

# Miljøtilsyn af HT-busser

Civilingeniør Bodil Sonne Andreasen, Hovedstadsområdets Trafikselskab

## Baggrund:

Siden 1997 har der i HT været arbejdet på at udvikle et miljøtilsyn på busser i drift. HT har en strategi om at HT-busser skal være et miljøvenligt transportmiddel, og bruger mange ressourcer på, at højne kvaliteten af busparken i Hovedstadsområdet. Ved at kompensere for merprisen ved indkøb af mere miljøvenligt materiel, har HT gjort det økonomisk muligt for entreprenørerne at byde i licitationen fx med LPG-busser, og med busser med bedre motoremissionsnorm end loven kræver. Vogntimeprisen, der betales til entreprenøren er derfor afhængig af, bl.a. hvor miljøvenlige busser, der køres med.

Siden 1995 har der i HT's kontrakter indgået en klausul om, at busserne i hele kontraktperioden skal leve op til den fabriksopgivne EURO-emissionsnorm. Der har i midlertid ikke eksisteret en brugbar målemetode, så hidtil har hverken entreprenører eller HT været i stand til at sikre dette. Det er HT's opfattelse, at de emissionsværdier, der opgives for en ny bus, ikke nødvendigvis er gældende, når bussen har kørt i et stykke tid. Kunne man finde en billig og hurtig metode til at udskille de busser, der ikke lever op til kravene, kunne disse bringes tilbage til standard, og miljøet forbedres.

HT har nu, i samarbejde med Entreprenører, Teknologisk Institut og Bosch udviklet en metode til, på en hurtig og billig måde at kontrollere, om en bus holder sig inden for de emissionsgrænser (specificeret som EURO-emissionsnorm), den havde, da bussen var ny. Hidtil har eneste mulighed for en sådan kontrol været, at afmontere motoren, og få foretaget en "13-mode"-test, der svarer til EU-godkendelsen, eller Teknologisk Instituts "5-mode-test", der simulerer 13-mode og foretages på rullefelt. 13-mode testen koster i størrelsesordenen 100.000 kr, 5-mode godt det halve. HT's miljøtilsyn tager til sammenligning 1 time, og koster ca. 1000 kr hos Statens Bilinspektion.

I dette paper præsenteres udviklingen af målemetoden til brug for miljøtilsyn. Derpå beskrives erfaringerne fra det første års miljøtilsyn, samt hvordan busser målrettet kan forbedres mht. emissioner, herunder hvilke parametre der er afgørende for, hvor meget en bus i drift forurener i forhold til en tilsvarende ny bus.

## Formål:

Målet med at indføre miljøtilsyn er at sikre, at busserne kører emissionsmæssigt, så de lever op til kontraktens krav om at overholde EURO-normen i hele kontraktperioden. Miljøtilsynsmålingen skal kunne lokalisere de busser, der udsender flere emissioner end EURO-normen. I projektet indgår ydermere udarbejdelse af en metode til emissionssænkning, således at entreprenørerne gives et værktøj til målrettet at forbedre en bus, i forhold til hvilken type emission, der ved miljøtilsynet påpeges som værende problematisk.

## Udvikling af miljøtilsyn:

HTs ønsker til miljøtilsynet var:

- Metoden skal kunne skelne om en bus overholder EURO I / II / III eller ECE R49.
- Metoden skal kunne udføres hurtigt og enkelt, fx af Statens Bilinspektion
- Metoden skal være billig både mht målingerne og udstyr

Teknologisk Institut, Energi/Motorteknik, fik til opgave at finde målemetode og -udstyr, der kunne honorere ovenstående ønsker.

Der findes europæiske grænseværdier for motoremissioner for NO<sub>x</sub>, CO, HC og PM (partikler). Da dieselmotorer ifølge Teknologisk Institut, aldrig har problemer med at overholde CO-og HC-grænserne, koncentrerer metoden sig om PM og NO<sub>x</sub>, der kan være problematiske.

