

Ajoneuvojen melun mittaaminen katsastuksessa

Raimo Eurasto, Denis Siponen

Ajoneuvojen melun mittaaminen katsastuksessa

Raimo Eurasto, Denis Siponen , VTT

ALKUSANAT

Tässä tutkimuksessa on tarkasteltu paikallaan olevien ajoneuvojen melun mittaamiseen eri maissa käytettäviä menetelmiä ja käyty läpi eri maissa käytössä olevia ajoneuvojen meluun liittyviä määräyksiä ja melun raja-arvoja. Tämän lisäksi tutkimuksessa on selvitetty, voitaisiinko ajoneuvojen melumittauksia suorittaa katsastustoimipaikoilla.

Tutkimus on tehty AKEn toimeksiannosta ja sen ovat toteuttaneet tutkijat Raimo Eurasto ja Denis Siponen VTT:ltä.

Tutkimus kuuluu AKEn vuoden 2008 tutkimussuunnitelman mukaisiin tutkimuksiin.

Helsingissä, 26. helmikuuta 2009

Keijo Kuikka

kehityspäällikkö

Ajoneuvohallintokeskus AKE

FÖRORD

Denna undersökning granskar olika länders metoder för att mäta buller från stillastående fordon och går igenom olika länders bestämmelser om fordonsbuller och gränsvärden för buller. Undersökningen utreder dessutom om mätning av fordonsbuller kunde utföras på besiktningsställena.

Undersökningen utfördes på uppdrag av AKE och genomfördes av forskarna Raimo Eurasto och Denis Siponen på Statens forskningsanstalt VTT.

Undersökningen ingick i AKEs forskningsplan för 2008.

Helsingfors, den 26 februari 2009

Keijo Kuikka

Utvecklingschef
Fordonsförvaltningscentralen AKE

FOREWORD

This study addresses the methods used for measuring the noise from still-standing vehicles in different countries, as well as the noise-related regulations and limit values applied in different countries. In addition, we studied whether vehicle noise measurement could be carried out at vehicle inspection centres.

The study was commissioned by the Finnish Vehicle Administration, AKE, and conducted by researchers Raimo Eurasto and Denis Siponen from VTT (the Technical Research Centre of Finland).

The survey is part of AKE's research in compliance with its 2008 research plan.

Helsinki, 26 February 2009

Etunimi Sukunimi

Development Manager
Vehicle Administration AKE

Sisällysluettelo

Index

Tiivistelmä

Sammanfattning

Abstract

1	Johdanto	1
2	MITTAUSOHJEITA JA MELUTASON RAJA-ARVOJA	3
2.1	ISO-standardeja	3
2.2	Eurooppa	6
2.3	USA	14
2.4	Australia	19
2.5	Uusi Seelanti	21
2.6	Kiina	23
2.7	Japani	24
2.8	Brasilia	25
2.9	Meksiko	27
2.10	Argentiina	29
2.11	Vietnam	30
2.12	Etelä-Afrikka	31
3	ERITYYPPISTEN MITTAUSTEN EROT	32
3.1	Mittaukset Japanissa	32
3.2	Mittaukset Uudessa Seelannissa	33
3.3	Mittaukset Intiassa	35
4	MITTAUKSET	37
4.1	Testimittaukset	37
4.2	Mittausten suoritustapa	40
4.3	Mittaustulokset paikallaanolo- ja ohiajomittauksista	42
4.4	Muita analyyskejä	43
5	PAIKALLAAN OLEVIENT AJONEUVOJEN MELUN MITTAUSMENETELMÄ KATSASTUSTOIMIPAIKKOJA VARTEN	57
6	PAIKALLAAN OLEVIENT AJONEUVOJEN MELUTASON RAJA-ARVOT	60
7	YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET	62
7.1	Melun mittausmenetelmät	62
7.2	Melun raja-arvot	62
7.3	Mittaukset	62
7.4	Ajoneuvojen melun mittaaminen katsastustoimipaikoilla	63

TIIVISTELMÄ

Tutkimuksessa on tarkasteltu paikallaan olevien ajoneuvojen melun mittaamiseen eri maissa käytettäviä menetelmiä ja käyty läpi eri maissa käytössä olevia ajoneuvojen meluun liittyviä määräyksiä ja melun raja-arvoja. Tämän lisäksi tutkimuksessa on selvitetty, voitaisiinko ajoneuvojen melumittauksia suorittaa katsastustoimipaikoilla, millaisilla menetelmillä ne olisivat tehtävissä ja minkälaisia laitteita mittauksiin tarvittaisiin. Tutkimuksen yhteydessä on myös tehty ajoneuvoille melumittauksia, joissa on mitattu sekä paikallaan olevien ajoneuvojen että liikkuvien ajoneuvojen melutasoja.

Muiden maiden käytäntöjen ja tutkimuksen yhteydessä tehtyjen mittausten perusteella on laadittu Suomen oloihin soveltuvat ohjeet paikallaan olevan ajoneuvon melun mittaamiseksi katsastustoimipaikoilla. Laaditun mittaushjeen, muiden maiden käytäntöjen sekä mittausten perusteella on myös arvioitu, olisi-ko mahdollista ottaa Suomessa käyttöön melun raja-arvoja paikallaan oleville ajoneuvoille ja millä tavalla raja-arvot olisi määritettävä, jotta niillä olisi käytännössä vaikutusta.

SAMMANFATTNING

Undersökningen granskar olika länders metoder för att mäta buller från stillastående fordon och går igenom olika länders bestämmelser om fordonsbuller och gränsvärden för buller. Undersökningen utreder dessutom om mätning av fordonsbuller kunde utföras på besiktningsställena, med vilka metoder mätningen kunde ske och vilket slags utrustning som skulle krävas. I anslutning till undersökningen utfördes mätning av buller från fordon, både från stillastående fordon och från fordon i rörelse.

Utifrån praxis i andra länder och mätningar i anslutning till undersökningen utarbetades för finländska förhållanden lämpade anvisningar om hur mätningen av buller från stillastående fordon kunde göras på besiktningsställena. Utifrån mätningsanvisningen, praxis i andra länder och mätningarna bedömdes också huruvida det skulle vara möjligt att i Finland införa gränsvärden för buller från stillastående fordon och på vilket sätt gränsvärdena skulle definieras så att de skulle få effekt i praktiken.

ABSTRACT

This study addresses the methods used for measuring the noise from still-standing vehicles in different countries, as well as the noise-related regulations and limit values applied in different countries. In addition, we studied whether vehicle noise measurement could be carried out at vehicle inspection centres, and if so, what kinds of methods would be suitable for this and what kind of equipment would be needed. The study also included vehicle noise measurements concerning the noise levels of both still-standing and moving vehicles.

On the basis of the practices applied in other countries and the measurements carried out in conjunction with the study, instructions on measuring noise levels of still-standing vehicles at inspection sites in Finland have been compiled. Furthermore, relying on the compiled instructions, other countries' practices and the study measurements, we also assessed whether limit values for the noise levels of still-standing vehicles could be applied in Finland, and if so, how these values should be defined in order to achieve practical results.

1 Johdanto

Ajoneuvojen melua on pyritty 1970-luvusta lähtien rajoittamaan ajoneuvojen tyyppihyväksyntämääräyksiin sisältyvien melupäästönormien avulla. Käytännön ongelmana on kuitenkin usein ollut, ettei käytössä olevien ajoneuvojen meluun ole juurikaan kyetty puuttumaan katsastuksella eikä valvonnalla. Ajoneuvojen katsastuksessa ei mitata ajoneuvojen melupäästöjä samalla tavalla kuin esimerkiksi pakokaasupäästöjä. Katsastustoimipaikoilla suoritettavat moottoriajoneuvojen melutason mittaukset olisivat tältä kannalta parempi ratkaisu. Mittaukset olisi ehkä mahdollista suorittaa katsastuksen yhteydessä niille tarkoitetuilla alueilla.

Ajoneuvojen melupäästö voidaan mitata periaatteessa kahdella eri tavalla: joko liikkuvalla tai paikallaan olevalle ajoneuvolle. Jos mittaus tehdään liikkuvalla ajoneuvolle, mittaustulos sisältää kaiken ajoneuvon tuottaman melun. Jos mittaus tehdään sen sijaan paikallaan olevalle ajoneuvolle, renkaiden ja tienpinnan kosketuksesta aiheutuva vierintämelu jää mittauksesta pois. Molemmat melupäästöjen mittaustavat ovat kuitenkin käyttökelpoisia tietyntyyppisissä tarkoituksissa. Ajoneuvojen tyyppihyväksynnässä käytetään tarkasti asiaankuuluvien standardien mukaan tehtyjä melumittauksia liikkuvalla ajoneuvolle, kun taas paikallaan olevalle ajoneuvolle mittauksia voidaan tehdä esimerkiksi myöhemmin tehtävissä tarkastuksissa erityisen meluisten ajoneuvojen havaitsemiseksi.

Useimmissa teollistuneissa maissa on otettu käyttöön määräyksiä ajoneuvojen suurimmista sallituista melupäästöistä, joiden mittaamiseen on vastaavasti kehitetty erilaisia mittausmenetelmiä. Mittausohjeita ja määräyksiä on yleensä koordinoitu kansainvälisesti. Esimerkkeinä voidaan mainita Euroopan Unionin (EU) ja YK:n Euroopan talouskomission (UNECE) piirissä kehitetyt määräykset. Kansainvälisiä standardeja ajoneuvon melun mittaukseen on kehitetty lähinnä ISO:n (International Organization for Standardization) toimesta. Joissakin maissa on käytössä myös omia mittausmenetelmiä, jotka kuitenkin perustuvat suurelta osaltaan kansainvälisenä työnä kehitettyihin ohjeisiin sovellettuina tietyn maan omiin olosuhteisiin ja vaatimuksiin sopiviksi. Eri maissa käytössä olevissa mittausmenetelmissä ja määräyksissä on kuitenkin pieniä eroja, jotka tekevät eri maiden menetelmillä saatujen tulosten vertailun joissakin tapauksissa vaikeaksi.

Ajoneuvojen melupäästöjä mitataan ajoneuvojen tyyppihyväksynnän yhteydessä yleisemmin standardin ISO 362 "Acoustics – Measurement of noise emitted by accelerating road vehicles" ohjeiden mukaisesti ja sitä vastaavat mittausmenetelmät sisältyvät myös EU:n ja ECE:n määräyksiin. Toinen joissakin maissa käytössä oleva melupäästöjen mittaustapa on mitata melupäästö lähellä ajoneuvon pakoputkea ajoneuvon ollessa paikallaan ja käytössä on myös näiden mittausten tuloksiin perustuvia melumääräyksiä.

Euroopassa käytössä olevat ajoneuvojen melupäästöjen raja-arvot perustuvat vuonna 1970 annettuun direktiiviin 70/157/ETY, jota on myöhemmin muutettu useaan otteeseen erilaisilla lisädirektiiveillä [1]. Nykyisin voimassa olevat autojen melupäästöjen raja-arvot tyyppihyväksyntätestien yhteydessä perustuvat vuonna 1996 annettuun direktiiviin 96/20/EY [2]. Melupäästöjen mittaushjeita

ollaan parhaillaan muuttamassa ja uusia raja-arvoja on odotettavissa, kun nykyistä paremmin normaalia ajotilannetta vastaavien melupäästöjen mittausohjeet julkaistaan (ISO 362-1:2007 [4]) muutaman vuoden kuluessa.

Useissa maissa on käytössä omia paikallisten olojen mukaan määritettyjä ajoneuvojen melupäästörajoja, esimerkiksi USA:ssa, Japanissa ja Australiassa. Yleensä melupäästörajoitukset koskevat ohiajomittauksilla mitattuja meluarvoja, mutta joissakin maissa on annettu melurajoja myös paikallaan olevien ajoneuvojen melupäästöille.

Tässä tutkimuksessa on selvitetty, millaisilla menetelmillä ja tarkkuuksilla autojen melumittauksia voitaisiin tehdä katsastustoimipaikoilla ja minkälaisia laitteita mittauksiin tarvittaisiin. Työn yhteydessä on tehty myös noin 200 ajoneuvolle käytännön melumittauksia, joissa on tutkittu sekä paikallaan olevan että liikkuvan ajoneuvon melutasoja.

Aluksi on tarkasteltu paikallaan olevien ajoneuvojen melun mittaamiseen käytettäviä menetelmiä ja käyty läpi eri maissa käytössä olevia ajoneuvojen meluun liittyviä määräyksiä ja melun raja-arvoja. Tämän jälkeen on tarkasteltu työn yhteydessä tehtyjä melumittauksia ja esitetty niiden tuloksia.

Muiden maiden käytäntöjen ja työn yhteydessä tehtyjen mittausten perusteella on laadittu Suomen oloihin soveltuvat ohjeet paikallaan olevan ajoneuvon melun mittaamiseksi katsastustoimipaikoilla. Tässä on otettu huomioon myös Euroopan yhteisön asiaan liittyvät määräykset, sisältäen sekä mittauksiin että mitausympäristöön liittyvät seikat. Laaditun mittausohjeen, muiden maiden käytäntöjen sekä mittausten perusteella on myös arvioitu, olisiko mahdollista ottaa Suomessa käyttöön melun raja-arvoja paikallaan oleville ajoneuvoille ja millä tavalla raja-arvot olisi määritettävä, jotta niillä olisi käytännössä vaikutusta.

2 MITTAUSOHJEITA JA MELUTASON RAJA-ARVOJA

2.1 ISO-standardveja

ISO on julkaissut useita standardeja liittyen ajoneuvojen melupäästön mittaamiseen, esimerkiksi:

- ISO 362:1998. Acoustics – Measurement of noise emitted by accelerating road vehicles – Engineering method.
- ISO 362-1:2007. Measurement of noise emitted by accelerating road vehicles – Engineering method – Part 1: M and N categories.
- ISO 5130:2007 – Acoustics – Measurements of sound pressure level emitted by stationary road vehicles.
- ISO 10844:1994. Acoustics – Specification of test tracks for the purpose of measuring noise emitted by road vehicles.
- ISO 11819-1:1997. Acoustics – Measurement of the influence of road surfaces on traffic noise – Part 1: Statistical Pass-By method.

Ajoneuvojen tyyppihyväksynnässä käytettävä standardin ISO 362 ensimmäinen versio oli 1950-luvulla kehitetty suositus ISO R 362, joka julkaistiin virallisesti vuonna 1964. Ensimmäinen kansainvälinen ajoneuvojen meluun liittyvä säännös oli vuonna 1969 julkaistu ECE säännös no 9, jota seurasi ECE säännös no 51 ja näissä käytettiin suositusta ISO R 362 mittaamenetelmän pohjana. Myös vuonna 1970 julkaistun direktiivin 70/157/EEC mittaamenetelmä perustui suoritukseen ISO R 362. Vuonna 1981 ISO R 362 muutettiin täydeksi standardiksi ISO 362. Standardia on uusittu mm. vuosina 1994 ja 1998 ja viimeinen versio on vuonna 2007 julkaistu ISO 362-1:2007 [3], joka antaa ohjeita ajoneuvotyyppien M (vähintään 4-pyöräiset matkustajien kuljetukseen käytettävät ajoneuvot) ja N (vähintään 4-pyöräiset tavaroiden kuljetukseen käytettävät ajoneuvot) melupäästöjen mittaamiseen.

2.1.1 ISO 5130:2007

Standardi ISO 5130 Acoustics Measurements of sound pressure level emitted by stationary road vehicles – Survey method (1982) laadittiin 1970-luvun lopussa ja se julkaistiin vuonna 1982. Standardi perustui tarpeeseen tehdä tienvartitarkastuksia ajoneuvojen pakokaasujärjestelmien melun mittaamiseksi. Standardin julkaisemisen jälkeen ajoneuvojen teknologia on kehittynyt jatkuvasti ja ajoneuvojen aiheuttama melu on vastaavasti pienentynyt. Alkuperäisen standardin tarkoitus oli olla yksinkertainen menetelmä tienvartimittauksia varten. Joissakin maissa otettiin kuitenkin standardi ISO 5130 käyttöön melun raja-arvoja paikallaan olevien ajoneuvojen melun arvioimisessa. Tällöin havaittiin, että aikaisemmalla menetelmällä ei ollut mahdollista saada riittävän tarkkoja tuloksia, varsinkin ajoneuvoissa, joissa moottori on ajoneuvon taka- tai keskiosassa. Joissakin maissa paikallaan olevan ajoneuvon melu mitataan tyyppihyväksynnän yhteydessä ja tiedot näistä sisältyvät ajoneuvon rekisteröintido-

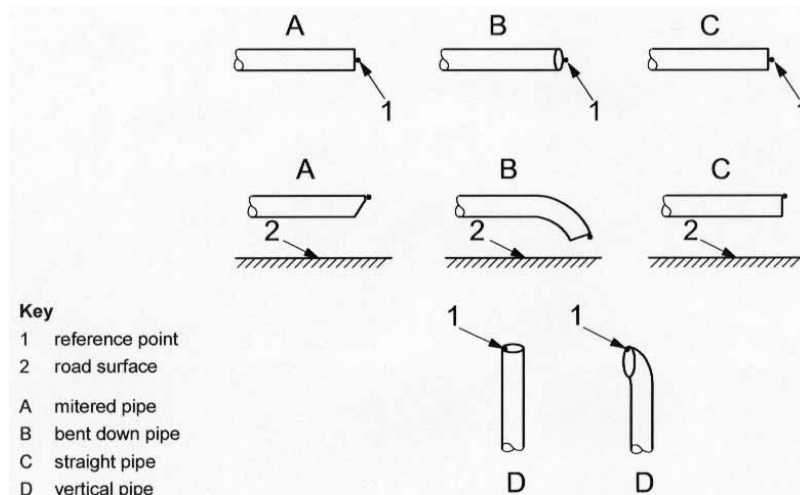
kumentteihin. Näistä ja useista muista syistä johtuen standardi päätettiin uudistaa muun muassa tarkentamalla sen käyttöalaa ja parantamalla sillä saatavien tulosten tarkkuutta. Uudistettu standardi julkaistiin vuonna 2007 [4].

Standardissa esitetty mittausmenetelmä on tarkoitettu ajoneuvojen aiheuttamisen lähellä pakoputkea vallitsevien äänenpainetasojen arvioimiseen. Menetelmä on tarkoitettu käytössä olevien ajoneuvojen tarkistukseen ja sillä voidaan määrittää myös tietyistä toimenpiteistä tai vioista johtuvia melun vaihteluita. Mittaukset tehdään ajoneuvon ollessa paikallaan. Standardi soveltuu ajoneuvoluokkien L, M ja N melun mittaamiseen.

Standardin mukaiset mittaukset tulee tehdä ulkona sijaitsevalla mittaushaikalla, jonka kohdalla maan pinta on tasainen ja se muodostuu betonista, asfaltista tai vastaavasta kovasta materiaalista. Pinnan tulee olla lumeton, eikä siinä saa olla irtomaaperää eikä ruohoa tai muuta ääntä absorboivaa materiaalia. Mittauspaikan tulee sijaita avoimessa tilassa, eikä lähellä saa olla suuria ääntä heijastavia pintoja, kuten rakennuksia, pysäköityjä ajoneuvoja, puita tms. 3 m säteellä mikrofonipisteestä ja mitattavan ajoneuvon pinnasta tarkasteltuna.

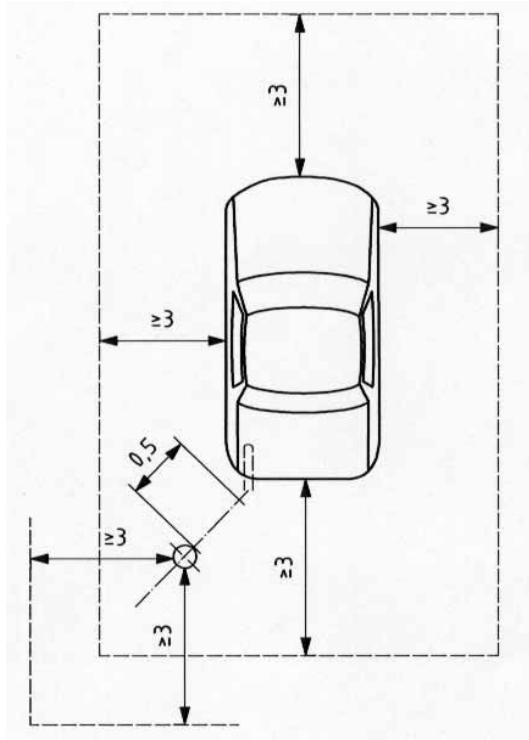
Mittaukset voidaan tehdä kädessä pidettävällä äänitasomittarilla, mutta mittari tai mieluummin jatkojohdolla varustettu mikrofoni tulee asettaa telineeseen, jotta laitteisto olisi vakaa mittausten aikana.

Ajoneuvon vaihteiston tulee olla vapaalla ja kytkin painettuna (tai pysäköintiasennossa automaattivaihteistolla varustetuilla ajoneuvoilla) ja käsijarrun tulee olla päällä turvallisuuden vuoksi. Ajoneuvon mahdollisen ilmastoinnin tulee olla pois päältä ja ajoneuvon konepellin ja matkatavarasäiliön tulee olla kiinni. Ennen kunkin mittaussarjan käynnistymistä ajoneuvon moottorin tulee olla normaalissa valmistajan ilmoittamassa toimintalämpötilassa.

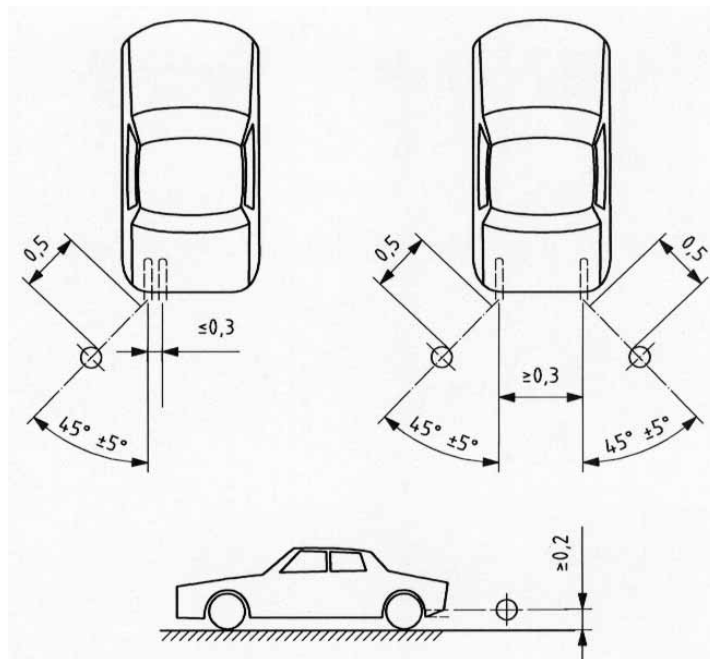


Kuva 1. Pakoputken referenssipiste, ISO 5130:2007 [4].

Mikrofoni sijoitetaan $0,5 \text{ m} \pm 0,01 \text{ m}$ etäisyydelle kuvan 1 mukaisesta pakoputken referenssipisteestä ja $45^\circ \pm 5^\circ$ kulmassa suhteessa pakoputken virtaus-suunnan akselin pystysuoraan tasoon. Mikrofonin tulee sijaita referenssipisteen korkeudella, mutta ei $0,2 \text{ m}$ lähempänä maan pintaa. Standardissa annetaan myös lisäohjeita mikrofonin sijoittamiselle joissakin erityistilanteissa. Kuvissa 2 ja 3 on joitakin esimerkkejä mikrofonin sijoitukselle.



Kuva 2. Esimerkki mikrofonin sijoituksesta, yksi pakoputki, ISO 5130:2007 [4].



Kuva 3. Esimerkkejä mikrofonien sijoituksesta, kaksi pakoputkea, ISO 5130:2007 [4].

Ajoneuvoryhmille M ja N moottorin tavoitteellisen pyörintänopeuden tulee olla mittauksen aikana:

- 75 % nimellipyörintänopeudesta S , jos $S \leq 5000 \text{ min}^{-1}$
- 3750 min^{-1} ajoneuvoille, joilla $5000 < S < 7500 \text{ min}^{-1}$
- 50 % nimellipyörintänopeudesta S , jos $S \geq 7500 \text{ min}^{-1}$

Moottorin pyörintänopeutta lisätään vähitellen vapaasta tavoitenopeuteen ja pidetään tässä vakiona. Sitten kaasupoljin vapautetaan nopeasti ja moottorin pyörintänopeus palautetaan vapaalle. Äänenpainetaso mitataan aikana, joka muodostuu vähintään sekunnin kestävästä tavoitteellisesta pyörintänopeudesta ja koko moottorin pyörintänopeuden pienenemiseen kuluvasta ajasta. Tältä ajalta mitataan A-painotettu enimmäistaso käyttämällä aikapainotusta F (fast). Mittaustulokset pyöristetään kokonaisiksi desibeleiksi ja testi toistetaan, kunnes kolme peräkkäistä mittausta antavat tulokset, jotka poikkeavat toisistaan enintään 2 dB. Lopullinen mittaustulos on näiden kolmen hyväksytyn mittaustuloksen aritmeettinen keskiarvo. Jos ajoneuvossa on useampia pakoputkia, mittaustuloksen muodostaa pakoputki, joka antaa suurimman tuloksen.

2.2 Eurooppa

Ajoneuvojen tyyppihyväksynnän yhteydessä tehtävissä melutarkasteluissa Euroopan EU-maissa noudatetaan EU:n säännöksiä ja YK:n Euroopan talouskomission (UNECE) asettamia melupäästömääräyksiä. UNECE:n nykyinen toiminta ajoneuvomelun osalta pyrkii koko maapallon kattavan standardoinnin luomiseen. EU-maiden toiminnalla on suuri vaikutus UNECEn toiminnassa ja uudistetussa moottoriajoneuvojen melua käsittelevässä EU-direktiivissä mittausten menetelmien osalta viitataan suoraan UNECEn sääntöön nr 51. Joissakin EU:n ulkopuolisissa Euroopan maissa (esimerkiksi Sveitsi) on myös omia sääntöjä ajoneuvomelun tarkasteluissa, mutta pääasiallisesti näissäkin maissa noudatetaan EU:n säännöksiä.

Seuraavassa on lyhyt yhteenveto Euroopassa käytössä olevista paikallaan olevien ajoneuvojen melun mittaamiseen käytettävistä menetelmistä, melumääräyksistä sekä melun raja-arvoista.

2.2.1 EU-direktiivit

Ajoneuvojen melupäästöjä koskevat melumääräykset otettiin kansainväliseen käyttöön 1970-luvulla. Vuonna 1970 julkaistu direktiivi 70/157/ETY ”Council Permissible sound level and the exhaust system of motor vehicles 06.02.1970” on uudistettu useampaan kertaan ja uusin versio on vuonna 2007 annettu direktiivi 2007/34/EY, joka sisältää tiedot direktiivin 70/157/ETY muuttamisesta sen mukauttamiseksi tekniikan kehitykseen.

Direktiivin 70/157/ETY voimaantulon jälkeen moottoriajoneuvojen melupäästöjen raja-arvoja on alennettu useita kertoja, viimeksi vuonna 1996. Viimeksi tapahtuneen raja-arvojen alentamisen jälkeen tehdyt tutkimukset ovat kuitenkin osoittaneet, että aiemmin käytetty mittausten menetelmä ei enää vastaa käytännön ajokäyttäytymistä. Siksi tarpeen on ollut ottaa käyttöön uusi testisykli ja saattaa melutestissä sovellettavat ajo-olosuhteet vastaamaan paremmin todellisia ajo-olosuhteita. Uusi testisykli sisältyy Yhdistyneiden Kansakuntien Euroopan talouskomission (UNECE) säännön nro 51 muutossarjaan 02 [5].

Siirtymäkauden aikana tyyppihyväksyntää varten on suoritettava sekä nykyinen että uusi testi, ja molempien tulokset on ilmoitettava komissiolle. Tällä tavoin komissio saa tarvittavat tiedot soveltuvien raja-arvojen määrittämiseksi nykyisen testausmenetelmän korvaavaa uutta mittausten menetelmää varten. Tyyppihyväksynnässä käytetään edelleen vielä nykyistä menetelmää, ja uutta

käytetään siirtymäkauden ajan seurantatarkoituksiin. Siirtymäkauden jälkeen olisi ainoana tyyppihyväksynnässä tarvittavana mittausmenetelmänä käytettävä uutta testiä vastaavaksi mukautettua testausmenetelmää.

2.2.2 UNECE

UNECE on työskennellyt jo useiden vuosien ajan saadakseen aikaan yhteiset vaatimukset pyörillä kulkeville ajoneuvoille. Työ alkoi jo vuonna 1958, jolloin päätarkoitus oli yhdenmukaistaa ajoneuvoille asetettavat vaatimukset helpottamaan Euroopan eri maiden välillä tapahtuvaa ajoneuvojen siirtymistä. Vuonna 1998 tehdyn sopimuksen jälkeen tarkoituksena on saada harmonisoitua ajoneuvoja koskevat tekniset määräykset koko maapalloa koskeviksi. Mukana sopimuksessa olevilla mailla on kuitenkin mahdollisuus käyttää myös ankarampia meluvaatimuksia kuin yleissopimus edellyttää. Tekninen työ tehdään työryhmässä WP29 (World Forum for Harmonization of Vehicle Regulations), jossa meluasioista vastaa puolestaan työryhmä GRB (Group Rapporteur de Bruit). GRB tekee tiivistä yhteistyötä ISO:n teknisen komitean ISO TC 43/SC1 kanssa, sillä ISO vastaa mittausmenetelmien kehittämisestä, kun taas UNECE keskittyy tyyppihyväksynnän yhteydessä käytettävien melurajojen asettamiseen.

Ajoneuvoille asetetut melun raja-arvot ja niitä vastaavien meluarvojen mittaamiseksi kehitetyt menetelmät on esitetty UNECE:n säännössä nro 51 [5].

Rengasmelua on puolestaan käsitelty UNECE:n säännössä nro 117.

2.2.2.1 Paikallaan olevien ajoneuvojen melutason mittaaminen

Ajoneuvojen tyyppihyväksyntä melun osalta perustuu ajoneuvojen ohiajon melun mittaamiseen standardin ISO 362 mukaisesti. Käytössä olevien ajoneuvojen myöhempien tarkastusten helpottamiseksi UNECE:n säännössä nro 51 [5] on annettu ohjeita myös paikallaan olevan ajoneuvon melun mittaamista varten. Melutaso mitataan pakoäänenvaimentimen aukon läheltä säännössä esitettyjen ohjeiden mukaisesti.

Säännössä nro 51 annetaan yksityiskohtaiset ohjeet mittauksissa käytettävien laitteiden, mittauspaikkojen ja ympäristöolojen vaatimuksille. Säännössä on annettu kaksi eri mittausmenetelmää (mittausmenetelmä A ja B) paikallaan olevan ajoneuvon melun mittaamiseksi. Mittausmenetelmä A on nykyisin tyyppihyväksynnän yhteydessä käytettävä menetelmä ja mittausmenetelmä B puolestaan uusittu menetelmä, jonka mukaiset mittaukset tehdään mittausmenetelmän A mittausten lisäksi heinäkuun 1 päivästä 2007 lähtien kahden vuoden ajan ja tulokset toimitetaan Euroopan komissiolle ja niille sopimuspuolille, jotka ovat ilmaisseet haluavansa kyseiset tiedot.

Mittausmenetelmä A

Mittauksissa mitataan suurin melutaso ilmaistuna A-painotettuina desibeleinä käyttämällä aikapainotusta F (fast) ohjeessa määritellyn käyttöjakson aikana. Jokaisessa mittauspisteessä tehdään vähintään kolme mittausta.

Ajoneuvo sijoitetaan testialueen keskelle vaihde ”vapaalla”-asennossa ja kytkin kytkettynä. Ennen mittauksia moottori on saatettava valmistajan määritelmän mukaiseen tavanomaiseen toimintakuntoon. Jos ajoneuvon on asennettu au-

tomaattisella käynnistysmekanismilla varustettuja tuulettimia, niiden järjestelmiin ei saa puuttua melutason mittausten aikana.

Mikrofonin korkeus maantasosta on sama kuin pakoputkella, mutta joka tapauksessa vähintään 0,2 m ja mikrofoni suunnataan kohti kaasuvirtausaukkoa 0,5 m:n etäisyydelle siitä. Sen suurimman herkkyyks akselin on oltava maanpinnan suuntainen ja muodostettava $45^\circ \pm 10^\circ$:n kulma kaasuvirran suuntaiseen tasoon nähden. Mikrofoni sijoitetaan tasoon nähden siten, että se on mahdollisimman kaukana ajoneuvon pituussuuntaisesta keskitasosta; jos tästä ei ole varmuutta, mikrofoni asetetaan paikkaan, jossa se on kauimpana ajoneuvon ulkolaidasta.

