrationen hos den gas som når sensorn medan de flödeskänsliga metoderna också är beroende av flödet. Denna skillnad är mycket viktig eftersom en vanlig orsak till mätvärdesdrift hos vissa instrument är flödesvariationer.

De extraktiva metoderna kan även delas in i kemiska och icke kemiska metoder. Vid kemisk metod får den aktuella gaskomponenten reagera med andra ämnen, varvid egenskaper hos reaktion eller reaktionsprodukt mäts. Ett icke kemiskt instrument utnyttjar endast fysikaliska egenskaper hos gaskomponenten.

4.1 Analysmetoder för mätning av gaskomponenter i rökgaser

Endast en kortfattad beskrivning av de vanligaste analysmetoderna ges här.

4.1.1 Optisk absorption

Mätprincipen är optisk och bygger på principen att ljusintensiteten hos ett strålknippe i IR- eller UV-våglängdsområdet, som passerar genom mätkyvetten dämpas av gasmolekylerna. Dämpningen beror på gasernas förmåga att absorbera ljus.

Ett flertal tekniska lösningar finns tillgängliga på marknaden.

Fördelarna med de optiska absorptionsinstrumenten är följande:

- de är flödesokänsliga
- de är lättanvända och pålitliga
- inga gaser eller kemikalier behövs

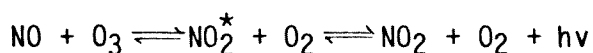
Följande nackdelar kan nämnas:

- de är interferenskänsliga för partiklar och molekyler med absorptionstoppar i närheten av den analyserande gasens
- de är okänsliga för låga koncentrationer om inte en lång mätcell används, vilket är fördyrande
- de är känsliga för vibrationer

4.1.2___Kemiluminescens_

Med ett kemiluminescensinstrument kan man mäta kväveoxider.

Principen för kemilumiscensinstrumenten grundar sig på följande reaktion:



NO och O₃ reagerar varvid ca 10 % av den bildade kvävedioxiden är i exciterad form. När dessa molekyler återgår till lägre energinivåer avges strålning, vars intensitet detekteras. I ett andra steg konverteras kvävedioxiderna till NO och detekteras. Detta ger ett mått på NO_x-koncentrationen i provgasen. Värdet på NO₂ kan sedan erhållas ur differensen mellan NO_x och NO. Mätmetoden har följande fördelar:

- den har god känslighet
- den är specifik för NO och NO_x

Nackdelarna är följande:

- metoden är flödeskänslig
- quenchingeffekter förekommer förorsakade av syrgas, koldioxid och vatten
- interferens kan fås från omättade kolväten, vätesulfider och merkaptaner som kan reagera med ozon och avge strålning

4.1.3___Pulsfluorescens

Metoden används för att bestämma svavelföreningar.

I ett fluorescensinstrument bestrålas provgasen med UV-ljus, varvid SO₂-molekylerna i provgasen exciteras. När molekylerna återgår till lägre energinivåer utsänds fluorescerad strålning, vars intensitet mäts och är proportionell mot SO₂ koncentrationen i provgasen.

Metodens fördelar är följande:

- den är flödesokänslig
- den är mycket specifik för svaveldioxid
- inga gaser eller kemikalier behövs

Metodens nackdelar är följande:

- quenchingeffekter förekommer förorsakade av syrgas, koldioxid och vatten
- vissa kolväten kan interferera
- partiklar kan förorsaka ströljus

4.1.4___Flamfotometri

Metoden används för bestämning av SO_2 . Provgasen leds in i en vätgaslåga varvid exciterade S_2 -molekyler bildas. Då dessa återgår till lägre energinivåer utsänds ljus, vars intensitet mäts i en fotomultiplikator. Metoden är inte specifik för SO_2 . Provgasen får därför passera ett selektivfilter för att avlägsna svavelföreningar som interfererar med SO_2 -mätningen.

Instrumenttypen har följande fördelar:

- utmärkt selektivitet för svavelföreningar
- hög känslighet

Nackdelarna är följande:

- metoden är flödeskänslig
- vätgas måste lagras och tillföras instrumentet
- partiklar kan störa flamman
- det behövs ett separeringssteg för att skilja på olika svavelföreningar.

4.1.5___Elektrokemi

Principen är i en elektrokemisk cell att den aktuella gaskomponenten i provgasen diffunderar genom ett semipermeabelt membran till en elektrolyt, där en elektrokemisk oxidation eller reduktion sker, vilket resulterar i en strömförändring som är direkt proportionell mot gaskomponentens koncentration.

Instrument finns även vid en fast elektrolyt. I dessa ger skillnaden i gasens partialtryck över de båda elektroderna upphov till en elektromotorisk kraft, ex zirkoniumoxidcell för bestämning av O_2 .

Metodens fördelar är följande:

- den är flödesokänslig
- inga gaser eller kemikalier behövs

Nackdelarna är följande:

- mätcellen måste bytas ur periodiskt
- instrumentet bör kalibreras ofta eftersom förändringar av mätcellen sker gradvis
- känsligheten för cellen minskar genom att föroreningar lagras i membranet

4.2 Provtagningsystem för de extraktiva mätmetoderna

Det är av stor vikt att vid extraktiva mätningar ha ett provuttagningssystem som är konstruerat på ett riktigt sätt. Provtagningsystem kan ha olika uppbyggnader, men består vanligtvis av utsugningssond, provgasledningar, filter för stoftavskiljning, vattenavskiljare och en provgaspump.

För att konstruera ett bra provtagningsystem bör följande eftersträvas:

- att ett helt läckagefritt system skapas
- att kondensation av mätkomponenten förhindras
- att mätkomponenten inte löser sig i kondensat (SO_2 lösligt i vatten)
- att reaktioner inte kan ske i systemet mellan mätkomponenten och övriga i provgasen ingående komponenter
- att materialet i systemet inte katalyserar någon reaktion mellan gaskomponenterna
- att materialet har tillräcklig kemisk-, termisk- och mekanisk motståndskraft
- att förhindra sulfatbildning på filter vid mätning av svavelhaltiga komponenter
- att provtagningsystemet har så kort längd som möjligt mellan gasuttag och analysator
- att gasvolymen i systemet är så liten som möjligt i förhållande till strömningshastigheten
- att systemet är så enkelt som möjligt
- att ledningarna i systemet lutar nedåt för att förhindra kondensfickor

4.3 System för insitu-mätinstrument

Majoriteten av de insituinstrument som idag finns är optiska, undantaget är de elektrokemiska instrumenten för att mäta O_2 -koncentrationen m h a zirkoniumdioxidcell. De optiska instrumenten kan delas in i följande principer:

- instrument med enkel genomgång, ljuskällan placeras på en sida och detektorn placeras på motsatta sidan av den optiska mätsträckan. Ljusstrålen passerar då endast en gång genom rökgaserna
 - instrument med dubbel genomgång, ljuskällan och detektorn placeras på samma sida av mätsträckan. Det krävs då en reflektor som placeras mitt emot ljuskällan. Ljusstrålen passerar på så sätt två gånger genom rökgaserna. Reflektorn kan antingen vara placerad på motsatta sida av rökgaskanalen eller vara placerad inne i rökgaskanalen i slutet av en mätsond.
- Instrument med dubbel genomgång är lättare att sköta eftersom alla aktiva komponenter är placerade på en sida av kanalen. Vidare är instrument med mätsond i kanalen lättare att kalibrera med kalibreringsgas, eftersom sonden kan fyllas med kalibreringsgasen.

4.4 Stoftemissioner

Mätmetoden är insitumätning och mätprincipen är optisk och bygger i de flesta instrument på principen att ljusintensiteten hos ett ljusknippe som passerar genom rökgaskanalen dämpas av partikelflödet. Dämpningen beror på att partiklarna både sprider och absorberar ljus.

Detektionsgränsen varierar med partiklarnas egenskaper och instrumentets strållängd.

Det finns även instrument som mäter partiklarnas reflektion av ljuset.

I Naturvårdsverkets underlagsrapport till remissutgåva angående riktlinjer för utsläpp av luft- och vattenföroreningar (3) finns angivet bra krav på instrument, som kan vara till hjälp vid val av instrument.

För att överföra mätinstrumentets extinktionsutslag till en masskoncentration i rökgaserna krävs en kalibreringskurva, som erhålls genom manuella provtagningar. Eftersom mätresultat från instrumentet påverkas av partiklarnas kornstorleksfördelning, densitet, form och färg bör kalibrering göras för varje bränsleslag och bränslekvalitet.

Mätinstrumentets extinktionsutslag är en linjär funktion av masskoncentrationen i rökgasen, under förutsättning att stoftpartiklarnas egenskaper såsom kornstorleksfördelning och stoftets färg är konstanta.

Kalibreringskurvan bör täcka upp hela mätområdet som är av intresse, även maxvärdet.

Lämpligt antal punkter är enligt Naturvårdsverket 9 st, vid olika stoftkoncentrationer.

För att ändra stofthalterna i rökgaserna krävs förändring av stoftavskiljningsutrustningen som t ex stänga av system i elfiltret, öppna spjäll i by-passkanal eller avlägsna slang i slangfilter. Dessa åtgärder gör att partiklarnas egenskaper ändras, ex kornstorleksfördelningen och det medför att kalibreringskurvan sannolikt blir olinjär.

I anläggningar försedda med rökgasavsvavling kan det antas att kolkvalitetens variation har mindre betydelse utan att det istället är driftsförhållandena i rökgasavsvavlingsanläggningen som ger störst variation på partiklarnas egenskaper.

För att utföra en kalibrering uppskattar Naturvårdsverket att det krävs två personer under ca 4 dagar.

Skall mätning av stofthalt utföras med trovärdiga mätresultat krävs åtminstone i början en noggrann uppföljning med manuella mätningar och kalibreringar. Detta för att kartlägga vilka parametrar som har inverkan på kalibreringskurvan för olika typer av anläggningar.

Vid utvärdering av kostnaderna för kontinuerlig stoftmätutrustning bör hänsyn tas till att det kanske inte krävs några periodiska kontroller med manuella mätningar för redovisning till myndigheter, om stoftmätutrustning finns

4.5 Restkolhalt

Andel oförbränt i flygaska kan mätas kontinuerligt genom att aska från stoftavskiljningsutrustning faller ner till mätutrustningen.

Ett sätt att bestämma restkolhalt är med kapacitiv metod. För att överföra mätarens utslag till andel oförbränt i askan krävs en kalibreringskurva. Detta görs genom att prov tas ut i askströmmen efter instrumentet och analyseras. Mätvärdet från instrumentet är beroende på askans egenskaper. Därför bör en kalibreringskurva tas upp för varje kolsort.

En metod att kontinuerligt mäta halt oförbränt i flygaskan på optisk väg är under utvecklande i Danmark. Denna metoden mäter direkt in i rökgaserna.

4.6 Val av mätmetod och analysmetod

Mätinstrument av insitu-typ har utvecklats p g a erfarenheter av problem och kostnader med extraktiva system. Utveckling av redan framtagna insituinstrument pågår samtidigt som nya analysmetoder är på väg för insituinstrument. Fler och fler tillverkare arbetar med att ta fram insituinstrument.

Insituinstrumenten är dyrare i investeringskostnader men problemen med provtagningssystem vid extraktiva instrument gör att insituinstrumenten ger lägre underhållskostnad och bättre tillförlitlighet.

Vid val av analysmetod måste hänsyn tas till om det finns andra gaskomponenter som kan interferera.

En sammanfattning av vilka instrument som idag finns tillgängliga i Sverige genom svenska representanter för on-line-mätning av gaskomponenter i rökgaser ges nedan:

Mätmetod	extraktiv	insitu
IR-absorption	SO ₂ , NO, NO ₂ , CO, CO ₂	SO ₂ , CO, CO ₂ , H ₂ O
UV-absorption	SO ₂ , NO, NO ₂ , H ₂ S	SO ₂ , NO, NO ₂
Kemiluminiscens	NO, NO ₂ , NO _x	
Pulsfluorescens	SO ₂ , H ₂ S	
Flamfotometri	SO ₂	
Elektrokemi	SO ₂ , NO, NO ₂ , CO, O ₂ , H ₂ S	O ₂

En detaljerad marknadsöversikt för gasanalysinstrument finns i SNV's PM 1477 "Gasanalysinstrument för emissionsmätning - en marknadsöversikt" 1981.

