

Trafikselskabernes Miljøsynsmanual

Del 1: Emissionsmåling

UDARBEJDET AF:



FORCE Technology

13. juni 2017

Afdeling: Metrologi og Luftmiljø
Projektleder: Frantz Bræstrup
Sagsnummer: 116-31657.02
Telefon: +45 43 25 16 46/ +45 42 62 76 46
E-mail: fbr@force.dk
Web: www.force.dk
Park Allé 345, 2605 Brøndby

PÅ VEGNE AF:

TiD (Trafikselskaberne i Danmark)

BAT

FYNBUS

NT

MIDTTRAFIK

SYDTRAFIK

MOVIA

Indholdsfortegnelse

1	Forord	3
2	Indledning	3
3	Emissionsmålinger på busser	4
3.1	Krav til måleudstyr	4
3.2	Krav til dataopsamling	6
3.3	Krav til målefirma og måleteknikere	6
3.4	Vedligehold og kalibrering	7
3.5	Forberedelser og klargøring af bussen	7
3.6	Måleprocedure	7
3.7	Grænseværdier	9
3.8	Ringkalibrering af måleudstyr	9
3.9	Kvalitetssikring	10
4	Rapportering og dokumentation	10
4.1	Tvivelsspørgsmål	10

1 Forord

Denne miljøsynsmanual er del 1 af en revideret udgave af Trafikselskabet Movias miljøsynsmanual, 4. udgave, juli 2008. Del 1 indeholder en beskrivelse af de krav, der er til udførelse af emissionsmålinger på busser i forbindelse med miljøsyn. Den reviderende miljøsynsmanual omfatter også støjmålinger på busser. Disse er beskrevet i en separat manual (del 2). Den reviderede miljøsynsmanualen omfatter både del 1 og del 2, og er alle de danske trafikelskabers miljøsynsmanual.

Miljøsynsmanualen er udarbejdet af FORCE Technology på foranledning af Movia. Manualen er baseret på Movias miljøsynsmanual, 4. udgave, juli 2008 men indeholder helt nye måleparametre for emissioner og tilhørende grænseværdier. Måleprocedure, grænseværdier mm. for målinger af støj fra busser er udarbejdet af DELTA, der siden 1. januar 2017 har været en del af FORCE Technology.

Miljøsynsmanualen består som nævnt af to dele:

Del 1: Emissionsmålinger på busser:

- Nitrogen- og nitrogendioxid, NO_x (sum af NO og NO₂)
- Kuldioxid, CO₂
- Sodpartikler, herunder partikelmasse (PM) samt partikelantal (PN)

Del 2: Målinger af støj fra busser:

- Støj uden for bussen
- Støj inde i bussen

Dette dokument indeholder del 1. Del 2 er udgivet i et separat dokument.

2 Indledning

Med det formål at begrænse udledningen af sodpartikler (partikelmasse (PM) samt partikelantal (PN)), NO_x-gasser (NO og NO₂) og støjgener fra køretøjer, foretages der løbende kontrol af de busser, som busoperatørerne anvender på Trafikselskabernes ruter. Kontrollen foretages ved miljøsyn på de ibrugtagne busser, der indgår i driften.

Miljøsynsmanualens del 1 omfatter dieseldrevne busser fra følgende emissionsklasser; Euro IV, Euro V, EEV og Euro VI, samt gasdrevne Euro VI busser. Miljøsynet omfatter busser med originale, uoriginale samt eftermonterede systemer til emissionsreduktion.

Miljøsynet er til for at sikre, at kunderne og omgivelserne oplever, at transportformen sker på en sundhedsmæssig og miljøvenlig måde. Desuden sikrer miljøsynet, at busoperatørerne overholder det pågældende trafikelskabs retningslinjer for udledning.

Miljøsyn foretages ikke som følge af dansk lovgivning. Miljøsyn er et supplement, som det enkelte trafikelskab kan anvende og pålægge busoperatørerne at overholde, f.eks. i forbindelse med udbud.

3 Emissionsmålinger på busser

3.1 Krav til måleudstyr

Miljøsyn foretages ved at måle emissioner fra udstødningen under et fuldt accelerationsforløb på en lige, plan vejstrækning. Fra tidlige erfaringer med miljøsyn er der en tydelig sammenhæng mellem maksimumværdierne fra måleforløbet og tilstanden på bussernes emissionsreducerende udstyr for sodpartikler og NO_x.

