Måling af emissioner til luften **Metodeblad nr.: MEL-16: 10-2026**

Kvalitetssikring af AMS (Automatisk Målende Systemer)	
Parameter	AMS for gasser, støv og flow
Anvendelsesområde	Installation, kalibrering, kontrol og egenkontrol af AMS samt AMS datahåndtering og kvalitetshåndbog.
Metode	Manuelle parallelmålinger og statistiske kontrolkort
Referencer	EN/ISO 14956: 2002 (QAL1 beregninger); EN 15267-3: 2008 (certificering af AMS); EN 14181: 2014 (QA af gas AMS); EN 13284-2: 2017 (QA af støv-AMS); EN/ISO 16911-2: 2013 (QA af flow-AMS); EN 17255-1:2019 og EN 17255-4: 2023 (DAHS standard; datahåndtering); EN 14884:2022 (QA af Hg-AMS); ISO 15259: 2023
Først udgivet år	2003
Revideret år	2004, 2013, 2015, 2017, 2023, 2024 (09 og 12), 07-2025 og 10-2026.

1 Indholdsfortegnelse

1 Indholdsfortegnelse 1
2 Resume 5
3 Indledning 5
3.1 Samspil mellem standarder, metodeliste og akkreditering 6
3.1.1 Standarder 6
3.1.2 Metodeliste 6
3.1.3 Metodeblade 6
3.1.4 Målemetoder 7
3.1.5 Revision af MEL-16 7
3.2 Historik 7
3.3 Læsevejledning 9
4 Definitioner 10
5 Datahåndtering og kvalitetshåndbog 12
5.1 Validerede middelværdier 12
5.2 Beregning af middelværdier (som angivet i DAHS standard) 13
5.2.1 Manglende værdier 15
5.3 Data som ligger uden for måleintervallet 16
5.4 Kvalitetshåndbog 16
6 Oversigt over målestedets indretning og de fire kvalitetstrin 17
7 Målestedets indretning 17

8 Certificering af AMS 18
8.1 Certificering af DAHS 19
8.1.1 Test af DAHS 19
8.2 Certificeringsinterval og måleinterval 19
8.2.1 AMS med flere måleområder 19
9 Kvalitetskrav til AMS 20
9.1 ELV ved flere brændsler 20
9.2 Kvalitetskrav ved ændringer i ELV i forbindelse med BAT/BREF 21
10 QAL1 - Vurdering af AMS egnethed 21
11 QAL2 - Kalibrering af AMS-installation 23
11.1 Frekvens for QAL2 24
11.2 QAL2 Funktionstest 25
11.3 QAL2 parallelmålinger med SRM 26
11.3.1 Anlæggets driftsforhold ved QAL2 parallelmålinger 27
11.3.2 Målemetoder m.v. 29
11.3.3 Antal parallelmålinger ved QAL2 32
11.3.3.1 Antal parallelmålinger ved lave emissioner (QAL2) 33
11.3.3.2 Oversigt over antal parallelmålinger ved QAL2 34
11.4 Databehandling, QAL2 35
11.5 QAL2 kalibreringsfunktion 35
11.5.1 Kalibreringsfunktion metode a (almindelig lineær regression) 38
11.5.2 Kalibreringsfunktion metode b (klyngeresultater i det høje område) 38
11.5.3 Kalibreringsfunktion ved lave emissioner metode c (klyngeresultater i det lave område) 39
11.5.4 Kalibreringsfunktion for NO_X, NO og NO_2 41
11.5.5 Kalibreringsfunktion for støv og flow 41
11.5.6 Gyldigt kalibreringsinterval 42
11.5.7 Beregning af variabilitet ved QAL2 43
11.6 QAL2 rapport 45
12 QAL3 46
12.1 Baggrund og formål med QAL3 47
12.2 Hvad er QAL3? 47
12.3 QAL3 metoder 47
12.4 Kontrolkort grænser, QAL3 49

12.5 Nul og span kontrol ved QAL3 50
12.5.1 Ekstraktiv gas AMS, QAL3 51
12.5.2 Non ekstraktiv gas AMS (in-situ AMS), QAL3 51
12.5.3 Støv-AMS, QAL3 52
12.5.4 Flow-AMS, QAL3 52
12.6 Dokumentation af kontrolkort, QAL3 52
13 AST – årlig kontrol af AMS og kalibreringsfunktion 52
13.1 AST funktionstest 52
13.2 AST parallelmålinger med SRM 53
13.3 AST-databehandling 55
13.3.1 AST variabilitetstest 56
13.3.2 Test af QAL2 kalibreringsfunktion 56
13.3.3 AST-testresultat 57
13.4 AST-rapport 57
Bilag A QAL2 og AST funktionstest 58
A.1 Linearisering 60
A.2 Interferenser 60
A.3 Nul og span drift 60
A.4 Responstid 60
A.5 Funktionstestrapport 61
Bilag B (PEMS) Kvalitetssikring af alternative metoder som erstatning for NO_x-AMS i henhold til EN 14181 63
B.1 Baggrund 63
B.2 Beskrivelse af PEMS 64
B.2.1 Avanceret PEMS 64
B.2.2 Simpel PEMS (regressionsanalysemetode) 65
B.3 Kvalitetssikring af PEMS 66
B.3.1 Generelt 66
B.3.2 QAL1 67
B.3.3 Funktionstest 68
B.3.4 QAL2 68
B.3.5 AST 69
B.3.6 Eksempler på Myndighedskontrol ved PEMS 70

Bilag C Kvalitetssikring af støvvagter i henhold til EN 17389: 2020 72
C.1 Installation og certificering 72
C.2 Konfiguration af støvvagten 72
C.3 Løbende kvalitetskontrol (QAL3) 75
C.4 AST 75
Bilag D Kvalitetshåndbogen 76
D.1 Kvalitetssikringsplan 77
Bilag E Kvalitetssikring af AMS placeret efter (nedstrøms) et carbon capture anlæg (CC-anlæg) 78
E.1 Baggrund 78
E.2 Kvalitetssikring af AMS for O_2 placeret før CC-anlægget 78
E.3 Teoretisk ELV og kvalitetskrav efter CC-anlæg 79
E.4 QAL1 79
E.5 QAL2/AST parallelmålinger, kvalitetssikring og kalibrering 80
E.5.1 Specielt for CO_2 81
E.5.2 Anvendelse af resultater fra QAL2/AST parallelmålinger 82
E.6 QAL3 82
E.7 Eksempel på QAL2 beregning efter dette bilag 83

2 Resume

AMS anvendes på visse anlæg, bl.a. store fyringsanlæg og affaldsforbrændingsanlæg, til at eftervise overholdelse af emissionsgrænseværdier. Desuden anvendes AMS til afgiftsbetaling (SKAT og kvoteordninger). AMS skal kalibreres og kvalitetssikres med sporbare referencemetoder. Dette metodeblad beskriver de mange og komplicerede regler der er gældende for "kvalitetssikring af AMS". Herudover beskrives også datahåndtering af AMS-data (DAHS).

QAL1
Ved indkøb af en AMS sikres det at måleren kan opfylde de specificerede krav til måleren.
Målested
Ved installation af AMS sikres det, at målestedet kan sikre en repræsentativ måling af den pågældende parameter.
QAL2
Efter installation af AMS skal den kalibreres og måleevnen skal testes vha. parallelmålinger med en sporbar referencemetode. Kalibreringen gentages hvert 5 år.
QAL3
Når kalibreringsfunktionen er implementeret, skal det løbende checkes at måleren er i kontrol, dvs. at den ikke driver for meget eller at der opstår andre fejl.
AST
1 gang om året (i de år hvor der ikke udføres QAL2) skal AMS måleevne testes og det skal kontrolleres om kalibreringsfunktionen fortsat er gyldig vha. parallelmålinger med sporbar referencemetode.

Kvalitetssystemet sikrer, at AMS til enhver tid kan levere troværdige måleresultater som kan anvendes i juridisk sammenhæng (overholdelse af miljølovgivning samt afgiftsbetaling og kvoteordninger).

3 Indledning

Metodebladet erstatter tidligere versioner af MEL-16. De to versioner af "Rapport nr. 39", der ligger på Ref-Labs hjemmeside bortfaldt med udgivelse af MEL-16: 2013.

Metodebladet omhandler:

- EN 14181: 2014 om kvalitetssikring af automatiske målesystemer
- EN 13284-2: 2017 om støv-AMS i det omfang det er relevant
- EN/ISO 16911-2: 2013 om flow-AMS i det omfang det er relevant
- EN 14884: 2022 om kviksølv-AMS.
- EN 17255-1: 2019 om datahåndtering af AMS data (DAHS).
- EN 17255-4: 2023 om kvalitetssikring af datahåndteringssystemer (DAHS)
- EN 15267-3: 2008 om certificering af AMS. Revideret udgave udkommer i 2023.
- ISO 15259: 2023 om planlægning af målinger og indretning og test af målesteder. (EN 15259:2007 er erstattet af ISO 15259: 2023 uden væsentlige ændringer i indholdet)
- CEN/TS 17198: 2018 om PEMS og kvalitetssikring af PEMS (*PEMS: Predictive Emission Monitoring System; PEMS tillades i Danmark som en alternativ metode til erstatning for NO_X –AMS)*.
- EN 17389: 2020: om støvvagter.
- EN 15859: 2010 om certificering af støvvagter

Kvalitetssikring af alternative metoder som erstatning for NO_X-AMS (PEMS) i henhold til EN 14181:2014 og CEN/TS 17198: 2018 er beskrevet i Bilag B og indarbejdet i "PEMS-bokse" i de relevante afsnit i selve MEL-16.

Standarderne for kvalitetssikring af støv-AMS og flow-AMS henviser begge generelt til EN 14181: 2014 og beskriver kun de områder, der er forskellige fra EN 14181: 2014. Dette metodeblad er bygget op omkring EN 14181: 2014 og suppleret med afsnit eller kommentarer vedr. støv og flow, hvor det vurderes relevant. Procedurer, der refererer til gasser eller gas AMS, som ikke kan implementeres for støv-AMS eller flow-AMS, er ikke gældende for disse.
Standarden for flow-AMS (EN/ISO 16911-2: 2013) tillader kalibrering med flere forskellige SRM-målemetoder til flow. EN/ISO 16911-2: 2013 vedr. kvalitetssikring og kalibrering af flow-AMS er udkommet i 2013. Væsentligt indhold fra denne standard er nævnt i nærværende metodeblad. I dette metodeblad refereres der udelukkende til kalibrering med de traditionelle SRM-metoder: manuel måling med pitotrør eller anemometer. De andre SRM-metoder som er anført i standarden kan frit benyttes.

En standard vedr. certificering af AMS udkom i 2008: EN 15267-3: 2008, Certification of automated measuring systems.

En serie standarder vedr. DAHS (datahåndteringssystemer) er udkommet i perioden fra 2019 til 2023: EN 17255 del 1-4. Del 1 og del 4 er relevante for MEL-16. Del 1 udkom i 2019 og del 4 udkom i 2023.

3.1 Samspil mellem standarder, metodeliste og akkreditering

I Referencelaboratoriets notat fra 2018 ” Samspil mellem metodeliste, metodeblade, standarder og akkreditering”, der kan findes på www.ref-lab.dk redegøres der i detaljer for systemets opbygning. Det følgende er en sammenfatning af notatet:

3.1.1 Standarder

Der foreligger CEN-standarder for næsten alle almindeligt forekommende måleparametre; for måleparametre som ikke har en CEN-standard findes der i de fleste tilfælde ISO-standarder eller nationale standarder.

3.1.2 Metodeliste

Miljøstyrelsens metodehåndbog anfører hvilke standarder, der skal måles efter ved emissionsmålinger i Danmark. Metodelisten vedligeholdes og opdateres af Referencelaboratoriet og kan findes på www.ref-lab.dk.

3.1.3 Metodeblade

Metodebladene indeholder en beskrivelse på dansk af, hvordan målingerne skal udføres. Metodebladene beskriver udvalgte emner fra standarden og er ikke en fuldstændig afskrift af standarden. Der kan endvidere være tilføjet noget i metodebladet, som standarden ikke dækker, men som er vurderet relevant for emissionsmålinger i Danmark.

Metodebladene revideres, når der udkommer en ny standard eller, når eksisterende standarder revideres. Endvidere kan der som følge af tilbagemeldinger fra emissionslaboratorier eller på baggrund af resultater fra

præstationsprøvninger gennemføres en revision af et metodeblad. Det er Referencelaboratoriets følgegruppe, der prioriterer revision af metodebladene. Det kan således godt forekomme, at metodeblade ikke revideres umiddelbart efter, at standarden er revideret.

3.1.4 Målemetoder

I flere bekendtgørelser, bl.a. standardvilkårsbekendtgørelsen, refereres til at målinger skal ske i henhold til metodeblade (ikke standarder) og med mulighed for at anvende *internationale standarder med mindst samme analysepræcision og usikkerhedsniveau*. Med denne sætning er det således tilladt at benytte den standard som metodebladet refererer til uden at følge de modifikationer/tolkninger, der er anført i metodebladet. Man kan også anvende andre internationale standarder med samme analysepræcision og usikkerhedsniveau.

Praksis i Danmark, når danske, akkrediterede laboratorier udfører emissionsmålinger, er at følge standarden med de modifikationer, der er nævnt i metodebladet.

Ved nye udgaver af standarder, hvor metodebladet ikke er revideret:
ISO 17025 (akkrediteringsstandarden) anfører, at et akkrediteret laboratorium skal sikre, at den gældende udgave af en standard anvendes. Det betyder i praksis, at et akkrediteret laboratorium hurtigst muligt skal referere til den nyeste udgave af en standard uanset, om det tilknyttede metodeblad er revideret.

Det er op til det enkelte laboratorium at tage stilling til hvordan en evt. konflikt mellem den reviderede standard og det ikke reviderede metodeblad håndteres, men som udgangspunkt bør standarden have forrang for metodebladet.

Ved nye udgaver af metodebladet, hvor standarden endnu ikke er udgivet:
Reviderede standarder:

- Der refereres til den gamle standard med det ny metodeblads modifikationer, indtil standarden udkommer. Herefter refereres der til den nye standard med det nye metodeblads modifikationer.
- Hvis der foreligger en prEN eller en ISO/DIS kan der søges akkreditering til den, hvis nødvendigt.

Ny standard og nyt metodeblad (dvs. i modsætning til en revideret standard):

- Hvis laboratoriet er akkrediteret til parameteren med en alternativ reference, så fortsættes der med denne reference, indtil den nye standard udkommer. Hvis laboratoriet ikke er akkrediteret til parameteren, kan laboratoriet søge akkreditering til metodebladet og den teknisk færdige standard.

3.1.5 Revision af MEL-16

MEL-16 vil løbende blive revideret af Referencelaboratoriet. Redaktionelle ændringer og præciseringer mv. vil ikke blive sendt i høring, men der orienteres om dem i NYT fra REF-LAB. Betydende ændringer vil sendes i høring efter samråd med Miljøstyrelsen.

3.2 Historik

EN 14181:2004 blev udarbejdet som følge af at EU-direktiverne 2000/76/EC om affaldsforbrændingsanlæg og 2001/80/EC om begrænsning af luftforurening fra store fyringsanlæg stillede krav til kvaliteten af kontinuerte målinger og krav om at anvende europæiske standarder i det omfang, de findes. Standarden er derfor designet til at eftervise kravene i direktiverne, selvom den også kan anvendes i andre situationer.

CEN har udarbejdet en vejledning i anvendelse af EN 14181, som blev trukket tilbage, da 2014 udgaven af EN 14181 udkom[1].

EN 14181:2014. Standarden har en række tilføjelser i forhold til forrige udgave fra 2004, men der er ikke ændret ved standardens grundlæggende præmisser. Tilføjelserne fremgår af standardens Annex B.

Da EN14181:2004 udkom, blev det i Danmark besluttet, at der var behov for en dansk vejledning i anvendelsen af standarden samt tolkning af de relevante direktiver. I 2007 udkom derfor udkast til rapport 39 om anbefalinger til praktisk anvendelse af EN 14181 og bekendtgørelser om affaldsforbrænding og store fyringsanlæg. I 2009 kom udkast til revideret version af rapport 39. De væsentligste emner i rapport 39 om EN 14181 er indarbejdet i dette metodeblad, mens afsnit om tolkning af bekendtgørelserne i relevant omfang vil blive erstattet af vejledningsmateriale fra Miljøstyrelsen. Rapport 39 er udgået.

I 2022 er en revideret version af Luftvejledningen sendt i høring. MEL-16 er i 2022 revideret og koordineret i forhold til Luftvejledningens tekst. Siden MEL-16: 2017 er der løbende observeret behov for præciseringer, forenklinger og tilføjelser bla. fordi der er udkommet nye eller reviderede relevante standarder.
MEL-16: 2023 har følgende væsentlige ændringer i forhold til MEL-16:2017:

- Der er generelt forenklet og præciseret overalt i metodebladet.
- Vejledning i kvalitetssikring af støvvagter i henhold standarden EN 17386: 2020 er implementeret i Bilag C.
- Bilag om alternative metoder til NO_X-måling (PEMS) er revideret i relation til endelig standard. "PEMS-bokse" er indsat i relevante afsnit om QAL1, QAL2, QAL3 og AST. Bilaget indeholder nu eksempler på relevant myndighedskontrol ved PEMS.
- Bilag om støv-AMS er fjernet og tekst i selve MEL-16 vedr. støv-AMS er forenklet, da de problemstillinger som i tidligere udgave kun var relevante for meget gamle støv-AMS.
- Anbefalet metode til test af de perifere parametre O_2 og H_2O ved QAL2 og AST er indført.
- Retningslinjer vedr. certificering af AMS er blevet præciseret.
- Retningslinjer vedr. certificering af DAHS og test af DAHS er indført.
- Afskæring under måleintervallet er ikke mere muligt.
- Retningslinjer vedr. beregning af middelværdier for langtidsperioder er ændret.
- Info bokse vedr. bekendtgørelser (fx gasmotorbekendtgørelsen og standardvilkår for listepunkt G 201 i standardvilkårsbekendtgørelsen) med specialregler for kvalitetssikring af AMS er indført.
- Info boks om fratrækning af usikkerhed (validering af resultater) er indført.
- Der er bla. tilføjet nye afsnit om:
    - Certificering af DAHS og Test af DAHS
    - Data som ligger uden for måleintervallet
    - ELV ved flere brændsler
    - Kvalitetskrav ved ændringer i ELV i forbindelse med BAT/BREF

MEL-16: 2024 (september og december) har fået indført et par administrative rettelser og har ikke været i høring:

- Tekst vedr. test af DAHS i afsnit 8.1.1 er tilpasset teksten i høringsversionen af Luftvejledningen (Den reviderede luftvejledningen, der er en revision af vejledning nr. 2 2001, forventes udstedt i 2024).

[1] CEN/TR 15983: Guidance on the application of EN 14181: 2004.

- I afsnit 11.1 vedr. frekvens for QAL2 er teksten rettet tilbage til teksten i MEL-16: 2017, idet der var sket en fejl og en rettelse i en tekst som ikke skulle rettes.
- I Anbefaling 20 om kvalitetskrav til CO_2 er der indført en information om Kommissionens gennemførelsesforordning (EU) 2018/2066 af 19. december 2018, artikel 60, der anfører at den årlige gennemsnitlige timekoncentration af CO_2 skal anvendes som erstatning for ELV.
- Anbefaling 22 er opdateret, idet det anbefales at definere kontrolkortgrænser ud fra kvalitetskravet.
- Flow-AMS boks 11 er tilføjet med følgende tekst: For flow-AMS kan det gyldige kalibreringsinterval udvides til den højeste målte værdi under AST plus 20 %. Der er ingen begrænsning i udvidelsen.
- I bilag A.1 var det anført at lineritetstestens punkter skulle defineres ud fra "minimum to gange korttidsgrænseværdien". Dette er rettet til "minimum korttidsgrænseværdien", som anført i EN 14181: 2014.
- Anbefaling 7 har fået tilført en regel om detektionsgrænse ved SRM parallelmålinger.

MEL-16: 07-2025:

- Har fået tilføjet et bilag E vedr. kvalitetskontrol af AMS når AMS er placeret efter et carbon-capture anlæg. Der er ikke henvisninger i selve MEL-16 til dette bilag.
- Præciseringer i ordlyden i afsnit 11.1 vedr. hvad der udløser en ny QAL2 på anlæg med diskontinuerlig drift, herunder genindføring af Anbefaling 3 (tidligere Anbefaling 10), der ved en fejl var faldet ud ved revisionen i 2023.
- Ny Anbefaling 34 vedr. simple PEMS, hvor det i visse tilfælde kan tillades at benytte metode b, selvom kriterierne for metode b ikke er opfyldt.
- Præciseringer vedr. minimum afskæringsniveau er indført i afsnit 5.3. Info-bokse vedr. anlægsdrift ved parallelmålinger ved QAL2 og AST på anlæg med afskæring er indført i afsnit 11 og 13.

MEL-16: 10-2026:

- Henvisninger til anbefalinger, informationsbokse mv. er blevet opdateret.
    - Tidligere kunne der fx stå "se endvidere anbefaling 11", selv om henvisningen rettelig burde være til anbefaling 12. Selve linket fungerede korrekt, men ved klik på tallet 11 blev brugeren ført til anbefaling 12.

3.3 Læsevejledning

Metodebladet er opbygget med almindelig tekst og bokse med tekst. Alm. tekst, som ikke er placeret i en boks er primært standardiseringstekst med tilhørende forklaringer eller præciseringer. Dette gælder også tekst fra DAHS-standarden.

Tekst i bokse:

Information / Anbefalinger / Eksempler / Støv-AMS / Flow-AMS /PEMS:
I metodebladet benyttes generelt en boks som denne ved anbefalinger, information, eksempler eller specifik reference til noget i standarderne for flow-AMS, støv-AMS og PEMS, som adskiller sig fra EN 14181: 2014. Boksene er nummererede, så der kan henvises til dem.

Vedr. anbefalinger:
Standarderne kan i visse tilfælde indeholde anbefalinger, enten i standardens tekst eller i en note. Disse anbefalinger vil altid være placeret i selve teksten i dette metodeblad (eller evt. i en info-boks, en støv-AMS

boks, flow-AMS boks eller PEMS-boks) med følgende ordlyd: "Standarden anbefaler…" eller "EN xx.xxx anbefaler…".

Anbefalinger som er nummereret og anbragt i en boks er danske anbefalinger og kan kun genfindes i dette metodeblad. Disse anbefalinger kan fx være præciseringer, hjælp til at foretage et valg inden for standardens rammer eller en beskrivelse af en fremgangsmåde, som ikke er omfattet af standarden. Det har været et ønske fra Miljøstyrelsen at metodebladet så vidt muligt er i overensstemmelse med standarden. Enkelte anbefalinger er ikke fuldstændig i overensstemmelse med standarden, hvilket er angivet i anbefalingsboksen med tekst i kursiv.

4 Definitioner

AMS	Automatisk Målende System. Målesystem, som ejes og drives af anlægget og som benyttes til miljørapportering.
Ekstraktiv AMS	En AMS der har sin detektionsenhed fysisk adskilt fra røggassen vha. et udtagssystem. Omsætter normalt resultatet til mg/m³(n,f) (opvarmet AMS) eller mg/m³(n,t) (kold AMS). Andre enheder kan forekomme.
Non-ekstraktiv AMS In-situ AMS	En AMS der bruger gasstrømmen eller dele deraf som detektionsenhed. Omsætter normalt resultatet til mg/m³(drift) eller mg/m³(aktuel), som begge betegner røggassens tilstand ved målestedet. Andre enheder kan forekomme.
Primær AMS	AMS der måler forureningsparametre (fx NO_X, SO_2 og støv). Flow-AMS bør i visse sammenhænge også betegens som en primær AMS.
Støv-AMS	AMS der måler partikler. I nærværende metodeblad benyttes betegnelsen støv-AMS.
Flow-AMS	AMS der måler volumentrøm. I nærværende metodeblad benyttes betegnelsen flow-AMS.
Perifer AMS	Hjælpeparametre som benyttes til omregning til referencetilstand; fx O_2, H_2O, tryk og temperatur.
PEMS	Predictive Emissions Monitoring System. En beregningsmodel, som på baggrund af målinger af fx temperatur, tryk, energi, brændselsforbrug eller lignende, beregner den emitterede mængde af en forureningskomponent. Fx NO_X fra gasturbiner.
Multikomponent AMS	En AMS der anvender samme målecelle til alle komponenter, fx FTIR.
95%-konfidensintervallerne = Usikkerheden = Kvalitetskrav	Dækker 2 begreber: • den accepterede usikkerhed på AMS og • den værdi som i visse tilfælde må fratrækkes middelværdier inden miljørapportering til myndigheder. Er i bekendtgørelserne opgivet som en % af ELV der er gældende i samme bekendtgørelse. I nærværende metodeblad benyttes følgende: • ordet kvalitetskrav når der er tale om krav til AMS o ("maximum permissible uncertainty" = kvalitetskravet) • ordet usikkerhed når der er tale om fradrag fra middelværdier
Godhed = procentsats	Godhed er den procentsats af døgngrænseværdien, som fastsættes i bekendtgørelser. Eksempelvis 20% for NO_X.

σ_0 (sigma-nul)	σ_0 = kvalitetskravet delt med 1,96. Uanset om σ_0 opgives i procent af grænseværdien eller som absolut værdi er σ_0 ca. halvdelen af kvalitetskravet.
ELV	Emission Limit Value. Emissionsgrænseværdi. ELV benyttes i standarden til at beregne kvalitetskrav, måleinterval eller punkter til linearitet. I standarden bruges betegnelsen døgngrænseværdi, men der er misvisende for store fyringsanlæg, hvor det er emissionsgrænseværdien (som gælder på månedsbasis), der anvendes som ELV. Som huskeregel kan det nævnes, at det altid er den numerisk laveste grænseværdi(dog ikke grænseværdier fra BAT-AEL), der skal benyttes som ELV[2]. Betegnelsen "ELV" benyttes i dette metodeblad.
Rapport 39	Referencelaboratoriets fortolkningsbidrag til EN 14181 og EN 13284-2 samt Affaldsforbrændingsbekendtgørelsen og Store fyr bekendtgørelsen. Udgået med udgivelsen af MEL-16: 2013.
IE-direktivet	Industri Emissions Direktiv. Implementeres i Danmark d. 7. januar 2013 med en række bekendtgørelser (bla. Affaldsforbrændinsgsbekendtgørelsen (nr. 1451:2012) og Store fyr bekendtgørelsen (nr. 1453:2012)).
SRO	Styring Regulering Overvågning. Forkortelse som dækker over de edb-systemer og databaser som benyttes til at drive et anlæg. I MEL-16 benyttes Forkortelsen DAHS i stedet for SRO.
DAHS	Data Aquisition and Handling Systems. Datahåndtering, datalagring, beregning og rapportering af AMS data. DAHS kan være en del af SRO-systemet eller fungere som en selvstændig enhed (der bla. henter data fra SRO-systemet).
EN; prEN; FprEN	EN: Europæisk Norm. Forbogstaver til alle CEN-standarder. prEN betegner at standarden er under revision eller udarbejdelse. FprEN betyder at standarden er til formel afstemning.
ISO; ISO DIS	ISO: International Standardisation Organisation. Globalt standardiseringsorgan. ISO DIS betegner at standarden er under revision eller udarbejdelse.
Målt middelværdi	Middelværdien uden fradrag af usikkerheden.
Valid måleværdi eller valid middelværdi	En værdi der opfylder krav til rapportering. Dvs. en værdi som benyttes til videre beregninger og som benyttes til rapportering.
Valideret middelværdi	Middelværdien fratrukket usikkerheden eller 95%-konfidensintervallet.
Parallelmålinger / SRM	Målinger der udføres parallelt med AMS. Parallelmålinger udføres af et akkrediteret målefirma efter standardiserede reference metoder (SRM)[3].
Referencetilstand / Normaliseret værdi	Den tilstand som grænseværdien er angivet ved: koncentrationen omregnet til tør gas, referenceiltkoncentration, 273,15 K (0°C) og 101,3 kPa. Også kaldet grænseværdi-konditioner. Normalisering = omregning til referencetilstand.

[2] I Store Fyr Bekendtgørelsen er der anført emissionsgrænseværdier i bilag 1 og 2. I forhold til EN 14181 (og MEL-16) skal disse værdier anvendes som ELV.

[3] SRM skal være en europæisk standard (EN) hvis den er tilgængelig. Alternativt internationale standarder eller nationale standarder af en ligeværdig kvalitet. Hvis der anvendes alternativer til eksisterende EN-metoder skal metodevalget være fagligt begrundet. I 2015 eller 2016 ventes tekniske specifikationer for SO_2 måling og FTIR måling fra CEN. I disse fremgår det at de kan benyttes som alternativer metoder til SRM-metoderne.

