

# Pori – Mäntyluoto – koerataosuuksien tärinä-, runkomelu- ja melupäästötutkimukset

Rata 2023

Timo Huhtala  
DI, suunnittelujohtaja  
040 643 3762  
timo.huhtala@ains.fi



# Tutkimusprojektin ensimmäinen vaihe vuodet 2020-2021

Tutkittiin kahdeksan koerataosuuden vaikutusta raideliikenteen aiheuttamaan tärinään ja runkomeluun sekä raideliikenteen melupäästöihin



# Koejärjestelyt vuonna 2020



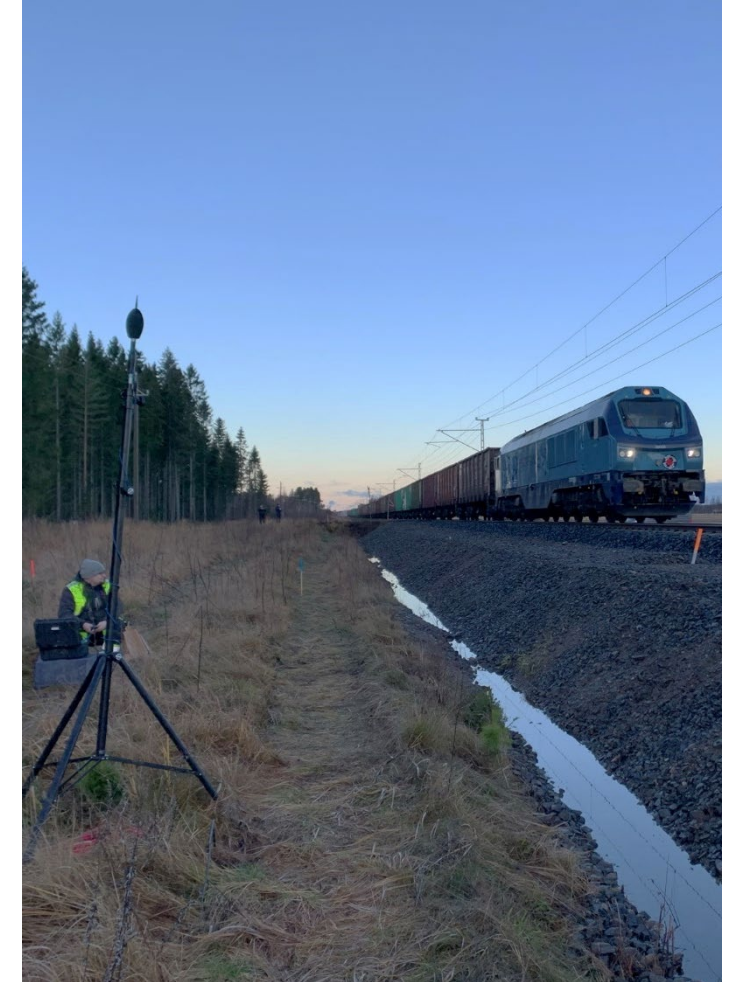
Noin 1200 m pitkä testirata, joka on jaettu kahdeksaan noin 150 m testiosuuteen

Punaisella referensseinä toimineet betonipölkkyosuudet

Vihreällä eri levyiset synteettiset ratapölkyt (35/30/26cm). Valmistettu FFU:sta (Fiber-reinforced Foamed Urethane), jonka massa on noin viidennes vastaavasta betonipölkystä

