

Tilaaaja: Lasse Kajander
VR Yhtymä Oy
PL 488
00101 Helsinki

Turku 21.6.2007
Sivut 1 (14) + 5 liitettä

Raideliikenteen aiheuttaman tärinän mittaus

Kohde: Sorinkatu 6–8, Tampere

Mittaus 28.5.–11.6.2007

Raportin vakuudeksi

Tuomas Välikylä
Fyysikko, FM

Jani Kankare
Toimitusjohtaja
Fyysikko, FM



HELSINKI

Venemestarintie 13
00980 HELSINKI
puh (09) 321 2228
fax (09) 328 1050

www.promethor.fi

TURKU

Hämeenkatu 32 E
20700 TURKU
puh (02) 467 5110
fax (02) 467 5118

promet@promethor.fi

Sisällys

1.	Yleistä.....	3
2.	Mittausmenetelmät	3
3.	Mittauslaitteet	4
4.	Tärinän suositusarvoja.....	4
4.1	Tärinän suositusarvot rakennusten vaurioriskin kannalta	4
4.2	Tärinän suositusarvot asumisviihtyvyyden kannalta.....	5
4.3	Runkomelun raja-arvot.....	5
5.	Maaperätiedot.....	6
6.	Mittauspisteet	6
7.	Mittaustulokset	8
7.1	Värähtelyn heilahdusnopeuden resultantti v_{res}	8
7.2	Tärinän tunnusluku $v_{w,95}$	9
7.3	Värähtelyn taajuussisältö.....	9
7.4	Arvio runkomelun tasosta	11
8.	Tulosten tarkastelua.....	12
8.1	Tärinän aiheuttama rakennusten vaurioitumisriski	12
8.2	Arvio tärinän aiheuttamasta viihtyvyyshaitasta	12
8.3	Värähtelyn taajuussisältö.....	13
8.4	Arvio tärinän aiheuttamasta runkomelusta.....	13
8.5	Muita huomioita	13
9.	Johtopäätökset	13
10.	Kirjallisuutta	14
11.	Lisätietoja	14

Liite 1: Suurimmat mitatut heilahdusnopeuden resultantin arvot

Liite 2: Laskuissa käytetyt $v_{w,max}$ -arvot

Liite 3: Tärinän taajuussisältö

Liite 4: Junatiedot

Liite 5: Mittauspisteiden paikat ja mittaustulokset

1. Yleistä

VR Yhtiöt Oy:n toimeksiannosta Promethor Oy mittasi junaliikenteen aiheuttamaa tärinää Tampereella Sorinkatu 6–8 alueella. Tärinää mitattiin kolmiaksisiaalisesti yhteensä kolmessa pisteessä. Mittaus liittyy alueen asemakaavan muutoksen valmisteluun.

Työn tarkoituksena oli selvittää tärinän voimakkuus alueella

1. rakennusten vaurioitumisriskin ja
2. asumisviihtyvyyden kannalta.

Tutkittu alue sijaitsee osoitteessa Sorinkatu 6–8. Alueella on käynnissä asemakaavan muutos rautatiealueen muuttamiseksi kerrostalokortteliksi. Alueelle on suunniteltu asuin-kerrostaloja noin 25 metrin etäisyydelle lähimmästä raiteesta.

Mittauksia tehdessä kiinteistöjen alueelta ei ollut käytettävissä pohjatutkimusaineistoa. Alueen ympäriltä saatujen tietojen perusteella maaperässä on todennäköisesti pääasiassa karkearakeisia ja moreeni maalajeja.

Mittauspaikan kohdalla on ratapiha-alue ja raiteita on siten useita. Tonttia lähin raide, ns. ykkösrade, on aktiivisessa käytössä. Tampereen rautatieasema on mittauspaikasta pohjoiseen noin 400 metrin päässä. Mittaajan paikalla ollessa ratapihalla oli lähes jatkuvasti junaliikennettä tai yksittäisten veturien liikehdintää. Päivällä ratapihalla on pääasiassa henkilöjunaliikennettä ja vaunujen järjestelyä. Varsinainen tavarajunaliikenne painottuu yöaikaan.

Selvityksen on tehnyt Tuomas Välikylä Promethor Oy:stä. Tärinää mitattiin 28.5.–11.6.2007 (kaksi seitsemän vuorokauden jaksoa).

2. Mittausmenetelmät

Tärinämittaukset suoritettiin VTT:n tiedotteen "Suositus liikennetärinän mittaamisesta ja luokituksesta" mukaisesti. Mittaustulosten analysointi ja tulkinta ihmisen kokeman tärinähaitan kannalta tehtiin VTT:n ohjeiden "Suositus liikennetärinän mittaamisesta ja luokituksesta" ja "Suositus liikennetärinän arvioimiseksi maankäytön suunnittelussa" mukaan. Mittaustulosten tulkinta rakenteiden vaurioitumistodennäköisyyden kannalta tehtiin VTT:n ohjeen "Rautatieliikenteen tärinän vaikutus rakenteisiin – Vaurioalttiuden kartoittaminen ja mittaaminen" mukaan.

Mittaus suoritettiin miehittämättömänä. Mittauslaitteisto käynnisti mittauksen automaattisesti aina tietyn tärinätason saavuttamisen jälkeen. Näin saadut tärinän mittaussignaalit tallennettiin mittalaitteen muistiin ja analysoitiin myöhemmin.

Rakenteiden vaurioriskiä arvioitiin värähtelyn taajuuspainottamattoman heilahdusnopeuden resultantin maksimiarvon v_{res} avulla. Se määritettiin nopeussignaaleista, jotka saatiin integroimalla mitatut kiihtyvyyssignaalit.

Ihmisen kokeman häiriön kuvaamiseksi tärinäsignaaleista laskettiin tunnusluku $v_{w,95}$. Tämä tunnusluku lasketaan siten, että mitattu tärinäsignaali taajuuspainotetaan ensin standardin

ISO 2631-2 mukaisella kokokehontärinän painotusfunktiolla. Painotetusta mittaussignaalista lasketaan yhden sekunnin aikaikkunalla liukuva tehollisarvo (rms-arvo). Taajuuksien 1–80 Hz värähtelyn nopeuden painotettujen tehollisarvojen maksimiarvoista $v_{w,max}$ määritetään värähtelyn tunnusluku $v_{w,95}$ [mm/s]. Värähtelyn tunnusluvulla $v_{w,95}$ tarkoitetaan arvoa, jota pienempänä painotettu värähtelyn nopeuden tehollisarvo pysyy 95 prosentin tilastollisella todennäköisyydellä.

3. Mittauslaitteet

Mittauksissa käytetyt laitteet olivat

- Rion DA-20
- 01dB-Stell Harmonie
- kiihtyvyyssanturit Metra KS-48B/C.

4. Tärinän suositusarvoja

4.1 Tärinän suositusarvot rakennusten vaurioriskin kannalta

Rakennusten rakenteiden vaurioriskille ei ole toistaiseksi annettu virallisia raja-arvoja. Tähän on syynä muun muassa se, että eri tyyppiset rakenteet kestävät tärinää eri tavalla. VTT:n tiedotteen "Rautatieliikenteen tärinän vaikutus rakenteisiin, 2002" mukaan erityyppisten rakennusten vaurioriskiä voidaan kuitenkin arvioida heilahdusnopeuden resultantin suurimman arvon v_{res} ja hallitsevan taajuuden avulla. Tiedotteessa on annettu taulukon I mukaiset suositusarvot rakennusten vaurioitumisalttiuden arvioimiseksi.

Taulukko I. VTT:n tiedotteessa "Rautatieliikenteen tärinän vaikutus rakenteisiin, 2002" annetut suositusarvot tärinän aiheuttamalle rakennusten vaurioriskille.

Tärinäalttiusluokka	Hallitseva taajuus [Hz]	Resultantin maksimi v_{res} [mm/s]
I. Normaalikuntoiset hyvin jäykistetyt rakennukset. Teräs- ja betoniset teollisuusrakennukset, muut teräsrakenteet, sillat ja muut niihin rinnastettavat rakenteet.	< 10	8
	10...30	10
	> 30	12
II. Perinteisesti rakennetut betoni-, tiilitai puurakenteiset asuin- ja liikerakennukset tai muut niihin rinnastettavat rakennukset ja rakenteet.	< 10	4
	10...30	5
	> 30	6
Luokan I rakennukset, joissa on muurattuja kellariseiniä tai tiiliverhoilu.	> 30	6
III. Erityisen herkäät rakennukset tai rakenteet ja kulttuurihistoriallisesti tai yhteiskunnallisesti merkittävät rakennukset.	< 10	2
	10...30	3
	> 30	4

4.2 Tärinän suositusarvot asumisviihtyvyyden kannalta

Ympäristönsuojelulaissa (nro 86/2000) ja Suomen rakentamismääräyskokoelmassa (osa B3, 2004) veloitetaan ottamaan liikennetärinän vaikutukset huomioon muun muassa kaavoituksessa. Suomessa ei kuitenkaan ole toistaiseksi olemassa virallisia raja-arvoja liikenteen aiheuttamalle kokokehon tärinälle, joka kohdistuu ihmisiin rakennuksissa.

VTT on antanut suosituksen rakennusten värähtelyluokituksista tunnuslukuun $v_{w,95}$ perustuen tiedotteessa 2278 "Suositus liikennetärinän mittaamisesta ja luokituksista". Tämä ohjeellinen värähtelyluokitus on esitetty taulukossa II.

Taulukko II. VTT:n tiedotteessa 2278 "Suositus liikennetärinän mittaamisesta ja luokituksista" annettu suositus rakennusten värähtelyluokituksista.

Värähtelyluokka	Olosuhteet	Värähtelyn tunnusluku $v_{w,95}$ [mm/s]
A	Hyvät asuinolosuhteet <i>Ihmiset eivät yleensä havaitse värähtelyä.</i>	$\leq 0,10$
B	Suhteellisen hyvät olosuhteet <i>Ihmiset voivat havaita värähtelyn, mutta ne eivät ole häiritseviä.</i>	$\leq 0,15$
C	Suositus uusien asuinrakennusten ja väylien suunnittelussa <i>Keskimäärin 15 % asukkaista pitää värähtelyitä häiritsevinä ja voi valittaa häiriöstä.</i>	$\leq 0,30$
D	Olosuhteet, joihin pyritään vanhoilla asuinalueilla <i>Keskimäärin 25 % asukkaista pitää värähtelyitä häiritsevinä ja voi valittaa häiriöstä.</i>	$\leq 0,60$

4.3 Runkomelun raja-arvot

Suomessa maanpäällisen vilkkaan raideliikenteen asuintiloihin aiheuttaman runkomelun raja-arvona on yleensä käytetty rajaa $L_{ASmax} \leq 35$ dB. Liikenteen aiheuttaman ilmääänien keskiäänitason raja-arvot ovat Suomessa päivällä $L_{Aeq} \leq 35$ dB ja yöllä $L_{Aeq} \leq 30$ dB (Valtioneuvoston päätös Vnp 993/1992). Jos junien aiheuttaman runkomelun melutaso on luokkaa $L_{ASmax} \leq 35$ dB, on sen vaikutus yöaikaiseenkin keskiäänitasoon merkityksetön. Näin ollen raja-arvoa, $L_{ASmax} \leq 35$ dB, voidaan pitää sopivana runkomelun arvioimiseen, kun junaliikenne on vilkasta. Jos junia kulkee harvoin, raja-arvona on käytetty rajaa $L_{AFmax} \leq 45$ dB, jota pidetään terveyshaitan rajana (vastaa noin tasoa $L_{ASmax} \leq 43$ dB).