I bilaga 2 finns en sammanställning över vad som idag finns på marknaden vad gäller de instrumenttyper som tidigare beskrivits. I bilaga 2 redovisas även några instrumenttyper som är på väg. Sammanställningarna gör inte anspråk på att vara heltäckande.

4.7 Placering av instrument

Det är av stor vikt att instrument eller gasuttag placeras på lämpligt ställe, så att representativt prov analyseras. För att erhålla ett representativt mätvärde krävs att rökgasströmmen har en minsta störningsfria sträcka före och efter instrument eller provuttag. Detta är speciellt viktigt för mätning av stoftkoncentrationen i rökgaserna.

Lämpligt är att använda samma mått som gäller vid manuell stoftutsugning och ha en störningsfri sträcka i rökgaskanalen på minst $5 \times D$ (D = diametern på rökgaskanaler) före mätpunkten och $1 \times D$ efter mätpunkten.

Efter en blandningspunkt av rökgas krävs också en viss sträcka innan det är lämpligt att mäta i rökgaserna. Instrument bör heller inte placeras just där man antas ha luftinläckage.

Kontroll av vald instrumentplacering bör ske genom traversering av rökgaskanalen, för att kontrollera koncentrationsprofilen.

Mätinstrumentet bör placeras så vibrationsfritt som möjligt.

Vissa analysmetoder är mer känsliga än andra för vibrationer.

Instrument ska även vara placerade så att de är lättåtkomliga och med tillräckligt fritt utrymme runt omkring så att plats finns för service och underhåll. Instrument med mätplan bör kunna nås via trappa eller hiss.

5. Uppsamling av mätdata

Beroende vilken typ av analysinstrument som används kan resultat erhållas på olika sätt.

Från de flesta instrument erhålls kontinuerligt momentanvärde, men det finns också typer av instrument som arbetar i sekvenser och alltså ger periodiska värden (exempelvis instrument som konverterar NO_2 till mätbart NO , i sekvenser), som ytterligare ett alternativ kan integrerade värden även erhållas.

Vid datauppsamling för en viss period är följande varianter möjliga:

- momentanvärden registreras i slutet av varje period
- integrerat värde av data över varje period registreras
- medelvärde av data under varje period registreras

Om inga särskilda riktlinjer kommer att ges från myndigheter för ovanstående, väljer man det system som är mest lämpligt för det eller de analysinstrument som ska användas och den typ av datainsamlingsenhet man har.

Tiden för en period väljs också efter vad som är lämpligt för den typ av datainsamling som valts, om inga riktlinjer finns givna.

För uppsamling av data kan man välja kontinuerligt analog upptagning via skrivare eller intermittert digital upptagning via datalogger eller informationsdator.

Väljs skrivare för datasamling erhålls följande fördelar:

- det är lätt att få en lättläst långtidsuppföljning
- trender kan lätt ses
- det är lätt att jämföra olika signaler under en period eller jämföra värden under olika perioder

Nackdelar:

- det krävs manuell utvärdering
Ska data från analysinstrumentet användas i beräkningar, såsom beräkning av emissioner i g/MJ, ger en skrivarrensa ett ohanterligt underlag. Manuell utvärdering blir mycket omfattande om resultaten ska bli någorlunda tillförlitliga
- underhåll krävs
kontroll av nollpunktsdrift
pennan kan sluta fungera och papperet kan ta slut, leder till att samtliga mätdata försvinner

Vid uppsamling av data via datalogger eller datorsystem samlas endast data in med visst intervall. Intervallen mellan vilka data samlas kan vara mycket korta, ex en hundraedels sekund, men för att få hanterliga mängder bör intervallet vara större. Fördelarna med dessa system är:

- utskriften kräver ingen tolkning eller speciell avläsning
- resultatet kan omvandlas så att utskriften blir direkt i önskad enhet (ex ppm, procent)
- då data finns i digital form kan loggen enkelt sammankopplas med dator
- genom att data oftast lagras på olika sätt kan trender följas och jämförelser mellan olika signaler göras

Vid sammankoppling med dator kan följande uppnås:

- kontinuerlig beräkning kan göras av ex emissioner, med momentanvärden av de olika parametrarna
- kontroll av rimlighet och kvalitet av mätvärden, speciellt för de som används för processreglering eller för beräkningar av emissioner. Kontrollen av mätvärden kan ske genom uppställning av kriterier, som får ställas upp för varje mätstorhet. Det är dock svårt att ställa upp kriterier, eftersom processen ofta orsakar att parametrarna varierar.

Exempel på kriterium: parametern kan i processen endast få värde inom ett begränsat intervall. Min- och maxvärde kan då anges som kriterium.

Eventuell tid då analysinstrument ej är i drift ställer till problem vid beräkningar av emissioner över en längre period.

För att kunna utvärdera beräknade data bör noteringar göras då instrument är ur funktion. Noteringar görs för tid då instrument ej fungerar och orsak till fel samt vilka åtgärder som vidtagits för att rätta till felet.

6. Beräkning av emissioner

För att beräkna emissioner i förhållande till energiinnehåll tillfört bränsle utifrån resultat från mätinstrument krävs ytterligare information från processen, se kapitel 7.

Beräknad emission	enhet	Mätinstrument	enhet
Svavel	g/MJ bränsle ton S/år	koncentration i volym	ppm
Kväveoxider	g NO ₂ /MJ bränsle	- " -	- " -
Stoft	mg stoft/MJ bränsle	mg stoft/m ³ norm rök-gaser	

Det saknas riktlinjer från myndigheter för hur de emissioner som skall redovisas skall beräknas. Olika alternativa beräkningssätt finns. Exempel på några olika beräkningsformler presenteras här. Vilken som är lämpligast kan variera beroende av anläggningens utformande med avseende på vad som går att mäta och vilka parameterar som ger störst noggrannhet i slutresultatet.

Vid användandet av formler för beräkning av emissioner är det viktigt att man gör klart för sig om mätningar utförs på torr eller våt rökgasmängd, var mätningarna sker i förhållande till varandra med tanke på inläckage eller luft- och vattentillsats till rökgaserna.

Separata beräkningsgångar för mätningar gjorda med våt eller torr bas har ej gjorts utan beräkningarna som här presenteras är mera allmänt hållna och den som önskar använda dem får anpassa formlerna till sina förhållanden.

FORMLER FÖR BERÄKNING AV EMISSIONER

(Se variabellista, kap 10 samt härledningar av formler, bilaga 1).

Gasformiga

$$I \quad E = \frac{q \times c_i \times 10^{-6} \times M_w}{H_e \times 22,4136 \times 10^{-3}}$$

$$II \quad E = \frac{Q \times c_i \times 10^{-6} \times M_w}{Q_B \times H_e \times 22,4136 \times 10^{-3}}$$

$$III \quad E = \frac{c_i \times 10^{-6} \times \eta_{CO_2} \times M_w}{H_e \times CO_2}$$

$$IV \quad E = \frac{Q \times c_i \times 10^{-6} \times \eta \times M_w}{P \times 22,4136 \times 10^{-3}}$$

$$V \quad E = \frac{c_i \times (S) \times (1-f_1) \times k_v}{c_{i,in} \times H_e} \times 10^3$$

Stoft

$$E_{ST} = \frac{q \times c_{ST}}{H_e}$$

$$E_{ST} = \frac{Q \times c_{ST}}{Q_B \times H_e}$$

$$E_{ST} = \frac{c_{ST} \times \eta_{CO_2} \times 22,4136 \times 10^{-6}}{H_e \times CO_2}$$

$$E_{ST} = \frac{Q \times c_{ST} \times \eta}{P}$$

7. Mätstorheter för beräkningar av emissioner.

7.1 Analys av bränslet

För att få ett analysvärde på bränslet krävs tre viktiga moment, provuttag av råprov, neddelning med provberedning samt analys.

För provtagning och neddelning av kol finns en internationellt utarbetad standard, ISO 1988. Där beskrivs tillvägagångssätt för provuttag från fallande kolström, bil, järnvägsvagn, pråm, kranskopa, fartyg och kollager samt lämpligt antal prov och lämpliga provmängder. Av de uppräknade möjliga provuttagsställena anses det ge mest representativt prov att ta i fallande kolström.

Vidare anges lämpligt antal prov och lämpliga förprovmängder i neddelningsförfarande för de olika fallen samt provberedning. Beträffande torv och skogsbränsle finns ett förslag till svensk standard utgiven av Sveriges Mekanstandardisering för provtagning, neddelning och provberedning. Förslaget är utgivet 1983-08-01 och heter "Torv- och skogsbränslen - Provtagning".

Analysmetoder för att bestämma sammansättning och egenskaper finns utarbetade av ISO, DIN och ASTM. Standardiseringskommisioner i Sverige, SIS, utarbetar en svensk standard på vissa av ovanstående metoder, dessa beräknas komma ut under 1984. Analyser för torv och skogsbränsle finns ej specifikt.

Enligt ISO 1988 har värden på kol en osäkerhet av ca $\pm 10\%$, vid manuell uttagning av prov. Där största osäkerheten ligger i själva provuttagningen och neddelningssteget. Analysförfarandet ger vid analys vid special laboratorier en osäkerhet under $\pm 0,1\%$.

Används istället en mekanisk provtagare för provuttag kan osäkerheten minskas betydligt.

Ytterligare felkällor som kan inverka på angivna data på bränslet är t ex om fukthalten i bränslet ökar vid lagring, efter det att bränsleprov uttagits. Förutom att fukthalten därigenom ändras, ändras därmed även värmevärdet.

7.2 Bränsleflöde till panna

Bränslet matas oftast till pannan via skruvar eller någon form av skraptransportörer. Man beräknar då flödet via varvtalet på skruven eller hastigheten på transportören. Då fyllnadsgraden varierar, bl a beroende på bränslets egenskaper och svårigheter med kalibrering är det en tämligen onoggrann mätning. Vidare bör man på något sätt kontrollera fyllnadsgraden i matare eller skruven så att den inte är helt tom.

En grov uppskattning på osäkerheten är att den kan antas vara upp till $\pm 10\%$.

7.3 Uppmätt rökgasflöde

Rökgasflöde mäts i stort sett aldrig kontinuerligt. Mätning med venturi anses ge för stort tryckfall och med pitotrör och liknande kan vara besvärligt att placera så representativa värden erhålls.

Nya instrument finns dock på marknaden. I Västerås skall installeras en mätare för rökgashastighet som bygger på ultraljudteknik och mäter tvärs över rökgaskanalen. Instrument av typ vortexmätare och anemometer finns även.

8. Redovisning av emissioner

8.1 Beräkning av långtidsvärden

De värden som skall redovisas till myndigheterna är värden över längre perioder såsom månads- eller årsmedelvärden av svavel, kväveoxider och stoft samt totalt utsläpp av ton svavel per år.

Finns tillgång till dator kan följande beräkning genomföras kontinuerligt.

Månadsmedelvärde av emissioner kan definieras på två sätt:

- medelvärde av momentanvärde av emissioner

$$E_{medel} = \frac{1}{T} \int_0^T E \, dt$$

Detta medelvärde kan alltså inte direkt multipliceras med energiinnehållet i bränsleförbrukningen för att få totalutsläppet för perioden

- "viktat" medelvärde. Det viktade medelvärde visar det faktiska utsläppet. Eftersom vid en viss given emission i g/MJ det totala utsläppet inte är lika vid låglast som vid höglast. Genom viktningen sätts värdet i relation till driftförhållanden.

$$E_{\text{medel, viktat}} = \frac{\int_0^T E \times Q \, dt}{\int_0^T Q \, dt}$$

$$E_{\text{medel, viktat}} = \frac{\int_0^T E \times q \times dt}{\int_0^T q \times Q_B \, dt}$$

$$E_{\text{medel, viktat}} = \frac{\int_0^T E \times \frac{P}{\eta} \, dt}{\int_0^T \frac{P}{\eta} \, dt}$$

Det totala årsutsläppet kan då erhållas genom att energinnehållet i bränsleförbrukningen för ett år multipliceras med det viktade medelvärde.

I myndighetskrav finns inga definitioner givna för vilket av ovanstående medelvärden som avses.

En kontinuerlig beräkning av totalutsläpp kan för årsutsläpp göras på motsvarande sätt som beräkning av månadsmedelvärde. Formler enligt sid 16 kan användas som utgångspunkt.