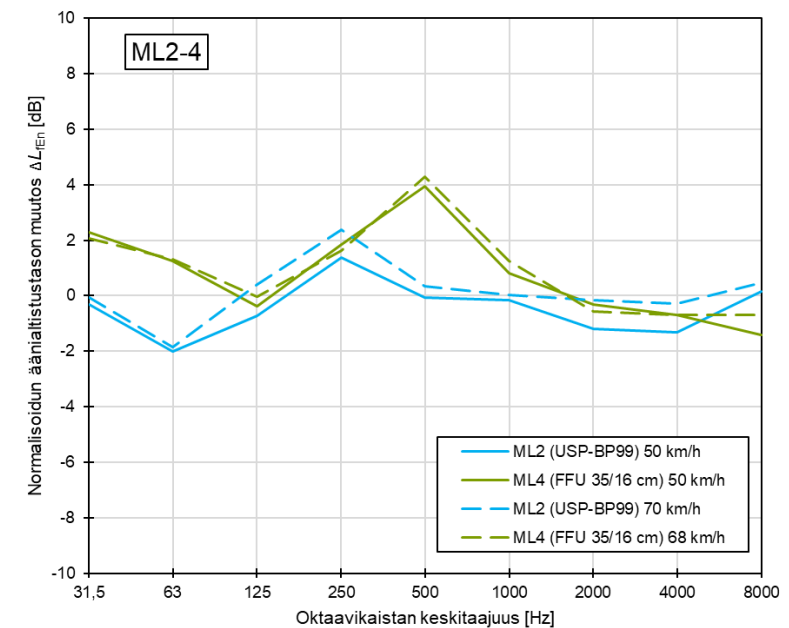
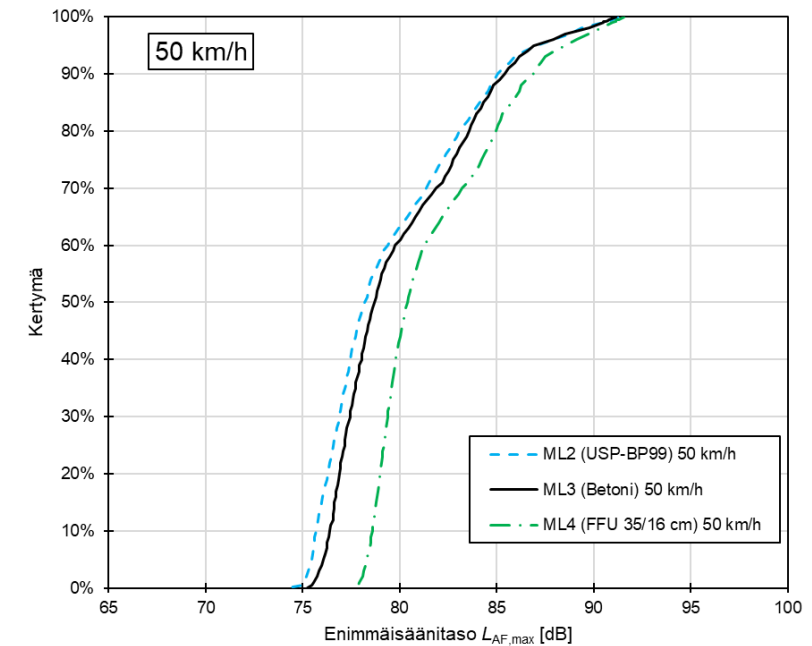
Sinisellä pohjainpölkyt, joissa pohjaintyyppinä Pandrol USP-R-07e. Pohjain on valmistettu materiaalista CDM-RR (resin-bonded rubber).

Testijunassa molemmissa päissä dieselveituri (Operail DR20) ja 48 avovaunua täydessä kuormassa. Pituus 714 metriä ja paino noin 4500 tonnia.



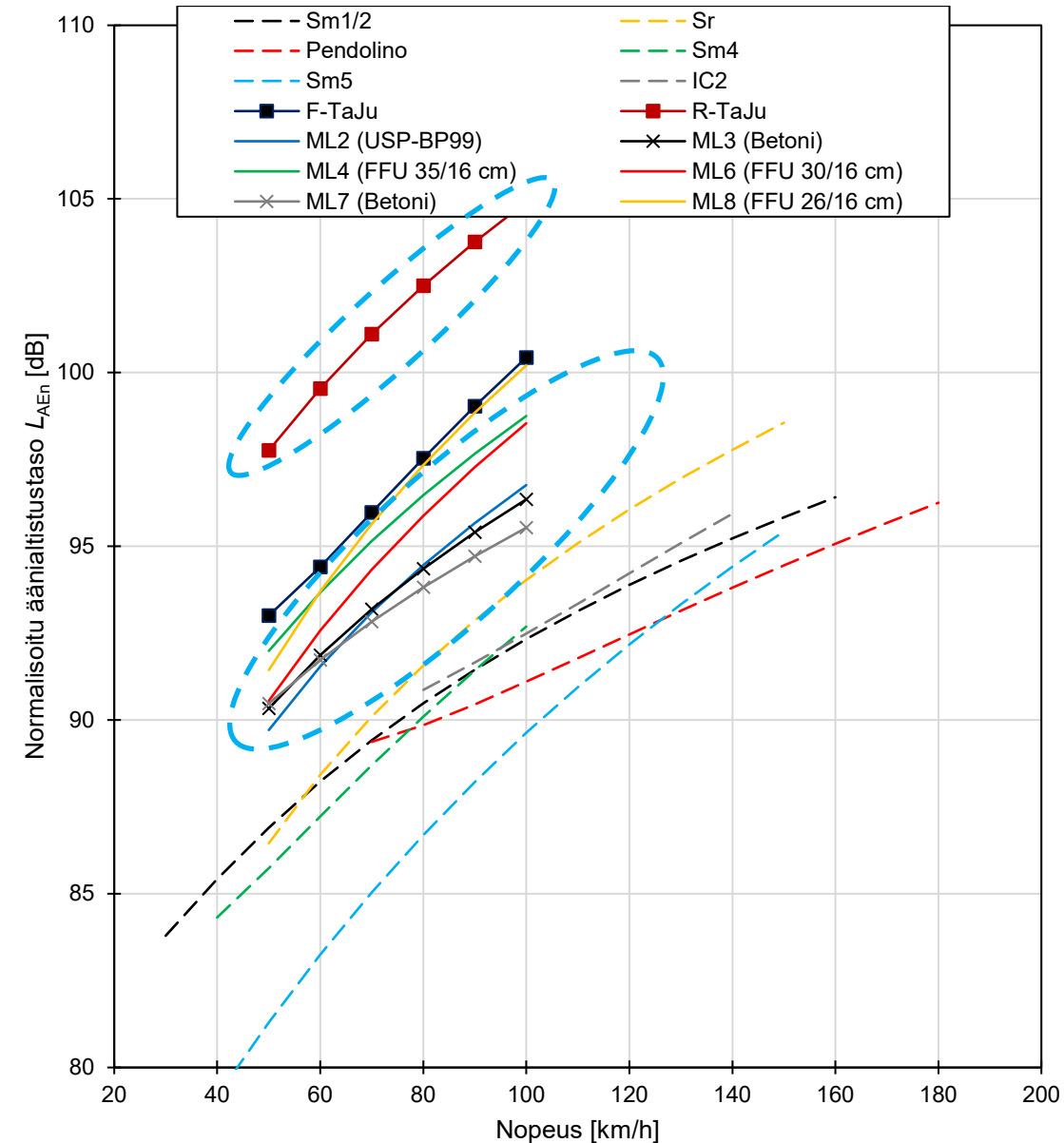
# Tulokset – melupäästö

- Mittausten perusteella pohjaimella varustettu betonipölkky ei ole kokonaisäänitasoissa merkittävästi meluisampi tai hiljaisempi kuin perinteinen betonipölkky. Eroja oli havaittavissa kuitenkin 200 Hz taajuuskaistalla.
- Synteettiset FFU-pölkkyt olivat kokonaistasoissa lähtökohtaisesti 1–2 dB meluisampia kaikissa tapauksissa.
  - Taajuuskaistaisissa tuloksissa kaikissa mittauksissa on havaittavissa kasvanut meluntuotto taajuuskaistoilla 200–800 Hz. Näillä taajuuskaistoilla äänialtistustaso kasvaa tyypillisesti 2–4 dB.
  - Taajuuskaistalla 100 Hz voi olla saavutettavissa sen sijaan 0–4 dB vaimennusta.



