

PORI–MÄNTYLUOTO-TESTIRADAN MELUPÄÄSTÖMITTAUKSET

Ville Kovalainen, Timo Huhtala, Mikko Kylliäinen

A-Insinöörit
Akustiikkasuunnittelu
Puutarhakatu 10
33210 Tampere
etunimi.sukunimi@ains.fi

Tiivistelmä

Porin ja Mäntyluodon väliselle radalle Ulasoorin alueelle toteutettiin ennen varsinaisen perusparannushankkeen toteuttamista testirata, jolla vertailtiin pohjaimella varustetun betonipölkyn ja erikokoisten synteettisten pölkkyjen vaikutusta raskaan tavarajunan aiheuttamiin melupäästöihin. Mittauksissa oli käytettävissä erillinen testijunakokoonpano, jota ajettiin edestakaisin tavoite-nopeuksilla 50 km/h ja 70 km/h. Mittaukset tehtiin kuudella pölkkyosuudella, joista kaksi oli referenssitilanteen betonipölkkyjä. Mittausten perusteella määritettiin ohitusten enimmäisäänitasot, äänialtistustasot ja junavakiot a ja b. Tulosten perusteella synteettiset pölkkyt tuottavat betonipölkkyyn verrattuna enemmän melua 1/3-oktaavikaistoilla 200–800 Hz, jolloin ne ovat kokonaisäänialtistustasoissa noin 0–2 dB meluisampia. Pohjainpölkky ei kokonaisäänialtistustasoiltaan ollut merkittävästi meluisampi tai hiljaisempi kuin normaali betonipölkky. Kaikkien pölkkyjen määritettyjen junavakioiden perusteella lasketut äänialtistustasot olivat Suomessa käytössä oleviin junavakioihin verrattuna hiljaisemmat.

1 JOHDANTO

Raideliikenteen tuottama ääni voi aiheuttaa radanvarsien rakennuksissa ja piha-alueilla häiritsevää melua. Raskaat tavarajunat ovat normaalisti erityisen meluisia ja pitkiä henkilöliikenteeseen verrattuna. Raideliikenteen aiheuttama melu voi rajoittaa liikennöintiä olemassa olevilla alueilla, mutta myös vaikeuttaa uusien asuinalueiden rakentamista nykyisille radanvarsille. Meluntuottoa on mahdollista pienentää esimerkiksi ratarakenteen vaimentamisella. Pori–Mäntyluoto-rata on noin 15 kilometriä pitkä yksiraiteinen tavaraliikennerrata, jolla liikennöi 14 tavarajunaa vuorokaudessa. Radan perusparannushankkeessa päällysrakenteet uusitaan ja tehdään samalla myös muita radan parannustöitä, joiden toteuttaminen samassa yhteydessä on tarkoituksenmukaista. Tässä artikkelissa esitetään menetelmät ja tulokset, joilla on tutkittu pohjaimella varustetun betonipölkyn ja erikokoisten synteettisten pölkkyjen vaikutusta raskaan venäläisen tavarajunan meluntuottoon verrattuna normaaliin betonipölkkyyn.



© 2021 Ville Kovalainen, Timo Huhtala ja Mikko Kylliäinen. Tämä on avoimesti julkaistu teos, joka noudattaa Creative Commons NIMEÄ 4.0 Kansainvälinen – lisenssiä (CC BY 4.0). Teosta saa kopioida, levittää, näyttää ja esittää julkisesti ja siitä saa luoda johdannaisteoksia, kunhan tekijän nimi ja lähde mainitaan asianmukaisesti.