Exempel:

Ur formel I erhålls:

$$E_{\text{tot}} = \int_0^T \frac{q \times c_i \times M_w \times Q_B}{22,4136 \times 10^{-3}} \, dt$$

Ur formel II erhålls:

$$E_{\text{tot}} = \int_0^T \frac{Q \times c_i \times M_w}{22,4136 \times 10^{-3}} dt$$

Ett specialfall är då samtidigt mer än ett fastbränsle eldas i pannan samt då olja används som stödbränsle. Fördelningen mellan de olika bränslena bör då mätas eller skattas momentant för att möjliggöra beräkningarna.

8.2 Instrumentens tillgänglighet

I de fall då mätvärden används för reglering eller går direkt till dator för kontinuerlig uppdatering av emissionsberäkning, är det väsentligt att samtliga ingångsvärden som används för regleringar och beräkningar är riktiga. De värden man kan befara få problem med är de från mätinstrumenten för emissionen.

Som tidigare nämnts är det värdefullt om det är möjligt att kontinuerligt ha en kvalitets- och rimlighetskontroll av värden.

Orsaken till att oriktiga värden erhålls är följande:

- Många instrument har automatiska kalibreringssekvenser. Kalibreringsgas eller kalibreringsfilter kopplas då in för att kontrollera nollvärde och spara. Mätning av rökgaserna sker inte under den automatiska kalibreringen.
- Underhåll och service av instrument.
- Instrumentet är ur drift p g a fel i instrumentet.

En automatisk kalibrering tar vanligtvis tämligen kort tid (någon minut). För att få ett värde för processtyrning och emissionsberäkningar är det lämpligt att ett värde hålls kvar under kalibreringstillfället. Detta kan ske genom att signal erhålls från instrumentet att "kalibrering skall starta". Sista mätvärdet kan då frysas. Ännu bättre är dock om korttidsmedelvärden kontinuerligt räknas och det senaste medelvärdet hålls kvar när kalibreringen startar. När tiden för kalibrering har slutat, tas åter värden från mätinstrumenten.

Om instrumentet ger felaktigt värde beroende på att det är felaktigt eller att service och underhåll utförs, rör det sig om en längre tidsperiod. För processtyrning bör då ett fast värde sättas, t ex sista mätvärdet eller medelvärdet under en period. Det kan även gälla för beräkningar av emissioner.

Ett mer riktigt sätt torde dock vara att inte utföra beräkningar vid de tillfällen då instrumentet inte fungerar, när det borde ha varit i drift och samtidigt summera de tider då instrumentet är ur drift. Tillsammans med beräknade emissioner anges då tid då instrumentvärde varit felaktigt eller instrumentets tillgänglighet. Det kan även vara lämpligt att ange tidpunkten då instrumentet varit ur drift.

Det är viktigt att rutiner för beräkningsgångar läggs upp så att värden från felaktiga instrument inte räknas med vid beräkning av långtidsvärden. Det löses lämpligast genom kontinuerlig rimlighetskontroll av värdena, som direkt stoppar beräkningar vid orimliga värden. Möjlighet måste dock även finnas att gå tillbaka i tiden och stryka värden ur beräkningar om felaktigheter upptäcks i efterhand.

9. Drifterfarenheter av on-line instrument

9.1 On-line instrument på svenska anläggningar

Personal vid ett antal svenska fastbränsleeldade anläggningar har tillfrågats angående erfarenheter av direktvisande mät- och analysinstrument för processoptimering och emissionsövervakning. I tabell är en översikt över anläggningar och instrument. Erfarenheter från några anläggningar ges.

9.1.1 Hässelbyverket, Stockholms Energiverk

Kraftvärmeverkets fastbränsleeldade del består av 3 kolpulvereldade pannor som tillsammans producerar 192 MW värme och 65 MW el. Verket togs i drift 1959, men undergick en större ombyggnad 1982. Samtliga pannor är försedda med elfilter för stoftavskiljning.

ÖVERSIKT ÖVER INSTRUMENT PÅ NÅGRA FASTBRÄNSLEELDADE ANLÄGGNINGAR

Anläggning	Bränsle	Parameter	Typ	Fabrikat
Hässelby Kraftvärmeverk	Kolpulver	O ₂ Röktäthet Stofthalt	Zirkoniumoxidcell Opacitet	Westinghouse Inor Durag
Västerås Kraftvärmeverk Arosverket	Kolpulver	O ₂ O ₂ Stofthalt Oförbränt i flygaska SO ₂ /NO/stoft Rökgashastighet Röktäthetsmätare	Extraktivt Insitu Opacitet	Hartmann & Braun, Magnos Cleveland P3 Sick, RM-41 endast P2 Kajaani, AM1 Sick, GM21 endast P4 Sick endast P4 Lyngsö P1 o P2
Södertälje Värmeverk	Kolpulver	O ₂ Röktäthet SO ₂ SO ₂ /NO Oförbränt i flygaska	Zirkoniumoxidcell UV-instrument, insitu - " -	Westinghouse Inor Lear Siegler, SM810 Lear Siegler, SM810 Kajaani, AM1
Hylte Bruks AB	Fluidicerad bädd kol, torv, bark flis, pappersavfall	O ₂ CO/CO ₂	Zirkoniumoxidcell IR-instrument, insitu	Westinghouse Measurex, Dyna Co (helt kontroll syst.)
Norrköping Kraftvärmeverk	Kol, wanderrost	O ₂ Stofthalt CO SO ₂ NO	Zirkoniumoxidcell Opacitet IR-instrument extraktivt UV-instrument extraktivt IR-instrument extraktivt	Westinghouse Sick, RM-41 Leybold-Heraeus Leybold-Heraeus Leybold-Heraeus
Skellefteå Kraft AB	Torv	O ₂		Elektro-Dynamo

ÖVERSIKT ÖVER INSTRUMENT PÅ NÅGRA FASTBRÄNSLEELDADE ANLÄGGNINGAR

Anläggning	Bränsle	Parameter	Typ	Fabrikat
Örebro Kommun, Industri- verken Växjö Energiverk	Kol	O ₂	Zirkoniumoxidcell	Westinghouse
	Flis	O ₂ Röktäthet CO		Inor Hartmann & Braun
Helsingborgs Energiverk	Kol	O ₂ Röktäthet		Westinghouse Inor
Sydkraft, Malmö, P15	Kolpulver	O ₂	Zirkoniumoxidcell	Cleveland
		CO		Hartmann & Braun, Uras 3G
		SO ₂	UV-instrument, insitu	Lear Siegler
		SO ₂ /NO	- " - - " -	Lear Siegler
		Röktäthet		Inor

Instrument

- O₂-mätare med zirkoniumoxidcell av fabrikat Westinghouse, placerad direkt före economiserpaketet, ett instrument per panna. Signalen används för manuell reglering av förbränningen. Kalibreringstest av instrument har utförts var 3:e månad och de har visats vara stabila. Ett kretskort har gått sönder och reservdel fick tas från USA. Därutöver har inget underhåll krävts. Referensluft till instrumentet tas direkt från pannhuset, men för att förhindra igensättning av filter avser man byta till instrumentluft. För övrigt har man haft besvär att få drift- och underhållsinstruktioner på svenska.
- Röktäthetsmätare av fabrikat Inor finns installerat efter två av pannorna. Signalen från instrumentet har en larmande funktion. Larmnivån ställs in manuellt vid olika förbränningsförhållanden.
- Stofthaltsmätare av fabrikat Durag finns installerat efter en av pannorna. Signalen från instrumentet går in på en skrivarremsa. Stofthaltsmätaren är ännu ej övertagen och personalen på verket har därför ingen erfarenhet av det.

Någon rapportering av emissioner till myndigheter sker ännu inte. Samtal pågår med Länsstyrelsen huruvida kontrollprogram skall utformas.

9.1.2 Västerås Stads Kraftvärmeverk AB

Kraftvärmeverkets fastbränsleeldade del består av tre block som har konverterats från oljeeldning till kolpulvereldning. Block 1 och 2 producerar vardera ca 25 MW el och 75 MW värme. De båda blocken togs i drift med kol november 1981. Block 4 tas i drift hösten -83 och producerar 116 MW el och 216 MW värme. För varje block finns ett elfilter för stoftavskiljning.

Instrument

- O₂-mätarna för block 1 och 2 är extraktiva typ Magnos från Hartmann & Braun. Har automatisk kalibrering ca 1 ggr/h.

O₂-mätare med zirkoniumoxidcell fabrikat Cleveland finns på block 4.

För provning av Asea's pannreglering har extraktiva mätningar gjorts av CO-halt med ett UV-instrument, URAS, Hartmann & Braun.

- Stoftmätutrustning för opacitetsmätning har på prov installerats av Naturvårdsverket på block 2. Instrumentet RM 41 av fabrikat Sick, har kalibrerats genom manuella provtagningar och skötts av personal från Naturvårdsverket, så verkets personal kan inte yttra sig om hur det har fungerat. Enligt personal från Naturvårdsverket har instrumentet fungerat tillfredsställande.

- Restkolhaltsmätare finns, ett instrument per block placerat vid fickan på elfiltrets första system. Instrumentet är av fabrikat Kajaani. Mätaren kontrollerar att flygaskans innehåll på oförbränt är under gränsen 5% och därmed kan vara säljbart.
- Röktäthetsmätare av fabrikat Lyngsö finns placerade efter elektrofilter på block 1 och 2. Dessa instrument fanns före konverteringen till kol.
- Block 4 ska även försees med ett kombinerat insitu-instrument för att mäta SO₂ och stoft, fabrikat Sick. Statens Naturvårdsverk ska även på prov installera ett nytt instrument för att mäta rökghastigheten, även detta av fabrikat Sick.

Rapportering av svavel och stoftemissioner sker till myndigheterna. För närvarande beräknas svavelutsläppen genom kolanalys med avseende på värmevärde, svavel- och askinnehåll. Andel svavel som binds i aska bestäms för varje kolsort. Förbrukning av respektive kolsort mäts. Ur ovanstående beräknas vid periodens slut emissioner av svavel. Stoftemissionerna beräknas från en avskiljningsgrad på elfiltret för respektive kolsort. Som gränsvärde på svavelemissioner är 0,3 gS/MJ för block 1 och 2. För block 4 gäller 0,1 gS/MJ från 1986. Inga gränsvärden finns dock för kväveoxid.

9.1.3 Igelstaverket, Södertälje Energiverk

Värmeverket består av 3 st kolpulvereldade pannor som vardera producerar 120 MW värme. Panna 1 och 2 togs i drift hösten -82 och panna 3 oktober -83. Varje linje är försedd med en rökgasreningsanläggning för stoft- och svavelavskiljning, bestående av elfilter, SO₂-skrubber och textilfilter.

Instrument

- O₂-mätare med zirkoniumoxidcell, Westinghouse, 2 st per panna. En är placerad efter pannan och en i skorstenen. Mätarna har fungerat bra.
- Röktäthetsmätare av fabrikat Inor. De är placerade direkt efter pannan och har inte fungerat. (Troligen beroende på att instrumenten monterats fel).
- Fuktmätare av fabrikat Reson har på försök installerats på linje 1 före SO₂-skrubbern, men visat sig ej fungera tillförlitligt, problem med material och korrosion.

- SO₂-mätinstrument, ett insitu-instrument som arbetar med UV-ljus, SM 810 av fabrikat Lear Siegler. Instrumenten är placerade före SO₂-skrubbern. Motsvarande instrument kombinerat för mätning av SO₂ och NO finns monterat i skorstenen. Mätvärdet på SO₂-halten före skrubbern och i skorstenen används för att styra rökgasavsvavlingsprocessen. Lear-Siegler-instrumenten har hitintills inte fungerat helt tillfredsställande, beroende på dåliga komponenter i instrumentet och stor störningskänslighet. Instrumenten är köpta direkt från ESA och leverantören har ställt upp dåligt.

Det periodiska underhållet på dessa instrument består av lampbyte, rengöring och byte av keramiska filter. Lampbyte krävs ungefär var tredje månad och vid lampbyte krävs att instrumentet kalibreras med referensgas.

