



## Notat om ny flowstandard (pr EN ISO 16911 part 1 og 2) OBS version 3

### Indledning

Den kommende standard for måling af flow, prEN ISO 16911 part 1 og 2, Air Quality — Measurement of stationary source emissions — Manual and automatic determination of velocity and volumetric flow in ducts. Part 1 omhandler manuelle målinger og part 2 omhandler AMS måling af flow, herunder kalibrering. Standarden foreligger i final draft og forventes at udkomme ultimo 2012.

Standarden er skrevet på opdrag fra EU-kommissionen som en opdatering af ISO 10780, med henblik på at opnå lavest mulige usikkerhed på flowmålingen. Under udarbejdelsen er det undersøgt hvilke områder, der er fokuseret på under tilsvarende opdatering af EPA metode 1 & 2. Standarden er verificeret ved to valideringstest, hver med deltagelse af fire akkrediterede måleinstitutter, som udførte dobbeltbestemmelser. Der er ligeledes undersøgt alternativer til pitotrørsmålinger. Notatet omfatter de væsentligste ændringer og tilføjelser.

### Formål

Det primære formål i EU-kommissionens opdrag er at opnå en samlet usikkerhed på en flowmåling der er lavest mulig<sup>1</sup>. Handel med CO<sub>2</sub>-kvoter, beskatning af luftemissioner etc., som har stor kommerciel interesse, skal kunne verificeres med de bedst egnede metoder og laveste usikkerheder.

En vigtig del af dette arbejde er verificering af målestedet – homogenitetstest i henhold EN/DS 15259. Til dette formål er det ikke tilstrækkeligt at gennemføre en flowmåling, men det er nødvendigt at udføre punktmålinger, så en flowprofil kan beregnes. Flowprofilen er et af de mest centrale punkter i part 2, specielt ved valg af automatisk måleudstyr og placering af dette.

En anden vigtig opgave bliver kalibrering af AMS i henhold til EN/DS14181. Regler for dette beskrives i standardens part 2.

## Part 1 Manuelle målinger

### Erfaringer fra USEPA

Af baggrundsmaterialet fra USEPA fremgår det, at der har været fokuseret på væg-effekt og opmåling af swirl (roterende gasstrøm). For at optimere disse effekter er der udviklet nye typer pitotrør til måling af disse 2D og 3D effekter – 2D effekterne tæt ved væggen kan i et vist omfang måles med L-pitotrør. Ved de to valideringstest er der benyttet 3D-rør, der er et avanceret pitotrør med simultan hastighedsmåling i 3 Dimensioner.

---

<sup>1</sup> Det endelige draft af standarden foreskriver en samlet usikkerhed på 8 % som 95 % konfidensinterval ( $\sigma_0=4\%$ ).



## Undersøgelse af alternative metoder til pitotrør

ISO 10780 angiver, at der kan opnås en usikkerhed på 3% på pitotrørsmåling under optimale forhold, og pitotrør er ligeledes det eneste omtalte princip. Der var enighed i arbejdsgruppen om, at det skulle undersøges, om der var andre metoder til måling i røggasser, høj temperatur op til 150°C – partikler – sure gasser, som kunne inddrages i de to planlagte valideringstest. Til punktmåling (beregning af flowprofil) blev der ved valideringstest benyttet vingehjul og vortex-princip, og til flowmåling blev der benyttet to principper med sporgasmåleudstyr ved valideringstestene, henholdsvis tid/vejlængde og fortyndingsprincip. Desuden beskriver standarden en beregningsmetode på basis af brændselsanalyse og -forbrug og repræsentativ måling af luftoverskud.

## Manuelt udstyr i standard

Nedenstående liste viser det udstyr og de principper der blev udvalgt på basis af valideringstestene.

1. Pitotrør, L & S – dynamisk tryk, punkthastighed og beregning af totalt flow
2. Anemometre - punkthastighed og beregning af totalt flow
3. Sporgasmåling, kun måling af totalt flow
  - a. Fortyndingsprincip - indsprøjtning af kendt mængde sporgas – koncentrationsmåling ved homogen opblanding i flere punkter
  - b. Tid/vejlængde(transit time) – indsprøjtning radioaktive isotoper – måling af tid over kendt vejlængde
4. Beregning af total volumenstrøm på basis af brændselsanalyse for homogent brændsel, kendt massestrøm af brændsel samt måling af repræsentativt luftoverskud.

## Konklusion og anvendelse

Valideringstestene viste, at både L & S-pitotrør og vingehjul er egnede til punktmåling og opmåling af hastighedsprofil.

Til opmåling af swirl er S-pitotrør og vingehjul begge velegnede, mens L-pitotrør ikke er så velegnet.

For pitot-rør og anemometre kræves en aflæsning/midling i hvert punkt over mindst et minut. Middelværdien af dP anvendes til beregning af hastigheden.

Til korrektion for væg-effekt tillader standarden at der benyttes en standard korrektionsfaktor ved cirkulære kanaler på 0,99 for ru indersider (muret/mørtel) henholdsvis 0,995 for glatte indersider (alle andre end ru). Det er også tilladt at måle væg-effekten i det aktuelle tilfælde og benytte den målte korrektionsfaktor. For firkantede kanaler må der også korrigeres for væg-effekten, der er større end for cirkulære kanaler. Der henvises generelt til USEPA CTM-041 for firkantede kanaler.

