



# LAB SA Norfors linie 5

**Måling af emissioner til luften  
Præstationskontrol for metaller, HF og PCDD/F**

**Akkrediteret rapport 116-28139 D  
Målinger udført i januar 2017  
Projektleder: Jørgen Boje**

Underskriftsberettiget

Prøvningsrapporten er kun gyldig med signatur fra FORCE Technology. Rapporten forefindes som original i FORCE Technologys database og sendes som elektronisk duplikat til kunden. Den hos FORCE Technology lagrede original har forrang som dokumentation for rapportens indhold og gyldighed. Prøvningsrapporten må kun gengives i uddrag med tilladelse fra FORCE Technology.

**GTS**

ADVANCED  
TECHNOLOGY GROUP

Kontakt:  
Metrologi og Luftmiljø  
Projektleder Jørgen Boje  
Direkte tlf. 43 25 01 39  
Mobil: 42 62 71 39  
E-mail: jbo@force.dk

FORCE Technology  
Park Allé 345  
2605 Brøndby, Danmark  
+45 43 25 00 00  
+45 43 25 00 10  
info@forcetechnology.dk  
www.forcetechnology.com



## Resumé

### Anlæg/afkast: HF måling

Parameter	Enhed	Middel	Miljøkrav
Dato	dd-mm-åå	10-01-2017	-

### Hjælpeparametre

Temperatur	°C	69	-
CO <sub>2</sub>	Vol % (tør)	11,3	-
O <sub>2</sub>	Vol % (tør)	7,78	-
H <sub>2</sub> O	Vol %	21,6	-
Volumenstrøm	m <sup>3</sup> (n,t)/h	67.000	-

### Koncentrationer

HF	mg/m <sup>3</sup> (ref)	< 0,1	1,0
----	-------------------------	-------	-----

(ref) angiver tør røggas ved normaltilstanden (0°C, 101,3 kPa) og 11 % ilt

\* betyder "ikke omfattet af akkreditering 51"

Miljøkrav som angivet i virksomhedens miljøgodkendelse.

**Tabel 1** Hovedresultater fra præstationskontrol, HF

### Anlæg/afkast: Dioxinmåling

Parameter	Enhed	Middel	Miljøkrav
Dato	dd-mm-åå	10-01-2017	-

### Hjælpeparametre

Temperatur	°C	67	-
CO <sub>2</sub>	Vol % (tør)	11,5	-
O <sub>2</sub>	Vol % (tør)	7,50	-
H <sub>2</sub> O	Vol %	21,2	-
Volumenstrøm	m <sup>3</sup> (n,t)/h	55.000	-

### Koncentrationer

Dioxiner (I-TEQ)	ng/m <sup>3</sup> (ref)	0,037	0,10
------------------	-------------------------	-------	------

(ref) angiver tør røggas ved normaltilstanden (0°C, 101,3 kPa) og 11 % ilt

\* betyder "ikke omfattet af akkreditering 51"

Miljøkrav som angivet i virksomhedens miljøgodkendelse.

**Tabel 2** Hovedresultater fra præstationskontrol, dioxiner



### Anlæg/afkast: Ovn 5

Parameter	Enhed	Middel	Miljøkrav
Dato	dd-mm-åå	11+12-01 2017	-

### Hjælpeparametre

Temperatur	°C	65	-
CO <sub>2</sub>	Vol % (tør)	10,9	-
O <sub>2</sub>	Vol % (tør)	8,58	-
H <sub>2</sub> O	Vol %	19,9	-
Volumenstrøm	m <sup>3</sup> (n,t)/h	57.000	-

### Koncentrationer

∑ Cd & Tl	mg/m <sup>3</sup> (ref)	< 0,0007	0,050
∑ Ni, As, Cd & Cr	mg/m <sup>3</sup> (ref)	0,00018	0,10
∑ As, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb, Sb & V	mg/m <sup>3</sup> (ref)	0,00083	0,50

(ref) angiver tør røggas ved normaltstanden (0°C, 101,3 kPa) og 11 % ilt

\* betyder "ikke omfattet af akkreditering 51"

Miljøkrav som angivet i virksomhedens miljøgodkendelse.

