



Trafikselskabernes Miljøsynsmanual

Del 2 - Støjmåling

UDARBEJDET AF:



FORCE Technology
1. december 2020

Afdeling: Akustik, støj og vibrationer
Projektleder: Jens Oddershede
Sagsnummer: 120-32674
Telefon: +45 42 62 71 45
E-mail: jodh@force.dk
Web: www.force.dk
Venlighedsvej 4, 2970 Hørsholm

PÅ VEGNE AF:

TiD (Trafikskaberne i Danmark)
BAT
FYNBUS
NT
MIDTTRAFIK
SYDTRAFIK
MOVIA

Indholdsfortegnelse

| | | |
|-----|---------------------------------------|----|
| 1 | Indledning | 3 |
| 2 | Måling af støj fra busser | 3 |
| 2.1 | Krav til måleudstyr | 4 |
| 2.2 | Krav til måletekniker | 4 |
| 2.3 | Håndtering af måleudstyr | 4 |
| 2.4 | Måleværdier | 4 |
| 2.5 | Baggrundsstøj | 5 |
| 2.6 | Måleforhold | 5 |
| 2.7 | Beskrivelse af måleprocedure | 6 |
| 3 | Rapportering og dokumentation | 8 |
| 3.1 | Rapportering | 8 |
| 3.2 | Usikkerheder og tvivlsspørgsmål | 9 |
| | Bilag A - Målerapport | 10 |

1 Indledning

Trafikselskaberne 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 Trafikselskabernes ruter. Kontrollen foretages ved miljøsyn på de ibrugtagne busser, der indgår i driften.

Trafikselskabernes 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 Trafikselskabs 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 2 og indeholder en beskrivelse af de krav, der stilles til udførelse af målinger af støj fra busser i forbindelse med miljøsyn. Støjmålemetoden er repræsentativ for passagerernes faktiske oplevelser – både indvendigt i bussen og udvendigt ved f.eks. stoppesteder. Målemetoden tager højde for at f.eks. hybridbusser og elbusser støjer anderledes end traditionelle dieselbusser.

Del 1 er en separat manual, der indeholder en beskrivelse af de krav, der stilles til udførelse af emissionsmålinger på busser.

Miljøsynsmanualen er udarbejdet af FORCE Technology på foranledning af Movia.

2 Måling af støj fra busser

Den beskrevne støjmålemetode vurderes som værende repræsentativ for den støj, som passagererne oplever. Målemetoden er udarbejdet, så den er velegnet til at karakterisere støjen fra både el- og hybridbusser på lige vilkår med dieselbusser.

Målemetoden omfatter:

- Målinger af støjen eksternt og internt i bussen.
- En delvis identificering af unødig støj fra bussen.

Målingerne omfatter således de mest støjende og mest betydende hændelser i buskørslen.

AVAS¹ skal være frakoblet under støjmålingerne.

¹Fra 1. juli 2019 skal alle elektriske- og hybridkøretøjer være udstyret med AVAS (akustisk køretøjsadvarselssystem) som virker op til ca. 20 km/t, samt ved bakning. Ifølge Regulativ nr. 138 skal AVAS være udstyret med en omskifter, der er lettilgængelig for køretøjets fører, for at gøre til- og frakobling mulig. AVAS er dog først et krav de skal virke fra 1. juli 2021.

2.1 Krav til måleudstyr

Lydtrykmåleren skal overholde kravene i standarden IEC 61672-1:2013 klasse 1 og være sporbart kalibreret inden for det seneste år.

Lydtrykmåleren kalibreres med en akustisk kalibrator før og efter hver måleserie. Den akustiske kalibrator skal opfylde kravene i IEC 60942:2017 klasse 1 og være sporbart kalibreret inden for det seneste år. Findes der afvigelser mellem før/efter-kalibreringsniveauerne på mere en 0,5 dB, er målingerne ugyldige og skal tages om. Der skal som minimum kalibreres før og efter hver ny bus, så data fra hver enkelt bus er sporbare.

2.2 Krav til måletekniker

Det skal kunne dokumenteres, at måleteknikeren har relevant uddannelse til at udføre lydmålinger med erfaring fra tilsvarende opgaver og med fornødent kendskab til lydudbredelse og måleteknik generelt, herunder kalibrering af benyttet udstyr, kvalitetssikring og reproducerbarhed af målinger.