2 KOEJÄRJESTELYT

Koeradalla oli kahdeksan mittauslinjaa (ML), jotka on esitetty kuvassa 1. Punaiset linjat (1, 3, 5, 7) ovat normaaleja betonipölkkyjä BP99, sininen (2) on pohjaimella varustettu betonipölkky ja vihreät linjat (4, 6, 8) synteettisiä ratapölkkyjä 35/16 cm, 30/16 cm ja 26/16 cm vastaavassa järjestyksessä. Synteettiset ratapölkkyt oli valmistettu FFU:sta (Fiber-reinforced Foamed Urethane), joka on painoltaan noin 1/5 betonipölkyn massasta. Radan testiosuus jaettiin kahdeksaan osaan, joista jokainen on noin 150 m pitkä. Joka toisella testiosuudella oli referenssinä betonipölkky BP99, joiden välissä on tarkastelun alla oleva testipölkky. Koejuna oli kokonaisuudessaan noin 714 m pitkä, täyteen kuormattuna kokonaispaino oli noin 4500 t ja siinä oli 48 kpl korkeareunaista avovaunua. Koeradadan yhteydessä uusittiin päällysrakenne mukaan lukien kiskot.



Kuva 1. Mittauslinjat 1-8 koeradalla.

3 MITTAUSMENETELMÄ

Mittaukset suoritettiin mukaillen Nordic Prediction Method -ennustemallin [1], Ympäristöoppaan 97 [2] ja standardin ISO 3095:2006 ohjeita [3]. Kaikissa esitetyissä lähteissä mitataan junan ohiajon aiheuttama äänialistustaso. Nordic Prediction Method -ennustemallissa ja Ympäristöoppaan 97 ennustemallissa esitetään myös perusteet junavakioiden a ja b määrittämiseen.

Mittauspiste sijoitettiin noin 1,2 m korkeudelle kiskon korkeudesta standardin ISO 3095:2006 [3] mukaisesti. Tämä poikkeaa Nordic Prediction Method -mallin [1] ja Ympäristöoppaan 97 mallin [2] korkeudesta 2,0 m ($\pm 0,5$ m). Kirjallisuuden [4] perusteella ratapölkkyjen vaikutus junan tuottamaan ilmäääneseen perustuu lähinnä pyörän, kiskon ja ratapölkyn äänensäiteilyyn ja sijoittuu lähelle maata. Siten ei ole mielekää mitata ylemmässä mittauspisteessä, kun tarkoituksena on pyrkiä mittaamaan pölkkyjen välisiä eroja. Lisäksi ISO-standardi on tuoreempi ja kansainvälisesti käytetympi mittausmenetelmä, joka myös uusissa liikennemelumallinnusmenetelmissä on käytössä.

Mittauspisteen etäisyydeksi valittiin 10 m maaston muodoista ja rata-alueen maisemoinnista johtuen. Etäisyys on Nordic Prediction Method -mallin ja Ympäristöoppaan 97 mallin sallimissa rajoissa, mutta poikkeaa ISO 3095:2006 mukaisesta etäisyydestä 7,5 m.

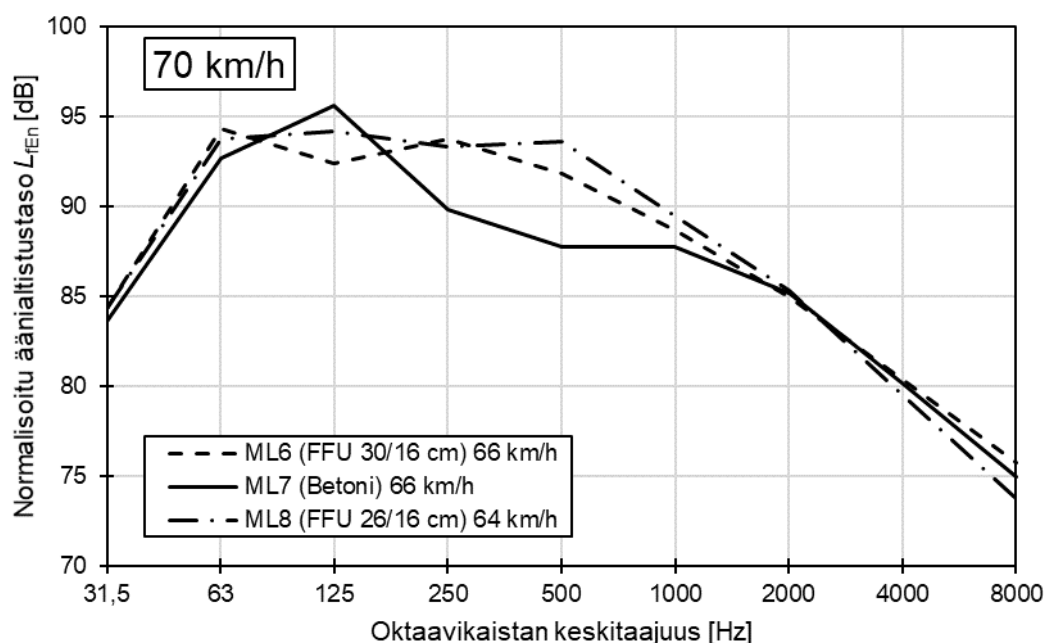
Mittauspisteet olivat koerataosuuksien puolella välissä siten, että etäisyys lähimpään autoon, rakennukseen tai muuhun mahdollisesti heijastavaan pintaan oli vähintään 30 m.

