



Tekijät

Päivämäärä
18/01/2023

Tärinäselvitys
Pelho, Antti
Puhelin
+358505120913

Sähköposti
antti.pelho@afry.com

Runkomeluselvitys

Niskanen Ilkka
Puhelin
+358408404946

Sähköposti
Ilkka.niskanen@wsp.com

Asiakas
Vantaan kaupunki

Vantaan raitiotie – tärinä- ja
runkomeluselvitys

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Lähtötiedot	1
3	Tärinäselvitys.....	2
3.1	Tärinän arvioinnin menetelmät.....	2
3.2	Asumismukavuus	3
3.3	Rakenteiden vaurioitumisalttius	4
3.4	Tärinän laskennallinen arviointi	5
4	Runkomeluselvitys	6
4.1	Runkomelun arviointimenetelmä	6
4.2	Runkomelulle suositellut raja-arvot.....	7
4.3	Runkomelulaskennan tulokset.....	8
5	Johtopäätökset ja suositukset jatkotoimenpiteiksi.....	14
6	Lähteet	15

Liitteet:

Liite1. Maaperän ominaisuudet ja alustavat pohjanvahvistukset raitiotien itäisellä osuudella.

Liite 2. Runkomeluvyöhykkeiden tulosteet.

Liite 3. Pohjanvahvistustoimenpiteet raitiotien itäisellä osuudella.

1 Johdanto

Tämä tärinä- ja runkomeluselvitys on laadittu Vantaan raitiotielinjan itäiselle osuudelle välillä Tikkurila Jokiniemenranta – Länsimäki (paaluväli 11100 - 19800). Selvityksessä tarkastellaan laskennallisesti raitiovaunun aiheuttamia tärinä- ja runkomeluvaikutuksia raitiotien ympäristössä.

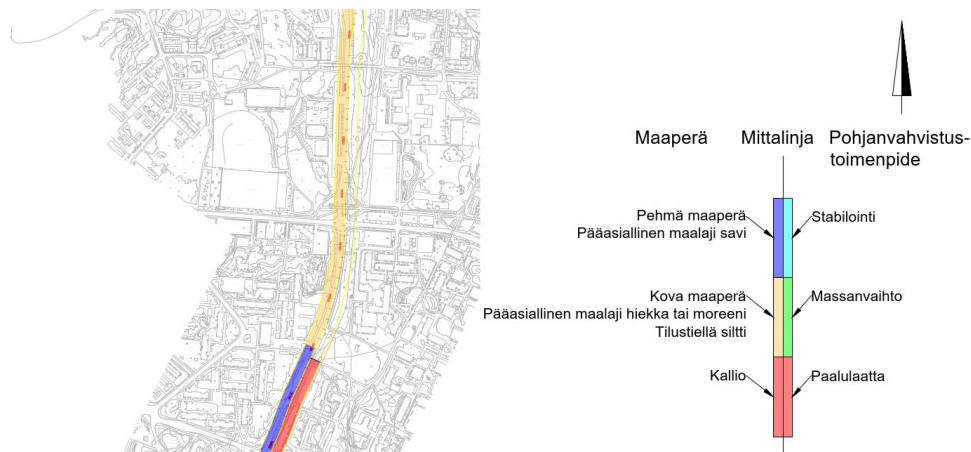
Tärinälle ja runkomelulle arvioituja laskennallisia tärinän heilahdusnopeuksia ja runkomelutasoja on verrattu tärinälle ja runkomelulle annettuihin suositusarvioihin.

Selvityksen tärinää koskevan osuuden on laatinut Antti Pelho Afry Finland Oy:stä ja runkomelua koskevan osuuden Ilkka Niskanen WSP Finland Oy:stä.

2 Lähtötiedot

Tässä selvityksessä käytettiin GTK:n Maankamarakarttapalvelusta saatavilla olevaa maaperäkarttaa (1:20000) sekä Vantaan raitiotien suunnitteluun tehtyjä pohjatutkimuksia alueelta. Raitiotielinja on tutkittu noin 20 metrin välein puristinheijari tai painokairauksella koko matkalta.

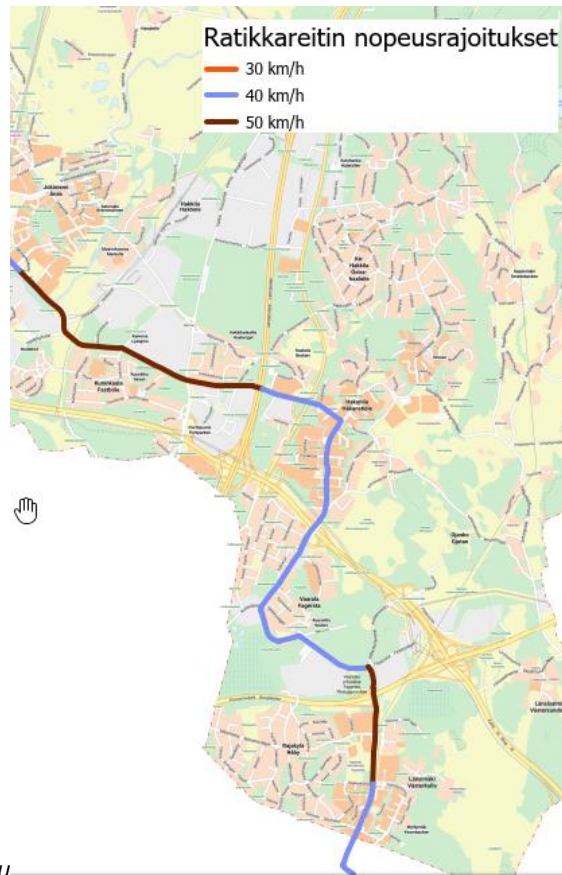
Itäisen linjan kairauksien perusteella määritelty pohjamaa ja linjalle suunnitellut pohjanvahvistukset on esitetty liitteessä 1. Kuvassa 1 on esitetty kuvakaappaus liitteestä. Kartassa esitetään raitiotien mittalinja kantakartalla. Mittalinjan vasemmalla puolella esitetään maaperä värikoodein VTT:n runkomelu- ja tärinälaskentaan tarvittavalla tarkkuudella.



