

Lappeenrannan kaupunki
Elinvoima- ja kaupunkikehitys
Kaupunkisuunnittelu

Asemakaava Simolantien asuinalue vaihe II Tärinäselvitys

28.12.2021
Geomatti Oy, työ 419



*Simolantien asuinalue vaihe II, Asemakaavan muutos,
ote havainnekuvaluonnoksesta 13.12.2021.*

SISÄLLYS

1. JOHDANTO.....	3
2. TÄRINÄSELVITYKSEN PERUSTEET	3
3. TÄRINÄMITTAUKSET	4
4. VÄRÄHTELY RAKENNUKSISSA.....	8
6. RUNKOMELU	11
7. YHTEENVETO JA SUOSITUKSET.....	12

LIITTEET

1. TÄRINÄN KUVAAMISEN KÄSITTEITÄ

1. JOHDANTO

Tärinäselvityksessä tarkastellaan Simolantien kaavaluonnoksessa esitettyihin rakennuksiin siirtyvää ihmisille häiritsevää junaliikenteen aiheuttamaa tärinää ja runkomelua. Lisäksi arvioidaan tärinän vaikutusta rakennevaurioihin.

Tarkastelun lähtökohtana on VTT:n julkaisussa: **Suositus liikennetärinän arvioimiseksi maankäytön suunnittelussa (Jouko Törnqvist ja Asko Talja, 2006, VTT, Working Papers 50, 2006)** esitetty suositus rakennusten värähtelyluokituksesta (Taulukko 1). Uusien asuinrakennusten suositeltu värähtelyluokka on C.

Tärinän suositusarvot perustuvat tärinän heilahdusnopeuden taajuuspainotetun tehollisarvon mittaamisen perusteella tilastollisesti määritettyyn värähtelyn tunnuslukuun $v_{w,95}$ (taulukko 1 ja liite 1). Taulukkoa ei sovelleta rakennuksille, joissa ihmiset ovat pääasiassa liikkeessä tai muut kuin liikenteestä aiheutuvat häiriöt voivat olla merkittävämpiä (esim. toimistot, kaupat, kahvilat, ostoskeskukset, tavaratalot, liikuntatilat).

Taulukko 1. Suositus rakennusten värähtelyluokituksesta (VTT, Working Papers 50, 2006).

Luokka	Värähtelyolosuhteet	$v_{w,95}$,(mm/s)
A	Hyvät asuinolosuhteet. Tärinää ei yleensä havaita.	< 0,10
B	Suhteellisen hyvät olosuhteet. Tärinä voidaan havaita, mutta se ei ole yleensä häiritsevää.	< 0,15
C	Suositus uusien rakennusten suunnittelussa. Keskimäärin 15 % asukkaista kokee tärinän häiriönä.	< 0,30
D	Olosuhteet, joihin pyritään vanhoilla asuinalueilla. Keskimäärin 25 % asukkaista kokee tärinän häiriönä.	< 0,60

Tärinän aiheuttamien rakenteiden vaurioitumisriskien tarkastelu pohjautuu julkaisuun: **Tutkimusraportti VTT-R-04703-14, Liikennetärinä: Alueiden tärinäkartoitus ja rakenteiden vaurioitumisalttius 2014.**

Tarkasteltava alue on Metsä-Fibren sahalle vievän radan vieressä. Rataosan tavara-liikenteen määrä on melko vähäinen ja junat kulkevat ilman kiinteää aikataulua. Imatran ratapihaohjauksen mukaan rataosuudella on ajonopeus 10 – 15 km/h ja junissa on kahdeksan vaunua. Kuormatun junan kokonaispaino on tällöin 600 tonnia.

Tarkasteltava alue on Ensimmäisen Salpausselän rinteellä ja sen maapohja on GTK:n maaperäkartan mukaan karkearakeista hiekkaa tai moreenia. Vaikka tärinäta-sot ovat usein alhaisempia kiinteillä maapohjilla kuin pehmeiköillä, voi tärinä olla korkeataajuisempaa kuin hienorakeisilla alueilla. Tällöin rakennusten välipohjien resonssi- ja runkomeluriski kasvavat.

2. TÄRINÄSELVITYKSEN PERUSTEET

VTT:n ohjeiden mukaan *maankäytön suunnittelussa* tärinän arviointi jaetaan kolmeen tasoon (**VTT 2006, Suositus liikennetärinän arvioimiseksi maankäytön suunnittelussa, Working Papers 50**).

Arviointitaso1 perustuu turvaetäisyyksiin. Arviointitason 1 mukaan on suositeltava turvaetäisyys raskaasti liikennöityjen ratojen ympäristössä kiinteällä maapohjalla noin 100 metriä. Arviointitasoa 1 käytetään maakuntakaavan tai yleiskaavan tärinäriskitarasteluissa.

Arviointitason 2 käyttö perustuu turvaetäisyyksien lisäksi laskennallisiin tarkasteluihin ja paikan päällä tehtäviin tarkentaviin mittauksiin. Arviointitasoa 2 voidaan käyttää, kun yleiskaavassa tai asemakaavassa rakentamista ohjataan yksityiskohtaisesti ja arviointitason 1 perusteella alue on riskialuetta. Arviointitasoon 2 laskennallisiin menetelmiin sisältyy usein niin suuria epävarmuuksia, että tärinämittauksiin perustuva arviointitaso 3 on usein perusteltua.

Arviointitasoa 3 käytetään erityisesti silloin, kun tärinän arvioidaan vahvistuvan merkittävästi rakennuksissa. Arviointitaso 3 perustuu tarkempiin rakennuspaikkakohtaisiin tärinämittauksiin ja rakennusten värähtelytarkasteluihin.

Tämän tarkastelun lähtökohtana on suosituksen lähinnä arviointitaso 3.

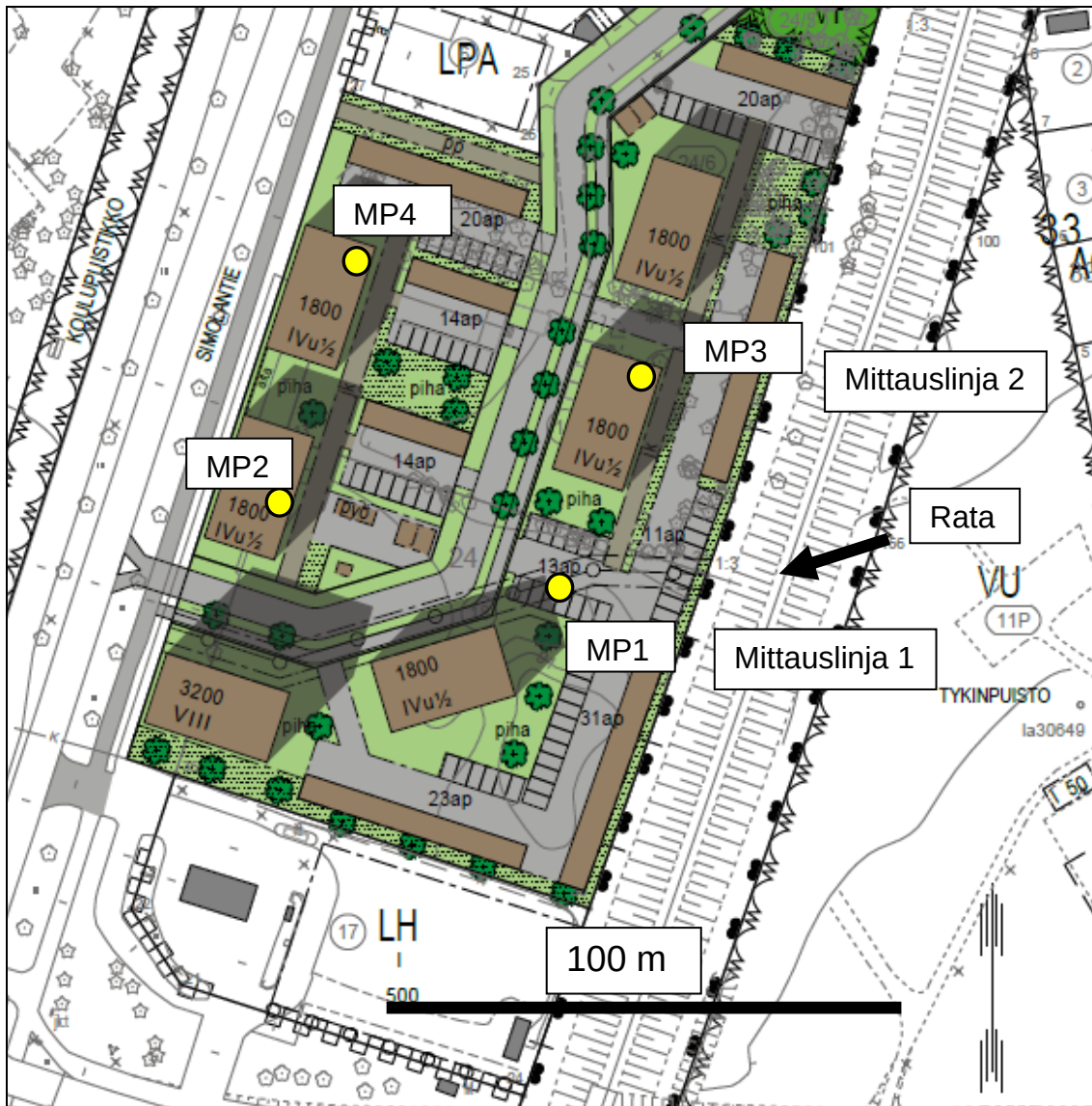
3. TÄRINÄMITTAUKSET

Tärinäselvityksen maastomittaukset tehtiin **VTT:n tiedotteessa 2278, Suositus liikennetärinän mittaamisesta ja luokituksesta (Asko Talja, 2004)** mukaan lukuun ottamatta mittausaikaa. Mittaukset tehtiin viikon 50 arkipäivinä 13 – 17.12.2021, jolloin mitattiin kaikki rataosalla kulkeneet junat. Seitsemän junan aiheuttama tärinä ylitti mittauksen kynnyksarvon 0,2 mm/s.

Tärinämittausten kenttätöitä teki Tärinämittaus Valtonen Oy. Tärinää mitattiin neljässä mittauspisteessä heilahdusnopeutena kolmessa suunnassa sekä aika- että taajuustasossa. Mittauspisteet asennettiin kiinteästi maahan kahteen mittauslinjaan. Kuvassa 1 on esitetty mittauspisteen MP1 kiinnitys. Tarkasteltava alue ja mittauspisteiden sijainti on esitetty kuvassa 2.



Kuva 1. Mittauspiste MP1.



Kuva 2. Tarkasteltava alue ja tärinämittauspisteet.

Lähimpien mittauspisteiden MP1 ja MP3 etäisyys radasta oli noin 40 metriä ja kauimmaisten mittauspisteiden MP2 ja MP 4 noin 100 metriä.

Tärinästä mitattiin heilahdusnopeudet (mm/s) ja taajuudet (Hz) InstanTel MiniMate Plus mittareilla kolmessa toisiaan kohtisuorassa suunnassa kolmikomponenttitegofonilla, pysty- (vert), pitkittäis- (long) ja poikittaissuunnissa (tran). Pitkittäissuunta (long) on radan suuntainen ja poikittaissuunta (tran) kohtisuoraan rataa vasten. Mittaukset oli suunniteltu käynnistyväksi tärinän ylitettyä kynnyksarvon, joka oli heilahdusnopeuden huippuarvona ilmaistuna 0,2 mm/s. Junan aiheuttamat tärinät tunnistettiin muista tärinälähteistä tärinäsignaalin ja tapahtuma-aikojen perusteella.

Mittauslinja, 1 tulokset

Mittauslinjan 1 mittauspisteessä MP1 rataliikennetärinä ylitti mittauksen kynnysarvon seitsemän kertaa. Taulukossa 2 on esitetty mitattujen tapahtumien värähtelyn tunnusluvut $v_{w,95}$ (taulukko 1).

Taulukko 2. Mitatut tärinän tehollisarvot ja värähtelytunnusluvut mittauspisteessä MP1.

ML1, MP1	(mm/s)	(mm/s)	(mm/s)	
Mittaus	Poikittainen	Pysty	Pitkittäinen	Aika
1	0,06	0,12	0,08	13.12.klo 14,22
2	0,06	0,12	0,08	13.12 klo 15,28
3	0,13	0,17	0,14	15.12 klo 15,39
4	0,12	0,14	0,12	15.12 klo 16,36
5	0,10	0,11	0,1	16.12 klo 16,38
6	0,13	0,18	0,15	16.12 klo 17,40
7	0,11	0,14	0,11	17.12 klo 8,55
Keskiarvo	0,10	0,14	0,11	mm/s
Hajonta	0,03	0,026	0,027	
Tunnusluku	0,16	0,19	0,16	mm/s
Luokka	C	C	C	

Mitatut värähtelyn tunnusluvut olivat kaikissa mittaus suunnissa C-luokan alueella.

Mittauslinjan 1 kauimmaisessa mittauspisteessä MP2 rataliikennetärinä ylitti mittauksen kynnysarvon myös seitsemän kertaa. Taulukossa 3 on esitetty mitattujen tapahtumien värähtelyn tunnusluvut $v_{w,95}$ (taulukko 1).

Taulukko 3. Mitatut tärinän tehollisarvot ja värähtelytunnusluvut mittauspisteessä MP2.

ML1, MP2	(mm/s)	(mm/s)	(mm/s)	
Mittaus	Poikittainen	Pysty	Pitkittäinen	Aika
1	0,09	0,06	0,1	15.12 klo 15,39
2	0,1	0,05	0,09	15.12 klo 16,36
3	0,11	0,05	0,11	16.12 klo 16,38
4	0,13	0,05	0,1	16.12 klo 17,40
5	0,1	0,06	0,11	17.12 klo 8,55
6	0	0	0	
7	0	0	0	
Keskiarvo	0,11	0,05	0,10	mm/s
Hajonta	0,02	0,005	0,008	
Tunnusluku	0,13	0,06	0,12	mm/s
Luokka	B	A	B	

Mitatut värähtelyn tunnusluvut olivat pystysuunnassa A luokan alueella ja molemmissa vaakasuunnissa luokan B alueella.

Mittauslinja, 2 tulokset

Mittauslinjan 2 mittauspisteessä MP3 rataliikennetärinä ylitti mittauksen kynnysarvon seitsemän kertaa. Taulukossa 4 on esitetty mitattujen tapahtumien värähtelyn tunnusluvut $v_{w,95}$ (taulukko 1).

Taulukko 4. Mitatut tärinän tehollisarvot ja värähtelytunnusluvut mittauspisteessä MP3.

MP3, ML 2.1	(mm/s)	(mm/s)	(mm/s)	
Mittaus	Poikittainen	Pysty	Pitkittäinen	Aika
1	0,10	0,19	0,1	13.12.klo 14,22
2	0,11	0,17	0,09	13.12 klo 15,28
3	0,17	0,28	0,16	15.12 klo 15,39
4	0,15	0,22	0,13	15.12 klo 16,36
5	0,25	0,26	0,32	16.12 klo 16,38
6	0,25	0,28	0,24	16.12 klo 17,40
7	0,15	0,23	0,13	17.12 klo 8,55
Keskiarvo	0,17	0,23	0,17	mm/s
Hajonta	0,06	0,043	0,084	
Tunnusluku	0,28	0,31	0,32	mm/s
Luokka	C	D	D	

Mitatut värähtelyn tunnusluvut olivat pysty- ja radansuunnassa D luokan alueella ja poikittaissuunnassa kohtisuoraa rataa vastaan luokan C alueella.

Mittauslinjan 2 mittauspisteessä MP4 rataliikennetärinä ylitti mittauksen kynnysarvon neljä kertaa. Taulukossa 5 on esitetty mitattujen tapahtumien värähtelyn tunnusluvut $v_{w,95}$ (taulukko 1).

Taulukko 5. Mitatut tärinän tehollisarvot ja värähtelytunnusluvut mittauspisteessä MP4.

MP4, ML2.2	(mm/s)	(mm/s)	(mm/s)	
Mittaus	Poikittainen	Pysty	Pitkittäinen	Aika
1	0,12	0,06	0,09	13.12.klo 14,22
2	0,18	0,06	0,11	13.12 klo 15,28
3	0,13	0,06	0,1	15.12 klo 16,36
4	0,12	0,06	0,1	16.12 klo 17,40
Keskiarvo	0,14	0,06	0,10	mm/s
Hajonta	0,03	0,000	0,008	
Tunnusluku	0,19	0,06	0,11	mm/s
Luokka	C	A	B	

Mitatut värähtelyn tunnusluvut olivat poikittaissuunnassa rataa vastaan c luokan, pystysuunnassa A luokan ja pitkittäissuunnassa B luokan alueella.

Värähtelyn hallitseva taajuus oli mittauksissa kaikissa pisteissä ja suunnissa laajakaistaista lähinnä alueella 16 – 100 Hz. Voimakkainta värähtely oli yleensä taajuusalueella 50 – 80 Hz. Taajuudeltaan laajakaistaisessa värähtelyssä ei yksittäistä hallitsevaa taajuutta voi osoittaa. Tämä vähentää tärinän siirtymistä maasta rakenteisiin.

4. VÄRÄHTELY RAKENNUKSISSA

Tärinä voi siirtyä maasta rakennuksiin vaaka- tai pystysuunnassa. Tärinän siirtyminen maasta rakennukseen ja välipohjiin on arvioitu mittausten perusteella ja käyttäen **VTT:n tiedotteen: Rakennukseen siirtyvän liikennetärinän arviointi (Asko Talja ym. 2008)** suosituksia.

Vaakasuuntainen rakennuksen rungon värähtely

Vaakasuuntainen värähtely voi aiheuttaa koko rakennuksen rungon värähtelyn.

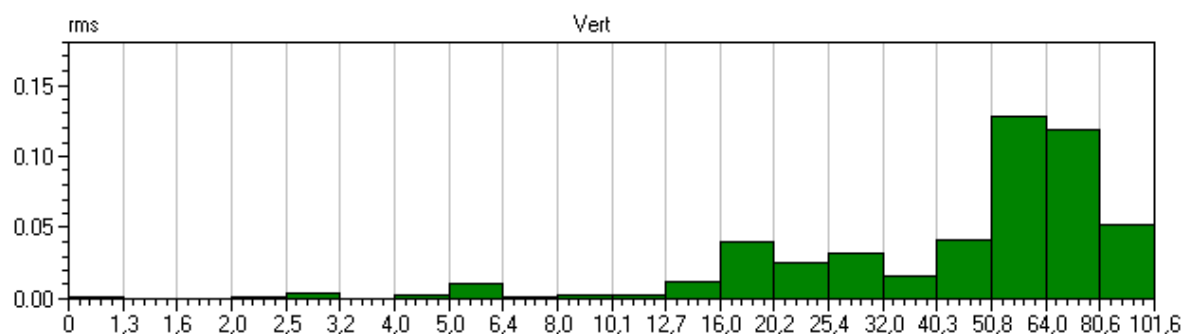
Alueelle suunniteltujen rakennusten kerrosluku on 4 – 8, jolloin koko rakennuksen vaakasuuntaisen ominaistajuus on suuruusluokaltaan 2,5 – 1,5 Hz. Simolantien mitauksissa rakennuksen rungon ominaistajuuksien alueella (2,5 – 1,5 Hz) ei esiinny ratatärinää. Tällöin tärinän vahvistumista resonanssissa ei tapahdu. Mittaustulosten perusteella arvioitu rakennuksen rungon kokonaisvärähtelyn taso on huomattavan alhainen ja jää värähtelyluokan A alueelle (taulukko 1).

