

EFP-Projekt nr. 1373/03-003

**Optimering af halmfyrede kedler til fjernvarme
WEISS, Sydfalster Varmeværk**

Oktober, 2005

Rapporten er udarbejdet af FORCE Technology

Projekt nr.: 20000
Projektleder: Gitte Videcrantz

INDHOLDSFORTEGNELSE

1.	Resumé	3
2.	Indledning	5
3.	Projektets formål	5
4.	Målingernes udførelse	5
4.1.	Anlægsbeskrivelse	5
4.2.	Måletidspunkt	6
4.3.	Målesteder	6
4.4.	Målemetoder	7
4.5.	Driftsforhold under målingerne og disses udførelse.....	8
5.	Målingernes resultater	9
5.1	Målinger ved 6,3MW	11
5.2	Målinger ved 3,2MW	11
5.3	Målinger af forbrændingsluft og røggasstrøm.....	12
5.4	Forsøg med omlægning til "low NO _x forbrænding".....	13
6.	Konklusion	14
7.	Bilagsoversigt.....	16

1. Resumé

FORCE Technology har i projektet "Optimering af halmfyrede kedler til fjernvarme", foretaget målinger af O₂, CO og forbrændingstemperatur på Sydfalster Varmeværks halmkedel. Anlægget er af fabrikat WEISS på 6,3 MW nominel effekt.

Målingerne er udført ved ca. 50 og 100 % last med god kvalitet halm på udvalgte steder i fyrboksen, i 1ste træk samt i skorstenen, hvor Weiss registrerede O₂, CO og NO_x.

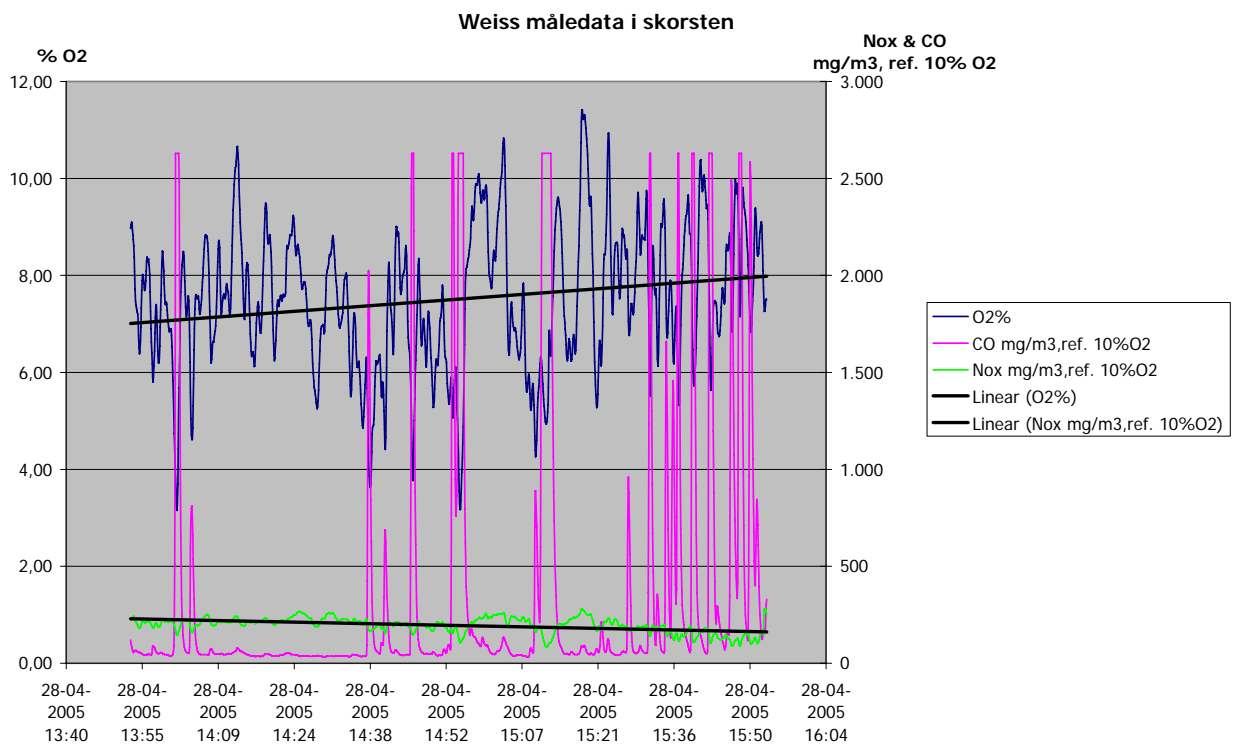
De variationer i O₂ og CO som ses i skorstenen stammer fra "ujævn" indfødning/forbrænding af halm. Ved måling over rist og i gashals er disse variationer forstærket mange gange, hvilket kræver lang måletid ved "jævn" last, for at få resultater, som kan benyttes direkte til dimensionering.

Hovedresultatet af målingerne fremgår af nedenstående tabel. Samtlige resultater er vedlagt i bilag 1-7.

100% last Position	O ₂ vol-%	CO ₂ vol-%	CO ppm	NO ppm	Gas temp. °C	Periode
Under tændbue	1,3 ± 1,7	16,6 ± 1,5	6089 ± 339	189 ± 90	1093 ± 19	12.31-12.39
Over rist	1,4 ± 3,2	16,9 ± 2,5	6088 ± 1866	230 ± 103	1083 ± 67	11:07-13:26
Gashals	4,6 ± 1,9	14,8 ± 1,4	3336 ± 1715	240 ± 51	933 ± 29	09:47-10:46
1ste træk	4,6 ± 1,8	15,2 ± 1,6	537 ± 928	201 ± 26	874 ± 23	08:55-09:25
Emission*	5,9 ± 1,4	- ± -	172 ± 376	206 ± 16	120 ± -	08:00-12:00

Tabel 1: Hovedresultater af målinger i forbrændingszonen ved 100 % last.

Det afsluttende forsøg med omlægning af forbrændingen til understøkiometrisk forbrænding før gashalsen, forløb godt med den begrænsede tid der var til rådighed. Der blev opnået en NO_x-reduktion på ca. 40 % af startniveauet, som en klar trend. Det anbefales, at gennemføre supplerende forsøg over en væsentlig længere periode, dels for at stabilisere forholdene på risten og dels for at kontrollere askens udbrænding, og sidst men ikke mindst at få dokumenteret om ændringerne i forbrændingsforløbet påvirker flyveaskens egenskaber, så det i tide konstateres om flyveasken afsættes andre steder i kedlen. Resultatet fremgår af nedenstående figur.



Figur 1. Måledata i skorsten ved forsøg "low NO_x" forbrænding.

Der er indtegnet to trendlinier som illustrerer forløbet.

- 1) Iltindholdet i skorstenen har været stigende under forsøget, selvom iltstyringen har haft et konstant sætpunkt. Årsagen til stigningen kan evt. skyldes lækage i udtagningssystemet.
- 2) Den målte NO_x-koncentration, ved referencetilstand 10 % O₂, har været faldende. Ved omregning til referencetilstand beskrives den specifikke NO_x-dannelse, hvorved en eventuel lækage i udtagsystemet elimineres.

Som det også fremgår af grafen, bliver forbrændingen ustabil ca. kl. 15.25, hvilket ses af de hyppige høje spidser i CO-forløbet. I denne del af forløbet skal minimum for samtidig lav CO- og NO_x-dannelse søges, men for at kunne kontrollere forbrændingen tilfredsstillende, vurderes det, at mere stabil indfyring af halm er nødvendig.

2. Indledning

FORCE Technology har som en del af projektet udført målinger på Sydfalster Varmeværk. Måleprogrammets omfang blev aftalt ved møde på Sydfalster Varmeværk, i forbindelse med en gennemgang af anlægget og fastlæggelse af hvilke positioner i forbrændingszonen, det var muligt at monitere.

Målingerne blev foretaget den 27. - 28. april 2005 af Lars Peter Johansen, FORCE Technology, som også har udarbejdet denne rapport. I hele perioden blev der ydet god assistance af Bjarne, Weiss og den 28. april deltog Gorm Knudsen, Weiss, ligeledes i målingerne.

Resultaterne fra målingerne gælder for det aktuelle anlæg, den aktuelle produktion og i den aktuelle måleperiode.

3. Projektets formål

Et af formålene med projektet "Optimering af halmfyrede kedler til fjernvarme" er, at få et bedre udgangspunkt for forbedringer af de kedler, som er på markedet, med henblik på optimering af forbrændingen.

Formålet med målingerne var bestemmelse af temperatur, O₂ og CO i en række udvalgte punkter i forbrændingszonen, som kan give information om opblandingsforhold og udbrænding af gasserne.