4 TULOKSET

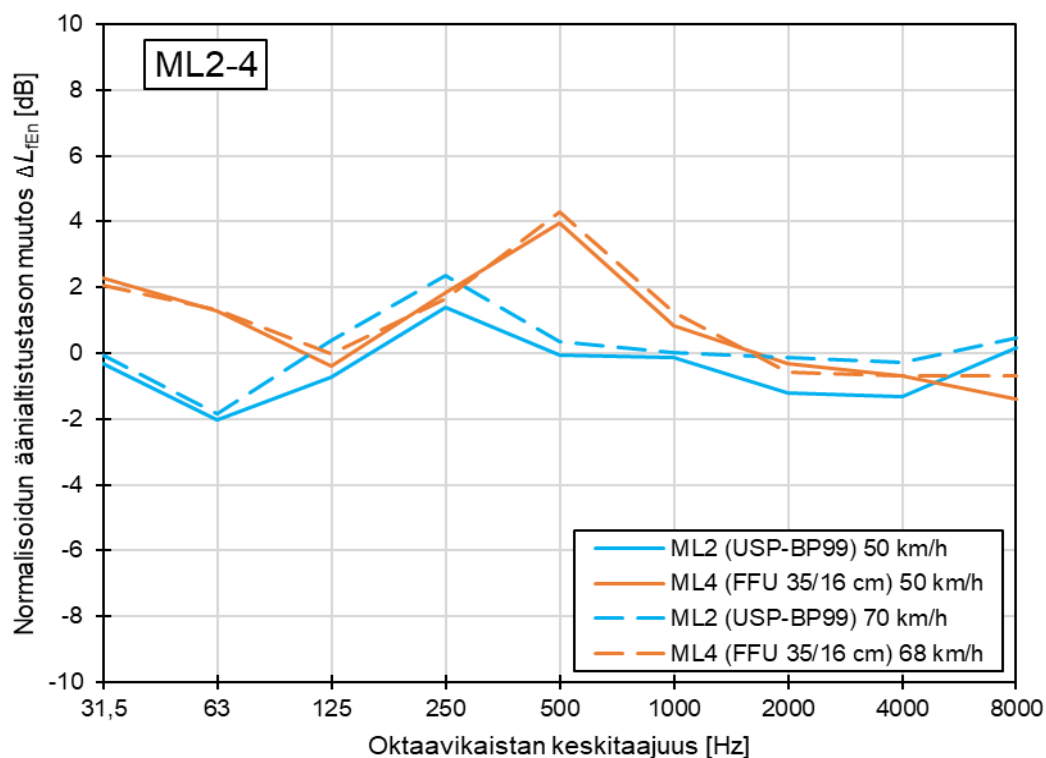
Ohiajojen äänialtistustasot normalisoitiin Nordic Prediction Method -ennustemallin [1] mukaisesti junan pituuteen, mittausetäisyyteen ja maaheijastukseen. Esimerkki mitatusta normalisoiduista äänialtistustason oktaavikaistaisista arvoista on kuvassa 2. Suurimmat äänialtistustasot havaittiin 63–500 Hz oktaavikaistoilla. Junan ohiajossa oli myös suurtaajuista melua useista (alle 10 kpl) lovipyöristä ja veturin käyntiäänestä (varsinkin tavoite- nopeudella 70 km/h), mutta näiden vaikutus koko äänialtistustasoon jäi vähäiseksi.

