
Motocrosspyörien melupäästömittaukset

Suomen Moottoriliitto ry.



Juha Korhonen

Jussi Kurikka-Oja

Meluselvitysraportti

30.9.2014

S **SITO**

SISÄLTÖ

| | | |
|----------|--|----------|
| 1 | LÄHTÖKOHDAT | 2 |
| 2 | MELUPÄÄSTÖMITTAUKSET | 2 |
| | 2.1 Mittausteoriaa..... | 2 |
| | 2.2 Mittaustoiminta | 2 |
| | 2.3 Mittausdatan käsittely..... | 4 |
| 3 | MITTAUSTULOKSET | 5 |
| | 3.1 Motocrossajoneuvojen melupäästöt | 5 |
| | 3.2 Vertailu aiempiin mittaustuloksiin | 7 |
| | 3.3 Epävarmuudet..... | 7 |
| 4 | JOHTOPÄÄTÖKSET | 7 |
| 5 | VIITTEET | 8 |

1 Lähtökohdat

Työssä mitattiin motocrosspyörien melupäästöt kilpailutapahtuman aikana. Mittaustuloksia verrattiin vuonna 2009 toteutettuihin vastaaviin melupäästömittauksiin. Melupäästömittausten avulla oli tarkoitus selvittää lajisäännöissä toteutettujen motocrosspyörien äänenvaimennustoimenpiteiden vaikutus ajotoiminnasta aiheutuvaan melupäästötasoon.

Työn tilaajana on Suomen Moottoriliitto Ry. Melupäästömittauksista ja -selvityksestä on vastannut Juha Korhonen Sito Oy:stä.

2 Melupäästömittaukset

2.1 Mittausteoriaa

Motocrosspyörästä muodostuvan melupäästön mittausta toteutettiin yksittäisen ajoneuvon ohiajomittauksena. Kun tiedossa on etäisyys mitattavaan ajoneuvoon sekä arvio ajoneuvon nopeudesta, voidaan mittaustuloksesta johtaa ajoneuvon ominaismelupäästö.

Yksittäisen ajoneuvon melupäästö on määritetty melupäästön ja altistustason välisellä yhteydellä.

$$L_{WA} = L_{AE} + 10 \lg 2rv$$

Kaavassa L_{WA} on melupäästö, L_{AE} altistustaso, r minietäisyys ohiajavan ajoneuvon ja mittauspisteen välillä ja v nopeus. Kaavassa esitetty altistustaso L_{AE} voidaan määrittellä ajoneuvojen ohiajoissa mitatun ekvivalenttitason L_{Aeq} perusteella.

$$L_{AE} = L_{Aeq} + 10 \lg(t)$$

Kaavassa t on ajoneuvon mittauspisteen ohitukseen käyttämä aika, joka on määritetty mittaustulosten analyysien perusteella.

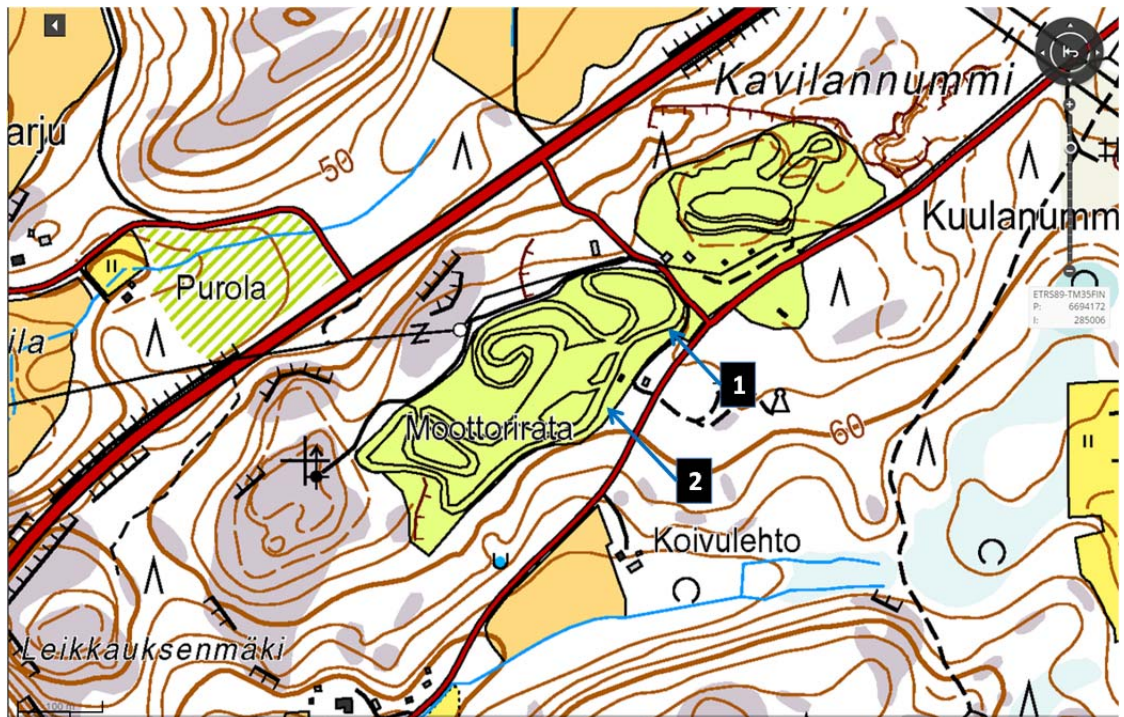
2.2 Mittaustoiminta

Melupäästömittaukset toteutettiin Salon moottorikerhon hallinnoimalla motocrossradalla lauantaina 23.8.2014, jolloin radalla järjestettiin motocrossin kansallinen osakilpailu. Mittausajankohtana radalla kilpailivat MXC/A, MXJ ja MX1-lajiluokat. Jokaisen lajiluokan motocrosspyörät oli katsastusmitattu kisajärjestäjän toimesta ennen kilpailupäivän alkamista.

Mittauslaitteistona oli tarkkuusluokan I-äänitasomittari Rion NL-52.

Aamupäivän aikana ilman lämpötila oli noin 12 °C, pilvistä, pari lyhyttä sadekuuroa, tuulennopeus 3 - 4 m/s ja suunta lounaasta. Puolipäivän jälkeen sää selkeni, ilman lämpötila oli noin 16 °C, puolipilvistä, tuulennopeus oli noin 4 m/s ja suunta lounaasta. Mittauksia ei tehty sadekuurojen aikana.

Mittauspisteitä oli kaksi ja molemmat mittauspisteet valittiin sellaisista kohdista rataa, joissa motocrosspyörillä oli mahdollista ajaa joko voimakkaasti kiihdyttäen tai täydellä kaasulla. Mittauspisteiden likimääräinen sijainti on esitetty karttakuvassa (Kuva 1).



Kuva 1. Melumittauspisteiden likimääräinen sijainti.

Ensimmäinen mittauspiste sijaitsi pääsuoran viimeisellä kolmanneksella, joka päättyi loivaan ylämäkeen, vasemmalle kääntyvään kurviin. Melupäästömittaukset tehtiin noin 12 metrin päästä ajolinjasta (Kuva 2). Mittaukset tehtiin aamupäivän aikana, kun jokaisessa lajiluokassa ajettiin harjoitus- ja aika-ajot.



Kuva 2. Mittauspiste 1, jossa toteutettiin aamupäivän mittaukset harjoitus- ja aika-ajojen aikana.

Toinen mittauspiste sijaitsi pääsuoran puolivälissä, joka oli melko tasainen ja nopeasti ajettava suora. Mittauskohtaa edelsi hyppyri ja pääsuoran keskivälin jälkeen suoralla oli matala hyppyri. Melupäästömittaukset tehtiin noin 7 metrin päästä ajolinjasta (Kuva 3). Mittaukset tehtiin ensimmäisten kilpailuerien aikana.



Kuva 3. Mittauspiste 2, jossa toteutettiin mittaukset ensimmäisten kilpailuerien aikana.

2.3 Mittausdatan käsittely

Mittauksissa tallennettiin yhteensä 78 motocrosspyörän ohiajoa eli mittausjaksoa, joiden jakautuminen laji- ja ajotilannekohtaisesti on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Melupäästömittauksista tallennettujen mittausjaksojen lukumäärät.

| Lajiluokka | Mittausjaksojen lukumäärä harjoitus- ja aika-ajosta (kpl) | Mittausjaksojen lukumäärä kilpa-ajosta (kpl) |
|------------|---|--|
| MXC/A | 6 | 10 |
| MXJ | 9 | 17 |
| MX1 | 13 | 23 |

Jokaisesta mittausjaksosta tallennettiin äänitiedosto, josta analysoitiin yksittäisen ohiajon aiheuttama keskiäänitaso sekä määritettiin melutapahtuman taajuusjakauma oktaavikaistoittain. Äänitiedostojen analyyseissä käytettiin ohjelmistoja Audacity ja Virtual Sound Level Meter. Aiemmin esitettyjen laskentakaavojen avulla määritettiin

jokaisesta ohiajosta yksittäisen motocrossajoneuvon melupäästö. Melupäästöjen perusteella on määritetty lajikohtaiset melupäästötasot sekä niiden taajuusjakaumat.

3 Mittaustulokset

3.1 Motocrossajoneuvojen melupäästöt

Motocrossin eri lajiluokkien melupäästöt on esitetty taulukoissa 2, 3 ja 4.