Måleteknikeren skal være bekendt med Udredning fra Referencelaboratoriet, RL 20/96 Kvalitetskrav til "Miljømåling – ekstern støj" og "Miljømåling – trafikstøj". Dette svarer som minimum til, at personen har gennemgået et praktisk kursus for støjmåling el. lign og er bekendt med Miljøstyrelsens generelle retningslinjer for eksterne støjmålinger.

Personen er som udgangspunkt kvalificeret, dersom vedkommende er personcertificeret eller akkrediteret til "Miljømåling – ekstern støj" i henhold til Miljøstyrelsens godkendelsesordning. Denne ordning er beskrevet på www.referencelaboratoriet.dk.

2.3 Håndtering af måleudstyr

2.3.1 Eksterne målinger

Mikrofonen/lydtrykmåler placeres på et stativ, så den foreskrevne målehøjde og -afstand kan holdes stabilt. Alternativt kan lydtrykmåleren holdes i en armslængde ud fra kroppen i den foreskrevne måleposition.

Det kan dog være en fordel at placere mikrofonen på et stativ og med en ledning til lydtrykmåleren for at kunne starte og stoppe målingen mens man står ved stoplinjen. (Se mere under Beskrivelse af måleprocedure)

Det er et krav, at der benyttes vindskærm på mikrofonen under alle målinger.

2.3.2 Interne målinger

Det anbefales, at interne målinger udføres håndholdt, for at undgå overstyring af mikrofonen fra busgulvets vibrationer til stativerne.

Det er et krav, at der benyttes vindskærm på mikrofonen under alle målinger.

2.4 Måleværdier

Alle måleværdier angives med 1 decimal, mens resultater afrundes og angives i hele dB(A) re 20 µPa.

Miljøsynsmanual - Del 2 - Støj

Eksterne målinger skal rapporteres som maksimalværdier af det registrerede A-vægtede lydtrykniveau L_{pAmax} , målt med lydtrykmåleren i stilling FAST.

Interne målinger skal rapporteres som det energiækvivalente, A-vægtede lydtrykniveau L_{Aeq} midlet over den tid, det tager bussen at tilbagelægge målestrækningen (fra startlinje A til stoplinje B i Figur 1). Baggrundsstøj rapporteres ligeledes som L_{Aeq} -niveauet midlet over minimum 10 sekunder.

Tidsangivelser angives i sekunder med 1 decimal.

2.5 Baggrundsstøj

Baggrundsstøjen ved de eksterne målinger skal være mindst 10 dB lavere end måleresultatet, for at et måleresultat er gyldigt. Baggrundsstøjen måles i samme måleposition som selve målingen uden uvedkommende forbikørsler eller andre forstyrrende begivenheder. Baggrundsstøjen kan med fordel måles mens bussen står ved startlinjen med slukket motor inden første måling. Der måles ikke baggrundsstøj ved de interne målinger.

2.6 Måleforhold

Målepladsen skal være plan og jævn, af velvedligeholdt vej med asfalt uden betydende skader eller reparationer som f.eks. huller, løse sten eller grus. Der må således ikke være "bump" fra f.eks. kørsel over, kloakdæksler eller huller i belægningen. Kørebanen skal være tør.

2.6.1 Måleposition (eksterne målinger)

Mikrofonen skal stå uforstyrret 1,5 m over terræn, og der skal være frit mellem bussen og mikrofonen under målingerne.

Målingerne foretages ved først at måle på bussens højre side og derefter måle bussens venstre side, idet mikrofonpositionen bibeholdes samme sted og bussen kører i den modsatte retning forbi mikrofonen (Der køres da i begge retninger igennem måleområdet, henh. A -> B og B -> A).

Det anbefales at udføre målingerne uden direkte reflekterende skærme eller bygninger i en afstand af 20 m fra midten af målelinjen (se Figur 1). Det anbefales, at der som minimum er 10 meter fra midten af målelinjen til eventuelle reflekterende flader på modsatte side af kørestrækningen. Er dette ikke muligt, kan resultatet korrigeres efter nedenstående tabel:

Miljøsynsmanual - Del 2 - Støj

Tabel 1: Korrektion af måleværdi for refleksioner.

| Afstand til reflekterende flader | 4 m bag mikrofonen | 5 m bag mikrofonen | 6 m bag mikrofonen | 7 m bag mikrofonen | >8 m bag mikrofonen |
|----------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------|
| Korrektion af måleværdi | -0,9 dB | -0,8 dB | -0,6 | -0,5 dB | Ingen korrektion |

Målinger udført med reflekterende flader tættere på end 4 m fra mikrofonen accepteres ikke af hensyn til resultatet og dermed måleusikkerheden.