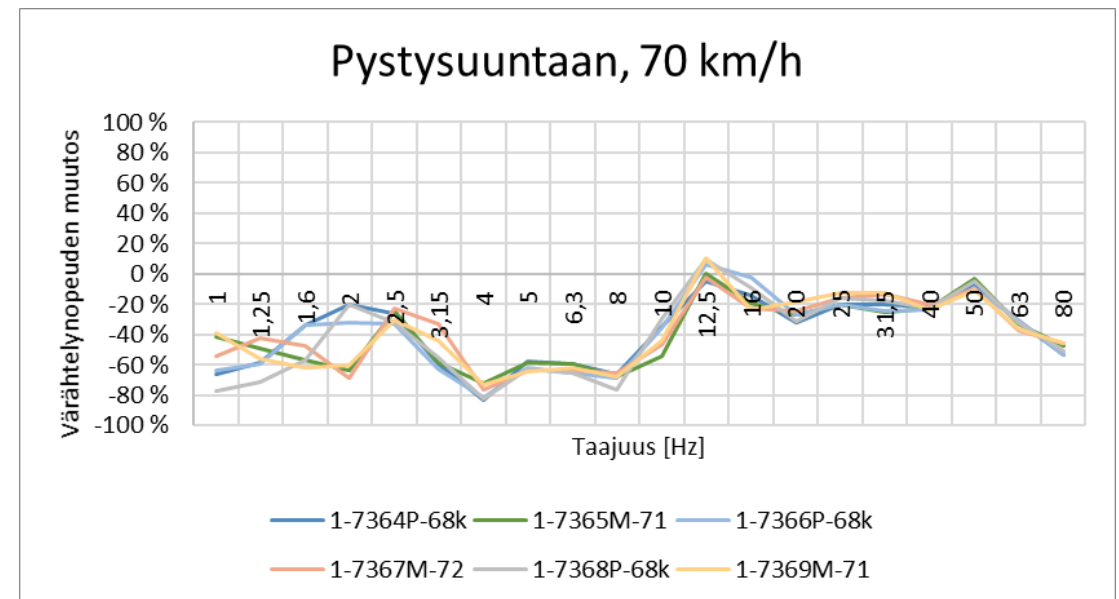
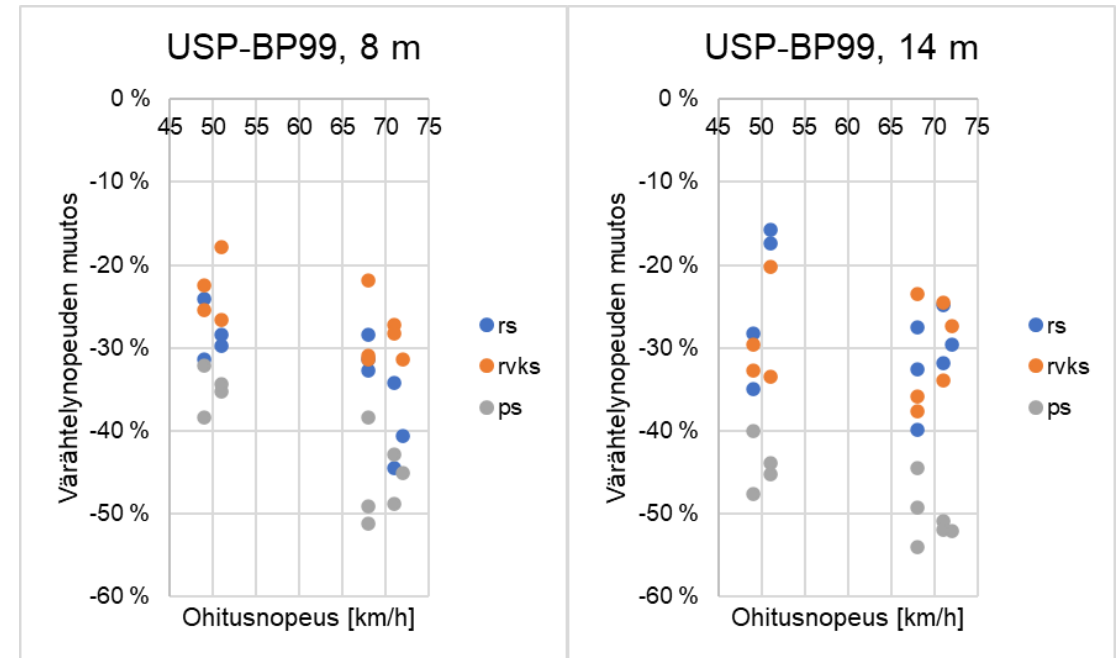
# Tulokset - melupäästö