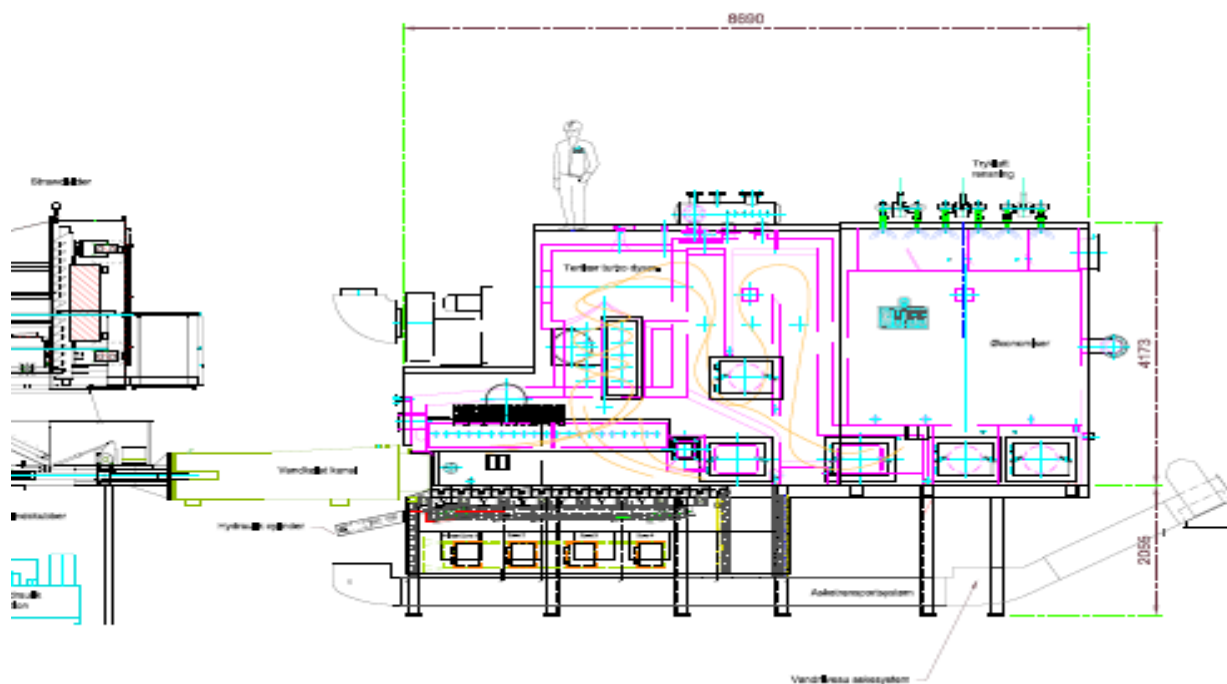
4. Målingernes udførelse

4.1. Anlægsbeskrivelse

Anlægget består af et WEISS indfyringsarrangement, en WEISS-kedel, efterfulgt af en Danstoker røggaskedel. Røgen renses for partikler i en cyklon og et posefilter, før den emitteres via skorstenen.

I projektet er der primært fokuseret på forbrændingsforholdene og i figur 1 vises de centrale komponenter fra opriver/indskubber til konventionsparten.

I indfyringsarrangementet oprives Hestonballerne, for derefter at blive presset ind i risten trinvis med faste intervaller, afhængig af last. Primærluften indblæses under risten via 4 zoner. Sekundærluften indblæses gennem to kanaler, én på hver side af kedlen, som hver er forsynet med 21 dyser som manuelt kan reguleres on/off individuelt. Over den forreste 1/2-del af risten er kedlen forsynet med en murbue. Fra rummet over risten ledes gassen lodret op gennem et cylindrisk forbrændingskammer, "gashalsen", hvor tertiærluften tilsættes gennem to rækker dyser, én på hver side af kedlen. Disse dyser reguleres som sekundærdyserne, og er placeret excentrisk for cylinderens akse, så røggassen eventuelt kan bringes til at rotere så der opnås større turbulens, og dermed en bedre opblanding af røggas og forbrændingsluft.



Figur 2: Tegning af indfyringsarrangement og 6,3 MW kedel

Efter gashalsen suges røggassen gennem en vandretliggende cylinder gennem 1., 2. og 3. træk, før den ledes gennem konvektionsparten. Mellem 2. og 3. træk er der normalt en åbning så en del af røggasstrømmen kan "by-passe" 2. og 3. træk. Kort tid før målingernes gennemførelse blev by-passet lukket med en plade af keramisk filt, så hele røggasstrømmen blev tvunget gennem 2. og 3. træk.

4.2. Måletidspunkt

Målingerne blev udført, den 27. - 28. april 2005. Den 27. april blev der udført målinger ved delast ca. 50 %, og den 28. april blev der udført målinger ved 100 % last, samt ved 100 % last med omlægning af forbrændingsluft, for reduktion af NO-dannelse.

4.3. Målesteder

4.3.1 Måling i forbrændingszonen

Der blev udført målinger i forbrændingszonen på følgende positioner:

- 1) Under tændbue (over rist)
- 2) Under gashals
- 3) I gashals gennem skueglas i kedelloft
- 4) I 1^{ste} træk gennem målehul i sidevæg
- 5) Ved indløb til konvektionspart

Ad 1) Sekundærdyse 9 i kedlens venstre side blev taget ud i en kortere periode, for måling under tændbuen. Der er målt ca. ½ m fra kedelvæg og midt under tændbuen.

Ad 2) Målingerne gennem over rist er udført i 3 punkter langs en vandret linie, første punkt ca. ½ m fra kedelvæggen, midt i kedlen og ca. ½ m fra modsatte kedelvæg.

Ad 3) Der er målt ca. 0,3 m nede i gashalsen og ca. 0,2 m over gashalsen gennem skueglasset i kedeltoppen.

Ad 4) I 1^{ste} træk gennem sidevæggen er der ligeledes målt i 3 punkter jævnt fordelt langs en linie, som over rist.

Ad 5) Temperatur før konventionspart, blev målt i ét punkt i kanalen ca. 0,3 m fra kedelvæggen.

4.3.2 Måling af forbrændingsluft og røggasstrøm

Der blev udført målinger af primær- og sekundærluft den 28. april 2005 i perioden med 100 % last. Primærluftstrømmen blev bestemt i kanalen efter blæseren, mens sekundærluftstrømmen blev bestemt i et spirorør på blæserens sugeside.

Røggasstrømmen blev registreret mellem posefilter og skorsten. Med basis i en netmåling traverseret i 12 punkter, blev volumenstrømmen registreret og logget i ét repræsentativt punkt.

4.3.3 Øvrige målinger

I løbet af måleperioden udførte WEISS målinger efter kedlen af O₂, CO og NO_x med eget røggasanalyseudstyr.

For bestemmelse af driftsforholdene, er en del af anlæggets registreringer indsamlet, sammen med blandt andet varmeproduktion og røggasemissioner.

Disse målinger er indeholdt i denne rapport.

4.4 Målemetoder

Målemetoderne fremgår af nedenstående tabel. Mere uddybende beskrivelse fremgår af bilag 1, dog beskrives anvendelsen af udsugningspyrometret indgående i 4.4.1.

Parameter	Manuel / registr.	Beskrivelse	Reference/ Standard	FORCE-reference	Total usikkerhed %
Volumenstrøm	Man/reg.	Pitotrør	MST vejl. 2/2001, ISO 10780	EM-02-01	± 10
Gastemperatur	Man/reg.	NiCr/NiAl	VDI 3511 bl. 1-5	EM-03-01	± 25 °C
O ₂ -koncentration	Reg.	Elektrokemisk	EPA M.3A, MEL-05	EM-06-02	± 5
CO-koncentration	Reg.	NDIR	EPA M.10, VDI 2459 bl.6, MEL-06	EM-07-01	± 5

Målemetoderne er beskrevet mere detaljeret i bilag 1. Usikkerheden er angivet for en enkeltmåling (95 %-konfidensniveau), og vurderet på baggrund af målemetoder og målestedernes indretning.

Tabel 2. Målemetoder

Den CO-måler, der er benyttet ved målingerne, har et måleområde på 0-5.000 ppm eller 0-0,5 % CO, og når måleområdet overskrides, registreres en ulineær sammenhæng af CO op til en visning på ca. 6.500 ppm CO, hvorefter måleren viser samme værdi. CO resultater større end 5.000 ppm, betyder altså, at der er mindst 5.000 ppm.

4.4.1. Beskrivelse af princip for udsugningspyrometer samt anvendelse ved målinger i fyrboks

Princippet for udsugningspyrometret er, at termoføleren placeres i en strålingsbeskyttet holder, og den gas temperaturen skal bestemmes på, suges forbi føleren med høj hastighed, typisk med en hastighed på 75-100 m/s. Ved forbrænding af f.eks. halm er asken ofte klæbende i de positioner hvor undersøgelsen foretages, og blokerer for udsugningen så hastigheden falder. For at sikre troværdige målinger skal pyrometret renses med jævne mellemrum, så hastigheden opretholdes. Ved skift fra én position til den næste, skal temperaturføleren have tid til at blive stabil, hvilket med det anvendte udstyr betyder, at der går 3 minutter før den nye aflæsning kan foretages. Målingerne kan enten foretages som øjebliksværdier med 3 minutters intervaller eller som logning over længere perioder i hvert punkt.