- Restkolhalt mäts med instrument från Kajaani. Instrumentet är placerat vid stoftfickan i elfiltrets första system. Signalen från instrumentet används för att styra om askan ska sändas till en deponeringssilo eller flygask-silo. Problem att från början få tillräckligt askflöde till instrumentet. Efter att ändra placering av instrument, längre ner på fickan, erhålls tillräckligt flöde.

Beräkning av värden som ska redovisas till myndigheter (g S/MJ, g NO₂/MJ) beräknas i en central informationsdator genom att värden tas in till datorn och beräkningarna kontinuerligt uppdateras. Resultaten redovisas i datorns utskrifter av driftrapporter. Utsläpp i g/MJ beräknas och redovisas som viktade medelvärden. Man har haft problem när analysinstrument inte fungerat och beräkningarna har fortsatt, långtidsmedelvärdena har därmed blivit fel.

Som gränsvärde gäller för svavelemissionerna årsmedelvärdet 0,1 g/MJ, för kväveoxider månadsmedelvärdet 0,26/MJ och för stoft månadsmedelvärdet 50 mg/m³ norm torrgas (13%CO₂).

10. Variabellista

- c_i = koncentration av gasformig emission, volym ppm
 c_{in} = koncentration av gaskomponent före rökgasrening volym ppm
 c_{ST} = koncentration av stoft, mg/m^3 norm
 CO_2 = andel CO_2 i rökgas

 DT = temperaturdifferens över reaktor för rökasavsvavling, $^{\circ}\text{C}$
 E = emission, g/MJ bränsle
 E_{medel} = Medelvärde av emissioner, g/MJ bränsle eller mg/MJ bränsle räknat på momentanvärden

 E_{ST} = emission av stoft, mg/MJ bränsle
 E_{tot} = årsvärde av emission, ton/år
 f_1 = andel svavel som binds i aska
 f_2 = andel av NO_x som utgörs av NO_2
 H_e = bränslets effektiva värmevärde (låga värmevärdet), MJ/kg bränsle

 k_v = volymökning av rökgas beroende på vattentillsats i rökgasavsvavling

 L_{min} = minsta erforderliga torra luftmängd, $\text{m}^3\text{norm/kg}$ bränsle

 $L_{f\text{min}}$ = minsta erforderliga fuktiga luftmängd, $\text{m}^3\text{norm/kg}$ bränsle
 L_f = tillförd luftmängd, inkl fukt och luftöverskott $\text{m}^3\text{norm/kg}$ bränsle

 m = luftfaktor ($m \geq 1$)
 M_w = molvikt, g/mol

 n_{CO_2} = teoretisk CO_2 i rökgasen, beräknat mol/kg bränsle
 O_2 = syrgashalt i rökgasen efter rökgasrening mätt på fuktig gas, volym-%

- η = verkningsgrad för panna
 P = effektuttag från panna, MW
 p = förbränningsluftens totaltryck, bar
 p_D = vattenångans mättnadstryck vid förbränningsluftens temperatur, bar
 Φ = förbränningsluftens relativa fuktighet
 q = rökgasmängd m^3 norm/kg bränsle

 q_f = fuktig rökgasmängd inkl luftöverskott m^3 norm/kg bränsle

 q_{min} = minsta erhållna rökgasmängd vid förbränning med torr luft m^3 norm/kg bränsle

 q_{fmin} = minsta erhållna fuktiga rökgasmängd m^3 norm/kg bränsle

 q_n = rökgasmängd, mol/kg bränsle

 q_{torr} = rökgasmängd torr, m^3 norm/kg bränsle

 q^* = fuktig rökgasmängd, inkl vattentillsats i rökgasavsvavlingen, m^3 norm/kg bränsle

 Q = rökgasflöde m^3 norm/s

 Q_B = bränsleflöde kg/s

Bränslets sammansättning

- (C) = viktsandel kol i bränslet
 (H_2) = viktsandel väte i bränslet
 (N_2) = viktsandel kväve i bränslet
 (O_2) = viktsandel syre i bränslet
 (S) = viktsandel svavel i bränslet
 (H_2O) = viktsandel vatten i bränslet
aska = viktsandel aska i bränslet

 $(C) + (H_2) + (S) + (O_2) + (N_2) + (H_2O) + \text{aska} = 1$

11 Referenslista

1. Göran Helen: Max Lundström
Gasanalysinstrument för emissionsmätning
- en marknadsöversikt. SNV PM 1477
2. Continuous Air Pollution Source Monitoring Systems
Handbok, EPA 625/6-79-005
3. Riktlinjer för utsläpp av luft- och vattenföroreningar
samt hantering av bränslen vid fastbränsleeldade
anläggningar större än 10 MW tillförd effekt samt
fastbränsleeldade anläggningar inom förprövningspliktig
verksamhet. Statens Naturvårdsverk, 1982-06-08.
4. Kopper: Handbuch der Brennstofftechnik
5. G Lövblad, B Sten, IVL: Instrument för optisk
insitumätning av stoft - en översikt. NM 80 Rapport Nr
1:3, 1977.
6. K. Raino: Långtidstest av ett antal optiska instrument.
NM 80 Rapport Nr 1:11, 1979.

HÄRLEDNING AV DELAR AV BERÄKNINGSFORMLER

Variabellista återfinns i kap 10

A. Beräkning av rökgasmängd, q enligt referens (4).

a) Luftbehov

Minsta erforderliga luftmängd, torr som åtgår vid förbränning är L_{min} .

$$L_{min} = 8,8775 \times (C) + 26,443 \times (H_2) + 3,326 \times (S) - 3,332 \times (O_2) \text{ m}^3 \text{ norm/kg bränsle} \quad (1)$$

Medräknas förbränningsluftens fukthalt åtgår

$$L_{f_{min}} = \frac{p}{p - \phi \times p_D} \times L_{min} \quad (2)$$

Inklusive luftöverskott vid förbränningen.

$$L_f = m \times L_{f_{min}} \quad (3)$$

b) Rökgasmängd

i Delmängd som härrör från bränslet

$$CO_2 : \frac{22,26}{12,01} \times (C) = 1,8535 \times (C) \text{ m}^3 \text{ norm } CO_2/\text{kg bränsle}$$

$$H_2O : \frac{44,8}{4,032} \times (H_2) = 11,111 \times (H_2) \text{ m}^3 \text{ norm } H_2O/\text{kg bränsle}$$

$$SO_2 : \frac{21,89}{32,06} \times (S) = 0,6828 \times (S) \text{ m}^3 \text{ norm } SO_2/\text{kg bränsle}$$

$$H_2O : \frac{22,4}{18,016} \times (H_2O) \text{ (flytande)} = 1,243 \times (H_2O) \text{ m}^3 \text{ norm vattenånga/kg bränsle}$$

$$N_2 : \frac{22,4}{28,016} \times (N_2) = 0,800 \times (N_2) \text{ m}^3 \text{ norm/kg bränsle}$$

Delmängd från luftens inerta beståndsdelar:

N₂-innehåll i luften 78,97 %

CO₂-innehåll i luften 0,03 %

relativ fuktighet ϕ

ii Medför följande mängd till rökgaserna:

$0,7897 \times L_{\min}$ m³ norm N₂/kg bränsle

$0,0003 \times L_{\min}$ m³ norm CO₂/kg bränsle

$\frac{\phi \times p_D}{p - \phi \times p_D} \times L_{\min}$ m³ norm H₂O/kg bränsle

Summan av i och ii ger minsta fuktiga rökgasmängd $q_{f_{\min}}$

$$q_{\min} = q_{f_{\min}} - \frac{\phi \times p_D}{p - \phi \times p_D} \times L_{\min}$$

iii Delmängd från luftöverskott

$(m-1) \times 0,21 \times L_{\min}$ m³ norm O₂/kg bränsle

$(m-1) \times 0,0003 \times L_{\min}$ m³ norm CO₂/kg bränsle

$(m-1) \times 0,7897 \times L_{\min}$ m³ norm N₂/kg bränsle

$(m-1) \times \frac{\phi \times p_D}{p - \phi \times p_D} \times L_{\min}$ m³ norm H₂O/kg bränsle

Rökgasmängd (summa av i, ii och iii)

$$q_f = 1,8535 \times (C) + 0,0003 \times m \times L_{\min} \quad m^3 \text{ norm CO}_2/\text{kg bränsle} \quad (4)$$

$$+ 0,800 \times (N_2) + 0,7897 \times m \times L_{\min} \quad m^3 \text{ norm N}_2/\text{kg bränsle}$$

$$+ 0,6828 \times (S) \quad m^3 \text{ norm SO}_2/\text{kg bränsle}$$

$$+ (m-1) \times 0,21 \times L_{\min} \quad m^3 \text{ norm O}_2/\text{kg bränsle}$$

$$+ 11,111 \times (H_2) + 1,243 \times (H_2O) + m \frac{\phi \times p_D}{p - \phi \times p_D} \times L_{\min} \quad m^3 \text{ norm H}_2O/\text{kg bränsle}$$

$$q_f = q_{\min} + (m-1 + \frac{\phi \times p_D}{p - \phi \times p_D} \times m) \times L_{\min} \quad (5)$$

Rökgasmängd vid rökgasrening

Ur entalpi-balans ges att vattentillsats i reaktor ger följande tillskott:

$$k_v = 0,000687 \times DT + 1 \quad (6)$$

$$q_f^* = q_f \times (0,000687 \times DT + 1) \quad (7)$$

Rökgasmängd utan luftöverskott ($m = 1$)

$$\begin{aligned} q_f^* = & 1,8535 \times (C) + 0,800 \times (N_2) + 0,6828 \times (S) + \\ & 11,111 \times (H_2) + 1,243 \times (H_2O) + (0,7900 + \frac{\phi \times p_D}{p - \phi \times p_D}) \times \\ & (8,8775 \times (C) + 26,443 \times (H_2) + 3,326 \times (S) - 3,332 \times (O_2)) \\ & \times (0,000687 \times DT + 1) \end{aligned}$$

Rökgasflöde med luftöverskott ($m > 1$)

$$q_f = q_{\min} + (m - 1 + \frac{\phi \times p_D}{p - \phi \times p_D} \times m) \times L_{\min} \quad (9)$$

$$21 \times (m - 1) \times L_{\min} = O_2 \times q_f \times k_v \quad (10)$$

$$m = \frac{O_2 \times k_v}{21} \times \frac{q_f}{L_{\min}} + 1 \quad (10)$$

(10) insatt i (9)

$$q_f = q_{\min} + (\frac{O_2 \times k_v}{21} \times \frac{q_f}{L_{\min}} + \frac{\phi \times p_D}{p - \phi \times p_D} \times (\frac{O_2 \times k_v}{21} \times \frac{q_f}{L_{\min}} + 1)) \times L_{\min}$$

$$q_f \times (1 - \frac{O_2 \times k_v}{21} - \frac{\phi \times p_D}{p - \phi \times p_D} \times \frac{O_2 \times k_v}{21}) = q_{\min} + \frac{\phi \times p_D}{p - \phi \times p_D} \times L_{\min}$$

$$q_f = (q_{\min} + \frac{\phi \times p_D}{p - \phi \times p_D} \times L_{\min}) \times \frac{21 \times (p - \phi \times p_D)}{21 \times (p - \phi \times p_D) - O_2 \times k_v \times p} \quad (11)$$

$$q_f^* = (q_{\min} + \frac{\phi \times p_D}{p - \phi \times p_D} \times L_{\min}) \times \frac{21 \times (p - \phi \times p_D) \times k_v}{21 \times (p - \phi \times p_D) - O_2 \times k_v \times p} \quad (12)$$

Insättes k_v enligt (6) i (12)

$$q_f^* = (q_{\min} + \frac{\phi \times p_D}{p - \phi \times p_D} \times L_{\min}) \times \frac{21 \times (p - \phi \times p_D) \times (0,000687 \times DT + 1)}{21 \times (p - \phi \times p_D) - O_2 \times (0,000687 \times DT + 1) \times p} \quad (13)$$

Överslagsformel för beräkning av rökgasmängd enligt Rosin-Fehlings formel
för fasta bränslen:

$$L_{\min} = 2,41 \times 10^{-4} \times H_e + 0,5 \quad \text{m}^3 \text{ norm/kg bränsle}$$

$$q_{\min} = 2,13 \times 10^{-4} \times H_e + 1,65 \quad \text{m}^3 \text{ norm/kg bränsle}$$

för flytande bränslen

$$L_{\min} = 2,03 \times 10^{-4} \times H_e + 2,0 \quad \text{m}^3 \text{ norm/kg bränsle}$$

$$q_{\min} = 2,65 \times 10^{-4} \times H_e \quad \text{m}^3 \text{ norm/kg bränsle}$$

