

Trafikselskabernes Miljøsynsmanual

Del 1 - Emissionsmåling

UDARBEJDET AF:



FORCE Technology

1. december 2020

Afdeling: Clean Air Technologies

Projektleder: Frantz Bræstrup

Task IDTelefon: 43 25 16 46/ 42 62 76 46

E-mail: fbr@force.dk

Web: www.force.dk

Park Allé 345, 2605 Brøndby

PÅ VEGNE AF:

TiD (Trafikskaberne i Danmark)

BAT

FYNBUS

NT

MIDTTRAFIK

SYDTRAFIK

MOVIA

Indholdsfortegnelse

1	Indledning.....	3
2	Emissionsmålinger på busser	3
2.1	Krav til måleudstyr	3
2.2	Krav til dataopsamling	6
2.3	Krav til målefirma og måleteknikere.....	6
2.4	Vedligehold og kalibrering.....	6
2.5	Forberedelser og klargøring af bussen	7
2.6	Måleprocedure	7
2.7	Grænseværdier	9
2.8	Sammenlignende test af måleudstyr	10
2.9	Kvalitetssikring	10
3	Rapportering og dokumentation	10
3.1	Tvivlsspørgsmål	11
	Bilag A - Målerapport.....	12

1 Indledning

Trafiksekskaberne har fokus på at udledningerne fra busserne af sundheds- og miljømæssige årsager er så lave som muligt af hensyn til passagererne og omgivelserne omkring.

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 med de busser, som busoperatørerne anvender på Trafiksekskabernes ruter. Kontrollen foretages ved miljøsyn på de ibrugtagne busser, der indgår i driften.

Trafiksekskabernes miljøsynsmanual bruges til at vurdere om de målte busser er velvedligeholdte og udledningen derigennem er begrænset mest muligt. Desuden sikrer miljøsynet, at busoperatørerne overholder det pågældende Trafiksekskabs krav. Miljøsynsmanualen er opdelt i 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

Denne miljøsynsmanual er del 1 og indeholder en beskrivelse af de krav, der er til udførelse af emissionsmålinger på busser i forbindelse med miljøsyn. Miljøsynsmanualens del 1 omfatter busser med originale, uoriginale samt eftermonterede systemer til emissionsreduktion fra følgende emissionsklasser:

Dieseldrevne busser: Euro VI, Euro V, EEV, Euro VI

- Dieseldrevne hybridbusser: Euro VI
- Gasdrevne busser: Euro VI

Del 2 er en separat manual, der indeholder en beskrivelse af de krav, der stilles til udførelse af støjmålinger på busser.

Miljøsynsmanualen er udarbejdet af FORCE Technology på foranledning af Movia.

2 Emissionsmålinger på busser

2.1 Krav til måleudstyr

Måleudstyret skal være transportabelt, da udstyret skal installeres i bussen under målingen. Såfremt det er muligt, anvendes bussens 12V eller 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 udtagsystem, skal man forvente, at opsætning og klargøring af måleud-

styr 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 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 2.1.1 og 2.1.2.

Partikelmåler

Partikelmåleren skal måle varmt (180 – 190 °C) for at undgå kondensering af vanddamp, og for at reducere kondensation af semivolatile kulbrinter i instrumentet. Måleren skal monteres direkte på de opvarmede udtagssystem for at undgå 'kolde' overgange. Målemetode og måleområde er beskrevet i afsnit 2.1.3. Det anbefales, at den indsugede røggasmængde ledes ud af bussen for at bibeholde et forsvarligt indeklima i bussen under målingen.

2.1.1 Gasmåling, nitrogen- og nitrogendioxid, NO_x

2.1.1.1 Målemetode og måleområde

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

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 EU direktiv 582/2011 eller afsnit 9.3.1 af bilag 4B i UN/ECE Regulerings 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/ellerter måling. Måleområdet på monitoren skal dog justeres, så det er muligt at opnå samme måleusikkerheder som uden fortynding (se afsnit 2.6).

