

Vastaanottaja
Limingan kunta

Asiakirjatyyppi
Raportti

Päivämäärä
4.9.2018

POUTALAN ALUE

TÄRINÄ- JA RUNKOMELUSELVITYS

POUTALAN ALUE

Päivämäärä **4.9.2018**
Laatija **Ville Lehtonen**
Kuvaus **Tärinä- ja runkomeluserivitys**

Viite 1510042246-001

SISÄLTÖ

1.	Yleistä	1
2.	Lähtökohdat	2
2.1	Yleistä kohteesta	2
2.2	Maaperäolosuhteet	3
2.3	Raideliikenne	4
3.	Tärinän arviointiin liittyvä ohjeistus ja menettelytavat	5
3.1	Yleistä	5
3.2	Tärinähaitan arviointiperusteet	5
4.	Tärinätarkastelut	7
4.1	Mittaukset	7
4.2	Mitattu maaperän värähtely ja sen arvioitu siirtyminen rakenteisiin	8
4.3	Tärinämittausten tuloksista	13
5.	Runkomelutarkastelut	16
5.1	Ohjearvot ja arviointiperusteet	16
5.2	Suojaetäisyydeltä tarkastelut	17
5.3	Laskennallinen runkomelutaso	17
5.4	Mittaukset ja tunnusluvut	18
6.	Tulosten arviointi ja johtopäätökset	19
6.1	Yleistä	19
6.2	Tärinä	19
6.3	Runkomelu	19
7.	Tärinän ja runkomelun arvioinnissa käytetty ohjeistus	20

LIITTEET

Liite 1

Tärinämittaukset

1. YLEISTÄ

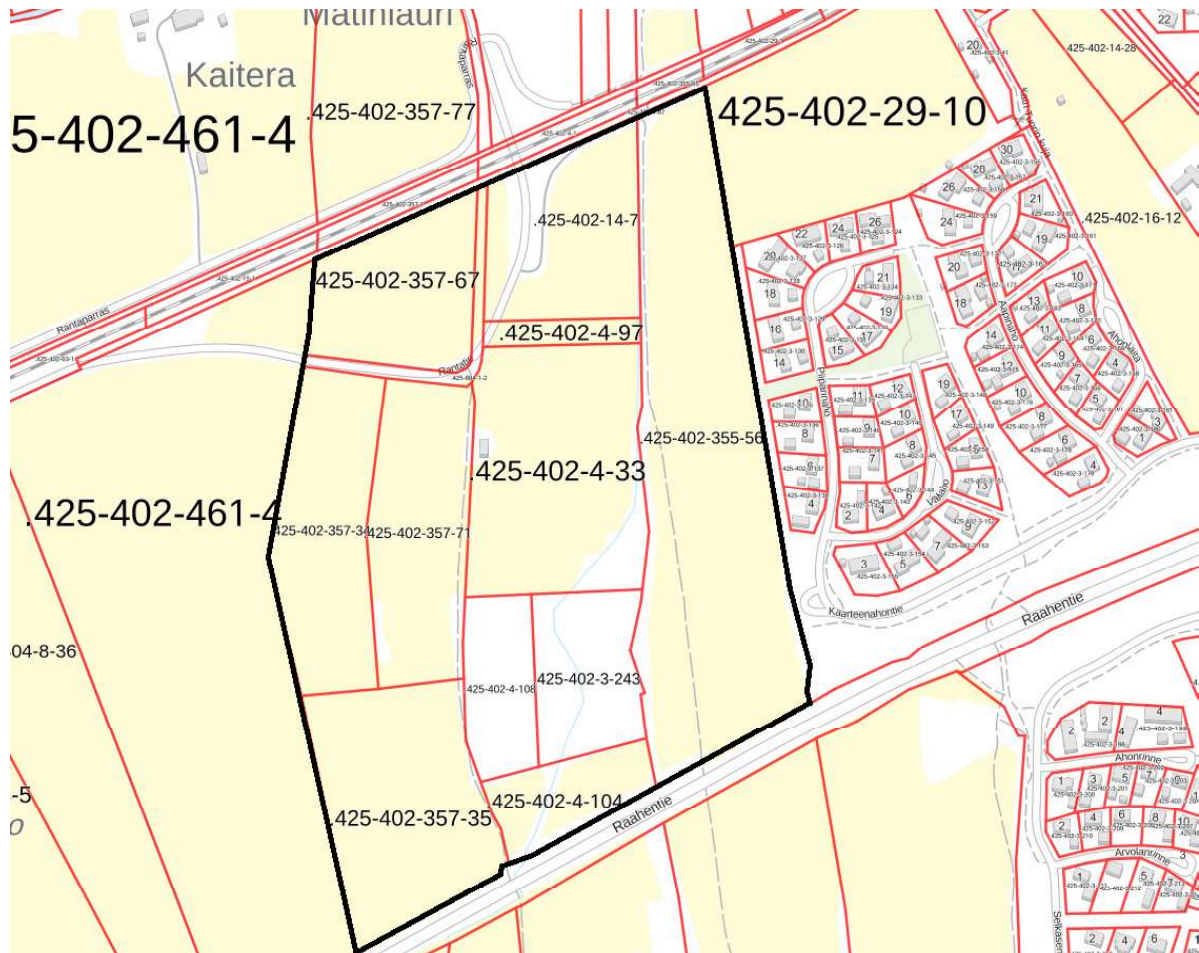
Tässä työssä on selvitetty mittausten perusteella raide- ja katuliikenteestä aiheutuvan tärinän ja runkomelun voimakkuus Poutalan alueella Limingan keskustan länsipuolella. Työn tarkoitus on osaltaan selvittää maankäytön mahdollisuuksia alueella

Työn on tilannut Limingan kunta (tilaajan yhteyshenkilö kunnanarkkitehti Venanzia Rizzi). Ramboll Finland Oy:ssä työn on suorittanut TkT Ville Lehtonen. Mittaukset suoritti alikonsultti Finnrock Oy.

2. LÄHTÖKOHDAT

2.1 Yleistä kohteesta

Suunnittelualueen sijainti on esitetty karttaotteesta (kuva 2.1).

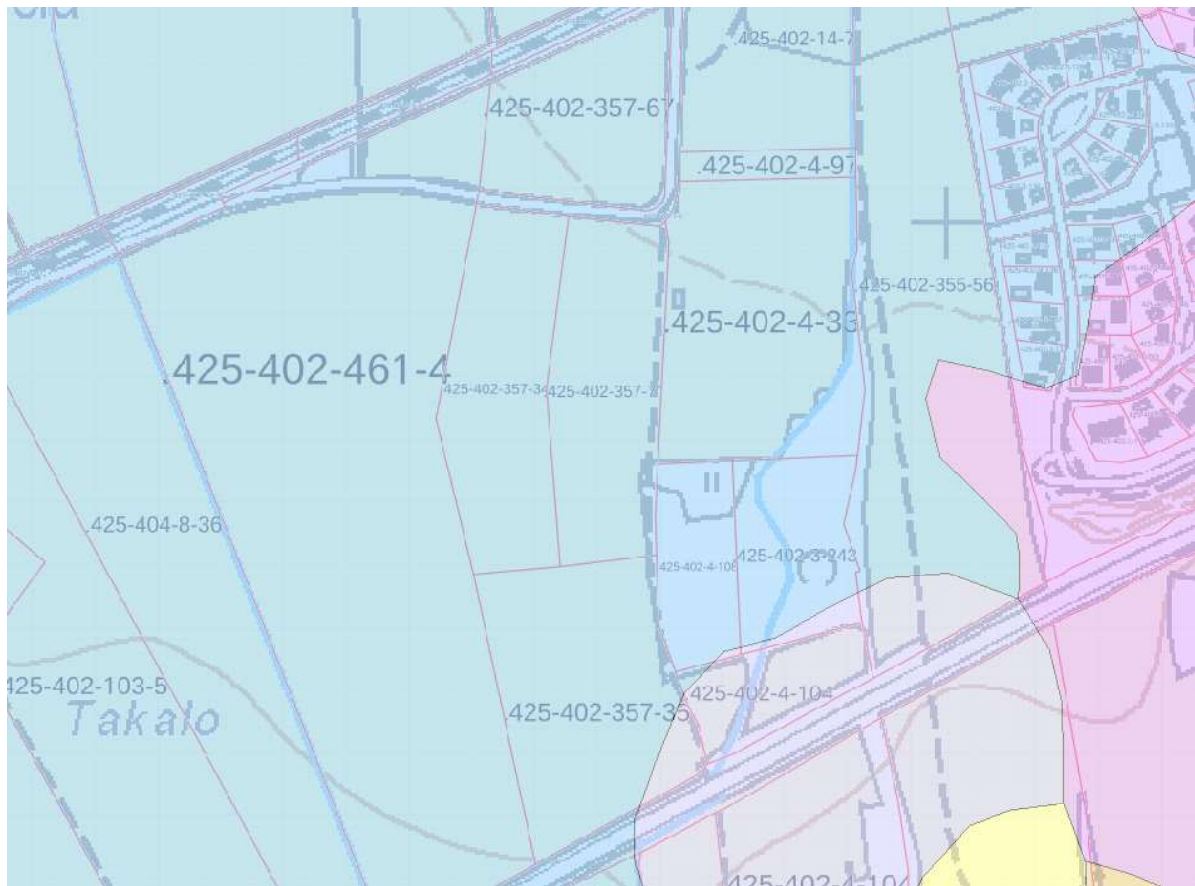


Kuva 2.1. Suunnittelualue rajattu mustalla. (Kartta:Limingan kunta, taustakartta Maanmittauslaitos 2018)

