



Väylävirasto

Lappeenranta-Muukko Ratasuunnitelman tärinä- ja runkomeluserivitys

Tilaaaja: Väylävirasto

Tekijä
Antti Pelho
Osasto
Road and Rail engineer
Puhelin
+358 (0)50 5120 913
E-mail
antti.pelho@afry.com

pvm
27/02/2023
Toimipaikka
Tampere

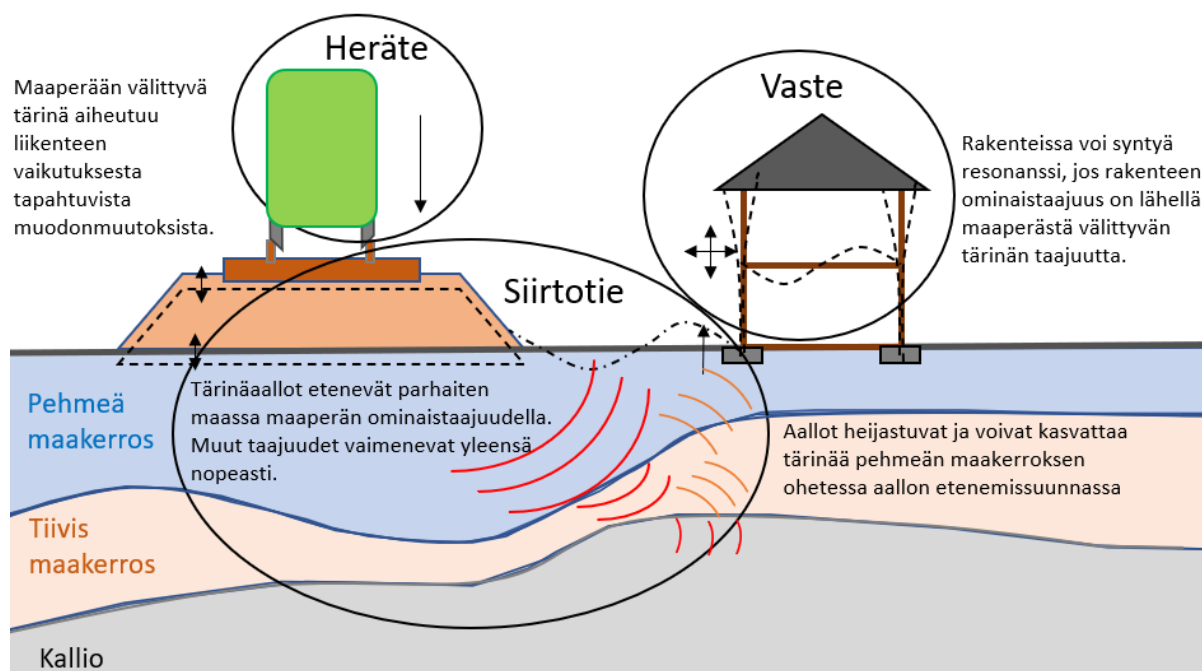
Väylävirasto
Lappeenranta-Muukko Ratasuunnitelman tärinä- ja
runkomeluservitys ympäristöselvityksen tarpeisiin

Sisällys

1	Tärinä ja runkomelu ympäristöhaittana	1
2	Tärinän ja runkomelun leviämisen arviointimenetelmä	2
3	Nykytilanne Lappeenranta-Muukko rataosalla.....	2
3.1	Aikaisemmin tehdyt tärinä- ja runkomeluserivytukset	2
3.2	Nykytilanne selvitysten perusteella.....	3
3.3	Nykytilanne laskentojen perusteella.....	5
4	Tuleva tilanne Lappeenranta-Muukko rataosalla	6
4.1	Kaksoisraiteen vaikutukset Lappeenranta-Muukko rataosan tärinä- ja runkomeluolosuhteisiin	6
4.2	Tunnistetut tärinän ja runkomelun riskialueet Lappeenranta-Muukko rataosalla sekä ehdotetut toimenpiteet	9
5	Jatkotutkimustarpeet	11
6	Lähteet	11

1 Tärinä ja runkomelu ympäristöhaittana

Rautatieliikenteen aiheuttama rataympäristöön välittyvä matalataajuinen tärinä syntyy pääsääntöisesti liikennekuorman aiheuttamasta muodonmuutoksesta ratapenkereen alla. Korkeataajuinen tärinä syntyy pääosin kalustosta sekä kisko—pyöräkontaktista ja välittyy ratarakennetta pitkin pohjamaahan. Rautatieliikenteen tärinän voimakkuuteen ja taajuuteen vaikuttavat junan nopeus, paino ja dimensiot sekä kaluston ja radan kunto. Tärinä välittyy maaperää pitkin rataympäristöön ja rakennuksiin. Tärinä ympäristöhaittana on vaikeasti ennakkoon arvioitava, koska tärinän voimakkuuteen vaikuttavat monet tekijät. Rakennuksessa havaittavan tärinän eli vasteen suuruuteen vaikuttaa tärinän heräte eli junaliikenne, tärinän siirtotie eli maaperä, ratarakenne ja perustamistapa sekä välittyminen rakennukseen ja rakennuksen ominaisuudet. Kuvassa 1 kuvataan tärinän välittyminen radalta rakennukseen.



Kuva 1. Tärinän välittyminen herätteestä siirtotietä pitkin havaittavaksi vasteeksi.

Tärinän leviämisen arviointi perustuu maaperän ominaisuuksiin, radan- ja ratapenkereen rakenteeseen ja kuntoon sekä junaliikenteeseen (kokonaisuudessa, akselipaino, jousittamaton massa, vaunutyyppi). Maaperän ominaisuuksista tärinän leviämisessä eniten vaikuttavat maakerrosten jäykkyysominaisuudet, kerrosten paksuus sekä kerrosrajavaihtelut. Muita vaikuttavia asioita ovat esimerkiksi pohjaveden pinta ja maan vesipitoisuus.

Tärinän välitty maa- tai kallioperästä rakennukseen pohjarakenteiden kautta. Tähän vaikuttavat tärinän suuruus ja taajuus, maaperän ominaisuudet sekä rakennuksen ominaisuudet kuten kellarillisuus, rakennuksen ja rakennusosien jäykkyydet, materiaalit, jännemitat ja perustamistapa.

