

Vastaanottaja
Tampereen kaupunki

Asiakirjatyyppi
Raportti

Päivämäärä
15.11.2012

ID
573528

TAMPEREEN KAUPUNKI

RATAPIHANKADUN POHJOISOSAN ASEMAKAAVA

8330, TÄRINÄSELVITYKSEN PÄIVITYS

TAMPEREEN KAUPUNKI
RATAPIHANKADUN POHJOISOSAN ASEMAKAAVA
8330, TÄRINÄSELVITYKSEN PÄIVITYS

Päivämäärä 15.11.2012
Laatija Jussi Kurikka-Oja
Tarkastaja Jouko Noukka
Kuvaus Raportti

Viite 1510001990-002

SISÄLTÖ

1.	Johdanto	1
2.	Lähtökohdat	1
2.1	Kohteen sijainti ja maankäyttösuunnitelmat	1
2.2	Maaperä	2
2.3	Raideliikenne	2
3.	Tärinän arviointiin liittyvä ohjeistus ja menettelytavat	2
3.1	Yleistä	2
3.2	Arviointitaso 1	3
3.3	Arviointitaso 2	3
3.3.1	Tärinän pystysuuntaisen heilahdusnopeuden arviointi, raideliikenne	3
3.3.2	Tärinähaitan arviointiperusteet	4
4.	Mittaukset	5
5.	Laskenta	6
6.	Tulosten tulkinta ja johtopäätökset	9

LIITTEET

Liite 1

VE 1 – tärinän leviämialueet

Liite 2

VE 2 – tärinän leviämialueet

1. JOHDANTO

Tämä työ liittyy Ratapihankadun asemakaava-alueen kaavoitukseen. Ramboll Finland on laatinut alueelle tärinäselvityksen vuonna 2007 (raportti nro. 82114701–01/23.3.2007) jonka yhteydessä suoritettiin tärinämittauksia asemakaava-alueen pohjoispuolella. Tätä selvitystä päivitettiin vuonna 2011 (raportti nro. 82137171/23.8.2011) jolloin tehtiin tärinämittauksia myös alueen eteläpuolella.

Kaavaan liittyviä selvityksiä on kommentoitu Liikenneviraston toimesta 16.11.2011 jolloin tärinäselvityksestä on mainittu seuraavaa:

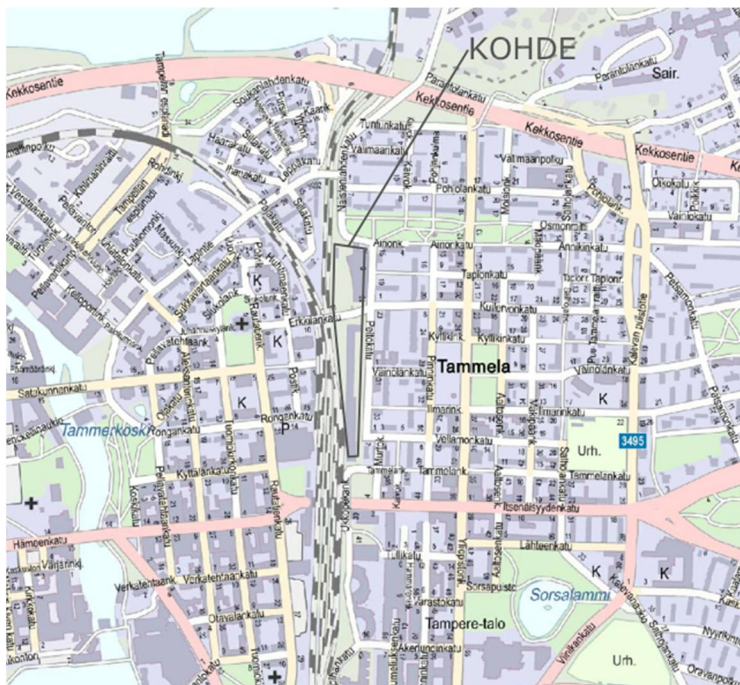
Selvityksessä mainitut mitoitussnopeudet tulee tarkistaa, mikäli mittauksista extrapoloidaan tuloksia korkeammille nopeuksille. Esim. raiteiden 003 ja 005 nopeudet kasvavat 35 km/h:sta 60 km/h:iin, kuten edellä meluselvityksen osalta todettiin.

Tässä työssä toteutettiin tarkentavia tärinämittauksia alueen pohjoisosassa ja arvioitiin nopeuden noston vaikutusta laskennallisilla menetelmillä.