En reflekterende flade skal forstås som en flade bag mikrofonpositionen på størrelse med forenden på en bus. Hvis den reflekterende flade er større, skal måleområdet flyttes længere væk fra den reflekterende flade. Hvis der er tvivl, bør der findes en anden lokation til gennemførelse af målingen.

2.6.2 Måleposition (interne målinger)

Mikrofonen skal placeres uforstyrret 1,2 m over gulvet midt i bussen. Der måles over både forreste og bageste hjulaksel.

2.6.3 Vejrforhold

Ved de eksterne målinger skal vejret være roligt med gennemsnitlig vindstyrke mindre end 5 m/s ved målepositionen og uden regn. Kørebanen skal være tør. Skydækket er underordnet.

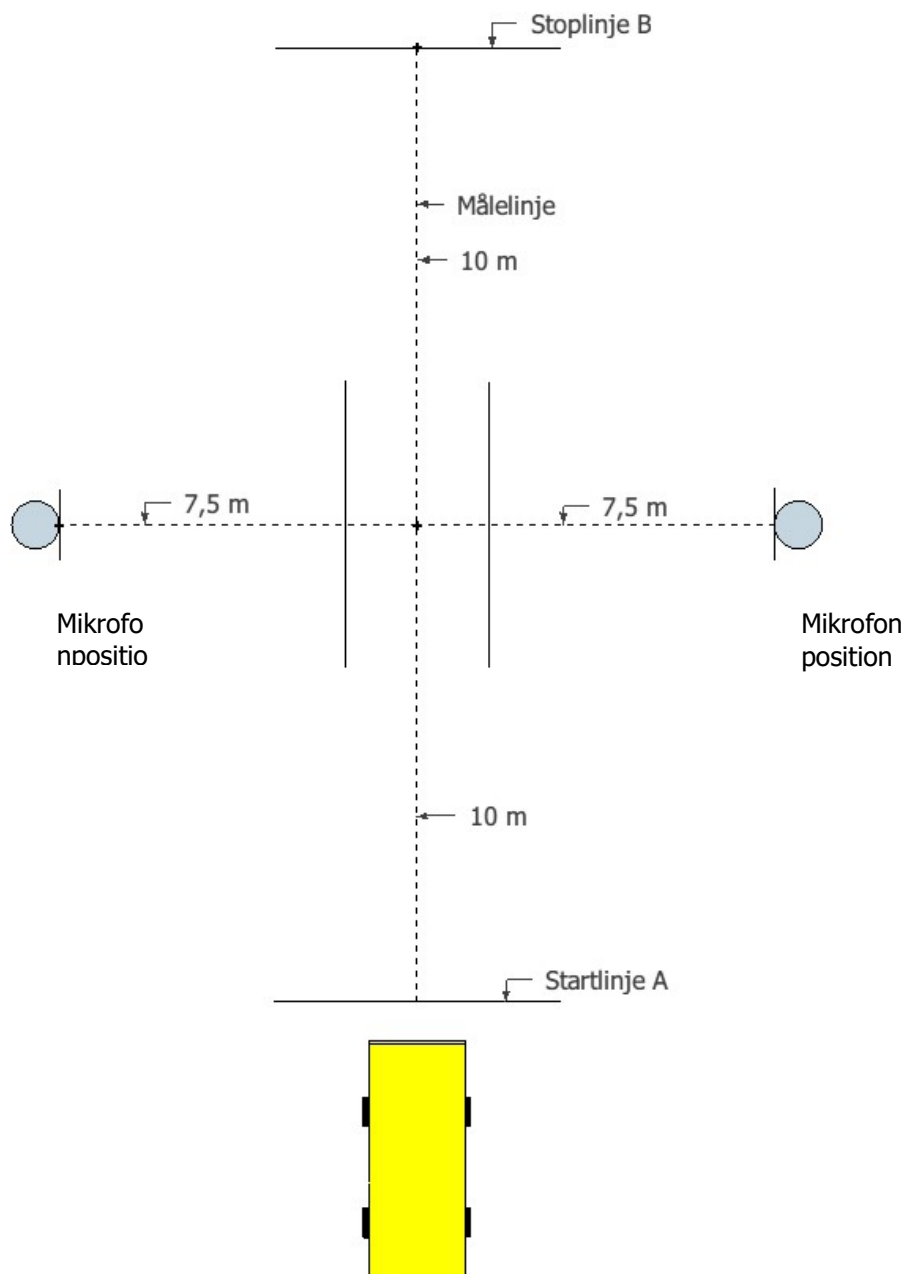
2.6.4 Unødig støj

Unødig støj fra bussen er ikke acceptabelt og må ikke forefindes på noget tidspunkt, ej heller før og efter måling. Unødig støj dækker over bremseskrig, hylende lejer, raslen fra karosseri og løst interiør etc. Hvis der konstateres unødig støj fra bussen, dumper bussen miljøsynet. Dette gælder både de interne og de eksterne målinger. Leverandøren informeres om konstateringen, og målingen gennemføres ikke. Tjekboksen i måleskemaet afkrydses og den unødige støj beskrives og om muligt, hvorfra den opstår.

2.7 Beskrivelse af måleprocedure

De interne og eksterne målinger udføres som accelerationsmålinger. Før udførelse af målingerne, optegnes de fire linjer: Startlinjen (A), Stoplinjen (B) samt de to kørelinjer, der placerer bussen i en 3 m bred kørebane centreret om målelinjen (se Figur 1).

Miljøsynsmanual - Del 2 - Støj



Figur 1: Skitsering af måleområde. Afstande er angivet fra midtpunktet af kørelinjen (målelinjen) til hhv. mikrofonpositioner på siden, Startlinje A og Stoplinje B.

Der foretages en accelerationsmåling, hvor bussen holder stille ved startlinjen (A) og accelererer kraftigst muligt. Chaufføren instrueres i at accelerere op til at bagenden af bussen har passeret stoplinjen (B), men fortsætter kørslen ca. 10 m efter, før der foretages en nedbremsning. Bussen skal som nævnt accelerere indtil bagenden har passeret linje B. Der måles støj fra accelerationer på begge sider af bussen.