Måleudstyret skal være transportabelt, da udstyret skal installeres i bussen under målingen. Såfremt det er muligt, anvendes bussens 24V strømforsyning til måleudstyret, men det er også tilladt at anvende en separat strømforsyning, der medtages i bussen. Da målingen skal foretages med et opvarmet udtagssystem, skal man forvente, at opsætning og klargøring af måleudstyr kan tage op til 60 minutter på den første bus. Herefter vil opsætningen og klargøring på de efterfølgende busser kunne reduceres, hvis de flyttes direkte over i den nye bus og inden for kort tid igen tilsluttes en strømforsyning.

Det er også muligt at foretage miljøsynet på et rullefelt, hvorved kravet til et transportabelt måleudstyr ikke er gældende.

Et komplet målesystem skal bestå af et udtagssystem, en gaskonditioneringsenhed, en gasmåler og en partikelmåler.

Udtagssystem

Udtagssystemet skal bestå af en opvarmet slange (120 – 190°C) med en sonde. Sidstnævnte skal monteres, så den sidder 10 – 20 cm inde i udstødningsrøret. Udtagssystemet skal være varmt, dels for at undgå kondensering af specielt vanddamp i slangen, og dels for at undgå tab af partikler i udtagssystemet. Slangen til NO_x- og partikelmåleren skal være lavet af ledende (antistatisk) teflon eller rustfri stål for at minimere tab af gasser og partikler i systemet. Slangen til måling af CO₂ kan være af PVC, teflon eller rustfrit stål. Det er tilladt at kombinere måling af alle emissionsparametre gennem samme udtagssystem, såfremt ovenstående materialevalg er opfyldt.

Gaskonditioneringsenhed og gasmåler

Gaskonditioneringsenheden skal bestå af en peltier køler, der køler røggassen ned og fjerner fugten i røggassen, inden den ledes ind i gasmåleren. Gasmåleren kan være en kombineret NO_x- og CO₂-måler eller to separate målere for henholdsvis NO_x og CO₂. Det er tilladt at anvende gasmålere med en indbygget gaskonditioneringsenhed. Målemetode og måleområde er beskrevet i afsnit 3.1.1 og 3.1.2.

Partikelmåler

Partikelmåleren skal måle varmt (190°C) for at undgå kondensering af vanddamp og kulbrinter i instrumentet. Måleren skal monteres direkte på det opvarmede udtagssystem for at undgå 'kolde' overgange. Målemetode og måleområde er beskrevet i afsnit 3.1.3. Det anbefales, at den indsugede røggasmængde ledes ud af bussen for at bibeholde et forsvarligt indeklima i bussen under målingen.

3.1.1 Gasmåling, nitrogen- og nitrogendioxid, NO_x

3.1.1.1 Målemetode og måleområde

Der tillades to typer måleprincipper til måling af NO_x: Kemiluminiscens monitorer (CLD) samt Non Dispersive Ultraviolette monitorer (NDUV).

Vedr. måleprincippet CLD: På en tør og partikelfri delgasstrøm bestemmes NO_x-koncentrationen med en kemiluminiscens monitor (CLD) med indbygget converter, der reducerer NO₂ til NO. Instrumentet måler efter converteren den samlede koncentration af kvælstofoxider i form af NO_x = NO + NO₂. Måleren skal opfylde Kommissionens Forordning (EU) nr. 582/2011 eller afsnit 9.3.1 af bilag 4B i UN/ECE Regulering nr. 49.

Vedr. måleprincippet NDUV: På en tør og partikelfri delgasstrøm bestemmes NO_x-koncentrationen med en Non Dispersive Ultraviolet monitor (NDUV). Gassen ledes gennem et prøvekammer, hvor det belyses med ultraviolet lys, der ved specifikke bølgelængder absorberes af NO og NO₂ - molekylerne i gassen. Signalet opfanges med en detektor og omsættes til en koncentration. Måleren skal opfylde EU direktiv 582/2011 eller afsnit 9.3.1 af bilag 4B i UN/ECE Regulering nr. 49.

Gasmåleren skal have et måleområde, der dækker 0-1500 ppm NO_x (tør gas) og med en måleopløsning på mindst 1 ppm. Såfremt man ønsker at måle ved fortynding af røggassen, kan dette gøres, såfremt fortyndingsforholdet bestemmes under eller umiddelbart før eller efter måling. Måleområdet på monitoren skal dog justeres, så det er muligt at opnå samme måleusikkerheder som uden fortynding (se afsnit 3.6).