Måleevnekarakteristik (performance characteristics)	Beskrivelse af AMS måleevne. Eksempelvis usikkerhedsbidraget fra AMS'ens manglende linearitet eller usikkerhedsbidraget fra temperaturvariationer i AMS'ens omgivelser.
Kriterier for måleevne (performance criteria)	Eksempelvis usikkerhedsbidraget fra AMS linearitet må maksimalt være…..
GUM	Guide to the expression of Uncertainty in Measurement.
Certificeringsinterval	Certificeringsintervallet er det interval, hvor AMS er certificeret (typegodkendt) i henhold til EN 15267-3. Certificeringsintervallet må maksimalt være 1,5 gange ELV for affaldsforbrænding og 2,5 gange ELV for store fyringsanlæg.
Måleinterval	Måleintervallet er det interval, som AMS er sat op til at måle i. Kun måleværdier inden for måleinterintervallet bliver anvendt til middelværdiberegning (dvs toppen af måleintervallet benyttes som værdi når måleintervallet er overskredet). Måleværdier uden for måleintervallet lagres som FLD og flages som værende uden for måleintervallet. AMS med digitalt udgangssignal kan måle væsentlig højere værdier end måleintervallet, hvorimod AMS som har et analogt udgangssignal er begrænset af det analoge signal (fx 20 mA som maksimum værdi)[4]. Måleintervallet er minimum 2 gange certificeringsintervallet.
Måleområde	I dette metodeblad benyttes ordet måleområde udelukkende når der er tale om en AMS med analogt udgangssignal og flere måleområder.
Prøvetagningstid	Den tidsperiode som SRM henholdsvis AMS midles over ved QAL2 eller AST parallelmålinger.
FLD (First Level Data)	Er første niveau data (sekunder til 1 minut)
STA (Short Term Average)	Er korttidsmiddelværdier (10 minutter, 30 minutter, time)
LTA (Long Term Average)	Er langtidsmiddelværdier (døgn, måned, år)
SSTA (Standardized Short Term Average)	Er STA der er normaliseret (normal, tør og ved reference O_2)
VSTA (Validated Short Term Average)	Er validerede koncentrations korttidsmiddelværdier (fratrukket usikkerheden)
Masseemissioner	Emissionsopgørelser i masse pr tidsenhed (fx tons/år). Benyttes til grønne regnskaber, afgiftsberegning mv. Masseemissioner må ikke fratrækkes usikkerheden.

Tabel 1 Ord, begreber og forkortelser, der benyttes ofte i metodebladet

5 Datahåndtering og kvalitetshåndbog

5.1 Validerede middelværdier

Målte middelværdier fratrukket usikkerheden kaldes validerede værdier.

[4] AMS med analogt udgangssignal betyder i denne sammenhæng at AMS'en ikke samtidig har et digitalt udgangssignal.

Eksempel 1:
ELV for SO_2 på et affaldsforbrændingsanlæg er 50 mg/m³, og usikkerheden er 20% af ELV svarende til 10 mg/m³. Beregnet halvtimes middelværdi fra AMS-målinger er 25 mg/m³.
Valideret halvtimes middelværdi (SO_2) = 25 mg/m³ - 10 mg/m³ = 15 mg/m³.

Info-boks 1:
Miljøstyrelsen oplyser, at fratrækning af usikkerheden (validering), kun må ske på anlæg, hvor validering er tilladt i henhold til gældende lovgivning mv. Regler om validering, herunder hvilke anlæg der må fratrække usikkerheden, fremgår bl.a. af bekendtgørelser, fx store fyr bekendtgørelsen og Luftvejledningen. For godkendelsespligtige anlæg med krav om AMS-kontrol henvises desuden til anlæggets miljøgodkendelse, der udmønter reglerne. For yderligere vejledning om reglerne henvises til Miljøstyrelsen.
En yderligere forudsætning for validering er, at der er fastsat et kvalitetskrav til AMS (se kapitel 9), i anlæggets miljøgodkendelse eller i bekendtgørelsen, der regulerer anlægget.
Herudover er det Miljøstyrelsens tolkning, at usikkerheden ikke kan fratrækkes i følgende perioder:

- Fra en QAL2/AST er dumpet til der er udført en ny, bestået QAL2/AST.
- Fra AMS overskrider det gyldige kalibreringsinterval, jf. kriterierne i punkt 5 a i kapitel 8.1, til der er udført en ny, bestået QAL2.

5.2 Beregning af middelværdier (som angivet i DAHS standard)

Definitioner i DAHS-standarden:

- Raw data. Data direkte fra AMS. Mindst en værdi hver 10. sekund.
- FLD (First Level Data) er første niveau data, enten ikke-bearbejdet raw data, raw data skaleret til koncentration eller gennemsnitsværdier af ikke-bearbejdede eller skalerede raw data. (sekunder til 1 minut).
- STA (Short Term Average) er korttidsmiddelværdier (10 minutter, 30 minutter, time), som midles fra FLD[5] og derefter korrigeres med QAL2 kalibreringsfunktionen
- SSTA (Standardized Short Term Average) er STA, der er normaliseret ved anvendelse af perifere STA.
- VSTA (Validated Short Term Average) er validerede koncentrations STA, dvs. SSTA fratrukket usikkerheden
- LTA (Long Term Average) er langtidsmiddelværdier (døgn, måned, år), som beregnes ud fra SSTA eller VSTA.
- Masseemissioner er emissioner i fx tons/tidsenhed. Benyttes til årsopgørelser i grønne regnskaber, afgiftsberegning mv.

Grundlag for rapportering af validerede værdier (herunder rækkefølge for beregninger):

- Raw data er valide, hvis AMS ikke er i test, eftersyn, funktionstest, reparation e.lign . Raw data skal flages valid eller ikke-valid.

[5] Definitionen CSTA (Cumulative Standardised Short Term Average) er ikke relevant for MEL-16, men derimod relevant for anlægsejeren, da DAHS-standarden kræver at en STA først kan beregnes når perioden er gået. CSTA er således en værdi, som i løbet af fx en ½-times periode beregnes løbende, så operatøren i perioden mellem to ½-times værdier har oplysninger om status (risiko) for eventuelle korttidsgrænseværdioverskridelser. CSTA sikrer, at operatøren kan nå at reagere på en potentiel STA-overskridelse.

- Første niveau data (FLD) er valide (kan benyttes til videre beregning) når anlægget er i drift og AMS ikke har udetid, feks. ikke er i test, eftersyn, funktionstest, reparation e.lign. FLD skal flages valid eller ikke-valid.
- Korttidsmiddelværdier (STA) beregnes på baggrund af første niveau data (FLD) og kan beregnes når perioden indeholder mindst 2/3-del af første niveau data. Negative første niveau data (FLD) skal indgå i beregningen af korttidsmiddelværdier (STA). Beregning af STA skal ske i følgende rækkefølge:
    - midling (af både primære og perifere FLD)
        - midlingsperioden skal defineres ud fra hele eller halve klokkeslæt
        - midlingsperioden for 10 minutters værdier defineres tilsvarende for minuttallene (00-10-20-30-40-50)
    - korrektion ved anvendelse af kalibreringsfunktion fra QAL2
        - Når den samme parameter måles i to måleområder med hver sin QAL2 kalibreringsfunktion, er det ikke muligt entydigt at korrigere for kalibreringsfunktionen efter midling. I denne situation tillades det derfor, at korrektion for QAL2 kalibreringsfunktionen kan ske på FLD-niveau.
    - korrektion til referencetilstand ved anvendelse af perifere STA-værdier (SSTA)
    - lagring af data (inklusive eventuelle negative værdier)
    - beregning af masse emissioner hvis relevant
        - bemærk: masseemissioner skal beregnes før usikkerheden trækkes fra, da de benyttes til skatte- og afgiftsberegning, kvote beregning mv.
    - fratrækning af usikkerhed hvis tilladt (VSTA)
        - negative validerede STA (VSTA) skal sættes til værdien nul (0) inden rapportering
    - lagring af VSTA (inklusive negative værdier) og masseemissioner
- Langtidsmiddelværdier:
    - alle langtidsmiddelværdier beregnes ud fra VSTA
        - SSTA, hvis fratrækning af usikkerhed ikke er tilladt.
    - alle valide korttidsmiddelværdier i perioden skal benyttes.
        - alle invalide korttidsmiddelværdier skal flages og optælles med henblik på at vurdere om en langtidsmiddelværdi kan beregnes.
    - beregning af langtidsmiddelværdier:
        - døgnmiddelværdier: der skal foreligge valide korttidsmiddelværdier fra minimum 25% af middelværdiperioden.
        - andre langtidsmiddelværdier (fx måned, kvartal og år): Der skal foreligge valide korttidsmiddelværdier i mindst 10 % af langtidsperioden.
- Masseemissioner beregnes altid ud fra korttidsmiddelværdier (STA eller SSTA, men ikke VSTA).
    - Koncentration og flow ganges sammen på baggrund af korttidsmiddelværdier, hvorefter årsmiddel beregnes.

Udetid for AMS-udstyr som følge af fejlfunktioner eller vedligeholdelse af ASM udstyret:
Der må højst kasseres 10 døgnmiddelværdier pr. kalenderår. Døgnmiddelværdier kasseres såfremt:

- For Store Fyringsanlæg: hvis mere end 3 timemiddelværdier er udetid.
- For alle andre anlæg med AMS: hvis mere end 5 halvtimemiddelværdier er udetid.

Alle de nævnte middelværdier er blokmiddelværdier (i modsætning til rullende middelværdier):

- Timemiddelværdier starter med det første minut i begyndelsen af det hele klokkeslæt (fx kl. 10:00:00)

- Middelværdier på under en time starter med det første minut i begyndelsen af det hele klokkeslæt, og derefter i de efterfølgende intervaller.
- Døgnmiddelværdier starter kl. 00:00:00
  Månedsmiddelværdier starter kl. 00:00:00 på den første dag i måneden
- Årsmiddelværdier starter kl. 00:00:00 på den første dag i året
- Ved skift mellem vintertid og sommertid kan et døgn bestå af 23 henholdsvis 25 timer; de 25 timer opnås ved at duplikere timen op til skiftet.

Målinger, der ligger udenfor det gyldige kalibreringsinterval, er valide og skal rapporteres til myndigheden. Anlægsejeren skal evaluere, om AMS-målingerne ligger inden for det gyldige kalibreringsinterval. Det fremgår af kapitel 11.1, hvornår overskridelser af det gyldige kalibreringsinterval udløser krav om en ny QAL2.

5.2.1 Manglende værdier

Data kan mangle pga. instrument fejl, service eller tilsvarende hændelser.
En erstatningsværdi er en værdi, der indsættes i stedet for en manglende AMS-værdi.

DAHS-standarden skriver følgende om erstatningsværdier for AMS:

Perifere AMS

- Hvis perifere første niveau data (FLD) midlertidigt ikke er til rådighed skal den bedste tilgængelige erstatningsværdi anvendes til beregning af korttidsmiddelværdier (STA). Erstatningsværdien kan fx være seneste ugemiddelværdi. Det skal være muligt at spore anvendelsen af erstatningsværdier: Hvis en perifer korttidsmiddelværdi (STA) indeholder mere end 1/3 erstatningsværdier skal den "flages" eller på anden måde registreres.
- DAHS tager ikke stilling til varigheden af anvendelsen af erstatningsværdier for perifere AMS.

Primær AMS

- Der kan ikke anvendes erstatningsværdier for primær AMS i miljørapporteringen.
- Erstatningsværdier for både perifere AMS, primær AMS og flow-AMS må ikke ekskluderes fra beregning af masseemissioner (årsopgørelser mv.) til brug for bla. afgiftsberegning. Til dette formål skal der vælges en passende erstatningsværdi, under skyldig hensyntagen til evt. specifikke regler i forbindelse med afgiftsberegning.

Anbefaling 1:
Det anbefales, at anlægget (fx i en kvalitetshåndbog) beskriver i hvilke situationer man anvender erstatningsværdier, og hvordan erstatningsværdien fastlægges.
Der bør ikke anvendes erstatningsværdier for perifere AMS i mere end 14 dage ad gangen.

5.3 Data som ligger uden for måleintervallet

Ifølge DAHS-standarden skal måleværdier der ligger uden for måleintervallet medregnes i middelværdier som værdien for øvre, henholdsvis nedre ende af måleintervallet[6], hvilket kaldes afskæring[7]. Afskæringsniveauet må ikke ligge inden for minimum måleinterval (2 gange det anbefalede certificeringsinterval – se kapitel 8.2[8]), dvs. ikke over nedre ende, henholdsvis under den øvre ende af minimum måleinterval.

Alle perioder med afskæringsværdier skal flages eller på anden måde registreres og opgøres. Afskæringstiden for øvre ende af måleintervallet (baseret på første niveau data (FLD)) må ikke overstige 2% af den totale driftstid pr. kalendermåned.

Hvis 2% reglen overskrides skal afskæringsniveauet hæves (da standarden skriver at der skal afskæres uden for måleintervallet, vil det i praksis sige, at måleintervallets øvre ende skal øges). Måneden genberegnes med et nyt (hævet) afskæringsniveau. Genberegningen omfatter alle værdier der anvendes til rapportering inklusive masseemissioner. Hvis genberegningen betyder at afskæringstiden ikke mere overskrides skal der ikke rapporteres specifikt om dette forhold.

Følgende rapporteres til myndigheden i forbindelse med afskæring:
- afskæringstiden, dvs. den tid, hvor der har været afskæring i perioden
- det valgte afskæringsniveau (herunder evt. ændringer i afskæringsniveau)
- eventuelle overskridelser af 2% reglen.

Info-boks 2:
Opmærksomheden henledes på, at når der anvendes afskæring, så vil afskæringen også gælde for afgifts- eller kvoteberegning.

5.4 Kvalitetshåndbog

Der stilles ikke krav om en kvalitetshåndbog i standarden, men da en kvalitetshåndbog er et fornuftigt og allerede implementeret redskab mange steder, anbefales det, at anlæggene udarbejder en kvalitetshåndbog eller et tilsvarende dokument. Bilag D indeholder forslag til relevante emner, som kan medtages i en kvalitetshåndbog.

Anbefaling 2:
Det anbefales at anlæggene udarbejder en kvalitetshåndbog (eller et tilsvarende dokument), fx med et indhold som angivet i Bilag D.

[6] Reglen i DAHS-standarden gælder ved digital dataoverførsel, men det er det samme der sker ved analog dataoverførsel, hvor det ikke er muligt at overføre data uden for det analoge måleinterval.
[7] Tidligere blev ordet "trunkering" benyttet, men da trunkering betyder afskæring af decimaler er afskæring af måleværdier den korrekte betegnelse.
[8] Hvis der ikke er defineret et certificeringsinterval for den pågældende anlægstype, vælges afskæringsniveau som for et affaldsforbrændingsanlæg.

6 Oversigt over målestedets indretning og de fire kvalitetstrin

Kvalitets-trin	Standard (er)	Beskrivelse	Udføres normalt af	Hyppighed
QAL1	EN 15267 del 3 EN ISO 14956	Certificering og dokumentation for at AMS kan leve op til kvalitetskravet	Producent/Leverandør af AMS	Gennemføres én gang før anskaffelse eller udskiftning af AMS
AMS og SRM målestedet	ISO 15259 EN 16911 del 2 (flow) EN 13284 del 1 (støv) MEL-22[9]	Krav til AMS og SRM målested. Omfatter bla. test af målestedets egnethed til traverseringsmålinger, en homogenitetstest for gasser samt forundersøgelse for flow	Akkrediteret målefirma	Én gang (gentages dog ved væsentlige ændringer)
QAL2	EN 14181 (gasser) EN 13284 del 2 (støv) EN 16911 del 2 (flow) EN 14884 (Hg)	Kalibrering af AMS: Funktionstest Etablering af kalibreringsfunktion, gyldigt kalibreringsinterval og kontrol af måleevne	Funktionstest: AMS-leverandør eller målefirma Parallelmålinger: Akkrediteret målefirma	Minimum hvert 5. år
QAL3		Løbende kvalitetskontrol af AMS. Kontrol af nul og span punkt	Anlægsejer	Én gang pr vedligeholdelsesinterval eller mindst én gang pr. måned
AST		Kontrol af kalibreringsfunktion og måleevne	Funktionstest: AMS-leverandør eller målefirma Parallelmålinger: Akkrediteret målefirma	Årligt i de år, hvor der ikke udføres QAL2

Tabel 2 Oversigt over krav til målested og de fire kvalitetstrin QAL1, QAL2, QAL3 og AST

7 Målestedets indretning

Krav til AMS og SRM målesteder fremgår af ISO 15259, som bl.a. omfatter et krav om, at AMS og SRM udtager en repræsentativ prøve, krav til adgangsforhold, krav til måleplatform og krav til indretning af selve målestedet.
Der henvises generelt til MEL-22[10] vedr.:

- indretning af AMS og SRM målested
- udførelse af diverse test af målestedet, som fx:
    - homogenitetstest for gasser

[9] MEL-22 indeholder en detaljeret beskrivelse af indretning af målesteder og test af målesteder.
[10] MEL-22: Metodeblad nr. 22: Kvalitet i emissionsmålinger. Kan downloades på www.ref-lab.dk.

- test af målestedets egnethed til traverseringsmålinger
- forundersøgelse for af målested og AMS-placering for flowmålinger.

8 Certificering af AMS

AMS-udstyr (primære og perifere AMS), der opfylder præstationskrav i EN 15267-3 eller tilsvarende standarder vil kunne anvendes. Andre målere kan anvendes, hvis de med hensyn til kvalitet og nøjagtighed svarer til disse målere. Med kvalitet og nøjagtighed refereres til "performance criteria" i EN 15267-3.

Såfremt det ikke er muligt at finde en AMS, der er certificeret til det stof eller stofgruppe, der skal måles for, så kan en ikke-certificeret AMS anvendes. Ved ikke-certificerede AMS skal der som minimum foreligge en QAL1 beregning af bla AMS'ens usikkerhed.

Info-boks 3:
EN 15267-3 sikrer instrumentets kvalitet gennem:

1. Test af instrumentets egenskaber og fastsættelse af instrumentets vedligeholdelsesinterval er beskrevet i EN 15267-3. Testen udføres af et akkrediteret testinstitut, både i laboratorium og i praksis. Den praktiske test skal vare minimum 3 måneder, men forlænges ofte til 12 eller 24 måneder, med henblik på at opnå et så langt vedligeholdelsesinterval som muligt.
2. Fremstilling af instrumenter, der er identiske med de testede instrumenter, skal ske under bestemte kvalitetssikringsvilkår, som beskrevet i EN 15267-2. EN 15267-2 indeholder endvidere forskrifter for hvordan ændringer i konstruktionen håndteres, samt hvordan senere opdagede fejl i konstruktionen håndteres, herunder information til købere.

Info-boks 4:
Der er i øjeblikket to steder, hvor man kan få AMS QAL1 certificeret:

- TÜV Rheinland i Tyskland
- MCERT i England

AMS som ikke er certificeret fordi de blev installeret på et tidspunkt, hvor der ikke var krav om certificering, dvs før udgivelse af EN 15267-3 d. 21/1-2008, skal underlægges samme krav om certificerede AMS.
Annex H i EN 14181 anfører hvordan AMS uden certificering i henhold til EN 15267-3 håndteres:

- AMS skal opfylde alle krav i EN 14181, men ikke nødvendigvis alle krav i EN 15267-3.
  - Selvom en AMS ikke opfylder kravene i EN 15267-3 (som indeholder en sikkerhedsmargin) kan AMS godt vise sig at kunne leve op til kvalitetskravet ved kvalitetssikring efter EN 14181.
  - For disse AMS anbefaler standarden, at faktorer der har indflydelse på AMS usikkerhed optimeres. Fx ved at indsætte AMS i en klimastyret boks, som sikrer mere stabil drift af AMS.
- Myndigheden kan beslutte at en ikke-certificeret AMS der kan leve op til alle krav i QAL2, QAL3 og AST kan beholdes i resten af AMS'ens levetid.

Referencelaboratoriet anbefaler, at ikke-certificerede AMS udskiftes, når de er højst 15 år, selvom den måtte have en restlevetid udover 15 år.

8.1 Certificering af DAHS

DAHS-standarden beskriver hvordan data håndteres fra AMS til endelig rapport til myndigheden. Certificering af DAHS sikrer at data håndteres, beregnes og rapporteres korrekt, herunder optælling af grænseværdioverskridelser, overskridelse af det gyldige kalibreringsinterval mm.
DAHS-standarden del 4 (EN-17255-4) stiller krav om en certificering i henhold til 15267-1 og der henvises til specifikationer i EN 17255-3. I standardserien vedr. DAHS (del 1-4) fremgår det, at standarderne gælder for DAHS der er installeret efter udgivelsen af standarden.
Ved indkøb eller udskiftning af DAHS fra datoen, hvor EN 17255-4 får status af dansk standard (udkommer som DS/EN), skal DAHS være certificeret.
Eksisterende DAHS bør udskiftes til certificeret DAHS snarest eller senest 10 år efter datoen, hvor EN 17255-4 får status af dansk standard (udkommer som DS/EN), medmindre der i lovgivningen, miljøgodkendelser mv. er krav om, at DAHS-systemet skal være certificeret.

8.1.1 Test af DAHS

DS/EN 17255-4:2023 (DAHS-standarden) indeholder specifikation af krav til installation samt til løbende kvalitetssikring og kvalitetskontrol af dataindsamlings- og datahåndteringssystemer (DAHS). CEN har i marts 2024 besluttet at igangsætte arbejde med det formål at udarbejde eksempler på, hvordan test af DAHS efter standarden kan gennemføres i praksis.

Referencelaboratoriet har i 2016 udarbejdet notat om test af DAHS ved QAL2 og AST - signalveje og beregninger af AMS-data[11].

8.2 Certificeringsinterval og måleinterval

Certificeringsintervallet er det interval, hvor AMS er certificeret. EN 15267-3 kræver, at certificeringsintervallet ikke må overstige 1,5 gange ELV for affaldsforbrænding og 2,5 gange ELV for store fyringsanlæg. Måleintervallet, som er baseret på øjebliksværdier, skal kunne dække kortvarige udsving i koncentrationen, og er derfor mindst to gange certificeringsintervallet.

Måleintervallet skal ifølge EN 15267-3 være mindst 2 gange det anbefalede certificeringsinterval, dvs. 3 gange ELV for affaldsforbrænding og 5 gange ELV for store fyringsanlæg. Måleintervallet bør omfatte minimum 150% af den maksimale grænseværdi.

8.2.1 AMS med flere måleområder

På ældre AMS med analogt signal kan det forekomme, at der er to måleområder i samme AMS. AMS skifter så mellem de to måleområder efter det målte koncentrationsniveau. Hvis begge måleområder benyttes til miljørapportering, skal begge måleområder gennemgå QAL2.

I dette metodeblad benyttes ordet måleområde udelukkende når der er tale om en AMS med analogt udgangssignal og flere måleområder. Flere måleområder kan forekomme på følgende måder:

- AMS har to eller flere udgangssignaler.
- AMS har eet udgangssignal for måleværdier og eet statussignal til at registrere måleområde.

[11] Notatet kan findes på www.ref-lab.dk.

9 Kvalitetskrav til AMS

Kvalitetskravet er normalt fastsat i bekendtgørelser eller i miljøgodkendelser. Kvalitetskravet benyttes i de tests der indgår i QAL2, AST og som udgangspunkt for alarmgrænserne i QAL3. Kvalitetskravet indgår også i QAL1, hvor det dokumenteres, at AMS kan leve op til kvalitetskravet.

I bekendtgørelserne for bl.a. affaldsforbrænding og store fyringsanlæg og i Luftvejledningen defineres kvalitetskravet som beskrevet i Info-boks 5:.

Info-boks 5:
Tekst klip fra bekendtgørelserne:
Affaldsforbrænding:
For døgnmiddelværdier må værdierne af 95%- konfidensintervallerne for et enkelt måleresultat ikke overskride følgende procent af emissionsgrænseværdierne:
Store fyr:
Hvad angår emissionsgrænseværdierne, må værdierne af 95%-konfidensintervallerne i forbindelse med et enkelt måleresultat ikke overskride følgende procentdele af emissionsgrænseværdierne:
Offshore:
Kvalitetskravet (95% konfidensintervallet) for NO_x er 20% af det gyldige kalibreringsinterval for AMS/PEMS eller 20% af en eventuel emissionsgrænseværdi. Det laveste kvalitetskrav vælges.
Luftvejledningen:
Har et afsnit vedr. "Kontinuerlig måling (AMS-kontrol mv." og henviser til generelt til MEL-16 (dette metodeblad).

Kvalitetskravet beregnes som en procentdel af ELV for det pågældende stof.

Eksempel 2:
ELV for SO_2 på et affaldsforbrændingsanlæg er 50 mg/m³, og godheden er 20%. Kvalitetskravet er 20% af ELV. σ_0 er kvalitetskravet delt med 1,96:

- kvalitetskravet bliver dermed: 20% af 50 mg/m³ = 10 mg/m³
- tilsvarende bliver σ_0 = 10 mg/m³ delt med 1,96 = 5,1 mg/m³

En AMS uden et kvalitetskrav kan ikke variabilitetstestes ved QAL2 eller AST, men der kan godt beregnes og etableres en kalibreringsfunktion ved QAL2.

9.1 ELV ved flere brændsler

Miljøstyrelsen angiver i Store Fyr Bekendtgørelsen i Bilag 7, hvordan gennemsnitlige emissionsgrænseværdier for blandede fyringsanlæg beregnes.
Den emissionsgrænseværdi, der gælder ved QAL2 henholdsvis AST parallelmålinger benyttes som ELV ved QAL2 og AST-test.
Hvis brændselsmikset ikke er det samme under alle parallelmålinger ved QAL2 eller AST, benyttes den højeste gennemsnitlige emissionsgrænseværdi der forekommer i en korttidsperiode under parallelmålingerne som ELV i den aktuelle test.

9.2 Kvalitetskrav ved ændringer i ELV i forbindelse med BAT/BREF

Når en ELV skærpes fx som følge af en BAT-AEL[12], så vil kvalitetskravet ændres tilsvarende, da det er defineret som en (fast) procent af ELV. Dette kan i praksis betyde at en AMS som tidligere har bestået en test ved QAL2 og AST nu ikke længere kan bestå testen. Den primære årsag til dette er, at de målinger (SRM) der benyttes til at kontrollere AMS ikke har tilstrækkelig god usikkerhed i forhold til et skærpet kvalitetskrav som følge af skærpede ELV'er. Det nytter derfor ikke at gentage testen eller udskifte AMS når testen ikke bestås, da de anvendte kontrolmetoder (SRM) ligger fast og skal benyttes. Der arbejdes i Europæisk standardisering på at validere metoderne til lavere koncentrationsniveauer og det undersøges hvilke metoder der ikke kan leve op til de lavere kvalitetskrav som følge af skærpede ELV'er. Danmark og andre lande har derfor, indtil videre, besluttet at fastholde kvalitetskravene som er baseret på ELV'er fra direktiverne (dvs. det gamle kvalitetskrav fra før BAT-AEL).

Info-boks 6:
på Miljøstyrelsens hjemmeside ligger bl.a. følgende spørgsmål -svar: hvordan fastsættes kvalitetskrav til kontinuerte emissionsmålere på store fyringsanlæg på grundlag af BAT-AEL?

I spørgsmål svaret anføres det, at kvalitetskravet fastsættes ud fra bekendtgørelsens ELV'er.

Eksempel: ELV for partikler fra bekendtgørelsen for affaldsforbrændingsanlæg er fastsat til 10 mg/m³ og den nye BAT-AEL er fastsat til 3 mg/m³. Godhedsprocenten for partikler er 30%

Dermed bliver gældende kvalitetskrav: $\frac{10 \cdot 30}{100}\ mg/m^3 = 3\ mg/m^3$

Ved skærpelse af ELV fra BAT-AEL benyttes bekendtgørelsens ELV til følgende i MEL-16:

- Fastsættelse af kvalitetskravet generelt
  - kvalitetskravet indgår i QAL1, QAL2, AST og QAL3
- Fastsættelse af minimum gyldigt kalibreringsinterval ved QAL2 (procent af ELV)
- Fastsættelse af maksimal detektionsgrænse ved planlægning af parallelmålinger ved QAL2/AST, se Anbefaling 7.

10 QAL1 - Vurdering af AMS egnethed

QAL1 har til formål at sikre at en påtænkt instrumentanskaffelse (både perifere og primære AMS) er egnet til en bestemt måleopgave. QAL1 og den tilhørende procedure for test af AMS er beskrevet i EN 15267-3 og i EN ISO 14956, hvor metoder til beregning af total usikkerhed for AMS er beskrevet.

Ved at følge metoderne i de nævnte standarder testes det om AMS er egnet til opgaven og om den lever op til kvalitetskravet. En QAL1 er en typetest af en AMS og er således ikke en test af den enkelte AMS, og det vil normalt være producenten af AMS som sørger for at få sit produkt typetestet (QAL1). Når en AMS er typetestet efter EN 15267-3 er der tale om en certificeret AMS (se kapitel 8).

QAL1 omfatter en usikkerhedsberegning, som omfatter alle led i den samlede usikkerhed på AMS bortset fra følgende:

[12] BAT-AEL står for Best Available Technology - Associated Emission Level, og er i praksis en ny emissionsgrænseværdi for de anlæg, som er underlagt den BAT/BREF der ligger til grund.

- Mangel på repræsentativitet som følge af forhold i det enkelte målested, som fx inhomogenitet eller skæv hastighedsprofil.
    - håndteres i ISO 15259, som stiller krav til både AMS og SRM målesteders indretning.
- Usikkerhed fra perifere AMS.

Den samlede usikkerhed på AMS beregnes ved ELV-niveau og sammenholdes med kvalitetskravet. EN 15267-3 foreskriver at den totale ekspanderede AMS-usikkerhed (ved ELV-niveau) bør være mindst 25% under kvalitetskravet.