Når målingerne udføres, skal motoren være i driftsvarm tilstand og klimaanlæg/ventilation/AC sat på fuld drift.

2.7.1 Eksterne målinger

De eksterne målinger udføres 7,5 m fra målelinjen med mikrofonen i en højde af 1,5 m over terræn (se Figur 1). Lydmålingen startes når der gives signal til chaufføren om at starte en acceleration og

Miljøsynsmanual - Del 2 - Støj

lige inden bussens forende passerer startlinjen (A), og stoppes og aflæses, når bussens bagende har passeret stoplinjen (B).

Under disse målinger bør man være meget opmærksom på om andre støjkilder generer målingen.

For at sikre, at accelerationerne er repræsentative, måles tiden fra bussens forende passerer startlinjen (A) og til bussens forende passerer stoplinjen (B). Metoden er at starte stopuret når bussen "letter" fra startlinjen (A) og stopper tiden når forenden passerer stoplinjen (B). Det vil være en fordel for måleteknikeren at stå ved stoplinjen (B) for at kunne bestemme forbikørseltiden mere præcist. Tiderne noteres i måleskemaet.

Der måles som minimum 3 gange på hver side af bussen. Hvis der måles en forskel på mere end 2 dB for den samme side (maksimum minus minimum), foretages yderligere 2 målinger på denne side af bussen. Måleværdierne fra hver passage noteres i måleskemaet med 1 decimal. Overskridelser på mere end 2 dB der ikke skyldes udefrakommende omstændigheder, men skyldes bussens køleventilationssystem eller øvrigt fra bussen, medtages som en gyldig måling.

Ved 3 forbikørsler, hvor der ikke er en forskel større end 2 dB, beregnes gennemsnittet af måleværdierne fra hver side af bussen, inden korrektion for reflekterende flader medregnes. Hvis der foretages 5 forbikørsler noteres alle 5, men gennemsnittet af de 4 laveste værdier rapporteres inden korrektion for reflekterende flader medregnes og det kommenteres hvad der har forårsaget en øgning ved den enkelte udeladte forbikørsel.

Det højeste støjniveau fra de to bussider rapporteres som resultatet af accelerationsmålingen.