Standarden tillader IKKE at data fra tegninger mv. benyttes til arealberegning. Arealet SKAL måles op. Arealet spiller en betydelig rolle for det samlede flow, og signalet med denne regel er at det skal være meget præcist opmålt, hvis usikkerheden skal holdes nede. kanalarealet skal rapporteres sammen med en vurdering af, om det er i overensstemmelse med det areal som AMS benytter.

Til måling af totalt flow var den samlede usikkerhed på sporgasmåling med isotoper (tid/vejlængde) og fortynding (med CH<sub>4</sub>) ca. 2% som 95% konfidensinterval. Det skal bemærkes, at der er restriktioner for anvendelse af radioaktive isotoper i de fleste lande, og derfor skal der søges om tilladelse til anvendelse i disse lande. Fortyndingsmetoden (med CH<sub>4</sub> som sporstof) kræver ikke tilladelse.

Den samlede usikkerhed på pitotrør, vingehjul samt sporgas fortyndingsmåling var alle af størrelsesorden ca. 4% som 95% konfidensinterval.

## Part 2 Automatisk Målende Systemer AMS

Standarden kommer til at følge principperne i EN 14181, men da flowmålere er forskellige fra koncentrationsmålere er der punkter der er forskellige fra kalibrering af koncentrationsmålinger:

- Det anbefales at der udføres en forundersøgelse af målested, anlæg etc. Denne forundersøgelse omhandler bla.:
  - Flowprofiler i drifts yderpunkter, herunder beregning af crestfactor (forhold mellem middelhastighed og største hastighed) og skewness (skævhed eller forholdet mellem middelhastigheder i to modsat placerede radier i samme diameter)
  - En vurdering af målestedet på baggrund af forundersøgelsens resultater
  - Forundersøgelsen kan også udføres vha. CFD beregninger
  - Forundersøgelsen giver input til QAL1 valideringen
- QAL-1
  - Usikkerhedskravet bliver maksimalt 2 % af måleområdet.
- Funktionstesten skal udføres som angivet i EN-14181, suppleret med:
  - en linearitets kontrol over 5 punkter i måleområdet.
  - en auditering af målestedets geometri samt parametre der indgår i flowberegningen. Auditeringen skal udføres af det målefirma der også udfører AST og QAL2. Auditeringen skal udføres inden AST og QAL2.
- QAL2 og AST skal udføres som i EN 14181 med følgende modifikationer
  - Kalibreringsfunktionen skal normalt udtrykkes i m/s (i sjældne tilfælde kan andre enheder komme på tale)
    - Det er meget vigtigt at anlægs ejeren sikrer at data i m/s gemmes og er tilgængelige for målefirmaet. En kalibrering i fx  $m^3(n,t)/h$  vil IKKE give et tilfredsstillende resultat.
  - Standardens del 1 om manuelle flowmetoder skal benyttes til SRM-målingerne. Sporgasmetoder er tilladte selvom de ikke giver en flowprofil og måler i henholdsvis m/s og  $m^3/h$  (begge ved driftstilstand).
  - Flowet skal varieres så meget som muligt under QAL2
  - Hvis forundersøgelsen er udført med tilfredsstillende resultat skal der udføres 9 målinger over 6 timer, ellers 15 målinger over 6 timer. (for AST 4 henholdsvis 5 målinger over 6 timer). Der er således ikke et krav om QAL2 over 3 dage.
  - Kalibreringsfunktionen kan være lineær og skal testes for  $R^2$ . Det skal kontrolleres om en polynomisk kalibreringsfunktion giver et bedre  $R^2$ . Den funktion med det bedste  $R^2$  skal generelt anvendes, men der er mulighed for at anvende den lineære funktion når  $R^2$  er acceptabel og variabilitetstesten er bestået.
  - Ny metode D (lineær kalibrerings funktion): Hvis spredningen af data er mindre end 30 % af den højeste målte værdi må funktionen tvinges gennem et lavere referencepunkt fx nulpunkt, hvis AMS har et nulpunkt.
  - Gyldigt kalibreringsinterval kan ekstrapoleres op til 120 % af den maksimale ½-times værdi for volumenstrømmen og ned til det laveste test punkt under funktionstesten. Hvis AMS har et nulpunkt skal det laveste test punkt være nul. Gælder for både QAL2 og AST.



- Variabilitetstesten:
  - I stedet for emissionsgrænseværdien (ELV) benyttes den øverste ende af det gyldige kalibreringsinterval.
  - $\sigma_0 = 4\%$  i driftstilstand skal benyttes<sup>2</sup>.
  - $R^2$  skal være større end 0,90. Når forundersøgelsen er udført og når spredning i data er lav ( $< 15\%$ ) er der ingen krav til  $R^2$  testen.
- QAL3 skal udføres som i EN 14181 med følgende modifikation (som i revideret EN 14181, der pt. er til CEN enquiry):
  - QAL3 frekvens skal minimum være én gang pr. vedligeholdelsesinterval.

Som i den reviderede EN 14181 er der skærpede krav til rapportering af QAL2 og AST:

- Outliere skal vises i diagrammet og metode eller årsag til identifikation af outliere skal rapporteres.
- Flow profiler skal evalueres og vises i et diagram. Evalueringen skal rapporteres.
- AST data skal plottes sammen med QAL2 kalibreringsfunktionen og det gyldige kalibreringsinterval.

---

<sup>2</sup> Bemærk at  $\sigma_0 = 4\%$  svarer til en usikkerhed på ca. 8 % som 95 % konfidensinterval.