Normalisoiduista äänialtistustasoista L_{FE_n} määritettiin referenssimittauslinjan ja tarkasteltavan ratapölkyn mukainen erotus (kuvat 3–4). Kuvissa on esitetty ohiajon keskimääräinen ohiajonopeus mittauslinjalla. Kuvissa positiivinen arvo kuvaa äänialtistustason nousua betonipölkkyyn verrattuna. Tulosten perusteella synteettiset ratapölkkyt tuottaisivat 2–4 dB enemmän melua oktaavikaistoilla 250 ja 500 Hz. Oktaavikaistalla 125 Hz on havaittavissa noin 2–4 dB äänialtistustason pienentyminen kapeammilla FFU-pölkkyillä. Pohjaimella varustettu betonipölkky sen sijaan tuottaisi noin 2 dB vähemmän melua oktaavikaistalla 63 Hz. Näiden vaikutus A-painotettuun kokonaisäänialtistustasoon on esitetty taulukossa 1.

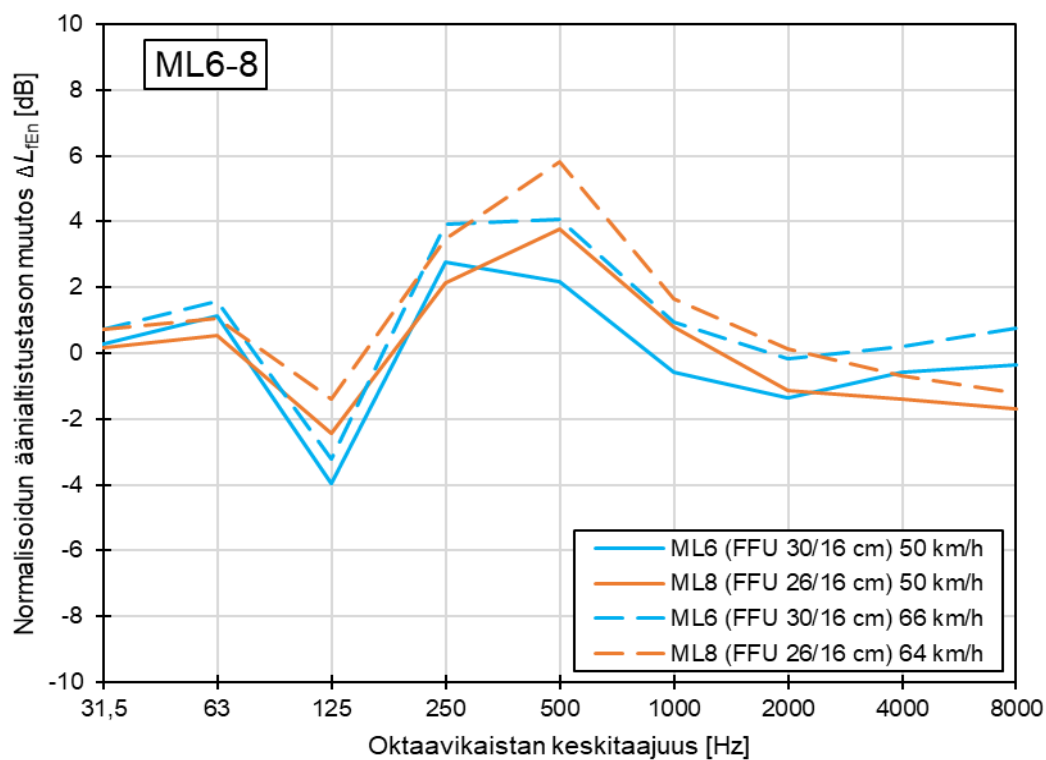
Normalisoiduista äänialtistustasoista määritettiin myös Suomessa käytössä olevat junavakiot a ja b. Junavakioiden perusteella lasketut normalisoidut äänialtistustasot on esitetty kuvassa 5 muiden Suomessa käytössä olevien junatyyppeiden kanssa. Mittaustulosten perusteella nyt mitatut melupäästöt ovat Suomessa käytössä oleviin venäläisestä tai suomalaisesta kalustosta koostuvien tavarajunien junavakioihin verrattuna hiljaisemmat. Tässä mitatut junavakiot ovat noin 5–10 dB hiljaisemmat kuin vastaavat käytössä olevat venäläiselle kokoonpanolle.