Info-boks 7:
Når den samlede usikkerhed ved QAL1 anbefales begrænset til 75% (25 % under) af kvalitetskravet skyldes det, at der gives plads til usikkerhedsbidrag fra de perifere AMS og fra målestedets indretning.
I QAL1 certifikaterne formuleres dette på følgende måde (eksempel fra et QAL1 certifikat fra TÜV Rheinland for SO_2):

Relative total expanded uncertainty	**U in % of the ELV 50 mg/m³**	**9.4**
Requirement of 2010/75/EU	**U in % of the ELV 50 mg/m³**	**20.0**
Requirement of EN 15267-3	U in % of the ELV 50 mg/m³	15.0

I eksemplet angives usikkerhederne i procent af ELV, hvor

- linje 1 er AMS usikkerheden (relativ total ekspanderet usikkerhed)
- linje 2 er godhedsprocenten fra direktivet
- linje 3 er 75% af godhedsprocenten

Ved indkøb af en AMS sammenholdes usikkerheden i linje 1 med usikkerheden i linje 3. I eksemplet er usikkerheden på AMS (på 9,4 %), mindre end den anbefalede maksimale usikkerhed på 15%. Dvs. AMS "består" QAL1 efter EN 15267-3.

Bemærk at TÜV Rheinland skriver "requirement of 15267-3", men i standarden står der "should be" hvilket i MEL 16 tolkes som en anbefaling.

Det vil dog være i anlæggets interesse at vælge en AMS med lav egen-usikkerhed, og det anføres i standarden at anbefalingen sikrer "plads" til succesfuld gennemførelse af QAL2 og QAL3.

Annex D i 15267-3 viser et eksempel på beregning af total AMS usikkerhed vha. EN ISO 14956, som indeholder en beskrivelse af og en vejledning i, hvordan beregning og opstilling af usikkerhedsbudgetterne foretages efter principperne i GUM[13].

PEMS-boks 1 (alternative metoder som erstatning for NO_X-AMS):
QAL 1 er væsentlig forskellig for PEMS og der henvises generelt til Bilag B som indeholder en mere detaljeret beskrivelse af QAL1 for PEMS.

11 QAL2 - Kalibrering af AMS-installation

QAL2 dækker selve installationen af AMS på målestedet, og består af en funktionstest og en serie parallelmålinger. QAL2 har til formål at etablere en kalibreringsfunktion, et gyldigt kalibreringsinterval samt udføre en variabilitetstest eller test af AMS måleevne i forhold til kvalitetskravet.

QAL2 udføres for alle parametre der skal rapporteres til myndighederne. Endvidere anbefales det i EN 14181:

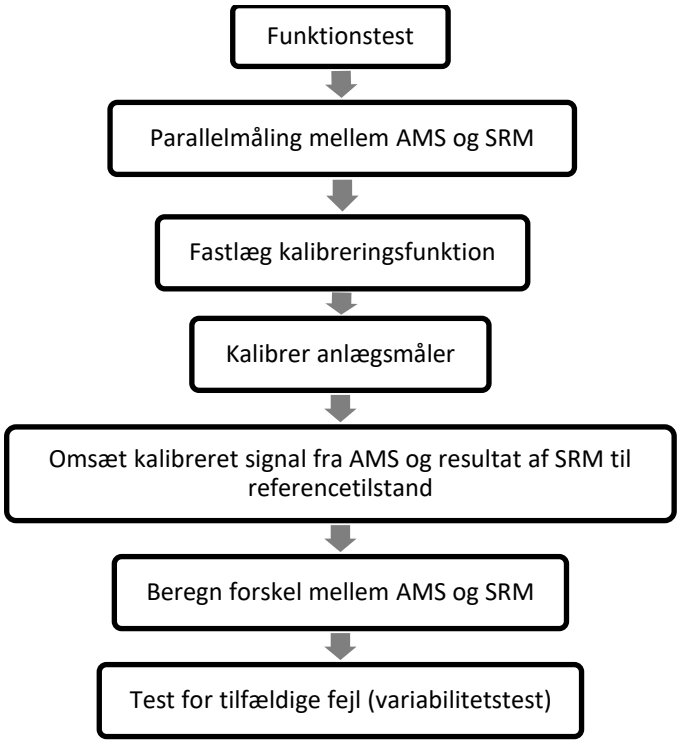
- at de relevante trin i funktionstesten udføres for alle perifere AMS
- at der kan anvendes SRM værdier for de perifere AMS (tryk temperatur, O_2 og H_2O) til normalisering (korrektion til referencetilstand), når en primær AMS dumper pga. en fejlbehæftet perifer AMS, se afsnit 11.5.7.

[13] GUM: Guide to the Expression of Uncertainties in Measurement.

QAL2 omfatter:

1. funktionstest
2. kalibrering af AMS ved hjælp af standard referencemetode (SRM)
3. variabilitetstest af AMS måleevne i forhold til kvalitetskrav (test for tilfældige fejl)

Procedurerne omfatter inspektion, parallelmålinger mellem AMS og SRM, efterfulgt af simple statistiske beregninger på disse måleresultater samt det krav til kvalitet (variabilitet), som AMS skal overholde. SRM udføres af et akkrediteret laboratorium.



Figur 1 De enkelte trin i QAL2

I de følgende afsnit beskrives de enkelte trin i QAL2 proceduren.

11.1 Frekvens for QAL2

Der skal udføres en ny QAL2:

1) Minimum hvert 5. år
2) Hvis AMS ikke består variabilitetstest eller test af kalibreringsfunktion, jf. AST
3) Efter væsentlige ændringer af anlægget, f.eks. ændringer i røggasrensningsanlægget eller ændringer i brændslet (se kapitel 11.3.1 for yderligere forklaring).
4) Efter væsentlige ændringer eller reparationer af AMS, som vil have signifikant indflydelse på resultaterne

5) AMS ligger udenfor det gyldige kalibreringsinterval på ugentlig basis (mandag til søndag):

   a) Mere en 5% af AMS-målingerne (kalibrerede og normaliserede værdier (SSTA))[14] ligger uden for det gyldige kalibreringsinterval i mere end 5 uger[15] i perioden mellem to AST eller AST og QAL2, eller

   b) Mere end 40% af AMS-målingerne (kalibrerede og normaliserede værdier (SSTA)) ligger uden for det gyldige kalibreringsinterval i en eller flere uger.

   Hvis anlægget ikke er i kontinuerlig drift kan de procentvise værdier bestemmes ud fra de seneste 168 driftstimer[16].

   Hvis de kalibrerede, normaliserede AMS-målinger ligger uden for det gyldige kalibreringsinterval, men er mindre end 50% af emissionsgrænseværdien for døgnmiddel kan myndigheden tillade, at anlægget gennemfører en AST i stedet for QAL2.

   Hvis overskridelse af det gyldige kalibreringsinterval skyldes fejl på anlægget, som giver anledning til en øget koncentration, er en fuld ny QAL2 ikke nødvendig, når fejlen på anlægget er udbedret og koncentrationen igen er nedbragt til et niveau inden for det gyldige kalibreringsinterval.

Anbefaling 3:
Anlæg der er planlagt til kontinuerlig drift, dvs. med få planlagte start og stop situationer på et år:
Hvis anlægget ikke er i kontinuerlig drift i den foregående blokuge, og der samtidig er mindst 25% af ugen svarende til 42 valide korttidsmiddelværdier (STA) til rådighed kan de procentvise værdier bestemmes ud fra den seneste blokuges drift. Hvis der er færre end 42 valide korttidsmiddelværdier (STA) beregnes procenten ikke.
En blokuge starter mandag morgen kl. 00:00.

Anlæg der er planlagt til drift med hyppige start og stop (mere end 12 gange om året), bør benytte de seneste 168 valide korttidsmiddelværdier (STA).

Anbefaling 4:
For affaldsforbrændingsanlæg anbefales det at anvende 30 minutters midlingstid for CO til optælling af overskridelser af det gyldige kalibreringsinterval, selv om den korteste midlingstid er 10 minutter.

Hvis den kalibrerede, normaliserede AMS-måling ligger uden for det gyldige kalibreringsinterval, men er mindre end 50% af ELV kan myndigheden tillade, at anlægget gennemfører en AST i stedet for QAL2.

QAL2 skal rapporteres og gennemføres inden for 6 måneder. Den eksisterende kalibreringsfunktion skal benyttes indtil rapporten med den nye kalibreringsfunktion er modtaget.

11.2 QAL2 Funktionstest

Funktionstesten skal i henhold til standarden udføres af et erfarent testlaboratorium, som er anerkendt af myndighederne. Dette tolkes i Danmark, således at udstyrsleverandører og akkrediterede målefirmaer anses for at være kompetente til at udføre funktionstest.

[14] For flow og hastighed er der ikke nødvendigvis tale om normaliserede værdier. Her benyttes kalibrerede værdier i den enhed som flow- eller hastighedsmåleren måler ved, fx $m^3(n,t)$, $m^3(n,f)$, $m^3(f)/h$ eller m/s.
[15] 5 uger fordelt over perioden, dvs. de skal ikke være i træk.
[16] 168 driftstimer repræsenterer en uge med drift.

Funktionstesten skal udføres inden parallelmålingerne gennemføres. Standarden anbefaler at der højest er en måned mellem funktionstest og parallelmålinger (se endvidere Anbefaling 12).

Da resultater fra de perifere AMS benyttes til beregning af AMS data vil også kvaliteten af de perifere AMS påvirke AMS'ens variabilitet. Det anbefales derfor at udføre de relevante trin i funktionstesten for perifere AMS.

AMS skal installeres i overensstemmelse med ISO 15259 som beskrevet i kapitel 7.

Enhver måler skal før eller ved installation have vist sig egnet vha. QAL1 procedurerne til måling på det pågældende målested og for de ønskede parametre i den aktuelle røggas.

Ved funktionstesten skal det kontrolleres, at AMS lever op til specifikationer givet af instrumentleverandøren, herunder at AMS viser nul ved måling på en nul-koncentration. Dette indebærer at nulpunktet bør justeres, således at AMS viser nul ved nul-gas, hvilket også er en fordel når værdierne fra funktionstesten benyttes til metode c.

Støv-AMS boks 1:
Hvis det ved funktionstesten er dokumenteret, at en støv-AMS med analogt udgangssignal og to måleområder har samme kalibreringsfunktion i begge måleområder må QAL2 udføres i det ene måleområde og derefter benyttes i begge måleområder.

PEMS-boks 2 (alternative metoder som erstatning for NO_X-AMS):
Funktionstest ved QAL2 er væsentlig forskellig for PEMS og der henvises generelt til Bilag B som indeholder en mere detaljeret beskrivelse af funktionstest for PEMS.

Info-boks 8:
I gasmotorbekendtgørelsen og standardvilkår for listepunkt G 201 i standardvilkårsbekendtgørelsen er der krav om, at kvalitetssikring af AMS skal gennemføres i overensstemmelse med principperne i EN14181 og at AMS skal ved ibrugtagning kalibreres (QAL2 omfattende 5 parallelmålinger udført over én dag). Miljøstyrelsen tolker kravene således, at for anlæg omfattet af disse regler inkluderer kravet om QAL2 en fuld funktionstest inklusive linearisering.
Se endvidere Info-boks 16 om krav til kvalitetssikring af NO_X-AMS omfattet af NO_X-afgiftsbekendtgørelsen.

Hg-AMS boks 1
EN 14884: 2022 indeholder særregler for funktionstest af Hg monitorer, som skal følges.

Bilag A indeholder en oversigt over funktionstestens procedurer inklusive eventuelle særregler for støv-AMS, flow-AMS eller Hg-AMS.

11.3 QAL2 parallelmålinger med SRM

Parallelmålingerne mellem AMS og SRM har til formål at kalibrere og verificere AMS vha. en uafhængig metode.

Kalibreringen gælder dækker et veldefineret interval (fra nulpunktet til lidt over de højeste resultater fra parallelmålingen), også kaldet det gyldige kalibreringsinterval. AMS-signaler, der ligger udenfor det gyldige kalibreringsinterval, er valide og skal rapporteres, men der stilles krav om en fornyet QAL2 såfremt AMS i længere tid er uden for det gyldige kalibreringsinterval.

11.3.1 Anlæggets driftsforhold ved QAL2 parallelmålinger

Det skal så vidt mulig sikres at alle anlæggets normale driftssituationer er indeholdt i QAL2 parallelmålingerne for at sikre at kalibreringsfunktionen er repræsentativ for anlægget. Dette indebærerat koncentrationer og flow skal varieres mest muligt inden for normalt forekommende driftssituationer på anlægget.

EN 14181 anfører, at det er muligt at etablere en kalibreringsfunktion der dækker alle driftssituationer.

Info-boks 9:
Moderne AMS er i dag så uafhængige af den matrix der måles i, at en AMS der er QAL2 kalibreret ved én driftssituation forventes uden problemer at kunne anvendes ved en anden driftssituation.
Udtalt forskellige driftssituationer kan fx være meget forskellige brændsler i fyringsanlæg, men i procesanlæg i industrien er det nødvendigt at lave en konkret vurdering af hvad der defineres som udtalt forskellig.

Anbefaling 5:
Det anbefales, at alle udtalt forskellige driftssituationer (som fx forskellige brændsler) indeholdes i parallelmålingerne hvis muligt. Hvis dette ikke er muligt, kan følgende procedure anbefales:

- QAL2 færdiggøres, rapporteres og kalibreringsfunktionen implementeres som normalt.
- Ved førstkommende lejlighed, hvor det er muligt at opnå den manglende driftssituation og gennemføre parallelmålinger, suppleres QAL2'en med en dags parallelmålinger (5 stk.) (eksklusive funktionstest) ved den manglende driftssituation.
- Der udarbejdes en ny QAL2 rapport på baggrund af alle parallelmålinger (minimum 15 stk. fra QAL2 og minimum 5 parallelmålinger fra de supplerende målinger). Rapporten skal indeholde en henvisning til denne anbefaling.
- Kalibreringsfunktion og gyldigt kalibreringsinterval fra den ny QAL2 rapport implementeres som normalt.
- I efterfølgende år udføres AST som normalt, idet datoen for QAL2 målingen (15 parallelmålinger) lægges til grund for tidspunktet for AST.
- Ved efterfølgende QAL2 gentages proceduren.

Ovenstående procedure bryder med kravet om at:

- QAL2 parallelmålingerne maksimalt må strække sig over en periode på 4 uger.
- at data fra perioder ud over QAL2 perioden på 4 uger ikke må kombineres med QAL2 data.

Ved blanding af flere brændsler anbefales det, at de mest forskellige blandingsforhold indgår i parallelmålingerne.

PEMS-boks 3 (alternative metoder som erstatning for NO_X-AMS):
Driftsforhold ved parallelmålingerne ved QAL2 bør så vidt mulig omfatte yderpunkter af de driftsbetingelser[17] der har indflydelse på modellen, men det er også væsentligt at sikre parallelmålinger der dækker en høj og lav NO_X-koncentration af hensyn til det gyldige kalibreringsinterval.
Der henvises generelt til Bilag B som indeholder en mere detaljeret beskrivelse af QAL2 for PEMS.

Info-boks 10:
Hvis anlægget har afskæring af måleværdier (se afsnit 5.3) for en parameter, bør anlægsdriften under parallelmålinger sikre at afskæring er på et minimum. Hvis kalibreringsfunktionen dannes på baggrund af AMS data med hyppig afskæring, vil den ikke være retvisende.

Info-boks 11:
Da det gyldige kalibreringsintervals øverste ende fastsættes ud fra højeste måleværdi ved parallelmålingerne, kan det være fristende at sørge for høje emissioner ved QAL2 parallelmålingerne med henblik på at sikre et bredt gyldigt kalibreringsinterval. Erfaringen viser dog, at både måleværdier over ELV-niveau og ustabile driftsformer kan medføre at variabilitetstesten ikke bestås. Dette skyldes bla. at kvalitetskravet er fastsat ved ELV som en fast værdi, hvilket betyder at kvalitetskravet bliver relativt mindre jo højere måleværdien er. Ustabile driftssituationer kan medføre at fx koncentrationen ændrer sig markant i løbet af en måleperiode på fx 30 minutter, hvilket i praksis kan betyde at resultaterne fra de to målesystemer (AMS og SRM) afviger fra hinanden.

Anbefaling 6:
Der bør ikke manipuleres med anlægget eller tilsættes gasser eller støv til røggassen for at opnå et bredt gyldigt kalibreringsinterval. Er der tale om helt simple foranstaltninger, som kan forekomme under normal drift på anlægget (fx at sænke temperaturen eller at ændre pH i en skrubber) kan disse tiltag overvejes i en periode under QAL2 parallelmålinger.
Det bør altid sikres at driften af anlægget er så stabil som mulig over hver enkelt måleperiode. Ændringer i driftsform bør være stabiliseret før parallelmålingerne genoptages.

Støv-AMS boks 2:
EN-13284-2: 2017 (kvalitetssikring af støv-AMS) og EN 17389: 2020 (kvalitetssikring af støv-vagter – se Bilag C) anfører at det er tilladt at tilsætte støv med samme fysiske proportioner (fx fint støv fra posefilteret) til gassen og samtidig sikre, at støvet er homogent fordelt over tværsnitsarealet ved både AMS og SRM målestedet. Hvis metoden benyttes, skal der udføres i alt 15 parallelmålinger fordelt på følgende måde: fem målinger ved lav støvbelastning (normal drift), fem målinger ved høj støvbelastning og fem målinger ved mellem støvbelastning. Metoden er vanskelig at gennemføre i praksis og kan ikke anbefales.

[17] Fx høj og lav last, høj og lav NO_X koncentration, variationer i forbrændingsluftens fugtighed og temperatur mv.

Info-boks 12:
Efter NO_X afgiftens indførelse kan der være etableret denox, uden at ændre på den eksisterende NO_X-AMS. I praksis betyder det at AMS'en i normal drift med denox vil måle i den lave ende af måleintervallet. Samtidig skal AMS kunne håndtere en situation, hvor denox er koblet fra eller ikke fungerer. Når der måles det meste af tiden i den lave ende af måleintervallet, kan den relative usikkerhed blive betydelig for AMS. Det bør derfor sikres at der under QAL2 både er parallelmålinger i det lave område (med denox) og i det høje område (uden denox). Hermed sikres at kalibreringsfunktionen er korrekt i det normale driftsområde (hvor hovedparten af afgiften betales) samtidig med at der opnås et stort gyldigt kalibreringsinterval. Såfremt denox er etableret efter sidste QAL2 er der risiko for fejlvisning i det lave område og dermed upræcis afgiftsbetaling.

11.3.2 Målemetoder m.v.

Parallelmålinger er gyldige, såfremt følgende krav er opfyldt:

- SRM-målinger er udført iht. en egnet standard[18] og opfylder kravene i denne standard.
- AMS skal levere et gyldigt signal i mindst 90% af sampletiden. Gyldigt signal vil sige, at måleværdien er valid og lagres som FLD i DAHS[19]. (dvs. at fx selvtest, autokalibrering eller lign. ikke må forekomme).

Anbefaling 7:
Detektionsgrænsen for SRM-metoder bør ikke overstige 10% af den ELV, der ligger til grund for kvalitetskravet (se også Info-boks 6).
For manuelle metoder kan en detektionsgrænse på op til 20% af den ELV, der ligger til grund for kvalitetskravet accepteres, såfremt der måles mindst 1 time.
For kontinuerte metoder gælder at detektionsgrænsen bør være mindre end 10% af den ELV, der ligger til grund for kvalitetskravet.

Information: Hvis 20% vilkåret ikke kan opfyldes med en måletid på 1 time er det nødvendigt at måle længere tid end 1 time for at få detektionsgrænsen ned under 20% af ELV. Når detektionsgrænsen ligger i intervallet 10%-20% af ELV så skal der måles i mindst 1 time.

Anbefaling 8:
Som SRM anvendes Miljøstyrelsens anbefalede metoder[20] ved QAL2 og AST.

[18] EU standard, international standard eller anden national standard i nævnte prioriteringsrækkefølge.
[19] Måleintervallet kan godt omfatte negative signaler.
[20] Miljøstyrelsens liste over anbefalede metoder (Miljøstyrelsens metodeliste) kan findes på www.ref-lab.dk.

Anbefaling 9:
Perioder med selvtest, auto-kalibrering eller lign. af AMS bør undgås, hvis det er muligt. Der bør være gyldigt AMS-signal i 100% af midlingstiden.

Anbefaling 10:
Hvis en eller flere af SRM-målingerne ved en QAL2 er under den aktuelle detektionsgrænse, kan og bør det aktuelle datasæt anvendes på følgende måde:

- SRM-måleresultater sættes til værdien nul (0)
- AMS måleresultater sættes til AMS nulpunkt (nul (0) eller evt. 4 mA).
    - Er AMS værdien væsentlig større end detektionsgrænsen for SRM-metoden bør det bemærkes i rapporten, og det anbefales at AMS serviceres.

Ovenstående regel bør ikke anvendes ved AST se Anbefaling 26.

Info-boks 13:
Håndtering af SRM-værdier under detektionsgrænsen er blevet diskuteret i arbejdsgruppen, som har udarbejdet EN 14181. Arbejdsgruppen mente ikke at dette emne hører hjemme i standarden, men snarere bør håndteres ved sund fornuft i den enkelte sag. Den danske delegation var ikke enig i denne tolkning og anbefaler derfor ovenstående regel, for at sikre ensartet og korrekt databehandling.

Støv-AMS boks 3:
Ved in-situ støv-AMS der måler over dugpunktet og ved en lavere temperatur end 160°C kan der forekomme semivolatiles, som "ses" af AMS, men som ikke medbestemmes af SRM metoden, der tørrer filteret ved 160°C. I praksis ses der bort fra denne forskel ved QAL2 parallelmålingerne, der udføres som normalt i henhold til MEL-02 (www.ref-lab.dk).

Ekstraktive støv-AMS benyttes fx til at hæve temperaturen ved AMS over dugpunktet for at undgå at dråber medbestemmes som partikler. Dvs. at ekstraktive støv-AMS vil have en temperatur (og evt. tryk) der er forskellig fra SRM-målestedet. Ekstraktive støv-AMS vil normalt være opvarmet til 160°C og dermed måle ved denne temperatur. Resultater fra ekstraktive støv-AMS vil normalt leveres i mg/m³(n,f) (fugtig gas ved normaltilstanden (0°C og 1013 mbar).
I praksis anvendes altid den oplyste enhed og konditioner fra en ekstraktiv støv-AMS ved QAL2 beregningerne.

Måletiden for SRM skal minimum være 30 minutter[21] og aldrig under 4 gange responstiden for AMS, inklusive samplingssystemet. Det anbefales at basere måleperioden på den korteste midlingstid givet af myndighederne.

Er måleperioden under en time, skal intervallet mellem starten på to på hinanden følgende prøver være mindst én time.

AMS- og SRM-målingen skal parvis dække det samme tidsrum.

[21] Ved at forlænge prøvetiden for manuelle målinger kan SRM resultater forbedres ved lave emissioner.

Info-boks 14:
Data fra AMS kan overføres analogt (fx 4-20 mA) eller digitalt (via databus) til DAHS.

AMS som kun har et analogt signal findes stadigvæk i funktion, men alle nyere AMS vil have et digitalt udgangssignal (og evt. et analogt udgangssignal som supplement).

EN 14181 angiver i kapitel 5.2 at AMS-signalet skal tages direkte fra AMS, men at data fra anlæggets dataopsamlingssystem også kan benyttes, såfremt der er etableret et kvalitetssikringssystem for datasystemet. Kvalitetssikringssystemet er ikke defineret nærmere i standarden, men det vurderes, at anlæggenes generelle kvalitetssikringssystemer er til strækkelige til at tillade at data hentes fra anlæggets datahåndteringssystemer. I øvrigt er det ofte ikke praktisk muligt at tage signalet direkte fra AMS ved digital dataoverførsel.

Den datafil med FLD-data, der udleveres fra anlægget, bør være i et læsbart format (fx regneark) og indeholde følgende informationer:

- Parameternavn
- Oplysninger om eventuelle afvigelser fra definitionen af FLD-data (se kapitel 5)
- Enhed og målekonditioner (normal/aktuel, våd/tør mm)
- Middelværdier for perioder på maksimalt 60 sekunder med tilhørende dato og tidsstempel i et læsbart format.

Det bør endvidere sikres, at AMS er i relevant drift i måleperioden samt at data ikke indeholder signaler fra fx en automatisk justering af måleren.

Anbefaling 11:
Til brug for QAL2/AST-beregninger anbefales det at hente AMS data på FLD-niveau fra datahåndteringssystemet (DAHS) ved både analoge og digitale signaloverførsler[22]. Det anbefales dog at følge overensstemmelsen mellem AMS og SRM under parallelmålingerne, hvilket fx kan gøres ved logning af signalet. Se kapitel 5 for forklaring af DAHS og FLD.

Info-boks 15:
Data, som udleveres fra DAHS skal være tidsstemplet entydigt. EN 17255-1: 2019 anfører, at starttidspunktet i middelperioden benyttes som tidsstempel.

Resultatet af SRM-målingen skal udtrykkes i samme tilstand som de ukorrigerede målinger fra AMS.

I de tilfælde, hvor den eneste manuelle SRM-måling er en vandmåling, og hvor anlægget har en kalibreret AMS til vand kan vandmålinger med SRM undlades og resultater fra AMS vandmålingen må benyttes til konvertering af SRM-værdier til tør/våd basis.
I de tilfælde, hvor anlægget har et vådrensningssystem, og hvor gassen er vandmættet uden dråber, kan vandmålinger med SRM undlades og beregnede værdier for vandindhold (ud fra en temperaturmåling og antagelse af mættet vanddamp) må benyttes til konvertering af SRM-værdier til tør/våd basis.

[22] Hvis man ændrer måleområdet på AMS vil det analoge signal også ændre værdi, men det digitale signal vil være uændret. Hvis det analoge signal benyttes, er det ekstremt vigtigt, at det tilknyttede måleområde er kendt.

11.3.3 Antal parallelmålinger ved QAL2

Kalibreringen udføres på grundlag af parallelle målinger mellem SRM og AMS. Der udføres minimum 15 sæt målinger jævnt fordelt over mindst tre dage og jævnt fordelt over den enkelte måledag, der defineres som en periode på 6-10 timer. Parallelmålingerne skal udføres indenfor en periode på maksimalt fire uger.

Anbefaling 12:
De nævnte 4 uger defineres som den periode samtlige QAL2 parallelmålinger skal være udført inden for, og omfatter således ikke funktionstesten.
Det bør planlægges at funktionstesten udføres umiddelbart før parallelmålingerne, men af praktiske årsager kan det ske, at perioden mellem funktionstest og parallelmålinger bliver et par måneder, hvilket anses for acceptabelt.

Info-boks 16:
I offshorebekendtgørelsen, gasmotorbekendtgørelsen og standardvilkår for listepunkt G 201 tillades det bl.a. at en QAL2 reduceres til 5 parallelmålinger fordelt over én eller flere dage, hvorimod NO_X-afgiftsbekendtgørelsen kræver, at en QAL2 for NO_X-AMS skal udføres i henhold til EN 14181 svarende til 15 parallelmålinger fordelt over mindst tre dage. Hvis der afregnes NO_X-afgift i henhold til NO_X-afgiftsbekendtgørelsen skal der udføres 15 målinger fordelt over tre dage uanset hvad der måtte stå i diverse miljøbekendtgørelser. For offshoreanlæg vil normalen være at der betales NO_X-afgift baseret på målinger, hvorfor der ikke er mulighed for at reducere QAL2 eller AST på offshoreanlæg.

Flow-AMS boks 1:
De 15 parallelmålinger kan udføres på en dag; ligeligt fordelt over minimum 5 timer.

Støv-AMS boks 4:
Antallet af parallelmålinger må for støv reduceres til 5 målinger af minimum 1,5 time over tre dage, såfremt emissionerne forventes (vurderes ud fra AMS måleresultater) at være mindre end kvalitetskravet. Alle parallelmålinger skal have samme midlingstid. Ved længere måletid sikres mere pålidelige måleresultater og dermed en mere troværdig kalibreringsfunktion.

Hg-AMS boks 2:
Antallet af parallelmålinger må for Hg reduceres til 5 målinger af minimum 2 timer over tre dage, såfremt emissionerne forventes (vurderes ud fra AMS måleresultater) at være mindre end kvalitetskravet. Alle parallelmålinger skal have samme midlingstid. Ved længere måletid sikres mere pålidelige måleresultater og dermed en mere troværdig kalibreringsfunktion.

AMS selv-kontrol skal afbrydes under parallelmålingerne.

For Hg-AMS med for-koncentration[23] af Hg, skal parallelmålingerne starte ved begyndelsen af en ny AMS total målecyklus og de skal udføres for et komplet antal af målecyklusser, samtidig med at de generelle regler for antal og måletid følges.

[23] Hg-AMS med for-koncentration af Hg er ikke forklaret i standarden, men det betyder formodentlig at AMS ikke måler fuldstændig kontinuert, men gennemløber en cyklus, hvor et resultat leveres som gældende for hele cyklus. Det bør fremgå af QAL1 rapporten om en Hg-AMS er med for-koncentration og hvor lang cyklus er.

Anbefaling 13:
Støv: Det anbefales generelt at gennemføre 5 målinger af minimum 1,5 time for støv når ELV er mindre end eller lig med 3 mg/m³(ref).

Flow-AMS boks 2:
Antallet af parallelmålinger for flow afhænger af om der er udført den såkaldte forundersøgelse (se kapitel 7). Når forundersøgelsen er udført, og AMS er certificeret efter 15267-3, kan antallet reduceres fra 15 til 9 parallelmålinger.
Bemærk, at NO_X afgiftsbekendtgørelsen fra 2011, dvs. før flowstandarden udkom, har krav om minimum 15 målinger og at principperne i EN 14181 følges.

