PROMETHOR
AKUSTIIKKARATKAISUJEN ASIANTUNTIJA

Tilaaja: Harri Lähteenmäki
Alfa Center Oy
Aurakatu 5
20100 Turku

Turku 2.6.2006
Sivut 1 (15) + 1 liites.

Raideliikenteen aiheuttaman tärinän mittaus

Alfa Center Oy

Kohde: Uuden Raunistulan kaava-alue

Mittaukset 8. – 16.5.2006

Raportin vakuudeksi

Tuomas Välikylä
Fyysikko, FM

Jani Kankare
Fyysikko, FM

HELSINKI
Venemestarintie 13
00980 HELSINKI
puh (09) 321 2228
fax (09) 328 1050

TURKU
Hämeenkatu 32 E
20700 TURKU
puh (02) 467 5110
fax (02) 467 5118

www.promethor.fi
promet@promethor.fi

1. Yleistä

Turun Raunistulan kaupunginosaan ollaan kaavoittamassa uutta asuinaluetta. Kaavoitusprojektin työnimi on Uusi Raunistula. Kaava-alue on Turku–Toijala-radan varrella, minkä johdosta alueella on huomioitava rautatieliikenteen aiheuttaman tärinän vaikutukset.

Tässä selvityksessä määritettiin rautatieliikenteen aiheuttaman tärinän voimakkuus kaava-alueella asumisviihtyvyyden ja rakennusten vaurioitumisriskin kannalta.

Tärinää mitattiin kaava-alueella kahdessa kohtaa. Mittauspaikka A sijaitsi alueen koillisnurkassa ja paikka B sijaitsi Alfa Center Oy:n teollisuusalueella Renotech Oy:n toimitilojen alueella. Tärinää pyrittiin mittaamaan samalta etäisyydeltä radasta kuin tulevat rakennukset on suunniteltu.

Mittaukset suoritettiin miehittämättömänä 8. – 16.5.2006. Mittaukset ja lausunnon tekivät Tuomas Välikylä ja Jani Kankare Promethor Oy:stä.

2. Mittausmenetelmät

Tärinämittaukset suoritettiin VTT:n tiedotteen "Suositus liikennetärinän mittaamisesta ja luokituksesta" mukaisesti. Mittaustulosten analysointi ja tulkinta ihmisen kokeman tärinähaitan kannalta tehtiin VTT:n ohjeen "Suositus liikennetärinän mittaamisesta ja luokituksesta" mukaan. Mittaustulosten tulkinta rakenteiden vaurioitumistodennäköisyyden kannalta tehtiin VTT:n ohjeen "Rautatieliikenteen tärinän vaikutus rakenteisiin – Vaurioalttiuden kartoittaminen ja mittaaminen" mukaan.

Mittaus suoritettiin miehittämättömänä. Mittauslaitteisto käynnisti mittauksen automaattisesti aina tietyn tärinätason saavuttamisen jälkeen. Näin saadut tärinän mittaussignaalit tallennettiin tietokoneeseen ja analysoitiin myöhemmin.

Ihmisen kokeman häiriön kuvaamiseksi tärinäsignaaleista laskettiin tunnusluku $v_{w,95}$. Mitattu tärinäsignaali painotettiin standardin NS 8176.E mukaisella kokokehontärinän painotusfunktiolla. Painotetusta mittaussignaalista laskettiin 1 sekunnin aikaikkunalla liukuva tehollisarvo (rms-arvo). Taajuuksien 1 – 80 Hz värähtelynopeuden painotettujen tehollisarvojen maksimiarvoista $v_{w,\max}$ määritettiin värähtelyn tunnusluku $v_{w,95}$ [mm/s]. Värähtelyn tunnusluvulla $v_{w,95}$ tarkoitetaan arvoa, jota pienempänä painotettu värähtelynopeuden tehollisarvo pysyy 95 prosentin todennäköisyydellä.

Rakenteiden vaurioriskiä arvioitiin värähtelyn taajuuspainottamattoman heilahdusnopeuden resultantin maksimiarvon v_{res} avulla. Se määritettiin nopeussignaalista, joka saatiin integroimalla mitattu kiihtyvyyssignaali.

3. Mittauslaitteet

Mittauksissa käytetyt laitteet olivat

- 01dB-Stell Symphonie
- Rion DA-20
- kiihtyvyysanturit Metra KS-48B.

4. Tärinän raja-arvot

4.1. Asumisviihtyvyyden raja-arvot tärinälle

Suomessa ei ole toistaiseksi olemassa virallisia ohjearvoja liikenteen aiheuttamalle tärinälle, joka kohdistuu ihmisiin rakennuksissa. Eräissä laeissa ja asetuksissa (esim. ympäristönsuojelulaki n:o 86/2000 ja Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa B3, 2004) kuitenkin velvoitetaan ottamaan liikennetärinän vaikutukset huomioon muun muassa kaavoituksessa, mutta varsinaisia tärinän raja-arvoja niissä ei esitetä.

VTT on antanut suosituksen rakennusten värähtelyluokituksesta tunnuslukuun $v_{w,95}$ perustuen tiedotteessa 2278 "Suositus liikennetärinän mittaamisesta ja luokituksesta". Tämä ohjeellinen värähtelyluokitus on esitetty taulukossa I.

Taulukko I. VTT:n tiedotteessa 2278 "Suositus liikennetärinän mittaamisesta ja luokituksesta" annettu suositus rakennusten värähtelyluokituksesta.