Selvityksen tarkoitus on tarkastella tie- ja junaliikenteen aiheuttamaa tärinää alueelle mahdollisesti tulevaisuudessa kaavoitettavilla asuin- ja teollisuuskiinteistöillä.

2.2 Maaperäolosuhteet

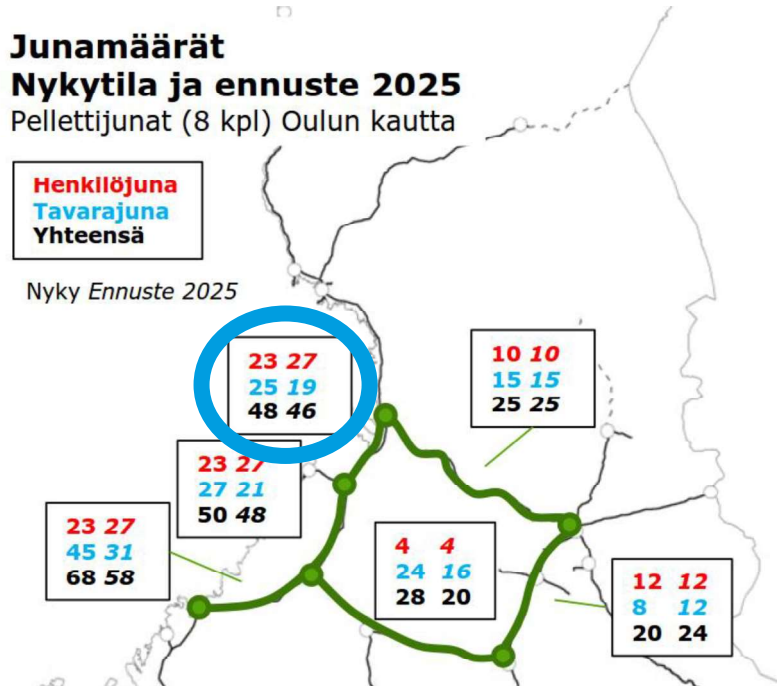
Maaperä suunnittelualueella on GTK:n maaperäkartan perusteella savea. Tärinän suhteen pohjamaa on melko epäedullista. Tärinään ja runkomeluun vaikuttaa myös pohjaolosuhteiden paikallinen vaihtelu, kuten pehmeiden maakerrosten paksuus ja niiden muutokset.



Kuva 2.2. GTK:n maaperäkarttatuloste, ei mittakaavassa. Alueen pohjamaalaji on savi. (Kartta:GTK 2018)

2.3 Raideliikenne

Suunnittelualueen pohjoisreunalla kulkee rataosuus Seinäjoki-Oulu. Vuorokautiset junamäärät on esitetty kuvassa 2.3. Koko rataosuuden välityskykyä on parannettu viime vuosina, sisältäen mm. nopeuden ja akselipainorajojen nostotoimenpiteitä. Tämä on osaltaan lisännyt tärinähaittoja välillä Liminka-Oulu.



Kuva 2.3. Vuorokautinen junaliikenne 2015 ja ennuste 2025 (Liikennevirasto 2015, LTS 33/2015)

Henkilöjunien nopeusrajoitus suunnittelualueen kohdalla on 200 km/h. Tavarajunilla nopeusrajoitus on akselipainosta riippuen 100-120 km/h. Lisäksi n. 100 m päässä Limingan liikennepaikan suuntaan alkaa yli 3000 t junien nopeusrajoitus 50 km/h, mikä käytännössä rajoittaa raskaiden tavarajunien nopeutta suunnittelualueen kohdalla.

Käytännössä voidaan arvioida, että henkilöjunien nopeus suunnittelualueen kohdalla on 180-200 km/h, ja tavarajunilla 60-120 km/h.

Junaliikenne on käytännössä yksinomainen liikennetärinän aiheuttaja alueella. Tieliikenteen ei oleteta aiheuttavan kuin hyvin paikallisia tärinähaittoja.

3. TÄRINÄN ARVIOINTIIN LIITTYVÄ OHJEISTUS JA MENNETELYTAVAT

3.1 Yleistä

VTT:n julkaisua "Suositus liikennetärinän arvioimiseksi maankäytön suunnittelussa" (VTT Working Papers 50, Espoo 2006) käytetään Suomessa yleisesti liikennetärinän arvioinnissa. Julkaisussa esitetään tärinän arviointimenettely kolmella eri tarkkuustasolla. Liikennetärinän siirtymistä rakennuksiin voidaan arvioida VTT:n julkaisuilla "Rakennukseen siirtyvän liikennetärinän arviointi" (VTT Tiedotteita 2425, Espoo 2008) ja "Ohjeita liikennetärinän arviointiin" (VTT Tiedotteita 2569, Espoo 2011).

Arviointitasolla 1 tarkastelu perustuu kokemusperäisiin turvaetäisyyksiin, jossa huomioidaan maaperän ominaisuudet ja liikenteen tyyppi. Tarkastelulla selvitetään, onko varsinainen värähtelytarkastelu lainkaan tarpeen. Arviointitaso 2 perustuu laskennallisiin arvoihin tai tarkistusluonteisiin tärinämittauksiin, jolloin liikenteen ja maaperän ominaisuudet voidaan ottaa tarkemmin huomioon. Arviointitasoa 2 suositellaan käytettäväksi, kun yleiskaavassa tai asemakaavassa rakentamista ohjataan yksityiskohtaisesti määrättyllä alueella ja arviointitason 1 perusteella alue on riskialuetta. Arviointitason 3 tarkastelu perustuu aina riittävän pitkäaikaisiin tärinämittauksiin. Tason 3 käyttöä tarvitaan, mikäli arviointitason 2 laskennallisella tarkastelulla ei saada riittävän luotettavaa kuvaa maaperän pystyvärähtelyn suuruudesta, tai halutaan rakentaa alueelle, jolla arviointitason 2 mukaan tärinä voi ylittää suositusarvon.

3.2 Tärinähaitan arviointiperusteet

Tärinän aiheuttamaa mahdollista haittaa asuinmukavuudelle maankäytön suunnittelussa arvioidaan tunnusluvun $v_{w,95}$ perusteella. Tunnusluku perustuu yksittäisten liikennetapahtumien suurimpiin värähtelyn tehollisarvoihin ja niiden perusteella laskettuun keskiarvoon ja hajontaan seuraavasti:

Määritelmältään $v_{w,95} = (15 \text{ suurimman yksittäisen tapahtuman keskiarvo}) + (1,8 \times 15 \text{ suurimman yksittäisen tapahtuman hajonta})$. Tilastollisesta luonteestaan johtuen se voidaan tarkasti määrittää vain pitkäaikaisten mittausten avulla.

Tunnusluvun perusteella rakennuksille on annettu suositus rakennusten värähtelyluokitukselta, joka esitetään taulukossa 3.1.

