Vastaanottaja
Suunnittelu Haltilahti

Päivämäärä
21.1.2020

KIINTEISTÖ 167-20-2050-1, JOENSUU
SELVITYS RAIDELIIKENTEEN AIHEUTTAMAN TÄRINÄN VAIKUTUKSISTA

RAMBOLL

KIINTEISTÖ 167-20-2050-1, JOENSUU SELVITYS RAIDELIIKENTEEN AIHEUTTAMAN TÄRINÄN VAIKUTUKSISTA

Päivämäärä	**21/01/2020**
Laatija	**Kirsi Koivisto**
Kuvaus	**Tärinäselvitys**

Ramboll
Säterinkatu 6
PL 25
02601 ESPOO
P +358 20 755 611
F +358 20 755 6201
www.ramboll.fi

SISÄLTÖ

1.	**Tehtävä**	**1**
2.	**Lähtötiedot**	**1**
2.1	Pohjasuhteet	1
2.2	Liikenne tarkastelukohdalla	2
3.	**Tärinän suositusarvot**	**2**
3.1	Tärinän syntyminen	2
3.2	Ihmistä häiritsevä tärinä	3
3.3	Tärinän kartoitus rakennusten vaurioriskin kannalta	4
3.4	Rakennuksen herkkyys tärinälle	4
4.	**Tärinän arviointi**	**5**
5.	**Johtopäätökset ja suositukset jatkotoimenpiteiksi**	**5**

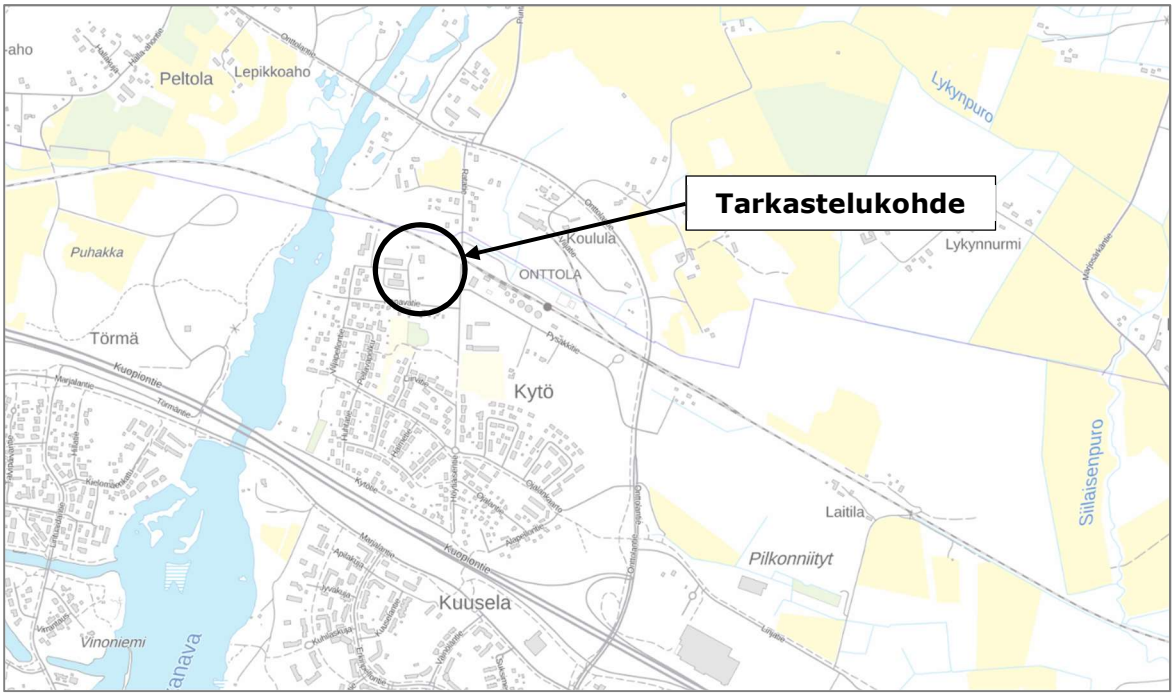
1. TEHTÄVÄ

Tässä työssä laadittiin tärinäselvitys Joensuun Kydössä sijaitsevalle kiinteistölle 167-20-2050-1. Kohde sijaitsee Pieksämäki–Joensuu-radan varressa, Kanavatien pohjoispuolella. Tarkastelualueen sijainti on esitetty kuvassa 1.

Työn tarkoituksena on selvittää kohdekiinteistölle raideliikenteestä aiheutuvat tärinätasot.