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

4.2. Rakennusten vaurioriskin raja-arvot tärinälle

Rakennusten rakenteiden vaurioriskille ei ole annettu virallisia raja-arvoja. Tähän on syynä muun muassa se, että eri tyyppiset rakenteet kestävät tärinää eri tavalla. VTT:n tiedotteen "Rautatieliikenteen tärinän vaikutus rakenteisiin, 2002" mukaan erityyppisten rakennusten vaurioriskiä voidaan kuitenkin tarkastella heilahdusnopeuden ja hallitsevan taajuuden avulla. Tiedotteessa on annettu taulukon II mukaiset raja-arvot rakennusten vaurioitumis-alttiuden arvioimiseksi.

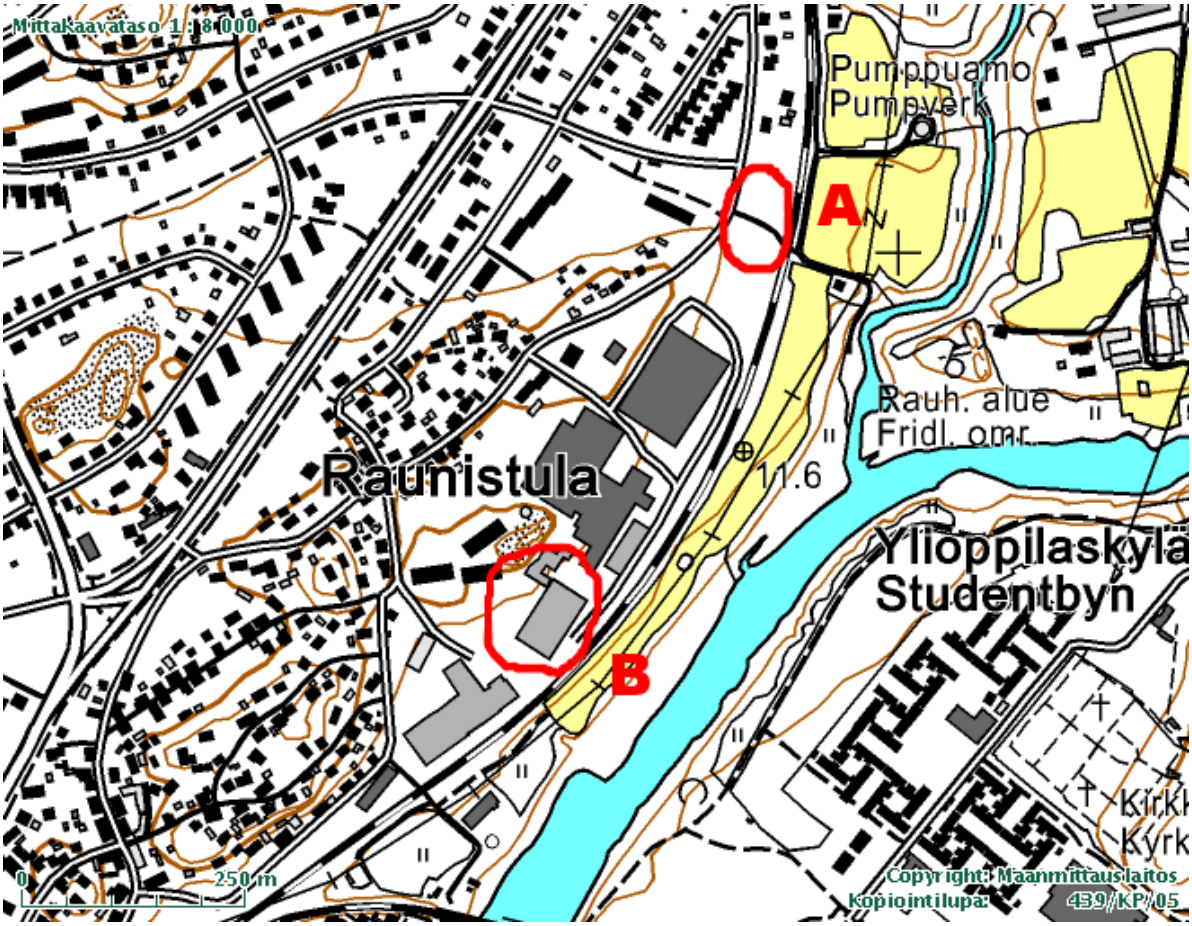
Taulukko II. VTT:n tiedotteessa "Rautatieliikenteen tärinän vaikutus rakenteisiin, 2002" annetut ohjeelliset raja-arvot tärinän aiheuttamalle rakennusten vaurioriskille.

Tärinäalttiusluokka	Hallitseva taajuus [Hz]	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.	< 10	4
	10…30	5
Luokan I rakennukset, joissa on muurattuja kellariseiniä tai tiiliverhoilu.	> 30	6
III. Erityisen herkät rakennukset tai rakenteet ja kulttuurihistoriallisesti tai yhteiskunnallisesti merkittävät rakennukset.	< 10	2
	10…30	3
	> 30	4

*Merkintä v_{res} tarkoittaa värähtelyn taajuuspainottamattoman heilahdusnopeuden resultantin huippuarvoa.

5. Mittauspisteet

Kuvassa 1 on esitetty käytetyt mittauspaikat A ja B.



Kuva 1. Yleiskuva Raunistulan alueesta sekä mittauspaikat A ja B.