Välipohjien ja maanvaraisen lattian pystysuuntainen värähtely

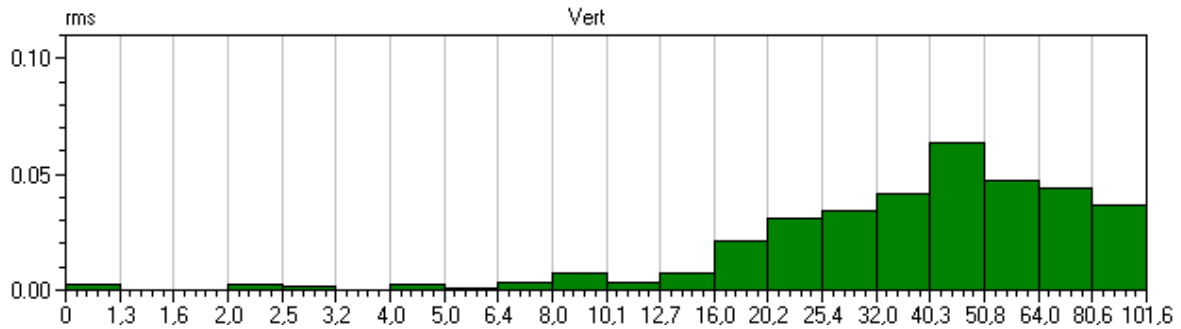
Pystysuunnassa tärinä voi aiheuttaa häiritsevää värähtelyä, kun pystysuuntaiset kantavat rakenteet (seinät) välittävät maapohjan värähtelyn välipohjille.

Tärinäselvityksen välipohjien värähtelyarvioinnissa tarkasteltiin mahdollisia resonanssitaajuuksia. Kantaville seinille värähtely siirtyy maasta. Tässä on otettu huomioon, että varsinkin korkeataajuinen värähtely vähenee sen siirtyessä maasta perustuksien kautta kantaville seinille (VTT tiedote 2008). Välipohjien resonanssivärähtelyssä oletetaan kantavien seinien pystyvärähtelyn kuusinkertaistuvan välipohjissa

Selvityksessä tehtiin arviointi kahden suurimman pystytärinän aiheuttaneen junan perusteella. Tarkastelut tehtiin mittauslinjan 2 rataa lähimmässä mittauspisteessä MP3, kuvat 3 ja 4.



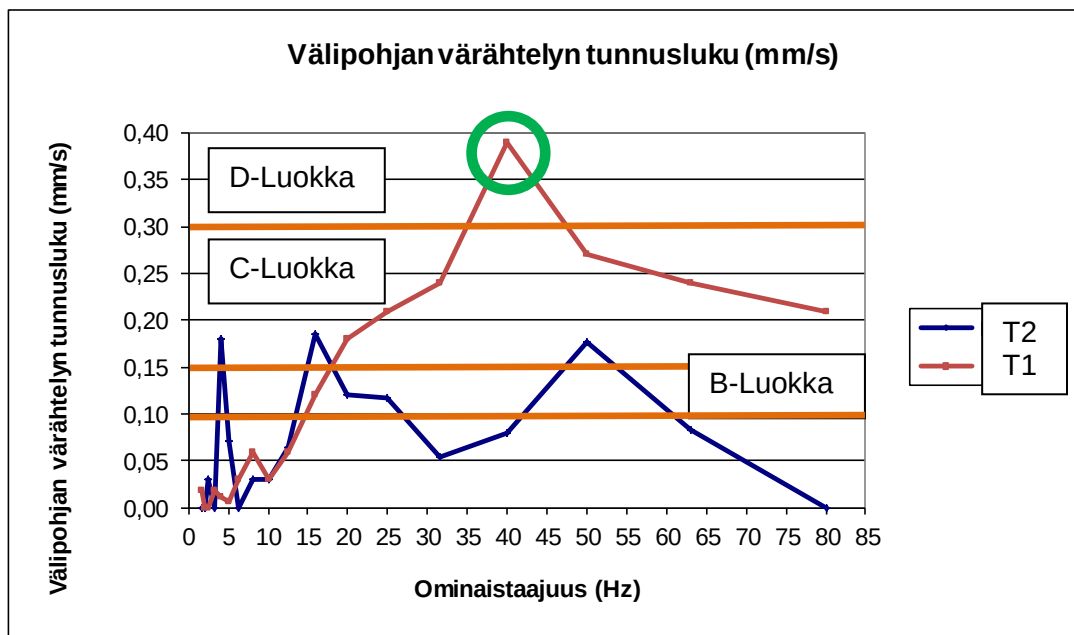
Kuva 3. Mittauspiste MP3 pystyvärähtelyn tehollisarvojen taajuuskomponentit, 15.12.2021, klo 15.39. Tarkastelu 1 (T1).



Kuva 4. Mittauspiste MP3 pystyvärähtelyn tehollisarvojen taajuuskomponentit, 13.12.2021, klo 15.28. Tarkastelu 2 (T2).

Kuvassa 5 on esitetty mitatun pystysuuntaisen värähtelyn (vert.) tulosten perusteella laskennallisesti arvioitu rakennuksen välipohjien värähtely niiden ominaistajuuden suhteen. Vaaka-akselin taajuus vastaa rakennuksen välipohjan ominaistajuutta, joiden suuruus on yleensä välillä 15 – 40 Hz

Kuvan 5 arvioidut välipohjien värähtelyt toteutuvat silloin, kun välipohjien ominaistajuus on tarkasteltavan taajuuden kohdalla. Esimerkiksi huippuvärähtely edellyttää, että välipohjan ominaistajuus on 40 Hz. Mikäli se on 30 Hz, värähtelyn tunnusluku $v_{w,95}$ on selvästi alhaisempi alle 0,25 mm/s.