Tärinä on subjektiivinen haitta eli osa ihmisistä voi häiriintyä jo havaintokynnyksen ylittävästä tärinästä, kun osaa ei haittaa selvästi suuremmatkaan tärinät. Tärinän kokemiseen rakennuksessa voi vaikuttaa rakennuksen yksityiskohtat, kuten vanhat ikkunat tai lasikaapistot, jotka helisevät äänekkäästi jo pienestä tärinästä, jota muuten ei edes havaitsisi.

Runkomelu tai runkoääni on korkeataajuisia tärinää, joka havaitaan rakennuksessa matalataajuisena äänenä. Runkomeluna havaittava tärinä kulkeutuu paremmin kovissa maissa ja kallioissa ja on siten mahdollisesti haasteena kohteissa, joissa matalataajuinen tärinä ei häiritse ihmisiä. Runkomelun leviämisen arviointi perustuu maaperän ominaisuuksiin, junan tyyppiin, kuntoon ja nopeuteen, radan kuntoon sekä rakennustyyppiin.

2 Tärinän ja runkomelun leviämisen arviointimenetelmä

Tärinän leviämisen arviointi tehdään käyttäen VTT:n tutkimusraportissa ”Liikennetärinä: Alueiden tärinäkarttoitus ja rakenteiden vaurioitumisalttius” (Talja & Törnqvist, 2014) esitettyä laskennallista kaavaa, joka perustuu lähteessä (Madshus et al. 1996) julkaistuun malliin, joka on muokattu Suomen olosuhteisiin sopivaksi.

Mallissa muuttujina on maaperä, merkittävimpien junien kokonaismassa ja nopeus sekä radan kunto. Maaperätietoina käytetään GTK:n maaperä kartta-aineistoa sekä alueelta tehtyjä pohjatutkimuksia. Merkittävimmän junan massa ja nopeus nykytilanteessa on otettu Väyläviraston julkaisemasta vuoden 2023 Rautateiden verkkoselostuksesta. (Väylävirasto, 2021) Tulevan tilanteen mallissa merkittävimmän junan nopeus ja massa otetaan suunnitteluperusteista.

Runkomelun arviointi tehdään käyttäen VTT:n esiselvityksessä ”Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi” (Talja & Saarinen, 2009) esitettyä arviointitasoa 2. Arviointitaso 2 perustuu empiirisesti luotuun runkomelun leviämisen malliin, jota korjataan maaperään, kalustoon, rakennukseen ja ratarakenteeseen liittyvillä korjauskertoimilla.

Ympäristöministeriön ohje rakennuksen ääniympäristöstä (796/2017) ehdottaa maaperäisen runkomelutason ohjearvon olevan avoradoilla vähemmän tai yhtä suuri kuin 35 dB ja tärinän tunnusluvun ohjearvon olevan vähemmän tai yhtä suuri kuin 0,30 mm/s. Tärinän ohjearvo perustuu VTT:n julkaisuun ”Suositus liikennetärinän arvioimiseksi maankäytön suunnittelussa” (Törnqvist & Talja, 2006), jossa rakennusten värähtelyluokitus on jaettu neljään luokkaan.

- Luokka A: Tärinää ei yleensä havaita. Värähtelyn tunnusluku < 0,10 mm/s
- Luokka B: Tärinä voidaan havaita, mutta ei ole yleensä häiritsevää. Värähtelyn tunnusluku < 0,15 mm/s.
- Luokka C: Suositus **uusien rakennuksen** suunnittelussa. Värähtelyn tunnusluku < 0,30 mm/s.
- Luokka D: Olosuhteet, joihin pyritään **vanhoilla asuinalueilla**. Värähtelyn tunnusluku < 0,60 mm/s.

VTT:n tiedote ”Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi” (Talja & Saarinen, 2009) suosittelee asuinrakennuksissa avoratojen ympäristössä runkomelun tunnusluvun arvon olevan pienempi kuin 35 dB. Toimisto-, teollisuus- ja liikerakennuksissa tunnusluvun suositellaan olevan pienempi kuin 45 dB.

3 Nykytilanne Lappeenranta-Muukko rataosalla

3.1 Aikaisemmin tehdyt tärinä- ja runkomeluselvitykset

Luumäki-Imatrankoski- kaksoisraiteen alueelta on tehty seuraavat tärinä- ja runkomeluselvitykset:

- Tärinämittaus Lappeenrannassa osoitteessa Muukontie 66 ja Rinnetie 13, RHK tilausnumero 262566.a, Geomatti Oy, 30.4.2006.
- Lauritsalan ja Mälkiän kaava-alueiden tärinätarkastelut, Lappeenranta, Geomatti Oy 7.6.2006.
- Rautatieliikenteen tärinäriskiselvitys Muukonniemen asemakaavoitus, Lappeenranta, Geobotnia Oy, 31.3.2005.
- Luumäki-Imatrankoski -kaksoisraiteen alustava yleissuunnittelu ja ympäristövaikutusten arviointi, Liite 11 Tärinäselvitys. Ratahallintakeskus. Helsinki. 2008.
- Kaksoisraide Luumäki-Imatra Yleissuunnittelun tärinäselvitys ja värähtelyanalyysi, Lappeenranta, Geomatti Oy, 9.11.2009.
- Alakylän asemakaavan muutos. Tärinäselvitys. Geomatti Oy. 22.8.2016
- Luumäki-Imatra ratasuunnitelma. Tärinänsuojausvaihtoehtojen tarkastelu sekä seloste numeerisesta mallinnuksesta. WSP Finland Oy. 13.4.2017.
- Luumäki-Imatra/tavara -radanparannushankkeen melu- ja tärinäselvitys ratatoimitusta varten. WSP Finland Oy, 2.12.2018.

- Luumäki-Imatra-ratasuunnitelma. Lauritsalan alueen tärinä- ja runkomeluselvelytys. Akukon Oy.16.6.2020.
- Asemakaava 41 Laihia Tärinäselvitys, Geomatti Oy, 27.11.2020.
- "Senaatin Asema-alueet Oy" Lappeenrannan aseman (radan pohjoispuolisen) ympäristön tärinäselvitys, Geomatti Oy, 31.8.2022.

