

Projoplan Oy

TÄRINÄ- JA RUNKOMELUSELVITYS

Pirttimäki II alueen asemakaava, Masku

HELSINKI
Viikinportti 4 B 18
00790 Helsinki
puh. 050 377 6565

TURKU
Rautakatu 5 A
20520 Turku
puh. 050 570 3476



www.promethor.fi
Y-tunnus: 0996539-4
Kotipaikka: Turku

Tilaaaja:
Projoplan Oy
Petri Tuormala

Tärinä- ja runkomeluserivitys

Kohde:
Pirttimäki II alueen asemakaava, Masku

Raportin numero:
PR11194-TÄR01

Raportin päiväys:
28.4.2023

Kirjoittaja(t):
Olli Laivoranta
Suunnittelija, DI
041 506 3418
olli.laivoranta@promethor.fi

Tarkastanut:
Jani Kankare
Fyysikko, FM
040 574 0028
jani.kankare@promethor.fi

Sisällysluettelo

1	Yleistä.....	4
2	Kohteen ympäristö ja mittauspisteet	4
3	Mittaus- ja arviointimenetelmät	6
4	Tärinän ja runkomelun suositusarvot.....	7
5	Mittau tulokset	7
5.1	Värähtelyn taajuussisältö	7
5.2	Maasta mitatun tärinän heilahdusnopeuden resultantit v_{res}	7
5.3	Maasta mitatun tärinän tunnusluvun arvot $v_{w,95}$	7
5.4	Rakennukseen siirtyvän tärinän arviointi $v_{w,95}$	8
5.5	Arvio runkomelutasoista L_{prm}	9
6	Tulosten tarkastelu	10
7	Suositus kaavamääräyksiksi.....	12
8	Lisätietoa	12
9	Kirjallisuus.....	13

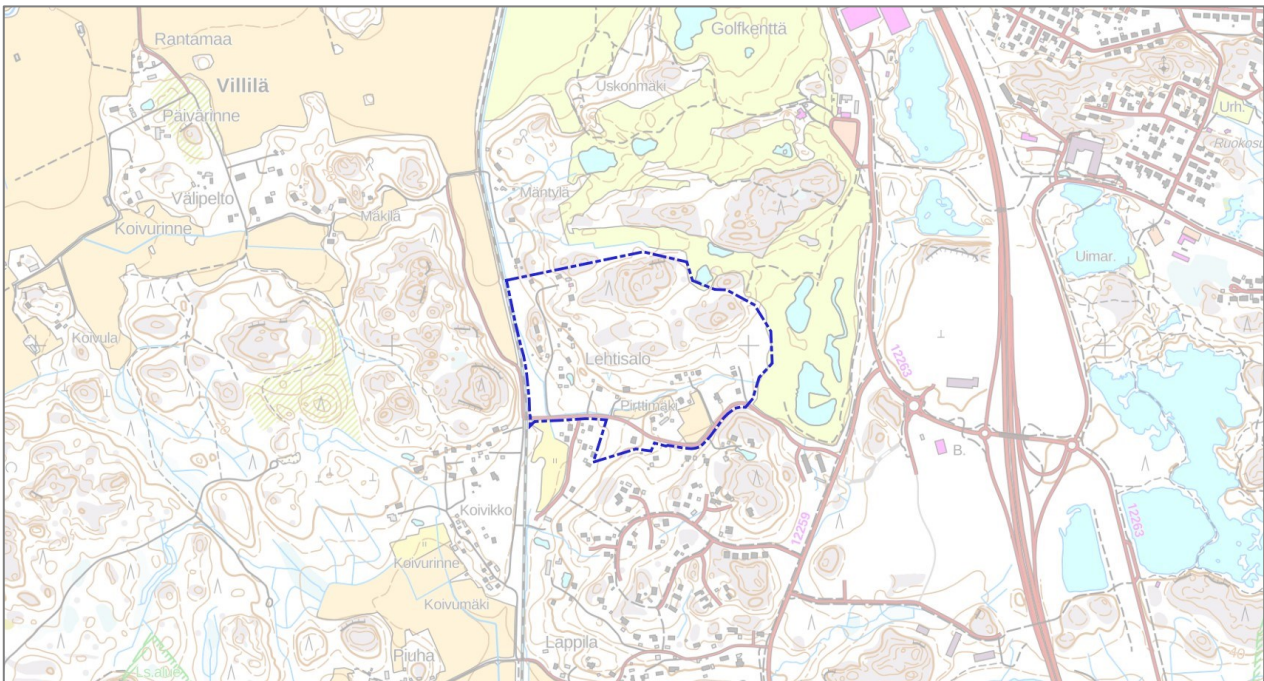
Liitteet:

- Liite 1. Mittauspistesivut, tärinä.
- Liite 2. Mittauspistesivut, runkomelu.
- Liite 3. Mittauspistesivut, rakennukseen siirtyvän värähtelyn arviointi.
- Liite 4. Tärinän ja runkomelun vertailuarvot.

1 YLEISTÄ

Promethor Oy mittasi 4.–13.4.2023 raideliikenteen aiheuttamaa värähtelyä Maskussa Pirttimäellä asemakaavoitusta varten. Suunnittelualue sijaitsee noin 3 km Maskun keskustaajaman eteläpuolella. Tarkastelualueen sijainti kartalla on esitetty kuvassa 1. Alueelle on suunnitteilla erillispientalojen korttelialueita. Suunnittelualueella on nykyisellään yksittäisiä pientaloja, rakentamatonta metsäaluetta sekä pientalontontteja.

Nyt tehdyillä mittauksilla selvitetään raideliikenteen aiheuttaman tärinän voimakkuus. Tärinää tarkastellaan sen aiheuttaman viihtyvyyshaitan, rakenteiden vaurioriskin sekä runkomelun kannalta. Mittaukset ja tulosten tarkastelu tehdään VTT:n ohjeiden mukaisesti ja VTT:n esittämiin suosituservoihin verraten.



Kuva 1. Sijaintikartta. Tarkastelualueen sijainti on rajattu sinisellä.

2 KOHTEEN YMPÄRISTÖ JA MITTAUSPISTEET

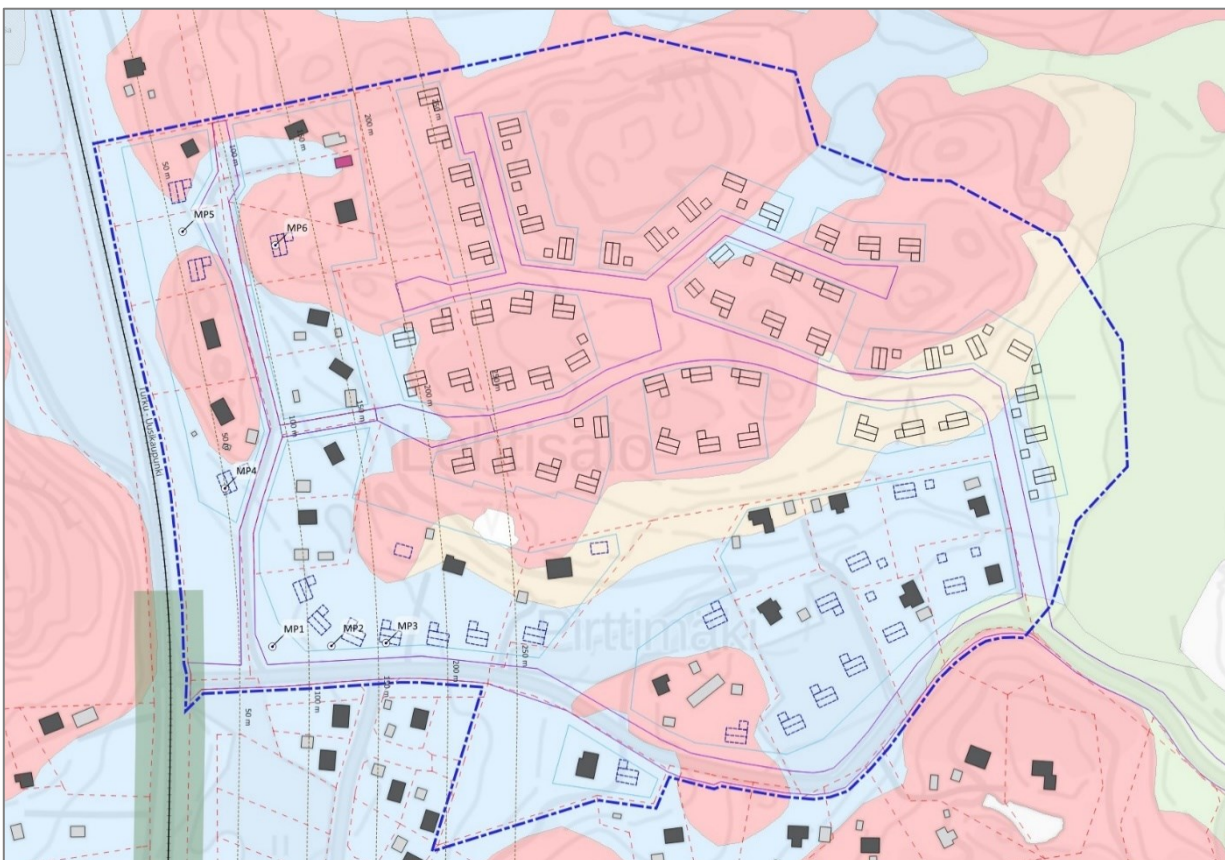
Suunnittelualue rajautuu lännen puolella Turun ja Uudenkaupungin väliseen rautatiehen. Vuonna 2021 sähköistettyä rataa pitkin kulkee nykyisellään ainoastaan tavaraliikennettä. Suunnittelualueen maaperä jakaantuu Pirttimäentietä reunustavan sivun savimaahan ja pohjoisemman osan kallioon.

Tärinää mitattiin kaikkiaan kuudessa (6) mittauspisteessä maasta. Tärinää mitattiin jokaisessa mittauspisteessä 3-aksiaalisesti. Mittauspisteet sijoitettiin siten, että eteläosan savimaalla saadaan tieto tärinän vaikutusalueen etäisyydestä suhteessa rataan ja pohjoisemman osan kallioisella alueella tieto rataa lähimpien potentiaalisten uusien rakennuspaikkojen tärinätilanteesta.

Kuvaan 2 on merkitty käytettyjen mittauspisteiden sijainnit Maanmittauslaitoksen (MML) maastokartalle. Kuvaan 3 on merkitty käytettyjen mittauspisteiden sijainnit Geologian tutkimuskeskuksen (GTK) maaperäkartalle. Molemmista kartoissa on esitetty myös rakennusmassoitteluluonnoksen mukaiset uudet rakennukset (värväämättömät rakennukset kuvassa).



Kuva 2. Mittauspisteiden sijainnit (Lähde: MML). Radan päällä oleva vihreä alue on Väyläviraston avoimen rata-aineiston mukainen pehmeikköalue.



Kuva 3. Maaperäkartta (Lähde: GTK). Kartassa siniset alueet ovat savimaata. Keltaiset alueet ovat karkeaa hietamaata ja punaiset kalliomaata.

3 MITTAUS- JA ARVIOINTIMENETELMÄT

Rautatieliikenteen aiheuttaman tärinän mittaukset suoritettiin VTT:n tiedotteen ”Suositus liikennetärinän mittaamisesta ja luokituksesta” mukaisesti maasta mittaamalla. Mittausjakson pituus oli yksi viikko.

Värähtelyä mitattiin Rion DA-20 -datatallentimilla sekä Metra KS-48B/C -kiihtyvyyssantureilla.

Mittaustulosten analysointi ja tulkinta rakenteiden vaurioitumisriskin kannalta tehtiin VTT:n ohjeen ”Rautatieliikenteen tärinän vaikutus rakenteisiin – Vaurioalttiuden kartoittaminen ja mittaaminen” mukaan. Rakenteiden vaurioriskiä arvioitiin värähtelyn taajuuspainottamattoman heilahdusnopeuden resultantin maksimiarvon v_{res} avulla.

Mittaustulosten analysointi ja tulkinta ihmisen kokeman tärinähaitan kannalta tehtiin VTT:n ohjeiden ”Suositus liikennetärinän mittaamisesta ja luokituksesta”, ”Suositus liikennetärinän arvioimiseksi maankäytön suunnittelussa” ja ”Ohjeita liikennetärinän arviointiin” mukaan. Ihmisen kokeman häiriön kuvaamiseksi tärinäsignaaleista laskettiin tunnusluku $v_{w,95}$ VTT:n suositusten mukaan¹. Värähtelyn tunnusluvulla $v_{w,95}$ tarkoitetaan arvoa, jota pienempänä 15 suurimman tärinätaapahtuman taajuuspainotetut tehollisarvot pysyvät 95 prosentin tilastollisella todennäköisyydellä.

Maasta rakennukseen siirtyvää tärinää arvioitiin VTT:n tiedotteen ”Rakennukseen siirtyvän liikennetärinän arviointi” ja VTT:n tiedotteen ”Ohjeita liikennetärinän arviointiin” mukaisesti. Rakennuksen ominaisuuksien mukaan maaperästä ja perustuksesta rakennukseen siirtyvän tärinän tietyt taajuiset värähtelykomponentit voimistuvat ja tietyt vaimenevat. Ominaisuuksien mukaan rakennuksessa havaittavan tärinän voimakkuus on pienempää, yhtä suurta tai suurempaa kuin maaperästä tai perustuksesta mitattu tärinä. Arviointimenetelmällä arvioidaan ensin maasta perustukseen siirtyvän ja tämän jälkeen perustuksesta runkoon ja lattiaan siirtyvän värähtelyn vahvistumista käyttämällä yleisen voimistumisen ja resonanssitarkastelun kertoimia. Yleinen voimistuminen kuvaa nimensä mukaisesti värähtelyn mahdollista yleistä voimistumista rakennuksen rungossa tai lattiassa (ns. varmuustarkastelu). Resonanssitarkastelu kuvaa rakennuksen rungon tai lattian ominaistajuuden ”syttymistä”, jolloin värähtely saattaa voimistua moninkertaiseksi. Rungon tai lattian resonanssia voi esiintyä silloin, kun maaperän tärinän hallitseva taajuuskomponentti osuu lattian tai rungon ominaistajuudelle. Resonanssitarkastelussa mahdollisesti ilmeviä riskejä voidaan välttää rakennusten värähtelyteknisellä suunnittelulla mm. välttämällä tiettyjä jännevälejä ja talon korkeuksia.

Rungon resonanssitarkastelu tehdään perustuksen värähtelyn vaakakomponentin perusteella käyttäen resonanssikerrointa $k_2 = 4$. Lattian resonanssitarkastelu tehdään perustuksen värähtelyn pystykomponentin perusteella käyttäen resonanssikerrointa $k_2 = 6$. Mahdollinen ylityksen aiheuttava taajuus tai taajuudet tulee ottaa huomioon rakennuksen välipohjien tai rakennuksen rungon mitoituksessa.