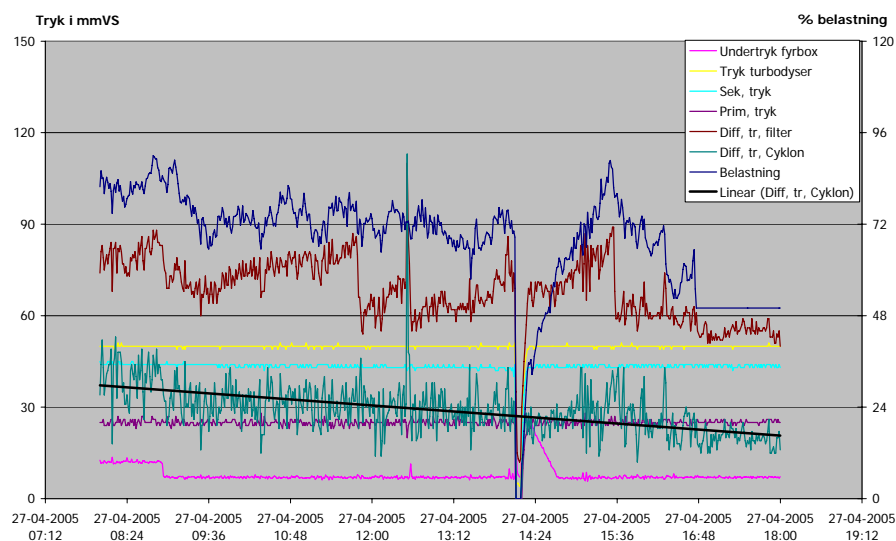
Ved måling i repræsentative tværsnit foreskriver standarden at der gennemføres 5-6 traverseringer tværsnittet i en måleserie, f.eks. pr. last, og normalt foretages der aflæsning af øjebliksværdier af de aktuelle parametre. I dette tilfælde hvor der ikke kan måles i et repræsentativt tværsnit, og hvor forholdene i fyrboksen er meget varierende er det valgt at måle i længere periode ad gangen og benytte middelværdien som udtryk for tilstanden i det aktuelle punkt.

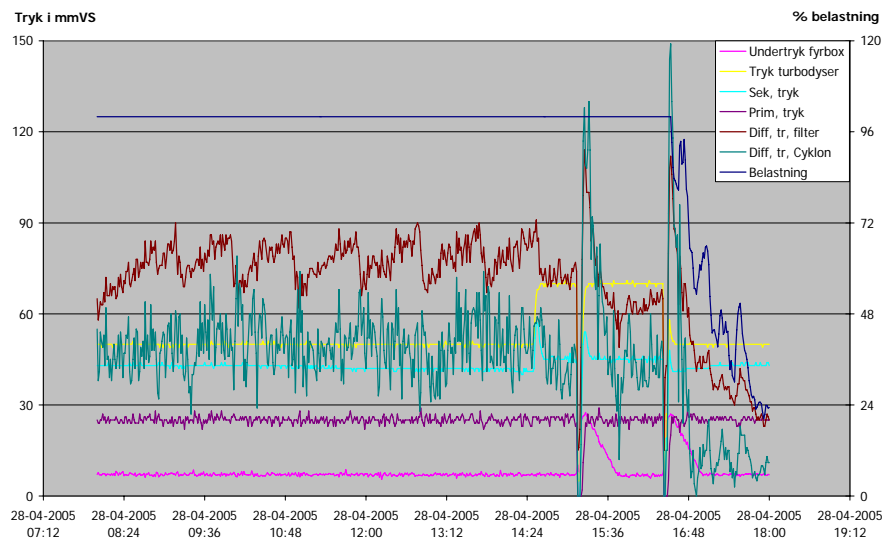
Måling af O₂ og CO er fortaget på den udsugede gas. Umiddelbart efter temperaturmålingen med den strålingsbeskyttede føler, bratkøles gassen i det vandkølede sonderør, og derved stoppes forbrændingen af gasserne øjeblikkeligt.

4.5 Driftsforhold under målingerne og disses udførelse

Målingerne blev gennemført med anlægget i normal nominel belastning, svarende til en varmeydelse på ca. 6 MW og ved 60 % last svarende til ca. 3,8 MW. Det meste af tiden blev lasten fastlagt ved konstant indfødnings af halm.

Ved målingerne den 27. april 2005 og ca. 60 % last blev der i løbet af måleperioden foretaget række ændringer på sætpunkt for O₂ og luftindblæsningen, som har påvirket målingerne i de enkelte punkter. Figur 2 viser blæserbelastning og forbrændingslufttryk samt differenstryk for de to måledage, og illustrerer forskellen mellem jævn stabil last for 100 % lasten nederst, og jævn ustabil last for 60 % lasten øverst. Figureerne er vedlagt som A4 i bilag 6.1 og 6.2.





Figur 3 og 4: Anlægsregistrering af blæserbelastning, fyrrumstryk, trykfald over cyklon mm.

Trykfaldet over cyklonen, som er et udtryk for røggasvolumenstrømmen, ses at være nogenlunde jævnt faldende omkring den indlagte trendlinie den 27., mens det varierer omkring et konstant niveau den 28. Variationerne, der i øvrigt optræder begge dage, og vurderes at skyldes ujævn halmindfødning/-forbrænding, som påvirker både undertryk i fyrrummet og røggasvolumenstrøm, på grund af et varierende behov for forbrændingsluft. Variationerne fremgår ligeledes at O₂-registreringerne, f.eks. i figur 1 samt bilag 7.1 og 7.2, hvor der ses jævnlige variationer på ca. 5 % O₂.

Generelt forløb målingerne som planlagt, dog var det nødvendigt at reparere/udskifte den enhed som transporterer, tørrer og filtrerer røggassen før den analyseres i monitorerne. Termoføleren i det ene udsugningspyrometer "brændte af", så målingerne der er udført efter ca. kl. 12:00 den 28., kunne kun gennemføres i to af punkterne, da det nye pyrometer var en halv meter kortere end det først anvendte.

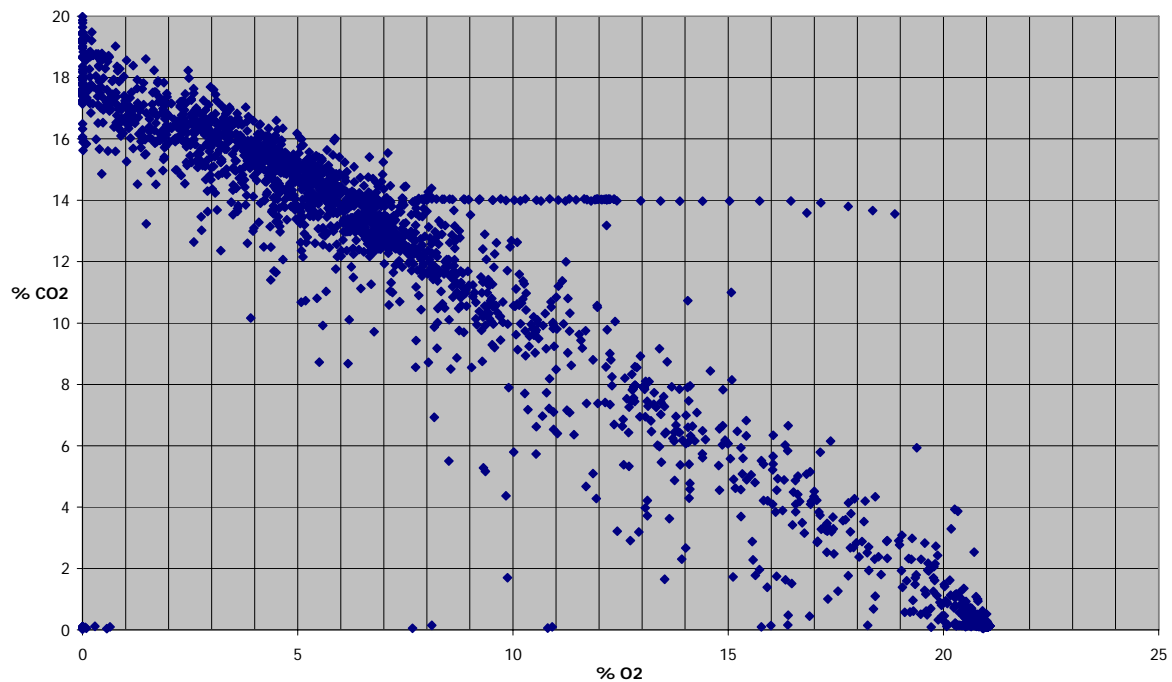
Pitotrøret, der blev benyttet til registrering af røggasstrømmen i skorstenen, blev bragt ud af position to gange i løbet af måleperioden, så der er perioder med forkerte signaler.

De øvrige målinger forløb normalt, med normale afbrydelser for rensning af udsugningspyrometer.