Kuva 5. Mittauspisteen MP3 mittaustulosten perusteella tehtyjen rakennuksen välipohjien laskennallisten värähtelytarkasteluiden tulokset tarkasteluissa T1 ja T2. Kuvassa on myös värähtelyluokkien C ja D raja 0,30 mm/s ja värähtelyluokkien C ja B raja 0,15 mm/s.

Laskennallisten tarkasteluiden perusteella voidaan arvioida, että välipohjien värähtely ei yleensä ylitä suositusarvoa (vrt. taulukko 1). Laskennallisesti korkein tärinätaso arvo on 0,40 mm/s, mikäli välipohjan ominaistajuus olisi 40 Hz.

Rataa lähimmissä rakennuksissa on suositeltavaa välttää välipohjien ominaistajuuksia 35 - 45 Hz. Välipohjien resonanssitilanteita vähentää ja niiden aiheuttamia välipohjien värähtelyitä alentaa lyhyiden junien aiheuttaman ratatärinän lyhytaikaisuus.

Maanvastaisten lattioiden värähtely

Aiempien kokemusten perusteella voidaan arvioida, että maan värähtely siirtyy lähes sellaisenaan pystysuunnassa maasta maanvastaisiin alapohjiin. Mittaustulosten perusteella voidaan ennakoida, että suositusarvo 0,30 mm/s (C-luokka) ei ylity tai ylittyä vain niukasti, MP3.

Värähtelyn pystysuorat tunnusluvut maassa olivat: MP1 0,19 mm/s, MP2 0,06 mm/s, MP3 0,31 mm/s, MP4 0,06 mm/s,

Rakenteiden vaurioitumisherkkyys

Rakenteiden tärinän vaurioitumisalttiutta arvioidaan tärinän huippuarvojen perusteella.

VTT:n ohjeen mukaan tarkasteltava kaava-alue rajataan ja luokitellaan normaalikuntoisten rakennusten tärinäsiedon perusteella kolmeen vyöhykkeeseen: V-, H- ja E-alueeseen. (Tutkimusraportti VTT-R-04703-14, Liikennetärinä: Alueiden tärinäkartoitus ja rakenteiden vaurioitumisalttiutta 2014). Kaavaluonnosalue on maapohjaltaan E-aluetta (tiivis hiekka, sora, moreeni). Tällöin rakenteiden vaurioitumisherkyyden tärinän heilahdusnopeuden huippuarvon ohjearvo on 2 mm/s.

Mittauspisteessä MP3 mitattiin selvästi suurimmat tärinän huippuarvot. Niiden keskiarvot olivat seitsemän mittaustapahtuman perusteella: Poikittaissuunta (tran) 0,59 mm/s, pystysuunta (vert.) 0,79 mm/s ja pitkittäissuunta (long) 0,60 mm/s. Vastaavat yksittäiset huippuarvot olivat tran 0,91 mm/s, vert 1,00 mm/s ja long 1,21 mm/s. Mitatun suuruinen junaliikennetärinä, heilahdusnopeuden korkein huippuarvo 1,21 mm/s, ei vaurioita hyväkuntoisia rakennuksia tai rakenteita tarkasteltavalla alueella. Se on selvästi alhaisempi kuin vastaava ohjearvo 2 mm/s. Vaurioitumisriskiä pienentää ratatärinän korkea taajuus.

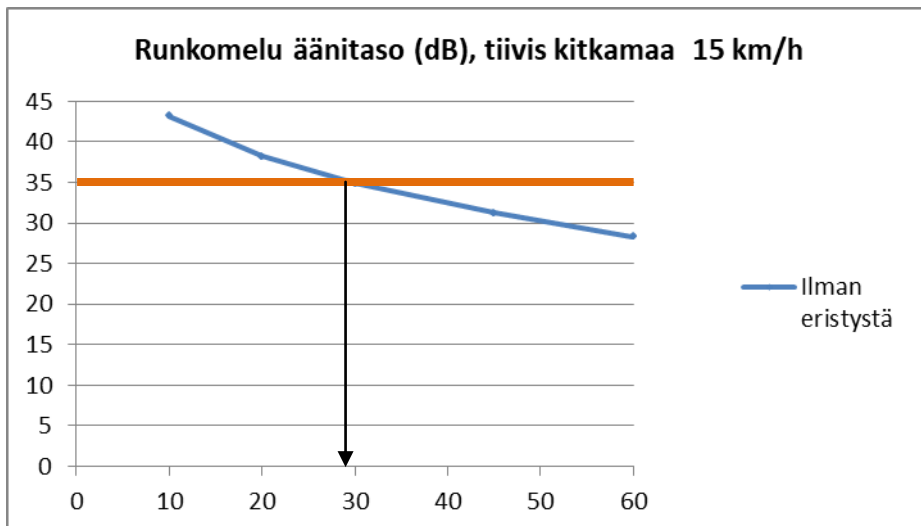
Simolantien mittausten aikana taltioitiin myös läheisen Nordkalk:in kaivoksen aiheuttama tärinä 15.12.2021 klo 13.33. Tärinän huippuarvot olivat poikittaissuunnassa (tran) välillä 1,1 – 3,0 mm/s, pystysuunnassa (vert) välillä 0,8 – 2,7 mm/s ja radan pituussuunnassa (long) välillä 0,9 – 2,1 mm/s. Nämä arvot ovat jonkin verran mitattuja ratatärinäarvoja suurempia. Louhintatärinän aiheuttaman tärinän vaurioitumisherkyyden ohjearvo hiekkamaapohjalla ja yli 500 metrin etäisyydellä on suunnitelluille asuinrakenteille noin 10 mm/s (RIL 253-2010, Rakentamisen aiheuttama tärinä).

