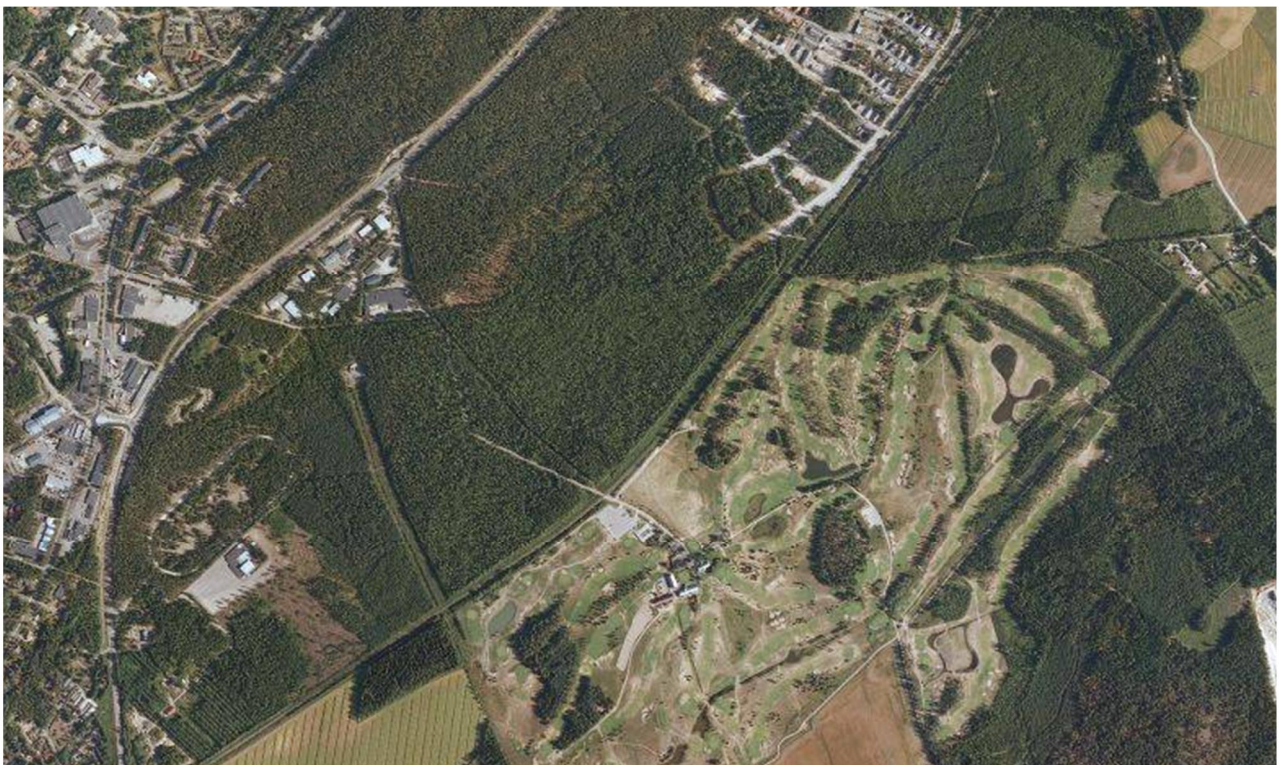


Vastaanottaja
Lohjan kaupunki

Päivämäärä
25.6.2012

GUNNARLA, LOHJA SELVITYS RAUTATIELII- KENTEEN AIHEUTTAMAN TÄRINÄN VAIKUTUKSESTA



GUNNARLA, LOHJA
SELVITYS RAUTATIELIIKENTEEN AIHEUTTAMAN
TÄRINÄN VAIKUTUKSESTA

Tarkastus
Päivämäärä 25/06/2012
Laatija Kirsi Koivisto
Kuvaus Tärinäselvitys

Viite 82141930

SISÄLTÖ

1.	Tehtävä	1
2.	Tutkimuskohde	1
2.1	Tutkimuskohteen sijainti	1
2.2	Pohjasuhteet	2
3.	Junaliikenne tarkastelukohdalla	2
4.	Junaliikenteen aiheuttama värinä	3
4.1	Tärinämittaukset	3
4.2	Tärinän raja-arvot	3
4.3	Tärinän leviäminen	4
5.	Tärinähaittojen ehkäiseminen	7
6.	Johtopäätökset ja suositukset jatkotoimenpiteiksi	8

1. TEHTÄVÄ

Lohjan kaupungin toimeksiannosta Ramboll Finland Oy on tehnyt selvityksen rautatieliikenteen aiheuttamista tärinähaitoista ja arvioinut mahdollisesti tarvittavia suojaustoimenpiteitä Lohjan Gunnarlassa.

Selvitys on toteutettu noudattaen VTT:n ohjeita *"Ohjeita liikennetärinän arviointiin"*, *"Suositus liikennetärinän arvioimiseksi maankäytön suunnittelussa"*, *"Suositus liikennetärinän mittaamisesta ja luokituksesta"* ja *"Rautatieliikenteen tärinän vaikutus rakenteisiin - vaurioalttiuden kartoittaminen ja mittaaminen"*.