De eksterne målinger forventes at tage maksimalt 15 minutter.

2.7.2 Interne målinger

De interne støjmålinger udføres inde i bussen over forreste og bageste aksel i 1,2 m højde over gulvet. I tilfælde af overstyring af måleudstyret ved kraftige, impulsagtige vibrationer under kørsel anbefales det at udføre den interne måling med håndholdt mikrofon i en armlængde fra kroppen.

Der foretages støjmålinger i bussen uden passagerer. Bussen holder i tomgang ved startlinjen (A). Lydmålingen startes umiddelbart, når forenden af bussen passerer startlinjen (A) og stoppes, når bussen netop har passeret stoplinjen med bagenden (B). Samme måleområde som de eksterne målinger benyttes

Der foretages målinger med ventilationen sat på fuld drift.

Der måles over 1 simultant eller 2 enkelte kørselsforløb – over forreste og bageste aksel.

De målte værdier fra begge målepositioner (forreste og bageste aksel) måles som de energiækvivalente, A-vægtede lydtrykniveauer, L_{Aeq} , midlet over den tid accelerationen fra A til B tager. Måleværdierne rapporteres i måleskemaet. Som endeligt måleresultat noteres den største værdi fra målingen i skemaet.

De interne målinger forventes at tage maksimalt 10 minutter.

3 Rapportering og dokumentation

3.1 Rapportering

Måleresultaterne indføres på blanketten jf. bilag A. Den udfyldte blanket skal være elektronisk tilgængelig via en digital database som trafikskabet har adgang til.

Den elektroniske udgave af målingerne skal indeholde en tids- og datokode. Herudover skal alle

Miljøsynsmanual - Del 2 - Støj

oplysninger fra bilag A fremgå. Navngivning af filer samt dataopsætning i filen (f.eks. rækkefølgen af de enkelte kolonner med data) aftales med særskilt med Trafikselskabet.

Den pågældende måleinstans 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.

3.2 Usikkerheder og tvivlsspørgsmål

3.2.1 Usikkerheder

For at fjerne tvivl ved overskridelse af grænseværdier, accepteres en overskridelse af grænseværdier på op til 2,0 dB i forhold til den af operatøren oplyste støjværdi/kontraktmæssige grænseværdi. Dette gælder både den interne og eksterne måling. Instrument- og måleusikkerheden på uafhængige målinger vil være i denne størrelsesorden. Usikkerheden anvendes ikke når der ikke forelægger en grænseværdi der skal overholdes.

3.2.2 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: | |
| Vejrforhold og vindstyrke (m/s): | |
| Busmærke: | |
| Model: | |
| Busnummer | |
| Registreringsnummer: | |
| Operatør: | |
| Anlæg: | |
| Målemetode (miljøsynsmanual, version): | |
| Bestiller af miljøsyn: | |
| Udført af: | |

| Ekstern måling – Alle værdier er i dB | | | | | | | | |
|--|------------------|---|---|---|---|--|-------------------------------------|--------|
| Busside | Målt L_{pAmax} | | | | | Gennemsnit | Korrektion for reflekterende objekt | Bidrag |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | | |
| Højre | | | | | | | | |
| Tid (sek.) | | | | | | | | |
| Venstre | | | | | | | | |
| Tid (sek.) | | | | | | | | |
| Baggrundsstøj, L_{Aeq} | | | | | | Maksimalbidrag, L_{pAmax} | | |
| | | | | | | Maksimalbidrag, minus 2 dB usikkerhed | | |
| | | | | | | Grænseværdi | | |
| | | | | | | Bestået / ikke-bestået (hvis oplyst grænseværdi) | | |

| Intern måling – Alle værdier er i dB | |
|---|--|
| Måleposition | Målt L_{Aeq} |
| Forreste aksel | |
| Bageste aksel | |
| | Højeste målte værdi |
| | Højeste målte værdi, minus 2 dB usikkerhed |
| | Grænseværdi |
| | Bestået / ikke-bestået (hvis oplyst grænseværdi) |

Unødig støj

Målt unødig støj , Bemærkning: _____

Bestået / ikke-bestået:

Konklusion

Bestået / ikke-bestået:

Anvendt måleudstyr

| Nr. | Måleudstyr | Fabrikat | Type | Kalibrering | |
|-----|------------|----------|------|-------------|-------|
| | | | | Seneste | Næste |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |