

Projekti 319949 / 25

RISTINARKUN ALA-HEIKKILÄNRAITIN 12 ASEMAKAAVAN MUUTOKSEN NRO 8915 TÄRINÄSELVITYS

Asiakkaan tiedot

Tampereen kaupunki, Kaupunkiympäristön suunnittelu
Asemakaavoitus
Frenckelin aukio 2 B
PL 284
33101 Tampere

1. Johdanto

Ilkka Niskanen WSP:stä on laatinut laskennallisen värinäselvityksen kohteeseen Ala-Heikkilänraitti 12, Tampere. Selvityksen on tarkistanut Sirpa Lappalainen WSP:n akustiikka- ja melutiimistä.

2. Lähtötiedot ja menetelmät

2.1. Laskentamenetelmä

Junaliikenteen aiheuttaman värinän heilahdusnopeuksia on arvioitu VTT:n (Törnqvist ja Talja 2006) ohjeistuksen mukaisesti. Menettelyn sisältö on esitetty tarkemmin raportin liitteessä 1.

2.2. Suunnittelukohteen sijainti ja maaperäolosuhteet

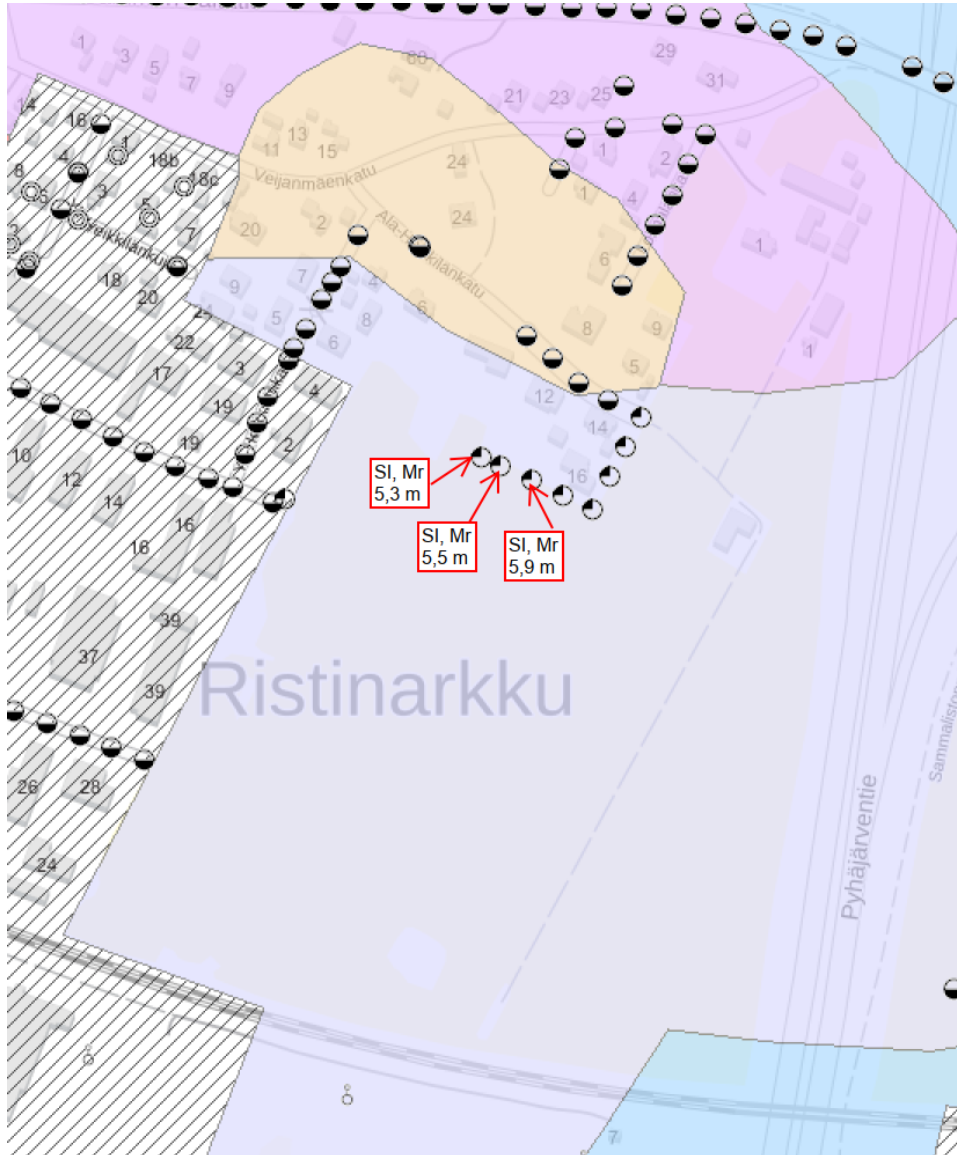
Asemakaavan muutoksen hakijan tavoitteena on tontin jakaminen ja rakennusoikeuden lisääminen (Tampereen kaupunki 2024a). Alustavassa kaavaluonnoksessa nykyisestä tontista jaettavalle uudelle tontille on kaavailtu 180 m² rakennusala uudisrakennukselle (Tampereen kaupunki 2024b).

Asemakaavaluonnoksen mukainen uusi rakennusala sijaitsee noin 350 metrin etäisyydellä Tampere – Jyväskylä -rautatieosuuden lähimmästä kiskosta (kuva 1).



Kuva 1. Suunnittelukohteen sijainti ja lyhin etäisyys Tampere – Jyväskylä -rataosuudelle.

GTK:n maaperäkartan perusteella maaperä rautatien ja asemakaavakohteen välillä on hiesua (kuva 2). Pohjatutkimusten perusteella maaperä suunnittelukohteen läheisyydessä silttiä ja syvemmällä moreenia. Kairaukset ovat päättyneet suunnittelukohteen eteläpuolella 5,3 – 5,9 metrin syvyyteen (kuva 2).



Kuva 2. Maaperäolosuhteet Tampere – Jyväskylä -rataosuuden ja suunnittelukohteen välillä. Maaperäkartta lähteestä GTK, Pohjatutkimukset ([Pohjatutkimukset \(gtk.fi\)](http://Pohjatutkimukset(gtk.fi))). Tekstiruuduissa on esitetty kairauksissa todetut maalajit ja kairauksen päättymissyvyys. Pohjatutkimustietojen perusteella maaperä tulkitaan rautatien ja suunnittelukohteen välisellä alueella normaaliksi koheesiomaaksi, jossa vallitsevat maalajit ovat savi, savisiltti ja siltti. Tärinälaskennassa käytettävä heilahdusnopeuden lähtöarvo nopeuskorjauksen eksponentti määräytyvät tämän maaperäluokan perusteella (liite 1, taulukko 1).

2.3. Junaliikennettä koskevat tiedot

Suunnittelualueen eteläpuolella liikennöivällä rataosuudella tavarajunaliikenne muodostuu tärinän kannalta mitoittavaksi junatyypiksi. Tavarajunien keskimääräinen nopeus rataosuudella suunnittelualueen kohdalla on Julia-datan (Junaliikenteen havaintojärjestelmä, [Julia - Junaliikenteen havaintojärjestelmä \(juliadata.fi\)](#)) perusteella noin 69 km/h (25 havainnon keskiarvo). Tampereen meluselvitysaineiston (Tampereen kaupunki 2022b) perusteella Jyväskylän suuntaan liikennöivien tavarajunien keskimääräinen pituus on noin 400 metriä, jolloin junassa on keskimäärin 19 vaunua ja veturi.

Junan keskimääräiseksi painoksi arvioidaan noin 2500 tonnia, kun se muodostuu 30 vaunusta (80 t / vaunu) ja yhdestä veturista (90 t).

3. Suositukset tärinän ohjearvoiksi

Julkaisussa ”Suositus liikennetärinän arvioimiseksi maankäytön suunnittelussa” (Törnqvist ja Talja 2006) on esitetty suositus rakennusten värähtelyluokituksesta, jota käytetään yleisesti ohjearvona maankäytön suunnittelussa. Suosituksissa uusille rakennuksille ja väylille on annettu matalampi suositusarvo kuin vanhoille asuinalueille (taulukko 3). Taulukossa esitetty luokitus perustuu ihmisen kokemuksen tärinän häiritsevyyteen. Kun kyseessä on muu kuin asumistarkoitus, tavoiteraja voi olla kaksinkertainen.

Oppaassa esitetyt tärinän ohjearvot perustuvat tärinän heilahdusnopeuden maksimiarvojen perusteella tilastollisesti määritettyyn taajuuspainotettuun tunnuslukuun $v_{w,95}$ [mm/s] (taulukko 1).

Taulukko 1. Suositus rakennusten värähtelyluokituksesta (Törnqvist ja Talja 2006).

Värähtelyluokka	Kuvaus olosuhteista	$v_{w,95}$ (mm/s)
A	Hyvät asuinolosuhteet. Ihmiset eivät yleensä havaitse tärinää.	$\leq 0,10$
B	Suhteellisen hyvät olosuhteet. Ihmiset voivat havaita tärinän, mutta se ei yleensä ole häiritsevää.	$\leq 0,15$

C	Suositus uusien rakennusten ja väylien suunnittelussa. Keskimäärin 15 % asukkaista pitää tärinää häiritsevänä ja voi valittaa häiriöstä.	$\leq 0,30$
D	Olosuhteet, joihin pyritään vanhoilla asuinalueilla. Keskimäärin 25 % asukkaista pitää tärinää häiritsevänä ja voi valittaa häiriöstä.	$\leq 0,60$

Tärinän mahdollisesti aiheuttamien rakenteellisten vaurioiden arviointiin sovelletaan eri vertailuarvoja kuin asumisviihtyisyyden kohdistuvien haittojen arviointiin. Rakennusten perustusten vaurioalttiutta kuvataan taulukon 2 mukaisella luokituksella. Esitetyt raja-arvoja pienempien värähtelytasojen ei katsota aiheuttavan rakennuksen käyttöarvoa pienentäviä vaurioita.

Taulukko 2. Rakennusten perustusten vaurioalttiuden rajaamisessa käytettävät kriteerit (VTT 2001).

Värähtelyluokka	Kuvaus värähtelyolosuhteista	Heilahdusnopeuden huippuarvo V_{\max} (mm/s)	Tunnusluku $V_{\text{rms},95}$ (mm/s)
V	Kohonneen tärinäalttiuden alue Rakenteiden vauriot mahdollisia	$\geq 3,0$	$\geq 5,0$
H	Vähäisen tärinäalttiuden alue Rakenteiden haitat mahdollisia	$\leq 3,0$	$\leq 5,0$
E	Rakenteiden vaurioitumisriski epätodennäköinen	$\leq 1,0$	$\leq 1,6$

4. Tulos: laskennallisesti arvioitu tärinän heilahdusnopeus

Kohteeseen Ala-Heikkilänraitti 12 arvioitu tärinän heilahdusnopeuden taajuuspainotettu tehollisarvo V_{V95} on 0,07 mm/s (taulukko 3). Tämä on vertailukelpoinen arvo arvioitaessa

tärinän aiheuttamaa viihtyisyyshaittaa, jonka arvioinnissa suositeltavaksi suurimmaksi tehollisarvoksi on esitetty 0,3 mm/s.

Taulukko 3. Laskennallinen arvio junaliikenteen aiheuttamasta värähtelyn heilahdusnopeudesta ja värähtelyn heilahdusnopeuden suositeltu ohjearvo.

Kohde	Laskennallisesti arvioitu värähtelyn heilahdusnopeus V_{v95} , mm/s	Suositus uusien asuinrakennusten värähtelytasolle, V_{v95} , mm/s
Yli-Huikkaantie 6	0,11	0,3

Edellä mainittu arvo (v_{v95} 0,11 mm/s) on laskettu VTT:n ohjeistuksessa annettujen tekijöiden keskiarvoilla.

Laskennallisesti arvioitu tulos alittaa asumisviihtyisyydelle suositellun ohjearvotason, eikä suunnittelukohteeseen ole tarpeellista antaa tärinää koskevia kaavamääräyksiä. Arvioimme myös, että tärinän jatkoselvitykset eivät ole tarpeellisia tämän suunnittelukohteen osalta.

Tampere 8.8.2024

WSP Finland Oy

Laatinut:

Ilkka Niskanen

Projektijohtaja

Akustiikka ja melu

Tarkistanut:

Sirpa Lappalainen

Tiimipäällikkö

Akustiikka ja melu

5. Viittaukset

Talja ja Törnqvist 2014: Rautatieliikenteen aikaansaaman vaurioalttiuden kartoittaminen. Raportti VTT-R-04703-14.

Tampereen kaupunki 2024a: Asemakaavan muutoksen osallistumis- ja arviointisuunnitelma, LUONNOS. Ristinarkku, Ala-Heikkilänraitti 12, asemakaavan nro 8915 .

Tampereen kaupunki 2024b: Asemakaavan muutos. Kaupunginosa: Ristinarkku (015), kortteli nro: 4995, tontti nro:2. Alustava luonnos (ei ole ollut nähtävillä).

Tampereen kaupunki 2022b: Tampereen kaupungin meluselvitys 2022. Tampereen kaupungin liikennemeluselvitys liitteet 2-7. [Tampereen liikennemeluselvitys 2022:](#)

Törnqvist ja Talja 2006: Suositus liikennetärinän arvioimiseksi maankäytön suunnittelussa. VTT working papers 50. Espoo 2006.

1. Tärinän laskentamenetelmä

1.1. Laskennan yleiskuvaus

Laskennallinen arviointi on tehty julkaisuissa Talja ja Törnqvist 2014 (Rautatieliikenteen aikaansaaman vaurioalttiuden kartoittaminen. Raportti VTT-R-04703-14) ja Törnqvist ja Talja 2006 (Suositus liikennetärinän arvioimiseksi maankäytön suunnittelussa. VTT working papers 50. Espoo 2006) esitettyjä laskennallisia menetelmiä käyttäen.

Värähtelyn maksimitason perusyhtälö ottaa huomioon värähtelyn lähtötasoon vaikuttavat, etäisyyskertoimen (k_D), junan nopeudesta riippuvan kertoimen (k_S), junan painosta riippuvan kertoimen (k_G) ja radan kunnosta riippuvan kertoimen (k_B):

$$V_{z,max} = V_{z,15} * k_D * k_S * k_G * k_R * k_B,$$

Kun laskennallista tarkastelua tehdään maankäytön suunnittelua varten tarkastelussa on VTT:n ohjeistuksen mukaisesti otettava huomioon ns. varmuuskertoimen (F) vaikutus. Varmuuskertoimella pyritään ottamaan huomioon resonanssin mahdollisesti aiheuttama värähtelyn voimistuminen rakennuksessa sekä pohjaolosuhteisiin ja liikennetietoihin liittyvät epävarmuudet. Varmuuskertoimena suositellaan käytettäväksi arvoa 2.

Asuintiloihin tehtävässä tärinän arvioinnissa tuloksia verrataan tärinän taajuuspainotettuun tehollisarvoon v_w , joka arvioidaan kertomalla pystysuuntaisen värähtelyn maksiarvo $V_{z,max}$ arvolla 0,4 ... 0,6.

Edellä mainitut tekijät (varmuuskerroin ja muutos taajuuspainotetuksi tehollisarvoksi) huomioiden päädyimme tulokseen, jossa laskennallisesti arvioitu tärinän hetkellinen maksiarvo maaperässä on yhtä suuri kuin rakennukseen arvioitu tärinän taajuuskorjattu heilahdusnopeuden tehollisarvo:

$$V_{z,max} = V_{w,95} = V_{z,max} * 2 * 0,5.$$

1.1.1. Laskennassa käytettävien tekijät ja korjaukset

Pystysuoran heilahdusnopeuden lähtöarvo muodostetaan suunnittelukohteen ja junaradan välisen alueen yleisimmän maalajin perusteella taulukossa 1 esitetyillä arvoilla (Törnqvist ja Talja 2006).

Taulukko 1. Tärinän laskentamallin pystysuora vertailuheilahdusnopeus etäisyydellä $D_0 = 15$ m raitteen keskeltä. Arvot suluissa on tarkoitettu henkilöjunille (taulukko lähteestä Törnqvist ja Talja 2006).

Määräävä tärinä johtava maalaji *)	Vertailuheilahdusnopeus, $v_{z,15}$ (mm/s)	
	Alaraja	Yläraja
Tärinäherkkä koheesiomaa (ljSa, ljSi, Lj)	1,1 (0,7)	1,7 (1,2)
Normaali koheesiomaa (Sa, saSi, Si)	0,7 (0,5)	1,2 (0,9)
Välimalajit (karkeaSi, hkSi, siHk, hienoHk)	0,4 (0,3)	0,9 (0,6)
Karkearakeinen (Hk, Sr, HkMr, SrMr)	0,3 (0,2)	0,6 (0,4)

*) Maalajiselitykset: ljSa - liejuinen savi, liSa - lihava savi, Lj - lieju, Sa - savi, saSi - savinen siltti, Si - siltti (vastaava geologinen nimike hiesu), karkeaSi - karkea siltti (vastaava geologinen nimike hieta), hkSi - silttinen hiekka (hieta), hienoHk - hieno hiekka, Hk - hiekka, Sr - sora, HkMr - hiekkainen moreeni, SrMr - sorainen moreeni.

Tarkasteltavan kohteen laskennassa maaperä on tulkittu rautatien ja suunnittelukohteen välisellä alueella normaaliksi koheesiomaaksi, jossa vallitsevat maalajit ovat savi, savisiltti ja siltti. Laskennassa lukuarvona on käytetty arvoa 0.95, joka on annettujen ääriarvojen keskiarvo normaalille koheesiomaalle.