Suomessa ei ole standardoitua menetelmää runkomelun arviointiin. Tässä raportissa liikenteen aiheuttamaa runkomelua arvioidaan VTT:n tiedotteen ”Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi” mukaisesti värähtelymittausten perusteella. Värähtelysignaaleista laskettu arvio määritetään slow-aikavakiolla määritetyistä A-painotetuista nopeussignaaleista käyttämällä referenssinopeutena 1 nm/s ja muuttamalla saatu tulos runkomelutasoksi VTT:n tiedotteen mukaisia lisätekiöitä käyttäen.

¹ VTT:n suosituksesta poiketen tunnuslukujen laskennassa 15 suurinta signaalia valitaan kustakin akselisuunnasta erikseen. VTT:n suosituksessa suurimmat signaalit valitaan pystysuuntaisten signaalien mukaan kaikille akselisuunnille. Kun käytetyt signaalit valitaan kustakin akselisuunnasta erikseen, laskettu tunnusluku on aina yhtä suuri tai suurempi kuin pystyakselin mukaan valituista signaaleista laskettu. Pystysuunnan mukaan määritetyistä signaaleista lasketut vaakasuuntaiset tunnusluvut saattavat olla todellista pienempiä, erityisesti kun vaakasuuntaainen tärinä on merkittävää.

4 TÄRINÄN JA RUNKOMELUN SUOSITUSARVOT

Tarkasteltavassa kohteessa käytettävät suositusarvot ovat maaperän ja rakennusten käyttötarkoituksen perusteella seuraavat:

- Rakenteiden **vaurioriskiä arvioitaessa** sovelletaan enimmäisarvoa **4,0 mm/s** (painottamaton värähtelynopeuden resultantin suurin arvo v_{res}).
- Ihmisten kokemaa **viihtyvyyshaittaa arvioitaessa uudessa asuinrakennuksessa** tulee soveltaa VTT:n värähtelyluokituksen värähtelyluokan C mukaista enimmäisarvoa **0,30 mm/s** (tärinän tunnusluku $v_{w,95}$).
- **Runkomelua arvioitaessa** (runkomelutaso L_{prm}) **asuinrakennuksessa** tulee soveltaa enimmäisarvoa **35 dB**.

Tärinän ja runkomelun suositusarvot on esitetty laajemmin liitteessä 4.

5 MITTAUSTULOKSET

5.1 Värähtelyn taajuussisältö

Tärinän taajuuspainotetut taajuusjakaumat on esitetty liitteessä 1 terssikaistoittain VTT:n suosituksen mukaisesti. Tärinän taajuussisältö painottuu pehmeämmällä maaperällä olevissa mittauspisteissä MP1-MP4 alle 10 Hz taajuuksille. Mittauspisteiden MP5 ja MP6 pohjamaaperä on selvästi kovempaa ja tärinän taajuussisältö painottuu yli 30 Hz taajuuksille.

5.2 Maasta mitatun tärinän heilahdusnopeuden resultantit v_{res}

Rakennusten vaurioitumisriskiä arvioidaan painottamattoman värähtelynopeuden resultantin suurimman arvon avulla. Taulukossa 1 on esitetty suurimmat maasta mitatut resultanttien arvot. Liitteessä 1 on esitetty 15 suurimman resultantin arvot kussakin mittauspisteessä.

Huomioitavaa on, että kaikki mittaukset on tehty maaperästä, kun vaurioriskin arviointiin annetut ohjeet ovat rakennuksen perustuksista mitattavia arvoja.

Taulukko 1. Suurimmat mitatut heilahdusnopeuden resultantin arvot v_{res} .

Mittauspiste	Etäisyys rautatiestä [m]	Mittauspaikka	Resultantti [mm/s]
MP1	75	maa	1,3
MP2	115	maa	1,0
MP3	155	maa	0,8
MP4	50	maa	1,3
MP5	55	maa	0,0
MP6	120	maa	0,2

5.3 Maasta mitatun tärinän tunnusluvun arvot $v_{w,95}$

Ihmisten kokemaa tärinähaittaa arvioidaan tärinän tunnusluvun $v_{w,95}$ avulla. VTT:n suosituksen mukaan uusissa normaaleissa asuinrakennuksissa tärinän tunnusluku $v_{w,95}$ ei saisi ylittää arvoa 0,30 mm/s (luokka C). Taulukossa 2 on esitetty mittaustuloksista lasketut tärinän tunnuslukujen arvot maaperässä. Laskuissa käytetyt $v_{w,max}$ -arvot on esitetty liitteessä 1. Maaperästä mitattuja tuloksia ei voi kuitenkaan verrata rakennuksessa sallittaviin suositusarvoihin. Rakennukseen välittyvän/aiheutuvan tärinän tunnusluvun arvoja on arvioitu luvussa 5.4.

Taulukko 2. Mittaustuloksista lasketut tärinän tunnusluvut $v_{w,95}$.

Mittauspiste	Etäisyys rautatiestä [m]	Tunnusluku $v_{w,95}$ [mm/s]		
		<i>pystysuunta</i>	<i>rataa vasten kohtisuora vaakasuunta</i>	<i>radan suuntainen vaakasuunta</i>
MP1	75	0,45	0,22	0,21
MP2	115	0,36	0,16	0,13
MP3	155	0,26	0,15	0,12
MP4	50	0,20	0,41	0,44
MP5	55	0,00	0,01	0,01
MP6	120	0,01	0,08	0,05

5.4 Rakennukseen siirtyvän tärinän arviointi $v_{w,95}$

Yleinen voimistuminen

Yleinen voimistuminen määritetään perustuksen värähtelyn vaaka- (runko) ja pystykomponentin (lattia) perusteella käyttäen voimistumiskerrointa $k_1 = 1,5$. Arviointitulokset on esitetty taulukossa 3.

Taulukko 3. VTT:n menetelmillä tärinäsignaaleista arvioidun perustuksen värähtelyn perusteella arvioitu värähtelyn yleinen voimistuminen rakennuksen rungossa ja lattiassa.

Mittauspiste	Rungon värähtelyn yleinen voimistuminen $v_{w1,runko}$ [mm/s]	Lattian värähtelyn yleinen voimistuminen $v_{w1,lattia}$ [mm/s]
MP1	0,32	0,68
MP2	0,23	0,55
MP3	0,23	0,40
MP4	0,67	0,30
MP5	0,01	0,00
MP6	0,03	0,01

Resonanssitarkastelu

Rungon resonanssitarkastelun perusteella:

- Suunnittelalueen pehmeikköalueella mittauspisteiden MP1, MP2 ja MP4 alueella rakennuksen rungon resonanssitaajuus ei saa osua taajuusalueille 5...8 Hz. Tämä käytännössä estää 1–2-kerroksisten rakennusten sijoittamisen näiden mittauspisteiden alueelle.
- Muualla rungon resonanssitarkastelu ei aseta erityisvaatimuksia.

Lattian resonanssitarkastelun perusteella:

- Suunnittelalueen pehmeikköalueella mittauspisteiden MP1–MP5 alueella rakennuksen ala- ja välipohjien ominaistajuus tulee olla vähintään 10 Hz, jotta haitalliselta resonanssilta vältytään. Ehto on mahdollista täyttää ala- ja välipohjien rakenteiden ja kantavien linjojen suunnittelulla.
- Muualla lattia resonanssitarkastelu ei aseta erityisvaatimuksia.

5.5 Arvio runkomelutasoista $L_{pr,m}$

Taulukossa 4 on esitetty värähtelymittauksista VTT:n arviointimenetelmällä määritetyt runkomelutasot mittauspisteittäin ja akselisuunnittain.

Lainaus VTT:n tiedotteesta 2468, Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arvioiminen, I Esiselvytys. ”Julkaisussa esitetyt kriteerit, raja-arvot ja arviointiohjeet perustuvat pääasiassa kirjallisuuskatsaukseen ja niiden soveltuvuus tulisi varmistaa mittauksin, jotta Suomen liikennettä, väylää, maaperää ja rakentamistapaa koskevat erityispiirteet tulevat otetuksi oikein huomioon,... ..Koska värähtelyn syntymiseen ja leviämiseen vaikuttaa monia epävarmuustekijöitä, esitettyä arviointia voidaan pitää toistaiseksi vain suuntaa-antavana.”

Lähtökohtaisesti runkomelu on haaste vain kovemmillä maaperillä. Pehmeällä maaperällä ei tyypillisesti aiheudu runkomelua, vaikka arviointimenetelmä antaa suuriakin arvoja. Runkomelun arvioinnin kannalta keskeisin tarkasteltava akselisuunta on pystysuunta.

Taulukko 4. VTT:n menetelmällä tärinäsignaaleista arvioidut runkomelutasot $L_{pr,m}$.

Mittauspiste	Etäisyys rautatiestä [m]	A-painotettu runkomelutaso $L_{pr,m}$ [dB]		
		pystysuunta	rataa vasten kohtisuora vaakasuunta	radan suuntainen vaakasuunta
MP1	75	41	54	55
MP2	115	40	49	45
MP3	155	38	45	41
MP4	50	33	36	35
MP5	55	31	31	30
MP6	120	23	43	39

Huomioiden suunnittelualueen eteläosan maaperän pehmeys, arviointimenetelmän epävarmuudet sekä muista vastaavista kohteista saadut kokemukset, voidaan runkomelutasojen ylittymistä yli 150 m etäisyydellä rautatiestä pitää epätodennäköisenä.

Suunnittelualueen kalliainen pohjoisosa on runkomelun riskialuetta. Mittaus tehtiin kallion päällä olevasta pintamaasta, mikä pienentää runkomelun arviointituloksia.

6 TULOSEN TARKASTELU

Mittaustulosten perusteella raideliikenteen tärinä ei aiheuta suunnittelualueella rakennuksille rakenteiden vaurioriskiä.

Suunnittelualueen eteläosa

Mittaus- ja arviointitulosten perusteella suunnittelualueen eteläosan pehmeän maaperän alue rataa lähimmiltä osin on tärinän merkittävää riskialuetta. Kuvassa 4 punaisella rasteroidulla alueella pientaloihin aiheutuva tärinätaaso ylittää uusille asuinrakennuksille sovellettavan viihtyvyshaitan suositusarvon, eikä uusien pientalojen sijoittamista tälle alueelle näin ollen suositella. Alue ulottuu noin 150 metrin etäisyydelle rautatiestä. Kuvassa 4 keltaisella rasteroidulla alueella (noin 150... 200 m etäisyydellä rautatiestä) pientalojen suunnittelussa tulee huomioida resonanssitarkastelussa ala- ja välipohjiin esitetyt reunaehdot.

Huomioiden suunnittelualueen eteläosan maaperän pehmeys, runkomelun arviointimenetelmän epävarmuudet sekä muista vastaavista kohteista saadut kokemukset, voidaan runkomelutasojen ylittymistä yli 150 m etäisyydellä rautatiestä pitää epätodennäköisenä.

Suunnittelualueen pohjoisosa

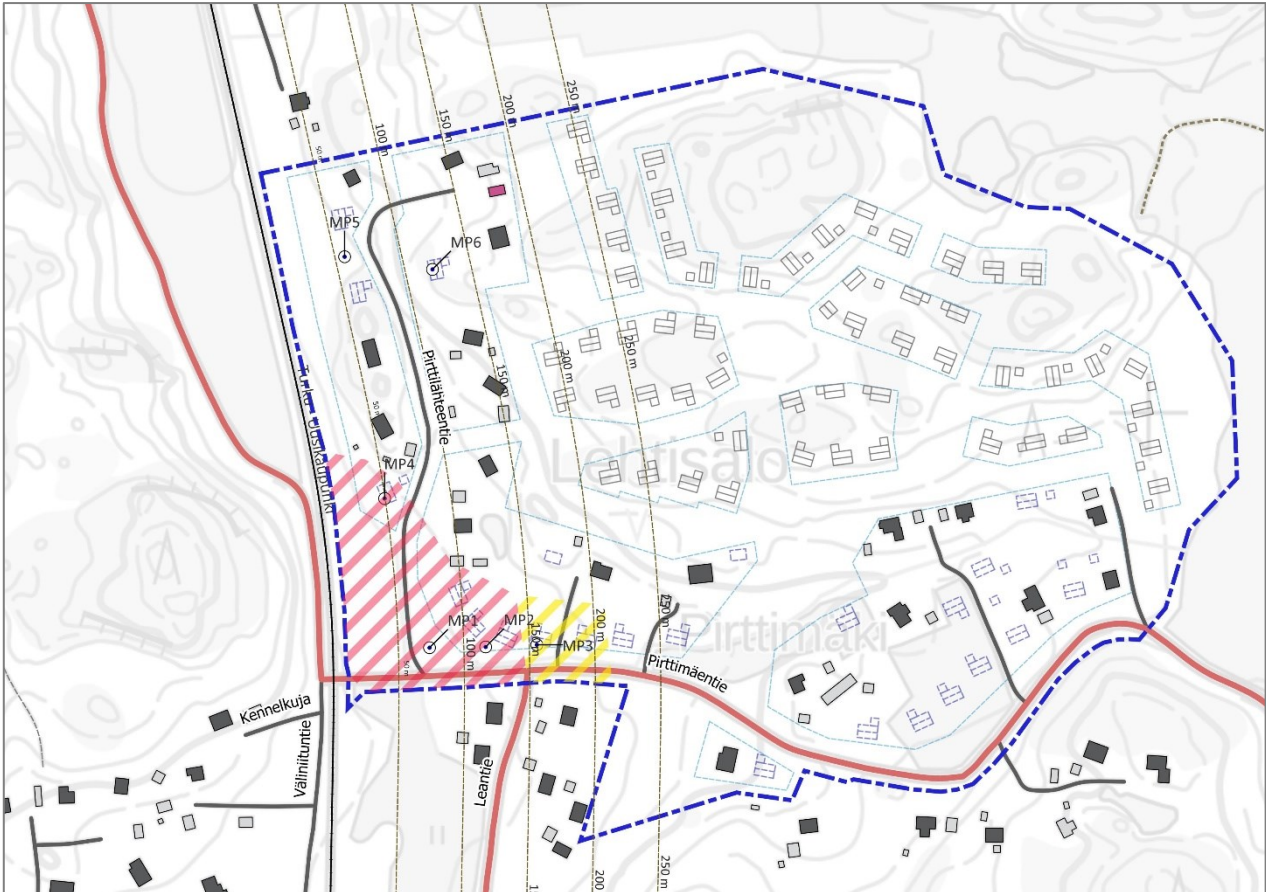
Suunnittelualueen kallioisella pohjoisosalla tärinätaasot ovat hyvin alhaisia, mutta alue on runkomelun riskialuetta. Rataa lähimmissä asuinrakennuksissa (noin 150 m rautatiestä) raideliikenteen aiheuttama runkomelu tulee huomioida rakennusten suunnittelussa. Kyseiset asuinrakennukset tulee perustaa esimerkiksi murskepatjalla ja lämmöneristeellä irti kalliosta, eikä rakennuksiin tule tehdä osittain tai kokonaan maanalaisia asuintiloja.

Muita huomioita

Yleisenä vähimmäisetäisyytenä radasta, edellä esitettyjen reunaehtojen lisäksi, koko suunnittelualueella suositellaan asuinrakennuksille käytettävän arvoa 50 m.

Näiden mittauksien avulla on selvitetty olemassa olevan raideliikenteen vaikutus tarkastelualueella. Mittaustulokset edustavat mittauskohteen tärinää vain niissä olosuhteissa, joissa mittaukset suoritettiin. Muun muassa liikenneväylän kunnan, kaluston tai ajonopeuksien poiketessa oleellisesti mittausajankohdasta on tärinäarvojen muuttuminen mahdollista.

Mahdollinen henkilöjunaliikenteen tulo rataosuudelle ei lähtökohtaisesti vaikuta suunnittelualueen tärinätaasoihin. Henkilöjunat aiheuttavat kevyempinä normaalisti selvästi vähemmän tärinäherätettä tavarauniin verrattuna. Tärinän tai runkomelun arviointimenetelmät eivät suoranaisesti huomioi tärinätaapahtumien määrän vaikutusta värähtelystä aiheutuvaan haittaan.



Kuva 4. Raideliikenteen aiheuttaman tärinän vaikutusalueet. Punaisella rasteroidulla alueella pientaloihin aiheutuva tärinä taso ylittää uusille asuinrakennuksille sovellettavan viihtyvyyshaitan suositusarvon, eikä uusien pientalojen sijoittamista tälle alueelle suositella. Yleisenä vähimmäisetäisyytenä radasta asuinrakennuksille suositellaan käytettävän 50 m. Keltaisella rasteroidulla alueella asuinrakennusten suunnittelussa tulee huomioida resonanssitarkastelussa esitetyt ala- ja välipohjien mitoituksen reunaehdot.

7 SUOSITUS KAAVAMÄÄRÄYKSIKSI

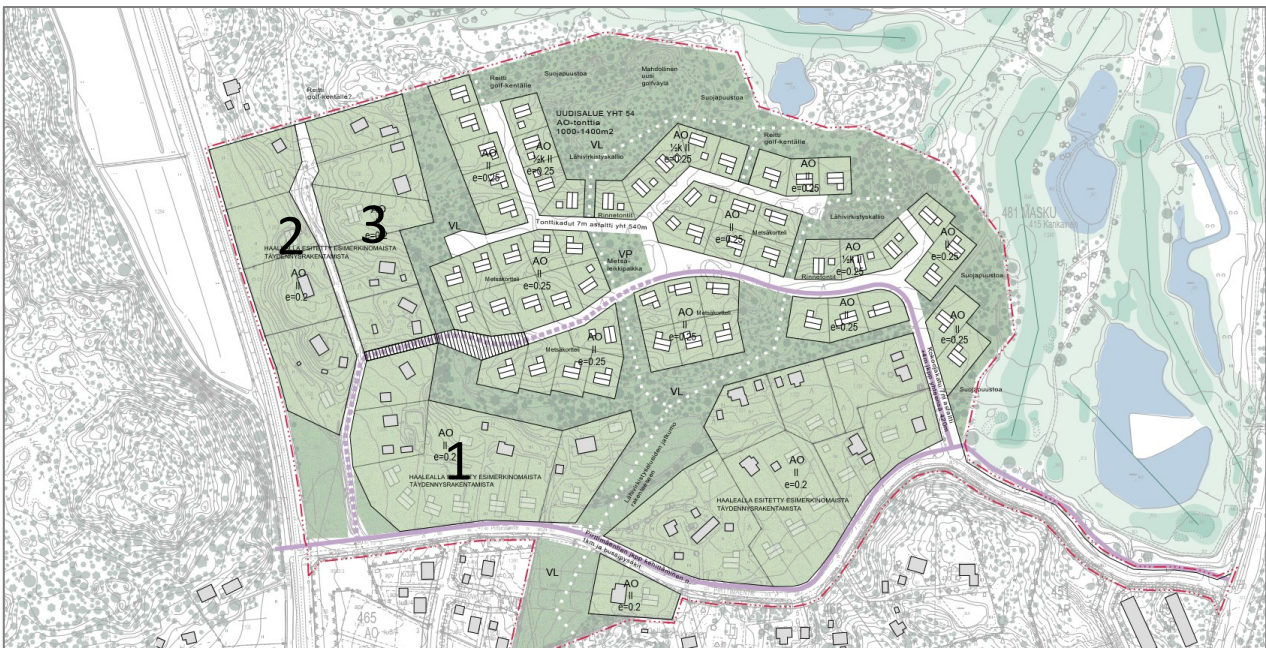
Suosittellemme lisäämään korttelialueelle 1 (kuva 5) kaavamääräyksiin kohdan, jossa edellytetään raide-liikenteen aiheuttaman tärinän huomioiminen esimerkiksi seuraavasti:

”Rakennusten suunnittelussa ja toteutuksessa tulee huomioida raideliikenteen aiheuttama tärinä käyttötarkoituksen edellyttämällä tavalla. Tärinän huomioiminen edellyttää lähtökohtaisesti rakennuksen alaja välipohjien mitoittamista rakennukseen kohdistuvien tärinätasojen edellyttämällä tavalla. Tärinä ei asuinrakennusten sisätiloissa saa ylittää voimassa olevia suositus- tai määräysarvoja. Rakennusluvan yhteydessä tulee esittää rakennuskohtaiset ratkaisut tärinän hallitsemiseksi.”

Suosittellemme lisäämään korttelialueille 2 ja 3 (kuva 5) kaavamääräyksiin kohdan, jossa edellytetään raideliikenteen aiheuttaman runkomelun huomioiminen esimerkiksi seuraavasti:

”Rakennusten suunnittelussa ja toteutuksessa tulee huomioida raideliikenteen aiheuttama runkomelu käyttötarkoituksen edellyttämällä tavalla. Runkomelun huomioiminen edellyttää lähtökohtaisesti rakennuksen perustusten kalliioon kytkeytymisen estämistä. Runkomelu ei asuinrakennusten sisätiloissa saa ylittää voimassa olevia suositus- tai määräysarvoja. Rakennusluvan yhteydessä tulee esittää rakennuskohtaiset ratkaisut runkomelun hallitsemiseksi.”

Lisäksi korttelialueilla 1 ja 2 tulee huomioida edellä esitetyt rajoitteet uusien asuinrakennusten sijoitteluun.



Kuva 5. Ote asemakaavaluonnoksesta ja korttelialueet numeroituna niiltä osin, joihin tärinään tai runkomeluun liittyviä määräyksiä suositellaan lisäämään.

8 LISÄTIETOA

Olli Laivoranta
Promethor Oy
041 506 3418
oli.laivoranta@promethor.fi

9 KIRJALLISUUS

1. Suositus liikennetärinän mittaamisesta ja luokituksesta, VTT:n tiedotteita 2278, A. Talja, Otamedia Oy, Espoo 2005
2. Rautatieliikenteen vaikutus rakenteisiin, J. Törnqvist ja O. Nuutilainen, Luonnos, Otamedia Oy, Espoo 2002
3. Suositus liikennetärinän arvioimiseksi maankäytön suunnittelussa, VTT working papers 50, J. Törnqvist ja A. Talja, Espoo 2006
4. Ohjeita liikennetärinän arviointiin, VTT:n tiedotteita 2569, A. Talja, Espoo 2011
5. Rakennukseen siirtyvän tärinän arviointi, VTT:n tiedotteita 2425, A. Talja et. al, Espoo 2008
6. Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi, I Esiselvitys, VTT:n tiedotteita 2468, A. Talja ja A. Saarinen, Valtion Tekninen Tutkimuskeskus, Espoo 2009
7. Standardi NS8176.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
8. 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

Mittauspisteen kuvaus: Kolmiakselialinen mittaus maasta
Mittausjakso: 4.-13.4.2023

Suurimmat resultantit

Mitatut 15 suurinta resultantin arvoa. Resultantin arvoa käytetään vaurioriskin arvioinnissa.

Pvm	Klo	Resultantti [mm/s]	Nopeuden maksimi [mm/s]		
			z	y	x
7.4.2023	03.39	1,3	1,26	0,34	0,50
11.4.2023	03.04	1,2	1,14	0,70	0,66
9.4.2023	16.38	1,2	1,15	0,45	0,40
13.4.2023	03.48	1,1	1,14	0,64	0,61
12.4.2023	03.27	1,1	1,13	0,46	0,53
10.4.2023	03.30	1,1	1,04	0,65	0,39
4.4.2023	16.36	1,1	1,07	0,39	0,41
8.4.2023	16.52	1,0	0,90	0,51	0,44
8.4.2023	03.37	1,0	0,98	0,39	0,37
6.4.2023	04.11	1,0	0,96	0,36	0,37
12.4.2023	16.40	0,9	0,88	0,53	0,46
9.4.2023	05.52	0,9	0,86	0,39	0,37
11.4.2023	16.36	0,9	0,87	0,46	0,50
6.4.2023	16.36	0,9	0,84	0,36	0,43
5.4.2023	03.28	0,9	0,81	0,24	0,35

MP 1

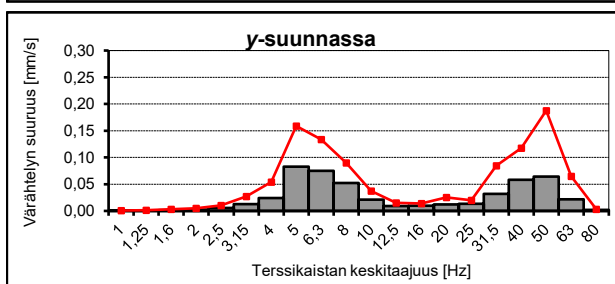
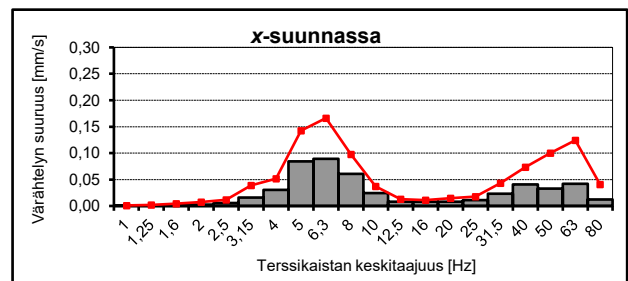
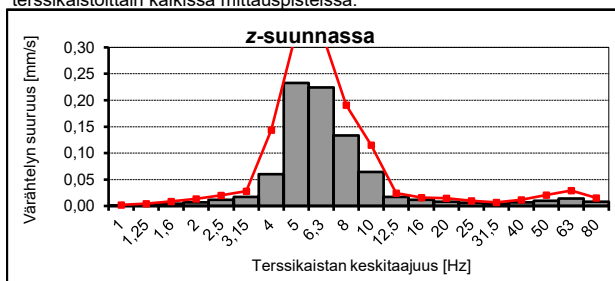
Tunnusluvun laskuissa käytetyt $v_{w,max}$ -arvot

Tärinän tunnusluvun $v_{w,95}$ laskemisessa käytetyt $v_{w,max}$ -arvot. Tunnuslukua käytetään asumis- tai käyttöviihtyvyyden arvioinnissa

Pvm	Klo	$v_{w,max}$ [mm/s] z	Pvm	Klo	$v_{w,max}$ [mm/s] y	Pvm	Klo	$v_{w,max}$ [mm/s] x
7.4.2023	3:39	0,42	11.4.2023	3:04	0,23	11.4.2023	3:04	0,22
10.4.2023	3:30	0,41	11.4.2023	16:36	0,19	12.4.2023	3:27	0,18
13.4.2023	3:48	0,40	12.4.2023	3:27	0,17	11.4.2023	16:36	0,18
9.4.2023	16:38	0,39	12.4.2023	16:40	0,16	6.4.2023	4:11	0,16
12.4.2023	3:27	0,39	10.4.2023	16:44	0,15	10.4.2023	3:30	0,16
8.4.2023	3:37	0,36	9.4.2023	16:38	0,15	9.4.2023	16:38	0,15
6.4.2023	4:11	0,34	10.4.2023	3:30	0,15	8.4.2023	16:52	0,15
9.4.2023	5:52	0,34	6.4.2023	16:36	0,15	12.4.2023	16:40	0,15
5.4.2023	3:28	0,31	8.4.2023	16:52	0,14	6.4.2023	16:36	0,15
12.4.2023	16:40	0,31	5.4.2023	16:37	0,14	9.4.2023	5:52	0,15
5.4.2023	16:37	0,31	8.4.2023	3:36	0,13	7.4.2023	16:37	0,13
10.4.2023	16:45	0,31	4.4.2023	16:36	0,13	5.4.2023	3:28	0,13
4.4.2023	16:36	0,31	6.4.2023	4:11	0,13	5.4.2023	16:37	0,13
8.4.2023	16:52	0,30	7.4.2023	16:37	0,12	7.4.2023	3:39	0,13
		$v_{w,95} = 0,45$			$v_{w,95} = 0,22$			$v_{w,95} = 0,21$

Tärinän spektrit

15:n voimakkaimman tärinäsignaalin keskimääräinen (pylväät) ja suurin taajuuspainotettu taajuusjakauma terssikaistoittain kaikissa mittauspisteissä.



z-suunta: pysty akseli
y-suunta: rataa vastaan kohtisuora
x-suunta: radan suuntainen

Mittauspisteen kuvaus: Kolmiaksaalinen mittaus maasta
Mittausjakso: 4.-13.4.2023

Suurimmat resultantit

Mitatut 15 suurinta resultantin arvoa. Resultantin arvoa käytetään vaurioriskin arvioinnissa.

Pvm	Klo	Resultantti [mm/s]	Nopeuden maksimi [mm/s]		
			z	y	x
13.4.2023	03.48	1,0	1,00	0,47	0,46
8.4.2023	03.37	0,9	0,91	0,28	0,23
9.4.2023	16.38	0,9	0,88	0,32	0,33
6.4.2023	04.11	0,9	0,83	0,35	0,25
7.4.2023	03.39	0,8	0,79	0,21	0,22
9.4.2023	05.52	0,8	0,80	0,31	0,24
12.4.2023	03.27	0,8	0,77	0,36	0,31
11.4.2023	16.36	0,7	0,63	0,41	0,18
10.4.2023	03.30	0,7	0,64	0,25	0,25
5.4.2023	03.28	0,6	0,58	0,26	0,22
8.4.2023	16.52	0,6	0,52	0,34	0,25
11.4.2023	03.04	0,6	0,59	0,31	0,30
4.4.2023	16.36	0,6	0,55	0,27	0,23
6.4.2023	16.36	0,6	0,54	0,24	0,16
7.4.2023	16.37	0,5	0,49	0,26	0,20

MP 2

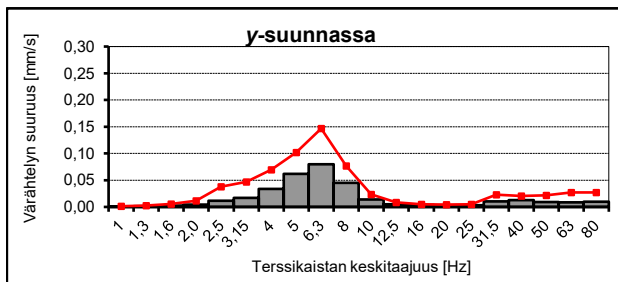
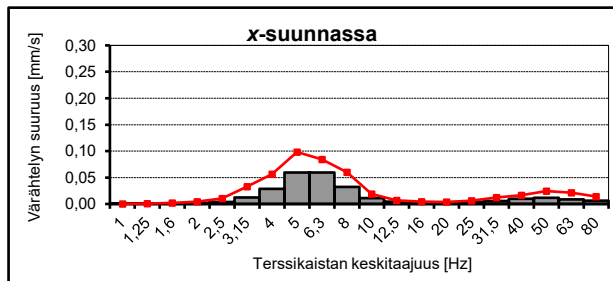
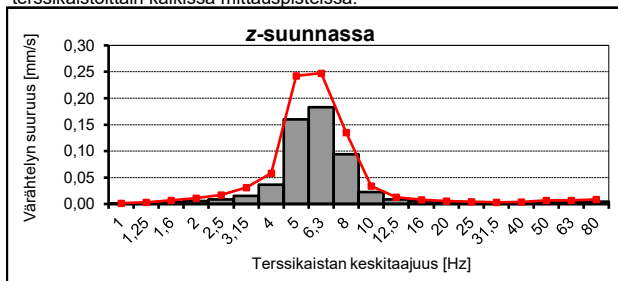
Tunnusluvun laskuissa käytetyt $v_{w,max}$ -arvot

Tärinän tunnusluvun $v_{w,95}$ laskemisessa käytetyt $v_{w,max}$ -arvot. Tunnuslukua käytetään asumis- tai käyttöviihtyvyyden arvioinnissa

Pvm	Klo	$v_{w,max}$ [mm/s] z	Pvm	Klo	$v_{w,max}$ [mm/s] y	Pvm	Klo	$v_{w,max}$ [mm/s] x
8.4.2023	3:37	0,34	11.4.2023	16:36	0,14	6.4.2023	4:11	0,11
6.4.2023	4:11	0,32	6.4.2023	4:11	0,13	12.4.2023	3:27	0,11
7.4.2023	3:39	0,31	8.4.2023	16:52	0,13	10.4.2023	3:30	0,11
9.4.2023	16:38	0,29	12.4.2023	3:27	0,12	11.4.2023	3:04	0,10
12.4.2023	3:27	0,28	11.4.2023	3:04	0,12	9.4.2023	16:38	0,10
9.4.2023	5:52	0,27	7.4.2023	3:39	0,12	8.4.2023	16:52	0,10
4.4.2023	16:36	0,24	12.4.2023	16:40	0,11	12.4.2023	16:40	0,09
11.4.2023	16:36	0,24	8.4.2023	3:37	0,11	7.4.2023	3:39	0,09
10.4.2023	3:30	0,24	10.4.2023	16:45	0,11	5.4.2023	16:37	0,09
5.4.2023	3:28	0,23	9.4.2023	16:38	0,11	5.4.2023	3:28	0,08
6.4.2023	16:36	0,20	9.4.2023	5:52	0,11	9.4.2023	5:52	0,08
11.4.2023	3:04	0,19	7.4.2023	16:37	0,10	8.4.2023	3:36	0,08
8.4.2023	16:52	0,18	10.4.2023	3:30	0,10	4.4.2023	16:36	0,08
12.4.2023	16:40	0,18	6.4.2023	16:36	0,10	11.4.2023	16:36	0,08
		$v_{w,95} = 0,36$			$v_{w,95} = 0,16$			$v_{w,95} = 0,13$

Tärinän spektrit

15:n voimakkaimman tärinäsignaalin keskimääräinen (pylväät) ja suurin taajuuspainotettu taajuusjakauma terssikaistoittain kaikissa mittauspisteissä.



z-suunta: pysty akseli
y-suunta: rataa vastaan kohtisuora
x-suunta: radan suuntainen

Mittauspisteen kuvaus: Kolmiakselialinen mittaus maasta
Mittausjakso: 4.-13.4.2023

Suurimmat resultantit

Mitatut 15 suurinta resultantin arvoa. Resultantin arvoa käytetään vaurioriskin arvioinnissa.

Pvm	Klo	Resultantti [mm/s]	Nopeuden maksimi [mm/s]		
			z	y	x
8.4.2023	03.37	0,8	0,78	0,24	0,20
12.4.2023	03.27	0,7	0,68	0,41	0,32
13.4.2023	03.48	0,7	0,61	0,53	0,43
11.4.2023	03.04	0,6	0,55	0,37	0,34
4.4.2023	16.36	0,6	0,60	0,28	0,22
9.4.2023	16.38	0,6	0,59	0,18	0,30
10.4.2023	03.30	0,6	0,57	0,23	0,25
9.4.2023	05.52	0,6	0,58	0,32	0,21
6.4.2023	04.11	0,6	0,53	0,26	0,20
5.4.2023	03.28	0,6	0,56	0,18	0,22
7.4.2023	03.39	0,5	0,54	0,20	0,18
11.4.2023	16.36	0,5	0,48	0,32	0,16
12.4.2023	16.40	0,5	0,42	0,29	0,28
5.4.2023	16.37	0,5	0,47	0,22	0,18
6.4.2023	16.36	0,5	0,47	0,26	0,19

MP 3

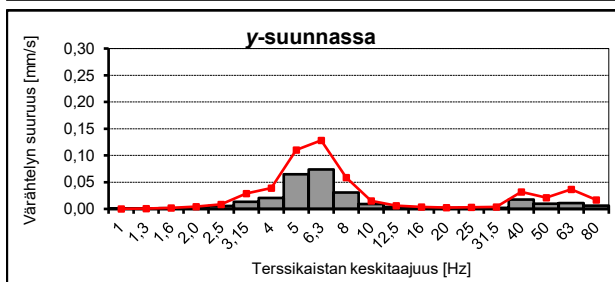
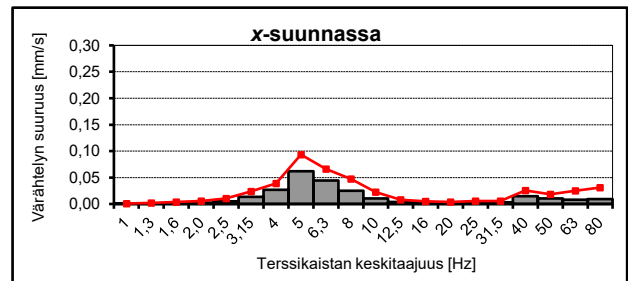
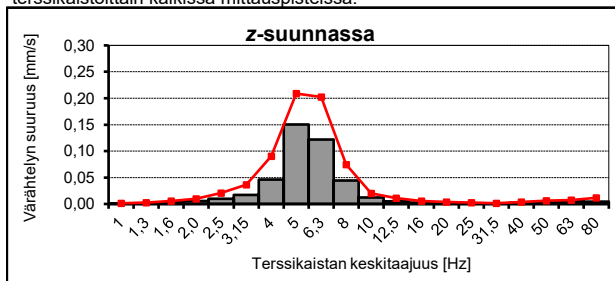
Tunnusluvun laskuissa käytetyt $v_{w,max}$ -arvot

Tärinän tunnusluvun $v_{w,95}$ laskemisessa käytetyt $v_{w,max}$ -arvot. Tunnuslukua käytetään asumis- tai käyttöviihtyvyyden arvioinnissa

Pvm	Klo	$v_{w,max}$ [mm/s] z	Pvm	Klo	$v_{w,max}$ [mm/s] y	Pvm	Klo	$v_{w,max}$ [mm/s] x
12.4.2023	3:27	0,25	12.4.2023	3:27	0,14	10.4.2023	3:30	0,11
13.4.2023	3:48	0,24	11.4.2023	3:04	0,13	5.4.2023	3:28	0,10
6.4.2023	4:11	0,23	6.4.2023	4:11	0,11	11.4.2023	3:04	0,10
5.4.2023	3:28	0,22	9.4.2023	5:52	0,11	6.4.2023	4:11	0,10
9.4.2023	16:38	0,21	10.4.2023	3:30	0,11	9.4.2023	16:38	0,09
10.4.2023	3:30	0,21	12.4.2023	16:40	0,11	12.4.2023	3:27	0,09
9.4.2023	5:52	0,20	6.4.2023	16:36	0,10	8.4.2023	16:52	0,09
11.4.2023	3:04	0,20	10.4.2023	16:45	0,09	4.4.2023	16:36	0,08
4.4.2023	16:36	0,18	4.4.2023	16:36	0,09	9.4.2023	5:52	0,08
7.4.2023	3:39	0,18	11.4.2023	16:36	0,09	12.4.2023	16:40	0,07
6.4.2023	16:36	0,17	8.4.2023	3:37	0,09	7.4.2023	3:39	0,07
5.4.2023	16:37	0,17	7.4.2023	3:39	0,08	8.4.2023	3:37	0,07
11.4.2023	16:36	0,17	8.4.2023	16:52	0,08	5.4.2023	16:37	0,06
12.4.2023	16:40	0,15	5.4.2023	16:37	0,08	10.4.2023	16:45	0,06
		$v_{w,95} = 0,26$			$v_{w,95} = 0,15$			$v_{w,95} = 0,12$

Tärinän spektrit

15:n voimakkaimman tärinäsignaalin keskimääräinen (pylväät) ja suurin taajuuspainotettu taajuusjakauma terssikaistoittain kaikissa mittauspisteissä.



z-suunta: pysty akseli
y-suunta: rataa vastaan kohtisuora
x-suunta: radan suuntainen

Mittauspisteen kuvaus: Kolmiakselialinen mittaus maasta
Mittausjakso: 4.-13.4.2023

Suurimmat resultantit

Mitatut 15 suurinta resultantin arvoa. Resultantin arvoa käytetään vaurioriskin arvioinnissa.

Pvm	Klo	Resultantti [mm/s]	Nopeuden maksimi [mm/s]		
			z	y	x
11.4.2023	03.04	1,3	0,37	0,92	1,15
10.4.2023	03.30	1,2	0,53	0,98	0,92
12.4.2023	03.27	1,2	0,39	1,08	1,01
13.4.2023	03.48	1,2	0,54	0,85	1,05
6.4.2023	04.11	1,1	0,30	0,84	0,86
9.4.2023	05.52	1,1	0,39	0,67	0,93
5.4.2023	03.28	1,0	0,41	0,88	0,49
8.4.2023	03.37	1,0	0,36	0,73	0,93
7.4.2023	03.39	0,9	0,32	0,74	0,85
4.4.2023	16.36	0,8	0,25	0,45	0,78
6.4.2023	16.36	0,8	0,24	0,53	0,70
8.4.2023	16.52	0,7	0,30	0,54	0,60
7.4.2023	16.37	0,7	0,23	0,64	0,44
9.4.2023	16.38	0,7	0,22	0,56	0,63
12.4.2023	16.40	0,6	0,24	0,56	0,61

MP 4

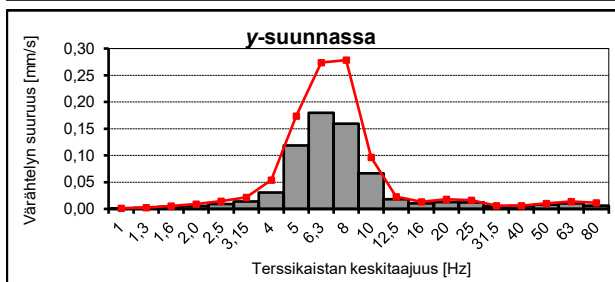
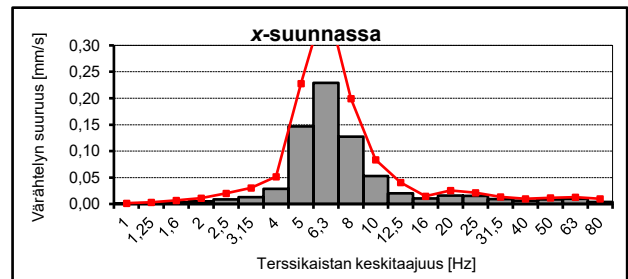
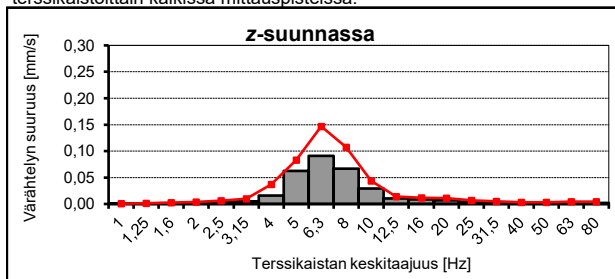
Tunnusluvun laskuissa käytetyt $v_{w,max}$ -arvot

Tärinän tunnusluvun $v_{w,95}$ laskemisessa käytetyt $v_{w,max}$ -arvot. Tunnuslukua käytetään asumis- tai käyttöviihtyvyyden arvioinnissa

Pvm	Klo	$v_{w,max}$ [mm/s] z	Pvm	Klo	$v_{w,max}$ [mm/s] y	Pvm	Klo	$v_{w,max}$ [mm/s] x
11.4.2023	3:04	0,19	12.4.2023	3:27	0,39	12.4.2023	3:27	0,41
13.4.2023	3:48	0,18	10.4.2023	3:30	0,38	10.4.2023	3:30	0,36
12.4.2023	3:27	0,16	13.4.2023	3:48	0,33	13.4.2023	3:48	0,34
8.4.2023	3:37	0,14	5.4.2023	3:28	0,33	7.4.2023	3:39	0,34
7.4.2023	3:39	0,13	8.4.2023	3:37	0,29	6.4.2023	4:11	0,33
9.4.2023	5:52	0,13	6.4.2023	4:11	0,28	9.4.2023	5:52	0,33
5.4.2023	3:28	0,13	7.4.2023	3:39	0,24	8.4.2023	3:37	0,31
8.4.2023	16:52	0,12	9.4.2023	5:52	0,23	5.4.2023	3:28	0,24
6.4.2023	4:11	0,12	12.4.2023	16:39	0,23	4.4.2023	16:36	0,24
7.4.2023	16:37	0,09	8.4.2023	16:52	0,22	6.4.2023	16:36	0,23
12.4.2023	16:40	0,09	7.4.2023	16:37	0,20	8.4.2023	16:52	0,22
4.4.2023	16:36	0,09	9.4.2023	16:38	0,18	10.4.2023	16:45	0,22
9.4.2023	16:38	0,08	6.4.2023	16:36	0,18	9.4.2023	16:38	0,22
5.4.2023	16:37	0,08	11.4.2023	16:36	0,16	7.4.2023	16:37	0,21
		$v_{w,95} =$ 0,20			$v_{w,95} =$ 0,41			$v_{w,95} =$ 0,44

Tärinän spektrit

15:n voimakkaimman tärinäsignaalin keskimääräinen (pylväät) ja suurin taajuuspainotettu taajuusjakauma terssikaistoittain kaikissa mittauspisteissä.



z-suunta: pysty akseli
y-suunta: rataa vastaan kohtisuora
x-suunta: radan suuntainen

Mittauspisteen kuvaus: Kolmiakselialinen mittaus maasta
Mittausjakso: 4.-13.4.2023

Suurimmat resultantit

Mitatut 15 suurinta resultantin arvoa. Resultantin arvoa käytetään vaurioriskin arvioinnissa.

Pvm	Klo	Resultantti [mm/s]	Nopeuden maksimi [mm/s]		
			z	y	x
4.4.2023	16.36	0,0	0,01	0,03	0,04
13.4.2023	03.48	0,0	0,01	0,04	0,02
8.4.2023	03.37	0,0	0,01	0,04	0,02
7.4.2023	03.40	0,0	0,01	0,03	0,02
6.4.2023	16.36	0,0	0,01	0,02	0,03
11.4.2023	03.04	0,0	0,01	0,03	0,03
9.4.2023	05.52	0,0	0,01	0,03	0,03
12.4.2023	03.27	0,0	0,01	0,03	0,03
9.4.2023	16.38	0,0	0,01	0,03	0,02
7.4.2023	16.36	0,0	0,01	0,03	0,03
6.4.2023	04.11	0,0	0,01	0,03	0,03
5.4.2023	16.36	0,0	0,01	0,03	0,03
10.4.2023	03.31	0,0	0,01	0,03	0,02
5.4.2023	03.28	0,0	0,01	0,03	0,02
11.4.2023	16.36	0,0	0,01	0,02	0,02

MP 5

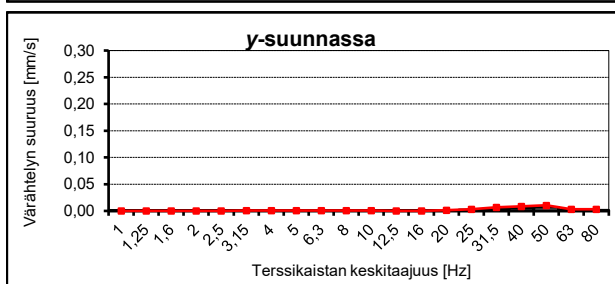
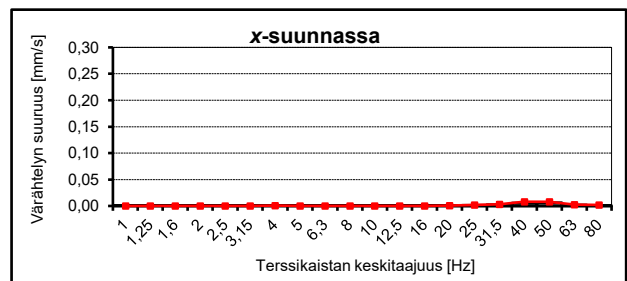
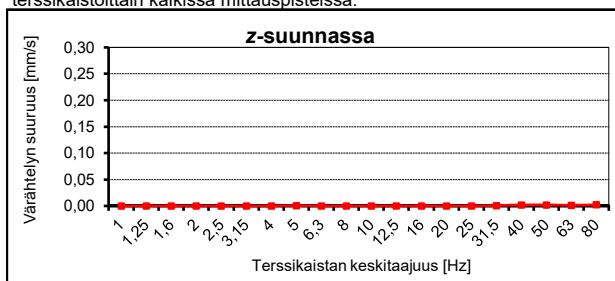
Tunnusluvun laskuissa käytetyt $v_{w,max}$ -arvot

Tärinän tunnusluvun $v_{w,95}$ laskemisessa käytetyt $v_{w,max}$ -arvot. Tunnuslukua käytetään asumis- tai käyttöviihtyvyyden arvioinnissa

Pvm	Klo	$v_{w,max}$ [mm/s] z	Pvm	Klo	$v_{w,max}$ [mm/s] y	Pvm	Klo	$v_{w,max}$ [mm/s] x
5.4.2023	3:28	0,00	13.4.2023	3:48	0,01	4.4.2023	16:35	0,01
4.4.2023	16:36	0,00	11.4.2023	3:04	0,01	5.4.2023	16:36	0,01
5.4.2023	16:36	0,00	9.4.2023	16:38	0,01	7.4.2023	16:36	0,01
7.4.2023	16:36	0,00	8.4.2023	3:37	0,01	13.4.2023	3:48	0,01
7.4.2023	3:40	0,00	9.4.2023	5:52	0,01	9.4.2023	5:52	0,01
6.4.2023	4:11	0,00	4.4.2023	16:36	0,01	6.4.2023	16:36	0,01
13.4.2023	3:48	0,00	7.4.2023	3:40	0,01	8.4.2023	3:37	0,01
6.4.2023	16:36	0,00	7.4.2023	16:36	0,01	6.4.2023	4:11	0,01
8.4.2023	3:37	0,00	12.4.2023	3:28	0,01	12.4.2023	3:28	0,01
9.4.2023	5:52	0,00	6.4.2023	4:11	0,01	7.4.2023	3:40	0,01
11.4.2023	3:04	0,00	10.4.2023	3:31	0,01	11.4.2023	3:04	0,01
10.4.2023	3:31	0,00	6.4.2023	16:36	0,01	9.4.2023	16:38	0,01
12.4.2023	3:28	0,00	11.4.2023	16:36	0,01	10.4.2023	3:31	0,01
9.4.2023	16:38	0,00	5.4.2023	3:28	0,01	11.4.2023	16:36	0,01
11.4.2023	16:36	0,00	5.4.2023	16:36	0,01	5.4.2023	3:28	0,01
		$v_{w,95} =$ 0,00			$v_{w,95} =$ 0,01			$v_{w,95} =$ 0,01

Tärinän spektrit

15:n voimakkaimman tärinäsignaalin keskimääräinen (pylväät) ja suurin taajuuspainotettu taajuusjakauma terssikaistoittain kaikissa mittauspisteissä.



z-suunta: pysty akseli
y-suunta: rataa vastaan kohtisuora
x-suunta: radan suuntainen

Mittauspisteen kuvaus: Kolmiakselialinen mittaus maasta
Mittausjakso: 4.-13.4.2023

Suurimmat resultantit

Mitatut 15 suurinta resultantin arvoa. Resultantin arvoa käytetään vaurioriskin arvioinnissa.

Pvm	Klo	Resultantti [mm/s]	Nopeuden maksimi [mm/s]		
			z	y	x
11.4.2023	16.35	0,2	0,02	0,18	0,11
12.4.2023	16.39	0,2	0,03	0,12	0,11
9.4.2023	16.38	0,1	0,02	0,12	0,09
7.4.2023	16.37	0,1	0,02	0,14	0,09
10.4.2023	16.44	0,1	0,02	0,11	0,09
6.4.2023	16.36	0,1	0,02	0,08	0,07
4.4.2023	16.36	0,1	0,02	0,08	0,07
5.4.2023	03.28	0,1	0,01	0,05	0,05
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-

MP 6

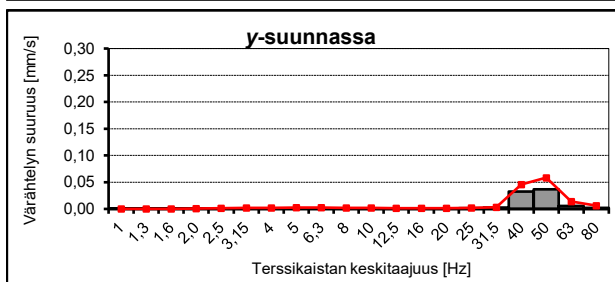
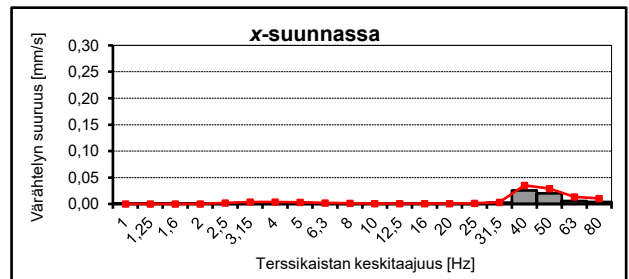
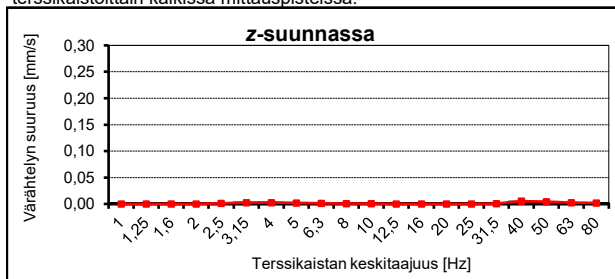
Tunnusluvun laskuissa käytetyt $v_{w,max}$ -arvot

Tärinän tunnusluvun $v_{w,95}$ laskemisessa käytetyt $v_{w,max}$ -arvot. Tunnuslukua käytetään asumis- tai käyttöviihtyvyyden arvioinnissa

Pvm	Klo	$v_{w,max}$ [mm/s] z	Pvm	Klo	$v_{w,max}$ [mm/s] y	Pvm	Klo	$v_{w,max}$ [mm/s] x
12.4.2023	16:40	0,01	12.4.2023	16:39	0,06	9.4.2023	16:38	0,04
7.4.2023	16:37	0,01	7.4.2023	16:37	0,06	7.4.2023	16:37	0,04
9.4.2023	16:38	0,01	9.4.2023	16:38	0,06	12.4.2023	16:39	0,04
6.4.2023	16:36	0,01	10.4.2023	16:44	0,04	10.4.2023	16:44	0,03
10.4.2023	16:44	0,01	6.4.2023	16:36	0,03	4.4.2023	16:36	0,02
4.4.2023	16:36	0,00	4.4.2023	16:36	0,03	6.4.2023	16:36	0,02
5.4.2023	3:28	0,00	5.4.2023	3:28	0,02	5.4.2023	3:28	0,02
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
		$v_{w,95} = 0,01$			$v_{w,95} = 0,08$			$v_{w,95} = 0,05$

Tärinän spektrit

15:n voimakkaimman tärinäsignaalin keskimääräinen (pylväät) ja suurin taajuuspainotettu taajuusjakauma terssikaistoittain kaikissa mittauspisteissä.



z-suunta: pystyakseli
y-suunta: rataa vastaan kohtisuora
x-suunta: radan suuntainen

Mittauspisteen kuvaus: Kolmiaksaialinen mittaus maasta
Mittausjakso: 4.-13.4.2023

MP 1

Arvioidut runkomelutasot

Suurimmista ääriäntapahtumista VTT:n ohjeen mukaiset
runkomelun arviointitulokset:

Pvm	Klo	L_{ASmax} z [dB]	Pvm	Klo	L_{ASmax} y [dB]	Pvm	Klo	L_{ASmax} x [dB]
5.4.2023	3:28	42	11.4.2023	3:04	50	9.4.2023	5:52	52
7.4.2023	3:39	41	8.4.2023	3:36	49	7.4.2023	3:39	50
9.4.2023	5:52	41	7.4.2023	3:39	49	8.4.2023	3:36	48
6.4.2023	4:11	39	10.4.2023	3:30	49	10.4.2023	3:30	47
11.4.2023	3:04	39	9.4.2023	5:52	48	5.4.2023	3:28	47
8.4.2023	3:37	38	5.4.2023	3:28	44	11.4.2023	3:04	46
10.4.2023	3:30	38	10.4.2023	16:44	44	4.4.2023	16:36	44
4.4.2023	16:36	38	12.4.2023	3:27	43	6.4.2023	16:36	41
5.4.2023	16:37	38	4.4.2023	16:36	42	7.4.2023	16:37	40
8.4.2023	16:52	38	6.4.2023	16:36	42	12.4.2023	3:27	39
6.4.2023	16:36	37	7.4.2023	16:37	40	6.4.2023	4:11	38
13.4.2023	3:48	37	13.4.2023	3:47	39	10.4.2023	16:44	38
12.4.2023	3:27	37	12.4.2023	16:40	39	5.4.2023	16:37	38
11.4.2023	16:36	36	11.4.2023	16:36	38	12.4.2023	16:40	37
7.4.2023	16:37	36	5.4.2023	16:37	38	8.4.2023	16:52	35
		$L_{pA} = 41$			$L_{pA} = 54$			$L_{pA} = 55$

Laskennassa käytetyt VTT:n ohjeen mukaiset lisätekijät:

Rakennuksen tyyppi			käytetty
Perustus kalliolle	0 dB		<input type="checkbox"/>
Puutalo 1-2 krs	-5 dB		<input checked="" type="checkbox"/>
Betonitalo 1-2 krs	-7 dB		<input type="checkbox"/>
Kerrostalo	-10 dB		<input type="checkbox"/>
Tarkasteltava asuinkerros		kerros:	
Kerrokset 1-5	-2 dB/kerros	<input type="text" value="1"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Ylemmät kerrokset	-1 dB/kerros	<input type="text" value="-"/>	<input type="checkbox"/>
Rakenneosien resonanssi			
Lattia, seinät, katto	6 dB		<input checked="" type="checkbox"/>
Muunto äänenpainetasoksi			
vakio	-28 dB		<input checked="" type="checkbox"/>
Varmuusvara			
vakio (maasta)	6 dB		<input checked="" type="checkbox"/>

* Sovellettu VTT:n ohjeesta.

