

Tärinä
Raportti PR-TÄR1103
Loimaan kaupunki

TIELIIKENTEEN TÄRINÄSELVITYS

Niittukulman alue, Loimaa

Asemakaavan muutos

Mittaukset suoritettu 9.–16.1.2009

Raportin vakuudeksi

Jani Kankare
Toimitusjohtaja
Fyysikko, FM



HELSINKI

Porvoonkatu 9 A
00510 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

Sisällysluettelo

1	Yleistä.....	3
2	Mittaus- ja arviointimenetelmät	3
3	Mittauslaitteet	3
4	Tärinän suositusarvot.....	4
	4.1 Tärinän suositusarvot rakennusten vaurioriskin kannalta	4
	4.2 Tärinän suositusarvot asumisviihtyvyyden kannalta	4
5	Mittauspisteet	5
6	Mittaustulokset	6
	6.1 Värähtelyn heilahdusnopeuden resultantti v_{res}	6
	6.2 Tärinän tunnusluku $v_{w,95}$	7
	6.3 Värähtelyn taajuussisältö	7
7	Tulosten tarkastelua.....	8
	7.1 Tärinän taajuussisältö.....	8
	7.2 Tärinän aiheuttama rakennusten vaurioitumisriski	8
	7.3 Tunnusluvun $v_{w,95}$ vertailu suositusarvoihin	8
	7.4 Muita huomioita	8
8	Johtopäätökset	8
9	Kirjallisuutta	9
10	Lisätietoja	9
	Liite 1 Suurimmat mitatut heilahdusnopeuden resultantin arvot	
	Liite 2 Laskuissa käytetyt $v_{w,max}$ -arvot	
	Liite 3 Tärinän taajuussisältö	
	Liite 4 Mittauspisteet ja mittaustulokset	

1 YLEISTÄ

Promethor Oy mittasi 9.–16.1.2009 Loimaan kaupungin toimeksiannosta tieliikenteen aiheuttamaa tärinää Niittukulman alueella Loimaalla. Työn tarkoituksena oli selvittää tärinän voimakkuus kohteessa

- 1) rakennusten vaurioitumisriskin
- 2) viihtyvyshaitan kannalta.

Selvitys tehtiin liittyen alueen asemakaavan muutokseen. Mittauslaitteiston asensi Olli Laivoranta Promethor Oy:stä. Lausunnon laativat Olli Laivoranta ja Jani Kankare Promethor Oy:stä.

2 MITTAUS- JA ARVIOINTIMENETELMÄT

Tärinämittaukset suoritettiin VTT:n tiedotteen "Suositus liikennetärinän mittaamisesta ja luokitukselta" mukaisesti. Mittaustulosten analysointi ja tulkinta ihmisen kokeman tärinähaitan kannalta tehtiin VTT:n ohjeiden "Suositus liikennetärinän mittaamisesta ja luokitukselta" 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. Kyseisiä ohjeita voidaan käyttää tie- ja raideliikennetärinän arvioinnissa.

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 $v_{w,95}$ VTT:n suositusten mukaan. Mitatut tärinäsignaalit taajuuspainotettiin ISO 2631-2 mukaisella kokokehontärinän painotusfunktiolla, minkä jälkeen niistä laskettiin liukuvan tehollisarvon maksimit $v_{w,max}$. Näistä valittiin 15 suurinta, joiden perusteella laskettiin tunnusluku $v_{w,95}$. Värähtelyn tunnusluvulla $v_{w,95}$ tarkoitetaan arvoa, jota pienempänä painotettu värähtelynopeuden tehollisarvo pysyy 95 prosentin tilastollisella todennäköisyydellä.

Mittaus suoritettiin miehittämättömänä eli mittauslaitteisto toimi itsenäisesti. Tällöin mittaussignaali tallentui laitteen muistiin, josta se analysointiin myöhemmin. Mittauspisteitä oli yhteensä kuusi.

3 MITTAUSLAITTEET

Mittauksissa käytetyt laitteet olivat

- Rion DA-20
- kiihtyvyyssanturit Metra KS-48B/C.

4 TÄRINÄN SUOSITUSARVOT

4.1 Tärinän suositusarvot rakennusten vaurioriskin kannalta

Suomessa rakennusten rakenteiden vaurioriskille ei ole toistaiseksi annettu virallisia raja-arvoja. VTT:n tiedotteen "Rautatieliikenteen tärinän vaikutus rakenteisiin, 2002" mukaan rakennusten vaurioriskiä voidaan arvioida värähtelyn heilahdusnopeuden resultantin suurimman arvon v_{res} ja hallitsevan taajuuden avulla. Tiedotteessa on annettu taulukon 1 mukaiset suositusarvot rakennusten vaurioitumisalttiuden arvioimiseksi.

Taulukko 1. 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-, tiili- tai puurakenteiset asuin- ja liikerakennukset tai muut niihin rinnastettavat rakennukset ja rakenteet. Luokan I rakennukset, joissa on muurattuja kellariseiniä tai tiiliverhoilu.	< 10	4
	10...30	5
	> 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 virallisia raja-arvoja liikenteen aiheuttamalle kokokehon tärinälle, joka kohdistuu ihmisiin rakennuksissa.

VTT on antanut suosituksen normaalien asuinrakennusten värähtelyluokitukselta tunnuslukuun $v_{w,95}$ perustuen tiedotteessa 2278 "Suositus liikennetärinän mittaamisesta ja luokitukselta". Tämä ohjeellinen värähtelyluokitus on esitetty taulukossa 2.

Liike- ja toimistorakennuksille ei ole annettu suositusarvoa, mutta käsityksemme ja kokemuksemme mukaan niille voidaan soveltaa luokkaa D. Tapauskohtaisen harkinnan perusteella käytettävä suositusarvo voi olla luokan D arvoa pienempi tai suurempi.

Taulukko 2. VTT:n tiedotteessa 2278 "Suositus liikennetärinän mittaamisesta ja luokituksesta" annettu suositus normaalien asuinrakennusten värähtelyluokituksesta.