5.1. Mittauspaikka A

Mittauspaikka A sijaitsi kaava-alueen koillisnurkassa. Tälle kohdalle on suunniteltu kahta asuinkerrostaloa. Tärinää mitattiin tällä paikalla kahdessa pisteessä. Paikan A mittauspisteet on merkitty liitteen 1 kuvaan.

Molemmissa pisteissä mitattiin maan tärinän pystysuuntaista heilahduskiihtyvyyttä. Maahan iskettiin 50 cm pitkä terästanko, jonka halkaisija on 20 mm. Tangon päähän kiinnitettiin kiihtyvyysanturi vahvalla magneetilla.

Mittausaika paikassa A oli vain noin 5 vrk, sillä 9.5. klo 17 – 11.5. klo 13 välisen ajan mittaustulokset jouduttiin hylkäämään ilkivallan vuoksi. Antureita oli siirretty pois paikaltaan 9.5. klo 17 jälkeen ja mittauspaikalla tehtiin tarkistuskäynti vasta 11.5. iltapäivällä.

5.2. Mittauspaikka B

Mittauspaikan B mittauspisteiden sijainti on esitetty liitteen 1 kuvassa. Paikka sijaitsi Alfa Center Oy:n teollisuusalueen eteläpäässä, missä on muun muassa Renotech Oy:n toimitilat. Myös tälle paikalle on suunniteltu asuinkerrostaloja.

Kaikissa neljässä pisteessä mitattiin pystysuuntaista kiihtyvyyttä. Pisteissä 1, 3 ja 4 tärinää mitattiin maasta terästankojen avulla luvussa 5.1. kuvatulla tavalla. Pisteessä 2 tärinää mitattiin rakennuksen sisältä Renotech Oy:n tuotantotiloissa. Kakkospisteen anturi oli kiinnitetty magneetilla 8,5 kg:n painoiseen teräspalikkaan, joka oli asetettu lattialle rakennuksen rataa lähinnä olevan pystypilarin viereen.

Ilkivalta oli ongelmana myös paikassa B, missä jouduttiin hylkäämään pisteen 1 mittaustulokset 10.5. klo 2.14 – 11.5. klo 13 väliseltä ajalta. Anturi 1 oli siirretty terästangon nokasta kyljelleen maahan.

6. Mittaustulokset

6.1. Taajuuspainotetun värähtelynopeuden tehollinen huippuarvo $v_{w,95}$

Värähtelyn heilahduskiihtyvyyden arvot mitattiin edellä esitetyssä pisteessä ja niistä laskettiin $v_{w,\max}$-arvot eli taajuuspainotettujen signaalien yhden sekunnin aikaikkunalla laskettujen liukuvien tehollisarvojen suurimmat arvot. Saaduista $v_{w,\max}$-arvoista valittiin 15 suurinta erikseen jokaisen pisteen mittaustuloksista. Näin valituista arvoista laskettiin tunnusluvut jokaiselle mittauspisteelle. Kaikkien mittauspisteiden suurimmat $v_{w,\max}$-arvot on esitetty taulukoissa III ja IV. Saadut tunnusluvut ovat taulukossa V.

Laskennassa käytettyjen signaalien pääteltiin olevan junien aiheuttamia kunkin tärinäsignaalin kestoajan, muodon ja amplitudin perusteella. Epäselvissä tapauksissa tutkittiin myös signaalin spektri.

Taulukko III. Suurimmat havaitut $v_{w,max}$-arvot mittauspaikassa A.

Pvm	Klo	$v_{w,max}$ [mm/s]	Mp	Juna	Massa [t]
14.5.2006	13.47	1,46	1	3512	858
16.5.2006	0.35	1,22	1	3541	960
12.5.2006	4.35	0,93	1	4036	1589
15.5.2006	22.06	0,91	1	3003	1249
15.5.2006	2.55	0,86	1	4036	2480
13.5.2006	3.14	0,74	1	4036	1714
15.5.2006	12.49	0,71	1	3505	1407
12.5.2006	10.51	0,69	1	3001	1823
9.5.2006	15.29	0,64	1	–	–
12.5.2006	5.50	0,59	1	3504	1259
12.5.2006	13.52	0,49	1	3512	1406
13.5.2006	18.13	0,47	1	3511	1496
12.5.2006	14.05	0,43	1	3507	592
13.5.2006	1.05	0,42	1	3590	1248
11.5.2006	18.48	0,42	1	3513	1244
16.5.2006	0.35	0,24	2	3541	960
14.5.2006	13.47	0,21	2	3512	858
12.5.2006	21.59	0,19	2	3003	1989
9.5.2006	15.29	0,17	2	–	–
15.5.2006	2.55	0,16	2	4036	2480
13.5.2006	3.14	0,15	2	4036	1714
12.5.2006	10.51	0,15	2	3001	1823
12.5.2006	17.14	0,14	2	3005	1922
12.5.2006	5.50	0,13	2	3504	1259
12.5.2006	14.05	0,13	2	3507	592
15.5.2006	17.29	0,13	2	3005	1322
11.5.2006	23.02	0,13	2	3003	1774
12.5.2006	4.35	0,13	2	4036	1589
15.5.2006	12.49	0,12	2	3505	1407
13.5.2006	6.45	0,12	2	3002	1632

Taulukko IV. Suurimmat havaitut $v_{w,max}$-arvot mittauspaikassa B. Taulukko jatkuu seuraavalla sivulla.