6. RUNKOMELU

Maassa liikkuva tärinä voi siirryttyään rakenteisiin heijastua kuultavaksi runkomeluksi taajuualueella 16 – 250 Hz. Runkomeluriskiä vähentää osaltaan alhainen junien nopeus 10 – 15 km/h. Asuinrakennuksissa avoratojen ympäristössä runkomelun tunnusluvun L_{pASmax} arvon suositellaan olevan pienempi kuin 35 dB. Tällöinkin melu on vielä aistittavissa ja sillä voi olla vähäinen häiriövaikutus (**VTT Tiedotteita 2468, Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi, 2009**).

Runkomelun arviointi voidaan tehdä kolmella menetelmällä. Ensimmäinen perustuu turvaetäisyyksien käyttöön, toinen taso perustuu laskennalliseen tarkasteluun ja kolmas mittauksiin. Toivokodin kohdalla on rataosalla nopeusrajoitus 10 km/h. Näin alhaiselle nopeudelle ei ole turvaetäisyydestä tarkastelua julkaisussa **VTT Tiedotteita 2468, Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi, 2009**.

Tässä selvityksessä runkomelua tarkastellaan laskennallisten tarkasteluiden perusteella. Kuvassa 6 on esitetty laskennallisen tarkastelun tulokset.



Kuva 6. Laskennallisesti runkomelueristämättömän radan läheisyydessä arvioitu runkomelutaso rakennuksen ensimmäisessä kerroksessa. Ylemmissä kerroksissa runkomelu vaimenee noin 2 dB kerrosta kohden. Pystyakselilla on äänitaso (dB) ja vaaka-akselilla etäisyys radasta (m). Ruskea vaakaviiva esittää suositusarvoa 35 dB.

Laskennallisten tarkastelujen perusteella on runkomelu noin 30 metrin etäisyydellä radasta rakennuksissa suositusarvojen alapuolella. Etäisyyden kasvaessa runkomelu vaimenee. Alueelle suunnitellut rakennukset sijoittuvat tätä etäisyyttä (30 m) kauemaksi radasta.

7. YHTEENVETO JA SUOSITUKSET

Tärinäselvityksessä tarkastellaan Simolantien kaavaluonnoksen rakennuksiin siirtyvää ihmisille häiritsevää junaliikenteen aiheuttamaa tärinää ja runkomelua. Lisäksi arvioidaan tärinän vaikutusta rakenneaurioihin.

Tarkastelun lähtökohtana on VTT:n julkaisussa: **Suositus liikennetärinän arvioimiseksi maankäytön suunnittelussa (Jouko Törnqvist ja Asko Talja, 2006, VTT, Working Papers 50, 2006)** esitetty suositus rakennusten värähtelyluokituksesta (Taulukko 1). Uusien asuinrakennusten suositeltu värähtelyluokka on korkeintaan C.

Tarkasteltava kortteli on Metsä - Fibren sahalle vievän radan vieressä. Rataosan tavaraliikenteen määrä on melko vähäinen ja junat kulkevat ilman kiinteää aikataulua. Rataosuuden ajonopeus on 10 – 15 km/h ja junissa on kahdeksan vaunua. Kuormatun junan kokonaispaino on tällöin 600 tonnia.

Vaikka rakennuspaikan kaltaisilla kiinteillä maapohjilla tärinätasot ovat usein alhaisempia kuin pehmeillä, voi tärinä olla korkeataajuisempaa kuin hienorakeisilla alueilla. Tällöin rakennusten välipohjien resonanssi- ja runkomeluriski kasvavat.

Tärinämittaukset tehtiin **VTT:n tiedotteessa 2278, Suositus liikennetärinän mittamisesta ja luokituksesta (Asko Talja, 2004)** mukaan lukuun ottamatta mittausaika, joka oli tässä toimeksiannossa viisi vuorokautta. VTT:n käytännön mukaan mittausajan pitäisi olla viikko ja mitatuista tärinätapahtumista valitaan 15 suurimman tärinän aiheuttamaa arvoa. Mitattujen seitsemän tapahtuman perusteella saadaan tärinästä kuitenkin riittävä käsitys, koska junien painot, kalusto ja ajonopeudet ovat tässä liikenteessä koko ajan samansuuruisia.

Tärinän siirtyminen maasta rakennuksiin arvioitiin käyttäen **VTT:n tiedotteen: Rakennukseen siirtyvän liikennetärinän arviointi (Asko Talja ym. 2008)** suosituksia. Tulosten perusteella arvioitu rakennuksen rungon kokonaisvärähtelyn taso on huomattavan alhainen, verrattuna taulukon 1 suositusarvoihin. Laskennallisten tarkasteluiden perusteella välipohjien värähtely voi ylittää suositusarvon rataa lähellä olevissa rakennuksissa (vrt. taulukko 1). Laskennallisesti korkein tärinätaaso on 0,38 mm/s, mikäli välipohjan ominaistajuus olisi noin 40 Hz. Tämä ylittää suositusarvon 0,30 mm/s. Rataa lähimmissä rakennuksissa on suositeltavaa välttää välipohjien ominaistajuuksia 35 - 45 Hz. Välipohjien resonanssitilanteita vähentää ja niiden aiheuttamia välipohjien värähtelyitä alentaa lyhyiden junien aiheuttaman ratatärinän lyhytaikaisuus.