Selvitys on toteutettu noudattaen VTT:n ohjeita:

- Suositus liikennetärinän mittaamisesta ja luokituksesta, VTT 2004
- Suositus liikennetärinän arvioimiseksi maankäytön suunnittelussa, VTT 2006
- Ohjeita liikennetärinän arviointiin, VTT 2011.

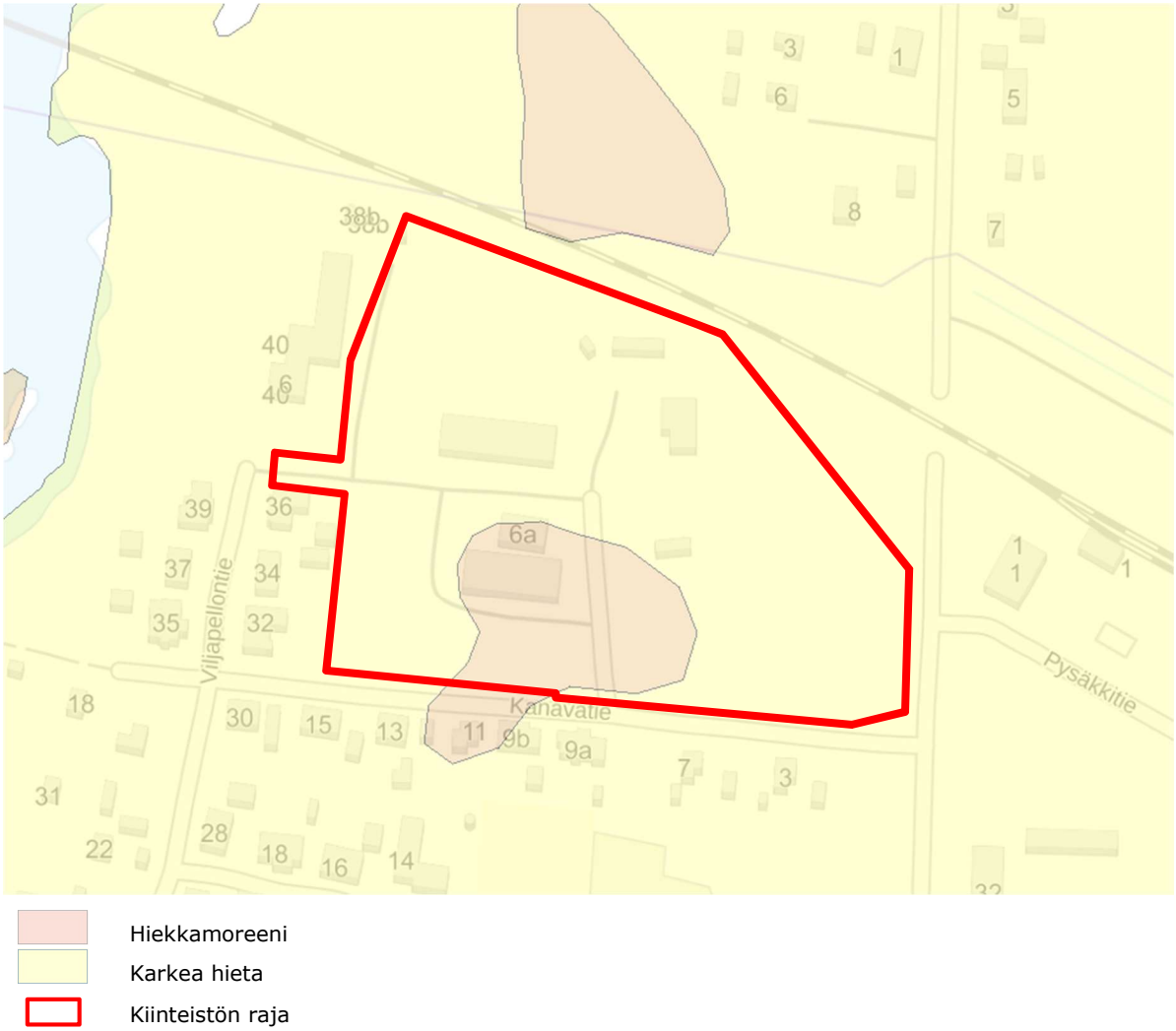


Kuva 1. Kiinteistö 167-20-2050-1, Joensuu. Tärinänselvityksen tarkastelukohde. (Kuva: Maanmittauslaitoksen Paikkatietoikkunan aineistoa 01/2020).

