

Veiledning i optisk måling av utslipp til luft ved aluminiumverk:

Rapport til Aluminiumindustriens Miljøsekretariat
Rapport no.: 2007-1561
Rev 04,

12 mars 2008

12 mars 2008

Veiledning i optisk måling av utslipp til luft ved aluminiumverk 2007-1561 rev 04,
Aluminiumindustriens Miljøsekretariat

DNV ENERGY

Veiledning i optisk måling av utslipp til luft ved
aluminiumverk

for

Aluminiumindustriens Miljøsekretariat

P.O.Box 2894 Solli
0230 Oslo
NORWAY

Kontaktperson: Willy Bjerke

DET NORSKE VERITAS AS
Veritasveien 1
1322 Høvik
Tel: +47 67 57 99 00
Fax: +47 67 57 99 11
Registrert i Norge
NO 945 748 931 MVA

Rapport nr.: 2007-1561

Emnegruppe:
C5, M21

Indekseringstermer: Utslippsmåling Aluminiumverk Hydrogenfluorid Laser DOAS Optikk

Sammendrag: Rapporten inneholder en veiledning i kontinuerlig måling av konsentrasjoner av
hydrogenfluorid i utslipp med ventilasjonsluft, fra ovnshaller ved aluminiumverk

Utarbeidet av: *Navn og stilling*
Ivar Nestaas, Senior Environmental
Specialist

Signatur



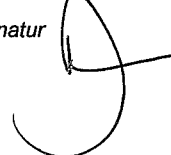
Verifisert av: *Navn og stilling*
Sam Arne Nøland, Principal
Consultant

Signatur



Godkjent av: *Navn og stilling*
Tor Jensen, Head of Section

Signatur



Utstedelsesdato: 12 mars 2008

Prosjekt nr: 61503309

* Vennligst bruk Prosjekt nr som referanse i all korrespondanse med DNV

- Ingen distribusjon uten tillatelse fra oppdragsgiver eller ansvarlig organisasjonsenhet (forøvrig, fri distribusjon for internt bruk innen DNV etter 3 år)
- Ingen distribusjon uten tillatelse fra oppdragsgiver eller ansvarlig organisasjonsenhet
- Strengt konfidensiell
- Fri distribusjon

Alle opphavsrettigheter tilhører Det Norske Veritas AS. Det er ikke tillatt å reproducere eller overføre denne publikasjonen eller deler av denne i noen form eller på noen måte, inkludert kopiering, nedtegning og opptak, uten at man på forhånd har fått skriftlig samtykke fra Det Norske Veritas AS.

1.0	Bakgrunn	1
2.0	Generelt om optisk måling av gasskonsentrasjon	2
2.1	Måling med laserlys	2
2.2	Måling med bredspektret lys (DOAS)	3
2.3	Sammenligning av lasermålere og DOAS	4
2.4	Lambert Beers lov	4
2.5	Kalibrering og sammenligning med tradisjonell måleteknikk	5
2.5.1	Kalibrering med HF	5
2.5.2	Sammenligning av optisk måling med prøvetagning og fluoranalyse	6
3.0	Leverandører av optisk måleutstyr	7
3.1	Oversikt over leverandører	7
3.2	Norsk Elektro Optikk	7
3.2.1	Om NEO	7
3.2.2	NEO laser	7
3.3	OP SIS	9
3.3.1	Om OPSIS	9
3.3.2	OP SIS DOAS	9
3.3.3	OP SIS laser	11
3.3.4	Prisopplysninger for OPSIS	11
4.0	Eksempler fra aluminiumverk som bruker optisk måling	12
4.1	Oversikt	12
4.2	Hydro Aluminium Årdal	12
4.3	Hydro Aluminium Sunndal	14
4.3.1	Måling i ventilasjonsluft over tak	14
4.3.2	Måling i skorsteiner ved renseanlegg	14
4.3.3	Annet	14
4.4	Elkem Aluminium Mosjøen	15
4.4.1	Måling i ventilasjonsluft over tak	15
4.4.2	Måling i skorsteiner ved renseanlegg	16
4.4.3	Utdrag av prosedyre	16
4.4.4	Annet	17
4.5	Oppsummering av tilgjengelig informasjon fra Alcoa	17
5.0	Sammenlignende målinger av HF hos Hydro Aluminium Sunndal	19
5.1	Hensikt	19
5.2	Gjennomføring	19
5.3	Resultater	20
5.4	Konklusjoner	22
6.0	Referanser	23

1.0 Bakgrunn

Optisk måling av konsentrasjoner av HF og SO₂ i utslipp til luft har vært i bruk ved norske aluminiumverk siden 1980-årene. Flere verk har positive erfaringer, mens andre har møtt problemer og demontert utstyret. Innen industrien har det vært delte meninger om den praktiske nytten av optiske målinger.

På denne bakgrunn har derfor Aluminiumindustriens Miljøsekretariat (AMS) gjennomført et prosjekt rettet mot optisk måling, først og fremst konsentrasjoner av HF i utslipp av ventilasjonsluft.

Prosjektet har omfattet tre aktiviteter:

- Et seminar i Mosjøen i juni 2006. Omfattet presentasjoner fra verkene og to leverandører samt verksbesøk hos Elkem Aluminium
- Sammenligning under kontrollerte forhold av instrumenter fra to leverandører. Gjennomført ved målinger hos Hydro Aluminium Sunndal (Su 4) januar-februar 2007
- Utarbeidelse av en veiledning i optisk måling

Styringsgruppe for prosjektet har vært Helge Nes, Elkem Aluminium Mosjøen, og Willy Bjerke, AMS. DNV ved Ivar Nestaas har vært engasjert som konsulent og har skrevet veiledningen.

2.0 Generelt om optisk måling av gasskonsentrasjon

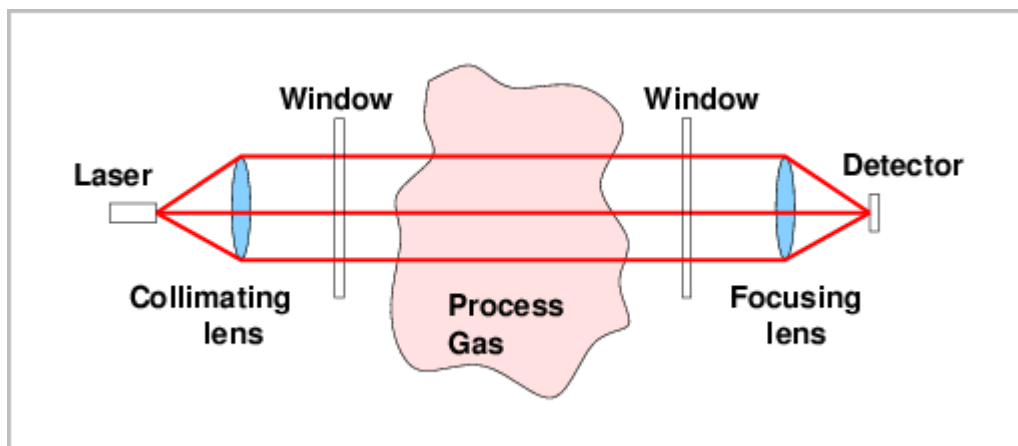
2.1 Måling med laserlys

En laser har egenskaper som skiller den fra andre lyskilder

- Laserlys har en bestemt bølgelengde, og er farvet. Laserlys kan ikke være hvitt
- Laserlys danner en tynn og snorrett stråle med høy intensitet

Alle gasser har et karakteristisk absorpsjonsspektrum, dvs at de absorberer lys av visse bølgelengder. Ved å ta utgangspunkt i en bølgelengde som er karakteristisk for HF, og velge en laser som sender ut lys av denne bølgelengde, kan man konstruere et instrument som måler konsentrasjonen av HF i luft.