Työn on tilannut Tampereen kaupunki, kaupunkiympäristön kehittäminen, jossa yhteyshenkilönä on toiminut Antonia Sucksdorff-Selkämaa. Ramboll Finland Oy:ssä työn projektipäällikkönä on toiminut DI Jouko Noukka, suunnittelija toimi DI Jussi Kurikka-Oja, tärinämittauksista vastasi Ins. (AMK) Hannu Harmoinen.

2. LÄHTÖKOHDAT

2.1 Kohteen sijainti ja maankäyttösuunnitelmat Suunnittelualueen sijainti esitetään kuvassa 2.1



Kuva 2.1 Kohteen sijainti (© Logica/MML)

Alueelle on laadittu WSP:n toimesta VE1 ja VE2 asemapiirustukset, jotka esitetään kuvassa 2.2.



Kuva 2.2 Asemapiirustukset VE 1 ja VE 2 (© WSP, 12.10.2012)

2.2 Maaperä

Aiemmassa selvityksessä (Ramboll Finland, 23.3.2007) alueen maaperästä todetaan seuraavaa:

Maaperä mittauslinjan 1 kohdalla on metrin syvyyteen täytemaata, silttiä tai savista silttiä 2-3 metrin syvyyteen ja kallio on mittauspaikalla noin 3-5 metrin syvyydellä.

Mittauslinjan 2 kohdalla täytemaata on noin metrin syvyydessä. Moreeni ulottuu noin 5-8 metrin syvyyteen, ja kallio on mittauspaikalla noin 10 metrin syvyydessä.

Rata on perustettu maanvaraisesti.

2.3 Raideliikenne

Tätä selvitystä varten VR Track Oy toimitti tiedot alueella liikkuvista raskaimmista junista. Tietojen mukaan 15 raskaimman junan massa vaihtelee välillä 3585-1784t. Käytettävissä olleiden junatietojen ja aiempien mittausten perusteella on oletettu, että pääosa raskaasta liikenteestä käyttää kaava-alueeseen nähden lähintä, itäisintä raidetta 8.

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.

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 yksityiskohdaisesti 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.

Tässä selvityksessä käytetään arviointitasojen 2 mukaista menettelyä laskennallisiin arvoihin ja mittauksiin perustuen.

3.2 Arviointitaso 1

Arviointitason 1 mukaiset turvaetäisyydet esitetään taulukossa 3.1. Jos suunniteltu asutus sijoittuu taulukon turvaetäisyyden ulkopuolelle, ei tarkempaa tärinäselvitystä tarvita.

Taulukko 3.1 VTT:n ohjeen mukaiset turvaetäisyydet

Suosittelava turvaetäisyys	Liikennetyyppi	Pehmein maalaji väylän alla
500 m	Tavarajunaliikenne (3500 tn, 90 km/h)	Pehmeä maa
200 m	Pikajunaliikenne (140 km/h)	Pehmeä maa
100 m	Tavara- ja pikajunat	Kova maa
100 m	Raskas maantieliikenne (100 km/h, sileä)	Pehmeä maa
100 m	Hidastetöyssyt, raskas liikenne (40 km/h)	Pehmeä maa
50 m	Raskas katuliikenne (40 km/h, sileä)	Pehmeä maa
15 m *	Raskas maantie- ja katuliikenne (myös töyssyt)	Kova maa
* Ei koske väyliä, joilla on vain tilapäisesti raskasta liikennettä		

Koska suunnittelukohte sijaitsee rataan nähden alle 100 metrin etäisyydellä, on arviointitason 2 mukainen tarkastelu tarpeen.

3.3 Arviointitaso 2

3.3.1 Tärinän pystysuuntaisen heilahdusnopeuden arviointi, raideliikenne

Laskentamallina käytetään ns. käsinlaskentamenetelmää, joka perustuu Norjassa kehitettyyn puoliempiiriseen malliin. Mallissa huomioidaan sekä fysikaalinen teoria sekä laskentamallia varten tehdyt tärinämittaukset.

Laskentamalli perustuu kaavaan

$$v = v_0 \left(\frac{D_0}{D} \right)^B \cdot k_S \cdot k_G \cdot k_R, \quad (1)$$

joka kuvaa pystysuuntaisen tärinän heilahdusnopeuden maksimin ($V_{z, \max}$) leviämistä etäisyydelle D .

Lausekkeessa v_0 on maanpinnan pystysuuntaisen värähtelyn vertailuarvo etäisyydellä D_0 radasta. Kerroin k_S huomioi junan nopeuden, k_G huomioi junan painon ja k_R radan sekä sillä liikennöivän kaluston kunnon.

Tarkasteltavassa kohteessa laskenta tehtiin seuraavilla arvoilla:

Vertailuheilahdusnopeutena $v_{z,15}$ arvoa 0,8, etäisyysponenttina B käytettiin vastaavan jaotteen mukaista arvoa 0,8. k_R :n arvona käytettiin lukuarvoa 1,0.

Nopeusponentin lukuarvona käytettiin 1,0:aa. VTT:n ohjeessa mainitaan nopeuden huomiomisesta seuraavaa: *Matalilla nopeuksilla heilahdusnopeuden on havaittu olevan useimmiten junan nopeudesta riippumaton. Nopeuskerrointa käytetään vain nopeuksilla jotka ovat suurempia kuin 70 km/h. Alemmilla nopeuksilla ei nopeuskerrointa suositella käytettäväksi, jolloin asetetaan $k_S = 1$.*

Tässä tarkastelussa nopeuskerrointa on käytetty ohjeesta poiketen nopeuden noston vaikutuksen tutkimiseksi alle 70 km/h nopeusalueella.

Laskennallisessa tarkastelussa arvioidaan nopeudella 60 ja 35 km/h liikkuvien junien tärinää. Tarkasteltavien junien massat määräytyvät VR Track Oy:n toimittamien tietojen perusteella, ollen 3585-1784t

3.3.2 Tärinähaitan arviointiperusteet

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

$v_{w,95} = 15$ suurimman yksittäisen tapahtuman keskiarvo + $1,8 \times 15$ suurimman yksittäisen tapahtuman hajonta.

Tilastollisesta luonteesta johtuen se voidaan tarkasti määrittää vain pitkäaikaisten mittausten avulla.

Arviointitason 2 mukaisessa tarkastelussa tehollisarvo (ja tunnusluku) voidaan arvioida kohdan 3.3.1 mukaan lasketun pystysuoran heilahdusnopeuden maksimin pohjalta kertomalla maksimitaso luvulla 0,4–0,6, riippuen värähtelyn dominoivasta taajuudesta. Tässä tarkastelussa käytetään kerrointa 0,5. Lisäksi maaperästä rakennuksiin siirtyvä tärinä huomioidaan kertoimella 2,0.

Rakennuksiin siirtyvä tärinä voidaan arvioida VTT:n ohjeen mukaan kertoimella 1,0 seuraavissa tapauksissa:

- Rakennuksen lattiat ovat maanvaraiset tai,
- Rakennus on yksikerroksinen ja perustettu paaluille tai,
- Rakennus on vähintään 5-kerroksinen

Tunnusluvun perusteella rakennuksille on annettu suositus rakennusten värähtelyluokituksesta, joka esitetään taulukossa 3.2.

Taulukko 3.2 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 värähtelyitä, 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)	$\leq 0,60$

Rakennusten värähtelyluokitusta sovelletaan häiritsevyyden arviointiin. VTT:n julkaisussa *Suositus liikennetärinän mittaamisesta ja luokituksesta*, VTT Tiedotteita 2278, Espoo 2004 todetaan luokituksen soveltamisesta seuraavaa:

...Värähtelyluokitus koskee normaaleja asuinrakennuksia. Mikäli rakennus on tarkoituksellisesti suunniteltu häiriöttömäksi (esim. korkeatasoiset asuinrakennukset, lepokodit, sairaalat), värähtelyluokituksen tulee olla yhtä värähtelyluokka korkeampi.

...Värähtelyluokitusta ei sovelleta rakennuksille, joissa ihmiset ovat pääasiassa liikkeessä tai muut kuin liikenteestä aiheutuvat häiriöt voiva olla merkittävämpiä (esim. toimistot, kaupat, kahvilat, ostoskeskukset, tavaratalot, liikuntatilat).

VTT:n julkaisussa *Ohjeita liikennetärinän arviointiin*, VTT tiedotteita 2569, 2011 mainitaan kuitenkin seuraavaa:

Mikäli kyse ei ole asuinrakennuksesta ja tilojen käyttötarkoitus on sellainen, että liikenteen ei katsota haittaavan lepoa, tavoiteraja voi olla kaksinkertainen esitettyihin arvoihin nähden.

Rakennusten vaurioriskin arvioimiseen on olemassa VTT:n ohje "Rautatieliikenteen tärinän vaikutus rakenteisiin – vaurioalttiuden kartoittaminen ja mittaaminen". Ohjeen perusteella määritellään tärinän aiheuttaman heilahdusnopeuden resultantin huippuarvo, jonka perusteella tehdään alueen värähtelyluokitus. Värähtelyluokitus on esitetty taulukossa 3.3.