**Tabel 3** Hovedresultater fra præstationskontrol, tungmetaller



## Indholdsfortegnelse

Resumé .....	2
1 Indledning .....	5
1.1 Formål.....	5
2 Resultater .....	6
2.1 Resultatoversigt .....	6
2.2 Kommentarer til resultaterne .....	7
3 Anlægsbeskrivelse .....	8
3.1 Driftsforhold under målingerne.....	8
4 Målingernes udførelse.....	8
4.1 Målemetoder.....	8
4.2 Forhold af betydning for måleusikkerheden.....	8
Bilag A    Målemetoder og usikkerheder .....	10



## 1 Indledning

FORCE Technology har i januar 2017 udført måling af emissioner til luften på Norfors linie 5:

Adresse: Savsvinget 2, 2970Hørsholm  
Rekvirent: LAB SA ved Isabelle Barjon

Målingerne er udført af: Uffe Stitz Krog og Lars Arentoft  
Rapporten er udarbejdet af: Jørgen Boje

Måleparametre og målingernes varighed fremgår af resultatoversigten i kapitel 2.1.

Prøveudtagning og analyse er gennemført i overensstemmelse med FORCE Technologys akkreditering nr. 51 og nr. 65 fra DANAK. For PCDD/F er der anvendt en akkrediteret underleverandør til analysen af de udtagne prøver.

Følgende er ikke omfattet af akkrediteringen:

- oplysninger om drifts- og produktionsforhold
- oplysninger om vilkår og grænseværdier

Resultatet af målingerne gælder kun for det aktuelle anlæg, i de aktuelle måleperioder og for de aktuelle driftssituationer.

### 1.1 Formål

At dokumentere emissionen af metaller, HF og PCDD/F i den rensede røggas fra Norfors linie 5 ved præstationskontrol.

## 2 Resultater

### 2.1 Resultatoversigt

#### Anlæg/afkast: HF måling

Parameter	Enhed	Måling 1	Måling 2	Måling 3	Middel	Miljøkrav
Dato	dd-mm-åå	10-01-2017	10-01-2017	11-01-2017	10-01-2017	-
Måleperiode	tt:mm	16:09 - 17:09	17:18 - 18:22	09:13 - 10:13	-	-
Kanalareal	m <sup>2</sup>	2,138			-	-

#### Produktions- og driftsoplysninger \*

Luftoverskud (tilnærmet værdi) *	λ	1,56	1,55	1,66	1,59	-
----------------------------------	---	------	------	------	------	---

#### Hjælpeparametre

Temperatur	°C	68	68	70	69	-
CO <sub>2</sub>	Vol % (tør)	11,5	11,5	11,0	11,3	-
O <sub>2</sub>	Vol % (tør)	7,53	7,48	8,35	7,78	-
H <sub>2</sub> O	Vol %	22,3	22,3	20,3	21,6	-
Volumenstrøm	m <sup>3</sup> (n,t)/h	73.000	73.000	57.000	67.000	-
Volumenstrøm driftstilstand	m <sup>3</sup> /h	120.000	120.000	90.000	110.000	-

#### Koncentrationer

HF	mg/m <sup>3</sup> (ref)	< 0,1	< 0,2	< 0,1	< 0,1	1,0
----	-------------------------	-------	-------	-------	-------	-----

(ref) angiver tør røggas ved normaltstanden (0°C, 101,3 kPa) og 11 % ilt

\* betyder "ikke omfattet af akkreditering 51"

Miljøkrav som angivet i virksomhedens miljøgodkendelse.

**Tabel 4** Resultater af præstationskontrol, HF

#### Anlæg/afkast: Dioxinmåling

Parameter	Enhed	Måling 1	Måling 2	Middel	Miljøkrav
Dato	dd-mm-åå	10-01-2017	10-01-2017	10-01-2017	-
Måleperiode	tt:mm	10:30 - 16:30	10:30 - 16:30	-	-
Kanalareal	m <sup>2</sup>	2,138		-	-

#### Hjælpeparametre

Temperatur	°C	67	67	67	-
CO <sub>2</sub>	Vol % (tør)	11,5	11,5	11,5	-
O <sub>2</sub>	Vol % (tør)	7,50	7,50	7,50	-
H <sub>2</sub> O	Vol %	21,2	21,2	21,2	-
Volumenstrøm	m <sup>3</sup> (n,t)/h	55.000	55.000	55.000	-
Volumenstrøm driftstilstand	m <sup>3</sup> /h	86.000	86.000	86.000	-