5. Målingernes resultater

Generelle kommentarer til målingernes resultater vedrørende målinger med udsugningspyrometer i forbrændingszonen, til uddybning/forklaring af resultaterne i tabeller og bilag. Som beskrevet tidligere i afsnit 4.4.1, bratkøles den udsugede røggas så forbrændingen standses meget hurtigt, og den efterfølgende gasanalyse derved udtrykker hvordan forbrændingsforholdene er på det aktuelle sted på det aktuelle tidspunkt ved den givne belastning. Ved fuldstændig forbrænding og tilnærmelsesvis også ved ufuldstændig forbrænding, er der en lineær sammenhæng mellem tør O₂ og tør CO₂ når disse indtegnes i et koordinatsystem, og ved halmforbrænding ligger den rette linie mellem 21 % O₂ og CO_{2 max} ved ca. 20 % CO₂, som optræder ved 0 % O₂. I praksis er der aldrig fuldstændig forbrænding, og ved målinger over risten og efter gashalsen er forbrændingen

ikke afsluttet. Nedenstående vises sammenhængen mellem samtlige O₂ og CO₂ målinger, der blev udført i fyrrummet og 1^{ste} træk ved 100 % last.



Figur 5: Sammenhæng mellem O₂ og CO₂, Sydfalster Varmeværk den 28-04-2005

Mellem 21 % og ca. 5 % O₂ ses den retlinede sammenhæng, men ved lavere iltoverskud "knækker" kurven så der ved 0 % O₂ registreres fra 16-20 % CO₂. Den manglende CO₂ er et udtryk for ufuldstændig forbrænding og dette C findes dels som CO og dels som C_xH_y, der er uforbrændte kulbrinter.

5.1 Målinger ved 6,3 MW, 100 % last

Hovedresultatet af målingerne fremgår af nedenstående tabeller. For samtlige resultater se bilag 2.1

100% last Position	O ₂ vol-%	CO ₂ vol-%	CO ppm	NO ppm	Gas temp. °C	Periode
Under tændbue	1,3 ± 1,7	16,6 ± 1,5	6089 ± 339	189 ± 90	1093 ± 19	12.31-12.39
Over rist	1,4 ± 3,2	16,9 ± 2,5	6088 ± 1866	230 ± 103	1083 ± 67	11:07-13:26
Gashals	4,6 ± 1,9	14,8 ± 1,4	3336 ± 1715	240 ± 51	933 ± 29	09:47-10:46
1ste træk	4,6 ± 1,8	15,2 ± 1,6	537 ± 928	201 ± 26	874 ± 23	08:55-09:25
Emission*	5,9 ± 1,4	- ± -	172 ± 376	206 ± 16	120 ± -	08:00-12:00

*Emissionen er målt af Weiss

Tabel 3: Sydfalster Varmeværk, last 6,3MW målt d. 28. april 2005.

Målingerne under tændbuen er kun udført i en kortere periode, dels fordi sekundærluft fordelingen blev påvirket af at dysen var demonteret, dels fordi resultaterne lå på nogenlunde samme niveau som under gashalsen.

5.2 Målinger ved 3,2 MW, 50 % last

Hovedresultatet af målingerne fremgår af nedenstående tabeller.

Dellast Position	O ₂ vol-%	CO ₂ vol-%	CO ppm	NO ppm	Gas temp. °C	Periode min
Emission	10,3 ± 0,8	9,5 ± 0,2	136 ± 104	156 ± 13	110 ± -	08:15-10:48
1ste træk	14,1 ± 0,8	6,1 ± 0,8	200 ± 144	82 ± 12	708 ± 31	12:36-13:02
Gashals	11,3 ± 2,8	8,0 ± 2,0	1042 ± 896	128 ± 62	713 ± 79	10:51-11:09
Over rist	17,4 ± 3,1	3,2 ± 3,7	714 ± 1413	43 ± 46	754 ± 177	10:30-12:15

Tabel 4: Sydfalster Varmeværk, dellast 3,2MW, målt d. 27. april 2005.

Som beskrevet i afsnittet om anvendelse af udsugningspyrometer, er det begrænset hvor repræsentativt målingerne kan udføres med de målehuller, der er til rådighed. Resultaterne af målingerne ved dellast et godt eksempel på dette. Ved dellast er der mindre flow gennem kedlen og som følge deraf opstår der tydelig lagdeling og mindre god opblanding af forbrændingsluft og forbrændingsgasser.

5.3 Målinger af forbrændingsluft og røggasstrøm

Målingerne af forbrændingsluft blev udført som manuelle stikprøvemålinger i løbet af måledagene, mens målingerne af røggasstrømmen blev udført kontinuert registrerende i ét punkt i skorstenen.

Dato	Tid	Primær	Sekundær	Skorsten	Sum Pr.+Sek.
		n,t	n,t	n,t	
27-04-2005	10.02-05			8100	
28-04-2005	06.25-30		975		
28-04-2005	06.33-38		1500		
28-04-2005	14.05-15	5200	3000	10300	8200
28-04-2005	16.18-20	3100	2200		5300

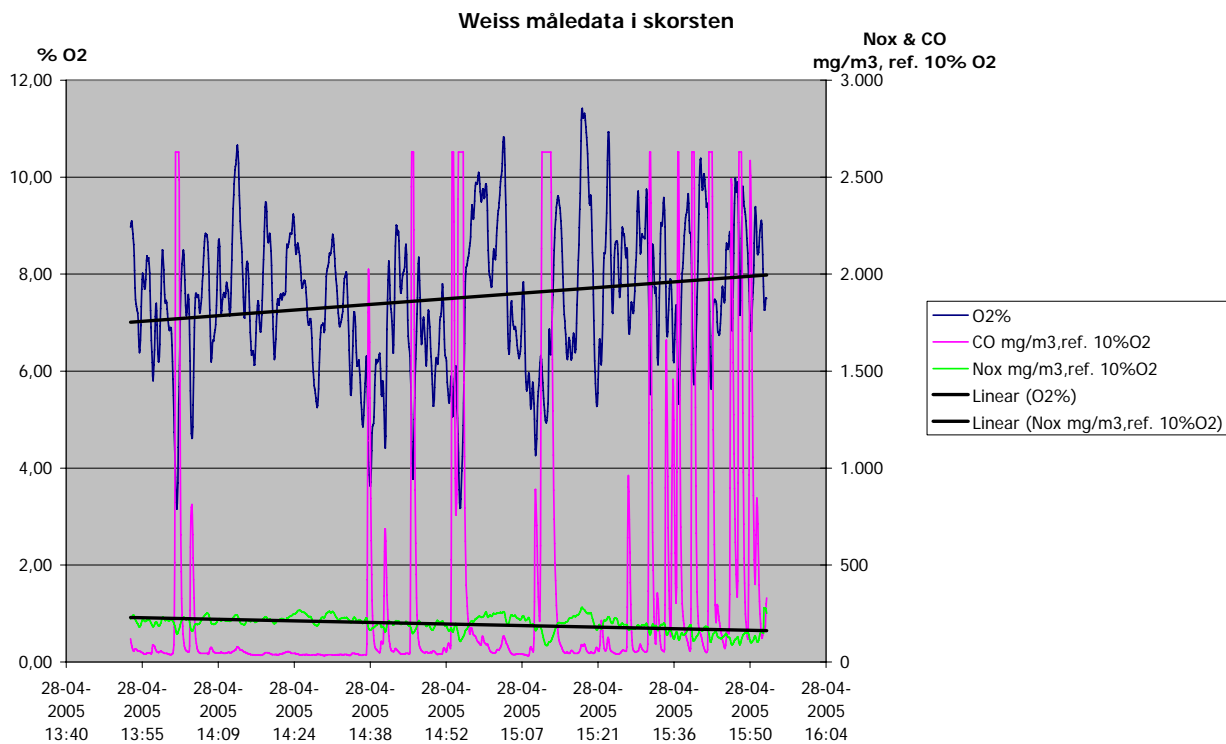
Tabel 5: Hovedresultat af målinger på forbrændingsluft og røggasstrøm i skorsten.

5.4 Forsøg med omlægning til "low NO_x forbrænding"

Forløbet af indreguleringen til "low NO_x forbrænding" kan inddeles i følgende faser:

- Dyser for indblæsning af sekundærluft lukkes gradvist fra bagerste del af risten i perioden fra ca. kl. 14 -14.40, uden megen synlig effekt. Forhold på rist og i fyrboks stabiliseres herefter.
- Ca. kl. 15 lukkes sekundærdyse 1,2 og 3 i både venstre og højre side. Subjektivt vurderet er en væsentlig større del af gasforbrændingen nu flyttet til gashalsen og de to nederste tertiærdyser åbnes.
- Kl. 15.35 ændres sætpunkt fra 7-6,5% O₂ våd og samtidig ændres indfyringssætpunkt fra 6,5-5% O₂ våd. Der registreres hyppigere og højere CO-spidser, samtidig med at NO_x-niveauet synes stabiliseret, og det er i dette område at der skal findes et fælles minimum for CO og NO_x, som eventuelt også kan benyttes under normale driftsforhold.