Taulukko 3.3. Rakennusten värähtelyluokitus vaurioriskin arvioinnissa

Värähtelyluokka	Kuvaus värähtelyolosuhteista	Heilahdusnopeuden resultantin huippuarvo v_B (mm/s)
V	Kohonneen tärinäalttiuden alue, vauriot mahdollisia.	≥ 3
H	Vähäisen tärinäalttiuden alue, haitat mahdollisia.	1-3
E	Haitat epätodennäköisiä	≤ 1

4. MITTAUKSET

Alueella suoritettiin tarkentavia tärinämittauksia 5.11.2012 yhden työvuoron aikana. Mittauspiste sijaitsi 14.7.2011 tehtyjen mittausten mittaustiljan kohdalla, lähempänä rataa (etäisyys lähimpään raiteeseen 3m). Samaan aikaan tärinämittausten kanssa seurattiin ratapihalla liikennöivän kaluston nopeutta nopeustutkan avulla. Näitä tuloksia käytetään laskentamallin kalibrointiin yhdessä aiempien mittaustulosten kanssa. Tulokset esitetään taulukossa 4.1

Taulukko 4.1. Tarkistusmittausten tulokset

Komponentti	CH1 3D, rataa nähden kohtisuora komponentti X	CH2 3D, radan suuntainen komponentti Y	CH3 3D, Pystysuunta Z
Etäisyys lähimmästä raiteesta	3m	3m	3m
Tärinän tunnusluku, maaperä, Vw95	0,37	0,34	0,44
Tapahtumien lukumäärä	15	15	15

Taajuusjakaumat painottuvat välille 31,5–40 Hz.

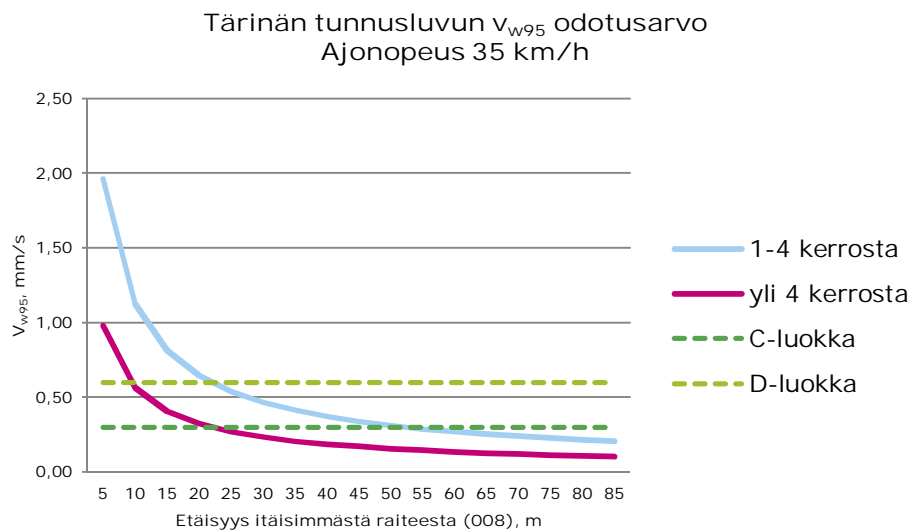
5. LASKENTA

Saatuja mittaustuloksia käytettiin laskentamallin kalibrointiin yhdessä aiempien käytössä olleiden mittaustulosten kanssa. Laskentamallilla tutkittiin ajonopeudet 35 km/h ja 60 km/h. Tulokset esitetään kuvissa 5.1 ja 5.2.

Yli 4-kerroksisille rakennuksille voidaan soveltaa siirtokerrointa 1, 1-4 kerroksisille siirtokerrointa 2. Toimisto- yms. tiloille sovelletaan D-luokan tavoiterajaa, asunnoille C-luokan tavoiterajaa. Alueelle on suunniteltu toimistotiloja alle 5-kerroksisiin rakennuksiin, asuintiloja yli 5-kerroksisiin rakennuksiin.

Laskennan tulokset esitetään liitteissä 1 ja 2 suhteessa asemapiirustuksiin.

Laskentatulokset 35 km/h ajonopeudella vastaa nykytilaa ja mittaustuloksia.