Pvm	Klo	$v_{w,max}$ [mm/s]	Mp	Juna	Massa [t]
14.5.2006	13.49	0,09	1	3512	858
13.5.2006	3.16	0,08	1	4036	1714
15.5.2006	2.58	0,08	1	4036	2480
16.5.2006	3.23	0,08	1	4036	1923
12.5.2006	4.36	0,08	1	4036	1589
15.5.2006	17.29	0,08	1	3005	1322
9.5.2006	7.51	0,07	1	3950	3274
15.5.2006	22.08	0,07	1	3003	1249
16.5.2006	0.37	0,07	1	3541	960
9.5.2006	21.38	0,07	1	3003	1632
15.5.2006	0.33	0,07	1	–	–
15.5.2006	11.03	0,06	1	3548	959
9.5.2006	3.25	0,06	1	4036	2395
15.5.2006	21.43	0,06	1	–	–
15.5.2006	12.50	0,06	1	3505	1407
9.5.2006	7.51	0,27	2	3950	3274
14.5.2006	13.49	0,22	2	3512	858
13.5.2006	3.16	0,18	2	4036	1714
11.5.2006	17.13	0,14	2	3005	1382
13.5.2006	18.24	0,14	2	3513	1598
9.5.2006	15.31	0,14	2	–	–
16.5.2006	0.37	0,13	2	3541	960
9.5.2006	21.38	0,13	2	3003	1632
12.5.2006	22.00	0,12	2	3003	1989
9.5.2006	4.58	0,11	2	3504	807
15.5.2006	22.08	0,11	2	3003	1249
16.5.2006	3.24	0,10	2	4036	1923
16.5.2006	1.21	0,10	2	3590	1560
9.5.2006	3.25	0,10	2	4036	2395
12.5.2006	4.36	0,10	2	3504	1259

Taulukko IV. Jatkuu.

Pvm	Klo	$v_{w,\max}$ [mm/s]	Mp	Juna	Massa [t]
13.5.2006	10.39	0,01	3	811	459
12.5.2006	22.00	0,01	3	3003	1989
12.5.2006	21.13	0,01	3	–	–
15.5.2006	21.43	0,01	3	–	–
14.5.2006	19.53	0,01	3	826	447
9.5.2006	14.10	0,01	3	3543	–
10.5.2006	17.58	0,01	3	822	184
13.5.2006	18.14	0,01	3	3511	1496
15.5.2006	12.19	0,01	3	–	–
9.5.2006	11.55	0,01	3	810	291
11.5.2006	23.02	0,01	3	–	–
12.5.2006	20.00	0,01	3	831	237
13.5.2006	7.59	0,01	3	802	624
14.5.2006	16.08	0,01	3	–	–
10.5.2006	5.27	0,01	3	3504	1201
9.5.2006	21.38	0,05	4	3003	1632
9.5.2006	15.31	0,05	4	–	–
10.5.2006	1.11	0,02	4	3590	1718
9.5.2006	7.51	0,02	4	3950	3274
9.5.2006	14.06	0,02	4	–	–
9.5.2006	12.10	0,02	4	–	–
9.5.2006	16.53	0,02	4	820	266
9.5.2006	14.10	0,02	4	–	–
9.5.2006	17.19	0,02	4	3005	1066
14.5.2006	13.49	0,02	4	3512	858
9.5.2006	20.21	0,01	4	831	237
15.5.2006	12.50	0,01	4	3505	1407
9.5.2006	19.53	0,01	4	826	314
15.5.2006	2.58	0,01	4	4036	2480
9.5.2006	16.08	0,01	4	–	–

Taulukko V. Värähtelyn tunnusluvut laskettuna 15:stä merkittävimmästä junasta ja ilman merkittävintä junaa (junat 2 – 16). Värähtelyluokan C ohjearvo on 0,30 mm/s.

		$v_{w,95}$ [mm/s]			
	Paikka A	Piste 1	Piste 2		
15 merkittävintä junaa		1,3	0,2		
15 merkittävimmästä seuraavaa junaa		1,1	0,2		
	Paikka B	Piste 1	Piste 2	Piste 3	Piste 4
15 merkittävintä		0,1	0,2	< 0,05	< 0,05
15 merkittävimmästä seuraavaa junaa		0,1	0,2	< 0,05	< 0,05