Kuva 1. Alueen maaperä GTK:n maaperäkartan perusteella.

Raitiovaunuliikenteen nopeutena runkomeluarvioinnissa käytettiin raitiotiesuunnitelman nopeusrajoitusten mukaisia nopeuksia (kuva 2).

Runkomelulaskennassa on otettu huomioon raitiotielinjauksella ja sen läheisyyteen suunnitellut pohjanvahvistuksen toimenpiteiden vaikutukset runkomelua aiheuttavan värähtelyn etenemiseen. Paalulaatan, massanvaihdon, pilaristabiloinnin ja teräsbetoniarinan on arvioitu edistävän runkomelua aiheuttavan värähtelyn etenemistä. Arvioinnissa on oletettu, että maaperän kevennyksellä ja esikuormituksella ei ole vaikutusta olemassa olevan maaperän värähtelyn etenemiseen vaikuttaviin ominaisuuksiin. Raportin liitteessä 3 on esitetty pohjanvahvistusalueiden sijainnit ja niille esitetyt toimenpiteet.



Kuva 2. Raitiotieosuusnopeusrajoitukset raitiotielinjauksen itäisellä puoliskolla.

3 Tärinäselvitys

3.1 Tärinän arvioinnin menetelmät

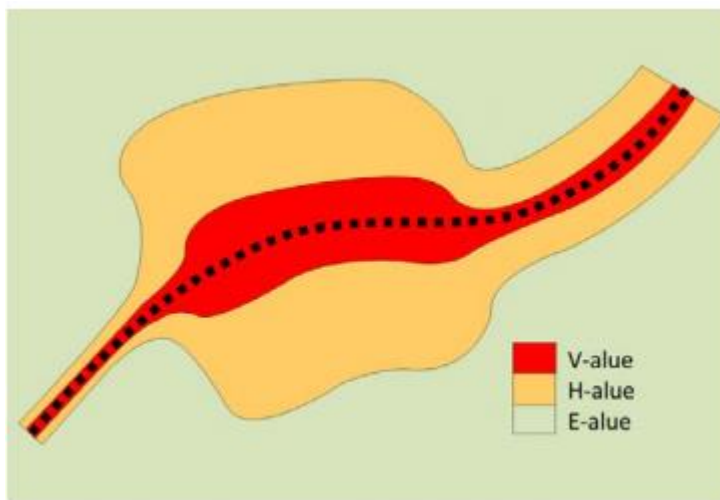
Tärinäselvitys keskittyy raitiotien aiheuttamaan tärinävaikutukseen raitiotien ympäristön rakennuksiin, rakenteisiin ja asumismukavuuteen. Tärinän arviointiin käytetään seuraavia VTT:n julkaisuja: Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi (VTT 2009), Ohjeita liikennetärinän arviointiin (VTT 2011) ja Liikennetärinä – Alueiden tärinäkartoitus ja rakenteiden vaurioitumisalttius (VTT 2014).

Rakenteisiin ja asumismukavuuteen vaikuttava tärinä tarkastellaan eri värähtelynnopeuden arvoa käyttäen. Rakenteisiin vaikuttavassa tärinässä tarkastellaan tärinän huippuarvoa ja asumismukavuuteen vaikuttavassa tärinässä tärinän tunnuslukua, joka lasketaan mitatun tehollisarvon kautta tai arvioidaan laskennallisesta tärinän huippuarvosta. Asumismukavuuteen vaikuttavaa tärinää ei voida arvioida laskennallisesti kovinkaan tarkasti, mutta tärinän huippuarvon voi arvioida laskennallisesti lähteessä VTT 2014 esitetyllä arviointitasolla 1.

Tärinäalueiden rajaaminen kaavoituksessa perustuu maaperän värähtelyyn, jonka perusteella voidaan arvioida alueen soveltuvuutta erilaisiin käyttötarkoituksiin. Kartoituksen pohjalta alue rajataan ja luokitellaan normaalikuntoisten rakennusten tärinänsietokyvyn perusteella kolmeen vyöhykkeeseen, jotka esitetään VTT:n tutkimusraportista (VTT 2014) löytyvällä kuvalla 3.

V-alueella tärinä on niin voimakasta että se voi aiheuttaa vahinkoriskin rakennuksille tai rakenteille. H-alueella hyväkuntoisiin ja tavanomaisiin rakennuksiin ei yleensä aiheudu niiden käyttökelpoisuutta haittaavia vaurioita, jos liikennetärinä on huomioitu resonanssille herkkien rakenteiden suunnittelussa. Tärinä kuitenkin yleensä haittaa asumismukavuutta. E-alueella tärinä

ei aiheuta normaalikuntoisten rakenteiden vaurioitumista, mutta voi häiritä asumismukavuutta. Vaikutus asumismukavuuteen on tarkistettava VTT Tiedotteen 2569 mukaisesti. (VTT 2014)



Kuva 3. Havainnekuva radan ympäristön tärinärajaus vyöhykkeistä (VTT 2014).

Alueiden rajausta vyöhykkeisiin perustuu värähtelyn huippuarvoon v_{max} . Eri alueiden värähtelyrajat on esitetty taulukossa 1. Maanpinnasta mitattu värähtely ei saa ylittää missään suunnassa taulukossa esitettyjä arvoja.

Taulukko 1. Tärinäalueiden rajauksessa käytettävät värähtelyn huippuarvot (mm/s) maaperän värähtelylle.

Maalaji	Pehmeä savi, su < 25 kN/m ²	Sitkeä siltti, hiekkasavi, löyhä	Tiivis hiekka, sora, moreeni, rikkonainen tai löyhä kallio	Kiinteä kallio
Värähtelyssä hallitseva taajuus	alle 10 Hz	10-20 Hz	20-50 Hz	> 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

Raitiotielinjalla pohjamaa vaihtelee hyvin pehmeästä savesta kalliioon, joten tärinäalueiden rajausta riippuu maaperästä.

3.2 Asumismukavuus

Asumismukavuutta tarkastellaan Suomessa neljässä eri värähtelyluokassa. Värähtelyluokat on esitetty taulukossa 2. Kohteessa on vanha väylä, jonka varteen kaavoitetaan uusia rakennuksia. Tällöin turvaetäisyytenä käytetään värähtelyluokkaa C.

Taulukko 2. Suositus värähtelyluokituksessa rakennuksessa (VTT 2008).

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

Asumismukavuuteen vaikuttavaan tärinään on tehty arvio värähtelyn turvaetäisyyksistä värähtelyluokalle C. Taulukon arvoja suuremmilla etäisyyksillä tarkempi värähtelyselvitys ei ole tarpeen. (VTT Tiedote 2569).

Taulukko 3. Värähtelyn turvaetäisyydet värähtelyluokalle C. (VTT 2011)

Etäisyys väylästä (m)	Liikennetyyppi yöaikaan	Pehmein maalaji väylän alla
500	Tavarajunaliikenne (3500 tn, 90 km/h)	Pehmeä maa
200	Pikajunaliikenne (140 km/h)	Pehmeä maa
100	Metro- ja sähkömoottorijunat (80 km/h)	Pehmeä maa
100	Raskas maantieliikenne (100 km/h, sileä)	Pehmeä maa
100	Hidastetöyssyt, raskas liikenne (40 km/h)	Pehmeä maa
50	Raskas katuliikenne (40 km/h, sileä)	Pehmeä maa
100	Tavara- ja pikajunat	Kova maa
15	Raskas maantie- ja katuliikenne (ml. töyssyt)	Kova maa

Taulukon perusteella turvaetäisyys värähtelyluokalle C on 100 metriä, kun maaperä on pehmeää. Pehmeällä maaperällä oleviin rakennuksiin on syytä tehdä tarkempi asumismukavuuteen vaikuttavan tärinän arviointi.

Tässä selvityksessä asumismukavuuteen vaikuttavan turvaetäisyyden rajaa pyritään tarkentamaan laskennallisella tärinän huippuarvon tarkastelulla. Tärinän huippuarvo on yleensä suurempi arvo, kuin tärinän tunnusluku, joten arvio voi olla konservatiivinen.

3.3 Rakenteiden vaurioitumisalttius

Rakenteiden vaurioitumisalttiuden tärinäselvitys tehdään tässä toimeksiannossa arviointitasolla 1 (VTT 2014) eli laskennallisena tärinäselvityksenä. Laskenta perustuu empiirisiin havaintoihin sekä ympäri maailman tehtyihin värähtelymittauksiin. Laskennalla voidaan arvioida erilaisen kaluston

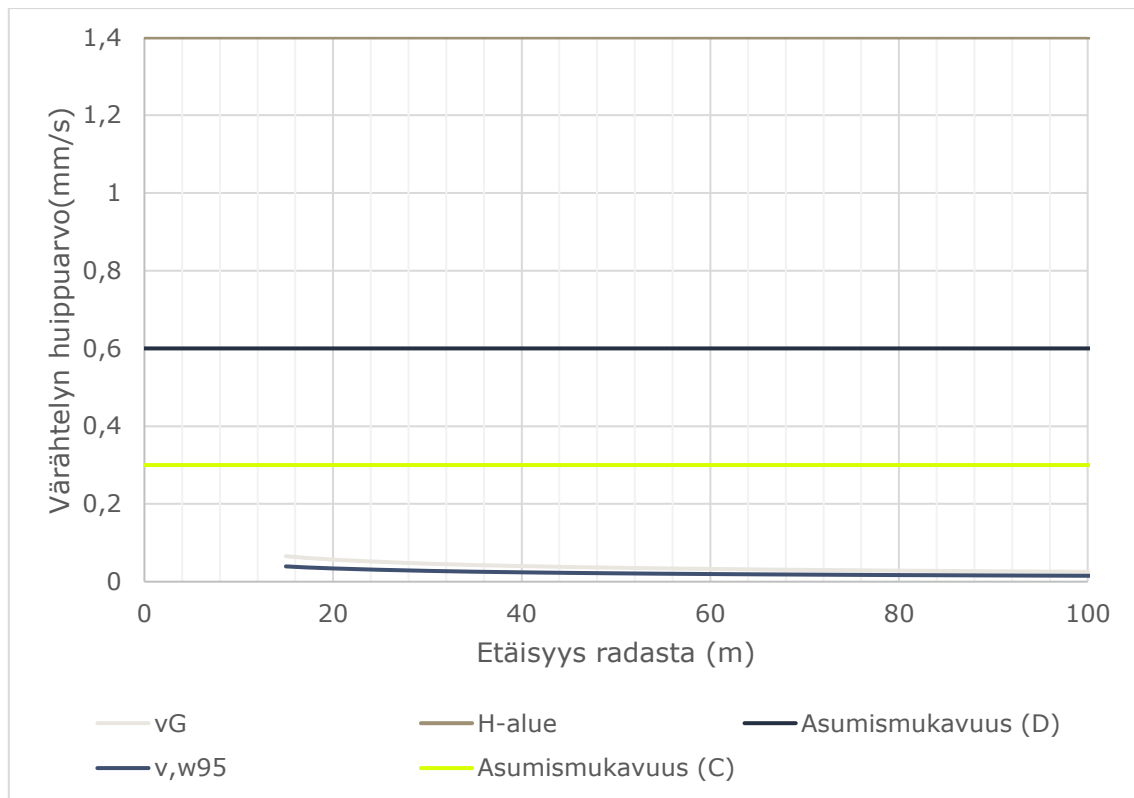
aiheuttamaa tärinän suuruutta eri etäisyyksillä tärinälähteestä. Laskenta on vain arvio tärinän suuruudesta alueella ja antaa tarkemman käsityksen onko kohteessa tarvetta käyttää tarkempaa arviointitasoa eli tärinämittauksia.

Laskennassa muuttujia ovat junan kokonaismassa, maaperä ja sen ominaisuudet, radan kunto sekä junan nopeus. Laskenta tehdään pahimmasta tilanteesta, eli raskaimman junan ajaessa radalla sallittua nopeinta nopeutta. Maaperästä riippuvat arvot on määritelty maaperästä tehtyjen pohjatutkimusten mukaisesti. Maaperä voi vaihdella alueella, mikä voi vaikuttaa laskennallisesti niin negatiivisesti kuin positiivisesti.

3.4 Tärinän laskennallinen arviointi

Raitiovaunuliikenteen aiheuttama tärinä arvioitiin laskennallisesti. Vaunun kokonaiskuormana käytettiin 102 tonnia, joka vastaa 7-osaista Artic XL-raitiovaunua täytenä. Raitiovaunun nopeutena käytettiin 50 km/h, mikä on maksiminopeus Vantaan raitiovaunulla.

Määrävä tärinää johtava maalaji kohteessa on pehmeä koheesiomaa. Maaperän parametrit on valittu VTT:n ohjeen mukaisesti ohjeessa esitetystä taulukosta. Kuvassa 4 esitetään raitiovaunun aiheuttaman maaperän värähtelyn huippuarvon arvio etäisyyden funktiona radasta.



Kuva 4. Laskennallinen arviointi tärinän huippuarvosta eri etäisyyksillä radasta

Kuvasta nähdään, että tärinän huippuarvo (vG) ei ylitä tärinän raja-arvoja yli 15 metrin etäisyydellä radasta. Alle 15 metrin etäisyydestä ei laskennallisella tarkastelulla saa arvioitua tärinän voimakkuutta.

Kuten aiemmin todettiin, asumismukavuuteen vaikuttavan tärinän riski on lähes olematon. Arviointitason 2 laskentaa voidaan käyttää asumismukavuuden riskinarvioinnissa. Arvioitua huippuarvoa voidaan pitää huippuarvojen tunnuslukuna ($v_{max,95}$), koska mittauksia ei kohteesta ole. Tämä huippuarvojen tunnusluku voidaan muuttaa arvioiduksi tärinän tunnusluvuksi (v_{w95}) käyttäen kaavan (1) vuorosuhdetta, jolla tunnusluku $v_{max,95}$ saadaan hallitsevan värähtelytaajuuden f funktiona, kun referenssitaajuus on 3,5 Hz. (VTT 2006)

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

Kaavasta saatava kerroin on yleensä 0,4-0,6 (VTT 2006). Kerrointa voidaan pitää likimääräisarviona tärinälle, kun arvioidaan värähtelyn tunnuslukua huippuarvoista määritetyn tunnusluvun perusteella. Tässä tapauksessa kertoimenä on käytetty arvoa 0,6, koska mittauksia alueelta ei ole tehty ja tärinän taajuutta voi vain arvioida.

Laskennan perusteella värähtelyn tunnusluku ei ylitä asumismukavuuden värähtelyn ylärajoja missään tilanteessa.

Laskennan tuloksesta tulee ottaa huomioon, että maaperästä ja junan painosta riippuen tärinä voi olla voimakkaampaa tai heikompaa. Koska alueelta ei ole tärinämittauksia, on laskennassa myös otettu huomioon varmuuskerroin $F=2$, joka kasvattaa tärinäkäyrän arvoja kaksinkertaiseksi. Tärinän arviota etäisyyden funktiona voidaan tarkentaa maaperästä tehtävillä tärinämittauksilla, jolloin laskennallinen arviointi voidaan tehdä junan kokonaismassan ja nopeuden perusteella tarkemmin.

4 Runkomeluselvitys

4.1 Runkomelun arviointimenetelmä

Raitiotieliikenteen aiheuttamaa runkomelua on arvioitu arvioitu VTT:n ohjeen ”Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi – Esiselvitys” arviointitason 2 mukaisella menetelmällä, värähtelyn siirtotiehen perustuva arviointi (VTT 2009).

Menetelmässä arvioinnin lähtökohtana on peruskäyrältä saatu maaperän värähtelyn nopeustaso (L_v), jota korjataan värähtelyn aiheuttajasta, siirtotiestä ja rakennuksesta riippuvilla nopeustason korjaustekijöillä (ΔL_v) siten, että lopputuloksena saadaan runkomelua kuvaava sisätilan äänitaso (L_{pA}).