Med $L_{\min}$ och $q_{\min}$ för fasta bränslen insatta i (5)

$$q_f = 2,13 \times 10^{-4} \times H_e + 1,65 + (m - 1 + \frac{\phi \times p_D}{p - \phi \times p_D} \times m) \times (2,41 \times 10^{-4} \times H_e + 0,5) \quad (14)$$

Motsvarande rökgasmängd vid rökgasrening med k_v insatta enligt (13)

$$q_f^* = (2,13 \times 10^{-4} \times H_e + 1,65 + \frac{\phi \times p_D}{p - \phi \times p_D} \times (2,41 \times 10^{-4} \times H_e + 0,5)) \times$$

$$\frac{21 \times (p - \phi \times p_D \times (0,000687 \times DT + 1))}{21 \times (p - \phi \times p_D) - O_2 \times (0,000687 \times DT + 1) \times p} \quad (15)$$

B. Beräkning enligt formel III

Rökgasflöde

$$Q = Q_B \times q_n \times 22,4136 \times 10^{-3}$$

Enligt (4)

$$n_{CO_2} = \frac{1,8535 \times (C) + 0,0003 \times m \times L_{min}}{22,4136 \times 10^{-3}}$$

Antagande $n_{CO_2} = 82,70 \times (C)$

$$CO_2 = \frac{n_{CO_2}}{q_n}$$

$$q_n = \frac{82,70 \times (C)}{CO_2}$$

$$Q = \frac{Q_B \times 82,70 \times (C) \times 22,4136 \times 10^{-3}}{CO_2}$$

Anm. Vid rökgasrening då CO_2 mäts före rökgasreningen

$$Q^* = Q \times k_v$$

Hänsyn till lufttillsats och inläckage kan göras om O_2 -halt i rökgas mäts både i samband med CO_2 efter pannan ($O_2(1)$) och efter rökgasreningen där

c_i mäts ($O_2(2)$)

$$c_i \text{ korr} = c_i \times \frac{21 - O_2(1)}{21 - O_2(2)}$$

Emissioner (enligt formel II)

$$E = \frac{82,70 \times (C) \times c_i \times 10^{-6} \times Mw}{H_e \times CO_2}$$

C. Beräkning enligt formel IV

Vid beräkning av emissioner beräknas ingående energimängd från effektuttag och verkningsgrad. En förenkling kan göras för uppskattning av verkningsgrad, om man vid t ex leveransprov gör mätningar av verkningsgrad vid olika effektuttag, och från de antar verkningsgraden som funktion av effektuttaget.

Om Q , rökgasflöde m^3 norm/s ej mäts kan man i stället räkna med q , rökgasmängd m^3 norm/kg bränsle och Q_B , bränsleflöde, kg/s

$$E = \frac{Q \times c_i \times 10^{-6} \times \eta \times M_w}{P \times 22,4136 \times 10^{-3}}$$

D. Beräkning enligt formel V

Beräkningen av svavelemissioner bygger på mätning av svaveldioxidhalten i rökgaserna före och efter rökgasavsvavlingsanläggningen och svavelinnehållet i kolet. Andel av ingående svavel som binds i askan, bottenaska och flygaska skall även tas hänsyn till i beräkningen.

För att uppskatta andel svavel som binds i aska f_1 kan man för varje kolsort göra en beräkning utifrån massflödet svavel in samt samtidigt antingen mäta svavelmängden ut via askorna eller via rökgaserna.

I anläggningen utan rökgasavsvavling är $c_i = c_{i, in}$ och $k_v = 1$

$$Q_B \times (S) \times (1 - f_1) \times 10^{-3} = \frac{Q \times c_{i, in} \times 10^{-6} \times M_w}{22,4136 \times 10^{-3}}$$

$$\frac{Q}{Q_B} = \frac{S \times (1 - f_1) \times 22,4136 \times 10^{-3}}{c_{i, in} \times 10^{-6} \times M_w} \times 10^{-3}$$

$$E = \frac{c_i \times (S) \times (1 - f_1) \times k_v}{c_{i, in} \times H_e} \times 10^3$$

E. Beräkning av emissioner av kväveoxider

Kväveoxider i rökgaser föreligger som NO och NO₂, varvid största delen består av NO (ca 90-95%). De flesta instrument för mätning av kväveoxider mäter antingen NO eller NO₂.

Vanligtvis mäts endast NO. För att erhålla total kväveoxidhalt krävs då en uppskattning av hur stor andel av kväveoxidhalten som utgörs av NO₂.

$$\text{NO}_x = \text{NO} + \text{NO}_2$$

$$\text{NO}_x = \frac{\text{NO}}{1 - f_2}$$

f_2 = andel av NO_x som utgörs av NO₂

Ett värde på f_2 kan exempelvis mätas upp vid leveransprov och detta kan sedan gälla som uppskattat värde vid beräkningarna av kväveoxidmissioner. Dessa räknas om till g NO₂/MJ bränsle.

A. Instrument för gaskomponenter

	CO	CO ₂	SO ₂	H ₂ S	NO	NO ₂	NO _x	O ₂	Spec HC	Tot HC	Tot HC-CH ₄	Tot HNC	Tot oförb	Tot reducerat svavel TRS
<u>IR-absorption</u>														
Anacon	X	X	X		X	X			X					
Anarad	X	X												
Anatek	X	X	X		X				X					
Beckman	X	X	X		X				X					
Dynatron	X													
Environnement	X													
Hartmann&Braun	X	X	X		X				X					
Horiba	X	X	X		X				X					
IR Industries	X	X	X		X	X			X					
Junkalor	X	X	X						X					
Kent	X	X	X		X	X	X		X					
Lear Siegler	X	X												
Leeds & North.	X	X	X		X	X			X					
Leybold-Heraeus	X	X	X	X	X				X					
MSA	X	X	X		X	X			X					
Riken	X	X							X	X				
Sieger	X	X	X		X				X					
Siemens	X	X	X		X									
Teledyne	X	X												
Western R&D	X		X	X	X	X	X			X				
Westinghouse	X													
Analysis Autom.	X		X											
<u>UV-absorption</u>														
Anacon			X	X		X	X							
Du Pont			X	X		X	X							
Hartmann&Braun			X	X	X	X								X
Lear Siegler			X		X									
Leybold-Heraeus			X	X	X	X								
Sick			X			X								
Teledyne			X											
<u>Flamjonisation</u>														
Beckman										X				
Foxboro										X				
Hartmann&Braun										X				
Meloy									X	X	X			
MSA										X				
Ratfisch										X				
Siemens										X			X	
Signal										X	X			
Analysis Auto-										X				
mation Ltd										X				
<u>Paramagnetisk</u>														
Beckman								X						
Hartmann&Braun								X						
Junkalor								X						
Kent								X						
Leeds & North.								X						
MSA								X						
Siemens								X						
Taylor								X						
Horbia								X						
Leybold-Heraeus								X						

[illegible]

B. Insituinstrument för gaskomponenter

IR absorption

Analysis Autom. Ltd Co,	SO ₂	Modell 451 enkel genomgång
Dynatron	CO	
Land	CO	enkelgenomgång
Lear Siegler	CO/CO ₂ /H ₂ O	Ex 4700 dubbelgenomgång med probe
Measurex ¹⁾	CO/CO ₂	dubbelgenomgång med probe
Westinghouse	CO	Modell 610 enkelgenomgång

UV absorption

Lear Siegler	SO ₂	SM 810 dubbelgenomgång med probe
	SO ₂ / NO ₂	SM 810 - " -
Sick	SO ₂ / NO ₂ (stoft)	GM 21 dubbelgenomgång

Kombinationsinstrument

Measurex 1)	SO ₂ /NO	UV
	CO/CO ₂	IR
	opacitet	synligt ljus

Zirkoniumoxidcell för 0 mätning
2

Cleveland
Dynatron
Instrumentic
Kent
Land
Leeds & Northrup
MSA
Teledyne
Westinghouse

1) Instrument kan endast köpas med komplett reglersystem

C. Stoftkoncentration

Se även rapporter från Nordmiljö 80 över insitu instrument (5) och (6).

Insitu för kalibrering till mg stoft/m³ rökgaser

Durag D-R 280 transmission dubbelgenomgång

Lear Siegler RM 41 - " -

Sick RM 41 - " -

Pillard Opastop reflektans

Wärtsilä Emicon laserljuskälla, transmission

Extraktiv

Environnement MPSI 41V

D. Oförbränt i flygaska

Extraktiv

Kajaani AM 1 kapacitiv mätning

E. Rökgashastighet

Sick VM 31 ultraljud

Kurz Dura Flo anemometer

Fischer & Porter vortexmätare

Kent "

Foxboro "

F. Nya typer av instrument

SO₂instrument

Westinghouse håller på att arbeta med ett insitu instrument för att mäta SO₂. Instrumentet bygger på samma princip som zirkoniumoxidcellen för mätning av O₂, med mätning av differensen i partialtryck.

I det nya instrumentet används en kaliumsulfatcell och en referensgas men bestämd SO₂-halt krävs, vidare skall O₂-halten vara bestämd för att kunna bestämma SO₂-halten i rökgasen.

Oförbränt i flygaska

En optisk metod för att insitu bestämma restkolhalten i flygaskan har arbetats fram i Danmark av Elkraft. Detta instrument finns inte ännu tillgängligt på marknaden.

ADRESSFÖRTECKNING ÖVER SVENSKA REPRESENTANTER

Alnor Instrument AB
Rökgasavdelningen
Box 29020
100 52 Stockholm
Tel: 08-62 75 43

Lear Siegler
Ametek
Environnement S.A.
Thermox

Beckman Instruments AB
Box 65
161 26 Bromma
Tel: 08-98 53 20

Beckman

Cerlic
Box 1231
171 24 Solna
Tel: 08-83 50 75

Kent

Bryner HB, K&A
Karbergsvägen 44
113 34 Stockholm
Tel: 08-30 71 20, 30 71 35

Teledyne
Analys Automation Ltd

Edlund Sea Safety Equipment
Alrunegränd 13
162 42 Vällingby
Tel: 08-89 63 70

Pillard

Fischer & Porter AB
P O Box 11040
100 61 Stockholm 11
Tel: 08-23 42 15

Fischer & Porter

Flamtek AB
Box 42051
126 12 Stockholm
Tel: 08-744 38 55

Westinghouse

Heede Controls AB
Lumavägen 6, Hus 24B
Box 81010
104 81 Stockholm
Tel: 08-743 02 95

Cleveland

Inreg AB
Box 2067
144 02 Rönninge
Tel: 0753-535 50

Junkalor
Inreg

Instrument Marketing Consultant (IMC)
Långsjövägen 2B
135 54 Tyresö
Tel: 08-71 24 10

Western Reasurch and Development

ADRESSFÖRTECKNING ÖVER SVENSKA REPRESENTANTER (forts)

Karlbom AB, Ingenjörsfirman G
Vesselvägen 4
Box 55
181 21 Lidingö
Tel: 08-765 25 10

Sieger
Horiba

Kockumation AB
Box 1044
212 10 Malmö
Tel: 040-22 45 00

Land

Lambda, Instrument AB
Tingsvägen
Box 609
191 26 Sollentuna
Tel: 08-35 90 40

Du Pont

Leybold - Heraeus AB
Långebergsgatan 16
421 32 Västra Frölunda
Tel: 031-49 04 05

Leybold - Heraeus

Liros Elektronik
Galoppgatan 1
200 39 Malmö
Tel: 040-21 02 75

Ratfisch
Sick

METLAB miljö AB
Box 2
199 21 Enköping
Tel: 0171-382 20

Wärtsilä Electronics

Measurex Sweden AB
Cirkelgatan
Box 326
381 24 Borlänge
Tel: 0243-800 70

Measurex

Miljö Instrument Gasanalys Service
AB (MIGAS)
Box 555
191 05 Sollentuna
Tel: 08-96 30 22

Anacon (O₂)
Horbia

Moberg AB, Olle
Box 1
170 15 Stenhamra
Tel: 0756-201 60

Meloy

ADRESSFÖRTECKNING ÖVER SVENSKA REPRESENTANTER (forts)