Figur 1 nedenfor viser prinsippet for en måler der lys sendes ut fra laseren til venstre, gjennom gassen der HF skal måles og videre til detektoren. Instrumenter for måling av konsentrasjoner i utløpet fra et renseanlegg er bygget opp på denne måten. For måling av HF i ventilasjonsluft er laseren og detektoren bygget inn i samme instrument. I posisjonen til høyre på figuren er det da plassert en reflektor, slik at lyset passerer prosessgassen to ganger.



Figur 1. Prinsipp for en lasermåler (fra NEOs hjemmesider)

Ved å velge en bølgelengde der andre tilstedeværende gasser ikke absorberer, kan man gardere seg mot forstyrrelser fra interferens.

En laser for HF kan i tillegg brukes for H₂O, men ikke for andre gasser. (Det finnes et stort antall lasere, egnet for ulike gasser).

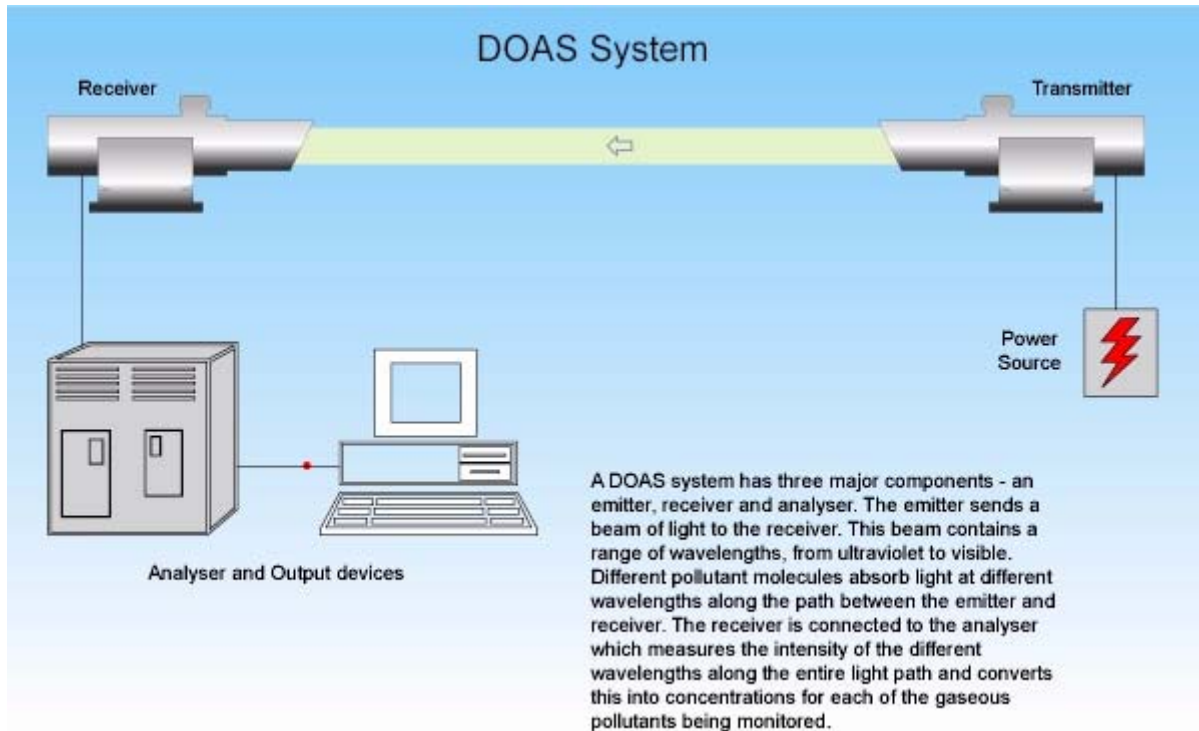
Lasermålere har neglisjerbar 0-punkt drift.

Instrumenter kan lages for målestrekninger i området fra under en meter (gasskanaler) via flere hundre meter (elektrolysehaller) og opp til flere kilometer (uteluft).

2.2 Måling med bredspektret lys (DOAS)

Differensiell optisk absorpsjons-spektroskopi (Differential Optical Absorption Spectroscopy: DOAS) er en metode for å bestemme sporstoff-konsentrasjoner av gasser med synlig bredspektret lys eller med ultraviolett lys.

Et typisk DOAS instrument kan bestå av en kontinuerlig lyskilde, for eksempel en Xenon-lampe, en mottager og en analysator. Mottageren og analysatoren er forbundet med en fiberoptisk kabel.



Figur 2 Prinsipp for DOAS målesystem (OPSIS)

Blant gasser som kan måles med DOAS nevnes foruten HF og SO₂ også NO₂, NO, HCl, CO₂, CH₄ og BTEX. Et instrument kan lages for å måle flere gasser samtidig, for eksempel HF og SO₂.

Både senderens Xenon-lampe og mottageren er følsomme for sterke magnetfelt, og på utsatte steder i elektrolysehaller kan skjerming med såkalt my-metall derfor være nødvendig.

Lengste målestrekning er noe kortere enn for laserinstrumenter.

2.3 Sammenligning av lasermålere og DOAS

Med begge instrumenttyper er det mulig å oppnå pålitelige online måleresultater for HF i ventilasjonsluft.

Laserinstrumentene er vesentlig enklere oppbygget og krever mindre av vedlikehold og justering. Egenskaper ved de to måleprinsipper er oppsummert nedenfor.

Laser	DOAS
Best når bare HF skal måles	Best når flere gasser skal måles i tillegg til HF
Kan måle H ₂ O i tillegg til HF	Kan måle flere gasser samtidig. SO ₂ , NO ₂ , CO ₂ og H ₂ O i tillegg til HF
Meget lav deteksjonsgrense	Lav deteksjonsgrense
Lavere pris	
Enklere utstyr	

2.4 Lambert Beers lov

Absorpsjon av lys som passerer gjennom luft eller en annen gass beskrives av Lambert Beers lov. Denne loven ligger til grunn for optisk måling av gasskonsentrasjoner, både med laserlys og med bredspektret lys.

Forenklet kan loven uttrykkes ved ligningen:

$$\frac{dI}{dL} = -k \cdot C \cdot I \quad (1)$$

I : Lysstyrke i en vilkårlig avstand L fra lyskilden

L: Avstand fra lyskilden

k: Konstant

C: Konsentrasjon, for eksempel µg HF/ m³ luft

Forutsatt at HF-konsentrasjonen C er konstant langs hele lysbanen kan ligningen integreres, og man får:

$$C = -\frac{1}{k \cdot L_1} \cdot \ln \frac{I_1}{I_0} \quad (2)$$

L_1 : Avstand fra lyskilde til mottager (målestrekning)

I_0 : Lysstyrke ved lyskilden

I_1 : Lysstyrke ved mottager

Det er altså nødvendig å kjenne avstanden mellom lyskilde og mottager. I en rørledning vil gassen være godt blandet, og forutsetningen om konstant konsentrasjon C langs lysbanen er oppfylt. Men langs en elektrolysehall vil konsentrasjonen av HF i ventilasjonsluften variere. Variasjonen er ikke kjent, og man har derfor ved å integrere ligningen introdusert en feilkilde. I praksis kan man omgå dette problemet ved å sammenligne optiske og tradisjonelle (dobbeltfilter) målinger.

Ligning (2) kan også skrives på formen

$$I_1 = I_0 \cdot e^{-k \cdot C \cdot L_1} \quad (3)$$

Lysstyrken ved mottageren er proporsjonal med produktet av konsentrasjon C og målestrekningen L_1 . Lysstyrken blir den samme med for eksempel $200 \mu\text{g HF/m}^3$ og 400 m som med $400 \mu\text{g HF/m}^3$ og 200 m målestrekning. Denne sammenhengen er nyttig blant annet ved kalibrering i benk, se nedenfor.