Arvioinnin korjaustekijöinä on käytetty seuraavia arvoja:

- liikennetyyppi, raitiovaunu,
 - korjausarvo 0 dB,
- ajoneuvon nopeuden vaikutus on huomioitu seuraavan kaavan mukaisesti, $\Delta L = 20 \times \log(v_s/v_{s,0})$, jossa $v_{s,0} = 100 \text{ km/h}$,
 - korjauksen arvo on määritetty hankkeelle määritettyjen nopeusrajoitusten perusteella,
- ajoneuvon ominaisuuksista riippuva tekijä, pääjousituksen ominaistaajuus. Ohjeen vaihtoehdot 0 dB (normaali jousitus, jossa pääjousituksen ominaistaajuus on alle 15 Hz) tai 8 dB (jäykkä jousitus, jossa pääjousituksen ominaistaajuus on yli 15 Hz),
 - korjauksen arvo 0 dB,
- hyväkuntoinen rata,
 - korjauksen arvo 0 dB suorilla osuuksilla,
 - radan epäjatkuvuuskohdat (vaihteet, raiteiden ristiäminen, jyrkät kaarteet) on otettu huomioon lisäämällä näiden kohtien runkomelulaskentaan korjaustekijä +10 dB,
- radan eristämiskorjaus,
 - ei eristystä, korjauksen arvo 0 dB,
- väylän sijainti,
 - avorata, korjauksen arvo 0 dB,
- rakennuksen tyyppi,
 - perustuksen ja kallion välillä oletetaan olevan maa-ainesta vähintään 3 m
 - korjauksen arvo pientalolle -5 dB,
 - korjauksen arvo kerrostalolle -10 dB,
 - perustuksen ja kallion välillä oletetaan olevan maa-ainesta vähemmän kuin 3 m, raitiotie ja rakennus sijoittuvat kallioalueelle, korjauksen arvo 0 dB
- tarkasteltava asuinkerros, toinen kerros,
 - korjauksen arvo -2 dB
- rakenneosien resonanssin vaikutus,

- korjauksen arvo 6 dB
- muunto äänenpainetasoksi,
 - korjauksen vakio arvo -28 dB
- muunto A-painotetuksi äänenpainetasoksi, maaperästä riippuva korjaus
 - matala taajuusalue, < 30 Hz, Tyypillinen taajuusalue pehmeillä savi-, siltti- ja hiekkamailla ($v < 200$ m/s), kun pehmeän kerroksen paksuus väylän ja rakennuksen alla on yli 3 m, korjaus -50 dB
 - keskitaajuusalue, 30 Hz – 60 Hz, tyypillinen taajuusalue koviille savi, siltti ja moreenimailla ($200 \text{ m/s} < v < 500 \text{ m/s}$), korjaus -35 dB
 - korkea taajuusalue, > 60 Hz, tyypillinen taajuusalue kalliolla ja iskostuneilla moreenimailla ($v > 200 \text{ m/s}$), korjaus -20 dB
 - pohjanvahvistusten (paalulaatta, massanvaihto, pilaristabilointi, teräsbetoniarina) on arvioitu edistävän värähtelyn etenemistä ja näillä osuuksilla maaperä on oletettu yhtä luokkaa kovemmaksi (ts. vaimentuminen vähäisempää)
- arviointimenetelmälle annettu varmuusmarginaali,
 - korjauksen arvo +6 dB

Runkomelutasot on esitetty raportin liitteissä 30 dB, 35 dB ja 45 dB runkomeluvuohyökkäinä. Vyöhykkeiden leveydet on määritelty edellä esitetyllä menettelyllä.

4.2 Runkomelulle suositellut raja-arvot

Raitiotieliikenteen aiheuttamalla runkomelulla tarkoitetaan maaperän kautta leviävän värähtelyn aikaan saamaa sisätiloissa havaittavaa ääntä, joka syntyy raitiovaunun pyörän ja kiskon kosketuksen aiheuttamasta värähtelystä. Runkomelu kuullaan tyypillisesti sisätiloissa matalataajuisena jyrinän tyyppisenä äänenä, joka on kuultavissa raitiovaunun ohituksen aikana.

Raitiovaunujen aiheuttama runkomelun jyrinä on viihtyisyys- ja mahdollisesti myös terveydellinen haitta. Talja ja Saarinen ovat esittäneet julkaisussaan (VTT 2009) runkomelulle suositellut raja-arvot. Suositukset raja-arvoista on annettu laskentasuurena (L_{prm}), joka ottaa huomioon yksittäisten runkomelutapahtumien hetkellisten melutasojen (L_{pASmax}) vaihtelun (taulukko 4). Ohjearvoon verrannollinen runkomelun laskentasuure määritetään mittaustuloksista seuraavan yhtälön mukaisesti:

$$L_{prm} = L_{pASmax, mean} + 1,65 \cdot s, \text{ jossa}$$

$L_{pASmax, mean}$ on melutason hetkellisten maksimitasojen (L_{ASmax}) keskiarvo ja s on mittaustulosten keskihajonta. Runkomelun ohjearvot on annettu erikseen avorata- ja umpirataosuuksille. Umpirataosuuksille (tunneli) tulisi soveltaa runkomelutason tiukempaa raja-arvoa. VTT:n julkaisussa suositellaan tiukemman ohjearvon käyttämistä myös kohteissa, joille on annettu kaavamääräyksiä julkisivun ääneneristävyydestä.

Taulukko 4. Suositukset runkomelutasojen raja-arvoiksi (VTT 2009).

Rakennustyyppi	Runkomelutaso, L_{prm} (dB)
Radio-, tv- ja äänitysstudio, konserttitalit	25 – 30
Asuinhuoneistot	30 / 35 ²
Hoito- ja sosiaalihuollon laitoksen, majoitustilat - potilashuoneet ja majoitustilat - päiväkodit, lasten ja henkilökunnan oleskeluun tarkoitetut huoneet	30 / 35 ²
Kokoontumis ja opetustilat - 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.

4.3 Runkomelulaskennan tulokset

Laskennallisen tarkastelun perusteella raitiovaunuliikenteen aiheuttamat 30 – 45 dB runkomeluvyöhyke ulottuvat pehmeässä maaperässä kiskoparin ulommasta kiskosta alle 10 metrin etäisyydelle (taulukko 5.)

Kovassa maaperässä 35 dB runkomeluvyöhyke ulottuu raitiovaunun nopeudesta, rakennuksen tyypistä ja perustamistavasta riippuen alle 10 metrin – 30 metrin etäisyydelle lähimmästä kiskosta ja 30 dB runkomeluvyöhyke alle 10 – 51 metrin etäisyydelle lähimmästä kiskosta (taulukko 5). Sekä pehmeälle että kovalla maaperälle arvioidut yli 45 dB runkomelutasot sijoittuvat alle 10 metrin etäisyydelle lähimmästä kiskosta.

Merkittäviä runkomelutasoja ja laajoja runkomeluvyöhykkeitä muodostuu tilanteissa, joissa raitiotielinjaus ja raitotien ympärille sijoittuvat rakennukset sijaitsevat kalliopinnalla tai hyvin lähellä sitä (kalliopinnan yläpuolisen maapeitteen paksuun alle 3 metriä). Laskennallisen arvion perusteella 30 dB runkomeluvyöhykkeet ulottuvat raitiovaunun nopeudesta riippuen 119 – 155 metrin etäisyydelle lähimmästä kiskosta. 35 dB runkomeluvyöhykkeen arvioidaan ulottuvan 85 – 115 metrin etäisyydelle riippuen raitiovaunun nopeudesta. Runkomelun 45 dB vyöhykkeen ulottumat vaihtelevat kalliokohteissa välillä 32 – 51 metriä lähimmästä kiskosta (taulukko 5).

Pohjanvahvistusten tarkoituksena on tehdä maaperästä tiivimpää, mikä edistää värähtelyn etenemistä runkomelua aiheuttavalla taajuualueella. Näillä osuuksilla maaperä on oletettu arvioinnissa yhtä luokkaa kovemmaksi, toisin sanoen vaimentuminen on vähäisempää.

Taulukko 5. Laskennalliset arviot runkomeluvyöhykkeiden leveyksistä (etäisyys ulommasta kiskosta metreinä) eri pehmeissä ja kovissa maaperäolosuhteissa eri raitiovaunun nopeuksilla.

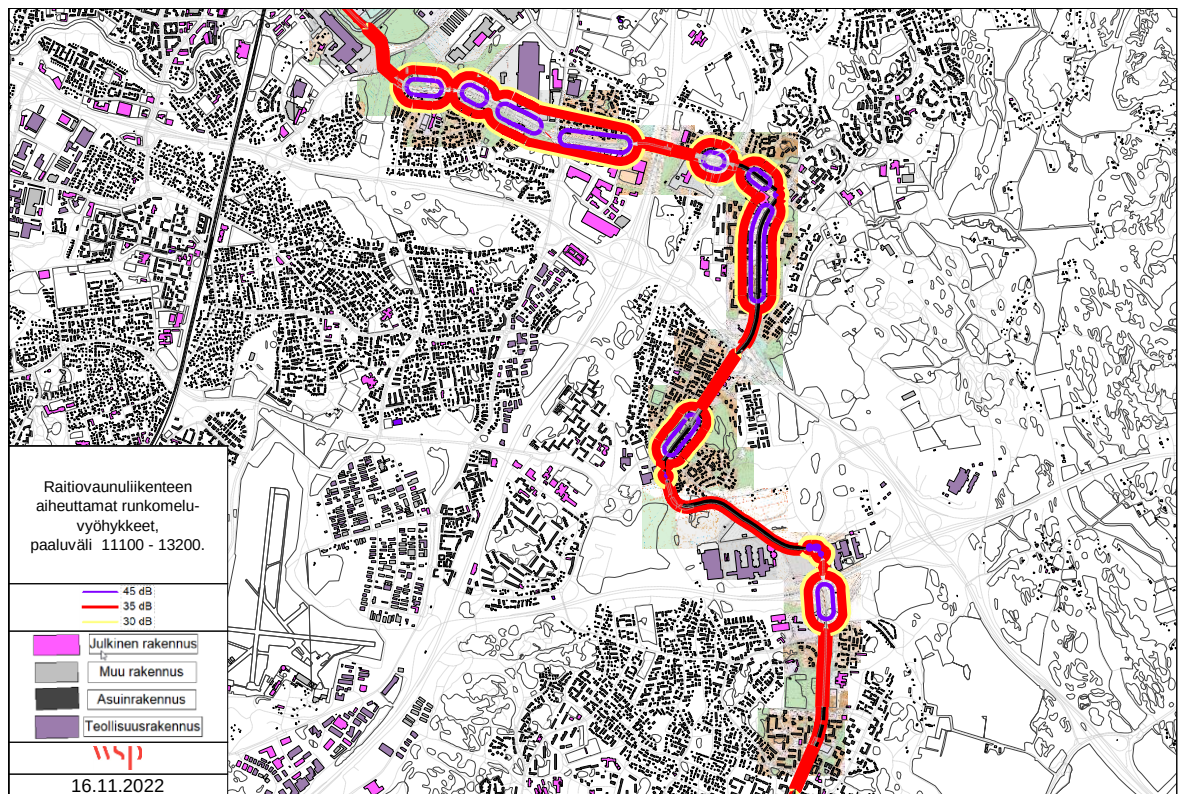
Pehmeä maaperä, savi, siltti, hiekka				
	Runkomelutaso	Vyöhykkeen leveys, m		
Rakennuksen tyyppi	dB	50 km/h	40 km/h	30 km/h
Perustus kalliolle, korjaus 0 dB	30	< 10	< 10	< 10
Puutalo, 1-2 krs, maakerros > 3m, korjaus -5 dB	30	< 10	< 10	< 10
Kerrostalo, maakerros > 3 m, korjaus -10 dB	30	< 10	< 10	< 10
Perustus kalliolle, korjaus 0 dB	35	< 10	< 10	< 10
Puutalo, 1-2 krs, maakerros > 3m, korjaus -5 dB	35	< 10	< 10	< 10
Kerrostalo, maakerros > 3 m, korjaus -10 dB	35	< 10	< 10	< 10
Rakennuksen tyyppi	dB	50 km/h	40 km/h	30 km/h
Perustus kalliolle, korjaus 0 dB	45	< 10	< 10	< 10
Puutalo, 1-2 krs, maakerros > 3m, korjaus -5 dB	45	< 10	< 10	< 10
Kerrostalo, maakerros > 3 m, korjaus -10 dB	45	< 10	< 10	< 10
Kova maaperä, savi, siltti ja moreenimaat				
	Runkomelutaso	Vyöhykkeen leveys, m		
Rakennuksen tyyppi	dB	50 km/h	40 km/h	30 km/h
Perustus kalliolle, korjaus 0 dB	30	51	42	32
Puutalo, 1-2 krs, maakerros > 3m, korjaus -5 dB	30	30	24	17
Kerrostalo, maakerros > 3 m, korjaus -10 dB	30	16	12	< 10
Perustus kalliolle, korjaus 0 dB	35	30	24	< 10
Puutalo, 1-2 krs, maakerros > 3m, korjaus -5 dB	35	16	12	< 10
Kerrostalo, maakerros > 3 m, korjaus -10 dB	35	< 10	< 10	< 10
Rakennuksen tyyppi	dB	50 km/h	40 km/h	30 km/h
Perustus kalliolle, korjaus 0 dB	45	< 10	< 10	< 10
Puutalo, 1-2 krs, maakerros > 3m, korjaus -5 dB	45	< 10	< 10	< 10
Kerrostalo, maakerros > 3 m, korjaus -10 dB	45	< 10	< 10	< 10

Taulukko 6. Laskennalliset arviot runkomeluvyöhykkeiden leveyksistä (etäisyys ulommasta kiskosta metreinä) kallioalueilla (maapeiteen paksuus < 3 m) eri raitiovaunun nopeuksilla.

	Kallio			
	Runkomelutaso	Vyöhykkeen leveys, m		
Rakennuksen tyyppi	dB	50 km/h	40 km/h	30 km/h
Perustus kalliolle, korjaus 0 dB	30	155	138	119
Puutalo, 1-2 krs, korjaus 0 dB	30	155	138	119
Kerrostalo, korjaus 0 dB	30	155	138	119
Perustus kalliolle, korjaus 0 dB	35	115	100	85
Puutalo, 1-2 krs, korjaus 0 dB	35	115	100	85
Kerrostalo, korjaus 0 dB	35	115	100	85
Rakennuksen tyyppi	dB	50 km/h	40 km/h	30 km/h
Perustus kalliolle, korjaus 0 dB	45	51	42	32
Puutalo, 1-2 krs, korjaus 0 dB	45	51	42	32
Kerrostalo, korjaus 0 dB	45	51	42	32

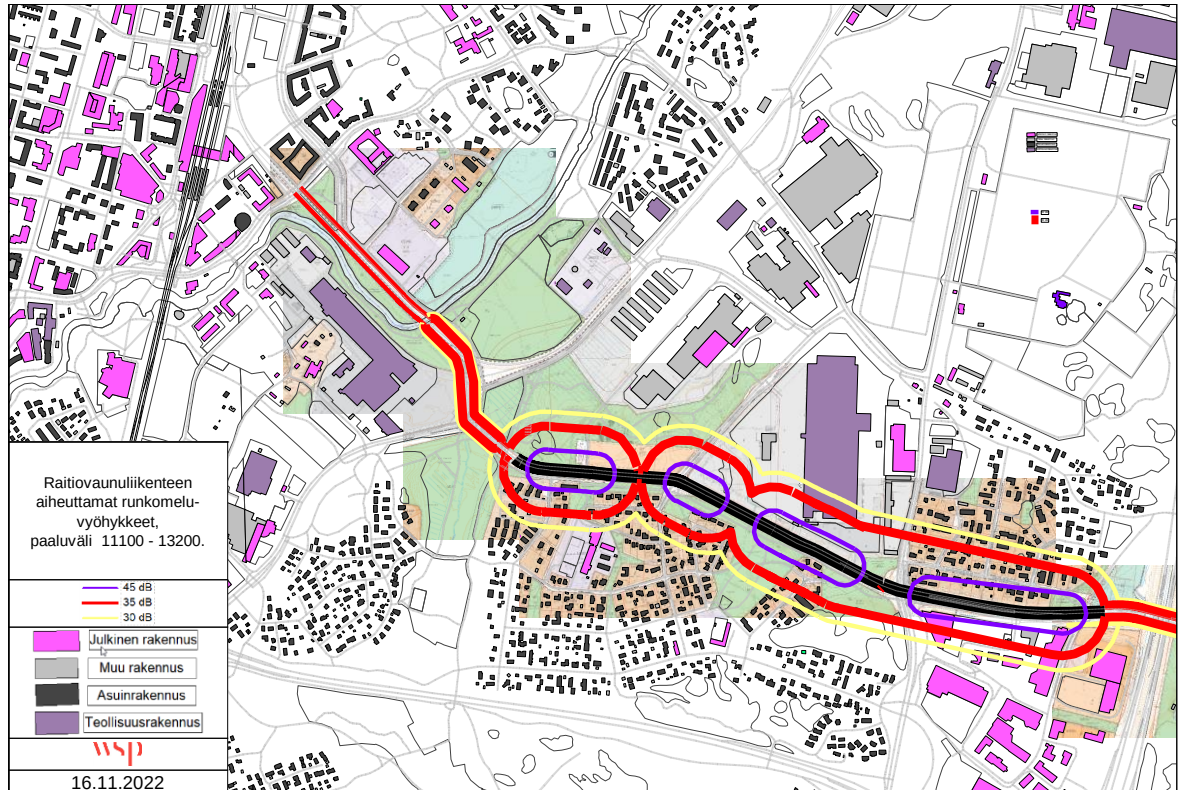
Vaihteiden ja jyrkkien kaarteiden kohdalle runkomelualueiden meluvyöhykkeet ovat laajemmat kuin taulukoissa 5 ja 6 esitetyt vyöhykkeiden leveydet. Raportin kuvissa 5-10 ja liitteissä esitetyt runkomeluvyöhykkeet on arvioitu matalan- ja keskitaajuusalueen osalta -5 dB rakennustyyppin korjauksella (pientalolle käytettävä korjaus).