2. LÄHTÖTIEDOT

2.1 Pohjasuhteet

Alue sijoittuu Pieksämäki–Joensuu -radan eteläpuolelle. Tarkastelukiinteistön maaperä koostuu pääosin maanpinnassa olevasta noin 1-2 m paksuisesta karkeasta silttikerroksesta, jonka alapuolella on hiekkamoreenia. Kiinteistön eteläosan keskellä olevalla alueella silttikerros jää pois, hiekkamoreenin ulottuessa maanpintaan. Alueen maaperäkartta ja kiinteistön sijainti on esitetty kuvassa 2.



Kuva 2. Kiinteistö 167-20-2050-1, Joensuu. Maaperäkartta. (Kuva: GTK).

2.2 Liikenne tarkastelukohdalla

Rataosuudella Pieksämäki-Joensuu liikkuu sekä henkilö- että tavaraliikennettä. Tarkastelukohdan ohi liikennöivien junien kokonaismäärä on 4-25 junaa/vrk. Radan nopeusrajoitus tarkastelukohdalla on henkilöjunilla 200 km/h ja tavarajunilla 100 km/h (200-250 kN akselipainot) tai 120 km/h (< 200 kN akselipainot).

3. TÄRINÄN SUOSITUSARVOT

3.1 Tärinän syntyminen

Liikenne tuottaa ympäristöönsä värähtelyä, joka aiheutuu pyörien ja päällysrakenteen/kiskojen epätasaisuuksista. Värähtely etenee kiskojen ja ratarakenteiden kautta kallioperään, josta se johtuu edelleen maaperän ja perustusten kautta rakennuksiin ja rakenteisiin. Värähtelyjen eteneminen ja johtuminen riippuu monesta osatekijästä ja on paikkariippuvaista. Eri osatekijät vaikuttavat sekä värähtelyn suuruuteen että taajuussisältöön. Värähtely voidaan havaita rakennuksissa runkomeluna tai tärinänä.

Tärinä on tuntoaistilla havaittavaa matalataajuista värähtelyä. Tärinähaittoja esiintyy tyypillisesti pehmeikköalueilla liikenneväylien ympäristössä. Kallio- ja moreenimaassa tärinä vaimenee nopeasti eikä yleensä aiheuta haittoja.

3.2 Ihmistä häiritsevä tärinä

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

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

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

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

missä v_w on taajuuspainotettu tehollisarvo
v_{max} heilahdusnopeuden huippuarvo
f_0 3,5 Hz
f hallitseva värähtelytaajuus

Taulukko 1. Suositus rakennusten värähtelyluokituksesta (VTT 2004).

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

Tärinän laskennalliset tarkastelut on tehty rautatieliikenteen tärinän arvioimiseen kehitetyllä ennustusmallilla (VTT 2006).

Suositeltava tavoiteraja värähtelyn enimmäisarvolle rakennuksen sisätiloissa on uusilla asuinalueilla 0,3 mm/s ja vanhoilla asuinalueilla 0,6 mm/s. Tämä VTT:n esittämä suositus enimmäisarvoksi (VTT 2006) on otettu käyttöön myös Liikenneviraston ohjeistuksessa (Liikennevirasto 2016). Tavoitteen tulee toteutua pystyvärähtelyn osalta rakennuksen kaikissa lattioissa ja vaakavärähtelyn osalta rakennuksen jokaisessa kerroksessa. Mikäli kyse ei ole asuinrakennuksesta ja tilojen käyttötarkoitus on sellainen, että liikenteen ei katsota haittaavan lepoa, ***tavoiteraja voi olla kaksinkertainen*** *esitettyihin arvoihin nähden.*

3.3 Tärinän kartoitus rakennusten vaurioriskin kannalta

Suomessa rakennusten rakenteiden vaurioriskille ei ole toistaiseksi annettu virallisia rajaarvoja. Ihmisten häiriintymiskynnys kuitenkin yleensä ylittyy merkittävästi pienemmillä värähtelyn arvoilla kuin ne joilla rakenteiden vaurioriski alkaa kasvamaan. Näin ollen pysyttäessä asuinviihtyvyyden kannalta sallituissa värähtelyrajoissa, ei rakennusten vaurioitumisriski ole yleensä merkitsevänä tekijänä tarkasteluissa.