2.1.2 Gasmåling, kuldioxid, CO₂

2.1.2.1 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/efter måling. Måleområdet på monitoren skal dog justeres, så det er muligt at opnå samme måleusikkerheder som uden fortynding (se afsnit 2.6).

2.1.3 Sodpartikler

2.1.3.1 Målemetode og måleområde

Målingen skal foretages efter måleprincippet; Charge diffusion. Signalet opfanges af en detektor og omsættes til partikelantal og partikelmasse via en beregningsalgoritme i instrumentet. Partikelmassen beregnes ud fra en antaget partikeldensitet på 1 mg/cm³.

Tabel 1 angiver enhed, partikelstørrelse, måleområde samt måleopløsning for partikelmåleren.

Tabel 1: Krav til partikelmåleren.

Parameter	Partikelmasse (PM)	Partikelantal (PN)
Enhed	mg/m ³ (våd) ved givne reference CO ₂	antal/cm ³ (våd) ved givne reference CO ₂
Partikelstørrelse	23 nm – 2500 nm	23 nm – 2500 nm
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

2.2 Krav til dataopsamling

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

Dataopsamlingsystemet 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 csv, eller lignende).

2.3 Krav til målefirma og måleteknikere

2.3.1 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.

2.3.2 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.

2.4 Vedligehold og kalibrering

2.4.1 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.

2.4.2 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.

2.4.3 Dataopsamling ved emissionsmåling

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

2.5 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 kølervæske 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 bus, dvs. at vand- og/eller olietemperatur på motoren skal være i normalt driftsområde (verificeres via bussens instrumentpanel). Dette gøres for at sikre, at emissionsreducerende udstyr på bussen har de rette driftsbetingelser. I praksis vil de fleste busser være parate til at få foretaget målingen efter 15 – 20 minutters kørsel på landevej/motorvej. Den første accelerationstest gennemføres senest efter 30 minutters kørsel med bussen på landevej/motorvej uanset om bussen vurderes som driftsvarm eller ej. Miljøsynet gennemføres ikke ved udetemperaturer under -10°C. Dette gælder især for NO_x målinger, jf. afsnit 2.5.1.

Det skal anføres på et måleskema, om motoren var driftvarm under målingen. Dette gøres af hensyn til eventuelle tvivlsspørgsmål vedrørende overholdelse af grænseværdier.

2.5.1 Særlige forhold, der skal tages hensyn til ifm. NO_x målinger efter SCR-katalysator

I nogen tilfælde kan det ske, at selv om bussens instrumentpanel viser, at bussen er driftsvarm, er temperaturen over SCR-katalysatoren endnu ikke blevet tilstrækkelig driftsvarm. Dette betyder, at NO_x-koncentrationen vil være uforholdsmæssig høj og først falde når SCR-katalysatoren er tilstrækkelig varm. Derfor skal den måleansvarlige altid foretage en vurdering af, om SCR-katalysatoren på bussen er tilstrækkelig varm til at målingerne kan gennemføres. Hvis den målte NO_x-koncentrationen (M) er tydeligt faldende (fx M1>M2>M3) for de enkelte accelerationsmålinger anbefales det, at bussen fortsætter med kørslen en tid for at blive tilstrækkelig driftsvarm. Herefter kan der foretages nye accelerationsmålinger. Én eller flere af de først udførte accelerationsmålinger kan behandles som *outliere* (se afsnit 2.6).

2.6 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. Hvis der under målingen opstår tvivl om udstødningssystemet er tilstrækkelig parat til måling, kan der være behov for, at enkelte målinger behandles som outliere.

Miljøsynsmanual - Del 1 - Emissioner

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

Emissionsmålingen foretages 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 PM), som beskrevet under afsnit 2.2.

