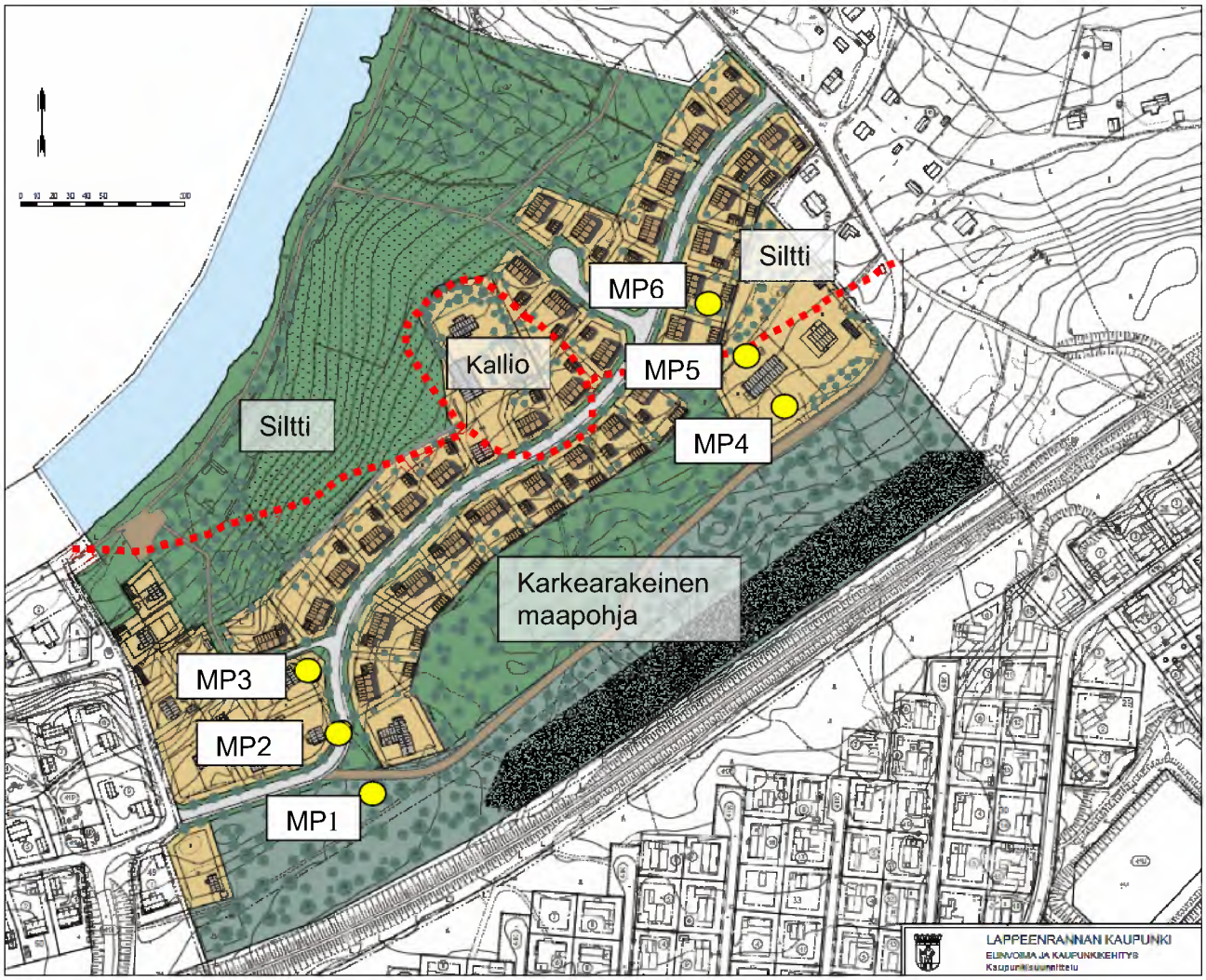
GEOMATTI Oy

Lappeenrannan kaupunki
Elinvoima- ja kaupunkikehitys
Kaupunkisuunnittelu

Asemakaava 41 Laihia
Tärinäselvitys

27.11.2020
Geomatti Oy, työ 416



Havainnekuva, Asemakaava (Laihianranta), ote luonnoksesta 28.10.2020.

SISÄLLYS

1. JOHDANTO 3

2. TÄRINÄSELVITYKSEN PERUSTEET 4

3. TÄRINÄMITTAUKSET 5

4. VÄRÄHTELY RAKENNUKSISSA 8

6. RUNKOMELU 11

7. JUNAN PAINON VAIKUTUS TÄRINÄÄN 12

8. YHTEENVETO JA SUOSITUKSET 13

LIITTEET

1. Tärinän kuvaamisen käsitteitä

1. JOHDANTO

Tärinäselvityksessä tarkastellaan Laihianrannan asemakaavan alueen suunniteltuihin rakennuksiin siirtyvää ihmisille häiritsevää junaliikenteen aiheuttamaa tärinää ja runkomelua. Lisäksi arvioidaan tärinän vaikutusta rakennevaurioihin. Asemakaavaluonnoksen havainnekuva on esitetty kansilehdellä.

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

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

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

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

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

Tarkasteltava Laihianrannan asemakaava-alue on vilkkaasti liikennöidyn Lappeenranta – Vuoksenniska radan läheisyydessä, sen pohjoispuolella.