Info-boks 17:
I gasmotorbekendtgørelsen og standardvilkår for listepunkt G 201 i standardvilkårsbekendtgørelsen er kravet til QAL2 og AST reduceret. I disse regler er der følgende krav til parallelmålinger på AMS:

- Ved QAL2: 5 parallelmålinger udført over én dag.
- Ved AST: 3 parallelmålinger hvert 3. år.

Bemærk, pr. 1. januar 2025 bliver særskilte fyringsanlæg med en nominel indfyret termisk effekt større end 5 MW, som før denne dato har være omfattet af standardvilkår for listepunkt G201 og gasmotorbekendtgørelsen, omfattet af bekendtgørelsen om miljøkrav for mellemstore fyringsanlæg, herunder bekendtgørelses krav til kontinuerlig måling (AMS) og kvalitetssikring af AMS.

Se endvidere Info-boks 16 om krav til kvalitetssikring af NO_X-AMS omfattet af NO_X-afgiftsbekendtgørelsen.

Datasættet fra parallelmålingerne skal kontrolleres for mulige outliere. Outliere skal identificeres og angives i et diagram sammen med de valide målinger. Endvidere skal metoden til at identificere outliere og årsagen til at eksludere dem angives i rapporten. Efter eksklusion af outliere skal der fortsat være 15 valide parallelmålinger. Det anbefales derfor at gennemføre 18 parallelmålinger (6 om dagen), men hvis disse 18 målinger ikke indeholder outliere skal alle 18 målinger benyttes.

Anbefaling 14:
Følgende metoder til udvælgelse af outliere kan anbefales (begge metoder kan benyttes samtidig):

- Visuel metode:
  - Plot AMS og SRM korttidsmiddelværdier ved samme kondition og enhed som AMS.
    - Visuel inspektion af grafen vil afsløre tydelige outliere.
- Beregningsmetode:
  - Beregn differencen, D_i mellem hvert datasæt
  - Beregn gennemsnittet af differencerne, D_{mid} og spredningen af differencerne, $S_{D.}$
  - Hvis D_i for et datasæt afviger fra D_{mid} med mere end to gange spredningen ($2 \cdot S_D$) og R^2 >0,9, så er datasættet sandsynligvis en outlier.

11.3.3.1 Antal parallelmålinger ved lave emissioner (QAL2)

Ved første QAL2 udføres samme antal parallelmålinger som for parametre uden lave emissioner. Se kapitel 11.3.3

Hvis QAL2 ikke er den første QAL2, kan QAL2 erstattes af en AST, hvis anlægget kan dokumentere, at der har været lave emissioner siden sidste AST:

- gennemsnittet af SRM måleresultater som opnås i denne AST er mindre end kvalitetskravet, og
- mindst 95% af AMS måleresultater (baseret på korttidsmiddelværdier (STA) uden fratrækning af usikkerheden) ved referencetilstand siden sidste AST er mindre end kvalitetskravet.

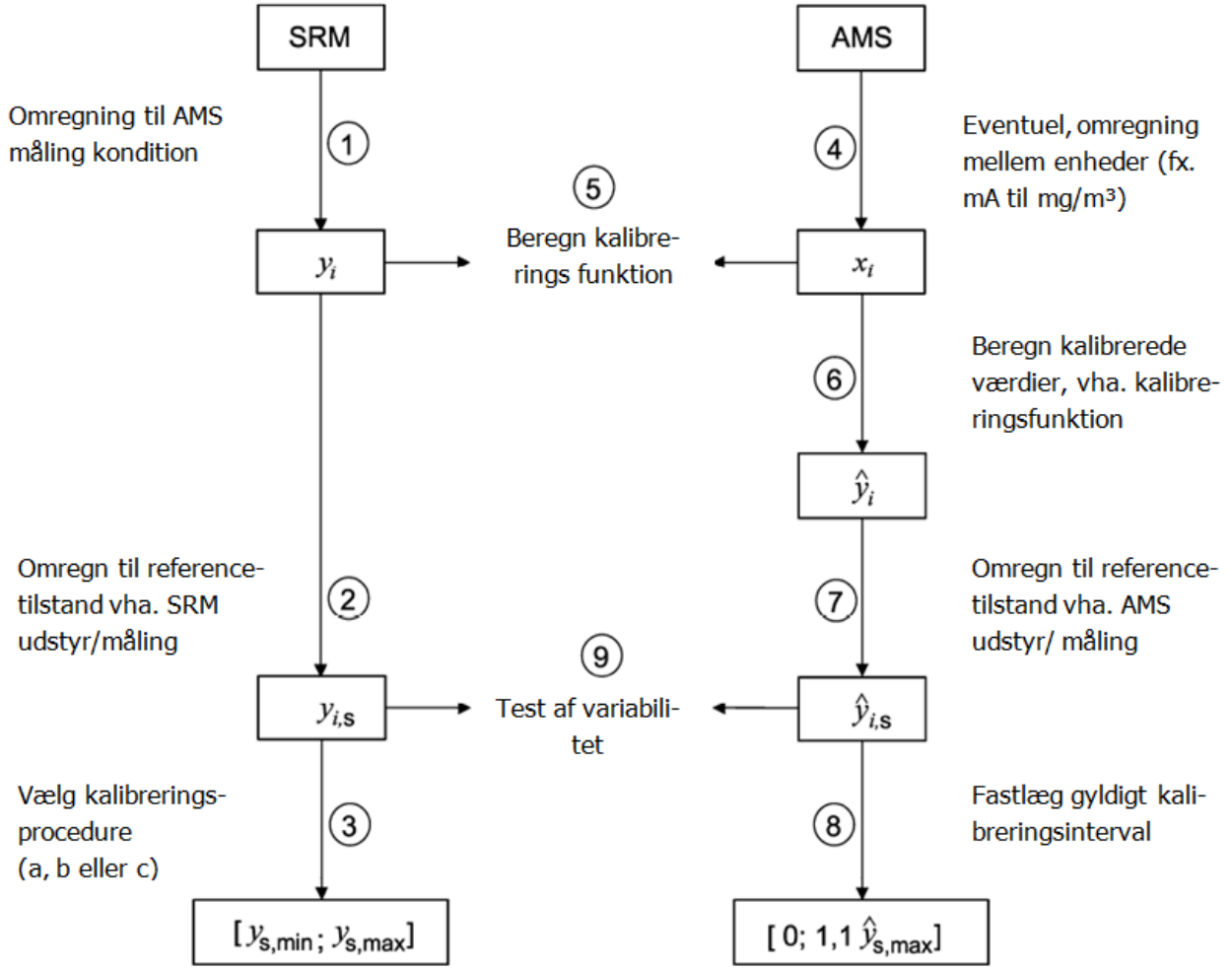
Ved lave emissioner kan resultaterne af SRM-målingerne for manuelle metoder forbedres ved at udvide prøvetagningstiden.

11.3.3.2 Oversigt over antal parallelmålinger ved QAL2

Oversigt antal parallelmålinger ved QAL2:

- Alm. QAL2: minimum 15 parallelmålinger
    - Første QAL2: minimum 15 stk.
    - Gas-AMS: QAL2 kan reduceres til AST (minimum 5 stk. over én dag) ved dokumenterede lave emissioner (når det ikke er første QAL2)
    - Flow-AMS: antallet kan reduceres til 9 stk. når der er udført forundersøgelse og AMS er certificeret (EN-15267-3)
    - Støv-AMS: antallet kan reduceres til 5 stk. á minimum 1,5 time over tre dage ved lave emissioner (fx efter posefilter eller når emissionerne, ud fra AMS måleresultater, forventes at være mindre end kvalitetskravet)

11.4 Databehandling, QAL2



Figur 2 **Rækkefølgen af de enkelte trin i databehandlingen er angivet med tal i cirkler. "Hatten" eller ^ over en værdi angiver, at der er tale om den kalibrerede værdi. $\hat{y}$ er således den kalibrerede AMS værdi.**

11.5 QAL2 kalibreringsfunktion

Kalibreringsfunktionen er altid ved AMS-konditioner, dvs. de røggaskonditioner som AMS måler ved.

Eksempel 3:
En AMS måler ekstraktivt i et opvarmet system i enheden mg/m³(n,f) (fugtig gas ved 0°C og 101,3 kPa). SRM resultater omregnes til samme konditioner (enhed), hvorefter kalibreringsfunktionen beregnes på baggrund af de to sæt måleresultater (i samme enhed). På den måde bliver kalibreringsfunktionen altid i samme enhed og kondition som AMS måler ved. Derfor er det også AMS råværdier der korrigeres med kalibreringsfunktionen, hvorefter de kan omregnes til referencetilstand (normaliseres) etc.

Anbefaling 15:
Det bør undgås at beregne kalibreringsfunktionen på baggrund af analogt signal fra AMS (fx i mA på x-aksen), da det ikke giver mulighed for at vurdere kalibreringsfunktionens validitet.

Anbefaling 16:
For AMS der måler i koncentration (eksklusive støv-AMS og PEMS) bør kalibreringsfunktionens kvalitet vurderes:

- kalibreringsfunktionens hældning bør være tæt på 1,0 ($[0{,}8;\ 1{,}2]$)
- den numeriske afstand fra skæring med y-aksen (offset) til nulpunktet bør ikke overstige kvalitetskravet

Såfremt ovenstående ikke er opfyldt, bør anlæg og det akkrediterede laboratorium vurdere, om den fundne kalibreringsfunktion er realistisk. Der kan forekomme funktioner, der ikke opfylder de anførte krav, men som er realistiske for den aktuelle måling. Dette bør indgå i vurderingen.

Er dette ikke tilfældet, bør man finde årsagen til afvigelsen og om muligt rette den. Dette kan indebære, at det er nødvendigt at gennemføre en ny QAL2. Afvigelser kan evt. skyldes lagdeling i kanalen; i disse tilfælde er det vigtigt at SRM-målingerne (inklusive gasmålinger) traverseres jf. ISO 15259.

Data fra tidligere målinger eller kalibreringer må ikke anvendes til QAL2 kalibreringen.

Kalibreringsfunktionen er som udgangspunkt lineær:

Metode a: Hvis data er spredt tilstrækkeligt, kan kalibreringsfunktionen beregnes ved alm. lineær regression.

Metode b: Hvis data hverken er lave eller spredt kan kalibreringsfunktionen beregnes efter parallelmålingernes tyngdepunkt og nulpunktet ("klynge resultater i det høje område"[24]).

Metode c: Hvis data ikke er spredt og samtidig lave benyttes en kombination af datasæt fra anvendelsen af referencematerialer under funktionstesten og parallelmålingerne ("klyngeresultater i det lave område"[25]).

Flow-AMS boks 3:
Flow-AMS har også en metode d, som stort set er den samme metode som metode b.

Der henvises til Anbefaling 20 vedr. kvalitetskrav og ELV for CO_2.

[24] High level clusters
[25] Low level clusters

Info-boks 18:

Determinationskoefficienten R^2, eller som den defineres i EN 15267-3: "determination coefficient of calibration function" er ikke nævnt i EN 14181, men R^2 indgår som kriterier i EN ISO 16911-2 (flow-AMS; valg af metode for kalibreringsfunktionen) og EN 13284-2 (støv-AMS; udvidelse af det gyldige kalibreringsinterval).

Der er flere metoder til beregning af R^2, som ikke giver det samme resultat når metode b og d (uden offset eller tvunget gennem nul-punktet) samt ved anvendelse af polynomiske eller kvadratiske funktioner. Det er uklart hvilken metode Excel benytter.

For at sikre ensartethed anbefaler Referencelaboratoriet at følgende metode benyttes til beregning af R^2:

Et datasæt har n værdier, benævnt $y_1,\ldots,y_n$ (samlet kendt som yi eller som en vektor $y=[y_1,\ldots,y_n]^T$), hver tilknyttet en tilpasset (eller modelleret, eller forudsagt) værdi $f_1,\ldots,f_n$ (kendt som f_i, eller nogen gange $\hat{y}_i$, som en vektor f).

Definer residualerne som: $e_i = y_i - f_i$.

Hvis $\bar{y}$ *er gennemsnittet af de observerede data:*

$$\bar{y} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} y_i$$

så kan variabiliteten af datasættene bestemmes ved to "sum af kvadrater" formler:

Summen af kvadraterne af residualerne, også kaldet residualsummen af kvadraterne:

$$SS_{res} = \sum_i (y_i - f_i)^2 = \sum_i e_i^2$$

Den totale sum af kvadrater (proportional med variabiliteten af data):

$$SS_{tot} = \sum_i (y_i - \bar{y})^2$$

Determinationskoefficienten beregnes efter:

$$R^2 = 1 - \frac{SS_{res}}{SS_{tot}}$$

Der er ikke krav om at R^2 rapporteres, men det anbefales, at den altid rapporteres ved QAL2. R^2 skal dog altid rapporteres de steder, hvor den indgår i kriterier, som nævnt ovenfor. Det vil i praksis sige: altid ved QAL2 for flow og støv ved metode a, b og d (ikke relevant ved metode c for støv).

Info-boks 19:
Bilag E i EN 14181:2014 indeholder eksempler på valg og anvendelsen af metode a, b og c.

Med henblik på at beregne kalibreringsfunktionen og vælge mellem metode a, b og c skal følgende størrelser beregnes:

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^{N} x_i$$

og

$$\bar{y} = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^{N} y_i$$

hvor N er antallet af parallelmålinger ≥ 15 og x_i og y_i er det i'te resultat fra henholdsvis AMS (x) og SRM (y).

Dernæst beregnes forskellen mellem højeste og laveste SRM værdi:

$(y_{s,\ max} - y_{s,\ min})$, hvor

$y_{s,max}$ er den højeste SRM værdi ved standardbetingelser under QAL2
$y_{s,min}$ er den laveste SRM værdi ved standardbetingelser under QAL2

11.5.1 Kalibreringsfunktion metode a (almindelig lineær regression)

Hvis forskellen mellem højeste og laveste SRM måling $(y_{s,\ max} - y_{s,\ min})$ er større end eller lig med kvalitetskravet beregnes kalibreringsfunktionen ved normal regression:

$\hat{y}_{m,i} = \hat{a} + \hat{b} \cdot x_i$, hvor

$\hat{y}_{m,i}$ er det kalibrerede AMS-signal
x_i er signalet fra AMS
$\hat{b}$ er kalibreringsfunktionens hældning: $\hat{b} = \frac{\sum_{i=1}^{N}(x_i-\bar{x})\cdot(y_i-\bar{y})}{\sum_{i=1}^{N}(x_i-\bar{x})^2}$
$\hat{a}$ er kalibreringsfunktionens skæring med y-aksen: $\hat{a} = \bar{y} - \hat{b} \cdot \bar{x}$

Hvis kalibreringsfunktionen er utilstrækkelig ved metode a) (fx med negativ hældning eller en hældning der er langt fra 1,0) og $(y_{s,\ max} - y_{s,\ min})$ kun er lidt større end kvalitetskravet, kan metode b) vælges.

Anbefaling 17:
Hvis det vurderes, at metode a giver en mere robust og troværdig kalibreringsfunktion end metode b eller c, kan metode a vælges.

Denne anbefalings mulighed for at vælge metode a selvom betingelserne for metode b eller c er opfyldt er ikke i overensstemmelse med standardens tekst, men vurderes af Referencelaboratoriet til at være i overensstemmelse med standardens hensigt.

11.5.2 Kalibreringsfunktion metode b (klyngeresultater i det høje område)

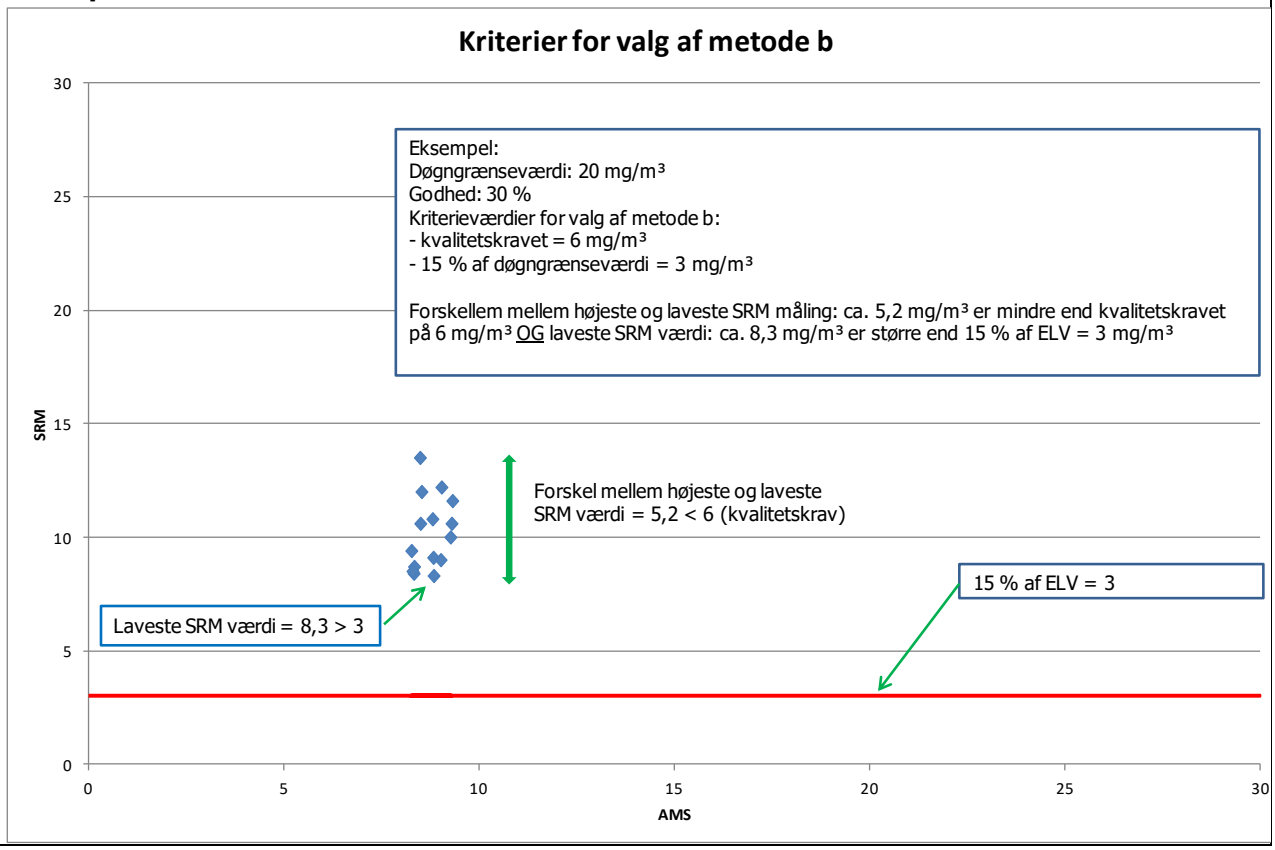
Hvis forskellen mellem højeste og laveste SRM måling $(y_{s,\ max} - y_{s,\ min})$ er mindre end kvalitetskravet OG $y_{s,min}$ er større end eller lig med 15% af ELV beregnes kalibreringsfunktionen ud fra punkternes tyngdepunkt og nulpunktet:

$\hat{y}_{m,i} = \hat{a} + \hat{b} \cdot x_i$, hvor

$\hat{y}_{m,i}$	er det kalibrerede AMS-signal
x_i	er signalet fra AMS
$\hat{b}$	er kalibreringsfunktionens hældning: $\hat{b} = \frac{\bar{y}}{\bar{x}-Z}$
$\hat{a}$	er kalibreringsfunktionens skæring med y-aksen: $\hat{a} = -\hat{b} \cdot Z$
Z	er offset = forskellen mellem AMS nul udlæsning og nul (eksempelvis Z = 4 mA ved 4-20 mA signal)

Metode b kan kun anvendes hvis det fx i funktionstesten er dokumenteret at AMS kan give en udlæsning ved nul når den udsættes for en nul-koncentration.

Eksempel 4:



11.5.3 Kalibreringsfunktion ved lave emissioner metode c (klyngeresultater i det lave område)

Metode c anvendes, hvis forskellen mellem højeste og laveste SRM måling $(y_{s,\,max} - y_{s,\,min})$ er mindre end kvalitetskravet OG $y_{s,min}$ er mindre end 15% af ELV beregnes kalibreringsfunktionen ud fra en kombination af datasæt fra referencematerialer og de målte datasæt ved parallelmålingerne.

Hg-AMS boks 3:
Metode c for Hg-AMS kan anvendes, hvis alle SRM-resultater er mindre end kvalitetskravet OG $y_{s,min}$ er mindre end 30% af ELV.

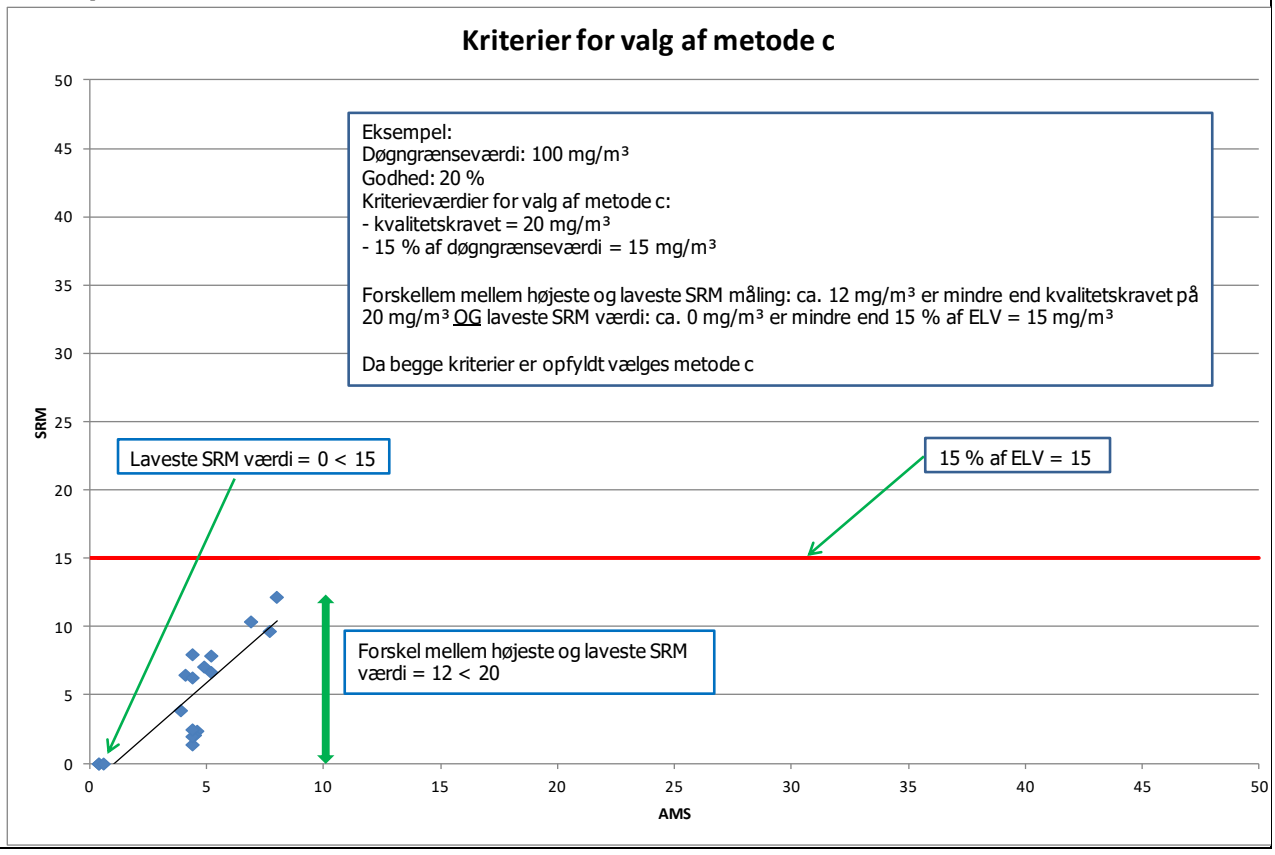
Datasæt fra referencematerialer skal bestå af ét datasæt ved nulpunktet og ét datasæt ved ELV[26]. Disse datasæt skal udtrykkes ved den gennemsnitstilstand (tryk, temperatur, H_2O etc.) som AMS målte ved under QAL2. Når der anvendes datasæt fra funktionstesten er korrektion til AMS gennemsnitstilstand overflødig. I praksis indtastes begge værdier i et datasæt i samme enhed som AMS og der ses bort fra om der er tale om våd eller tør koncentration

De kombinerede datasæt benyttes til at beregne kalibreringsfunktionen ved regression som angivet under metode a).

Hvis der ikke forefindes datasæt fra referencematerialer ved nulpunktet og ved ELV, kan der anvendes alternative metoder til fastlæggelsen af kalibreringsfunktionen. Fremgangsmåden skal accepteres af myndigheden og dokumenteres i QAL2 rapporten.

Vær opmærksom på at datasæt fra referencematerialer IKKE indgår i variabilitetstesten.

Eksempel 5:



[26] Det datasæt fra funktionstesten, som ligger tættest på døgngrænseværdien bør anvendes.

Anbefaling 18:
Data fra linearisering fra funktionstesten kan benyttes ved beregning af kalibreringsfunktionen ved metode c.
Såfremt SRM-data er under detektionsgrænsen henvises der til Anbefaling 10.

11.5.4 Kalibreringsfunktion for NO_X, NO og NO_2

Info-boks 20:

Mange NO_X-AMS måler både NO og NO_2 og rapporterer summen af disse resultater som NO_X. Kvalitetskravet i diverse bekendtgørelser angives for NO_X, men ikke for NO og NO_2. Dermed er der kun krav om at udføre en QAL2 for NO_X, og QAL2 for NO og NO_2 kan undlades.
Såfremt der fra anlæggets side ønskes en kalibreringsfunktion for NO og NO_2, så kan disse beregnes som selvstændige parametre i tillæg til NO_X. Variabilitetstesten kan udføres for NO og NO_2 med kvalitetskravet for NO_X omregnet til henholdsvis NO og NO_2. For NO_2 der ofte udgør en lille andel af NO_X, bliver det omregnede kvalitetskrav dog meget bredt. Hvis der anvendes et alternativt kvalitetskrav baseret på det gyldige kalibreringsinterval i stedet for ELV vil variabilitetstesten bedre kunne benyttes til at vurdere kvaliteten af NO_2-AMS.

11.5.5 Kalibreringsfunktion for støv og flow

Støv-AMS boks 5:
Alle nyere støv-AMS og alle certificerede støv-AMS har et lineært udgangssignal i mg/m³, hvor signalet i mg/m³ er tæt på den reelle koncentration i skorstenen, idet AMS-leverandøren tilpasser algoritmerne i AMS'en til det konkrete anlægs støvtype.

For nyere og certificerede støv-AMS jf. ovenstående kan metode a, b og c anvendes som for andre lineære AMS.

Ældre støv-AMS kan være ikke-lineære og kan levere et signal i mA eller mg/m³ der skal kalibreres til den konkrete støvtype i skorstenen. Der er meget få eller ingen af denne type støv AMS tilbage i Danmark.

For ældre støv AMS:

- *kan metode c anvendes*
  - det gyldige kalibreringsinterval ved metode c begrænses til 20% af ELV, hvorved det sikres at hvis støvkoncentrationen nærmer sig ELV, så skal der udføres en ny QAL2.
- hvis støv-AMS ikke er lineær og den kvadratiske kalibreringsfunktion er valgt så skal variabilitetstesten udføres på den kvadratiske funktion.

Flow-AMS boks 4:
Alle nyere flow-AMS og alle certificerede flow-AMS har et lineært udgangssignal.
Der er meget få eller ingen ikke-lineære flow AMS tilbage i Danmark.

Hvis flow-AMS ikke er lineær og den polynomiske kalibreringsfunktion er valgt, skal variabilitetstesten udføres på den polynomiske funktion.

Hvis flow-AMS er en hastighedsmåler skal kalibreringsfunktionen beregnes ved m/s. *Hvis der sker omregning fra m/s til m³/h i selve flow-AMS'en og det ikke er muligt at få konverteret signalet til m/s, så kan det accepteres at kalibreringsfunktionen beregnes ved m³/h.*

Flow-AMS boks 5:
For flow-AMS er der ikke en metode b og c men en metode d, hvor $(y_{s,max} - y_{s,min})$ skal være mindre end 30% af den højeste SRM værdi. Metode d er ikke helt identisk med metode b i EN 14181, idet EN 16911-2 foreskriver regression tvunget gennem nulpunktet eller laveste referencepunkt, hvor metode b forskriver anvendelse af tyngdepunktet i stedet for regression). Hældningen beregnes forskelligt ved de to metoder (gælder ikke for mA signaler):

- metode b: $hældning = \frac{\bar{y}}{\bar{x}}, skæring = 0{,}0$
- metode d: $hældning = \frac{\sum x \cdot y}{\sum x^2}, skæring = 0{,}0$

Når laveste referencepunkt ikke er nul, kan hældningen findes ved at fratrække værdien for laveste referencepunkt fra samtlige SRM og AMS data og derefter beregne hældningen.
For flow-AMS skal det testes om den lineære funktion har en R^2 som er større end 0,9. Hvis det er tilfældet må den polynomiske eller lineære funktion, der giver det bedste fit (højeste R^2) anvendes. Der er generelt frit valg blot variabilitetstesten bestås. R^2 testen er dermed vejledende. Hvis den polynomiske funktion anvendes skal anvisningerne i EN 16911, annex D følges. Af praktiske årsager bør den polynomiske grad ikke overstige 3. EN 16911-2 anfører ikke, at eksempelvis den polynomiske metode, skal vælges i visse situationer. I stedet lægges der op til en ingeniørmæssig vurdering for valg af metode. Den polynomiske funktion bør kun vælges såfremt et plot af datasæt antyder at AMS ikke er lineær.