Mikäli pakokaasun poistoon käytetään kahta, alle 0,3 m:n päässä toisistaan sijaitsevaa pakoaukkoa, jotka on kytketty samaan vaimentimeen, tehdään vain yksi mittaus; mikrofonin sijainti määritetään suhteessa ajoneuvon ulkoreunaa lähinnä olevaan pakoaukkoon, tai jos kumpikaan ei ole lähempänä ulkoreunaa, suhteessa siihen pakoaukkoon, joka on ylempänä maanpinnasta. Jos ajoneuvossa on pystysuorassa oleva pakoaukko, mikrofoni on sijoitettava pakoaukon korkeudelle. Sen akselin pitää olla pystysuorassa ja suunnattuna ylöspäin. Sen on sijaittava 0,5 m:n etäisyydellä pakoaukkoa lähempänä olevasta ajoneuvon kyljestä.

Ajoneuvoissa, joissa pakoaukkojen etäisyys toisistaan on yli 0,3 m, tehdään mittaukset kummastakin pakoaukosta niin kuin ne olisivat erillisiä, ja merkitään ylös suurin lukema.

Moottoria käytetään vakiokierrosnopeudella, joka on $\frac{3}{4}$ S (maksimikierrosluvusta) sekä ottomoottoreissa että dieselmoottoreissa. Kun moottorin vakiokierrosnopeus on saavutettu, kaasupoljin palautetaan nopeasti joutokäyntiasentoon. Melutaso mitataan käyttöjakson aikana, joka käsittää lyhyen vakionopeuden ylläpidon sekä koko hidastumisjakson ja jonka melutason suurin mittarilukema otetaan testin tulokseksi.

Lukemat, pyöristettynä lähimpään desibeliin, on otettava mittauslaitteesta. Ainoastaan niitä mittauksia, joiden vaihtelut eivät ole suurempia kuin 2 dB kolmessa peräkkäisessä testissä, voidaan käyttää ja suurin kolmesta mittauksesta muodostaa testituloksen.

Mittausmenetelmä B

Mittauksissa mitataan suurin melutaso ilmaistuna A-painotettuina desibeleinä käyttämällä aikapainotusta F (fast) ohjeessa määritellyn käyttöjakson aikana. Jokaisessa mittauspisteessä tehdään vähintään kolme mittausta.

Ajoneuvo sijoitetaan testialueen keskelle vaihte "vapaalla"-asennossa ja kytkin kytkettynä. Ennen mittauksia moottori on saatettava valmistajan määritelmän mukaiseen tavanomaiseen toimintakuntoon. Jos ajoneuvoon on asennettu automaattisella käynnistysmekanismilla varustettuja tuulettimia, niiden järjestelmiin ei saa puuttua melutason mittausten aikana. Moottoritila tai konepelti, jos sellainen on, suljetaan.

Mikrofoni sijoitetaan $0,5 \text{ m} \pm 0,01 \text{ m}$:n etäisyydelle pakoputken vertailupisteestä ja $45^\circ (\pm 5^\circ)$ kulmaan putken suun virtausakseliin nähden. Mikrofonin on ol-

tava vertailupisteen korkeudella, mutta vähintään 0,2 m:n korkeudella maanpinnasta. Mikrofonin vertailuakselin on oltava maanpinnan kanssa samansuuntainen ja suunnattu kohti pakoaukon vertailupistettä. Jos mikrofonille on kaksi mahdollista sijoituspaikkaa, valitaan ajoneuvon pituussuuntaisesta keskilinjasta kauempana oleva paikka. Jos pakoputken aukon virtausakseli on 90°:n kulmassa ajoneuvon pituussuuntaiseen keskilinjaan nähden, mikrofoni sijoitetaan kohtaan, joka on kauimpana moottorista.

Ajoneuvoissa, joissa pakoputkien aukot sijaitsevat yli 0,3 metrin päässä toisistaan, tehdään mittaukset kummallakin pakoaukolla. Korkeampi arvo mitataan. Mikäli pakokaasun poistoon käytetään kahta, alle 0,3 m:n päässä toisistaan sijaitsevaa pakoaukkoa, jotka on kytketty samaan vaimentimeen, tehdään vain yksi mittaus; mikrofonin sijainti määritetään suhteessa ajoneuvon ulkoreunaa lähinnä olevaan pakoaukkoon, tai jos kumpikaan ei ole lähempänä ulkoreunaa, suhteessa siihen pakoaukkoon, joka on ylempänä maanpinnasta.

Jos ajoneuvossa on pystysuorassa oleva pakoaukko (esimerkiksi hyötysajoneuvot), mikrofoni sijoitetaan pakoaukon korkeudelle. Sen akselin pitää olla pystysuorassa ja suunnattuna ylöspäin. Se on sijoitettava $0,5 \text{ m} \pm 0,01 \text{ m}$:n etäisyydelle pakoputken vertailupisteestä, mutta ei koskaan lähemmäksi kuin 0,2 m:n päähän siitä ajoneuvon kyljestä, joka on lähinnä pakoaukkoa.

Jos pakoaukko sijaitsee ajoneuvon korin alla, mikrofoni sijoitetaan vähintään 0,2 m:n päähän ajoneuvon lähimmästä osasta kohtaan, joka on lähimpänä pakoputken vertailupistettä, mutta kuitenkin vähintään 0,5 m:n päässä siitä, ja 0,2 m:n korkeudelle maanpinnasta; mikrofoni ei myöskään saa olla samassa linjassa pakokaasuvirtauksen kanssa.

Moottorin tavoitekiertosnopeus määritellään seuraavasti:

- 75 % nimellispyörintänopeudesta S , jos $S \leq 5000 \text{ min}^{-1}$
- 3750 min^{-1} ajoneuvoille, joilla $5000 < S < 7500 \text{ min}^{-1}$
- 50 % nimellispyörintänopeudesta S , jos $S \geq 7500 \text{ min}^{-1}$

Jos ajoneuvo ei voi saavuttaa edellä esitettyä kierrosnopeutta, tavoitekiertosnopeus on viisi prosenttia paikallaan olevalle ajoneuvolle tehdyn testin suurimmasta mahdollisesta kierrosluvusta.

Moottorin kierrosnopeus nostetaan tasaisesti joutokäynnistä tavoitekiertosnopeuteen, jonka sallittu poikkeama on ± 3 prosenttia tavoitekiertosnopeudesta, ja pidetään vakiona. Sen jälkeen kaasupoljin vapautetaan nopeasti, ja kierrosnopeus laskee joutokäynnille. Melutaso mitataan käyttöjakson aikana, joka käsittää vakiokierrosnopeuden ylläpidon 1 sekunnin ajan sekä koko hidastumisjakson ja jonka melutason suurin mittarilukema, pyöristettynä yhden kymmenesosan tarkkuudella, otetaan testin tulokseksi.

Mittaus katsotaan päteväksi, jos testimoottorin kierrosnopeus ei poikkea tavoitekiertosnopeudesta enempää kuin $\pm 3 \%$ vähintään 1 sekunnin pituisena aikana.

Mittauksia tehdään vähintään kolme kussakin testiasennossa. Suurin A-painotettu äänenpainetaso, joka on mitattu jokaisen kolmen mittauksen aikana,

kirjataan ylös. Kyseistä mittausasentoa koskevan lopullisen tuloksen laskemiseen käytetään kolmea ensimmäistä peräkkäistä pätevää mittaustulosta, jotka eroavat toisistaan enintään 2 dB, jolloin pätemättömät tulokset voidaan hylätä. Lopullinen tulos on kaikista mittausasunnoista ja kolmesta mittaustuloksesta suurin melutaso.

2.2.2.2 Melutason raja-arvoja

UNECE:n säännössä nr 51 on annettu melutason raja-arvot liikkuvalla ajoneuvolle standardin ISO 362 mukaisesti tehdyille mittaustuloksille. Taulukossa 1 on esitetty tällä hetkellä voimassa olevat melun raja-arvot (annettu vuonna 1996), jotka vastaavat standardin ISO 362 mukaisesti mitattuja meluarvoja. Näitä raja-arvoja noudatetaan vielä muutaman vuoden ajan, kunnes uudistetun standardin ISO 362 mukaisten raja-arvojen antamiseksi saadaan riittävästi mittaustuloksia.

Taulukko 1. EU-maissa käytössä olevat melutason raja-arvot liikkuville ajoneuvoille.

ajoneuvoluokka		raja-arvo (dB)
Henkilöiden kuljetukseen tarkoitetut, kuljettajan istuin mukaan lukien enintään yhdeksän paikkaiset ajoneuvot	-	74
Henkilöiden kuljetukseen tarkoitetut, kuljettajan istuin mukaan lukien yli yhdeksän paikkaiset ajoneuvot, joiden suurin sallittu massa on suurempi kuin 3,5 tonnia	-	78
- moottoriteho alle 150 kW (ECE)		80
- moottoriteho 150 kW tai enemmän (ECE)		
Henkilöiden kuljetukseen tarkoitetut, kuljettajan istuin mukaan lukien yli yhdeksän paikkaiset ajoneuvot; tavaroiden kuljetukseen tarkoitetut ajoneuvot	-	76
- suurin sallittu massa enintään 2 tonnia		77
- suurin sallittu massa yli 2 tonnia, mutta alle 3,5 tonnia		
Tavaroiden kuljetukseen tarkoitetut ajoneuvot, joiden suurin sallittu massa on suurempi kuin 3,5 tonnia		
- moottoriteho alle 75 kW (ECE)		77
- moottoriteho 75 kW tai enemmän (ECE), mutta alle 150 kW		78
- moottoriteho 150 kW tai enemmän (ECE)		80

Paikallaan olevan ajoneuvon melutasoille ei EU-maissa ole käytössä melun raja-arvoja. Tyyppihyväksyntätestien yhteydessä mitataan kuitenkin myös paikallaan olevan ajoneuvon melu standardin ISO 5130 mukaisesti ja tieto tästä liitetään ajoneuvotyyppin asiakirjoihin. Näin on mahdollista esimerkiksi verrata käytössä korvakuuloilta poikkeuksellisen meluisaksi havaitulle ajoneuvolle mahdollisesti tehdyn mittauksen tulosta tyyppihyväksyntätestin tulokseen.

2.2.3 Norja

Norjassa paikallaan olevan ajoneuvon melumittaus tehdään ohjeen "Kontrollveiledning periodisk kontroll av kjøretøy" [6] mukaisesti.

Mittaus tehdään ulkona paikassa, jossa ei ole suuria akustisia häiriöitä. Taus-tamelun tulee olla vähintään 10 dB pienempi kuin mitattavan ajoneuvon melu. Erityisesti tuulen aiheuttamaan meluun tulee kiinnittää huomiota. Mittauspaikan tulee olla tasainen avoin paikka, jonka pinta on betonia, asfalttia, tiivistä soraa jne. Mittauspaikan tulee olla puhdas irtoneisesta maaperästä ja vähintään kolmen metrin etäisyydellä ajoneuvosta ei saa olla ääntä heijastavia pintoja. Ajo-

neuvon tulee sijaita siten, että mikrofoni on vähintään metrin etäisyydellä mahdollisesta korotetusta jalkakäytävän reunasta.

Mikrofoni asetetaan omalle telineelleen. Mikrofonin sijoitetaan $0,5 \text{ m} \pm 10 \text{ mm}$ etäisyydelle pakoputken päästä (mitattuna mikronia lähimpänä olevasta pakoputken kohdasta) maan pinnan suuntaisesti ja $45^\circ \pm 10^\circ$ kulmassa pakokaasujen virtaussuuntaan nähden. Mikrofonin sijoitetaan pakoputken pään korkeudelle, mutta korkeuden tulee olla vähintään $0,2 \text{ m}$ maan pinnasta. Mikrofonin tulee olla vähintään $0,5 \text{ m}$ etäisyydellä muista ajoneuvon osista. Jos pakoputken pää on ajoneuvon alla siten, ettei se ole selvästi näkyvillä, mikrofoni asetetaan $0,5 \text{ m}$ etäisyydelle kuvitellusta pakoputken jatkeen ja ajoneuvon ulkoreunan leikkauspisteestä. Jos ajoneuvossa on kaksi tai useampia pakoputkia, joiden etäisyys toisistaan on alle $0,3 \text{ m}$, tehdään vain yksi mittaus. Jos etäisyys on yli $0,3 \text{ m}$, kukin pakoputki mitataan erikseen ja suurin arvo määrää ajoneuvon melutason. Ajoneuvon moottorin tulee olla oikeassa käyttölämpötilassa mittauksen aikana. Kierrosluvun mittaukseen ei saa käyttää ajoneuvon omaa kierroslukumittaria.

Melumittaus aloitetaan mittarin kalibroinnilla ja tarkistamalla, että käytössä on A-taajuuspainotus ja F-aikapainotus (fast).

Jos rekisteriotteessa ei ole annettu melun raja-arvoa ja/tai moottorin kierroslukua, moottorin kierrosnopeus nostetaan tasaisesti joutokäynnistä kierrosnopeuteen, joka vastaa $\frac{3}{4}$ suurimmasta kierrosnopeudesta ja pidetään vakiona. Sen jälkeen kaasupoljin vapautetaan nopeasti, ja kierrosnopeus laskee joutokäynnille. Melutaso mitataan käyttöjakson aikana, joka käsittää vakiokierrosnopeuden ylläpidon 1 sekunnin ajan sekä koko hidastumisjakson ja jonka melutason suurin mittarilukema, pyöristettynä täysiksi desibeleiksi, otetaan testin tulokseksi. Mittauksia tehdään vähintään 3 ja mittaus on pätevä, jos kolmen peräkkäisen mittauksen tulosten ero on alle 2 dB . Suurin näistä kolmesta tuloksesta on lopullinen mittaustulos.

2.2.3.1 Melutason raja-arvoja

Melutaso-ohjeita on annettu määräyksessä "Forskrift om tekniske krav og godkjenning av kjøretøy, deler og utstyr (kjøretøyforskriften)" [7].

Norjassa paikallaan olevien ajoneuvojen melumittausten tuloksia käytetään valvomaan, ettei ajoneuvojen valmistajien ilmoittamia tyyppihyväksynnässä mitattuja meluarvoja ylitetä. Viranomaisten tekemien mittausten yhteydessä ajoneuvojen paikallaanoloa ei saa ylittää 5 dB tyyppihyväksynnässä mitattua arvoa. Toisena vaihtoehtona on, ettei mittaustulos saa ylittää 2 dB nimenomaiselle ajoneuvolle melumittauslaboratorion mittaamaa tulosta.

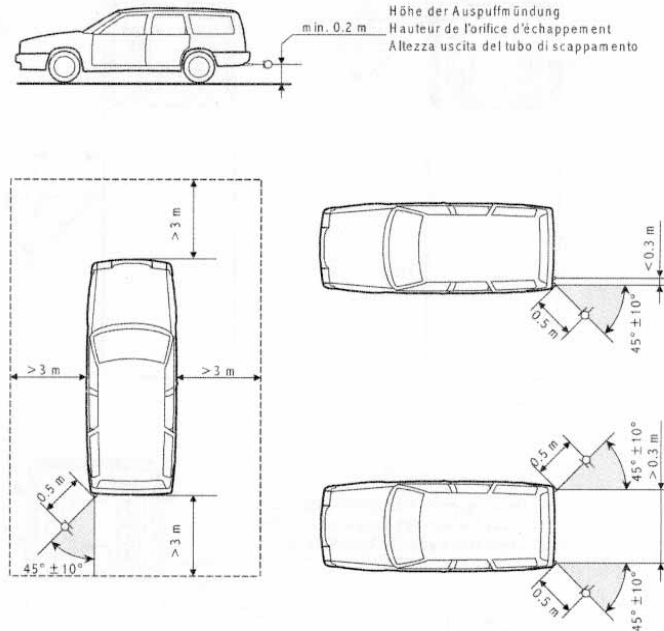
2.2.4 Sveitsi

Sveitsissä ajoneuvojen melupäästöjä säädellään seuraavalla määräyksellä:

- Verordnung über die technischen Anforderungen an Strassenfahrzeuge vom 19. Juni 1995 (Stand am 16. Januar 2008).

Määräykseen sisältyy ohjeita myös paikallaan olevan ajoneuvon melun mittaamiseksi.

Mittauspaikan on oltava tasainen ja sen pinnan tulee olla betonia tai asfalttia eikä se saa olla lumen peittämä. 20 m etäisyydellä mikrofonista ei saa olla ylimääräisiä ääntä heijastavia pintoja. Jos mittauspaikka ei täytä tätä vaatimusta, sitä voidaan käyttää, jos on tutkittu, että heijastukset eivät vaikuta tuloksiin. Kuvassa 4 on esimerkkejä mikrofonin sijoituksesta.



Kuva 4. Esimerkkejä mikrofonien sijoituksesta, Sveitsi [8].

Kussakin mittauspisteessä tehdään vähintään kaksi mittausa. Mittaus on hyväksyttävä, jos kahden peräkkäisen mittauksen tulokset poikkeavat enintään 1 dB toisistaan. Suurempi tulos näistä muodostaa lopullisen tuloksen.

Ajoneuvo sijoitetaan keskelle mittausaluetta, vaihde vapaalla ja kytkin poljettuna. Ennen mittausa ajoneuvon moottorin lämpötila on oltava normaalissa käyttölämpötilassa. Ilmastointilaitteiden ja muiden mahdollisten moottorikäyttöisten laitteiden tulee olla käytössä mittauksen aikana.

Ajoneuvojen melun mittaus tehdään ECE sääntöä nro 51 vastaavalla tavalla.

2.2.5 Venäjä

Venäjällä paikallaan olevan ajoneuvon melua mitataan standardilla:

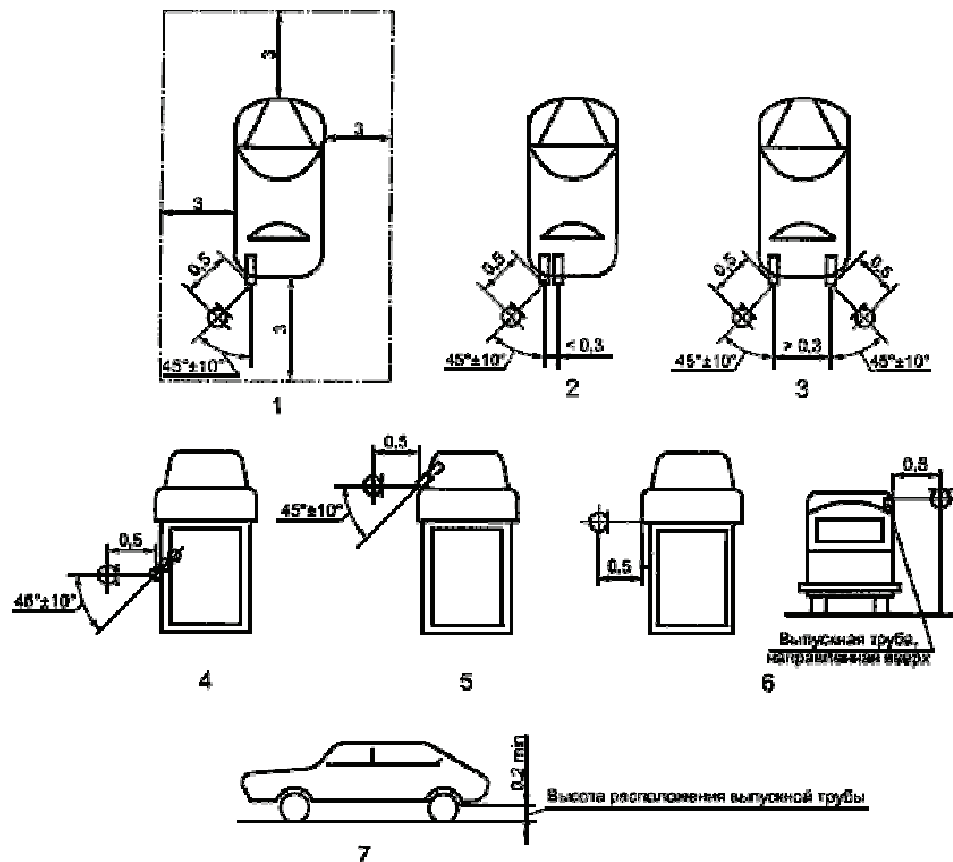
- GOST R 52231-2004. External Noise Of Motor Vehicles In Operation. Allowable Levels And Methods Of Measuring.

Standardissa on annettu myös suurimmat sallitut melutaso arvot eri ajoneuvotyypeille.

Mittauksen aikana ajoneuvon moottorin lämpötilan tulee olla valmistajan ilmoittamassa normaaliämpötilassa. Mittauksen aikana ilman lämpötila saa olla $-10 \dots +30 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ja tuulen nopeuden tulee olla alle 5 m/s mitattuna korkeudella 1,2 m, ilmanpaineen välillä 92 – 105 kPa ja ilman suhteellisen kosteuden alle 80 %.

Mittauspaikan tulee olla päällystetty asfaltilla tai betonilla ja sen tulee olla tasainen ja puhdas. Pinnan kaltevuus saa olla enintään kolme prosenttia ja alle kolmen metrin etäisyydellä mikrofonista ei saa olla ylimääräisiä ääntä heijastavia pintoja.

Ennen mittauksen aloittamista tarkistetaan silmämääräisesti mitattavasta ajoneuvosta sellaiset seikat, jotka voivat vaikuttaa meluun. Jos ajoneuvossa havaitaan selviä vikoja tai poikkeamia normaalitilanteesta, ajoneuvoa ei saa mitata ennen sen korjaamista. Mikrofonin sijoitetaan kuvan 5 ohjeiden mukaisesti 0,5 m etäisyydelle pakoputken päästä. Mikrofonin pääakselin tulee olla yhden-suuntainen mittausalueen pinnan kanssa (poikkeama saa olla enintään $\pm 10^\circ$) ja sen tulee muodostaa $45 \pm 10^\circ$ kulma pakokaasujen virtaussuunnan pysytysuoran tason kanssa. Kuvassa 5 on annettu lisäohjeita mikrofonin sijoittamisesta erilaisissa tilanteissa.



Kuva 5. Mikrofonin sijoitustapoja standardin GOST R 52231-2004 mukaan [9].

Takometri sijoitetaan ajoneuvoon käyttöohjeiden mukaisesti. Ajoneuvon vaihteisto asetetaan vapaalle ja moottori käynnistetään. Kaasua lisätään siten, että saavutetaan moottorin kierrosluku joka vastaa 75 prosenttia valmistajan ilmoittamasta suurinta tehoa vastaavasta kierrosluvusta (poikkeama saa olla enintään ± 100 rpm). Kun tämä kierrosluku on saavutettu, kaasupoljin palautetaan nopeasti joutokäyntiasentoon. Koko tältä ajalta mitataan suurin äänitaso aikapainotuksella F (fast). Operaatio toistetaan vähintään kolme kertaa 8–10 s välein. Mittaustulokset ilmaistaan kokonaisina desibeleinä ja tulos on hyväksyttävä, jos kolmen mittauksen tulosten ero on enintään 2 dB. Lopullinen mittaustulos on suurin mitatuista arvoista.

Lukemat, pyöristettynä lähimpään desibeliin, luetaan mittauslaitteesta. Ainoastaan niitä mittauksia, joiden vaihtelut eivät ole suurempia kuin 2 dB kolmessa peräkkäisessä testissä, voidaan käyttää ja suurin kolmesta mittauksesta muodostaa testituloksen.

2.2.5.1 Melutason raja-arvoja

Edellä esitetyn mittaustavan mukaisesti mitattu tulos ei saa ylittää yli 5 dB ajoneuvon tyyppihyväksynnässä mitattua paikallaan olevan ajoneuvon melutasoa. Jos tyyppihyväksyntätulosta ei ole saatavilla, melutaso ei saa ylittää taulukon 2 mukaisia arvoja.

Taulukko 2. Venäjällä käytössä olevat melutason raja-arvot paikallaan oleville ajoneuvoille [9].

Type of the automobile	Level of noise, [dBA]
-Automobiles of passenger categories M1 and cargo -passenger and cargo categories N1	96
-The buses of category M2 and automobiles are cargo categories N2	98
-The buses of category M3 and automobiles are cargo categories N3	100

2.3 USA

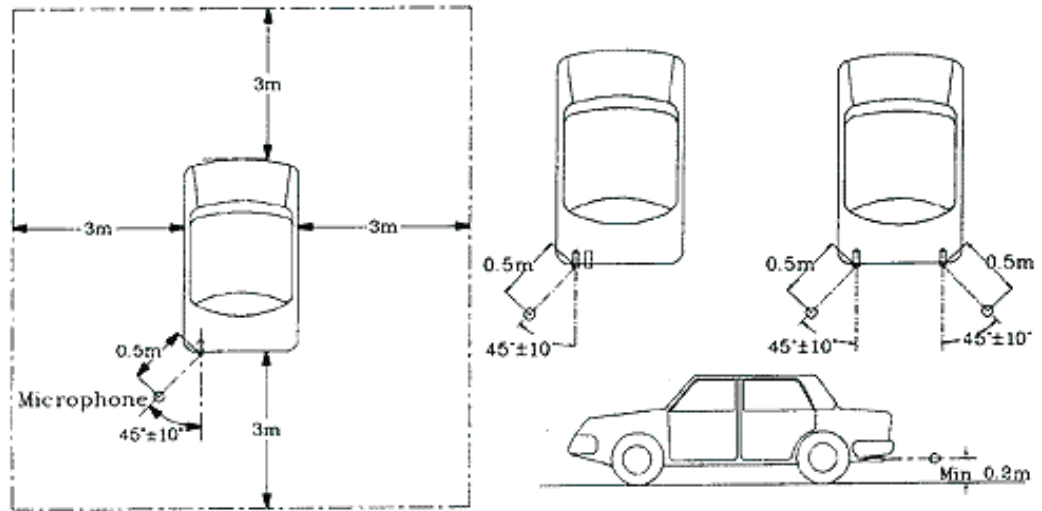
USA:ssa ajoneuvojen melua säädellään usealla eri tasolla ja eri tahojen toimesta. Eri osavaltioissa on monenlaisia ajoneuvojen meluun liittyviä mittausohjeita, jotka eivät yleensä anna vertailukelpoisia tuloksia. Yleensä menetelmät pohjautuvat SAE-standardeihin mukautettuna paikallisiin oloihin. Raskaammille ajoneuvoille on käytössä myös FMSCA:n (Federal Motor Carrier Safety Administration) mittausmenetelmät sekä liikkuvan että paikallaan olevan ajoneuvon melun mittaamiseksi.

2.3.1 SAE standardeja

Paikallaan olevan ajoneuvon melun mittaamiseksi käytössä on kaksi SAE-standardia:

- SAE J1169 Measurement of Light Vehicle Exhaust Sound Level under Stationary Conditions. 1998.
- SAE J1492. Measurement of Light Vehicle Stationary Exhaust System Sound Level Engine Speed Sweep Method. 1998.

Standardi SAE J1169 [10] antaa ohjeita paikallaan olevien ajoneuvojen melun mittaamiseksi sisältäen mittausmenettelyn sekä mittauspaikan ja mittauslaitteiston vaatimukset. Kuvassa 6 on esitetty esimerkkejä standardin mukaisista mikrofoniin sijoitusohjeista. Standardin mukaan mittaukset tehdään moottorin käydessä tasaisesti, joten menettely poikkeaa useissa muissa mittausmenetelmissä (esimerkiksi standardissa ISO 5130) käytetystä dynaamisesta mittauksesta, jossa moottorin pyörintänopeus muuttuu mittauksen keston aikana.



Kuva 6. Mikrofonin sijoitusohjeita standardin SAE J1169 mukaisesti [10].

Mittausohje on kehitetty viranomaisten käyttöön näiden tehdessä käytössä olevien ajoneuvojen melun mittauksia melusäännösten asettamiin melurajoihin vertaamiseksi. Ohjeella on tarkoitus saada mitatuksi vain ajoneuvon pakojärjestelmän aiheuttama melu, eikä sillä ole tarkoitus määrittää koko ajoneuvon aiheuttamaa enimmäistasoa.

Teknologian kehittymisen myötä SAE J1169 mukainen mittausmenetelmä on tullut puutteelliseksi. Menetelmässä käytetään myös aikapainotusta S (slow) päinvastoin kuin useissa muissa mittausmenetelmissä, joissa käytössä on aikapainotus F (fast). Ohjeesta ollaan siirtymässä standardin SAE J1492 [11] käyttöön, jolla on mahdollista mitata ajoneuvojen melua erilaisilla moottorin kierrosnopeuksilla.

Standardin SAE J1492 mukaan melua mitattaessa moottorin nopeutta lisätään vähitellen joutokäynnistä siihen saakka kunnes saavutetaan $\frac{3}{4}$ moottorin maksimikierrosluvusta (tämän tulee tapahtua 10–15 s aikana). Pyörimisnopeutta pidetään vakiona 1–2 s ja sen jälkeen kaasupoljin vapautetaan nopeasti ja moottorin annetaan palata vapaalle. Tämän jakson ajalta mitataan A-painotettu enimmäistaso aikapainotuksella F (fast). Lopullisen mittaustuloksen muodostaa kahden suurimman 2 dB:n sisällä olevan enimmäistason aritmeettinen keskiarvo.

2.3.2 FMCSA

Federal Motor Carrier Safety Administration, Department Of Transportation on antanut melutason mittausohjeita ja raja-arvoja sekä liikkuville että paikallaan oleville ajoneuvoille. Osan 325 "Compliance With Interstate Motor Carrier Noise Emission Standards" kohta E (325. 51 – 325.59) sisältää ohjeet paikallaan olevan ajoneuvon melun mittaamiseksi. Ohjeet koskevat yli 4536 kg painavia moottoriajoneuvoja, jotka liikkuvat osavaltioiden rajojen yli [12].

Mittaukset tehdään kiihdyttämällä moottori nopeasti nopeudenrajoittimen määräämään nopeuteen vaihteiston ollessa vapaalla ja kytkimen painettuna. Mikrofonin sijoitetaan 9,5 m – 25,3 m etäisyydelle ajoneuvosta ja 0,6 m – 1,8 m korkeudelle tien pinnasta (ei kuitenkaan alle 1,1 m korkeudelle mikrofonin alla olevan maanpinnan tasosta, suositeltava korkeus on 1,2 m). Testipaikan tulee olla

pinnaltaan kova, tasainen sekä avoin eikä siinä saa olla 15,2 m säteellä muita ääntä heijastavia kohteita kuin menetelmässä sallitut. Jos mittauspaikka poikkeaa näistä, ohjeessa on annettu korjaustermejä joidenkin tilanteiden mukaan sallituille mittaustulosten korjauksille.

Mikrofoni suunnataan ajoneuvoa kohti mittalaitteen valmistajan suosittelemalla tavalla. Mittauslaitteisto asetetaan mittaamaan A-painotuksella ja aikapainotuksella F (fast).

Testattava ajoneuvo pysäköidään testipaikalle. Vaihteen ollessa vapaalla ja kytkin painettuna moottori kiihdytetään nopeasti vapaalta nopeudenrajoittimen sallimaan nopeuteen., jonka jälkeen moottorin nopeus pudotetaan taas joutokäynnille. Koko jakson ajalta mitataan suurin äänitaso. Mittaus uusitaan niin monta kertaa, kunnes kahden perättäisen mittauksen tulokset poikkeavat enintään 2 dB toisistaan. Lopullinen tulos muodostuu näiden kahden hyväksyttävän tuloksen keskiarvosta.

2.3.2.1 Melutason raja-arvoja

FMCSA:n menetelmän mukaan mitatut paikallaan olevan ajoneuvon melutasot eivät saa ylittää taulukon 3 mukaisia suurimpia sallittuja melutasoja. Taulukossa 3 on annettu myös liikkeellä oleville ajoneuvoille annetut suurimmat sallitut melutasoarvot.

Taulukko 3. FMCSA:n ohjeiden mukaiset suurimmat sallitut melutasot [12].

If the distance between the microphone location and the microphone target point is		Highway operations test				Stationary test	
		Soft site		Hard site		Soft site	Hard site
		35 mi/h or less	Above 35 mi/h	35 mi/h or less	Above 35 mi/h		
31 ft. (9,5 m) or more but less than 35 ft. (10,7 m)		87	91	89	93	89	91
35 ft. (10,7 m) or more but less than 39 ft. (11,9 m)		86	90	88	82	88	91
39 ft. (11,9 m) or more but less than 43 ft. (13,1 m)		85	89	87	81	87	89
43 ft. (13,1 m) or more but less than 48 ft. (11,6 m)		84	88	86	80	86	88
48 ft. (14,6 m) or more but less than 58 ft. (17,1 m)		83	87	85	89	85	87
58 ft. (17,1 m) or more but less than 70 ft. (21,3 m)		82	86	84	88	84	86
70 ft. (21,3 m) or more but less than 83 ft. (25,3 m)		81	85	83	87	83	85

2.3.3 Washington

Washingtonin osavaltiossa on käytössä oma paikallaan olevan ajoneuvon melun mittausmenetelmä:

- WAC 173-58-080. Close proximity exhaust system sound level measurement procedure [13].