6.2. Rakennuksen vaurioitumisriski

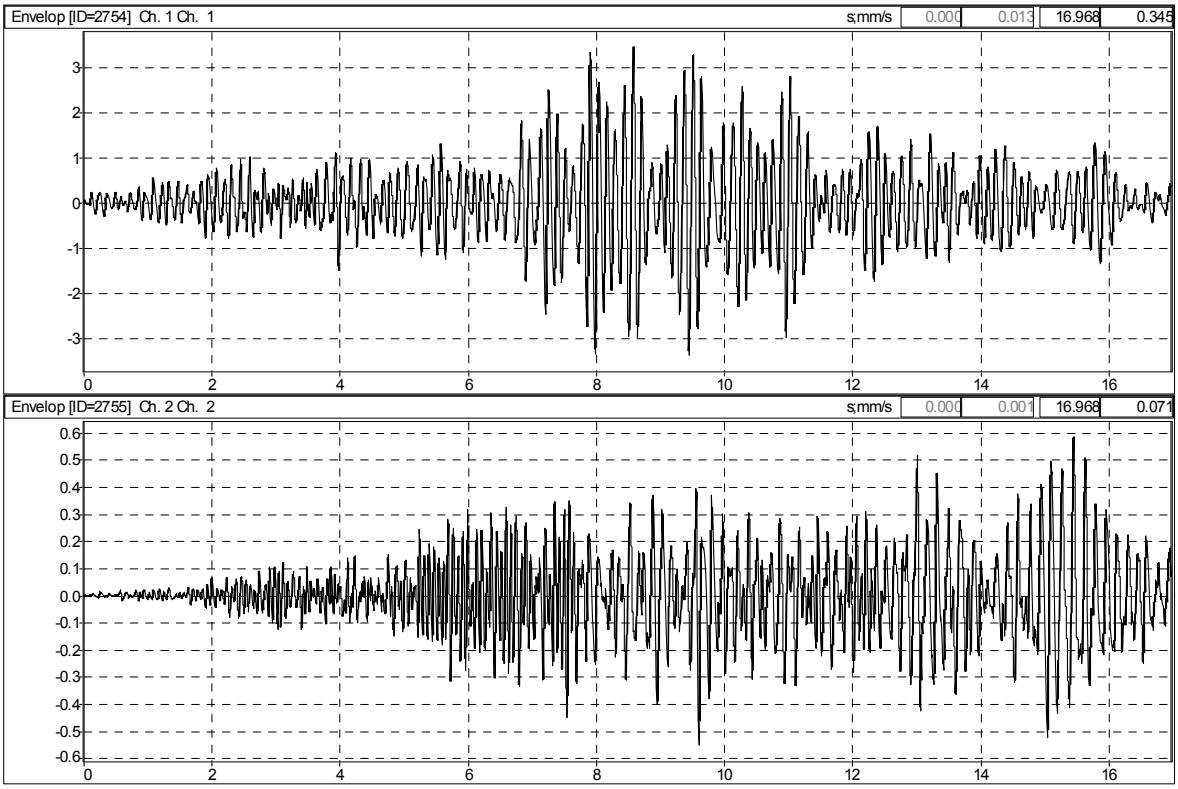
Rakennuksen vaurioitumisriskiä arvioitiin painottamattoman värähtelynopeuden suurimman arvon avulla. Värähtelynopeuden huippuarvot v_{maks} määritettiin nopeussignaaleista, jotka saatiin integroimalla mitatut kiihtyvyyssignaalit. Koska tärinää mitattiin yhdessä akselisuunnassa, kerrottiin saadut arvot VTT:n ohjeen mukaisesti kertoimella 1,20. Näin saatiin arvio värähtelyn heilahdusnopeuden resultantista.

Mittauspaikassa A saadut värähtelyn huippuarvot on esitetty taulukossa VI. Kuvassa 2 on esitetty esimerkki havaitusta nopeussignaalista. Paikassa B ei havaittu junaliikenteestä aiheutuvia yli 1 mm/s ylittäviä resultantin arvoja.

Laskennassa käytettyjen signaalien pääteltiin olevan junien aiheuttamia kunkin tärinäsignaalin kestoajan, muodon ja amplitudin perusteella. Epäselvissä tapauksissa tutkittiin myös signaalin spektri.

Taulukko VI. Mittauspaikassa A havaitut suurimmat värähtelyn heilahdusnopeuden resultantin arvot molemmissa mittauspisteissä.

Pvm	Klo	v_{res} [mm/s]	Mp	Juna	Massa [t]
14.5.2006	13.47	4,2	1	3512	858
16.5.2006	0.35	3,8	1	3541	960
12.5.2006	4.35	3,2	1	4036	1589
15.5.2006	2.55	2,9	1	4036	2480
16.5.2006	3.21	2,8	1	4036	1923
15.5.2006	22.06	2,6	1	3003	1249
13.5.2006	3.14	2,5	1	4036	1714
15.5.2006	12.49	2,4	1	3505	1407
12.5.2006	10.51	2,3	1	3001	1823
9.5.2006	15.29	2,2	1	–	–
12.5.2006	13.52	1,7	1	3512	1406
12.5.2006	21.59	1,7	1	3003	1989
12.5.2006	13.52	1,6	1	3512	1406
16.5.2006	0.35	0,7	2	3541	960
12.5.2006	3.19	0,6	2	4036	1589
12.5.2006	21.59	0,6	2	3003	1989
14.5.2006	13.47	0,6	2	3512	858
9.5.2006	15.29	0,5	2	–	–
13.5.2006	3.14	0,5	2	4036	1714
16.5.2006	3.21	0,5	2	4036	1923
11.5.2006	23.02	0,4	2	3003	1774
12.5.2006	4.35	0,4	2	4036	1589
12.5.2006	10.51	0,4	2	3001	1823
12.5.2006	14.05	0,4	2	–	–
12.5.2006	17.14	0,4	2	3005	1922
15.5.2006	2.55	0,4	2	4036	2480