2.5 Kalibrering og sammenligning med tradisjonell måleteknikk

2.5.1 Kalibrering med HF

Produsentene kalibrerer sin optiske målere i en kalibreringsbenk ved å sende lys gjennom en celle (kyvette) av kjent lengde og fylt med HF av kjent konsentrasjon. Kalibrering med for eksempel en celle 1 m lang, og kalibreringsgass med $80\,000 \mu\text{g HF/m}^3 = 80 \text{ mg HF/m}^3$, korresponderer med en målestrekning på 400 m og $200 \mu\text{g HF/m}^3$.

Fremstilling av en gass med kjent og stabil konsentrasjon av HF er vanskelig, og det er problematisk å skaffe sertifisert HF kalibreringsgass i flasker.

NEO oppgir at de benytter en kalibrert HF gass, i kombinasjon med en referansemåler. Referansemåleren sjekkes rutinemessig mot ulike HF gassflasker og også v.h.a. en annen metode, HOVACAL, som genererer HF ved fordampning av flussyre. NEO oppgir at det er god overensstemmelse med kalibrering utført av Alcoa med Kin-Tek gassgenerator. For HF kalibreringsgass i flasker anbefaler NEO Praxair som fremstilles i Belgia, NEO har god erfaring de siste ti årene.

OP SIS opplyser at man bruker en referansegass med stabil og kjent konsentrasjon av HF fremstilles i en Kin-Tek gassgenerator. I generatoren anbringes et permeasjonsrør fylt med HF. Ved gitt temperatur avgir røret en konstant mengde HF pr tidsenhet. Avgitt HF fortynnes med med en kontrollert mengde N_2 , og man får en referansegass med kjent konsentrasjon av HF.

OPSIS gjennomfører rutinemessig på installasjonsstedet kontroll og justering av 0-punkt ved DOAS instrumenter. Denne såkalte referansekalibrering er nødvendig på grunn av drift.

2.5.2 Sammenligning av optisk måling med prøvetagning og fluoranalyse

Verkenes utslippskrav er gitt som totalt fluorid. For å finne en sammenheng mellom totalt fluorid og HF målt med tradisjonell måleteknikk (prøvetagning på dobbeltfilter) må metodene derfor sammenlignes ved å måle samtidig. Det er her viktig å plassere de optiske instrumentene og prøvetagerne slik at de måler på ventilasjonsluft av samme sammensetning, og at man benytter et tilstrekkelig antall prøvetagere.

Som resultat kan man etablere en stedsspesifikk omregningsfaktor mellom tradisjonell og optisk teknikk.

3.0 Leverandører av optisk måleutstyr

3.1 Oversikt over leverandører

Oversikten over leverandører i tabellen nedenfor baserer seg på informasjonen fra norske verk og på søk på internett. Det kan ikke garanteres at listen er fullstendig.

Navn og adresser	Leveranser
NEO Monitors AS. http://www.neo.no/monitors	Laser
OP SIS AB info@opsis.se	DOAS. Laser
BOREAL LASER INC www.boreal-laser.com	Laser
SICK MAIHAK GmbH, Tyskland. www.sick.com	Laser
UNISEARCH ASSOCIATES INC, Canada info@unisearch-associates.com	DOAS. Laser
SIEMENS, Tyskland. www.siemens.com/processanalytics	Laser
PKL Technologies Inc., Canada pkltechnologies.com	Laser

De eneste leverandører som per sommeren 2007 hadde installasjoner ved norske verk er Norsk Elektro Optikk (NEO) og OPSIS. Disse leverandørenes produkter er derfor omtalt i følgende avsnitt. Omtalene av NEO og OPSIS må selvsagt ikke tolkes hverken som anbefalinger eller det motsatte. Det nevnes at begge firmaer har hatt veiledningen til gjennomsyn.

3.2 Norsk Elektro Optikk

3.2.1 Om NEO

Norsk Elektro Optikk datterselskap NEO Monitors AS utvikler og produserer instrumenter for kontinuerlig måling av konsentrasjoner av gasser og støv, basert på laserteknologi. NEO leverer flere typer, til bruk over alternativt lengre strekninger (som for ventilasjonsluft i elektrolysehaller) eller i rørledninger og skorsteiner (som foran og etter gassrensning).

3.2.2 NEO laser

Instrumentet på figur 3 brukes til å måle HF konsentrasjon i ventilasjonsluft i elektrolysehaller. Laserenheten til venstre inneholder sender og mottager for lysstrålen. På toppen av laseren er det montert et kikkertsikte for innretning av lysstrålen mot reflektorcellen til høyre. Ved lange avstander, og der det er bevegelser i hallkonstruksjonen, settes flere reflektorceller inntil hverandre for å få en større flate. Anvendelsen av NEO instrumenter i aluminiumindustrien startet i Årdal.



Figur 3. NEO LaserGas II Open Path Monitor Model 2004

Opgitt av NEO instrumentet ovenfor, egnet for ventilasjonsluft:

Optisk målestrekning en vei	Inntil 1000 m
Deteksjonsgrense for HF (500 m en vei målestrekning)	0,2 µg/m ³
Laveste måleområde for HF	0-100 µg/m ³
Drift måleområde per år	< 4 % av måleområdet
Midlingstid	2 sek – 24 timer
Utgang	Analogt (4-20 mA) eller digitalt
Vedlikeholdsintervall (anbefalt)	6 – 12 mnd
Kalibreringsintervall (anbefalt)	6 – 12 mnd
Luftspyling av vinduer	Ved spesielle anvendelser
Vekt laserenhet	6,5 kg

Det er innbygget kompensasjon for varierende støvkonsentrasjon. Men kompensasjonen er ikke egnet for bruk som støvmåler.

Ved anvendelser der spyleluft behøves, tilbys filter for å fjerne oljerester fra instrumentluften.

Det tilbys kalibreringscelle som kunden kan bruke selv.

Prisen pr. lasermåler avhenger av blant annet antall instrumenter som leveres. Høsten 2007 var prisnivået for en LaserGas II Open Path Monitor NOK 200 000 eks mva, montering og opplæring m.v. ikke medregnet.

NEO tilbyr normalt ikke software for rapportering av måleresultater. Det tilbys service- og vedlikeholdsavtaler.

3.3 OPSIS

3.3.1 Om OPSIS

OP SIS AB er et svensk selskap som utvikler, produserer og selger instrumenter og systemløsninger for overvåking av utslipp til luft og av luftkvalitet i omgivelsene.

Et utdrag av produktspesifikasjonen for instrumenter egnet for HF i ventilasjonsluft er vist i tabellen nedenfor.

	DOAS (AR500)	Laser (LD500)
Optisk målestrekning	Inntil 500 m	Inntil 2.000 m
Deteksjonsgrense for HF	20 µg/m ³	1 µg/m ³
Laveste måleområde for HF	0-1000 µg/m ³	0-100 µg/m ³
Drift måleområde	< 4 % av måleområdet	< 4 % av måleområdet
Drift nullpunkt	< 2% av måleområdet	< 2% av måleområdet
Midlingstid	5 sek – 5 minutter (eller mer)	5 sek – 5 minutter (eller mer)
Utgang	4-20 mA/RS232/RS485/egen software	4-20 mA/RS232/RS485/egen software
Vedlikeholdsintervall	6 – 12 mnd	6 – 12 mnd
Kalibreringsintervall	6 – 12 mnd	6 – 12 mnd
Luftspyling av vinduer	Ved spesielle anvendelser	Ved spesielle anvendelser
Vekt sender/laserenhet	20-50 kg	40 kg
Vekt mottaker/reflektorenhet	20-60 kg	10 kg
Opsjon	Automatisk lysoptimerer	Automatisk lysoptimerer

Det tilbys service- og vedlikeholdsavtaler.