Oleico AB
Sandhamnsgatan 25
115 28 Stockholm
Tel: 08-63 60 76-77

Charlton Technology Inc
Durag
Dynatron
Instrumatic
IR Industries
Signal
Kurz

Processinstrument & Elektro AB (PEAB)
Ilanda gård
655 90 Karlstad
Tel: 054-307 50

Fisher

Process Regulator AB (PROREG)
Box 2032
141 02 Huddinge
Tel: 08-774 05 90

Anateck
Taylor

Rudberg AB, Ingenjörfirman Harry
Observatoriegatan 18
102 31 Stockholm
Tel: 08-30 05 00

Riken

Sievert Instrument
Sortergatan 8
162 26 Vällingby
Tel: 08-739 00 95

Leeds & Northrup
Anarad

Siemens AB
Norra Stationsgatan 63-65
Box 23141
104 35 Stockholm 23
Tel: 08-16 11 00

Siemens

Tegma
Höglintavägen 11
172 38 Sundbyberg
Tel: 08-98 76 70

MSA
Auer

Tillquist AB, Hugo
Pyramidvägen 9
Box 3006
171 03 Solna
Tel: 08-734 40 00

Hartman & Braun

ADRESSFÖRTECKNING ÖVER INSTRUMENTTILLVERKARNA

Anacon Ltd.
St. Peters Road
Maidenhead
Berkshire SL6 7QA
England

Anarad Inc
534 E. Ortega Street
Santa Barbara, LA 93103
USA

Ametek Inc, Thermox Div
150 Freeport Road
Pittsburgh PA 15238
USA

Analysis Automation Ltd
Southfield House
Eynsham
Oxford OX8 1JD
England

Anatek Instruments Ltd
High Street
Mayfield
Sussex TN20 6AB
England

Beckman Instruments Inc
Process Instruments and Control Groups
2500 Harbor Boulevard
Fullerton CA 92634
USA

The Bendix Corporation
Environmental and Process Instruments Div
Lewisburg Plant
Drawer 831
Lewisburg
West Virginia 24901
USA

Charlton Technology Inc
P O Box 26818
San Diego CA 92126
USA

Cleveland Controls Inc
1111 Brookpark Road
Cleveland
Ohio 44109
USA

ADRESSFÖRTECKNING ÖVER INSTRUMENTTILLVERKARNA (forts)

Du Pont Company
Analytical Instruments Division
Concord Plaza - Mc Kean Building
Wilmington DE 19898
USA

Durag Industrie Elektronik
GmbH, Kollastrasse 105
D-2000 Hamburg 61
Västtyskland

Dynatron Inc
Barnes Industrial Park
Wallingford
Connecticut 06492
USA

Environment SA
111 bd. Robespierre
783 00 Poissy
Frankrike

Fisher Controls Ltd
Century Works
Lewisham
London SE13 7LN
England

Foxboro Analytical
Wilks Infrared Center
P O Box 449
S. Norwalk
CT 06856
USA

Hartmann & Braun AG
Mess- und Regeltechnik
Postf. 900507
6000 Frankfurt 90
Västtyskland

Infrared Industries Inc
Western Division
Instrumentation Group
P O Box 989
Santa Barbara CA 93102
USA

Instrumatic APS
Cortinavej 14
Stilling
8660 Skanderborg
Danmark

ADRESSFÖRTECKNING ÖVER INSTRUMENTTILLVERKARNA (forts)

Interscan Corporation
9614 Cozycroff Avenue
Chatsworth CA 91311
USA

J.U.M. Engenering Gesellschaft
Detmoldstrasse 4
8000 München 45
Västtyskland

Veb Junkalor Dessau
Altener Strasse 43
45 Dessau
Östtyskland

Kajaani Electronics Ltd
P O Box 177
SF-87101 Kajaani
Finland

Kent Industrial Measurements Ltd
GKEP Analytical Instruments
4 Rosemary Lane, Coldhams Lane
Cambridge CB1 3 LQ
England

Kurz Instruments Inc
P O Box 849
Carmel Valley, CA 93924
USA

Land Combustion Ltd
Carrwood Road
Chesterfield Trading Estate
Chesterfield S41 9QB
England

Lear Siegler Inc
Environmental Technology Division
74 Inverness Drive East
Englewood Co 80112
USA

Leeds & Northrup Company
Sumneytown Pike
North Wales
Pensylvania 19454
USA

Leybold - Heraeus GmbH
Wilhelm-Rohn Strasse 25
Postfach 549
D-6450 Hanau 1
Västtyskland

ADRESSFÖRTECKNING ÖVER INSTRUMENTTILLVERKARNA (forts)

H Maihak AG
Semperstrasse 38
2000 Hamburg 60
Västtyskland

Meloy Laboratories Inc
6715 Electronic Drive
Springfield VA 22151
USA

Measurex Corporate Headquarters
One Results Way
Cupertino CA 95014
USA

Mine Safety Appliances Company (MSA)
Instrument Division
600 Penn Center Boulevard
Pittsburgh Pa 15235
USA

Nordisk Elimport AB
Box 435
12104 Johanneshov

Ratfisch Instrumente
Harthausen Strasse 15
8000 München 90
Västtyskland

Pillard Enterprise
Generale de Chauffage Industriel
124, Avenue Francois
Arago 92000 Nanterre
Paris
Frankrike

Riken Keiki Fine Instrument Co, Ltd
2-7-6, Azusawa, Itabashi-ku
Tokyo
Japan

Erwin Sick GmgH, Optik-Elektronik
Machtflinger Strasse 21
D-8000 München 70
Västtyskland

J & S Sieger Ltd
31, Nuffield Estate
Poole
Dorset BH17 7 RZ
England

ADRESSFÖRTECKNING ÖVER INSTRUMENTTILLVERKARNA (forts)

Siemens AG
Abt. E681
Postfach 21 1262
D-7500 Karlsruhe 21
Västtyskland

The Signal Instrument Company Ltd
9 Krooner Road
Camberley Surrey GU 15 2QP
England

Taylor Instrument Analytic Ltd
Division of Sybron Corporation
Crowborough
Sussex TN6 3 DU
England

Teledyne Analytical Instruments
333 West Mission Drive
San Gabriel CA 91776
USA

Thermo Electron Corporation
85 First Avenue
Waltham
Massachusetts 02154
USA

Westinghouse Electric Corporation
Computer & Instrumentation Division
Orville
Ohio
USA

Western Reasurch and Development

Wärtsilä Electronics
Rajasampaanranta 2
SF-00560 Helsinki 56
Finland

Rapportförteckning

- SVF-1 Temperaturbeständighet hos olika filtermaterial
Monica Eiborn, AB ASEA-ATOM, Västerås Sept 1972
- SVF-2 Undersökning av temperaturstabilitet hos olika jon-
bytande material
Olle Tjälldin, AB Atomenergi, Studsvik Sept 1972
- SVF-3 Bedömning av möjlig kloridupptagning i blandbäddfilter
Olle Tjälldin, AB Atomenergi, Studsvik Sept 1972
- SVF-4 Litteraturvärdering avseende järnhaltiga korrosions-
produkters löslighet i vatten
Tormod Kelen, AB Atomenergi, Studsvik Sept 1972
- SVF-5 Partiell kondensation av ånga
R Sundby, J Tavast, Stal-Laval Turbin AB, Finspång
Sept 1972
- SVF-6 Värmeflödesmätare för mätning av värmebelastning i ugnar
B Leckner, L Strömberg, Institutionen för Energiteknik,
Chalmers Tekniska Högskola, Göteborg Sept 1972
- SVF-7 Värmeöverföring och strömningsmotstånd i eldstadstuber
Lars Nilsson, AB Atomenergi, Studsvik Sept 1972
- SVF-8 Bildning, effekter och kontroll av kväveoxider vid eldning
med olja i ickemobila anläggningar
Carl-Eric Holmqvist, Statens Vattenfallsverk, Stockholm
Sept 1972
- SVF-9 Studier av korrosionsangrepp i värmeväxlartuber utsatta
för Östersjövatten
J Arvesen, S Henrikson, AB Atomenergi, Studsvik Sept
1972
- SVF-10 Egenskapsförändringar i svetsförbindningar med olika
höglegerade varmhållfasta stål
Staffan Malm, Uddeholms AB, Hagfors Sept 1972
- SVF-11 Experimentell undersökning av strömningsmotstånd och
värmeöverföring i en eldstadstub
L Nilsson och L Gustafson, AB Atomenergi, Studsvik
Sept 1973
- SVF-12 Filtrerbarheten hos korrosionsprodukter från kolstål i
vatten. Inverkan av temperatur och syrehalt
T Kelen, I Falk, AB Atomenergi, Studsvik Juni 1974
- SVF-13 Alternativa bränslen till brännolja i värme- och värmekraft-
anläggningar
B Gustafsson, Institutionen för Ängteknik, Kungl Tekniska
Högskolan, Stockholm Juni 1974.
- SVF-14 Dosering av polyakrylat för reducering av pannvattnets
fosfathalt och minskning av beläggningar i tuber
L Ahrnbom, Ångpanneföreningen, Stockholm Juni 1974
- SVF-15 Kontinuerlig analysator för låga kloridhalter. Resultat av
långtidsprovning i Karlshamnsverket
R Lundqwist, AB Atomenergi, Studsvik Mars 1975
- SVF-16 Anrikning av vattenlösliga ämnen vid värmeöverförande ytor
i ångpannor och ånggeneratorer. En kritisk litteraturstudie
T Kelen, AB Atomenergi, Studsvik Mars 1975
- SVF-17 Svensk skiffer som fossil energikälla. Teknologiska möjlig-
heter och utvecklingsbehov
L Chambert, Sydkraft, Malmö Mars 1975
- SVF-18 Korrosionsförsök i Östersjövatten med värmeväxlare av olika
metalliska material
S Henriksson, AB Atomenergi, Studsvik
L Knutsson, Gränges Essem, Finspång Maj 1975
- SVF-19 Kemisk rengöring (betning) jämte skyddsskiktbildning. Redo-
görelse för laboratorieundersökningar, utförda vid AB Atom-
energi
L Ahrnbom, Ångpanneföreningen, Stockholm
L Dahl, M Åsberg, Å Berg, AB Atomenergi, Studsvik Maj 1975
- SVF-20 Studium av strömningsinstabiliteter vid kondensationsstöt-
omkring Ma 1.0
O Sandin, Institutionen för Ängteknik, Kungl Tekniska Hög-
skolan, Stockholm Maj 1975
- SVF-21 Inverkan av vibrationer på värmeväxlartuber. Litteraturunder-
sökning
B Oddving, J Wiberg, AB Atomenergi, Studsvik Maj 1975
- SVF-22 Gasgeneratorer med snabb fluidiserad bädd. Reserapport.
Besök i USA för diskussioner angående kolgasifiering
N Berge, B Gustafsson, Institutionen för Ängteknik, Kungl
Tekniska Högskolan, Stockholm Juli 1975
- SVF-23 Gastemperaturmätare Sugpyrometer
L Strömberg, Institutionen för Energiteknik, Chalmers
Tekniska Högskola, Göteborg Juli 1975
- SVF-24 Filterability of corrosion products formed between carbon
steel and water. Influence of temperature and oxygen content
T Kelen, I Falk, AB Atomenergi, Studsvik Sept 1975
(Revised and translated edition of SVF-12)
- SVF-25 Ljud från skorstenar. Experimentell studie av rökgasparamet-
rarnas och vindens inflytande på rikt faktorn
B Egerborg, IFM Akustikbyrå, Stockholm Jan 1976
- SVF-26 Materialprovningar i avluftad 20 % NaOH och 20 % NaOH -
5 % NaCl-lösning vid 325° C. Slutrapport
Bo J E Johansson, AB Atomenergi, Studsvik Sept 1976
- SVF-27 Korrosionsproblem i PWR-reaktorers ånggeneratorer
L Dahl, B Johansson, AB Atomenergi, Studsvik
J Svensson, Statens Vattenfallsverk, Sept 1976
- SVF-28 Experimentell undersökning av strömningsmotstånd och
värmeöverföring i en eldstadstub
Lars Nilsson och Lennart Gustafson, AB Atomenergi,
Studsvik Sept 1976
- SVF-29 Uppmätta bullernivåer i kraft- och värmeverk. Sammanställning
Stig Söderqvist, Bo Egerborg, IFM Akustikbyrå AB,
Stockholm Sept 1976
- SVF-30 Prediktering av ventilbuller
Kristen Dovstam, Stig Söderqvist, IFM Akustikbyrå AB
Stockholm Sept 1976
- SVF-32 Undersökning av flashavgasning med och utan återcirkulation
Björn Kjellström, Institutionen för Ängteknik, Kungl Tekniska
Högskolan, Stockholm Juni 1977
- SVF-33 Undersökning av igensättning i dysor
S Svennerby, AB Svenska Maskinverken Sept 1976
- SVF-34 Kondensatreningsfilters upptagningsförmåga av korrosions-
produkter vid praktisk kraftverksdrift
Bengt Edwall, Sydsvenska Kraftaktiebolaget, Malmö Sept 1976
- SVF-35 Rökassidiga beläggningar i ångpannor vid samtidig eldning
med bark och olja
Torsten Simmons, Holmens Bruk AB, Norrköping Sept 1976
- SVF-36 Inverkan av FeSO₄-dosering på hårdigheten mot erosions-
korrosion hos Cu-legeringar i Östersjövatten
Sture Henrikson, Maths Åsberg, AB Atomenergi, Studsvik
Rolf Holm, Gränges Metallverken, Västerås Sept 1976
- SVF-37 Anrikning på värmeöverförande ytor
R Gustafsson, T Kelen, AB Atomenergi, Studsvik Juni 1977
- SVF-38 Utredning av riskerna för galvanisk korrosion om kondensorer
med tubplåtar av SIS 2343 förses med titantuber. Litteratur-
studie och erfarenhetsinventering
Sture Henrikson, AB Atomenergi, Studsvik Maj 1977
- SVF-39 Laboratorieundersökning av riskerna för galvanisk korrosion
vid övergång från tuber av Al-mässing till tuber av titan
Sture Henriksson, Maths Åsberg, AB Atomenergi, Studsvik
Maj 1977
- SVF-40 Valve noise and vibration
Uno Ingard, Lincoln, Massachusetts Maj 1977
- SVF-41 Regler för materialanvändning efter 1 % krympning
Agneta Oden, Institutet för Metallforskning, Juni 1977
- SVF-42 Behov av värmebehandling till följd av kallbearbetning av
överhettarrör
Hans Törnblom, Sandvik AB, Sandviken Sept 1977
- SVF-43 Provning av ferrit-austenitiskt kompositrör i försöksång-
pannan i Studsvik
Lennart Egnell, Sandvik AB, Sandviken Sept 1977
- SVF-44 Heat transfer from flames to the surrounding walls
Lars Strömberg, Chalmers Tekniska Högskola Juni 1977
- SVF-45 Kemisk miljö i trånga spalter och spalteffekter vid spännings-
korrosionsprovning
Jaroslav Pleva, Korrosionsinstitutet, Stockholm
Jüri Tavast, Stal-Laval Turbin AB, Finspång Sept 1977
- SVF-46 Gasgenerator med snabb fluidiserad bädd. Studier av kall
modell
N Berge, Kungl Tekniska Högskolan, Stockholm Sept 1977