3.1.2 Gasmåling, kuldioxid, CO₂

3.1.2.1 Målemetode og måleområde

På en tør og partikelfri delgasstrøm bestemmes CO₂-koncentrationen med en NDIR (Non-dispersive Infrared) monitor. Måleren skal opfylde EU direktiv 582/2011 eller afsnit 9.3.1, bilag 4B i UN/ECE Regulering nr. 49.

Gasmåleren skal have et måleområde, der dækker 0-18 vol% CO₂ (tør gas) og en måleopløsning på 0,1 vol%. Såfremt man ønsker at måle ved fortynding af røggassen, kan dette gøres, såfremt fortyndingsforholdet bestemmes under eller umiddelbart før eller efter måling. Måleområdet på monitoren skal dog justeres, så det er muligt at opnå samme måleusikkerheder som uden fortynding (se afsnit 3.6).

3.1.3 Sodpartikler

3.1.3.1 Målemetode og måleområde

Målingen skal foretages efter måleprincippet; Charge diffusion. Med charge diffusion føres gasstrømmen ind gennem et elektrisk felt, så partiklerne optager elektrisk ladning på overfladen. Herefter ledes partiklerne gennem en såkaldt Faraday-cup, hvor partiklerne afsætter deres ladning

igen. Signalet opfanges af en detektor og omsættes til partikelantal og partikelmasse via en softwarealgoritme i instrumentet. Partikelmassen beregnes ud fra en antaget partikeldensitet på 1 mg/cm³.

Måleren skal kunne måle partikler i en størrelse på mellem 23 nm til 2500 nm som angivet i Tabel 1.

Tabel 1: Krav til partikelanalytoren.

Parameter	Partikelmasse (PM)	Partikelantal (PN)
Enhed	mg/m ³ (våd) ved givne reference CO ₂	antal/cm ³ (våd) ved givne reference CO ₂
Måleområde	0-50 mg/m ³	10 ⁴ -10 ⁹ antal/cm ³
Måleopløsning	0,001 mg/m ³	mindst 10 ³ antal/cm ³

3.2 Krav til dataopsamling

Data værdierne fra gas- og partikelmålingerne skal aflæses af dataopsamlingssystemet 1 gang pr. sekund. Maksimumværdierne for målingen skal kunne bestemmes enten ved aflæsning måleudstyret eller automatisk aflæsning af dataopsamlingsprogrammet.

Dataopsamlingssystemet skal være i stand til at gemme data fra måleforløbet, og det skal være muligt at kunne eksportere data til et format, der kan læses af en almindelig PC (eksempelvis ASCII, EXCEL eller lignende).

3.3 Krav til målefirma og måleteknikere

3.3.1 Krav til målefirma

Målingerne skal udføres af et uvildigt målefirma, der er godkendt af Trafikselskabet til formålet. Det uvildige målefirma må ikke have personlige eller økonomiske interesser i udfaldet af målingerne. Eksempelvis vil busoperatører, der tidligere har været ansat i Trafikselskabet, samt de værksteder busoperatører normalt benytter, ikke som udgangspunkt blive betragtet som uvildige.

3.3.2 Krav til måletekniker

Det skal dokumenteres, at de pågældende målinger foretages af personale med relevant uddannelse, herunder kendskab til generel måleteknik, kalibrering, kvalitetssikring og reproducerbarhed af målinger.

3.4 Vedligehold og kalibrering

3.4.1 Gasmålinger

Måleinstrumentet til måling af NO_x og CO₂ skal være indrettet således, at det er muligt at tjekke udstyret på målestedet med en testgas. Måleinstrumentet vedligeholdes efter gældende anbefalinger fra producenten.

3.4.2 Partikelmålere

Måleinstrumentet til måling af partikler (partikelmasse (PM) og partikelantal (PN)) skal være indrettet således, at det er muligt at nulpunktskalibrere udstyret f.eks. ved hjælp af et HEPA-filter. Måleinstrumentet vedligeholdes efter gældende anbefalinger fra producenten.

3.4.3 Dataopsamling ved emissionsmåling

Dataopsamlingssystemet skal opsamle data, mens kalibreringen af måleinstrumenterne foretages. Dataopsamlingssystemet vedligeholdes efter gældende anbefalinger fra producenten.

3.5 Forberedelser og klargøring af bussen

Før måling skal det så vidt muligt sikres, at bussen ikke har defekter eller mangler, som betyder, at bussen ikke kan fungere på normal vis. Der må ikke være synlige defekter omkring motoren eller væsentligt spild af kølevæske eller olie.