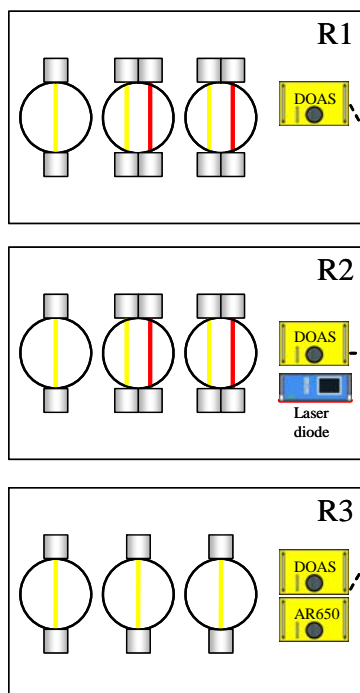
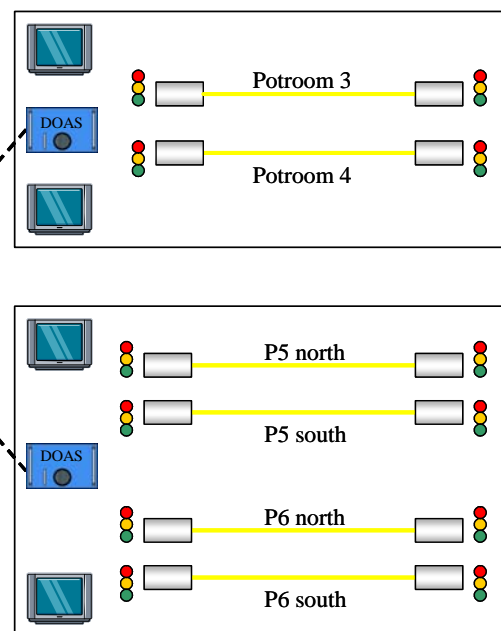
3.3.2 OPSIS DOAS

For HF brukes IR lys, og for HF + SO₂ brukes synlig lys + UV. Instrumentene er helt forskjellige.

Mottageren er knyttet til analysatoren med fiberoptisk kabel.

Figur 4 nedenfor viser installasjonen ved Elkem Mosjøen per 2007. For ventilasjonsluft anvendes kun DOAS, mens det ved ett av renseanleggene brukes laser i tillegg til DOAS.

Ved hjelp av en multiplekser kan en analysator betjene flere målestrekninger. Ved haller der bevegelser i bygningskonsentrasjonen forstyrrer optikken, kan det installeres automatisk lysoptimalisering.

CLEANING PLANTS**POTROOMS**

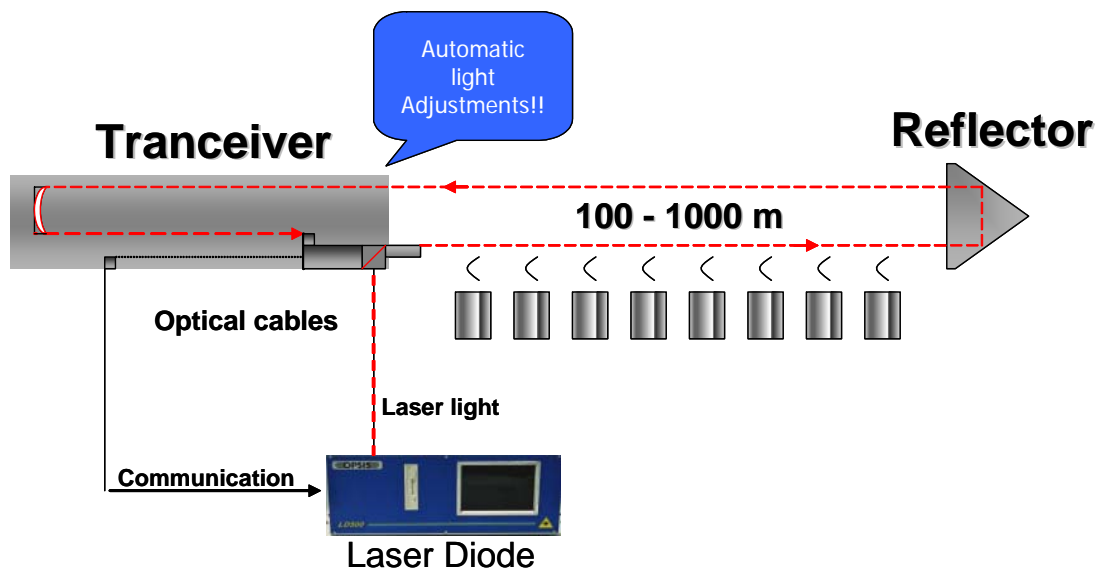
Figur 4 System for optisk overvåking av utslipp av HF og SO₂ ved Elkem Aluminium Mosjøen.

3.3.3 OPSIS laser

Figur 5 viser skjematisk en lasermåler fra OPSIS. Den kombinerte sender/mottager (tranceiver) er forbundet med laserenheten via optiske kabler, inntil 500 m lange. Laserenheten vil normalt plasseres i et kontrollrom. Den har kapasitet til å dekke inntil 8 målestrekninger.

Utgangen fra laseren kan være enten analog 4-20 mA eller digital. En vanlig PC kan brukes til bearbeidelse og lagring av måledata.

Normalt vil både tranceiver og reflektor være utstyrt med luftspyling. Pleksiglass beskyttelse kan fjernes, men da må mengde spyleluft økes vesentlig.



Figur 5 Prinsippskisse av laserinstrument fra OPSIS

3.3.4 Prisopplysninger for OPSIS

Prisnivået pr. lasermåler fra OPSIS er ca kr 200 000. Pr. DOAS instrument er prisen noe høyere, ca kr. 230 000. Et DOAS-instrument kan som nevnt ved hjelp av multipleksing betjene flere målestrekninger, slik at kostnadene reduseres.

For aluminiumverk vil en softwarepakke for bearbeidelse, lagring og rapportering av måledata koste anslagsvis kr. 50 000.

4.0 Eksempler fra aluminiumverk som bruker optisk måling

4.1 Oversikt

Per sommeren 2007 var OPSIS måleutstyr for HF og SO₂ i utslipp av ventilasjonsluft fra prebakehaller i bruk ved to norske verk, Hydro Aluminium Sunndal og Elkem Mosjøen Aluminium. Elkem Aluminium Lista måler med OPSIS DOAS opp under taket i søderberghall, før ventilasjonsluften går til rensing med sjøvann i vasketårn. Videre nevnes at Alcan Island har OPSIS DOAS.

Hydro Aluminium Årdal har optisk måling av HF, med laser fra NEO. Andre NEO referanser i Norden er Hydro Aluminium Høyanger, Sør-Norge Aluminium, Kubal i Sverige og Alcoa Fjardal på Island.

Internasjonalt er det kjent at Alcoa har installert optisk måleutstyr ved mange av sine verk, og at selskapet har arbeidet mye med utprøving og kalibrering av optisk måleutstyr.

I avsnittene nedenfor omtales tre norske installasjoner ved prebakehaller, til slutt følger en kort oppsummering av tilgjengelig informasjon fra Alcoa.

4.2 Hydro Aluminium Årdal

Det første instrumentet ble installert tidlig på 1990-tallet, dette var basert på multispektralt lys. Verket har gjennom mange år samarbeidet med NEO om utprøving av deres instrumenter for aluminium elektrolyse.

