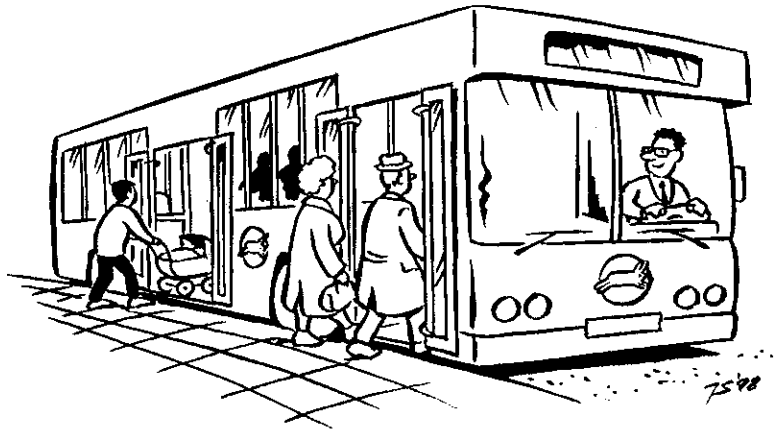


v BS
v Åker Henrik



Avgasemissioner från bussar vid tomgång och acceleration

PM för Jönköping

Ecotrafic ERD³ AB

**Peter Ahlvik
Henrik Boding**

Maj 2002

1 INLEDNING OCH BAKGRUND

En fråga har väckts i Jönköping som gäller emissionerna vid tomgång och under acceleration från 0-20 km/h. Följdfrågan är hur stor skillnaden är mellan de nya citybussarna och bussar äldre än 1996.

Avgasemissioner i tätort med trafik som flyter mycket långsamt domineras ofta av utsläpp från personbilar vid tomgång och under acceleration. Detta är av speciellt stor betydelse för personbilar med katalytisk rening. Reningsutrustningen medför att bilarna för driftsfall med varm katalysator och konstant hastighet har synnerligen låga emissioner. Vid kallstart och i ett körmönster som innebär kraftiga accelerationer (och retardationer) – och i några fall även för långa perioder av tomgång¹ – ökar dock emissionerna avsevärt. Det ligger nära till hands att tro att samma förhållande skulle föreligga även för tunga fordon och bussar. Så är emellertid inte fallet. Dieselmotorer som används företrädesvis i bussar är inte lika känsliga för körmönstret som bensinmotorer i personbilar. Visst har körmönstret även för bussar en inverkan men relativt sett är den mycket mindre än för de bensindrivna personbilarna. I den beräkningsmodell som Ecotrafic har för att beräkna utsläppen från bussflottan tas hänsyn till olika körförhållanden i stadskärnan och i landsvägstrafik. Emissioner vid tomgång och under acceleration från 0-20 km/h ingår dock inte specifikt i underlaget eller kan erhållas på ett enkelt sätt från beräkningsmodellen.

Ecotrafic har fått i uppdrag att kort utreda frågeställningarna enligt ovan för att dels se om man kan ge ett snabbt och enkelt svar på frågorna och, om inte, vad som skulle behöva göras för att få fram den önskade informationen. Avsikten har varit att i detta skede lägga ned så lite tid som möjligt på problemet utan i stället använda så mycket känd kunskap som möjligt.

2 METODIK

I detta kapitel görs en kort genomgång över olika möjligheter att få tillgång till mätdata eller för att beräkna emissionerna under de två ovannämnda driftfallen.

Fram tills att de så kallade Euro III bestämmelserna infördes användes en så kallad stationär körcykel bestående av 13 driftpunkter (eller steg) för att avgascertifiera motorn. I och med att Euro III direktivet implementerats (under perioden 2000-10 till 2001-10) har den nämnda stationära körcykeln ersatts med två nya körcykler, en stationär och en transient².