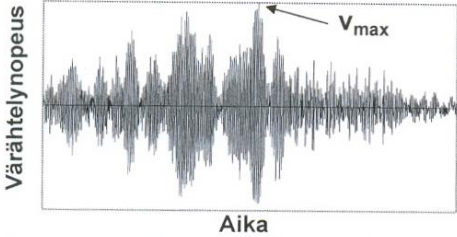
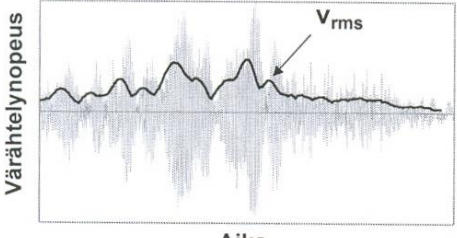
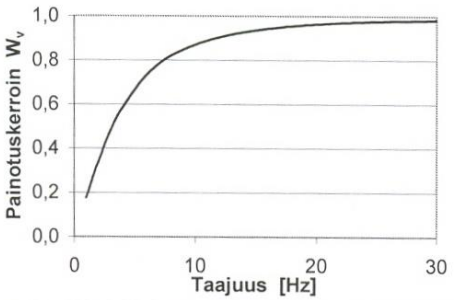
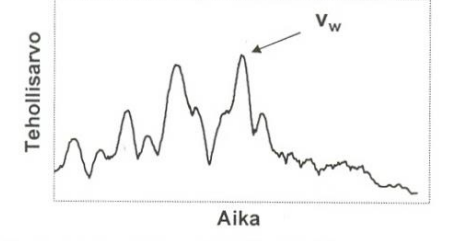
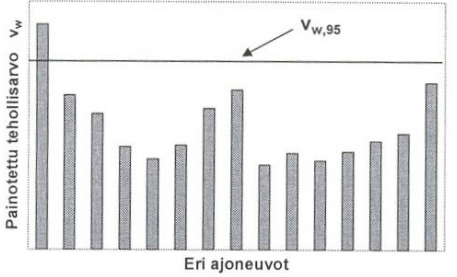
Mittaustulosten perusteella ei maanvastaisten lattioiden värähtelyn suositusarvo 0,30 mm/s (C-luokka) ylity. Junaliikennetärinä, mitattu heilahdusnopeuden huippuarvo 1,2 mm/s, ei vaurioita hyväkuntoisia rakennuksia tai rakenteita tarkasteltavalla alueella.

Laskennallisten tarkastelujen perusteella on runkomelu kauempana kuin noin 30 metrin etäisyydellä radasta rakennuksissa suositusarvojen alapuolella. Etäisyyden kasvaessa runkomelu edelleen vaimenee. Alueelle suunnitellut rakennukset sijoittuvat tätä etäisyyttä (30 m) kauemmaksi radasta. Rataliikenteen aiheuttaman runkomelun arvioidaan olevan suunniteltujen asuintilojen kohdalla suositusarvoja alempia.

Matti Hakulinen

Matti Hakulinen
TKL

LIITE 1, TÄRINÄN KUVAAMISEN KÄSITTEITÄ

	Värähtelyn huippuarvo $v_{\max}$ [mm/s] Mitatus värähtelysignaalin itseisarvoltaan suurin arvo. Vakioamplitudisella värähtelyllä huippuarvo on sama kuin värähtelyn amplitudi.
	Värähtelyn tehollisarvo v_{rms} [mm/s] Mitatus värähtelysignaalin $v(t)$ tehollisarvo ajanhetkellä t_0 on $v_{\text{rms}}(t_0) = \left\{ \frac{1}{\tau} \int_{t_0-\tau}^{t_0} [v(t)]^2 dt \right\}^{\frac{1}{2}},$ jossa aikaikkunan pituus τ on 1 sekunti.
	Värähtelyn taajuuspainotus $W_v(f)$ [-] Mitatus signaalin eri värähtelykomponentit tehdään ihmisen herkkyyden suhteen samanarvoisiksi painottamalla värähtely-komponentteja taajuudesta riippuvalla painotuskertoimella.
	Painotettu värähtelyn tehollisarvo v_w [mm/s] Taajuuspainotetusta värähtelysignaalista $v_w(t)$ määritetty suurin tehollisarvo.
	Värähtelyn tunnusluku $v_{w,95}$ [mm/s] Painotetun värähtelyn v_w tilastollinen maksimi. Arvo perustuu yhden viikon ajalta 15 merkittävimmästä ajoneuvosta mitattuun värähtelyyn.

Värähtelyn tunnusluku $v_{w,95} = v_{w,ka} + 1,8 \sigma$

$v_{w,ka}$
 σ

on 15 suurimman värähtelyn keskiarvo
on 15 suurimman värähtelyn keskihajonta