Mittaukset tehdään 0,5 m etäisyydellä pakoputken päästä. Ennen mittausten aloittamista tarkistetaan ajoneuvon pakojärjestelmä, jotta voitaisiin määrittää mahdolliset puutteet tai modifioinnit.

Mittauksissa käytettävän paikan tulee olla tasainen ja avoin alue, eikä sen lähellä (5 m säteellä) saa olla suuria heijastavia pintoja. Mikrofonin tulee sijaita samalla korkeudella kuin pakoputken keskikohta, mutta se ei saa olla 0,2 m lähempänä maanpintaa tai jotain muuta mahdollista pintaa. Ohjeessa on annettu myös lisäohjeita mikrofonin sijoittamiselle erityistilanteissa.

Ennen kunkin mittaussarjan käynnistymistä ajoneuvon moottorin tulee olla normaalissa toimintalämpötilassa. Ajoneuvon vaihteiston tulee olla vapaalla tai pysäköintiasennossa automaattivaihteistolla varustetuilla ajoneuvoilla. Äänitason mittaukset tehdään moottorin pyörintänopeudella, joka on 75 prosenttia ajoneuvon maksimikiertoaluvasta.

Mittarin asetukset tehdään siten, että sillä voidaan mitata A-painotettua äänitasoa aikapainotuksella S (slow). Mittaria tarkkaillaan koko moottorin kiihtytys/hidastumis-jakson aikana. Mittaustuloksen muodostaa suurin mittausjakson aikana havaittu arvo. Mittauksia tehdään vähintään kaksi ja lopullinen tulos on kahden suurimman mitatun arvon (joiden ero on enintään 1 dB) keskiarvo.

2.3.3.1 Melutason raja-arvoja

Standardin WAC 173–62–030 mukaan julkisilla teillä ei saa ajaa ajoneuvoilla, joiden melu ylittää taulukoissa 4 (käytössä oleva liikkuva ajoneuvo) ja 5 (paikallaan oleva ajoneuvo). Taulukossa 6 ovat vastaavasti suurimmat sallitut melutasot uusille ajoneuvoille.

Taulukko 4. Standardin WAC 173-62-030 mukaiset melutason raja-arvot käytössä oleville liikkuville ajoneuvoille, mittausetäisyys 15,2 m [13].

Vehicle category	Effective date	Maximum sound level (dB)	
		speed ≤ 72 km/h	speed > 72 km/h
Motorcycles	July 1, 1980	78	82
Auto mobiles, light trucks and all other motorvehicles 4536 kg GVWR or less	July 1, 1980	72	78
All motor vehicles over 4536 kg GVWR	June 1, 1977	86 (speed ≤ 56 km/h)	90 (speed > 56 km/h)

Taulukko 5. Standardin WAC 173-62-030 mukaiset melutason raja-arvot käytössä oleville paikallaan oleville ajoneuvoille, pakokaasumelu, mittausetäisyys 0,5 m [13].

Vehicle category	Model year	Maximum sound level (dB)
Motorcycles	before 1986	99
	1986 and after	(reserved)
Automobiles, light trucks and all other motor vehicles 4536 kg GVWR or less	before 1986	95
	1986 and after	(reserved)

Taulukko 6. Standardin WAC 173-62-030 mukaiset melutason raja-arvot uusille ajoneuvoille, mittausetäisyys 15,2 m [13].

Vehicle category	Model year	Maximum sound level (dB)
Any motor vehicle over 4536 kg GVWR excluding buses	before January 1, 1978	86
	after January 1, 1978	83
	after January 1, 1982	80
All buses over 4536 kg GVWR	after January 1, 1980	85
	after January 1, 1983	83
	after January 1, 1986	80
	after January 1, 1976	83
Motorcycles	after January 1, 1986	80
Automobiles, light trucks and all other motorvehicles	after January 1, 1976	80
4536 kg GVWR or less		

2.3.4 New York

New Yorkin osavaltiossa on käytössä paikallaan olevien ajoneuvojen melun mittaamisessa menetelmä:

- Measurement Of Noise Emission; Stationary Test. New York State Department Of Environmental Conservation [14]

Menetelmä perustuu FMCSA:n ohjeisiin ja siinä on annettu ohjeita paikallaan olevan ajoneuvon melun mittaamiseksi, kun ajoneuvon moottori kiihdytetään nopeasti nopeudenrajoittimen määräämään nopeuteen vaihteiston ollessa vapaalla ja kytkimen painettuna. Menetelmää voidaan käyttää vain ajoneuvoille, joissa on kierrosnopeuden rajoitin ja joiden paino on yli 4536 kg. Menetelmän tarkoituksena on varmistaa täyttääkö ajoneuvo laissa (New York State Vehicle and Traffic Law) asetetut melutasorajoitukset.

Mikrofoni sijoitetaan 10,7 m – 25,3 m etäisyydelle ajoneuvosta ja 0,6 m – 1,8 m korkeudelle testipaikan pinnan tasosta (suositeltu korkeus on 1,2 m). Testipaikan tulee olla avoin ja siinä ei saa olla muita ääntä heijastavia kohteita kuin menetelmässä sallitut. Mikrofonin suunnataan ajoneuvoa kohti mittalaitteen valmistajan suosittelemalla tavalla. Mittauslaitteisto asetetaan mittaamaan A-painotuksella ja aikapainotuksella F (fast).

Testattava ajoneuvo pysäköidään testipaikalle. Vaihteen ollessa vapaalla ja kytkin painettuna moottori kiihdytetään nopeasti vapaalta nopeudenrajoittimen sallimaan nopeuteen., jonka jälkeen moottorin nopeus pudotetaan taas joutokäynnille. Koko jakson ajalta mitataan suurin äänitaso. Mittaus uusitaan niin monta kertaa, kunnes kahden perättäisen mittauksen tulokset poikkeavat enintään 2 dB toisistaan. Lopullinen tulos muodostuu näiden kahden hyväksyttävän tuloksen keskiarvosta.

2.3.4.1 Melutason raja-arvoja

New Yorkin osavaltiossa käytössä olevien ajoneuvojen melun mittaamisesta annettujen ohjeiden mukaisesti mitatut melutasot eivät saa ylittää taulukon 7 mukaisia suurimpia sallittuja melutasoja.

Taulukko 7. Melutason raja-arvoja, New York [14].

If the distance between the microphone location and the microphone target point is		Highway operations test				Stationary test	
		Soft site		Hard site		Soft site	Hard site
		35 mi/h or less	Above 35 mi/h	35 mi/h or less	Above 35 mi/h		
35 ft. (10.7 m) or more but less than 39 ft.	(11.9 m)	89	93	91	95	89	91
39 ft. (11.9 m) or more but less than 43 ft.	(13.1 m)	88	92	90	94	88	90
43 ft. (13.1 m) or more but less than 48 ft.	(11.6 m)	87	91	89	93	87	89
48 ft. (14.6 m) or more but less than 58 ft.	(17.1 m)	86	90	88	92	86	88
58 ft. (17.1 m) or more but less than 70 ft.	(21.3 m)	85	89	87	91	85	87
70 ft. (21.3 m) or more but less than 83 ft.	(25.3 m)	84	88	86	90	84	86

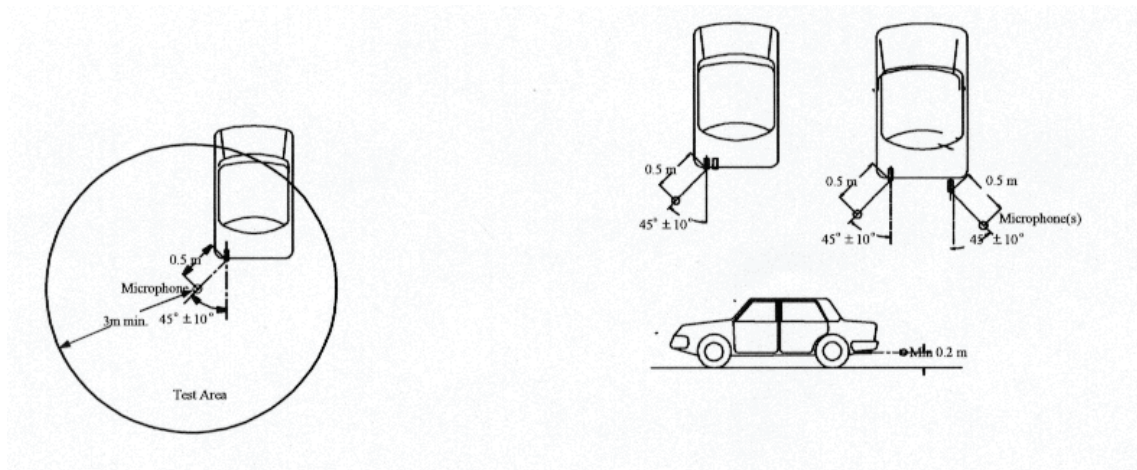
2.4 Australia

Moottoriajoneuvojen melun mittaamiseen ohjeita antava The Australian Design Rule (ADR) 83/00 hyväksyttiin vuonna 2003 ja se perustuu UNECE:n moottoriajoneuvojen melulle antamiin säännöksiin [15]. ”National Stationary Exhaust Noise Test Procedures for In-Service Motor Vehicles” puolestaan ilmestyi uudistettuna vuonna 2006 [14] ja se sisältää ohjeita paikallaan olevien ajoneuvojen melun mittaamiseen perustuen standardiin ISO 5130 ”Acoustics – Measurement of Sound Pressure Levels Emitted by Stationary Road Vehicles”.

Mittaukset tehdään ulkona paikalla, jossa muun melun ja tuulen aiheuttaman melun taso on vähintään 10 dB pienempi kuin mitattava melu. Mittauspaikan tulee olla tasainen 3 m säteellä mikrofoni pisteestä ja mittauspaikan lähellä ei saa olla suuria ääntä heijastavia pintoja. Mittauksia ei saa tehdä huonoissa sääoloissa.

Mikrofoni sijoitetaan jalustalle ja suunnataan pakoputken päätä kohden.

Mikrofoni sijoitetaan 0,5 m $\pm$ 0,025 m etäisyydelle pakoputkesta siten, että sen akselin jatke muodostaa $45^\circ \pm 10^\circ$ kulman suhteessa pakoputken virtaussuunnan akselin pystysuoraan tasoon. Mikrofonin tulee sijaita pakoputken suuaukon korkeudella ($\pm$ 0,025 m), mutta ei 0,2 m lähempänä maan pintaa. Standardissa annetaan myös lisäohjeita mikrofonin sijoittamiselle joissakin erityistilanteissa. Kuvassa 7 on esimerkkejä mikrofonin sijoituksesta.



Kuva 7. Esimerkkejä mikrofoniin sijoituksesta, Australia [16].

Ajoneuvon tulee olla mittauksen aikana paikallaan ja vaihteiston vapaalla tai automaattivaihteella varustetuissa ajoneuvoissa pysäköintiasennossa.

Ennen mittauksen alkua tarkistetaan ajoneuvon moottorin lämpötila. Mittauksen aikana moottorin kierrosluvun tulee olla $\frac{3}{4}$ ajoneuvon maksimikierrosluvusta. Jos ajoneuvossa on kierrosnopeuden säätö eikä suurinta tehoa vastaavaa kierroslukua saada aikaan, testi tehdään kierrosluvulla, joka on 5 % pienempi kuin suurin mahdollinen saavutettava kierrosluku.

Jos suurinta tehoa vastaavaa kierroslukua ei ole saatavilla, ajoneuvoilla käytetään seuraavia kierroslukuja:

- (i) alle 5 sylinteriä: 4000 rpm
- (ii) 6 sylinteriä ja ajoneuvo on valmistettu ennen vuotta 1995: 3200 rpm
- (iii) 6 sylinteriä ja ajoneuvo on valmistettu vuonna 1995 tai sen jälkeen: 3600 rpm
- (iv) 8 sylinteriä ja ajoneuvo on valmistettu ennen vuotta 2000: 3300 rpm
- (v) 8 sylinteriä ja ajoneuvo on valmistettu vuonna 2000 tai sen jälkeen: 3900 rpm
- (vi) yli 8 sylinteriä: 4300 rpm
- (vii) kiertomäntämoottoreille 4500 rpm

Jos mittauksen tekijän mielestä edellä esitettyjä kierrosnopeuksia ei ole mahdollista saavuttaa, mittaukset tehdään suurimmalla kierrosnopeudella, jonka mittaja uskoo olevan turvallinen.

Kierroslukua pidetään lyhyen aikaa edellä määritellyissä kierrosluvuissa ja palautetaan kaasupoljin nopeasti joutokäyntiasentoon. Koko tältä jaksolta mitataan suurin A-painotettu äänitaso. Mittaukset toistetaan niin pitkään, kunnes saadaan kolme peräkkäistä lukemaa, joiden ero on enintään 1 dB. Mittaustulokset ilmoitetaan yhden desimaalin tarkkuudella.

Jos mittaus tehdään vain yhdessä pisteessä, lopullisen tuloksen muodostaa kolmen hyväksyttävän mittauksen aritmeettinen keskiarvo ja tulos ilmoitetaan pyöristettynä kokonaisiksi desibeleiksi.

Jos mittauspisteitä on useampia, kaikille tehdään mittaukset erikseen edellä esitetyllä tavalla ja lopullinen tulos on suurin näistä.

Jos kyseessä on ennen ADR83:n voimaantuloa valmistettu ajoneuvo, mittaus-tuloksesta vähennetään 2 dB, jos mittauspiste on alle 1 m etäisyydellä ajoneu-von moottorista.

2.4.1 Melutason raja-arvoja

Taulukkoon 8 on koottu Australiassa käytössä olevia suurimpia sallittuja eri-tyyppisten ajoneuvojen melutasoja eri tilanteissa.

Taulukko 8. Melutason raja-arvoja, Australia [17].

On Road Use					
103	NEP < 75 kW 99	81	81	95	91
103	NEP < 75 kW < 150 kW 99	83	83	95	91
103	NEP > 150 kW < 270 kW 99	84	84	95	91
103	NEP > 270 kW 99	87	87	95	91
Off Road Use					
103	NEP < 75 kW 99	82	82	95	91
	NEP > 75 kW < 150 kW	84	84	95	

2.5 Uusi Seelanti

Standardissa "Low Volume Vehicle Technical Association Incorporated. Low Volume Vehicle Standard 90-20 (02) (Exhaust Noise Emissions). 2nd Amendment - effective from: 1 June 2008" [18] on annettu ohjeita paikallaan olevan ajoneuvon melun mittaamiseksi. Mittausmenetelmä perustuu kansainväliseen parhaaseen tietoon sovellettuna kontrolloituihin olosuhteisiin ottamalla huomioon Uuden Seelannin asettamat erityisvaatimukset.

Standardin mukaiset mittaukset tulee tehdä avoimella ulkona sijaitsevalla mit-tauspaikalla, jonka kohdalla maan pinta on tasainen, erityisesti testialueen vä-littömässä läheisyydessä. Mittauspaikan lähellä, 3 m säteellä mikrofoni-pisteestä, ei saa olla suuria ääntä heijastavia pintoja, kuten rakennuksia, ajoneu-voja, puita tms. Pinnan tulee muodostua betonista, asfaltista tai vastaavasta

kovasta materiaalista, eikä siinä saa olla irtonaista maaperää tai muuta ääntä absorboivaa materiaalia.

Ajoneuvoilla, joiden suurin teho tiedetään, mittauksessa käytettävän moottorin nopeuden tulee olla (± 5 % tarkkuudella) 75 % maksimikiertosluvusta.

Jos suurinta tehoa ei tiedetä, standardissa on annettu ohjeita eri tilanteissa käytettävistä kierrosnopeuksista.

Ennen mittauksen käynnistymistä ajoneuvon moottorin tulee olla normaalissa toimintalämpötilassa. Ajoneuvon vaihteiston tulee olla vapaalla tai pysäköintiasennossa automaattivaihteistolla varustetuilla ajoneuvoilla ja käsijarrun tulee olla päällä.

Mikrofoni sijoitetaan siten, että sen etäisyys on $0,5 \text{ m} \pm 0,01 \text{ m}$ pakoputken päästä ja että se muodostaa $45^\circ \pm 5^\circ$ kulman suhteessa pakoputken virtaus-suunnan akselin pystysuoraan tasoon (pitämällä lähtökohtana kauimmaista kohtaa suhteessa ajoneuvon keskikohtaan). Mikrofonin tulee sijaita referenssipisteen korkeudella, mutta ei $0,2 \text{ m}$ lähempänä maan pintaa. Standardissa annetaan myös lisäohjeita mikrofonin sijoittamiselle joissakin erityistilanteissa.

Mikrofoni sijoitetaan telineeseen ja yhdistetään jatkojohdolla äänitasomittariin. Mittarin asetuksen tehdään siten, että sillä voidaan mitata A-painotettua äänitasoa aikapainotuksella F (fast).

Äänenpainetaso mitataan aikana, joka muodostuu vähintään sekunnin kestävästä tavoitteellisesta pyörintänopeudesta ja moottorin pyörintänopeuden tyhjäkäyntiin pienentymiseen kuluva ajasta.

Kukin mitattu enimmäistaso mitataan desibelin kymmenesosan tarkkuudella ja lopullinen tulos on kolmen 2 dB sisällä olevan peräkkäisen mittaustuloksen aritmeettinen keskiarvo. Lopputulos pyöristetään kokonaisiksi desibeleiksi.

Mittausraportissa tulee olla mm. seuraavia tietoja:

- a) testattavana olevan ajoneuvon merkki, malli, vuosimalli, väri ja rekisterinumero
- b) testauspaikan tiedot
- c) mittauksissa käytettyjen laitteiden tiedot
- d) mitatut taustamelun tasot ennen mittauksia ja mittausten jälkeen
- e) mittauksissa käytetty moottorin pyörintänopeus

2.5.1 Melutason raja-arvoja

Julkaisussa "New Zealand Land Transport Rule - Vehicle Equipment Amendment 2007 Rule 32017/2" [19] on annettu suurimmat sallitut melutasot liikkuville ja paikallaan oleville ajoneuvoille.

Taulukko 9. Suurimmat sallitut melutasot liikkuville ajoneuvoille, Uusi Seelanti [19].

Vehicle class	Maximum noise levels (dBA)
LC, LD, LE (with engine capacity of 125 cm ³ or less)	82
LC, LD, LE (with engine capacity of more than 125 cm ³)	86
MA, MB, MC, MD1, MD2, and NA	81
MD3, MD4, ME, NB, and NC (with power output of 150 kW or less)	86
MD3, MD4, ME, NB, and NC (with power output of more than 150 kW)	88

Taulukko 10. Suurimmat sallitut melutasot paikallaan oleville ajoneuvoille, Uusi Seelanti [19].

Vehicle class	Maximum noise levels (dBA)
LC, LD, LE (with engine capacity of 125 cm ³ or less)	96
LC, LD, LE (with engine capacity of more than 125 cm ³)	100
MA, MB, MC, MD1, MD2, and NA	
- first registered in New Zealand before 1 June 2008	95
- manufactured before 1 January 1985	95
- manufactured on or after 1 January 1985	90

2.6 Kiina

Kiinassa käytetään paikallaan olevan ajoneuvon melun mittaamiseen kiinalaista standardia

- GB/T 14365-93. Acoustics – Measurement of noise emitted by stationary vehicles [20].

Standardissa annetaan ohjeita paikallaan olevien ajoneuvojen melun mittaamiseksi ja se perustuu standardiin ISO 5130-1982. Standardilla saatavat tulokset kuvaavat ajoneuvojen pakokaasujärjestelmästä ja moottorista aiheutuvaa melua, mutta sillä saatavat tulokset eivät kuvaa ajoneuvon liikkuesssa aiheuttamaa melua.

2.6.1 Melutason raja-arvoja

Kiinassa käytettävät paikallaan olevien ajoneuvojen melutason raja-arvot on annettu standardissa GB 16170-1996 "Limits of noise emitted by stationary road vehicles", taulukko 11.

Taulukko 11. Suurimmat sallitut melutasot paikallaan oleville ajoneuvoille, Kiina [21].

表 1 dB (A)

车辆类型	车辆出厂日期	1998 年 1 月 1 日前	1998 年 1 月 1 日起
	燃料种类		
轿车	汽油	87	85
微型客车、货车	汽油	90	88
轻型客车、货车 越野车	汽油 $n \leq 4300 \text{ r/min}$	94	92
	汽油 $n > 4300 \text{ r/min}$	97	95
	柴油	100	98
中型客车、货车 大型客车	汽油	97	95
	柴油	103	101
重型货车	$N \leq 147 \text{ kW}$	101	99
	$N > 147 \text{ kW}$	105	103

2.7 Japani

Japanissa tehtiin 1980-luvulla ohjeet paikallaan olevien ajoneuvojen melun mittaamiseksi, jotka perustuvat standardiin ISO 5130:

- JIS D 1026: 1989: "Acoustics - Measurement of noise emitted by stationary road vehicles - Survey method" [22].

Ohjeen mukaan mittaukset tehdään käyttämällä ajoneuvon kierrosnopeutena 75 prosenttia suurinta tehoa vastaavasta kierrosluvusta ($\pm 100 \text{ rpm}$). Kierroslukua pidetään vähän aikaa tasaisena ja kaasupoljin palautetaan joutokäynnille. Koko tältä jaksolta mitataan suurin A-painotettu äänitaso. Mikrofonin sijoitetaan etäisyydelle $0,5 \text{ m} \pm 0,025 \text{ m}$ pakoputken päästä siten, että se muodostaa 45° kulman suhteessa pakoputken virtaussuunnan akselin pystysuoraan tasoon.

2.7.1 Melutason raja-arvoja

Taulukossa 12 on annettu Japanissa käytössä olevat melutason raja-arvot kiihdyttävälle, tasaisesti ajaville ja paikallaan oleville ajoneuvoille.

Taulukko 12. Suurimmat sallitut melutasot kiihdyttävälle, tasaisesti ajaville ja paikallaan oleville ajoneuvoille, Japani.

Type of Motor Vehicles			Regulatory Level (dB)		
			Accelerated running noise	Steady running noise	Exhaust proximity noise
Passenger Cars (with a capacity of 10 or less occupants)			76	72	96 100 for those with rear engines
Motorcycles	Small-sized motorcycles	Displacement > 0,25 L	73	72	94
	Light motorcycles	0,125 L < Displacement ≤ 0,250 L	73	71	94
Motor-driven cycles	Class II	0,050 L < Displacement ≤ 0,125 L	71	68	90
	Class I	Displacement ≤ 0,050 L	71	65	84

2.8 Brasilia

Brasiliassa on julkaistu paikallaan olevien ajoneuvojen melun mittaamiseen soveltuva standardi:

- NBR 9714 (Jan. 2000). Veículo rodoviário automotor – Ruído emitido na condição parado [23].

Standardin mukaisten ohjeiden perusteella voidaan mitata ajoneuvon pakoputken läheisyydessä vallitsevia äänitasoja ja tämän lisäksi standardissa on ohjeita paikallaan olevien ajoneuvojen moottorimelun mittaamiseksi ajoneuvon vierellä.

Menetelmä on tarkoitettu käytettäväksi käytössä olevien ajoneuvojen melun mittaamiseen ja sillä voidaan todeta esimerkiksi ajoneuvoihin tehtyjen muutosten aiheuttama vaikutus meluun vertaamalla mittaustuloksia referenssimittausten tuloksiin.

Mittauspaikan tulee olla tasainen alue, jonka pinta on betonia, asfalttia tai muuta akustisesti kovaa materiaalia. Ylimääräisiä heijastavia pintoja ei saa olla 3 m säteellä mitattavasta ajoneuvosta. Jos mittaukset tehdään tien varrella, jalkakäytävään tulee olla vähintään metrin etäisyys.

Kussakin mittauspisteessä tehdään vähintään kolme mittausta (A-painotettu enimmäistaso aikapainotuksella F) ja tulokset ovat hyväksyttäviä, jos kolmen peräkkäisen mittauksen tulokset poikkeavat toisistaan enintään 2 dB. Lopullinen tulos saadaan laskemalla näiden kolmen tuloksen aritmeettinen keskiarvo.

Ajoneuvo sijoitetaan mittausalueen keskelle vaihde vapaalla ja kytkin painettuna. Ennen kutakin mittausarjaa moottorin lämpötilan tulee olla normaalissa käyttölämpötilassa.

Mikrofoni sijoitetaan siten, että se on samalla tasolla kuin pakoputken suuaukko, kuitenkin mikrofoni on aina oltava vähintään 0,2 m etäisyydellä maanpinnasta. Mikrofoni etäisyyden pakoputken suusta tulee olla 0,5 m se sen akselin tulee muodostaa $45^\circ \pm 10^\circ$ kulman kaasupurkauksen suunnan pystysuoran tasoon kanssa.

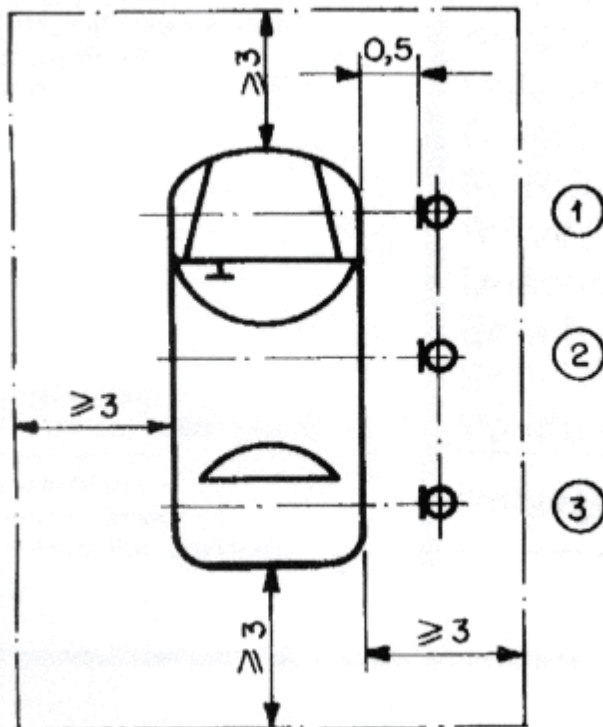
Jos ajoneuvoissa on kaksi pakoputkea, joiden etäisyys on alle 0,3 m mittaukset tehdään vain yhdessä mittauspisteessä. Jos pakoputkien etäisyys on yli 0,3 m, mittaukset tehdään molemmille pakoputkille erikseen ja tuloksen muodostaa näistä suurempi tulos.

Jos mikrofonia ei voi sijoittaa ohjeiden mukaisesti ajoneuvon rakenteesta aiheutuvien esteiden takia, mikrofoni sijoitetaan 0,5 m suuremmalle etäisyydelle siten, että esteen vaikutus on mahdollisimman pieni.

Moottorin pyörintänopeus tulee stabiloida siten, että se on $\frac{3}{4}$ valmistajan ilmoittamasta suurimmasta kierrosnopeudesta. Moottorin pyörittyä hetken aikaa tällä kierrosnopeudella kaasupoljin palautetaan nopeasti joutokäyntiasentoon ja mitaus tehdään koko tämän jakson ajalta. Suurin A-painotettu äänitaso aikapainotuksella F (fast) kirjataan ylös.

Mittausraportissa tulee mainita mitatun ajoneuvon malli lisättynä kuvauksella mahdollisista poikkeamista, mittauspaikan tiedot, sääolotiedot, laitteiden tiedot, mikrofonin sijoitus, mittauksessa käytetty moottorin kierrosnopeus, mittaustulokset A-painotettuna kullekin mittaukselle ja mikrofonin sijoitukselle.

Ajoneuvon vierellä tehtävissä mittauksissa mikrofoni sijoitetaan kuvan 8 mukaisesti riippuen moottorin sijainnista.



Kuva 8. Mikrofonin sijoitus ajoneuvon vierellä tehtävässä mittauksessa, Brasilia [23].

Mikrofonin korkeus on 0,5 m mittausalueen maan pinnan tasosta ja mikrofoni sijoitetaan moottorin kohdalle ja suunnataan sitä kohti. Mikrofonin etäisyys ajoneuvon rungosta on 0,5 m.

Ajoneuvojen mittaukset tehdään vain kuljettajan vastakkaisella puolella.

2.8.1 Melutason raja-arvoja

Taulukossa 13 on annettu Brasiliassa käytössä olevat melutason raja-arvot (CONAMA 272/2000) kiihdyttävälle ajoneuvoille (uudet ajoneuvot). Paikallaan oleville ajoneuvoille ei ole käytössä melutason raja-arvoja.

Taulukko 13. Suurimmat sallitut melutasot kiihdyttävälle ajoneuvoille, Brasilia.

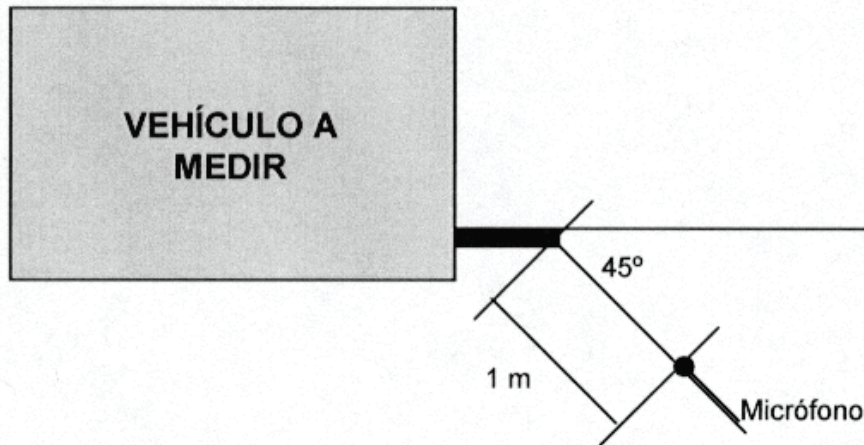
CATEGORY DESCRIPTION		LEVEL OF NOISE - dB		
		DIESEL Injection		
		Direct	Indirectly	
a	Vehicle of up to nine passenger seats	74	75	74
b	Passenger vehicle with more than nine seats	76	77	76
	Vehicle load or traction and vehicle use of mixed	77	78	77
c	Passenger vehicle use or mixed with PBT greater than 3.500Kg	78	78	78
	Maximum power less than 150kW (204 hp)	80	80	80
d	Vehicle load or traction with PBT greater than 3,500 kg	77	77	77
	Maximum power less than 75 kW (102 hp)	78	78	78
	Maximum power of 75 kW (102 hp) and 150 kW (204 hp)	80	80	80
	Maximum power less than 150 kW (204 hp)	80	80	80

2.9 Meksiko

Meksikolaisessa standardissa NOM 080:1994 [24] annetaan ohjeita paikallaan olevien ajoneuvojen melupäästöjen mittaamiseksi ja myös käytössä oleville ajoneuvoille asetetut melun raja-arvot. Standardi perustuu kansainväliseen standardiin ISO 5130:1982, mutta siinä on tehty joitakin paikallisista oloista johtuvia muutoksia. Mittauksissa käytettävät moottorin kierrosnopeutta koskevat ohjeet perustuvat puolestaan standardiin SAE J1492. Standardissa on yksilöity eri ajoneuvoryhmien suurimmat sallitut melutasot ja annettu vaatimuksia mittauksissa käytettävälle mittauspaikalle ja mikrofoniin sijoituksille.

Standardista NOM 080:1994 on tehty uusi versio NOM-080-SEMARNAT-2003, jossa on tehty joitakin pieniä korjauksia mittausmenetelmään.

Ajoneuvot jaetaan mittauksissa bensiinikäyttöisiin ja dieselkäyttöisiin ja näille annetaan eri ohjeet mittauksissa käytettävien moottorin kierroslukujen suhteen.



Kuva 9. Mikrofonin sijoitus meksikolaisen standardin NOM-080 mukaan, Meksiko [24].

Mikrofoni sijoitetaan kuvan 9 mukaisesti metrin etäisyydelle pakoputken päästä ja 45° kulmassa pakokaasujen virtaussuuntaan nähden. Standardissa on annettu lisäohjeita mikrofonin sijoittamisella erilaisissa tilanteissa. Jos ajoneuvossa on kaksi pakoputkea, niille molemmille tehdään erilliset mittaukset.

Bensiinikäyttöisillä ajoneuvoilla moottorin kierroslukua lisätään neljän sekunnin aikana kierroslukuun $2500 \text{ rpm} \pm 100 \text{ rpm}$ ja pidetään tässä 20 s ajan, jolta ajalta mitataan ekvivalentti äänitaso (merkitty symbolilla Neq). Mittaukset tehdään kolme kertaa ja näistä pienimmän ja suurimman keskiarvo muodostaa lopullisen tuloksen.