Taulukko 3.1 Rakennusten värähtelyluokitus häiritsevyyden arvioinnissa

Värähtelyluokka	Kuvaus värähtelyolosuhteista	$v_{w,95}$ (mm/s)
A	Hyvät asuinolosuhteet (Ihmiset eivät yleensä havaitse värähtelyitä)	$\leq 0,10$
B	Suhteellisen hyvät asuinolosuhteet (Ihmiset voivat havaita värähtelyt, mutta ne eivät ole häiritseviä)	$\leq 0,15$
C	Suositus uusien rakennusten ja väylien suunnittelussa (Keskimäärin 15 % asukkaista pitää värähtelyitä häiritsevinä ja voi valittaa häiriöistä)	$\leq 0,30$
D	Olosuhteet, joihin pyritään vanhoilla asuinalueilla (Keskimäärin 25 % asukkaista pitää värähtelyitä häiritsevinä ja voi valittaa häiriöistä)	$\leq 0,60$

Luokkaan C pyritään uusien asuinrakennusten suunnittelussa. Muussa käytössä (mm. liike- ja toimistorakennukset) olevilla rakennuksilla pyritään tyyppillisesti luokkaan D.

Taulukon 3.1 luokittelu koskee asumismukavuutta. Tärinän aiheuttamaa rakenteiden vaurioitumisalttiutta luokitellaan julkaisun Liikennetärinä: Alueiden tärinäkartoitus ja rakenteiden vaurioitumisalttiuus (VTT R 04703-14) mukaisesti:

- V Lähinnä rataa oleva alue, jossa maaperän tärinä on niin voimakasta, että se voi aiheuttaa vahinkoriskin rakennuksille tai rakenteille.
- H Hyväkuntoisiin ja tavanomaisiin rakennuksiin ei yleensä aiheudu niiden käyttökelpoisuutta haittaavia vaurioita, jos liikennetärinä on huomioitu resonanssille herkkien rakenteiden suunnittelussa. Tärinä on kuitenkin selvästi havaittavaa ja häiritsee usein asumismukavuutta. Vaurioriskin arvioinnissa tulee ottaa huomioon rakennuskanta ja käytetyt rakennusmateriaalit.
- E Tärinä ei aiheuta normaalikuntoisten rakenteiden vaurioitumista, muutta voi häiritä asumismukavuutta. Vaikutus asumismukavuuteen on tarkistettava erikseen VTT tiedotteen 2569 mukaan.

Taulukko 3.2. Rakenteiden vaurioitumisalttiutta kuvaava luokitus

Maalaji ja hallitseva taajuus	Pehmeä savi <10 Hz	Sitkeä savi, siltti, löyhä hiekka 10-20 Hz	Tiiviit kitkamaat, rikkonainen kallio 20-50 Hz	Kiinteä kallio >50 Hz
	v _{max} (mm/s)			
V-alue	3	4,2	6	7,2
H-alue	1-3	1,4-4,2	2-6	2,4 – 7,2
E-alue	< 1	< 1,4	< 2	< 2,4

Taulukon 3.2 luokitus perustuu värähtelyn huippuarvoon, eikä tehollisarvoon kuten asumismukavuuden yhteydessä. Tyypillisesti huippuarvo on noin kaksinkertainen 1s tehollisarvoon verrattuna.

4. TÄRINÄTARKASTELOT

4.1 Mittaukset

Suunnittelualueella tehtiin tärinämittaukset aikavälillä 6.6.2018 – 13.6.2018. Mittarit olivat kolmiaksaalisia, automaattisesti tallentavia, etäluettavia tärinäinstrumentteja. Mittareiden perusasetus oli asumismukavuutta kuvaava 1 s tehollisarvo, yksittäisen mittauksen pituus 40 s. Mittarit asennettiin maapiikeillä pintamaahan.

Mittareita asennettiin 4 kpl kuvan 4.1 mukaisiin sijainteihin.



Kuva 4.1. Mittauspisteiden sijainti suunnittelualueella. Kartta: Maanmittauslaitos/Karttapaikka.

Mittauspisteiden toteutunut etäisyys radasta oli:

- P1: 105 m
- P2: 160 m
- P3: 300 m
- P4: 540 m (80 m VT8:sta)

4.2 Mitattu maaperän värähtely ja sen arvioitu siirtyminen rakenteisiin

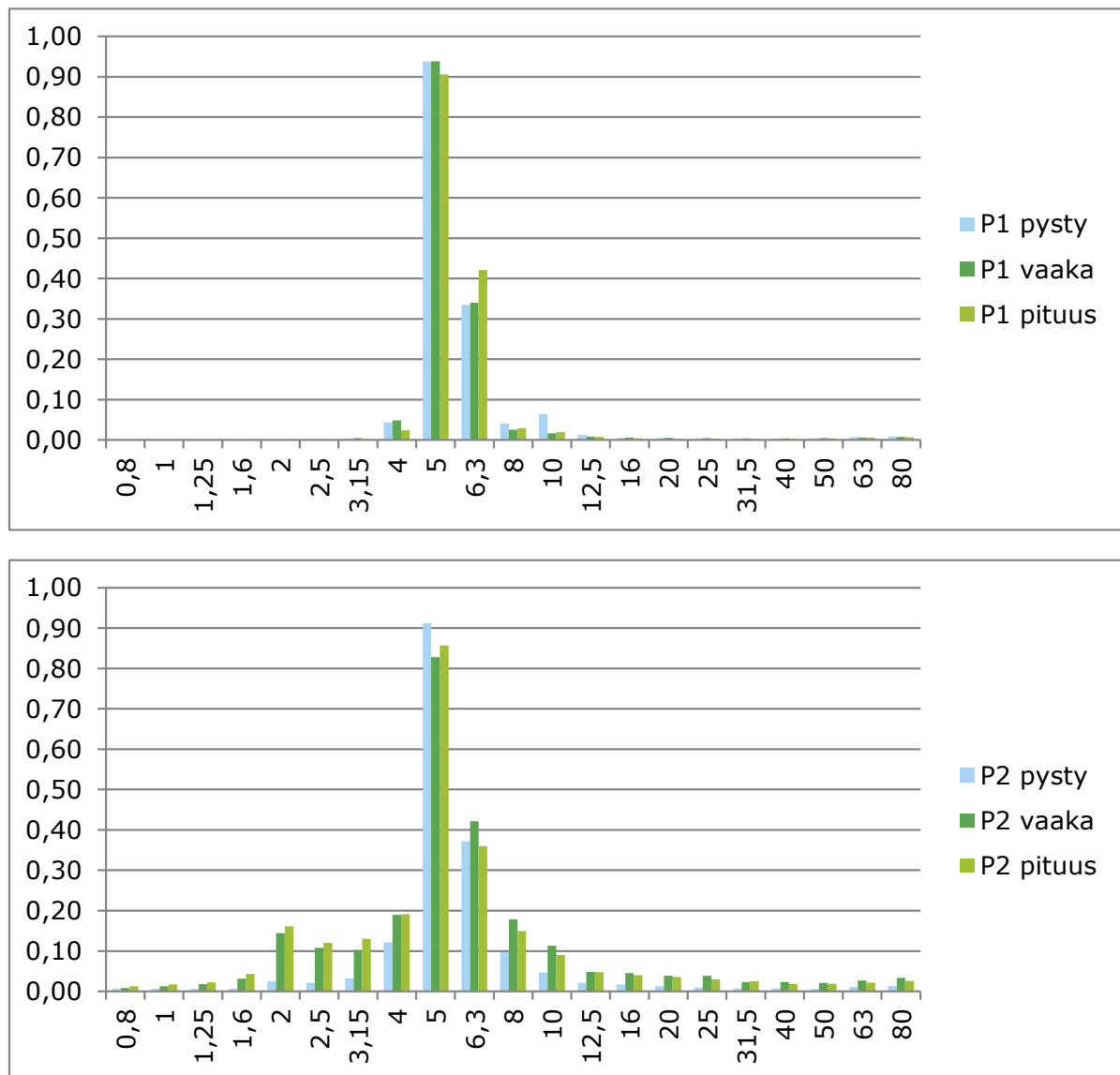
Mittaukset onnistuivat pääosin hyvin. Datasta poistettiin manuaalisesti iskumaiset ja muut tyyppilisestä liikennetärinästä poikkeavat tapahtumat. Pisteistä P1 ja P2 rekisteröitiin 7 vrk mittausajanjaksolla noin 50 tärinä tapahtumaa, jotka ylittivät mittarin liipaisukynnyksen 0,04 mm/s. Pisteestä P3 tapahtumia rekisteröitiin vastaavasti 14 kpl ja pisteestä P4 4 kpl. Kaikki mitatut liikennetärinä tapahtumat olivat raideliikenteestä, lähinnä tavaraliikenteestä johtuvia.

Taulukossa 4.1 on esitetty kunkin mittarin viikon ajalta, 15 suurimmasta tärinä tapahtumasta lasketut maaperän värähtelyn taajuuspainotetut tehollisarvot. Eritellyt tärinä tapahtumat on listattu liitteessä 1.