Taulukko 2. MXC/A-lajiluokan melupäästöt.

| Lajiluokka | Oktaavikaista (Hz) | L _{WA} , (dB) | Kokonaismelupäästö, L _{WA} , (dB) |
|------------|--------------------|------------------------|--|
| MXC/A | 31,5 | 75,6 | 119,7 |
| | 63 | 81,3 | |
| | 125 | 96,2 | |
| | 250 | 109,8 | |
| | 500 | 109,9 | |
| | 1 000 | 113,2 | |
| | 2 000 | 115,4 | |
| | 4 000 | 112,5 | |
| | 8 000 | 101,6 | |

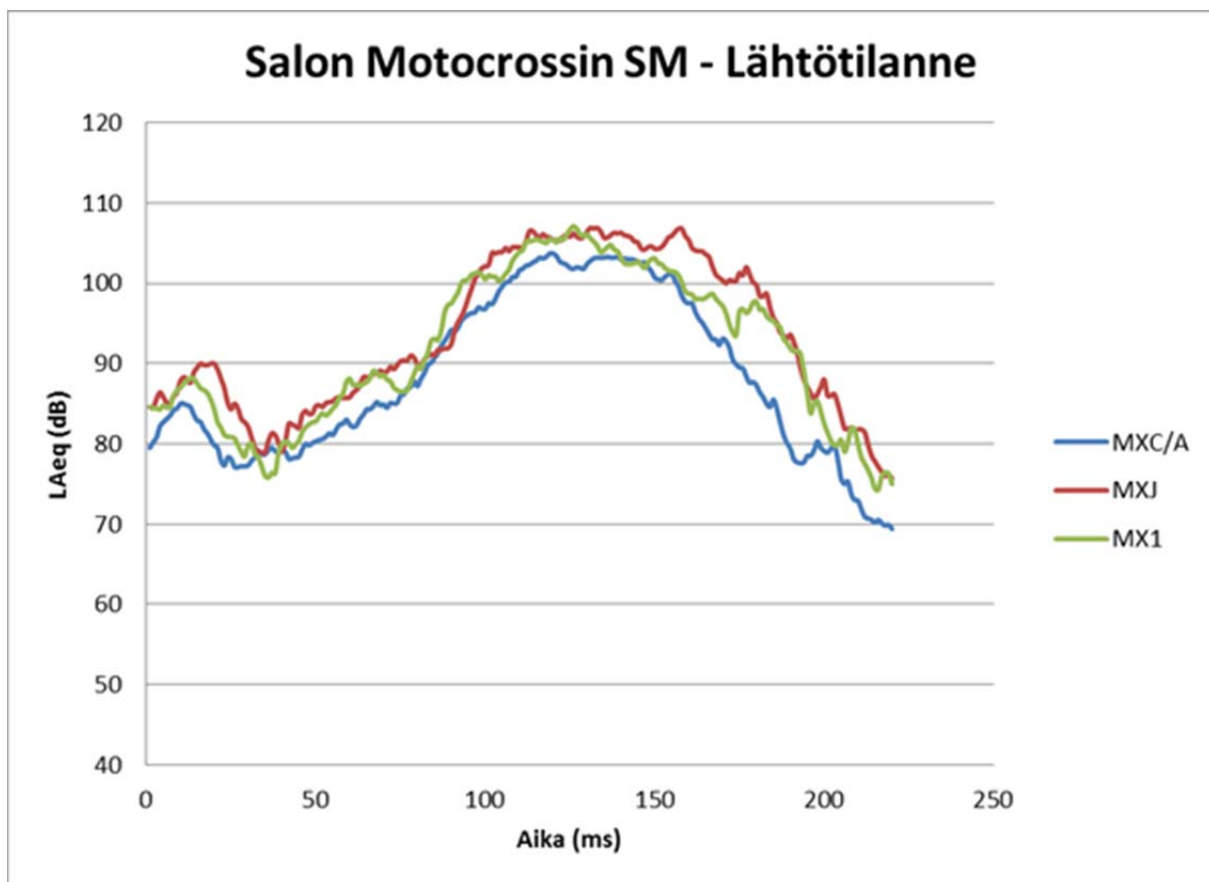
Taulukko 3. MXJ-lajiluokan melupäästöt.

| Lajiluokka | Oktaavikaista (Hz) | L _{WA} , (dB) | Kokonaismelupäästö, L _{WA} , (dB) |
|------------|--------------------|------------------------|--|
| MXJ | 31,5 | 78,9 | 121,6 |
| | 63 | 93,7 | |
| | 125 | 105,7 | |
| | 250 | 112,8 | |
| | 500 | 111,0 | |
| | 1 000 | 116,1 | |
| | 2 000 | 117,0 | |
| | 4 000 | 112,1 | |
| | 8 000 | 101,4 | |