- Mittaustuloksista määritetyt äänialtistustasot ovat noin 5–10 dB pienempiä kuin Suomessa yleisesti käytössä olevien junavakioiden perusteella lasketut
- Näin suuria eroja voi syntyä varsinkin ratarakenteen (erityisesti kiskon) epätasaisuuksista: uusi ja hyväkuntoinen rata voi olla normaalikuntoiseen rataa verrattuna 4–6 dB hiljaisempi
- Tuloksella voi olla merkittäviä vaikutuksia mm. meluntorjunnan mitoittamiseen kaavoituksessa, rakennuskustannuksiin sekä melulle altistuvien määriin
- Tulosten johdosta käynnistetty jatkotutkimus liittyen junatyypivakioiden tarkistamiseen
  - esiselvitysvaihe valmis



# Tulokset - Tärinä

- Mittaukset osoittivat, että **betoninen pohjainpölkky vaimensi tärinän vaaka- ja pystysuuntaisten komponenttien tärinätasoja**
- Tärinän kokonaistasoihin vaimennusta saavutetaan
  - vaakasuuntaisissa värähtelykomponenteissa noin 20–40 % ja
  - pystysuuntaisessa värähtelykomponentissa 40–50 %
- Vaimennusta saavutetaan erityisesti alle 10 Hz taajuusalueella





# Tulokset - Tärinä

- Synteettisillä FFU-pölkyillä yli 40 Hz taajuuksilla esiintyvä resonanssi-ilmiö aiheuttaa merkittävää värähtelytasojen voimistumista, joka nostaa yksilukuarvojen perusteella määritettyä värähtelytason muutosta
- Tarkastelemalla tärinää alle 20 Hz taajuuksilla, jotka ovat tärinäongelmien kannalta merkityksellisempiä, myös FFU-pölkyillä saavutetaan vaimennusta tärinään. Vaikutus suurin leveimmällä pölkylä
- Resonanssi johtuu todennäköisesti pölkyn alimmasta ominaisvärähtelymuodosta. Myös tutkimuskirjallisuudessa on havaittu FFU-pölkyn alimpien ominaistaajuuksien olevan merkittäviä taajuuskomponentteja mitatuissa värähtelytasoissa