Radan suurin akselipaino on tällä hetkellä 225 kN. Radan perusparantamisen yhteydessä nostetaan suurin akselipaino tavaraliikenteessä 250 kN:iin. Tavarajunaliikenteen määrä on nykyisin rataosalla 33 – 44 junaa vuorokaudessa. Vuonna 2019 tavaraliikenteen määrä oli noin 4,5 miljoonaa nettotonnia ja henkilöliikenteessä noin 800 000 matkustajaa (Rautatietilastot - Väylävirasto (vayla.fi).

Vuonna 2030 tavarajunien määrän arvioidaan olevan rataosuudella 43–54 junaa vuorokaudessa (Kaksoisraide Imatra – Luumäki, Yleissuunnitelma 2010). Suurimman tärinän radan ympäristössä aiheuttavat yleensä raskaat ja pitkät tavarajunat.

Yleensä radalta ympäristöön leviävä tärinä on suurinta hienorakeisilla maapohjilla lieju-, turve- savi- ja silttikerrostumissa, joita tarkasteltavilla alueilla ei esiinny. Asemakaava-alue on Ensimmäisen Salpausselän rinnealueella ja sen maapohja on maaperäkartan perusteella radan läheisyydessä moreenia, karkearakeista hiekkaa tai soraa, joilla tärinätasot ovat yleensä alhaisempia kuin hienorakeisilla maapohjilla. Keskellä aluetta on kallio lähellä maanpintaa ja kallion molemmin puolin kulkee karkearakeisen maapohjan ja rannan silttialueen (hiesu) raja. Geologisen tutkimuskeskuksen maaperäkartan perusteella määritellyt maakerrosten likimääräiset rajat on esitetty punaisella katkoviivalla kansilehden havainnekuvassa.

Tarkempia pohjatutkimustuloksia ei ole tärinäselvityksen laatimisessa ollut kaava-alueelta käytettävissä. Vaikka radan lähellä kiinteämmillä maapohjilla maapohjan tärinätasot ovat usein alhaisempia, on tärinä yleensä korkeataajuisempaa kuin hienorakeisilla alueilla. Tällöin rakennusten välipohjien resonanssi- ja runkomeluriski voivat kasvaa.

2. TÄRINÄSELVITYKSEN PERUSTEET

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

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

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

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

Tämän tarkastelun lähtökohtana on suosituksen lähinnä arviointitaso 3.

3. TÄRINÄMITTAUKSET

Tärinäselvityksen maastomittaukset tehtiin ***VTT:n tiedotteessa 2278, Suositus liikennetärinän mittaamisesta ja luokituksesta (Asko Talja, 2004)*** mukaan lukuun ottamatta mittausaikaa, joka oli tässä toimeksiannossa tarjouksen mukaisesti 40 tuntia. Mittausaika käsitti kaksi yötä, jolloin tavaraliikenne on vilkkainta.

Tärinämittausten kenttätyöt teki Tärinämittaus Valtonen Oy. Tärinämittaukset tehtiin 16.11.2020 klo 13 – 18.11.2020 klo 17 välisenä aikana. Tärinää mitattiin kahteen mittauslinjaan asennetuissa yhteensä kuudessa mittauspisteessä. Mittaussuureena oli heilahdusnopeus kolmessa suunnassa sekä aika- että taajuustasossa.

Mittauspisteiden sijainti on esitetty kansilehden havainnekuvassa. Läntisemmässä mittauslinjassa on mittauspisteen MP1 etäisyys radasta 70 metriä, mittauspisteen MP2 vastaavasti 110 metriä ja mittauspisteen MP3 150 metriä. Itäisemmässä mittauslinjassa vastaavasti MP4 120 metriä, MP5 160 metriä ja MP6 200 metriä radasta.

Tärinästä mitattiin heilahdusnopeudet (mm/s) ja taajuudet (Hz) Instantel MiniMate Plus geofoni-mittareilla kolmessa toisiaan kohtisuorassa suunnassa kolmikomponenttigeofonilla, pysty- (vert), pitkittäis- (long) ja poikittaissuunnissa (tran). Pitkittäissuunta (long) on radan suuntainen ja poikittaissuunta (tran) kohtisuoraan rataa vasten. Mittaukset oli suunniteltu käynnistyväksi tärinän ylitettyä kynnysarvon, joka oli heilahdusnopeuden huippuarvona ilmaistuna 0,3 mm/s. Junan aiheuttamat tärinät tunnistettiin muista tärinälähteistä tärinäsignaalin ja tapahtuma-aikojen perusteella.

Tulokset mittauspisteittäin

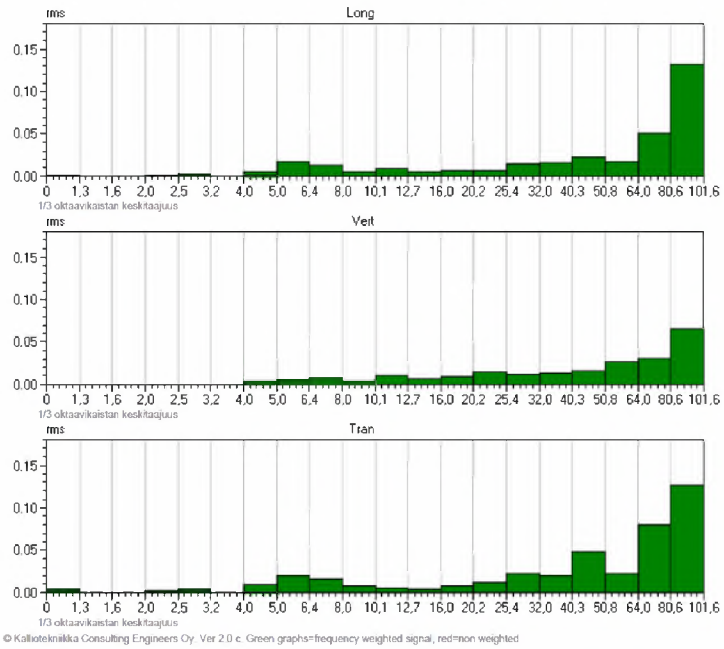
Mittauspisteessä MP1 suurin tärinän huippuarvo oli poikittaissuunnassa rataa vastaan 0,94 mm/s. Muissa suunnissa tärinä oli tyypillisesti suuruusluokaltaan 40 – 80 % poikittaissuunnan tärinästä. Hallitseva taajuusalue oli korkea, yleensä 60 – 100 Hz.