Verket har per 2007 5 stk laserinstrumenter, alle på ventilasjonsluft. Instrumentene er levert av NEO. De foreløpig to siste kom ved søderberghallene i Å III i 2005, som kjent ble disse hallene nedlagt i 2007. Totale installasjonskostnader inklusive målere for denne anskaffelsen er beregnet til ca. kr. 500.000.

Instrumentene for måling i ventilasjonsluft er sveiset eller skrudd fast til hallenes stålkonstruksjoner. Man har problemer med bevegelser i konstruksjonene. De nyeste og laserbaserte instrumentene er mer stabile enn de eldre. Målestrekningene er i området fra 150 til 332 m. Verket har ikke hatt problemer p. g. a. lange kabler. Tverrsnittet av fritt leide for lyset er 5m.

Instrumentenes stabilitet er god, med oppetid 90 %. Det er ingen spesielle funksjonsfeil.

Det er overensstemmelse med tradisjonelle målinger. Måletavler i hallene viser HF, og Verkets datasystem konverterer HF til total F. Utslipet vises kontinuerlig på tavler i hallene, som kg total F pr time. Utslipet er også lagt ut på datanettet. Den statistiske bearbeidingen av resultater skjer også i verkets datasystem.

Det er ikke installert spyleluft, og instrumentene viser følsomhet for støvbelegg. Etsing av optiske flater er ikke noe stort problem. Det er ikke problemer med magnetfelt.

Instrumentene blir inspisert periodevis. Renhold blir utført når instrumentene er utkoblet for justering. Behovet for service og vedlikehold er lite.

Verket har serviceavtale med NEO, som delegerer enkelte oppgaver til et lokalt elektrofirma. Årlig etterkalibrering utføres av NEO.

Besparelser i forhold til tradisjonell måling er ikke beregnet. Hovedhensikten var å ha et verktøy for direkte påvirkning og optimalisering av arbeidsoperasjoner, ikke å spare penger.

Resultatene formidles direkte til operatørene i hallene. Internt i bedriften er resultatene tilgjengelige som online via datasystemet. Resultatene brukes til formell ekstern rapportering, til SFT og andre.

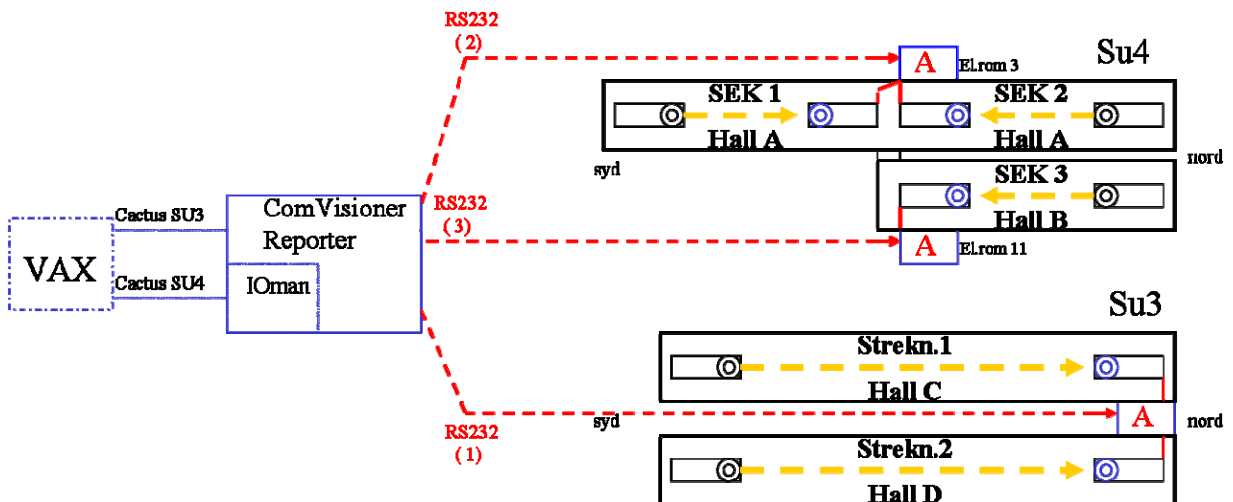
Helhetsinntrykket er at verket er godt fornøyd med systemet. Det forenkler også rapporteringer. For å kunne oppnå videre utslippreduksjoner er slike system et viktig hjelpemiddel.

Beskrivelsen ovenfor bygger på informasjon gitt av Steinar Frosta.

4.3 Hydro Aluminium Sunndal

4.3.1 Måling i ventilasjonsluft over tak

Konsentrasjonene av HF og SO₂ i ventilasjonsluft som forlater hallene over tak blir målt optisk med DOAS fra OPSIS, over 5 målestrekk som dekker alle hallene ved verket.



SU3 Anmärkning

DOAS (367)
Hall C = Str. 1
Hall D = Str. 2

SU4 Anmärkning

DOAS (353)
SEK 1 (Hall A Syd) = Str.1
SEK 2 (Hall A Nord) = Str.2

DOAS (386)
SEK 3 (Hall B Nord) = Str.1



Figur 6 OPSIS DOAS målere ved Hydro Aluminium Sunndal (2006)

Ved Su III er det 2 målestrekk på 544 m, montert i 1996. Ved Su IV er det 3 målestrekk på 350 m, montert i 2003/4. Ved et av målestrekkene i Su IV var utstyret nytt ved installasjon, dette utstyret har fungert stabilt. Utstyret ved de to andre strekninger har vært brukt ved de tidligere søderberghallene. Her har det per høsten 2007 ikke lyktes å oppnå stabil drift.

4.3.2 Måling i skorsteiner ved renseanlegg

Verket har kontinuerlig måling av støvkonsentrasjonen i utløpskanal fra posefiltre ved alle 4 renseanlegg. Utstyret er levert av NEO. Kontinuerlig måling av gasser i rensed gass etter sjøvannsvaskerne er under vurdering.

4.3.3 Annet

Verket har inngått årlig serviceavtale med OPSIS om kalibrering og vedlikehold av optikk. Driftsavdelingen skifter lypærer og beskyttelsesglass ved behov.

Det er gjort sammenlignende målinger mellom OPSIS og tradisjonelle målinger. Så lenge det optiske utstyret er stabilt er det god overensstemmelse.

Måleresultater presenteres i kurveform som del av prosessstyringsystemet. Programvare for lagring og behandling av måledata er levert av OPSIS.

Verkets målsetning er at de kontinuerlige målingene av takutslipp etter hvert skal brukes som grunnlag for rapportering til SFT. Men dette forutsetter større stabilitet av måleutstyret enn det som oppnås per i dag.

Beskrivelsen ovenfor bygger på informasjon fra Per Arne Vullum.

4.4 Elkem Aluminium Mosjøen

4.4.1 Måling i ventilasjonsluft over tak

Verket fikk det første utstyret montert i halltaket i serie 1 i 1993, det har stått der til nå og gjør en jobb man er fornøyd med. Faktor mellom optisk målemetode og tradisjonell metode har i alle år vært for HF 1,2 og for SO₂ ca. 0,95-1,00.

I serie 2 ble utstyret for takmålinger i 2002 montert utendørs. Ventilasjonsluften slippes her ut gjennom et antall adskilte lanterniner plassert langs mønet på hallen. Det ble boret hull i veggene på lanterninene, slik at lysstrålen vekselvis passerer hallgassen i lanterninene og mellomliggende soner med uteluft. Denne plassering er ikke så vellykket som den i serie 1 som er innendørs, og det jobbes nå med å flytte serie 2 utstyret inn under tak. Målingene utendørs blir påvirket av vind, samt at de ikke viser de raske variasjonene som man klarer å dokumentere ved å måle innendørs. Det er i dag for utvendige takmålinger 2 analysatorer.