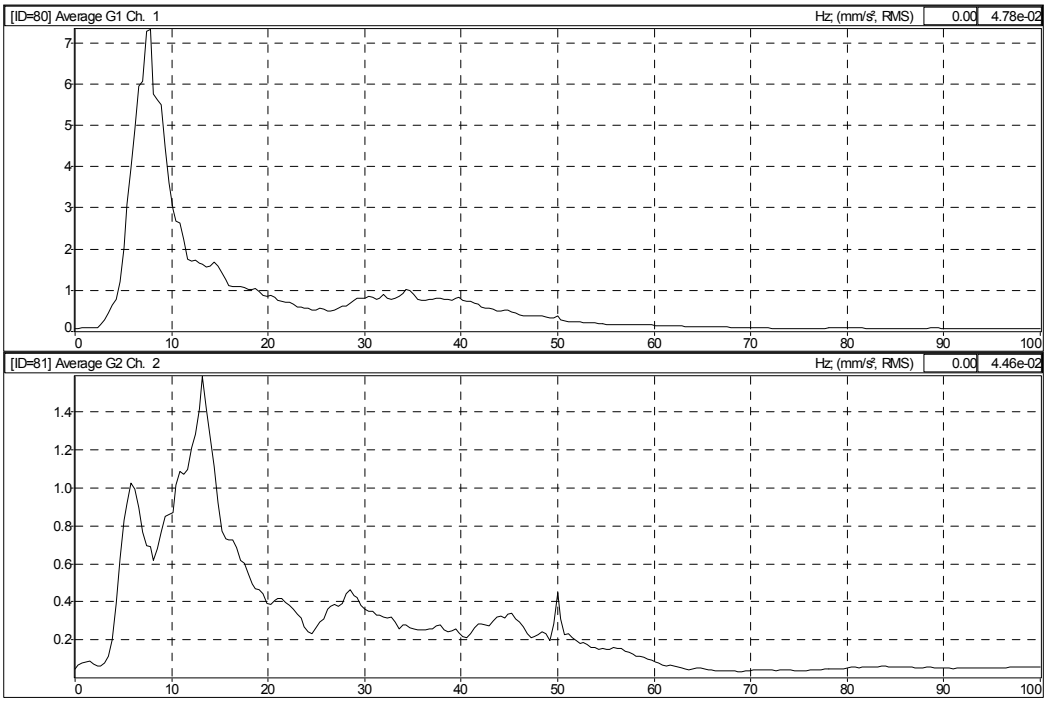
Kuva 2. Värähtelyn heilahdusnopeussignaali, jonka on aiheuttanut 16.5.2006 klo 0.35 mittauspaikan A sivuuttanut juna.

6.3. Värähtelyn taajuussisältö

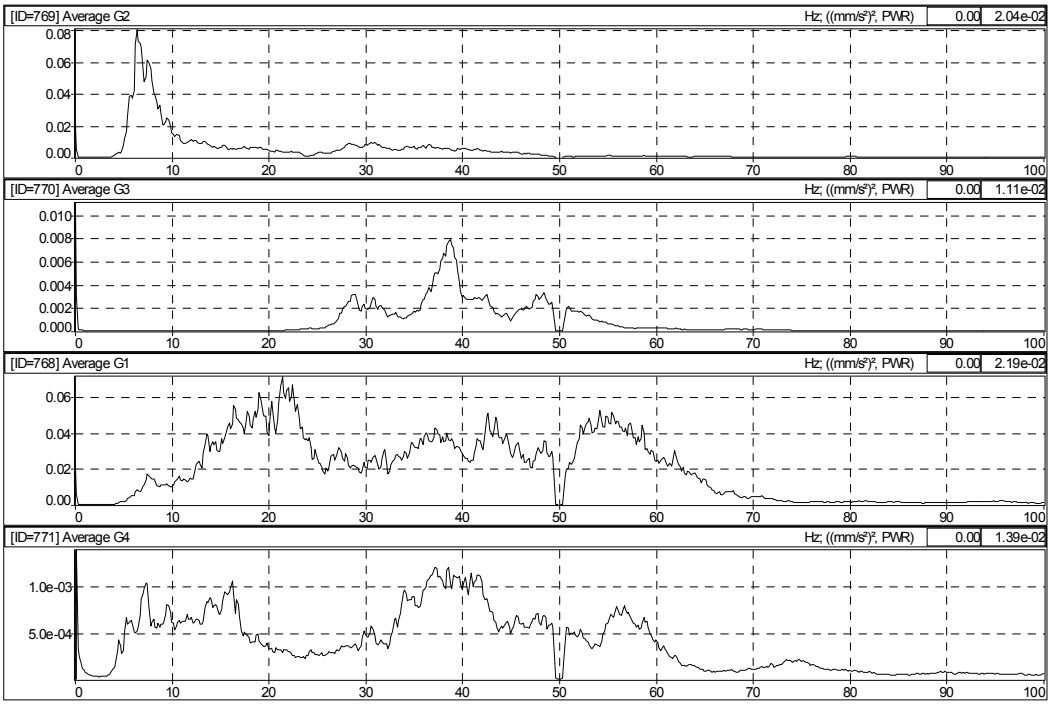
Mitattujen tärinäsignaalien taajuussisältöä tutkittiin FFT-muunnoksella lasketuista taajuusspektreistä. Kuvassa 3 on esitetty mittauspaikan A värähtelyn heilahduskiihtyvyyden 20 voimakkaimman värähtelyn keskimääräinen taajuusspektri. Kuvasta voidaan todeta, että pisteessä 1 hallitsevat taajuudet 5 – 10 Hz ja pisteessä 2 taajuudet 5 – 15 Hz.

Mittauspaikassa B havaittujen voimakkaimpien tärinöiden spektrien keskiarvo on esitetty kuvassa 4. Kuvaajasta nähdään, että mittauspisteessä 1 eli maassa lähinnä rataa olevassa pisteessä tärinän hallitsevat taajuudet ovat 5 – 10 Hz. Kauempana radasta pisteissä 3 ja 4 tärinän matalimmat taajuudet ovat vaimentuneet suhteessa korkeampiin 10:n ja 70:n välillä oleviin taajuuksiin. Rakennuksessa sijainneessa pisteessä 2 havaittiin tärinää lähinnä taajuuksilla 25 – 55 Hz, joten tämän taajuinen värähtely siirtyy kyseiseen rakennukseen paremmin kuin matalammat taajuudet.