For at kunne bestemme emissionerne må motoren belastes i et passende stykke tid, da NO<sub>x</sub> ikke fremkommer så hurtigt som de øvrige emissioner. For at få sammenlignelige målinger, må bussernes motorer endvidere belastes ens under målingen. Dette gøres mest præcist på belastningsrullefelt, men kan også gøres på flad, lige vej, hvor bussen kører max acceleration. Gearskiftene i bussens automatgearkasse er lagt ud således, at bussen kører tættest muligt på max moment omdrejningstallet. Valget af metode faldt (bla. pga. prisen på rullefelter) på en måling, der foretages ved max acceleration på lige flad vej. Denne målemetode afspejler i øvrigt virkeligheden for en bybus bedre, end de statiske testcykler som motorerne godkendes i. Det bedst sammenlignelige måleresultat fås ved at registrere max-værdien af emissionerne under acceleration.

Idet målingerne skulle foretages på vej, var det nødvendigt at måleudstyret kunne medbringes i bussen under kørslen. Der findes til værkstedsbrug simplere kombineret måleudstyr kaldet 4-gastestere, der kan måle koncentrationen af CO, HC, CO<sub>2</sub> og O<sub>2</sub> i ppm eller %. Enkelte fabrikater har en udvidet version (5-gastestere), der også måler NO/NO<sub>2</sub>. En sådan Bosch 5-gastester blev valgt til måling af NO<sub>x</sub>. Man fik hermed også mulighed for at registrere de øvrige emissionstyper, der kan blive interessante, fx for gasbusser eller busser på fremtidige brændstoftyper.

Til måling af partikler faldt valget på en Opacitetsmåler, der måler k-værdi, idet der ikke findes simple metoder til måling af partikelmængden. Opaciteten eller sortsværtningen, modsvarer til en vis grad partikelemissionen. k-værdien måles i m<sup>-1</sup>, og kan omregnes til opacitet, dvs. procentdelen af lys, der absorberes gennem en fast mængde af udstødningssgas.

5-gastesteren måler koncentrationen af emissioner i ppm eller %. EURO-grænseværdierne er fastsat i g/kWh. Man kender, ved kørsel på vej, ikke motoreffekten og den samlede udstødningssmængde, hvorfor man ikke kan omregne koncentrationen i udstødningen til g/kWh. Det samme gør sig gældende for opacitet. Da der også er tale om helt forskellige kørselsmønstre, var det ikke muligt at fastlægge grænseværdierne for miljøtilsyn ved at omregne fra EURO-normerne. I stedet

valgte man at fastsætte grænserne statistisk, ved at måle max-værdierne for et større antal busser. Det blev derfor besluttet at foretage prøvemiljøtilsyn på 70 HT-busser i efteråret 1998. Ud fra resultaterne af disse målinger har Teknologisk Institut foreslået grænseværdier for NO<sub>x</sub> og Opacitet (k-værdi).

I udviklingsfasen har Teknologisk Institut foretaget en række 5-mode-tests på rullefelt (der tilnærmer ECE R49, 13-mode-testen) og sammenlignet med miljøtilsynsmålinger. Der har vist sig at være en god overensstemmelse mellem 5-mode og max-koncentrations-værdierne, der måles til miljøtilsyn, hvorfor HT og Teknologisk Institut konkluderede, at målemetoden er god nok til det ønskede formål.

### **Resultater af de første 70 miljøtilsynsmålinger:**

Der blev i 1998 lavet en aftale med Statens Bilinspektion i Avedøre (SBI) om at foretage miljøtilsyn for HT. Miljøtilsynet skulle laves samtidig med det årlige periodiske syn, så entreprenørerne ikke skulle stille op en ekstra gang. Der blev udvalgt 70 dieselbusser, der såvidt muligt repræsenterede et bredt udsnit af de i alt ca 1200 busser, der kører for HT. Gasbusserne, der kører som EURO III, vil først fra august 1999 indgå i miljøtilsynet.

Ved selve miljøtilsynet monteres sonderne fra 5-gastesteren og opacitetsmåleren i bussens udstødning. Slangerne føres såvidt muligt ind gennem en gulv- eller taglem på bussen, så måleudstyret kan stå inde i bussen. I visse tilfælde kan dette ikke lade sig gøre, og opacitetsmåleren må derfor monteres på bussens hæk vha sugekopper mm. 5-gastesteren og opacitetsmålerens målinger overføres under kørslen til en bærbar PC monteret i chaufførkabinen, der genererer kurver for koncentrationen af emissionerne samt k-værdien.

Når bussen er varm, køres til en udvalgt lige og flad strækning, hvor bussen accelereres fra 0 km/t til ca 70 km/t. Proceduren foretages to gange med hver tester, for at sikre korrekt måling.