Når $(y_{s,max} - y_{s,min})$ er større end 30% af den højeste SRM værdi må funktionen alligevel tvinges gennem nulpunkt eller laveste referencepunkt, forudsat at R^2 er større end 0,9 og variabilitetstesten bestås.

PEMS-boks 4 (alternative metoder som erstatning for NO_X-AMS)
Metode c kan ikke anvendes for PEMS. Metode a og b må gerne anvendes.
Der henvises generelt til Bilag B som indeholder en mere detaljeret beskrivelse af QAL2 for PEMS.

11.5.6 Gyldigt kalibreringsinterval

Kalibreringsfunktionen gælder indenfor det gyldige kalibreringsinterval, som er det største af intervallerne:

- Fra nul til 1,1 gange den maksimale AMS-værdi (kalibreret og normaliseret) fra QAL2 $[0\,;1{,}1 \cdot \hat{y}_{s,max}]$
- Fra nul til 20% af ELV. $[0\,;20\%\ af\ ELV]$
    - Der tages udgangspunkt i den ELV som benyttes til beregning af kvalitetskravet (se endvidere kapitel 9.2).

Der henvises til Anbefaling 20 vedr. kvalitetskrav og ELV for CO_2.

Info-boks 21:
Ved anvendelse af metode c, hvor der indgår en værdi fra referencematerialer i nærheden af ELV, kan denne værdi ikke lægges til grund for beregning af det gyldige kalibreringsinterval.

Støv-AMS boks 6:
For støv-AMS må det gyldige kalibreringsinterval udvides til 50% af ELV hvis der er etableret en lineær kalibreringsfunktion ved anvendelse af metode a, og hvis kalibreringsfunktionen har en R^2 som er større end 0,8.
Ved metode b og c for støv-AMS anvendes den generelle regel om gyldigt kalibreringsinterval som anført i starten af kapitel 11.5.6 samt i Info-boks 21.

Flow-AMS boks 6:
For flow-AMS er det gyldige kalibreringsinterval fra målerens laveste test punkt ved funktionstesten eller nul hvis måleren kan måle nul til 1,2 gange $\hat{y}_{s,\max}$. 1,2 gange $\hat{y}_{s,\max}$ (fra QAL2) benyttes, både ved QAL2 og AST, desuden som surrogat for ELV, der ikke er foreskrevet for flow.

I praksis er den nedre ende af det gyldige kalibreringsinterval uden betydning, da anlæg med AMS aldrig vil operere ved et så lavt flow at der kan være konflikt med den nedre ende af intervallet.

Det anbefales, at det gyldige kalibreringsinterval generelt kan rapporteres som startende fra nul.

Vær opmærksom på, at for flow-AMS er enheden for det gyldige kalibreringsinterval ikke defineret. Det gyldige kalibreringsinterval for flow kan således opgives i den enhed som AMS måler i (fx m/s) eller omregnet til den enhed, som flow rapporteres i (fx m³(n,t)/h). Ved evt. omregning benyttes middelværdier af fugt, temperatur og tryk fra QAL2/AST.

PEMS-boks 5 (alternative metoder som erstatning for NO_x-AMS)
Det gyldige kalibreringsinterval fra QAL2 beregnes og rapporteres som for gas-AMS.

Opmærksomheden henledes på at det gyldige kalibreringsinterval der anvendes på anlægget ikke må overskride gyldighedsvurderingen af modellen (det validerede driftsområde) fra QAL1.

Der henvises generelt til Bilag B som indeholder en mere detaljeret beskrivelse af QAL2 for PEMS.

11.5.7 Beregning af variabilitet ved QAL2

Til kontrol af om AMS overholder kvalitetskravet, anvendes variabiliteten. Til beregning af variabiliteten anvendes parallelmålingerne samt kalibreringsfunktionen. Vær opmærksom på at variabilitetstesten IKKE omfatter datasæt fra referencematerialer (metode c).

Flow-AMS boks 7:
Godheden for flow-AMS er i standarden fastsat til 7,84% af det gyldige kalibreringsinterval. Kvalitetskravet er dermed 7,84% af det gyldige kalibreringsinterval (1,2 gange $\hat{y}_{s,max}$). I flowstandarden angivet ved σ_0 = 4%, som ganget med 1,96 giver 7,84).

Ved variabilitetstesten skal alle værdier (kvalitetskravet og SRM og kalibrerede AMS-værdier) omregnes til referencetilstand.

En AMS måler ikke ved referencetilstand (korrektion for O_2 og evt. H_2O, temperatur og tryk mangler), og det er derfor nødvendigt at omregne både de kalibrerede AMS- og SRM-resultaterne til referencetilstand:

- AMS omregnes vha. af de målinger af eller værdier for perifere parametre, der normalt anvendes i forbindelse med anlæggets beregning af emission ved referencetilstand. Standarden anbefaler, at de perifere AMS-parametre temperatur, tryk, O_2 eller H_2O kan erstattes af perifere SRM-parametre[27] i variabilitetstesten, hvis en fejlagtig perifer AMS er skyld i en dumpet forureningsparameter. Anvendes SRM perifere værdier skal den erstattede perifere AMS hurtigst mulig bringes i orden. Det skal

[27] I tidligere version af MEL-16 stod der "kalibreres med" i stedet for "erstattes af". Det har samme effekt på testen, men "erstattes af" er mere i tråd med teksten i standarden.

anføres i rapporten at der er anvendt SRM perifere værdier og at de perifere AMS skal bringes i orden.

- EN 14181 stiller ikke krav om test af perifere parametre eller beregning af kalibreringsfunktion for perifere parametre. Dermed er der ikke krav i standarden om at kalibreringsfunktionen for perifere parametre skal implementeres i DAHS.
- SRM-resultater omregnes vha. målinger af SRM målte perifere parametre.

Anbefaling 19:
Det anbefales, at kalibreringsfunktionen for perifere parametre ikke implementeres på anlægget. I stedet anbefales det, at såfremt følgende AST test ikke kan bestås bør de perifere AMS hurtigst mulig bringes i orden.

Følgende test anbefales udført for de perifere parametre O_2 og H_2O ved hver QAL2 eller AST:
Der gennemføres en AST-test på baggrund parallelmålingerne af O_2 og H_2O, idet testen udføres overfor kalibreringsfunktionen y=x og med de anbefalede kvalitetskrav som anført i Anbefaling 20.
Ved at indføre denne test bliver det synligt for både anlæg og myndighed om der er et problem, som skal håndteres.

Anbefaling 20:
Ved den anbefalede AST-test for O_2 og H_2O (se Anbefaling 19) eller ved QAL2 eller AST for CO_2 anbefales følgende absolutte kvalitetskrav anvendt:

- O_2 og CO_2: 1 vol %
- H_2O: 3 vol %

Information: Vedr. QAL2 eller AST for CO_2, så anfører Kommissionens gennemførelsesforordning (EU) 2018/2066 af 19. december 2018, artikel 60, at den årlige gennemsnitlige timekoncentration af CO_2 skal anvendes som erstatning for ELV, men der angives ikke en godhedsprocent.

Der henvises endvidere til nyeste lovgivning vedr. afgiftsberegning, som kan fastsætte specifikke kvalitetskrav og ELV for CO_2.

Variabiliteten er et mål for spredningen mellem de parvise sæt af værdier for den kalibrerede AMS-måling omsat til referencetilstand ($\hat{y}_{i,s}$) og den tilhørende SRM-måling ved samme tilstand ($y_{i,s}$):

$$D_i = y_{i,s} - \hat{y}_{i,s}$$

$$\overline{D} = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^{N} D_i$$

hvor N er antallet af parallelmålinger (≥ 15)

$$s_D = \sqrt{\frac{1}{N-1} \cdot \sum_{i=1}^{N} (D_i - \overline{D})^2}$$

Variabiliteten (s_D) skal være mindre end kvalitetskravet ($\sigma_0 = P \cdot \frac{ELV}{1{,}96}$):

$$s_D \leq \sigma_0 \cdot k_v$$

hvor

P	er godhedsprocenten.
k_v	er en statistisk parameter, der afhænger af antallet af parallelmålinger. k_v kan slås op i standarden (Annex J).

Hg-AMS boks 4
Når middel af alle SRM måleresultater er mindre end 2,5 µg/m³ (ved referencetilstand) kan kriteriet ændres til følgende: $s_D \leq 0{,}5\ \mu g/m^3$ (ved referencetilstand).

Info-boks 22:
Vær opmærksom på at kvalitetskravet er ens i hele måleintervallet og angivet som en procent af grænseværdien, hvilket i praksis betyder at hvis der er emissioner væsentlig over grænseværdien under kalibreringen kan det medføre at AMS ikke består variabilitetstesten på trods af at AMS er velfungerende. Ekstreme driftssituationer under QAL2 med henblik på at udvide det gyldige kalibreringsinterval kan altså ikke anbefales generelt. Tilsvarende, vil en AMS der måler værdier væsentligt under kvalitetskravet ved QAL2, med stor sandsynlighed bestå variabilitetstesten uanset AMS'ens kvalitet.

11.6 QAL2 rapport

Den akkrediterede målerapport skal som minimum indeholde:

1. beskrivelse af anlæg og målested
2. anlæggets driftstilstand, herunder anvendt brændsel
3. navne på målefirma og personer der har udført testen
4. beskrivelse af AMS, princip, type, måleinterval og placering
5. beskrivelse af SRM, princip, type, måleinterval, repeterbarhed eller usikkerhed og reference til anvendt standard
6. dato og tidspunkt for parallelmålinger
7. detaljerede oplysninger om alle måleværdier for AMS og SRM
8. kalibreringsfunktion, metode til bestemmelse af kalibreringsfunktion, gyldigt kalibreringsinterval samt alle de data som indgår i beregning af kalibreringsfunktionen og variabilitetstesten
9. et x-y plot af parallelmålingerne inklusive det gyldige kalibreringsinterval
    a. Da plottet skal være ved AMS enhed og konditioner og det gyldige kalibreringsinterval er ved ELV enhed og konditioner er det nødvendigt at omregne det gyldigt kalibreringsinterval til AMS-enhed og konditioner i plottet[28]
10. eventuelle outliere skal rapporteres i x-y plottet og metoden til at identificere outliere skal rapporteres

[28] Det gyldige kalibreringsinterval i AMS-enhed er en tilnærmet værdi, da det er nødvendigt at midle de perifere værdier inden beregning.

11. alle afvigelser fra standarden, og deres mulige indflydelse på de opnåede resultater
12. resultatet af funktionstesten (funktionstestrapporten bør vedlægges QAL2 rapporten fx som bilag)

Flow-AMS boks 8:
EN 16911-2 indeholder specifikke rapporteringskrav ud over dem som er angivet i EN 14181:

- Forskellen på det SRM-målte kanalareal og det AMS anvendte kanalareal skal rapporteres og hvis forskellen er betydende, bør AMS anvendt kanalareal ændres.
    - Hvis AMS kalibreringsfunktion er i hastighed kan arealet ændres efter QAL2 beregningerne, da arealet ikke har indflydelse på dem.
    - Hvis AMS kalibreringsfunktion er i flow (fx m^3/h) baseret på hastighed gange areal, så skal AMS data genberegnes med nyt areal inden QAL2 beregningerne gennemføres. Målefirmaet kan udføre denne genberegning af AMS-data.
- Hastighedsprofiler for hver enkelt måling skal plottes og evalueres. Ændringer i hastighedsprofilen er den væsentligste faktor til systematisk usikkerhed.
- En vurdering af den totale systematiske usikkerhed.

Anbefaling 21:
Anlægget bør implementere den nye kalibreringsfunktion og det gyldige kalibreringsinterval fra QAL2, når de modtager endelig rapport herom fra det akkrediterede laboratorium. Indtil den nye rapport modtages af anlægget, er det den gamle kalibreringsfunktion og kalibreringsinterval, der er gældende. Indtil første QAL2 foreligger, kan der rapporteres efter AMS "fabriksindstilling".
Finder man efterfølgende en fejl i kalibreringsfunktionen eller det gyldige kalibreringsinterval, bør anlægget implementere det nye, når de modtager endelig rapport herom fra det akkrediterede laboratorium. Anlægget er ikke ansvarlig for evt. fejlkonklusioner i forhold til grænseværdikrav, som følge af fejl begået af det akkrediterede laboratorium.
Såfremt der findes fejl i QAL2 rapporten, bør anlægget genberegne data fra den dato, hvor den forkerte funktion eller kalibreringsinterval blev implementeret.

Info-boks 23:
Vedr. anvendelsen af kalibreringsfunktionen.
Kapitel 6.1 i EN 14181 indeholder en note (en note i en standard er udelukkende informativ): som angiver at det i visse EU-medlemslande tillades, at den eksisterende QAL2 kalibreringsfunktion kan fastholdes uændret efter en ny QAL2, såfremt det kan bevises, at der ikke er signifikant forskel mellem den eksisterende og den nye QAL2 kalibreringsfunktion. Noten angiver desuden at tilladelse til denne fremgangsmåde sker efter individuel accept fra de lokale myndigheder.
Miljøstyrelsen ønsker ikke at notens forslag kan anvendes i Danmark, og fastholder at kalibreringsfunktionen fra QAL2, som det hidtil har været praksis i Danmark, skal anvendes.

12 QAL3

QAL3 omfatter anlæggets egenkontrol af AMS med fx. kalibreringsgasser. Ud fra oplysninger om AMS'ens kvalitet (fra QAL1) og statistiske kontrolkort[29] beregnes AMS'ens stabilitet.

[29] Kontrolkort er et statistisk værktøj der benyttes til at kontrollere om en serie data er i statistisk kontrol eller ej.

12.1 Baggrund og formål med QAL3

Formålet med QAL3 er at fastholde og demonstrere AMS'ens kvalitet, så AMS'en fortsat fungerer som da den blev installeret og QAL2 kalibreret. Dette opnås ved at kontrollere om de tilfældige afvigelser bestemt under QAL1 er under kontrol og om de systematiske afvigelser med tiden bliver for store.

Ved QAL3 testes målerens respons på referencematerialer med en vis hyppighed og data behandles i statistiske kontrolkort.

En AMS kan drive eller blive mindre præcis under brug.

- Drift eller ustabilitet kan fx skyldes sværtning af optiske filtre, gradvis nedbrydning af komponenter eller tilstopning af filtre. Disse ændringer medfører systematiske afvigelser i AMS-data.
    - Systematiske afvigelser kan ved hyppig QAL3 og ved brug af avancerede kontrolkort justeres ved QAL3.
- AMS kan også have kortvarige ændringer i stabilitet og præcision fx pga. ændringer i omgivelsestemperaturen. Disse variationer medfører tilfældige afvigelser i AMS-data.
    - Størrelsesordenen for de tilfældige afvigelser estimeres under QAL1 og kan og bør ikke justeres ved QAL3. Tilfældige afvigelser kontrolleres ved QAL2/AST, hvor de kontrolleres overfor kvalitetskravet (variabilitetstesten).

12.2 Hvad er QAL3?

QAL 3 er en løbende kontrol af om AMS kan levere resultater som lever op til kvalitetskravet.

Til det formål skal man med jævne mellemrum teste AMS'ens udslag ved AMS-nulpunkt og ved et referencepunkt som normalt vil ligge omkring 80% af måleintervallet. AMS-udslag testes med et referencemateriale, som fx kan være en testgas, optiske filtre eller for flowmåling statisk tryk eller en kendt tidsforsinkelse.

QAL3 kan gennemføres automatisk (internt i måleren) eller manuelt (eksternt) og data skal registreres i kontrolkort. Registrering og dokumentation skal kunne fremvises for tilsynsmyndigheden.

Der anvendes QAL3 grænseværdier (kontrolkortgrænser), som QAL3 målingerne sammenholdes med.

Overskridelse af QAL3 grænseværdierne fører til enten:

- ved anvendelse af simple kontrolkort:
    - en eller anden form for service af AMS, eller
- ved anvendelse af de avancerede kontrolkort (fx CUSUM kontrolkort):
    - mulighed for at justere AMS for systematiske fejl
    - en eller anden form for service af AMS, når afvigelserne bliver for store og ikke kan justeres

12.3 QAL3 metoder

EN 14181 giver mulighed for at QAL3 udføres som en af følgende metoder:

- Automatisk QAL3
    - hvis AMS'ens interne nul og span kontroller er certificeret som QAL3 godkendte, kan disse automatiske nul og span kontroller benyttes til QAL3 formål. Alt QAL3 arbejde inklusive anvendelse af kontrolkort, justeringer, alarmer for service etc. samt registrering og dokumentation for QAL3, håndteres enten internt i måleren eller i DAHS.
- Manuel QAL3
    - QAL3 udføres manuelt med referencematerialer som beskrevet i kapitel 12.5.

Måledata og alarmer fra QAL3 skal være tilgængelige for inspektion af tilsynsmyndigheder og ved funktionstesten, hvor der skal gennemføres audit af QAL3.

Metoden, der anvendes til QAL3 skal enten:

a) bestemme den kombinerede drift og præcision ved at sammenholde nul og spanpunkt målinger med en fast grænse (simple kontrolkort som fx Shewhart kontrolkort), eller
b) bestemme drift og præcision hver for sig ved at se på den statistiske udvikling af AMS over tid (avancerede kontrolkort som fx CUSUM eller EWMA kontrolkort)

Metode a) tillader ikke muligheden for en ekstern justering af måleren, når det viser sig at den er ude af kontrol.
Metode b) er mere sofistikeret og giver mulighed for at bestemme drift og præcision hver for sig. Metoden giver også mulighed for at bestemme om, og hvor meget henholdsvis nul og span skal justeres.

Standarden har eksempler på 3 slags kontrolkort i bilag C: Shewhart, EWMA og CUSUM.

Info-boks 24:
Avancerede kontrolkort ser på den statistiske udvikling over tid og skønner om instrumentet er drevet utilladeligt meget (systematisk afvigelse), eller instrumentet ikke længere har den målepræcision, det engang havde (tilfældige afvigelser). Hvis denne metode anvendes, kan man ved drift justere instrumentet "tilbage", og ved forøget måleusikkerhed, tilkalde service. Avancerede kontrolkort kræver principielt hyppigere nul og spankontrol end simple kontrolkort, når justeringsmuligheden benyttes.
Ved få QAL3 i perioden mellem to funktionstest kan man ikke tale om statistisk behandling. EN 14181 kræver dog at der anvendes kontrolkort, som så i praksis blot benyttes til at dokumentere QAL3.

Anlægsejeren skal have en procedure[30], der beskriver hvordan:

- nul og span værdier måles
- disse værdier plottes i kontrolkort
- kontrolkortene benyttes til at bestemme
    - om der er systematiske afvigelser
    - om de tilfældige afvigelser bliver for store
    - om de tilfældige afvigelser ligger inden for kontrolkort grænserne, og dermed skal ignoreres.
- hvordan alarmer og overskridelser håndteres, herunder hvilke handlinger der skal udføres ved alarmer eller overskridelser

[30] Hvis der QAL3 udføres automatisk skal proceduren for dette beskrives (vil sandsynligvis være beskrevet i dokumentationen for instrumentet).

Info-boks 25:
I gasmotorbekendtgørelsen og standardvilkår for listepunkt G 201 i standardvilkårsbekendtgørelsen er kravet til QAL3 for AMS reduceret. I disse regler erstattes QAL3 af følgende krav:

- AMS efterses og justeres med kalibreringsgasser efter leverandørens anvisninger.

Bemærk, pr. 1. januar 2025 bliver særskilte fyringsanlæg med en nominel indfyret termisk effekt større end 5 MW, som før denne dato har være omfattet af standardvilkår for listepunkt G201 og gasmotorbekendtgørelsen, omfattet af bekendtgørelsen om miljøkrav for mellemstore fyringsanlæg, herunder bekendtgørelses krav til kontinuerlig måling (AMS) og kvalitetssikring af AMS.

Se endvidere Info-boks 16 om krav til kvalitetssikring af NO_X-AMS omfattet af NO_X-afgiftsbekendtgørelsen.

PEMS-boks 6 (alternative metoder som erstatning for NO_X-AMS)
QAL3 er væsentlig forskellig for PEMS og der henvises generelt til Bilag B som indeholder en mere detaljeret beskrivelse af funktionstest for PEMS.

12.4 Kontrolkort grænser, QAL3

Kontrolkort grænser kan fastsættes på baggrund af S_{AMS} eller med udgangspunkt i kvalitetskravet.

Kontrolkort grænser er baseret på usikkerhedsberegninger og er derfor et estimat. Grænserne skal således optimeres over tid i en iterativ proces.
S_{AMS} beregnes ved både nul og span værdi ud fra QAL1 oplysningerne, anlægsspecifikke oplysninger og følgende formel:

$$S_{\mathrm{AMS}} = \sqrt{\mathrm{u}_{\mathrm{usta}}^2 + \mathrm{u}_{\mathrm{temp}}^2 + \mathrm{u}_{\mathrm{volt}}^2 + \mathrm{u}_{\mathrm{tryk}}^2 + \mathrm{u}_{\mathrm{andre}}^2}$$ hvor,

u_{usta} er målerens generelle ustabilitet (eng.: instability)
u_{temp} er variationer, der skyldes ændringer i omgivelsestemperatur
u_{volt} er variationer fra ændringer i spændingen på strømforsyningen
u_{tryk} er variationer fra forskelle i atmosfæretrykket
u_{andre} er bidrag fra andre kilder

Usikkerhedsbidragene kan være større eller mindre i den aktuelle installation og kun de usikkerhedsbidrag der vedrører QAL3 skal medregnes. Den relative totale ekspanderede usikkerhed, som kan findes i QAL1 rapporten for AMS er ikke S_{AMS}.

Bilag F i EN 14181 indeholder et eksempel på beregning af s_{AMS} ved nul og spanpunkt.

Kontrolkortgrænse	Baseret på QAL1	Baseret på kvalitetskravet
Advarselsgrænse	$\pm\, s_{AMS}$	± 25% af kvalitetskravet
Alarmgrænse	$\pm\, 2 \cdot s_{AMS}$	± 50% af kvalitetskravet

Tabel 3 Kontrolkortgrænser

Anbefaling 22:
Standarden skriver ikke direkte at man må benytte 25% af kvalitetskravet som erstatning for S_{AMS} ved anvendelse af avancerede kontrolkort. Det anbefales at kontrolkortgrænserne fra Tabel 3 kan benyttes for alle typer af kontrolkort. Da anlægsspecifikke usikkerheder kan være svære at skaffe, anbefales det at definere kontrolkortgrænser ud fra kvalitetskravet som anført i Tabel 3.

Info-boks 26:
Usikkerheder angives normalt i to niveauer:

- Standard usikkerhed: k=1 eller ca. 66,7% konfidensinterval
  - S_{AMS} er ved k=1
- Ekspanderet usikkerhed: k=2 eller 95% konfidensinterval
  - kvalitetskravet er ved k=2

Der er en faktor 2 (reelt 1,96) mellem k=1 og k=2.

12.5 Nul og span kontrol ved QAL3

Der må anvendes testgasser og referencematerialer til nul og span kontrol. Referencematerialer og QAL3 procedurer der er valideret i QAL1 certificeringsprocessen må anvendes.

Nul- og span-kontrol skal udføres for alle primære parametre, også hvis det er tale om en multikomponent monitor.

Anbefaling 23:
Eksisterende AMS der ikke er certificeret efter EN 15267-3 kan anvende leverandørens anbefalede referencematerialer i AMS'ens restlevetid.

Hg-AMS boks 5
Anvendes Hg-generatorer, som ikke er integreret i AMS, skal det sikres at generatorens set-punkt og ydelse er konsistent over tid. Dermed sikres konsistens i QAL3-testen over tid.

Kontrolkort kræver regelmæssig og idealt set hyppige nul og span kontroller. AMS'ens vedligeholdelsesinterval[31] er minimum hyppighed for nul og span kontroller.

AMS der ikke er certificeret i henhold til EN 15267-3 skal udføre nul og span kontrol mindst en gang hver 4 uge. Hyppigheden kan nedsættes hvis:

- AMS hyppigt udfører interne kontroller, som giver alarmer om de mest sandsynlige instrumentfejl eller komponentfejl
- For alle AMS (både certificerede og ikke certificerede) kan hyppigheden for nul og span kontrol nedsættes til en gang pr. år såfremt anlægget driver to uafhængige parallelle AMS med uafhængige samplesystemer[32]. Det anbefales, men er ikke et krav, at der også er uafhængige perifere AMS'er.
  - anlægget registrerer forskellen mellem de to AMS kontinuerligt. Hvis differencen mellem fem fortløbende korttidsmiddelværdier overstiger 5% af korttids ELV gives der alarm.

[31] Defineret ved AMS'ens performance test.
[32] To uafhængige AMS-systemer kaldes også redundante AMS.

- Såfremt 5% kravet ikke er opfyldt skal normale QAL3 procedurer startes umiddelbart efter hændelsen, eller der skal udføres service på AMS, hvorefter den fortløbende kontrol af differencen kan genoptages.
- Hvis den ene af de redundante AMS ikke leverer data i mere end 2 uger eller halvdelen af det certificerede vedligeholdelsesinterval, skal normale QAL3 procedurer opstartes umiddelbart efter. Når begge AMS igen er i drift kan den fortløbende kontrol af differencen genoptages.

Info-boks 27:
For AMS med automatisk nul- og spanpunktsjustering bør nul og span kontrol ved QAL3 gennemføres i den sidste halvdel af perioden mellem to automatiske justeringer. Hvis nul og span kontrol ved QAL3 udføres umiddelbart efter automatisk justering har QAL3 ingen værdi. Hvis nul og span kontrollen derimod udføres umiddelbart FØR den automatiske justering, vil kontrollen vise den eventuelle drift over fx et døgn. Ovenstående er ikke relevant for automatisk QAL3 og for støvmålere der har en meget hyppig autojustering.

Anbefaling 24:
Span måling for HF kan undlades, da det er vanskeligt at skaffe en certificeret kalibreringsgas.

Det er anlægsejerens ansvar at sikre at interne kontroller fungerer og at personalet er klar over betydningen af alarmerne. Der skal reageres på instrument fejl mellem to nul og span kontroller.

12.5.1 Ekstraktiv gas AMS, QAL3

Nul og span kontroller for ekstraktive gas AMS kan udføres med følgende metoder:

- med anvendelse af testgasser
  - standarden anbefaler at injicere gassen gennem samplesystemet, men tillader at gassen injiceres tæt på monitoren, for at spare AMS udetid og gas (relevant ved lange sampleslanger).
- med anvendelse af referencematerialer (som ikke er testgasser)
  - de anvendte referencematerialer skal være certificeret i QAL1 som godkendte til QAL3 i henhold til EN 15267-3

12.5.2 Non ekstraktiv gas AMS (in-situ AMS), QAL3

Nul og span kontrollerer for non ekstraktiv gas AMS kan udføres med følgende metoder:

- med anvendelse af testgasser
  - visse AMS har en indbygget mulighed for at injicere test gas, som kan benyttes
  - alternativt kan AMS demonteres og placeres i en testbænk (hyppig demontering af AMS kan dog ikke anbefales)
- Med anvendelse af referencematerialer (som ikke er testgasser)
  - anvendelsen af referencematerialerne skal være certificeret som QAL3 godkendte i henhold til EN 15267-3. Referencematerialer kan være optiske filtre eller cuvetter med permanent indkapslet testgas, som oftest er velegnet til automatisk QAL3.

12.5.3 Støv-AMS, QAL3

Nul og span kontroller med støv-AMS udføres normalt ved anvendelse af referencematerialer, som fx optiske filtre. Anvendelsen af referencematerialerne skal være certificeret som QAL3 godkendte i henhold til EN 15267-3

12.5.4 Flow-AMS, QAL3

Flow-AMS boks 9:
Flow-AMS skal udføre QAL3 i henhold til EN 14181 med følgende tilføjelse:

- QAL3 interne referencepunktmålinger skal udføres med en hyppighed, som svarer til vedligeholdelses-intervallet (fra certificeringen i henhold til EN 15267-3)

12.6 Dokumentation af kontrolkort, QAL3

Beregningerne i kontrolkortene skal udføres i henhold til standarden og være fuldt dokumenteret. Samtlige data fra kontroller og eventuelle justeringer etc. skal arkiveres og være tilgængelige ved næste AST eller QAL2 funktionstest.

13 AST – årlig kontrol af AMS og kalibreringsfunktion

AST (Annual Surveillance Test) udføres årligt i de år, hvor der ikke udføres en QAL2. AST består af en funktionstest samt en serie parallelmålinger.

AST'en har til formål at eftervise QAL2 kalibreringsfunktionen fortsat er gyldig samt at teste AMS måleevne (variabilitetstesten). Ved en bestået AST kan det gyldige kalibreringsinterval udvides med de aktuelle AST parallelmålinger.

PEMS-boks 7 (alternative metoder som erstatning for NO_X-AMS):
Ved PEMS er intern kalibrering af PEMS-modellen tilladt. Hvis der er udført intern kalibrering af PEMS ved sidste QAL2, skal kalibreringsfunktionen y=x testes i stedet for den kalibreringsfunktion der fremgår af sidste QAL2 rapport.