Den nya stationära körcykeln har också 13 steg men använder olika driftpunkter och viktning av punkterna vid sammanräkningen av cykelns totala utsläpp. I både den gamla och den nya körcykeln ingår tomgång. De certifieringsvärden som ofta redovisas av tillverkarna gäller för hela körcykeln. I certifieringsunderlaget finns även en teknisk rapport från emissionsmätningarna och denna rapport innehåller även data för tomgångssteg. Principiellt finns således den önskade informationen tillgänglig i certifieringsunderlaget. Problemet är att informationen inte är offentlig. Det är tänkbart att det skulle kunna gå att få tillgång till materialet för att genomföra en studie under förutsättning att icke offentlig information

¹ På äldre bilar med katalysator kan det förekomma att katalysatorn "slocknar" vid en längre period av tomgång.

² Med "transient" avses i detta fall en körcykel som innehåller snabba växlingar av motorvarvtal och belastning, s.k. transienter.

inte avslöjas (t.ex. tillverkare och absoluta värden). Det skulle dock sannolikt krävas en lång process av diskussioner för att få tillgång till materialet. En avsevärd tid skulle också krävas för att insamla och bearbeta informationen och projektet skulle därmed bli kostsamt. Det finns ett antal emissionstester utförda på bussar vid MTC (tidigare Motortest-center) i Sverige. I flertalet av rapporterna finns underlag för emissioner vid tomgång och i de fall som underlaget inte finns i rapporterna har MTC tillgång till det i sin databas. Ett underlag inom detta område har dock inte tidigare sammanställts. Arbetet för att göra en sådan genomgång och sammanställning uppskattas till ca 2-4 arbetsdagar. Utifrån kunskap om motorernas funktion kan man i stället för angripa problemet genom att dra en ganska enkel slutsats. Emissionerna vid tomgång för olika årgångar av motorer är *ungefärligen* proportionell mot den minskning som gjorts för att klara de nya emissionskraven. Detta gäller fram till dess att den mest avancerade elektroniska styrningen börjat användas på motorerna. För bussar från årsmodell 2001 och senare är det inte lika lätt att kvantifiera skillnaderna som för äldre bussar. Tyvärr kan man inte med säkerhet visa att förbättringen vid tomgång i detta fall är proportionell mot förbättringen i körcykeln. Emellertid är detta i alla fall den enklaste och mest rimliga utgångspunkten för uppskattningar om man inte vill lägga ned alltför mycket arbete.

Den nya transienta körcykeln innehåller ett antal accelerationer. Utifrån uppmätta data i realtid (sekundvärden) i körcykeln skulle emissionerna för accelerationer från 0-20 km/h i princip kunna beräknas. Emellertid finns dock inga krav på att sådana mätningar skall göras vid certifieringar. Underlaget inom detta område är således obefintligt. Några exempel på att sådana mätningar gjorts vid MTC eller annat laboratorium utomlands finns. Datafiler finns inte allmänt tillgängliga men kan säkert tas fram mot ersättning. Även i detta fall uppskattas att flera dagars arbete skulle krävas för att få fram och bearbeta resultaten. Eftersom underlaget dock är litet är det inte helt säkert att den önskade jämförelsen i alla fall kan göras då risken är stor för att data för någon fordonskategori saknas.

Ytterligare en möjlighet att få fram resultat är att beräkna emissionerna med ett avancerat körcykelsimuleringsprogram. Dessa simuleringar skall inte förväxlas med beräkning av fordonsflottans utsläpp då de är betydligt mer komplicerade till sin natur och kräver helt annat dataunderlag. Program av nämnda slag används i Sverige främst av fordonstillverkare och forskare vid högskolor. Ecotrafic har tillgång till ett sådant program och har använt det tidigare i ett par projekt [1, 2]³. Ett simuleringsprogram av denna typ kan principiellt beräkna emissionerna för vilket typ av driftsfall som helst i realtid (per sekund), t.ex. för tomgång och acceleration från 0-20 km/h. Beräkningen är möjlig att göra med en viss brasklapp för det underlag för motorer och reningsutrustning som krävs. Arbetsinsatsen för att göra sådana simuleringar skattas till några arbetsdagar.