Ved fremmøde til syn medbringer entreprenøren en miljøtilsynsrapport, hvoraf oplysninger om bussen (motortype, km, katalysatortype mm) skal fremgå. I denne rapport noterer SBI efter hver måling max-værdier for hhv k-værdi og NO<sub>x</sub>.

Resultaterne af de første 70 målinger gav som håbet, en gruppering af busserne i forhold til om de var ECE-R49, EURO I eller II godkendt. På baggrund af målingerne foreslog Teknologisk Institut derpå følgende grænseværdier:

<b>Emissionstype</b>	<b>ECE-R49</b>	<b>EURO I</b>	<b>EURO II</b>
Opacitet k-værdi [m <sup>-1</sup> ]	2,5	2,0	1,5
NO <sub>x</sub> [ppm]	1750	1250	1000

Grænseværdier for NO<sub>x</sub> og opacitet er lagt, så den samlede "klynge" af busser overholder grænserne, mens busser der afviger kraftigt ligger udenfor grænserne. Ca 10 % af busserne lå udenfor deres respektive grænseværdier. De fleste med for høj opacitet, færre med for høj NO<sub>x</sub>-koncentration. Ingen overskred begge grænser. For alle bustyper undtagen én, gjaldt det, at hovedparten lå indenfor grænserne, i en gruppe, og enkelte lå udenfor.

Konklusionerne for forsøgsperioden viste, at det var oplagt at forsøge at foretage nogle systematiske forbedringer af de busser der ikke holdt grænserne. På denne måde kunne man dels sikre at grænserne lå rigtigt, så alle busser i en vedligeholdelsesmæssigt god stand kunne bestå HTs miljøtilsyn, dels kunne det sætte HT istand til at kunne vejlede entreprenørerne så en bus, der ikke overholdt grænseværdierne, kunne forbedres målrettet.

### **Forbedring af NO<sub>x</sub> og Opacitet i busudstødning:**

Kortlægningen af muligheder for forbedringer er opdelt i tre faser. Første fase hvor der fokuseres på forbedring af en enkelt bus, der falder udenfor, mens de øvrige busser af samme type i de fleste tilfælde overholder grænseværdierne. Anden fase hvor det søges at forbedre busser, hvor bustypen generelt ligger for højt. Tredje fase er 200 målinger på busser, der foretages fra maj til november 1999.

#### **1. Fase: Forbedring af enkelt bus, der overskrider grænserne:**

Dette projekt blev gennemført i maj 1999 af Teknologisk Institut. En dieselbus af typen DAB mkIII med DAF GS200M-motor blev anvendt. Ved de første målinger lå hovedparten af disse busser under EURO II, mens en enkelt havde over dobbelt så høj opacitet. Det var ønsket at finde ud af, hvilke parametre, der kunne ændre udslippet af NO<sub>x</sub> og Partikler fra motoren. Ved at påføre bussen forskellige "fejl", kunne det konkluderes at følgende parametre havde den beskrevne virkning på emissionerne:

Tilstoppet luftfilter og brændstoffilter: Stort set ingen effekt. Selv når luftfilteret var dækket 75% ændrede det ikke på opacitet eller NO<sub>x</sub>.

Slidte eller defekte dyser: Effekt på opacitet. Et sæt dyser der havde kørt ca 250.000 km gav ca 50% højere opacitet end nye. NO<sub>x</sub> var uforandret.

Brændstofpumpe:

Forkert indsprøjtningstidspunkt: Effekt på NO<sub>x</sub>. Ved 3° for tidlig indsprøjtning er koncentrationen af NO<sub>x</sub> over 100% højere end ved korrekt tidspunkt. Opacitet uforandret.

Leveringsmængde: Stor effekt på opacitet. Ved maximum specifikation udsendes 120% højere opacitet end ved minimum specifi-

kation. Ved 10% mere brændstof end minimum specifica-  
tion er opaciteten forøget med 220%. Lille effekt på NOx.

## 2. Fase: Forbedring af bustype, der generelt ikke kan overholde grænserne:

Busser af typen DAB mk II med MAN D0826LUH motor, ligger generelt højere i opacitet end HTs grænse for EURO II. Forklaringen på dette er sandsynligvis, at motoren er temmelig lille, i forhold til andre busmotorer, og derfor har svært ved at trække nok. For at sætte hurtigt nok i gang, får den for meget brændstof. Endvidere er motoren født EURO I, men er siden blevet trimmet til at overholde EURO II, og kører derfor i HT som EURO II.