Der henvises generelt til Bilag B som indeholder en mere detaljeret beskrivelse af QAL2 for PEMS.

AST minder i den praktiske udførelse meget om QAL2, blot med færre målinger og færre måledage samt en test af kalibreringsfunktionen i stedet for en egentlig kalibrering.

I dette kapitel beskrives procedurer etc. noget mere kortfattet end i QAL2 kapitlet (kapitel 11), idet der generelt henvises til dette kapitel.

13.1 AST funktionstest

Funktionstesten skal udføres inden parallelmålingerne gennemføres, og er i øvrigt identisk med QAL2 funktionstesten. Standarden anbefaler at der højest er en måned mellem funktionstest og parallelmålinger (se endvidere Anbefaling 12).

PEMS-boks 8 (alternative metoder som erstatning for NO_X-AMS):
Funktionstest ved AST er væsentlig forskellig for PEMS og der henvises generelt til Bilag B som indeholder en mere detaljeret beskrivelse af funktionstest for PEMS.

Info-boks 28:
I gasmotorbekendtgørelsen og standardvilkår for listepunkt G 201 i standardvilkårsbekendtgørelsen er der krav om, at AMS skal gennemgå en årlig kontrol og et årligt serviceeftersyn (funktionstest uden linearisering).

Se desuden Info-boks 16 om krav til kvalitetssikring af NO_X-AMS omfattet af NO_X-afgiftsbekendtgørelsen.

Bilag A indeholder en oversigt over funktionstestens procedurer inklusive eventuelle særregler for støv-AMS eller flow-AMS.

13.2 AST parallelmålinger med SRM

Der skal udføres minimum 5 sæt parallelle målinger mellem AMS og SRM. Disse kan udføres over en dag, og de skal være spredt jævnt ud over hele dagen. Det kan være nødvendigt at foretage mere end 5 sæt målinger for at have 5 gyldige målinger til kontrollen. Det er ikke i strid med standarden hvis AST parallelmålingerne strækker sig over flere dage, men det bør tilstræbes at de udføres over én dag. AST parallelmålinger udføres generelt efter samme regler som under QAL2.

Info-boks 29:
Hvis anlægget har afskæring af måleværdier (se afsnit 5.3) for en parameter, bør anlægsdriften under parallelmålinger sikre at afskæring er på et minimum.

Støv-AMS boks 7:
Hvis antallet af parallelmålinger ved sidste QAL2 var reduceret til fem stk., kan antallet af parallelmålinger ved AST reduceres til tre med samme midlingstid som blev anvendt ved QAL2.

Flow-AMS boks 10:
Antallet af parallelmålinger for flow afhænger af om der er udført den såkaldte forundersøgelse (se kapitel 7). Når forundersøgelsen er udført, og AMS er certificeret efter 15267-3, kan antallet reduceres fra 5 til 4 parallelmålinger.
NO_X afgiftsbekendtgørelsen, der er udkommet før flowstandarden udkom, kræver minimum 5 målinger og at principperne i EN 14181 følges.

Oversigt over antal parallelmålinger ved AST:

- Alm. AST: minimum 5 parallelmålinger
    - Gas-AMS: antallet kan ikke reduceres
    - Flow-AMS: antallet kan reduceres til 4 stk. når der er udført forundersøgelse og AMS er certificeret (EN-15267-3)
    - Støv-AMS: antallet kan reduceres til 3 stk. hvis antallet ved foregående QAL2 også var reduceret.

Midlingsstiden for SRM skal være identisk med midlingstiden for AMS, og parvis skal AMS- og SRM-målingen dække det samme tidsrum. Midlingstiden skal endvidere være identisk med midlingstiden ved sidste QAL2. Der skal være mindst en time mellem start af to målinger[33].

Anbefaling 25:
Hvis der ikke er problemer med at måle i detekterbare niveauer ved AST kan kravet om samme midlingstid som ved nyeste QAL2 fraviges.
Hvis midlingstiden ved QAL2 er forlænget af hensyn til at kunne måle i detekterbare niveauer bør der anvendes samme midlingstid ved AST.

Resultatet af SRM-målingen skal udtrykkes i samme tilstand som de ukorrigerede målinger fra AMS (dvs. hvis AMS måler vådt, skal SRM også angives i våd koncentration)[34].

Anbefaling 26:
I Anbefaling 10 anføres det, at både SRM og AMS-værdier ved QAL2 kan sættes til værdien nul, hvis SRM-resultatet er under detektionsgrænsen.
Ved AST kan det dog få den uheldige følge at kalibreringsfunktionen ikke kan godkendes, hvis QAL2-kalibreringsfunktionens skæring med y-aksen er af en vis størrelse.
Ved AST-beregningen anbefales det derfor at benytte værdier for detektionsgrænsen for SRM og de samhørende AMS-værdier.

AMS-resultaterne omsættes til kalibreret signal vha. kalibreringsfunktionen, der blev fastlagt ved sidste QAL2.

Dernæst kontrollerer man, at de værdier, der måles med AMS, ligger indenfor det gyldige kalibreringsinterval fra QAL2. Hvis værdierne ligger uden for det gyldige kalibreringsinterval og hvis kalibreringsfunktionen er gyldig og variabilitetstesten er bestået, kan myndigheden tillade, at det gyldige kalibreringsinterval udvides med resultater fra AST op til 1,1 gange den maksimale målte koncentration ved AST, dog ikke højere end 50% af ELV.

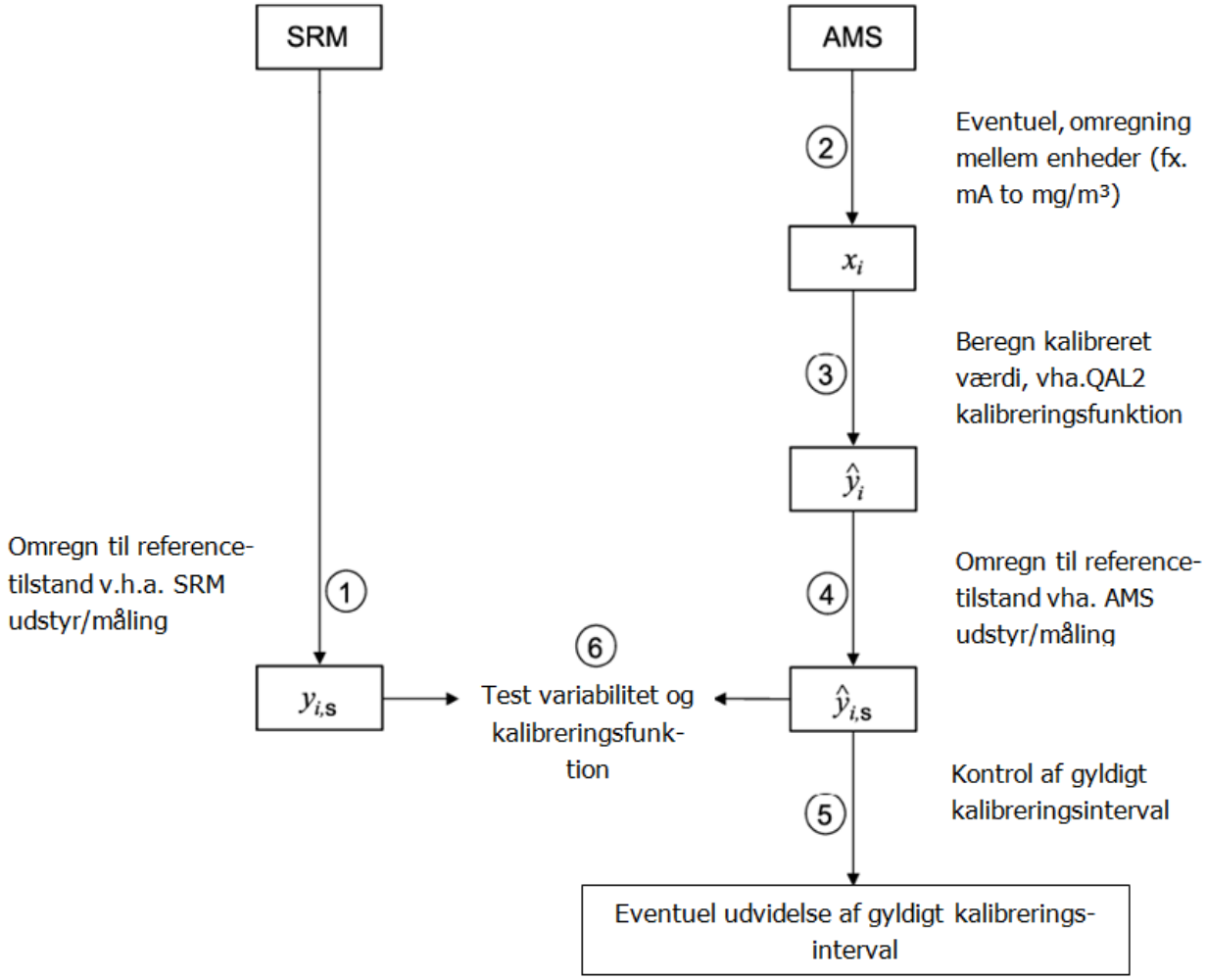
Anbefaling 27:
Det anbefales, at virksomheden ved hver AST vurderer behovet for at udvide det gyldige kalibreringsinterval for de enkelte stoffer. Det gyldige kalibreringsinterval kan udvides til den højeste målte koncentration under AST plus 10 %, dog ikke udover 50 % af ELV. Udvidelse af det gyldige kalibreringsinterval forudsætter tilsynsmyndighedens forudgående accept.

Flow-AMS boks 11:
For flow-AMS kan det gyldige kalibreringsinterval udvides til den højeste målte værdi under AST plus 20 %. Der er ingen begrænsning i udvidelsen.

Resultaterne fra AST må ikke anvendes til at beregne en ny kalibreringsfunktionen.

[33] Standarden siger at perioden mellem to målinger skal være længere end én time ved AST og ved QAL2 forlanges der mindst én time mellem to målinger. I praksis vurderes dette at være det samme.
[34] Beregning af SRM ved AMS-tilstand er et krav i standarden, men det er fx ikke nødvendigt at måle vand med SRM når SRM CO måler tørt for at kunne fortage test af kalibreringsfunktion og variabilitetstest, der udføres ved referencetilstand.

13.3 AST-databehandling



Figur 3 **Rækkefølgen af de enkelte trin i databehandlingen. Angivet med tal i cirkler. "Hatten" eller ^ over en værdi angiver, at der er tale om den kalibrerede værdi. $\hat{y}$ er således den kalibrerede AMS-værdi.**

Anbefaling 28:
følgende anbefaling findes kun i standardens afsnit om QAL2, men bør også gælde for AST:
AMS omregnes vha. af de målinger af eller værdier for perifere parametre, der normalt anvendes i forbindelse med anlæggets beregning af emission ved referencetilstand. Standarden anbefaler, at de perifere AMS-parametre temperatur, tryk, O_2 eller H_2O kan erstattes af perifere SRM-parametre hvis en fejlagtig perifer AMS er skyld i en dumpet forureningsparameter. Anvendes SRM perifere værdier skal den erstattede perifere AMS hurtigst mulig bringes i orden.

Anbefaling 29:
Denne anbefaling er en gentagelse af dele af Anbefaling 19 fra QAL2 kapitlet.

Følgende test anbefales udført for de perifere parametre O_2 og H_2O ved hver QAL2 eller AST:
Der gennemføres en AST-test på baggrund parallelmålingerne af O_2 og H_2O, idet testen udføres overfor kalibreringsfunktionen y=x og med de anbefalede kvalitetskrav som anført i Anbefaling 20.
Ved at indføre denne test bliver det synligt for både anlæg og myndighed om der evt. er et problem med disse perifere parametre.

13.3.1 AST variabilitetstest

Variabilitetstesten udføres på samme måde som beskrevet under QAL2 (kapitel 11) med følgende modifikation:

Variabiliteten (s_D) skal under AST være mindre end kvalitetskravet[35] ($\sigma_0 = P \cdot \frac{ELV}{1{,}96}$) ganget med 1,5:

$$s_D \leq 1{,}5 \cdot \sigma_0 \cdot k_v$$

Info-boks 30:
Faktoren 1,5 kompenserer for at k_v er mindre, samt at sandsynligheden for at tilfældige udsving påvirker spredningen (S_D), så den sandsynligvis er større ved en AST end ved en QAL2.

Hg-AMS boks 6
Når middel af alle SRM måleresultater er mindre end 2,5 µg/m³ (ved referencetilstand) kan kriteriet ændres til følgende: $s_D \leq 0{,}5\ \mu g/m^3$ (ved referencetilstand).

13.3.2 Test af QAL2 kalibreringsfunktion

De samme måleresultater bruges til at teste, om kalibreringsfunktionen for AMS, der blev fastlagt i forbindelse med sidste QAL2, fortsat er gyldig.

Kalibreringsfunktionen fra QAL2 er fortsat gyldig såfremt:

$$|\bar{D}| \leq t_{0,95}(N-1) \cdot \frac{s_D}{\sqrt{N}} + \sigma_0$$

hvor

$t_{0,95}(N-1)$	er en statistisk parameter, der afhænger af antallet af parallelmålinger (N). Kan slås op i standarden (Annex J)
$\lvert\bar{D}\rvert\ og\ s_D\ og\ \sigma_0$	er beskrevet og beregnet i QAL2 kapitlet (kapitel 11)

Hg-AMS boks 7
Når middel af alle SRM måleresultater er mindre end 2,5 µg/m³ (ved referencetilstand) kan kriteriet ændres til følgende: $|D| \leq 0{,}5\ \mu g/m^3$ (ved referencetilstand).

[35] Som surrogat for ELV for flow-AMS anvendes 1,2 gange $\hat{y}$ (s, max) fra QAL2 som beskrevet i afsnit 0.

13.3.3 AST-testresultat

Såfremt AMS dumper ved enten variabilitetstest eller test af kalibreringsfunktion skal årsagen identificeres og udbedres, hvorefter der skal udføres og implementeres en ny QAL2 indenfor 6 måneder fra måletidspunkt.

13.4 AST-rapport

Rapporten skal som minimum indeholde:

1. beskrivelse af anlæg og målested
2. beskrivelse af AMS, princip, type, måleinterval og placering
3. beskrivelse af SRM, princip, type, måleinterval, repeterbarhed eller usikkerhed
4. dato og tidspunkt for parallelmålinger
5. QAL2 kalibreringsfunktionen og gyldigt kalibreringsinterval (hvis udvidet under AST, angives det nye)
6. resultater fra AST, herunder testresultater fra variabilitetstesten og test af kalibreringsfunktion
7. et x-y plot af parallelmålingerne inklusive kalibreringsfunktionen og det gyldige kalibreringsinterval
8. eventuelle outliere skal rapporteres i x-y plottet og metoden til at identificere outliere skal rapporteres
9. alle afvigelser fra standarden, og deres mulige indflydelse på de opnåede resultater
10. resultat af funktionstesten (funktionstestrapporten bør vedlægges AST rapporten fx som bilag)

Bilag A QAL2 og AST funktionstest

Dette bilag indeholder en beskrivelse af hvad en funktionstest bør og skal indeholde. I kapitlerne 11.2 og 13.1 er funktionstesten beskrevet generelt.

Ekstraktiv AMS	En AMS der har sin detektionsenhed fysisk adskilt fra røggassen vha. et udtagssystem.
Non ekstraktiv AMS	En AMS der bruger gasstrømmen eller dele deraf som detektionsenhed. Også kaldet in-situ AMS.

Aktivitet	QAL2 og AST funktionstest		
Instrument	Ekstraktiv	Non-ekstraktiv/ In-situ	Flow
Opretning og renlighed af optiske grænseflader		X	
Samplesystem/Udtagssystem	X		
Dokumentation og optegnelser	X	X	X
Servicerbarhed	X	X	X
Læktest	X		X
Nul og span check	X	X	X
Linearitet	X	X	X
Interferenser (krydsfølsomheder)	X	X	
Nul- og spandrift (QAL3 audit)	X	X	X
Responstid	X	X	X
Rapport	X	X	X

Tabel 4 Oversigt over funktionstestens indhold. Ikke alle krydser er relevante for alle typer målere (fx er læktest for en ultralyds flowmåler ikke relevant).

Funktionstesten for QAL2 og AST er ens og begge omfatter punkterne linearitet og interferenser.

Indholdet af de enkelte aktiviteter er beskrevet i standarden, men i det følgende er de punkter, hvor det er relevant med en anbefaling eller information, nævnt.

Støv-AMS boks 8:
Der skal udføres funktionstest for støv-AMS. Det er dog ikke alle punkter i funktionstesten (eksempelvis interferenser) der er relevante for støv-AMS.

Linearitetstest og nul og span kontroller skal udføres med surrogat referencematerialer som er godkendt til formålet ved QAL1 (EN 15267-3). Hvis støv-AMS ikke er certificeret efter EN 13267-3 kan leverandørens anbefalede surrogat referencematerialer anvendes.

Der skal udføres en nul-støv-offset test, ved at analysere støv-AMS responsen når den udsættes for en nul-støv måling (som demonstreret i QAL1). En nul-støv måling kan ikke opnås ved at slukke for lyskilden, men kan fx opnås ved at tage måleren ud af kanalen. Resultatet af testen skal anføres i funktionstestrapporten.

For støv-AMS med analogt udgangsignal og med to måleområder skal det undersøges og dokumenteres om AMS giver samme respons i begge måleområder[36]. Testen udføres med surrogater (fx optiske filtre) ved mindst to koncentrationer som er omfattet af begge måleområder. Resultatet af testen skal anføres i funktionstestrapporten.

Når en støv-kalibreringskurve normalt ikke er lineær, skyldes det egenskaber ved støvet (bla. varierende gennemsnitlig støvkornsstørrelse) mens selve støvmåleren skal have et lineært udgangssignal, hvis den er certificeret efter 15267-3. Kun meget gamle støv AMS har et ikke-lineært udgangssignal.
Der skal således udføres linearitetstest for alle typer støv-AMS, og linearitetstesten gennemføres med optiske filtre (optiske støv-AMS) eller kontrolvægte (gravimetriske støv-AMS). Da resultatet fra linearitetstesten evt. skal benyttes til metode c ved den efterfølgende QAL2 er det vigtigt at linearitetstestens resultater angives i mg/m³ for både referencen og AMS. Funktionstestrapporten skal også indeholde måleinterval i mg/m³ for mA signalet[37].
For ekstraktive støv-AMS skal samplesystemet eller udtagssystemet testes som alle andre samplesystemer.

Flow-AMS boks 12:
Standarden for flow-AMS kræver en funktionstest i henhold til EN 14181 med følgende modifikationer:

- Funktionstesten skal udføres som certificeret i EN 15267-3 med anvendelse af reference materialer eller surrogater.
- Instrumentkonfigurationen skal auditeres af test laboratoriet før QAL2 og AST. Auditeringen skal omfatte målestedets geometri samt en vurdering af usikkerheden.
    - Funktionstestrapporten bør indeholde en oplysning om det anvendte areal til beregning af flow.
- Funktionstesten skal indeholde en vurdering af muligheden for at gennemføre QAL3 proceduren

Flow AMS skal have et lineært udgangssignal, hvis den er certificeret efter 15267-3. Kun meget gamle flow AMS har et ikke-lineært udgangssignal.

Der henvises til EN 16911-2 for yderligere information om funktionstest etc.

Hg-AMS boks 8
EN 14884: 2022 indeholder særregler for funktionstest af Hg monitorer, som skal følges.

Info-boks 31:
Anvendelsen af metode c) i QAL2 i EN 14181 kræver, at der er et datasæt til rådighed ved nulpunktet og et datasæt til rådighed tæt ved ELV. Talsættet skal være i samme enhed, således at talsættet kan anvendes direkte ved metode c). Eksempelvis kan et talsæt i mA overfor mg/m³ ikke anvendes i metode c).

[36] Hvis en støv-AMS med analogt udgangssignal giver samme respons i begge måleområder må QAL2 parallelmålinger udføres i det ene måleområde og benyttes efterfølgende i det andet.
[37] Måleområdet for mA-signalet er vigtigt, da det er tilladt at logge mA-signalet ved QAL2. Måleområdet for mA-signalet kan være forskelligt fra de gængse angivelser af måleinterval etc. for AMS'en, hvilket kan føre til en fejlagtig QAL2 beregning.

Anbefaling 30:
- funktionstesten bør indeholde de nævnte to datasæt (ved nulpunktet og ved ELV).
- Alle testresultater fra funktionstesten (datasæt, nul og span samt linearisering) skal opgives med præcis enhed inklusive oplysning om fugtprocenten for det anvendte referencemateriale.

A.1 Linearisering

Linearitetstestens punkter defineres ud fra procenter (fx[38] 0, 20, 40, 60, 80 og 0%) af minimum korttids grænseværdien.

Anbefaling 31:
Såfremt det vurderes, at det er relevant i forhold til et område, hvor AMS formodes at måle øjebliksværdier kan linearitetstestens punkter defineres ud fra et alternativt niveau som begrænses af henholdsvis 1,5 og 3 gange korttidsgrænseværdien (samme procenter anvendes).
Hvis linearitetstestens punkter beregnet ud fra 2 x korttidsgrænseværdi ligger uden for måleintervallet så beregnes linearitetspunkterne ud fra måleintervallet i stedet for (samme procenter anvendes). Ved måleintervaller der kun forefindes i 4-20 mA skal procenterne udregnes af netto målesignalet (4 til 20 mA) svarende til 4 mA plus procenter af 16 mA.
Denne anbefalings mulighed for at definere udgangspunktet for linearitetstesten lidt bredere er ikke i overensstemmelse med standardens tekst, men vurderes af Referencelaboratoriet til at være i overensstemmelse med standardens hensigt.
Ved linearitetstesten fastsættes c_u "upper limit of the measuring range" (se bilag B.3 i EN 14181) til den værdi, der er valgt til definition af linearitetspunkter (to gange korttidsgrænseværdien eller alternativ værdi).

Testen i de nævnte punkter skal foregå i en tilfældig rækkefølge. Ved hvert skift i koncentration skal der ventes i minimum 3 gange responstiden for AMS før næste aflæsning. Der skal aflæses tre gange pr. punkt, idet der er minimum fire gange AMS responstid mellem hver aflæsning. Responstiden for HCl og HF i tørre gasser kan være meget lang, og der kan med fordel benyttes fugtige gasser for disse parametre.

Lineariteten skal beregnes og testes i henhold til proceduren i bilag B i EN 14181.

A.2 Interferenser

Der skal testes for interferenser hvis procesgassen, som AMS måler i, indeholder komponenter der i QAL1 er identificeret som interferenser.

A.3 Nul og span drift

Nul og span drift skal hentes fra QAL3 dokumentationen og vurderes i funktionstesten.

A.4 Responstid

Responstiden kan, hvis muligt, bestemmes ved at tilføre referencematerialet til enden af prøvetagningssonden. Responstiden må ikke overskride kriteriet angivet i QAL1 rapporten.
Ved måling af responstid er det vigtigt at nulstille eller minimere intern midling, som ellers kan forstyrre målingen af responstid.

[38] Hvilke procenter der anvendes er ikke væsentligt, men det er vigtigt at hele området dækkes.

Anbefaling 32:
Responstiden bør kontrolleres for samtlige forureningsparametre samt O_2, med mindre, det kan dokumenteres at responstiden er ens for flere komponenter på fx multikomponent AMS.

A.5 Funktionstestrapport

Generelt skal alle fejl noteres og hvis fejlene bedømmes til at have en effekt på kvaliteten af AMS data, så skal de nødvendige korrektioner og forebyggende handlinger gennemføres.

Funktionstestrapporten bør opbygges overskueligt, således at det er let for læseren hurtigt at danne sig et overblik over resultatet.

Det anbefales at indlede rapporten med et oversigtsskema, hvoraf det fremgår, hvilke punkter og parametre der er udført og om de er fundet OK. Oversigtsskemaet bør have plads til eventuelle bemærkninger.

Rapporten bør endvidere som minimum indeholde følgende:

- Generelt
  - oplysninger om AMS (fx navn/model/serienr.)
  - måleinterval(ler) og præcise enheder ekstraktiv/non-ekstraktiv
  - AMS-konditioner (våd/tør)
  - oplysning om dataoverførselsprincip (digitalt/analogt) samt evt. analogt udgangsignal (fx 4-20 mA)
  - måleinterval for det analoge signal (kan være forskelligt fra måleintervallet på AMS med digitalt udgangssignal)
  - ændringer i indstillinger ved funktionstest, dokumenteres i funktionstestrapporten med såvel "før" som "efter-værdier"
- For alle kontroller som gennemføres:
  - målt parameter
  - måleinterval som testes
  - setpunkt
  - acceptkriterium
  - aflæst værdi
  - bemærkning om acceptkrav er overholdt eller ej.
  - præcise enheder for alle værdier (inklusive oplysning om vandindhold hvis der anvendes fugtig gas)
  - certifikat nr. eller lign. for de anvendte referencematerialer
- Specielt for linearisering:
  - præcise enheder for alle værdier (OBS datasæt skal være i samme enhed)
  - alle punkter i lineariseringen skal listes med eksakt værdi og enhed
  - tidspunkt hvor referencegasser påtrykkes AMS bør noteres, så det efterfølgende er muligt at kontrollere FLD med AMS værdi[39].
  - data bør suppleres af en kurve
- Specielt for støv-AMS:

[39] Denne kontrol vil vise om signalet går korrekt ind i DAHS, hvilket kan indgå i en test af DAHS-systemer jf Referencelaboratoriets notat fra 2016: "test af DAHS ved QAL2 og AST". Notatet kan findes på www.ref-lab.dk.

- Resultatet af nul-støv-offset testen
- Analoge støv-AMS med flere måleområder: dokumentation for hvorvidt AMS giver samme respons i begge måleområder. Anfør en af følgende muligheder:
  - AMS giver samme respons i begge måleområder
  - AMS giver IKKE samme respons i begge måleområder

Resultatoversigt			
Instrument (type, mærke etc.)	Ekstraktiv/non-ekstraktiv, mærke…		
Måleinterval/dataoverførsel etc.	O_2: 0-25 vol%, 4-20 mA CO: 0-500 ppm, 0-1.000 ppm, digitalt		
Aktivitet	Udført	OK/(OK)/Ikke OK	Bemærkninger
Opretning og renlighed	Støv Flow Gasser	OK OK -	- - Ikke relevant - ekstraktiv måler
Samplesystem/Udtagssystem	Ja	OK	-
Dokumentation og optegnelser	Ja	OK	-
Servicerbarhed	Støv Flow Gasser	OK OK OK	- - -
Læktest	Støv Flow Gasser	- - OK	Ikke relevant for støv Ikke relevant for flow -
Nul og span check	H_2O O_2, CO SO_2 Støv Flow etc.	OK Ikke OK (OK) OK OK OK etc.	- Skriv årsag Skriv bemærkning - - - etc.
Linearitet	H_2O O_2, CO SO_2 Støv Flow etc.	OK Ikke OK (OK) OK Ikke relevant Ikke relevant etc.	- Skriv årsag Skriv bemærkning - - - etc.
Interferenser (ikke for støv-AMS)	Nej	-	Ikke relevant pga…
Nul- og spandrift (QAL3 audit)	Ja	OK	-
Responstid	Ja	OK	-
Rapport / generel kommentar	List de fundne fejl inklusive de udførte korrigerende handlinger. List også eventuelle og relevante fremtidige service behov som er eller kan blive nødvendige inden næste planlagte service.		

Tabel 5 Eksempel på en oversigt over funktionstestens resultater.

Bilag B Kvalitetssikring af alternative metoder som erstatning for NO_X-AMS i henhold til EN 14181 (PEMS)

B.1 Baggrund

Begrebet "alternative metoder til erstatning for NO_X –AMS" eller kort "alternative metoder" eller PEMS er anvendt som betegnelse i nærværende metodeblad. Bekendtgørelser mv. bruger begreberne "alternativ metode" og "anden metode".

Gasmotorbekendtgørelsen, bekendtgørelsen om fyringsanlæg på platforme, bekendtgørelsen om store fyringsanlæg og NO_x-afgiftsbekendtgørelsen giver mulighed for at erstatte AMS for NO_x med alternative metoder (PEMS), hvis disse alternative metoder kvalitetssikres efter principperne i EN 14181 i det omfang, det er teknisk muligt[40].

PEMS[41] står for Predictive Emission Monitoring System.

I 2018 udkom der en standard (teknisk specifikation) for PEMS som omhandler installation, udførelse og kvalitetssikring af PEMS: TS 17198. Dette bilag tager udgangspunkt i denne standard.

Virksomheder kan vælge alternative måleprincipper for NO_x på motorer og turbiner, så længe det sikres, at Anvisningerne i dette bilag følges. Det er alene tilsynsmyndigheden, der afgør, om en virksomheds konkrete alternative metode opfylder kravene i den relevante bekendtgørelse, og dermed kan anvendes som erstatning for AMS for NO_x.