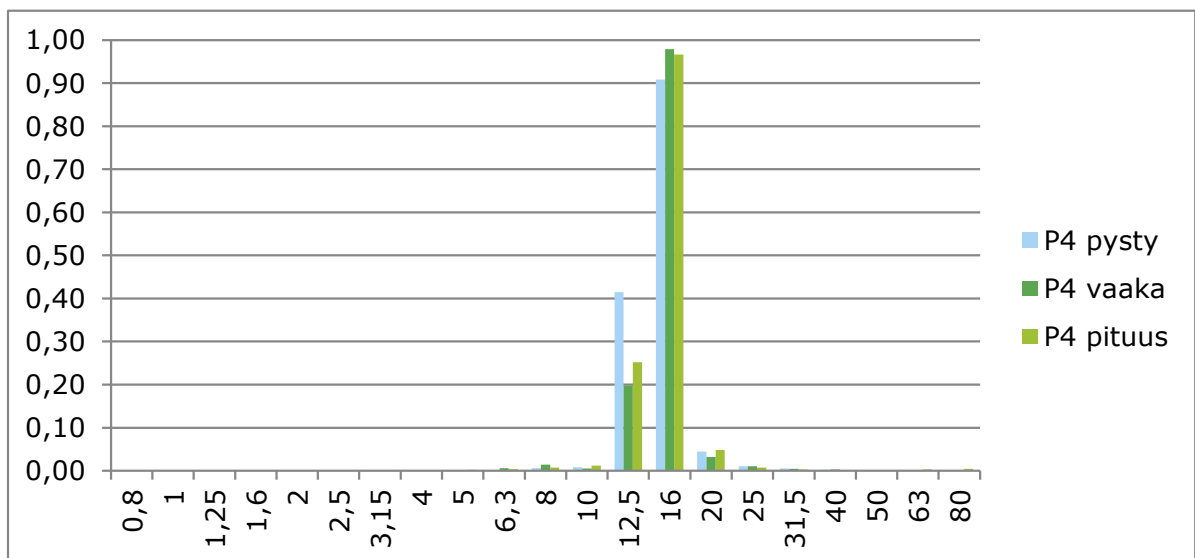
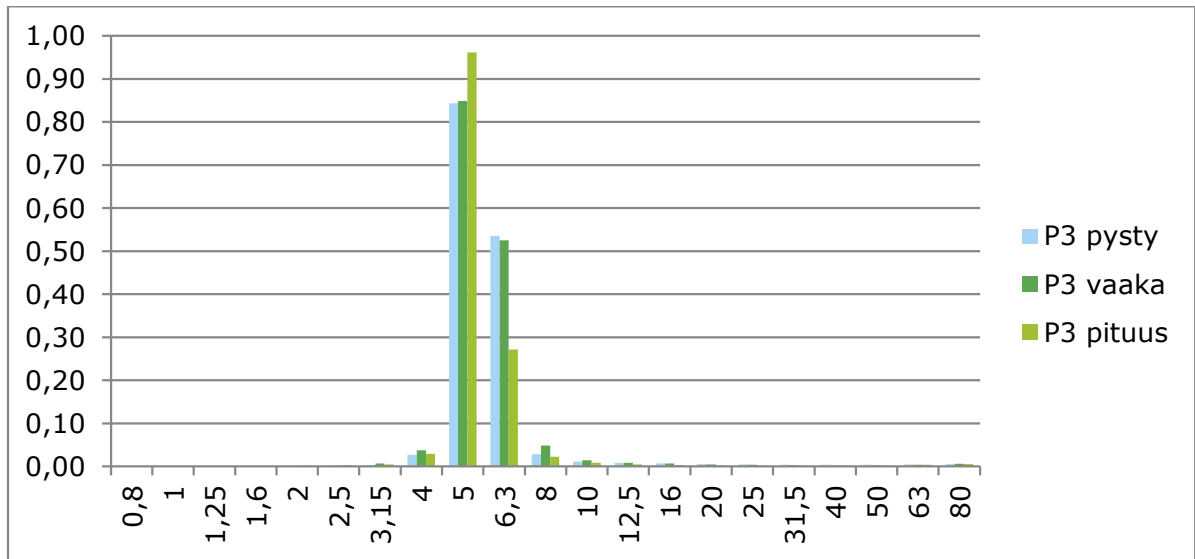
Taulukko 4.1 Mittaustulokset ja maaperän värähtelyn tunnusluvut 15 suurimmasta tärinä tapahtumasta (P3: 14 tapahtumaa, P4: 4 tapahtumaa). Koska pisteestä P4 mitattiin niin vähän ohituksia, ei keskihajontaa määritetty.

Mittari	keskiarvo $v_{w,avg}^{maa}$ (mm/s)	keskihajonta σ (mm/s)	maaperän värähtelyn tunnusluku $v_{w,95}^{maa}$ (mm/s)
P1 - pysty	0,131	0,022	0,170 (luokka C)
P1 - vaaka	0,223	0,041	0,297 (luokka C)
P1 - pituus	0,172	0,042	0,248 (luokka C)
P2 - pysty	0,181	0,030	0,234 (luokka C)
P2 - vaaka	0,070	0,010	0,089 (luokka A)
P2 - pituus	0,091	0,018	0,124 (luokka B)
P3 - pysty	0,069	0,015	0,067 (luokka A)
P3 - vaaka	0,070	0,017	0,101 (luokka B)
P3 - pituus	0,067	0,016	0,095 (luokka A)
P4 - pysty	0,058	-	0,058 (luokka A)
P4 - vaaka	0,035	-	0,035 (luokka A)
P4 - pituus	0,042	-	0,042 (luokka A)

Kuvissa 4.2 ja 4.3 on esitetty maaperän värähtelyn painotetun tehollisarvon suhteelliset värähtelyspektrit.



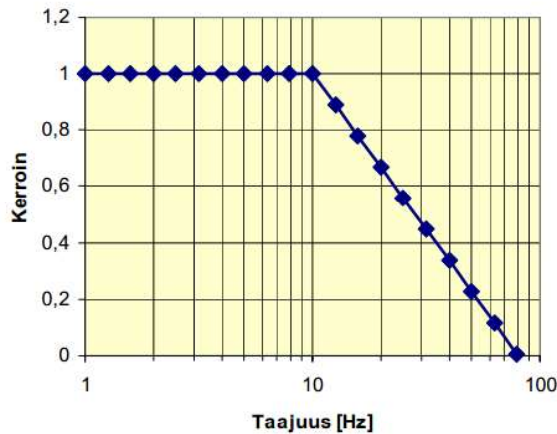
Kuva 4.2. Suhteelliset maaperän värähtelyn taajuusspektrit 0,8-80 Hz, pisteet P1 ja P2



Kuva 4.3. Suhteelliset maaperän värähtelyn taajuusspektrit 0,8-80 Hz, pisteet P3 ja P4

Värähtelyn siirtymistä rakennukseen on arvioitu julkaisussa "Rakennukseen siirtyvän liikennetärinän arviointi" (VTT Tiedotteita 2425, Espoo 2008) esitetyn menettelytavan mukaan.

Terssikaistoihin jaettua maaperän värähtelyspektriä painotetaan taajuuskaistoittain (1-80 Hz) kertoimella, joka kuvaa värähtelyn siirtymistä perustuksiin. Tämä tulos kuvaa perustuksen värähtelyn tunnuslukua $v_{w,95}^{per}$ (kuva 4.4).



Kuva 4.4 Perustuksen värähtelyn arvioimisessa käytetty maaperän värähtelyn pienennyskerroin ("Rakennukseen siirtyvän liikennetärinän arviointi", VTT Tiedotteita 2425, Espoo 2008)

Perustuksen värähtelyn siirtymistä rakennuksen runkoon kuvataan joko tasaisen voimistumisen periaatteella (tunnusluku v_{w1}^{runko}), tai rungon ominaistajuudella tapahtuvan resonanssin avulla (tunnusluku v_{w2}^{runko}). Tässä tapauksessa rakennus oletetaan 1,5-2-kerroksiseksi liikerakennukseksi, jonka rungon ominaistajuus voi tyypillisesti vaihdella noin 5-10 Hz taajuusalueella.

Tasaisen vahvistumisen periaatteella laskettu rungon värähtely saadaan seuraavasti:

$$v_{w1}^{runko} = k_1^{runko} \cdot \max(v_{w,95}^{per,x}, v_{w,95}^{per,y}, v_{w,95}^{per,z})$$

missä $k_1^{runko} = 1,5$ kaikille kaksi- tai useampikerroksisille rakennuksille ja yksikerroksisille paaluille perustetuille rakennuksille.

Lattian värähtelyä arvioidaan samoin joko tasaisen voimistumisen periaatteella (tunnusluku v_{w1}^{lattia}), tai lattian ominaistajuudella tapahtuvan resonanssin avulla (tunnusluku v_{w2}^{lattia}).

$$v_{w1}^{lattia} = k_1^{lattia} \cdot v_{w,95}^{per,z}$$

missä $k_1^{lattia} = 1,5$.

$$v_{w2}^{lattia} = k_2^{lattia} \cdot v_{w,j}^{per,z}$$

missä $k_2^{lattia} = 6,0$. Värähtely $v_{w,j}^{per,z}$ on perustuksen pystyvärähtely sillä taajuuskaistalla, jolle lattian ominaistajuuden ajatellaan sattuvan. Tässä tapauksessa ei lattian ominaistajuutta tiedetä varmaksi, sillä se riippuu mm. lattian jänneväleistä ja rakenneratkaisuista. Arvio lattian värähtelystä tehdään tässä värähtelyltään suurimman yksittäisen taajuuskaistan mukaisesti, jolloin saadaan pahin mahdollinen tilanne.

Taulukossa 4.4 on esitetty rakennuksen rungon ja lattian arvioidut värähtelyn tunnusluvut.

Taulukko 4.4. Mittausten perusteella määritetyt rakennuksen värähtelyn tunnusluvut. Vihreä = luokka B tai parempi. Keltainen = luokka C. Oranssi = Luokka D. Punainen = ylittää luokan D.

Mittari	maaperän värähtelyn tunnusluku $v_{w,95}^{maa}$ (mm/s)	perustuksen värähtelyn tunnusluku $v_{w,95}^{per}$ (mm/s)	rungon värähtelyn tunnusluku $v_{w,1}^{runko}$ (mm/s)	rungon värähtelyn tunnusluku $v_{w,2}^{runko}$ (mm/s) (resonanssi)	lattian värähtelyn tunnusluku $v_{w,1}^{lattia}$ (mm/s)	lattian värähtelyn tunnusluku $v_{w,2}^{lattia}$ (mm/s) (resonanssi)
P1 pysty	0,170	0,170			0,255	0,958
P1 vaaka	0,297	0,297	0,445	1,113		
P1 pituus	0,248	0,248	0,372	0,898		
P2 pysty	0,234	0,234			0,351	1,281
P2 vaaka	0,089	0,088	0,133	0,295		
P2 pituus	0,124	0,124	0,185	0,425		
P3 pysty	0,097	0,097			0,146	0,491
P3 vaaka	0,101	0,101	0,152	0,344		
P3 pituus	0,095	0,095	0,143	0,367		
P4 pysty	0,058	0,046			0,069	0,245
P4 vaaka	0,035	0,027	0,041	-		
P4 pituus	0,042	0,032	0,049	-		

Taulukon 4.4 luokittelu koskee asumismukavuutta. Tärinän aiheuttamaa rakenteiden vaurioitumisalttiutta luokitellaan värähtelyn huippuarvojen perusteella. Huippuarvot voidaan olettaa n. 2-kertaisiksi 1s tehollisarvoihin nähden. Pisteissä P1-P3 värähtelyn taajuussisältö on selvästi alle 10 Hz, kun taas pisteessä P4 värähtely keskittyy noin alueelle 10-20 Hz. Pisteille sovelletaan näiden taajuusalueiden raja-arvoja (taulukosta 3.1).

Taulukossa 4.5 on esitetty rakenteiden värähtelyn arvioidut maksimiarvot (olettaen, että $v_{max} = 2 \cdot v_w$).

Taulukko 4.5. Arvioitu rakenteiden vaurioitumisalttius

Mittari	rungon värähtelyn tunnusluku $v_{\max,1}^{\text{runko}}$ (mm/s)	rungon värähtelyn tunnusluku $v_{\max,2}^{\text{runko}}$ (mm/s) (resonanssi)	lattian värähtelyn tunnusluku $v_{\max,1}^{\text{lattia}}$ (mm/s)	lattian värähtelyn tunnusluku $v_{\max,2}^{\text{lattia}}$ (mm/s) (resonanssi)
P1 pysty			0,5 (E)	1,9 (H)
P1 vaaka	0,9 (E)	2,2 (H)		
P1 pituus	0,7 (E)	1,8 (H)		
P2 pysty			0,7 (E)	2,6 (H)
P2 vaaka	0,3 (E)	0,6 (E)		
P2 pituus	0,4 (E)	0,9 (E)		
P3 pysty			0,3 (E)	1,0 (E)
P3 vaaka	0,3 (E)	0,7 (E)		
P3 pituus	0,3 (E)	0,7 (E)		
P4 pysty			0,1 (E)	0,5 (E)
P4 vaaka	0,1 (E)			
P4 pituus	0,1 (E)			

Taulukko 3.1bis. Rakenteiden vaurioitumisalttiutta kuvaava luokitus

Maalaji ja hallitseva taajuus	Pehmeä savi <10 Hz	Sitkeä savi, siltti, löyhä hiekka 10-20 Hz	Tiiviit kitkamaat, rikkonainen kallio 20-50 Hz	Kiinteä kallio >50 Hz
	vmax (mm/s)			
V-alue	3	4,2	6	7,2
H-alue	1-3	1,4-4,2	2-6	2,4 - 7,2
E-alue	< 1	< 1,4	< 2	< 2,4

Tulosten perusteella rakenteiden vaurioitumisalttius asettuu luokkaan E, lukuun ottamatta aivan rataa lähimpiä alueita (etäisyys n. <180 m), missä voidaan soveltaa luokkaa H. Yleisesti ottaen voidaan sanoa, että liikennetärinä suunnittelualueella ei aiheuta rakenteiden vaurioitumisriskiä.