Kuvaajassa 4 on kuopat 50 hertsin kohdalla, koska signaaleista oli suodatettava sähköverkon kohina pois.



Kuva 3. Mittauspaikassa A mitattujen junien 20 suurimman tärinän kiihtyvyyssignaalien keskimääräinen taajuusjakauma mittauspisteissä 1 ja 2 (ylhäältä lukien). Kuvaajien pystyakselit ovat keskenään eri mittakaavassa.



Kuva 4. Mittauspaikassa B mitattujen junien 42 suurimman tärinän kiihtyvyyssignaalien keskimääräinen taajuusjakauma mittauspisteissä 1, 2, 3 ja 4 (ylhäältä lukien). Kuvaajien pystyakselit ovat keskenään eri mittakaavassa.

7. Tulosten tarkastelua

7.1. Tärinän vaikutus asumisviihtyvyyteen

Paikan A pisteessä 1 mitatun tunnusluvun arvo ylittää selvästi VTT:n suosituksen raja-arvot (Taulukko I). Tällä kohdalla maa vaikutti hyvin pehmeältä ja vetiseltä, joten suuret tärinäarvot eivät ole poikkeuksellisia. Aivan kyseiselle kohdalle ei ole kaavassa merkitty rakennusta, joten tästä ei välttämättä aiheudu suuria ongelmia. Pisteessä 2 havaittiin tunnusluvun arvoksi 0,2 mm/s, joka on alle VTT:n suosituksessa (tiedote 2278) esitetyn uusien asuinalueiden tavoitearvon 0,3 mm/s. Samassa suosituksessa kuitenkin kehotetaan varautumaan kaavoituksessa jopa kaksinkertaiseen tärinäarvoon tulevien rakennusten lattioilla (kts. luku 7.4.). Paikan A läheisyydessä pohjoispuolella sijaitsee omakotitaloalue, jonka asukkaista ainakin osa kokee junaradan aiheuttaman tärinän haitallisena.

Mittauspaikan B alueella maaperä on ilmeisesti tiiviimpää (kallio huomattavasti maanpintaa lähempänä) verrattuna paikan A alueeseen, sillä paikassa B mitattiin maasta selvästi suositusraja-arvot alittavia tunnuslukuja. Lisäksi tärinän taajuussisältö paikassa B on tyypillinen tiiviin maan liikenneperäisille värähtelyille.

Johtopäätökset

Mittaustulosten mukaan kortteleissa 3, 4, 5, 6, 7, 8 ja 9 ei ole odotettavissa, että tärinä heikentäisi merkittävästi asumisviihtyvyyttä (suositusarvo 0,3 mm/s ei pitäisi ylittyä).

Suunnittelualueen koillisnurkassa, kortteleiden 2 ja 10 alueella, on olemassa riski tärinän suositusarvojen ylittymiseen myös valmiissa asuinrakennuksissa. Näissä kahdessa korttelissa raideliikenteen aiheuttamaan tärinään tulee kiinnittää huomiota vielä pohjatutkimusten jälkeen, kun maaperä näiden kortteleiden kohdalla tunnetaan tarkasti. Nyt suoritetun mittauksen mukaan ko. korttelit eivät ole asuinrakennuskelpoisia, ellei talojen tärinäeristykseen kiinnitetä erikoishuomioita. Talojen tärinäeristäminen on merkittäviä kustannuksia aiheuttavaa ja lisäksi hyvin haasteellista suunnitella ja toteuttaa.

7.2. Tärinän aiheuttama rakennusten vaurioitumisriski

Paikassa A havaittu suurin värähtelynopeuden resultantin arvo oli 4,2 mm/s (mittauspiste 1). Tämä ylittää vähäisesti raja-arvon 4 mm/s. Huomioitavaa kuitenkin on, että aivan mittauspisteen 1 kohdalle ei ole suunniteltu rakennuksia. Mittauspisteen 2 kohdalla tärinä ei aiheuta rakennuksille vaurioitumisriskiä.

Mittauspaikalla B suurin havaittu junan aiheuttama värähtelyn heilahdusnopeuden resultantin arvo oli alle 1 mm/s. Siten tällä alueella raideliikenne ei aiheuta vaurioitumisriskiä rakennuksille.

7.3. Värähtelyn taajuussisältö

Mittauspaikassa A tärinä oli pehmeälle maalle tyypillistä hyvin matalataajuista, 5 – 15 Hz, värähtelyä. Sen sijaan paikassa B havaittiin tärinää myös korkeammilla jopa 55 hertsin

taajuuksilla. Tämä on tavanomainen tulos kovalla maalla etenkin kaukana radasta (mittauspisteet 3 ja 4).

7.4. Muita huomioita

Tässä selvityksessä tärinää mitattiin lähinnä suoraan maasta. Tämä sisältää lukuisia epävarmuustekijöitä, koska värähtelyn siirtymistä maasta rakennuksiin ei tunneta vielä kovin hyvin. Myös nyt jo olemassa olevien rakennuksien värähtely saattaa poiketa tulevien uusien rakennusten värähtelyistä.