Der foretages tre accelerationsmålinger af gasser og sodpartikler. Hvis der er tvivl om, at én eller flere accelerationstest ikke er udført korrekt, eller at bussen ikke er tilstrækkelig driftsvarm, foretages én eller flere supplerende accelerationstest (ud over de tre førnævnte). Det anbefales ikke at foretage flere end seks accelerationstest. Hvis det vurderes, at en måling er en outlier (fx unormal høj koncentration i forhold til de resterende målinger) medtages denne måling ikke i beregningerne. Data rapporteres fra tre korrekt udførte miljøsyn.

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).

2.6.1 Godkendelseskriterier

Følgende skal være opfyldt for at bussen kan godkendes:

1. Mindst to af de tre målinger skal være under grænseværdien.
2. Gennemsnittet af de tre målinger skal være under grænseværdien.
3. Såfremt man ser bort fra en måling (outlier) så skal mindst to af de anvendte accelerationsmålinger være udført lige efter hinanden.

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

2.7 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 herunder dieseldrevne hybridbusser.

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, herunder dieseldrevne hybridbusser.

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.

2.8 Sammenlignende test 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 Sammenlignende test, hver 3. år og efter behov. Trafikselskabet indkalder til testen, 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 testen anvendes som dokumentation for, at instrumenterne måler i overensstemmelse med hinanden. Resultaterne fra hver af de forskellige målefirmaer skal ligge inden for 20% i forhold til hinanden for at der er overensstemmelse mellem målingerne. Såfremt målingerne afviger mere end 20% af middelværdien, skal der iværksættes en undersøgelse af årsagen til den større afvigelse, og der skal efterfølgende iværksættes korrigerende handling.

2.9 Kvalitetssikring

Målefirmaet skal kunne dokumentere resultatet (samt rådata) af feltkalibreringen, såfremt Trafikselskabets har behov for det.

Resultaterne fra de tre accelerationsmålinger kan betragtes som valide såfremt kravene til et driftsvarmt køretøj (afsnit 2.5) og punkt 1 – 3 (afsnit 2.6) er opfyldt.

Miljøsynsrapporten skal ledsages med en kommentar såfremt en bus dumpes ved at 2 ud af 3 målinger er under grænseværdi, men det samlede gennemsnit er over grænseværdien. Det skal tydeliggøres, at målingen vurderes valid samt fremgå, hvad der er gjort for at sikre, at målingerne er foretaget, mens bussen har være driftsvarm.

3 Rapportering og dokumentation

Måleresultater skal indføres i et dokument, som sammen med måleskemaer mv. 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/dataopsamlingssystemet. Følgende skal fremgå af dokumentationen for den enkelte måling: Målte koncentrationer (NO_x, CO₂, PM og PN), målested, busmærke, busmodel, emissionsklasse, busnummer, oplysninger om emissionsreducerende udstyr på bussen samt, hvilken måletekniker/måleinstans, der har udført målingerne. Navngivning af filer samt dataopsætning i filen (fx rækkefølgen af de enkelte kolonner med data) aftales med særskilt med Trafikselskabet.

De pågældende måleinstanser skal desuden sikre, at følgende information gemmes:

- Resultater fra løbende kalibrering/justering af måleudstyret.
- Oplysninger om fejl og reparationer på måleudstyr, der har betydning for gennemførelsen af korrekte målinger
- 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.

3.1 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.

Bilag A - Målerapport

Dato, starttid (åååå-mm-dd tt:mm):	
Dato, sluttid (åååå-mm-dd tt:mm):	
Målested:	
Busmærke:	
Model:	
Busnummer:	
Registreringsnummer:	
Euronorm:	
Operatør:	
Anlæg:	
Målemetode (miljøsynsmanual, version):	
Bestiller af miljøsyn:	
Udført af:	

Måleresultater

	Måling 1	Måling 2	Måling 3	Middel	Grænse- værdi	Bestået/ ikke-bestået
NOx (ppm ref)						
PM (mg/m ³ ref)						
PN (10 ³ /cm ³ ref)						
CO ₂ (vol. %)						

Bemærkning

Konklusion

Bestået/ikke-bestået: