
Arbetsrapport SGC A04

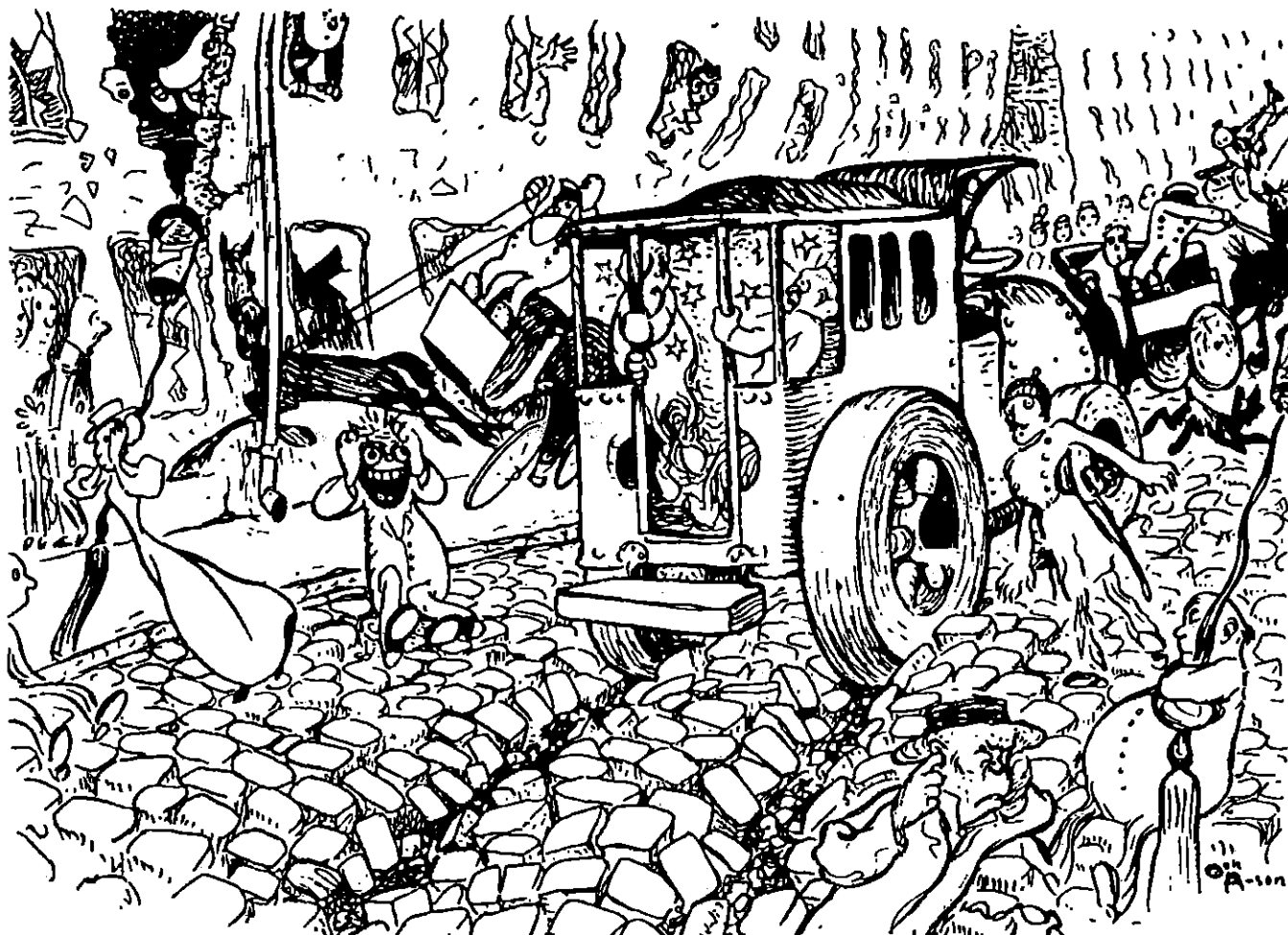
BUSSBULLER
Förslag till mätprogram

Ingemar Carlson
Ecotrans Teknik AB

Juni 1995



Bussbuller



*En förstudie av
Ingemar Carlson, Ecotrans Teknik AB
Utförd för
Svenskt Gastekniskt Center*

1995 - 06 - 25

Innehåll

Inledning	3
Busstillverkaren och buller	7
Förstudiens förslag	9
Vägverket och bussbuller	12
LETT-fordon	14
EU:s bullernorm	16
Förslag till mätmetod för stadsbussar	20
Ljudmätning äldre gasbussar	23
Adressförteckning	24
Källförteckning	24

Bussbuller

*En förstudie av Ingemar Carlson Ecotrans Teknik AB
Utförd för Svenskt Gastekniskt Center*

Inledning

Sedan "Bullerbussen" fick körförbud på Drottninggatan i Stockholm 1899 på grund av klagomål för buller och vibrationer, har buller från vägtrafiken uppmärksamats som en allt mer betydelsfull miljöfråga. (Teckningen på förstasidan ritades av OA 1901.)

Hur allvarligt det är understryks bl a av en svensk undersökning som redovisar att var 8:e svensk anser sig vara mycket störd av trafikbuller.

Även om det är befolkningen i tätorter som utgör merparten av störda personer så är människor som bor längs landsvägarna ofta minst lika störda.

För att bättre förstå dagens bullersituation och vilka möjligheter som kan erbjudas i framtiden skall vi ge en kort historik.

I början av 1970-talet bestod en akustikavdelning inom lastbilsindustrin vanligen av en enda person utrustad med ett handhållet visarinstrument.

Sedan dess har utvecklingen gått snabbt och idag utgör arbetet med bullerdämpning ett av fordonsutvecklingens mera resurskrävande och högteknologiska arbetsfält.

Bullernivån från stadsbussar sänktes ner till omkring 77 dBA redan för 25 år sedan. Trots ökade motoreffekter har den låga bullernivån kunnat hållas oförändrad.

Satsningen på att sänka bullret från tunga lastbilar har under de senaste 15 åren resulterat i en sänkning med 8 dBA – från 92 till 84 dBA.

Hur stort steg denna sänkning på 8 dBA representerar är ganska svårt att bilda sig en uppfattning om då ju begreppet decibel mäts med en logaritmisk skala. I klartext betyder det att dagens lastbil "väsnas" med 84% lägre bullernivå än för 15 år sedan.

Fortfarande används uppfattningen att en höjning och sänkning av bullernivån med 10 dB motsvarar en fördubbling respektive en halvering av den upplevda bullernivån.

Påståendet härrör från en mycket gammal undersökning. De gångna årens utveckling inom akustiken har lett till erfarenheten att människan upplever en fördubbling eller halvering av ljudnivån vid betydligt mindre skillnader i dB-tal.

Framtida inriktning på bullerstörningsbekämpning

Hitintills har gränsvärden och mätnormer för fordonsbuller varit helt inriktade på motorbullret och den del av avgasbullret, som är störande utomhus i tätorter.

Det kunnande som finns om buller idag gör det angeläget att angripa bullerproblem genom att också ta hänsyn till frekvensens inverkan på störningen. Det är angeläget att man i lagstiftningen tar hänsyn till skillnaden mellan störningseffekten från högfrekvent buller och från lågfrekvent buller.

Det faktum att lågfrekvent buller har förmåga att tränga igenom väggar, gör det angeläget att se på bullerstörningar med ett vidgat synsätt.

Framtida bullerkrav bör anpassas och kompletteras så att även de som befinner sig inomhus i tätorter skyddas mot störande buller. Det målet når man genom att införa särskild begränsning av lågfrekvent buller, vilket i praktiken till övervägande del är avgasbuller.

Det arbete som inletts i våra tre största städer Stockholm, Göteborg och Malmö med att från och med den 1 april 1996 införa miljözoner i de centrala områdena visar på myndigheternas vilja att göra något konkret åt emissionsproblemen i våra städer.

Samtidigt har den strukturomvandling som pågår inom kollektivtrafiken i Sverige medfört att de grupper som specificerar kollektivtrafikfordonens egenskaper numera mera är inriktade på slutkundens önskemål än på trafikoperatörens mera tekniska synpunkter.

Detta innebär att både städernas beslutsfattare och busstrafikens beställare börjar sätta allt hårdare krav på kollektivtrafikens miljöpåverkan och mindre tar hänsyn till de tekniska problem detta kanske kan medföra för trafikoperatör och fordonstillverkare. En glädjande utveckling.

Tyvärr har inte lagar och förordningar hängt med i denna utveckling, inte heller busstillverkarna. Som framgår av de svar som inkommit från de enda två Svenska busstillverkarna så har man inte observerat den attitydförändring som håller på att ske.

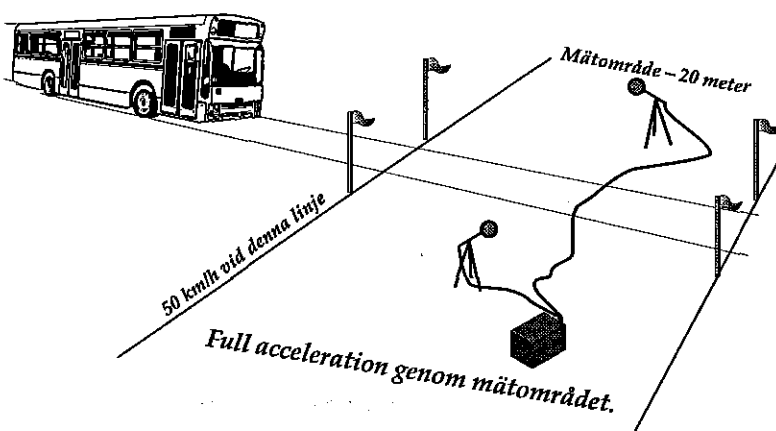
Naturligtvis har lagförfattarna kommit efter. Det har inneburit att man hamnat i den tråkiga situationen att städerna infört miljözoner, men tvingats använda lagar och förordningar som inte är framtagna med stadstrafik i åtanke som kriterier för vilka fordon som skall ha tillträde till innerstadens miljözoner.

Vi kan bara studera bullerreglerna. Vi vet att busstillverkarna liksom alla andra tillverkare konstruerar sina fordon så att de skall uppfylla gällande förordningar, men ytterst sällan mycket mera.

Gällande färdbullernorm anger 83 dBA som gränsvärde och skall också gälla för miljözonerna. Men studerar man hur detta gränsvärde skall mätas börjar det inte verka förnuftigt längre. Reglerna anger att bussen skall färdas mot en 20 meter lång mätsträcka, att den skall ha en hastighet på 50 km/h när mätsträckan nås och där accelereras fullt.

Inom miljözonerna finns inga gator där hastigheter överskridande 50 km/h över huvudtaget är tillåtna. När man sedan också vet att redan vid 40-50 km/h börjar vägbuller och vindbrus att dominera över bussens egna bullerkällor, och att inga mätningar görs vid start från stillastående eller vid inbromsningar, börjar man undra över hur det skall gå att kräva minskning av de största störningsskällorna i stadstrafiken. Nämligen bullret från dieselmotorerna och de skrikande bromsarna. Tyvärr gäller liknande förhållanden vid mätningar av avgasemissionerna.

Bullermättningsnorm



Stadsnorm

För att det skall gå att komma tillrätta med dessa problem måste något nytt skapas. Att ändra på gällande förordningar ser jag som helt omöjligt. Regler av det här slaget användes med små skillnader inom hela EU. Men om ett arbete inleds för att bygga upp det som kan kallas en Stadsfordonsnorm, kan vi en dag ha ett verktyg för att dels kunna leva upp till Miljözonernas visioner dels kunna påverka busstillverkaren att göra det han med största säkerhet klarar av, nämligen att konstruera ett kollektivtrafikfordon för innerstadsområdena.

Naturgasbussen

Vid ombyggnad av bussmotorerna till naturgasdrift, det alternativbränsle som hittills visat sig lämpligast både ur ekonomisk som emissionsförbättrande synpunkt, får vi en bieffekt på grund av att dieselmotorn måste byggas om till Ottomotor, med ett elektriskt tändsystem och sänkt kompression, nämligen väsentligt sänkt motorbuller.

Denna bullersänkning är högst påtaglig för dem som arbetar med motorombyggnaden och var det som fokuserade vårt intresse på bristerna hos de gällande bullernormerna.

Det gick nämligen inte att mäta upp bullerminskningarna trots att alla, även de inblandade mätteknikerna förbluffades över skillnaden i omgivningsbuller. Speciellt vid trafiksituationer på trånga innerstadgator.

Buller naturgasbussar

Två ljudmätningar har genomförts på Malmö Lokaltrafik:s första naturgasdrivna bussar. Den första gjordes på Sjöbo flygplats med dåliga mätförhållanden pga stark blåst. Den andra ljudmätningen gjordes på Engelbrektsgatan i centrala Malmö. Mätningarna utfördes av Miljö- och hälsoskyddsavdelningen. De följde så noggrant som möjligt de standarder som finns för mätning av tunga fordon. Vilket innebar att de specifika skillnader som erhålls vid naturgasdrift inte framgår av resultaten. (Se bilagda mätvärden och kommentarer).

När bussens hastighet närmar sig 40-50 km/h kommer andra ljudkällor än motorn, nämligen däcksljud, transmissionsljud och vindbrus att dominera. Ljudmätningarna i Sjöbo gjordes alla på ett sätt som kom andra ljudkällor än motorljudet att dominera. Man genomförde dessutom separata ljudmätningar på tryckluftsbullret med avstängd motor, och fick avsevärda skillnader i bullret, trots att tryckluftsutrustningen var samma på båda bussarna.

Den ljudminskning som erhålls med en naturgasbuss upplevs starkast vid stillestånd/tomgång samt vid start från stillastående. Här handlar det om stora skillnader, speciellt som stomvibrationerna i karossen och mark i stort eliminerats med naturgasmotorn.

Orsaken till att vi kan vara så kategoriskt i våra påståenden om minskat buller från naturgasdriften är helt personliga, subjektiva intryck. Samt den påtagliga överraskning som alla gamla dieselmotormänniskor visar vid sin första kontakt med en gasmotor.

Volvo har till exempel fått problem med att transmission och kylfläktarrangemang helt plötsligt bullrar så mycket att de måste åtgärdas. Bullret har naturligtvis funnits där även tidigare, men då drunknat i motorbullret. Man har dessutom i nya bussar reducerat den ljuddämpande motorinbyggnaden utan att överstiga gällande motorbullernorm!

Åtgärdsförslag

För att kunna erhålla ett verktyg att användas dels för certifiering av de fordon avsedda att trafikera de kommande miljözonerna, dels för att kunna påvisa naturgasmotorns fördelar i detta sammanhang, måste en översyn av de gällande bullermättnormerna genomföras.

En ny STADSFORDONSNORM bör skapas om miljözonstänkandet skall ha någon reell effekt på emissionsnivåerna, buller och avgaser, i våra städers centrala delar och inte bara bli ett tomt slag i luften med förhöjda kostnader för trafikoperatörerna till ingen nytta.

Vem av våra myndigheter som lämpligen skall arbeta med detta låter jag vara osagt, men kanske bör ett förberedande arbete göras utanför myndighetskretsen då ett resultat inom snar framtid vore högst angeläget.

Lämpliga pådrivande organ borde vara Gatukontoren i Stockholm. Göteborg och Malmö, vilka ju som initiativtagare till miljözonerna borde vara intresserade av att dessa har den effekt som de önskar.

Busstillverkarna och buller

Ett likalydande brev med frågor om buller och bullerkrav sändes till de svenska busstillverkarna och till de leverantörer av utländska bussfabrikat som bedömdes ha kunnande tillräckligt att besvara våra frågor.

Till ansvarig för fordonsakustikutveckling.

På uppdrag av Länstrafiken Malmöhus AB och SGC Malmö försöker jag göra en samlad bedömning av hur utveckling inom fordonsakustikområdet de närmaste åren kan förändra ljudemissionerna för våra fordon speciellt då stadsbussarna.

För att kunna redovisa fordonstillverkarnas åsikter skulle jag vara synnerligen tacksam för en kort redogörelse för hur Ni ser på utvecklingen inom detta område.

Det som initialt är av intresse för mina uppdragsgivare är ljudemissionernas eventuella minskning inom ramen för gällande bestämmelser och mätmetoder. Men även hur Ni ser på problemet med lågfrekvent buller, d v s buller med förmåga att söka sig långt in i bostäder, trots nyinstallation av bullerdämpande fönster etc.

Även Er syn på framtida utveckling av stadsbussarnas inre bullernivåer är av största intresse.

Vilka framtida mätmetoder, respektive förändringar av de nuvarande ser Ni som önskvärda?

Vilka är de lägsta bullernivåer Ni idag kan garantera för Era stadsbussar.

På grund av kort handläggningstid för den här studien är jag tacksam för ett snabbt svar.

*Med Varma Hälsningar
IC*

De enda som svarat före utsatt datum för första redovisning av rapporten till SGC har varit Volvo Bussar AB, som hörde av sig via telefon.

Volvo Bussar AB

Svarade som första företag genom att ansvarig tekniker ringde upp.

Genomgående framgick under diskussionen att Volvo Bussar AB endast siktar på att uppfylla gällande normer enligt Svensk lag och Normbuss.

Inga som helst planer på att presentera en buss som skulle vara tystare än normerna ville Volvo Bussar AB:s representant kännas vid.

Till min förvåning var förhållandet, att gällande normer för uppmätning av bussbuller inte är anpassat för stadsbussarnas trafikförhållanden och därför inte ger relevanta mätresultat, inte speciellt uppmärksammat inom Volvo Bussar AB.

Den nya upphandlingssituation som börjar framtona inom kollektivtrafikbranschen, med Länstrafikorganisationerna som sammanställande av fordons-specifikationerna i stället för som hittills trafikföretagens tekniker, hade inte heller uppmärksamrats, åtminstone inte bland ljudteknikerna inom Volvo Bussar AB.

Framtidssynen inom Volvo Bussar AB präglades av positiva förväntningar av framtida ljuddämparkonstruktioner och därmed lägre lågfrekvent buller, samt nya däck och vägbanor för att kunna erbjuda lägra totala bulleremissioner från fordonen vid mätnormernas hastighetsintervall 50-70 km/h.

Scania Bussar

Utvecklingen inom fordonsområdet

Vår framtida syn på utvecklingen av stadsbussarnas inre bullernivåer är naturligtvis av vårt största intresse. Detta är redan idag och kommer framförallt att vara en mycket viktig punkt vid framtida nyutveckling av bussar.

Det är inom detta område, liksom inom andra, viktigt att tänka sig in i de olika utsatta kategorierna av kunder som detta ska utvecklas för.

Exempel på detta är passagerarna samt chaufför. Ska man fokusera på olika frekvensområden för olika kategorier? Vi pratar här om både hög- och lågfrekventa ljud.

Tröttheten hos en chaufför kan bero på en viss "ljudtyp"/frekvensnivå. Ett annat problemområde är ex. vis "skrammel", som i vissa mätmetoder inte genererar de högsta mätvärdena i dBA, men är vad passagerarna, liksom chaufförer, upplever som otroligt irriterande.

Jag vill med detta svar kortfattat säga, att vi i dagsläget kraftfullt satsar inom detta område för att på bästa sätt tillfredställa samtliga kategorier användare av våra bussar.

Med vänlig hälsning

SCANIA

Buses & Coaches

Konstruktion och utveckling

Övriga

Övriga företag har inte tillverkningsenheter i Sverige, troligen har inte återförsäljarorganisationerna känt sig kunna svara på grundläggande tekniska frågeställningar av denna typ!?!

Förslag till jämförande bullermätning på diesel- och naturgasdriven buss.

Naturgasdrift av stadsbussar har genom praktiska försök sedan 1988 visat sig vara det enda idag praktiskt genomförbara förbättrande alternativet till den hittills förhärskande dieseldriften.

Bland de emissionerna som radikalt minskas, finns motorbuller och vibrationer. Detta är lokala påverkningar som främst drabbar resenärer i bussarna, fotgängare utefter gatorna, samt boende vid trånga stadsgator.

Motorbuller och vibrationer från stadsbussar har bussfabrikanterna strävat efter att minska i många år eftersom dieselmotorns ljud är synnerligen påfrestande. De som speciellt drabbas är trafikbolagens direkta kunder vid busshållplatser och gathörn där bussarna accelererar. Vibrationerna speciellt vid acceleration har en benägenhet att nå långt in i bostäder belägna intill stadsgatorna. Trots ljudisolerande fönster har denna typ av störningar en förmåga att via mark och husstommar nå mycket långt och vara mycket störande.

Länstrafiken tillåts idag inte att trafikera alla önskade gator i Malmös innerstad på grund av dieselbussarna bullerpåverkan.

Naturgasmotorn har en helt annorlunda bullerprofil. Ljudet är mjukare på grund av den lägre kompressionen och den tidsmässigt mera utdragna förbränningsprocessen i cylindern. Påpekas bör att ju modernare och effektivare dieselmotorn blir desto större blir skillnaden.

Inom Malmö Lokaltrafik:s ram gjordes ett antal ljudmätningar på gaskonverterade Scaniabussar av Malmö Stads Miljö- och hälsoskyddsavdelning. Mätningarna gjordes efter de europeiska mätnormerna för tunga fordon. Mätresultaten visade inte de faktiska skillnader som alla inblandade parter subjektivt klart kunde iakttä.

Orsaken är helt enkelt att de befintliga mätnormerna är uppgjorda för att mäta buller från lastbilar vid genomfartstrafik. För en modern stadsbuss är de dominerande ljudkällorna redan vid ca 40 km/tim, inte motorn utan däcksljud, transmissionsljud och vindbrus mm. (Se bilagda svenska och tyska mätnormer).

Normerna föreskriver bl a mätning när fordonet accelererar över en 20 meter lång sträcka, med en begynnelsehastighet av 50 km/tim med minst 50 meter till närmaste ljudreflekterande föremål. En situation stadsbussen sällan befinner sig i.

På grund av att det endast är motorljudet och vibrationerna som minskas vid övergång från dieseldrift till naturgasdrift, kan inte skillnaderna mätas upp med en normerad mätmetod. Detta då den verkliga skillnaden upplevs starkast – inne i bussen speciellt vid stillestånd/tomgång, samt – utanför under körpasset vid start från stillastående efter hållplats-rödljus-gathörn. Särskilt märkbart är detta vid passage av trånga gaturum.

Förstudien föreslår att man försöker finna lämpliga mätmetoder samt genomför bullermätningar med avsikt att i mätvärden försöka kvantifiera den skillnad i ljudupplevelse som upplevs av örat vid övergång till naturgasdrift.

Den akustiska vetenskapen är fortfarande luddig vad gäller människans upplevelse av buller. Det finns personer som blir störda av mycket lågt ljud, samtidigt besöker vissa av oss frivilligt rockkonserter med direkt skadliga ljudnivåer.

Just mätnormernas felaktiga uppbyggnad vilseleder också forskarna. Man delar inte på fordonsgруппerna och trafikscenarierna. Däremot är man klart överens om att den yttre miljön måste göras mindre bullrig. Eftersom fordonen är en viktig del av vår bullerproducerande omgivning kommer de troligen att belastas med ekonomisk tyngande straffskattesatser. Men att bara kräva lägre bulleremissioner enligt mätnormerna ger fel resultat.

Forskarna nämner däck/vägbanebullret som en mycket viktig faktor som måste minskas. De nämner tre slags åtgärder:

- 1) Generell hastighetsgräns i Europa, vilket möjliggör smalare däck av mjukare gummi.
- 2) Tystare vägbeläggningar.
- 3) Yttre styrning av fordonshastigheten.

De framhåller att om arbetet med särskilda mätmetoder för däck och vägbanor snabbt kommer fram och arbetet med punkterna ovan bedrivs med kraft, kan däck/vägbullret minskas med kanske 5–7 dBA på 20 års sikt.

Detta resonemang är giltigt på större gator och genomfartsleder men resulterar inte i bättre miljö på trånga innerstadsgator med betydligt lägre körhastigheter än de som krävs för att däcksbullret skall vara den dominerande faktorn.

De krav som ställs på bussar idag är inte särskilt långtgående och inte heller i den närmaste framtiden kommer nya krav avseende bulleremissioner att ställas. De miljöklasser som är under genomförande där också bullerkravet kommer in har ju också hamnat i den fälla som mätnormen bildar.

Fordonstillverkaren ser idag att det endast är genom att minska däcksbullret som han kan sänka de mätresultat som framkommer i de lagreglerade bullernormerna. Minska däcksbullret görs med annorlunda däck och vägbanor, inte med förändringar på fordonet. Det är kartan som styr inte verkligheten.

Detta innebär att naturgasdriftens fördelar i detta sammanhang inte har den tyngd som de rätteligen skulle ha haft. Vi behöver alltså förändra normerna!

Vi behöver först definiera vilka mätmetoder som behövs, i princip en speciell mätnorm för denna typ av jämförande bulleremissionsmätning av stadsbussar. Därefter bekräfta dessa metoder med praktiska mätningar med så identiska bussar som möjligt. Då med fabrikstillverkade bussar drivna med standardmässiga dieselmotorer respektive naturgasmotorer.

Den enda bussmodell som kan anses vara lämplig just för tillfället är Volvos naturgasdrivna stadsbuss. Linjebuss Malmö får en leverans på 30 bussar under våren 1995.

Tyvärr finns ingen jämförbar dieseldriven Volvobuss i Malmöområdet, varför en sådan måste lånas av Volvo.

Ljudmätningarna kan genomföras dels på gatuavsnitt i Malmös äldre delar, dels på avstängt, tyst område i Malmö Industri hamn. Ett förslag från Akustik Analys AB att utnyttja Linjebuss område är inte praktiskt genomförbart. Ytorna här är för små och alltför tungt trafikerade.

Stor noggrannhet måste nedläggas vid val av provyta då skillnader på uppåt 4 dB kan erhållas beroende på ytmaterial.

Dessutom bör vibrationsmätningar (eller rättare sagt lågfrekvensljudmätningar) genomföras. Det är lågfrekvent ljud som är mest påtagligt inne i bostäderna, inte bullret på gatan.

För att ge en uppfattning om vilka kostnader det kan röra sig om för att genomföra ett mycket enkelt provprogram, skall jag visa en uppställning; Om mätningarna genomförs på tre dagar:

Hyra av gasbuss från Linjebuss	3000 kr
Hyra av dieselbuss från Volvo	3000 kr
Två förare från linjebuss 3 dagar	6500 kr
Ljudmätning av Akustik Analys AB	60 000 kr
Projektledning Ecotrans Teknik AB och rapportsammanställning	22 000 kr
Summa:	94 500 kr

Sammanställning bullernormer stadsbussar:

	Färdbuller	Stillastående	Tryckluftbuller	Bromsbuller
Svensk lag	83			
Tysk lag	80	80	72	80
LETT-förslag	77	80	72	80
Miljöklass 1	77		72	
SLTF-normbuss	83			
Diskuterade krav		Inget hårdare än Miljöklass 1		
ML-gasbuss	77	66	72	73

Utvändigt fordonsbuller

Grundregler i fordonskungörelsen

9a § Bilar anses lämpliga för trafik endast om de vid provning enligt en mätmetod som i huvudsak motsvarar den inom The International Organization for Standardization (ISO) rekommenderade metoden ISO R 362, uppfyller följande krav i fråga om buller.

Fordonsslag	Högsta tillåtna buller (dB(A))
Personbil	77
Buss och lastbil med totalvikt av högst 3,5 ton	
med totalvikt av högst 2 ton	78
med totalvikt av över 2 ton men högst 3,5 ton	79
Buss med en totalvikt över 3,5 ton	
med en motoreffekt lägre än 150 kW ECE	80
med en motoreffekt av 150 kW ECE och högre	83
Lastbil med en totalvikt över 3,5 ton	
med en motoreffekt lägre än 75 kW ECE	81
med en motoreffekt av 75 kW ECE och högre men mindre än 150 kW ECE	83
med en motoreffekt av 150 kW ECE och högre	84

För bilar försedda med dieselmotorer för direktinsprutning skall gränsvärdena 77, 78, och 79 dB(A) höjas med 1 dB(A).

Utdrag ur Trafiksäkerhetsverkets föreskrifter TSVFS 1985:10

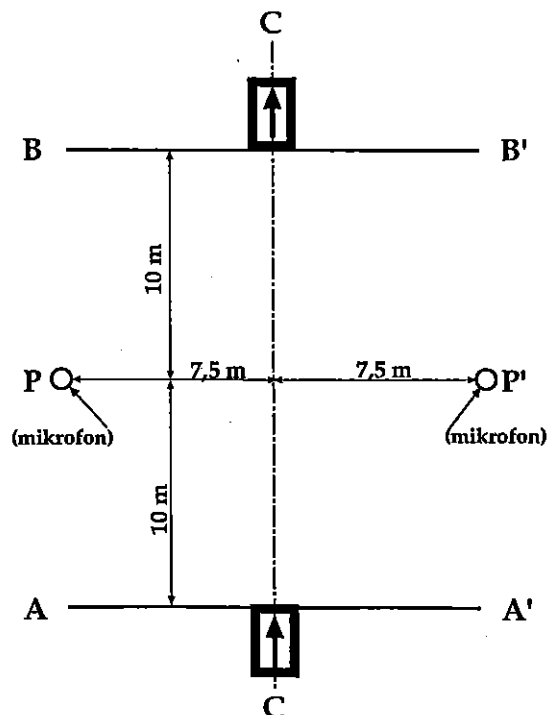
Trafiksäkerhetsverket föreskriver med stöd av 102 och 104 § fordonskungörelsen (1972:595) och 65 § terrängkungörelsen (1972:594) följande.

1. Tillämpningsområde

Dessa föreskrifter tillämpas på personbil, buss, lastbil, motorcykel, moped, terrängvagn och terrängskoter.
2. Provning av personbil, buss och lastbil
 - 2.1 Allmänt
 - 2.1.1 Buller skall uppmätas med en ljudnivåmätare av precisionstyp (minst typ 1) uppfyllande kraven i "international Elektrotechnical Commissions" publikation 651 - "Precision sound level meters". Vid mätning skall tidskonstanten "F" användas.
 - 2.1.2 Mätningen skall göras på sådan plats där nivån på ovidkommande ljud är minst 10 dB (A) under den uppmätta ljudnivån för fordonet. Platsen får inte vara täckt med lös snö, jord eller aska, högt gräs eller annat som kan påverka mätresultatet.

- 2.1.3 Mätområdet skall ha minst 10 m radie. Området skall ha en ytbeläggning som orsakar så lite däcksbuller som möjligt. Beläggningen får inte vara hårt försliten eller ha andra defekter som kan påverka mätresultatet.
- Ytbeläggningen kan exempelvis bestå av tät asfaltbetong utförd enligt BYA med typbeteckningen AB8T, AB12T eller AB16T. Dränerande beläggning eller sk ytbehandling är olämplig.
- 2.1.4 Mätområdet skall vara centralt beläget på en plan, öppen plats som har minst 50 m radie.
- 2.1.5 Mätområdets ytbeläggning skall vara torr vid mätning.
- 2.1.6 Mätningen skall göras vid olastat fordon.
- 2.1.7 Ljuddämpningssystem med fibrösa material skall före mätningen ha förberetts enligt någon av de tre metoder som beskrivs i EG Commission Directive 73/350/EEC.
- 2.1.8 Fordonet skall ha däck av typ som rekommenderats för fordonet i standardutförande. Däckens lufttryck skall vara det som rekommenderats för olastat fordon.
- 2.1.9 Har fordonet påbyggd kompressor eller annan liknande anordning, skall anordningen vara tillkopplad vid mätningen.
- 2.1.10 Ljudnivåmätarens mikrofon skall placeras på sätt som framgår av fig 1 och på en höjd av 1,2 m över marken.
- 2.1.11 Minst två mätningar skall göras på vardera sidan av fordonet.
- 2.1.12 För kontroll av hastighet eller varvtal skall användas sådant instrument vars felvisning är högst $\pm 3\%$.

Mätpunkternas placering (fig 1):



- 2.1.13 Vid mätning skall fordonet föras med konstant hastighet fram mot mätområdet. När fordonet nått linjen AA¹ skall fordonets gasreglage öppnas helt så snabbt som möjligt och hållas kvar i detta läge tills dess bilens bakre del nått linjen BB¹ då reglaget skall stängas så snabbt som möjligt (se fig 1). Det högsta bullervärde som erhålls under fordonets förflyttning från AA¹ till BB¹ skall avläsas.
- 2.1.14 Varje avläst värde skall minska med 1 dB(A). Det därvid erhållna högsta värdet utgör mätresultatet.
- 2.1.15 Överstiger mätresultatet enligt 2.1.14 tillåtna ljudnivån med högst 1 dB(A) skall ytterligare två mätningar göras på aktuell sida av fordonet. Tre av därvid erhållna värden skall ha tillåten ljudnivå för att fordonet skall kunna godkännas.
-
-
- 2.4 Fordon med automatisk växellåda
- 2.4.1 Fordonet skall nå linjen AA¹ med den hastighet som är lägst av följande värden:
- a) 50 km/h
 - b) 3/4 av fordonets maximala hastighet.
- 2.4.2 Har fordonet växelväljare skall det växelläge väljas som motsvarar en hastighet av 45-50 km/h. Någon "tvingad" nedväxling - så kallad kick down - får inte ske.

Naturvårdsverkets förslag till definition av ett – LågEmitterande Tungt Tätortsfordon (LETT-fordon). (Utdrag)

1. Tillämpningsområde

Naturvårdsverket föreslår att definitionen av ett LETT-fordon ska gälla fordon med en totalvikt överstigande 3,5 ton, i första hand avsedda för tätortsbruk. Definitionen ska kunna användas vid upphandling men även vid införande av statliga avgifts- bidragssystem eller olika former av kommunala regleringar. I samband med att olika styrmedelssystem införs bör dock definitionen kompletteras med en föreskrift som möjliggör kontroll av LETT-fordon.

Definitionen ska kunna tillämpas oberoende av motor/bränsleteknisk lösning. I mätmetoden ska därför viss anpassning till andra lösningar än konventionell dieseldrift göras. Bullerdelen av definitionen ska även kunna tillämpas på eldrivna fordon.

2. Emissionsnivåer

2.1 Avgaser

Prov enligt ECE R49, A 30

	(g/kWh)
HC	0,6
CO	2,0
NO _x	7,0
partiklar	0,15

2.2 Buller

Provmetod enligt Annex XXI till §49, del 3, i de västtyska typgodkännandebestämmelserna. Mätenhet dBA.

	Motoreffekt		
	under 75 kW	75-150 kW	>150 kW
Färdbuller-stadsbussar			
med automatväxel	77	77	77
övriga fordon	77	78	80
Motorbromsbuller	77	78	80
Tryckluftsbuller	72	72	72
Buller från stillastående fordon	77	78	80

3. Övriga villkor för uppfyllelse av LETT-definitionen.

- 3.1 Samtliga emissionsnivåer ska klaras för att LETT-definitionen ska vara uppfylld.
- 3.2 Emissionsnivåerna i definitionen förutsätts innehållas under fordonets hela "praktiska användningstid". Som praktisk användningstid avses för detta ändamål en total körsträcka på 350 000 km eller en användningstid på 8 år.
- 3.3 Samtliga underhållsåtgärder som krävs för att bibehålla den låga emissionsnivån under fordonets praktiska användningstid bör redovisas av tillverkaren.
- 3.4 För att klara LETT-definitionen förutsätts att ett ur emissionssynpunkt med testbränslet likvärdigt bränsle användes av fordon i bruk. Om testbränslet skiljer sig väsentligt från de på marknaden allmänt tillgängliga bränslekvalitéerna eller bränsleslagen bör tillverkaren redovisa förslag till hur användningen av det aktuella bränslet skall säkerställas.
- 3.5 Vid duodrift redovisas de driftsförhållanden under vilka uppfyllelse av LETT-definitionen uppnås.
- 3.6 Vid bullermätning får särskilt lågbullrande däck användas. Tillverkaren bör också föreslå vilka däckstyper som ur bullersynpunkt bör användas av fordon i bruk.

German Criteria for Low Noise Vehicles
 Translation of Annex XXI to
 Road Licensing Regulations
 – Strassenverkehr – Zulassungs – Ordnung (StVZO) –
 Annex XXI (ref. § 49 Sect. 3, StVZO)

Criteria for Low Noise Vehicles

1. General (definition)

Low noise vehicles are vehicles conforming to an advanced state of the art concerning noise reduction from every single noise source on the vehicle.

2. Commercial vehicles

2.1 Noise limits

An advanced state of the art concerning noise reduction is observed by commercial vehicles with maximum permissible mass exceeding 2,8 ton and differentiated according to engine power if the following noise limits are observed:

Table 1:	Engine power		
	under 75 kW	75 kW and more, under 150 kW	150 kW and more
Driving noise	77 dB(A)	78 dB(A)	80 dB(A)
Engine brake noise ¹⁾	77 dB(A)	78 dB(A)	80 dB(A)
Compressed air noise ¹⁾	72 dB(A)	72 dB(A)	72 dB(A)
Omnidirectional noise ²⁾	77 dB(A)	78 dB(A)	80 dB(A)

¹⁾ if corresponding brake equipment is part of the vehicle

²⁾ not applicable to electric battery-driven vehicles

During an introductory time period ending 31 December, 1987, vehicles are also considered low noise vehicles if their noise emissions exceed the values of table 1 up to 2 dB(A).

Commercial vehicles with noise-emitting supplementary equipment, e.g. pumps, stationary heating, air conditioning, waste-disposal drums, are only considered low noise vehicles if it is established an additional test that the supplementary equipment also conforms to an advanced state of the art concerning noise reduction. In general, this is considered to be realized if the measured noise level at a distance of 7 m is 65 dB(A) or less when the supplementary equipment is operated in its noisiest condition. The advanced state of the art concerning noise reduction of supplementary equipment may be defined by separate regulations.

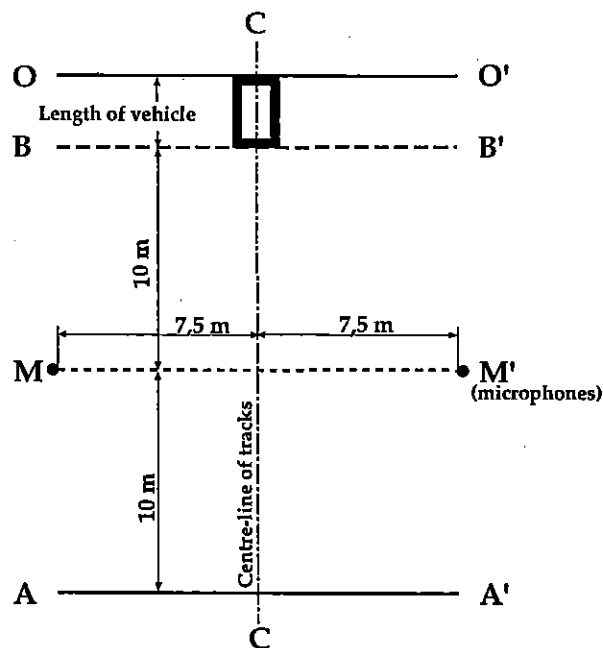
2.2 Noise measurement procedure

2.2.1 Driving noise

The driving noise is determined for accelerated drive-by of the vehicle along a track as shown in figure 1, at a lateral distance of 7,5 m from the centre-line of the track, according to Annex XVIII¹⁾ with the following modifications:

The series of shifts to higher gear, starting from $x/2$, as required by Annex XVIII, is terminated as the gear in which the engine speed at crossing the line B-B', for the first time, no longer reaches the maximum permissible engine speed, e.g. as defined by the engine speed governor.

Figure 1:



Layout of the track for measurement of driving noise.

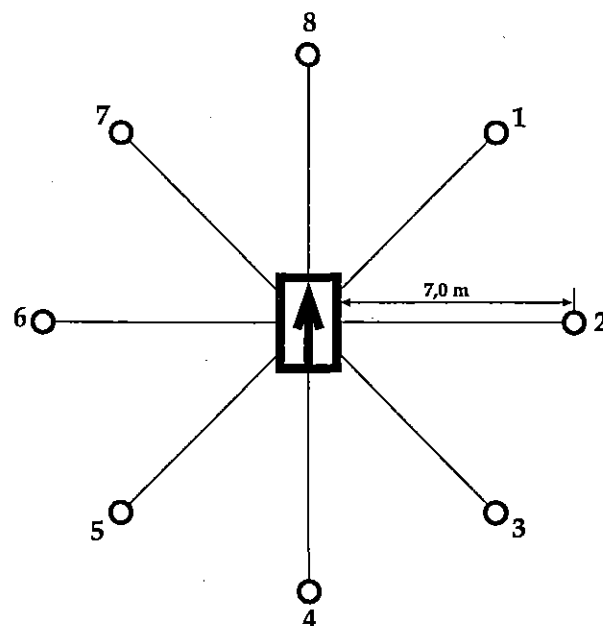
2.2.2 Engine brake noise

Measurements are performed along the track according to figure 1, on both sides of the laden vehicle. For the measurement, the gear in which the vehicle's speed at nominal engine speed lies nearest to the value of 40 km/h has to be used. When the vehicle is crossing line A-A' at the speed corresponding to the nominal engine speed, the engine brake is fully operated, and the highest A-weighted noise level at the microphones' positions (M and M', resp.) during the passage of the vehicle between lines A-A' and B-B' is measured.

2.2.3 Omnidirectional noise

The measurement is performed around the stationary vehicle according to figure 2, using 8 microphone positions at a distance of 7 m from the contour of the vehicle, and at 1,2 m above ground.

Figure 2:



Microphone positions for measurement of omnidirectional noise.

Preceding the measurement, the engine has to be brought up to its regular operating temperature.

For the measurement the following operating conditions are required:

The throttle is rapidly kicked to open position in such a way that the governor's speed is reached for a short time (acceleration kick-down).

At each of the eight microphones the highest resulting A-weighted noise level is registered.

With an engine for which from technical reason no defined governor's speed can be reached, the following measurement procedure has to be used: The engine speed, initially, is kept constant at 3/4 of the nominal speed, and the decreased to idling speed as fast as possible.

At each of the eight microphones the highest resulting A-weighted noise level is registered during the time including a short interval at the constant engine speed, as mentioned above, as well as the (complete) descent of the engine speed.

If this measurement is used, the noise limits for omnidirectional noise in table 1 have to be lowered by 5 dB(A).

2.2.4 Compressed air noise

The measurement is performed at microphone positions 2 and 6, resp., according to figure 2, with the vehicle stationary. The highest A-weighted noise levels are registered during venting the pressure regulator and during ventilating after the use of both, the service and parking brakes.

The noise during venting the pressure regulator is measured with the engine at idle speed.

The ventilation noise is registered while operating the service and parking brakes; before each measurement, the air-compressor has to be brought up to the highest permissible operating pressure, and the engine switched off.

2.2.5 Evaluating the results

For all microphone positions two measurements are taken. In order to compensate for inaccuracies of the measuring equipment, the meter reading is reduced by 1 dB(A), and the reduced value is taken as the result of measurement. The results are taken valid if the difference between the measurement at one microphone position does not exceed 2 dB(A).

The highest value obtained in this way for all microphone positions, defined under sections 2.2.1 through 2.2.4, is taken as the test result. If the value is exceeding the noise limit by 1 dB(A), two additional measurements are to be taken at the corresponding microphone positions. In this case three out of four results of measurement have to comply with the noise limits.

2.2.6 Additional directions

With respects to measuring equipment and to general acoustical requirements for the measurement, the regulations in Annex XVIII^{*)} are applied.

^{*)} Annex XVIII is equivalent to EEC directive 70/157/EEC, amended by EEC directive 81/334/EEC.

Förslag till mätmetod för stadsbussar

Akustik Analys AB i Lund har på Sydgas AB:s förfrågan lämnat ett förslag till hur bullermätning skulle kunna genomföras på ett, enligt dem, för stadsbussar relevant sätt:

1. Inledning

Vägtrafiken utgör idag den dominerande bullerkällan i våra tätorter. Ett stort bidrag kommer från tung trafik såsom lastbilar och bussar.

Fordonsbullret kan delas upp i två genereringsmekanismer, drivenhetsbuller och däck/vägbanebuller. Med drivenhetsbuller avses ljudet från motor, avgaser och transmission och med däck/vägbanebuller avses det ljud som härrör från däckens rullning mot vägbanan. Vid acceleration från låg hastighet samt på tomgång vid stillastående dominerar drivenhetsbullret. Vid körning med konstant hastighet dominerar i regel däcksbullret.

I detta projekt avser Vi att jämföra drivenhetsbullret från en dieseldriven buss med en naturgasdriven.

2. Projektuppgift

Att med några olika mät- och analysmetoder bestämma bulleremissionen från en dieseldriven och en naturgasdriven buss. Bussarna skall vara av samma typ och av senaste årsmodell.

3. Mätmetoder

Det finns en rad olika metoder att mäta bulleremissioner från fordon. Eftersom betingelserna skiljer sig mellan de olika metoderna ger de också olika resultat. När det gäller drivenhetsbullret vet man att de primära driftsparametrarna som styr bulleremissionerna är motorns varvtal och belastning. Vid mätning på stillastående fordon tas ingen hänsyn till belastning utan endast till motorns varvtal. Detta betyder att motorns effekt har mindre betydelse.

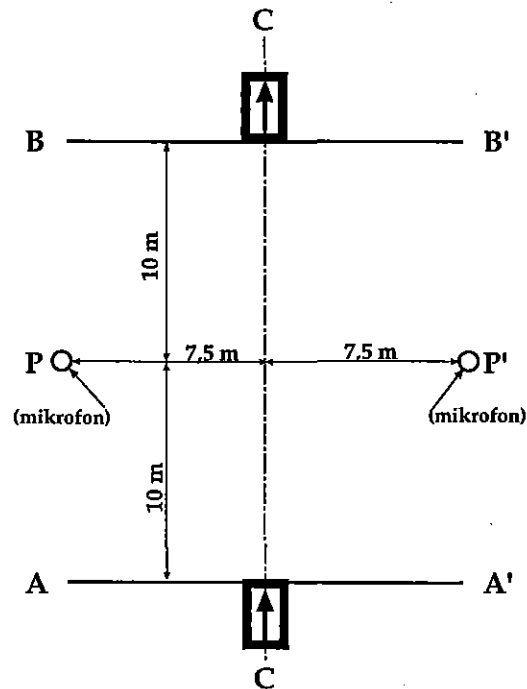
Då olika mätningar belyser olika driftsförhållanden menar vi att ett antal olika typer av mätningar bör göras för att få en helhetsbild av bulleremissionerna från fordonen.

Vi avser att utföra följande mätningar:

a) Accelerationsprov enligt ISO 362

Bullret mäts när fordonet accelererar maximalt över en 20 meter lång sträck. När fordonet når linjen A-A' (se figur 1 nedan) ges fullt pådrag tills bakre delen av fordonet når linjen B-B'. Begynnelsehastigheten vid linjen A-A' ska vara 50 km/h för ett automatväxlat fordon. Mätpositionerna framgår av figur 1.