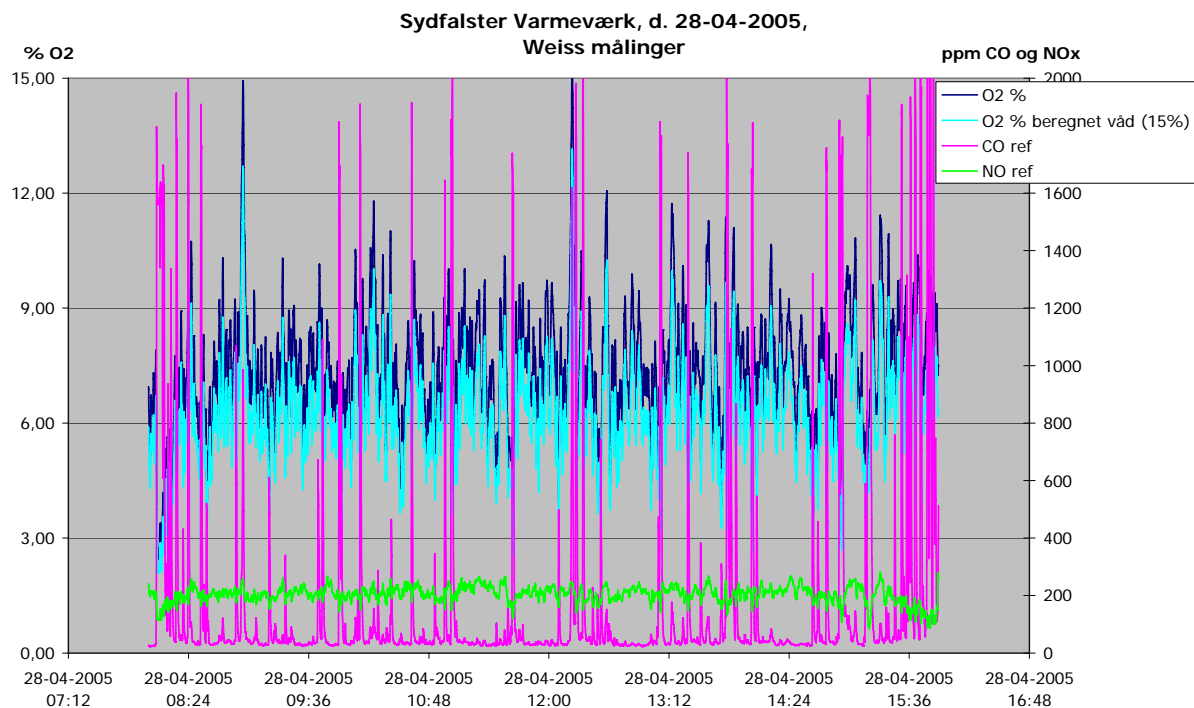
Indreguleringen er foretaget med så korte intervaller, at det anbefales at gentage indreguleringen, så det sikres, at der er opnået ligevægt/stabile forhold på risten.



Figur 6: Weiss måledata i skorsten

6. Konklusion

Kedlen er relativt avanceret, med særdeles god mulighed for regulering af forbrændingsluften gennem de mange sekundær- og tertiærdyser. Dyserne skal til- eller frakobles manuelt, hvilket fungerer udmærket i perioder med konstant last og stabil jævn indfødning af halm, samt med tilpas højt O_2 -indhold i røggassen. Imidlertid er indfødningen ikke jævn, hvilket resulterer i variationer på 2-3 % O_2 omkring sætpunktet, som det blandt andet fremgår af Weiss målinger i skorstenen, bilag 9. Både de lave og høje værdier for O_2 , resulterer i CO-spidser. Ved normal drift ved 100 % last er der målt 1-1,5 % O_2 over risten, samtidig med at CO-indholdet var mere end 1 % og uforbrændte kulbrinter ikke blev bestemt. Det vurderes, at forbrænding over rist var understøkiometrisk under disse driftsbetingelser.



Figur 7. Weiss målinger ved 100% last, samt beregning af vådt iltindhold

Ved forsøget med at opnå en lavere NO_x -dannelse ved omlægning af forbrændingsluften fra normal driftsindstilling til "low NO_x -forbrænding", blev der fundet en reduktion til ca. 60 % af startniveauet, hvilket betyder, at de nyligt indførte grænseværdier for NO_x er opfyldt. For bedre at kunne styre forbrændingen, blev sekundærdyserne på den bagerste del af risten gradvist lukket, og desuden blev ilt sætpunktet reduceret til 5,5 %, for at anlæggets regulering ikke skulle gribe forstyrrende ind i forsøget. I de korte perioder mellem justeringerne var det ikke muligt at måle med udsugningspyrometret i alle valgte positioner. Ændringerne blev monitoreret i skorstenen med Weiss måleudstyr, og subjektivt blev forbrændingen vurderet gennem kedlens skueglas, primært det i kedelloftet, hvor risten kunne ses gennem gashalsen. Efterhånden som sekundærlufdyserne blev lukket blev gashalsen mere fyldt med flammer og i den sidste fase blev der åbnet for et par tertiærdyser for at sikre udbrændingen af gasserne. Desværre "faldt" kedlen ud, så den endelige effekt af indreguleringerne ikke kunne bestemmes.

Det anbefales, at gennemføre kontrollerede forsøg over en længere periode, dels for at sikre at der er stationære forhold på risten inden en ny ændring foretages, og dels for at vurdere om flyveasken ændrer karakter og bliver klæbrig, med uacceptabel påbygning af slagge i enten strålings- eller konvektionspart. Det vurderes dog ligeledes, at en større grad af automatisering er nødvendig, for at de ønskede mål kan fastholdes, når anlægget ikke overvåges af driftspersonalet, samtidig med at halmen skal indføres mere jævnt.

7. Bilagsoversigt

- Bilag 1: Målemetoder**
(1 side)
- Bilag 2: Måleresultater med udsugningspyrometer d. 27 og 28-04-05**
(2 sider)
- Bilag 3: Sammenhæng O₂/CO₂ d. 27 og 28-04-05**
(2 sider)
- Bilag 4: Anlægsdata trykmålinger d. 27 og 28-04-05**
(2 sider)
- Bilag 5: Anlægsdata varmeproduktion og emissionsdata d. 27 og 28-04-05**
(2 sider)
- Bilag 6: Weiss målinger i skorsten d. 28-04-05**

Bilag 1

MÅLEMETODER

Volumenstrøm (manuelt): Gashastigheden måles ved hjælp af et pitotrør i forbindelse med et skrårørsmanometer eller mikromanometer, hvormed det dynamiske tryk måles. Hastigheden bestemmes i et antal målepunkter over kanalværsnittet. Ud fra hastigheden og måleplanets areal beregnes volumenstrømmen.

FORCE Technology metode: EM-02-01

Reference/standard: Miljøstyrelsens vejledning 2/2001 / ISO10.780.

Gastemperatur: Måles med en NiCr/NiAl-termoføler tilsluttet et digitaltermometer (opløselighed: 1°C) eller datalogger. Visningen aflæses med korte intervaller og/eller signalet opsamles på datalogger.

FORCE Technology metode: EM-03-01

Reference/standard: VDI 3511 bl. 1-5

O₂-koncentration (kontinuert): På en tør og partikelfri delgasstrøm bestemmes O₂-koncentrationen med en elektrokemisk målecelle. Måleområde: 0-25% (volumen).

FORCE Technology metode: EM-06-02

Reference/standard: EPA metode 3A, MEL-05

CO-koncentration (kontinuert): På en tør og partikelfri delgasstrøm bestemmes CO-koncentrationen med en nondispersiv infrarød (NDIR) monitor. Måleområde: 0-1000 ppm (volumen).

FORCE Technology metode: EM-07-01

Reference/standard: EPA metode 10, VDI 2459 bl. 6, MEL-06

NO_x-koncentration (kontinuert): På en tør og partikelfri delgasstrøm bestemmes NO_x-koncentrationen med en kemiluminiscens monitor. Måleområde: 0-1000 ppm (volumen).

dk-TEKNIK metode EM-10-01, reference: US-EPA method 7E / VDI 2456 bl. 5.