Verket måler utslipp av SO₂ og HF fra alle elektrolysehallene, fordelt på 6 målestrekk. Disse målestrekkene er fra 200 til 400 meter lange. Her er det bygd spesielle plattformer for montering av måleutstyret, slik at lysstrålen ikke blir hindret og at den befinner seg i et område som er representativt for gassen det måles på. Plattformer for montering må være stødige, man har opplevet at en mann som står på plattformen forårsaker forskyvning av lysstrålen og derved forstyrrer målingene.

Problemet med bevegelse i bygninger er lite i Mosjøen. Det er kun om våren og av og til om sommeren, ved store temperatursvingninger, at man har opplevd dette. Det dreier seg maksimalt om til sammen ca 20 timer per år, og det er derfor ikke gjort noe for å forebygge dette.

På takmåleutstyret har man demontert alle glass, da de ble for matte og hindret lyset. Det ble deretter montert spyleluft på sendere og mottakere for å holde støvet ute. Dette har fungert godt. Forbruket av luft er ikke stort. Man slipper bare inn tilstrekkelig luft for å sikre overtrykk i instrumentene.

I 1993 da man montert det første utstyret som overvåker to elektrolysehaller, måtte man betale ca NOK 1 million for alt måleutstyret. Verket hadde i tillegg et utlegg på ca NOK 200 000 før måleutstyret kunne monteres.

Man har ikke regnet på det, men tror ikke at verket sparer økonomisk på det å måle optisk kontra å bruke gammel metode.

Alle instrumentene for utslipp av ventilasjonsluft er av typen DOAS, levert av OPSIS. En oversikt er vist på Figur 4 foran.

4.4.2 Måling i skorsteiner ved renseanlegg

Det er montert måleutstyr på de fleste av gassrenseanleggene som er knyttet til elektrolyse. Det måles på inngående rågass, etter tørr-rensing og etter våtvasker (SO₂-scrubber). Skorsteinsmålingene har målestrek fra 2 til 0,5 meter, totalt er det 8 målestrek. Det meste av utstyret ble levert i 2002. På disse installasjonene opplever vi større uoverensstemmelse enn på takmålinger. Men her er det også vanskeligere måleforhold; nær vifter, korte rørstrekk, nær bend osv.

Verket betalte ca 2,3 millioner for 8 sendere, 8 mottakere og 5 analysatorer i 2002.

Det er spyleluft på alle installasjoner. Utenom tilførsel av spyleluft er det små kostnader ved montering.

Optisk måleutstyr montert på renseanleggene har vist seg å være et ypperlig verktøy for de som skal optimalisere renseprosessen.

Alle renseanleggene unntatt ett har DOAS instrumenter levert av OPSIS. Det nevnte unntaket er et renseanlegg som Alstom har levert med laser fra NEO.

4.4.3 Utdrag av prosedyre

I følge prosedyre skal følgende rutiner følges for de optiske renseanleggene:

Daglig : Sjekk alarmmeldinger.
 Kontroll av lysnivåer og temperaturer.
 Lysstyrken for HF bør være mer enn 40% .
 Eventuell fokusering/justering av lys.
 Kontroll av utslipp i forhold til driftsforholdene.

Månedlig : System check (Alle parametre skal være OK).
 Rengjøring av vindusglass.
 Kontroll av spyleluftsmengden (Der det er vindusglass skal det være et lite overtrykk. Dersom det ligger støv på fiberholder eller på lampen er mengden spyleluft for lav)
 Kontroll av miljøskapene. Sjekk temperatur, om kjøleanlegget går
 Dersom det er støv inne i skap, må de støvsuges.

Årlig : Oversyn av analysatorene. Dette utføres i Mosjøen.
 Bytte av alle lamper før analysatorene startes på nytt etter årlig oversyn.

Ved behov: Lysjustering sender og mottaker. Bytte av speil.
Kontroll av multiplexer : Finjustering av posisjoneringen. Fjerne støv.
Rengjøring av fiber.

Alle utførte kontroller føres inn i driftslogg.

4.4.4 Annet

Magnetfelt har ikke vært noe problem.

Verket har serviceavtale med OPSIS. Alt utstyret har en årlig grundig kontroll og kalibrering. I den første tiden sendte man utstyret til leverandøren i Sverige, men nå kommer det servicepersonell til bedriften og utfører årlig oversyn på stedet. God erfaring med den løsningen. I tillegg til dette årlige oversyn, har man to gratis servicebesøk ved behov. Denne serviceavtale for totalt 7 analysatorer koster ca 300 000 NOK per år.

Fibre som leder lyset fra mottaker til analysator må ikke bli for lange. Dette avhenger av hvilken gass du skal måle på og hvilken type analysator som anvendes. Vi har fibre på opptil 200 meter. Alt vårt utstyr er så langt (med ett unntak) levert av OPSIS. Firmaet har en sterk programvare. Vi har kjøpt tilleggsprogramvare som håndterer alt av statistisk behandling av alle måledata, samt ulike valg av rapportering.

Vi er meget tilfreds med vårt optiske måleutstyr. Den store gevinsten i optiske målinger ligger i kontinuiteten i målingene og rask tilbakemelding til prosessfolket. Resultatene vises i sann tid på skjermer i kontrollrom og på hvilken som helst PC i hele bedriften. Måleresultater fra disse målingene er de offisielle tall som rapporteres til SFT årlig.

I hallene er det installert online "trafikklys" som til enhver tid viser utslippet:

- Grønt lys: Alt i orden.
- Gult lys: Ikke ønsket. Aksepteres under kullskift og tapping m.v.
- Rødt lys: Ikke akseptabelt. Gjør noe.

Bruken av trafikklys er allment akseptert, og har vist seg meget nyttig.

Til tross for gode erfaringer med nåværende leverandører er verket i forhandlinger med SICK i Tyskland. Firmaet skal levere, til prøve; kontinuerlig støvmåler i takåpning, kontinuerlig luftmengdemåler i takåpning og et utstyr som skal overvåke SO₂ på et renseanlegg.

Optisk måleutstyr er kommet for å bli. Det er en del av prosessovervåkingen i dag.

Beskrivelsen fra Mosjøen er skrevet av Helge Nes.

4.5 Oppsummering av tilgjengelig informasjon fra Alcoa

Hos Alcoa har Neal R. Dando hos AICOA ledet omfattende arbeider knyttet til utprøving og bruk av optisk måling av HF i ventilasjonsluft og avgasser. Helge Nes har

kontaktet Dando med sikte på å fremskaffe tilgjengelig informasjon fra Alcoa. Dando har gitt verdifulle tilbakemeldinger, men understreker samtidig at Alcoa har behov for å skjerme informasjon overfor konkurrerende selskaper. Hensyn tatt til Alcoas behov for skjerming, kan følgende oppsummeres (1):

1. Alcoas arbeider har omfattet prøving av målere i eget laboratorium, utprøving av metoder for kalibrering, installasjon av optiske målere ved flere egne verk, problemløsning og anvendelse av måleresultater. Instrumenter fra både NEO, OPSIS, Unisearch og Boreal har vært undersøkt.
2. Alle fire leverandører har instrumenter installert ved Alcoa-verk. Konklusjonen er at alle instrumentene virker tilfredsstillende. Hver for seg har instrumenter fra ulike leverandører egenskaper som kan gi dem fordeler ved spesielle installasjoner.
3. Problemer ved optiske målinger er først og fremst knyttet til
 - Hvordan instrumentene er installert
 - Bruk av måledata
4. Det avgjørende for suksess med bruk av optisk måleutstyr er ikke hvilket fabrikat en velger, men hvordan en installerer og anvender utstyret.

5.0 Sammenlignende målinger av HF hos Hydro Aluminium Sunndal

5.1 Hensikt

Målingene ble utført på Su IV over 3 x 3 døgn ved månedsskiftet januar-februar 2007.