Mätningarna ska utföras på ett plant underlag (t.ex. asfalt) och på en öppen yta. Avståndet till närmaste ljudreflekterande föremål (hus, plank etc.) bör inte vara mindre än 50 m.



Figur 1

Ljudnivån mäts i tersband samt i dB(A) (både maxnivå och ekvivalentnivå mäts).

b) Som mätning a) men med begynnelsehastighet 20 km/h.

c) Som mätning a) men med start från stillastående.

d) Stillastående i närheten av motorn enligt ISO 5130.

Mätningen sker ca 0,5 m från motorn. Motors varvtal hålls konstant vid 3/4 av det varvtal där motorn enligt tillverkaren avger maximal effekt.

Ljudnivån mäts i tersband samt i dB(A) (både maxnivå och ekvivalentnivå mäts).

För samtliga mätningar ovan gäller att de bör upprepas ett antal gånger för att spridningen i mätvärdena skall kunna fastställas.

4. Loudness

Vid analysen av mätningarna ovan avser vi också att beräkna loudnessvärdet enligt ISO 532B. Medan dB(A) måttet enbart tar hänsyn till örats frekvenskänslighet är Loudness-måttet baserat på flera av örats egenskaper.

Några fördelar med Loudness framför A-vägd ljudtrycksnivå är att

- Loudness är ett mått som är kopplat till den subjektivt upplevda hörstyrkan.
- Loudness kan användas för att bedöma störningsgraden av ett ljud eftersom hörstyrkan är en dominerande faktor när det gäller att avgöra hur störande ett ljud är.
- Loudness mäts i enheten *sone* som är definierad på ett sådant sätt att en fördubbling av sonevärdet motsvarar en fördubbling av den subjektivt upplevda hörstyrkan. Detta gör Loudness till en relativt lätt-kommunicerbar storhet.

5. Mätplats

Mätningarna bör utföras på en öppen plats och plan yta. Bakgrundsbullret bör ligga ca 10 dB under fordonsbullret över hela det aktuella mätområdet.

En tänkbar plats är parkeringsplatsen vid Linjebuss i Malmö. (*Icke! Övers. anm.*)

6. Mätutförande

Mätningarna utförs med spektrumanalysatorn Norsonic 830 och mikrofon B&K 4165 med vindskydd.

Beräkning av Loudness sker med programmet NE-LOUD type 1101.

Vid mätningarna registreras förutom bullernivåerna enligt mätmetoderna ovan, följande uppgifter om bussarna:

- Registreringsnummer
- Fabrikat, typ, årsmodell
- Total vikt
- Motorns maximala effekt
- Defekter eller avvikelser från originalutförande på ljuddämpande anordning.

7. Kostnader

....

8. Referense

.....

De senaste två punkterna har inte medtagits då de saknar intresse för denna förstudie.

Ljudmätning 1 på Sjöbo flygplats.

	Diesel	CNG	Skillnad	
	dBA	dBA	dBA	
Fordonsbuller	76,5	77,3	0,8	Här borde inte förekommit skillnader pga av att mätningarna skedde vid förbifart med hastighet > 40 km/h.
Motorbromsning	72,4	73	0,6	Här borde inte förekommit skillnader pga av att inga större ljudskillnader bör finnas rent tekniskt.
Tomgångskörning	70,4	65,8	-4,6	Här syns skillnader som beror av gasdriften, även om de största skillnaderna inte framkommer vid tomgångskörning.
Tryckluftsbuller:				
Motor på	87,1	78,3	-8,8	Här syns skillnader som beror av gasdriften, även om de största skillnaderna inte framkommer vid tomgångskörning.
Motor av fotbroms	86,5	71,5	-15	Här borde inte någon skillnad förekommit alls – identiska fordon, motor av.
Motor av handbroms	75,2	68,4	-6,8	Här borde inte någon skillnad förekommit alls – identiska fordon, motor av.
Hållplatsmätningar:				
Inbromsning	75,5	70,8	-4,7	Här borde faktiskt inte förekommit större skillnader pga av att inga skillnader bör finnas rent tekniskt.
Acceleration	77,1	77,1	0	Här borde förekommit större skillnader pga av att skillnader bör finnas rent tekniskt???
Mätning i buss:?				
Min	57,1	51,1	-6	Här är skillnaden påtaglig. Mätpojken påstår att jämförelse ej kan göras,
Max	72,8	75,4	2,6	Vadan detta tal? då körsträckorna inte var lika långa?! Påtalades inte vid uppmätningen?

Ljudmätning 2 på Engelbrektsgatan i Malmö

Fordonspassage
vid 40 km/h:

Mätpunkt 1	72,4	70,3	-2,10	Här bör inte förekomma större skillnader pga av att mätningarna skedde vid förbifart med hastighet > 40 km/h.
Mätpunkt 2	72,6	71,5	-1,1	Här bör inte förekomma större skillnader pga av att mätningarna skedde vid förbifart med hastighet > 40 km/h.
Inbromsning/stopp och acceleration.				
Mätpunkt 1	76	73,2	-2,8	Här borde skillnaderna vara mera markanta, men mätningen gjordes av hela förloppet och vägdes samman.
Mätpunkt 2	81,5	76,8	-4,7	Och båda vagnarna har i stort samma inbromsningljudbild. OBS! Bromsskriket ingår i ljudbilden. Det gjordes inga uppmätningar av det som subjektivt är den största ljudupplevelsen, nämligen bortfallet av markvibrationerna från dieselmotorn vid acceleration.

Adressförteckning:

Volvo Bussar AB
Olof Edsinger
Avd 86420 VB2N
405 08 GÖTEBORG

Ecotrans Teknik AB
Ingvar Blücker
Box 22149
250 23 HELSINGBORG
042-16 18 33

Säffle Karosseri AB
Box 59
661 00 SÄFFLE

Ecotrans Teknik AB
Ingemar Carlson
Kaghögagatan 8
238 31 OXIE
040-54 70 75

SCANIA
Buses & Coaches
641 81 KATRINEHOLM

Mercedes Svenska AB
Box 8114
163 08 SPÅNGA

Svenska Neoplan AB
Västbergavägen 14-16
126 30 HÄGERSTEN

Standarder:

Trafiksäkerhetsverkets föreskrifter	TSVFS 1985:10
Strassenverkehrs-Zulassungsordnung (StVZO)	Annex XXI ref S 49 sect. 3
ISO 362-1981	

Källförteckning:

Fordonsakustik och buller	Scania 1991
Trivector Bullerseminarium.....	1994
SNV LETT-fordonsutredningen.....	1989
Volvo Bussar AB, akustik	1995
Akustik Analys AB, mätförslag.....	1994
Miljö- och hälsoskyddsavd. Malmö, gasbussmätning	1993
AB Svensk Bilprovning, Teknisk Handbok Fordon	1992