Taulukko 4. MX1-lajiluokan melupäästöt.

| Lajiluokka | Oktaavikaista (Hz) | L _{WA} , (dB) | Kokonaismelupäästö, L _{WA} , (dB) |
|------------|--------------------|------------------------|--|
| MX1 | 31,5 | 78,1 | 121,3 |
| | 63 | 92,6 | |
| | 125 | 105,9 | |
| | 250 | 111,0 | |
| | 500 | 112,1 | |
| | 1 000 | 116,0 | |
| | 2 000 | 116,2 | |
| | 4 000 | 112,7 | |
| | 8 000 | 102,6 | |

Eri lajiluokkien eroja on havainnollistettu mittaamalla jokaisen lajiluokan lähtö sekä sitä seurannut mittauspisteen 2 ohitus, jossa käytännössä kaikki motocrosspyörät olivat yhtenäisessä jonomuodostelmassa. Lähtötilanteen melutasovertailua on esitetty oheisessa kuvassa (Kuva 4).



Kuva 4. Eri lajiluokkien muodostamat melupäästöt lähtötilanteessa.

3.2 Vertailu aiempiin mittaustuloksiin

Mittaustuloksia on vertailtu vuonna 2009 toteutettuihin vastaaviin melupäästömittauksiin. Vertailu on esitetty taulukossa 5.

Taulukko 5. Melupäästömittausten vertailua.

| Mittausvuosi | MXC/A | MXJ | MX1 |
|--------------|----------|----------|----------|
| 2009 | 118,9 | 124,1 dB | 125,5 dB |
| 2014 | 119,7 | 121,6 dB | 121,3 dB |
| Erotus | + 0,8 dB | - 2,5 dB | - 4,2 dB |

3.3 Epävarmuudet

Melupäästömittauksessa valittiin mittauspisteiksi kohdat, joissa motocrosspyörät voivat ajaa voimakkaasti kiihdyttäen tai täydellä kaasulla. Mittaustilanteista johdettuja melupäästöjä voidaan hyödyntää laskennallisessa melumallinnuksessa. Tuloksia hyödyntäessä tulee huomioida, että mitattu melupäästö vastaa käytännössä maksimaalista melupäästöä. Motocrossajo sisältää tilanteita, joissa motocrosspyörää ei voi kuormittaa vastaavalla tavalla mitä mittauspisteissä. Siten mahdollisen melumallinnuksen tilanne on todelliseen ajotilanteeseen verrattuna osin ylimitoitettu.

Mittausajankohtana motocrossrata oli jonkin verran pehmeässä kunnossa. Siten on mahdollista, että kuivemmissä olosuhteissa motocrosskuljettajat saattavat ajaa mittaustilannetta suuremmalla nopeudella. Toteutetun mittauksen perusteella ei kuitenkaan voida johtaa suoraa päätelmää mahdolliseen melupäästötaason muutokseen, mikäli rata olisi ollut kuivempi.

Motocrosspyörän etäisyys mittauspisteeseen on mitattu äänitasomittarista keskimääräiseen ajolinjaan, jota valtaosa kuljettajista käytti. On kuitenkin mahdollista, että erityisesti mittauspisteessä 2 osa kuljettajista valitsi poikkeavan ajolinjan. Etäisyyden vaikutus mittaustuloksiin arvioidaan kuitenkin melko vähäiseksi, koska mittausjaksoja on lukumäärällisesti melko paljon. Tällöin satunnaisuuden merkitys vähenee jonkin verran.

4 Johtopäätökset

Melupäästömittausten perusteella voidaan todeta, että lajisäännöissä toteutetut motocrosspyörien äänenvaimennustoimenpiteet ovat hiljentäneet motocrosspyörien melutasoja, kun niitä verrataan viiden vuoden takaisiin mittaustuloksiin. Merkittävä melupäästön vähennys on tapahtunut niin sanotuissa suuremmissa luokissa, joita tässä mittauksessa edustavat MXJ ja MX1-lajiluokat. Erityisesti MX1-lajiluokan kohdalla melupäästötaason pudotusta noin 4 dB voidaan pitää erittäin merkittävänä vaikka tuloksessa huomioitaisiin tyypillinen virhemarginaali ± 2 dB.

5 Viitteet

[1] Ympäristöministeriö: Ympäristömelun mittaaminen, ohje 1/1995. Helsinki 1995.

[2] Korhonen J, Moottoriurheiluratojen melu, motocross-kilpailutapahtumissa muodostuvan melupäästön mittaus ja mittaustulosten tulkinta. Pro Gradu -tutkielma, Ympäristöterveyden pääainelinja, Itä-Suomen yliopiston ympäristötieteen laitos, Marraskuu 2010.