- Varmuusvarana käytetään + 6 dB mitattaessa värähtelyä maasta
- Varmuusvarana käytetään + 3 dB mitattaessa värähtelyä kantavasta rakenteesta
- Varmuusvarana käytetään + 0 dB mitattaessa värähtelyä valmiin rakennuksen lattialta

Mittauspisteen kuvaus: Kolmiaksaialinen mittaus maasta
Mittausjakso: 4.-13.4.2023

MP 2

Arvioidut runkomelutasot

Suurimmista tärinä tapahtumista VTT:n ohjeen mukaiset
runkomelun arviointitulokset:

Pvm	Klo	L_{ASmax} z [dB]	Pvm	Klo	L_{ASmax} y [dB]	Pvm	Klo	L_{ASmax} x [dB]
5.4.2023	3:28	40	7.4.2023	3:39	44	11.4.2023	3:04	41
6.4.2023	4:11	40	9.4.2023	5:52	43	7.4.2023	3:39	40
11.4.2023	3:04	40	5.4.2023	3:28	43	9.4.2023	5:52	38
12.4.2023	3:27	39	8.4.2023	3:37	39	5.4.2023	3:28	36
10.4.2023	3:30	39	11.4.2023	3:04	38	10.4.2023	3:30	36
9.4.2023	5:51	39	12.4.2023	3:27	35	12.4.2023	3:27	34
13.4.2023	3:48	39	10.4.2023	3:30	35	8.4.2023	3:37	33
5.4.2023	16:37	39	4.4.2023	16:36	32	4.4.2023	16:36	31
8.4.2023	3:37	39	12.4.2023	16:40	30	6.4.2023	16:36	30
11.4.2023	16:36	38	6.4.2023	16:36	30	5.4.2023	16:37	28
7.4.2023	3:39	38	5.4.2023	16:37	29	6.4.2023	4:11	27
4.4.2023	16:36	38	13.4.2023	3:47	29	7.4.2023	16:37	26
6.4.2023	16:36	38	10.4.2023	16:45	29	9.4.2023	16:38	26
8.4.2023	16:52	38	9.4.2023	16:38	28	8.4.2023	16:52	26
12.4.2023	16:40	37	11.4.2023	16:36	27	13.4.2023	3:48	26
		$L_{pA} = 40$			$L_{pA} = 49$			$L_{pA} = 45$

Laskennassa käytetyt VTT:n ohjeen mukaiset lisätekijät:

Rakennuksen tyyppi			käytetty
Perustus kalliolle	0 dB		<input type="checkbox"/>
Puutalo 1-2 krs	-5 dB		<input checked="" type="checkbox"/>
Betonitalo 1-2 krs	-7 dB		<input type="checkbox"/>
Kerrostalo	-10 dB		<input type="checkbox"/>
Tarkasteltava asuinkerros		kerros:	
Kerrokset 1-5	-2 dB/kerros	<input type="text" value="1"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Ylemmät kerrokset	-1 dB/kerros	<input type="text" value="-"/>	<input type="checkbox"/>
Rakennesien resonanssi			
Lattia, seinät, katto	6 dB		<input checked="" type="checkbox"/>
Muunto äänenpainetasoksi			
vakio	-28 dB		<input checked="" type="checkbox"/>
Varmuusvara			
vakio (maasta)	6 dB		<input checked="" type="checkbox"/>

* Sovellettu VTT:n ohjeesta.

Varmuusvarana käytetään + 6 dB mitattaessa värähtelyä maasta

Varmuusvarana käytetään + 3 dB mitattaessa värähtelyä kantavasta rakenteesta

Varmuusvarana käytetään + 0 dB mitattaessa värähtelyä valmiin rakennuksen lattialta

Mittauspisteen kuvaus: Kolmiaksaialinen mittaus maasta
Mittausjakso: 4.-13.4.2023

MP 3

Arvioidut runkomelutasot

Suurimmista ääriäntapahtumista VTT:n ohjeen mukaiset
runkomelun arviointitulokset:

Pvm	Klo	L_{ASmax} z [dB]	Pvm	Klo	L_{ASmax} y [dB]	Pvm	Klo	L_{ASmax} x [dB]
5.4.2023	3:28	37	5.4.2023	3:28	45	5.4.2023	3:28	41
6.4.2023	4:11	37	11.4.2023	3:04	40	9.4.2023	5:52	37
5.4.2023	16:37	37	9.4.2023	5:52	38	8.4.2023	3:37	36
7.4.2023	3:39	37	8.4.2023	3:37	37	11.4.2023	3:04	36
9.4.2023	5:51	37	7.4.2023	3:39	37	7.4.2023	3:39	34
11.4.2023	3:04	36	10.4.2023	3:30	36	10.4.2023	3:30	33
8.4.2023	3:37	36	10.4.2023	16:45	33	5.4.2023	16:37	31
12.4.2023	3:27	36	5.4.2023	16:37	32	12.4.2023	16:40	31
10.4.2023	3:30	36	4.4.2023	16:36	31	12.4.2023	3:27	30
13.4.2023	3:48	36	12.4.2023	16:40	31	4.4.2023	16:36	30
8.4.2023	16:52	36	6.4.2023	4:11	31	6.4.2023	4:11	29
4.4.2023	16:36	35	12.4.2023	3:27	31	10.4.2023	16:45	28
6.4.2023	16:36	35	9.4.2023	16:38	30	13.4.2023	3:48	28
9.4.2023	16:38	34	11.4.2023	16:36	29	11.4.2023	16:36	28
11.4.2023	16:36	34	13.4.2023	3:48	28	6.4.2023	16:36	28
		$L_{pA} = 38$			$L_{pA} = 45$			$L_{pA} = 41$

Laskennassa käytetyt VTT:n ohjeen mukaiset lisätekijät:

Rakennuksen tyyppi			käytetty
Perustus kalliolle	0 dB		<input type="checkbox"/>
Puutalo 1-2 krs	-5 dB		<input checked="" type="checkbox"/>
Betonitalo 1-2 krs	-7 dB		<input type="checkbox"/>
Kerrostalo	-10 dB		<input type="checkbox"/>
Tarkasteltava asuinkerros		kerros:	
Kerrokset 1-5	-2 dB/kerros	<input type="text" value="1"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Ylemmät kerrokset	-1 dB/kerros	<input type="text" value="-"/>	<input type="checkbox"/>
Rakenneosien resonanssi			
Lattia, seinät, katto	6 dB		<input checked="" type="checkbox"/>
Muunto äänenpainetasoksi			
vakio	-28 dB		<input checked="" type="checkbox"/>
Varmuusvara			
vakio (maasta)	6 dB		<input checked="" type="checkbox"/>

* Sovellettu VTT:n ohjeesta.

- Varmuusvarana käytetään + 6 dB mitattaessa värähtelyä maasta
- Varmuusvarana käytetään + 3 dB mitattaessa värähtelyä kantavasta rakenteesta
- Varmuusvarana käytetään + 0 dB mitattaessa värähtelyä valmiin rakennuksen lattialta

Mittauspisteen kuvaus: Kolmiaksaalinen mittaus maasta
Mittausjakso: 4.-13.4.2023

MP 4

Arvioidut runkomelutasot

Suurimmista tärinä tapahtumista VTT:n ohjeen mukaiset
runkomelun arviointitulokset:

Pvm	Klo	L_{ASmax} z [dB]	Pvm	Klo	L_{ASmax} y [dB]	Pvm	Klo	L_{ASmax} x [dB]
5.4.2023	3:28	34	5.4.2023	3:28	37	5.4.2023	3:28	35
7.4.2023	3:39	33	7.4.2023	3:39	35	5.4.2023	16:37	34
5.4.2023	16:37	32	5.4.2023	16:37	35	11.4.2023	3:04	34
6.4.2023	4:11	32	6.4.2023	4:11	34	7.4.2023	3:39	33
9.4.2023	5:52	31	11.4.2023	3:04	34	7.4.2023	16:37	33
8.4.2023	3:37	30	9.4.2023	5:52	34	4.4.2023	16:36	33
6.4.2023	16:36	30	10.4.2023	3:30	33	9.4.2023	5:52	33
4.4.2023	16:36	30	6.4.2023	16:36	33	6.4.2023	4:11	33
7.4.2023	16:37	29	4.4.2023	16:36	33	8.4.2023	3:37	33
10.4.2023	3:30	29	13.4.2023	3:48	33	13.4.2023	3:48	33
8.4.2023	16:52	29	7.4.2023	16:37	33	6.4.2023	16:36	31
11.4.2023	3:04	29	12.4.2023	3:27	33	10.4.2023	3:30	31
12.4.2023	3:27	29	8.4.2023	3:37	32	8.4.2023	16:52	31
11.4.2023	16:36	29	9.4.2023	16:38	31	12.4.2023	3:27	31
13.4.2023	3:48	28	8.4.2023	16:52	31	9.4.2023	16:38	30
		$L_{pA} = 33$			$L_{pA} = 36$			$L_{pA} = 35$

Laskennassa käytetyt VTT:n ohjeen mukaiset lisätekijät:

Rakennuksen tyyppi			käytetty
Perustus kalliolle	0 dB		<input type="checkbox"/>
Puutalo 1-2 krs	-5 dB		<input checked="" type="checkbox"/>
Betonitalo 1-2 krs	-7 dB		<input type="checkbox"/>
Kerrostalo	-10 dB		<input type="checkbox"/>
Tarkasteltava asuinkerros			
		kerros:	
Kerrokset 1-5	-2 dB/kerros	<input type="text" value="1"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Ylemmät kerrokset	-1 dB/kerros	<input type="text" value="-"/>	<input type="checkbox"/>
Rakenneosien resonanssi			
Lattia, seinät, katto	6 dB		<input checked="" type="checkbox"/>
Muunto äänenpainetasoksi			
vakio	-28 dB		<input checked="" type="checkbox"/>
Varmuusvara			
vakio (maasta)	6 dB		<input checked="" type="checkbox"/>

* Sovellettu VTT:n ohjeesta.

- Varmuusvarana käytetään + 6 dB mitattaessa värähtelyä maasta
- Varmuusvarana käytetään + 3 dB mitattaessa värähtelyä kantavasta rakenteesta
- Varmuusvarana käytetään + 0 dB mitattaessa värähtelyä valmiin rakennuksen lattialta

Mittauspisteen kuvaus: Kolmiaksaialinen mittaus maasta
Mittausjakso: 4.-13.4.2023

MP 5

Arvioidut runkomelutasot

Suurimmista tärinä tapahtumista VTT:n ohjeen mukaiset
runkomelun arviointitulokset:

Pvm	Klo	L_{ASmax} z [dB]	Pvm	Klo	L_{ASmax} y [dB]	Pvm	Klo	L_{ASmax} x [dB]
5.4.2023	3:28	32	5.4.2023	3:28	33	5.4.2023	3:28	32
7.4.2023	3:39	30	13.4.2023	3:48	28	4.4.2023	16:35	27
5.4.2023	16:37	29	11.4.2023	3:04	28	7.4.2023	3:40	26
6.4.2023	4:11	28	9.4.2023	16:38	26	6.4.2023	4:11	26
4.4.2023	16:36	28	7.4.2023	3:40	26	5.4.2023	16:37	26
12.4.2023	3:27	27	9.4.2023	5:52	26	6.4.2023	16:36	25
9.4.2023	5:52	27	12.4.2023	3:27	25	9.4.2023	5:52	25
11.4.2023	3:04	27	4.4.2023	16:36	25	8.4.2023	3:37	25
8.4.2023	3:37	27	7.4.2023	16:36	25	13.4.2023	3:48	25
6.4.2023	16:36	27	6.4.2023	4:11	25	7.4.2023	16:36	25
13.4.2023	3:48	26	8.4.2023	3:37	24	11.4.2023	3:04	24
10.4.2023	3:31	26	10.4.2023	3:31	24	12.4.2023	3:28	24
7.4.2023	16:36	25	6.4.2023	16:36	24	10.4.2023	3:31	23
9.4.2023	16:38	24	11.4.2023	16:36	23	9.4.2023	16:38	23
11.4.2023	16:36	23	5.4.2023	16:36	23	11.4.2023	16:36	21
		$L_{pA} = 31$			$L_{pA} = 31$			$L_{pA} = 30$

Laskennassa käytetyt VTT:n ohjeen mukaiset lisätekijät:

Rakennuksen tyyppi			käytetty
Perustus kalliolle	0 dB		<input type="checkbox"/>
Puutalo 1-2 krs	-5 dB		<input checked="" type="checkbox"/>
Betonitalo 1-2 krs	-7 dB		<input type="checkbox"/>
Kerrostalo	-10 dB		<input type="checkbox"/>
Tarkasteltava asuinkerros		kerros:	
Kerrokset 1-5	-2 dB/kerros	<input type="text" value="1"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Ylemmät kerrokset	-1 dB/kerros	<input type="text" value="-"/>	<input type="checkbox"/>
Rakenneosien resonanssi			
Lattia, seinät, katto	6 dB		<input checked="" type="checkbox"/>
Muunto äänenpainetasoksi			
vakio	-28 dB		<input checked="" type="checkbox"/>
Varmuusvara			
vakio (maasta)	6 dB		<input checked="" type="checkbox"/>

* Sovellettu VTT:n ohjeesta.

- Varmuusvarana käytetään + 6 dB mitattaessa värähtelyä maasta
- Varmuusvarana käytetään + 3 dB mitattaessa värähtelyä kantavasta rakenteesta
- Varmuusvarana käytetään + 0 dB mitattaessa värähtelyä valmiin rakennuksen lattialta

Mittauspisteen kuvaus: Kolmiaksisiaalinen mittaus maasta
Mittausjakso: 4.-13.4.2023

MP 6

Arvioidut runkomelutasot

Suurimmista tärinätapahtumista VTT:n ohjeen mukaiset
runkomelun arviointitulokset:

Pvm	Klo	L_{ASmax} z [dB]	Pvm	Klo	L_{ASmax} y [dB]	Pvm	Klo	L_{ASmax} x [dB]
5.4.2023	3:28	23	11.4.2023	16:35	41	5.4.2023	3:28	38
11.4.2023	16:35	20	12.4.2023	16:39	41	11.4.2023	16:35	37
9.4.2023	16:38	20	7.4.2023	16:37	40	9.4.2023	16:38	36
7.4.2023	16:37	19	9.4.2023	16:38	39	12.4.2023	16:39	35
12.4.2023	16:40	18	10.4.2023	16:44	37	7.4.2023	16:37	35
10.4.2023	16:44	18	5.4.2023	3:28	36	10.4.2023	16:44	34
6.4.2023	16:36	18	4.4.2023	16:36	35	6.4.2023	16:36	32
4.4.2023	16:36	16	6.4.2023	16:36	35	4.4.2023	16:36	30
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
		$L_{pA} = 23$			$L_{pA} = 43$			$L_{pA} = 39$

Laskennassa käytetyt VTT:n ohjeen mukaiset lisätekijät:

Rakennuksen tyyppi			käytetty
Perustus kalliolle	0 dB		<input type="checkbox"/>
Puutalo 1-2 krs	-5 dB		<input checked="" type="checkbox"/>
Betonitalo 1-2 krs	-7 dB		<input type="checkbox"/>
Kerrostalo	-10 dB		<input type="checkbox"/>
Tarkasteltava asuinkerros		kerros:	
Kerrokset 1-5	-2 dB/kerros	<input type="text" value="1"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Ylemmät kerrokset	-1 dB/kerros	<input type="text" value="-"/>	<input type="checkbox"/>
Rakenneosien resonanssi			
Lattia, seinät, katto	6 dB		<input checked="" type="checkbox"/>
Muunto äänenpainetasoksi			
vakio	-28 dB		<input checked="" type="checkbox"/>
Varmuusvara			
vakio (maasta)	6 dB		<input checked="" type="checkbox"/>

* Sovellettu VTT:n ohjeesta.

- Varmuusvarana käytetään + 6 dB mitattaessa värähtelyä maasta
- Varmuusvarana käytetään + 3 dB mitattaessa värähtelyä kantavasta rakenteesta
- Varmuusvarana käytetään + 0 dB mitattaessa värähtelyä valmiin rakennuksen lattialta

Mittauspisteen kuvaus:
 Mittausjakso:

Kolmiaksaalinen mittaus maasta
 4.-13.4.2023

Maasta mitatut tunnusluvut

$$v_{z,w,95} = 0,45 \text{ mm/s}$$

$$v_{y,w,95} = 0,22 \text{ mm/s}$$

$$v_{x,w,95} = 0,21 \text{ mm/s}$$

MP 1

Maasta perustukseen siirtyvä värähtely

$$v_{w,95}^{per,z} = 0,45 \text{ mm/s}$$

$$v_{w,95}^{per,y} = 0,2 \text{ mm/s}$$

$$v_{w,95}^{per,x} = 0,21 \text{ mm/s}$$

Tärinän yleinen voimistuminen rakennuksessa

Yleinen voimistuminen määritetään perustuksen värähtelyn vaak- (runko) ja pystykomponentin (lattia) perusteella käyttämällä voimistumiskerrointa $k_1 = 1,5$.

$$v_{w,1}^{lattia} = k_1^{lattia} \cdot v_{w,95}^{per,z} = 0,68 \text{ mm/s} \quad (\text{Lattian värähtelyn yleinen voimistuminen})$$

$$v_{w,1}^{runko} = k_1^{runko} \cdot \max(v_{w,95}^{per,x}, v_{w,95}^{per,y}) = 0,32 \text{ mm/s} \quad (\text{Rungon värähtelyn yleinen voimistuminen})$$

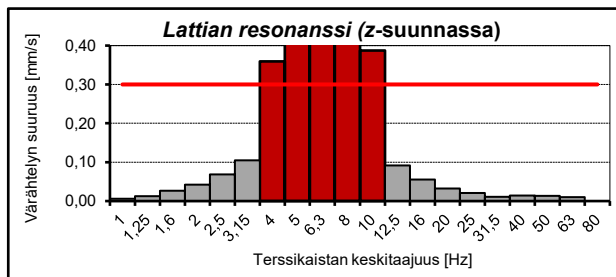
Resonanssitarkastelu

Rungon resonanssitarkastelu tehdään perustuksen värähtelyn vaakakomponentin perusteella käyttäen resonanssikerrointa $k_2 = 4$. Lattian resonanssitarkastelu tehdään perustuksen värähtelyn pystykomponentin perusteella käyttäen resonanssikerrointa $k_2 = 6$.

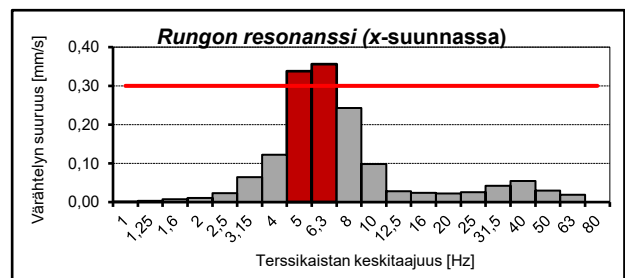
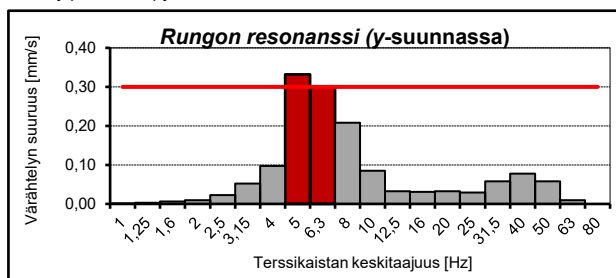
$$v_{w,2}^{lattia} = k_2^{lattia} \cdot v_{w,j}^{per,z} = 1,39 \text{ mm/s} \quad (\text{Lattian värähtelyn suurin resonanssi})$$

$$v_{w,2}^{runko} = k_2^{runko} \cdot v_{w,j}^{per,x/y} = 0,36 \text{ mm/s} \quad (\text{Rungon värähtelyn suurin resonanssi})$$

Pystysuuntaisen (z-akseli) lattian resonanssin (pylväät) voimakkuus terssikaistoittain. Suositusarvon (punainen viiva) ylittävät terssikaistat on esitetty punaisilla pylväillä.



Vaakasuurtaisten (y- ja x-akseli) rungon resonanssin (pylväät) voimakkuudet terssikaistoittain. Suositusarvon (punainen viiva) ylittävät terssikaistat on esitetty punaisilla pylväillä.



Rungon tai lattian resonanssia voi esiintyä silloin, kun maaperän tärinän hallitseva taajuuskomponentti osuu lattian tai rungon ominaistaajuudelle. Mahdollinen resonanssi voidaan välttää värähtely-suunnittelulla mitoittamalla välipohjien ja rungon rakenteet huomioimalla maaperän tärinä.

Mittauspisteen kuvaus:
 Mittausjakso:

Kolmiaksaalinen mittaus maasta
 4.-13.4.2023

Maasta mitatut tunnusluvut

$$v_{z,w,95} = 0,36 \text{ mm/s}$$

$$v_{y,w,95} = 0,16 \text{ mm/s}$$

$$v_{x,w,95} = 0,13 \text{ mm/s}$$

MP 2

Maasta perustukseen siirtyvä värähtely

$$v_{w,95}^{per,z} = 0,36 \text{ mm/s}$$

$$v_{w,95}^{per,y} = 0,16 \text{ mm/s}$$

$$v_{w,95}^{per,x} = 0,13 \text{ mm/s}$$

Tärinän yleinen voimistuminen rakennuksessa

Yleinen voimistuminen määritetään perustuksen värähtelyn vaak- (runko) ja pystykomponentin (lattia) perusteella käyttämällä voimistumiskerrointa $k_1 = 1,5$.

$$v_{w,1}^{lattia} = k_1^{lattia} \cdot v_{w,95}^{per,z} = 0,55 \text{ mm/s} \quad (\text{Lattian värähtelyn yleinen voimistuminen})$$

$$v_{w,1}^{runko} = k_1^{runko} \cdot \max(v_{w,95}^{per,x}, v_{w,95}^{per,y}) = 0,23 \text{ mm/s} \quad (\text{Rungon värähtelyn yleinen voimistuminen})$$

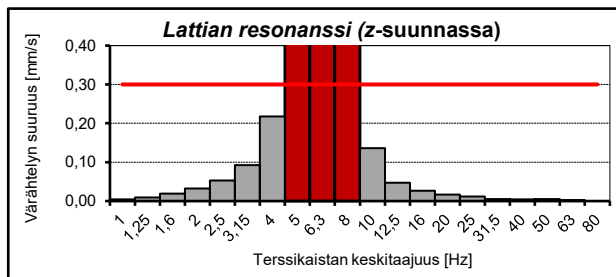
Resonanssitarkastelu

Rungon resonanssitarkastelu tehdään perustuksen värähtelyn vaakakomponentin perusteella käyttäen resonanssikerrointa $k_2 = 4$. Lattian resonanssitarkastelu tehdään perustuksen värähtelyn pystykomponentin perusteella käyttäen resonanssikerrointa $k_2 = 6$.

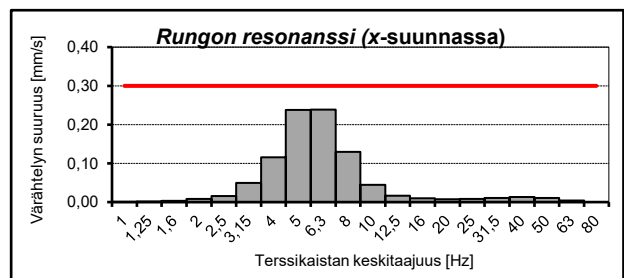
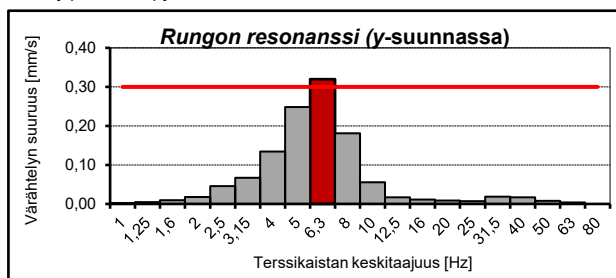
$$v_{w,2}^{lattia} = k_2^{lattia} \cdot v_{w,j}^{per,z} = 1,1 \text{ mm/s} \quad (\text{Lattian värähtelyn suurin resonanssi})$$

$$v_{w,2}^{runko} = k_2^{runko} \cdot v_{w,j}^{per,x/y} = 0,32 \text{ mm/s} \quad (\text{Rungon värähtelyn suurin resonanssi})$$

Pystysuuntaisen (z-akseli) lattian resonanssin (pylväät) voimakkuus terssikaistoittain. Suositusarvon (punainen viiva) ylittävät terssikaistat on esitetty punaisilla pylväillä.



Vaakasuurtaisten (y- ja x-akseli) rungon resonanssin (pylväät) voimakkuudet terssikaistoittain. Suositusarvon (punainen viiva) ylittävät terssikaistat on esitetty punaisilla pylväillä.



Rungon tai lattian resonanssia voi esiintyä silloin, kun maaperän tärinän hallitseva taajuuskomponentti osuu lattian tai rungon ominaistaajuudelle. Mahdollinen resonanssi voidaan välttää värähtely-suunnittelulla mitoittamalla välipohjien ja rungon rakenteet huomioimalla maaperän tärinä.

Mittauspisteen kuvaus:
 Mittausjakso:

Kolmiaksaalinen mittaus maasta
 4.-13.4.2023

Maasta mitatut tunnusluvut

$$v_{z,w,95} = 0,26 \text{ mm/s}$$

$$v_{y,w,95} = 0,15 \text{ mm/s}$$

$$v_{x,w,95} = 0,12 \text{ mm/s}$$

MP 3

Maasta perustukseen siirtyvä värähtely

$$v_{w,95}^{per,z} = 0,26 \text{ mm/s}$$

$$v_{w,95}^{per,y} = 0,15 \text{ mm/s}$$

$$v_{w,95}^{per,x} = 0,12 \text{ mm/s}$$

Tärinän yleinen voimistuminen rakennuksessa

Yleinen voimistuminen määritetään perustuksen värähtelyn vaak- (runko) ja pystykomponentin (lattia) perusteella käyttämällä voimistumiskerrointa $k_1 = 1,5$.

$$v_{w,1}^{lattia} = k_1^{lattia} \cdot v_{w,95}^{per,z} = 0,4 \text{ mm/s} \quad (\text{Lattian värähtelyn yleinen voimistuminen})$$

$$v_{w,1}^{runko} = k_1^{runko} \cdot \max(v_{w,95}^{per,x}, v_{w,95}^{per,y}) = 0,23 \text{ mm/s} \quad (\text{Rungon värähtelyn yleinen voimistuminen})$$

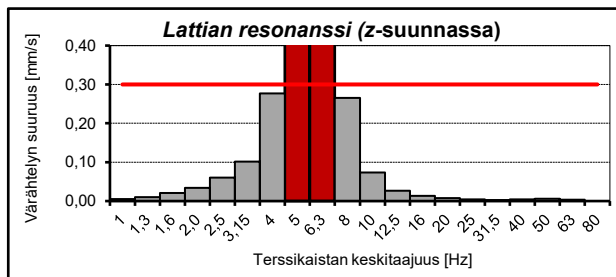
Resonanssitarkastelu

Rungon resonanssitarkastelu tehdään perustuksen värähtelyn vaakakomponentin perusteella käyttäen resonanssikerrointa $k_2 = 4$. Lattian resonanssitarkastelu tehdään perustuksen värähtelyn pystykomponentin perusteella käyttäen resonanssikerrointa $k_2 = 6$.

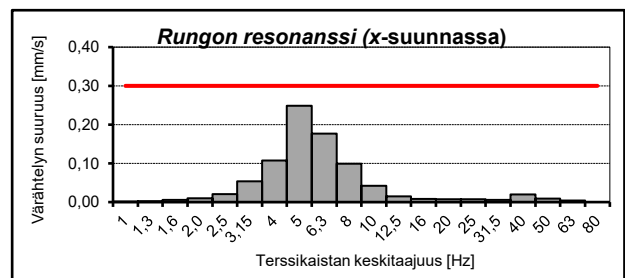
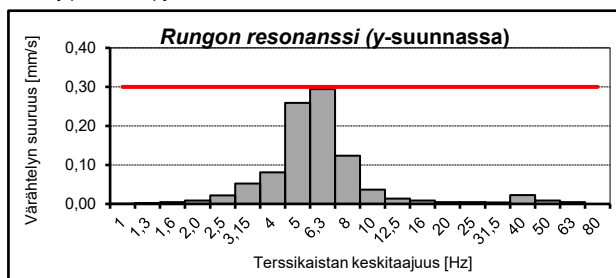
$$v_{w,2}^{lattia} = k_2^{lattia} \cdot v_{w,j}^{per,z} = 0,9 \text{ mm/s} \quad (\text{Lattian värähtelyn suurin resonanssi})$$

$$v_{w,2}^{runko} = k_2^{runko} \cdot v_{w,j}^{per,x/y} = 0,29 \text{ mm/s} \quad (\text{Rungon värähtelyn suurin resonanssi})$$

Pystysuuntaisen (z-akseli) lattian resonanssin (pylväät) voimakkuus terssikaistoittain. Suositusarvon (punainen viiva) ylittävät terssikaistat on esitetty punaisilla pylväillä.



Vaakasuurtaisten (y- ja x-akseli) rungon resonanssin (pylväät) voimakkuudet terssikaistoittain. Suositusarvon (punainen viiva) ylittävät terssikaistat on esitetty punaisilla pylväillä.



Rungon tai lattian resonanssia voi esiintyä silloin, kun maaperän tärinän hallitseva taajuuskomponentti osuu lattian tai rungon ominaistaajuudelle. Mahdollinen resonanssi voidaan välttää värähtely-suunnittelulla mitoittamalla välipohjien ja rungon rakenteet huomioimalla maaperän tärinä.

Mittauspisteen kuvaus:
 Mittausjakso:

Kolmiaksaalinen mittaus maasta
 4.-13.4.2023

Maasta mitatut tunnusluvut

$$v_{z,w,95} = 0,2 \text{ mm/s}$$

$$v_{y,w,95} = 0,41 \text{ mm/s}$$

$$v_{x,w,95} = 0,44 \text{ mm/s}$$

MP 4

Maasta perustukseen siirtyvä värähtely

$$v_{w,95}^{per,z} = 0,2 \text{ mm/s}$$

$$v_{w,95}^{per,y} = 0,41 \text{ mm/s}$$

$$v_{w,95}^{per,x} = 0,44 \text{ mm/s}$$

Tärinän yleinen voimistuminen rakennuksessa

Yleinen voimistuminen määritetään perustuksen värähtelyn vaak- (runko) ja pystykomponentin (lattia) perusteella käyttämällä voimistumiskerrointa $k_1 = 1,5$.

$$v_{w,1}^{lattia} = k_1^{lattia} \cdot v_{w,95}^{per,z} = 0,3 \text{ mm/s} \quad (\text{Lattian värähtelyn yleinen voimistuminen})$$

$$v_{w,1}^{runko} = k_1^{runko} \cdot \max(v_{w,95}^{per,x}, v_{w,95}^{per,y}) = 0,67 \text{ mm/s} \quad (\text{Rungon värähtelyn yleinen voimistuminen})$$

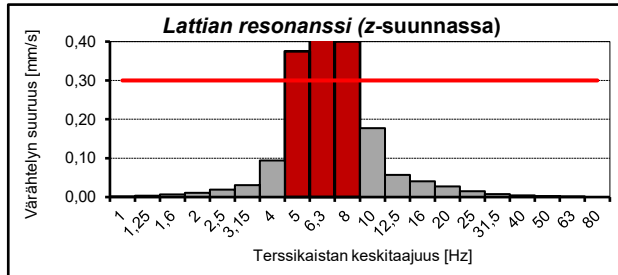
Resonanssitarkastelu

Rungon resonanssitarkastelu tehdään perustuksen värähtelyn vaakakomponentin perusteella käyttäen resonanssikerrointa $k_2 = 4$. Lattian resonanssitarkastelu tehdään perustuksen värähtelyn pystykomponentin perusteella käyttäen resonanssikerrointa $k_2 = 6$.