5. Maaperätiedot

Sorinkatu 6–8 kaava-alueelta ei ollut tätä selvitystä tehdessä käytettävissä pohjatutkimusaineistoja. VR Rata Oy:n arkiston pohjatutkimuksista saatiin selville, että henkilöratapihalla ns. "ykkösradan" kohdalla maaperä on soraa noin 2–3 metrin syvyyteen asti.

Lisäksi Tampereen kaupungin paikkatietopalveluista saatiin viereisten tonttien alueilla tehtyjä pohjatutkimusaineistoja. Niiden mukaan tutkitun alueen ympärillä on pääasiassa hiekkaa, soraa ja moreeni maalajeja vaihtelevan paksuisina kerroksina. Lähimmissä pohjatutkimuspisteissä kairaukset ovat aina pysähtyneet kallioon tai kiveen.

Näiden tietojen perusteella on odotettavissa, että myös tutkittavalla alueella maaperässä on pääasiassa karkearakeisia ja moreeni maalajeja.

6. Mittauspisteet

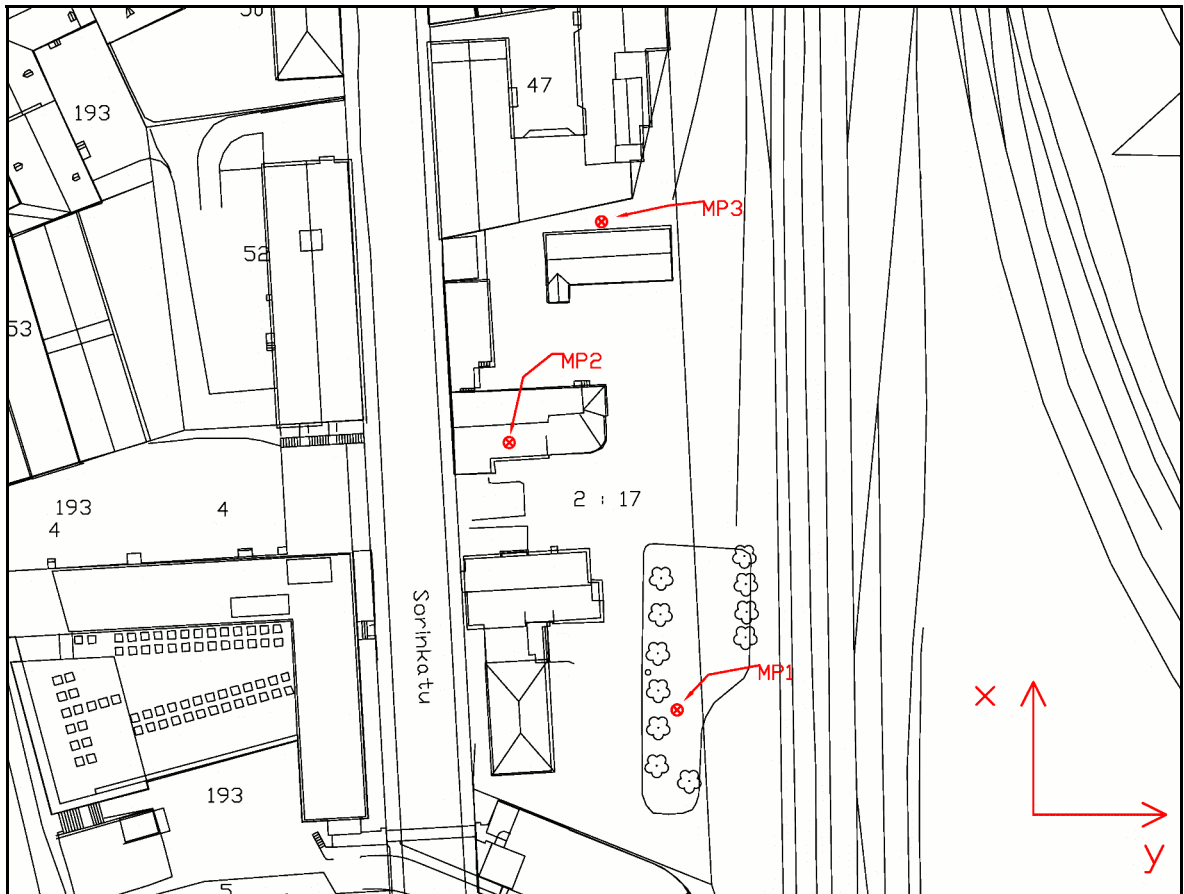
Tässä työssä tärinää mitattiin kiihtyvyyssantureilla suoraan maasta mittauspisteissä 1 ja 3 sekä olemassa olevasta rakennuksesta pisteessä 2. Kaikissa pisteissä mitattiin kolmiakseliaalisesti. Pisteessä 2 mitattiin 28.5.–4.6.2007 ja pisteissä 1 ja 3 4.–11.6.2007.

Maasta mitatessa maahan upotettiin terästanko, jonka pituus oli 50 cm ja paksuus 20 mm. Anturit kiinnitettiin vahvoilla magneeteilla terästangon päähän.

Rakennuksesta tärinää mitattiin ensimmäisen kerroksen lattialta kantavan rakenteen vierestä. Lattialle asetettiin raskas asennuselementti, johon anturit kiinnitettiin vahvoilla magneeteilla. Lattian pintamateriaali oli kovaa muovimattoa.

Mittauspisteiden sijainti on esitetty kuvassa 1 seuraavalla sivulla. Liitteessä 5 on esitetty tarkemmin mittauspisteiden sijainti sekä mittau tulokset.

Myöhemmin tässä lausunnossa pystyakselia nimitetään z -suunnaksi, vaakasuuntaista rataa tai katua vastaan kohtisuoraa akselia y -suunnaksi ja radan tai kadun suuntaista akselia x -suunnaksi (kts. kuva 1).



Kuva 1. Mittauspisteiden sijainti ja vaakasuuntaiset mittaussuunnat.

7. Mittaustulokset

7.1 Värähtelyn heilahdusnopeuden resultantti v_{res}

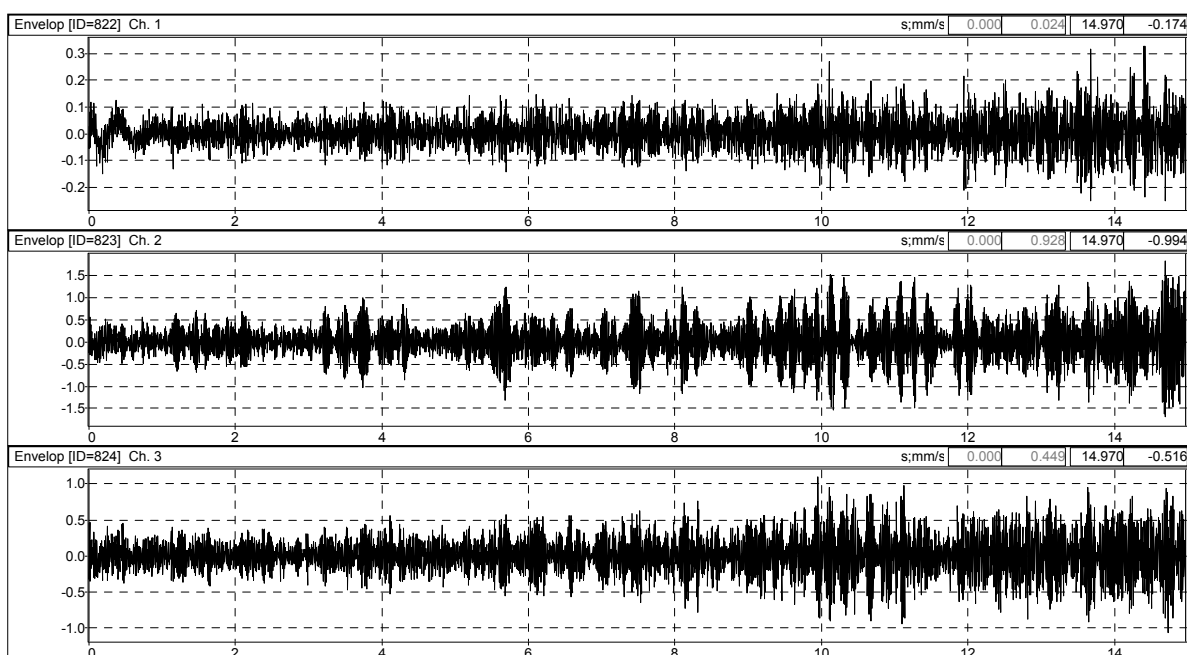
Rakennuksen vaurioitumisriskiä arvioitiin painottamattoman värähtelynopeuden resultantin suurimman arvon avulla. Värähtelynopeuden huippuarvot määritettiin nopeussignaaleista, jotka saatiin integroimalla mitatut kiihtyvyyssignaalit.

Taulukossa III on esitetty suurimpien mitattujen resultanttien arvot kaikissa mittauspisteissä. Liitteessä 1 on esitetty kymmenen suurinta resultantin arvoa kaikissa mittauspisteissä. Kuvassa 2 on esitetty esimerkki tärinän heilahdusnopeussignaalista.

Laskennassa käytettyjen signaalien pääteltiin olevan junien aiheuttamia tärinäsignaalien kestoajan, muodon, amplitudin ja kellonajan perusteella.

Taulukko III. Suurimmat havaitut heilahdusnopeuden resultantin arvot (v_{res}).

Mittauspiste	Resultantti [mm/s]	Pvm	Klo	Juna	Massa [t]	Keskim. akselipaino [t]	Ajosuunta
1	2,8	9.6.	15.10	3792	1544	14,6	Etelään
2	0,4	31.5.	20.05	–	–	–	–
3	1,8	6.6.	14.36	3792	1531	12,0	Etelään



Kuva 2. Osa mittauspisteessä 1 havaittua värähtelyn heilahdusnopeussignaalia, jonka on aiheuttanut 9.6.2007 klo 15.10 kulkenut juna. Kuvassa on ylhäältä lukien värähtely suunnissa z , y ja x . Kuvaajien pystyakselien yksikkö on mm/s.

7.2 Tärinän tunnusluku $v_{w,95}$

Mittauslaitteiden tallentamista signaaleista laskettiin taajuuspainotettujen heilahdusnopeuksien liukuvien tehollisarvojen maksimit $v_{w,max}$ VTT:n suosituksen mukaisesti. Näistä valittiin jokaisessa mittauspisteessä ja -suunnassa 15 suurinta, joiden voitiin päätellä aiheutuneen junan ohiajosta. Näin saatujen $v_{w,max}$ -arvojen keskiarvon ja keskihajonnan avulla lasketut tärinän tunnusluvut $v_{w,95}$ on koottu taulukkoon IV. Laskuissa käytetyt $v_{w,max}$ -arvot on esitetty liitteessä 2.

Laskennassa käytettyjen signaalien pääteltiin olevan junien aiheuttamia tärinäsignaalien kestoajan, muodon, amplitudin ja kellonajan perusteella.

Taulukko IV. Tärinän tunnusluvut $v_{w,95}$ mittauspisteissä.

Mittauspiste	$v_{w,95}$ [mm/s]		
	z	y	x
1	0,14	0,69	0,45
2	0,06	0,03	0,03
3	0,11	0,67	0,61

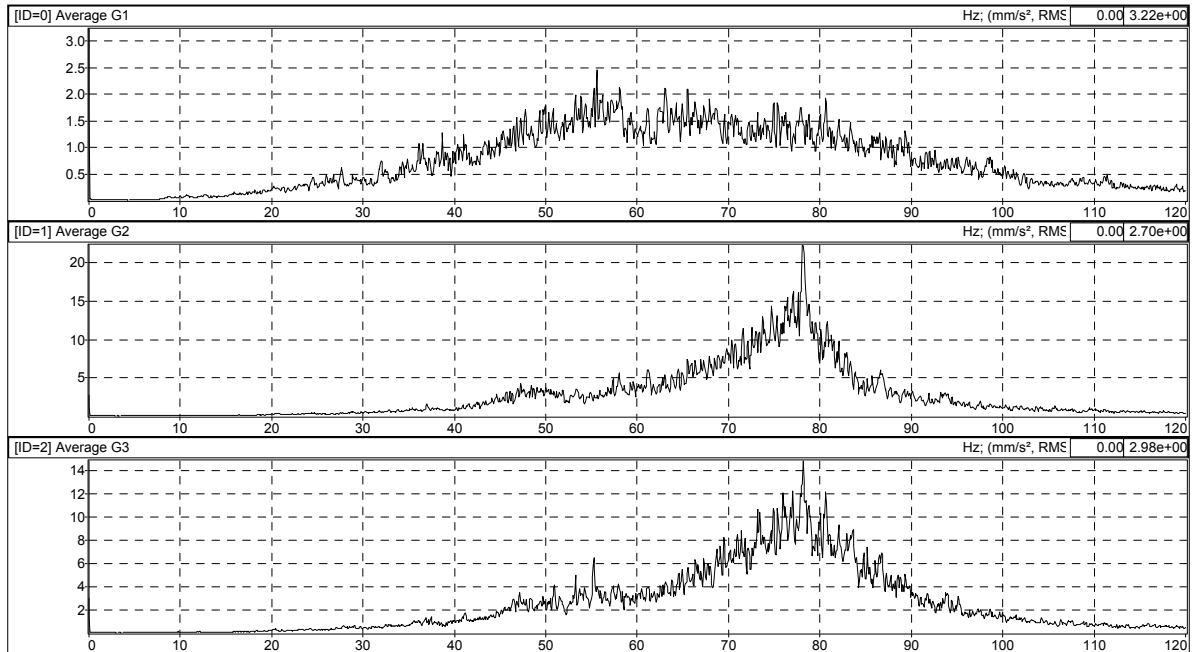
7.3 Värähtelyn taajuussisältö

Mitattujen tärinäsignaalien taajuussisältöä tutkittiin FFT-muunnoksella lasketuista taajuusspektreistä. Kuvissa 3–5 seuraavalla sivulla on esitetty laskuissa käytettyjen tärinäsignaalien keskimääräiset *taajuuspainottomat* taajuusspektrit. Liitteessä 3 on esitetty tärinän taajuusjakaumat VTT:n suosituksen mukaisesti (terssikaistoittain ja taajuuspainotettuna).

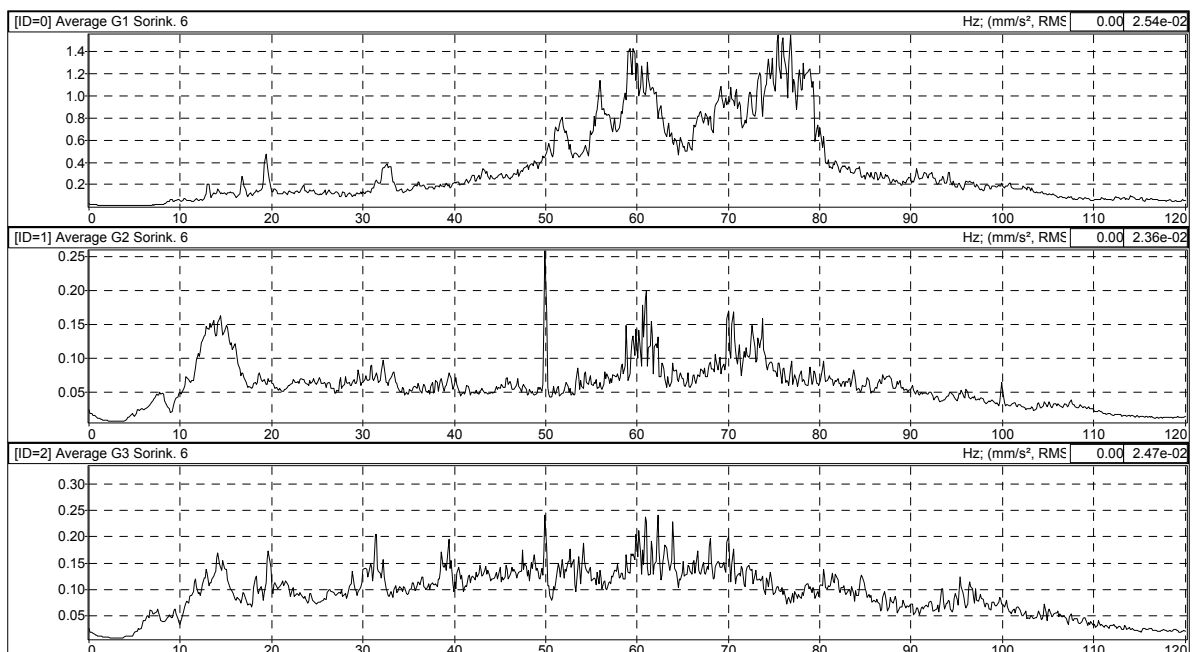
Tärinän hallitseva taajuusalueet on koottu taulukkoon V. Kaikki mittauspisteet sijaitsevat todennäköisesti kovalla maalla, sillä kaikissa pisteissä tärinän hallitsevimmat taajuudet olivat 35–90 Hz.

Taulukko V. Tärinän hallitsevat taajuudet mittauspisteissä kaikissa akselisuunnissa.

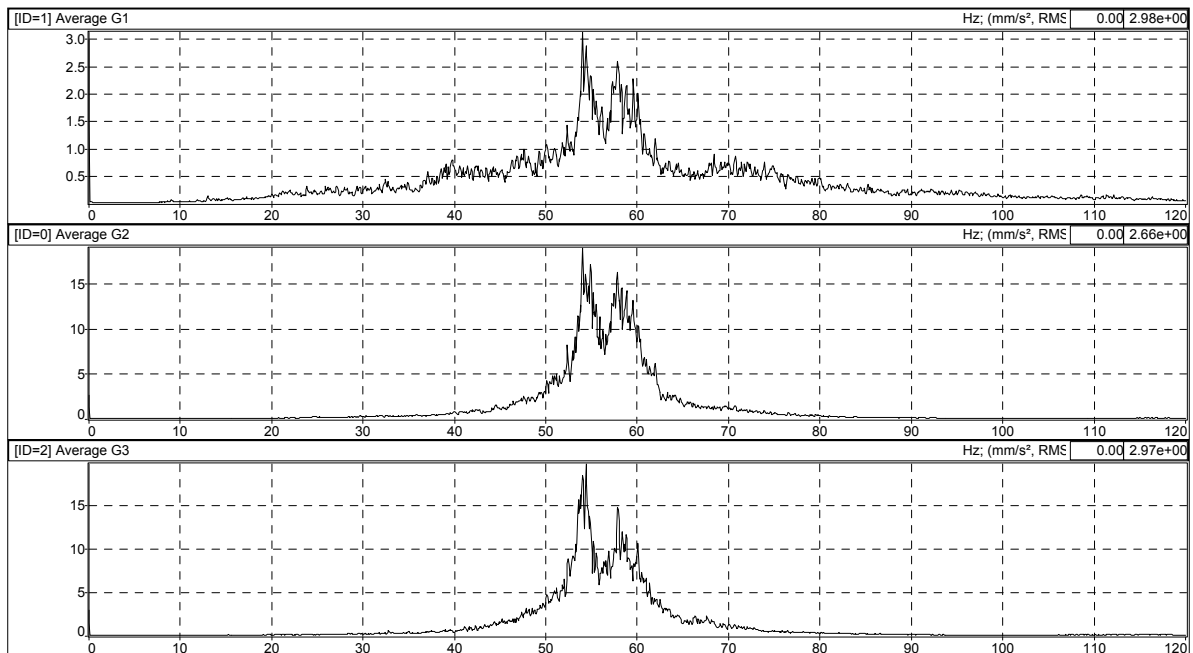
Mittauspiste	Hallitsevat taajuudet [Hz]		
	z	y	x
1	35–90	65–85	65–85
2	50–80	11–17 ja 58–75	11–75
3	51–63	51–63	51–63



Kuva 3. Laskennassa käytettyjen 15 junan keskimääräinen *taajuuspainottamaton* taajuusjakauma **mittauspisteessä 1**. Kuvaajassa on taajuusjakauma ylhäältä lukien suunnissa z , y ja x . Kuvaajien pystyakselit ovat keskenään eri mittakaavoissa.



Kuva 4. Laskennassa käytettyjen 15 junan keskimääräinen *taajuuspainottamaton* taajuusjakauma **mittauspisteessä 2**. Kuvaajassa on taajuusjakauma ylhäältä lukien suunnissa z , y ja x . Kuvaajien pystyakselit ovat keskenään eri mittakaavoissa.



Kuva 5. Laskennassa käytettyjen 15 junan keskimääräinen *taajuuspainottamaton* taajuusjakauma **mittauspisteessä 3**. Kuvaajassa on taajuusjakauma ylhäältä lukien suunnissa z , y ja x . Kuvaajien pystyakselit ovat keskenään eri mittakaavoissa.

7.4 Arvio runkomelun tasosta

Runkomelun L_{ASmax} -tasoa tulevilla asuintiloilla voidaan karkeasti arvioida tärinäsignaalien avulla. Voimakkaimpien tärinöiden A-painotettujen nopeustasojen maksimit L_{Avmax} ja niistä arvioidut asuinhuoneen runkomelutasot on arvioitu taulukkoon VI. Asuinhuoneen runkomelutaso on laskettu vähentämällä 10 dB tärinän nopeustasosta ($L_{Avmax} - 10 \text{ dB} = L_{ASmax}$). 10 dB:n vähennys vastaa keskimääräistä vaimentumaa maatärinän siirtyessä rakennuksen runkomeluksi.

Pystysuuntainen tärinä (z -suunta) säteilee runkoääntä vaakasuorista pinnoista eli mm. lattioista ja vaakasuuntainen tärinä (y - ja x -suunnat) pystysuorista pinnoista eli seinistä.

Taulukko VI. Voimakkaimpien tärinöiden nopeustasot ja runkomelutasot. Nopeustasojen referenssinä on taso $5 \cdot 10^{-8}$ m/s.

Mp	Pvm	Klo	z		y		x	
			L_{Avmax}	L_{ASmax}	L_{Avmax}	L_{ASmax}	L_{Avmax}	L_{ASmax}
1	9.6.	6.10	46	36	62	52	59	49
1	9.6.	15.10	40	30	60	50	54	44
2	3.6.	18.36	36	26	24	14	25	15
2	4.6.	4.35	36	26	23	13	25	15
3	5.6.	3.12	40	30	56	46	55	45
3	6.6.	14.49	40	30	54	44	53	43

8. Tulosten tarkastelua

8.1 Tärinän aiheuttama rakennusten vaurioitumisriski

Suurin alueella mitattu raideliikenteen aiheuttaman tärinän heilahdusnopeuden resultantin arvo oli 2,8 mm/s, joten voidaan arvioida, että tärinä ei aiheuta vaurioitumisriskiä tuleville rakennuksille, mikäli junaliikenteessä ei tapahdu hyvin oleellisia muutoksia.

8.2 Arvio tärinän aiheuttamasta viihtyvyyshaitasta

Mittauspisteissä 1 ja 3 havaitut suurimmat tärinän tunnusluvun $v_{w,95}$ arvot olivat 0,67–0,69 mm/s (y-suunnassa). Tämä ylittää selvästi VTT:n suosituksen uusille asuin-alueille sovellettavan ohjearvon 0,30 mm/s. Kokemuksemme mukaan erityisesti vaakasuuntainen tärinä saattaa lisäksi voimistua maan tasolta ylempiin kerroksiin siirryttäessä.

Mittauspisteessä 2 (nykyisen rakennuksen sisällä) tunnusluvuksi $v_{w,95}$ mitattiin 0,03–0,06 mm/s eli tärinä oli jostain syystä huomattavasti kahta muuta pistettä pienempää. Pisteessä 2 se jää siis selvästi alle suosituksen 0,30 mm/s.

Kaikissa pisteissä pystysuuntainen tärinä varmuuden vuoksi kahdella kerroksella jäänee alle suositusarvon 0,30 mm/s.

Pisteen 2 pienelle tärinätasolle voi olla syynä mm. tärinän vaimentuminen rakenteisiin siirryttäessä tai mittauspisteen kohdalla mahdollisesti oleva kovempi maa-aines (kallio). Lisäksi piste on hieman kauempana radasta kuin muut mittauspisteet.

8.3 Värähtelyn taajuussisältö

Tärinää on pääasiassa 35–95 Hz taajuuksilla eli tärinä on melko korkeataajuisia. Tämä viittaisi siihen että, tontin alueella maa on kovaa maalajia (karkearakeiset ja moreeni maalajit sekä kallio). Näin korkea värähtely saattaa aiheuttaa runkoääntä.

8.4 Arvio tärinän aiheuttamasta runkomelusta

Tärinä pisteissä 1 ja 3 saattaa aiheuttaa tuleviin asuintiloihin runkomelua, jonka L_{ASmax} -taso voi olla jopa yli 50 dB. Koska junaliikenne on tutkitun alueen kohdalla vilkasta, voidaan ohjeellisenä raja-arvona pitää rajaa $L_{ASmax} \leq 35$ dB. Näin ollen tulevissa asuintaloissa runkomelun taso ylittää yleensä käytetyn raja-arvon. Myös toinen vähäliikenteisillä alueilla käytetty raja-arvo $L_{AFmax} \leq 45$ dB ylittyisi.

8.5 Muita huomioita

Tässä selvityksessä tärinää mitattiin suoraan maasta. Tämä sisältää epävarmuustekijöitä, koska värähtelyn siirtymistä maasta rakennuksiin ei tunneta vielä riittävän hyvin. Lisäksi tulevien rakennusten värähtelyn voimakkuutta esimerkiksi ylemmissä kerroksissa on hyvin vaikea ennustaa. Myös jo olemassa olevien rakennuksien värähtely saattaa poiketa tulevien uusien rakennusten värähtelyistä.

VTT:n tiedotteessa Suositus liikennetärinän mittaamisesta ja luokituksesta sanotaan, että *"kaavoituksessa on sekä pien- että kerrostalojen kaikissa kerroksissa materiaaleista riippumatta varauduttava lattian pystysuuntaiseen värähtelyyn, jonka tunnusluku on kaksi kertaa maasta mitattu tunnusluku. Poikkeuksena ovat maanvaraiset lattiat sekä paalutetut rakennukset, jolloin lattian värähtelyssä ei tarvitse varautua maaperän värähtelyn tunnuslukua suurempiin arvoihin."*

Mittaustulokset edustavat mittauskohteen tärinää vain niissä olosuhteissa, joissa mittaukset suoritettiin. Muun muassa junakaluston, kiskojen kunnon, tai ajonopeuden poiketessa oleellisesti mittausajankohdasta on tärinäarvojen muuttuminen mahdollista.

9. Johtopäätökset

Mittaustulosten perusteella tontille rakentaminen on mahdollista. Junaliikenteen aiheuttamasta tärinästä ei ole haittaa normaaleille rakenteille. Asumisviihtyvyyttä kuvaavan tärinän tunnusluvun arvo kuitenkin ylittää VTT:n suositusarvon 0,30 mm/s ainakin osalla tontin alueesta.

Koska tärinä on melko korkeataajuisia (35–90 Hz), saattaa se aiheuttaa suoran tärinäaistimuksen lisäksi myös runkoääntä. Runkomelun tason on arvioitu olevan selvästi suurempi kuin suositellut raja-arvot.

Mittaustulosten perusteella tontille tulevissa rakennuksissa onkin hyvin suurella todennäköisyydellä tarve vaimentaa tärinää. Tärinän ja runkomelun vaimentamiseksi paras ratkaisu tässä tapauksessa on rakennusten perustaminen joustavan tärinävaimennusmaton päälle. Tällaisilla matoilla on mahdollista vaimentaa tontilla mitattua korkeataajuisia tärinää.

Tätä selvitystä tehdessä ei ollut käytettävissä alueelta pohjatutkimuksia. Pohjatutkimusten valmistumisen jälkeen on tarpeellista täydentää tärinäselvitystä. Täydennyksen perusteella voidaan lopullisesti arvioida vaimennuksen tarve ja suunnitella vaimennustoimenpiteet. Tärinäselvityksen täydennys tulee tehdä sellaisessa vaiheessa, että mahdollinen tärinänvaimennus voidaan vielä suunnitella ilman ongelmia rakennuksiin.

10. Kirjallisuutta

Suositus liikennetärinän arvioimiseksi maankäytön suunnittelussa, VTT Working Papers 50, J. Törnqvist ja A. Talja, Valtion Teknillinen Tutkimuskeskus, Espoo 2006

Suositus liikennetärinän mittaamisesta ja luokituksesta, VTT:n tiedotteita 2278, A. Talja, Otamedia Oy, Espoo 2005

Rautatieliikenteen vaikutus rakenteisiin, J. Törnqvist ja O. Nuutilainen, Luonnos, Otamedia Oy, Espoo 2002

Standardi NS 8176.E, Vibration and Shock, Measurement Of Vibration In Buildings From Landbased Transport And Guidance To Evaluation Its Effect On Human Beings, Norjan standardisoimisvirasto, Norja 1999

Standardi ISO 2631, Mechanical Vibration And Shock — Evaluation Of Human Exposure To Whole-body Vibration, Osat 1 ja 2, International Organization of Standardization, Sveitsi 1997

11. Lisätietoja

Tuomas Välikylä
Promethor Oy
Hämeenkatu 32 E 46
20700 Turku

Jani Kankare
Promethor Oy
Hämeenkatu 32 E 46
20700 Turku

sp. tuomas.valikyla@promethor.fi
puh. 044 5320 528

sp. jani.kankare@promethor.fi
puh. 040 574 0028

Suurimmat mitatut resultantin arvot

Liite 1

Tässä liitteessä on esitetty kymmenen suurinta resultantin arvoa junatietoineen molemmista mittauspisteistä erikseen kummaltakin mittausviikolta.

Mittauspiste 1

Pvm	Aika	Resultantti [mm/s]	Nopeuden maksimi [mm/s]			Juna	Massa [t]	Akselimassa [t]	Suuntaan
			z	y	x				
9.6.	15.10	2,8	0,3	2,5	1,4	3792	1544	14,6	Etelään
9.6.	6.10	2,4	0,3	2,1	1,4	-	-	-	-
10.6.	15.09	2,2	0,2	2,1	0,8	5018	1764	21,0	Etelään
10.6.	12.08	1,7	0,2	1,6	0,8	-	-	-	-
10.6.	17.18	1,7	0,2	1,6	0,8	5002	1613	20,2	Etelään
8.6.	18.28	1,7	0,2	1,6	0,7	-	-	-	-
8.6.	21.05	1,7	0,2	1,2	1,3	-	-	-	-
4.6.	17.09	1,6	0,2	1,5	0,8	3727	1591	15,6	Pohjoiseen
6.6.	3.07	1,6	0,2	1,4	0,8	5006	1799	20,9	Etelään
7.6.	16.23	1,6	0,2	1,2	1,1	-	-	-	-

Mittauspiste 2

Pvm	Aika	Resultantti [mm/s]	Nopeuden maksimi [mm/s]			Juna	Massa [t]	Akselimassa [t]	Suuntaan
			z	y	x				
31.5.	20.05	0,4	0,3	0,1	0,0	-	-	-	-
31.5.	18.10	0,3	0,3	0,0	0,0	-	-	-	-
2.6.	20.49	0,3	0,3	0,0	0,0	-	-	-	-
30.5.	18.18	0,2	0,2	0,0	0,0	-	-	-	-
3.6.	18.36	0,2	0,1	0,0	0,0	-	-	-	-
31.5.	13.04	0,2	0,2	0,0	0,1	-	-	-	-
1.6.	21.18	0,2	0,2	0,0	0,0	-	-	-	-
4.6.	4.35	0,2	0,1	0,0	0,1	-	-	-	-
31.5.	19.06	0,2	0,1	0,0	0,0	3087	1682	17,9	Pohjoiseen
3.6.	8.34	0,2	0,1	0,0	0,1	-	-	-	-

Mittauspiste 3

Pvm	Aika	Resultantti [mm/s]	Nopeuden maksimi [mm/s]			Juna	Massa [t]	Akselimassa [t]	Suuntaan
			z	y	x				
6.6.	14.39	1,8	0,1	0,9	0,7	3792	1531	12,0	Etelään
6.6.	14.49	1,8	0,1	0,3	0,3	-	-	-	-
5.6.	22.12	1,7	0,2	0,4	0,3	-	-	-	-
4.6.	22.05	1,7	0,1	0,3	0,3	-	-	-	-
8.6.	9.28	1,5	0,1	0,2	0,2	-	-	-	-
6.6.	0.18	1,5	0,1	0,2	0,3	-	-	-	-
8.6.	9.10	1,5	0,1	0,8	0,3	-	-	-	-
7.6.	12.15	1,5	0,1	0,4	0,3	3432	1536	20,2	Pohjoiseen
8.6.	16.50	1,5	0,1	0,4	0,3	-	-	-	-
5.6.	16.51	1,5	0,1	0,2	0,3	3723	1778	18,9	Pohjoiseen

Laskuissa käytetyt $v_{w,max}$ -arvot

Liite 2

Tässä liitteessä on esitetty tärinän tunnusluvun $v_{w,95}$ laskemisessa käytetyt $v_{w,max}$ -arvot juna-tietoineen.

Mittauspiste 1

Mittaus-suunta	$v_{w,max}$ [mm/s]	Pvm	Klo	Juna nro	Massa [t]	Keskim. akseli- massa [t]	Kulkusuunta
z	0,15	7.6.	2.11	3203	1600	14,3	Pohjoiseen
z	0,13	8.6.	16.26	-	-	-	-
z	0,12	7.6.	4.13	-	-	-	-
z	0,12	10.6.	19.08	-	-	-	-
z	0,11	7.6.	11.43	-	-	-	-
z	0,11	9.6.	1.45	3203	1562	17,4	Etelään
z	0,11	7.6.	17.11	-	-	-	-
z	0,11	5.6.	13.55	-	-	-	-
z	0,10	8.6.	21.05	-	-	-	-
z	0,10	6.6.	14.16	-	-	-	-
z	0,10	8.6.	7.10	3711	1750	18,6	Pohjoiseen
z	0,10	10.6.	22.22	-	-	-	-
z	0,09	7.6.	16.23	-	-	-	-
z	0,09	5.6.	21.10	-	-	-	-
z	0,09	9.6.	14.58	3792	1510	15,4	Etelään
y	0,75	9.6.	6.10	-	-	-	-
y	0,67	9.6.	15.10	5018	1760	21,0	Etelään
y	0,63	6.6.	14.51	-	-	-	-
y	0,59	10.6.	19.08	-	-	-	-
y	0,55	10.6.	15.09	-	-	-	-
y	0,55	8.6.	17.09	-	-	-	-
y	0,54	10.6.	17.18	5002	1613	20,2	Etelään
y	0,52	9.6.	17.14	-	-	-	-
y	0,52	8.6.	21.17	-	-	-	-
y	0,51	7.6.	22.16	3438	1608	20,1	Pohjoiseen
y	0,49	4.6.	17.09	-	-	-	-
y	0,49	10.6.	12.08	-	-	-	-
y	0,49	7.6.	2.11	3203	1600	14,3	Pohjoiseen
y	0,48	10.6.	22.22	-	-	-	-
y	0,48	8.6.	16.26	-	-	-	-
x	0,46	9.6.	6.10	-	-	-	-
x	0,45	8.6.	21.05	-	-	-	-
x	0,43	7.6.	2.11	3203	1600	14,3	Pohjoiseen
x	0,40	6.6.	14.46	3792	1531	12,0	Etelään
x	0,39	9.6.	15.10	5018	1760	21,0	Etelään
x	0,38	6.6.	14.51	-	-	-	-
x	0,37	8.6.	16.26	-	-	-	-
x	0,36	7.6.	16.23	-	-	-	-
x	0,36	10.6.	19.08	-	-	-	-
x	0,36	10.6.	17.18	5002	1613	20,2	Etelään
x	0,36	10.6.	20.41	-	-	-	-
x	0,34	7.6.	22.17	3438	1608	20,1	Pohjoiseen
x	0,34	8.6.	21.17	-	-	-	-
x	0,33	5.6.	21.10	-	-	-	-
x	0,33	6.6.	14.16	-	-	-	-

Mittauspiste 2

Mittaus-suunta	$v_{w,max}$ [mm/s]	Pvm	Klo	Juna nro	Massa [t]	Keskim. akseli- massa [t]	Kulkusuunta
z	0,06	3.6.	18.36	-	-	-	-
z	0,06	4.6.	4.35	-	-	-	-
z	0,05	2.6.	13.46	-	-	-	-
z	0,05	2.6.	20.46	-	-	-	-
z	0,05	3.6.	8.34	-	-	-	-
z	0,05	31.5.	19.06	3087	1682	17,9	Pohjoiseen
z	0,05	2.6.	22.00	-	-	-	-
z	0,05	4.6.	1.44	3703	1786	16,2	Pohjoiseen
z	0,04	30.5.	23.39	3440	1741	18,1	Pohjoiseen
z	0,04	2.6.	20.49	-	-	-	-
z	0,04	31.5.	10.07	3717	1777	20,7	Pohjoiseen
z	0,04	2.6.	21.05	-	-	-	-
z	0,04	3.6.	21.20	-	-	-	-
z	0,04	30.5.	16.16	-	-	-	-
z	0,04	4.6.	6.14	-	-	-	-
y	0,03	31.5.	3.22	-	-	-	-
y	0,03	30.5.	3.56	-	-	-	-
y	0,03	29.5.	3.31	-	-	-	-
y	0,03	1.6.	3.08	5012	1815	20,6	Etelään
y	0,02	29.5.	21.26	-	-	-	-
y	0,02	1.6.	23.03	3053	1590	15,9	Pohjoiseen
y	0,02	28.5.	21.30	-	-	-	-
y	0,02	30.5.	16.16	-	-	-	-
y	0,02	1.6.	3.39	3700	1608	10,1	Etelään
y	0,02	30.5.	23.39	3440	1741	18,1	Pohjoiseen
y	0,02	1.6.	5.50	3711	1765	20,5	Pohjoiseen
y	0,02	30.5.	3.38	5006	1794	21,4	Etelään
y	0,02	1.6.	4.35	-	-	-	-
y	0,02	30.5.	0.36	-	-	-	-
y	0,02	30.5.	2.45	5012	1704	20,3	Etelään
x	0,04	30.5.	3.56	-	-	-	-
x	0,03	30.5.	16.16	-	-	-	-
x	0,03	29.5.	21.26	-	-	-	-
x	0,03	1.6.	21.13	-	-	-	-
x	0,03	30.5.	23.39	3440	1741	18,1	Pohjoiseen
x	0,03	1.6.	19.11	-	-	-	-
x	0,03	31.5.	3.22	-	-	-	-
x	0,03	1.6.	4.35	-	-	-	-
x	0,03	2.6.	17.28	-	-	-	-
x	0,02	28.5.	21.30	-	-	-	-
x	0,02	30.5.	4.40	-	-	-	-
x	0,02	3.6.	21.05	-	-	-	-
x	0,02	29.5.	9.46	5012	1794	19,5	Etelään
x	0,02	29.5.	17.48	3727	1533	12,4	Pohjoiseen
x	0,02	30.5.	22.54	3215	1552	17,6	Pohjoiseen

Mittauspiste 3

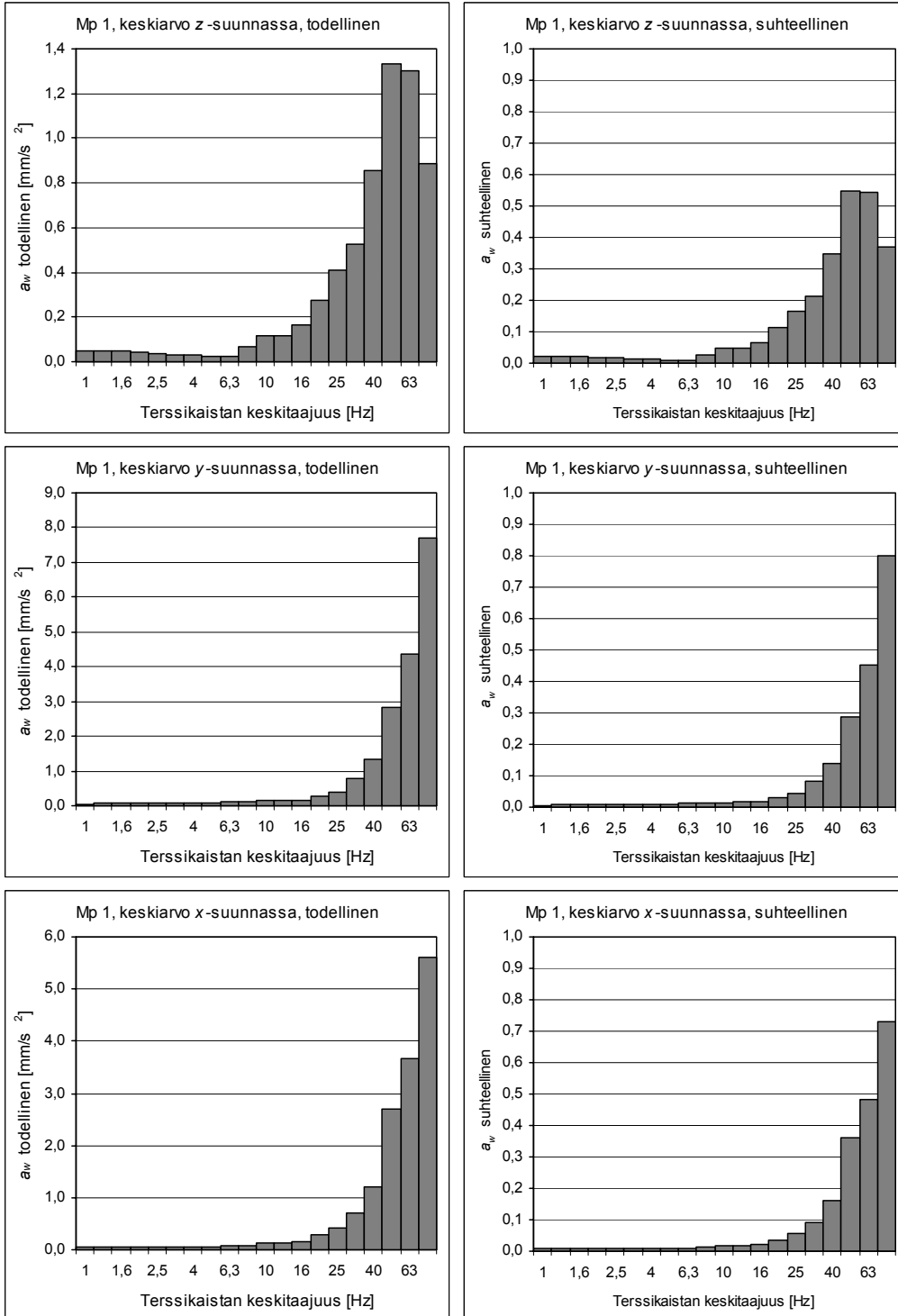
Mittaus-suunta	$v_{w,max}$ [mm/s]	Pvm	Klo	Juna nro	Massa [t]	Keskim. akseli- massa [t]	Kulkusuunta
z	0,11	5.6.	3.12	5012	1738	20,7	Etelään
z	0,11	6.6.	14.49	3792	1531	12,0	Etelään
z	0,10	5.6.	22.12	-	-	-	-
z	0,10	9.6.	1.45	3203	1562	17,4	Etelään
z	0,09	8.6.	9.09	-	-	-	-
z	0,09	5.6.	11.47	3430	1820	18,2	Pohjoiseen
z	0,09	5.6.	16.52	3723	1778	18,9	Pohjoiseen
z	0,09	6.6.	21.59	3204	1699	17,3	Etelään
z	0,09	8.6.	9.28	-	-	-	-
z	0,09	5.6.	13.55	-	-	-	-
z	0,08	4.6.	17.42	3727	1591	15,6	Pohjoiseen
z	0,08	6.6.	1.13	-	-	-	-
z	0,08	4.6.	22.05	-	-	-	-
z	0,08	5.6.	5.50	-	-	-	-
z	0,08	7.6.	12.15	3432	1536	20,2	Pohjoiseen
y	0,74	5.6.	3.12	5012	1738	20,7	Etelään
y	0,63	6.6.	14.49	3792	1531	12,0	Etelään
y	0,59	5.6.	22.12	-	-	-	-
y	0,56	8.6.	9.09	-	-	-	-
y	0,54	5.6.	11.47	3430	1820	18,2	Pohjoiseen
y	0,54	5.6.	16.52	3723	1778	18,9	Pohjoiseen
y	0,51	6.6.	1.13	-	-	-	-
y	0,50	4.6.	22.05	-	-	-	-
y	0,49	4.6.	13.35	-	-	-	-
y	0,49	7.6.	12.15	3432	1536	20,2	Pohjoiseen
y	0,48	6.6.	0.18	-	-	-	-
y	0,48	5.6.	5.50	-	-	-	-
y	0,48	6.6.	21.59	3204	1699	17,3	Etelään
y	0,47	9.6.	1.45	3203	1562	17,4	Etelään
y	0,47	7.6.	16.59	-	-	-	-
x	0,71	5.6.	3.12	5012	1738	20,7	Etelään
x	0,57	6.6.	14.49	3792	1531	12,0	Etelään
x	0,48	6.6.	0.18	-	-	-	-
x	0,47	8.6.	9.28	-	-	-	-
x	0,46	4.6.	22.05	-	-	-	-
x	0,45	4.6.	21.41	-	-	-	-
x	0,45	8.6.	9.09	-	-	-	-
x	0,45	5.6.	11.47	3430	1820	18,2	Pohjoiseen
x	0,44	5.6.	13.55	-	-	-	-
x	0,44	6.6.	11.50	3430	1918	17,8	Pohjoiseen
x	0,43	5.6.	22.12	-	-	-	-
x	0,43	4.6.	16.49	-	-	-	-
x	0,42	5.6.	10.20	-	-	-	-
x	0,41	7.6.	12.15	3432	1536	20,2	Pohjoiseen
x	0,40	5.6.	19.32	-	-	-	-