Rapportförteckning (forts.)

- SVF-47 Undersökning av askagglomerering i fluidiserad bädd
O Mårdsjö, H Johansson, Kungl Tekniska Högskolan,
Stockholm Sept 1977
- SVF-48 Behov av avspänningsglödning efter svetsning av varmhåll-
fast stål typ 1 Cr 0,5 Mo
Arne Anderdahl, Per Sjölin, AB Svenska Maskinverken, Kallhäll
Sept 1977
- SVF-49 Partiell kondensation av ånga. Fortsatta undersökningar
Jüri Tavast, Stal-Laval Turbin AB, Finspång Sept 1977
- SVF-50 Tom's effekt i fjärrvärmesystem
Lars Ahrnbom, Ulf Hagstrand, Ångpanneföreningen,
Stockholm Sept 1977
- SVF-51 Laboratorie- och driftprovning av svetsförbindningarmellan
olika legerade varmhållfasta stål
Knut Heurling, Uddeholms AB, Hagfors Sept 1977
- SVF-52 Tillämpning av olika provtagningsmetoder och deras inverkan
på resultaten av vattenkemiska analyser vid försöksångpannan
i Studsvik
Ivan Falk, Lennart Dahl, AB Atomenergi, Studsvik Sept 1977
- SVF-53 Korrosionsinitierad sprickbildning i vattenberörda delar i
ångpannor
Göran Eklund, Institutet för Metallforskning Sept 1977
- SVF-54 Rökassidiga beläggningar vid barkeldning. Forsatta mätningar
jämför utredning om termodynamiska jämvikter
Torsten Simmons, Holmens Bruk AB, Norrköping Sept 1977
- SVF-55 Möjligheter till ökad återföring av primärångkondensat i
massfabriker
Lars Löwenberg, Ångpanneföreningen, Stockholm Sept 1977
- SVF-56 Riktlinjer för provning av jonbytare
Lars Ahrnbom, Ångpanneföreningen, Stockholm Sept 1977
- SVF-57 Problem i samband med barkeldning
Orvar Ryding, Sundsvall Dec 1977
- SVF-58 Pågående svensk forskning och utveckling rörande energiom-
vandlingsanläggningar med fluidiserad bädd. Vad återstår för
att nå kommersiella tillämpningar?
Bernt Gustafsson, AB Fjärrvärme, Trosa Mars 1978
- SVF-59 Vätgasmätning i ångpannor. Litteratur- och intervjuundersökning
Lars Ahrnbom, Ångpanneföreningen, Stockholm Juli 1978
- SVF-60 Korrosion och korrosionsskydd i kondensorer
Lennart Dahl, Studsvik Energiteknik AB, Nyköping Juli 1978
- SVF-61 Ljudalstring i ångledningar. Resultat av mätning och analys av
buller i fyra kraftstationer
Lennart Emanuelsson, Stig Söderqvist, Per-Otto Walter,
IFM Akustikbyrå, Sept 1978
- SVF-62 Korrosionsinhibitorer för hetvattensystem. Litteraturstudie
och marknadsinventering
Anders Thorén, Lars Bergström, Korrosionsinstitutet Sept 1978
- SVF-63 Transformer Noise and Vibration Bibliography
Nils-Åke Nilsson, Göran Westerberg, IFM Akustikbyrå,
Sept 1978
- SVF-64 Corrosions Problems in PWR Steam Generators. Final Report
of Tests at pH 4, 6 and 8
Bo Rosborg, Barbro Majjgren, Studsvik Energiteknik AB,
Sept 1978
- SVF-65 Akustiska mätningar på tre ångventiler i värmekraftcentralen i
Studsvik. Jämförelse mellan uppmätta och predikterade ljud-
nivåer.
Stig Söderqvist och Per-Otto Walter, IFM Akustikbyrå,
Sept 1978
- SVF-66 Beräkningar och mätningar av trycktransienter i fjärrvärme-
ledningen från Ägesta till Farsta
Sture Lindahl, Sydkraft, Febr 1979
- SVF-67 Creep deformation, creep damage accumulation and residual
life prediction for three alloyed CrMo-steels
Anatoly Kondyr, Rolf Sandström and Anders Samuelsson,
Institutet för Metallforskning, Febr 1979
- SVF-68 Drifterfarenheter från havsvattenkylda kondensorer i
svenska kärnkraftverk
Sture Henrikson, Studsvik Energiteknik AB, Febr 1979
- SVF-69 Elektronisk kontroll av skyddsskikt på värmväxlartuber av
kopparlegeringar
Sture Henrikson, Studsvik Energiteknik AB, Mars 1979
- SVF-70 Analys av oorganisk sulfid, cystein och glutation i kylvatten
samt analys av oorganiska sulfider i fasta beläggningar.
Litteraturundersökning
Igor Flis och Gunnar Johansson, Göteborgs Universitet
April 1979
- SVF-71 Avsvavling av rökgaser. Sammanställning av Battelle-rapporter
1977/78
Eyvind Foss, Ångpanneföreningen, Maj 1979
- SVF-72 Application of Low Cycle Fatigue data to thermal cracking
Lars Lundberg and Rolf Sandström, Institutet för Metall-
forskning, Juni 1979
- SVF-73 Höglegerade rostfria stål för saltvattenapplikationer. Utred-
ning av korrosionshårdigheten med tanke på användning i
värmekraftverkens kylsystem
Sture Henrikson, Studsvik Energiteknik AB, Aug 1979
- SVF-74 Avskalningsmetoder för bestämning av oxidmängden på
vattensidan av pannrör
Lennart Dahl, Studsvik Energiteknik AB, Juni 1979
- SVF-75 The residual lifetime of creep deformed components.
Microstructural observations for Mo- and Cr-Mo-steels
Rolf Sandström and Sten Modin, Institutet för Metallforsk-
ning, Sept 1979
- SVF-76 Karaktärisering av kylvattnets korrosivitet vid olika kust-
förlagda kraftverk
Maths Åsberg, Studsvik Energiteknik AB, Sept 1979
- SVF-77 Ventilbuller i form av toner. Resultat av mätning och analys
i fyra fall
Bengt Axefors, Stig Söderqvist, Per-Otto Walter, Mats Öhlén,
IFM Akustikbyrå, Sept 1979
- SVF-78 Utprovning av deponeringsinhibitorer för industriångpannor
Ivan Falk, Studsvik Energiteknik AB, Sept 1979
- SVF-79 Driftserfarenheter med matarpumpar i svenska och utländska
kraftverk
Ulf Arvidsson, Statens Vattenfallsverk, Sept 1979
- SVF-80 Undersökning av scavengerfilter och svag anjonbytare för
reduktion av organisk substans
Folke Persson
- SVF-81 Bullerdosmätningar vid kraftvärmeverk
Hans Buxbaum, Statens Vattenfallsverk, Okt 1979
- SVF-82 Maximal driftstemperatur för deponeringsinhibitorer för
magnetit, typ Na-polyakrylat. Slutrapport
Ivan Falk, Studsvik Energiteknik AB, Okt 1979
- SVF-83 Kondensatåterföring, Fabriksundersökning
Lars Löwenberg, Ångpanneföreningen, Mars 1980
- SVF-84 Förstudie rörande kemiproblem vid lagring och transport av
vattenburen värme i berg
Rolf Sundby, Studsvik Energiteknik AB, Mars 1980
- SVF-85 Kylvattnets korrosivitet vid olika kustförlagda kraftverk
Börje Grönwall, Studsvik Energiteknik AB, Mars 1980
- SVF-86 Low Cycle Fatigue of 1Cr0,5Mo AT 530°C
Influence of hold times
Lars Lundberg and Lars Erik Larsson, Institutet för Metall-
forskning, April 1980
- SVF-87 Effect of notches and multiaxiality on low cycle fatigue life
and its application to component design
Lars Lundberg, Institutet för Metallforskning, April 1980
- SVF-88 Kvalitetsbedömning av kol
Roy Carlson, Statens Vattenfallsverk, Mars 1980
- SVF-89 The residual lifetime of creep deformed material. Micro-
structural changes occurring during creep of a 12 % Cr Mo VW-
steel
Rolf Sandström, Sonja Karlsson and Sten Modin, Institutet för
Metallforskning Maj 1980
- SVF-90 Korrosionsinhibitorer för värmesystem. Delrapport 1. Inven-
tering av tillgängliga inhibitorer
Rolf Sundby, Studsvik Energiteknik AB, Maj 1980

Rapportförteckning (forts.)