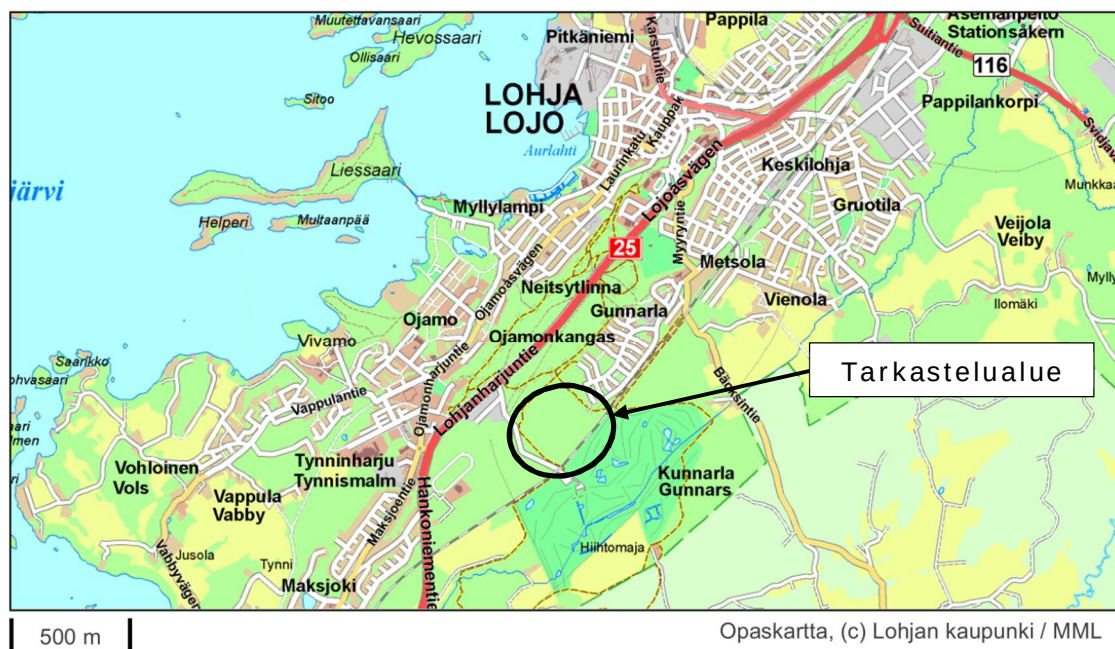
2. TUTKIMUSKOHDE

2.1 Tutkimuskohteen sijainti

Tarkasteltava alue sijaitsee Lohjan kaupungissa, Gunnarlan kaupunginosassa. Alue sijoittuu Hyvinkää-Karjaa –radan länsipuolelle ratakilometrivälille noin 128+800...129+600. Alue rajoittuu luoteessa Lohjanharjuntiehen ja lounaassa Kaivurinkatuun. Tutkimuskohteen sijainti on esitetty kuvassa 1.

Tarkasteltavalla alueella ei toistaiseksi ole olemassa olevia asuinrakennuksia. Alueelle laaditaan uutta, 200 pientalon asemakaavaa, jonka mukaisesti tulevia asukkaita alueella tulee olemaan n. 600. Lähimmäs rataa suunniteltujen asuinrakennusten etäisyys radasta on noin 70 m.

Tarkastelualueen koillispuolella on olemassa oleva asuinalue, jolla on pientaloasutusta. Ko. alueelle on tehty tärinäselvitys vuonna 2005.