Diesikäyttöisillä ajoneuvoilla moottorin kierroslukua lisätään niin pitkään, kunnes rajoittimen sallima suurin kierrosnopeus saavutetaan. Tällä kierrosluvulla mitataan ekvivalenttitaso 20 s ajalta.

2.9.1 Melutason raja-arvoja

Taulukoissa 14 (bensinikäyttöiset ajoneuvot) ja 15 (diesikäyttöiset ajoneuvot) ovat Meksikossa käytössä olevat suurimmat sallitut äänitasot paikallaan olevalle ajoneuvolle (mitattu standardin NOM-080-SEMARNAT-2003 mukaan).

Taulukko 14. Suurimmat sallitut melutasot paikallaan oleville ajoneuvoille, bensinikäyttöiset ajoneuvot, Meksiko [25].

vuosimalli	paino (kg)	äänitaso (dB)	äänitaso (dB) moottori ajoneuvon taka- osassa
kaikki	< 3856	86	96
	3857 - 10 000	92	102
	>10 000	99	109

Taulukko 15. Suurimmat sallitut melutasot paikallaan oleville ajoneuvoille, dieselkäyttöiset ajoneuvot, Meksiko [25].

vuosimalli	paino (kg)	äänitaso (dB)	äänitaso (dB) moottori ajoneuvon taka - osassa
kaikki	<3856	86	96
- 1993	>3857	99	109
1993 - 1997	>3857	96	106
1998 -	>3857	93	103

2.10 Argentiina

Argentiinassa paikallaan olevien ajoneuvojen melupäästön mittaaminen tehdään standardin IRAM-CETIA 9C1 "Método estático para la medición del ruido emitido por escape" [26] mukaisesti.

Mikrofoni sijoitetaan metrin etäisyydelle pakoputken päästä ja 45° kulmassa pakokaasujen virtaussuuntaan nähden. Moottorin kierrosluku nostetaan tavoitekierroslukuun ja kaasupoljin vapautetaan nopeasti. Mitataan koko jakson suurin äänitaso.

Mittauksessa käytetty moottorin kierrosluku riippuu moottorin sylinterien määrästä.

Bensiinikäyttöiset ajoneuvot:

- a) 8 sylinteriä 3000 rpm $\pm$ 100 rpm
- b) 6 sylinteriä 3200 rpm $\pm$ 100 rpm
- c) 4 sylinteriä 3400 rpm $\pm$ 100 rpm
- d) 3 sylinteriä 3500 rpm $\pm$ 100 rpm
- e) 1 ja 2 sylinteriä 3800 rpm $\pm$ 100 rpm

Dieselajoneuvot:

Suurin mahdollinen kierrosluku, jonka nopeudenrajoitin sallii.

2.10.1.1 Melutason raja-arvoja

Paikallaan oleville ajoneuvoille ei Argentiinassa ole käytössä valtakunnallisia melutason raja-arvoja. Buenos Airesin alueella käytössä olevien ajoneuvojen suurin melutaso ei saa ylittää taulukon 16 mukaisia arvoja lisättynä 3 dB korjauksella (RESOLUTION M.M.A. N° 623/007 2734 BOCBA Publ.27/7/2007).

Valmistusvuosi ennen 2000	Pakokaasumelu[dBA]	Moottorimelu [dBA]
ennen 2000	94,8	100,3
2000	89,0	100,3
2001	94,8	98,9
2002	89,7	94,8
2003	92,5	96,0
2004	84,9	94,0
2005	84,0	94,8
2006	90,7	93,7

Taulukko 16. Suurimmat sallitut melutasot pakokaasumelulle ja moottorimelulle, Buenos Aires.

2.11 Vietnam

Paikallaan olevan ajoneuvon melutasoja mitataan Vietnamissa standardilla:

- TCVN 6435: 1998 Acoustics - Measurement of noise emitted from Motor Vehicle when not moving – Investigating method [27].

Standardi TCVN 6435: 1998 vastaa kansainvälistä standardia ISO 5130-1982.

Suurimmat sallitut melutasot paikallaan olevalle ajoneuville on annettu standardissa:

- TCVN 6436: 1998 Acoustics – Noise emitted by stationary road vehicles – Maximum permitted noise levels [28].

Taulukkoon 17 on koottu standardin TCVN 6436: 1998 mukaiset suurimmat sallitut melutasot paikallaan oleville ajoneuvoille.

Taulukko 17. Standardin TCVN 6436: 1998 mukaiset suurimmat sallitut melutasot paikallaan oleville ajoneuvoille, Vietnam [28].

Categories of vehicles	Maximum permitted noise levels (dB)
1. Motorcycles, mopeds to 125cm ³	95
2. Motorcycles exceeding 125cm ³	99
3. Passenger Cars	103
4. Small size truck, special vehicles, buses, G ≤ 3 500kg.	103
5. Medium size truck, special vehicles, buses, G > 3 500kg, P ≤ 150 (kW)	105
6. Large size truck, special vehicles, buses, G > 3 500kg, P > 150 (kW)	107
7. Other special vehicles for construction, public works, agricultural, forestry ...running on road	110

2.12 Etelä-Afrikka

Etelä-Afrikassa paikallaan olevien ajoneuvojen melua mitataan standardilla:

- SABS 0181-1981 "Code of Practice for the measurement of noise emitted by road vehicles when stationary" [29].

Suurimmat sallitut melutasot paikallaan olevalle ajoneuvolle ovat taulukon 18 mukaiset.

Taulukko 18. Suurimmat sallitut melutasot paikallaan oleville ajoneuvoille, Etelä-Afrikka.

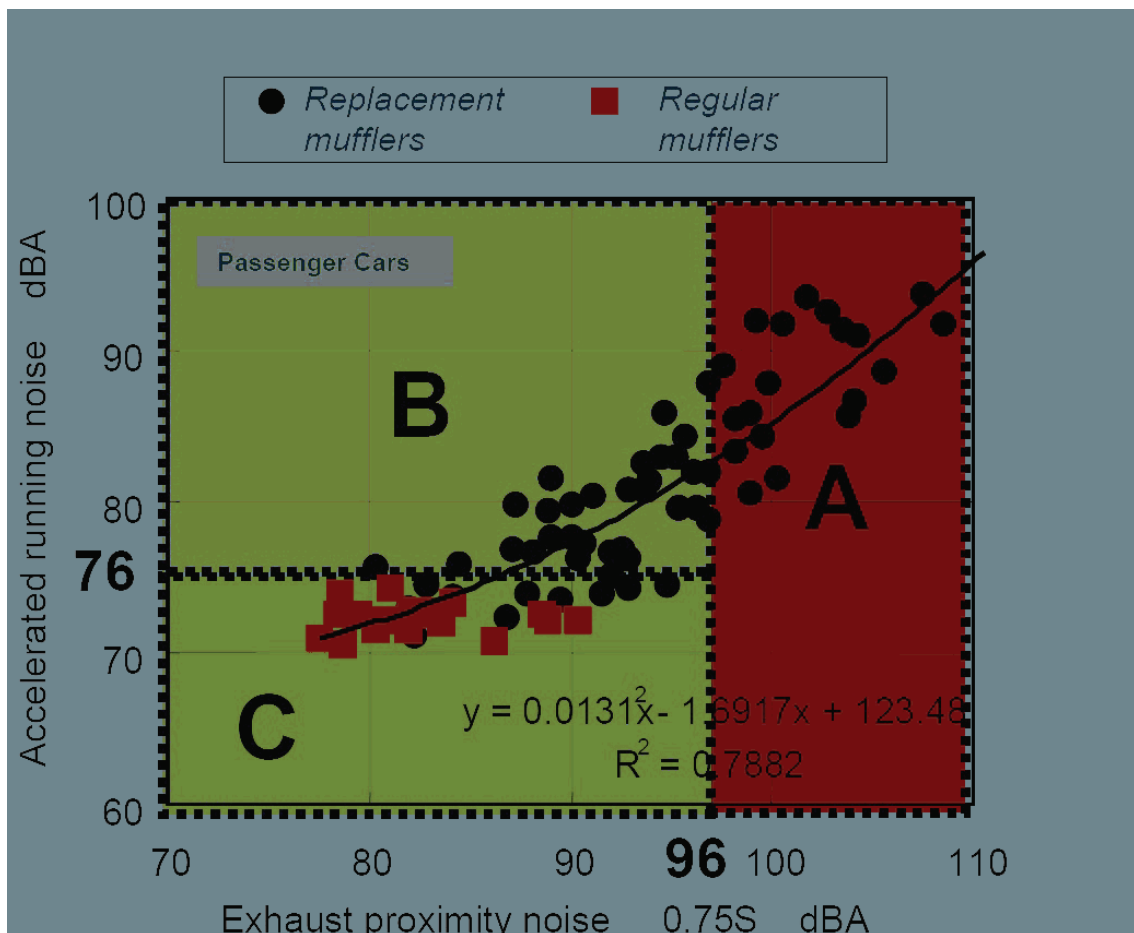
Type of vehicle	sound level (dB)
Two - and three - wheeled vehicles	95
Vehicles with spark ignition and with four or more wheels used for the conveyance of passengers or goods	96
Vehicles with diesel engines and not equipped with engine brake	105
Vehicles with diesel engines and equipped with an engine brake which is switched -	
(ii) off	105
(iii) on	109

3 ERITYYPPISTEN MITTAUSTEN EROT

Ohiajomenetelmällä ja paikallaan olevalle ajoneuvolle tehdyillä mittauksilla saatujen meluarvojen eroja on tutkittu useammissa yhteyksissä. Seuraavassa on joitakin esimerkkejä eri maissa tehdyistä tutkimuksista, joissa samoille ajoneuvoille mittaukset on tehty molemmilla menetelmillä.

3.1 Mittaukset Japanissa

Japanissa on tehty mittauksia ohiajomenetelmällä ja ISO 5130 mukaisella menetelmällä ajoneuvoille, joissa on ollut sekä alkuperäiset että jälkeenpäin asennetut uudet pakoputket [30]. Kuvassa 10 on mittaustulokset esitetty siten, että x-akselilla on paikallaan olevan ajoneuvon mittaustulos ja y-akselilla vastaavasti ohiajomenetelmällä saatu tulos. Kuvaan on merkitty myös Japanissa käytössä olevat melun raja-arvot. Kuvan 10 tulokset osoittavat, että alkuperäisillä pakoputkilla varustetut ajoneuvot täyttävät molemmat melun raja-arvot, mutta pakoputken uusimisen jälkeen tilanne on huonontunut siten, että vain pieni osa ajoneuvoista täyttää molemmat raja-arvot.



Kuva 10. Paikallaan olevan ja kiihdyttävän ajoneuvon melupäästöjen vertailu, Japani [30].

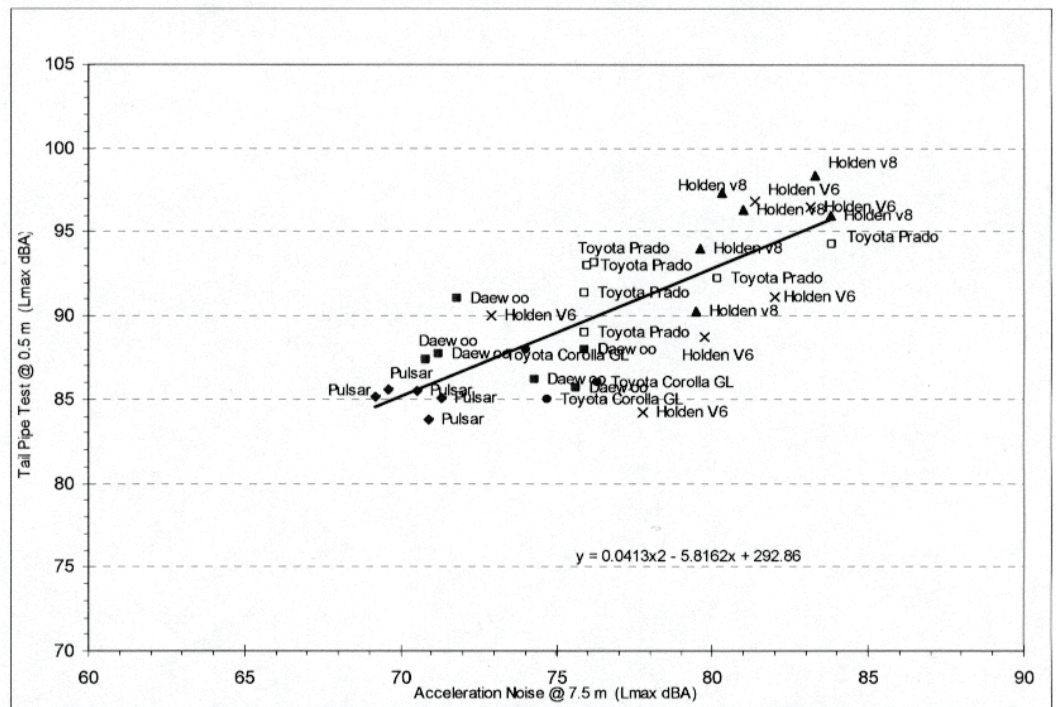
Japanissa tehtyjen mittausten mukaan paikallaan olevalle ajoneuvolle ja ohiajomenetelmällä mitattujen tulosten ero on keskimäärin noin 15 dB, eikä ero riipu merkittävästi melutasojen suuruudesta.

3.2 Mittaukset Uudessa Seelannissa

Uudessa Seelannissa tehtiin kuudelle tyypilliselle maassa käytössä olevalle ajoneuvolle mittauksia tavallisen kaupunkikadun varrella [31]. Ajoneuvot olivat joko uusia tai vain muutaman vuoden vanhoja ja niissä oli alkuperäiset pakokaasujärjestelmät.

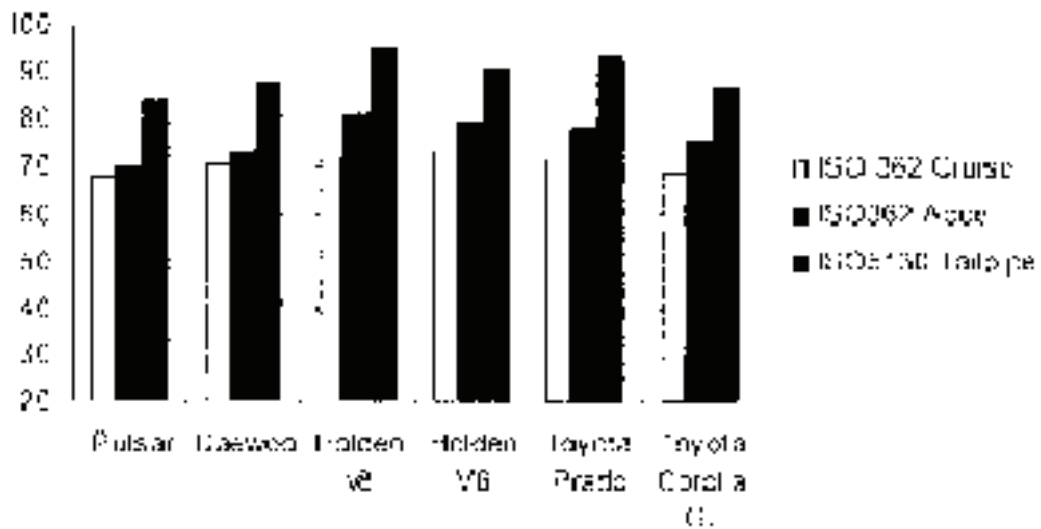
Ohiajomittaukset tehtiin soveltamalla standardia ISO 362. Mittaukset tehtiin vain ajoneuvon toiselta puolelta ajoneuvon kiihdyttäessä ja ajaessa tasaisesti ohi mikrofoni pisteestä, joka sijaitsi 7,5 m etäisyydellä ajolinjan keskikohdasta. Paikallaan oleville ajoneuvoille mittaukset tehtiin standardin ISO 5130 mukaisesti 0,5 m päästä pakoputken suusta. Jokaiselle ajoneuvolle tehtiin sarja mittauksia ja tuloksista määritettiin keskiarvot ja lopulliset tulokset laskettiin standardien ohjeiden mukaisesti.

Kuvassa 11 on esitetty standardeilla ISO 362 ja ISO 5130 mitatut tulokset.



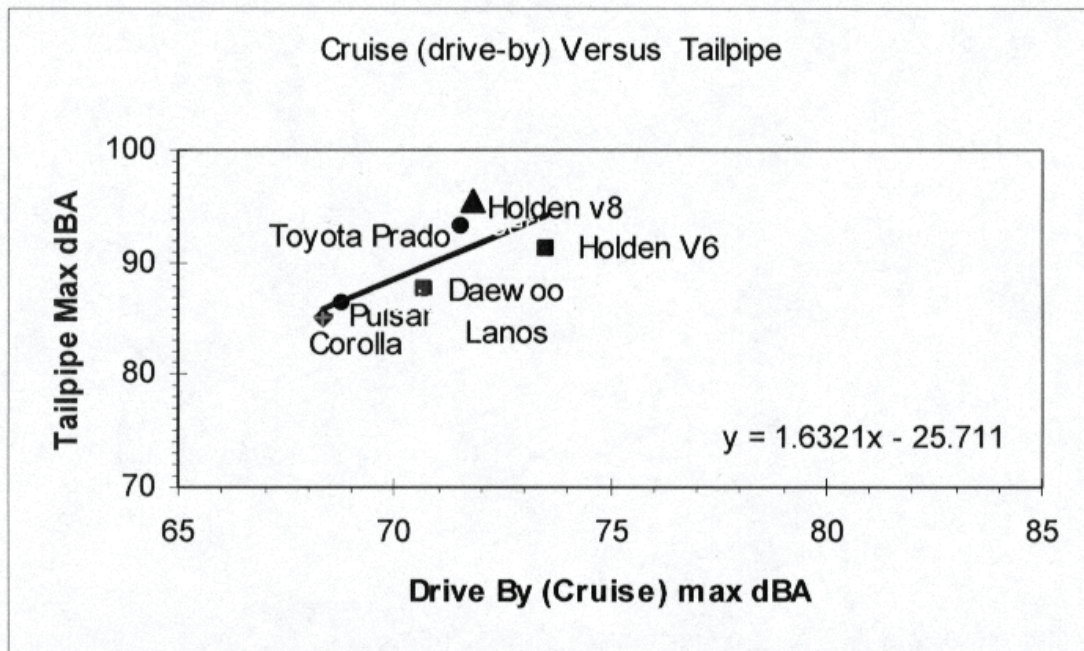
Kuva 11. Uudessa Seelannissa standardeilla ISO 362 ja ISO 5130 mitattuja tuloksia [31].

Kuvassa 12 on puolestaan esitetty paikallaan olevan ajoneuvon ja standardin ISO 362 mukaan sekä kiihdyttämällä että tasaisella ajolla (nopeus = 50 km/h) saatujen tulosten vertailu.

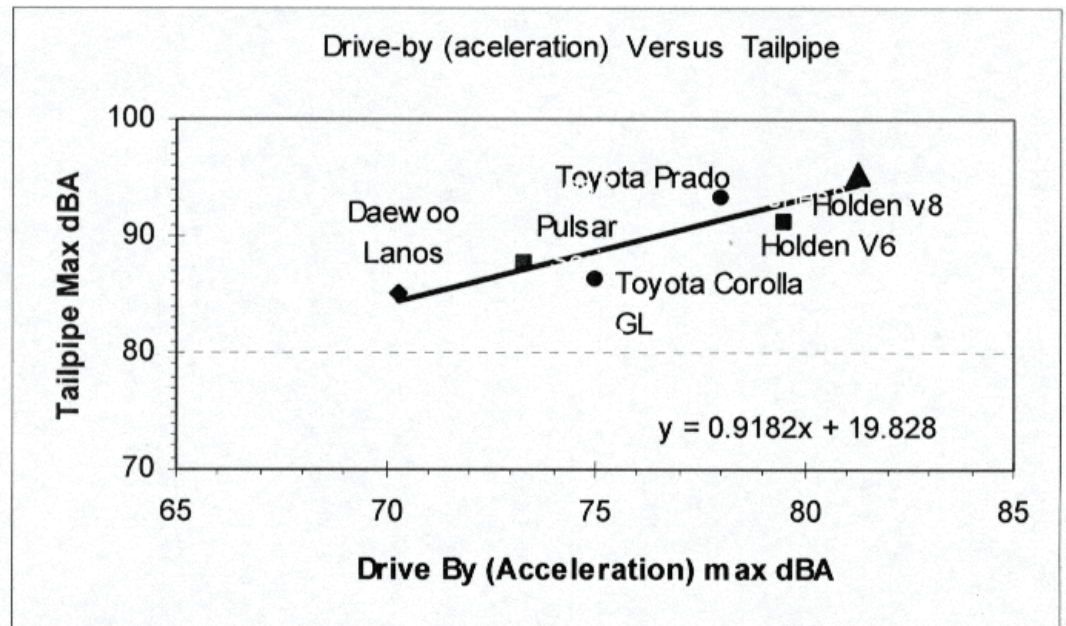


Kuva 12. Standardilla ISO 5130 mitattujen ja standardin ISO 362 mukaisilla kiihdyttämällä ja tasaisella ajolla mitattujen tulosten vertailu, Uusi Seelanti [31].

Kuvassa 13 on esitetty paikallaan olevalle ajoneuvolle ja tasaisesti nopeudella 50 km/h liikkuvalla ajoneuvolle tehtyjen melumittausten tulosten vertailu. Vastaava vertailu paikallaan olevalle ajoneuvolle ja kiihdyttävälle ajoneuvolle on esitetty kuvassa. 14.



Kuva 13. Paikallaan olevalle ajoneuvolle ja tasaisesti nopeudella 50 km/h liikkuvalla ajoneuvolle tehtyjen melumittausten tulosten vertailu, Uusi Seelanti [31].



Kuva 14. Paikallaan olevalle ajoneuvolle ja kiihdyttävälle ajoneuvolle tehtyjen melumittausten tulosten vertailu, Uusi Seelanti [31].

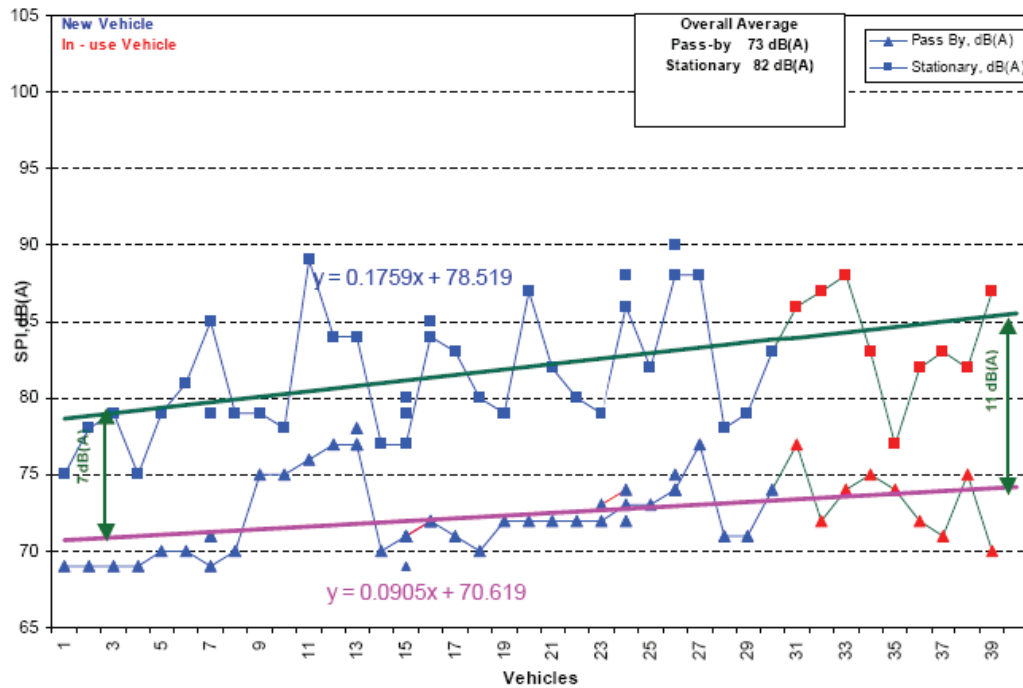
Uudessa Seelannissa tehtyjen mittausten yhteenvedona todettiin, että standardeilla ISO 362 ja ISO 5130 mitattujen tulosten välillä on läheinen yhteys. Mittausten mukaan paikallaan olevalle ajoneuvolle mitattu tulos on keskimäärin noin 18 dB suurempi kuin tasaisesti nopeudella 50 km/h kulkevalle ajoneuvolle mitattu tulos. Vastaava ero paikallaan olevalle ajoneuvolle ja kiihdyttävälle ajoneuvolle on keskimäärin noin 13 dB.

3.3 Mittaukset Intiassa

Intiassa tehtiin vuonna 2005 ajoneuvojen melupäästömittauksia [32] seuraavien standardien ohjeiden mukaisesti:

- IS:10399-1998/ISO:5130-1982 (E) (paikallaan olevien ajoneuvojen mitaukset)
- IS:3028-1998 (ohiajomittaukset)

Samojen ajoneuvojen melu mitattiin sekä ajoneuvon ollessa paikallaan että ohiajomittauksella. Kuvassa 15 on esimerkkejä ajoneuvoille tehtyjen mittausten tuloksista. Kaikkiaan tässä ajoneuvoryhmässä mitattiin 52 ajoneuvoa, joista 30 oli uusia ja 22 vanhempia jo käytössä olleita ajoneuvoja. Kuvassa 15 on esitetty yhteenvedo mittausten tuloksista ja myös eri menetelmillä saatujen tulosten erot.



Kuva 15. Paikallaan olevien ja kiihdyttävien ajoneuvojen melupäästöjen vertailu, Intia [32].

Intiassa tehdyissä mittauksissa paikallaan olevien ja kiihdyttävien ajoneuvojen melujen erot vaihtelivat paljon eri ajoneuvoilla. Keskimäärin ohiajomenetelmällä saatu mittaustulos oli noin 9 dB pienempi kuin paikallaan olevalle ajoneuvolle mitattu melu.

4 MITTAUKSET

Eri maissa on käytössä useita erilaisia ajoneuvojen melun mittausohjeita. Mittauksissa sovelletaan näiden ohjeiden tai muiden menetelmien mukaan määritettyjä ohjeellisia meluarvoja taikka määräyksiä ajoneuvomelulle. Käytössä on sekä liikkuville ajoneuvoille että paikallaan oleville ajoneuvoille tarkoitettuja menetelmiä. Ongelmana on, että paikallaan olevan ajoneuvon ja liikkuvan ajoneuvon menetelmillä saadut tulokset eivät aina korreloi keskenään. Myöskään eri maissa käytettävillä menetelmillä saatavat tulokset eivät aina ole vertailukelpoisia.

Suomessa käytössä olevien henkilöajoneuvojen (ajoneuvoluokka M1) melutilanteen selvittämiseksi työn yhteydessä tehtiin melumittauksia ajoneuvoille siten, että kullekin ajoneuville mittaukset tehtiin sekä sen ollessa paikallaan että liikkeessä. Ohiajomelu mitattiin sekä ajoneuvon kulkiessa tasaisella nopeudella että kiihdyttäessä.

Mittaukset suoritettiin yhteistyössä A-Katsastus Oy:n Hakuninmaan katsastus-
toimipaikan kanssa toimipaikan testiradalla. Ajoneuvojen vuosimallit vaihtelivat vuodesta 1965 vuoden 2008 malleihin. Meluarvot mitattiin 196 ajoneuvosta.

Mittauksien tarkoituksena oli kerätä tilastotietoa Suomessa käytössä olevien ajoneuvojen äänitasoista ja antaa taustatietoa paikallaan olevien ajoneuvojen melun mittausohjeiden laadintaa varten. Lisäksi mittauksien avulla tutkittiin mahdollisia korrelaatioita erilaisten ajoneuvon ominaisuuksien kautta. Näitä ominaisuuksia ovat esimerkiksi ajoneuvon teho, vuosimalli ym.

Testiradalle on aikoinaan rakennettu leveämpi kaista ISO 362-1:n mukaisille äänitasomittauksille, mutta sen jälkeen radan sivulle noin viiden metrin etäisyydelle tien reunasta on tehty täyttömaasta noin viiden metrin korkuinen penker. Myös mittauspaikan päällyste oli mittauksen aikana melko huonokuntoinen. Näiden syiden takia ISO 362-1 standardi ei ohiajomittauksessa täyty, sillä ohiajossa mittauspaikasta katsottuna ei saa olla heijastavia esteitä 50 metrin säteellä ja tien pinnalle on annettu tarkat vaatimukset. Raportin mittauksien tulokset ovat kuitenkin toistensa kanssa vertailukelpoisia, koska kaikki mittaukset on tehty kyseessä olevalla testiradalla.

Ennen varsinaisten mittauksen aloittamista tehtiin joitakin testimittauksia Otaniemessä sijaitsevalla pysäköintialueella ja sen vierellä kulkevalla tiellä.

4.1 Testimittaukset

Ennen varsinaisten mittauksen aloittamista tehtyjen testimittauksen perusteella valittiin varsinaisissa mittauksissa käytettävät mittauksen suoritustavat. Testimittauksia tehtiin sekä ajoneuvon ollessa paikallaan että liikkeessä. Testimittauksissa tutkittiin myös paikallaan olon melun riippuvuutta moottorin kierrosluvusta, ohiajomelun riippuvuutta käytetystä vaihteesta sekä ajoradan kosteudesta.

Testimittauksen perusteella laadittiin mittauksia varten kaavake (Liite 2), johon mittauksissa voitiin kirjata tiedot kustakin mitatusta ajoneuvosta. Näitä tietoja olivat mm. ajoneuvon malli, vuosimalli, teho, maksimikierrosluku sekä ajettujen kilometrien määrä. Lisäksi luokittelun ja tilastoinnin kannalta tärkeitä tietoja oli-

vat moottorin tilavuus, käytettävä polttoaine sekä oliko ajoneuvossa mahdollisesti tehoäänenvaimennin, katalysaattori, imusarjan vaimennin, ruisku tai turboahdin.

4.1.1 Paikallaanolomelun riippuvuus moottorin kierrosluvusta

Paikallaanolomelun riippuvuutta moottorin kierrosluvusta tutkittiin kolmelle ajoneuville (Ford Focus 1, Ford Focus 2 ja Ford Mondeo) eri kierrosluvuilla tehdyillä mittauksilla. Tulokset mittauksista ovat taulukoissa 19–21. Kuvassa 16 on esitetty paikallaanolomelun enimmäistaso ($L_{pAF,max}$) kierrosluvun funktiona.

Taulukko 19. Eri kierrosluvuilla mitatut paikallaanolomelun enimmäistasot (Ford Focus 1).

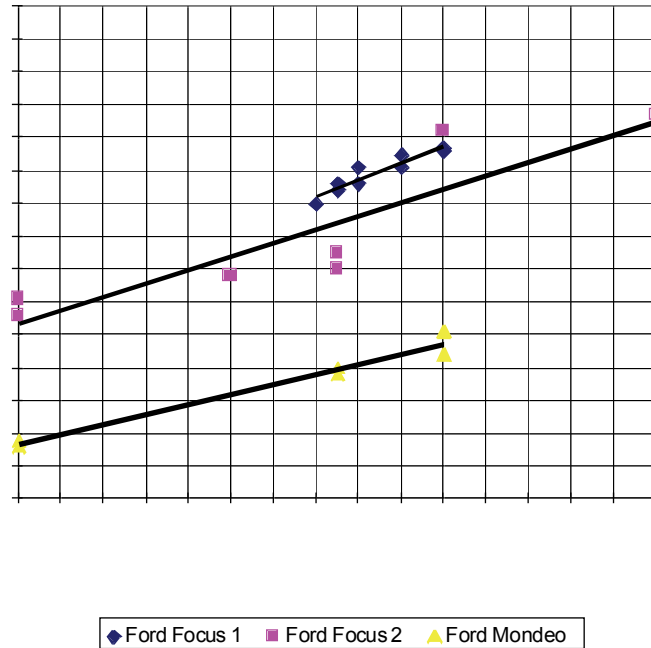
kierrosluku (min^{-1})	mittaus 1 (dB)	mittaus 2 (dB)
3700	-	79,0
3750	79,6	79,4
3800	80,1	79,6
3900	80,1	80,5
4000	80,7	80,6

Taulukko 20. Eri kierrosluvuilla mitatut paikallaanolomelun enimmäistasot (Ford Focus 2).

kierrosluku (min^{-1})	mittaus 1 (dB)	mittaus 2 (dB)
3000	76,1	75,6
3500	76,8	-
3750	77,0	77,5
4000	81,2	-
4500	81,7	-

Taulukko 21. Eri kierrosluvuilla mitatut paikallaanolomelun enimmäistasot (Ford Mondeo).

kierrosluku (min^{-1})	mittaus 1 (dB)	mittaus 2 (dB)
3000	71,6	71,8
3750	73,8	74,0
4000	75,1	74,4



Kuva 16. Paikallaanolomelun enimmäistason riippuvuus moottorin kierrosluvusta kolmelle mitatulle ajoneuvolle ja niille sovitetut trendikäyrät.