Mittauspisteessä MP2 tärinä ei ylittänyt kertaakaan asetettua kynnysarvoa 0,3 mm/s.

Mittauspisteessä MP3 suurin tärinän huippuarvo oli poikittaissuunnassa rataa vastaan 0,49 mm/s. Muissa suunnissa tärinä oli tyypillisesti suuruusluokaltaan 40 – 80 % poikittaissuunnan tärinästä. Hallitseva taajuusalue oli korkea, yleensä 60 – 100 Hz.

Itäisemmän mittauslinjan mittauspisteissä MP4, MP5 ja MP6 tärinä ei ylittänyt kertaakaan asetettua kynnysarvoa 0,3 mm/s.

Kuvassa 1 on esitetty mittauspisteen MP1 tyypillisen värähtelyn jakautuminen taajuuskomponenteittain eri suunnissa.



Kuva 1. *Mittauspisteen MP1 mittauksen 16.11 klo14.45 värähtelytapahtumien taajuuskomponentit pitkittäissuunnassa (long), pystysuunnassa (vert) ja poikittaissuunnassa (tran). Hallitseva taajuus alue oli korkea noin 60 – 100 Hz.*

Taulukossa 2 on esitetty värähtelyn tunnusluvut maahan asennetussa mittauspisteessä MP1. Pystysuunnassa värähtelyn tunnusluku $v_{w,95}$ on B-luokan ja muissa suunnissa C-luokan alueella (vrt. Taulukko 1).

Taulukko 2*. Mitatut tärinän tehollisarvot ja värähtelyn tunnusluvut maahan asennetussa mittauspisteessä MP1.*

MP1	(mm/s)	(mm/s)	(mm/s)	
Mittaus	**Poikittainen**	**Pysty**	**Pitkittäinen**	**Aika**
1	0,24	0,13	0,21	18.11.2020 13:45
2	0,20	0,11	0,15	16.11.2020 14:45
3	0,17	0,07	0,13	15:58:22
4	0,18	0,1	0,15	17:49:56
5	0,16	0,08	0,11	17.11.2020 0:37
6	0,25	0,13	0,2	1:42:50
7	0,19	0,11	0,14	14:43:54
8	0,19	0,12	0,18	15:48:52
9	0,17	0,09	0,09	18.11.2020 0:18
10	0,16	0,07	0,12	5:33:16
11	0,18	0,1	0,13	6:37:21
12	0,18	0,11	0,16	11:18:00
13	0,26	0,13	0,27	14:04:46
14	0,24	0,13	0,17	14:38:59
15	0,21	0,12	0,17	15:39:30
Keskiarvo	0,20	0,11	0,16	mm/s
Hajonta	0,03	0,021	0,045	
Tunnusluku	0,26	0,14	0,24	mm/s
Luokka	**C**	**B**	**C**	

Mittauspisteessä MP1 kaikki junat, joiden tärinä ylitti mittauksen kynnysarvon, olivat tavarajunia tai vetureita (2 kpl).

Taulukossa 3 on esitetty värähtelyn tunnusluvut maahan asennetussa mittauspisteessä MP3. Pystysuunnassa värähtelyn tunnusluku $v_{w,95}$ on A-luokan ja muissa suunnissa B -luokan alueella (vrt. Taulukko 1).

***Taulukko 3**. Mitatut tärinän tehollisarvot ja värähtelyn tunnusluvut maahan asennetussa mittauspisteessä MP3. Henkilöjunat on rajattu taulukossa ruskealla ja merkitty myös nuolilla.*

MP3	(mm/s)	(mm/s)	(mm/s)		
Mittaus	**Poikittainen**	**Pysty**	**Pitkittäinen**	**Aika**	
1	0,07	0,04	0,08	18.11.2020 14:04	
2	0,1	0,05	0,09	16.11.2020 14:45	
3	0,07	0,05	0,07	15:58:30	
4	0,11	0,06	0,09	17.11.2020 7:20	⇦
5	0,13	0,06	0,12	14:43:56	
6	0,07	0,04	0,06	15:48:53	
7	0,09	0,05	0,07	18.11.2020 0:18	
8	0,05	0,03	0,04	5:50:41	
9	0,08	0,03	0,06	6:44:32	
10	0,1	0,02	0,1	9:17:23	⇦
11	0,07	0,03	0,09	11:27:35	⇦
12	0,1	0,04	0,06	12:29:12	⇦
13	0,12	0,05	0,09	14:38:58	
14	0,08	0,03	0,07	15:29:21	⇦
15	0,12	0,05	0,13	15:39:26	
Keskiarvo	0,09	0,04	0,08	mm/s	
Hajonta	0,02	0,012	0,024		
Tunnusluku	0,13	0,06	0,12	mm/s	
Luokka	**B**	**A**	**B**		

Niistä junista, joiden tärinä ylitti mittauksen kynnysarvon mittauspisteessä MP3, oli henkilöjunia viisi; pendolino ja neljä IC-junaa. Muut junat olivat tavarajunia. Kaikkien junien aiheuttama tärinä oli samaa suuruusluokkaa.