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 häiriöistä.</i>	$\leq 0,60$

5 MITTAUSPISTEET

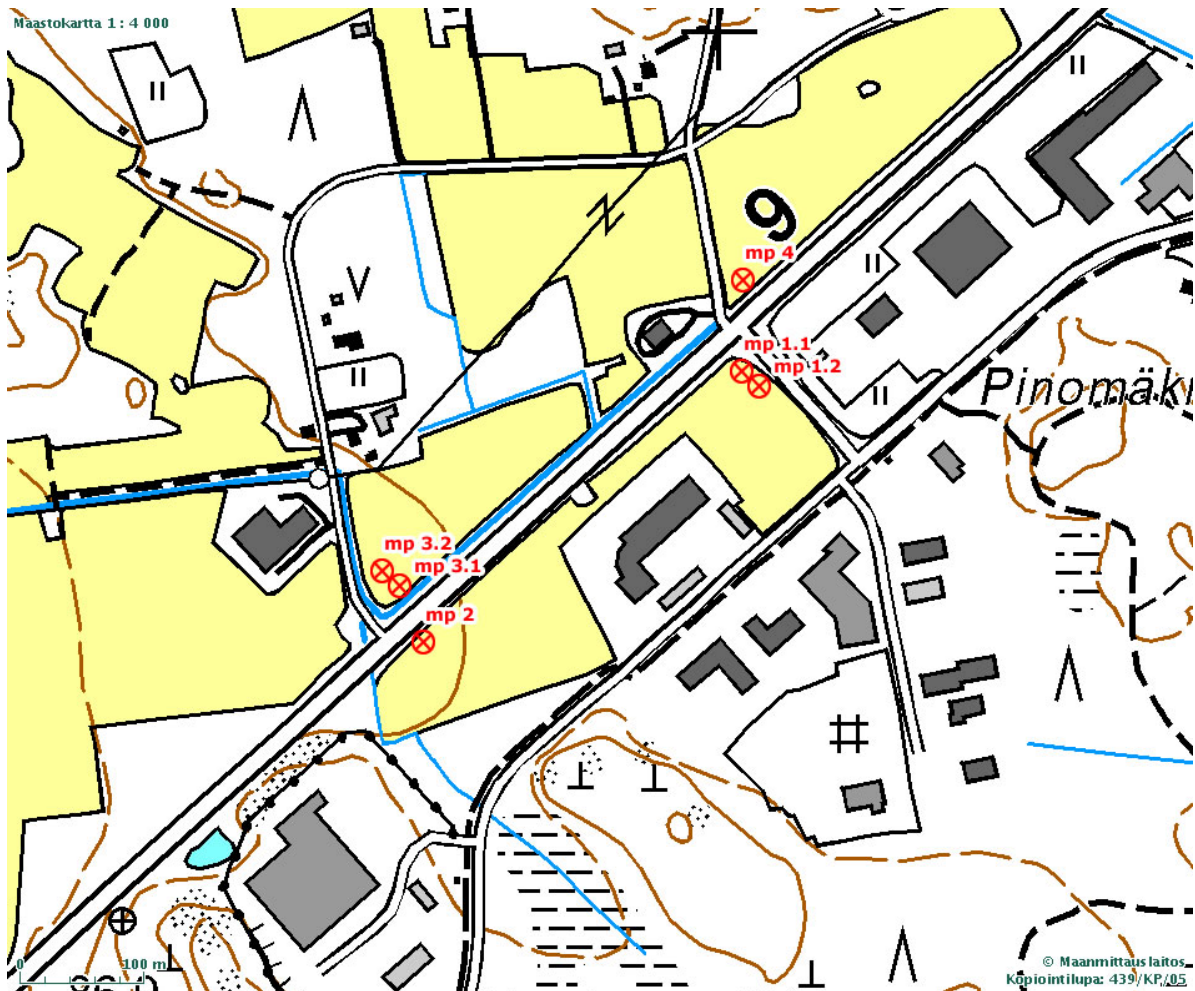
Mittauspisteitä oli yhteensä kuusi. Kaikissa mittauspisteissä tärinää mitattiin suoraan maasta. Maahan upotettiin 500 mm pituinen ja 20 mm paksuinen terästanko, jonka päähän asennettiin kiihtyvyyssanturit. Mittauspisteitä 1.2 ja 3.2 lukuun ottamatta tärinää mitattiin kolmiaksisesti. Mittauspisteissä 1.2 ja 3.2 tärinää mitattiin ainoastaan pystysuunnassa. Myöhemmin tässä lausunnossa tärinän mittaussuunnista pystyakselia nimitetään z-suunnaksi, vaakasuuntaista lähintä tietä vastaan kohtisuoraa akselia y-suunnaksi ja tiensuuntaista akselia x-suunnaksi. Mittauspisteiden sijainnit on esitetty kuvassa 1.

Mittauspisteen mp 1.1 etäisyys tien reunasta on noin 30 metriä.

Mittauspisteen mp 1.2 etäisyys tien reunasta on noin 45 metriä.

Mittauspisteiden mp 2, mp 3.1 ja mp 4 etäisyys tien reunasta on 15–20 metriä.

Mittauspisteen mp 3.2 etäisyys tien reunasta on noin 40 metriä.



Kuva 1. Mittauspisteet.

6 MITTAUSTULOKSET

6.1 Värähtelyn heilahdusnopeuden resultantti v_{res}

Rakennusten vaurioitumisriskiä arvioitiin painottamattoman värähtelynopeuden resultantin suurimman arvon avulla. Nopeussignaalit saatiin integroimalla mitatut kiihtyvyyssignaalit. Kolmiaksisesti mitatusta tärinästä laskettiin todellinen resultanttisignaali, josta määritettiin huippuarvo. Yksiaksisesti mitattujen pisteiden resultantti arvioitiin kertomalla nopeussignaalin huippuarvo kertoimella 1,20. Kerroin perustuu VTT:n suositukseen ja oletukseen, että tärinä on suurinta mitaussuunnassa.

Taulukossa 3 on esitetty suurimmat mitatut resultanttien arvot. Liitteessä 1 on esitetty 15 suurinta resultantin arvoa kaikille mittauspisteille. Signaalien pääteltiin olevan tieliikenteen aiheuttamia tärinäsignaalien kestoajan, muodon ja amplitudin perusteella.

Taulukko 3. Suurin havaittu heilahdusnopeuden resultantin arvo kussakin mittauspisteessä (v_{res}).

Mittauspiste	Resultantti [mm/s]	Pvm	Klo
Mp 1.1	0,4	12.1.	18.45
Mp 1.2	0,2	14.1.	21.25
Mp 2	0,6	14.1.	08.16
Mp 3.1	0,2	12.1.	15.56
Mp 3.2	0,3	13.1.	10.22
Mp 4	0,8	13.1.	13.51

6.2 Tärinän tunnusluku $v_{w,95}$

Mittauslaitteiden tallentamista signaaleista laskettiin taajuuspainotettujen heilahdusnopeuksien liukuvien tehollisarvojen maksimit $v_{w,max}$ VTT:n suosituksen mukaisesti. Näistä valittiin jokaisessa mittaussuunnassa 15 suurinta, joiden voitiin päätellä aiheutuneen tieliikenteestä. Signaalien pääteltiin olevan tieliikenteen aiheuttamia tärinäsignaalien kestoajan, muodon ja amplitudin perusteella.

Näin saatujen $v_{w,max}$ -arvojen keskiarvon ja keskihajonnan avulla lasketut tärinän tunnusluvut $v_{w,95}$ on esitetty taulukossa 4. Laskuissa käytetyt $v_{w,max}$ -arvot on esitetty liitteessä 2.

Taulukko 4. Tärinän tunnusluku $v_{w,95}$.

Mittauspiste	$v_{w,95}$ [mm/s]		
	z	y	x
Mp 1.1	0,12	0,09	0,03
Mp 1.2	0,08	-	-
Mp 2	0,10	0,05	0,04
Mp 3.1	0,09	0,05	0,08
Mp 3.2	0,07	-	-
Mp 4	0,30	0,07	0,08

6.3 Värähtelyn taajuussisältö

Mitattujen tärinäsignaalien taajuussisältöä tutkittiin FFT-muunnoksella lasketuista taajuusspektreistä. Liitteessä 3 on esitetty tärinän taajuusjakaumat VTT:n suosituksen mukaisesti (terssikaistoittain ja taajuuspainotettuna). Tärinän hallitsevat taajuusalueet on koottu taulukkoon 5.

Taulukko 5. Tärinän hallitsevat taajuudet eri akselisuunnissa.

Mittauspiste	Hallitsevat taajuudet [Hz]		
	<i>z</i>	<i>y</i>	<i>x</i>
Mp 1.1	10...20	< 10	10...20
Mp 1.2	10...20	-	-
Mp 2	10...20	6...16	8...20
Mp 3.1	10...20	< 10	< 10
Mp 3.2	10...20	-	-
Mp 4	10...20	5...20	10...20

7 TULOSTEN TARKASTELUA

7.1 Tärinän taajuussisältö

Taajuussisältö painottuu osin alle 10 Hz taajuuksille. Näin ollen tässä raportissa vaurioriskiä arvioidaan vertaamalla tärinän resultantin maksimiarvoja suositusarvoon 4 mm/s.

7.2 Tärinän aiheuttama rakennusten vaurioitumisriski

Suurin mitattu liikenteen aiheuttaman tärinän heilahdusnopeuden resultantin arvo 0,8 mm/s on selvästi suositusarvoa 4 mm/s pienempi. Näin ollen voidaan arvioida, että liikenteen tärinä ei aiheuta rakenteiden vaurioitumisriskiä alueen nykyisille ja tuleville rakennuksille.

7.3 Tunnusluvun $v_{w,95}$ vertailu suositusarvoihin

Mitatut tärinän tunnusluvun $v_{w,95}$ arvot 0,03–0,30 mm/s eivät ylitä liike- ja toimistorakennuksille normaalisti käyttämäämme suositusarvoa 0,60 mm/s (luokka D).

7.4 Muita huomioita

Mittausten aikana maa oli roudassa. Roudan vaikutuksista tärinän siirtymiseen ei ole täysin tarkkaa tietoa. Tärinän hallitsevat taajuudet olivat alle 20 Hz ja kokemuksemme mukaan tällöin roudalla ei ole oleellista vaikutusta havaittavan tärinän voimakkuuteen.

Mittaustulokset edustavat mittauskohteen tärinää olosuhteissa, joissa mittaukset suoritettiin.

8 JOHTOPÄÄTÖKSET

Mittaustulosten perusteella tieliikenteen tärinä ei aiheuta alueella olevien ja tulevien rakennusten rakenteille vaurioriskiä. Mittaustulosten perusteella tieliikenteen aiheuttama tärinä ei aiheuta käytettävän viihtyvyshaitan suositusarvon ylittymistä.

Tulosten perusteella tärinä ei aiheuta rajoituksia alueen kaavoittamiselle liike-, toimisto- ja toimitilarakennusten korttelialueiksi.

9 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

10 LISÄTIETOJA

Olli Laivoranta
Promethor Oy
Porvoonkatu 9
00510 Helsinki
sp. olli.laivoranta@promethor.fi
puh. 041 5063418

Jani Kankare
Promethor Oy
Hämeenkatu 32 E 46
20700 Turku
sp. jani.kankare@promethor.fi
puh. 040 574 0028

Suurimmat mitatut resultantin arvot

Tässä liitteessä on esitetty mitatut 15 suurinta resultantin arvoa.

Mittauspiste: mp 1.1

Pvm	Klo	Resultantti [mm/s]	Nopeuden maksimi [mm/s]		
			z	y	x
12.1.	18.45	0,4	0,11	0,33	0,22
12.1.	18.17	0,4	0,14	0,34	0,22
12.1.	17.59	0,4	0,13	0,32	0,16
12.1.	18.22	0,4	0,10	0,25	0,25
12.1.	18.13	0,4	0,12	0,29	0,19
12.1.	18.29	0,3	0,12	0,31	0,10
12.1.	20.02	0,3	0,12	0,32	0,03
12.1.	19.01	0,3	0,14	0,31	0,03
12.1.	19.21	0,3	0,11	0,31	0,04
12.1.	19.46	0,3	0,11	0,31	0,03
13.1.	05.24	0,3	0,11	0,30	0,03
12.1.	20.10	0,3	0,12	0,30	0,04
12.1.	20.20	0,3	0,12	0,29	0,03
12.1.	19.21	0,3	0,11	0,29	0,04
12.1.	21.51	0,3	0,12	0,29	0,03

Mittauspiste: mp 1.2

Pvm	Klo	Resultantti [mm/s]	Nopeuden maksimi [mm/s]		
			z	y	x
14.1.	21.25	0,2	0,16	-	-
13.1.	19.24	0,2	0,16	-	-
13.1.	21.27	0,2	0,15	-	-
13.1.	20.27	0,2	0,15	-	-
16.1.	09.01	0,2	0,15	-	-
10.1.	20.07	0,2	0,15	-	-
16.1.	09.07	0,2	0,15	-	-
9.1.	23.19	0,2	0,15	-	-
12.1.	18.25	0,2	0,15	-	-
16.1.	01.44	0,2	0,15	-	-
15.1.	04.29	0,2	0,14	-	-
12.1.	20.07	0,2	0,14	-	-
14.1.	07.25	0,2	0,14	-	-
15.1.	17.24	0,2	0,14	-	-
14.1.	07.41	0,2	0,14	-	-

Mittauspiste: mp 2

Pvm	Klo	Resultantti [mm/s]	Nopeuden maksimi [mm/s]		
			z	y	x
14.1.	08.16	0,6	0,61	0,41	0,33
9.1.	23.23	0,4	0,40	0,20	0,16
16.1.	01.47	0,3	0,24	0,08	0,07
15.1.	05.37	0,2	0,24	0,08	0,09
14.1.	22.17	0,2	0,23	0,05	0,08
12.1.	07.14	0,2	0,22	0,05	0,09
13.1.	21.30	0,2	0,22	0,04	0,06
15.1.	18.23	0,2	0,20	0,08	0,06
14.1.	07.15	0,2	0,21	0,09	0,07
14.1.	02.28	0,2	0,19	0,09	0,05
13.1.	18.44	0,2	0,20	0,06	0,06
16.1.	00.33	0,2	0,20	0,07	0,07
10.1.	21.54	0,2	0,20	0,04	0,07
10.1.	00.49	0,2	0,20	0,06	0,06
11.1.	22.20	0,2	0,20	0,07	0,08

Suurimmat mitatut resultantin arvot

Tässä liitteessä on esitetty mitatut 15 suurinta resultantin arvoa.

Mittauspiste: mp 3.1

Pvm	Klo	Resultantti [mm/s]	Nopeuden maksimi [mm/s]		
			z	y	x
12.1.	15:56	0,2	0,10	0,16	0,11
14.1.	14:26	0,2	0,30	0,08	0,06
13.1.	21:37	0,2	0,17	0,07	0,07
12.1.	16:04	0,2	0,18	0,06	0,05
14.1.	15:12	0,2	0,17	0,05	0,03
14.1.	15:57	0,2	0,29	0,07	0,07
16.1.	7:47	0,2	0,13	0,07	0,04
12.1.	16:50	0,2	0,18	0,04	0,05
12.1.	15:18	0,2	0,06	0,18	0,13
12.1.	15:40	0,2	0,08	0,10	0,05
12.1.	15:12	0,2	0,05	0,18	0,10
15.1.	5:36	0,2	0,17	0,05	0,06
14.1.	12:08	0,2	0,20	0,08	0,06
12.1.	17:05	0,2	0,18	0,06	0,03
15.1.	11:25	0,2	0,30	0,06	0,07

Mittauspiste: mp 3.2

Pvm	Klo	Resultantti [mm/s]	Nopeuden maksimi [mm/s]		
			z	y	x
13.1.	10:22	0,3	0,22	-	-
15.1.	11:16	0,2	0,19	-	-
13.1.	10:19	0,2	0,19	-	-
15.1.	11:44	0,2	0,19	-	-
14.1.	15:41	0,2	0,19	-	-
13.1.	14:32	0,2	0,18	-	-
14.1.	14:26	0,2	0,18	-	-
15.1.	11:25	0,2	0,18	-	-
13.1.	10:22	0,2	0,18	-	-
14.1.	15:57	0,2	0,17	-	-
12.1.	12:10	0,2	0,17	-	-
13.1.	14:44	0,2	0,17	-	-
16.1.	1:46	0,2	0,17	-	-
14.1.	10:11	0,2	0,17	-	-
13.1.	11:43	0,2	0,17	-	-

Mittauspiste: mp 4

Pvm	Klo	Resultantti [mm/s]	Nopeuden maksimi [mm/s]		
			z	y	x
13.1.	13:51	0,8	0,85	0,23	0,21
16.1.	9:30	0,8	0,79	0,20	0,15
13.1.	8:24	0,7	0,73	0,15	0,10
14.1.	9:04	0,7	0,70	0,13	0,14
14.1.	10:33	0,6	0,64	0,15	0,09
13.1.	8:24	0,6	0,63	0,15	0,09
13.1.	16:17	0,6	0,61	0,10	0,12
14.1.	9:04	0,5	0,54	0,16	0,11
14.1.	9:04	0,5	0,54	0,10	0,08
13.1.	16:09	0,5	0,53	0,15	0,16
10.1.	10:44	0,5	0,53	0,13	0,12
10.1.	10:44	0,5	0,46	0,09	0,11
10.1.	14:23	0,4	0,44	0,08	0,09
10.1.	14:24	0,4	0,44	0,08	0,09
13.1.	11:33	0,4	0,40	0,11	0,09

Laskuissa käytetyt $v_{w,max}$ -arvot

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

Mittauspiste: mp 1.1

Mittaus-suunta	$v_{w,max}$ [mm/s]	Pvm	Klo
z	0,13	16.1.	1.44
z	0,11	14.1.	7.49
z	0,10	14.1.	21.25
z	0,10	13.1.	18.41
z	0,10	14.1.	7.11
z	0,10	12.1.	20.07
z	0,09	12.1.	22.26
z	0,09	16.1.	9.01
z	0,09	13.1.	20.45
z	0,08	12.1.	20.11
z	0,08	13.1.	19.00
z	0,08	11.1.	17.31
z	0,08	15.1.	0.38
z	0,08	14.1.	20.51
z	0,08	14.1.	6.36
y	0,09	13.1.	1.52
y	0,08	13.1.	1.47
y	0,08	13.1.	4.53
y	0,08	13.1.	5.24
y	0,07	13.1.	2.12
y	0,07	13.1.	1.55
y	0,06	13.1.	1.52
y	0,05	13.1.	5.10
y	0,04	13.1.	5.16
y	0,04	13.1.	5.16
y	0,04	12.1.	18.19
y	0,04	12.1.	21.49
y	0,04	12.1.	18.53
y	0,04	12.1.	20.28
y	0,04	12.1.	20.58
x	0,04	14.1.	21.25
x	0,03	10.1.	7.51
x	0,03	14.1.	7.17
x	0,03	14.1.	7.17
x	0,03	14.1.	6.16
x	0,03	13.1.	20.48
x	0,02	13.1.	19.24
x	0,02	13.1.	3.44
x	0,02	13.1.	16.42
x	0,02	14.1.	7.11
x	0,02	14.1.	7.23
x	0,02	13.1.	18.59
x	0,02	14.1.	20.56
x	0,02	14.1.	7.49
x	0,02	15.1.	7.08

Mittauspiste: mp 1.2

Mittaus-suunta	$v_{w,max}$ [mm/s]	Pvm	Klo
z	0,08	14.1.	21.25
z	0,07	14.1.	7.17
z	0,07	14.1.	7.49
z	0,07	13.1.	19.24
z	0,07	14.1.	7.50
z	0,07	14.1.	7.17
z	0,07	14.1.	7.17
z	0,07	14.1.	7.40
z	0,07	15.1.	17.24
z	0,07	16.1.	9.01
z	0,07	14.1.	7.11
z	0,06	14.1.	20.18
z	0,06	13.1.	16.13
z	0,06	16.1.	1.44
z	0,06	14.1.	7.28