Kaikilla mitatuilla ajoneuvoilla paikallaanolomelun enimmäistaso kasvaa keskimäärin noin $2 \text{ dB} \pm 0,4 \text{ dB}$ moottorin kierrosluvun kasvaessa (välillä $3000 \dots 4500 \text{ min}^{-1}$) 500 min^{-1} .

Mittausten perusteella arvioitiin, että moottorin tarkan kierrosnopeuden määrittämisellä takometrin avulla ei saavuteta merkittävää parannusta mittauksella saavuttavaan tarkkuuteen ja että ajoneuvon oman kierroslukumittarin käyttö mittauksissa on riittävää. Kuvasta 16 nähdään esimerkiksi, että jos moottorin kierrosluvun määrittämisessä tehdään 200 min^{-1} virhe, se vaikuttaa mitattuun enimmäistasoon alle 1 dB .

4.1.2 Ohiajomelun riippuvuus vaihteesta

Mittauksissa tutkittiin kahdella ajoneuvolla (Ford Mondeo 1 ja Ford Mondeo 2) ohiajon melutason riippuvuutta ajossa käytetystä vaihteesta. Mittaukset tehtiin kummallekin ajoneuvolle käyttämällä vaihteita 2 ja 3. Mittausten tulokset on esitetty taulukossa 22.

	$L_{pAF,max}$ (dB) tasainen		$L_{pAF,max}$ (dB) kiihdytys	
	vaihte 2	vaihte 3	vaihte 2	vaihte 3
Ford Mondeo 1	74,0	73,0	77,9	76,0
	74,3	74,0	77,4	75,4
	74,3	73,0	76,6	75,8
Ford Mondeo 2	72,1	-	76,3	74,8
	70,9	-	78,0	73,8
	71,2	-	76,7	73,6

Taulukko 22. Enimmäistason $L_{pAF,max}$ riippuvuus vaihteesta (Ford Mondeo).

Tasaisella nopeudella kulkevalla ajoneuvolla vaihteen (2 tai 3) vaikutus melutasoon on pieni, mutta kiihdyttävällä ajoneuvolla ero on noin 1–3 dB siten, että vaihteella 2 on mitattu suuremmat melutasot. Varsinaisissa mittauksissa käytettiin vaihdetta 2 sekä tasaisessa että kiihtyvässä ohiajossa.

4.1.3 Ohiajomelun riippuvuus tien pinnasta kosteudesta

Mittauksissa mitattiin yhdelle ajoneuvolle (Ford Mondeo) ohiajomelu tien pinnan ollessa kuiva ja märkä. Märällä tiellä tehdyissä mittauksissa tien pinnalla oli pieniä vesilätäköitä ja muuten koko tien pinta oli kauttaaltaan märkä. Tulokset mittauksista on esitetty taulukossa 23.

Taulukko 23. Enimmäistason $L_{pAF,max}$ riippuvuus tien pinnan kosteudesta (Ford Mondeo).

	$L_{pAF,max}$ (dB) tasainen		$L_{pAF,max}$ (dB) kiihdytys	
	kuiva	märkä	kuiva	märkä
Ford Mondeo	71,2	73,1	77,0	79,4

Märkä tien pinta on esimerkkitapauksessa kasvattanut mitattuja melutasoja noin 2 dB sekä tasaisella nopeudella kulkevalle että kiihdyttävälle ajoneuvolle.

4.2 Mittausten suoritustapa

Äänitasomittauksista suoritettiin jokaisella mitatulle ajoneuvolle sekä paikallaanmittaukset että ohiajomittaukset, jos mahdollista. Esimerkiksi ajoneuvolla, jossa ei ole kierroslukumittaria, voitiin suorittaa ohiajomittaukset, mutta ei paikallaanmittauksia.

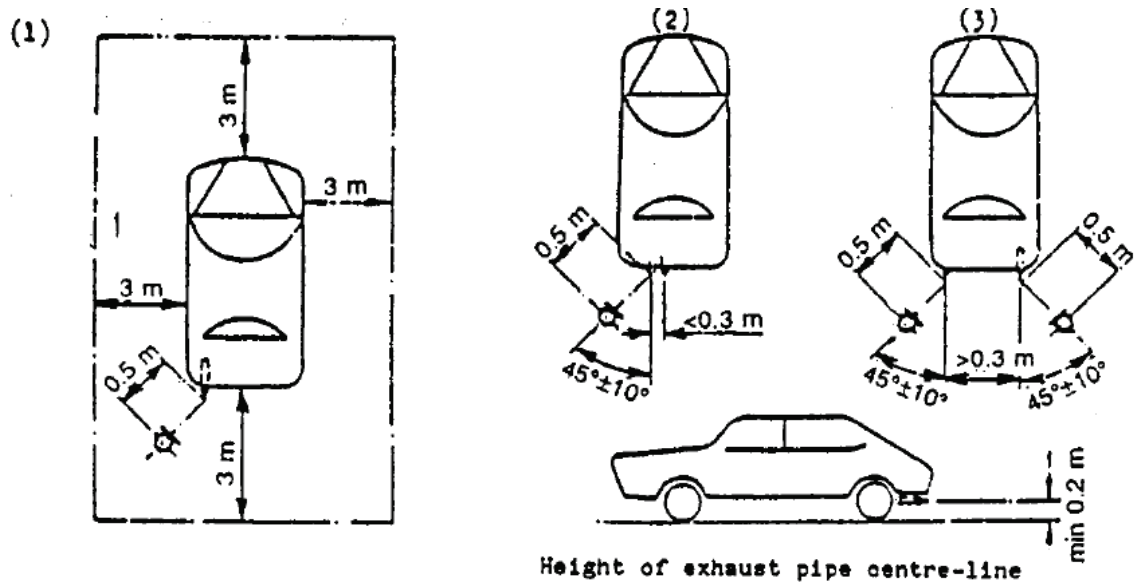
4.2.1 Paikallaanmittaukset

Paikallaanmittaukset suoritettiin testiradan sivussa. Moottorin kierrosluku säädettiin kaasuttimella haluttuun toimintapisteeseen, jonka jälkeen kaasupoljin vapautettiin ja äänitasomittarilla mitattiin enimmäistaso $L_{pAF,max}$. Tämä haluttu toimintapiste perustui moottoriajoneuvon maksimikierroslukuun. Toimintapiste määräytyy alla olevan listan mukaisesti.

- $S \leq 5000 \text{ min}^{-1}$: kierrosluku 2/3 maksimista
- $5000 \text{ min}^{-1} < S < 7500 \text{ min}^{-1}$: kierrosluku 3/750 min⁻¹
- $S \geq 7500 \text{ min}^{-1}$: kierrosluku 1/2 maksimista

Kaikista mitatuista 196 ajoneuvosta 179 ajoneuvon maksimikierrosluvut olivat yli 5000 kierrosta minuutissa, joten yleisin toimintapiste oli 3750 min⁻¹. Itse mitausasetelma oli kuvan 17 mukainen: Mikrofoni oli 0,5 metrin etäisyydellä pakoputken päästä ja $45^\circ \pm 10^\circ$ pakoputkesta vaakasuunnassa ajoneuvoon nähden (ks. kuva 16). Minimietäisyys maasta pystysuunnassa oli kuitenkin 0,2 metriä.

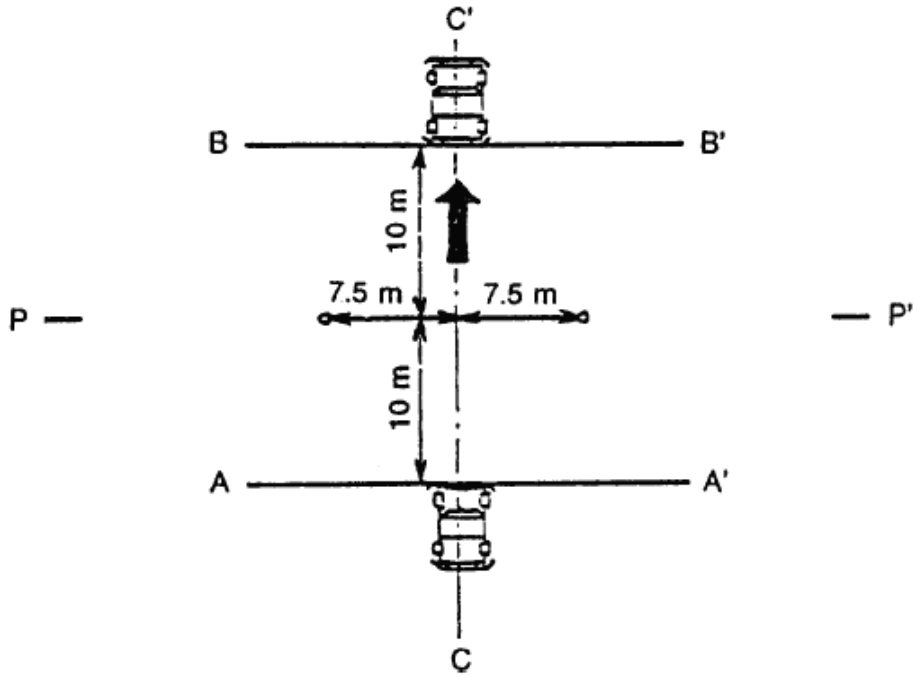
Paikallaanolomittauksista kirjattiin ylös vähintään 2 kpl peräkkäin onnistunutta mittaus tulosta jokaista ajoneuvoa kohden. Mittaukset kirjattiin onnistuneiksi, jos niiden keskinäinen ero oli enintään 1 dB.



Kuva 17. Paikallaanolomittauksen mittausasetelma

4.2.2 Ohiajomittaukset

Ohiajomittaukset suoritettiin testiradalla. Mikrofoni oli 7,5 metrin etäisyydellä ja 1,2 metrin korkeudessa ajoneuvon ajoradan keskilinjalta C (ks. kuva 18). Ajoneuvon saavutettua A ja A' välisen linjan sen nopeus oli 50 km/h ja käytetty vaihde oli 2. Mittauksia oli kaksi kappaletta; ensimmäinen ohiajomittaus oli tasaisella ja toinen kiihtyvällä nopeudella. Tasaisen nopeuden ohiajomittauksessa ajoneuvon nopeus oli 50 km/h koko mittauslinjan ajan (ks. kuva 18, pisteiden A:n ja B:n välinen matka). Kiihtyvän nopeuden ohiajomittauksessa ajoneuvon nopeus oli kohdan A ja A':n välisellä linjaan mennessä 50 km/h ja tämän linjan kohdalla kaasutin painettiin pohjaan aina B:n ja B':n väliseen linjaan asti. Käytetty vaihde oli 2.

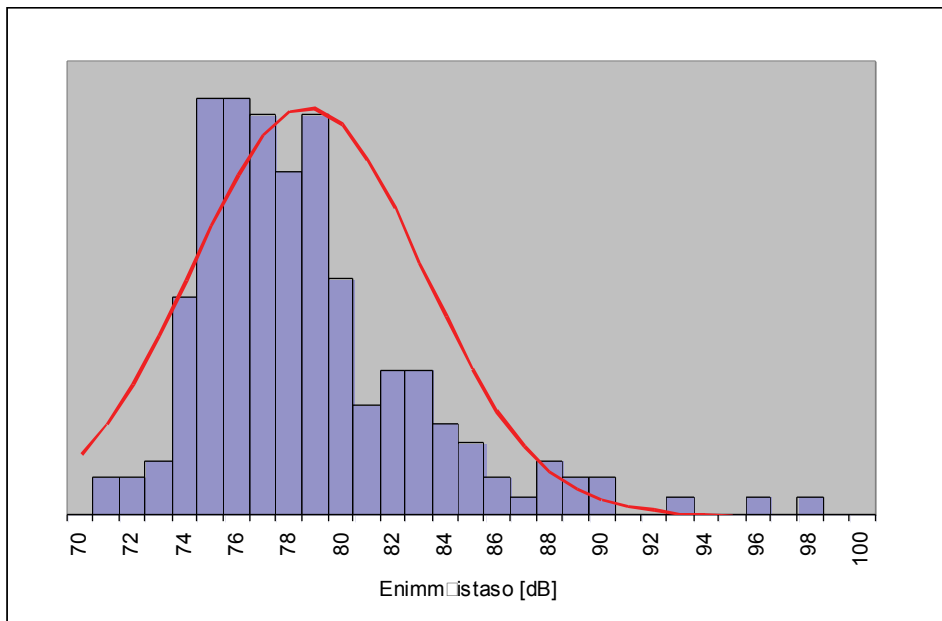


Kuva 18. Ohiajomittauksen mittausasetelma.

4.3 Mittaustulokset paikallaanolo- ja ohiajomittauksista

4.3.1 Paikallaanolomittaukset

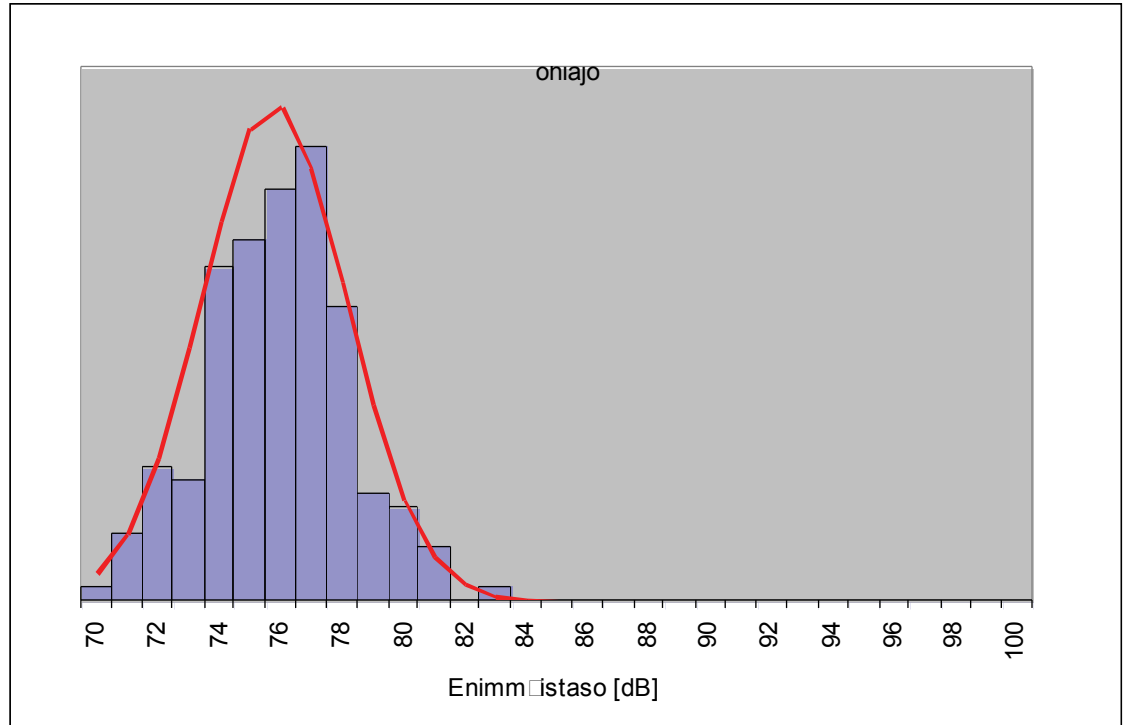
Paikallaanolomittauksissa enimmäistaso $L_{pAF,max}$ vaihteli kaikkien mitattujen ajoneuvojen kesken välillä 71–98 dB keskiarvon ollessa 79 dB. Enimmäistasojakauma on esitetty kuvassa 19.



Kuva 19. Ajoneuvojen paikallaanolomittausten enimmäistasojakauma (sin) ja siihen sovitettu normaalijakauma (pun).

4.3.2 Ohiajomittaukset

Tasaisen nopeuden ohiajomittauksissa enimmäistaso $L_{pAF,max}$ vaihteli kaikkien mitattujen ajoneuvojen kesken välillä 70–83 dB keskiarvon ollessa 76 dB. Enimmäistasojakauma on esitetty kuvassa 20.



Kuva 20. Ajoneuvojen tasaisen nopeuden ohiajomittausten enimmäistasojakauma (sin) ja siihen sovitettu normaalijakauma (pun).

Kiihtyvän nopeuden ohiajomittauksissa enimmäistaso $L_{pAF,max}$ vaihteli kaikkien mitattujen ajoneuvojen kesken välillä 73 - 95 dB keskiarvon ollessa 80 dB. Enimmäistasojakauma on esitetty kuvassa 21.

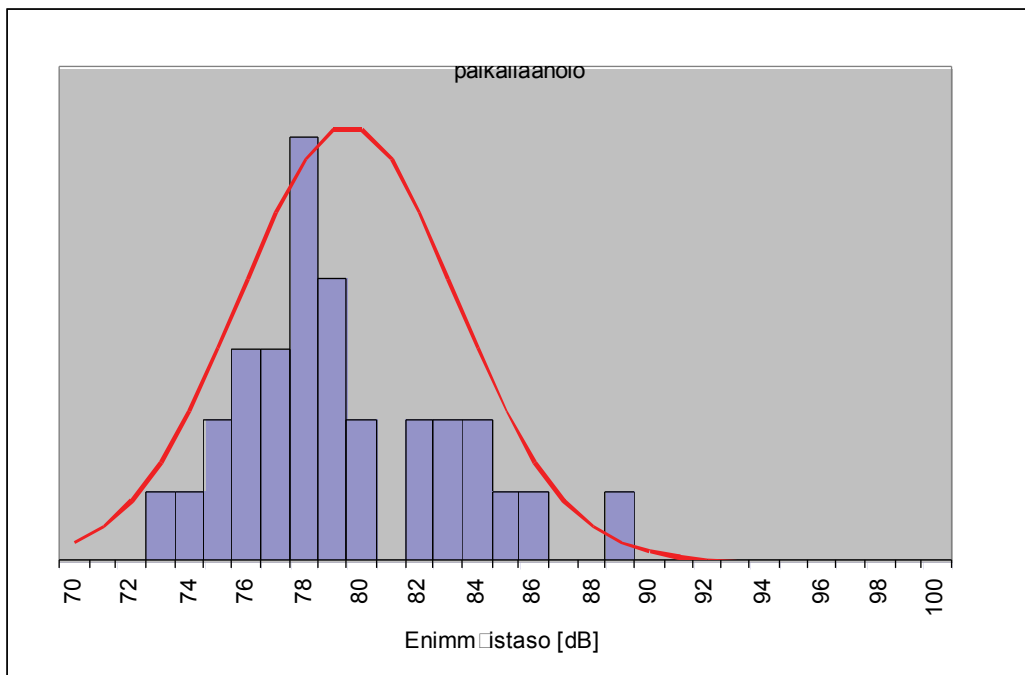
4.4 Muita analyysijä

Mitatuista ajoneuvoista pyrittiin erittelemään ominaisuuksia, joiden epäiltiin vaikuttavan enimmäistasoon. Analysoituja ominaisuuksia ovat turboahdin, ajoneuvon teho, vuosimalli sekä ajettu kilometrimäärä.

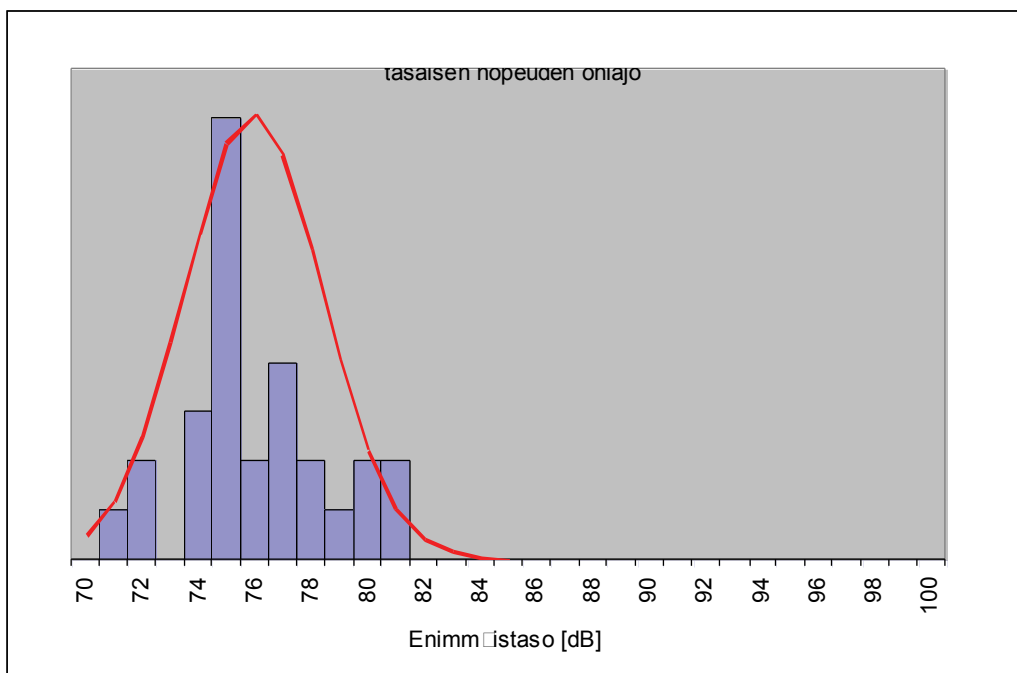
4.4.1 Turboahdin

Ajoneuvoissa, joissa oli turboahtimet paikallaan olomittausten enimmäistason $L_{pAF,max}$ vaihteluväli oli 73–89 dB keskiarvon ollessa 80 dB. Tämä enimmäistasojakautuma on esitetty kuvassa 22. Vastaava tulos tasaisen nopeuden ohiajomittauksesta on kuvassa 23. Tasaisen nopeuden ohiajossa vaihteluväli on 71–81 dB keskiarvon ollessa 76 dB. Kiihtyvän nopeuden ohiajomittauksesta enimmäistasojakauma on esitetty kuvassa 23.

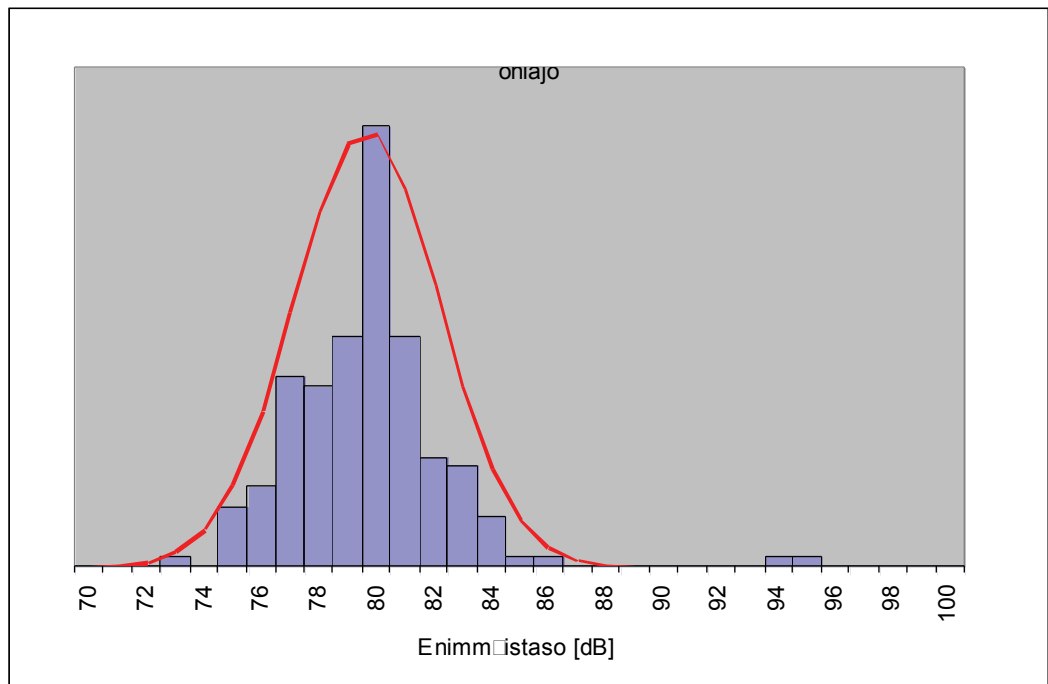
Kiihtyvän nopeuden ohiajossa vaihteluväli on 76–84 dB keskiarvon ollessa 80 dB.



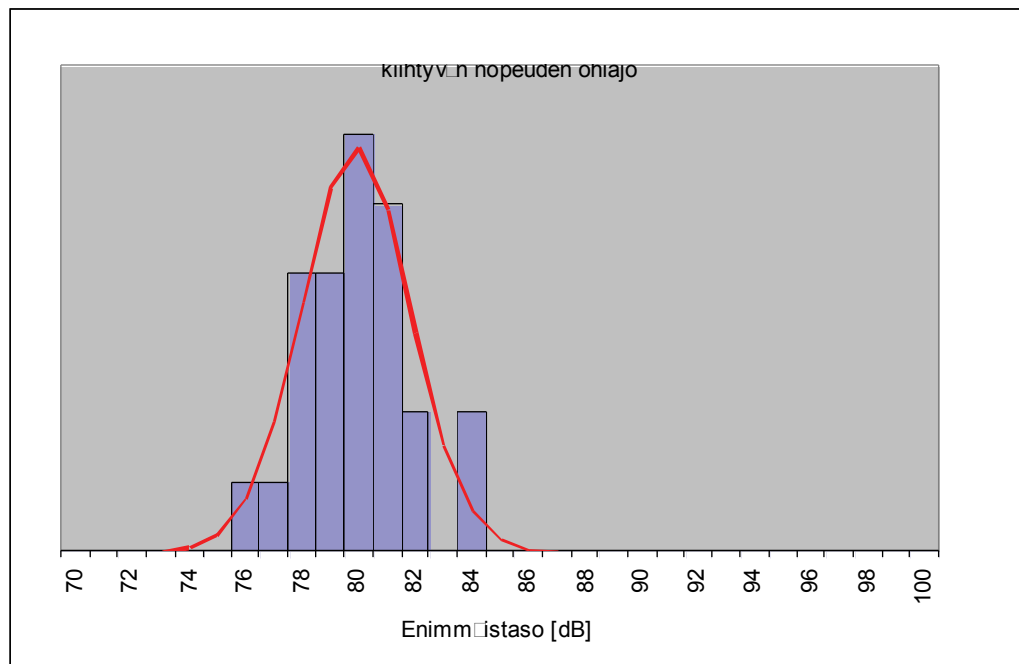
Kuva 21. Ajoneuvojen kiihtyvän nopeuden ohiajomittausten enimmäistasojakauma (sin) ja siihen sovitettu normaalijakauma (pun).



Kuva 22. Paikallaanolomittausten enimmäistasojakautuma niiden mitattujen ajoneuvojen kesken, joissa oli turboahdin (sin) ja siihen sovitettu normaalijakauma (pun).



Kuva 23. Tasaisen nopeuden ohiajomittausten enimmäistasojakautuma niiden mitattujen ajoneuvojen kesken, joissa oli turboahdin (sin) ja siihen sovitettu normaalijakauma (pun).

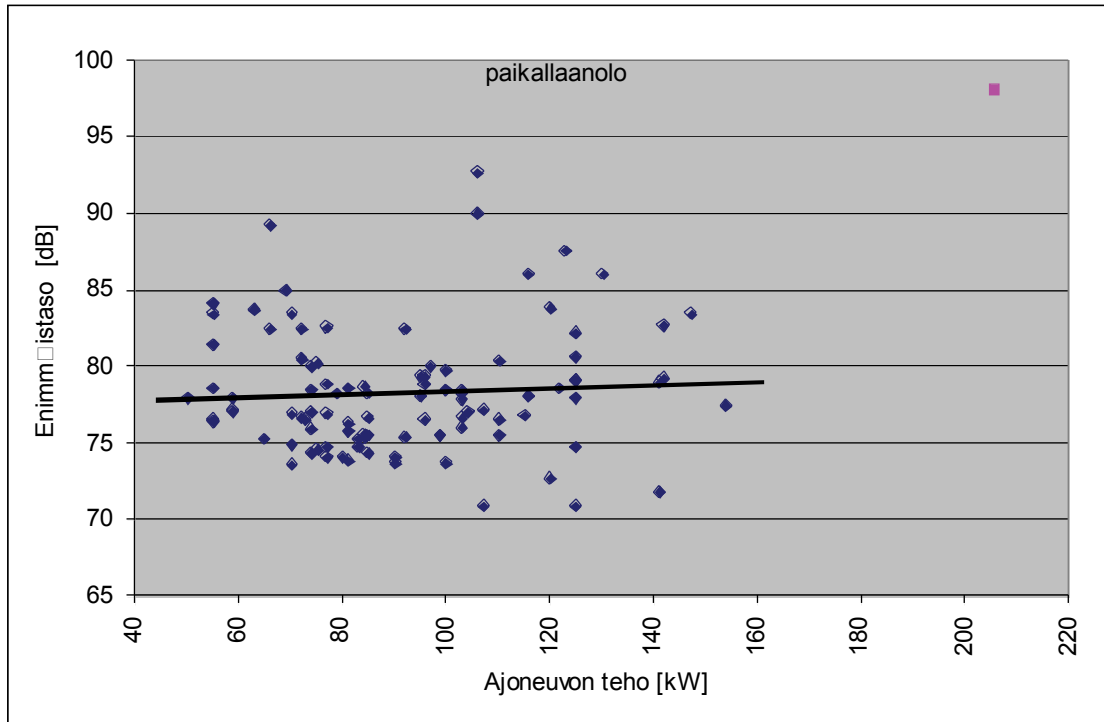


Kuva 24. Kiihtyvän nopeuden ohiajomittausten enimmäistasojakautuma niiden mitattujen ajoneuvojen kesken, joissa oli turboahdin (sin) ja siihen sovitettu normaalijakauma (pun).

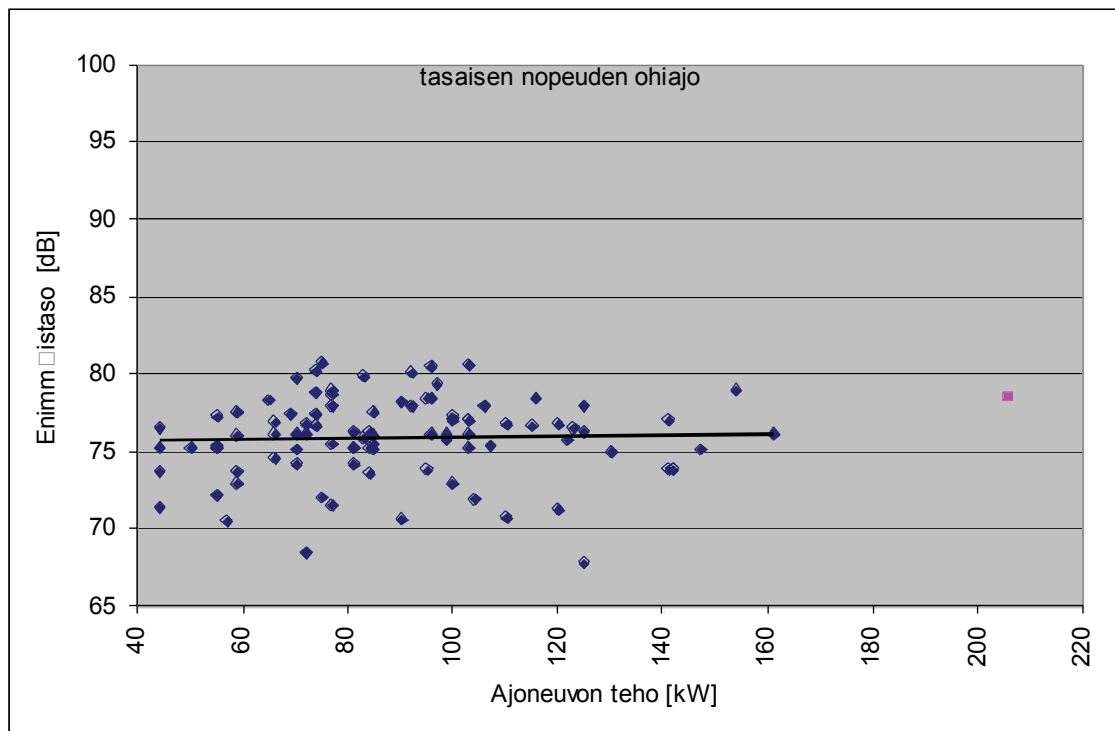
4.4.2 Ajoneuvon teho

Kuvassa 25 on esitetty ajoneuvon paikallaanoloittausten enimmäistason riippuvuus ajoneuvon tehosta. Vastaavat tulokset tasaisen nopeuden ohiajomittauksista ovat kuvassa 26 ja kiihtyvän nopeuden ohiajomittauksista kuvassa 27. Vaaleanpunaiset pisteet kuvaajissa ovat mittaustuloksia, jotka ovat jätetty pois

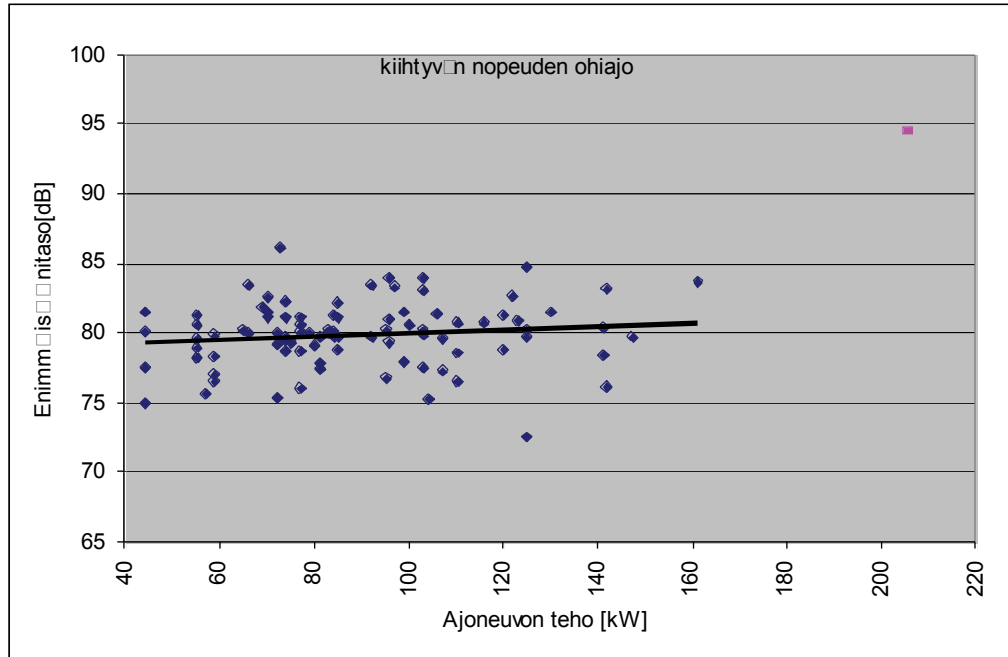
trendikäyrän laskemisessa liian vähäisen datamäärän takia. Kuvan 25 trendikäyrän kulmakerroin on $+0.095 \text{ dB} / 10\text{kW}$, kuvan 26 $+0.038 \text{ dB} / 10\text{kW}$ ja kuvan 27 $+0.125 \text{ dB} / 10\text{kW}$.