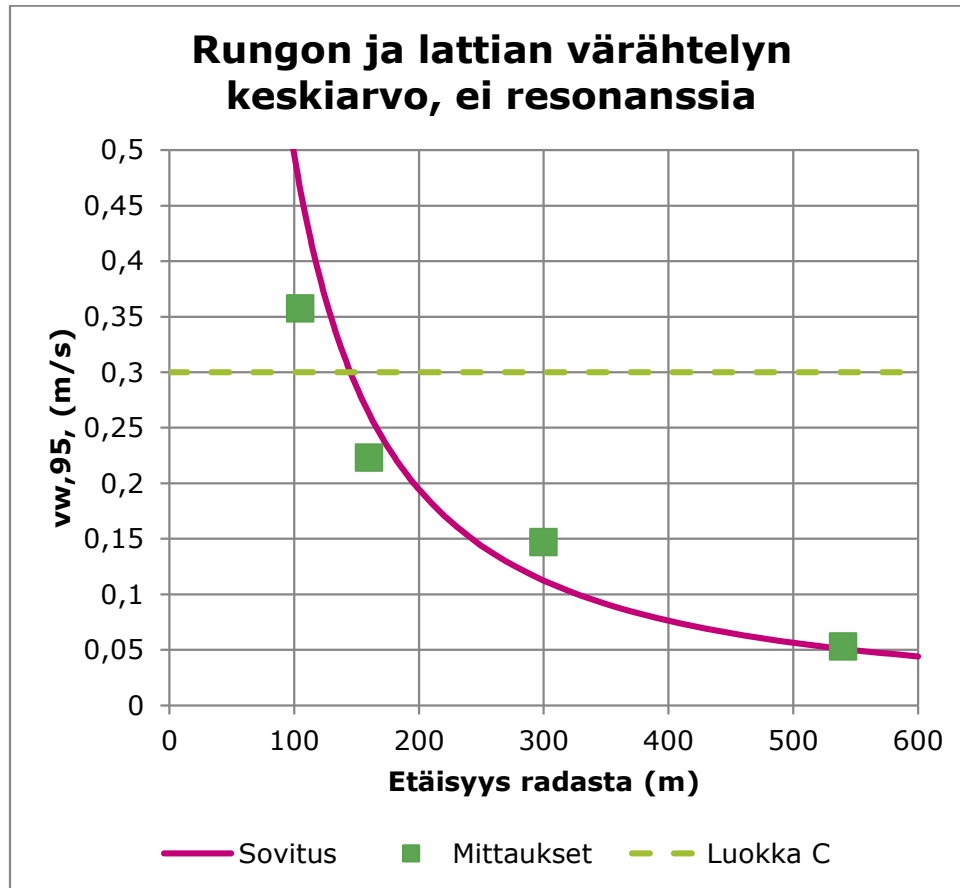
4.3 Tärinämittausten tuloksista

Mittausten perusteella alueen pohjoisreuna (pisteet P1 ja P2) ei ole tärinän suhteen edullista. Junaliikenne aiheuttaa ihmisen epämukavaksi kokemaa tärinää. Maaperän värähtelystä johdetut rakennusrungon ja lattian tärinän tunnusluvut asettuvat pääosin luokkaan C tai D, tai sen yli. Pähin tilanne on silloin, jos rakennusrunko tai lattia ovat resonanssissa (tunnusluvut $v_{w,2}^{\text{runko}}$ ja $v_{w,2}^{\text{lattia}}$). Näin ollen alueen pohjoisreunaa ei välttämättä voi suositella asuinrakentamiselle ainaakaan ilman tärinän vaimennustoimenpiteitä, joskin tärinälle vähemmän herkeit toiminnot (kauppa, teollisuus jne) ovat mahdollisia. Arvioitu etäisyys radasta, jolla luokan C vaatimukset täytetään ilman tärinän vaimennustoimenpiteitä, on noin 150-180 m ja sitä kauempana.

Alueen keskiosassa (P3) tilanne tärinän suhteen on edullinen, kunhan rakennukset suunnitellaan siten, että resonanssilta vältytään. Rungon tai lattian resonanssitilanteessa tärinä saattaa kuitenkin ylittää luokan C raja-arvon <0,3 mm/s.

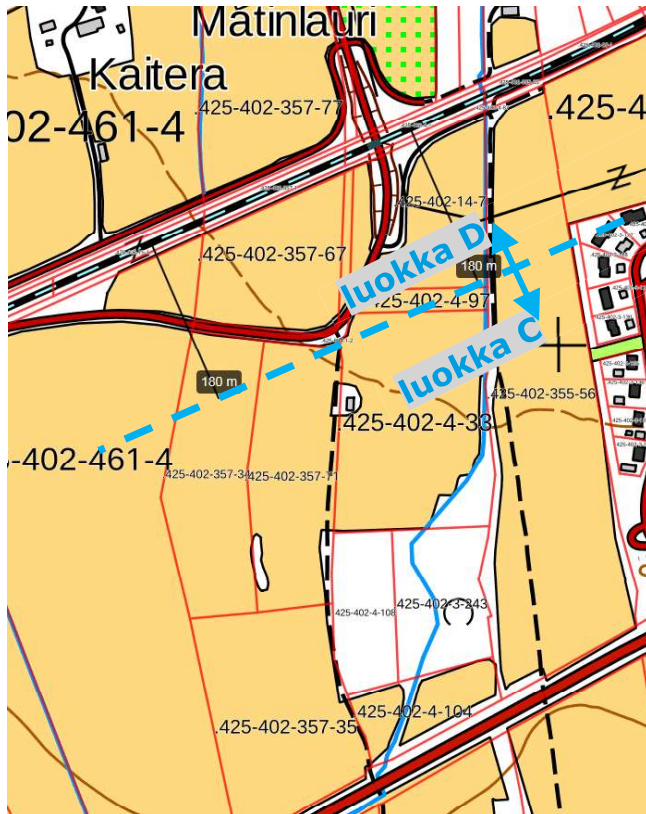
Eteläosassa (P4) tärinä on pientä, eikä aiheuta ongelmia asumismukavuudelle.

Kuvassa 4.4 on esitetty arvioitu tärinän vaimeneminen etäisyyden funktiona radasta. Käyrä on sovitettu kunkin mittauspisteen eri suunnissa mitattujen rungon tärinän tunnuslukujen ($v_{w,1}^{\text{runko}}$) keskiarvoihin. Sovitus tehtiin eri suuntien keskiarvojen perusteella, sillä sovitus esim. tietyssä suunnassa olisi ollut vaikea tehdä tarkasti.



Kuva 4.4. Arvioitu keskimääräinen rungon ja lattian värähtely (ei resonanssia)

Koska kuvan 4.4 käyränsovitus edustaa eri värähtelysuuntien keskiarvoa, tietyissä suunnissa värähtely on suurempi. Käytännön "rajaetäisyyttä" luokkien C ja D välillä tulee siis kasvattaa hieman. Kokonaisuuden perusteella arvioitu etäisyys, jolla saavutetaan vähintään tärinäluokka C, on noin 180 m (kuva 4.5).



Kuva 4.5. Arvioitu värähtelyluokkien C ja D raja 180 m päässä radasta. Tässä oletetaan, että rakenteiden resonanssia ei esiinny, ja tärinää ei torjuta esim. tärinänvaimennusseinällä. Karttapohja: Maanmittauslaitos 2018.

Noin 400 m etäisyydelle radasta asti rakennusten suunnittelussa tulee välttää rakenteita, joiden ominaistajuus on 5-8 Hz. Tällöin voidaan välttää rakenteiden resonanssi-ilmiö. Todennäköisesti helpointa on tehdä rakennusten rungoista ja latioista niin jäykkiä, että niiden ominaistajuus on yli 10 Hz. Tällöin vältetään rakenneosien resonointi varmimmin. Toinen vaihtoehto on pienentää rakenneosien ominaistajuutta maaperän herätetaajuuden alapuolelle, mutta tämä on käytännössä vaikeaa ilman että talon rakenteesta tehdään liian löysä muita toiminnallisia ominaisuuksia (esim. perustusten painuma, lattioiden taipuma) ajatellen. Rakennusten perustusten tärinäeristys olisi vaikeasti toteutettavissa, sillä perustusten "jousien" jäykkyys tulisi pystyä saattamaan huomattavasti 5 Hz taajuutta pienemmäksi.

Lisäksi tärinää voidaan vähentää tärinänvaimennusseinillä, jotka sijoitetaan radan ja rakennusten väliin. Seinä voi olla esimerkiksi maahan tehtävä lamellimainen pilaristabilointiseinä, tai maahan lyötävä ponttiseinä. Tällaiset rakenteet voivat potentiaalisesti olla hyvinkin tehokkaita, mutta niiden toimivuus on usein hyvin tapauskohtaista. Pitkien eristysseinien avulla voitaisiin kuitenkin vähentää tärinää koko alueelta laaja-alaisesti. Tällöin luokan C vaatimukset voisi potentiaalisesti saavuttaa koko suunnittelualueella.

5. RUNKOMELUTARKASTELUT

5.1 Ohjearvot ja arviointiperusteet

Runkomelun esiintymistä rakenteissa voidaan arvioida julkaisun Talja & Saarinen (2009): "Maa- liikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi" (VTT T2468).

Runkomelu on ulkoisen värinäherätteen aiheuttamaa rakennuksen rungon värähtelyä, joka on kuultavissa äänenä. Runkomelun aiheuttava värähtely siirtyy rakenteisiin maaperän kautta, erityisesti kallion ja kovien maakerrosten välityksellä. Liikennetärinään verrattuna runkomelun värähtely on selvästi korkeampitaajuuksista. Merkittävin runkomelun aiheuttaja on raideliikenne.

Suomessa ei ole annettu varsinaisia ohjearvoja rakennusten runkomelulle. VTT:n julkaisussa on kuitenkin esitetty suositukset runkomelun ohjearvoista, jotka mukailevat yleisiä melutasosta annettuja ohjearvoja. Suositukset runkomelun ohjearvoista on annettu taulukossa 5.1.

Taulukko 5.1. Suositukset runkomelun raja-arvoista. (Talja & Saarinen 2009, VTT T2468)

Rakennustyyppi	Runkomelutaso L_{prm} [dB]
Radio-, tv- ja äänitysstudiot, konserttitalit	25–30
Asuinhuoneistot	30/35 ²
Hoito- ja sosiaalihuollon laitokset, majoitustilat <ul style="list-style-type: none"> potilashuoneet, majoitustilat päiväkodit, lasten ja henkilökunnan oleskeluun tarkoitettut huoneet 	30/35 ²
Kokoontumis- ja opetustilat <ul style="list-style-type: none"> luokkahuoneet, luentosalit, kirkot ja muut huonetilat, joissa edellytetään yleisön saavan hyvin puheesta selvän ilman äänentoistolaitteiden käyttöä muut kokoontumistilat kuten teatterit ja kirjastot 	35
Toimistot, kaupat, näyttelytilat, museot	40/45 ²

² Avoradat. Mikäli kaavamääräyksessä on annettu ohje julkisivun ilmaääneneristävyydestä, on suositeltavaa käyttää runkomelutason tiukempaa raja-arvoa.

Tässä oletetaan, että suunnittelualueella sovelletaan 35 dBA ohjearvosuosituksista asuinrakennuksille. Teollisuuden ja kaupan rakennuksille voidaan soveltaa rajaa 45 dBA.

Kuten liikennetärinälle, myös runkomelulle on esitetty kolme eri arviointitasoa. Arviointitaso 1 perustuu turvaetäisyyden käyttöön. Kokemuspäisesti on voitu määrittää etäisyys, jota kauempana tarkempi runkomelutarkastelu ei enää ole tarpeen.

Arviointitasossa 2 tehdään värähtelyn siirtotiehen perustuva laskennallinen arviointi. Laskelma on hyvin empiirinen ja perustuu kokemuksiin tyyppillisistä mittaustuloksista.

Arviointitasossa 3 runkomelu todennetaan mittaamalla.

5.2 Suojaetäisyydystarkastelut

VTT T2468 mukaiset suojaetäisyydet on esitetty taulukossa 5.2.

Taulukko 5.2. Suojaetäisyydet, jota lähempänä tarkempi runkomelutarkastelu ei yleensä ole tarpeen (VTT T2468).

Liikennetyyppi	Maapohja, väylän sijainti ja runkomelutason raja			
	pehmeä maa, pintaväylä, 35 dB	kova maa, pintaväylä, 35 dB	kallio, tunneli, 30 dB	kallio, pintaväylä, 35 dB
Tieliikenne, 50 km/h	< 5 m	< 5 m	< 5 m	< 5 m
Tieliikenne, 100 km/h	< 5 m	< 5 m	< 5 m	5 m
Raitiovaunu, 40 km/h	< 5 m	15 m	50 m	120 m
Metro tai lähijuna, 80 km/h	< 5 m	30 m	90 m	160 m
Lähijuna, 160 km/h	10 m	60 m	130 m	200 m
Sähkömoottorijuna, 220 km/h	15 m	70 m	150 m	>200 m
IC-juna, 160 km/h	40 m	130 m	200 m	>200 m
Tavarajuna, 100 km/h	60 m	160 m	>200 m	>200 m

Suojaetäisyydystarkastelujen perusteella junaliikenne ei aiheuta runkomeluhaittoja yli 60 m etäisyydellä väylästä (pehmeä maa). Junaliikenteen suojaetäisyys ylittyy koko suunnittelualueella.

5.3 Laskennallinen runkomelutaso

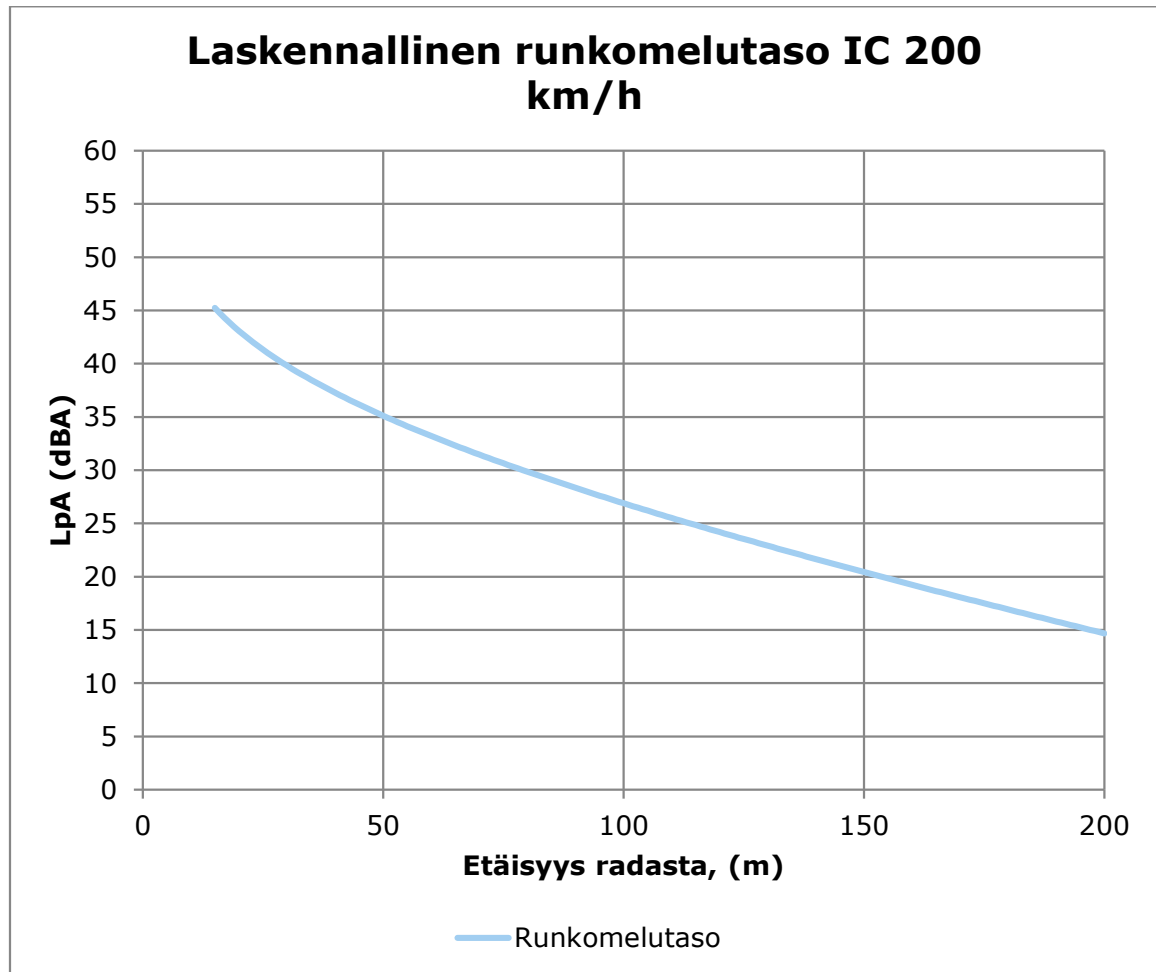
Julkaisussa VTT T2468 esitetyssä laskennallisessa runkomelun arviointimenetelmässä junan kokonaispaino ei vaikuta laskennalliseen runkomelutasoon. Sen sijaan vaikutukseltaan suuria tekijöitä ovat junan nopeus ja se, onko juna veturivetoinen vai ei (esim. IC-kalusto vs. Pendolino). Tällöin mitoittava junakalusto on 200 km/h kulkeva IC-juna.

Julkaisussa VTT T2468 on esitetty runkomelun ns. peruskäyrä, joka antaa runkomelua aiheuttavan värähtelyn tason etäisyyden funktiona radasta. Peruskäyrään lisätään laskennalliset korjaustekijät, joilla huomioidaan mm. kaluston, radan ja pohjamaan ominaisuudet. IC-kalustolle saadaan:

- nopeuskorjaus (200 km/h) +6 dB
- veturivetoinen juna +11 dB

Muut laskennassa käytetyt oletukset ovat:

- normaali jousitus 0 dB
- hyväkuntoinen rata 0 dB
- radassa ei tärinäeristystä 0 dB
- avorata 0 dB
- rakennus puutalo 1-2 krs -5 dB
- rakenneosien resonanssi +6 dB
- muunto äänenpainetasoksi -28,1 dB
- varmuusmarginaali +6 dB
- A-painotus; pehmeät savi- ja silttimaat, hallitseva taajuusalue alle 30 Hz: -50 dB



Kuva 5.1. Laskennallinen runkomelutaso etäisyyden funktiona

Laskennallisen tarkastelun perusteella asuinrakennuksilta vaadittu 35 dBA ohjearvo alitetaan noin 50 m etäisyydellä radasta. Näin ollen runkomelu ei aiheuta ongelmia suunnittelualueella.