Inden målingen påbegyndes, kontrolleres det, at bussen ikke har nogen alarmer på instrumentpanelet (f.eks. modtrykssensor, additiver mm.). Sensoren, der sikrer at dørene er lukkede er dog undtaget, såfremt det skyldes, at der sidder en varmeslange til emissionsmåleren i klemme.

Målingen skal foretages på en driftvarm motor, dvs. at vand- og olietemperatur skal være i normalt driftsområde (verificeres via bussens instrumentpanel). Dette gøres for at sikre, at emissionsreducerende udstyr på bussen har de rette driftsbetingelser. Det skal anføres på et måleskema, om motoren var driftvarm under målingen. Dette gøres af hensyn til eventuelle tvivlsspørgsmål vedrørende overholdelse af grænseværdier.

3.6 Måleprocedure

Inden målingen startes, ledes en certificeret testgas via proben (målesonden) gennem hele prøvetagningssystemet. Dette gøres for at sikre, at der ikke er lækager, og at gasanalysatoren måler korrekt.

Såfremt bussen har stået i tomgang længe, renses udstødningssystemet inden målingen for akkumulerede sodpartikler. Dette gøres ved at speede op et par gange i frigear lige efter hinanden. Herefter venter man til at emissionerne er stabiliseret igen inden selve testen påbegyndes.

Selve emissionsmålingen foretages på en plan vej ved af udføre en fuld acceleration fra stilstand og op til 80-90 km/t (færdselsloven skal overholdes). Herefter holdes hastigheden konstant, indtil den måleansvarlige giver signal til at testen er færdig. Speederen skal momentant trædes i bund og holdes i bund under hele accelerationsforløbet. Under hele dette forløb foretages der en dataopsamling af de forskellige emissioner (NO_x, CO₂, PM og PN), som beskrevet under afsnit 3.2. Der foretages tre på hinanden følgende målinger af gasser og sodpartikler.

Bestemmelse af partikler og NO_x behøver ikke at blive foretaget samtidigt men kan måles i separate accelerationsforløb. Eksempelvis kan der foretages tre accelerationsforløb til måling af NO_x og CO₂, efterfulgt af tre accelerationsforløb til måling af PM, PN og CO₂. Det vigtigt, at CO₂ altid måles samtidigt med både NO_x og partikelmålingen for at kunne sammenligne og omregne korrekt til CO₂ referencetilstanden.

Såfremt der anvendes et fortynderudstyr, skal fortyndingsforholdet måles på målestedet. Dette gøres ved at tilsætte en kendt gasmængde (eksempelvis NO-gas) direkte på gasmåleren og herefter igennem hele prøveudtagningssystemet. Fortyndingsfaktoren bestemmes som forholdet mellem de to målinger. Bemærk, at det kan være nødvendigt at korrigere fortyndingsforholdet for bidrag fra den atmosfæriske luft, såfremt fortyndingen foregår via trykluft fra en medbragt kompressor. Dette er aktuelt, hvis der anvendes CO₂ til at bestemme fortyndingsforholdet.

Målingen kan også udføres på et rullefelt. Her skal man sikre, at rullefeltet kan belaste bussen svarende til fuld acceleration på plan vej ca. 25-30 sek. fra stilstand og op til 80-90 km/t. Proceduren for selve målingen er den samme som ved måling på vej.

Resultatet af CO₂-målingen anvendes til at omregne de målte værdier af NO_x, PN og PM. Omregningen ved følgende formel:

$$C_{\text{ref}} = \frac{\text{CO}_2 (\text{reference})}{\text{CO}_2 (\text{målt})} * C_{\text{målt}}$$

hvor,

C (ref) = Den målte NO_x- eller partikelkoncentration omregnet til referencetilstand.

C (målt) = Den målte NO_x- eller partikelkoncentration.

CO₂ (målt) = Den målte CO₂-koncentration.

CO₂ (reference) = Reference-CO₂, (10 vol% CO₂).

Følgende skal være opfyldt for at bussen kan godkendes:

- Mindst to af de tre målinger skal være under grænseværdien.
- Gennemsnittet af de tre målinger skal være under grænseværdien.

Såfremt det skønnes, at de målte værdier for emissionerne er unormalt lave som følge af defekter, kan Trafikselskabet forlange, at bussen gennemgår endnu et miljøsyn, når disse ting er blevet udbedret.

3.7 Grænseværdier

Busser ved en given emissionsklasse skal overholde grænseværdierne angivet i Tabel 2, Tabel 3 og Tabel 4 for at blive godkendt ved et miljøsyn.