VTT:n tiedotteessa Suositus liikennetärinän mittaamisesta ja luokituksesta sanotaan kuitenkin, että *"kaavoituksessa on sekä pien- että kerrostalojen kaikissa kerroksissa materiaaleista riippumatta varauduttava lattian pystysuuntaiseen värähtelyyn, jonka tunnusluku on kaksi kertaa maasta mitattu tunnusluku. Poikkeuksena ovat maanvaraiset lattiat sekä paalutetut rakennukset, jolloin lattian värähtelyssä ei tarvitse varautua maaperän värähtelyn tunnuslukua suurempiin arvoihin."*

Mittaustulokset edustavat mittauskohteen tärinää vain niissä olosuhteissa, joissa mittaukset suoritettiin. Esimerkiksi junakaluston tai ajonopeuden poiketessa oleellisesti mittaus-ajankohdasta on tärinäarvojen muuttuminen mahdollista.

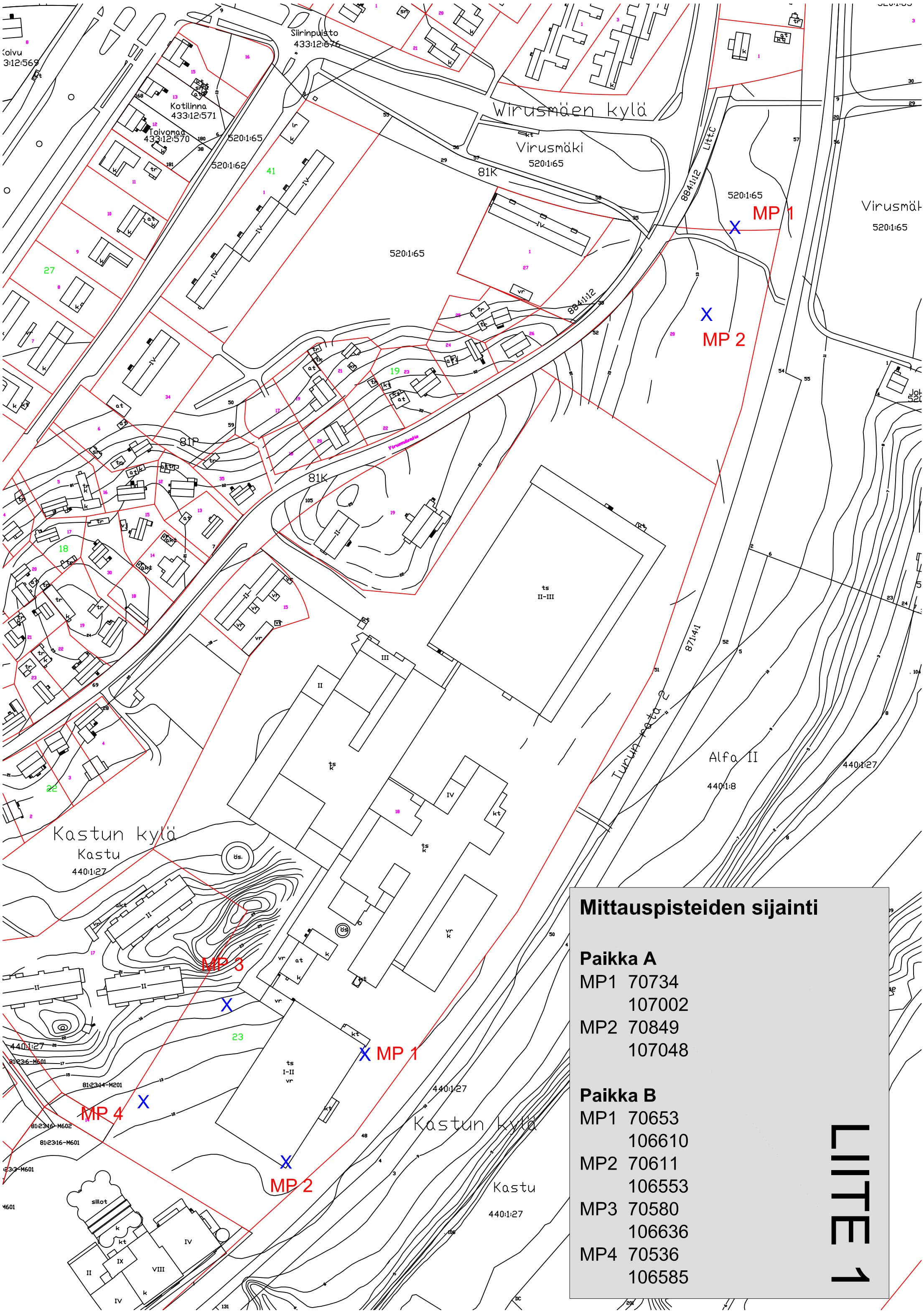
8. Kirjallisuutta

Suositus liikennetärinän mittaamisesta ja luokituksesta, VTT:n tiedotteita 2278, A. Talja, Otamedia Oy, Espoo, 2005

Rautatieliikenteen vaikutus rakenteisiin, J. Törnqvist ja O. Nuutilainen, Luonnos, Otamedia Oy, Espoo, 2002

Standardi NS 8176.E, Vibration and Shock, Measurement Of Vibration In Buildings From Landbased Transport And Guidance To Evaluation Its Effect On Human Beings, Norjan standardisoimisvirasto, Norja 1999

Standardi ISO 2631, Mechanical Vibration And Shock — Evaluation Of Human Exposure To Whole-body Vibration, Osat 1 ja 2, International Organization of Standardization, Sveitsi 1997



Mittauspisteiden sijainti

Paikka A

MP1	70734	
	107002	
MP2	70849	
	107048	

Paikka B

MP1	70653	
	106610	
MP2	70611	
	106553	
MP3	70580	
	106636	
MP4	70536	
	106585	

LIITE 1