- SVF-91 Förbehandling av spädvatten före jonbytare. Litteraturstudie
Rolf Sundby, Studsvik Energiteknik AB, Sept 1980
- SVF-92 Determination of carboxylic acids and phenols in water by extractive alkylation using pentafluorobenzoylation, glass capillary gas chromatography and electron capture detection
Elisabet Fögeqvist, Björn Josefsson and Claes Roos, Department of Analytical and Marine Chemistry, University of Gothenburg, Sept 1980
- SVF-93 Användning av omvänd osmos och ultrafiltrering vid matarvattenberedning. Undersökningar i Ringhals
Jan Svenson, Göran Carlsson, Statens Vattenfallsverk
Dan Jönsson, f.d. Vattenteknik AB
Gunnar Smith, Vattenteknik AB, Sept 1980
- SVF-94 Ljudavstrålning från skorstenar. Studie av inverkan av rökgasparametrarna hastighet och temperatur
Göran Westerberg, IFM Akustikbyrå, Sept 1980
- SVF-95 Avsvalvning av rökgaser. Sammanställning av Battelle-rapporter 1978/79-1979/80
Hans Karlsson, Ingemar Bjerle, Lunds Tekniska Högskola
Nils-Erik Carlstedt, Statens Vattenfallsverk
Göran Ernstson, Stockholms Energiverk, Nov 1980
- SVF-96 Kryphållfasthet hos överhettarrör efter kallbearbetning
Per H. Wilhelmsson, H. Törnblom, Sandvik AB, Dec 1980
- SVF-97 Toms' effekt i fjärrvärmesystem. Fullskaleförsök å Ågesta/Färsta
Lars Ahnrbom, Ulf Hagstrand, Energikonsult Ångpanneföreningen, Febr 1981
- SVF-98 Inverkan av avståndet till doseringspunkten vid FeSO_4 -dosering till kondensorkylvatten. Undersökningar vid Oskarshamnverket
Reijo Pulkkinen, OKG, Simpevarp, Febr 1981
- SVF-99 Förslag till ljudkrav för anläggningar inom värme- och kraftindustrin
Göran Westerberg, AB Akustikbyrå, Okt 1982
- SVF-100 Bevakning av föroreningar i kondensat
Folke Persson, Ångpanneföreningen, Dec 1980
- SVF-101 Havsvattenkorrosion - Praktikfall under perioden 3 augusti 1979 - 30 maj 1980
Sture Henrikson, Korrosionsinstitutet, Dec 1980
- SVF-102 Möjligheter att sänka rökgastemperaturen i villapannor
Kjell Henrikson, Lars Wester, Kungliga Tekniska Högskolan
Dec 1980
- SVF-103 Ozonbehandling av vatten för nedbrytning av humusämnen. Diskontinuerlig ozonering av vattenprov i laboratorieskala
Rune Lundqvist, Stefan Westerberg, Rolf Sundby, Studsvik Energiteknik AB, Jan 1981
- SVF-104 Se: SVF-120
- SVF-105 Förbättrat utnyttjande av lågtemperaturvärme i rökgaser
Gösta Karlberg, Studsvik Energiteknik AB, Dec 1980
- SVF-106 Havsvattenkemi kontra korrosionsskador i kustförlagda kraftverk
Svavelvätebildning under stilleståndperioden
Gösta Karlberg, Studsvik Energiteknik AB, Febr 1981
- SVF-107 Utvärdering av fullskaleförsök med kondensortuber av höglegerade rostfria stål i de havsvattenkylda kondensatorerna i Ringhals 1
Sture Henrikson, Korrosionsinstitutet, Febr 1981
- SVF-108 Ljudisolering hos rörisoleringar. En experimentell studie med luftljudsexcitering
Göran Westerberg, AB Akustikbyrå, Juni 1981
- SVF-109 Driftserfarenheter av rostfria stål i havsvattenkylda system
Sture Henrikson, Korrosionsinstitutet, Juni 1981
- SVF-110 Referat från the Joint Symposium on Stationary Combustion NO_x -control i Denver okt 1980
Eddie Johansson, Statens Vattenfallsverk
Frank Kressl, Götaverkens Ångteknik AB, Juni 1981
- SVF-111 Pilotprov med våt-torr rökgasavsvalvning
Stefan Ahman, AB Svenska Fläktfabriken, Sept 1981
- SVF-112 Jonkromatografi
Tormod Kelen, Studsvik Energiteknik AB, Sept 1981
- SVF-113 Avskalningsmetoder för bestämning av oxidmängden på vattensidan av pannrör
Ivan Falk, Studsvik Energiteknik AB, Sept 1981
- SVF-114 Litiumhydroxid som alkaliseringsmedel i konventionella ånganläggningar
Rolf Sundby, Studsvik Energiteknik AB, Sept 1981
- SVF-115 Tillsatsmedel vid avfallseldning
Rolf Sundby, Studsvik Energiteknik AB, Sept 1981
- SVF-116 Flyktiga aminers fördelningskoefficient, termiska stabilitet och inverkan på koppar
Rolf Sundby, Studsvik Energiteknik AB, Nov 1981
- SVF-117 Kemisk rengöring av Barsebäck 2:s kondensortuber - Erfarenheter
Juri Tavast, Stal-Laval Turbin AB, Nov 1981
- SVF-118 Post weld heat treatment of creep resistant low alloy CrMo I/V steels
Henrik Grahn, Rolf Sandström, Institutet för Metallforskning, Dec 1981
- SVF-119 Litteraturstudie och erfarenhetsinsamling gällande olika gjutjärns hårdighet i havsvatten
Sven Brenner, Korrosionsinstitutet, Dec 1981
- SVF-120 Barkeldning - Rostbelastning vid eldning av barrbark vid olika fukthalter i snedrostugn och cyklonugn
Bo Nordgren, Gunnar Holme, Ångpanneföreningen, Dec 1981
- SVF-121 Reduktion av organisk substans i makroporös svag anjonbytare och scavengerfilter. Fältstudier
Folke Persson, Ångpanneföreningen, Febr 1982
- SVF-122 Driftserfarenheter av korrosion i havsvattenkylda värmväxlare i finska och svenska kraftverk
Sture Henrikson, Korrosionsinstitutet, Febr 1982
- SVF-123 Havsvattenkorrosion - Praktikfall under perioden juni 1980 - december 1981
Sture Henrikson, Korrosionsinstitutet, Febr 1982
- SVF-124 Method for automatic assessment on carbide size distribution in creep deformed 12% CrMoVW, Mo and CrMo-steel
Staffan Hertzman, Rolf Sandström, Metallforskningsinstitutet, Febr 1982
- SVF-125 Rening av ångkol med fysikaliska metoder före förbränning
Roy Carlson, Statens Vattenfallsverk
Eric Forssberg, Tekniska Högskolan i Luleå
Lennart Ryk, LKAB-Kol, Febr 1982
- SVF-126 Metallographical methods for observation of creep cavities in service exposed low alloyed steel
Claes Bengtsson, Metallforskningsinstitutet, Mars 1982
- SVF-127 Tillämpbarheten av kolpetrografiska analysmetoder inom torvforskningen
Roy Carlson, Anders Marklund, Statens Vattenfallsverk
Dag Fredriksson, Sveriges Geologiska Undersökningar, Mars 1982
- SVF-128 Bedömning av vattensidiga beläggningars betydelse för driftsäkerheten hos moderna industripannor och kraftverkspannor
Ivan Falk, Studsvik Energiteknik AB, Juni 1982
- SVF-129 NO_x formation from different coal types in a bench scale reactor under excess air and staged combustion conditions
S. L. Chen, D. W. Pershing, M. P. Heap, Energy and Environmental Research Corporation, Irvine, Ca 92714, Sept 1982
- SVF-130 Bestämning av myrsyra, ättikssyra och propionsyra i vattenångcykeln
Göran Eklund, Birgitta Strömberg, Studsvik Energiteknik AB, Sept 1982
- SVF-131 Toms' effekt i fjärrvärmesystem. Slutrapport
Lars Ahnrbom, Ulf Hagstrand, Svensk Energiplanering, Okt 1982
- SVR-132 Havsvattenkorrosion - Praktikfall under perioden december 1981 - juni 1982
Sture Henrikson, Korrosionsinstitutet, Nov 1982
- SVF-133 Konvertering av koleldade pannor till inhemska bränslen - Värme- och materialbalanser - Värmetekniska aspekter
Artur Olausson, Anders Berglund, Götaverken Ångteknik AB, Nov 1982

Rapportförteckning (forts.)

- 134 Självantändning av ängkol i kollager
Björn Zetterlund, LKAB-Kol Försäljning AB, April 1983
- 135 Typprovning av fjärrvärmekulvertar. Förslag
Tor Rundström, Studsvik Energiteknik AB, April 1983
- 136 Typprovning av mantelrörskarv till fjärrvärme, Förslag
Tor Rundström, Studsvik Energiteknik AB, April 1983
- 137 Korrosion i klorerat havsvatten
Lennart Dahl, Korrosionsinstitutet, April 1983
- 138 Korrosionsinhibitorer för värmesystem
Rolf Sundby, Studsvik Energiteknik AB, Lars Bergström
Stockholms Energiverk, Anders Thoren, Korrosionsinstitutet
April 1983
- 139 Kompositpellets av kol
Lennart Ryd, Roland Drugge, Sten Forsmo,
Valdemar Kristensen, VBB, Juli 1983
- 140 Kvantitativ bestämning av humusämnen. Studier av
humussyror i naturliga vatten
Björn Josefsson, Nikolaj Plechanov, CTM, Juli 1983
- 141 Tillgänglighet och tillförlitlighet hos larmsystem
Tor Rundström, Studsvik Energiteknik AB. Okt 1983
- 142 Energibesparande åtgärders inverkan på produktionen
av energi i ett fjärrvärmesystem
Carl Mattsson, Bo Jacobsson, ÅF Energikonsult AB
Okt 1983
- 143 Marknads- och teknikinventering av dagens kommersiella
fluidiserade bäddar
Christian Karnik, ÅF Energikonsult AB. Okt 1983
- 144 Power plant noise and vibration. Fans and blowers -
A selected bibliography
Nils Åke Nilsson, Göran Westerberg, IFM Akustikbyrån
Okt 1983
- 145 Power plant noise and vibration. Fans and blowers -
A selected bibliography
Nils Åke Nilsson, Göran Westerberg, IFM Akustikbyrån
Okt 1983.
- 146 Havsvattenkorrosion - Praktikkfall Juli 1982 - Juli 1983
Sture Henriksson, Korrosionsinstitutet. Dec 1983
- 147 Skogsbränsle och massavedsproduktion vid terminal
Karin Segerud, Ångpanneföreningen. Dec. 1983
- 148 Dimensionerande rökgashastigheter i skorstenar
Kurt Fransson, Ångpanneföreningen. Dec. 1983
- 149 Emissioner från små oljepannor
Niklas Bardh, Bengt Ahling, Institutet för Vatten och
Luftvårdsforskning. Jan 1984
- 150 Oljeagglomerering av torv
E Forssberg, S Sundberg, Tekniska Högskolan i Luleå
Jan 1984.
- 151 Elektrokemiska mätmetoder -
Teori och instrumentinventering för linjära polarisations-
mätningar.
Ivan Falk, Tormod Kelén, Studsvik Energiteknik AB.
Mars 1984
- 152 Torkningsdata för torv
Lars Waldeim, Malin Zethraeus, Studsvik Energiteknik AB.
Mars 1984
- 153 Driftuppföljning av kolpulver kvarnar.
Holger Sandelowsky, ÅF Energikonsult. Mars 1984
- 154 Fastbränsle - Värmetekniska beräkningsdiagram och
formler. Utdrag ur 133. April 1984
- 155 Analys av anläggningskostnader för fjärrvärmekulvertar.
Birger Abrahamson, Fjärrvärmebyrå AB, April 1984
- 156 Förenklad typprovning av fjärrvärmekulvertar.
Tor Rundström, Studsvik Energiteknik AB
Juni 1984
- 157 Värmepumpar och mottryckskraft. Systemval
och körsätt under olika förutsättningar i process-
industrin.
Börje Nord, Edvard Sandberg, ÅÅ Energikonsult AB.
Juni 1984.
- 158 Kontinuerlig emissionsmätning
Anna-Karin Hjalmarsson, ÅF Energikonsult,
Juni 1984
- 159 Torv som skogsbränsle på vanderrost och utmat-
ningsrost.
Claus Sparre, Mikael Palmgren, ÅF Energikonsult.
Juni 1984
- 160 Försök för fastställande av typlastfall vid typprov-
ning av mantelrörskarvar till fjärrvärmekulvertar.
Bernt Oddving, Studsvik Energiteknik.
Juni 1984
- 161 Kvalitetsbedömning av kol för rasteldade anlägg-
ningar.
Mikael Palmgren, ÅF Energikonsult AB.
Juni 1984
- 162 Mottagningsfickor för kol och andra fasta bränslen.
Gunnar Permeus, ÅF Energikonsult.
Juni 1984

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