# Tulokset - Runkomelu

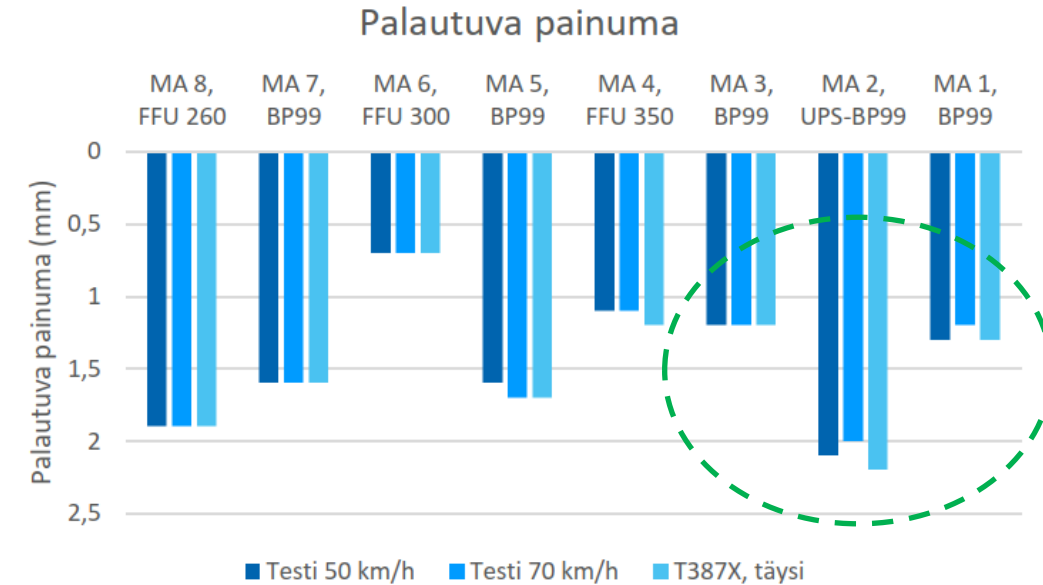
- Runkomelutason muutoksen yksilukuarvojen perusteella pohjainpölkky USP-BP99 on ainut pölkkytyyppi testatuista, jolla saavutetaan runkomelun vaimennusta kaikissa mittaussuunnissa
- Kuitenkin värähtelyn vaakasuunnissa esiintyy voimistumista alle 80 Hz taajuuksilla ja vaimentumista tätä korkeammilla taajuuksilla
- Pystysuuntaisessa värähtelyssä alle 80 Hz taajuuksissa esiintyy vaimentumista ja 100 Hz korkeammilla taajuuksilla voimistumista
- Synteettisillä FFU-pölkyillä runkomelun vaimennusta esiintyy joillakin taajuualueilla, mutta huomattavasti merkittävämpiä ovat FFU-pölkkyjen resonansseista johtuvat värähtelyn voimistumispiikit, joissa runkomelutaso voi kasvaa kymmeniä desibelejä





# Johtopäätökset

- **Tärinän kannalta pohjainpölkky oli tehokkain. Vaimennus pystysuunnan osalta noin 40-50 %.** Todennäköisesti johtuen erilaisesta kuorman jakautumisesta.
- Komposiittipölkyistä levein vaimentaa jossain määrin tärinää alle 20 Hz taajuusalueella (noin 20 % pystysuunnan osalta)
- Komposiittipölkyillä huomattavia resonansseja korkeammilla taajuuksilla (yli 40 Hz), jolloin runkomelutasot voivat kasvaa jopa 10 dB
- Pohjainpölkyn tärinän vaimennuskyvyn osalta jatkotutkimustarve



Pohjainpölkkyradan palautuva painuma on noin 0,8 mm suurempi kuin vertailtavaan pohjamaahan rakennetun normaalin betoni-pölkkyradan. Pohjain tuo rataa huomattavan määrän lisää joustoa

# Tutkimusprojektin toinen vaihe vuodet 2021-2022

Tutkittiin kahdeksan uuden koerataosuuden vaikutusta  
raideliikenteen aiheuttamaan tärinään

# Vuoden 2021 testijärjestelyt

- Koerataosuudet hieman pidempiä 350...500 m
- Uusien pohjainmateriaalien jäykkyys vaihtelivat
- Koejuna eri viikonloppuina 39 tai 40 vaunua ja SR1-veturit

Mittaus- linja	Mittaus- vuosi	Pölkky/pohjain	Jäykkyys [N/mm <sup>3</sup> ]	Pohjaimen jäykkyys
ML2	2020, 2021	Pandrol USP-R-07e	0.18	Normaali
ML3	2020	Betonipölkky		
ML4	2020	FFU 350, komposiittipölkky		
ML5	2020	Betonipölkky		
ML6	2020	FFU 300, komposiittipölkky		
ML7	2020	Betonipölkky		
ML8	2020	FFU 260, komposiittipölkky		
ML9	2020, 2021	Betonipölkky		
ML10	2021	Pandrol USP-I-10b	0.10	Pehmeä
ML11	2021	Pandrol USP-R-07e	0.18	Normaali
ML12	2021	Getzner SLB 1510 G	0.13	Pehmeä
ML13	2021	Betonipölkky		
ML14	2021	Getzner SLB 3007 G	0.30	Jäykkä
ML15	2021	Getzner SLS 1308 G	0.13	Pehmeä
ML16	2021	Getzner SLB 3007 G	0.30	Jäykkä
ML17	2021	Pandrol USP-R-07e	0.18	Normaali