Tavarajunien ja niitä kevyempien henkilöjunien aiheuttama lähes samansuuruinen tärinä melko kaukana 150 metrin etäisyydellä radasta mittauspisteessä MP3, on poikkeuksellista.

4. VÄRÄHTELY RAKENNUKSISSA

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

Vaakasuuntainen rakennuksen rungon värähtely

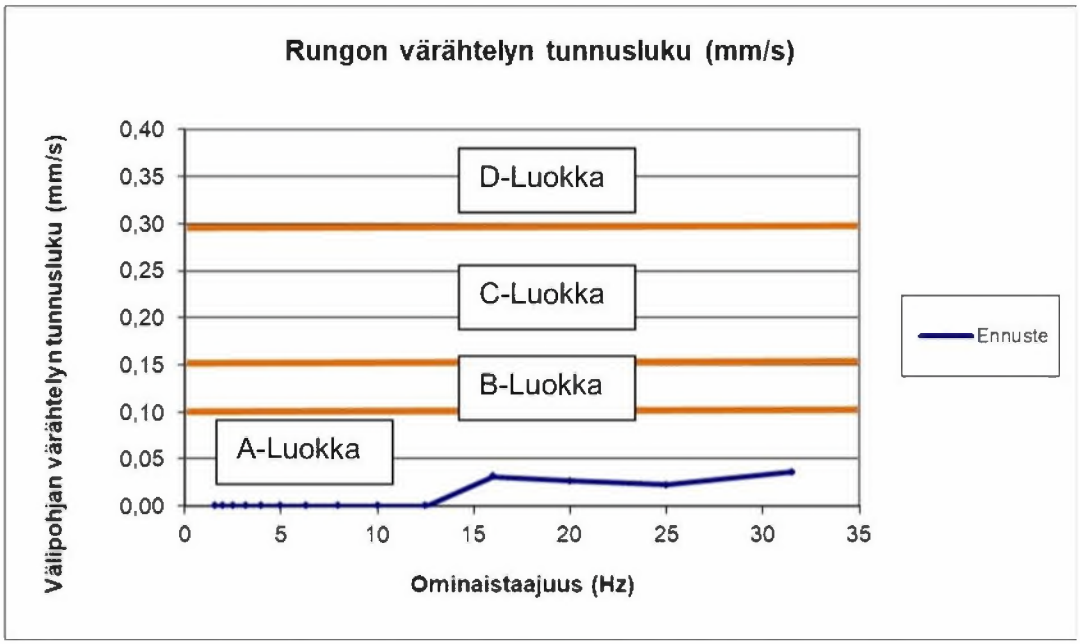
Vaakasuuntainen värähtely aiheuttaa yleensä koko rakennuksen rungon värähtelyn. Alueelle suunniteltujen rakennusten kerrosluku on 1 - 2, jolloin yksittäisen rakennuksen vaakasuuntaisen ominaistaajuus on suuruusluokaltaan 5 – 10 Hz.

Värähtelyn yleiseen voimistumiseen perustuva kaksikerroksisen rungon vaakavärähtelyn tunnusluku lasketaan kertomalla luvulla 1,5 suurin maassa olevan mittauspisteen vaakavärähtelyn tunnusluku.

Mittauspisteessä MP1 suurin maapohjan vaakavärähtelyn tunnusluku on 0,26 mm/s.poikittaissuunnassa rataa vastaan (taulukko 2). Tämän mukaisesti kaksikerroksisen rungon vaakavärähtelyn tunnusluku on 0,39 mm/s (D-luokka). Tämä ylittää suositusarvon 0,30 mm/s.

Vastaavasti mittauspisteessä MP3 suurin maapohjan vaakavärähtelyn tunnusluku on 0,13 mm/s myös poikittaissuunnassa (taulukko 3) ja kaksikerroksisen rungon vaakavärähtelyn tunnusluku 0,21 mm/s (C-luokka). Tämä alittaa suositusarvon.

Kaksikerroksisille rakennuksille tehtiin lisäksi resonanssitarkastelu. Sen tulokset on esitetty kuvassa 2. Kuvan 2 lasketut rakennuksen rungon värähtelytulokset on esitetty suurimman vaakasuuntaisen (long tai tran) tärinän aiheuttaneen junan perusteella mittauspisteessä MP1.



Kuva 2. *Mittauspisteen MP1 mittaustulosten perusteella tehtyjen rakennuksen rungon laskennallisten värähtelytarkasteluiden tulokset. Kuvassa on esitetty punaisella värähtelyluokkien A.B, C ja D rajat.*

Esimerkiksi, jos rakennuksen rungon ominaistaajuus on vaakasuunnassa 10 Hz, olisi laskennallisen rungon värähtelyn tunnusluku silloin noin 0,00 mm/s, kun ohjearvo on 0,3 mm/s (C-luokan yläraja). Mittauspisteessä MP3 tärinä oli vähäisempää, joten sitä ei tarkastella erikseen.

Yhteenveto

Yleiseen voimistumiseen perustuvassa tarkastelussa suositusarvo ylittyy mittauspisteen MP1 kohdalla ja resonanssitarkastelussa puolestaan alittuu selvästi. Mittauspisteen MP3 kohdalla suositusarvo alittuu molemmissa tapauksissa.

Alueen junaliikennetärinä on erityisen korkeataajuista ja se viittaa siihen, että käytännössä rungon kokonaisvärähtely jää selvästi suositusarvoja pienemmäksi myös mittauspisteen MP1 alueella, vaikka se yleiseen voimistumiseen perustuvan tarkastelun perusteella ylittää suositusarvon.

Maanvastaisten lattioiden värähtely

Maan värähtely siirtyy lähes sellaisenaan pystysuunnassa maasta maanvastaisiin alapohjiin. Mittaustulosten perusteella voidaan ennakoida, että suositusarvo 0,30 mm/s (C-luokka) ei ylity, koska maassa mitattu pystysuuntainen värähtelyn tunnusluku on 0,14 mm/s mittauspisteessä MP1 ja vastaavasti 0,06 mm/s mittauspisteessä MP3 (vrt. taulukko 2).

Välipohjien pystysuuntainen värähtely

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

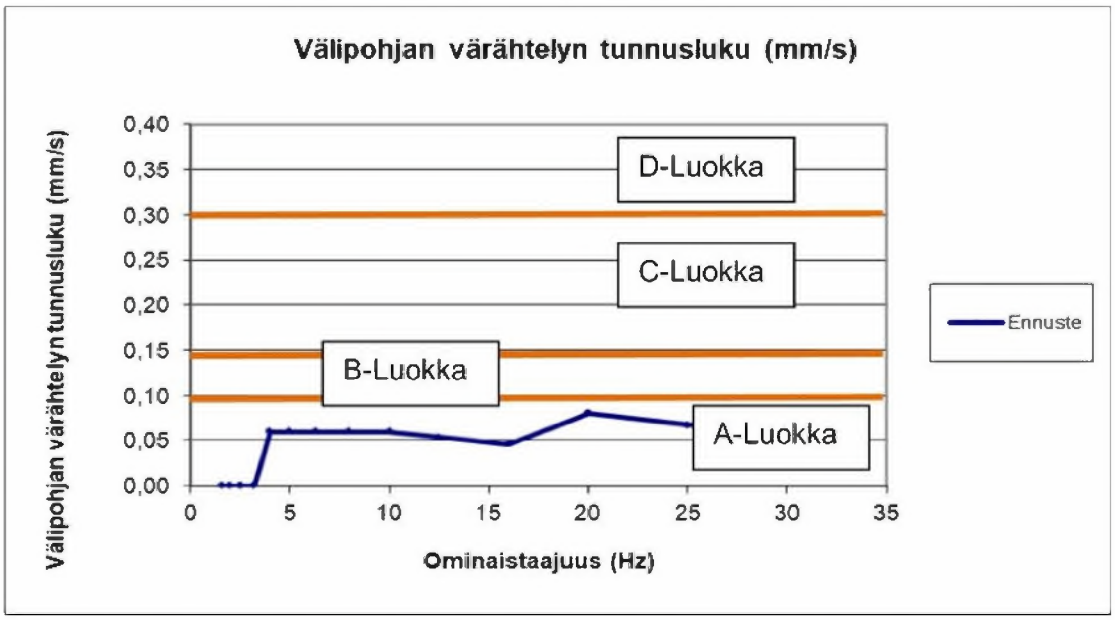
Värähtelyn yleiseen voimistumiseen perustuva välipohjien pystyvärähtelyn tunnusluku lasketaan kertomalla luvulla 1,5 suurin maassa olevan mittauspisteen pystyvärähtelyn tunnusluku.

Mittauspisteessä MP1 suurin maapohjan pystyvärähtelyn tunnusluku on 0,14 mm/s (taulukko 2). Tämän mukaisesti välipohjien pystyärähtelyn tunnusluku on 0,21 mm/s (C-luokka). Tämä alittaa suositusarvon 0,30 mm/s.

Vastaavasti mittauspisteessä MP3 suurin maapohjan pystyvärähtelyn tunnusluku on 0,06 mm/s (taulukko 3) ja väliophjien pystyvärähtelyn tunnusluku 0,09 mm/s (A-luokka). Tämä alittaa myös suositusarvon.

Kaksikerroksisille rakennuksille tehtiin lisäksi välipohjien resonanssitarkastelu. Sen tulokset on esitetty kuvassa 3. Kuvan 3 lasketut välipohjien värähtelytulokset on esitetty suurimman pystysuuntaisen tärinän aiheuttaneen junan perusteella mittauspisteessä MP1.

Vaaka-akselin taajuus vastaa rakennuksen välipohjan ominaistaajuutta, joiden suuruus on tyypillisesti välillä 15 – 40 Hz.



Kuva 3. *Mittauspisteen MP1 mittaustulosten perusteella tehtyjen rakennuksen välipohjien laskennallisten värähtelytarkasteluiden tulokset. Kuvassa on esitetty punaisella värähtelyluokkien A.B, C ja D rajat.*

Esimerkiksi, jos rakennuksen välipohjan ominaistaajuus on pystysuunnassa 15 Hz, olisi laskennallisen rungon värähtelyn tunnusluku silloin noin 0,05 mm/s, kun ohjearvo on 0,3 mm/s (C-luokan yläraja). Mittauspisteessä MP3 tärinä oli vähäisempää, joten sitä ei tarkasteltu erikseen.

Yhteenveto

Laskennallisten tarkasteluiden perusteella voidaan arvioida, että välipohjien värähtely ei ylitä suositusarvoa (vrt. taulukko 1).

Rakenteiden vaurioitumisherkkyys

VTT:n ohjeen mukaan tarkasteltava kaava-alue rajataan ja luokitellaan normaalikuntoisten rakennusten tärinäsiedon perusteella kolmeen vyöhykkeeseen: V-, H- ja E-alueeseen. Kaavaluonnosalue on maapohjaltaan E-aluetta (tiivis hiekka, sora, moreeni), jossa tärinä ei aiheuta normaalikuntoisten rakenteiden vaurioitumista, kun tärinän heilahdusnopeuden huippuarvo on alle 2 mm/s. (Tutkimusraportti VTT-R-04703-14, Liikennetärinä: Alueiden tärinäkartoitus ja rakenteiden vaurioitumisalttius 2014).

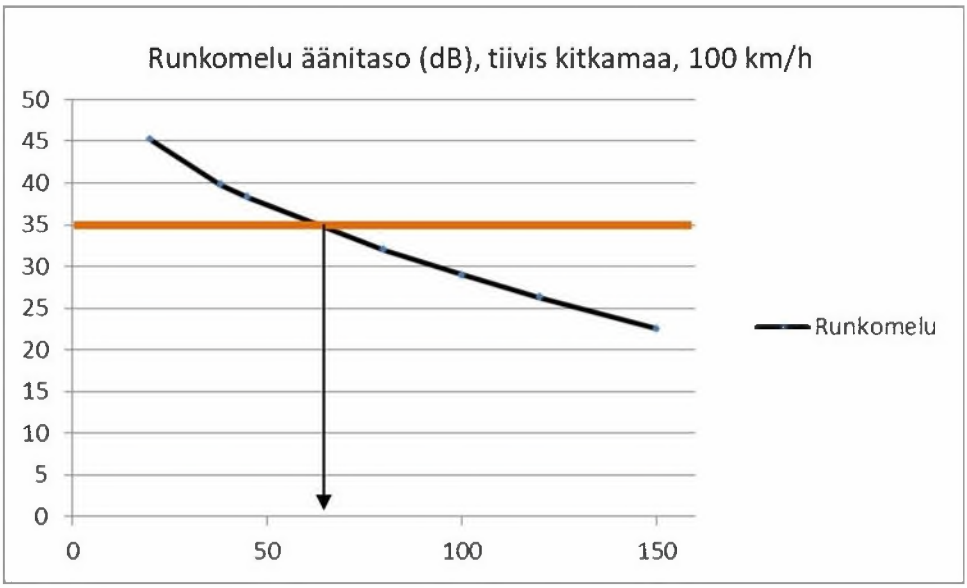
Mitatun suuruinen junaliikennetärinä, suurin heilahdusnopeuden huippuarvo 0,94 mm/s alittaa ohjearvon 2 mm/s, ei vaurioita normaalikuntoisia rakennuksia tai rakenteita tarkasteltavalla alueella.

6. RUNKOMELU

Maassa liikkuva tärinä voi siirryttyään rakenteisiin heijastua kuultavaksi runkomeluksi taajuusalueella 16 – 250 Hz. Asuinrakennuksissa avoratojen ympäristössä runkomelun tunnusluvun L_{pASmax} arvon suositellaan olevan pienempi kuin 35 dB. Tällöinkin melu on vielä aistittavissa ja sillä voi olla vähäinen häiriövaikutus ***(VTT Tiedotteita 2468, Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi, 2009).***

Runkomelun arviointi voidaan tehdä kolmella menetelmällä. Ensimmäinen perustuu turvaetäisyyksien käyttöön, toinen taso perustuu laskennalliseen tarkasteluun ja kolmas mittauksiin.

Tässä selvityksessä Laihian asemakaava-alueella runkomelua tarkastellaan laskennallisten tarkasteluiden perusteella. Kuvassa 4 on esitetty laskennallisen tarkastelun tulokset.



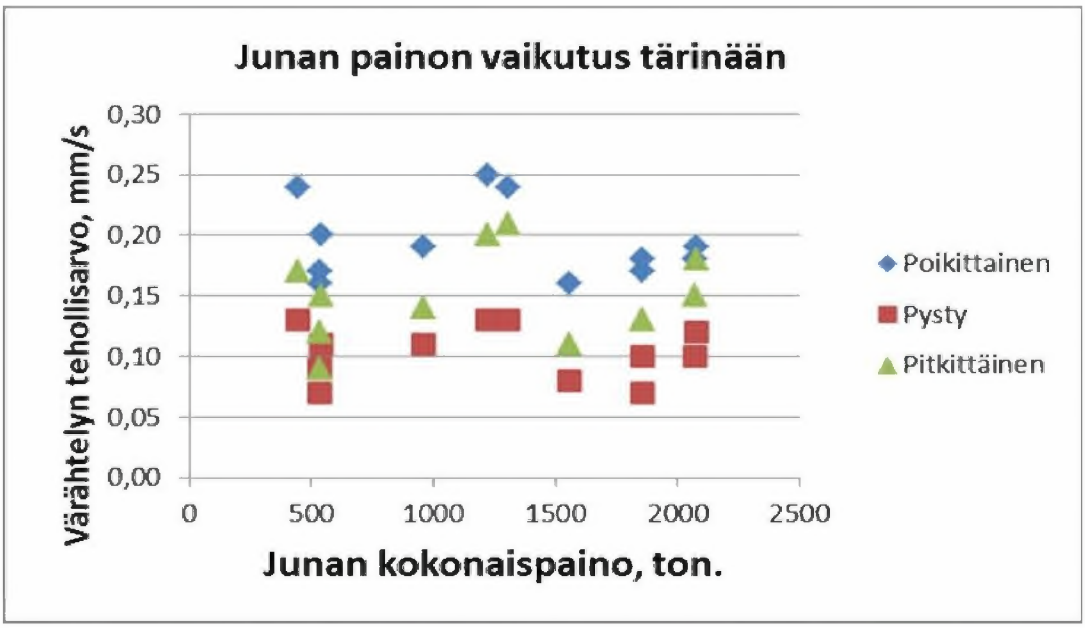
Kuva 4. *Laskennallisesti arvioitu runkomelutaso rakennuksen ensimmäisessä kerroksessa. Ylemmissä kerroksissa runkomelu vaimenee noin 2 dB kerrosta kohden. Pystyakselilla on äänitaso (dB) ja vaaka-akselilla etäisyys radasta (m). Ruskea vaakaviiva esittää suositusarvoa 35 dB.*

Laskennallisten tarkastelujen perusteella on runkomelu yli 70 metrin etäisyydellä radasta rakennuksissa suositusarvojen alapuolella. Etäisyyden edelleen kasvaessa runkomelu vaimenee. Alueelle suunnitellut rakennukset sijoittuvat edellä mainittua etäisyyttä (70 m) kauemmaksi radasta.

7. JUNAN PAINON VAIKUTUS TÄRINÄÄN

Aiemmin muualla pehmeiköillä tehdyissä tärinäselvityksessä on junan kokonaispainon havaittu vaikuttavan merkittävästi ympäristöön leviävän tärinän suuruuteen. Akselipainon suurenemisen (225 kN > 250 kN) merkitys on tärinätasoihin tällöin ollut junan kokonaispainon kasvua selvästi vähäisempi.

Kuvassa 5 on esitetty mittauspisteen MP1 tärinän tehollisarvot tapahtumittain sekä tavarajunien kokonaispainot.



Kuva 5. *Mittauspisteen MP1 tärinän tehollisarvot tapahtumittain junan kokonaispainoon verrattuna.*

Tässä Laihian tärinäselvityksessä junan kokonaispainon vaikutus tärinän suuruuteen on vähäinen, jos sitä on lainkaan. Laihian selvityksen maanperä on kiinteää moreenia, soraa tai hiekkaa. Tämä vaikuttanee myös tärinän poikkeuksellisen korkeisiin taajuuksiin 60 – 100 Hz.

Tavarajunia kevyempien henkilöjunien aiheuttama tärinä melko kaukana 150 metrin etäisyydellä radasta mittauspisteessä MP3, on tämän tärinäselvityksen erityispiirre. Varsinkin kun lähempänä rataa, 110 metrin etäisyydellä mittauspisteessä MP2, tärinä ei ylittänyt mittauksen kynnysarvoa. Tämä vahvistaa sitä tunnettua tietoa, että junan painon lisäksi myös nopeudella on merkittävää vaikutusta tärinään.

8. YHTEENVETO JA SUOSITUKSET

Tärinäselvityksessä tarkastellaan Laihian asemakaava-alueella suunniteltuihin rakennuksiin siirtyvää ihmisille häiritsevää junaliikenteen aiheuttamaa tärinää ja runkomelua. Lisäksi arvioidaan tärinän vaikutusta rakennevaurioihin.

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

Vaikka rakennuspaikan kaltaisilla kiinteillä maapohjilla tärinätasot ovat usein alhaisempia kuin pehmeiköillä, voi tärinä olla korkeataajuisempaa kuin hienorakeisilla alueilla. Näin oli tämänkin tärinäselvityksen mittauksissa hallitsevan taajuusalueen ollessa noin 60 – 100 Hz. Korkeat taajuudet kasvattavat rakennusten välipohjien resonanssi- ja runkomeluriskiä.

Tärinämittaukset tehtiin ***VTT:n tiedotteessa 2278, Suositus liikennetärinän mittaamisesta ja luokituksesta (Asko Talja, 2004)*** mukaan lukuun ottamatta mittausaikaa, joka oli tässä toimeksi annossa 40 tuntia. Koska rataosan liikenne on vilkasta, saatiin lyhyemmälläkin mittausajalla riittävän luotettava tulos tärinätasoista. Tärinän siirtyminen maasta käyttäen ***VTT:n tiedotteen: Rakennukseen siirtyvän liikennetärinän arviointi (Asko Talja ym. 2008)*** suosituksia.

Vaikka tärinätasot olivat verrattain alhaisia, tavarajunia kevyempien henkilöjunien aiheuttama tärinä melko kaukana 150 metrin etäisyydellä radasta mittauspisteessä MP3, on tämän tärinäselvityksen erityispiirre. Tämä vahvistaa sitä tunnettua tietoa, että junan painon lisäksi myös nopeudella on merkittävää vaikutusta tärinään.

Yleiseen voimistumiseen perustuvassa tarkastelussa rungon vaakasuuntaisen värähtelyn suositusarvo ylittyi mittauspisteen MP1 kohdalla ja resonanssitarkastelussa puolestaan alittui selvästi. Mittauspisteen MP3 kohdalla suositusarvo alittui molemmissa tapauksissa. Tarkasteltavan alueen junaliikennetärinä on erityisen korkeataajuista ja se viittaa siihen, että käytännössä rungon kokonaisvärähtely jää selvästi suositusarvoa 0,30 mm/s (taulukko 1) pienemmäksi myös mittauspisteen MP1 alueella.

Laskennallisten tarkasteluiden perusteella välipohjien värähtely ei ylitä suositusarvoa. Mittaustulosten perusteella ei maanvastaisten lattioiden värähtelyn suositusarvo 0,30 mm/s ylity.