Tabel 2: Grænseværdier for NO_x. Dieseldrevne busser.

Emissionsklasse	NO _x [ppm] (ref)
Euro IV	1300
Euro V	1000
EEV	500
Euro VI	250
Andet	Efter aftale med Trafikselskabet

'ref' henviser til omregning til referencetilstand (10% CO₂).

Tabel 3: Grænseværdier for PM og PN. Dieseldrevne busser.

Emissionsklasse	PM [mg/m ³] (ref)	PN [antal/cm ³] (ref)
Euro IV	20	10*10 ⁷
Euro V	8	4*10 ⁷
EEV	7	3*10 ⁷
Euro VI	0,5	0,2*10 ⁷
Andet	Efter aftale med Trafikselskabet	

'ref' henviser til omregning til referencetilstand (10% CO₂).

Tabel 4: Grænseværdier for gasdrevne busser.

Emissionsklasse	PM [mg/m ³] (ref)	PN [antal/cm ³] (ref)	NO _x [ppm] (ref)
Euro VI, CNG	1,0	0,6 * 10 ⁷	300
Andet	Efter aftale med Trafikselskabet		

'ref' henviser til omregning til referencetilstand (10% CO₂).

Der henvises til Trafikselskabet Movias miljøsynsmanual, 4. udgave, juli 2008 ved test af busser fra ældre emissionsklasser, f.eks. Euro II og Euro III.

3.8 Ringkalibrering af måleudstyr

For at sikre, at målingerne er reproducerbare (dvs., at der opnås ensartede resultater uanset hvilket målefirma, der udfører målingen), skal der laves en *Ringkalibrering* hver 3. år og efter behov. Trafikselskabet indkalder til Ringkalibreringen, der foregår ved, at målefirmaer mødes på et nærmere angivet sted, medbringende måleudstyr. Det pågældende trafikselskab stiller 1-3 busser til rådighed for testen. Resultatet fra ringkalibreringen indføres i et måleskema, og en kopi fremsendes til Trafikselskabet mærket 'Ringkalibrering'. Skemaet skal anvendes som dokumentation for, at instrumenterne måler i overensstemmelse med hinanden. Resultaterne fra hver af de forskellige målefirmaer skal ligge inden for 10% i forhold til hinanden for at der er overensstemmelse mellem målingerne. Såfremt målingerne afviger mere end 10% af middelværdien, skal der iværksættes en undersøgelse af årsagen til den større afvigelse, og der skal efterfølgende iværksættes korrigerende handling.

3.9 Kvalitetssikring

Feltkalibrering af måleudstyr skal anføres på måleskemaer (nul-kalibrering af partikelmåler og testgasser på gasmålere). Måleinstansen skal kunne dokumentere resultatet af feltkalibreringen, såfremt Trafikselskabets har behov for det.

De tre på hinanden efterfølgende målinger på bussen kan betragtes som ensartede, såfremt den største og laveste værdi ikke afviger mere end 10% fra middelværdien af de tre målinger.

4 Rapportering og dokumentation

Måleresultater skal indføres i et dokument, som sammen med måleskemaer el. lign. lægges i en elektronisk database, som Trafikselskabet har adgang til.

Denne elektroniske udgave af målingerne herunder rådata, skal indeholde en tids- og datokode, som automatisk genereres af computeren/dataopsamlingsystemet. Følgende skal fremgå af dokumentationen for den enkelte måling: Målte resultater (NO_x, CO₂, PM og PN), målested, bustype, emissionsklasse, busnummer, oplysninger om emissionsreducerende udstyr på bussen samt, hvilken måletekniker/måleinstans, der har udført målingerne.

De pågældende måleinstanser skal desuden oprette en mappe, der skal indeholde følgende dokumentation:

- Resultater fra løbende kalibrering/justering af måleudstyret.
- Oplysninger om fejl og reparationer på måleudstyr.
- Resultater fra ringkalibrering.

Resultaterne fra miljøtilsynsmålingerne er Trafikselskabets ejendom og må ikke offentliggøres eller anvendes af operatører eller måleinstansen i anden forbindelse uden Trafikselskabets tilladelse.

4.1 Tvivlsspørgsmål

I tilfælde af begrundet uenighed mellem busoperatøren og målefirmaet, er Trafikselskabet øverste myndighed. Trafikselskabet kan kræve dokumentation for kalibreringsinterval og kalibreringsprotokol fra det firma, der udfører målingerne.