Edellisten lisäksi Lappeenranta-Muukko rataosan varrelta on tehty asemakaavaselostuksia liittyen kaavamuutoksiin tulevan kaksoisraiteen ympärillä, joista ei ole tehty erillisiä tärinä- tai runkomeluselvelyksiä. Alueelta on tehty seuraavat asemakaavamuutokset, joissa käsitellään junaliikenteen tärinä- ja runkomeluvaikutuksia asemakaava-alueelle.

- Saimaan kanavan ratasillan ympäristön asemakaavan muutos, Lappeenrannan kaupunki. 10.10.2017, päivitetty 28.11.2017.
- Tullitie 7, Asemakaavan ja tonttijaon muutos. Asemakaavaselostus. Lappeenrannan kaupunki. 14.1.2020.

3.2 Nykytilanne selvitysten perusteella

Lappeenranta-Muukko rataosa sijoittuu lähes kokonaan ensimmäisen Salpausselän alueelle, jossa maaperä on karkearakeista hiekkaa tai hiekkamoreenia, jossa tärinän leviäminen ei ole yhtä suuri riski kuin pehmeiköillä. Pehmeikköä esiintyy ainoastaan lähellä Lappeenrannan asemaa ja Lauritsalan kanavasillan ympäristössä. Koska rataosa kulkee Lappeenrannan keskustataajaman poikki, on asuinrakennuksia suhteellisen lähellä rataa. Vaikka tärinän leviäminen ei alueen maaperässä ole kovin tehokasta, leviää tärinä aikaisempien selvitysten mukaan monille asuinalueille mahdollisesti häiritsevästi.

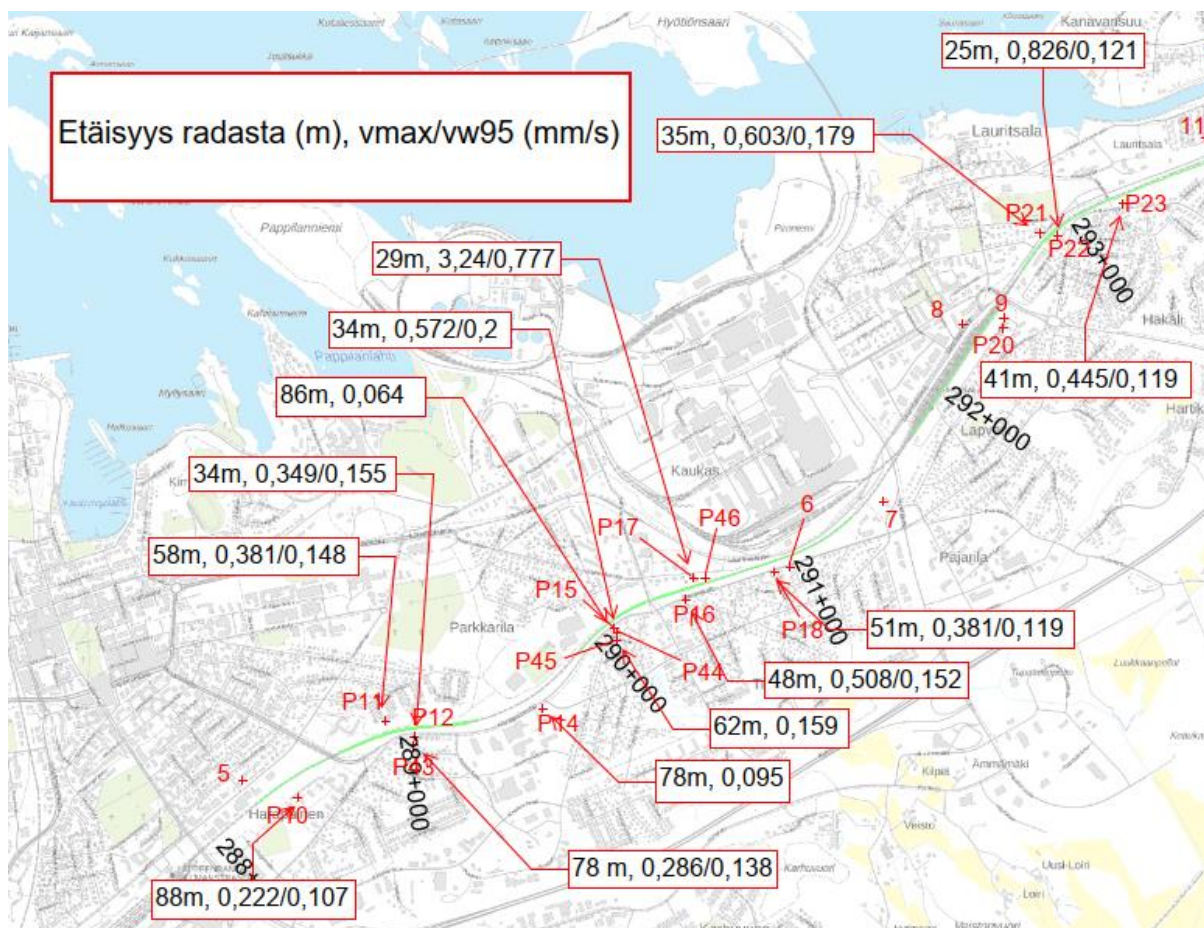
Yleissuunnitteluvaiheessa tärinäriskialueina pidettiin alueita, joissa tärinän tunnusluku rakennuksissa oli yli 0,6 mm/s ja alueella oli asutusta. Uusien kaavojen alueella häiritsevän tärinän tunnuslukuna pidetään 0,3 mm/s. Vuoden 2009 Geomatti Oy:n tekemässä yleissuunnittelun tärinäselvityksessä Lappeenranta-Muukko rataosan alueelta havaittiin 6550 m matkalla tärinäkriittisiä alueita:

- Harapainen, kmv 288+100-289+300
- Tirilä, kmv 289+800-291+250
- Lauritsala, kmv 291+600-293+950
- Pontus, kmv 295+520-296+800

Yleissuunnittelun laskennoissa nykytilanteen merkittävämpänä kalustona on käytetty maksimi nopeudella 90 km/h kulkevaa 2500 t painavaa tavarajunaa ja tulevassa tilanteessa maksimi nopeudella 70 km/h kulkevaa 6300 t painavaa itäisen yhdysliikenteen tavarajunaa. Yhdysliikenne liikennöin rataosalla 2010 luvulla ja 2020 luvun alussa ennen liikennöinnin lakkauttamista pakotteiden vuoksi.

Osasta näitä alueita on tehty tarkempia tärinä- runkomeluselvelyksiä asemakaavaan ja Luumäki-Imatra -ratasuunnitelmaan liittyen. Selvityksissä maasta mitatut tärinätasot poikkesivat toisistaan eri kohteissa, vaikka maaperä mitatuissa kohteissa oli samankaltaista Salpausselän hiekkamoreenia. Vuoden 2009 yleissuunnittelun tärinäselvityksessä todetaan, että maasta ja rakennuksista tehtyjen tärinämittausten perusteella on yksikerroksisten rakennusten värähtelyluokka yleensä B ja kaksikerroksisten C 30–100 metrin etäisyydellä radasta tärinäkriittisillä alueilla. Myöhemmin tehdyt selvitykset tukevat yleissuunnittelun tärinäselvityksen toteamusta.

Luumäki-Imatra/tavara -radanparannushankkeen melu- ja tärinäselvityksessä tehtiin Lappeenranta-Muukko rataosan alueelta tärinämittauksia 24 rakennuksesta. Kahdessa rakennuksessa tärinän tunnusluku ylitti jopa luokan D raja-arvon (etäisyyksillä 29 m ja 34 m). Muut mittauspisteet sijaitsivat 21–137 m etäisyydellä radasta ja niissä tärinän tunnusluku oli värähtelyluokassa B tai C. Osa mittauksista esitetty kuvassa 2.



Kuva 2. Mitatut tärinän maksimi-arvot ja tunnusluvut rakennuksissa osassa Lappeenranta-Muukko rataväliä. Muokattu ote raportista "Luumäki-Imatra/tavara -radanparannushankkeen melu- ja tärinäselvitys ratatoimitusta varten." (WSP Finland Oy, 2.12.2018)

Harapaisen alueella on tehty Alakylän asemakaavan muutoksen yhteydessä tärinäselvitys. Maaperä alueella on samankaltainen ja selvityksen tuloksia voidaan käyttää hyödyksi muun Harapaisen alueella. Tuloksien perusteella tärinä ei ylitä värähtelyluokkaa C yli 60 metrin etäisyydellä radasta.

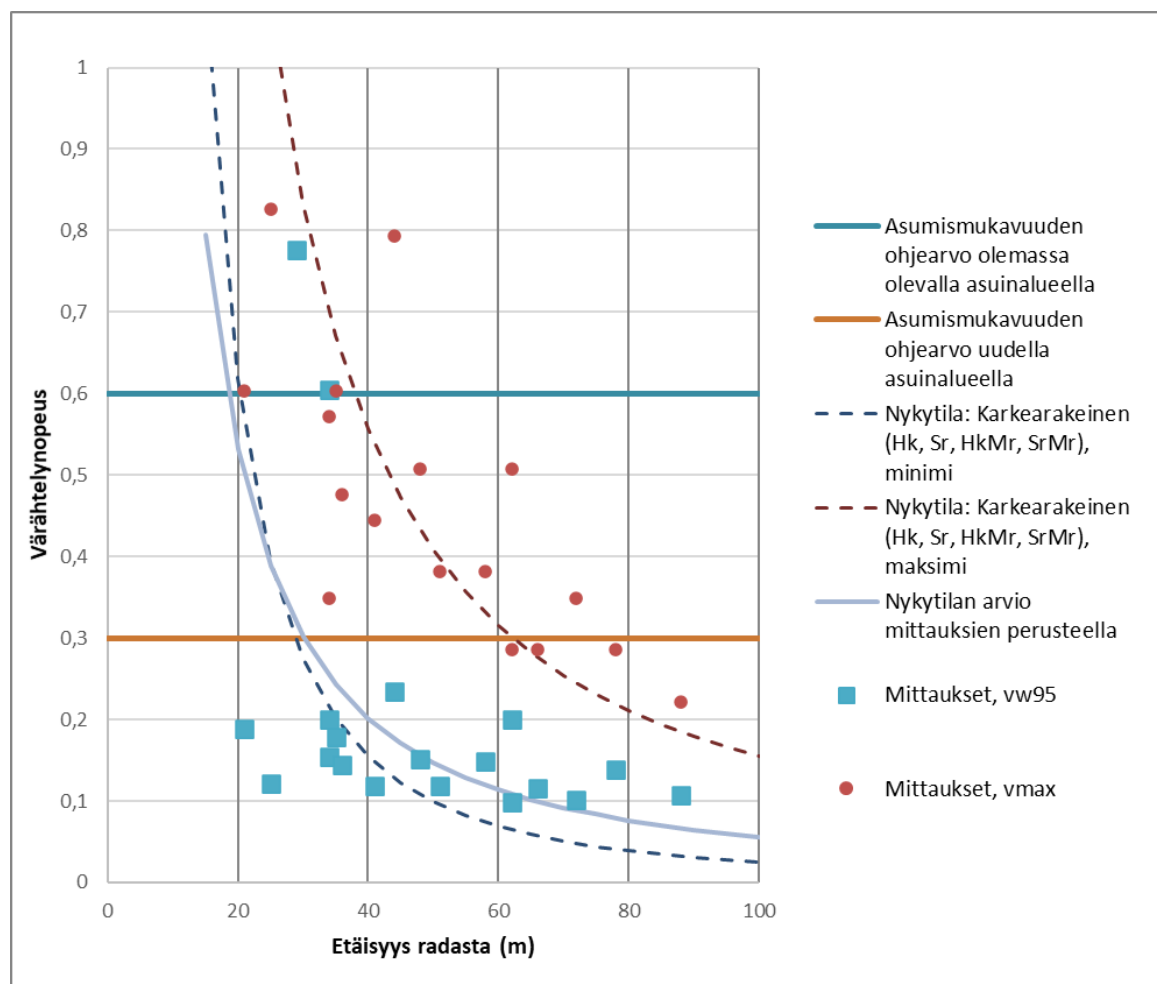
Lauritsalan tärinä- ja runkomeluselvityksen mukaan nykytilanteessa mitattu ja arvioitu tärinä ei ylitä uusien asuinalueiden suositusarvoa. Maaperästä ja rakennuksen sokkelista mitatusta tärinästä arvioitiin rakennukseen välittyvä runkomelu. Runkomelu ylittää arviointien perusteella suositusarvon lähes koko tarkasteluosuudella. Runkomelun torjuntatarve vaihtelee Lauritsalan alueella 2–14 dB nykytilanteessa. Arviointien perusteella runkomelun ohjearvo 35 dB ylittyy rakennuksissa, jotka ovat alle 120 metrin etäisyydellä radasta.

Vuoden 2017 selostuksessa "Tärinän suojausvaihtoehtojen tarkastelu sekä seloste numeerisesta mallinnuksesta" tarkastellaan vuoden 2009 yleissuunnitelman mittaustuloksia uudelleen ja selvitetään ehdotettujen tärinänvaimennustoimenpiteiden toimivuutta rataosalla. Tarkastelussa tehtiin tunnuslukumäärytyksien tarkistuslaskentaa ja todettiin, että neljäntoista mittauspisteiden osalta luokitus muuttui haitallisempaan suuntaan. Vuoden 2009 yleissuunnitelmassa tärinän on todettu kasvavan ennustetussa tilanteessa ilman toimenpiteitä noin kaksinkertaiseksi junien akselipainojen ja kokonaispainojen noustessa ja tärinän vaimentamiseen on ehdotettu pohjaimia tai vaimennusmattoja. Vuoden 2017 selostuksen laskennallisessa osuudessa tarkastellaan pohjaimien, mattojen ja ilmaraon vaikutusta tärinän eristykseen Salpausselän maaperällä. Laskennan perusteella pohjaimilla tai vaimennusmatoilla ei tulla todennäköisesti saavuttamaan tärinän suhteen riittävää vaimennusta. Selostus kuitenkin toteaa, että pohjain ja vaimennusmatto voivat toimia runkomelun vaimennusratkaisuna.

3.3 Nykytilanne laskentojen perusteella

Laskentaan ja olemassa oleviin mittauksiin perustuvan nykytilatarkastelun mukaan tärinän taajuuspainotettu tehollisarvo rakennuksessa ylittää värähtelytason C ylärajan 0,3 mm/s hiekkamailla ja hiekkamoreenilla alle 30 metrin etäisyydellä radasta ja värähtelyluokan D ylärajan 0,6 mm/s alle 18 metrin etäisyydellä radasta. Tulokset ovat tehtyihin mittauksiin verrattuna hieman konservatiivisemmat alle 40 metrin etäisyydellä radasta. Kuitenkin mittauksissa saadut tärinäluokan D ylitykset eivät osu laskennallisesti arvioituun tärinään. Näissä ylityksissä olosuhteet ovat oletettavasti suotuisat tärinän välitykselle, ja näitä voidaan pitää poikkeuksina kaikista muista mittauksista.

Mittauksiin perustuvan arvion lisäksi tehtiin maaperän ominaisuuksiin perustuva luotettavuusväli nykytilanteen tärinälle. Luottamusvälin arvioinnissa junana käytetään 2500 t painavaa tavarajunaa, jonka nopeus on 100 km/h ja rata on yksiraiteinen. Laskennassa käytetään varmuuskerrointa 2. Laskenta pyrkii huomioimaan mahdollisimman paljon tärinäilmiöstä, mutta kaikkia vaikuttavia asioita on vaikea ottaa huomioon. Tärinä voi ylittyä laskettujen rajojen ulkopuolella, jos olosuhteet juuri kyseisessä kohteessa ovat suotuisat. Tärinän tehollisarvo suurimmassa osassa yli 30 metrin päässä radasta olevissa rakennuksissa on värähtelyluokassa C. Laskennan tulokset on esitetty kuvassa 3.

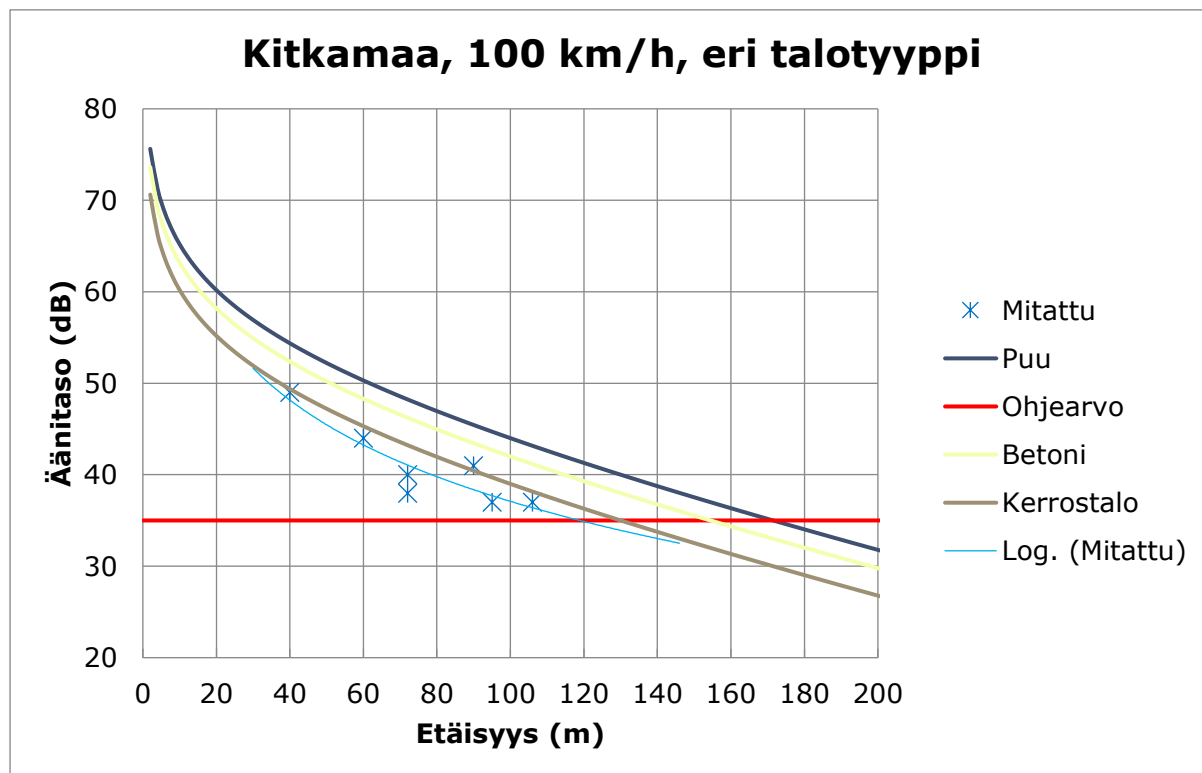


Kuva 3. Nykytilanteen laskennallinen arvio tärinän välittymisestä rataympäristöön maaperän perusteella (vaihteluväli minimin ja maksimin sisällä) sekä WSP Finland Oy:n mittaukset ja arvio nykytilanteesta mittauksien perusteella.

Lauritsalan kanavasillan lähellä olevilla pehmeikköalueilla laskentaan perustuvan nykytilatarkastelun mukaan tärinän taajuuspainotettu tehollisarvo rakennuksessa ylittää värähtelytason C ylärajan noin 100 metrin etäisyydessä ja värähtelytason D ylärajan alle 50 m etäisyydessä riippuen hienon ja

silttisen hiekan tärinävälitysominaisuuksista. Mittauksien perusteella Lauritsalan kanavasillan pehmeiköllä lähinnä rataa (85 m) olevassa rakennuksessa tärinän tehollisarvo ei kuitenkaan ylitä 0,3 mm/s nykytilanteessa.

Laskentaan perustuvan nykytilatarkastelun mukaan runkomelu ylittää Salpausselän hiekkamailla rakennuksissa ohjearvon 35 dB jäykästi jousitetun 100 km/h ajavan veturivetoisen tavarajunan aiheuttamana alle 130–170 m etäisyydellä radasta riippuen rakennustyyppistä. Laskennallinen tarkastelu on hieman konservatiivisempi mitattujen ja muissa selvityksissä arvioitujen runkomelutasojen kanssa. Laskennan sekä mittausten kuvaajat on esitetty kuvassa 4.



Kuva 4. Nykytilanteen laskennallinen arvio runkomelun välittymisestä rataympäristöön rakennustyyppin perusteella sekä Akukon Oy:n mittaukset ja arvio nykytilanteesta mittausten perusteella.

4 Tuleva tilanne Lappeenranta-Muukko rataosalla

4.1 Kaksoisraiteen vaikutukset Lappeenranta-Muukko rataosan tärinä- ja runkomeluolosuhteisiin

Lappeenranta-Muukko rataosalle suunniteltu toinen raide sijoittuu nykyisen raiteen eteläpuolelle koko rataosalla. Uusi raide sijaitsee noin 5 metriä lähempänä eteläpuolelle sijoittuvaa rakennuskantaa verrattuna nykytilanteeseen. Uusi raide tulee olemaan nykyistä raidetta paremmassa kunnossa. Uuden radan kiskot eivät ole kuluneet, minkä vuoksi tärinä ja runkomelu voi uudella radalla olla pienempää kuin vanhalla radalla.

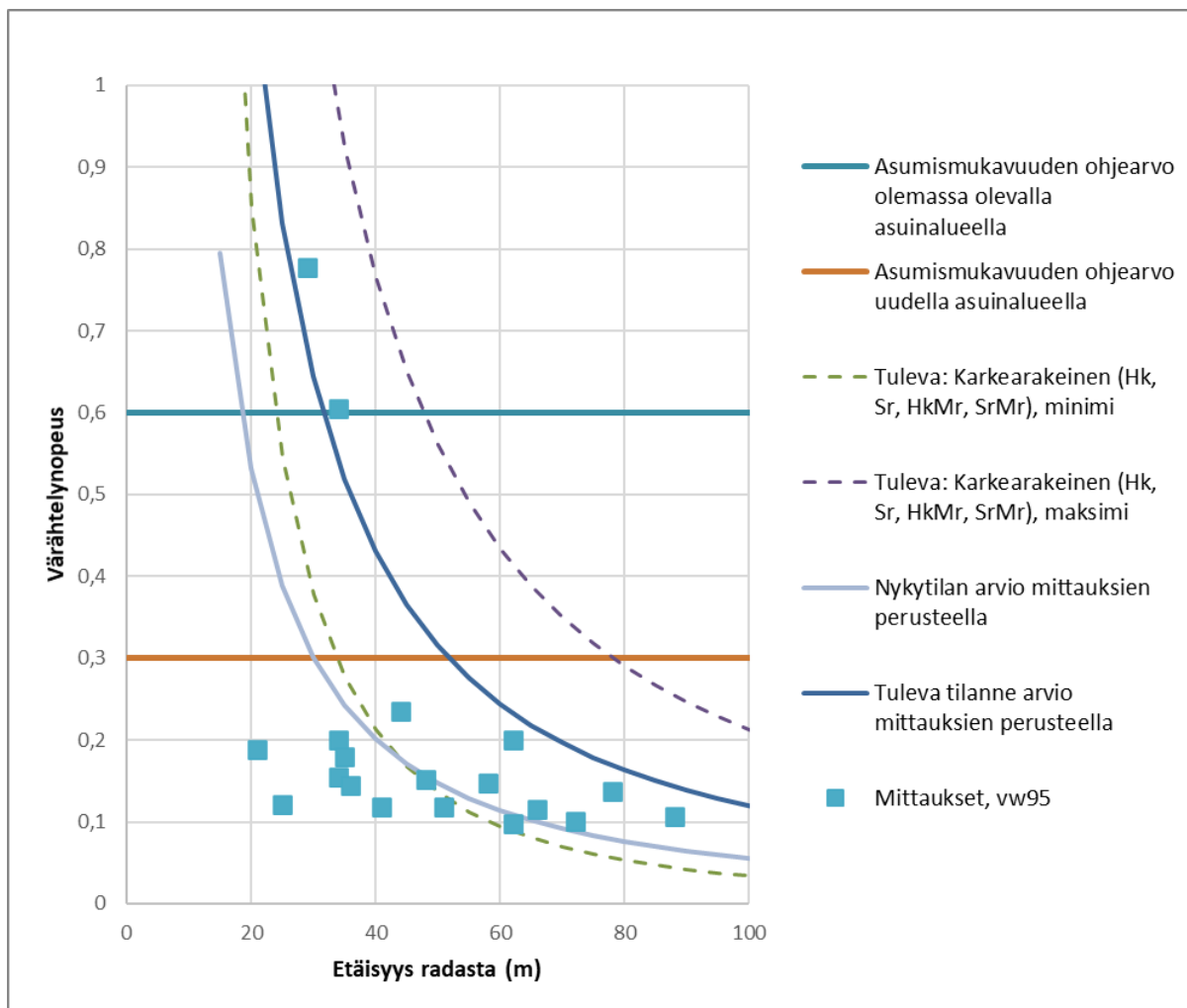
Tärinää ja runkomelua ajatellen tavaraliikenteen painon ja nopeuden muutokset vaikuttavat eniten mahdolliseen haittavaikutukseen. Henkilöliikenteen aiheuttamat haittavaikutukset ovat tavaraliikettä huomattavasti pienemmät, joten tärinä- ja runkomelutarkastelu on tehty määrittävälle tavarajunaliikenteelle. Uudella raiteella sallitaan suunnitteluperusteiden mukaan kokonaispainoltaan 4500 t juna. Nykytilanteen arvioinneissa junan kokonaispainona on käytetty 2500 t. Tavaraliikenteen sallittu akselipaino suunnitellaan nostettavan 22,5 tonnista 25 tonniin. Suurin sallittu nopeus kyseisen akselipainon kalustolla tulee olemaan 100 km/h. Myös nykytilanteessa suurin sallittu nopeus on 100 km/h.

Suomessa 2010-luvulla ja 2020-luvun alussa liikennöineet itäisen liikenteen junat olivat kokonaispainoltaan yli 6000 t, mutta pakotteiden vuoksi niiden liikennöinti on lopetettu Suomen rataverkolla määrittämättömäksi ajaksi. Tuleva tilanne on siis parempi, kuin tilanne, jossa itäisen liikenteen kalusto liikennöi Lappeenranta-Muukko ratavälillä.

Vaikka raskaan tavaraliikenteen suurin sallittu nopeus Lappeenranta-Muukko ratavälillä tulee olemaan 100 km/h, ei geometrian vuoksi kaikilla junatyypeillä sen saavuttaminen ole tulevaisuudessakaan mahdollista. Nykytilanteessa tavaraliikenteen toteutunut nopeus on 50–90 km/h Lappeenranta-Muukko rataosalla ja yleensä Lauritsalan aseman kohdalla nopeutta on alennettu tätäkin enemmän. Ero 80 km/h ja 100 km/h nopeuden välillä runkomelussa on noin -2 dB ja tärinän riskietäisyys pienenee noin 5–10 metrillä.

Vuoden 2009 yleissuunnitelmassa tärinän on todettu kasvavan ennustetussa tilanteessa ilman toimenpiteitä noin kaksinkertaiseksi junien akselipainojen ja kokonaispainojen noustessa. Ratasuunnitteluvaiheen maaperä- ja kalustotietoihin perustuvan laskennan mukaan tärinä tulee nousemaan kaksoisraiteen myötä, muttei niin paljoa kuin yleissuunnitelma ennustaa.

Tulevasta tilanteesta tehtiin luotettavuusvälilaskenta maaperän, kaluston ja kaluston nopeuden perusteella sekä aikaisempiin mittauksiin perustuvan nykytilanteen arvion päivitys tulevaan tilanteeseen. Luotettavuusväli kuvaa maaperän ja herätteen vaikutusta tärinän leviämiseen. Värähtelyluokan C ylärajan ylityksen luotettavuusväli noin 35–80 metriä radasta ja värähtelyluokan D ylärajan ylityksen luotettavuusväli on 25–50 metriä radasta. Aikaisempiin mittauksiin perustuvassa tarkemmassa arviossa värähtelyluokan C yläraja ylittyy noin 50 metrin etäisyydellä radasta ja D noin 35 metrin etäisyydellä radasta. Laskentojen tulokset on esitetty kuvassa 5.



Kuva 5. Tulevan tilanteen maaperään ja kalustoon perustuva laskennallinen arvio (vaihteluväli minimin ja maksimin sisällä) sekä nykytilanteen mittauksiin perustuva nykytilanteen ja tulevan tilanteen arvio.

Tilanne paranee hieman kaksoisraiteen sekä uudemman ratarakenteen vuoksi, mutta junan kokonaispainon nosto aiheuttaa värinätaajien kasvamista radan ympäristössä. Suunnitelma- ja suunnitelmavaiheen tarkasteluissa käytetty yli 6000 t kokonaistapaino, minkä vuoksi yleissuunnitelmassa värinän muutos on arvioitu hieman suuremmaksi kuin tässä vaiheessa.

Runkomelun laskennallinen arviointi ei huomioi junan kokonaispainoa tai akselipainoa. Nykytilanteen ja tulevan tilanteen ero arvioinnissa on radan kunnossa ja uuden raiteen sijainnissa. Nykytilanteen laskennassa rata on kuitenkin oletettu olevan hyvässä kunnossa, joten muutos runkomelun arvioinnissa perustuu pelkästään uuden raiteen sijaintiin. Radan pohjoispuolella runkomeluriskit eivät muutu nykytilanteeseen verrattuna. Radan eteläpuolella runkomelu voi välittyä nykytilannetta noin 5 metriä kauemmas radasta. Lähinnä rataa olevat asuinrakennukset Tirilän, Lapveden, Hakalin ja Laihian asuinalueilla sijoittuvat runkomelun laskennallisen riskialueen sisäpuolelle. Uuden raiteen myötä riskialueelle sijoittuu hieman useampi asuinrakennus kuin nykytilanteessa.

4.2 Tunnistetut tärinän ja runkomelun riskialueet Lappeenranta-Muukko rataosalla sekä ehdotetut toimenpiteet

Tärinän ja runkomelun riskialueet voidaan jakaa kahteen tilanteeseen:

- Tilanne 1: Säilytetään nykyinen tärinän ja runkomelun taso rataympäristössä
- Tilanne 2: Varmistetaan, ettei uusi raide aiheuta ohjearvoja ylittävää tärinää tai runkomelua nykyisissä rakennuksissa.

Tilanne 1:

Tärinän ja runkomelun riskialueiksi lasketaan rataosan osuudet, joiden varrella sijaitsevilla rakennuksissa tärinän tai runkomelun arvioitu voimakkuus ylittää tulevassa tilanteessa nykyisen tilanteen runkomelu- tai tärinätason. Seuraavissa listoissa esitetään asuinrakennukset, joissa nykytilanteessa tärinän tai runkomelun ohjearvot eivät ylity, mutta tulevassa tilanteessa laskennallisesti ylittyvät.

Alueet, joilla runkomelua tulee vaimentaa:

Ratakilometriväli	pituus	Asuinrakennukset alueella	Vaimennuksen tarve
288+200-289+300	1000	5	5 dB
289+700-291+500	1800	15	5 dB
291+500-291+634	134	2	5 dB
291+634-292+520	886	2	5 dB
292+520-293+1000	1480	7	5 dB
295+300-296+700	1400	10	5 dB

Alueet, joilla tärinää tulee vaimentaa:

Ratakilometriväli	pituus	Asuinrakennukset alueella
288+850-289+300	350	5
290+350-291+000	650	14
292+750-293+300	550	6
295+300-296+300	1000	4
296+600-296+800	200	3

Runkomelun vaimennukseen ehdotetaan käytettäväksi esimerkiksi pohjaimia tai muita todistettavasti yli 5 dB vaimentavia ratkaisuja. Pohjaimien hinta on noin 30–50 e/pölkky riippuen valmistajasta ja pohjaintyyppistä.

Tärinän vaimentamiseen suositellaan käytettävän esimerkiksi pölkkyihin asennettavia pohjaimia. Suureen vaimennusvaikutukseen on vaikea päästä ilman mittavia maaperätutkimuksia kohteista. Suomessa ja Ruotsissa tehtyjen tutkimusten mukaan pohjaimet voivat vähentää rautatieliikenteen aiheuttamaa tärinää noin 10–50 %, mutta vaativat tarkan suunnittelun ja laadukkaat tärinämittaukset.

Tilanne 2:

Tärinän ja runkomelun riskialueiksi lasketaan rataosan osuudet, joiden varrella sijaitsevissa rakennuksissa tärinän laskennallisesti arvioitu voimakkuus ylittää värähtelyluokan D raja-arvon ($v, w_{95} > 0,6$ mm/s) tai runkomelun ohjearvon 35 dB tulevassa tilanteessa.

Alueet, joilla runkomelua tulee vaimentaa:

Ratakilometriväli	pituus	Asuinrakennukset alueella	Vaimennuksen tarve
288+200- 288+800	600	18	8 dB
288+800- 289+300	400	80	23 dB
289+700- 291+500	1800	131	20 dB
291+500- 293+1000	134	9	15 dB
291+634- 292+520	886	58	15 dB
292+520- 293+1000	1480	129	15 dB
295+300- 296+700	1400	126	17 dB

Alueet, joilla tärinää tulee vaimentaa:

Ratakilometriväli	pituus	Asuinrakennukset alueella	Vaimennuksen tarve
288+850- 289+300	300	7	40 %
289+900- 290+300	400	4	40 %
290+350- 291+000	650	15	20 %
292+750- 293+300	550	10	50 %
295+300- 296+300	1000	8	40 %
296+600- 296+800	200	3	20 %

Runkomelun vaimennukseen ehdotetaan käytettäväksi esimerkiksi pohjaimia, jotka voidaan todeta vaimentavan riittävästi runkomelua kyseisellä maaperällä. Pohjaimien hinta on noin 30–50 e/pölkky riippuen valmistajasta ja pohjaintyyppistä. Parempaan runkomelun vaimennukseen ehdotetaan sepelinalusmattoja. Sepelinalusmatoilla voidaan päästä yli 20 dB vaimennukseen kohteesta ja tuotteesta riippuen. Sepelinalusmatto tai runkomelunvaimennusmatto maksaa 50–100 e/m² riippuen tarvittavasta vaimennuksen määrästä ja kohteesta. Sepelinalusmatto tulisi asentaa betonilaatan ylä- tai alapintaan, jotta sen toiminta on varmempaa. Betonilaatan hinta riippuu sen paksuudesta ja on kustannuksiltaan noin 100–200 e/m².

Tärinän vaimentamiseen suositellaan käytettävän esimerkiksi pölkkyihin asennettavia pohjaimia, kun vaimennusta tarvitaan alle 20 %. Yli 20 % vaimennukseen on vaikea päästä ilman mittavia maaperä- ja tärinätkimauksia kohteesta. Suomessa ja Ruotsissa tehtyjen tutkimusten mukaan pohjaimet voivat vähentää rautatieliikenteen aiheuttamaa tärinää noin 10–50 %, mutta vaativat tarkan suunnittelun ja laadukkaat tärinämittaukset.

5 Jatkotutkimustarpeet

Tunnistettujen alueiden värinän voimakkuus ja taajuus tulee selvittää nykyisistä rakennuksista ja maaperästä mittauksin ennen rakennussuunnitteluvaihetta ja tarkempia värinä- ja runkomeluneristysuunnitelmia. Värinän voimakkuuden mittauksella voidaan tarkentaa laskentoihin perustuvia arvioita. Värinän taajuus vaikuttaa värinän eristystoimenpiteiden tehokkaaseen suunnitteluun. Tunnistetuilla riskialueilla runkomelu tulee mitata asuinrakennuksissa, jotta laskennallisia arvioita voidaan tarkentaa ennen vaimennusratkaisujen suunnittelu.

6 Lähteet

Madhus, C., Bessason, B. & Hårvik, L. 1996. Prediction model for low frequency vibration from high speed railways on soft ground. *Journal of sound and Vibration* 193(1), s. 195-203.

Rautateiden verkkoselostus 2023. Väyläviraston julkaisuja 60/2021. Helsinki 2021.

Talja, A. & Saarinen, A. 2009. Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi, VTT Tiedotteita 2468. ISBN: 978-951-38-7270-0.

Talja, A. & Törnqvist, J. 2014. Liikennetärinä: Alueiden värinäkartoitus ja rakenteiden vaurioitumisalttius, VTT Tutkimusraportti VTT-R-04703-14.

Törnqvist, J. & Talja, A. 2006. Suositus liikennetärinän arvioimiseksi maankäytön suunnittelussa. VTT Working papers 50. Espoo. ISBN: 951-38-6602-5.

Ympäristöministeriö, 2017. Ympäristöministeriön asetus rakennuksen ääniympäristöstä (796/2017).