Mitatun suuruinen junaliikennetärinä, heilahdusnopeuden huippuarvo 0,94 mm/s, ei vaurioita normaalikuntoisia rakennuksia tai rakenteita tarkasteltavalla alueella.

Laskennallisten tarkastelujen perusteella on runkomelu kauempana kuin noin 70 metrin etäisyydellä radasta rakennuksissa suositusarvojen alapuolella. Alueelle suunnitellut rakennukset sijoittuvat tätä etäisyyttä (70 m) kauemmaksi radasta.

Radan perusparantamisen yhteydessä nostetaan suurin akselipaino tavaraliikenteessä nykyisestä 225 kN:sta 250 kN:iin. Akselipainon suurenemisen merkitys tärinätasoihin arvioidaan yleensä verrattain vähäiseksi.

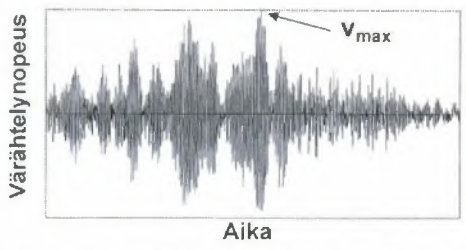
Tässä Laihian tärinäselvityksessä junan kokonaispainon vaikutus tärinän suuruuteen oli poikkeuksellista; vähäistä ja vaikeasti määritettävissä (kuva 5). Laihian selvityksen maanperä on kiinteää moreenia, soraa tai hiekkaa. Tämä vaikuttanee myös tärinän poikkeuksellisen korkeisiin taajuuksiin.

Koska mitatut tärinätasot ja laskennalliset rakennusten värähtelyn tunnusluvut alittavat pääsääntöisesti suositusarvot, ei liikenteen lisääntyminen ja junien kokonaispainon nousu nosta rakennusten värähtelytasoja niin paljoa, että suositusraja-arvot yleensä ylittyisivät.

Matti Hakulinen

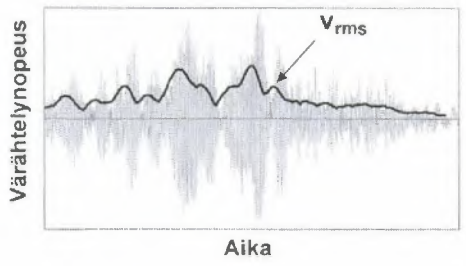
TkL

LIITE 1, TÄRINÄN KUVAAMISEN KÄSITTEITÄ



Värähtelyn huippuarvo v_{max} [mm/s]

Mitatun värähtelysignaalin itseisarvoltaan suurin arvo. Vakioamplitudisella värähtelyllä huippuarvo on sama kuin värähtelyn amplitudi.

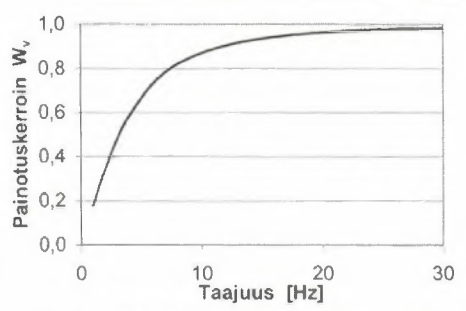


Värähtelyn tehollisarvo v_{rms} [mm/s]

Mitatun värähtelysignaalin $v(t)$ tehollisarvo ajanhetkellä t_0 on

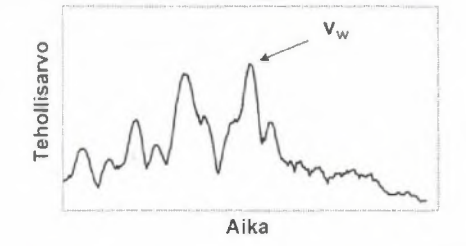
$$v_{rms}(t_0) = \left\{ \frac{1}{\tau} \int_{t_0-\tau}^{t_0} [v(t)]^2 \, dt \right\}^{\frac{1}{2}},$$

jossa aikaikkunan pituus τ on 1 sekunti.



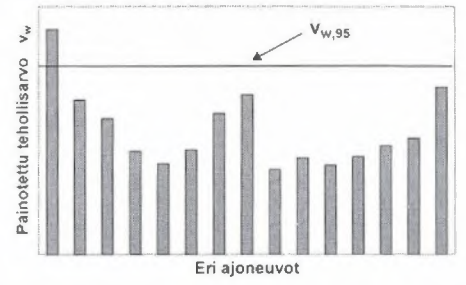
Värähtelyn taajuuspainotus $W_v(f)$ [-]

Mitatun signaalin eri värähtelykomponentit tehdään ihmisen herkkyyden suhteen samanarvoisiksi painottamalla värähtely-komponentteja taajuudesta riippuvalla painotuskertoimella.



Painotettu värähtelyn tehollisarvo v_w [mm/s]

Taajuuspainotetusta värähtelysignaalista $v_w(t)$ määritetty suurin tehollisarvo.



Värähtelyn tunnusluku $v_{w,95}$ [mm/s]

Painotetun värähtelyn v_w tilastollinen maksimi. Arvo perustuu yhden viikon ajalta 15 merkitsevimmästä ajoneuvosta mitattuun värähtelyyn.

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

$v_{w\,ka}$ on 15 suurimman värähtelyn taajuuspainotetun tehollisarvon keskiarvo
σ on 15 suurimman värähtelyn taajuuspainotetun tehollisarvon keskihajonta