Kuva 25. Paikallaanolomittausten enimmäistasojakautuma tehon funktiona (sin), siihen sovitettu trendikäyrä (mus) ja trendikäyrän laskemisesta pois jätetty piste (vaal.pun).



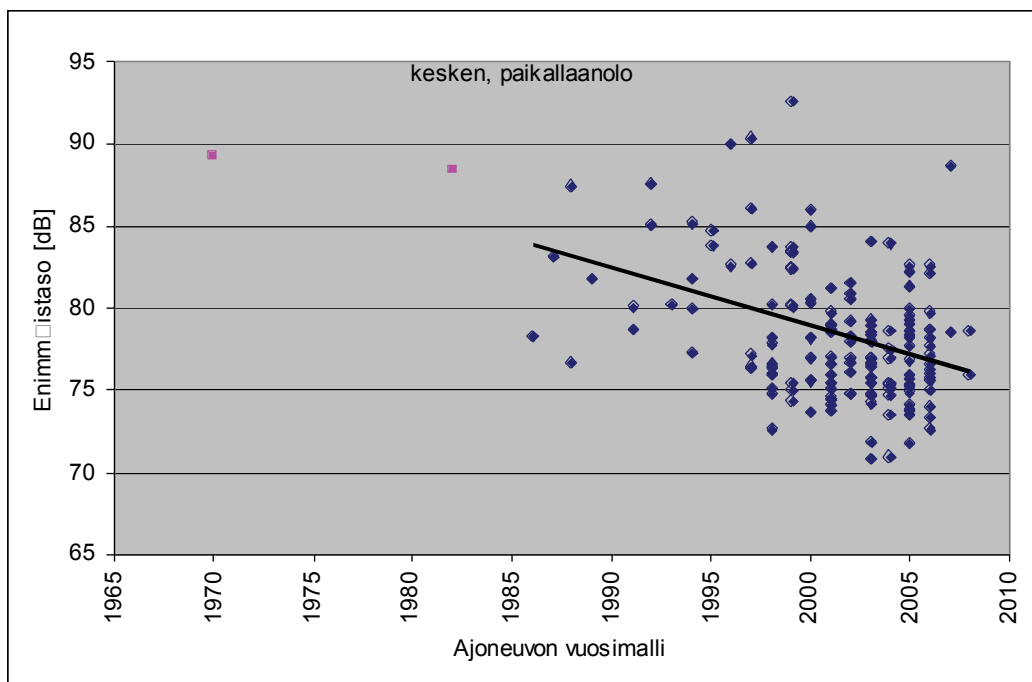
Kuva 26. Tasaisen nopeuden ohiajomittausten enimmäistasojakautuma tehon funktiona (sin), siihen sovitettu trendikäyrä (mus) ja trendikäyrän laskemisesta pois jätetty piste (vaal.pun).



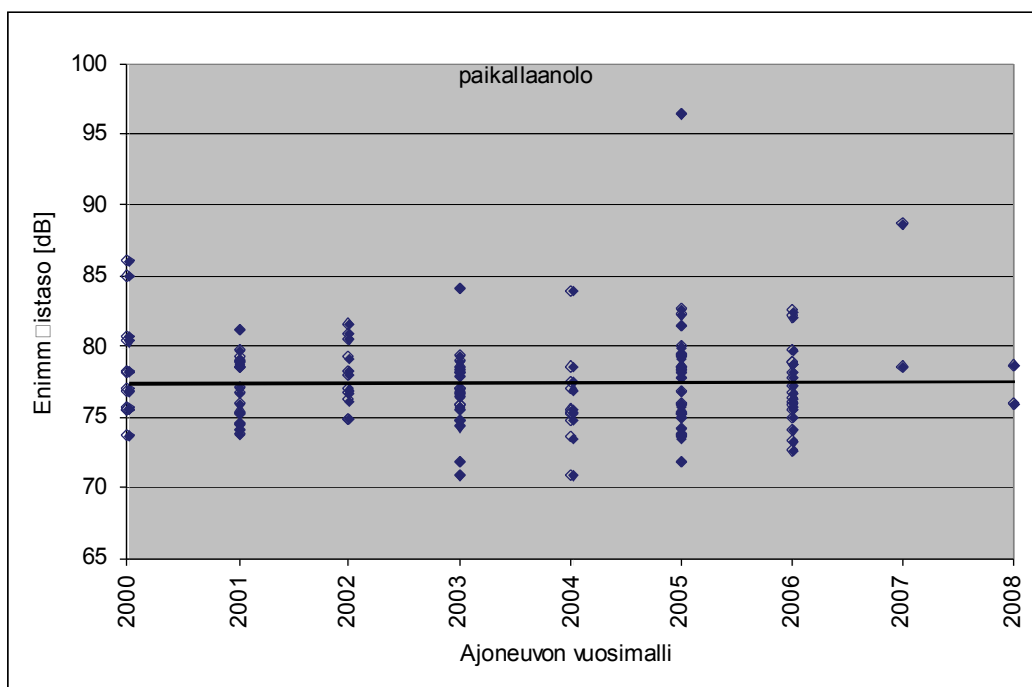
Kuva 27. Kiihtyvän nopeuden ohiajomittausten enimmäistasojakautuma tehon funktiona (sin), siihen sovitettu trendikäyrä (mus) ja trendikäyrän laskemisesta pois jätetty piste (vaal.pun).

4.4.3 Ajoneuvon vuosimalli

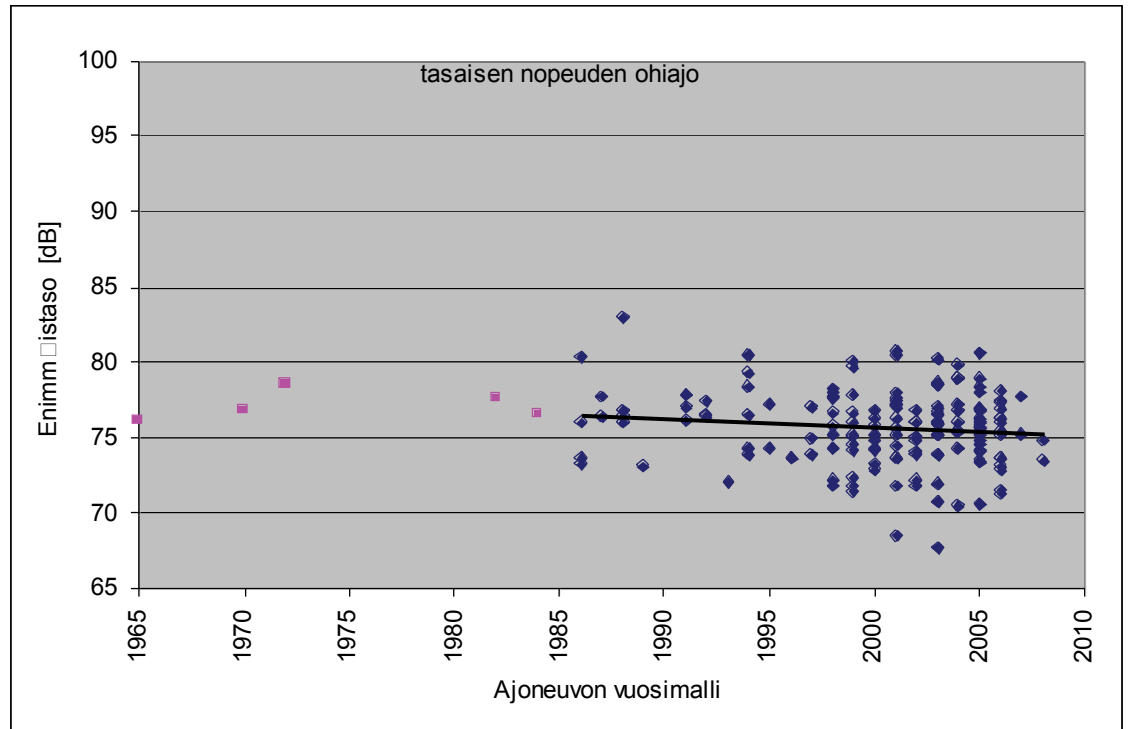
Kuvassa 28 on esitetty ajoneuvon paikallaanolo- ja kiihtyvän nopeuden mittausten enimmäistason riippuvuus ajoneuvon vuosimallista. Kuvassa 29 on vastaava kuvaaja vuosimalleille 2000–2008. Kuvia 28 ja 29 vastaavat tasaisen nopeuden ohiajomittausten tulokset on esitetty kuvissa 30 ja 31 ja vastaavasti kiihtyvän nopeuden tulokset kuvissa 32 ja 33. Vuoden 1985 aikaisemmat vuosimallit on jätetty analysoimatta, sillä näitä ajoneuvoja oli mittauksissa liian vähän ja siten ne vääristäisivät kuvaajien trendiviivoja. Kuvan 28 trendikäyrän kulmakerroin on $-3.5 \text{ dB} / 10 \text{ vuotta}$, kuvan 29 $+0.2 \text{ dB} / 10 \text{ vuotta}$, kuvan 30 $-0.64 \text{ dB} / 10 \text{ vuotta}$, kuvan 31 $+0.2 \text{ dB} / 10 \text{ vuotta}$, kuvan 32 $-0.91 \text{ dB} / 10 \text{ vuotta}$ ja kuvan 33 $+0.2 \text{ dB} / 10 \text{ vuotta}$.



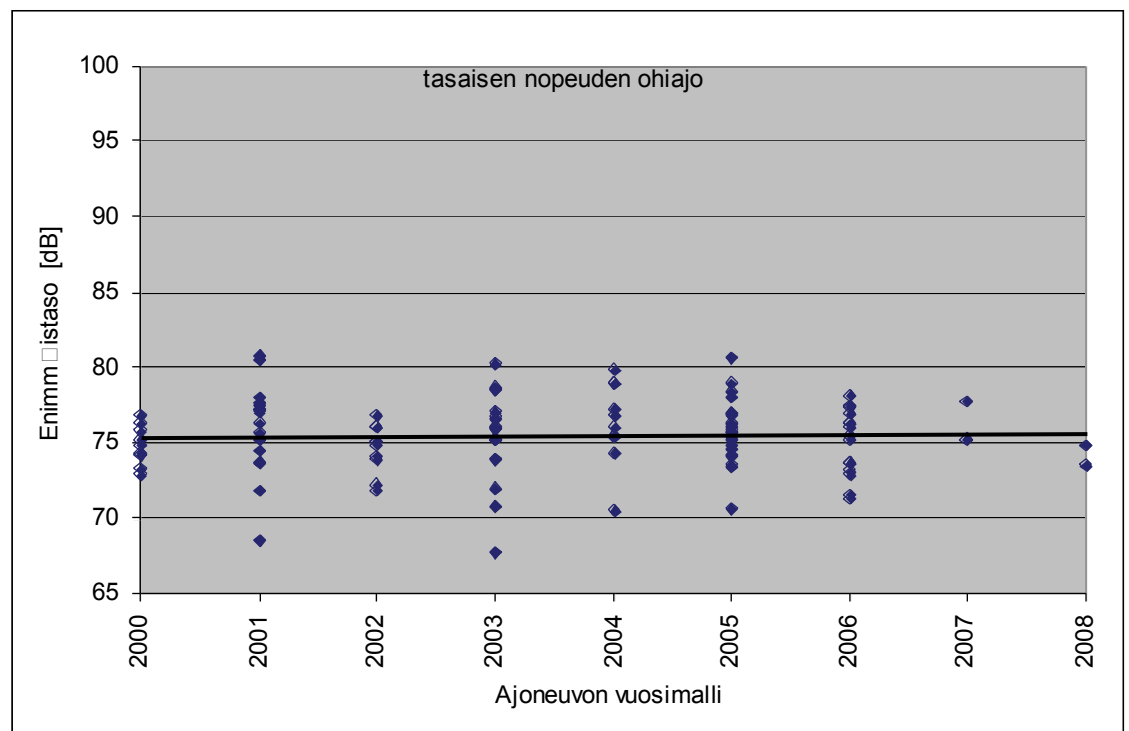
Kuva 28. Paikallaanolomittausten enimmäistasojakautuma vuosimallin funktiona (sin), siihen sovitettu trendikäyrä (mus) ja trendikäyrän laskemisesta pois jätetty piste (vaal.pun).



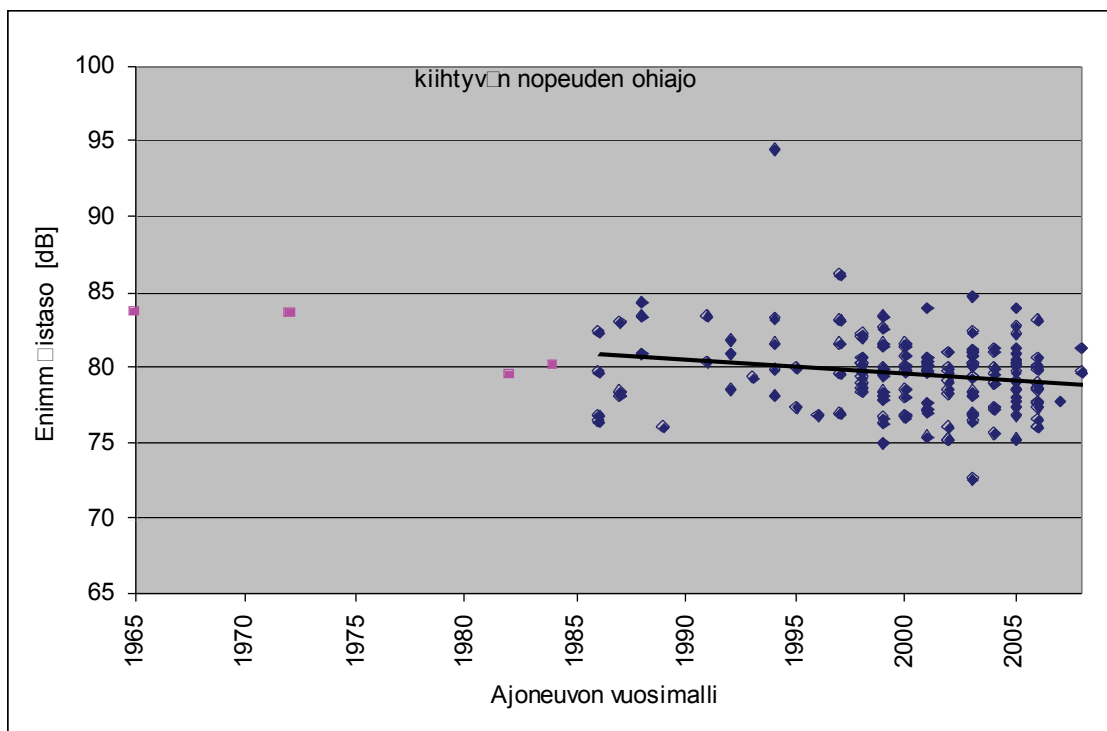
Kuva 29. Paikallaanolomittausten enimmäistasojakautuma vuosimallin funktiona (sin) ja siihen sovitettu trendikäyrä (mus), vuosimallit 2000–2008.



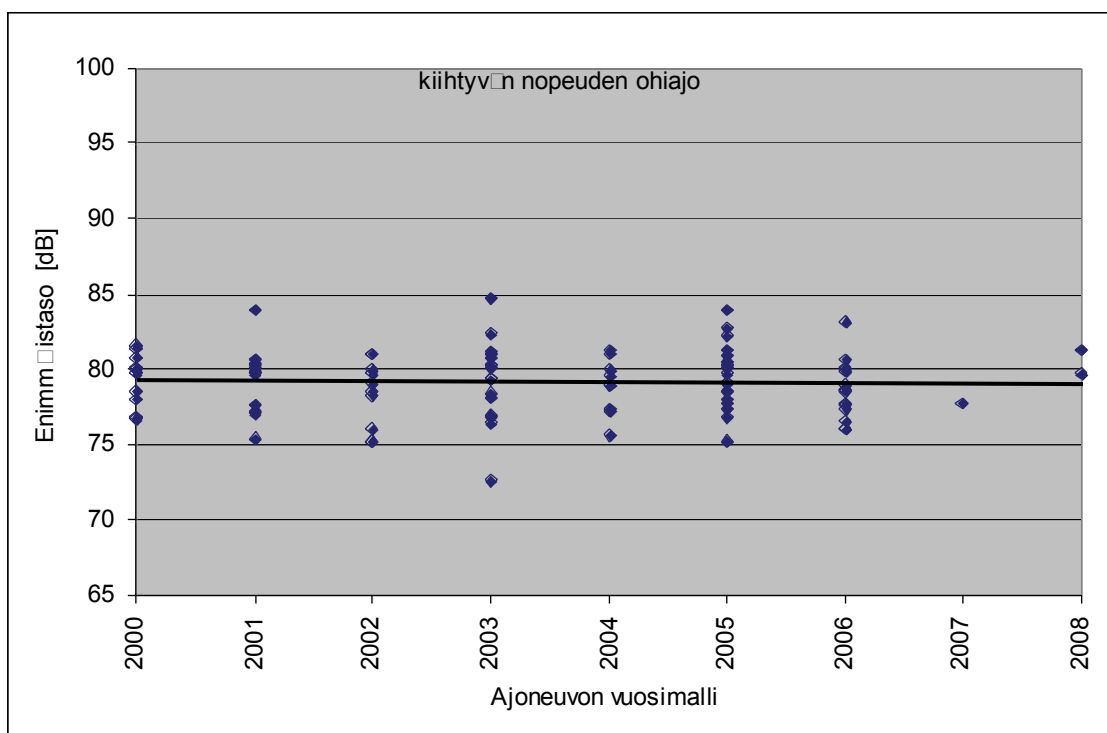
Kuva 30. Tasaisen nopeuden ohiajomittausten enimmäistasojakautuma vuosimallin funktiona (sin), siihen sovitettu trendikäyrä (mus) ja trendikäyrän laskemisesta pois jätetty piste (vaal.pun).



Kuva 31. Tasaisen nopeuden ohiajomittausten enimmäistasojakautuma vuosimallin funktiona (sin) ja siihen sovitettu trendikäyrä (mus), vuosimallit 2000 – 2008.



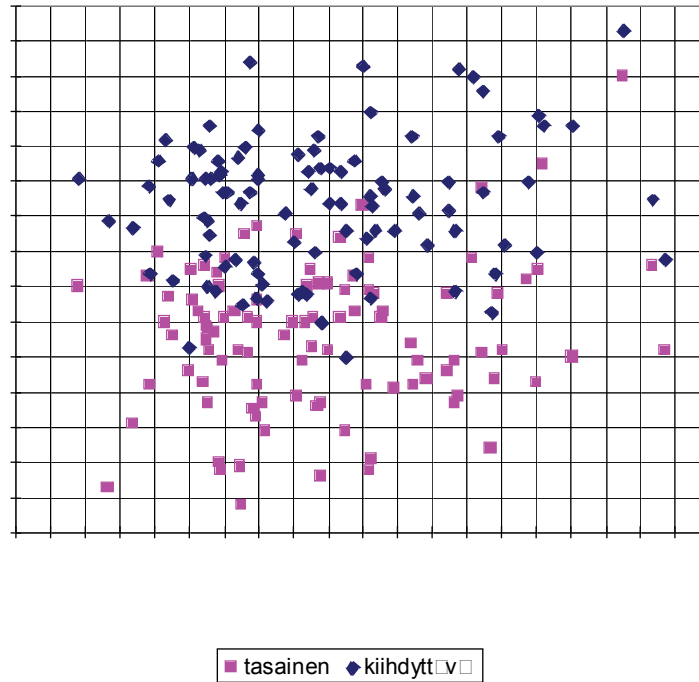
Kuva 32. Kiihtyvän nopeuden ohiajomittausten enimmäistasojakautuma vuosimallin funktiona (sin), siihen sovitettu trendikäyrä (mus) ja trendikäyrän laskeemisesta pois jätetty piste (vaal.pun).



Kuva 33. Kiihtyvän nopeuden ohiajomittausten enimmäistasojakautuma vuosimallin funktiona (sin) ja siihen sovitettu trendikäyrä (mus), vuosimallit 2000–2008.

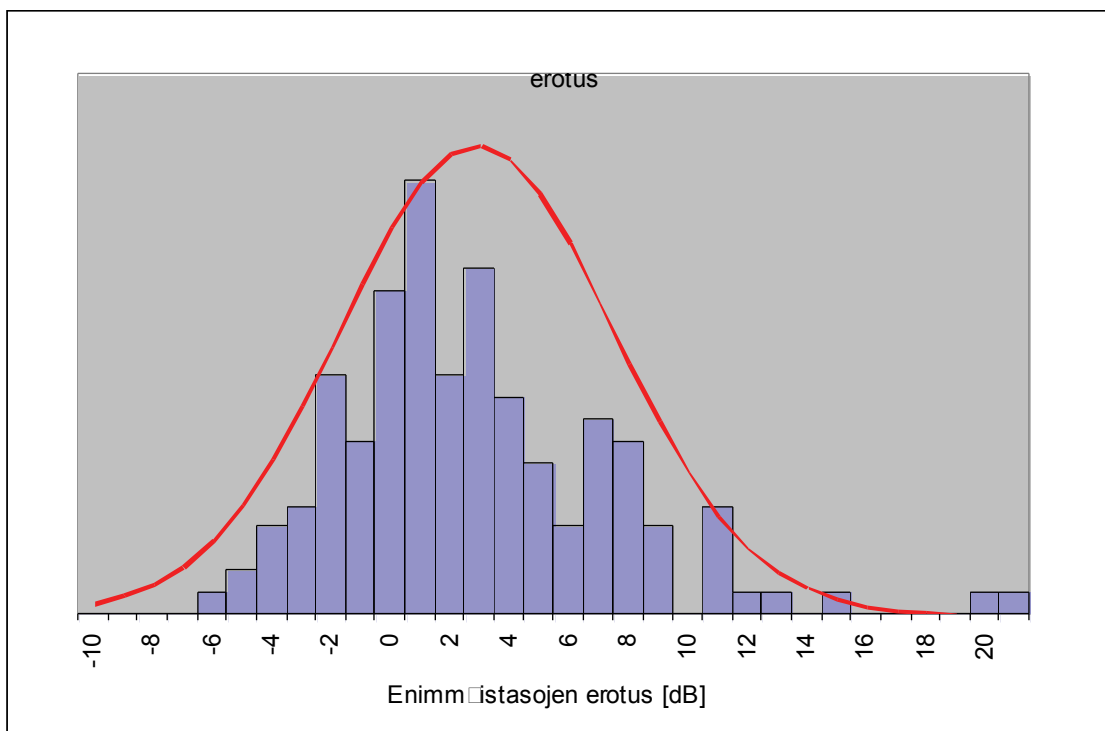
4.4.4 Paikallaanolo- ja ohiajomelutasojen väliset korrelaatiot

Kuvassa 34 on esitetty paikallaanolomelun ja ohiajomelun suhde erikseen tasaiselle ja kiihdyttävälle ohiajolle (renkaissa ei nastoja).

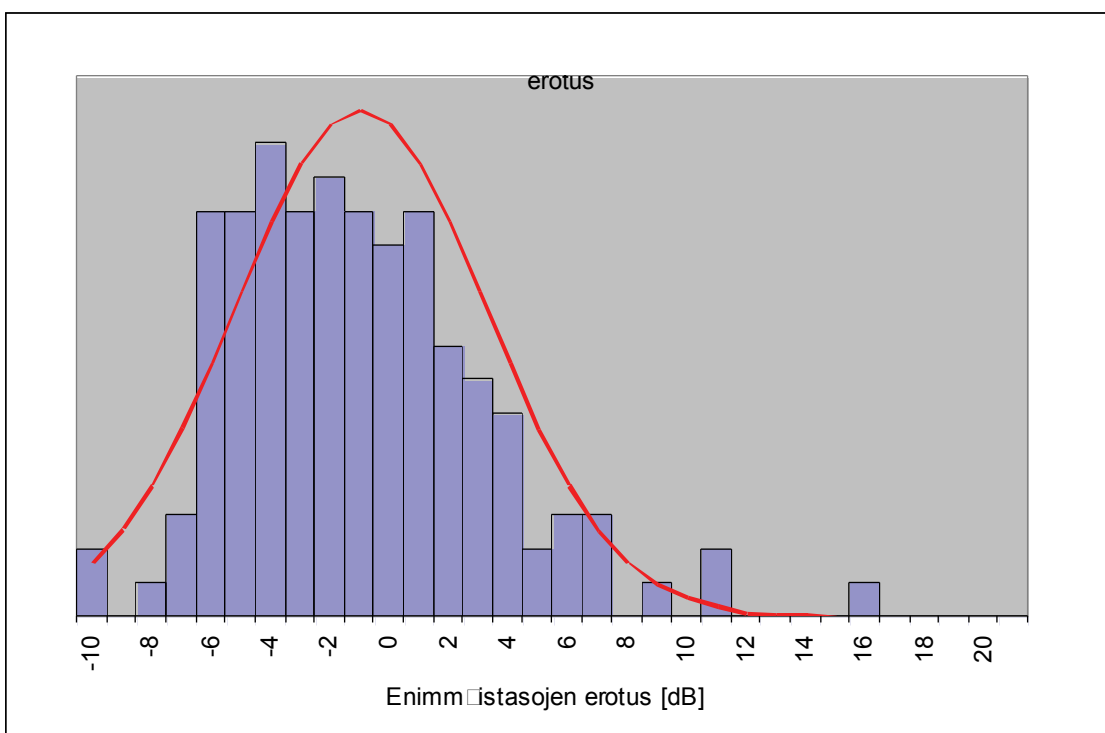


Kuva 34. Paikallaanolomelun ja ohiajomelun suhde erikseen tasaiselle ja kiihdyttävälle ohiajolle.

Kuvassa 35 on esitetty kaikkien ajoneuvojen paikallaanolo- ja tasaisen nopeuden ohiajomittausten enimmäistasojen erotusjakautuma. Vastaavasti kuvassa 36 on esitetty kaikkien ajoneuvojen paikallaanolo- ja kiihtyvän nopeuden ohiajomittausten erotusjakautuma.

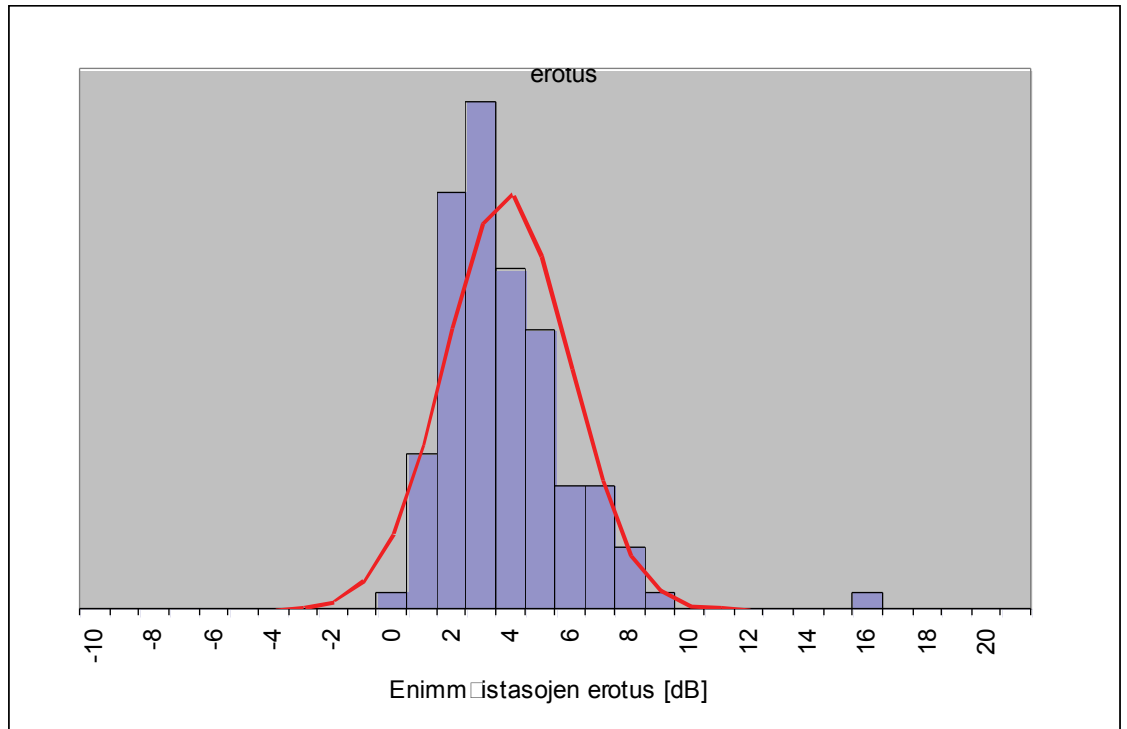


Kuva 35. Paikallaanolo- ja tasaisen ohiajomittausten enimmäistasojen välinen erotusjakauma (sin) ja siihen sovitettu normaalijakauma (pun).



Kuva 36. Paikallaanolo- ja kiihtyvän ohiajomittausten enimmäistasojen välinen erotusjakauma (sin) ja siihen sovitettu normaalijakauma (pun).

Kuvassa 37 on esitetty kaikkien ajoneuvojen paikallaanolo- ja tasaisen nopeuden ohiajomittausten erotusjakautuma.

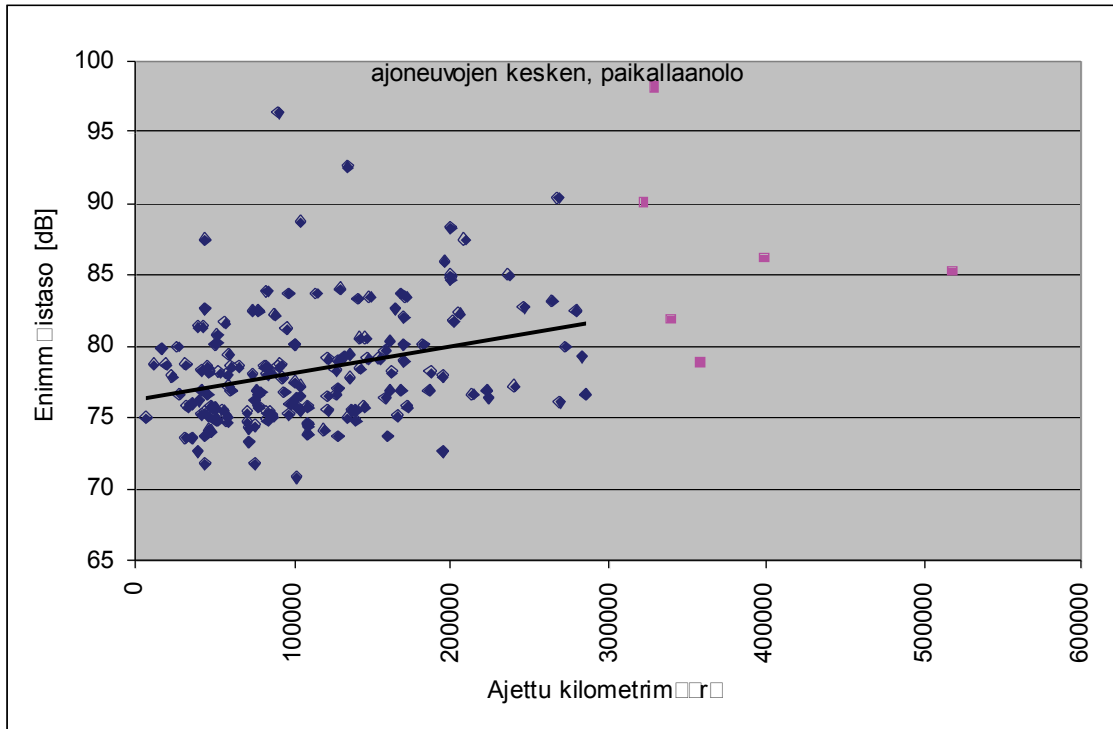


Kuva 37. Paikallaanolo- ja kiihtyvän ohiajomittausten enimmäistasojen välinen erotusjakauma (sin) ja siihen sovitettu normaalijakauma (pun).

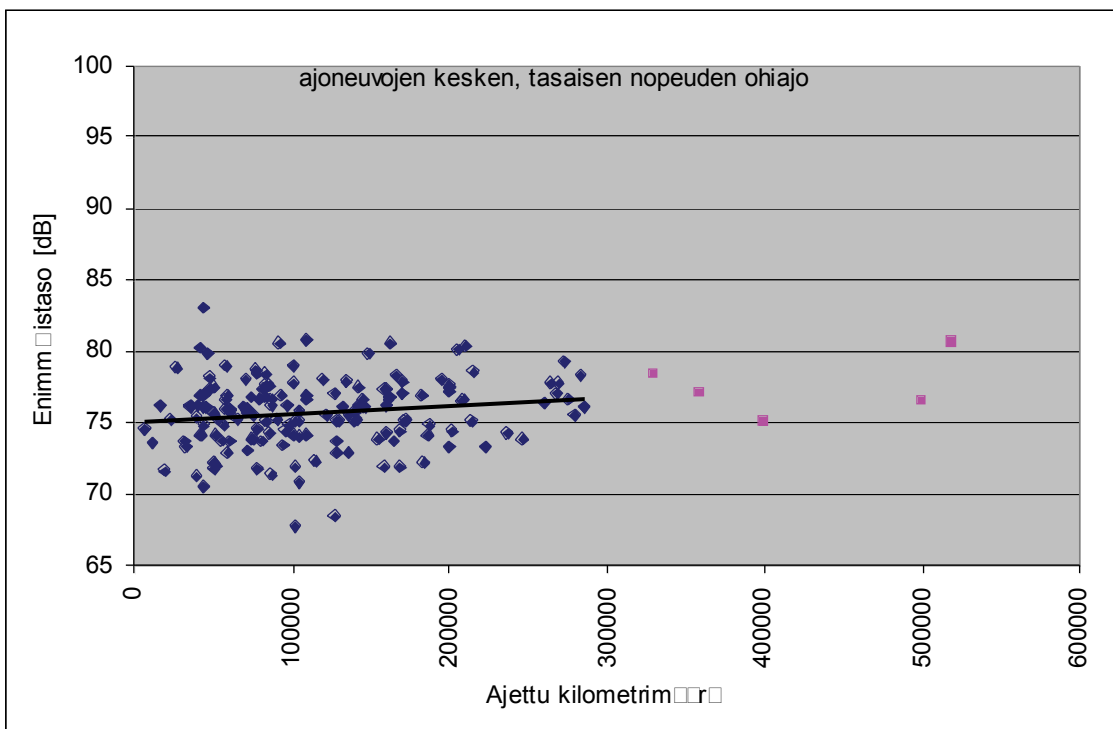
Erotuksen vaihteluväli kuvassa 35 on -6 dB - +21 dB keskiarvon ollessa +3 dB. Kuvassa 36 puolestaan vaihteluväli on -10 dB - +16 dB keskiarvon ollessa -1 dB. Kuvassa 37 erotuksen vaihteluväli on 0 dB - +16 dB keskiarvon ollessa +4 dB. Kuvien 35 - 37 nojalla voidaan sanoa, ettei tasaisen tai kiihtyvän nopeuden ohiajomittausten enimmäistasot korreloi lainkaan paikallaanolo- mittausten kanssa eikä toistensa kanssa, koska enimmäistasojen erotuksen hajonta on liian suuri.

4.4.5 Ajettu kilometrimäärä

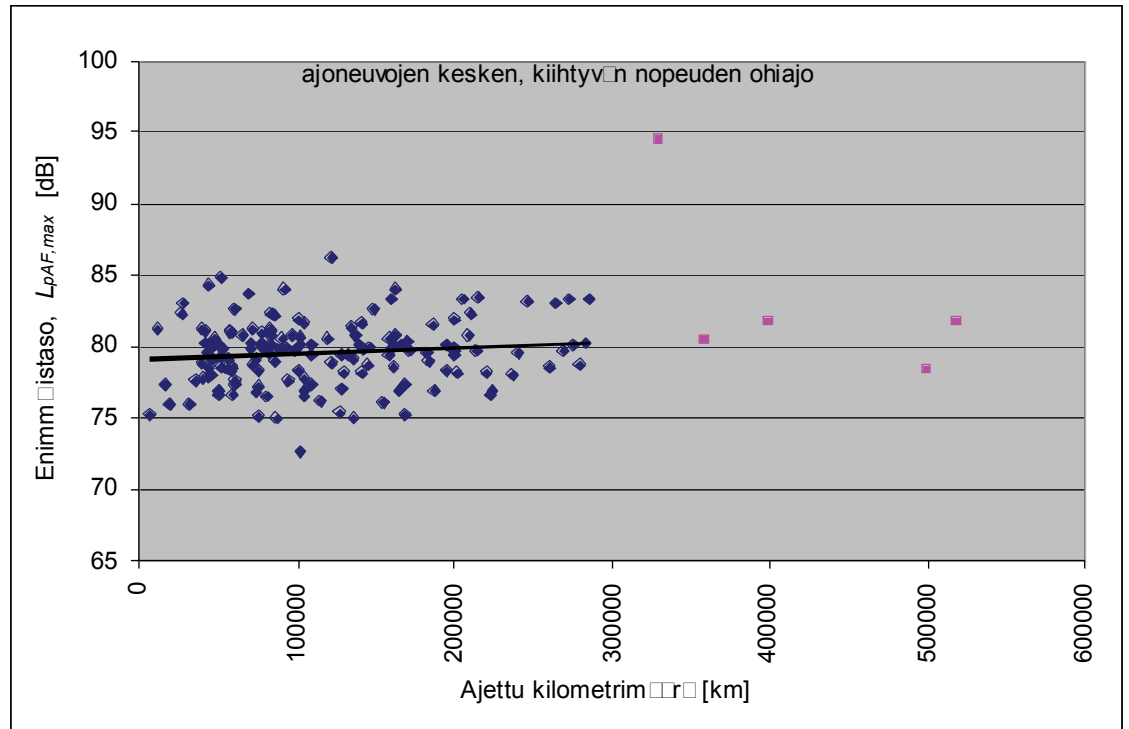
Kuvassa 38 on esitetty ajoneuvon paikallaanolo- mittausten enimmäistason riippuvuus ajoneuvolla ajetusta kilometrimäärästä. Vastaavasti kuvissa 39 ja 40 on esitetty samat kuvaajat tasaisen nopeuden ja kiihtyvän nopeuden ohiajolle. Kuvan 38 trendikäyrän kulmakerroin on +2 dB / 100000 km, kuvan 38 trendikäyrän kulmakerroin +0,5 dB / 100000 km ja kuvan 38 trendikäyrän kulmakerroin +0,4 dB / 100000 km



Kuva 38. Paikallaanolomittausten enimmäistasojakautuma ajetun kilometrimäärän funktiona (sin), siihen sovitettu trendikäyrä (mus) ja trendikäyrän laskeamisesta pois jätetty piste (vaal.pun).



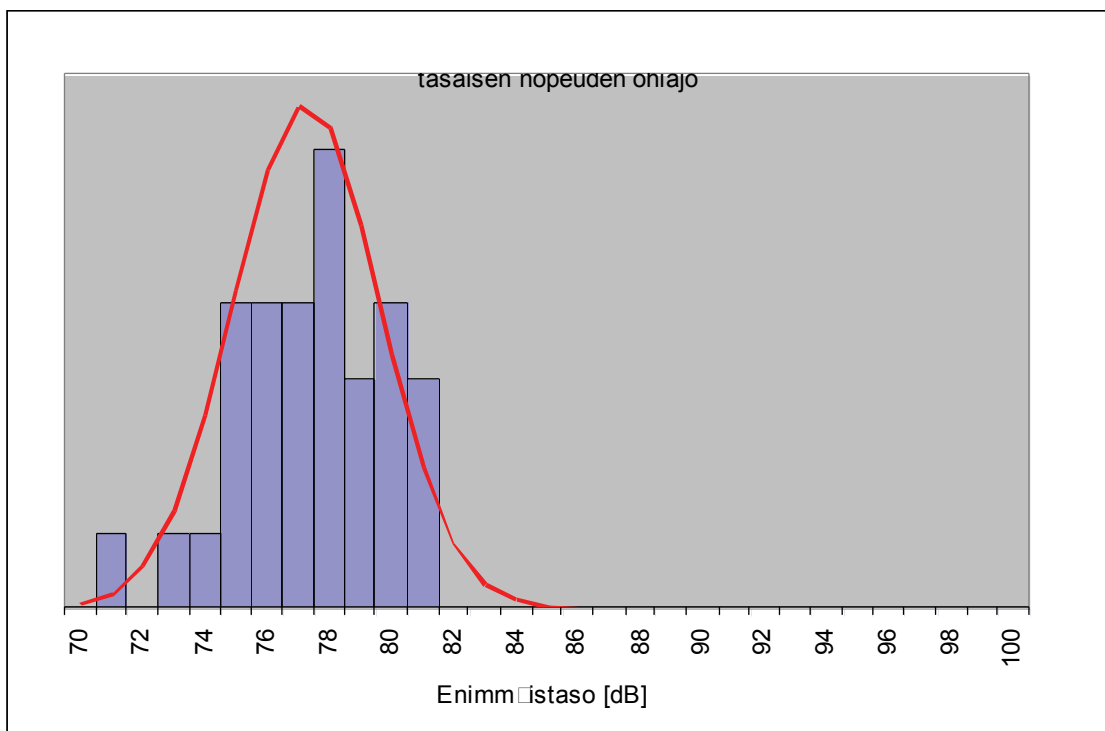
Kuva 39. Tasaisen nopeuden ohiajon enimmäistasojakautuma ajetun kilometrimäärän funktiona (sin), siihen sovitettu trendikäyrä (mus) ja trendikäyrän laskeamisesta pois jätetty piste (vaal.pun).



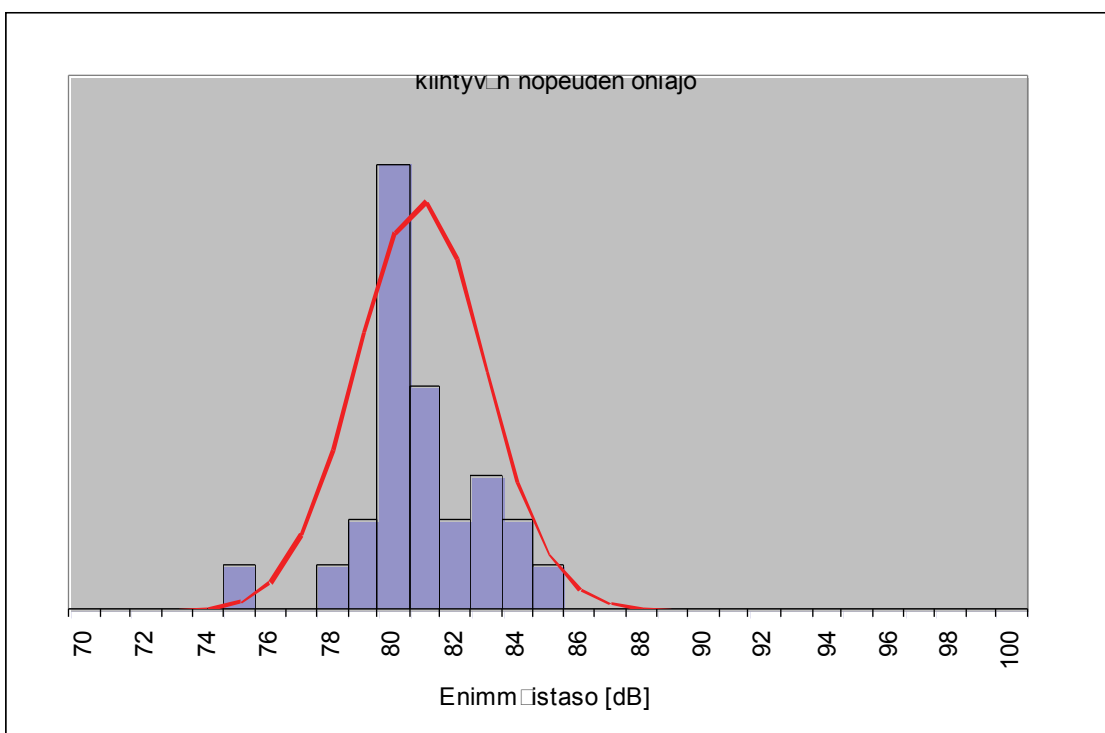
Kuva 40. Kiihtyvän nopeuden ohiajon enimmäistasojakautuma ajetun kilometrimäärän funktiona (sin), siihen sovitettu trendikäyrä (mus) ja trendikäyrän laskemisesta pois jätetty piste (vaal.pun).

4.4.6 Ajoneuvossa olevien rengastyypin vaikutus

Mitatuista 196 ajoneuvosta 35 ajoneuvossa oli nastarenkaat. Nastarenkaallisista ajoneuvoista tasaisen nopeuden ohiajon äänitasojakauma on esitetty kuvassa 41. Vastaavasti kiihtyvän nopeuden ohiajon äänitasojakauma on esitetty kuvaaajassa 42. Kuvan 41 enimmäistasojakauman keskiarvo on 77 dB ja kuvan 42 81 dB. Nämä arvot ovat 1 dB suuremmat kuin vastaavat keskiarvot ajoneuvoista, joissa oli kesärenkaat (Kuvat 20 sekä 21).



Kuva 41. Tasaisen nopeuden ohirajomittausten enimmäistasojen välinen erotusjakauma ajoneuvoille, jotka oli varustettu nastarenkailla. Enimmäistasojakauma (sin) ja siihen sovitettu normaalijakauma (pun).



Kuva 42. Kiihtyvän nopeuden ohirajomittausten enimmäistasojen välinen erotusjakauma ajoneuvoille, jotka oli varustettu nastarenkailla. Enimmäistasojakauma (sin) ja siihen sovitettu normaalijakauma (pun).

5 PAIKALLAAN OLEVIEN AJONEUVOJEN MELUN MITTAUSMENETELMÄ KATSASTUSTOIMIPAIKKOJA VARTEN

Seuraavassa on esitetty katsastustoimipaikoilla tehtäviä paikallaan olevien ajoneuvojen melumittauksia varten mittausmenetelmä, joka perustuu eri mais-
sa käytössä oleviin paikallaanolomelun mittausmenetelmiin ja tutkimuksen yhy-
teydessä tehdyissä mittauksissa saatuihin tietoihin.

Mittauspaikka

Mittaukset tehdään ulkona sijaitsevalla mittauspaikalla, jonka kohdalla maan
pinta on tasainen ja se muodostuu betonista, asfaltista tai vastaavasta kovasta
materiaalista. Pinnan tulee olla lumeton, eikä siinä saa olla irtonaista maape-
rää, ruohoa tai muuta ääntä absorboivaa materiaalia. Mittauspaikan tulee sijai-
ta avonaisessa tilassa, eikä lähellä saa olla suuria ääntä heijastavia pintoja, ku-
ten rakennuksia, pysäköityjä ajoneuvoja, puita tms. kolmen metrin säteellä mik-
rofonipisteestä ja mitattavan ajoneuvon pinnasta tarkasteltuna.

Taustamelu

Mittauksen aikana muiden äänilähteiden äänitason (taustamelun) on oltava ai-
nakin 10 dB pienempi kuin mitattavan äänilähteen äänitaso.

Sääolot mittauksen aikana

Mittauksen aikana ilman lämpötila saa olla 0 ...+30 °C ja tuulen nopeuden tulee
olla alle 5 m/s mitattuna korkeudella 1,2 m, ilmanpaineen välillä 92–105 kPa ja
ilman suhteellisen kosteuden alle 80 %.

Mittauksen aikana ajoneuvon moottorin lämpötilan tulee olla valmistajan ilmoit-
tamassa normaalilämpötilassa.

Mittauslaitteisto

Mittauslaitteiston tulee täyttää standardin IEC 61672-1 [33] vaatimukset tark-
kuusluokan 1 mittareille.

Mittauslaitteistolla tulee voida mitata enimmäistaso aikapainotuksella F (fast).

Mikrofoni on aina varustettava mittarinvalmistajan suosittelemalla tuulisuojaalla.

Mittauslaitteiden toiminta tulee tarkistaa ja tarvittavat säädöt suorittaa ulkoista
kalibrointiäänilähdettä käyttäen. Kalibrointiäänilähteen tulee täyttää standardin
IEC 60942 [34] vaatimukset. Kalibrointi suositellaan tehtäväksi ennen jokaista
mittaussarjaa ja mittauksen jälkeen. Kalibroinnissa tulee ottaa huomioon, että
koko mittaus-, tallennus- ja tulostuslaitteisto on kalibroitava, esimerkiksi mikro-
fonin jatkokaapelin vaikutus on otettava huomioon. Kalibroinnin tulee tapahtua
valmistajan ohjeiden mukaisesti. Kalibraattori on tarkistettava ainakin kerran
vuodessa.

Mikrofonin sijoitus

Mikrofoni sijoitetaan $0,5 \text{ m} \pm 0,01 \text{ m}$:n etäisyydelle pakoputken vertailupisteestä ja $45^\circ (\pm 5^\circ)$ kulmaan putken suun virtausakseliin nähden. Mikrofonin on oltava vertailupisteen korkeudella, mutta vähintään $0,2 \text{ m}$ korkeudella maanpinnasta. Mikrofonin vertailuakselin on oltava maanpinnan kanssa samansuuntainen ja suunnattu kohti pakoaukon vertailupistettä. Jos mikrofonille on kaksi mahdollista sijoituspaikkaa, valitaan ajoneuvon pituussuuntaisesta keskilinjasta kauempana oleva paikka. Jos pakoputken aukon virtausakseli on 90° :n kulmassa ajoneuvon pituussuuntaiseen keskilinjaan nähden, mikrofoni sijoitetaan kohtaan, joka on kauimpana moottorista.

Ajoneuvoissa, joissa pakoputkien aukot sijaitsevat yli $0,3 \text{ m}$ trin päässä toisistaan, tehdään mittaukset kummallakin pakoaukolla. Mikäli pakokaasun poistoon käytetään kahta, alle $0,3 \text{ m}$:n päässä toisistaan sijaitsevaa pakoaukkoa, jotka on kytketty samaan vaimentimeen, tehdään vain yksi mittausta. Mikrofonin sijainti määritetään suhteessa ajoneuvon ulkoreunaa lähinnä olevaan pakoaukkoon, tai jos kumpikaan ei ole lähempänä ulkoreunaa, suhteessa siihen pakoaukkoon, joka on ylempänä maanpinnasta.

Jos ajoneuvossa on pystysuorassa oleva pakoaukko, mikrofoni sijoitetaan pakoaukon korkeudelle siten, että sen akseli on pystysuorassa ja suunnattuna ylöspäin. Mikrofoni sijoitetaan $0,5 \text{ m} \pm 0,01 \text{ m}$:n etäisyydelle pakoputken vertailupisteestä, mutta ei lähemmäksi kuin $0,2 \text{ m}$:n päähän siitä ajoneuvon kyljestä, joka on lähinnä pakoaukkoa.

Jos pakoaukko sijaitsee ajoneuvon korin alla, mikrofoni sijoitetaan vähintään $0,2 \text{ m}$:n päähän ajoneuvon lähimmästä osasta kohtaan, joka on lähimpänä pakoputken vertailupistettä, mutta kuitenkin vähintään $0,5 \text{ m}$:n päässä siitä, ja $0,2 \text{ m}$:n korkeudelle maanpinnasta. Mikrofoni ei saa olla samassa linjassa pakokaasuvirtauksen kanssa.

Moottorin tavoitekiertosuoritus

Moottorin tavoitekiertosuoritus määritellään seuraavasti:

- 75 % moottorin kiertosuorituksesta S ajoneuvoissa, joiden nimelliskiertosuoritus on $\leq 5\,000 \text{ min}^{-1}$
- $3\,750 \text{ min}^{-1}$ ajoneuvoissa, joiden nimelliskiertosuoritus on yli $5\,000 \text{ min}^{-1}$ mutta alle $7\,500 \text{ min}^{-1}$
- 50 % moottorin kiertosuorituksesta S ajoneuvoissa, joiden nimelliskiertosuoritus on $\geq 7\,500 \text{ min}^{-1}$.

Mittauksessa käytettävä moottorin tavoitekiertosuoritusta vastaava kiertosuoritus määritetään joko takometrillä tai se voidaan lukea myös ajoneuvon kiertosuoritusmittarista, jos takometriä ei ole saatavilla.

Jos mitattava ajoneuvo on mitattu tyyppihyväksyntämittauksissa edellä esitetystä poikkeavilla moottorin kiertosuoritusilla, mittaukset tehdään myös tyyppihyväksynnässä käytetyllä kiertosuoritusilla.

Mittauksen suoritus

Mittauksissa mitataan suurin melutaso ilmaistuna A-painotettuina desibeleinä käyttämällä aikapainotusta F (fast).

Ajoneuvo sijoitetaan testialueen keskelle vaihde ”vapaalla”-asennossa ja kytkin kytkettynä. Ennen mittauksia moottori on saatettava valmistajan määritelmän mukaiseen tavanomaiseen toimintakuntoon. Jos ajoneuvoon on asennettu automaattisella käynnistysmekanismilla varustettuja tuulettimia, niiden järjestelmiin ei saa puuttua melutason mittausten aikana. Moottoritila tai konepelti, jos sellainen on, suljetaan.

Moottorin kierrosnopeus nostetaan tasaisesti joutokäynnistä tavoitekierrosnopeuteen ja pidetään siinä vakiona. Sen jälkeen kaasupoljin vapautetaan nopeasti ja annetaan kierrosnopeuden laskea joutokäynnille. Melutaso mitataan käyttöjakson aikana, joka käsittää vakiokierrosnopeuden ylläpidon noin 1 sekunnin ajan sekä koko hidastumisjakson. Testin tulos on käyttöjakson aikana mitattu enimmäistaso (aikapainotus F ja taajuuspainotus A), pyöristettynä yhden kymmenesosan tarkkuudella.

Mittauksia tehdään vähintään kaksi kussakin testiasennossa. Suurin A-painotettu äänenpainetaso, joka on mitattu kunkin mittauksen aikana, kirjataan ylös. Kyseistä mittausasentoa koskevan lopullisen tuloksen laskemiseen käytetään kahta ensimmäistä peräkkäistä pätevää mittaustulosta, jotka eroavat toisistaan enintään 2 dB. Lopullinen tulos on kaikista mittausasunnoista ja kahdesta mittaustuloksesta suurempi melutaso pyöristettynä täysiksi desibeleiksi.

Mittausraportti

Mittausraportissa tulee olla mittaustulosten lisäksi vähintään seuraavat tiedot:

- a) testattavana olevan ajoneuvon merkki, malli, käyttöönottovuosi ja rekisterinumero
- b) testauspaikan tiedot ja sääolotiedot
- c) mittauksissa käytettyjen laitteiden tiedot
- d) mitatut taustamelun tasot ennen mittauksia ja mittausten jälkeen
- e) mittauksissa käytetty moottorin pyörintänopeus.

6 PAIKALLAAN OLEVIENT AJONEUVOJEN MELUTASON RAJA-ARVOT

Paikallaan olevien ajoneuvojen melulle on käytössä melun raja-arvoja vain joissakin maissa. Esimerkiksi EU:n alueella raja-arvot on annettu vain standardin ISO 362 mukaisesti mitatulle ohiajomelulle ja tyyppihyväksyntätestien yhteydessä mitattuja paikallaan olevien ajoneuvojen melun mittaustuloksia käytetään vain vertailutarkoituksiin.

Muissa maissa annetut melutason raja-arvot paikallaan oleville ajoneuvoille vaihtelevat runsaasti riippuen maasta ja ajoneuvojen tyypistä. Bensiinikäyttöisille ajoneuvoille annetut raja-arvot vaihtelevat eri maissa välillä 90–96 dB, mutta käytetyissä mittausten menetelmissä on sen verran eroja, etteivät eri maiden arvot ole suoraan vertailukelpoisia.

Tämän työn yhteydessä tehdyissä mittauksissa Suomessa käytössä oleville ajoneuvoille mitatut melutasot paikallaan oleville ajoneuvoille vaihtelivat välillä 71–98 dB, mutta vain neljän mitatun ajoneuvon melutaso oli yli 90 dB. Tyyppihyväksyntätestien yhteydessä vastaaville ajoneuvoille mitatut paikallaan olevien ajoneuvojen melutasot ovat olleet luokkaa 74–88 dB. Suomessa käytössä oleville ajoneuvoille muiden maiden 90–96 dB melun raja-arvoilla paikallaan oleville ajoneuvoille ei ole kovinkaan paljon merkitystä, sillä lähes kaikki ajoneuvot alittavat sen selvästi. Myös muissa maissa on havaittu, että raja-arvot ovat sen verran korkeita, ettei niillä ole käytännössä merkitystä.

Ongelmana paikallaan oleville ajoneuvoille mahdollisesti sovellettavissa melun raja-arvoissa on, että ohiajomelun ja paikallaanolomelun välinen suhde voi eri ajoneuvoilla vaihdella runsaasti. Työn yhteydessä tehdyissä mittauksissa joillakin ajoneuvoilla paikallaanolomelu on ollut pienempi kuin ohiajomelu ja toisilla taas päinvastoin ohiajomelu on ollut pienempi. Jos kaikkiin ajoneuvoihin sovellettaisiin samaa melko tiukaksi asetettua paikallaanolomelun raja-arvoa, joillakin ajoneuvoilla ilmenisi selvä ristiriita ohiajomelulle annetun raja-arvon kanssa. Jos taas paikallaanolomelun raja-arvo asetettaisiin niin korkeaksi, ettei minäkäänlaisia ristiriitoja ohiajomelun kanssa pääsisi syntymään, paikallaanolomelun raja-arvolla ei olisi käytännössä kovinkaan paljon merkitystä.

Paikallaan olevien ajoneuvojen melun mittaaminen katsastustoimipaikoilla tulisi lähtökohdaltaan olla sellainen, että mittausten tuloksia voidaan verrata tyyppihyväksyntätestien yhteydessä samantyyppiselle ajoneuvolle mitattuihin tuloksiin. Esimerkiksi Norjassa käytössä oleva menettely sallii sen, että viranomaisen mittaama paikallaan olevien ajoneuvojen melu saa ylittää 5 dB tyyppihyväksynnässä vastaavalle ajoneuvotyyppille mitatun arvon tai vastaavasti 2 dB melun asiantuntijalaboratorion kyseiselle ajoneuvolle mittaaman paikallaanolomelun. Tämän tyyppisen järjestelmän käytöllä pystyttäisiin katsastukseen tulevista ajoneuvoista yksilöimään ne, joiden paikallaanolomelu on syystä tai toisesta kasvanut suuremmaksi kuin mitä tyyppihyväksynnän yhteydessä on mitattu. Mikäli katsastuksen yhteydessä mitattu paikallaan olevan ajoneuvon melutaso olisi yli 5 dB suurempi kuin tyyppihyväksyntämittauksessa vastaavalle ajoneuvotyyppille mitattu melutaso, ajoneuvon omistaja voitaisiin velvoittaa korjaamaan esimerkiksi pakoputken vaihdolla tilanne sellaiseksi, ettei vaadittava melutaso ylity. Tällaisessa systeemissä voidaan ottaa huomioon eri ajoneu-

votyyppien todella paljon merkistä ja tyypestä toiseen vaihtelevat paikallaanolomelut.

Mittausmenetelmien muutosten takia mahdollisten paikallaanolomelun raja-arvojen määrittämistä varten tarvitaan vielä runsaasti kaikissa EU-maissa uusi-
tuilla ISO 362- ja ISO 5130-standardeilla mitattuja tuloksia. Vasta kattavan tilastotiedon perusteella voitaisiin päätellä, onko yleensäkin mahdollista määrittää raja-arvoja kahdella eri tavalla mitatuille ajoneuvojen meluille.

7 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Tutkimuksessa on selvitetty, voitaisiinko ajoneuvojen melumittauksia suorittaa katsastustoimipaikoilla, millaisilla menetelmillä ne olisivat tehtävissä ja millälaisia laitteita mittauksiin tarvittaisiin. Työn yhteydessä on tehty ajoneuvoille melumittauksia, joissa on mitattu sekä paikallaan olevien ajoneuvojen että liikuvien ajoneuvojen melutasoja.

Muiden maiden käytäntöjen ja työn yhteydessä tehtyjen mittausten perusteella on laadittu Suomen oloihin soveltuvat ohjeet paikallaan olevan ajoneuvon melun mittaamiseksi katsastustoimipaikoilla. Laaditun mittaushjeen, muiden maiden käytäntöjen sekä mittausten perusteella on myös arvioitu, olisiko mahdollista ottaa Suomessa käyttöön melun raja-arvoja paikallaan oleville ajoneuvoille ja millä tavalla raja-arvot olisi määritettävä, jotta niillä olisi käytännössä vaikutusta.

7.1 Melun mittaamenetelmät

Eri maissa käytettävien paikallaan olevien ajoneuvojen melun mittaamiseen tarkoitettujen menetelmien selvittäminen osoitti, että useissa maissa on käytössä omia paikallaan olevien ajoneuvojen melun mittaamiseen tarkoitettuja menetelmiä. Suurin osa mittaamenetelmistä perustuu kansainvälisenä yhteistyönä kehitettyihin ohjeisiin sovellettuna tietyn maan omiin olosuhteisiin ja vaatimuksiin sopiviksi. Tutkimus osoitti, että menetelmien yksityiskohdissa on sen verran paljon eroja, että niillä saatavat tulokset eivät aina ole vertailukelpoisia.

7.2 Melun raja-arvot

Yleensä melupäästörajoitukset koskevat ohiajomittauksilla mitattuja meluarvoja, mutta joissakin maissa on annettu melurajoja myös paikallaan olevien ajoneuvojen melupäästöille. Käytössä olevien paikallaan olevien ajoneuvojen melun raja-arvojen ja näihin liittyvien määräysten tutkiminen osoitti, että asetetut melurajat eivät toimi käytännössä kovinkaan tehokkaasti johtuen siitä, että melurajat on asetettu liian korkeiksi. Tutkimuksen yhteydessä tehdyt mittaukset puolestaan osoittivat, että mahdolliset paikallaan olevien ajoneuvojen melun raja-arvot olisivat joidenkin ajoneuvotyyppien kohdalla ristiriitaisia EU-maissa käytössä olevien ohiajomelulle annettujen raja-arvojen kanssa. Jos Suomessa halutaan antaa paikallaan olevien ajoneuvojen melulle raja-arvoja, ne tulisi antaa perustuen tyyppi hyväksynnän yhteydessä mitattuihin paikallaan olevien ajoneuvojen melutasoihin esimerkiksi siten, että katsastustoimipaikoilla mitattu paikallaan olevien ajoneuvojen melu ei saa ylittää yli 5 dB tyyppi hyväksynnässä vastaavalle ajoneuvolle mitattua meluarvoa.

7.3 Mittaukset

Työn yhteydessä on tehty melumittauksia ajoneuvoille siten, että kullekin ajoneuvolle mittaukset on tehty sekä sen ollessa paikallaan että liikkuessa. Ohiajomelu on mitattu sekä ajoneuvon kulkiessa tasaisella nopeudella että kiihdyttäessä. Mitattujen ajoneuvojen vuosimallit vaihtelivat vuodesta 1965 tämän vuoden malleihin. Ajoneuvoja mitattiin yhteensä 196 kappaletta.