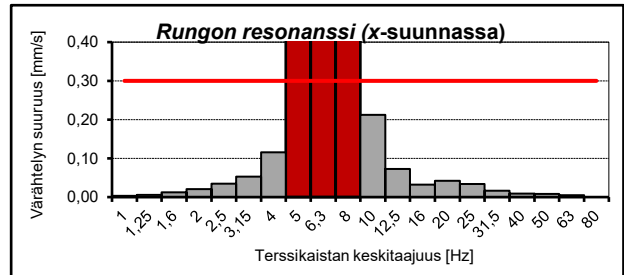
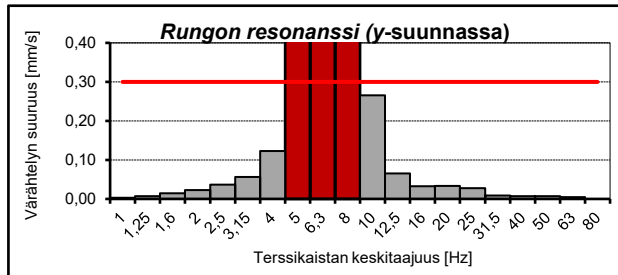
$$v_{w,2}^{lattia} = k_2^{lattia} \cdot v_{w,j}^{per,z} = 0,55 \text{ mm/s} \quad (\text{Lattian värähtelyn suurin resonanssi})$$

$$v_{w,2}^{runko} = k_2^{runko} \cdot v_{w,j}^{per,x/y} = 0,92 \text{ mm/s} \quad (\text{Rungon värähtelyn suurin resonanssi})$$

Pystysuuntaisen (z-akseli) lattian resonanssin (pylväät) voimakkuus terssikaistoittain. Suositusarvon (punainen viiva) ylittävät terssikaistat on esitetty punaisilla pylväillä.



Vaakasuurtaisten (y- ja x-akseli) rungon resonanssin (pylväät) voimakkuudet terssikaistoittain. Suositusarvon (punainen viiva) ylittävät terssikaistat on esitetty punaisilla pylväillä.



Rungon tai lattian resonanssia voi esiintyä silloin, kun maaperän tärinän hallitseva taajuuskomponentti osuu lattian tai rungon ominaistaajuudelle. Mahdollinen resonanssi voidaan välttää värähtely-suunnittelulla mitoittamalla välipohjien ja rungon rakenteet huomioimalla maaperän tärinä.

Mittauspisteen kuvaus: Kolmiaksaalinen mittaus maasta
Mittausjakso: 4.-13.4.2023

Maasta mitatut tunnusluvut

$$\begin{aligned}v_{z,w,95} &= 0 \text{ mm/s} \\v_{y,w,95} &= 0,01 \text{ mm/s} \\v_{x,w,95} &= 0,01 \text{ mm/s}\end{aligned}$$

MP 5

Maasta perustukseen siirtyvä värähtely

$$\begin{aligned}v_{w,95}^{per,z} &= 0 \text{ mm/s} \\v_{w,95}^{per,y} &= 0 \text{ mm/s} \\v_{w,95}^{per,x} &= 0 \text{ mm/s}\end{aligned}$$

Tärinän yleinen voimistuminen rakennuksessa

Yleinen voimistuminen määritetään perustuksen värähtelyn vaak- (runko) ja pystykomponentin (lattia) perusteella käyttämällä voimistumiskerrointa $k_1 = 1,5$.

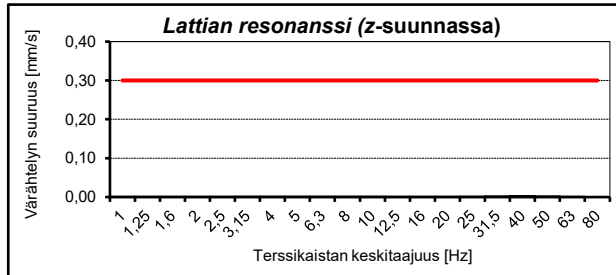
$$\begin{aligned}v_{w,1}^{lattia} &= k_1^{lattia} \cdot v_{w,95}^{per,z} = 0 \text{ mm/s} \quad (\text{Lattian värähtelyn yleinen voimistuminen}) \\v_{w,1}^{runko} &= k_1^{runko} \cdot \max(v_{w,95}^{per,x}, v_{w,95}^{per,y}) = 0,01 \text{ mm/s} \quad (\text{Rungon värähtelyn yleinen voimistuminen})\end{aligned}$$

Resonanssitarkastelu

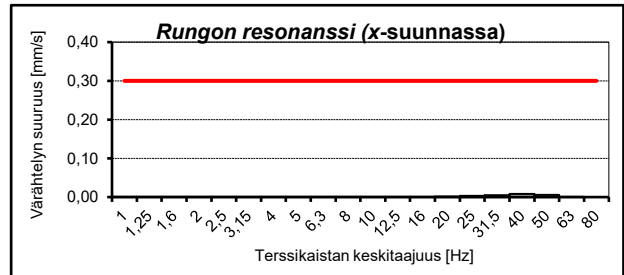
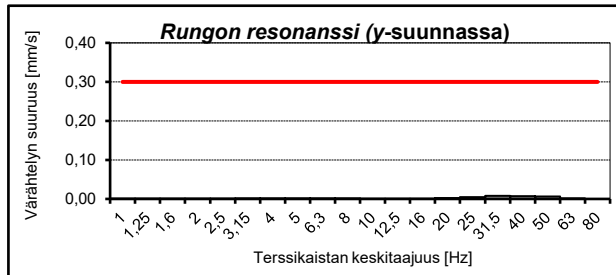
Rungon resonanssitarkastelu tehdään perustuksen värähtelyn vaakakomponentin perusteella käyttäen resonanssikerrointa $k_2 = 4$. Lattian resonanssitarkastelu tehdään perustuksen värähtelyn pystykomponentin perusteella käyttäen resonanssikerrointa $k_2 = 6$.

$$\begin{aligned}v_{w,2}^{lattia} &= k_2^{lattia} \cdot v_{w,j}^{per,z} = 0 \text{ mm/s} \quad (\text{Lattian värähtelyn suurin resonanssi}) \\v_{w,2}^{runko} &= k_2^{runko} \cdot v_{w,j}^{per,x/y} = 0,01 \text{ mm/s} \quad (\text{Rungon värähtelyn suurin resonanssi})\end{aligned}$$

Pystysuuntaisen (z-akseli) **lattian resonanssin** (pylväät) voimakkuus terssikaistoittain. Suositusarvon (punainen viiva) ylittävät terssikaistat on esitetty punaisilla pylväillä.



Vaakasuurtaisten (y- ja x-akseli) **runгон resonanssin** (pylväät) voimakkuudet terssikaistoittain. Suositusarvon (punainen viiva) ylittävät terssikaistat on esitetty punaisilla pylväillä.



Rungon tai lattian resonanssia voi esiintyä silloin, kun maaperän tärinän hallitseva taajuuskomponentti osuu lattian tai rungon ominaistaajuudelle. Mahdollinen resonanssi voidaan välttää värähtely-suunnittelulla mitoittamalla välipohjien ja rungon rakenteet huomioimalla maaperän tärinä.

Mittauspisteen kuvaus: Kolmiaksaalinen mittaus maasta
Mittausjakso: 4.-13.4.2023

Maasta mitatut tunnusluvut

$$v_{z,w,95} = 0,01 \text{ mm/s}$$

$$v_{y,w,95} = 0,08 \text{ mm/s}$$

$$v_{x,w,95} = 0,05 \text{ mm/s}$$

MP 6

Maasta perustukseen siirtyvä värähtely

$$v_{w,95}^{per,z} = 0,01 \text{ mm/s}$$

$$v_{w,95}^{per,y} = 0,02 \text{ mm/s}$$

$$v_{w,95}^{per,x} = 0,02 \text{ mm/s}$$

Tärinän yleinen voimistuminen rakennuksessa

Yleinen voimistuminen määritetään perustuksen värähtelyn vaak- (runko) ja pystykomponentin (lattia) perusteella käyttämällä voimistumiskerrointa $k_1 = 1,5$.

$$v_{w,1}^{lattia} = k_1^{lattia} \cdot v_{w,95}^{per,z} = 0,01 \text{ mm/s} \quad (\text{Lattian värähtelyn yleinen voimistuminen})$$

$$v_{w,1}^{runko} = k_1^{runko} \cdot \max(v_{w,95}^{per,x}, v_{w,95}^{per,y}) = 0,03 \text{ mm/s} \quad (\text{Rungon värähtelyn yleinen voimistuminen})$$

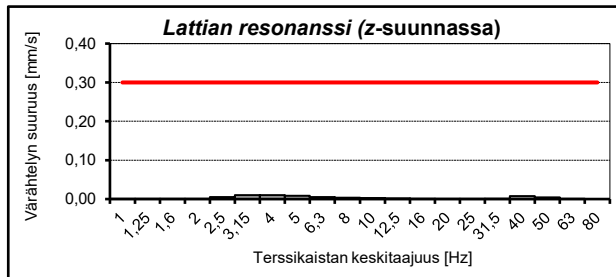
Resonanssitarkastelu

Rungon resonanssitarkastelu tehdään perustuksen värähtelyn vaakakomponentin perusteella käyttäen resonanssikerrointa $k_2 = 4$. Lattian resonanssitarkastelu tehdään perustuksen värähtelyn pystykomponentin perusteella käyttäen resonanssikerrointa $k_2 = 6$.

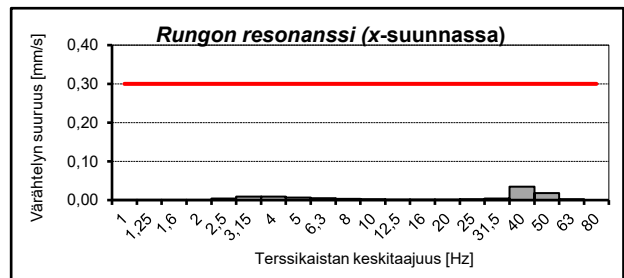
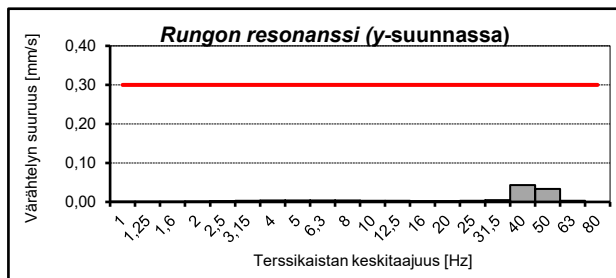
$$v_{w,2}^{lattia} = k_2^{lattia} \cdot v_{w,j}^{per,z} = 0,01 \text{ mm/s} \quad (\text{Lattian värähtelyn suurin resonanssi})$$

$$v_{w,2}^{runko} = k_2^{runko} \cdot v_{w,j}^{per,x/y} = 0,04 \text{ mm/s} \quad (\text{Rungon värähtelyn suurin resonanssi})$$

Pystysuuntaisen (z-akseli) **lattian resonanssin** (pylväät) voimakkuus terssikaistoittain. Suositusarvon (punainen viiva) ylittävät terssikaistat on esitetty punaisilla pylväillä.



Vaakasuurtaisten (y- ja x-akseli) **rungon resonanssin** (pylväät) voimakkuudet terssikaistoittain. Suositusarvon (punainen viiva) ylittävät terssikaistat on esitetty punaisilla pylväillä.



Rungon tai lattian resonanssia voi esiintyä silloin, kun maaperän tärinän hallitseva taajuuskomponentti osuu lattian tai rungon ominaistaajuudelle. Mahdollinen resonanssi voidaan välttää värähtely-suunnittelulla mitoittamalla välipohjien ja rungon rakenteet huomioimalla maaperän tärinä.

TÄRINÄN JA RUNKOMELUN VERTAILUARVOT

VAURIORISKI

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 herkätk rakennukset tai rakenteet ja kulttuurihistoriallisesti tai yhteiskunnallisesti merkittävät rakennukset.	< 10	2
	10...30	3
	> 30	4

ASUMISVIIHTYVYYS

Ympäristöministeriön asetuksessa rakennuksen ääniympäristöstä annetun ympäristöministeriön asetuksen 5 ja 6 §:n muuttamisesta (360/2019) on kirjoitettu: ”Rakennuksen, jossa on asuntoja tai majoitus- tai potilashuoneita, runkoääni- ja tärinäeristys sekä opetus-, kokous-, ruokailu-, hoito-, harrastus-, liikunta- ja toimistotilojen melun- ja tärinäntorjunta on suunniteltava ja toteutettava tilan käyttötarkoitus huomioon ottaen.”

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

Taulukko 2. VTT:n tiedotteessa 2278 ”Suositus liikennetärinän mittaamisesta ja luokitukselta” annettu suositus normaalien asuinrakennusten värähtelyluokitukselta.

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

RUNKOMELU

Suomessa ei ole virallisia raja-arvoja runkomelun enimmäistasolle. VTT:n tiedotteessa 2468 ”Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi”, 2009, on esitetty suositus runkomelutasojen raja-arvoiksi. Suositusarvot on esitetty taulukossa 3.

Taulukko 3. VTT:n tiedotteessa 2468 ”Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi, 2009” esitetty suositus runkomelutasojen raja-arvoiksi.

Rakennustyyppi	Runkomelutaso L_{prm} [dB(A)]
Radio-, tv- ja äänitysstudiot, konserttitalit	25–30
Asuinhuoneistot	30/35*
Hoito- ja sosiaalihuollon laitokset, majoitustilat <ul style="list-style-type: none">potilashuoneet, majoitustilatpäiväkodit, lasten ja henkilökunnan oleskeluun tarkoitettut huoneet	30/35*
Kokoontumis- ja opetustilat <ul style="list-style-type: none">luokkahuoneet, luentosalit, kirkot ja muut huonetilat, joissa edellytetään yleisön saavan hyvin puheesta selvää ilman äänentoistolaitteiden käyttöämuut kokoontumistilat, kuten teatterit ja kirjastot	35
Toimistot, kaupat, näyttelytilat, museot	40/45*

* Avoradat. Mikäli kaavamääräyksessä on annettu ohje julkisivun ilmäääneneristävydestä, on VTT:n ohjeen mukaan suositeltavaa käyttää runkomelutason tiukempaa raja-arvoa.