Hensikten var å

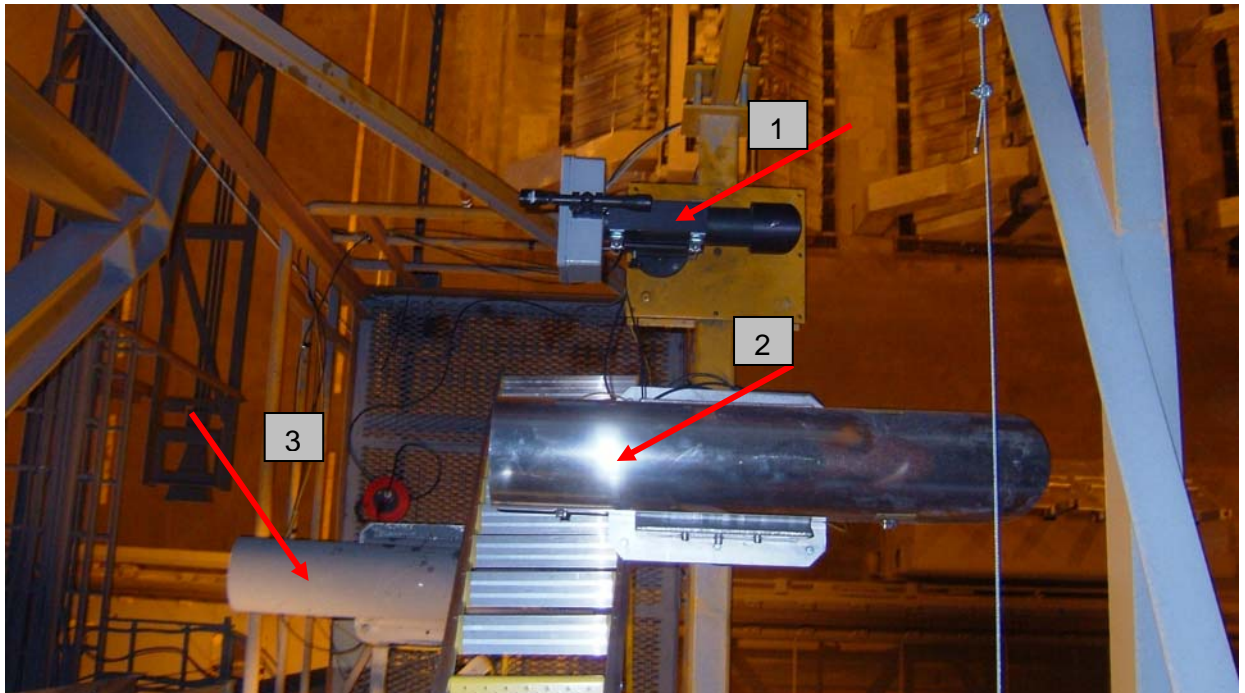
- Sammenligne målinger med laser og bredspektret lys
- Sammenligne laserinstrumenter fra to leverandører
- Sammenligne optisk måling og tradisjonell måling ved hjelp av dobbeltfilter og kjemisk analyse av fluorid

5.2 Gjennomføring

OPSIS deltok med ett DOAS instrument, fast montert på målestedet. Videre deltok OPSIS med ett laserinstrument som var montert for anledningen. NEO deltok med ett laserinstrument, også dette var montert for anledningen.

Den optiske målestrekningen DOAS var lik avstanden mellom instrumentplattformene, 350 m. Da laserlyset passerte frem og tilbake, var den optiske målestrekningen for laserlyset 700 m. Instrumentene var montert nær hverandre, for å sikre at de målte i luft med samme konsentrasjon av HF.

Figur 7 viser laseren fra NEO (1), laseren fra OPSIS (2) og mottageren for DOAS (3) fra samme firma. Laserne sender lyset mot høyre til den andre plattformen, der reflektorene for laserne og senderenheten for DOAS var plassert.

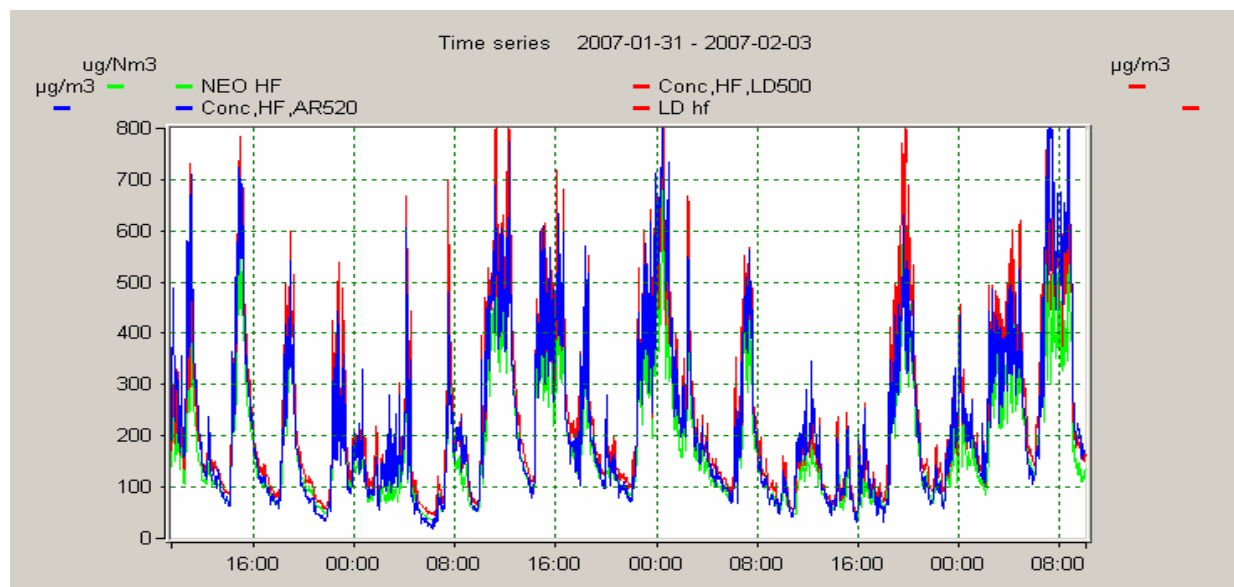


Figur 7 Lasere og mottager for DOAS sett fra gangbanen over.

Det ble benyttet i alt 9 dobbeltfilter prøvetagere, plassert nær den optiske målestrekningen. Prøvetagningstiden var 3 x 3 døgn.