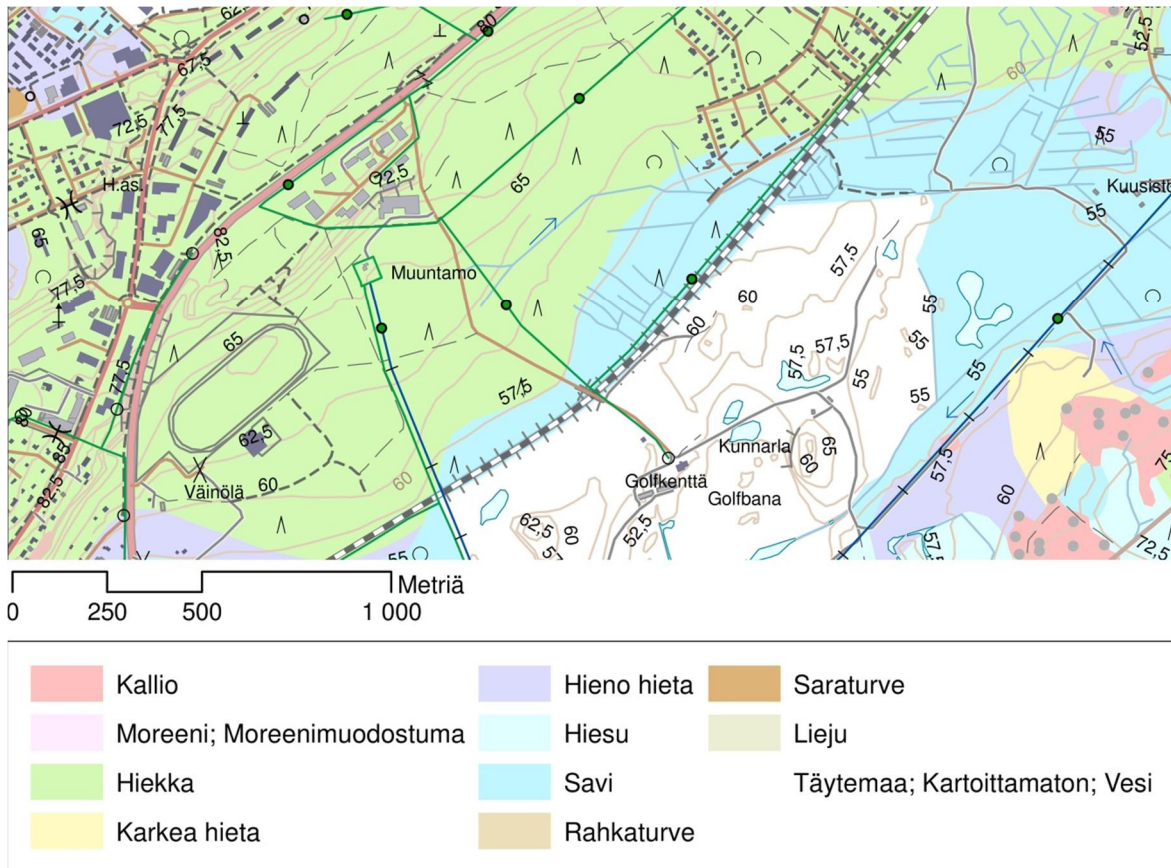


Kuva 1. Tärinäselvityksen tarkastelualue, Hyvinkää-Karjaa –rata: km 128+800...129+600, Gunnarla, Lohja.

2.2 Pohjasuhteet

Hyvinkää-Karjaa-rata kulkee tarkasteltavan Gunnarlan alueen kaakkoispuolella. Maaperäkartan (kuva 2) mukaan rata on tarkasteltavan alueen kohdalla perustettu savikolle.

Maaperä tarkasteltavan asuinalueen kaakkoisosassa, radan varressa, on savikkoa, joka luoteeseen kuljettaessa muuttuu hiekkaiseksi harjumuodostelmaksi.



Kuva 2. Lohjan Gunnarlan maaperäkartta. Lähde:GTK.

3. JUNALIIKENNE TARKASTELUKOHDALLA

Rataosuus välillä Hyvinkää-Karjaa on yksiraiteinen ja sähköistämätön. Liikenne rataosuudella on harvaa, enimmillään noin 10 junaa/vrk. Liikenne koostuu pelkästään tavaliikenteestä.

Tarkastelukohdalla kaikilla junilla on 80 km/h nopeusrajoitus.

Rata on perustettu maanvaraisesti ja kulkee tarkastelukohdalla pääosin savesta koostuvalla maaperällä.

4. JUNALIIKENTEEN AIHEUTTAMA TÄRINÄ

4.1 Tärinämittaukset

Käytössä ovat olleet Gunnarlan alueella 18.-26.1.2005 Finnrock Oy:n tekemät tärinämittaukset, jotka on tehty tämän selvityksen tarkastelualueen koillispuolella olevalla asuinalueella. Tässä selvityksessä tehdyt tarkastelut perustuvat vuoden 2005 mittauksissa mittauslinjalla 2 sijainneisiin mittauspisteisiin mp 4, mp 5 ja mp 6 (mittauspisteet etäisyyksillä 30 m, 70 m ja 100 m radasta, liite 2). Mittauslinjan 2 mittausten arvioitiin melko hyvin kuvastavan myös tämän selvityksen tarkastelualueen värähtelyjä, sillä maaperäolosuhteet maaperäkartan perusteella pysyvät samantyyppisinä mittauslinjan 2 ja tämän selvityksen tarkastelualueen lounaisrajan välillä.

Mittaukset on tehty taajuuspainotettuina tehollisarvoina ($v_{w,RMS}$) luonnontilaisen maan pintakerroksesta kolmessa suunnassa: z (aikaisemmin V, pystysuuntainen heilahdusnopeus), x (aik. L, radan suuntainen heilahdusnopeus) ja y (aik. T, rataa vastaan koh-tisuora heilahdusnopeus).

4.2 Tärinän raja-arvot

Tärinän arvioinnissa on käytetty VTT:n (2004) tärinäsuositusta, joka perustuu norjalaiseen tärinäluokitukseen NS 8176 (1999). Suositusarvo esitetään ihmisen kokemuksen mukaan taajuuspainotettuna tehollisarvona, joka toteutuu 95 % tilastollisella todennäköisyydellä (taulukko 1).

Taulukon 1 luokitus perustuu ihmisen kokeman tärinän häiritsevyyteen. Luokitusta ei sovelleta rakennuksille, joissa ihmiset ovat pääasiassa liikkeessä tai muut kuin liikenteestä aiheutuvat häiriöt voivat olla merkittävämpiä (esim. toimistot, kaupat, kahvilat, ostoskeskukset, tavaratalot, liikuntatilat) (NS 2005).

Tehollisarvo, jossa yksittäiset huippuarvot tasoittuvat, kuvaa paremmin tärinän aiheuttamaa haittaa ihmisen häiriintymiselle kuin huippuarvo, joka soveltuu paremmin rakenteiden vaurioitumistarkasteluihin. Tärinän tehollisarvo vastaa ajattelutavaltaan jossain määrin melumittauksen keskiarvoistettua ekvivalenttia-arvoa. Yleensä rautatietärinän taajuuspainotettu heilahdusnopeuden tehollisarvo on noin 50 % tärinän huippuarvosta. Mikäli hallitseva värähtelytaajuus on tiedossa, voidaan heilahdusnopeuden huippuarvot muuntaa taajuuspainotetuiksi tehollisarvoiksi yhtälöllä 1 (VTT 2004).

Taulukko 1. Suositus rakennusten värähtelyluokituksesta (VTT 2004).

Värähtely-luokka	Kuvaus värähtelyolosuhteista	Taajuuspainotettu tehollisarvo $v_{rms,95}$ [mm/s]
A	Hyvät asuinolosuhteet	$\leq 0,10$
B	Suhteellisen hyvät olosuhteet	$\leq 0,15$
C	Suositus uusien rakennusten ja väylien suunnittelussa	$\leq 0,30$
D	Olosuhteet, joihin pyritään vanhoilla asuinalueilla	$\leq 0,60$

$$v_w \leq 0,55 \cdot v_{\max} \cdot \sqrt{1 + \left(\frac{f_0}{f}\right)^2} \quad (1)$$

missä v_w on taajuuspainotettu tehollisarvo
 $v_{\max}$ heilahdusnopeuden huippuarvo
 f_0 5,6 Hz
 f hallitseva värähtelytaajuus

Tärinän laskennalliset tarkastelut on tehty rautatieliikenteen tärinän arvioimiseen kehitetyllä ennustusmallilla (VTT 2002).

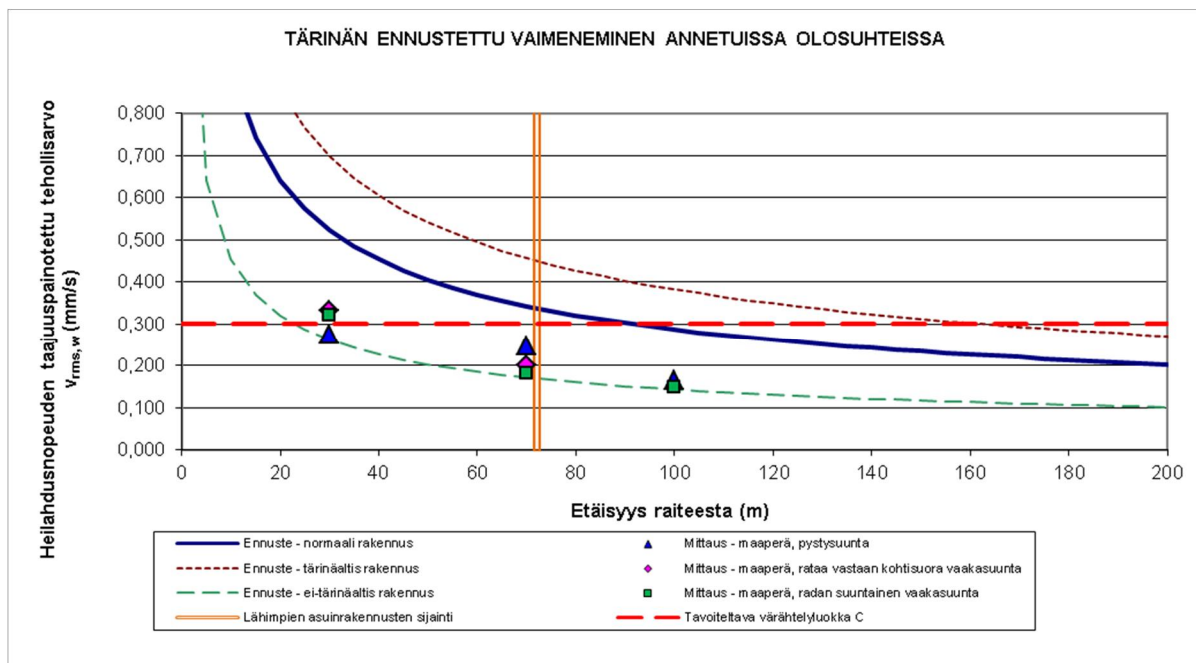
4.3 Tärinän leviäminen

Tärinän leviämisen arviointi nykytilanteessa (nopeusrajoitus kaikilla junilla 80 km/h) on tehty perustuen Finnrock Oy:n vuonna 2005 tekemiin mittauksiin. Laskenta on esitetty liitteessä 1.

Kuvassa 3 on esitetty nykytilanteessa arvioitu tärinän leviäminen sekä maasta mitatut heilahdusnopeuden arvot värähtelyn tunnuslukuna $v_{w,95}$. Käyrä esittää rakennuksen pohjakerroksen lattiatasossa ennustettua suurinta värähtelyn tunnuslukua.

Mitatut värähtelyn tunnusluvut on esitetty taulukossa 2. Taulukossa 3 on esitetty arviot tasaiseen voimistumiseen perustuvasta lattian ja rungon värähtelystä. Taulukossa 1 esitettyjen värähtelyluokkien etäisyydet radasta on esitetty taulukossa 4.

Nykytilanteessa rataa lähinnä suunniteltujen rakennusten tärinä ylittää uusille rakennuksille asetetun raja-arvon C (0,3 mm/s).



Kuva 3. Lohja, Gunnarla. Arvioitu tärinän heilahdusnopeus rakennuksissa etäisyyden suhteen.

Ennustekäyrien ja maaperäolosuhteiden mukaan tulkitut rajaukset asuinrakentamisen kannalta on esitetty liitteessä 2 olevalla tärinäaluekartalla.

Välittömästi radan vieressä sijaitseva alue, jota ei suositella asuinrakentamiselle (tärinän tunnusluku $v_{w,95}$ voi ylittää arvon 0,6 mm/s) ulottuu enimmillään n. 25 m etäisyydelle radan keskikohdasta. Alueelle ei tarkasteltavassa Gunnarlan kaavaluonnoksessa ole suunniteltu asutusta.

Värähtelyluokan D alue (tärinän tunnusluvun $v_{w,95}$ oltava $< 0,6$ mm/s) alkaa n. 25 m etäisyydeltä radasta ja ulottuu n. 90 m etäisyydelle. Alueella vallitsevat tärinäolosuhteet, joihin pyritään vanhoilla asuinalueilla. Värähtelyluokan D alueelle ei tulisi rakentaa uusia asuinrakennuksia.

Värähtelyluokan C alue (tärinän tunnusluvun $v_{w,95}$ oltava $< 0,3$ mm/s) alkaa n. 90 m etäisyydeltä radasta. Värähtelyluokan C alueelle voidaan rakentaa uusia asuinrakennuksia ilman, että tulevat asukkaat kohtuuttomasti häiriintyvät junaliikenteen aiheuttamasta tärinästä.

Gunnarlan kaavaluonnoksen alue, jolla värähtely ei häiritse asumista, alkaa n. 90 m etäisyydeltä radasta. Koska asuintontteja on asemakaavassa kaavoitettu jo 70 m etäisyydelle radasta, on värähtelyjä pienennettävä asuntojen rakenteisiin vaikuttavilla toimenpiteillä tai muilla tärinää vaimentavilla rakenteilla, tai korttelialueita on siirrettävä ko. etäisyydelle radasta.

Taulukko 2. Lohja, Gunnarla. Värähtelyn tunnusluvut vuoden 2005 mittauksista.

Maan värähtely		Mitattu tunnusluku $v_{w,95}$ (mm/s)		
Mittauspiste	Etäisyys radasta (m)	x (L)	y (T)	z (V)
MP 4	30	0,32	0,33	0,28
MP 5	70	0,18	0,20	0,25
MP 6	100	0,15		0,17

Taulukko 3. Lohja, Gunnarla. Arvio tasaiseen voimistumiseen perustuvasta lattian ja rungon värähtelystä v. 2005 mittauksen perusteella.

Rakennuksen värähtely		Arvioitu tunnusluku $v_{w,95}$ (mm/s, $k_1 = 1,5$)		
Mittauspiste	Etäisyys radasta (m)	Runko x-suunta	Runko y-suunta	Lattia z-suunta
MP 4	30	0,48	0,50	0,41
MP 5	70	0,27	0,30	0,37
MP 6	100	0,22		0,25

Taulukko 4. Lohja, Gunnarla. Ohjearvoaluiden etäisyys radasta tavanomaisella rakennuksella.

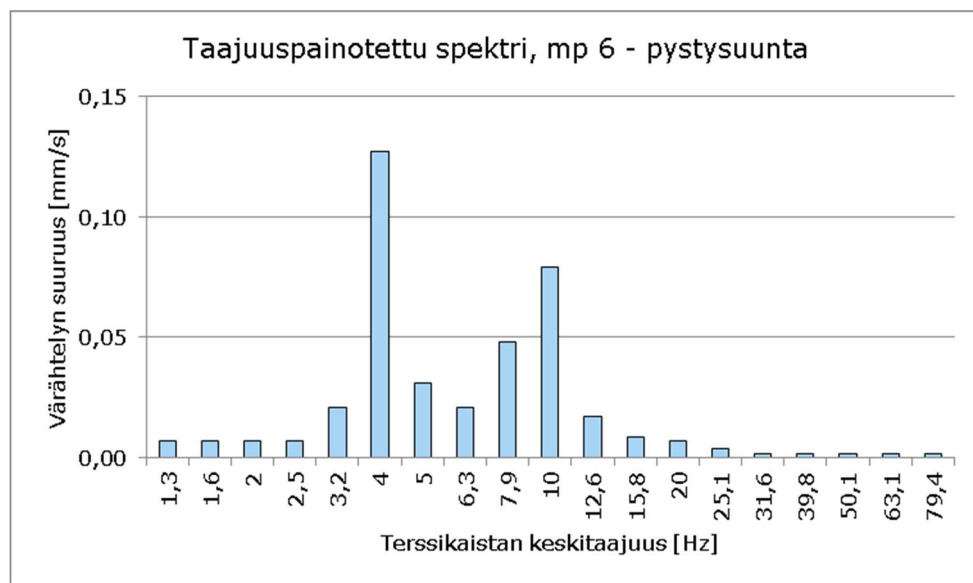
Alue	Etäisyys (m)
D	25
C	90
B	> 200
A	> 200

Mitatun värähtelyn taajuussisältöä on tarkasteltu mittauspisteessä 6. Kuvissa 4 ja 5 on esitetty maan värähtelyn taajuussisältö terssikaistoittain suunnissa z ja x. Kuvista nähdään, että hallitsevat taajuudet sijoittuvat 4 ja 10 Hz terssikaistoille.

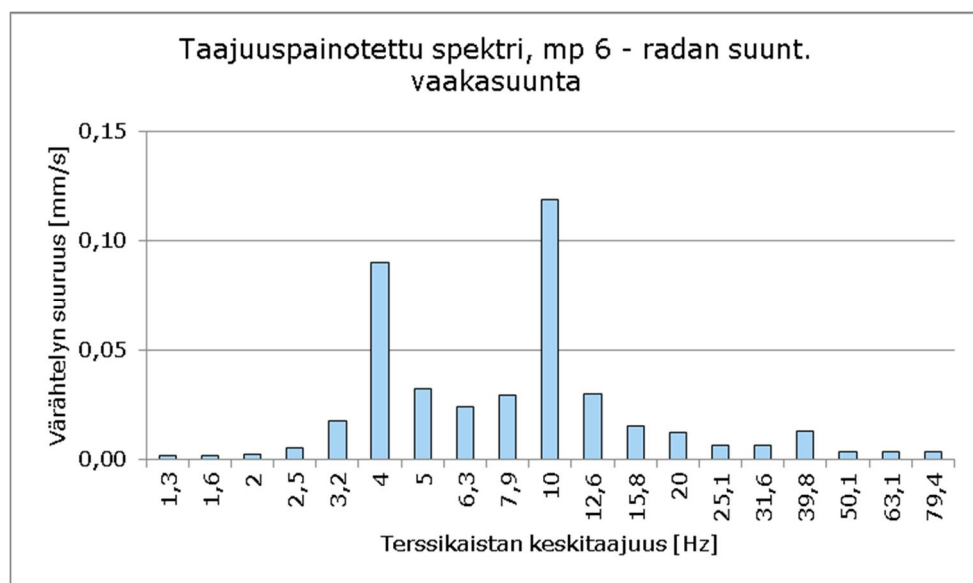
Kuvissa 6 ja 7 on tarkasteltu rungon vaakavärähtelyn ja lattian pystyvärähtelyn suuruutta resonanssitapauksissa 1/3 oktaavikaistoittain. Rakennusten runko ja lattia tulee suunnitella siten, että niiden ominaistajuus ei satu värähtelyn dominoivalle taajuusalueelle.

Kuvan 6 perusteella ehto $v_w \leq 0,3 \text{ mm/s}$ toteutuu rakennuksen rungolla, jos rungon ominaistajuus ei osu terssikaistoille 4 tai 10 Hz.

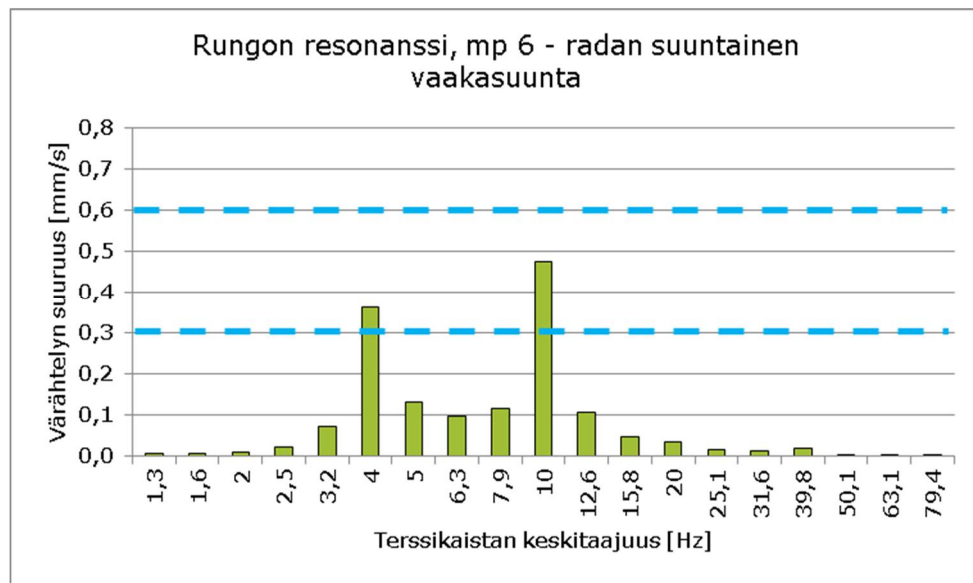
Kuvan 7 perusteella ehto $v_w \leq 0,3 \text{ mm/s}$ toteutuu lattioilla, mikäli lattian ominaistajuus ei satu terssikaistoille 4 tai 7,9...10 Hz.



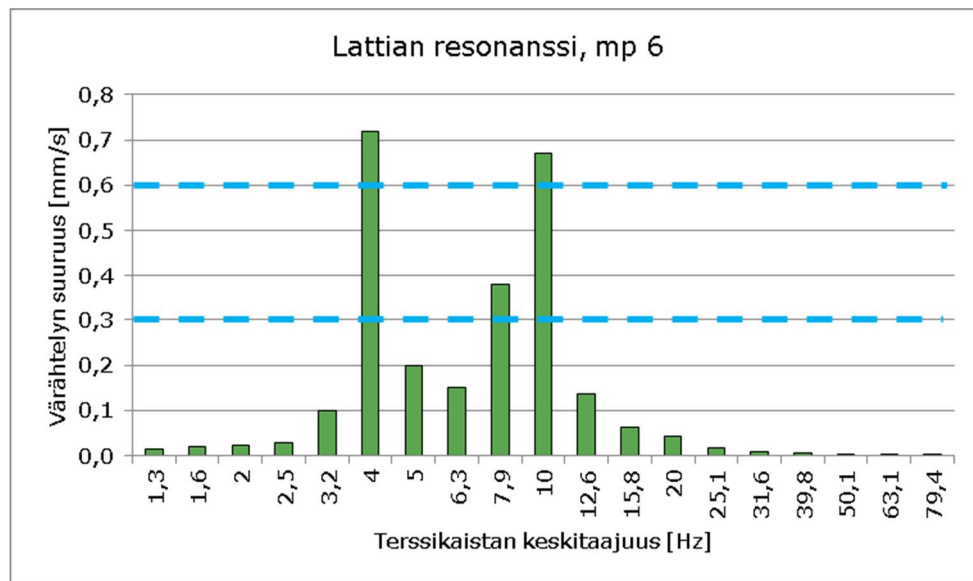
Kuva 4. Lohja, Gunnarla. Maan värähtelyspektri suunnassa z.



Kuva 5. Lohja, Gunnarla. Maan värähtelyspektri suunnassa x.



Kuva 6. Lohja, Gunnarla. Rungon resonanssin värähtelyspektri suunnassa x.



Kuva 7. Lohja, Gunnarla. Lattian resonanssin värähtelyspektri suunnassa x.

5. TÄRINÄHAITTOJEN EHKÄISEMINEN

Tärinähaittojen vähentäminen rakentamisen jälkeen on yleensä hankalaa ja kallista. Näin ollen helpointa on huomioida värähtelyjen vaikutus jo kaavoitus- ja rakentamisvaiheessa.

Lattian rakennesuunnittelussa valitaan lattian tyyppi ja jänneväli siten, että resonanssissa värähtely jää asetettua värähtelyrajaa pienemmäksi. Yleensä lattian resonanss-suunnittelussa lattian ominaistajuus suunnitellaan dominoivaa taajuusaluea suuremmaksi (alempaan taajuusalueen käyttö edellyttää monesti niin suurta jänneväliä, että lattian muut mitoituskriteerit eivät täyty). Lattian ominaistajuuden tulisi siis olla 10 Hz terssikaistaa suurempi (> 11 Hz).

Rungon värähtelysuunnittelussa voidaan ominaistaajuuteen vaikuttaa helpoiten valitsemalla rakennuksen korkeus siten, että resonanssissa ylimmän kerroksen vaakavärähtely jää alle 0,3 mm/s. Yksikerroksisilla rakennuksilla rungon resonanssilla ei ole mitoitettavaa merkitystä, vaan niiden osalta tarkastellaan ainoastaan lattian resonanssia.

Koska useampikerroksisilla rakennuksilla rungon ominaistaajuus ei saa osua terssikaistoille 4 tai 10 Hz, tulisi rakennusten taulukon 5 perusteella olla joko 1- tai yli 5-kerroksisia. Koska Gunnarlaan kaavoitettavaa asuinalueetta on suunniteltu pientaloalueeksi, tarkoittaa tämä käytännössä sitä, että rakennukset olisi suositeltavaa rajata kaavamääräyksillä 1-kerroksisiksi alle 240 m etäisyydellä radasta. Erityisesti ko. alueella tulee välttää puolitoista- ja kaksikerroksisia puurakenteisia pientaloja, joiden ylemmässä kerroksessa tärinästä muodostuu helposti ongelma.

Taulukko 5. Kokemusperäiseen tietoon (VTT 2008) perustuva rakennuksen kerrosluvun vaikutus ominaistaajuuteen, sekä Lohjan Gunnarlassa tehtyjen tärinämittausten perusteella määritetyt rungon kriittiset ominaistaajuudet.

Kerrosten lukumäärä	Terssikaistan keskitaajuus									
	1,6	2	2,5	3,2	4	5	6,3	7,9	10	12,6
1	ei resonanssimitoitusta									
1½-2						X	X	X	X	
3				X	X	X	X			
4			X	X	X	X				
5		X	X	X	X					
6-7	X	X	X	X						
8	X	X	X							
9-10	X	X								

6. JOHTOPÄÄTÖKSET JA SUOSITUKSET JATKOTOIMENPITEIKSI

Raportissa tehdyt arviot perustuvat vuonna 2005 tehtyihin värähtelymittauksiin (mitauspisteiden sijainti on esitetty liitteessä 2). Tutkimuksen perusteella junaliikenteen aiheuttamat tärinät ylittävät suositusarvot ihmisen häiriöksi kokemalle tärinälle alle 90 m etäisyydellä radasta. Lähimmät asuinrakennukset on suunniteltu kaavoitettavaksi noin 70 m etäisyydelle radasta.