VTT:n raportin ”Liikennetärinä: Alueiden tärinäkartoitus ja rakenteiden vaurioitumisalttius, 2014” mukaan tarkastelussa oleva alue voidaan rajata ja luokitella normaalikuntoisten rakennusten tärinänsiedon perusteella kolmeen vyöhykkeeseen:

- V-alue: Lähinnä rataa oleva alue, jolla maaperän tärinä on niin voimakasta, että se voi aiheuttaa vahinkoriskin rakennuksille tai rakenteille.
- H-alue: Hyväkuntoisiin ja tavanomaisiin rakennuksiin ei yleensä aiheudu niiden käyttökelpoisuutta haittaavia vaurioita, jos liikennetärinä on huomioitu resonanssille herkkien rakenteiden suunnittelussa. Tärinä on kuitenkin yleensä selvästi havaittavaa ja häiritsee usein asumismukavuutta.
- E-alue: Tärinä ei aiheuta normaalikuntoisten rakenteiden vaurioitumista, mutta voi häiritä asumismukavuutta.

Eri alueiden rajaus tärinävyöhykkeisiin perustuu maaperän värähtelyn huippuarvoon v_{max}. Eri alueiden värähtelyrajat on esitetty taulukossa 2. Maanpinnan värähtely ei saa pystysuunnassa eikä kummassakaan vaakasuunnassa ylittää taulukossa esitettyjä arvoja.

Taulukko 2. Tärinäalueiden (V, H ja E) rajauksessa käytettävät värähtelyrajat (v_{max}, mm/s) maaperän värähtelylle (VTT 2014).

Maalaji	Pehmeä savi, s_u < 25 kN/m^2	Sitkeä savi, siltti, löyhä hiekka	Tiivis hiekka, sora, moreeni, rikkonainen tai löyhä kallio	Kiinteä kallio
Värähtelyn hallitseva taajuus	alle 10 Hz	10…20 Hz	20…50 Hz	yli 50 Hz
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

3.4 Rakennuksen herkkyys tärinälle

Rakennuksen tärinäherkkyys riippuu merkittävästi sen rakenteista ja mittasuhteista. Tavallisesti mitä jäykempi rakenne, sitä vähemmän rakennus reagoi tärinään. Yksikerroksisessa rakennuksessa resonanssi aiheuttaa ongelmia harvemmin kuin monikerroksisissa. Erityisen herkkiä resonanssille ovat 1,5…2-kerroksiset rakennukset.

Rakennuksen perustaminen paaluille tavallisesti lisää rakenteen jäykkyyttä ja vähentää tärinäherkkyyttä. On kuitenkin huomattavaa, että tilanteissa joissa maaperän vaakasuuntainen tärinä on merkittävää, saattaa paalutus lisätä tärinää paalujen ottaessa vaakatärinän vastaan maaperässä ja siirtäessä sitä rakennuksen runkoon.

Puurakenteinen 1,5 tai 2 -kerroksinen pientalo on tyypillisesti erittäin tärinäherkkä. Betonirakenteista yli 2-kerroksista kerrostaloa voidaan taas pitää ei-tärinäherkkänä, kunhan vältetään rungon ja lattian resonanssitaajuuksia, eikä rakennuksen ominaistaajuus osu maaperän kanssa samalle ominaistaajuudelle.

4. TÄRINÄN ARVIOINTI

Tärinän leviämisen arviointi nykytilanteessa on tehty perustuen liikenne- ja maaperätietoihin.

Laskenta on esitetty liitteessä 1. Taulukoissa 1 ja 2 esitettyjen värähtelyluokkien etäisyydet radasta on esitetty taulukossa 3. Värähtelyluokkien alueet on esitetty kartoilla liitteissä 2 ja 3.

Tärinäolosuhteet, joihin pyritään uusissa rakennuksissa

Tavanomaisilla asuinrakennuksilla värähtelyluokan C alue (tärinän tunnusluvun $v_{w,95}$ oltava < 0,3 mm/s) alkaa n. 40 m etäisyydellä radasta.

Toimitilarakennuksilla värähtelyluokan C alue (tärinän tunnusluvun $v_{w,95}$ oltava < 0,6 mm/s) alkaa n. 25 m etäisyydellä radasta.

Taulukko 3. Kiinteistö 167-20-2050-1, Joensuu. Ohjearvoalueiden etäisyys radasta tavanomaisella rakennuksella.

Värähtelyluokka	Etäisyys radasta (m)	
	Asuinrakennukset	Toimitilarakennukset
D	25	15
C	40	25
B	65	40
A	90	55
H	10	
E	20	

5. JOHTOPÄÄTÖKSET JA SUOSITUKSET JATKOTOIMENPITEIKSI

Raportissa tehdyt arviot perustuvat alueen maaperä- ja liikennetietoihin.