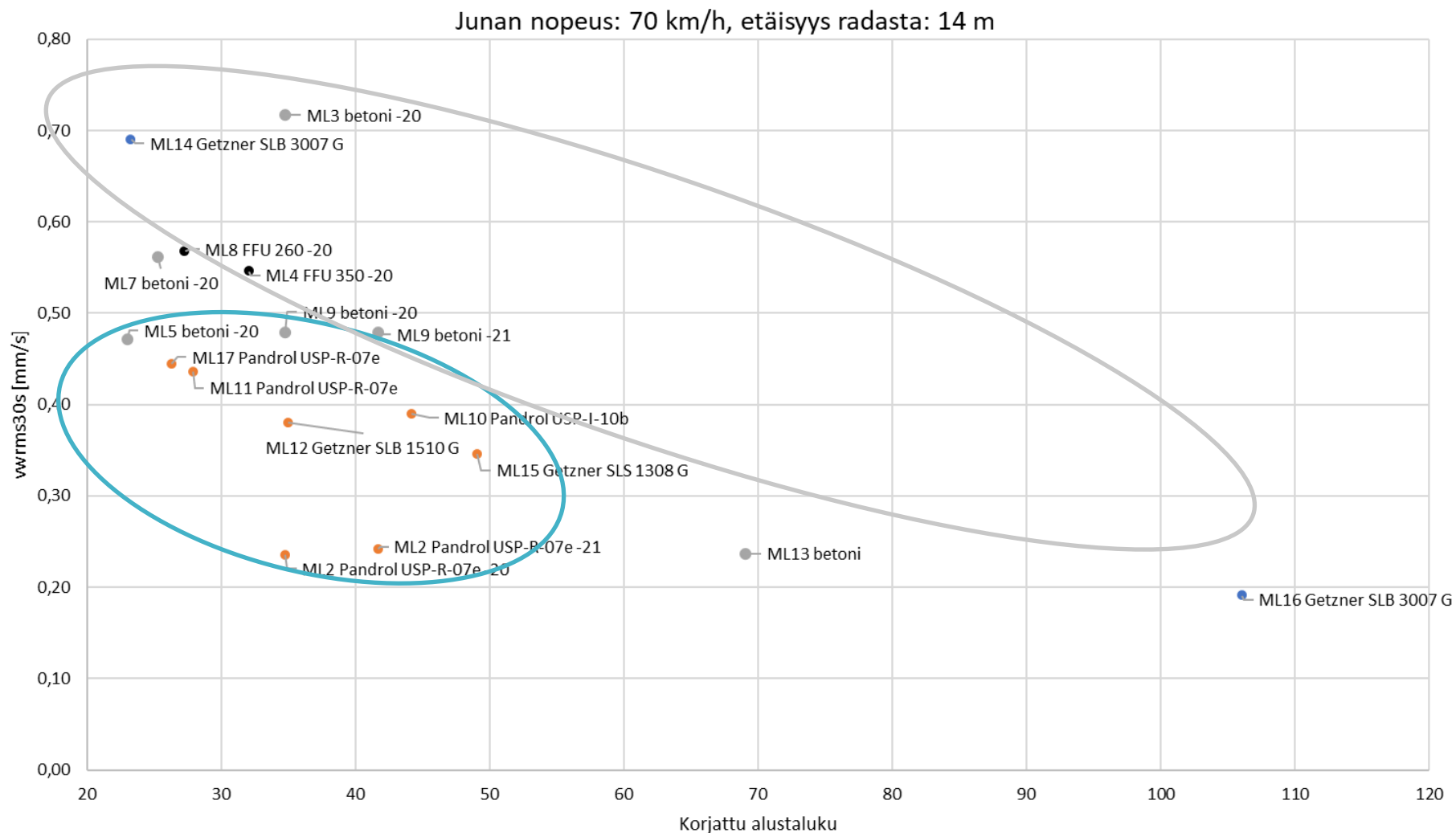




# Maaperän vaikutus ja korjattu alustaluku

- Maaperä koko testialueella on kerrallista hiekkaa ja silttiä, joissa kerrospaksuudet sekä kerroksien maalajit vaihtelevat kohdekohtaisesti. Nämä vaikuttavat tuloksiin ja vaikeuttavat vertailua eri koerataosuuksien välillä
- Tästä syystä tutkimuksessa mittaustuloksia vertailtaessa maaperän jäykkyyserot huomioidaan käyttäen **korjattua alustalukua**
- Alustalukua käytetään yleisesti laattaperustusten mitoituksessa kuvaamaan maaperän jäykkyyttä.
  - $C=q/s$ , jossa s on painuma, q on pohjapaine ja C on alustaluku.
- Tutkimuksessa käytetty korjattu alustaluku tarkoittaa 1,5 m syvyydeltä mitatusta palautuvasta painumasta ja junan aiheuttamasta pohjapaineesta laskettua alustalukua, jota on korjattu korjauskertoimella.
  - Korjauskerroin perustuu pohjatutkimuksista (puristinheijarikairaukset, näytteet, leikkausaallonnopeus) arvioituun maaperän merkitsevien kerrosten leikkausmoduuliin.
  - **Korjauskerroin on kohteen arvioidun leikkausmoduulin suhde kaikkien mittaushkohteiden leikkausmoduulien keskiarvoon.** Tällöin ns. kovilla mailla korjauskerroin on yli yhden ja pehmeissä kohteissa korjauskerroin on alle yhden. Tässä tutkimuksessa korjauskertoimen vaihtelu on 0,7-2,0 välillä.