Bilag 2

Sydfalster Varmeværk 100% last d.28-04-05

Tid	O2 %	CO2 %	CO ppm	NOx ppm	Temperatur °C		Position	Id
8,55	4,2	15,6	806	192	840	Middel	1. træk	1,50
	1,8	1,6	928	10	23	Std. Afvigelse		
9,05	4,7	15,1	721	194	881	Middel	1. træk	1,00
	1,3	1,1	686	19	12	Std. Afvigelse		
9,25	5,0	15,0	85	217	815	Middel	1. træk	0,50
	1,1	1,0	54	26	11	Std. Afvigelse		
9,47	2,4	16,1	6107	249	962	Middel	gashals	1,5
	1,9	1,4	602	51	29	Std. Afvigelse		
10,08	5,5	13,9	3978	241	915	Middel	gashals	1,1
	1,5	1,2	1715	35	21	Std. Afvigelse		
10,38	6,7	13,3	561	213	893	Middel	gashals	1,1
	0,8	0,7	299	16	13	Std. Afvigelse		
10.45-46	3,8	15,8	2699	258	964	Middel	gashals	1,1
	0,4	0,3	249	16	12	Std. Afvigelse		
11.07-11.19	1,8	17,3	5216	229	1040	Middel	over rist	midt
	2,1	2,2	1629	103	29	Std. Afvigelse		
11.21-11.29	7,8	11,8	3055	240	951	Middel	over rist	helt inde
	3,2	2,5	1866	58	19	Std. Afvigelse		
11.36-11.46	14,1	6,2	710	104	833	Middel	over rist	0,5
	2,3	2,0	629	35	67	Std. Afvigelse		
12.21-12.23	1,1	16,4	6284	163	1061	Middel	over rist	midt
	0,5	0,4	124	29	6	Std. Afvigelse		
13.07-13.10	1,1	16,8	6391	287	1132	Middel	over rist	0,5
	0,6	1,0	92	40	29	Std. Afvigelse		
13.10-13.26	1,6	17,2	6463	241	1098	Middel	over rist -trykluft	0,5
	0,7	0,5	42	54	52	Std. Afvigelse		
12.31-12.39	1,3	16,6	6089	189	1093	Middel	under tændbue	0,5
	1,7	1,5	339	90	19	Std. Afvigelse		
13.45-13.52					959	Middel	1ste	midt
					75	Std. Afvigelse		

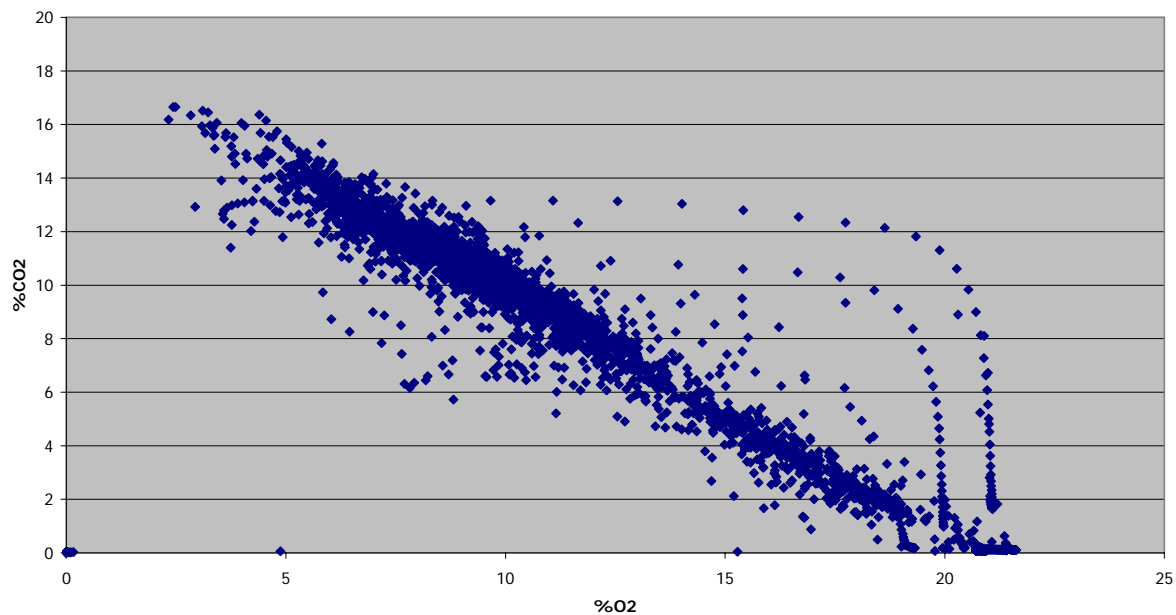
Bilag 2

Sydfalster Varmeværk dellast ca. 55% d. 27-04-05

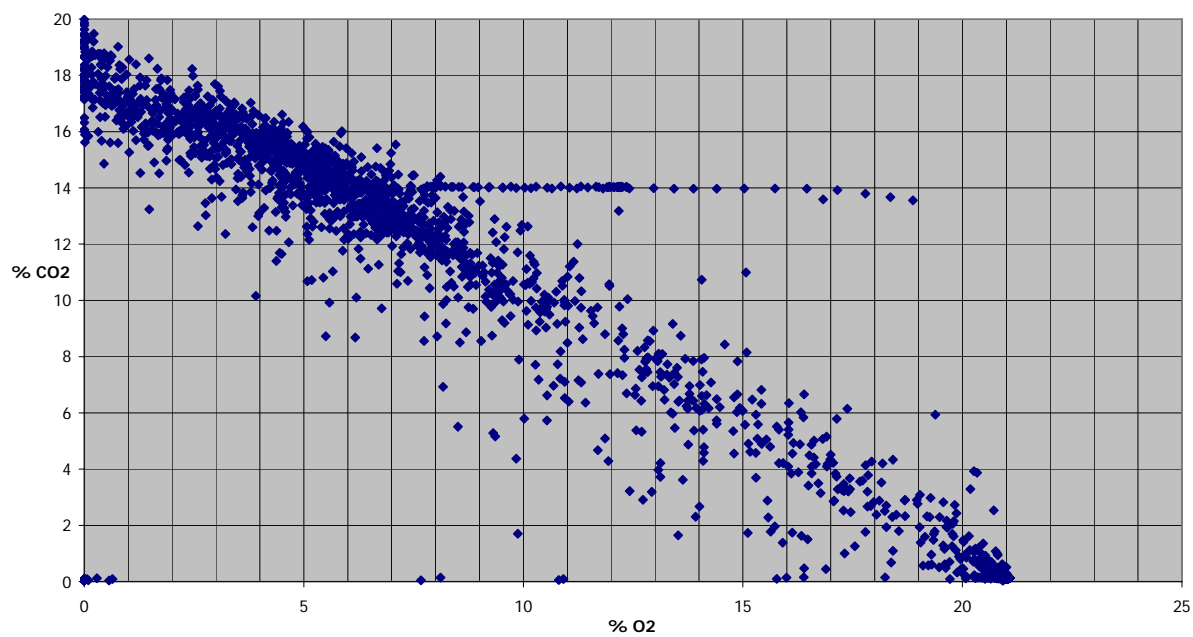
Tid	O2	CO2	CO	NOx	Temperatur	Position	Id
	%	%	ppm	ppm	°C		
7.56-8.13	5,6 0,2	14,4 0,4	114 9	263 18	724 28	Middel Std. Afvigelse	efter gash. vilkårligt
8.15-8.35	10,4 0,6	9,4 0,3	65 4	160 19	604 116	Middel Std. Afvigelse	skorsten
8.35-10.48	10,2 0,9	9,6 0,2	206 203	151 8	609 93	Middel Std. Afvigelse	efter kedel
10.51-10.58	9,3 0,6	9,5 0,6	852 291	161 15	746 30	Middel Std. Afvigelse	gashals 1
11.01-11.09	13,2 2,8	6,6 2,0	1232 896	94 62	680 79	Middel Std. Afvigelse	gashals 1,5
11.30-11.35	18,4 0,8	2,8 3,7	683 870	9 9	499 177	Middel Std. Afvigelse	over rist 0,7
11.38-11.51	16,3 3,1	3,9 2,8	1318 1413	54 46	822 97	Middel Std. Afvigelse	over rist midt
11.55-12.01	16,3 1,6	4,0 0,5	651 333	84 45	944 14	Middel Std. Afvigelse	over rist
12.06-12.15	18,5 0,4	2,0 0,1	205 59	26 0,2	750 4,0	Middel Std. Afvigelse	over rist
12.36-12.44	15,6 0,7	4,7 0,6	100 38	57 5	706 22	Middel Std. Afvigelse	1. ste træk
12.52-13.12	12,5 0,8	7,5 0,8	299 144	108 12	711 31	Middel Std. Afvigelse	1. ste træk