Generel beskrivelse af PEMS og kvalitetssikring.
En PEMS skal opfattes som en AMS, der leverer måleresultater kontinuerligt. PEMS'en skal kalibreres og kontrolleres på samme måde som AMS. PEMS'en er en beregningsmodel, som på basis af sekundære parametre som allerede måles på anlægget (energioutput, temperatur, tryk etc.) beregner en NO_X-koncentration. PEMS skal kalibreres ved parallelmålinger (fx QAL2) for at vise korrekt[42]. For PEMS er det ikke muligt at gennemføre QAL1, funktionstest og QAL3 på samme måde som for en AMS, da der ikke er en fysisk måleenhed man kan tilføre gasser til etc. I nærværende bilag beskrives det hvordan de normale kvalitetssikringsprocedurer bør udføres, idet der fokuseres på de sekundære måleparametre.
For PEMS er det muligt at benytte data fra QAL2 parallelmålingen til at forbedre PEMS-modellen (intern kalibrering). Dette svarer i praksis til at benytte kalibreringsfunktionen i selve modellen i stedet for "oven på" som man gør ved alm AMS.

[40] PEMS tillades pt. (06-2023) ikke som alternativ til andre parametre end NO_X. PEMS tillades i øvrigt kun som alternativ når det specifikt er nævnt i en bekendtgørelse.
[41] PEMS defineres i USEPA 40 CFR Parts 60 and 63: 2009 som et system der omfatter alle de sekundære målesystemer der indgår, samt datavalidering, beregning og dataopsamling.
[42] En avanceret PEMS kan levere koncentrationer, men kræver en kalibrering for at blive præcis. Regressionsanalyse metoden kan ikke levere koncentrationer uden at være kalibreret.

B.2 Beskrivelse af PEMS

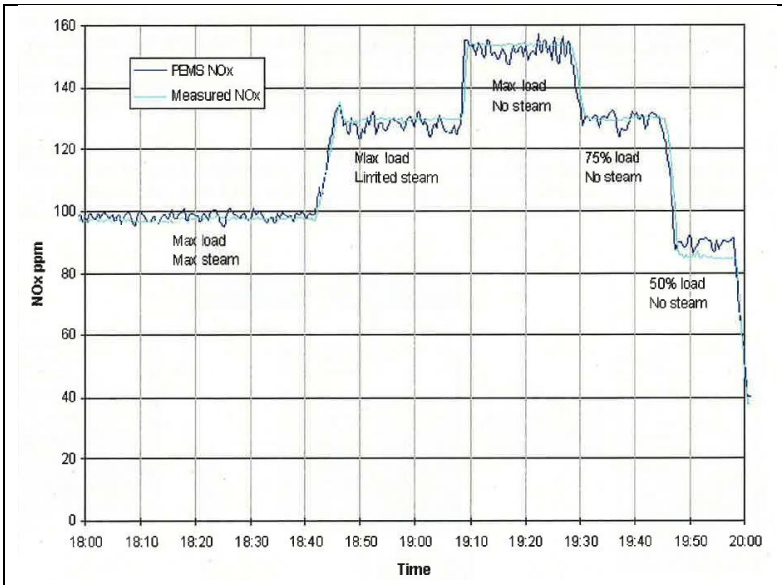
B.2.1 Avanceret PEMS

Avanceret PEMS er en beregningsmodel, der beregner emissionen af et stof på baggrund af on-line målinger af et antal[43] sekundære parametre på anlægget (eksempelvis temperaturer, tryk, energioutput, iltkoncentration etc.). PEMS vil ikke nødvendigvis give den korrekte koncentration selvom alle input parametre er korrekte, og skal derfor altid kalibreres ved opstart.

Info-boks 32:
Begrebet PEMS er omfattet af amerikansk lovgivning og tillades på små damp genererende enheder samt som erstatning for AMS efter individuel godkendelse af de amerikanske regionale miljømyndigheder. PEMS behandles i USEPA 40 CFR Parts 60 and 63: 2009 (Performance Specification 16 for Predictive Emission Monitoring Systems and Amendments to Testing and Monitoring Provisions), som kræver et kvalitetssikringssetup, der er meget forskelligt fra det der benyttes til AMS i Europa (EN 14181).

Eksempel 6:
Eksempel på avanceret PEMS:
NO_X PEMS på en gasturbine, baseret på model-beregning ud fra målinger af 8-10 stk. sekundære parametre, der i forvejen måles og registreres på gasturbinen (de sekondære parametre kan fx være brændselsluftens temperatur og fugtighed, tryk forskellige steder i turbinen, brændselsforbrug, energiproduktion etc.). Modellen forudsiger NO_X-emissionen ud fra on-line målinger af de sekundære parametre. Modellens forudsigelser er ikke præcise uden en kalibrering af modellen. PEMS leverandøren vil normalt selv kalibrere modellen ved aflevering af modellen. PEMS'en kombineres som regel med en støkiometrisk beregning af volumenstrøm, således at masseemissionen af NO_X kan beregnes.
PEMS der benytter mange sekundære input parametre, har pga. de mange input data, mulighed for at fx give alarm når en af input parametrene fejler og i visse tilfælde erstatte den dårlige inputparameter, således at PEMSen stadig "måler" korrekt.

[43] USEPA 40 CFR Parts 60 and 63: 2009 definerer PEMS som et system der benytter mindst 3 sekundære parametre, men angiver også at der ved systemer med færre end 3 sekundære parametre skal indhentes en særlig godkendelse fra den godkendende myndighed.

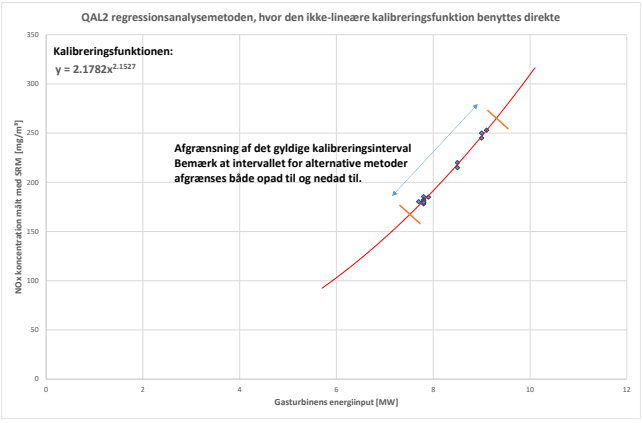


Figur 4 Eksempel på paralelmålinger mellem en avanceret PEMS og en NO_X-monitor. Gasturbinen udsættes for forskellige driftssituationer som har betydning for NO_X-emissionen. Figuren er udleveret af Weel & Sandvig.

B.2.2 Simpel PEMS (regressionsanalysemetode)

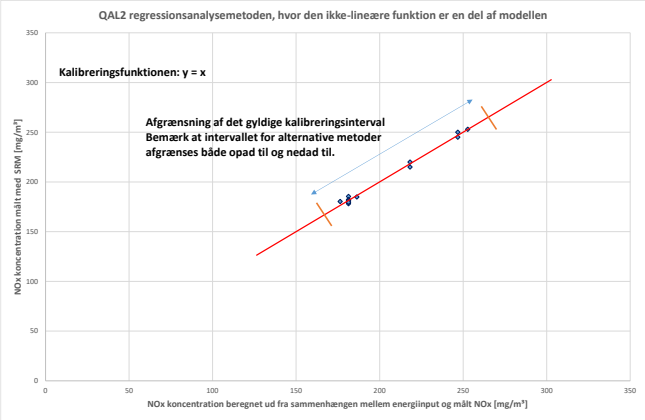
Regressionsanalysemetoden er et system med få parametre (typisk en til to), hvor der ved regressionsanalyse opnås en simpel sammenhæng mellem input parametre og målinger.

Eksempel 7:
Eksempel på en regressionsanalysemetode:
Ved måling af NO_X-emissionen og samtidig registrering af gasturbinens energioutput eller energiinput kan der etableres en simpel matematisk funktion (fundet ved regressionsanalyse) mellem NO_X emissionen og gasturbinens energioutput. Metoden svarer i udførelse til parallelmålingerne ved en alm. QAL2 på en AMS, hvor AMS'ens signal er erstattet af energioutputtet eller energiinputtet fra gasturbinen. Sammenhængen vil ikke være lineær som den er ved de fleste AMS.



Figur 5 Eksempel på en ikke lineær QAL2 kalibreringsfunktion

Kalibreringsfunktionen illustreret i Figur 5 kan benyttes som ved en alm. QAL2, men den kan også indarbejdes i modellen, idet energiinputtet omregnes til NO_X ud fra kalibreringsfunktionen. Anvendes den beregnede NO_X sammen med målt NO_X (SRM) vil sammenhængen være lineær med funktionen y = x som illustreret i Figur 5:



Figur 6 QAL2 kalibreringsfunktion - lineær sammenhæng.

Ved metoden illustreret i Figur 5 går man direkte fra den sekundære parameter (energiinputtet), hvor man ved metoden illustreret i Figur 6 betragter den beregnede sammenhæng som en del af modellen, hvorved den lineære sammenhæng bliver y = x.

Regressionsanalysemetoden vil ikke være så præcis som en avanceret PEMS, og vil være svagere ved driftssituationer, hvor den ikke er kalibreret (fx ved variationer i last og luftfugtighed i omgivelserne). Hvis QAL2 kalibreringen er foretaget ved fx høj luftfugtighed må det forventes at kalibreringsfunktionen ikke passer ved lav luftfugtighed. Dette kan der kompenseres for ved at udføre parallelmålinger ved høj og lav luftfugtighed og dermed tilføje endnu en sekundær parameter (luftfugtighed) til modellen. Ved denne metode er det endvidere særdeles vigtigt at yderpunkterne indgår i kalibreringen med mindre at turbinen altid opereres ved samme last.

B.3 Kvalitetssikring af PEMS

For PEMS er det ikke muligt at følge alle dele af alle kvalitetssikringstrin i EN 14181. Standarden TS 17198 redegør for de forskellige kvalitetssikringsprocedurer der er relevante for PEMS.

Nedenfor gives anvisninger til, hvordan kvalitetssikring af PEMS kan leve op til bekendtgørelsernes krav om kvalitetssikring. I det omfang der ikke er nævnt en undtagelse eller lign. skal EN 14181 fortsat følges.

PEMS-boks 9 (alternative metoder som erstatning for NO_X-AMS)
Anvisningerne kan også findes i en særskilt PEMS-boks som denne, i de enkelte afsnit af MEL-16.

B.3.1 Generelt

Der bør udarbejdes en kvalitetshåndbog der beskriver den aktuelle installation og hvordan de fire kvalitetstrin håndteres. Kvalitetshåndbogen bør indeholde detaljerede og specifikke procedurer for hvordan og hvor ofte de forskellige kvalitetstrin håndteres.

Udskiftning /reparation af sekundære målere[44]:
Sekundære målere, bortset fra de to væsentligste (identificeret ved QAL1 som de to med højest usikkerhedsbidrag), kan udskiftes og repareres efter behov uden krav om en ny QAL2.

B.3.2 QAL1

Alle relevante usikkerhedskilder skal identificeres og vurderes. I praksis betyder dette, at samtlige sekundære parametre samt selve modellens usikkerhed skal vurderes. Der skal tages hensyn til såvel de parametre der indgår i modellen såvel som dem der ikke indgår i modellen, men som alligevel vil influere på emissionen hvis den ikke indgår (fx. luftfugtighed). Ud fra disse oplysninger skal modellens samlede usikkerhed beregnes.

Det er især væsentligt at redegøre for de parametre, der ikke indgår i modellen, men som alligevel vil influere på emissionen. Fravalg af inputparametre skal begrundes. Herudover, skal usikkerheden på input parametrene samt deres indvirken på den beregnede emission som minimum bestemmes. Hvis der indgår konstanter, fx vandindholdet i forbrændingsluften skal den naturlige variation sammenholdes med konstantens størrelse, med henblik på at vurdere usikkerheden på konstanten og dennes indvirken på den beregnede emission. I forbindelse med QAL1 bør der redegøres for hvordan kvalitetssikringen af input målingerne (herunder håndtering af målefejl) foregår.

Eksempel 8:
Eksempler på parametre der har en betydende indflydelse på NO_X-emissionen for gasturbiner:

- temperatur og tryk i brændkammeret og dermed også brændselssammensætning, last samt ydre tilstande (kun for gasturbiner med diffusionsbrænder (ikke Low NO_X)).
- lastvariationer – emissioner ved høj last kan være væsentlig højere end ved lav last.
- variation i brændværdien kan give væsentlige ændringer i NO_X-udledningen
- variation i udeluft temperatur (fx fra sommer til vinter) kan give væsentlige ændringer i NO_X-udledningen

Anbefaling 33
Det anbefales at tilsynsmyndigheden tager udgangspunkt i bla. usikkerhedsopgørelsen samt redegørelsen for datavalideringen fra QAL1 ved beslutninger om, hvorvidt AMS kan erstattes af PEMS. Den totale beregnede/estimerede usikkerhed fra QAL1 bør ikke overstige kvalitetskravet (som 95% konfidens interval).

En QAL1 for PEMS omfatter således som minimum:

- en identifikation af input parametre, der ikke medtages i modellen, men som alligevel har en indflydelse på emissionen, samt bestemmelse af usikkerheden ved ikke at medtage disse parametre i modellen[45]
- en gyldighedsvurdering af modellen. (fx hvilket driftsområde modellen er valideret inden for)
    - Det gyldige kalibreringsinterval fra QAL2/AST må ikke overstige gyldighedsvurderingen og begrænses heraf. Se kapitel B.3.4

[44] Ved AMS skal der udføres en ny QAL2 ved udskiftning eller væsentlige ændringer i AMS.
[45] For regressionsanalysemetoden kunne et eksempel være luftfugtigheden, som har indflydelse på NO_X-dannelsen. Hvis forskellen i udledt NO_X ved samme driftsforhold men med ændret luftfugtíghed overstiger kvalitetskravet er metoden for simpel og der bør tages højde for parameteren luftfugtighed.

- en identifikation og usikkerhedsestimering af samtlige sekundære parametre og anvendte konstanter
- en beregning/estimering af den totale usikkerhed baseret på baggrund af ovenstående og modellen/beregningsmetodens usikkerhed/følsomhed over for de sekundære parametre.
- en vurdering af og en begrundelse for, hvilke sekundære parametre der betragtes som væsentlige (betydeligt usikkerhedsbidrag i den samlede usikkerhed) henholdsvis uvæsentlige.
- en redegørelse for hvordan kvalitetssikringen af input målingerne (herunder håndtering af målefejl) foregår.
- en beskrivelse af evt. datavalideringssystemer, herunder dokumentation for at de anvendte erstatningsværdier for sekundære parametre, ikke kan påvirke resultatet mere end fx kvalitetskravet.

B.3.3 Funktionstest

Funktionstest (QAL2 og AST) for PEMS:
De fleste af AMS funktionstestens elementer giver ikke mening for PEMS, og de erstattes derfor af følgende:

- i det omfang det er praktisk muligt foretages der kontrol, justering og evt. kalibrering af de sekundære parametre, der er identificeret som væsentlige ved QAL1.
    - det anbefales dog at medtage alle sekundære parametre

B.3.4 QAL2

QAL2 parallelmålinger for PEMS:

- udføres, beregnes og rapporteres på samme måde som for AMS, dvs. minimum hvert 5 år og i øvrigt som foreskrevet i EN 14181 se kapitel 11. Metode c kan ikke anvendes ved PEMS.
- parallelmålingerne ved QAL2 bør så vidt mulig omfatte yderpunkter af de driftsbetingelser[46] der har indflydelse på modellen, men det er også væsentligt at sikre parallelmålinger der dækker en høj og lav NO_X-koncentration af hensyn til det gyldige kalibreringsinterval.
- kalibreringsfunktionen kan anvendes på følgende måder:
    - som ved AMS, eller
    - til direkte (intern) kalibrering/forbedring af modellen.
        - når modellen er internt kalibreret/forbedret skal QAL2 kalibreringsfunktionen IKKE anvendes igen, da den indgår i den interne kalibrering/forbedring.
            - Funktionen y=x indsættes som QAL2 kalibreringsfunktion efter intern kalibrering/forbedring.
            - Ved næstkommende AST kontrolleres y=x funktionen ved intern kalibrering/forbedring.
- måleevnetesten (variabilitetstesten) udføres som ved AMS
    - Se Info-boks 5 vedr. kvalitetskrav ved offshore installationer.
- det gyldige kalibreringsinterval beregnes som for AMS, idet det bemærkes:
    - at det på anlægget anvendte gyldige kalibreringsinterval IKKE må overskride gyldighedsvurderingen af modellen (det validerede driftsområde) fra QAL1.
        - Målefirmaet leverer et gyldigt kalibreringsinterval som normalt for AMS og det er anlæggets ansvar at sikre at det gyldige kalibreringsinterval der indtastes i systemet, ikke overskrider gyldighedsvurderingen af modellen (det validerede driftsområde) fra QAL1.

[46] Fx høj og lav last, høj og lav NO_X-koncentration, variationer i forbrændingsluftens fugtighed og temperatur mv.

Anbefaling 34
For simple PEMS kan det forekomme at PEMS'en giver et signal der ikke varierer samtidig med at SRM signalet varierer en smule. Hvis kriterierne for at anvende metode b samtidig ikke er opfyldt, vil det resultere i en lodret kalibreringsfunktion, hvilket ikke giver mening og ikke kan anvendes i praksis. For PEMS anbefales det derfor at metode b kan vælges i disse situationer, selvom kriterierne for metode b ikke er opfyldt.

B.3.5 AST

AST parallelmålinger for PEMS:

- udføres, beregnes og rapporteres på samme måde som for AMS.
  test af kalibreringsfunktionen udføres som for AMS.
    - Ved direkte (intern) kalibrering/forbedring af modellen testes kalibreringsfunktionen y=x i stedet for den oprindelige QAL2 kalibreringsfunktion, der er indarbejdet i modellen.
    - Se Info-boks 5 vedr. kvalitetskrav ved offshore installationer.
- AST parallelmålinger må ikke benyttes til at forbedre eller ændre QAL2 kalibreringsfunktionen[47]
- måleevnetesten (variabilitetstesten) udføres som ved AMS.

det gyldige kalibreringsinterval kan udvides efter samme regler som ved AMS (se bl.a. Anbefaling 27).
QAL3
Det er ikke muligt at gennemføre de normale QAL3 procedurer for PEMS, idet bl.a. nul og span gas ikke kan anvendes.
QAL3 for PEMS erstattes derfor af følgende:

- væsentlige sekundære parametre (se QAL1) kontrolleres og vurderes minimum én gang pr. måned.
- i kvalitetshåndbogen defineres det præcist hvilke sekundære parametre der er væsentlige
- procedurer for vurdering og kontrol af væsentlige sekundære parametre skal være omfattet af kvalitetshåndbogen
- Som ved AMS er det tilladt at justere både beregningsmæssigt og ved justering af den sekundære måler ved QAL3.
    - Hvis en sekundær måler er defekt, bør den udskiftes, men hvis det ikke kan lade sig gøre at udskifte den eller kalibrere den, kan en beregningsmæssig justering/kalibrering ved QAL3 vinde lidt tid indtil det er muligt at udskifte den sekundære måler.

Anbefaling 35
I det omfang at det er muligt at opstille en on-line kontrol og vurdering af sekundære parametre kan denne overvågning, suppleret af en månedlig vurdering af systemets tilstand, helt eller delvist erstatte QAL3.

[47] Især ved offshore målinger, hvor det er relativt dyrt at mobilisere et målehold, kan man med fordel udføre en fuld QAL2 i stedet for en AST. På den måde undgås behovet for en gentagen måling ved dumpet AST for en lille merudgift. Endvidere kan modellen forbedres/justeres hvert år, hvilket øger kvaliteten på målingen.

B.3.6 Eksempler på Myndighedskontrol ved PEMS

Eksempel 9:
Myndighedskontrol ved PEMS:
QAL1: Tilsynsmyndigheden bør ved PEMS se QAL1 rapporten eller den tilsvarende beskrivelse i kvalitetshåndbogen.

- Følgende er anderledes i forhold til AMS:
    - QAL1 for PEMS er meget anderledes end QAL1 for AMS, idet der her fokuseres på de sekundære parametre og hvordan de håndteres.
    - Det defineres i QAL1 hvilke sekundære parametre der er væsentlige (og dermed omfattet af QAL3).

Myndighedskontrol bør omfatte følgende:

- Er udvælgelsen af sekundære parametre (herunder især fravalg) velbegrundet?
- Er udvælgelsen af væsentlige sekundære parametre (som indgår i QAL3) velbegrundet?
- Er det dokumenteret at usikkerheden ved modellen (herunder valg og fravalg af sekundære parametre) er mindre end kvalitetskravet?

QAL2: Der udarbejdes en QAL2 rapport som normalt ved AMS

- Følgende er anderledes i forhold til AMS:
    - Det gyldige kalibreringsinterval i målerapporten er som ved AMS, men skal ved implementering i DAHS begrænses af modellens gyldighedsområde.
    - PEMS kan kalibreres "internt" ved QAL2

Myndighedskontrol bør omfatte følgende:

- Samme som ved AMS samt:
    - Det kontrolleres om det gyldige kalibreringsinterval implementeret i DAHS er begrænset af modellens gyldighedsområde.

AST: Der udarbejdes en AST-rapport som normalt ved AMS.

- Følgende er anderledes i forhold til AMS:
    - Det gyldige kalibreringsinterval i målerapporten er som ved AMS, men skal ved implementering i DAHS begrænses af modellens gyldighedsområde.

Myndighedskontrol bør omfatte følgende:

- Samme som ved AMS
    - Ved udvidelse af det gyldige kalibreringsinterval: Det kontrolleres om det gyldige kalibreringsinterval implementeret i DAHS er begrænset af modellens gyldighedsområde.
    - Vær opmærksom på at ved "intern kalibrering" af modellen testes kalibreringsfunktionen y=x og ikke kalibreringsfunktionen fra QAL2.

QAL3: Dokumentation for QAL3 tilgår normalt ikke tilsynsmyndighederne, men dokumentationen skal foreligge og vises på forlangende.

- Følgende er anderledes i forhold til AMS:
    - Nul og span kontrol skal ikke udføres
    - Der udføres en kontrol og en vurdering af de sekundære parametre som indgår i modellen mindst en gang pr måned. Denne kontrol skal identificere om de sekundære parametre er konsistente. Dette kan ske ved sammenligning med redundante målere eller ved at eftervise at parametrene tilfredsstiller grundlæggende energi- og massebalancer.

Myndighedskontrol bør omfatte følgende:

- Er kontrol og vurdering udført minimum en gang pr. måned?
- Er de relevante sekundære parametre omfattet af kontrol og vurdering?

Bilag C Kvalitetssikring af støvvagter i henhold til EN 17389: 2020

Dette bilag beskriver kvalitetssikringen af støvvagter med det formål at give alarm ved en fastsat alarmgrænse, med henblik på udskiftning eller reparation af støvfilteret før en evt. emissionsgrænseværdi overskrides. Beskrivelsen er i henhold til EN 17389: 2020. Emissioner fra stationære kilder - Procedurer for kvalitetssikring og -kontrol af automatisk udstyr til overvågning af støvrenseudstyr (støvvagter).

Standarden benytter betegnelsen "automatisk udstyr til overvågning af støvrenseudstyr (støvvagter)" i overskriften og i selve teksten benyttes betegnelsen "instrument" generelt og "filter støvmåler" henholdsvis "filter lækmåler" når der er behov for at skelne mellem de to betegnelser. Det er vigtigt at forstå at det er det samme instrument der omfattes af alle betegnelserne.

- filter støvmåler: betegner en støvvagt der kan kalibreres
- filter lækmåler: betegner en støvvagt der ikke kan kalibreres (basislinjetilgang)

Standarden tager udgangspunkt i at støvvagten er er ydelsestestet og certificeret i henhold til EN 15859 og beskriver hvordan støvvagten kalibreres og kvalitetssikres.

Hvis det ikke er muligt at gennemføre en kalibrering af støvvagten fx pga. koncentrationer under detektionsgrænsen og det heller ikke er muligt at skabe en målbar koncentration ved dosering af støv til kanalen under parallelmålingerne, tillader standarden at støvvagten kan behandles som en filter lækmåler, dvs. en støvvagt der ikke kan kalibreres (basislinje tilgang).

C.1 Installation og certificering

Støvvagten kan certificeres efter EN 15859: 2010 (eller EN 15267-3: 2008).

Info-boks 33
Tilsynsmyndigheden afgør om en ikke-certificeret støvmåler kan benyttes i resten af støvmålerens levetid.

Støvmåleren skal have mulighed for at indlæse kalibreringsfunktionen direkte i måleren eller i anlæggets databehandlingssystem (DAHS).

Der gælder i øvrigt samme regler for installation og målesteder som er beskrevet i afsnit 7 og 10 i MEL-16.

C.2 Konfiguration af støvvagten

Konfigurationen består af 3 dele:

1. Service test
2. Parallelmålinger
3. Indstilling af alarmgrænse

Konfigurationen skal gentages hvert tredje år og efter væsentlige ændringer i anlægget eller støvfilteret.

Service test:
Servicetesten skal udføres maksimalt 28 dage før parallelmålingerne.
Servicetesten skal udføres i henhold til leverandørens anvisninger og skal som minimum indeholde:

- oprensning af kritiske komponenter
- kontrol af funktionen af den automatiske nul-, og span-punkts kontrol
- gennemførelse af leverandørens beskrevne kontroller
- demonstration af at måleren viser nul ved nul støv og reagerer på støv når der er støv til stede

Anbefaling 36
Servicetesten anbefales erstattes af en funktionstest som beskrevet i afsnit 11.2 i MEL-16. Lineariseringen kan udelades ved funktionstesten, men anbefales, da den åbner for muligheden for at anvende metode c ved etableringen af kalibreringsfunktionen (se beskrivelse af metode c i afsnit 11.5.3 i MEL-16).

Parallelmålinger med SRM (QAL2)
Udføres som beskrevet i afsnit 11 i MEL-16, med følgende bemærkninger:

- Der udføres minimum 6 stk. valide parallelmålinger med en varighed af minimum 30 minutter, eller minimum 3 valide parallelmålinger med en varighed af minimum 60 minutter.
- Den samlede måletid skal, efter evt. kassering af enkeltmålinger, være minimum 3 timer.
- Det bør sikres, at der er måleresultater over detektionsgrænsen fx ved at forlænge målevarigheden.
- Den af følgende metoder der vurderes at give den bedste kalibreringsfunktion benyttes:
    - Metode a, med eller uden et ekstra nulpunkts datasæt
    - Metode b
    - Metode c, hvis støvmåleren er lineariseret ved funktionstesten
        - Metode c kan kun anvendes hvis kriterierne for anvendelse af metode c (jf afsnit 11.5.3 i MEL-16) er opfyldt. Til beregning af kriterierne for metode c, anvendes den fastsatte alarmgrænse eller en eventuel emissionsgrænseværdi som ELV.
- Hvis parallelmålingerne er under detektionsgrænsen (herunder hvis der ikke kan etableres en meningsfuld kalibreringsfunktion) og støvmåleren ikke er lineariseret ved funktionstesten kan følgende metoder tages i anvendelse:
    - Der kan tilsættes fint støv til kanalen med henblik på at skabe en målbar støvkoncentration under parallelmålingerne (se Støv-AMS boks 2 og bilag A i EN 17389).
    - Støvvagten kan benyttes som en filterlækmåler (dvs uden uden kalibrering efter basislinjetilgangen) som beskrevet i Info-boks 34.
- Kalibreringsfunktionen skal etableres i selve støvmåleren eller i DAHS.

Info-boks 34
Filter lækmålere (støvvagter uden kalibrering (basislinjetilgangen))
Basislinjetilgangen er beskrevet i afsnit 7.3.3 og i bilag B i EN 17389.
Støvvagten konfigureres ved at etablere en basislinje på baggrund af støvvagtens respons over en periode, som repræsenterer støvfilterets cyklus. Ændringer i respons i forhold til basislinjen benyttes til at indikere fejl i støvfilteret.
Alarmgrænsen fastsættes på en af følgende måder:

1. Toppene fra filterets selvrensningspulser benyttes som grundlag for basislinjen: Alarmgrænsen sættes et stykke over basislinjen, typisk 50-100% af over basislinjen
2. Den gennemsnitlige måleværdi benyttes som grundlag for basislinjen: Alarmgrænsen sættes til 5-10 gange basislinjen.

AST for filter lækmålere (støvvagter uden kalibrering (basislinjetilgangen)):
De opsamlede data skal undersøges med henblik på at vurdere om støvkoncentrationen er blevet så høj, at der kan etableres en kalibreringsfunktion ved parallelmålinger (QAL2). Hvis det vurderes, at det er muligt at gennemføre en kalibrering, skal der enten gennemføres en kalibrering eller en reparation af filteret inden for en periode på 6 måneder[48].

Alarmgrænsen skal justeres til den nyeste basislinje.

Indstilling af alarmgrænse
Alarmgrænsen indstilles efter leverandørens anvisninger, idet der tages hensyn til støvmålerens range og eventuelle vilkår om alarmgrænse og grænseværdier. Alarmgrænsen kan indstilles i selve støvmåleren (dog kun hvis kalibreringsfunktionen er etableret der) eller i DAHS.
Der kan med fordel opereres med en lavere alarmgrænse, for at undgå produktionstab, hvis der er vilkår om at standse produktionen ved overskridelse af alarmgrænsen.