Tärinän taajuussisältö

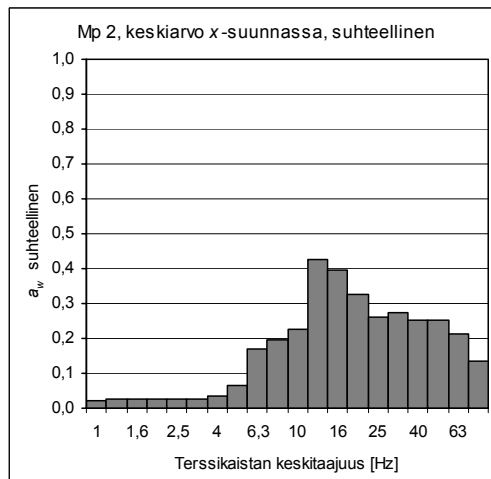
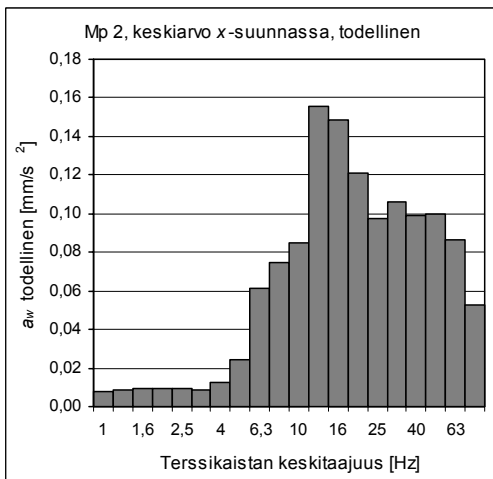
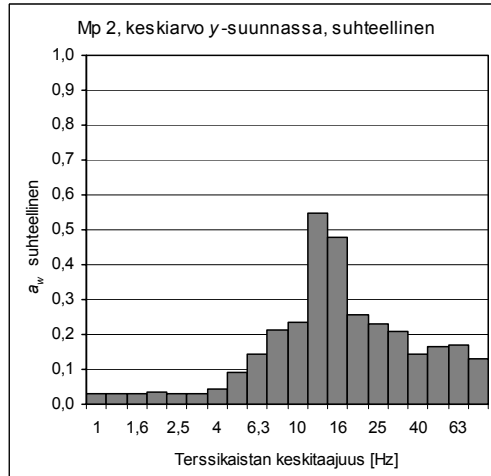
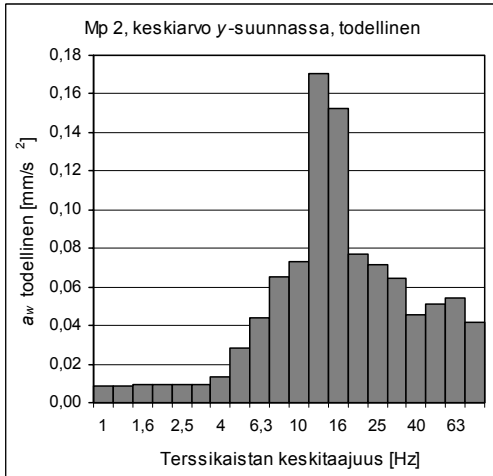
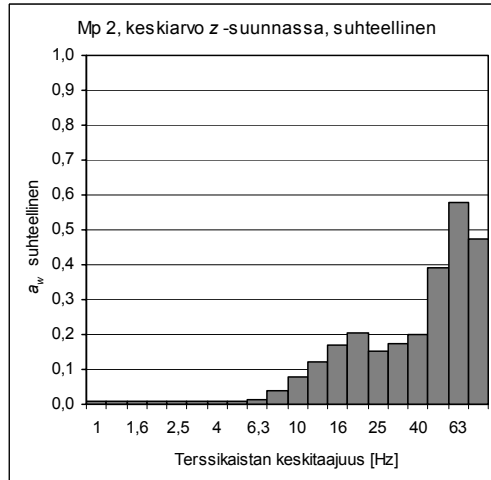
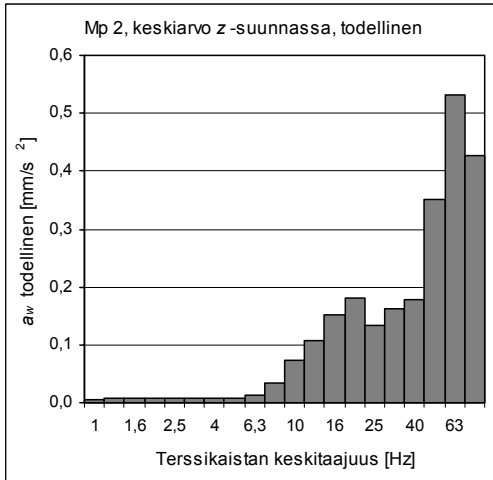
Liite 3

Tässä liitteessä on esitetty VTT:n suosituksen mukaisesti 15:n voimakkaimman tärinän keskimääräinen *taajuuspainotettu* taajuusjakauma terssikaistoittain todellisena ja suhteutettuna kunkin näytteen tehollisarvoon a_w kaikissa mittauspisteissä.

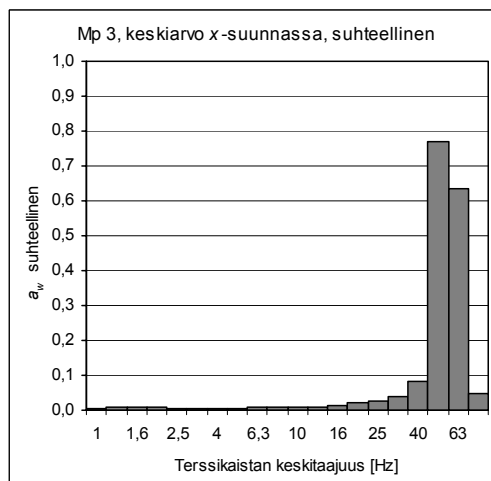
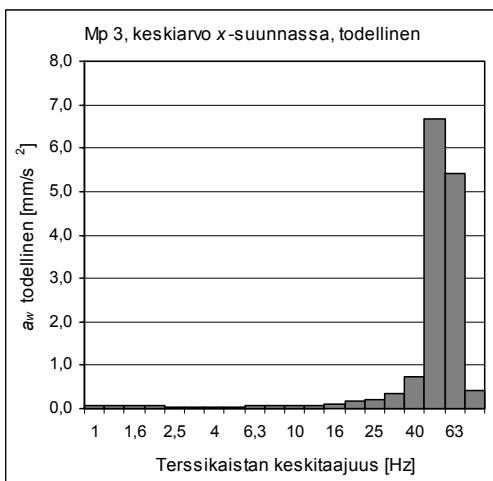
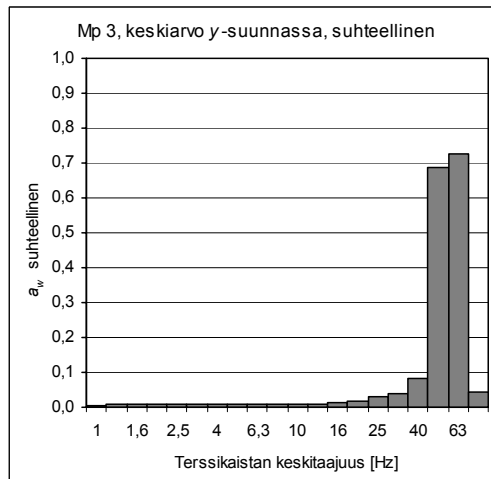
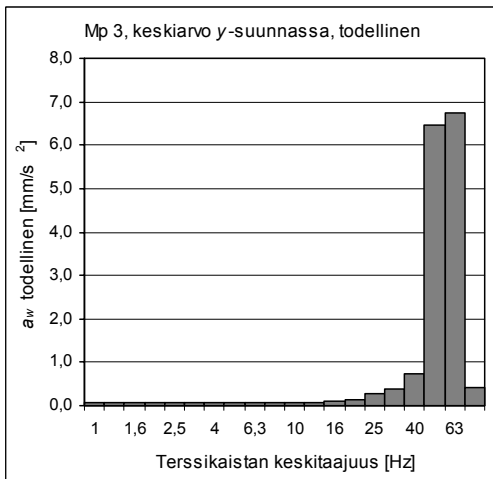
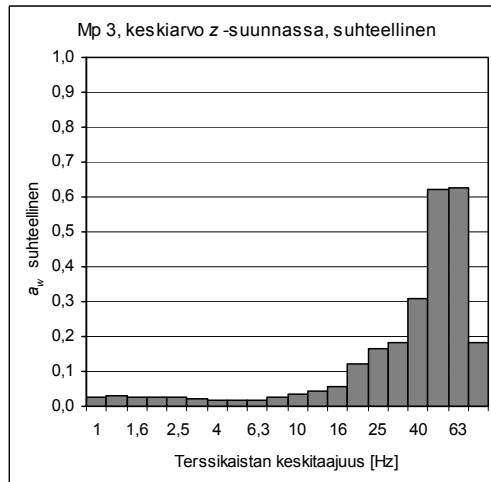
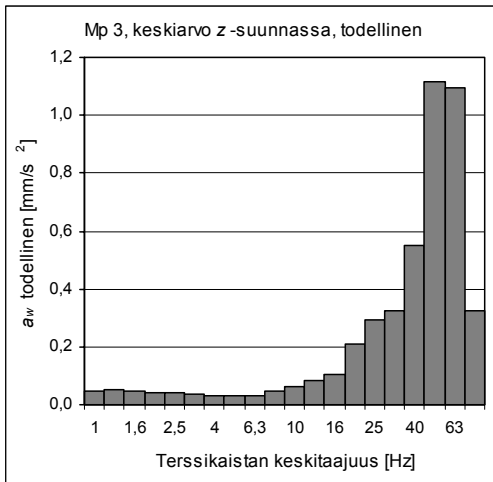
Mittauspiste 1



Mittauspiste 2



Mittauspiste 3



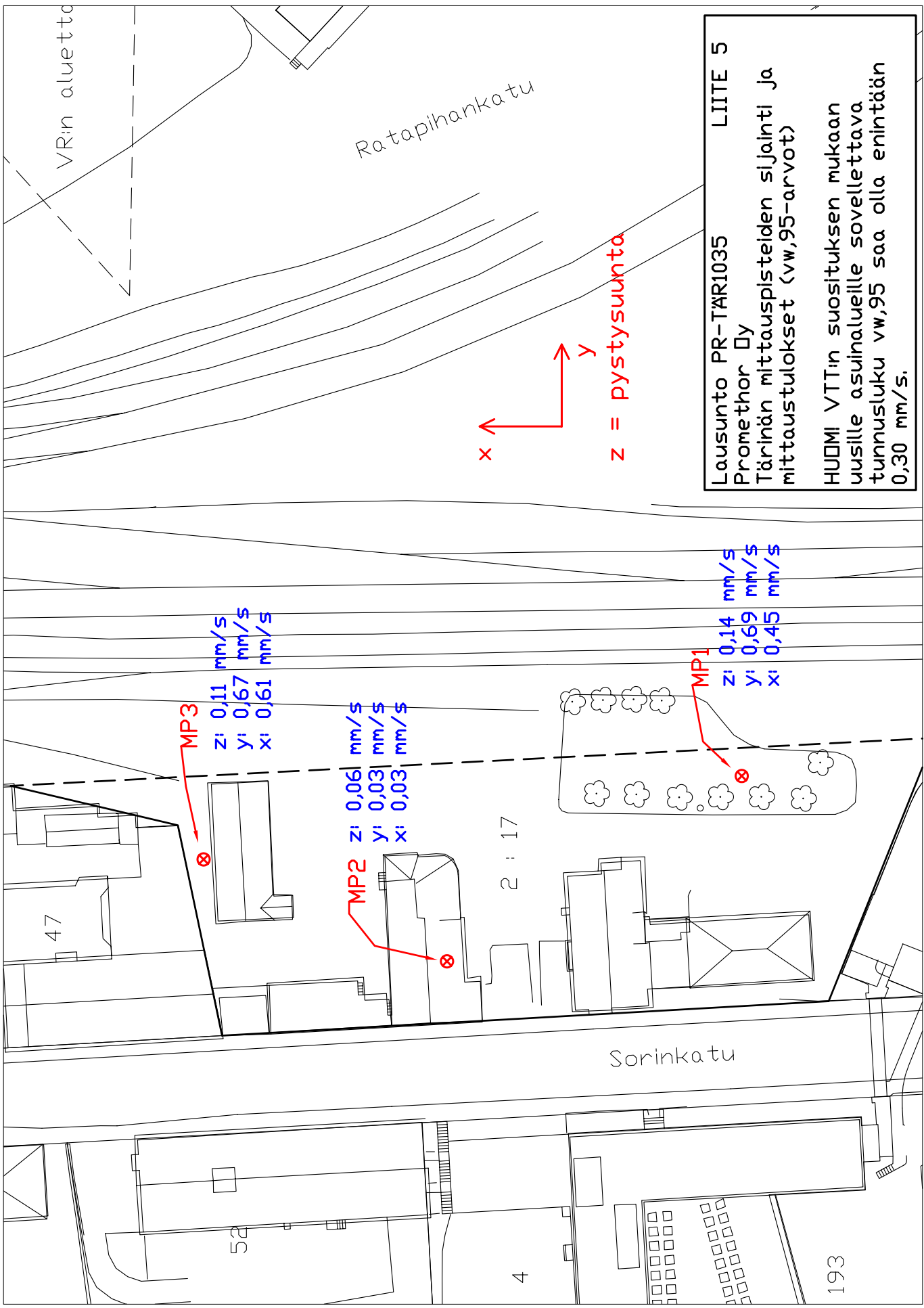
Junatiedot

Liite 4

Tässä liitteessä on esitetty VR Vargo Oy:ltä (Kyösti Malmikoski) saadut junatiedot.

Pvm	Juna	Veturit	Tonnit	Pituus	Akselit	Vaunu- määrä	Suunta Tpe:lta	Kello	Huom ajat Tampere henkilöaseman aikoja!
28.5.	3727	1 SR1	1520	635	112	36	Pohjoiseen	17:35	
28.5.	3440	1 SR1	1725	397	96	24	Pohjoiseen	23:18/23:40	kääntyy asemalla,tulee idästä
28.5.	5018	1 SR1	1765	295	84	21	Etelään	15:28	
29.5.	3711	1 SR1	1559	440	80	28	Pohjoiseen	6:37	
29.5.	3727	1 SR1	1533	661	124	38	Pohjoiseen	17:35	
29.5.	5082	1 SR1	1600	233	80	20	Pohjoiseen	0:49	
29.5.	5004	1 SR2	1659	525	90	32	Etelään	5:56	
29.5.	5012	1 SR1	1794	318	92	23	Etelään	2:54/2:55	
29.5.	5018	1 SR1	1757	307	88	22	Etelään	15:28	
29.5.	3202	1 SR1	1668	527	92	30	Etelään	4:11	
29.5.	5002	1 SR1	1719	357	88	22	Etelään	17:07	
29.5.	5082	1 SR1	1600	233	80	20	Etelään	0:49	
30.5.	3215	1 SR1	1552	470	88	24	Pohjoiseen	22:40	
30.5.	3703	1 SR1	1506	642	110	40	Pohjoiseen	1:56	
30.5.	3711	1 SR1	1772	611	114	37	Pohjoiseen	6:37	
30.5.	3717	1 SR1	1793	660	114	43	Pohjoiseen	10:12	
30.5.	3430	1 SR2	1971	481	116	29	Pohjoiseen	11:11/11:29	kääntyy asemalla,tulee idästä
30.5.	3440	1 SR1	1741	397	96	24	Pohjoiseen	23:18/23:40	
30.5.	5004	1 SR2	1645	520	94	30	Etelään	5:56	
30.5.	5006	1 SR1	1794	449	84	28	Etelään	3:04/3:05	
30.5.	5012	1 SR1	1704	295	84	21	Etelään	2:54/2:55	
30.5.	5018	1 SR1	1741	307	88	22	Etelään	15:28	
31.5.	3087	1 SR1	1682	652	94	45	Pohjoiseen	18:49	
31.5.	3711	1 SR1	1789	482	102	28	Pohjoiseen	6:37	
31.5.	3717	1 SR1	1777	563	86	39	Pohjoiseen	10:12	
31.5.	3723	1 SR2	1981	639	108	38	Pohjoiseen	16:25	
31.5.	3727	1 SR2	1985	603	102	38	Pohjoiseen	17:35	
31.5.	3200	1 SR1	1691	526	96	28	Etelään	2:20/2:26	
31.5.	3430	1 SR2	1509	355	88	22	Pohjoiseen	11:11/11:29	kääntyy asemalla,tulee idästä
31.5.	5012	1 SR1	1788	307	88	22	Etelään	2:54/2:55	
31.5.	3238	2 DV12	1728	555	96	32	Etelään	14:08	
31.5.	5002	1 SR1	1526	272	76	19	Etelään	17:07	
31.5.	5084	1 SR1	1547	502	96	32	Etelään	2:09	
1.6.	3222	1 SR1	1634	505	92	27	Pohjoiseen	2:20	
1.6.	3703	1 SR1	1674	643	122	38	Pohjoiseen	1:56	
1.6.	3711	1 SR1	1765	542	86	37	Pohjoiseen	6:37	
1.6.	3717	1 SR1	1797	617	126	37	Pohjoiseen	10:12	
1.6.	3723	1 SR1	1797	654	120	40	Pohjoiseen	16:25	
1.6.	3803	1 SR1	1582	663	140	40	Pohjoiseen	1:46	
1.6.	3053	1 SR2	1590	533	100	27	Pohjoiseen	23:19	
1.6.	3430	1 SR2	1918	445	108	27	Pohjoiseen	11:11/11:29	kääntyy asemalla,tulee idästä
1.6.	3700	1 SR2	1608	679	160	40	Etelään	2:47/3:13	Kääntyy asemalla,tulee pohjoisesta ja jatkaa itään
1.6.	5012	1 SR1	1815	307	88	22	Etelään	2:54/2:55	
1.6.	5018	1 SR1	1709	295	84	21	Etelään	15:28	
1.6.	3222	1 SR2	1634	505	92	27	Etelään	2:20	
1.6.	5084	1 SR1	1997	485	96	29	Etelään	2:09	
2.6.	3703	1 SR1	1506	483	90	27	Pohjoiseen	1:56	
2.6.	3711	1 SR1	1779	529	104	32	Pohjoiseen	6:37	
2.6.	3161	2 SR1	1756	540	96	30	Pohjoiseen	2:00	
2.6.	3430	1 SR2	1886	445	108	27	Pohjoiseen	11:11/11:29	kääntyy asemalla,tulee idästä
2.6.	3440	1 SR1	1751	361	80	20	Pohjoiseen	23:18/23:40	
2.6.	5004	1 SR2	1645	514	92	30	Etelään	5:56	
2.6.	5006	1 SR1	1766	449	84	28	Etelään	3:04/3:05	
2.6.	5012	1 SR1	1714	307	88	22	Etelään	2:54/2:55	
2.6.	5016	1 SR2	1554	586	96	24	Etelään	3:13/3:16	
2.6.	5018	1 SR1	1688	295	84	21	Etelään	15:28	
2.6.	5084	1 SR2	1734	694	130	40	Etelään	2:09	
3.6.	3209	1 SR1	1671	552	104	31	Pohjoiseen	9:25	
3.6.	3727	1 SR1	1763	613	104	41	Pohjoiseen	17:35	
3.6.	3430	1 SR2	1721	409	100	25	Pohjoiseen	11:11/11:29	kääntyy asemalla,tulee idästä
3.6.	3432	1 SR1	1788	379	84	21	Pohjoiseen	12:52/13:00	kääntyy asemalla,tulee idästä
3.6.	3440	1 SR1	1573	325	72	18	Pohjoiseen	23:18/23:40	
3.6.	5012	1 SR1	1727	295	84	21	Etelään	2:54/2:55	
3.6.	5018	1 SR1	1763	295	84	21	Etelään	15:28	