5.4 Mittaukset ja tunnusluvut

Lasketut runkomelutason tunnusluvut ylittävät raja-arvot osittain suunnittelualueella. **Tulosta ei kuitenkaan voida pitää luotettavana** seuraavista syistä: Hajonta on hyvin suurta, ja johtuu pääosin erittäin suuresta värähtelynopeuden vaihtelusta noin 50 Hz-300 Hz taajuusalueella. Osassa mittauksia värähtely korkeilla taajuuksilla pysyy suhteellisen korkeana ja suuruudeltaan tasaisena siitä huolimatta, että maaperän värähtely on hyvin matalataajuuksista. Tämä on hyvin epätyypillistä silloin, kun maaperän värähtely on kapeakaistaista. Lisäksi mittauksista arvioidut runkomelutasot ovat hyvin paljon suurempia kuin empiiriset suojaetäisyys- ja laskennalliset tarkastelut antavat odottaa. Tästä syystä on hyvin todennäköistä, että datassa on suurilla taajuuksilla virheitä joko mittauksessa tai signaalille tehdyissä matemaattisissa operaatioissa (mm. Fourier-muunnos).

Koska mitatusta maaperän värähtelystä arvioitu runkomelutaso on suurilla taajuuksilla epätyypillisen suurta ja muilta ominaisuuksiltaan tavanomaisesta poikkeavaa, jätetään se tässä epävarmana huomioimatta.

6. TULOSTEN ARVIOINTI JA JOHTOPÄÄTÖKSET

6.1 Yleistä

Ramboll Finland Oy on Limingan kunnan toimeksiannosta tehnyt liikennetärinä- ja runkomeluselivityksen Poutalan alueella Limingan keskustan länsipuolella. Selvitys perustuu mitattuun maaperän tärinäsuunnittelualueella sekä osin laskennallisiin tarkasteluihin. Liikennetärinää ja runkomelua arvioitiin yleisesti käytössä olevien VTT:n julkaisujen mukaisesti.

Mittaukset suoritettiin 6.6.2018 – 13.6.2018.

6.2 Tärinä

Junaliikenteen aiheuttama tärinä ylittää noin alle 180 m päässä radasta uusilta asuinrakennuksilta edellytetyt raja-arvot (luokka C: $v_{w,95} < 0,3$ mm/s). Tärinälle vähemmän herkille toiminnolle tilannetta voidaan pitää riittävänä, sillä tällöin sovellettava raja-arvo (luokka D: $v_{w,95} < 0,3$ mm/s) alittuu, jos rakenteissa ei esiinny resonanssi-ilmiötä.

Yli noin 180 m päässä radasta uusilta asuinrakennuksilta edellytetyt raja-arvot (luokka C) alitetaan, jos rakenteissa ei esiinny resonanssi-ilmiötä. Tällöin alueelle voidaan sijoittaa asuntoimintoja edellyttäen, että tärinän taajuussisältö huomioidaan rakennesuunnittelussa noin 400 m etäisyydelle radasta asti.

Maaperän värähtely on taajuudeltaan huomattavan kapea-alaista (ominaistaajuus 5-6,3 Hz). Rakennukset tulee suunnitella siten, että rakenteen ominaistaajuudet eivät asetu kyseiselle taajuuskaistalle. Käytännössä helpointa on tehdä rakennus niin jäykäksi, että rakenneosat ovat ominaistaajuudeltaan riittävästi herätteen taajuutta suurempia. Keinoja tähän ovat esim.:

- rungon vaakajäykkyyden lisääminen; jäykistävien seinien määrän lisäys
- pohjapinta-alan kasvattaminen
- perustaminen yhtenäisellä reunavahvistetulla laatalla
- tärinän suhteen hankalimmissa tilanteissa kerroskorkeus rajoitetaan 1-kerroksiseksi (kerrosten määrän kasvattaminen pienentäisi rungon ominaistaajuutta ja mahdollistaa rungon resonanssin; kevyet välipohjat saattavat resonoida)

Liikennetärinä ei luultavasti aiheuta rakenteellisia vaurioita edes mahdollisessa resonanssitilanteessa, joskin resonanssitilanteet tulee joka tapauksessa ehkäistä asumismukavuuden kannalta.

Tärinää voidaan vähentää alueellisesti esimerkiksi pilaristabilointiseinillä tai maahan asennettavalla ponttiseinillä. Näiden toimivuus on tapauskohtaista, mutta pohjamaa on luultavasti menettämälle sopivaa.

Junien paikalliset nopeusrajoitukset vähentävät tärinää. Nopeusrajoituksista neuvotellaan tarvittaessa Liikenneviraston kanssa.

6.3 Runkomelu

Laskennallisen ja suojaetäisyydeltä tarkastelun perusteella maaperän värähtelystä johtuva runkomelu ei aiheuta ongelmia suunnittelualueella.

7. TÄRINÄN JA RUNKOMELUN ARVIOINNISSA KÄYTETTY OHJEISTUS

Talja, A. 2011: Ohjeita liikennetärinän arviointiin, VTT T2569

Talja, A. & Saarinen, A. 2009: Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi, VTT T2468

Talja, A. & Törnqvist, J. 2014: Liikennetärinä: Alueiden tärinäkartoitus ja rakenteiden vaurioitumisalttius. VTT R-04703-14

Talja, A, Vepsä, A, Kurkela, J & Halonen, M. 2008: Rakennukseen siirtyvän liikennetärinän arviointi, VTT T2425

Törnqvist, J & Talja, A. 2006: Suositus liikennetärinän arvioimiseksi maankäytön suunnittelussa, VTT W50

LIITE 1 TÄRINÄMITTAUKSET

Alla on esitetty mittauspisteiden 15 suurinta värinä tapahtumaa.

Aika	P1 pysty v_w (mm/s)	P1 vaaka v_w (mm/s)	P1 pituus v_w (mm/s)
8.6.2018 10:31	0,177	0,28	0,175
11.6.2018 10:24	0,138	0,28	0,187
10.6.2018 23:06	0,14	0,273	0,238
7.6.2018 10:23	0,148	0,273	0,132
12.6.2018 21:53	0,154	0,262	0,178
12.6.2018 19:18	0,145	0,231	0,176
8.6.2018 19:23	0,14	0,22	0,264
7.6.2018 19:41	0,117	0,226	0,141
11.6.2018 12:06	0,121	0,202	0,144
10.6.2018 0:41	0,14	0,195	0,17
11.6.2018 21:56	0,116	0,184	0,149
12.6.2018 4:13	0,107	0,188	0,205
11.6.2018 19:43	0,096	0,182	0,153
9.6.2018 0:52	0,102	0,171	0,181
10.6.2018 11:33	0,128	0,18	0,094

Aika	P2 pysty v_w (mm/s)	P2 vaaka v_w (mm/s)	P2 pituus v_w (mm/s)
11.6.2018 10:24	0,250	0,081	0,116
12.6.2018 21:53	0,233	0,062	0,083
10.6.2018 10:21	0,199	0,078	0,070
11.6.2018 12:06	0,195	0,084	0,103
7.6.2018 10:23	0,193	0,070	0,083
11.6.2018 3:54	0,180	0,084	0,114
8.6.2018 22:28	0,180	0,061	0,087
8.6.2018 19:22	0,180	0,053	0,061
8.6.2018 10:31	0,165	0,069	0,060
9.6.2018 22:03	0,160	0,075	0,100
6.6.2018 21:57	0,164	0,072	0,084
10.6.2018 19:13	0,155	0,054	0,100
9.6.2018 0:51	0,157	0,075	0,099
11.6.2018 21:55	0,150	0,076	0,085
10.6.2018 23:06	0,149	0,060	0,117

Aika	P3 pysty v _w (mm/s)	P3 vaaka v _w (mm/s)	P3 pituus v _w (mm/s)
11.6.2018 10:24	0,097	0,112	0,065
8.6.2018 19:23	0,095	0,094	0,085
11.6.2018 3:54	0,053	0,081	0,058
10.6.2018 23:06	0,083	0,076	0,086
10.6.2018 0:41	0,081	0,078	0,054
10.6.2018 10:22	0,054	0,072	0,085
8.6.2018 10:31	0,061	0,069	0,046
9.6.2018 0:52	0,071	0,062	0,066
7.6.2018 19:41	0,063	0,065	0,063
11.6.2018 19:43	0,060	0,058	0,053
11.6.2018 21:56	0,058	0,056	0,063
11.6.2018 12:06	0,082	0,052	0,044
12.6.2018 4:14	0,057	0,050	0,093
12.6.2018 21:53	0,055	0,054	0,077

Aika	P4 pysty v _w (mm/s)	P4 vaaka v _w (mm/s)	P4 pituus v _w (mm/s)
8.6.2018 13:40	0,067	0,025	0,040
12.6.2018 13:17	0,062	0,041	0,046
9.6.2018 11:25	0,056	0,042	0,039
7.6.2018 16:40	0,047	0,033	0,041