#### Koncentrationer

Dioxiner (I-TEQ)	ng/m <sup>3</sup> (ref)	0,040	0,034	0,037	0,10
------------------	-------------------------	-------	-------	-------	------

(ref) angiver tør røggas ved normaltstanden (0°C, 101,3 kPa) og 11 % ilt

\* betyder "ikke omfattet af akkreditering 51"

Miljøkrav som angivet i virksomhedens miljøgodkendelse.

**Tabel 5** Resultater af præstationskontrol, dioxiner

### Anlæg/afkast: Ovn 5

Parameter	Enhed	Måling 1	Måling 2	Måling 3	Middel	Miljøkrav
Dato	dd-mm-åå	11-01-2017	12-01-2017	12-01-2017	11+12-01 2017	-
Måleperiode	tt:mm	10:04 - 17:15	09:10 - 11:10	11:38 - 13:38	-	-
Kanalareal	m <sup>2</sup>	2,138			-	-

### Produktions- og driftsoplysninger \*

Luftoverskud (tilnærmet værdi) *	λ	1,71	1,66	1,71	1,69	-
----------------------------------	---	------	------	------	------	---

### Hjælpeparametre

Temperatur	°C	64	67	65	65	-
CO <sub>2</sub>	Vol % (tør)	10,8	11,0	10,8	10,9	-
O <sub>2</sub>	Vol % (tør)	8,69	8,35	8,69	8,58	-
H <sub>2</sub> O	Vol %	21,5	19,7	18,4	19,9	-
Volumenstrøm	m <sup>3</sup> (n,t)/h	55.000	60.000	55.000	57.000	-
Volumenstrøm driftstilstand	m <sup>3</sup> /h	89.000	94.000	86.000	90.000	-

### Koncentrationer

As	mg/m <sup>3</sup> (ref)	< 0,0006	< 0,0008	< 0,0006	< 0,0007	-
Cd	mg/m <sup>3</sup> (ref)	< 0,0006	< 0,0008	< 0,0006	< 0,0007	-
Cr	mg/m <sup>3</sup> (ref)	0,00019	0,00016	0,00018	0,00018	-
Cu	mg/m <sup>3</sup> (ref)	< 0,0006	0,00032	0,00025	0,00038	-
Mn	mg/m <sup>3</sup> (ref)	< 0,0006	< 0,0008	< 0,0006	< 0,0007	-
Ni	mg/m <sup>3</sup> (ref)	< 0,0006	< 0,0008	< 0,0006	< 0,0007	-
Pb	mg/m <sup>3</sup> (ref)	0,00022	0,00047	0,00053	0,00041	-
Co	mg/m <sup>3</sup> (ref)	< 0,0006	< 0,0008	< 0,0006	< 0,0007	-
V	mg/m <sup>3</sup> (ref)	< 0,0006	< 0,0008	< 0,0006	< 0,0007	-
Sb	mg/m <sup>3</sup> (ref)	< 0,0006	0,00016	< 0,0006	0,00044	-
Tl	mg/m <sup>3</sup> (ref)	< 0,0006	< 0,0008	< 0,0006	< 0,0007	-
Σ Cd & Tl	mg/m <sup>3</sup> (ref)	< 0,0006	< 0,0008	< 0,0006	< 0,0007	0,050
Σ Ni, As, Cd & Cr	mg/m <sup>3</sup> (ref)	0,00019	0,00016	0,00018	0,00018	0,10
Σ As, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb, Sb & V	mg/m <sup>3</sup> (ref)	0,00041	0,0011	0,00097	0,00083	0,50

(ref) angiver tør røggas ved normaltilstanden (0°C, 101,3 kPa) og 11 % ilt

\* betyder "ikke omfattet af akkreditering 51"

Miljøkrav som angivet i virksomhedens miljøgodkendelse.

**Tabel 6** Resultater af præstationskontrol, metaller

## 2.2 Kommentarer til resultaterne

Alle målte parametre er under de angivne grænseværdier.