Paikallaanolomittauksissa enimmäistaso $L_{pAF,max}$ oli mitatuilla ajoneuvoilla 71–98 dB (keskiarvo 79 dB). Tasaisen nopeuden ohiajomittauksissa enimmäistaso $L_{pAF,max}$ oli mitatuilla ajoneuvoilla 70–83 dB (keskiarvo 76 dB) ja vastaavasti kiihtyville ajoneuvoille 73–95 dB (keskiarvo 80 dB). Ohiajomittauksien tuloksia tarkasteltaessa on otettava huomioon, että niissä käytetty mittauspaikka ei täytä tyyppihyväksyntämittauksille asetettuja vaatimuksia. Verrattaessa joidenkin mitattujen ajoneuvojen mittaustuloksia tyyppihyväksynnässä mitattuihin ohiajomelutuloksiin voidaan päätellä, että mittauspaikalla on mitattu noin 7 dB suurempia arvoja ohiajomelulle kuin tyyppihyväksyntämittauksissa. Jos tämä otetaan huomioon, paikallaanolomelun ja kiihtyvän ohiajomelun eroksi mitatuille ajoneuvoille keskimäärin noin 6 dB. Mittaustulosten hajonta on kuitenkin niin suuri, että nyt tehtyjen mittausten perusteella ei löydetty selvää korrelaatiota paikallaanolomelun ja ohiajomelun välillä.

Mittaustulosten perusteella tutkittiin joitakin paikallaanolomeluun mahdollisesti liittyvien tekijöiden vaikutusta. Analysoinneissa havaittiin, että paikallaanolomelu riippui melko lineaarisesti ajoneuvon tehosta, vuosimallista ja ajetusta kilometrimäärästä.

7.4 Ajoneuvojen melun mittaaminen katsastustoimipaikoilla

Tutkimuksen perusteella voidaan todeta, että katsastustoimipaikoilla ajoneuvojen melun mittaaminen on mahdollista suorittaa paikallaanolomittauksena, mutta ohiajomittausten suorittaminen on yleensä hankalaa. Ohiajomittaus vaatii noin 100 m pitkän testiradan, jotta kiihdyttävän ajoneuvon mittaukset saataisiin suoritettua turvallisesti eikä radan läheisyydessä saisi olla suuria heijastavia pintoja. Tämän kokoisia alueita ei yleensä ole katsastustoimipaikkojen läheisyydessä. Paikallaanolomelu on mahdollista mitata hyvällä tarkkuudella tutkimuksessa laaditun mittausmenetelmän mukaisesti.

Lähdeluettelo

1. Komission direktiivi 2007/34/EY, annettu 14 päivänä kesäkuuta 2007, moottoriajoneuvojen sallittua melutasoa ja pakojärjestelmää koskevan neuvoston direktiivin 70/157/ETY muuttamisesta sen mukauttamiseksi tekniikan kehitykseen. Euroopan virallinen lehti 15.6.2007. 19 s.
2. Komission direktiivi 96/20/EY, annettu 27 päivänä maaliskuuta 1996, moottoriajoneuvojen sallitusta melutasosta ja pakojärjestelmästä annetun neuvoston direktiivin 70/157/ETY mukauttamisesta tekniikan kehitykseen. Virallinen lehti nro L 092 , 13/04/1996 s. 0023 – 0035.
3. ISO 362-1:2007. Measurement of noise emitted by accelerating road vehicles - Engineering method - Part 1: M and N categories.
4. ISO 5130:2007 -Acoustics - Measurements of sound pressure level emitted by stationary road vehicles.
5. Yhdistyneiden Kansakuntien Euroopan talouskomission (UN/ECE) sääntö nro 51 – Yhdenmukaiset vaatimukset vähintään nelirenkaisten moottoriajoneuvojen hyväksynnästä niiden melupäästöjen osalta. Euroopan virallinen lehti 30.5.2007. 48 s.
6. Statens Vegvesen. Kontrollveiledning periodisk kontroll av kjøretøy. Vedlegg 1 til forskrift om gjennomføring av periodisk kontroll av kjøretøy av 15.12.1997.
7. Forskrift om tekniske krav og godkjenning av kjøretøy, deler og utstyr (kjøretøyforskriften). Kap. 24. Støy.
8. Verordnung über die technischen Anforderungen an Strassenfahrzeuge vom 19. Juni 1995 (Stand am 16. Januar 2008). Der Schweizerische Bundesrat.
9. ГОСТ Р 52231-2004 Внешний шум автомобилей в эксплуатации. Допустимые уровни и методы измерения.
10. SAE J1169: Measurement of Light Vehicle Exhaust Sound Level under Stationary Conditions. 1998.
11. SAE J1492 Measurement of Light Vehicle Stationary Exhaust System Sound Level Engine Speed Sweep Method. 1998.
12. Federal Motor Carrier Safety Administration. Code of Federal Regulations. 49 CFR 325. 51 – 325.59. Compliance With Interstate Motor Carrier Noise Emission Standards.
13. WAC 173-58-080. Close proximity exhaust system sound level measurement procedure.
14. Measurement Of Noise Emission; Stationary Test. New York State Department Of Environmental Conservation.

15. MOTOR VEHICLE STANDARDS ACT. A national standard determined under section 7 of the Act. AUSTRALIAN DESIGN RULE 83/00 - EXTERNAL NOISE.
16. National Stationary Exhaust Noise Test Procedures for In-Service Motor Vehicles. NTC Australia, September 2006.
17. Vehicle Standard (Australian Design Rule 28/01 — External Noise of Motor Vehicles) 2006.
18. New Zealand Low Volume Vehicle Technical Association Incorporated. Low Volume Vehicle Standard 90-20(02) (Exhaust Noise Emissions). 2nd Amendment - effective from: 1 June 2008. 21 s.
19. New Zealand Land Transport Rule - Vehicle Equipment Amendment 2007 Rule 32017/2.
20. GB/T 14365-93 (Kiina). Acoustics - Measurement of noise emitted by stationary road vehicles.
21. GB 16170-1996 (Kiina). Limits of noise emitted by stationary road vehicles.
22. Japanese norm JIS D1026: 1989: Acoustics - Measurement of noise emitted by stationary road vehicles - Survey method.
23. Brazilian norm NBR 9714:1999: Veículo rodoviário automotor – Ruído emitido na condição parado.
24. Mexican Norm NOM-080-ECOL-1994 Que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido provenientes del escape de los vehículos automotores motocicletas y triciclos motorizados en circulación y su método de medición.
25. Proyecto De Norma Oficial Mexicana NOM-080-SEMARNAT-2003 Protección Ambiental- Vehículos Automotores En Circulación- Límites Máximos Permisibles De Emisión De Ruido Proveniente Del Escape Y Su Método De Medición.
26. Norm Argentina IRAM-CETIA 9C1 "Método estático para la medición del ruido emitido por escape".
27. Vietnamese Standard. TCVN 6435:1998 (ISO 5130:1982) Âm học - Đo tiếng ồn do phương tiện giao thông đường bộ phát ra khi đỗ - Phương pháp điều tra.
28. Vietnamese Standard. TCVN 6436: 1998 Acoustics – Noise emitted by stationary road vehicles – Maximum permitted noise levels.
29. South African Norm SABS 0181-1981 "Code of Practice for the measurement of noise emitted by road vehicles when stationary".
30. Measures Taken Against Motor Vehicle Exhaust Noise Pollution in Japan. GRB, September 23, 2004, Geneva. Informal document No. GRB-40-2.

31. Vehicle Noise Report For The Ministry Of Transport: Review of Methods Used For The Control Of Excessive Noise From New Zealand Road Vehicles. Malcolm Hunt Associates April 2005. 59 s.
32. Raju, S. Correlation Of Stationary And Pass-by Noise Levels & Development Of Noise Standards For In-use Vehicles. Informal Document No GRB-41-17, February 2005.
33. IEC 61672-1:2002. Electroacoustics - Sound Level meters - Part 1: Specifications. 85 s.
34. IEC 60942. Electroacoustics - Sound calibrators. 177 s.

Liite 1. Paikallaan olevien ajoneuvojen melun mittausmenetelmien vertailu

[illegible]

Liite 2 Mittauspöytäkirjapohja

MITTAUSPAIKKA			
Pvm:		klo:	
Pakka:			
Mittauspaikan kuvaus:			
Lämpötila:		Tuulen nopeus:	
Ilmanpaine:		Kosteus:	
Taustamelutaso:			
Mikrofonin etäisyys maasta			
AJONEUVO (Luokka M1)			
Malli:		km lukumetri	
Vuosi:		Maksimikierrokset:	
Teho:		Diesel/Bensa:	
Moottorilavuus		nopeudella RPM	
Maksimiteho		Moottorin sijainti:	
Automaatti/Manuaali		Turbo	
Imusarjan vaimennin		Tehonvaimennin	
Ruisku		Katalysaattori	
MITTAUS (Paikallaanolo)			
Kierrosluku 3/4 maksimista ($S \geq 5000 \text{ min}^{-1}$)			
Kierrosluku 3750 min^{-1} ($5000 \text{ min}^{-1} < S < 7500 \text{ min}^{-1}$)			
Kierrosluku 1/2 maksimista ($S \leq 7500 \text{ min}^{-1}$)			
$L_{PA,Max}$ (Mittaus 1) dB		Käytetty vaihde	
$L_{PA,Max}$ (Mittaus 2) dB		DAT-nauhoitus	
$L_{PA,Max}$ (Mittaus 3) dB		DAT-aika	
Keskiarvo dB			
MITTAUS (Ohiajo käihdytys)			
$L_{PA,Max}$ (Mittaus 1) dB		Käytetty vaihde	
$L_{PA,Max}$ (Mittaus 2) dB		DAT-nauhoitus	
$L_{PA,Max}$ (Mittaus 3) dB		DAT-aika	
Keskiarvo dB			
MITTAUS (Ohiajo tasainen nopeus)			
$L_{PA,Max}$ (Mittaus 1) dB		Käytetty vaihde	
$L_{PA,Max}$ (Mittaus 2) dB		DAT-nauhoitus	
$L_{PA,Max}$ (Mittaus 3) dB		DAT-aika	
Keskiarvo dB			

Liite 3 Mitattujen moottoriajoneuvojen tiedot

Nro.	Kauppanimi	Vuosimalli	Ajetut kilometrit	Teho (kW)	Moottorin tilavuus	Mittaus (paikallaanolo)			(ohiaio)		Katalysaattori	Ruisku	Turbo	Automaatti	Diesel	Tehoputki	Nastarenkaat
						1	2	3	Keski-arvo	Kiihtyvä nopeus							
1	Audi A3	2001	76100	96	1,8	74,6	74,4		74,5	77,2	x	x	x	x	x	x	x
2	Audi A3	2001	92000		1,8	78,8	78,8		78,8	84							
3	Audi A3 Quattro	2002	50000		1,8	75	74,7		74,9		x	x	x	x			
4	Audi A4	2006	39000	120	1,8	72,9	72,4		72,7	78,9	x	x	x	x			
5	Audi A6	2003	52000	125	2,4	74,8	74,8		74,8	84,8	x	x	x	x			
6	Audi A6	2005	162000	103	2,0	78,5	77,8		78,2	84	x	x	x	x			
7	Audi A6	2006	93000	103	2,0	77,6	78		77,8	80	x	x	x	x			
8	Audi A6	2003	102000	125	2,4	71,3	70,5		70,9	72,6	x	x	x	x			
9	Audi S4 V8	1994	331000	206	4,2	97,9	98,1		98,0	94,5	x	x	x	x			
10	BMW 316	2003	71831	85	1,8	74,8	74,1	74	74,3	81,2	x	x	x	x			
11	BMW 525	2001	170000	141	2,5	79	79		79,0	80,4	x	x	x	x			
12	BMW 525	2003	75000	141	2,5	72,1	71,6		71,9	78,4	x	x	x	x			
13	BMW 530D	2002	155000	142	3,0	78,7	79,7		79,2	76,1	x	x	x	x			
14	Chrysler Grand Voyager 5D	2000	196000	116	3,3	86,3	85,7		86,0		x	x	x	x			
15	Chrysler Sebring	2002	168000	104	2,0	78	76		77,0	75,3	x	x	x	x			
16	Citroen C3	2002	57000		1,6	81,9	81,3		81,6	79,1	x	x	x	x			
17	Citroen C4 VTR	2005	41000	103	2,0	78,4	78,4		78,4	80,3	x	x	x	x			
18	Citroen C5	2004	85000		2,0	75,3	75,5		75,4	79	x	x	x	x			
19	Citroen C8	2003	83000	116	2,2	77,9	78,3		78,1	80,8	x	x	x	x			
20	Citroen Xsara	2003	161418		1,6	77,4	76,5		77,0	80,2	x	x	x	x			
21	Fiat Punto	2002	58000	59	1,2	78	78		78,0	78,3	x	x	x	x			
22	Fiat Punto	2001	128000	59	1,3	76,3	77,9		77,1	77,1	x	x	x	x			
23	Fiat Punto	2001	60000	44	1,2					77,6	x	x	x	x			
24	Fiat Punto ELX	2002	76000		1,2	76,8	75,6		76,2	75,2	x	x	x	x			
25	Fiat Stilo	2005	36000	70	1,4	73,9	73,2		73,6		x	x	x	x			
26	Fiat Stilo	2005	6750		1,4	75,6	74,6	74,7	75,0	75,3	x	x	x	x			
27	Ford Escort	1998	159226		1,6												
28	Ford Fairlane	1965	69000	161	5,0					83,7							
29	Ford fiesta	1994	86675		1,2					79,9							
30	Ford fiesta	1999	141000	44	1,3					81,6							
31	Ford Focus	2005	94000		1,8	76,9	76,8		76,9	77,7	x	x	x	x			

Nro.	Kauppanimi	Vuosimalli	Ajetut kilometrit	Teho (kW)	Moottorin tilavuus	Mittaus (paikallaanolo)					(ohiajo)		Katalysaattori	Ruisku	Turbo	Automaatti	Diesel	Tehoputki	Nastarenkaat
						1	2	3	Keski-arvo	Kiihtyvä nopeus	Tasainen nopeus								
32	Ford Focus	2001	142333	74	1,6	78,1	78,9		78,5	79,8	77,5	x	x				x		x
33	Ford Focus			59	1,4					79,9	77,6								
34	Ford Focus	2003	42000	74	1,8	76,6	77,4		77,0	81,1	80,3		x						
35	Ford Focus	2005	27000	74	1,6	79,7	80,2		80,0	82,3	78,9								
36	Ford Focus	2006	59580	59	1,4	77	77,1	77,5	77,2	76,6	72,9								
37	Ford Galaxy	1997	240000	107	2,3	77,1	77,3		77,2	79,6									
38	Ford Galaxy	2002	214000	85	1,9	77	76,4		76,7	79,7	75,1								
39	Ford KA	1999	87000	44	1,3					75	71,4								
40	Ford Mondeo	2005	108933	81	1,8	73,8	73,8	74	73,9	77,4	74,2								
41	Ford Mondeo	1997	224000		1,8	76,7	76,3	76,3	76,4	77									
42	Ford Mondeo	2005	135300		2,0	77,8	77,7		77,8	79,1	75,6	x	x						
43	Ford Mondeo	2001	160000		1,8	73,9	73,7		73,8	79,9	77,3	x	x						
44	Ford Mondeo	1994	105000		1,8	77,2	77,3		77,3	74									
45	Ford Mondeo	1994	273000	97	2,0	80,1	79,9		80,0	83,3	79,3								
46	Ford Mondeo	2004		107	2,0	70,8	71,1		71,0	77,3	75,4	x	x						
47	Honda Civic	1999	78000	66	1,4	82,1	82,8		82,5	80	74,6								
48	Honda Civic	2001	91000	81	1,6	78,4	78,8		78,6	79,8	75,3								
49	Hyundai	2008	11000	84	1,6	78,4	79		78,7	81,3	73,6								
50	Hyundai Matrix	2005	33000		1,6	75,3	76,5		75,9		73,4								
51	Hyundai Satafe	2005	49864		2,7	75,2	76,6	75,4	75,7	76,9	75,7	x	x						
52	Jaguar X-Type	2003	79000	115	2,1	76,9	76,6		76,8		76,7	x	x						
53	Kia Serrato	2007			1,6	78,8	78,2		78,5		77,7	x							
54	Lada Niva	1988	44000		1,6	88,5	86,5		87,5	84,3	83								
55	Lancia Dedra	1991	360000		2,0	78,8	78,7		78,8	80,4	77,1								
56	Mazda 3	2005	43564		1,6		83,3	82	82,7	78,6	74,9		x						
57	Mazda 3	2005	96939		1,6	74,5	75,6	75,7	75,3	80,9	76,3								
58	Mazda 3	2006	19000	77	1,6	78,5	79,1		78,8	76	71,6								
59	Mazda 323	1999	50000		1,6	80,2	80,2		80,2	76,7	71,8								
60	Mazda 323	1988	207000		1,5														
61	Mazda 323	2002	146000	72	1,6	80,6	80,5		80,6	80	76,5								
62	Mazda 323	1998	166000	65	1,5	75,2	75,2		75,2	80,2	78,3								x

Nro.	Kauppanimi	Vuosimalli	Ajetut kilometrit	Teho (kW)	Moottorin tilavuus	Mittaus (paikallaanolo)					(ohiajo)		Katalysaattori	Ruisku	Turbo	Automaatti	Diesel	Tehoputki	Nastarenkaat
						1	2	3	Keski-arvo	Kiihtyvä nopeus	Tasainen nopeus								
63	Mazda 323	2001	127000	72	1,6	76,9	76,4		76,7	75,4	68,5	x						x	
64	Mazda 6	2005	41000		2,0	75,2	75,8	74,7	75,2		74,1								
65	Mazda 6	2006	55000		2,0	76,6	74,5		75,6	78,5	73,7								
66	Mazda 6	2005	60000	122	2,3	78,6	78,6		78,6	82,7	75,8	x							
67	Mazda 626	1989			1,8					76	73,2								
68	Mercedes Benz	1987	264000		2,6	83,1	83,2		83,2	83	77,8								
69	Mercedes Benz A 170 CDI		42334		1,7	81,6	81,3		81,5	79,6	74,2								
70	Mercedes Benz E	1997	400000	130	3,0	86	86,1		86,1	81,6	75								
71	Mercedes Benz 190E	1995	200000		2,0	84,2	85,3		84,8	80	77,2								
72	Mercedes Benz 200 CDI E	2007	105000		2,0	88,5	88,9		88,7	77,8	75,2	x							
73	Mercedes Benz 250 D 124	1994	520000		2,5	85,7	84,7		85,2	81,6	80,5								
74	Mercedes Benz A140	2001	95000			80,7	81,7		81,2		74,5								
75	Mitsubishi Charisma	1999	205000	92	1,8	82,3	82,5		82,4	83,4	80,1	x							
76	Mitsubishi L200	1992	200000	69	2,0	85,3	84,8		85,1	81,9	77,5								
77	Nissan Almera		57762		1,8	75,2	75		75,1	81	76,6								
78	Nissan Almera	2000	237000		2,2	84,7	85,3		85,0	78	74,3								
79	Nissan Almera	2004	122000	85	1,8	75,2	75,8		75,5	78,9	75,5	x							
80	Nissan Primera	2005	90000		1,6	95,8	97		96,4	80,5	75,3	x							
81	Nissan Primera	2003	102000		1,8	75,4	76,3		75,9	80,2	72	x							
82	Nissan Primera	1997	122000	73	1,6	76,4	76,7		76,6	86,2		x							
83	Nissan Primera	2000	140000	84	1,8	75,6	75,6		75,6	80,1	75,2	x							
84	Nissan Primera	2001	87000	84	1,8	74,8	75,6		75,2	79,8	76,3	x							
85	Nissan Primera GX	1998	184000	55	1,3					79	72,2								
86	Nissan Sunny	1993	51953	75	1,6	80,5	80		80,3	79,3	72,1								
87	Opel Ascona	1984	276000	44	1,3					80,1	76,6								
88	Opel Astra	1998	195351		1,6	72,6	72,7		72,7	78,4									
89	Opel Astra	2000	223000		1,8	76,5	77,3		76,9	76,7	73,3	x							
90	Opel Astra	1998	145000	74	1,6	76	75,8		75,9	78,7	76,7	x							
91	Opel Astra G Sedan	1999	141000	55	1,6	83,3	83,5		83,4	78,2									
92	Opel Astra Station Wagon	2005	70000	92	1,8	74,9	75,8		75,4	79,8	78								
93	Opel Cadet Junior	1972	215000		1,1					83,5	78,6								

Nro.	Kauppanimi	Vuosimalli	Ajetut kilometrit	Teho (kW)	Moottorin tilavuus	Mittaus (paikallaanolo)			(ohiajo)		Katalysaattori	Ruisku	Turbo	Automaatti	Diesel	Tehoputki	Nastarenkaat	
						1	2	3	Keski-arvo	Kiihtyvä nopeus								Tasainen nopeus
94	Opel GT	1970	110000	66	1,9	89,2	89,2	3	89,2	80,2	76,9				x		x	
95	Opel Omega		170000		3,2	75,9	75,8		75,9		77							
96	Opel Omega	1991	170000		2,0	80,3	80		80,2		77,9							
97	Opel Vectra	2001	83000		1,8	75,3	75,6		75,5	80,1	77,6							
98	Opel Vectra	1991	160000	66	1,8					83,4	76,2							
99	Opel Vectra	1998	85000	85	1,8	78,4	78		78,2	82,2	77,6							
100	Opel Vectra GTS	2005	44000	90	1,8	73,6	73,9		73,8		70,6							
101	Opel Vectra Wagon	2006	48000	90	1,8	74,5	73,6		74,1		78,2							
102	Peugeot 206	2005	39000	55	1,4	81,3	81,5		81,4	81,3	75,4							
103	Peugeot 307	2006	28000	103	2,0	76,8	76,5		76,7	83,1								
104	Peugeot 307	2005	46000	80	1,8	73,9	74,4		74,2	79,1								
105	Peugeot 309 GLX	1992	260000		1,6					78,6	76,4							
106	Peugeot 405 GL	1988	162000		1,6					80,9	76,8							
107	Peugeot 406	2001	158000	100	2,0	79,5	80		79,8	80,6	77,3							
108	Peugeot 406	2000	105000	99	2,0	75,6	75,5		75,6	81,6	75,8							
109	Peugeot 406	2000	128000	100	2,0	74,1	73,3		73,7		72,9							
110	Peugeot 206	1999	115000		1,4	83,7	83,7		83,7	76,3	72,4							
111	Peugeot 607	2001	77500		2,2	76,8		75	75,9	80,3	71,8							
112	Pontiac Trans Sport	1992	209000	123	3,8	87,2	87,9		87,6	80,9	76,6							
113	Renault Clio	1998	45000	55	1,4	76,7	76,5		76,6									
114	Renault Laguna	1999	43534	99	2,0	75,7	75,2		75,5	77,9	76,1							
115	Renault Megane	2006	50000		1,6	74,6	75,5		75,1	80,1	77,5							
116	Renault Megane	2003	71000	83	1,6	74,6	74,8		74,7	80,3	75,9							
117	Renault Megane	2004	46000	83	1,6	74,7	75,7		75,2	80	79,9							
118	Renault Megane	2000	186000	70	1,4	76,6	77,3		77,0	81,5	74,2							
119	Renault Megane	2000	47000	79	1,6	78,5	77,8		78,2	80								
120	Renault Megane Scenic	2002	83000	70	1,4	75,6	74,1		74,9	81,1	75,1							
121	Renault Modus		74755	72	1,4	82,8	82,1		82,5	79,2	76,8							
122	Renault Scenic	2002	51139		1,4	80,7	81,1		80,9	78,6	74,1							
123	Renault Scenic	2005	44000		1,6	71,1	72,5		71,8	80,1	77							
124	Saab 9-3	2000	161000	110	2,0	80,3	80,4		80,4	78,6	76,8							

Nro.	Kauppanimi	Vuosimalli	Ajetut kilometrit	Teho (kW)	Moottorin tilavuus	Mittaus (paikallaanolo)				(ohiajo)		Katalysaattori	Ruisku	Turbo	Automaatti	Diesel	Tehoputki	Nastarenkaat
						1	2	3	Keski- arvo	Kiihtyvä nopeus	Tasainen nopeus							
125	Saab 9-5	2003	104185	110	2,0	76,5	76,5	3	76,5	76,5	70,8	x			x			x
126	Saab 9-5	1998	195000	125	2,3	78,4	77,4		77,9	78	78	x						
127	Saab 99 GL	1982	200000		2,0	88,6	88,1		88,4	77,6	77,6				x			
128	Skoda Felicia	1998	102000	55	1,6	76,9	75,9		76,4	75,2	80,7	x						
129	Toyota Yaris		135436		1,3	79,5	79,5		79,5	72,9	75		x					
130	Toyota Avensis	1998	140000		2,0	75	74,6		74,8	75,8	75,8		x					
131	Toyota Avensis	1998	269000		2,0	75,8	76,3		76,1	77,8	79,7		x					
132	Toyota Avensis	2006	30900		1,4	79	78,6		78,8	73,7	76		x					
133	Toyota Avensis	2006	72254		2,4	73,3	73,4		73,4	73,1	78,7		x					
134	Toyota Avensis	2003	73670	95	1,8	78,3	77,9		78,1	73,9	76,8		x					
135	Toyota Avensis	2003	105005		2,0	75,5	75,5		75,5	77	75,9		x					
136	Toyota Avensis	2005	283000	95	1,8	79,1	79,6		79,4	78,4	80,3		x					
137	Toyota Avensis	2003	128000		1,6	79,4	78,6		79,0	75,2	79,4		x					
138	Toyota Camry DX	1986	80000		1,6					73,7	76,5							
139	Toyota Carina E	1995	168183		1,6	83,7	83,9		83,8	74,4	77,4		x					
140	Toyota Corolla	1986			1,3	78,2	78,5		78,4	76	76,8							
141	Toyota Corolla	1999	100000		1,6	80	80,2		80,1	74,2	78,4		x					
142	Toyota Corolla	1986	200000		1,3					73,3	79,7							
143	Toyota Corolla	1988	285000		1,6	77	76,4		76,7	76,1	83,4							
144	Toyota Corolla	2006	40000	81	1,7	76,2	76,4		76,3	76,3	77,8							
145	Toyota Corolla	1998	97000	63	1,3	83,8	83,7		83,8	76,3	77,8			x				
146	Toyota Corolla	1987	220000		1,3					75,3	78,2							
147	Toyota Corolla Verso	2003	83615		1,8	78,9	78,2		78,6		82,4			x				
148	Toyota Corolla Verso	2006	16900		1,6	79,5	80,1		79,8	76,3	77,4			x				
149	Toyota Corolla Verso	2005	58500		1,8	79,5	79,5		79,5	76,9	78,6			x				
150	Toyota Corolla Verso	2003	172000	81	1,6	75,7	75,9		75,8	75,3					x			
151	Toyota Land Cruiser	2005	88000		3,0	82,5	82		82,3		81,3					x		
152	Toyota Land Cruiser	2004	83000	120	3,0	84,1	83,7		83,9	76,8						x		
153	Toyota Prius	2004		57	1,5					70,5	75,6							
154	Toyota Yaris	2003	129000	55	1,4	84	84,1		84,1	75,2	78,2							
155	Toyota Yaris	2003	22500	50	1,0	77,8	78,1		78,0	75,3								x

Nro.	Kauppanimi	Vuosimalli	Ajetut kilometrit	Teho (kW)	Moottorin tilavuus	Mittaus (paikallaanolo)					(ohiajo)		Katalysaattori	Ruisku	Turbo	Automaatti	Diesel	Tehoputki	Nastarenkaat
						1	2	3	Keski-arvo	Kiihtyvä nopeus	Tasainen nopeus								
156	Volkswagen Bora	1999	110000	74	1,6	74,5	74,3		74,4	79,5	76,7		x					x	
157	Volkswagen Golf	2004	82000	55	1,4	78,3	78,9		78,6	79,6	77,3								
158	Volkswagen Golf	2001	110000	75	1,6	74,4	74,8		74,6		80,8					x			
159	Volkswagen Golf	2004	32000		1,6	73,6	73,6		73,6	77,4	76								
160	Volkswagen Golf	2004	60000		1,6	77,4	76,5		77,0	80,1	78,7								
161	Volkswagen Golf	2003	77000	77	1,6	77,3	76,6		77,0	76,9	74,9								
162	Volkswagen Golf	2000	187000		1,4	77,6	78,9		78,3	76,9	74,9								
163	Volkswagen Golf	2001	120000	77	1,6	74,2	74		74,1	80,6	78								
164	Volkswagen Golf	2004	57500	77	1,6	74,4	75		74,7	81,1	79								
165	Volkswagen Golf Variant	2003	127000	100	1,9	78,3	78,5		78,4	79,9	77,1								
166	Volkswagen Jetta	2006	53000	103	2,0	78,3	78		78,2	79,9	75,3								
167	Volkswagen Passat	2002	2002		1,9	78,6	78,1		78,4	81	76,9								
168	Volkswagen Passat	2003	78000	96	2,0	76,6	76,6		76,6	81	78,5								
169	Volkswagen Passat	2003	132000	96	1,9	79,5	79,2		79,4	79,4	76,1								
170	Volkswagen Passat	2000	137000	110	1,8	75,6	75,5		75,6	80,8	76,1								
171	Volkswagen Polo	2005	45236		1,4	78,2	79		78,6	78	76,1								
172	Volkswagen Touran	2006	279000	77	1,9	82,9	82,2		82,6	78,7	75,5								
173	Volkswagen Vento	1996	165000		1,8	82,8	82,5		82,7	76,9	73,7								
174	Volvo 240	1987	500000		2,3					78,4	76,5								
175	Volvo 240	1986	210000		1,8					82,4	80,4								
176	Volvo 740	1989	341000		2,0	81,6	82		81,8										
177	Volvo 850	1996	323000	106	1,4	89,8	90,2		90,0										
178	Volvo 940	1994	201000		2,3	82,2	81,5		81,9	78,2	74,4								
179	Volvo 940	1998	158500		2,4	76,8	76,1		76,5	79,4	71,9								
180	Volvo S40	2006	35000	103	2,4	76,3	75,7		76,0	77,6	76,1								
181	Volvo S60		182649		2,4	80,4	80		80,2	79,6	76,9								
182	Volvo S60	2006	170000	125	2,4	81,7	82,6		82,2										
183	Volvo S80	2000	142000	125	2,4	80,1	80,9	80,8	80,6	79,8	76,3								
184	Volvo S80		66000		2,4	78,6	78,5		78,6	80,9	75,3								
185	Volvo V40	1998	100000		1,9	80,7	79,7		80,2	82	77,8								
186	Volvo V40	1999	148000	70	1,8	82,9	84		83,5	82,6	79,8								

Nro.	Kauppanimi	Vuosimalli	Ajetut kilometrit	Teho (kW)	Moottorin tilavuus	Mittaus (paikallaanolo)				(ohiajo)	
						1	2	3	Keski-arvo	Kiihtyvä nopeus	Tasainen nopeus
187	Volvo V40 T4	1999	171000	147	1,8	83,3	83,6		83,5	79,7	75,1
188	Volvo V5	2006	47228		1,8	75,6	76		75,8	80,6	77,4
189	Volvo V70	1997	247000	142	2,4	82,8	82,7		82,8	83,2	73,9
190	Volvo V70	1999	134000		2,5	75,3	74,8		75,1		
191	Volvo V70	1997	268000		2,5	91	89,7		90,4	79,7	77,1
192	Volvo V70	2008	98000		2,4	76,1	75,8		76,0		74,9
193	Volvo V70	2001	122000	125	2,4	79,7	78,6		79,2		
194	Volvo V70	1999	134000	106	2,4	92,6	92,7		92,7	81,4	77,9
195	Volvo V70	2004	100000	154	2,5	77,7	77,3		77,5		79
196	Volvo V70	2005	147000	125	2,4	79,6	78,7		79,2		

Liite 4 Mittauksissa ja analysoinnissa käytetyt laitteet

Mittaus

tarkkuusäänitasomittari	B&K 2231 Serial No. 1588130
tarkkuusäänitasomittari	B&K 2260 Serial No. 1894148
DAT-nauhuri	Denon DTR 80P Serial No. 8253455
äänitasokalibraattori	B&K 4231 Serial No. 1915218
tuulisuoja	B&K UA 0237

Analysointi

DAT-nauhuri	Denon DTR 80P Serial No. 8253455
Tietokoneohjattu 4-kanavainen äänen mittaus- ja analysointilaitteisto	B&K Pulse (Front-end 2827 Ser No. 2241865, LANInterface Module 7533 Ser No. 2244699, 4/2 ch. Input/Output Module Ser No. 2241168)