Tutkimusten perusteella junaliikenteen aiheuttamat tärinät uudisrakennuksissa ylittävät suositusarvot ihmisen häiriöksi kokemalle tärinälle asuinrakennusten osalta alle 40 m etäisyydellä radasta ja toimitilarakennusten osalta alle 25 m etäisyydellä radasta. Asuin- tai toimitilarakennusten uudisrakentamista ei suositella em. etäisyyksiä lähemmäs rataa.

Mikäli rakennuksia halutaan tehdä lähemmäs rataa kuin edellä suositellut etäisyydet, on rakennuksiin tehtävä erityinen tärinänvaimennusrakenne, jotta esitettyihin ohjearvoihin on mahdollista päästä. Rakennuksessa tärinänvaimennusrakenteena voidaan käyttää rakenteeseen asennettavia jousia tai erityisiä tärinänvaimennusmattoja. Mahdollisen tärinävaimennusmenetelmän valinta ja soveltuvuus pitää selvittää erikseen värähtelymittauksiin perustuvan lisätutkimusten perusteella.

LÄHDEVIITTEET

Liikennevirasto 2016. Ratatekniset ohjeet (RATO) osa 3 Radan rakenne. Liikennevirasto ohjeita 6/2016.
http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf8/lo_2016-06_rato3_web.pdf

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

VTT 2014. Liikennetärinä: Alueiden tärinäkartoitus ja rakenteiden vaurioitumisalttius. Tutkimusraportti VTT-R-04703-14. 33 s. + liitt. 25 s.
http://www.vtt.fi/inf/julkaisut/muut/2014/VTT-R-04703-14.pdf

VTT 2011. Ohjeita liikennetärinän arviointiin. VTT Tiedotteita 2569. Espoo. 35 s. + liitteet 9 s.
http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2011/T2569.pdf

VTT 2006. Suositus liikennetärinän arvioimiseksi maankäytön suunnittelussa
http://www.vtt.fi/inf/pdf/workingpapers/2006/W50.pdf

VTT 2004. Suositus liikennetärinän mittaamisesta ja luokituksesta. VTT Tiedotteita 2278. Espoo. 50 s. + liitteet 15 s.
http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2004/T2278.pdf

LIITTEET

LIITE 1 Laskennallinen tärinän leviäminen nykytilanteessa

LIITE 2 Värähtelyluokkien alueet, asuinrakennukset

LIITE 3 Värähtelyluokkien alueet, toimitilarakennukset

RAUTATIELIIKENTEEN YMPÄRISTÖTÄRINÄN LASKENTA (asuinrakennukset)

Kiinteistö 167-20-2050-1

RAMBOLL

Versio 26.6.2019 / K.Koivisto

Kunta	Joensuu	Rataosa	Pieksämäki-Joensuu	Km	631+710…631+960
Kohde	Kiinteistö 167-20-2050-1	Laskelman laatija	K. Koivisto	Pvm	8.1.2020

TÄRINÄÄ JOHTAVA MAALAJI

Välimaalajit (karkeaSi, hkSi, siHk, hienoHk)

Painokairausvastus

10...30 pk/m

Tärinää johtavan maakerroksen kokonaispaksuus radan ja tarkastelukohteen välillä	m	1

TARKASTELTAVAN JUNAN JA RADAN TIEDOT

Tavarajuna

Junan kokonaispaino, G	tn	1800
Junan nopeus, s	km/h	60
Raiteiden määrä	kpl	1

TARKASTELTAVA RAKENNUS

Asuinrakennus

Kohteen etäisyys radan keskeltä	m	9
Lisätietoja kohteesta		

TAVOITELTAVA TÄRINÄLUOKKA (ASUINRAKENNUKSET)

Värähtelyluokka: C

POIKKEAVAT VAHVISTUSKERTOIMET RAKENNUKSISSA

Tärinäaltis rakennus	(2,0)	-	
Tavanomainen rakennus	(1,3)	-	
Ei-tärinäaltis rakennus	(0,75)	-	

LASKENNAN VÄRÄHTELYSUURE

Käytettävä suure	Tehollisarvo
Määritys mittausten perusteella	Ei

SUOSITELTAVAT LASKENTAPARAMETRIT

Vertailuetäisyys, D_0	m	15
Vertailuheilahdusnopeus, v_0	mm/s	0,360
Nopeuseksponentti, A	-	1,00
Etäisyyseksponentti, B	-	1,25
Radan kunnosta johtuva kerroin, k_R	-	1,30
Arviointiriskikerroin, A	-	2,00