Kuva 5.1 Laskenta – ajonopeus 35 km/h

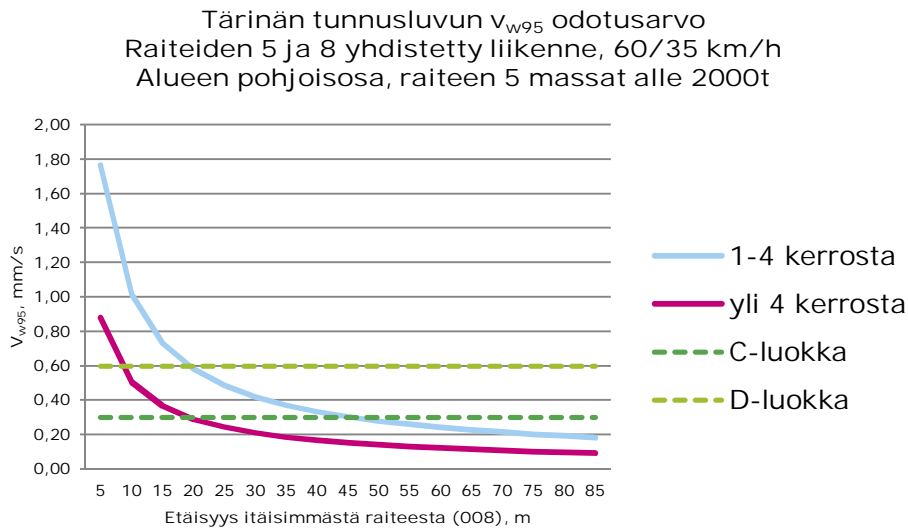
Toimistorakennuksille sovellettava D-luokan tavoiteraja yli 5-kerroksisilla rakennuksilla ei ylitä, jos etäisyys lähimpään raiteeseen on 10 m tai enemmän, alle 5-kerroksisilla 22 m tai enemmän. 22m etäisyys vastaa myös asuintiloille sovellettavan C-luokan rajaa yli 5-kerroksisilla rakennuksilla. Alle 5 kerroksisille rakennuksille C-luokan rajan alittamiseksi vaadittava turvaetäisyys on 52 metriä.

Ajonopeuden kasvun vaikutuksia on tutkittu kahdelle erilliselle tapaukselle:

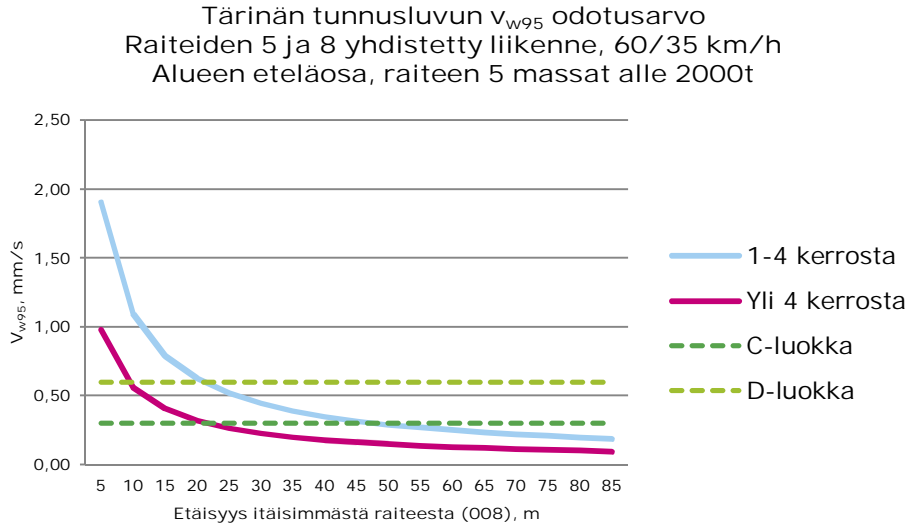
1. Raiteen 5 nopeuden noston johdosta raiteella kulkevat 60 km/h 1700-2000t tavarajunat huomioidaan laskennassa. Raiteen 8 liikenne pysyy muuttumattomana nopeuksien ja massojen suhteen. Tuloksissa on huomioitu raiteiden 5 ja 8 yhdistyminen kaava-alueen

keskivaiheilla. Tilanteen oletetaan kuvaavan parhaiten tavarajunaliikenteen jakautumista eri raiteille. Laskentatulokset esitetään kuvassa 5.2 ja 5.3.

2. Raiteen 8 liikenne ja ajonopeus pysyvät samoina, mutta viikon tarkastelujakson aikana myös raiteella 5 kulkee saman painoisia tavarajunia nopeudella 60 km/h. Laskentatulokset tälle tapaukselle esitetään kuvassa 5.4 ja 5.5.