Bilag 3

Sydfalster Varmeværk d. 27-04-2005,
O2 vs CO2

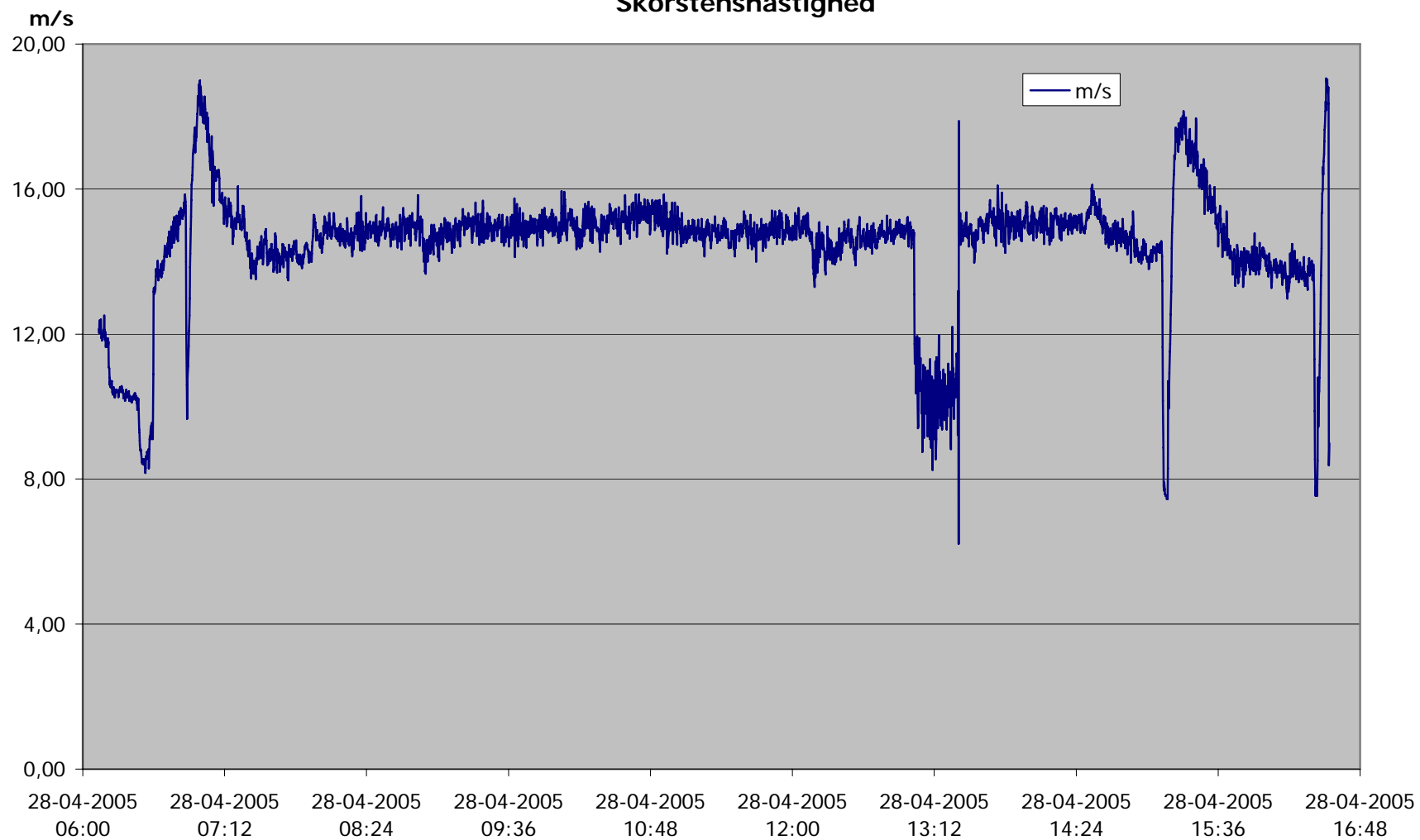


Sydfalster Varmeværk d. 28-04-2005,
O2 vs CO2

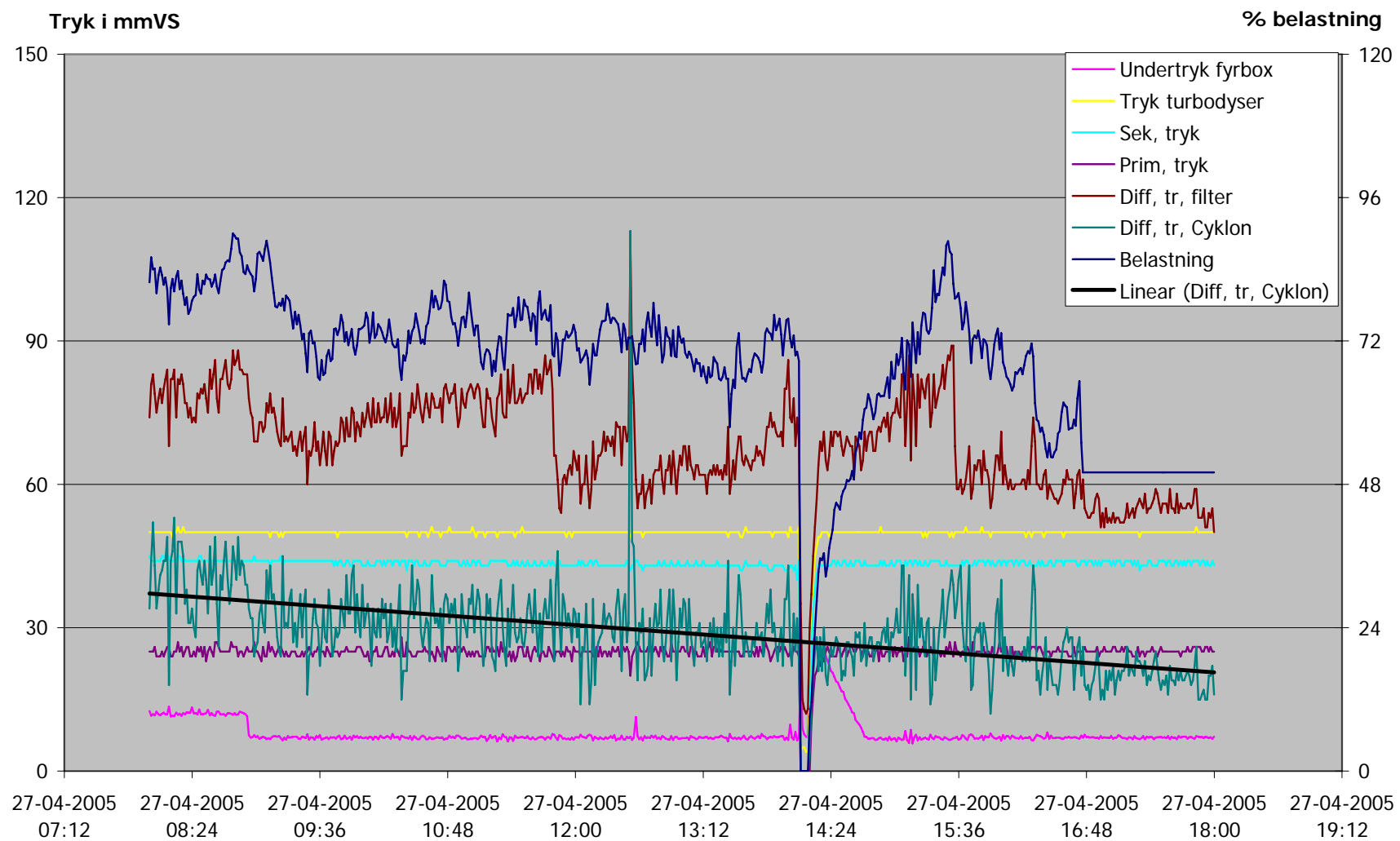


Bilag 4

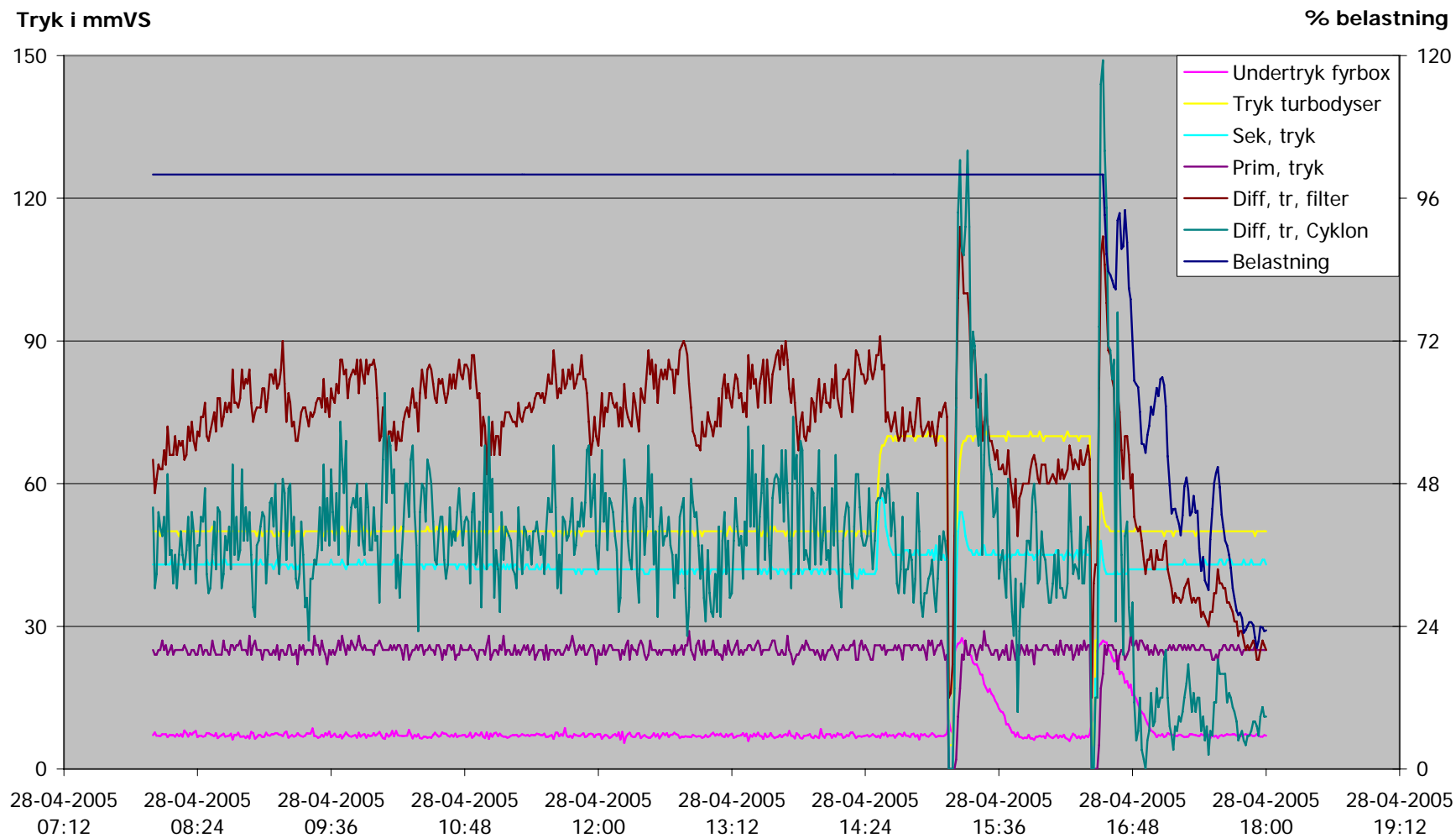
Sydfalster Varmeværk d. 28-04-2005,
Skorstenshastighed