SUOSITUSARVOISTA POIKKEAVAT PARAMETRIT

Vertailuetäisyys, D_0	m	
Vertailuheilahdusnopeus, v_0	mm/s	
Nopeuseksponentti, A	-	
Etäisyyseksponentti, B	-	
Radan kunnosta johtuva kerroin, k_R	-	
Arviointiriskikerroin, A	-	

ENNUSTEARVOT TARKASTELUKOHTEESSA

Heilahdusnop. taajuuspainotettu tehollisarvo

Tärinäalttiissa rakennuksessa	mm/s	**2,739**
Tavanomaisessa rakennuksessa	mm/s	**1,780**
Ei-tärinäalttiissa rakennuksessa	mm/s	**1,027**

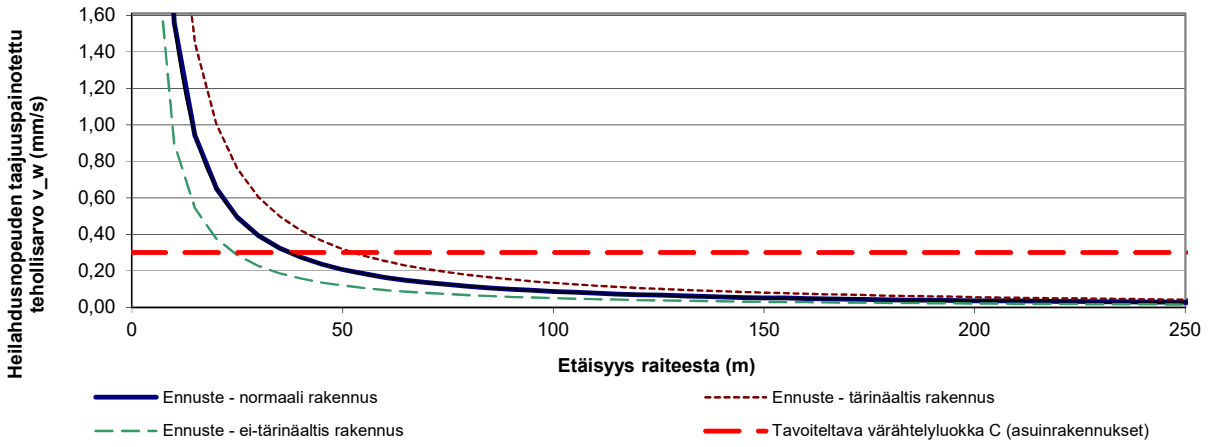