Kuva 2. Esimerkki mitatuista normalisoiduista äänialtistustasoista mittauslinjoilla ML6-8 tavoite- nopeudella 70 km/h.



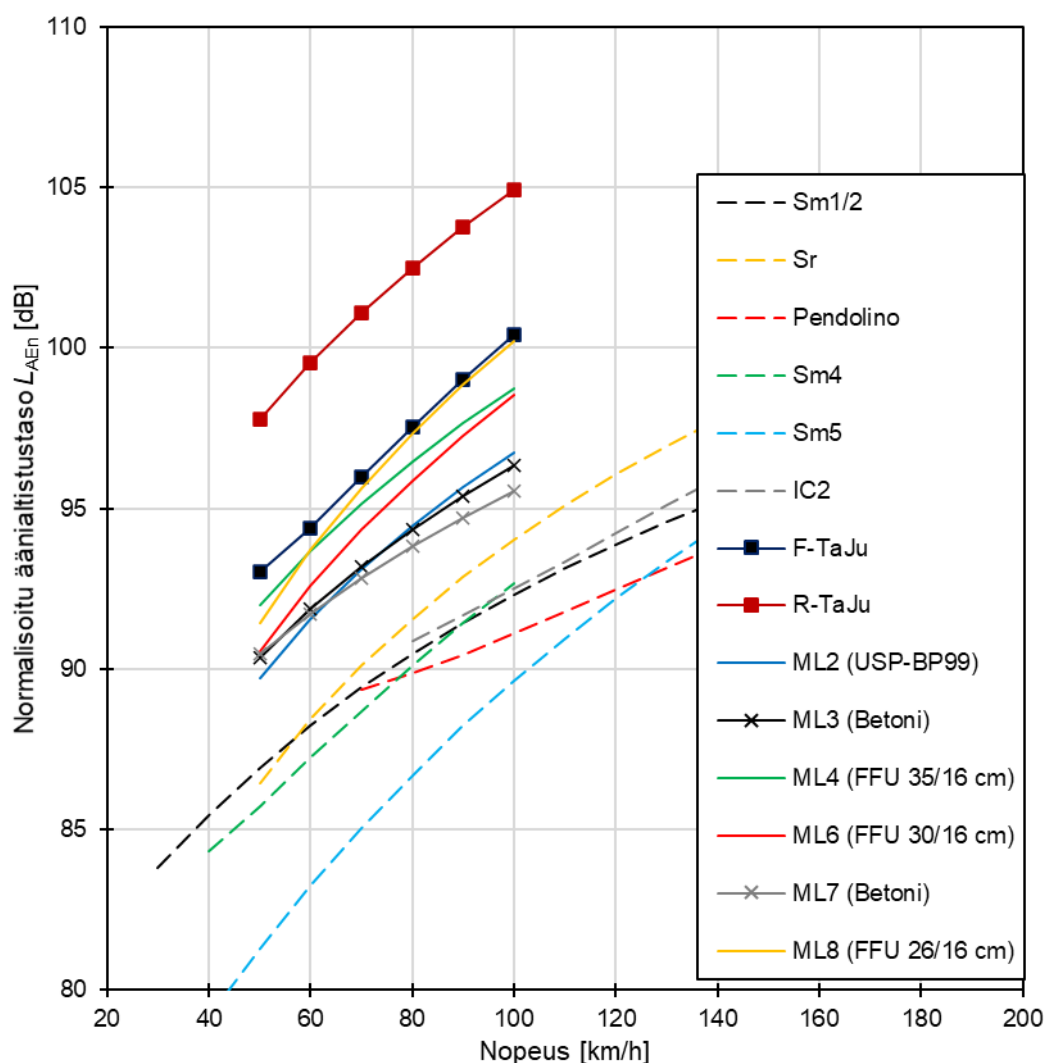
Kuva 3. Mittauslinjojen 2-4 normalisoitujen äänialtistustasojen erot betonipölkkyyn verrattuna.