3 RESULTAT

Som framgår av resonemanget ovan är det inte trivialt att genomföra en beräkning av skillnaderna mellan olika årsmodeller av bussar när det gäller emissioner vid tomgång och acceleration 0-20 km/h. Resonemangsmässigt kan man dock visa att den procentuella skillnaden bör bli ungefärligen densamma som för emissionerna i en körcykel.

En faktor som dock bör beaktas är inverkan på avgasreningsutrustningen. Vid den så kallade Braunschweiggörkykeln, eller busskörkykeln, är reningsgraden i en oxiderande kataly-

³ Siffror inom hakparentes avser referenser som listats i referenslistan i slutet av detta PM.

sator oftast betydligt över 95%. Detta gäller för CO och HC där katalysatorn har stor effekt. För partiklar är inverkan som regel omkring 20% eller lägre och för NO_x erhålls knappt någon effekt alls. Om katalysatorn är kall erhålls naturligtvis ingen effekt alls. Samma förhållande för CO, HC och NO_x gäller också för ett partikelfilter men däremot är filtreringsgraden hög för partiklar även om filtret och motorn är kalla. Renbränningen av filtret kan däremot ske bara vid högre temperaturer. Inverkan av ett system för avgasåterföring (EGR⁴) är i princip densamma oberoende av temperatur förutsatt att den elektroniska styrningen inte begränsar EGR-halterna vid kallstart. Vid körning i stadstrafik, när motorn är varm, kan man förutsätta en stor effekt även vid tomgång. Sannolikt är inverkan t.o.m. högre än medeltalet för en körcykel eftersom mer EGR kan användas på tomgång än på högre belastningar. Den effekt på reningsutrustningen som skulle kunna föreligga är således om tomgångsperioderna skulle vara så långa att oxidationskatalysatorn eller katalysatorn i partikelfiltret "slocknar". De beräkningar som genomförts inom ramarna för ett projekt i samarbete med Västtrafik och SLTF har visat att katalysatorer och partikelfilter har en betydande termisk tröghet och inte "slocknar" förrän efter någon minuts tomgång. I "normal" trafik torde inte tomgångstiden bli så lång att detta skulle ske. Om en noggrann undersökning av fenomenet skulle vara av intresse krävs dock att bussarnas körmönster kartläggs i detalj.

Slutsatsen av den korta genomgång av problemet som gjorts är att en beräkning av emissionerna för nya och gamla bussar har gjorts. Den bedömning som gjorts i Jönköping är att bussar av årsmodell 1993 är representativa för en bussflotta äldre än 1996. Dessa bussar har jämförts med de nyaste bussarna med bästa avgasrening. Underlaget för beräkningarna är samma underlag som använts i den senaste emissionsberäkningen för Jönköping [3]. För att få ett lite större underlag för beräkningarna har årsmodellerna 1992, 1993 och 1994 använts. Av bussarna från dessa årsmodeller används 18 st i stadstrafik. 16 av bussarna är försedda med oxidationskatalysatorer och 2 med katalytiska partikelfilter. Det är således fråga om tämligen rena *äldre* fordon som jämförelsen görs med. Ett medelvärde för de äldre bussarna har använts i beräkningarna. Den nya typen av buss är av årsmodell 2002 och är försedd med katalytiskt partikelfilter och avgasåterföring (EGR).

I driftfall som dessa är det svårt att redovisa absoluta värden. Tomgång innebär per definition att bussen körs och därför kan utsläppen inte redovisas per km (det finns helt enkelt inga km att dividera med). Att redovisa utsläppen som totala utsläpp går inte heller eftersom tiden på tomgång inte är känd. Vi har därför valt att redovisa procentuella skillnader. Beräkningarna har gjorts enligt Ecotraffics modell och enligt SLTF:s modell. I Ecotraffics modell erhålls resultat för alla reglerade emissioner (CO, HC NO_x och partiklar) medan SLTF-modellen bara omfattar NO_x och partiklar. I **Tabell 1** visas de procentuella skillnaden mellan de två kategorierna av bussar enligt respektive beräkningsmodell.