ETÄISYYS RADASTA JOLLA TAVOITE TÄYTTYY

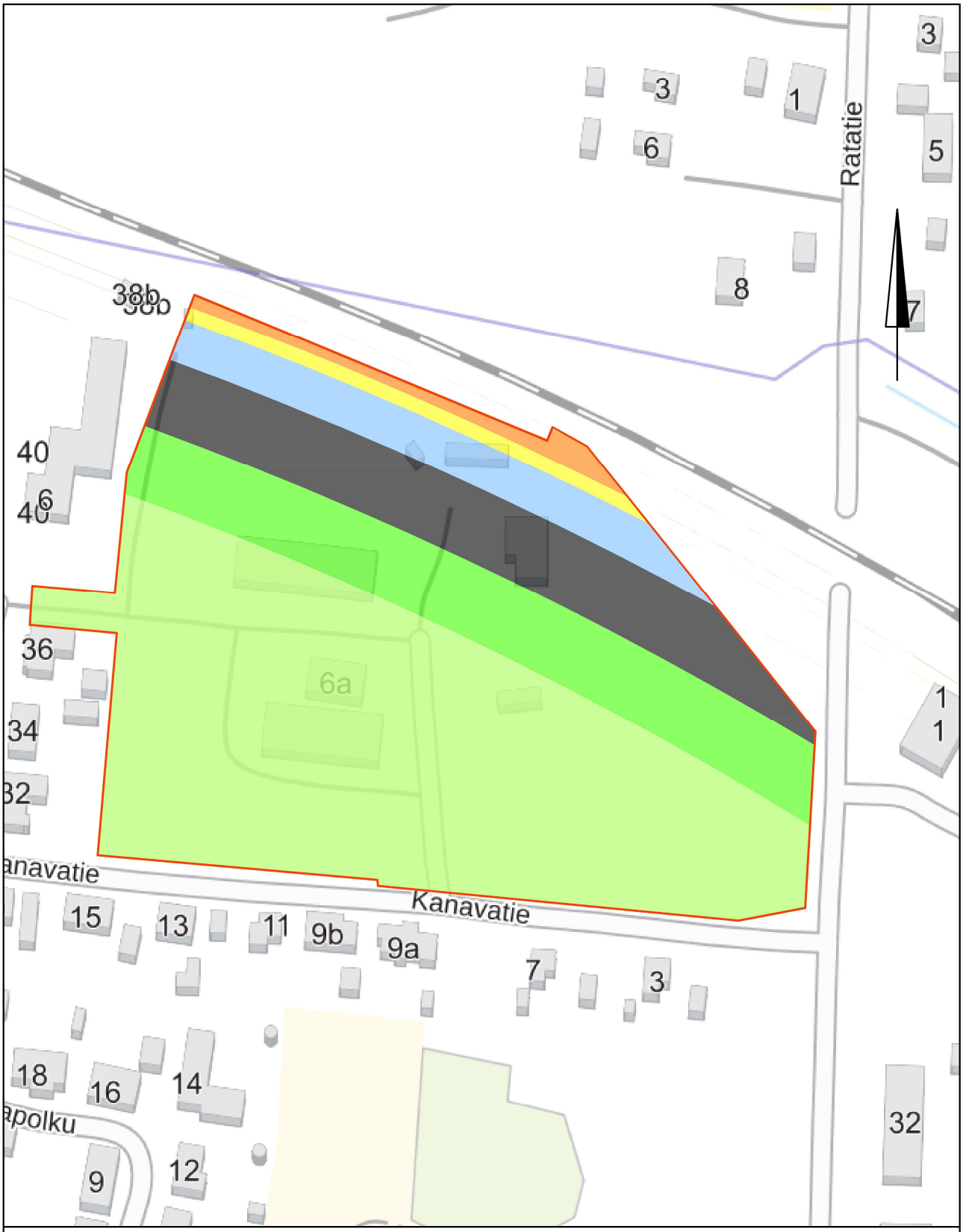
Tavoiteltava värähtelyluokka (asuinrak.)		**C**
Tärinäalttiissa rakennuksessa	m	**55**
Tavanomaisessa rakennuksessa	m	**40**
Ei-tärinäalttiissa rakennuksessa	m	**25**
Maaperän ominaistaajuus	Hz	**22,2**

LASKENTAKERTOIMET TARKASTELUKOHTEESSA

Etäisyyskerroin	k_D =	1,90
Junan nopeudesta johtuva kerroin	k_S =	0,86
Junan painosta johtuva kerroin	k_G =	0,90
Radan kunnosta johtuva kerroin	k_R =	1,30
Arviointiriskikerroin	A =	2,00