HT ønskede, inden grænseværdierne bliver endeligt fastlagt, at undersøge, om denne type motor kunne trimmes, så den kom ind på "plads". Ved at få justeret pumpe og indsprøjtningstidspunkt samt skift af dyser, blev opaciteten (k-værdien) forbedret fra 5,5 til 1,8, altså en meget markant forbedring. Den foreslåede grænseværdi er 1,5, men det er endnu ikke besluttet, om grænsen skal rykkes lidt. Ellers er et partikelfilter en nærliggende løsning.

## 3. Fase: Miljøtilsyn af 200 busser, med omstilling af busser, der overskrider grænseværdierne.

Fra maj til november 1999 kører en introduktionsperiode med miljøtilsyn af 200 busser. Busser der ikke overholder grænseværdierne, får tid til et nyt miljøtilsyn. Entreprenøren skal i den mellemliggende periode forsøge at forbedre bussens emissioner, jvf erfaringerne fra fase 1 og 2. De endelige resultater fra dette foreligger først ultimo 1999, men de busser, der har været målt i maj og juni, understøtter det hidtidige valg af grænseværdier.

Konklusionen på forbedringer af busser er derfor, at de foreslåede grænseværdier ligger rigtigt, dog med forbehold for, at EURO II må justeres lidt med hensyn til Opacitetsgrænsen. Der er i forbindelse med de sidste forsøg blevet foretaget sammenlignende 5-mode-tests hos Teknologisk Institut, og disse viste ligeledes en god overensstemmelse mellem grænseværdierne i HTs miljøtilsyn og EURO-grænserne.

## **Miljøtilsyn i fremtiden:**

Fra 1/1-2000 skal alle busser i HT gennemgå miljøtilsyn med et fast tidsinterval. Systemet ønskes overdraget til Statens Bilinspektion, så det vil foregå på samme vilkår som periodisk syn, med omstilling osv. I løbet af august og september 1999 vil proceduren blive udvidet til også at omfatte nogle af de 250 gasbusser, der kører for HT.

Perspektiverne for miljøforbedringer ved brug af miljøtilsyn er gode, og HT's metode kunne uden videre benyttes til miljøtilsyn for andre grupper af køretøjer. Uden miljøtilsyn eller tilsvarende opfølgning på køretøjer i drift, er der risiko for at køre rundt i årevis med fx en defekt katalysator. I sådan et tilfælde hjælper det kun lidt, om grænserne for nye køretøjer hele tiden strammes fra EU's

side. Ved at finde og reparere et emissionsmæssigt defekt køretøj, kan emissionerne ofte, for et overskueligt beløb, mindskes med over 50%.

Som et eksempel kan nævnes, at en af de værre busser ved miljøtilsyn havde en partikelemission på 3,5 gange den satte grænseværdi. Denne bustype udsender årligt, ifølge HT's beregningsprogrammer, der er baseret på EURO normen, 24 kg partikler ved kørsel som bybus. Den målte bus ville overslagsmæssigt beregnet udsende ca 128 kg partikler årligt, under samme type kørsel. I dette tilfælde ville man altså kunne nedsætte partikelemissionen med 81%, ved at bringe bussen tilbage til en god motorstand.

Ved at indføre miljøtilsyn sørger HT for, at de busser, der kører i HT, forurener så lidt, som overhovedet muligt, nemlig svarende til de grænseværdier der gjalt da bussen var ny. Når miljøtilsyn er indført i fuld skala, er målet, at alle busser miljømæssigt set kører i en tilstand meget tæt på den optimale.

Ingen andre trafikselskaber har i dag et tilsvarende system, men nu er metoden udviklet, og HT har et håb om, at andre vil tage ideen op.

I 1999 starter EU et projekt vedrørende kontrol af emissioner fra dieselkøretøjer, hvor HT via Færdselsstyrelsen er blevet bedt om at bidrage med erfaringer fra miljøtilsynsprojektet. Når resultaterne fra EU-projektet foreligger, kunne man forestille sig, at et miljøtilsyn af lignende karakter vil blive indført for alle dieselkøretøjer.