4.6.	3703	1 SR2	1786	628	110	39	Pohjoiseen	1:56	
4.6.	3713	1 SR1	1654	561	110	39	Pohjoiseen	8:55	
4.6.	3727	1 SR1	1591	561	102	33	Pohjoiseen	17:35	
4.6.	3430	1 SR2	1725	409	100	25	Pohjoiseen	11:11/11:29	kääntyy asemalla,tulee idästä
4.6.	3432	1 SR1	1712	379	84	21	Pohjoiseen	12:52/13:00	
4.6.	3440	1 SR1	1575	361	88	22	Pohjoiseen	23:18/23:40	
4.6.	5012	1 SR1	1666	295	84	21	Etelään	2:54/2:55	
4.6.	5018	1 SR1	1713	295	84	21	Etelään	15:28	
4.6.	5032	1 SR1	1746	570	120	33	Etelään	17:56	
5.6.	3703	1 SR1	1802	565	106	32	Pohjoiseen	1:56	
5.6.	3723	1 SR2	1778	543	94	34	Pohjoiseen	16:25	
5.6.	3927	1 SR1	1780	515	114	30	Pohjoiseen	-	
5.6.	3971	1 SR1	1503	480	84	30	Pohjoiseen	6:37	
5.6.	5082	1 SR1	1600	233	80	20	Pohjoiseen	0:49	
5.6.	3430	1 SR2	1820	415	100	25	Pohjoiseen	11:11/11:29	kääntyy asemalla,tulee idästä
5.6.	5012	1 SR2	1738	295	84	21	Etelään	2:54/2:55	
5.6.	5018	1 SR1	1756	295	84	21	Etelään	15:28	
5.6.	3222	2 DV12	1766	504	96	25	Etelään	2:20	
5.6.	5082	1 SR1	1600	233	80	20	Etelään	0:49	
5.6.	5084	1 SR1	1742	651	114	41	Etelään	2:09	
6.6.	3075	1 SR1	1652	527	92	30	Pohjoiseen	9:13	
6.6.	3222	1 SR1	1722	548	96	31	Pohjoiseen	2:20	
6.6.	3711	1 SR1	1768	486	88	31	Pohjoiseen	6:37	
6.6.	3727	1 SR1	1660	504	94	26	Pohjoiseen	17:35	
6.6.	3430	1 SR2	1918	445	108	27	Pohjoiseen	11:11/11:29	kääntyy asemalla,tulee idästä
6.6.	5006	1 SR1	1799	502	86	33	Etelään	3:04/3:05	
6.6.	5012	1 SR1	1719	295	84	21	Etelään	2:54/2:55	
6.6.	5018	1 SR1	1727	295	84	21	Etelään	15:28	
6.6.	3204	1 SR1	1699	473	98	30	Etelään	22:21	
6.6.	3222	1 SR1	1722	548	96	31	Etelään	2:20	
6.6.	3792	1 SR1	1531	692	128	41	Etelään	14:30	
6.6.	5084	1 SR1	1659	476	96	26	Etelään	2:09	
7.6.	3203	2 DV12	1600	697	112	46	Pohjoiseen	2:02	
7.6.	3703	1 SR1	1734	665	122	42	Pohjoiseen	1:56	
7.6.	3711	1 SR1	1750	494	94	30	Pohjoiseen	6:37	
7.6.	3717	1 SR1	1762	676	110	43	Pohjoiseen	10:12	
7.6.	3801	2 DV12	1798	595	102	39	Pohjoiseen	2:38	
7.6.	3432	1 SR1	1536	343	76	19	Pohjoiseen	12:52/13:00	
7.6.	3438	1 SR1	1608	355	80	20	Pohjoiseen	22:12/22:30	kääntyy asemalla,tulee idästä
7.6.	3440	1 SR1	1662	379	92	23	Pohjoiseen	23:18/23:40	
7.6.	5012	1 SR1	1745	295	84	21	Etelään	2:54/2:55	
7.6.	5018	1 SR1	1724	295	84	21	Etelään	15:28	
8.6.	3703	1 SR2	1814	558	114	31	Pohjoiseen	1:56	
8.6.	3711	1 SR1	1690	567	108	35	Pohjoiseen	6:37	
8.6.	3440	1 SR1	1765	411	98	25	Pohjoiseen	23:18/23:40	
8.6.	3700	1 SR1	1638	681	162	41	Etelään	2:47/3:13	
8.6.	5012	1 SR1	1764	309	88	22	Etelään	2:54/2:55	
8.6.	5018	1 SR1	1793	295	84	21	Etelään	15:28	
8.6.	3792	1 SR1	1510	567	98	31	Etelään	14:30	
9.6.	3203	3 DV12	1562	593	90	40	Etelään	2:02	
9.6.	3929	1 SR1	1680	496	96	24	Etelään	20:23/20:35	
9.6.	3161	2 SR1	1672	519	94	28	Pohjoiseen	20:47	
9.6.	5006	1 SR1	1794	478	84	31	Etelään	3:04/3:05	
9.6.	5012	2 SR1	1706	295	84	21	Etelään	2:54/2:55	
9.6.	5018	1 SR1	1760	295	84	21	Etelään	15:28	
9.6.	3792	1 SR1	1544	584	106	34	Etelään	14:30	
10.6.	3438	1 SR1	1759	361	80	20	Pohjoiseen	22:12/22:30	
10.6.	3440	2 SR1	2575	585	138	35	Pohjoiseen	23:18/23:40	
10.6.	5012	1 SR1	1742	295	84	21	Etelään	2:54/2:55	
10.6.	5018	1 SR1	1764	295	84	21	Etelään	15:28	
10.6.	5002	1 SR1	1613	372	80	20	Etelään	17:07	
11.6.	3703	2 SR2	2695	674	160	43	Pohjoiseen	1:56	
11.6.	3713	1 SR2	1845	521	100	32	Pohjoiseen	8:55	
11.6.	3717	1 SR1	1790	619	112	36	Pohjoiseen	10:12	
11.6.	3430	1 SR2	1954	411	90	23	Pohjoiseen	11:11/11:29	kääntyy asemalla,tulee idästä
11.6.	3432	1 SR1	1736	361	80	20	Pohjoiseen	12:52/13:00	
11.6.	4815	3 DV12	2132	667	136	44	Pohjoiseen	13:30	
11.6.	5012	2 SR1	1706	295	84	21	Etelään	2:54/2:55	
11.6.	5036	2 SR1	2437	569	124	32	Pohjoiseen	7:14/7:20	kääntyy asemalla,tulee idästä
11.6.	3200	2 SR1	1591	491	90	26	Etelään	2:20/2:26	



LIITE 5

Lausunto PR-TÄR1035
Promethor Oy
Tärinän mittauspisteiden sijainti ja
mittaustulokset (vw,95-arvot)

HUOMI VTT:n suosituksen mukaan
uusille asuinalueille sovellettava
tunnusluku vw,95 saa olla enintään
0,30 mm/s.

Tilaaaja: Lasse Kajander
VR Yhtymä Oy
PL 488
00101 Helsinki

Turku 8.10.2007
Sivut 1 (3) + 1 liite

Tiivistelmä raideliikenteen aiheuttaman tärinän ja runkomelun mittauksista

Kohde: Sorinkatu 6–8, Tampere

Mittaukset 28.5.–11.6.2007, 13.–20.8.2007 ja 30.8.–6.9.2007

Raportin vakuudeksi

Tuomas Välikylä
Fyysikko, FM

Jani Kankare
Toimitusjohtaja
Fyysikko, FM



HELSINKI

Venemestarintie 13
00980 HELSINKI
puh (09) 321 2228
fax (09) 328 1050

www.promethor.fi

TURKU

Hämeenkatu 32 E
20700 TURKU
puh (02) 467 5110
fax (02) 467 5118

promet@promethor.fi

1. Yleistä

Tässä lausunnossa esitetään tiivistetysti tulokset tärinä- ja runkomelumittauksista, jotka on tehty Tampereella osoitteessa Sorinkatu 6–8 sijaitsevalla tontilla. Mittauksia tehtiin suoraan maasta ja kaikissa tontilla olleissa rakennuksissa yhteensä kahdeksassa pisteessä.

Työn tarkoituksena oli selvittää tärinän voimakkuus alueella

1. rakennusten vaurioitumisriskin ja
2. asumisviihtyvyyden kannalta.

Lisäksi arvioitiin runkomelun taso asuinhuoneissa.

Selvityksen ovat tehneet Tuomas Välikylä ja Jani Kankare Promethor Oy:stä. Tärinää mitattiin 28.5.–11.6.2007, 13.–20.8.2007 ja 30.8.–6.9.2007. Mittauksista on raportoitu laajemmin lausunnoissa PR-TÄR1035 ja PR-TÄR1046.

Mittauspisteet ja mitatut tunnusluvun $v_{w,95}$ arvot on esitetty liitteessä 1.

2. Mittausmenetelmät

Tärinämittaukset suoritettiin käyttäen seuraavia ohjeita ja suosituksia:

- Suositus liikennetärinän arvioimiseksi maankäytön suunnittelussa, VTT Working Papers 50, J. Törnqvist ja A. Talja, Valtion Teknillinen Tutkimuskeskus, Espoo 2006
- Suositus liikennetärinän mittaamisesta ja luokituksesta, VTT:n tiedotteita 2278, A. Talja, Otamedia Oy, Espoo 2005
- Rautatieliikenteen vaikutus rakenteisiin, J. Törnqvist ja O. Nuutilainen, Luonnos, Otamedia Oy, Espoo 2002

3. Mittaustulokset ja niiden vertailu suositusarvoihin

3.1 Tärinän aiheuttama rakennusten vaurioitumisriski

Suurin alueella mitattu raideliikenteen aiheuttaman tärinän heilahdusnopeuden resultantin arvo oli 2,8 mm/s. Suositusten mukaan resultantti ei saa ylittää arvoa 4 mm/s. Näin ollen junaliikenteen tärinä ei aiheuta vaurioitumisriskiä tuleville rakennuksille.

3.2 Arvio tärinän aiheuttamasta viihtyvyyshaitasta

Suoraan maasta mitattuna tärinän tunnusluvun $v_{w,95}$ arvo oli 0,67–0,69 mm/s. Rakennuksissa mitattuna tunnusluku $v_{w,95}$ oli 0,02–0,25 mm/s. Näin ollen on hyvin todennäköistä, että junaliikenteen tärinä alittaa tulevissa asuinhuoneissa uusille asuinalueille annetun suositusarvon 0,30 mm/s.

3.3 Värähtelyn taajuussisältö

Tärinää esiintyi taajuuksilla 4–130 Hz, joten tärinää on sekä matalilla että korkeilla taajuuksilla. Yli 20 Hz:n taajuinen värinä on ihmisen kuuloalueella ja saattaa siten aiheuttaa runkomelua.

3.4 Runkomelutaso

Ikkunattomassa kellarihuoneessa mitattu runkomelutaso L_{ASmax} oli suurimmillaan noin 49 dB. Ohjeellisena raja-arvona tässä tapauksessa voidaan pitää rajaa $L_{ASmax} \leq 35$ dB. Tämä raja ylittyi selvästi useita kertoja mittausjakson (7 vrk) aikana. Näin ollen ilman riittäviä vaimennusrakenteita tulevissa asunnoissa runkomelun taso ylittää yleensä käytetyn raja-arvon.

4. Johtopäätökset

Mittaustulosten perusteella tontille rakentaminen on mahdollista. Junaliikenteen aiheuttamasta värinästä ei ole haittaa normaaleille rakenteille. Lisäksi värinän asumisviihtyvyyttä kuvaava tunnusluku ei tulle ylittämään suositusarvoa tulevissa asuinhuoneissa.

Näillä perusteilla tontti on värinän kannalta kaavoituskelpoinen, joten kaavoitusta voidaan jatkaa suunnitelmien mukaan. Runkomeluuun on kuitenkin kiinnitettävä huomiota rakennusten suunnitteluvaiheessa

Runkomelutason suositusarvon ylittyminen on mahdollista tontille rakennettavissa taloissa. Runkomelumittauksissa havaittiin runkomelutason ylittävän yleensä käytetyn enimmäisarvon kellaritiloissa. Koska mittauksessa ääntä vuoti kellarihuoneeseen oven raosta ja oven läpi, mittauksien tulokset ovat vain suuntaa-antavia. Runkomelua tullaan vielä mittaamaan tontin rakennuksissa runkomelun (värinän) vaimennustarpeen selvittämiseksi.

5. Lisätietoja

Tuomas Välikylä
Promethor Oy
Hämeenkatu 32 E 46
20700 Turku

sp. tuomas.valikyala@promethor.fi
puh. 044 5320 528

Jani Kankare
Promethor Oy
Hämeenkatu 32 E 46
20700 Turku

sp. jani.kankare@promethor.fi
puh. 040 574 0028