Konfigurationsrapport
Udføres som en QAL2 rapport som beskrevet i afsnit 11 MEL-16, med følgende undtagelser:

- Den fastsatte alarmgrænse eller en eventuel emissionsgrænseværdi kan benyttes som ELV for praktiske formål[49], idet ELV indgår i beregning af:
    - Kriterier for anvendelse af metode c ved beregning af kalibreringsfunktion
    - Det gyldige kalibreringsinterval
        - standarden indeholder ikke krav til kontrol af overholdelse af det gyldige kalibreringsinterval
    - Kvalitetskravet ved QAL2 variabilitetstest
        - standarden indeholder ikke krav til bestået variabilitetstest

[48] Standarden anfører blot at det skal vurderes om der kan etableres en kalibreringsfunktion, men den siger ikke noget om, hvorvidt den skal gennemføres eller hvornår. Kravet om en kalibrering (eller reparation) er en tilpasning til almindelige regler for AMS idet det antages, at det ligger implicit i teksten at en kalibrering skal gennemføres.
[49] I praksis vil et målefirma anvende skabeloner til at beregne og rapportere gyldigt kalibreringsinterval og variabilitetstest, og resultaterne vil fremgå af målerapporten, selvom de ikke skal benyttes.

C.3 Løbende kvalitetskontrol (QAL3)

Minimum en gang pr. måned (eller minimum en gang pr. vedligeholdelsesinterval for certificerede støvvagter) skal status af de automatiske nul-, og span-punkts kontroller gennemgås. Det skal kontrolleres om der har været alarmer i perioden.

EN 17389 anbefaler, at instrumentet renses i henhold til leverandørens anvisninger ved alarm og det kontrolleres om alarmen fortsætter efter rensning. Dette er for at undgå filterreparation ved fejlalarm.

C.4 AST

Der skal udføres service test en gang pr år, som beskrevet under konfiguration af støvmåleren.
Som en del af servicetesten skal de opsamlede data fra året kontrolleres for at sikre at støvfilteret er velfungerende og opererer langt under alarmgrænsen eller emissionsgrænseværdien.

Bilag D Kvalitetshåndbogen

Kvalitetshåndbogen kan have varierede formål og ambitionsniveauet kan være meget forskelligt fra anlæg til anlæg. En god kvalitetshåndbog samler alle relevante oplysninger om emissionsovervågningssystemet og de krav der følger på et sted. Kvalitetshåndbogen bør være et dynamisk værktøj, som løbende opdateres og benyttes som opslagsværk i den daglige drift af anlægget.

Kvalitetshåndbogen bør som minimum have følgende formål:

- beskrive emissionsovervågningssystem på anlægget
- sikre troværdige emissionsdata fra systemet
- levere miljødata til tilsynsmyndigheder mv.

Forslag til indhold i kvalitetshåndbog for affaldsforbrændingsanlæg (punkter der ikke er relevante for store fyr eller andre anlæg er markeret med *kursiv*):

- Generel beskrivelse af anlæggets miljøforhold mv.
- Ledelsens holdning og strategi vedr. miljø
- Ansvarsfordeling
- kontaktpersoner
    - service
    - målefirma
    - myndighed
    - interne
- Kvalitetssikringsplan (se indhold og detaljer sidst i Bilag D)
- Beskrivelse af hvornår anlægget er i drift
- Beskrivelse af anlæggets rensningssystem
    - kemikalier
    - restprodukter
- Brændsler
- *Definition af tid fra stop af indfyring af affald/slam til der ikke er affald på risten mere/slammet i ovnen er udbrændt*
- *EBK temperatur*
- Beskrivelse af datahåndteringssystemet
    - Beregning, datalagring, formler, middelværdier, enheder etc. fra signal til validerede værdier
- Håndtering af regler vedr.
    - *4/60 timer (kun affaldsforbrænding)*
    - 10 døgnsreglen
    - overskridelse af gyldigt kalibreringsinterval
    - *automatisk stop for affaldsindfyring*
    - manglende data
        - primære AMS
        - perifere AMS /erstatningsværdier
- Instrukser til operatører vedr.
    - grænseværdioverskridelse
    - problemer med AMS

- Miljørapportering
    - hvem gør hvad
    - straks rapportering
    - hyppighed og indhold i miljørapport

D.1 Kvalitetssikringsplan

Kvalitetssikringsplanen bør være en del af kvalitetshåndbogen: med følgende minimum indhold (for hver måler/parameter):

- AMS
    - parametre/grænseværdier
    - type (ekstraktiv, non ekstraktiv)
    - princip
    - mærke
    - præcis måleenhed, måleinterval, certificeringsinterval
    - placering
    - service
- QAL1 – dato og reference til QAL1 rapport
- AMS målested
    - indretning
    - adgangsforhold
    - homogenitetstest – resultat og reference
    - SRM målested
- QAL2 og AST
    - hyppighed
    - dato og resultat af samtlige QAL2 og AST
    - dato for næste QAL2 og AST
    - reference til funktionstest rapporter
    - reference til QAL2 og AST rapporter
- QAL3
    - hyppighed
    - procedurer for nul og span kontrol samt anvendelse af kontrolkort
    - kontrolkort grænser
    - referencematerialer

Herudover bør kvalitetssikringsplanen indeholde følgende oplysninger:

- Præstationskontrol
    - parameter/grænseværdi
        - hyppighed
        - dato og reference, tidligere præstationskontroller
        - dato for næste præstationskontrol
        - antal prøver
        - prøvernes varighed

Bilag E Kvalitetssikring af AMS placeret efter (nedstrøms) et carbon capture anlæg (CC-anlæg)

E.1 Baggrund

På anlæg med forbrændingsprocesser, fx fyringsanlæg og affaldsforbrændingsanlæg, med tilhørende amin-baseret carbon capture anlæg (CC-anlæg) reduceres røggasmængden fra forbrændingsprocessen svarende til den mængde CO_2, der fanges i CC-anlægget. Samtidig øges koncentrationen af ilt og luftforurenende stoffer fra forbrændingsprocessen, når røggassen passerer gennem CC-anlægget.

Luftvejledningens afsnit 8.3.2 angiver metoder til, hvordan fx fyringsanlæg og affaldsforbrændingsanlæg med CC-anlæg dokumenterer overholdelse af emissionsgrænseværdier, der gælder for fyringsanlægget eller forbrændingsanlægget.

Luftvejledningens metode 1 indebærer, at emissioner fra både forbrændingsprocessen og CC-anlægget måles med AMS eller SRM efter CC-anlægget. De målte emissioner fra forbrændingsprocessen omregnes herefter til emissionskoncentrationer ved referencetilstand før CC-anlægget. Formler til brug for omregningen findes i Luftvejledningen og Ref-Lab rapport nr. 87[50].

Luftvejledningens afsnit 8.3.2 beskriver også, at kvalitetssikring af AMS, der er placeres efter CC-anlæg, udføres med anvendelse af ilt målt før CC-anlægget og en teoretisk beregnet emissionsgrænseværdi eller et teoretisk beregnet kvalitetskrav som beskrevet i metodeblad MEL-16.

Dette bilag udmønter Luftvejledningens retningslinje om kvalitetssikring af AMS placeret efter CC-anlæg. Bilaget beskriver således, hvordan kvalitetssikringsprocedurerne (QAL1, QAL2, AST og QAL3) beskrevet i MEL-16 kan gennemføres ved AMS placering efter et CC-anlæg.

Det understreges at beskrivelserne i dette bilag ikke er afprøvet i praksis, og det anbefales at brugere kontakter Referencelaboratoriet, hvis der observeres problemer eller udfordringer med metoden.

E.2 Kvalitetssikring af AMS for O_2 placeret før CC-anlægget

Luftvejledningens metode 1 til omregning af målte koncentrationer efter CC-anlægget til koncentrationer før CC-anlægget forudsætter, at der er en måling af O_2 (eller CO_2)[51] koncentrationen både før og efter CC-anlægget. Da begge AMS for O_2 indgår i beregning af AMS-resultater samt i kvalitetssikringen af de primære AMS-parametre, er det vigtigt, at de begge leverer data af høj kvalitet.

[50] Da vandindhold, temperatur og tryk ændres fra før til efter CC-anlægget kan beregningen frem og tilbage mellem før og efter udelukkende udføres på normaliserede tørre værdier (tør, 0°C, 101,3 kPa). Alternative reference temperatur/tryk kan evt. anvendes.

[51] Da hovedparten af CO_2 fjernes vil CO_2 målingen efter CC-anlægget være på et meget lavt niveau og falde uden for det normale måleområde for SRM-målinger, hvilket kan medføre måletekniske udfordringer og øget usikkerhed på det endelige resultat. Det anbefales derfor at der tages udgangspunkt i O_2 målinger før og efter CC-anlægget ved kvalitetssikring af AMS, som beskrevet i nærværende bilag.

Det anbefales derfor, at alle kvalitetssikringsprocedurer, herunder QAL3, beskrevet i MEL-16 gennemføres for begge O_2-målere[52].

E.3 Teoretisk ELV og kvalitetskrav efter CC-anlæg

Kvalitetskravet benyttes flere steder i kvalitetssikringen af AMS. Kvalitetskravet er baseret på en procent af ELV og dermed på de lavere værdier før CC-anlægget. Ved at beregne en teoretisk ELV efter CC-anlægget kan man også bestemme et justeret kvalitetskrav, der kan bruges til kvalitetssikringsprocedurerne efter MEL-16 (QAL1, QAL2, QAL3 og AST).

Den teoretiske ELV kan beregnes som følger:

$$ELV_{teoretisk} = ELV \times \frac{K_{O_2}^{efter}}{K_{O_2}^{før}}, \qquad hvor$$

$ELV_{teoretisk}$	er den teoretiske ELV
ELV	er den faktiske ELV
$K_{O_2}^{efter}$	er den tørre koncentration i vol% af O_2 efter CC-anlæg
$K_{O_2}^{før}$	er den tørre koncentration i vol% af O_2 før CC-anlæg

Det teoretiske kvalitetskrav kan derefter beregnes ud fra $ELV_{teoretisk}$ og godheden:

$$Kvalitetskrav_{teoretisk} = ELV_{teoretiski} \times \frac{Godhed}{100}, \qquad hvor$$

$Kvalitetskrav_{teoretisk}$	er det teoretiske kvalitetskrav
$ELV_{teoretisk}$	er den teoretiske ELV
Godhed	er den procentsats af døgngrænseværdien, som fastsættes i bekendtgørelser, f.eks. 20% for NO_x.

I Anbefaling 20 angives kvalitetskrav til O_2 og H_2O som absolutte værdier, dvs. ikke som en procent af en grænseværdi, som normalt.

For H_2O og O_2 vurderes det at de anbefalede kvalitetskrav kan benyttes direkte til kvalitetssikring af AMS placeret efter CC-anlæg.

E.4 QAL1

I QAL1 bør usikkerheden ved ELV på AMS ikke overskride 75% af kvalitetskravet.
For at få sammenhæng mellem kvalitetskravet og reelt målte værdier bør QAL1 usikkerhedsberegningen blive udført ved $ELV_{teoretisk}$ (og $kvalitetskrav_{teoretisk}$), der modsvarer de højere koncentrationer efter CC-anlægget.
$ELV_{teoretisk}$ og $kvalitetskrav_{teoretisk}$ kan beregnes efter formlerne i afsnit E.3.

[52] Hvis anlægsopbygningen giver mulighed for det, kan de to O_2 AMS sammenlignes hver gang CC-anlægget bypasses. Ved fuld bypass bør de to AMS for O_2 vise samme niveau.

Den relative usikkerhed efter CC-anlægget vil altid være lavere end før CC-anlægget pga. af den højere $ELV_{teoretisk}$ efter CC-anlægget. Derfor vil en AMS der kan leve op til 75% af ELV hvis den placeres før et CC-anlæg også altid kunne leve op til 75% af $ELV_{teoretisk}$ efter CC-anlægget. Referencelaboratoriet vurderer derfor, at det ikke er nødvendigt at gennemføre en ny QAL1 usikkerhedsberegning ved $ELV_{teoretisk}$.

E.5 QAL2/AST parallelmålinger, kvalitetssikring og kalibrering

Dette afsnit tager udgangspunkt i at parallelmålinger ved QAL2/AST udføres med CC-anlægget i drift. Metoden vil også fungere hvis CC-anlægget bypasses helt eller delvist i perioder under parallelmållingerne, men bemærk at CO_2 kun kan QAL2/AST kalibreres med CC-anlægget i drift i hele perioden for parallelmålinger, se afsnit E.5.1.

Ved QAL2/AST opnås et sæt parallelmålinger, hvor alle parametre er målt efter CC-anlægget. Hertil kommer en tør O_2-koncentration målt før CC-anlægget.

Ved en QAL2 gennemføres der følgende:

- Der beregnes en kalibreringsfunktion
    - Kalibreringsfunktionen beregnes ved AMS målekonditioner og anvendes direkte på de målte AMS-værdier. Beregning af kalibreringsfunktion kan beregnes direkte på de målte resultater.
- Der gennemføres en variabilitetstest
    - Variabilitetstesten udføres ved reference O_2 og vil være påvirket af den fjernede CO_2. Der er behov for at korrigere for fjernet CO_2.
- Der beregnes et gyldigt kalibreringsinterval.
    - Det gyldige kalibreringsinterval beregnes ved reference O_2 og vil være påvirket af den fjernede CO_2. Der er behov for at korrigere for fjernet CO_2.

Ved en AST gennemføres der følgende:

- En test af QAL2 kalibreringsfunktionens gyldighed
    - Testkriteriet beregnes ved reference O_2 og vil være påvirket af den fjernede CO_2. Der er behov for at korrigere for fjernet CO_2.
- Der gennemføres en variabilitetstest
    - Testkriteriet ved variabilitetstesten udføres ved reference O_2 og vil være påvirket af den fjernede CO_2. Der er behov for at korrigere for fjernet CO_2.

Følgende fremgangsmåde gør det nemt at gennemføre en QAL2 eller AST-beregning i et eksisterende beregningsprogram, idet følgende ændringer ved beregningerne benyttes:

- $ELV_{teoretisk}$ og $kvalitetskrav_{teoretisk}$ benyttes i beregningerne som erstatning for ELV og kvalitetskravet
    - Ved beregning af $ELV_{teoretisk}$ og $kvalitetskrav_{teoretisk}$ (se afsnit E.3) benyttes den gennemsnitlige målte SRM O_2 før og efter CC-anlægget under QAL2/AST (middel af 15/5 målinger).
        - Ved variationer i O_2 vil der også være variationer i $ELV_{teoretisk}$. Et fald i O_2 på 1 vol % giver en stigning i $ELV_{teoretisk}$ på ca. 10%. Dvs. at jo lavere O_2 koncentration jo lempeligere bliver kvalitetskravet. Hvis der anvendes samme brændsel, forventes der ikke store udsving i O_2 koncentrationen ved en QAL2/AST. Hvis der anvendes to forskellige brændsler ved en QAL2 kan O_2 koncentrationen variere mere end et par %. Som beskrevet i MEL-16 er der ikke mulighed for at anvende en variabel ELV ved en QAL2/AST-beregning.
          Samlet set vurderes det, at middelværdien kan benyttes uden at det har væsentlig betydning for testresultatet af QAL2/AST.

- Både SRM og AMS O_2-målinger før CC-anlægget benyttes i beregningerne som erstatning for O_2 målt efter CC-anlægget.
- Det gyldige kalibreringsinterval skal sammenholdes med AMS rapporterede værdier, som beregnes til før CC-anlægget efter formlerne i Rapport 87. Det gyldige kalibreringsinterval, som fremkommer ved beregningen (GKI^{efter}) skal derfor korrigeres efter følgende formel (omskrevet fra Rapport 87), idet der anvendes den gennemsnitlige målte SRM O_2 før og efter CC-anlægget under QAL2/AST (15/5 målinger) ved korrektionen:

$GKI^{før} = GKI^{efter} \times \frac{K_{O_2}^{før}}{K_{O_2}^{efter}}$, hvor

$GKI^{før}$	er det gyldige kalibreringsinterval før CC-anlæg
GKI^{efter}	er det gyldige kalibreringsinterval efter CC-anlæg
$K_{O_2}^{før}$	er den gennemsnitlige målte tørre SRM O_2 før CC-anlægget
$K_{O_2}^{før}$	er er den gennemsnitlige målte tørre SRM O_2 efter CC-anlægget

For volumenstrøm indgår der ikke en reference O_2 i kvalitetskravet, hvorfor volumenstrøm målt efter CC-anlæg kvalitetssikres på samme måde som før CC-anlæg. Hvis densiteten indgår i målemetoden (AMS og SRM) skal man dog være opmærksom på at CO_2 koncentrationen ikke kan estimeres/beregnes ud fra O_2 og brændselssammensætning.

For de perifere parametre og CO_2 indgår der ikke en reference O_2 i kvalitetskravet, hvorfor perifere parametre og CO_2 målt efter CC-anlæg kvalitetssikres på samme måde som før CC-anlæg.

Sammenfatning (QAL2/AST):

- Input til QAL2/AST-beregning i eksisterende beregningsprogrammer:
  - Alle måleresultater (bortset fra O_2) målt efter CC-anlægget.
  - Måleresultater for O_2 målt før CC-anlægget (både for SRM og AMS).
  - $Kvalitetskrav_{teoretisk}$ og $ELV_{teoretisk}$
- Resultater af beregningen:
  - Kalibreringsfunktionen kan anvendes direkte (QAL2).
  - Resultatet af variabilitetstesten kan anvendes direkte (QAL2/AST).
  - Resultatet af test af QAL2 kalibreringsfunktion kan anvendes direkte (AST).
  - Det gyldige kalibreringsinterval skal korrigeres til før CC-anlæg ved de gennemsnitlige SRM-resultater fra QAL2/AST før og efter CC-anlægget (QAL2 eller ved evt. udvidelse af det gyldige kalibreringsinterval ved AST)

Det bør fremgå af QAL2/AST-rapporten, at denne metode er anvendt ved beregningerne, med henvisning til dette bilag.

Det er muligt at anvende andre fremgangsmåder til QAL2/AST-beregning, men denne metode er valgt, da den er simpel og kan anvendes i eksisterende beregningsprogrammer til QAL2/AST-beregning.

E.5.1 Specielt for CO_2

Som nævnt tidligere vil CO_2 koncentrationen med og uden CC-anlægget i drift være så forskellige, at der er behov for to kalibreringsfunktioner for CO_2:

- Kalibreringsfunktion med CC-anlægget i bypass

- QAL2/AST parallelmålinger udføres mens CC-anlægget er i bypass og kvalitetskrav for CO_2 nævnt i Anbefaling 20 benyttes.
- Kalibreringsfunktion med CC-anlægget i drift
  - QAL2/AST parallelmålinger udføres mens CC-anlægget er i normal drift og der anvendes et kvalitetskrav på 10% af et fast måleområde på 0-3 vol%[53].

E.5.2 Anvendelse af resultater fra QAL2/AST parallelmålinger

I DAHS omregnes AMS målte koncentrationer efter CC-anlægget til koncentrationer før CC-anlægget (Luftvejledningens metode 1), hvilket forudsætter følgende anvendelse af QAL2/AST-rapportens resultater:

Rapportens testresultater mm. vil kunne bruges direkte.

Følgende indtastes i DAHS:

- Kalibreringsfunktionen fra rapporten, idet data behandles i følgende rækkefølge (se også afsnit 5):
  1. AMS FLD-data kalibreres med QAL2 kalibreringsfunktionen
  2. AMS QAL2 kalibrerede FLD (1) midles over periode fx 30 min.
  3. Midlede kalibrerede AMS (2) normeres til normal, tør tilstand (ud fra værdier efter CC-anlæg)
  4. Midlede normerede (normal, tør) AMS-værdier (3) korrigeres til teoretisk værdi før CC-anlæg (normal, tør tilstand) (efter formlerne i Ref-lab rapport 87)
  5. AMS teoretisk (før CC-anlæg) (4) omregnes til reference ilt ud fra AMS O_2 fra før CC-anlæg
- ELV, godhedsprocent og reference O_2 fra miljøgodkendelsen (dvs. ikke $ELV_{teoretisk}$)
- Det gyldige kalibreringsinterval korrigeret til før CC-anlægget ($GKI_{før}$)

E.6 QAL3

Ved QAL3 kan der benyttes kontrolkortgrænser baseret på S_{AMS} (fra QAL1) eller baseret på en % af kvalitetskravet (der er baseret på ELV). I praksis anvendes kvalitetskravet uden O_2-korrektion da nul og span kontrollen udføres uden O_2-korrektion.

Da reelt målte koncentrationer er ved den højere koncentration efter CC-anlægget bør QAL3 kontrolkortgrænser sættes på baggrund af en $ELV_{teoretisk}$ (eller $kvalitetskrav_{teoretisk}$) der modsvarer de højere koncentrationer efter CC-anlægget.

$ELV_{teoretisk}$ og $kvalitetskrav_{teoretisk}$ kan beregnes efter formlerne i afsnit E.3.

[53] Det absolutte kvalitetskrav fra Anbefaling 20 er 1 vol% absolut, dvs. at det ikke bliver mindre ved lave niveauer af CO_2. Kvalitetskravet bør derfor ændres til en procentandel af det forventede lavere niveau. 10% svarer til godheden for CO, der også måles med IR. Det anbefalede kvalitetskrav kan medføre at diverse test ved QAL2/AST ikke kan bestås med mindre både AMS- og SRM-målemetoder med tilpasset måleområde, spangasser mm. anvendes.

E.7 Eksempel på QAL2 beregning efter dette bilag

OBS vær opmærksom på at der ved testberegning kan forekomme små forskelle som følge af afrundingsfejl i programmerne.

Måledata:

	SRM							AMS					
	H_2O	O_2 før	O_2 efter	P	T	SO_2	SO_2	H_2O	O_2 før	O_2 efter	P	T	SO_2
Måling nr	vol %	Vol %, t	Vol %, t	hPa	°C	mg/m³ (n,t)	mg/m³ (aktuel)	vol %	Vol %, t	Vol %, t	hPa	°C	mg/m³ (aktuel)
1	7,33	12,0	13,2	1020	44	68,40	54,96	7,2	11,5	12,7	1030	45	57,8
2	7,33	12,0	13,2	1020	48	70,20	55,70	7,2	11,5	12,7	1029	44	57,8
3	7,33	12,0	13,2	1020	44	68,40	54,96	7,2	11,5	12,7	1028	43	57,8
4	7,33	12,0	13,2	1020	48	69,30	54,99	7,2	11,5	12,7	1030	45	57,8
5	7,33	12,0	13,2	1020	48	69,30	54,99	7,2	11,5	12,7	1032	44	57,8
6	7,33	12,0	13,2	1020	47	82,90	65,98	7,2	11,5	12,7	1030	44	69,3
7	7,33	12,0	13,2	1020	41	81,30	65,94	7,2	11,5	12,7	1027	42	69,3
8	7,33	12,0	13,2	1020	42	81,60	65,98	7,2	11,5	12,7	1023	41	69,3
9	7,33	12,0	13,2	1020	42	81,60	65,98	7,2	11,5	12,7	1023	42	69,3
10	7,33	12,0	13,2	1020	42	81,60	65,98	7,2	11,5	12,7	1024	42	69,3
11	7,33	12,0	13,2	1020	41	81,30	65,94	7,2	11,5	12,7	1023	42	69,3
12	7,33	12,0	13,2	1020	43	95,50	76,97	7,2	11,5	12,7	1023	42	91,9
13	7,33	12,0	13,2	1020	44	95,80	76,97	7,2	11,5	12,7	1024	42	91,9
14	7,33	12,0	13,2	1020	41	94,90	76,98	7,2	11,5	12,7	1030	43	91,9
15	7,33	12,0	13,2	1020	43	95,50	76,97	7,2	11,5	12,7	1031	43	91,9
Middel		12,0	13,2										

Aktuel: O_2, H_2O, temp. og tryk ved skorstenskonditioner.

ELV og kvalitetskrav og tilsvarende teoretiske værdier:

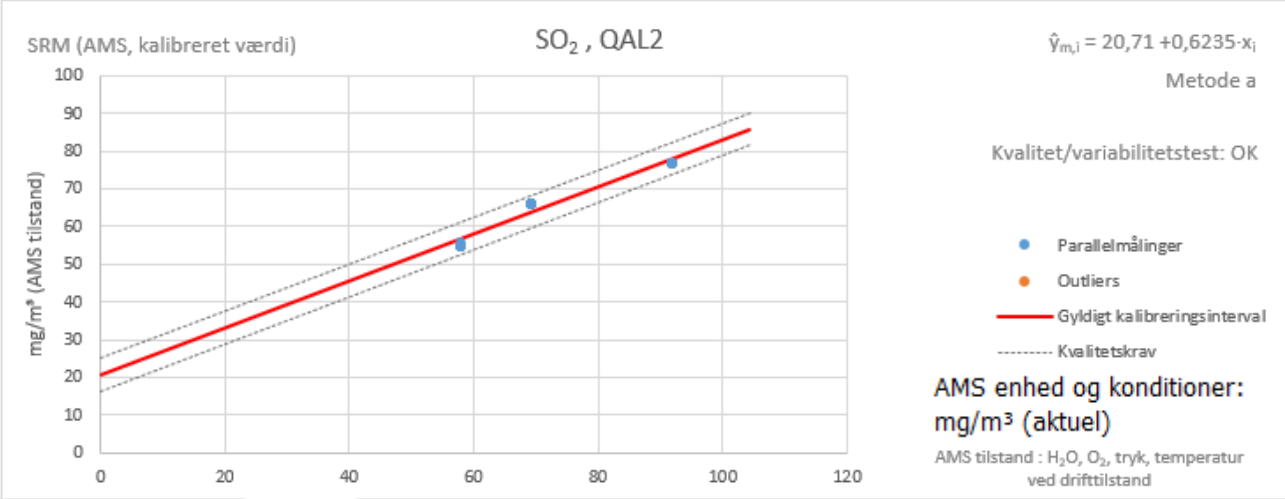
	ELV mg/m³ (ref)	$ELV_{teoretisk}$ mg/m³ (ref)	Kvalitets-krav mg/m³ (ref)	$Kvalitets-krav_{teoretisk}$ mg/m³ (ref)	Ref. O_2 vol %
SO_2	50	55	10	11	11

Farvemarkering, betydning:

Grønmarkering:	Input til QAL2 beregningen
Blåmarkering:	Anvendes ikke i QAL2 beregningen

Resultatoversigt fra beregningen (eksempelberegning fra FORCE Technology's beregningsprogram)

	Periode 2025	Perifere parametre								SO_2					Aktiv
		H_2O		O_2		Temperatur		Tryk		SRM	AMS		SRM	AMS	
		SRM	AMS	SRM	AMS	SRM	AMS	SRM	AMS		Ikke kalibreret	Kalibreret		Kalibreret	
		vol %, våd		vol %, tør		°C		hPa		mg/m³ (AMS tilstand)			mg/m³ (ref)		
1	27-03 11:14 - 12:14	7,33	7,2	12	11,5	44	45	1020	1030	54,96	57,8	56,75	76,05	73,78	☑
2	27-03 12:15 - 13:15	7,33	7,2	12	11,5	48	44	1020	1029	55,7	57,8	56,75	78,05	73,62	☑
3	27-03 13:20 - 14:20	7,33	7,2	12	11,5	44	43	1020	1028	54,96	57,8	56,75	76,05	73,46	☑
4	27-03 14:22 - 15:22	7,33	7,2	12	11,5	48	45	1020	1030	54,99	57,8	56,75	77,05	73,78	☑
5	27-03 15:24 - 16:24	7,33	7,2	12	11,5	48	44	1020	1032	54,99	57,8	56,75	77,05	73,4	☑
6	27-03 16:26 - 17:26	7,33	7,2	12	11,5	47	44	1020	1030	65,98	69,3	63,92	92,17	82,84	☑
7	28-03 08:18 - 09:18	7,33	7,2	12	11,5	41	42	1020	1027	65,94	69,3	63,92	90,39	82,56	☑
8	28-03 09:19 - 10:19	7,33	7,2	12	11,5	42	41	1020	1023	65,98	69,3	63,92	90,73	82,62	☑
9	28-03 10:20 - 11:20	7,33	7,2	12	11,5	42	42	1020	1023	65,98	69,3	63,92	90,73	82,88	☑
10	28-03 11:21 - 12:21	7,33	7,2	12	11,5	42	42	1020	1024	65,98	69,3	63,92	90,73	82,8	☑
11	28-03 12:25 - 13:25	7,33	7,2	12	11,5	41	42	1020	1023	65,94	69,3	63,92	90,39	82,88	☑
12	28-03 13:46 - 14:46	7,33	7,2	12	11,5	43	42	1020	1023	76,97	91,9	78,01	106,2	101,2	☑
13	28-03 14:54 - 15:54	7,33	7,2	12	11,5	44	42	1020	1024	76,97	91,9	78,01	106,5	101,1	☑
14	29-03 08:12 - 09:12	7,33	7,2	12	11,5	41	43	1020	1030	76,98	91,9	78,01	105,5	100,8	☑
15	29-03 09:12 - 10:12	7,33	7,2	12	11,5	43	43	1020	1031	76,97	91,9	78,01	106,2	100,7	☑
16															☐
17															☐
18															☐
19															☐
20															☐



AMS parameter	Test i	Test resultat		Kalibreringsfunktion				Gyldigt kalibreringsinterval		
		Kalibreringsfunktion	Kvalitet/variabilitet	Funktion	Metode	R^2	Enhed	Interval	Enhed	Interval udvidet
SO_2	QAL2 (15)	-	OK	$\hat{y}_{m,i} = 20{,}71 + 0{,}6235 \cdot x_i$	a	0,96	mg/m³(f)	0-111	mg/m³(ref)	

Det det gyldige kalibreringsinterval skal korrigeres til $GKI_{før}$:

GKI_{efter}	0-111	mg/m³(ref)	Resultat af beregningen (se ovenfor)
$GKI_{før}$	0-101	mg/m³(ref)	Benyttes i DAHS