Tabell 1. Nya bussars emissioner jämfört med äldre bussar. Procentuell skillnad.

	CO	HC	NO _x	Part.
Skillnad Ecotraffic (%)	34%	62%	63%	93%
Skillnad SLTF	-	-	62%	91%

⁴ EGR: Exhaust Gas Recirculation.

Som framgår av resultaten i **Tabell 1** ovan är skillnaden mellan nya och äldre bussar trots allt rätt stora. Trots att alla bussarna har någon form av katalytisk efterbehandling är skillnaderna för CO och HC 34% respektive 63%. Genom en lägre nivå för NO_x från motorn, samt EGR-system minskar även NO_x påtagligt, hela 63% enligt Ecotraffics beräkningsmodell och 62% enligt SLTF:s beräkningsmodell. Den största minskningen erhålls dock för partikelemissionerna, dvs. 93% respektive 91%. Den stora överensstämmelsen mellan de olika beräkningsmodellerna är frapperande stor.

Eftersom skillnaderna i **Tabell 1** är stora förtjänar dock att nämnas att en mer noggrann analys enligt förslagen ovan skulle kunna ge ett något annorlunda resultat. Sannolikt skulle skillnaderna minska något. Man bör beakta detta och inte betrakta resultaten som en absolut sanning.

En faktor av viss betydelse är att andelen NO₂ av de totala NO_x emissionerna som regel är högre med partikelfilter än utan genom att den katalysator som finns före filtret omvandlar en del NO till NO₂. Den senare föreningen är mer hälsofarlig än den förra. I omgivningsluften omvandlas så småningom all NO till NO₂. Lägre totala NO_x emissioner som åstadkoms med EGR (i kombination med partikelfilter) är naturligtvis en fördel eftersom det också ger en lägre bakgrundshalt av NO₂. Känsliga personer kan emellertid uppfatta den i avgaserna högre koncentrationen av NO₂ som negativt och detta är en nackdel med partikelfilter av den typ som används i dag.

Som sammanfattning kan nämnas att alla emissionskomponenter bör minska väsentligt genom införandet av de nya bussarna. Speciellt glädjande är det att de misstänkt hälsofarliga partiklarna minskat med mer en faktor 10. Den enda större kvarvarande miljöeffekten torde vara NO_x emissionerna och den NO₂ som bildas från NO.

4 REFERENSER

1. Ahlvik P., Boding H., Magnusson L. och Ax R.: "Emissionsjämförelse mellan buss och bil – Effekter på hälsa- miljö och energianvändning." Vägverket Publikation 2001:51, 2001.
2. Ahlvik P.: "Greenhouse gas emissions from heavy-duty vehicles - Calculation and measurement methodology for whole vehicles", MTC Report MTC 6025, 2000.
3. Boding H., Ahlvik P., "Kollektivtrafikens emissioner. Utsläpp under 2001" Jönköpings Länstrafik AB, Februari 2002.



RESEARCH & DEVELOPMENT AB

Huvudkontor / Head office
Karlavägen 18, Box 5671
S-114 86 STOCKHOLM
Tel +46 (0) 8-614 50 56
Fax +46 (0) 8-614 50 08
E-post: eco@ecotraffic.se

Ecotraffic Norge AS
Dronning Maudsgt. 10
PO Box 1404 Vika.N-0115 OSLO
Tel +47-23 11 47 40
Fax +47-23 11 47 67
E-post: ecotraff@online.no

Ecotraffic Philadelphia
916 Washington Lane
Rydal PA 19046, USA
Tel +1-215-481-9753
Fax +1-215-784-6584
E-post: ecotraffic.usa@juno.com

www.ecotraffic.se