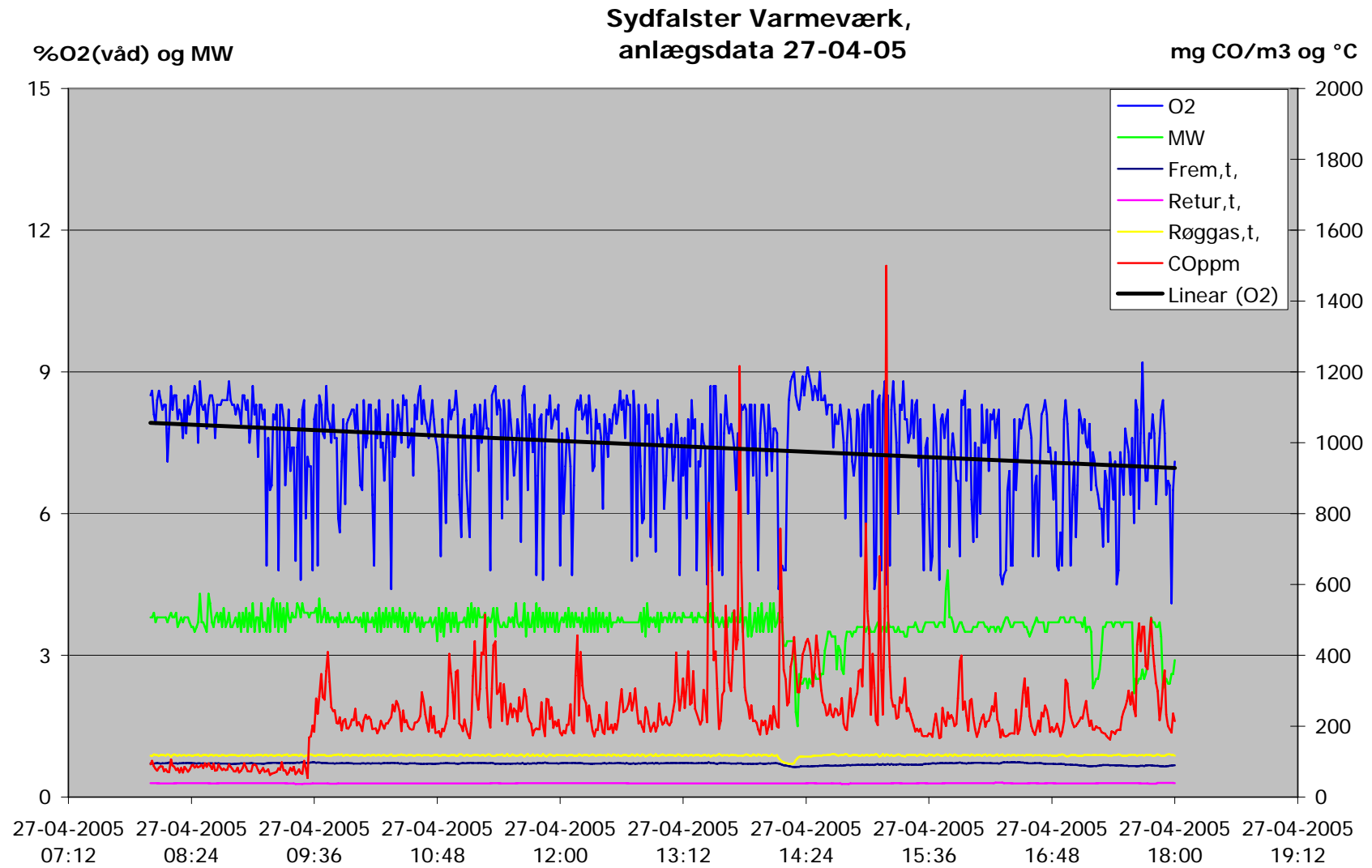
Bilag 4



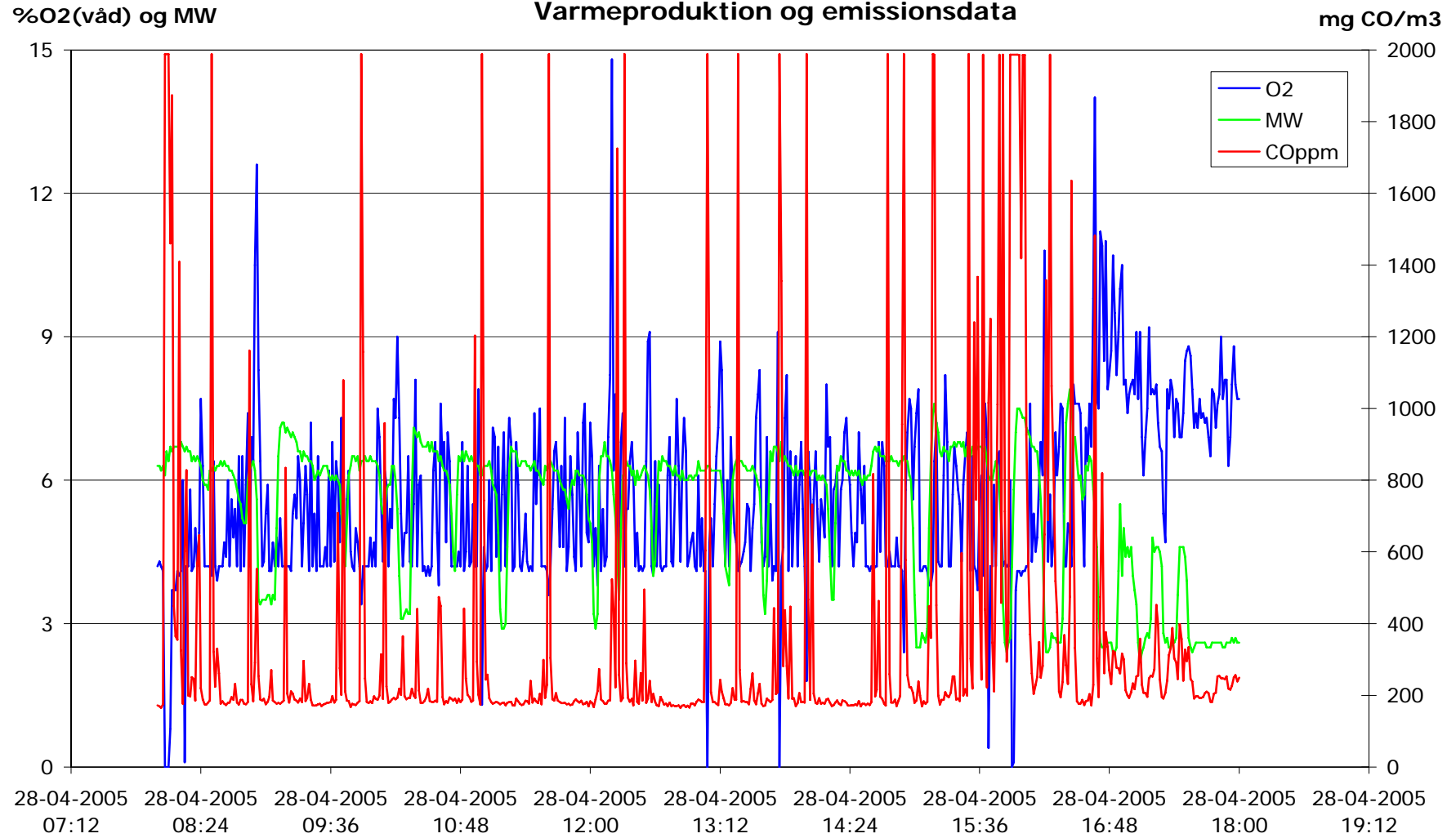
Bilag 4



Bilag 5



Sydfalster Varmeværk d. 28-04-2005, Varmeproduktion og emissionsdata



Bilag 6

Sydfalster Varmeværk, d. 28-04-2005,
Weiss målinger