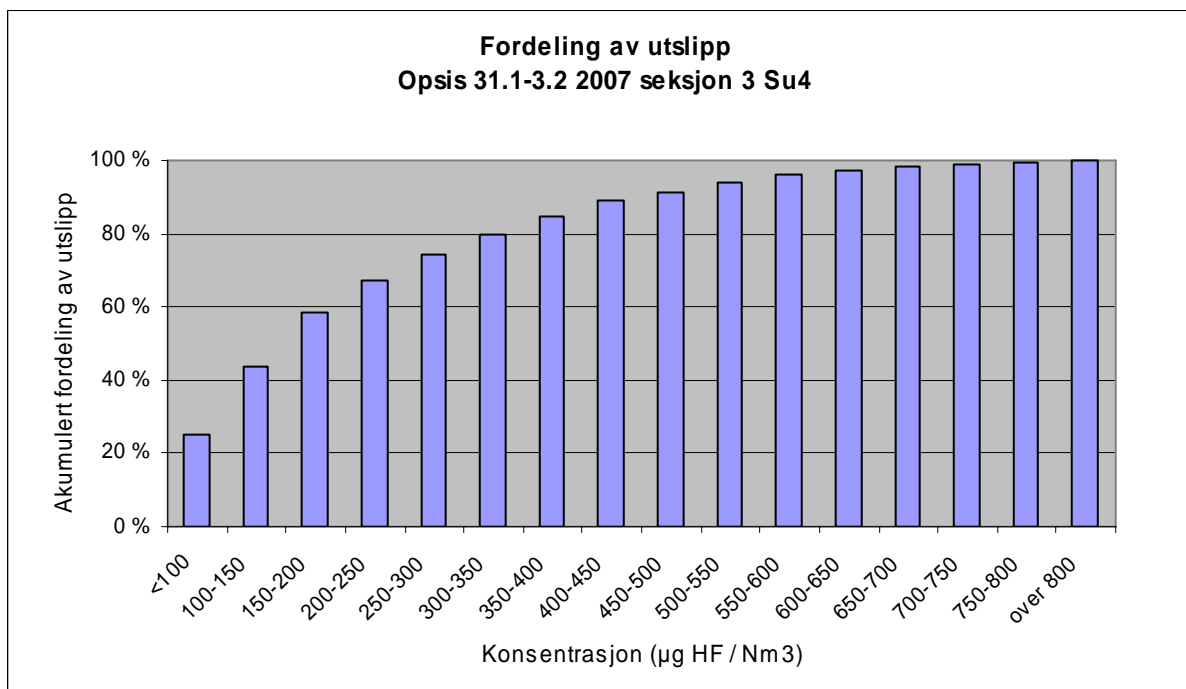
5.3 Resultater

Diagrammet nedenfor viser resultatene fra de optiske målingene for den første 3-døgnperioden. Det er tydelig at måleresultatene følges ad og at alle tre metoder fanger opp hvordan konsentrasjonene av HF varierer med aktivitetene i hallen. Resultatene fra periode 2 og 3 er tilsvarende.



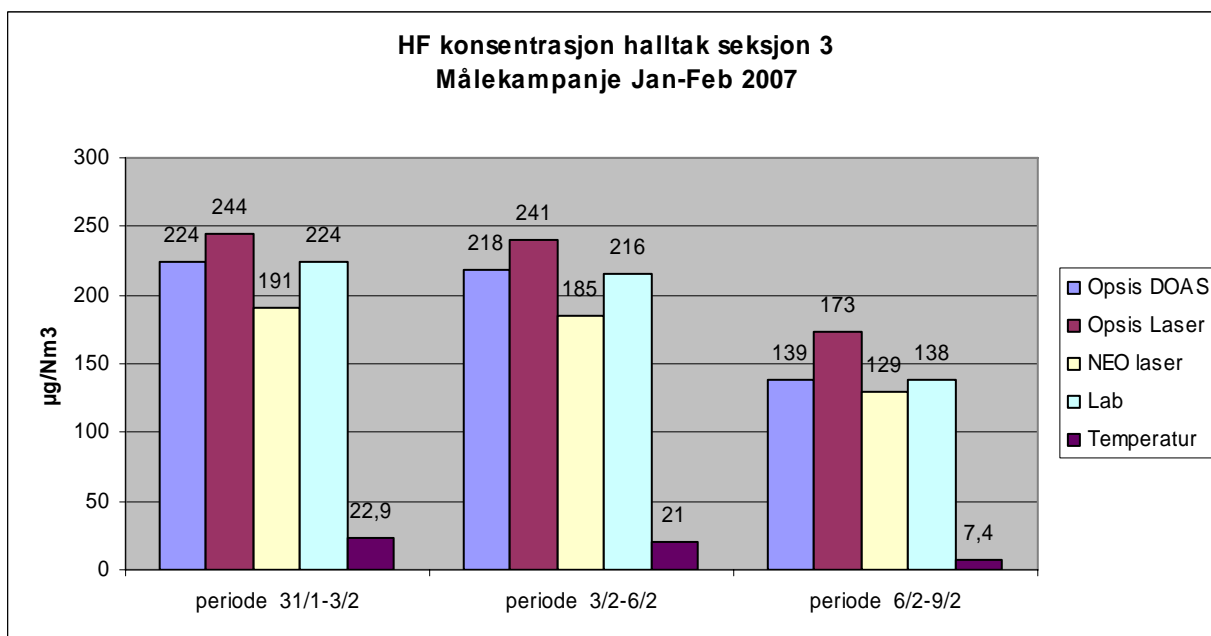
Figur 8 Grafisk fremstilling av måleresultater for NEO laser, OPSIS laser og OPSIS DOAS fra perioden 31 januar – 3. februar Ref. 02

Figur 9 nedenfor viser, som et eksempel på presentasjon, hvordan utslippet fordeler seg på perioder med lave og høye konsentrasjoner av HF. Perioder med konsentrasjoner over $400 \mu\text{g HF} / \text{Nm}^3$ bidrar med bare 20 % av utslippet.



Figur 9 Akkumulert fordeling av målte konsentrasjoner

En sammenfatning av måleresultatene er vist på Figur 10 nedenfor. Lufttemperaturen ute, og derfor også temperaturen i ventilasjonsluften, var lavere i måleperiode 3 enn i de to foregående. Erfaringsmessig blir det ved Su IV målt lavere konsentrasjon av HF i ventilasjonsluften når temperaturen er lav.



Figur 10 Grafisk sammenstilling av middelverdier for HF konsentrasjoner i de tre måleperioder

5.4 Konklusjoner

Alle tre instrumenter ga stabile resultater i de 9 døgn målingene pågikk. Det ble ikke registrert feil eller uregelmessigheter ved noen av instrumentene.

Forskjellene i målte HF-konsentrasjoner mellom de optiske instrumentene var moderate. Det var små avvik i forhold til konsentrasjoner målt med prøvetagning ved dobbeltfiltermetoden.

NEO og OPSIS bruker ulike metoder for kalibrering av sine optiske målere. Dette kan muligens forklare forskjellene i målte konsentrasjoner av HF.

Alle tre instrumenter registrerte hurtig skiftende HF-konsentrasjoner i ventilasjonsluften og ga fornuftige måleresultater.

6.0 Referanser

01	Helge Nes, Elkem Aluminium Mosjøen. Personlig informasjon
02	"Sammenlignende optisk måling av HF i ventilasjonsluft fra Su IV". DNV rapport nr. 2007-0431. Av Ivar Nestaas

DNV Energy:

DNV Energy er en ledende profesjonell leverandør av tjenester for å sikre og forbedre forretnings resultater, ved å assistere energi selskaper gjennom den totale verdikjeden fra valg av konsept via letevirksomhet, produksjon, transport, foredling og distribusjon. Vår brede ekspertise dekker driftsoptimalisering; helhetlig risikostyring; helse, miljø og sikkerhetsledelse; laboratorietjenester; offshore klassifikasjon; teknologikvalifisering og verifikasjon.

REGIONALE HOVEDKONTOR:

DNV ENERGY
Americas and West Africa
Rua Sete de Setembro
111/12 Floor
20050006 Rio de Janeiro
Brazil
Phone: +55 21 2517 7232

DNV ENERGY
Asia and Middle East
24th Floor, Menara Weld
76, Jalan Raja Chulan
50200 Kuala Lumpur
Malaysia
Phone: +603 2050 2888

DNV ENERGY
Europe and North Africa
Palace House
3 Cathedral Street
London SE1 9DE
United Kingdom
Phone: +44 20 7357 6080

DNV ENERGY
Nordic and Eurasia
Veritasveien 1
N-1322 Hovik
Norge
Phone: +47 67 57 99 00

DNV ENERGY
Offshore Class and Inspection
Veritasveien 1
N-1322 Hovik
Norway
Phone: +47 67 57 99 00

DNV ENERGY
Cleaner Energy & Utilities
Veritasveien 1
N-1322 Hovik
Norway
Phone: +47 67 57 99 00



MANAGING RISK