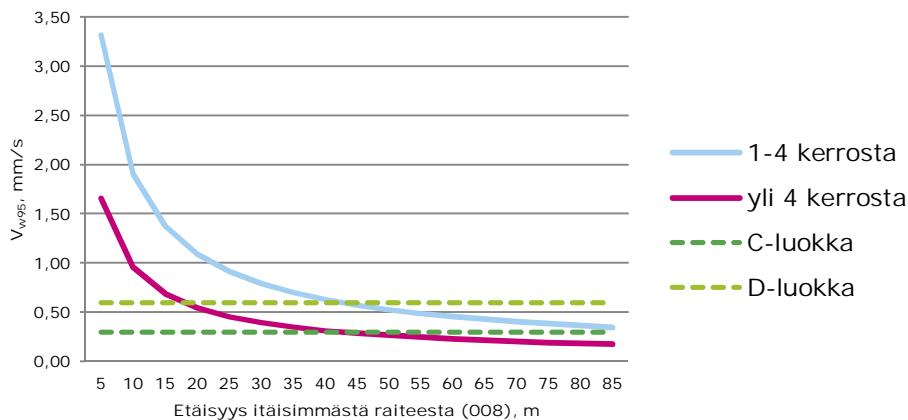
Kuva 5.2 Laskenta – raiteet 5 ja 8, 2000t liikenne raiteella 5, pohjoisosa



Kuva 5.3 Laskenta – raiteet 5 ja 8, 2000t liikenne raiteella 5, eteläosa

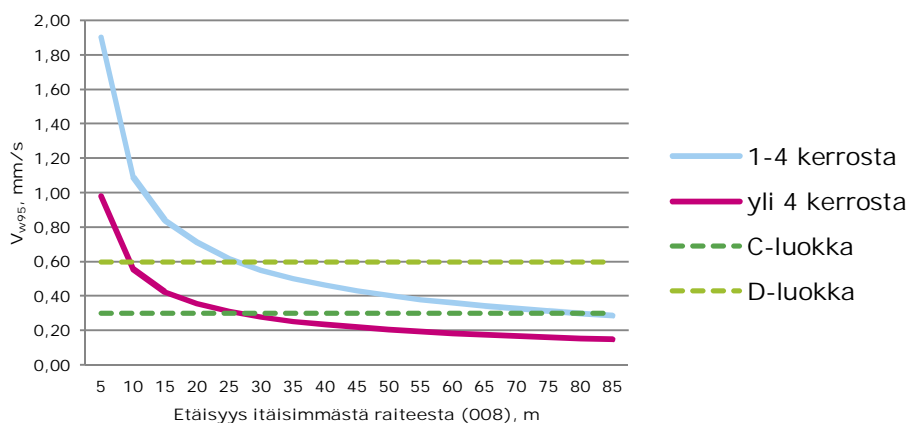
Laskentatulokset vastaavat nykytilan tuloksia, jolloin raiteen 8 liikenne on mitoittava.

Tärinän tunnusluvun v_{w95} odotusarvo
Raiteiden 5 ja 8 yhdistetty liikenne, 60/35 km/h
Alueen pohjoisosa, raiteilla 5 ja 8 sama liikenne



Kuva 5.4 Laskenta – raiteet 5 ja 8, alueen pohjoisosa

Tärinän tunnusluvun v_{w95} odotusarvo
Raiteiden 5 ja 8 yhdistetty liikenne, 60/35 km/h
Alueen eteläosa, raiteilla 5 ja 8 sama liikenne



Kuva 5.5 Laskenta – raiteet 5 ja 8, alueen eteläosa

Alueen pohjoisosassa D-luokan alittamiseksi vaaditaan 18 metrin suojaetäisyys yli 5 kerroksisilla rakennuksilla, 42 metriä alle 5-kerroksisille sekä yli 5-kerroksille asuintiloille. Alle 5 kerroksisten asuintilojen suojaetäisyys C-luokkaan nähden on 100m.

Alueen eteläosassa D-luokan tavoiteraja yli 4-kerroksisilla rakennuksilla ei ylity, jos etäisyys lähimpään raiteeseen on 10 m tai enemmän, 1-4 kerroksisilla 26 m tai enemmän. 26m etäisyys vastaa myös asuintiloille sovellettavan C-luokan rajaa yli 4-kerroksisilla rakennuksilla.

1-4 kerroksisille rakennuksille C-luokan rajan alittamiseksi vaadittava turvaetäisyys on 80 metriä.

6. TULOSTEN TULKINTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Selvityksessä on arvioitu raideliikenteen aiheuttamaa tärinää kaava-alueella laskennallisten menetelmien ja niitä tukevien mittausten avulla.

Tulosten perusteella nykytilassa suunnittelualueelle ei jää kummassakaan esitetystä maankäyttöluonnoksessa (WSP, 12.10.2012, vaihtoehdot A ja B) kohteita, joissa sovellettava tavoiteraja (D toimistorakennuksille, C asuinrakennuksille) ylittyisi.