Målingerne er foretaget over 3 dage. Bemærk, at der i måling nr. 1 for metaller for været et stop på grund af en defekt ventil på anlægget. Måleperioden er derfor forlænget, idet målingen har været stoppet mens reparationen stod på.

### 3 Anlægsbeskrivelse

Linie 5 er den nyeste ovnlinie hos Norfors. Ovnens har en kapacitet på 10 ton affald pr. time. Røggassen renses bl.a. for partikler, HCl, SO<sub>2</sub>, dioxiner og kviksølv i posefilter og vådskrubbere. NO<sub>x</sub>-emissionen reduceres ved hjælp af SCR.

#### 3.1 Driftsforhold under målingerne

Det blev oplyst, at linie 5 ydede 70-100 % af fuldlast under målingerne.

### 4 Målingernes udførelse

#### 4.1 Målemetoder

De anvendte målemetoder og deres tilhørende usikkerhed er beskrevet i Bilag A.

#### 4.2 Forhold af betydning for måleusikkerheden

##### Målestedets indretning

Målestedets indretning og eventuelt manglende traverseringspunkter har en betydning for måleusikkerheden. Ved målinger, som omfatter måling af volumenstrøm, testes altid, om målestedet er egnet<sup>1</sup>.

Målestedet er indrettet med 6 stk. DN80 flanger på den vandrette kanal med dimensionen Ø1650 mm.

En af flangerne er placeret i den lodrette retning mens de øvrige er placeret i vandret retning.

Målestedet er testet i henhold til EN 15259 og fundet egnet til de udførte traverseringsmålinger. Testen gælder for målestedets egnethed til traverseringsmålinger (volumenstrøm, partikler og partikelbundne stoffer, der kræver isokinetisk prøvetagning).

Det skal bemærkes, at målingerne for metaller og HF kun er foretaget i den vandrette diameter, da FORCE's udstyr ikke kan placeres i lodret position. FORCE vurderer, at resultaterne, trods dette forhold, er repræsentative for røggassens indhold af metaller og HF.

##### Homogenitetstest for gasser.

Der er udført homogenitetstest for gasser. Målestedet er homogent for samtlige testede gasser. Se rapport nr. 116-28139 A fra FORCE Technology.

---

<sup>1</sup> Måleusikkerheden under optimale forhold er angivet i Bilag A. Det er ikke muligt angive usikkerheden ved ikke-optimale forhold (dårligt indrettede målesteder eller manglende traverseringspunkter). Når målestedet er fundet "ikke egnet", er usikkerheden på måleresultatet betydelig.





**Figur 1 Målestedet efter røgrens, linie 5**

Oplysninger om forholdene på målestedet er ikke omfattet af akkreditering nr. 51.

Afvielser fra akkrediterede metoder

Ingen.

## **Bilag A Målemetoder og usikkerheder**

### Generelt vedr. detektionsgrænser og usikkerheder:

Kontinuerte metoder (monitører, følere etc.):

Detektionsgrænsen er opgivet som den normalt opnåelige ved en normal præstationskontrol. Detektionsgrænsen er defineret som middelværdien plus 3 gange spredningen på målerens drift i spanpunktet ved gentagne feltmålinger. Lavere detektionsgrænser kan f.eks. opnås ved optimeret valg af kalibreringsgas og hyppig kalibrering. Usikkerheden er beregnet som den normalt opnåelige usikkerhed ved måling i en homogen gasstrøm, som angivet i DS/EN 15259. Ved måling i inhomogene gasser kan usikkerheden være betydelig, men det er ikke muligt at vurdere dens størrelse. Usikkerheden opgives i % af målt værdi (95 % konfidensinterval svarende til 2 gange RSD). Ved måleværdier mellem 5 og 1 gange detektionsgrænsen stiger usikkerheden fra den angivne %-værdi til 100 % ved detektionsgrænsen.