Laskuissa käytetyt $v_{w,max}$ -arvot

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

Mittauspiste: mp 2

Mittaus-suunta	$v_{w,max}$ [mm/s]	Pvm	Klo
z	0,11	14.1.	22.17
z	0,10	15.1.	5.37
z	0,10	13.1.	21.30
z	0,10	9.1.	21.56
z	0,10	11.1.	23.23
z	0,09	12.1.	7.14
z	0,09	14.1.	7.52
z	0,09	13.1.	19.02
z	0,08	16.1.	1.47
z	0,08	13.1.	2.09
z	0,08	14.1.	5.18
z	0,08	13.1.	21.38
z	0,08	9.1.	23.07
z	0,08	10.1.	21.54
z	0,08	10.1.	0.49
y	0,05	9.1.	22.29
y	0,05	13.1.	5.31
y	0,04	14.1.	7.14
y	0,04	16.1.	5.54
y	0,04	15.1.	21.38
y	0,04	16.1.	1.47
y	0,04	14.1.	7.15
y	0,03	12.1.	7.34
y	0,03	15.1.	5.37
y	0,03	12.1.	0.34
y	0,03	9.1.	23.07
y	0,03	12.1.	20.10
y	0,03	11.1.	23.23
y	0,03	13.1.	19.27
y	0,03	12.1.	5.35
x	0,04	14.1.	7.14
x	0,04	15.1.	5.37
x	0,03	14.1.	20.59
x	0,03	14.1.	5.18
x	0,03	14.1.	22.17
x	0,03	11.1.	23.23
x	0,03	13.1.	19.02
x	0,03	12.1.	7.14
x	0,03	11.1.	23.42
x	0,03	10.1.	22.45
x	0,03	13.1.	21.30
x	0,03	14.1.	7.15
x	0,03	14.1.	18.40
x	0,03	16.1.	1.47
x	0,03	11.1.	22.20

Laskuissa käytetyt $v_{w,max}$ -arvot

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

Mittauspiste: mp 3.1

Mittaus-suunta	$v_{w,max}$ [mm/s]	Pvm	Klo
z	0,09	12.1.	16.04
z	0,09	13.1.	5.30
z	0,08	15.1.	13.11
z	0,07	13.1.	11.27
z	0,07	16.1.	7.53
z	0,07	12.1.	15.40
z	0,07	15.1.	13.40
z	0,07	15.1.	18.22
z	0,06	16.1.	7.47
z	0,06	15.1.	0.44
z	0,06	14.1.	17.51
z	0,06	12.1.	0.33
z	0,06	12.1.	15.14
z	0,06	16.1.	7.47
z	0,06	16.1.	5.53
y	0,05	12.1.	15.57
y	0,05	16.1.	7.54
y	0,05	12.1.	15.17
y	0,05	13.1.	9.37
y	0,05	16.1.	7.51
y	0,04	16.1.	7.55
y	0,04	14.1.	8.47
y	0,04	12.1.	15.18
y	0,04	16.1.	7.56
y	0,04	16.1.	8.00
y	0,04	12.1.	15.56
y	0,04	14.1.	10.31
y	0,04	16.1.	7.48
y	0,04	16.1.	7.49
y	0,04	12.1.	15.17
x	0,09	12.1.	15.58
x	0,07	12.1.	15.12
x	0,07	16.1.	8.07
x	0,06	14.1.	8.44
x	0,06	12.1.	15.57
x	0,06	14.1.	8.47
x	0,06	12.1.	15.13
x	0,06	12.1.	15.18
x	0,06	12.1.	15.35
x	0,06	12.1.	15.57
x	0,06	12.1.	15.57
x	0,06	12.1.	15.17
x	0,05	12.1.	15.17
x	0,05	12.1.	15.17
x	0,05	12.1.	15.56

Mittauspiste: mp 3.2

Mittaus-suunta	$v_{w,max}$ [mm/s]	Pvm	Klo
z	0,07	12.1.	16.04
z	0,06	16.1.	7.53
z	0,06	15.1.	13.40
z	0,06	15.1.	13.11
z	0,05	16.1.	7.47
z	0,05	14.1.	15.12
z	0,05	14.1.	14.38
z	0,05	16.1.	5.53
z	0,05	13.1.	11.27
z	0,05	13.1.	5.30
z	0,04	15.1.	0.44
z	0,04	12.1.	15.14
z	0,04	14.1.	20.58
z	0,04	12.1.	15.40
z	0,04	16.1.	7.47

Laskuissa käytetyt $v_{w,max}$ -arvot

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

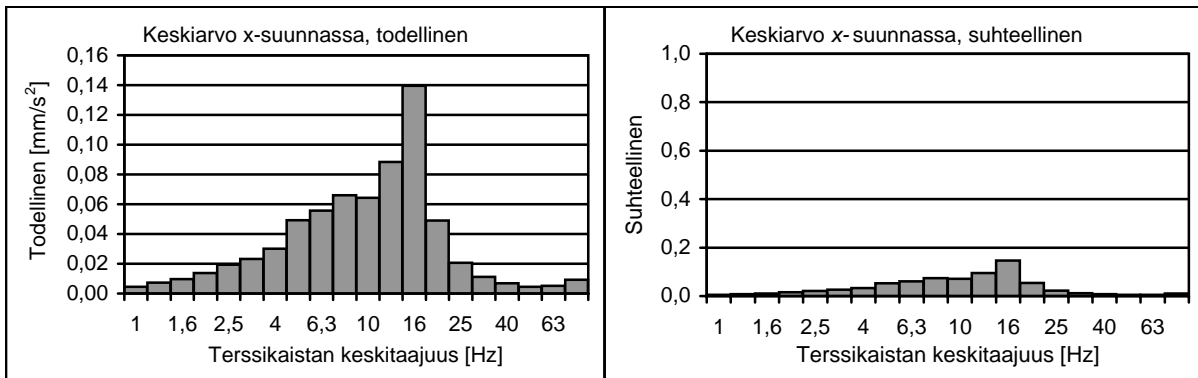
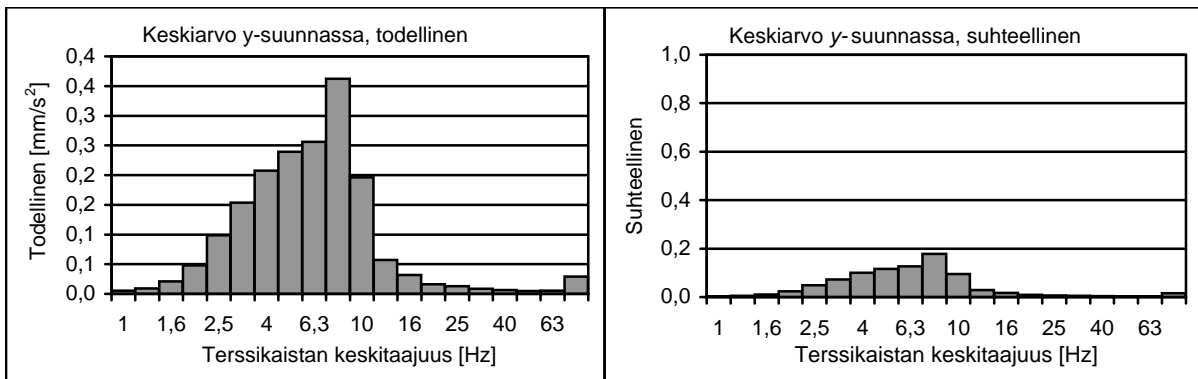
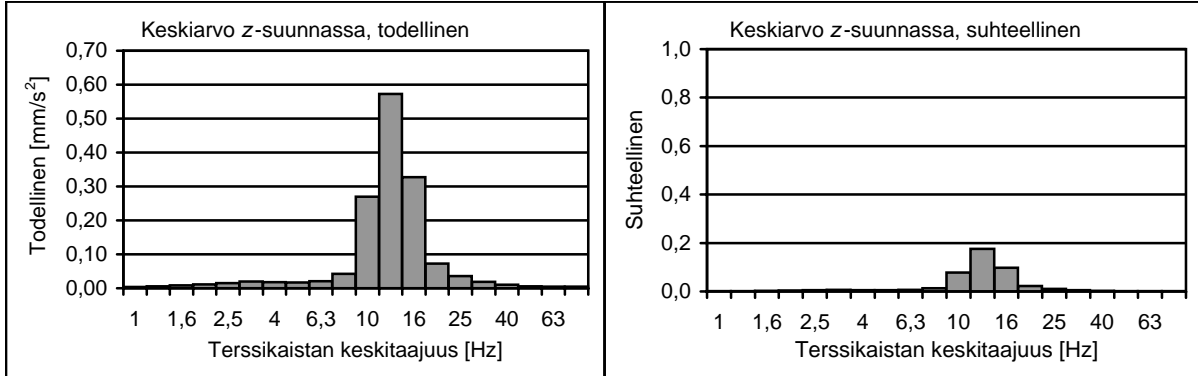
Mittauspiste: mp 4

Mittaus-suunta	$v_{w,max}$ [mm/s]	Pvm	Klo
z	0,30	13.1.	8.24
z	0,28	14.1.	9.04
z	0,27	13.1.	16.17
z	0,25	14.1.	9.04
z	0,24	14.1.	10.33
z	0,23	13.1.	16.09
z	0,22	13.1.	8.24
z	0,22	10.1.	10.44
z	0,19	14.1.	9.04
z	0,19	10.1.	14.24
z	0,18	13.1.	11.33
z	0,16	13.1.	15.37
z	0,16	10.1.	14.23
z	0,16	10.1.	10.44
z	0,15	12.1.	16.05
y	0,08	16.1.	9.30
y	0,07	13.1.	8.24
y	0,06	13.1.	13.52
y	0,06	10.1.	10.44
y	0,06	13.1.	8.24
y	0,05	14.1.	9.04
y	0,05	13.1.	16.09
y	0,05	14.1.	10.33
y	0,05	14.1.	9.04
y	0,05	16.1.	7.00
y	0,05	13.1.	13.52
y	0,04	14.1.	9.04
y	0,04	13.1.	11.33
y	0,04	14.1.	10.33
y	0,04	13.1.	16.46
x	0,09	12.1.	16.05
x	0,07	13.1.	16.46
x	0,07	15.1.	3.59
x	0,07	13.1.	15.40
x	0,06	13.1.	16.51
x	0,06	13.1.	19.33
x	0,06	14.1.	11.21
x	0,06	14.1.	9.04
x	0,05	11.1.	22.09
x	0,05	13.1.	16.09
x	0,05	15.1.	13.00
x	0,05	13.1.	16.17
x	0,05	10.1.	7.55
x	0,05	15.1.	12.10
x	0,05	14.1.	12.10

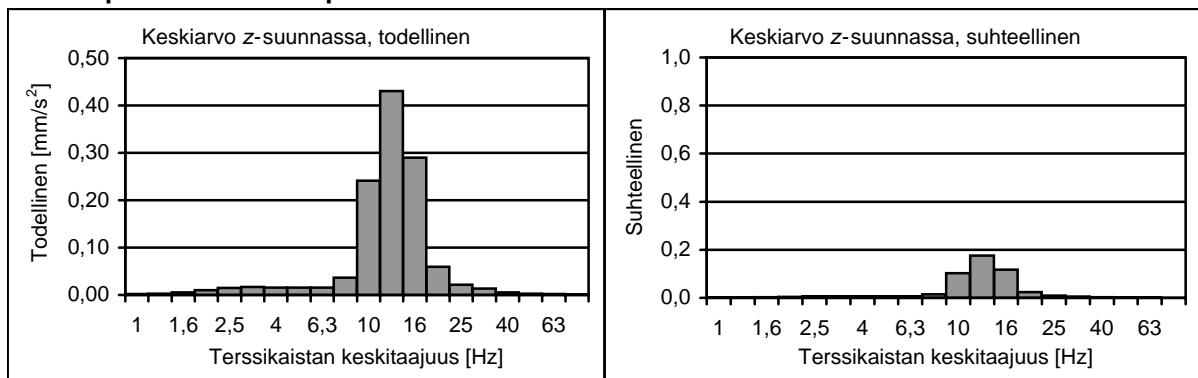
Tärinän taajuussisältö

Tässä liitteessä on esitetty VTT:n suosituksen mukaisesti 15:n voimakkaimman tärinän keski-määräinen taajuuspainotettu taajuusjakauma terssikaistoittain todellisena ja suhteutettuna kunkin näytteen tehollisarvoon $a_{w,max}$ kaikissa mittauspisteissä.

Mittauspiste: mp 1.1



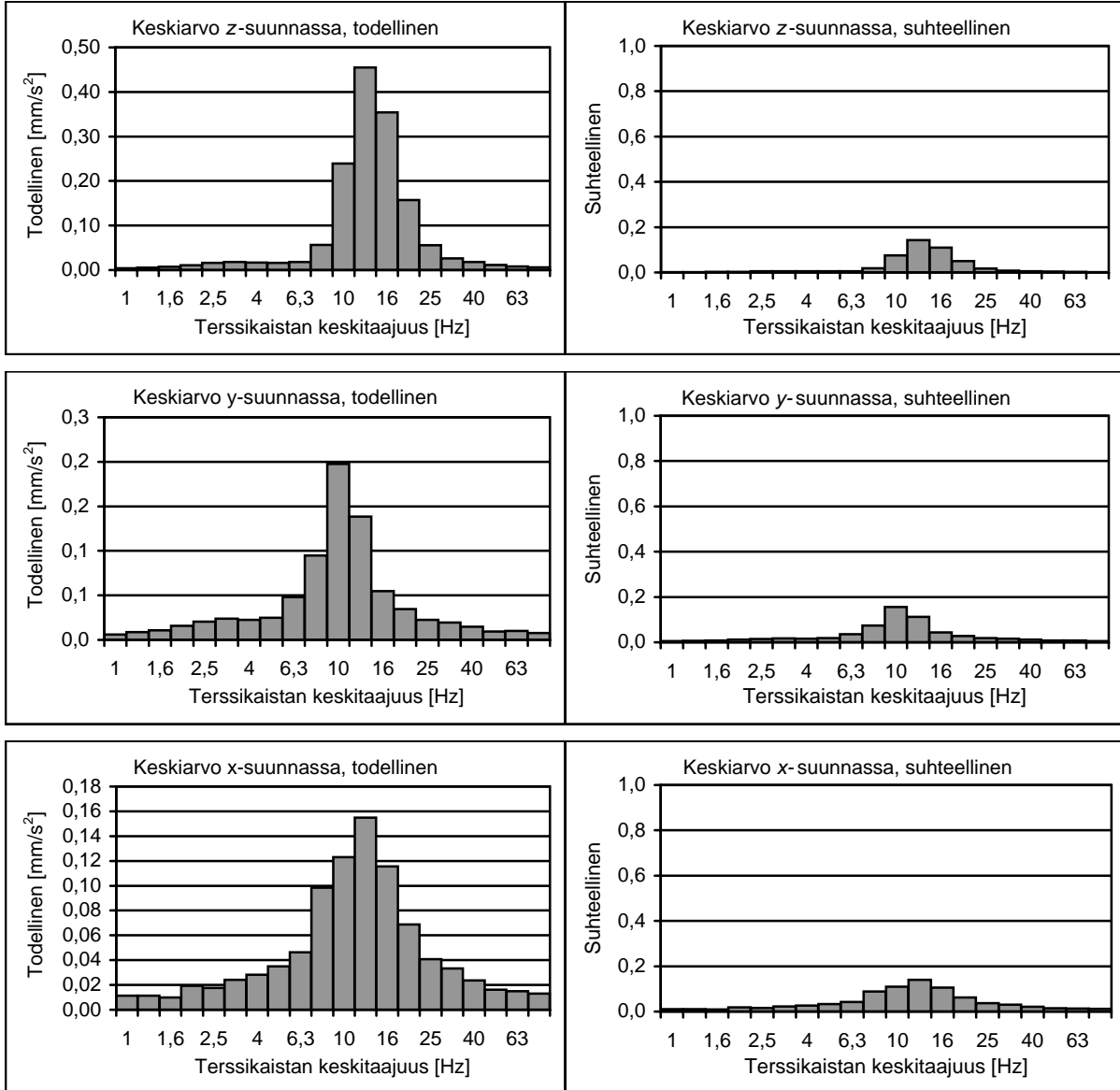
Mittauspiste: mp 1.2



Tärinän taajuussisältö

Tässä liitteessä on esitetty VTT:n suosituksen mukaisesti 15:n voimakkaimman tärinän keski-määräinen taajuuspainotettu taajuusjakauma terssikaistoittain todellisenä ja suhteutettuna kunkin näytteen tehollisarvoon $a_{w,max}$ kaikissa mittauspisteissä.

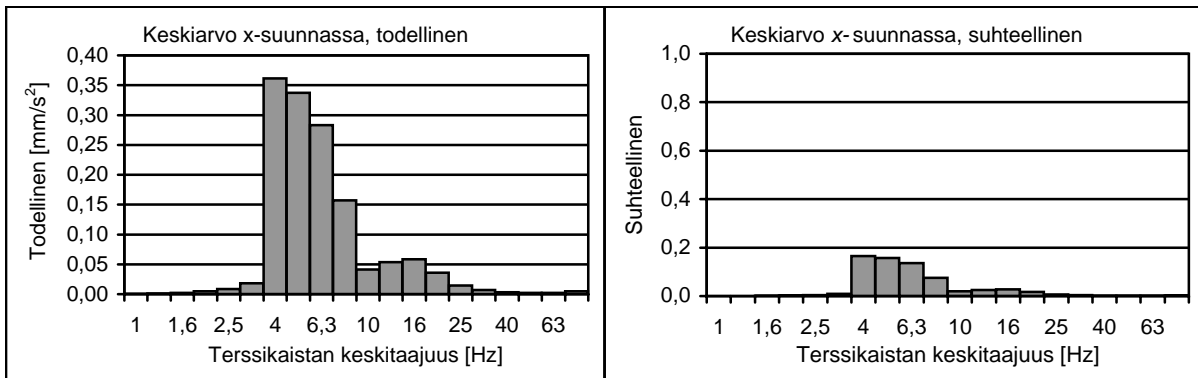
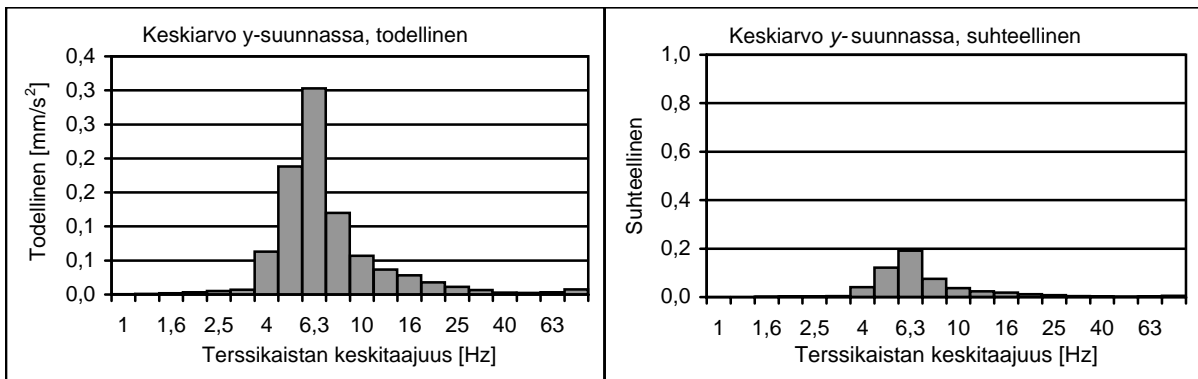
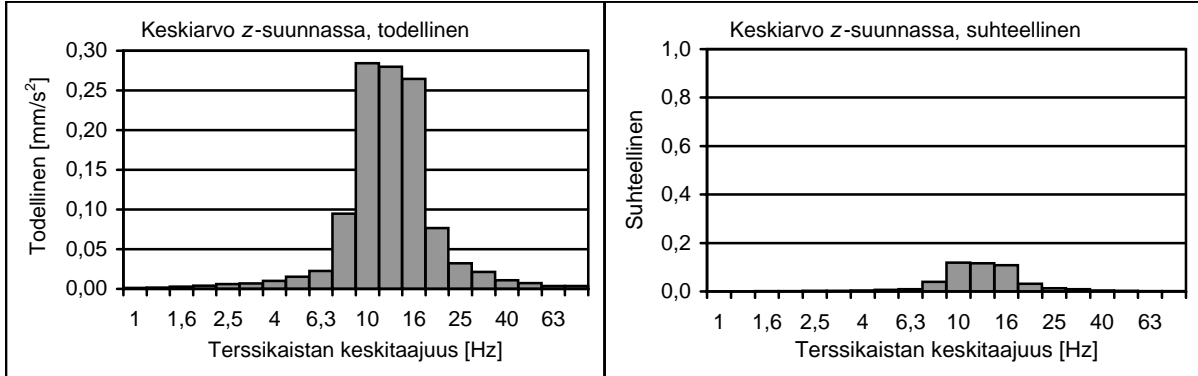
Mittauspiste: mp 2



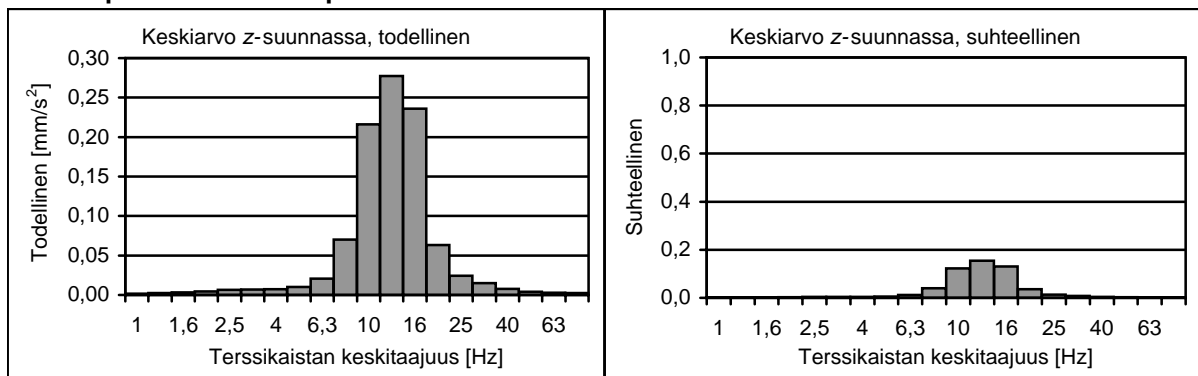
Tärinän taajuussisältö

Tässä liitteessä on esitetty VTT:n suosituksen mukaisesti 15:n voimakkaimman tärinän keski-määräinen taajuuspainotettu taajuusjakauma terssikaistoittain todellisenä ja suhteutettuna kunkin näytteen tehollisarvoon $a_{w,max}$ kaikissa mittauspisteissä.

Mittauspiste: mp 3.1



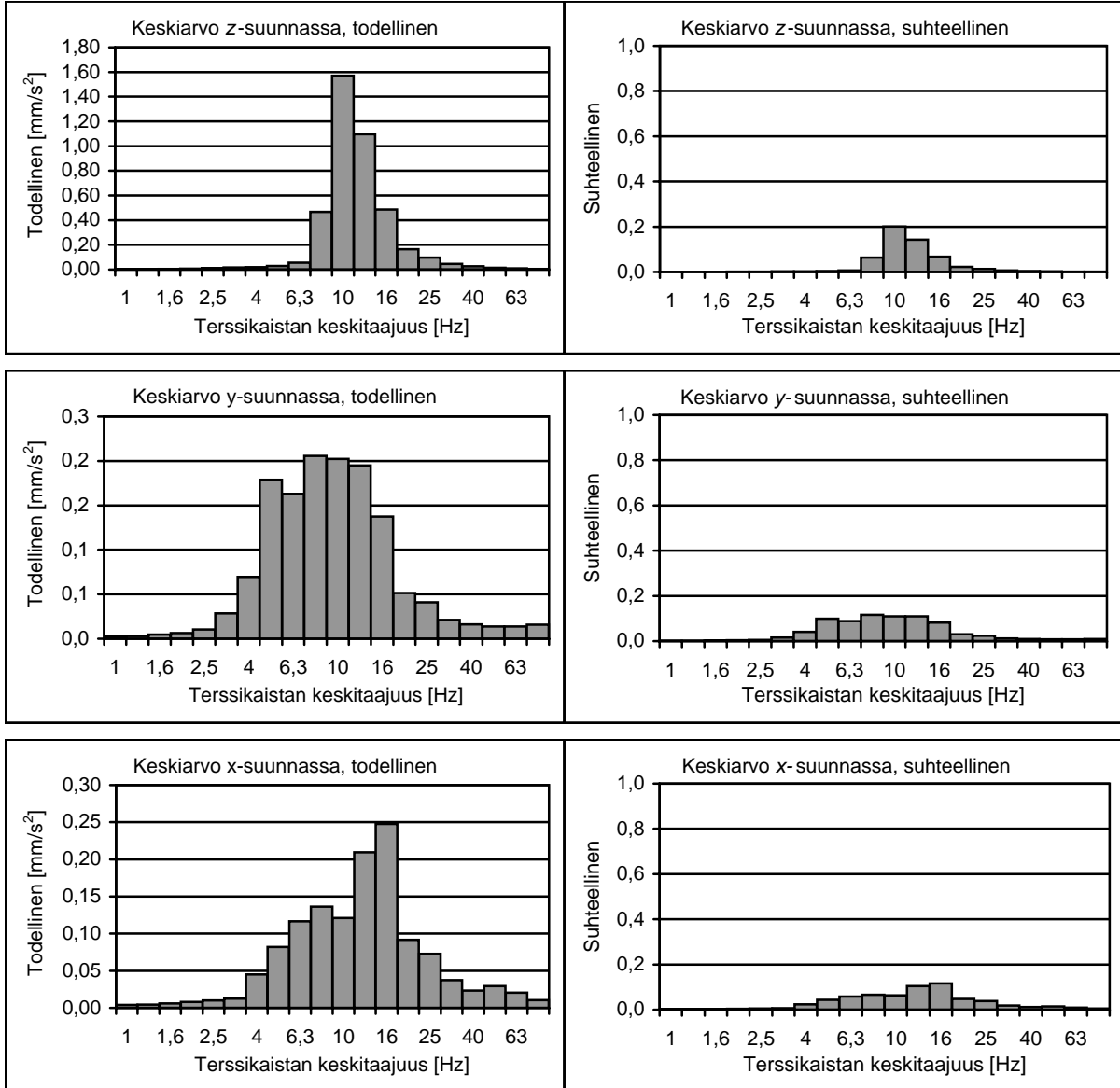
Mittauspiste: mp 3.2



Tärinän taajuussisältö

Tässä liitteessä on esitetty VTT:n suosituksen mukaisesti 15:n voimakkaimman tärinän keski-määräinen taajuuspainotettu taajuusjakauma terssikaistoittain todellisenä ja suhteutettuna kunkin näytteen tehollisarvoon $a_{w,max}$ kaikissa mittauspisteissä.

Mittauspiste: mp 4



Mittauspisteiden sijainti ja mittaustulokset

Mittaustuloksena on ilmoitettu tärinän tunnusluku $v_w,95$, jota suositellaan käytettäväksi maankäytön suunnittelussa. VTT:n suosituksen mukaan uusilla asuinalueilla on pyrittävä siihen, ettei tunnusluku ylitä arvoa 0,30 mm/s. Liike- ja toimistorakennuksille ei ole annettu suositusarvoa, mutta kokemuksemme mukaan niille voidaan soveltaa tunnuslukua 0,60 mm/s.