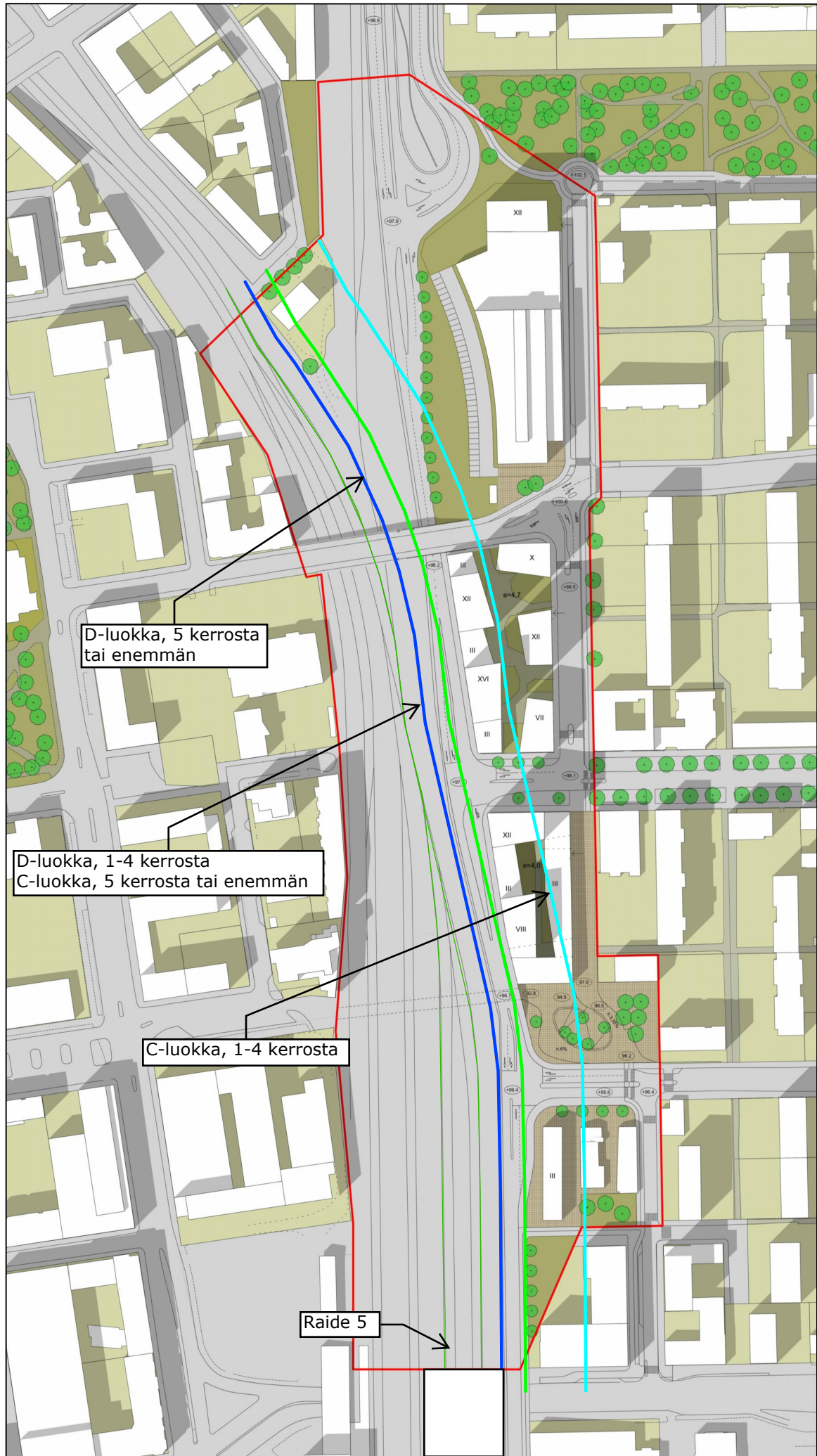
Tilanteessa, jossa raiteella 5 voidaan käyttää 60 km/h ajonopeutta, raideliikenteen aiheuttama tärinä ei kasva nykytilanteesta suunnittelualueella. Tulkinta perustuu oletukseen, jonka mukaan raiteella 5 liikennöivien junien massat ovat korkeintaan 2000t.