Kuva 4. Mittauslinjojen 6-8 normalisoitujen äänialtistustasojen erot betonipölkkyyn verrattuna.

Taulukko 1. Tarkasteltavien ratapölkkyjen kokonaisäänialtistustason muutos betonipölkkyyn verrattuna.

Mittauslinja	Nopeusalue	Muutos kokonaisäänialtistustasoon
ML2 (USP-BP99)	50 km/h	-0,2 dB
ML4 (FFU 35/16 cm)	50 km/h	1,4 dB
ML6 (FFU 30/16 cm)	50 km/h	0,3 dB
ML8 (FFU 26/16 cm)	50 km/h	1,2 dB
ML2 (USP-BP99)	70 km/h	0,4 dB
ML4 (FFU 35/16 cm)	70 km/h	1,6 dB
ML6 (FFU 30/16 cm)	70 km/h	1,6 dB
ML8 (FFU 26/16 cm)	70 km/h	2,3 dB

**Kuva 5. Junavakioiden perusteella lasketut normalisoidut äänialtistustasot.**

5 LOPPUPÄÄTELMÄ

Tehtyjen mittausten perusteella synteettiset FFU-pölkkyt tuottavat lähtökohtaisesti 1–2 dB enemmän ääntä kuin perinteiset betonipölkkyt. Tämä näkyy erityisesti taajuusalueella 200–500 Hz äänialtistustason noin 2–4 dB kasvuna. Pohjaimella varustettu betonipölkky voi joissain tapauksissa olla hieman hiljaisempi tai meluisampi kuin normaali betonipölkky, mutta erot eivät välttämättä näy äänialtistustasojen kokonaistasoissa merkittävinä muutoksina. Mitatut erot voivat johtua kiskon muuttuneesta äänensäteilystä pitkittäisvaimennuksen heikentyessä ja pölkyn oman äänensäteilyn muuttumisesta. Kiskon pitkittäisvaimennuksen heikentyminen johtuu todennäköisesti vähentyneestä pölkyn massasta, kun pölkkyateriaali vaihdetaan betonista FFU:hun.

Määritettyjen junavakioiden perusteella mitatut äänialtistustasot ovat yleisesti käytössä oleviin junien junavakioihin verrattuna merkittävästi pienempiä. Tämän arvioidaan johtuvan siitä, että koejärjestelyjä varten rakennetut rataosuudet ovat todennäköisesti merkittävästi parempikuntoisia ja uudempia kuin ”normaalikuntoiseksi” luokitellut radat. Jatko- tutkimusten kannalta olisi olennaista selvittää, ovatko yleisesti käytössä olevat junavakiot vanhentuneet mahdollisesti muuttuneiden rata- tai junaolosuhteiden vuoksi ja ovatko saadut tulokset toistettavissa koeradalla, kun ratarakenteen kunto on muuttunut hyväkuntoisesta normaalikuntoiseksi.

VIITTEET

- [1] Railway Traffic Noise – Nordic Prediction Method. 1996. Kööpenhamina, The Nordic Council of Ministers, TemaNord 1996:524.
- [2] Raideliikennemelun laskentamalli. 2002. Helsinki, Ympäristöministeriö, Ympäristönsuojeluosasto, Ympäristöopas 97.
- [3] SFS-EN ISO 3095:2006. Acoustics. Railway Applications. Measurement of Noise Emitted by Railbound Vehicles. 2006. Helsinki, Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.
- [4] Technical Report HAR12TR-020118-SNCF10. Harmonoise Work Package 1.2: Rail Sources Task 1.2.1. 5.8.2002. Ranska, SNCF, Research and Technology Department.