### Manuelle metoder:

Detektionsgrænsen er opgivet som den normalt opnåelige ved en normal præstationskontrol. Dvs. ved 60 minutters måletid, normal sugehastighed og akkrediteret analyse. Detektionsgrænsen kan i det enkelte tilfælde være lavere eller højere end den angivne værdi. Lavere detektionsgrænser kan f.eks. opnås ved højere sugehastighed og ved længere prøvetagningstid. Metoder, der omfatter flere stoffer (f.eks. spormetaller), kan have forskellig detektionsgrænse for de forskellige stoffer. Den laveste værdi er opgivet. Detektionsgrænsen defineres som middelværdien af gentagne blindprøver plus tre gange spredningen på samme. Usikkerheden er beregnet som den normalt opnåelige usikkerhed ved et målested, der opfylder kravene til traverseringsmålinger i DS/EN 15259. Ved afvigelse fra krav til målestedet kan usikkerheden være betydelig. Det er dog ikke muligt at vurdere dens størrelse. Usikkerheden opgives i % af målt værdi (95 % konfidensinterval svarende til 2 gange RSD). Ved måleværdier mellem 5 og 1 gange detektionsgrænsen stiger usikkerheden fra den angivne %-værdi til 50-100 % ved detektionsgrænsen.

### Gastemperatur:

Måles med en pt100-termoføler eller en NiCr/NiAl-termoføler tilsluttet et digitaltermometer eller datalogger. Visningen aflæses med korte intervaller, og/eller signalet opsamles på datalogger.

Måleområde: -40 - 600 °C

Usikkerhed: 4 °C (absolut)

Reference/standard: VDI 3511 bl. 1-5, DS/IEC 584-2, DS/IEC 584-2 amd. 1

### CO<sub>2</sub>-koncentration:

På en tør og partikelfri delgasstrøm bestemmes CO<sub>2</sub>-koncentrationen med en nondispersiv infrarød (NDIR) monitor.

Måleområde: 0 - 20 Vol %

Metodens detektionsgrænse: 0,5% af måleområdet

Usikkerhed: 4 % af målt værdi (95% konfidensinterval).

Reference/standard: USEPA M.3A, DS/ISO 12039

### O<sub>2</sub>-koncentration:

På en tør og partikelfri delgasstrøm bestemmes O<sub>2</sub>-koncentrationen med en paramagnetisk monitor.

Måleområde: 0 - 25 Vol %

Metodens detektionsgrænse: 1% af måleområdet

Usikkerhed: 3 % af målt værdi (95% konfidensinterval).

Reference/standard: DS/EN 14789, MEL-05

Volumenstrøm: Gashastigheden måles ved hjælp af et pitotrør i forbindelse med et skrårørsmanometer eller mikro-manometer, hvormed det dynamiske tryk måles. Hastigheden bestemmes i et antal målepunkter over kanaltværssnittet. Ud fra hastigheden og måleplanets areal beregnes volumenstrømmen. Ud over volumenstrømsmåling udføres der altid en test af målestedets egnethed til flowmåling og isokinetisk prøveudtagning (de såkaldte gridmålinger). Testen udføres i henhold til DS/EN 15259, som i afsnit 6.2 opstiller en række krav, som skal være opfyldt før målestedet betegnes som egnet.

EN 16911-1 tillader korrektion for vægeffekt. For cirkulære og rektangulære kanaler kan der korrigeres med en faktor 0,995 hvis indersiden er glat og med en faktor 0,99 hvis indersiden er ru. Denne måling er korrigeret med faktoren 0,995.

## Akkrediteret rapport 116-28139 D

*Bilag kan indeholde oplysninger, der ikke er omfattet af akkrediteringen*

Måleområde: 0 - 40 m/s

Usikkerhed: 10 % af målt værdi (95% konfidensinterval).

Reference/standard: EN/ISO 16911-1, MEL-25

### Vanddampindhold:

En kendt delgas mængde renses for partikler og udsuges gennem en kondenspotte og et silicageltårn, hvori gas-sens vand adsorberes. Efter endt måling bestemmes den opsamlede vandmængde gravimetrisk.

Måleområde: 0 - 75 Vol %

Metodens detektionsgrænse: 2 Vol %

Usikkerhed: 14 % af målt værdi (95% konfidensinterval).