# Tulokset suhteessa korjattuun alustalukuun



# Johtopäätökset

- Maaperä ja junan nopeus vaikuttavat tärinätasoihin enemmän kuin pohjaimen vaikutus
  - Oikein valittu pohjain vaimentaa tärinää kaikilla mitatuilla nopeuksilla ja maaperillä
- **Keskipehmeä pohjain vaikuttaisi vaimentavan tärinää parhaiten mitatuista betonipölkkyyn verrattuna**
  - **10-30 % vaimennus taajuusalueella 1-80 Hz pystysuunnassa**
  - **15-40 % vaimennus tärinän kannalta merkitsevimmillä 1-20 Hz taajuuksilla pystysuunnassa**
- Jäykin pohjain käyttäytyy lähes betonipölkyn tavoin
- Pehmeimmillä pohjaimilla saavutettava vaimennus ei ole yhtä suuri kuin keskipehmeillä
- Pohjaimen paksuudella ei ole havaittavaa vaikutusta
- Vuoden 2020 testiradan betoni ja pohjainpölkkyosuudet eivät ole muuttuneet merkittävästi tärinän osalta
- Pohjaimella ei ole selvää vaikutusta lovipyörien aiheuttamaan tärinään
- **Koekohteet eivät edustaneet kaikkein pehmeintä ja tärinäaltteinta aluetta**
  - **Suositeltavaa testata pohjainten vaikutusta erityisen tärinäalttiilla alueella**





# Kiitos

Timo Huhtala  
DI, suunnittelujohtaja  
Puh. 040 643 3762  
timo.huhtala@ains.fi

Benjamin Oksanen  
DI, asiantuntija  
Puh. 040 707 3825  
benjamin.oksanen@ains.fi

Ville Kovalainen  
DI, asiantuntija  
Puh. 040 646 4200  
ville.kovalainen@ains.fi