TÄRINÄN ENNUSTETTU VAIMENEMINEN ANNETUISSA OLOSUHTEISSA





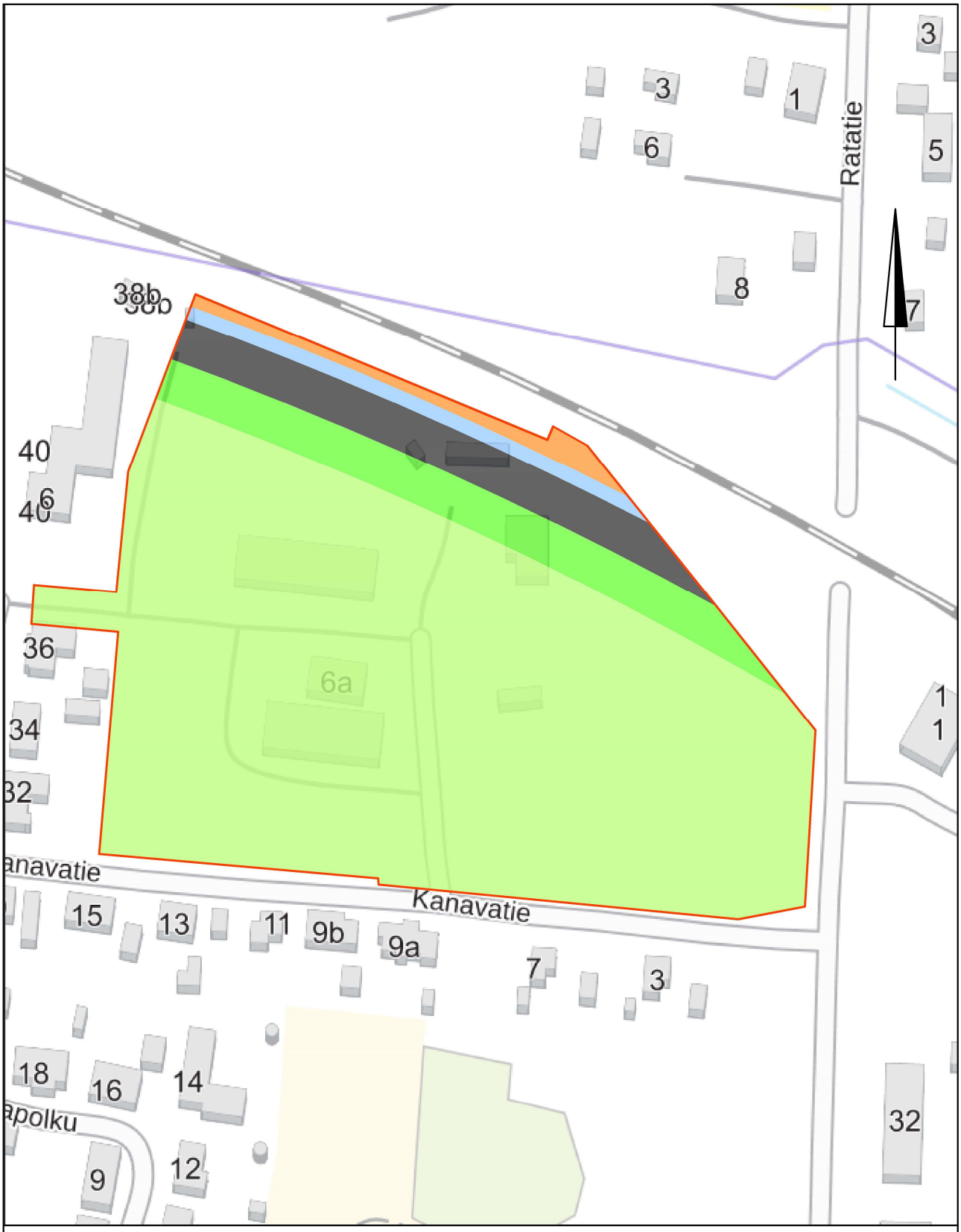
Kytö, Järvenpää, kiinteistö 167-20-2050-1
Raideliikenteen tärinävaikutukset asuinrakennuksissa

Värähtelyalueet:

- H-alue - huonokuntoisilla tai herkillä rakennuksilla ja rakenteilla vaurioriski, värähtelyn taso v_{max} < 4,2 mm/s
- E-alue - ei rakennusten vaurioriskiä, värähtelyn taso v_{max} < 1,4 mm/s
- D-alue - olosuhteet joihin pyritään vanhoilla asuinalueilla, värähtelyn taso $v_{w,95}$ = 0,3-0,6 mm/s
- C-alue - suositus uusien asuinrakennusten suunnittelussa, värähtelyn taso $v_{w,95}$ < 0,3 mm/s
- B-alue - suhteellisen hyvät olosuhteet, värähtelyn taso $v_{w,95}$ < 0,15 mm/s
- A-alue - hyvät olosuhteet, värähtelyn taso $v_{w,95}$ < 0,1 mm/s
- Kiinteistön rajat

Mittakaava 1:2000 (A4-koossa)

0 10 20 50 100 m



Kytö, Järvenpää, kiinteistö 167-20-2050-1
Raideliikenteen tärinävaikutukset toimitilarakennuksissa

Värähtelyalueet:

- H-alue - huonokuntoisilla tai herkillä rakennuksilla ja rakenteilla vaurioriski, värähtelyn taso v_{max} < 4,2 mm/s
- E + D -alueet - olosuhteet joihin pyritään vanhoissa toimitilarakennuksissa, ei rakennusten vaurioriskiä, värähtelyn taso $v_{w,95}$ = 0,6-1,2 mm/s ja v_{max} < 1,4 mm/s
- C-alue - suositus uusien toimitilarakennusten suunnittelussa, värähtelyn taso $v_{w,95}$ < 0,6 mm/s
- B-alue - suhteellisen hyvät olosuhteet, värähtelyn taso $v_{w,95}$ < 0,3 mm/s
- A-alue - hyvät olosuhteet, värähtelyn taso $v_{w,95}$ < 0,15 mm/s
- Kiinteistön rajat

Mittakaava 1:2000 (A4-koossa)

0 10 20 50 100 m