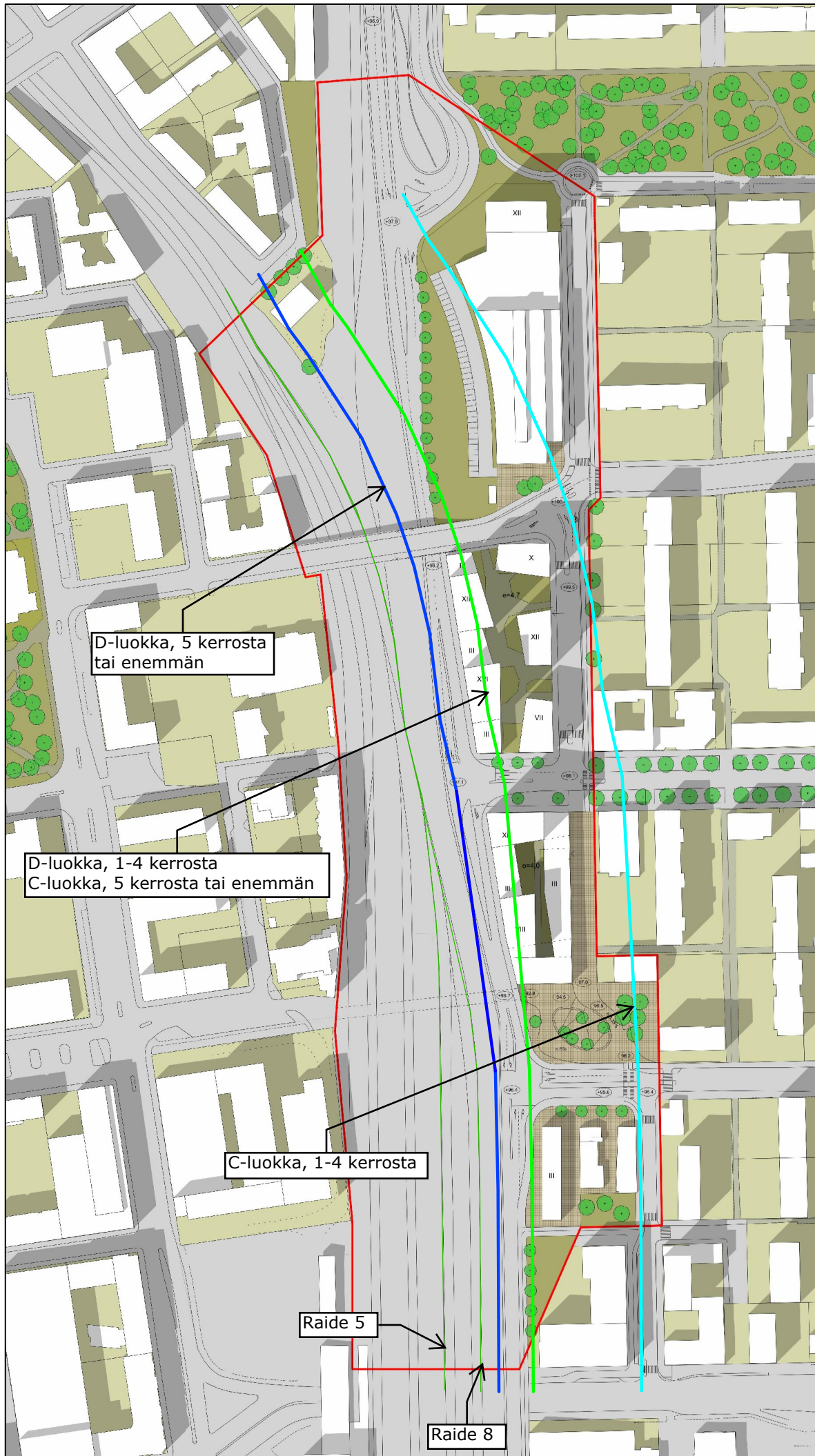
Tilanteessa, jossa raiteen 5 junien massa vastaa raiteen 8 massoja (enimmillään 3600t) lähimpänä rataa olevien 3. kerroksisten rakennusten osalta D-luokan raja voi ylittyä laskennallisen tarkastelun perusteella.

Tuloksia tarkasteltaessa on huomioitava, että käytetty laskentamalli korostaa junan kokonaispainon osuutta eikä huomioi mm. raiteen vaakageometriaa, tärinää välittävän maakerroksen paksumutta tai pehmeikön laajuutta, joilla suunnittelualueella on merkittävä vaikutus tärinän kehittymiselle.

Mikäli suunnittelualueelle osoitettavat asuintilat sijoitetaan Peltokadun varrella oleviin yli 5 kerroksisiin rakennuksiin, C-luokan rajaa ei ylitetä.

LIITE 1
VE 1 – TÄRINÄN LEVIÄMISALUEET





LIITE 2
VE 2 – TÄRINÄN LEVIÄMISALUEET