Reference/standard: DS/EN 14790

### HF-koncentration:

En delrøggasstrøm udsuges gennem et forfilter og et i serie med filteret forbundet vaskeflaskesystem. Selve ud-tagsrøret er et opvarmet glasrør. Vaskeflaskesystemet består af to vaskeflasker, hver indeholdende ca. 100 ml. 0,1 N NaOH, hvori gasformigt HF absorberes. Røggasprøven udsuges med en pumpeenhed, der består af en gastæt pumpe, en kalibreret gasmåler, et flowmeter til regulering af den udsugede mængde samt et digitaltermometer til måling af temperaturen ved gasmåleren. Den tørre gas mængde bestemmes ved hjælp af en kalibreret gasmåler, som aflæses før og efter hver prøvetagning. På laboratoriet analyseres absorptionsvæsken vha. ionchromatografi eller ionselektiv elektrode.

Metodens detektionsgrænse: 0,2 mg/m<sup>3</sup>(n,t)

Usikkerhed: 14 % af målt værdi (95% konfidensinterval).

Reference/standard: VDI 2470 bl. 1, (mod.), MEL-19

### Dioxiner og furaner (PCDD og PCDDF), (Poly Chlorerede Dibenzo Dioxiner / Furaner):

En delgasstrøm udsuges isokinetisk i repræsentative målepunkter over måleplanet i overensstemmelse med partikelmålinger. Prøvegassen ledes først gennem et opvarmet filter, hvor partiklerne opsamles, og derefter gennem en køler, hvor den køles til under 20°C, hvorved vanddamp udkondenseres og opsamles. Til sidst ledes gassen gennem en fast adsorbent bestående af XAD-2, hvor de ikke udkondenserede komponenter opsamles. Herfra ledes gassen gennem tørretårn, flowmeter, pumpe samt gasmåler. Den del af udstyret, der kommer i kontakt med gas-sen, er til og med den faste adsorbent bygget i glas.

Efter endt prøvetagning skylles udstyret med acetone og toluen, og de fire fraktioner - filter, kondensat, XAD-2 og skyllevæske sendes til analyse, hvor de ekstraheres med toluene, og en delprøve heraf oprensnes og analyseres med HRGC/HRMS efter isotopfortyndingsmetoden.

Måleområde: 0 - 300 ng/m<sup>3</sup>(n,t)

Metodens detektionsgrænse: 0,01 ng/m<sup>3</sup>(n,t)

Usikkerhed: 15 % af målt værdi (95% konfidensinterval).

Underleverandør: Alkontrol Laboratories, SWEDAC akkreditering nr. 1006

Reference/standard: DS/EN 1948 del 1-3, MEL-15

### Spormetaller:

En delgasstrøm udsuges isokinetisk gennem et planfilter af typen kvarts mikrofiber, traverseret over måletværsnit-tet. Efter filteret ledes delgasstrømmen gennem et vaskeflaskesystem, som består af tre vaskeflasker med fritte, hver indeholdende ca. 100 ml. 4,5% HNO<sub>3</sub> /1,7% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-opløsning, hvori de gasformige spormetaller absorberes. Prøvetagning gennem sonderør, filtrering og udtagning af delgasstrøm til vaskeflasker, foretages gennem et opvar-met temperaturkontrolleret system. Alle dele af prøvetagningssystemet, der er i kontakt med prøvetagningssgas-sen til og med filteret og sidste vaskeflaske, er bygget fuldstændigt i glas eller titanium. Den tørre gas mængde be- stemmes ved hjælp af en kalibreret gasmåler, som aflæses før og efter hver prøvetagning. Efter endt prøvetagning skylles udstyret med en HNO<sub>3</sub>-opløsning, som indgår i analysen. På laboratoriet oplukkes filteret og filteroplukning og absorptionsvæske analyseres ved ICP-MS. For hver måleserie udtages en delprøve af den anvendte HNO<sub>3</sub>-op- løsnings samt et prøvetagningsfilter til kontrol for blindværdi. Indholdet i 3. vaskeflaske må maksimalt udgøre 10 % af den totale opsamlede mængde (filter + vaskeflasker). Såfremt de 10 % er overskredet bør målingen kasseres.

Måleområde: 0 - 900 µg/m<sup>3</sup>(n,t)

Metodens detektionsgrænse: 1,1 µg/m<sup>3</sup>(n,t) (laveste parameter)

Usikkerhed: 40 % af målt værdi (95% konfidensinterval).

Reference/standard: DS/EN 14385, MEL-08a