Tärinäriskiä suositetaan vähennettäväksi siirtämällä kaavoitettavan asuinalueen raja 90 m etäisyydelle radasta. Lisäksi rakennukset suositellaan rakennettavaksi yksikerroksisina alle 240 m etäisyydellä radasta, jotta rakennusten rungon resonanssi jää ohjearvojen alapuolelle. Erityisesti ko. alueella tulee välttää puolitoista- ja kaksikerroksisia puurakenteisia pientaloja, joiden ylemmässä kerroksessa tärinästä muodostuu helposti ongelma. Rakennuksen lattian ominaistaajuuden tulisi olla suurempi kuin 11 Hz.

LÄHDEVIITTEET

NS 2005. Norwegian Standard NS 8176.E. Vibration and shock. Measurement of vibration in buildings from landbased transport and guidance to evaluation of its effects on human beings. Lysaker: Standards Norway. 30 s.

VTT 2011. Ohjeita liikennetärinän arviointiin. VTT Tiedotteita 2569. Espoo. 35 s. + liitteet 9 s.

VTT 2008. Rakennukseen siirtyvän liikennetärinän arviointi. VTT Tiedotteita 2425. Espoo. 95 s. + liitteet 69 s.

VTT 2006. Suositus liikennetärinän arvioimiseksi maankäytön suunnittelussa

VTT 2004. Suositus liikennetärinän mittaamisesta ja luokituksesta. VTT Tiedotteita 2278. Espoo. 50 s. + liitteet 15 s.

VTT 2002. Rautatieliikenteen tärinän vaikutus rakenteisiin – Vaurioalttiuden kartoittaminen ja mittaaminen

LIITTEET

- LIITE 1 Tärinän leviäminen nykytilanteessa (kaikilla junilla 80 km/h nopeusrajoitus)
- LIITE 2 Värähtelyluokkien alueet

RAUTATIELIIKENTEEN YMPÄRISTÖTÄRINÄN LASKENTA

RAMBOLL

Gunnarla

Kunta Lohja Rataosa Hyvinkää-Karjaa Km 129+000
Kohde Gunnarla Laskelman laatija Kirsi Koivisto Pvm 26.3.2012

TÄRINÄÄ JOHTAVA MAALAJI

Normaali koheesiomaa (Sa, saSi, Si)

Suljettu leikkauslujuus Painokairausvastus

10...25 kPa

Tärinää johtavan maakerroksen kokonais-
paksuus radan ja tarkastelualueen välillä m 5

TARKASTELTAVAN JUNAN JA RADAN TIEDOT

Tavarajuna

Junan kokonaispaino, G tn 2000

Junan nopeus, s km/h 80

Raiteiden määrä kpl 1

TARKASTELTAVA RAKENNUS

Kohteen etäisyys radan keskeltä m 72

Lisätietoja kohteesta

TAVOITELTAVA TÄRINÄLUOKKA

Värähtelyluokka C

TARKASTELUN PAINOPISTE

Ihmisen kokemaa häiriötä

LASKENNAN VÄRÄHTELYSUURE

Käytettävä suure Tehollisarvo

Määrittäminen mittausten perusteella Kyllä

☒ Arvioidaan huippuarvoja ja tehollisarvoja toistensa avulla

SUOSITELTAVAT LASKENTAPARAMETRIT

Vertailuetäisyys, D_0 m 30

Vertailuheilahdusnopeus, v_0 mm/s 0,276

Nopeuseksponentti, A - 0,89

Etäisyysseksponentti, B - 0,43

SUOSITUSARVOISTA POIKKEAVAT PARAMETRIT

Vertailuheilahdusnopeus, v_0 mm/s 0,31

Nopeuseksponentti, A -

Etäisyysseksponentti, B - 0,5

ENNUSTEARVOT TARKASTELUKOhteessa

Heilahdusnop. taajuuspainotettu tehollisarvo

Tärinäaalttiissa rakennuksessa mm/s 0,451

Tavanomaisessa rakennuksessa mm/s 0,338

Ei-tärinäaalttiissa rakennuksessa mm/s 0,169

ETÄISYYS RADASTA JOLLA TAVOITE TÄYTTYY

Tavoiteltava värähtelyluokka C

Tärinäaalttiissa rakennuksessa m 163

Tavanomaisessa rakennuksessa m 91

Ei-tärinäaalttiissa rakennuksessa m 23

Maaperän ominaistajuus Hz 3,7

LASKENTAKERTOIMET TARKASTELUKOhteessa

Etäisyyskerroin $k_D = 0,65$

Junan nopeudesta johtuva kerroin $k_S = 1,13$

Junan painosta johtuva kerroin $k_G = 1$

Radan kunnosta johtuva kerroin $k_R = 1$

Arviointiriskikerroin $A = 1$

TÄRINÄN ENNUSTETTU VAIMENEMINEN ANNETUISSA OLOSUhteissa