Etäisyyskerroin (k_d) muodostetaan kaavan $k_d = \left(\frac{D_0}{D}\right)^B$ mukaisesti, jossa

- D_0 on vertailu etäisyys 15 m,
- D on tarkasteltavan kohteen etäisyys raitteen keskelle (m), tälle kohteelle etäisyys on 352 m
- B on etäisyysseksponentti.

Etäisyysseksponentti kuvaa maaperässä etenevän värähtelyn vaimennuskykyä. Mitä suurempi eksponentti on, sitä nopeammin tärinä vaimenee. Laskennallisessa arvioinnissa

käytetään taulukon 2 etäisyyskseenponentin arvoja, jos mitattua tietoa vaimennuksesta ei ole saatavilla.

Taulukko 2. Tärinän laskentamallin etäisyyskseenponentinarvot eri maalajeille (taulukko lähteestä Törnqvist ja Talja 2006).

Maalaji	Etäisyyskseenponentti B	
	Alaraja	Yläraja
Tärinäherkkä koheesiomaa (ljSa, ljSi, Lj)	0,3	0,6
Normaali koheesiomaa (Sa, saSi, Si)	0,5	1,0
Välimalajit (karkeaSi, hkSi, siHk, hienoHk)	0,9	1,5
Karkearakeinen (Hk, Sr, HkMr, SrMr)	1,4	2
Kallio	2	2

Tarkasteltavan kohteen laskennassa maaperä on tulkittu rautatien ja suunnittelukohteen välisellä alueella normaaliksi koheesiomaaksi. Laskennassa lukuarvona on käytetty arvoa 0.75, joka on annettujen ääriarvojen keskiarvo.

Junan nopeuskerroin (k_s) muodostetaan kaavasta $k_s = \left(\frac{S}{S_0}\right)^A$, jossa

- S_0 on vertailunopeus 70 km/h,
- S on tarkasteltavan junan nopeus,
- A on nopeusekseenponentti, ohjearvo $A = 0,9 \dots 1,1$

Tarkasteltavassa kohteessa nopeusekseenponentin arvona on käytetty arvoa 1 ja junan nopeutena arvoa 69 km/h.

Junan painokerroin (k_G) muodostetaan kaavalla $k_G = \frac{G}{G_0}$, jossa

G_0 on vertailupaino, 2000 tn,

8.8.2024

G on tarkasteltavan junan kokonaispaino.

Tarkasteltavassa kohteessa junan painona on käytetty kokonaispainoa 2500 tonnia.

Radan kunnosta riippuva kerroin (k_R) vaikuttaa leviävän tärinän suuruuteen. VTT:n julkaisussa kertoimelle annetaan seuraavat esimerkin omaiset arvot, k_R saa arvon 1,3 vanhalle yksiraiteiselle radalle ja k_R saa arvon 0,7 uudelle moniraiteiselle radalle.

Tarkasteltavassa kohteessa radan kunnosta riippuva kertoimena (k_R) on käytetty arvoa 1,0.

Laskennan varmuuskertoimena (F) on käytetty VTT:n julkaisun suosituksen mukaista arvoa 2.

Laskennallisesti arvioitu heilahdusnopeuden maksimiarvo on muutettu taajuuspainotetuksi tehollisarvoksi kertomalla se arvolla 0,5.

1.1.2. Tärinäarvioinnin epävarmuus

Julkaisussaan Törnqvist ja Talja (2006) toteavat, että junaliikennetärinän syntyminen ja leviämisen käynnistyminen ei yksinkertaisilla tavoilla ja yleispiirteisillä tiedoilla ole 50...100 %:n virhetasoa paremmin arvioitavissa. He toteavat myös, että tärinälaskelmien epävarmuus on kertaluokkaa ± 50 %, johtuen seuraavista tekijöistä:

- liikennöivän kaluston suuresta vaihtelusta, kaluston jousituksista ja pyörästöistä
- maapohjan vaihtelusta tärinän leviämisalueella ja rakennusten perustamisalueella
- tärinän välittymistapaeroista maapohjasta rakennukseen eri tavalla perustetuilla rakennuksilla
- lattiarakenteiden ja rakennusten runkorakenteiden värähtelytapaeroista erityyppisillä rakennuksilla, materiaaleilla sekä jännemitoilla.

Edellä mainituilla perusteilla laskennallisen arvioinnin kokonaisepävarmuuden voidaan arvioida olevan luokkaa 50100 %.