Laskennallisen tarkastelun perusteella paaluvälillä 11100 - 19800 erottuu kolme aluetta, jossa raitiovaunuliikenteen aiheuttaman runkomelu arvioidaan ulottuvan 35 dB tasoisena merkittävästi katualueen ulkopuolelle. Nämä runkomelualueet sijoittuvat Kuninkaalan, Hakunilan ja Vaaralan alueille (kuva 5).



Kuva 5. Raitiovaunuliikenteen aiheuttamat runkomelualueet raitiotien itäisellä puoliskolla.

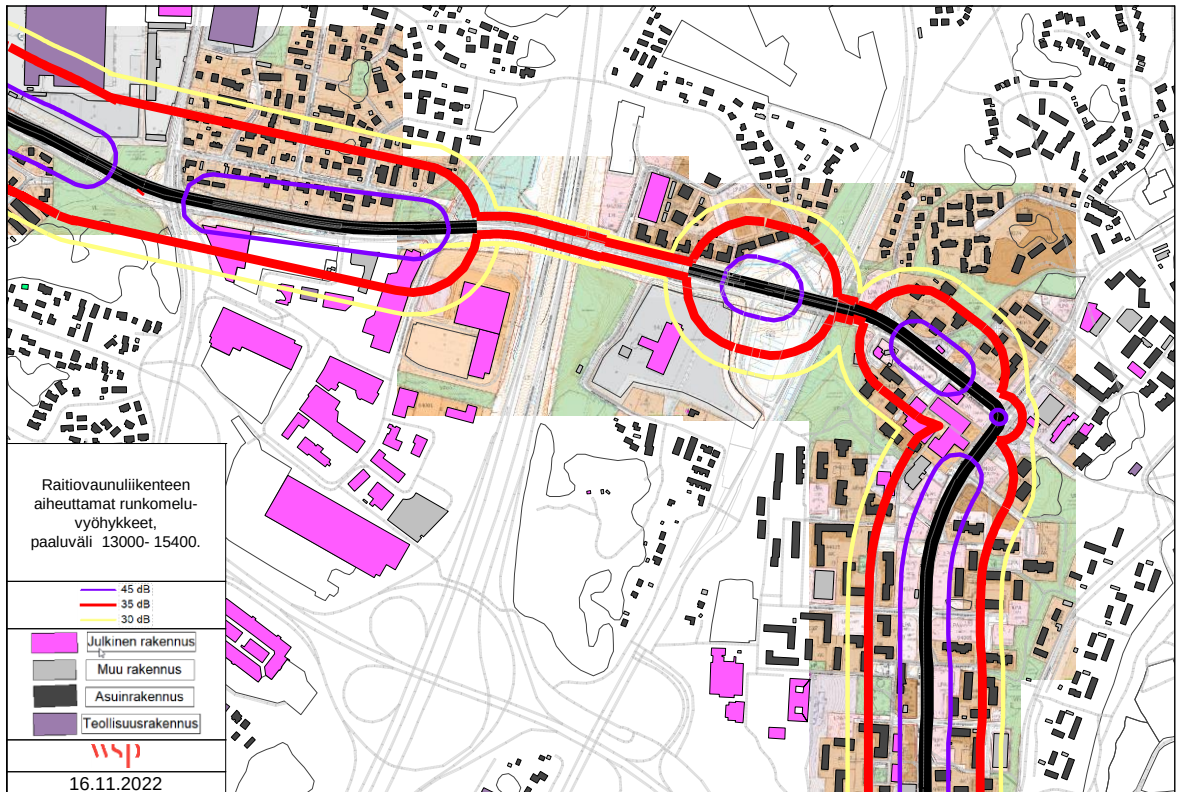
Kuninkaalan ja Hakkilan alueella raitiotielinjaus sijoittuu paikoitellen kallioalueelle ja raitiovaunujen aiheuttaman 35 dB runkomeluvyöhykkeen arvioidaan ulottuvan noin 115 metrin etäisyydelle uloimmasta raiteesta. Myös pohjanvahvistukset vaikuttavat paikoitellen runkomeluitasoa nostavasti. Noin 32 asuinrakennusta sijoittuu 30 – 35 dB runkomelualueelle, 52 asuinrakennusta 35 – 45 dB runkomelualueella ja 14 asuinrakennusta >45 dB runkomelualueelle (kuva 6).



Kuva 6. Raitiovaunuliikenteen aiheuttamat runkomelualueet Kuninkaalan alueella, paaluväli 11100 – 13800.

Kyytitien itäpäässä ja Hakunilantien pohjoispäässä raitiotielinjaus sijoittuu kallioalueille ja alueille, joissa kallionpinnan yläpuoliset maakerrokset ovat ohuita. Raitiovaunuliikenteen aiheuttaman 35 dB runkomeluvyöhykkeen arvioidaan ulottuvan noin 100 metrin etäisyydelle uloimmasta kiskosta.

Kyytitien itäpäähän ja Kehä III:n välisellä raitiotieosuudella noin 20 asuinrakennusta sijoittuu 30 – 35 dB runkomelualueelle noin 40 asuinkerrostalon yli 35 dB runkomelualueelle ja (kuvat 7 ja 8).

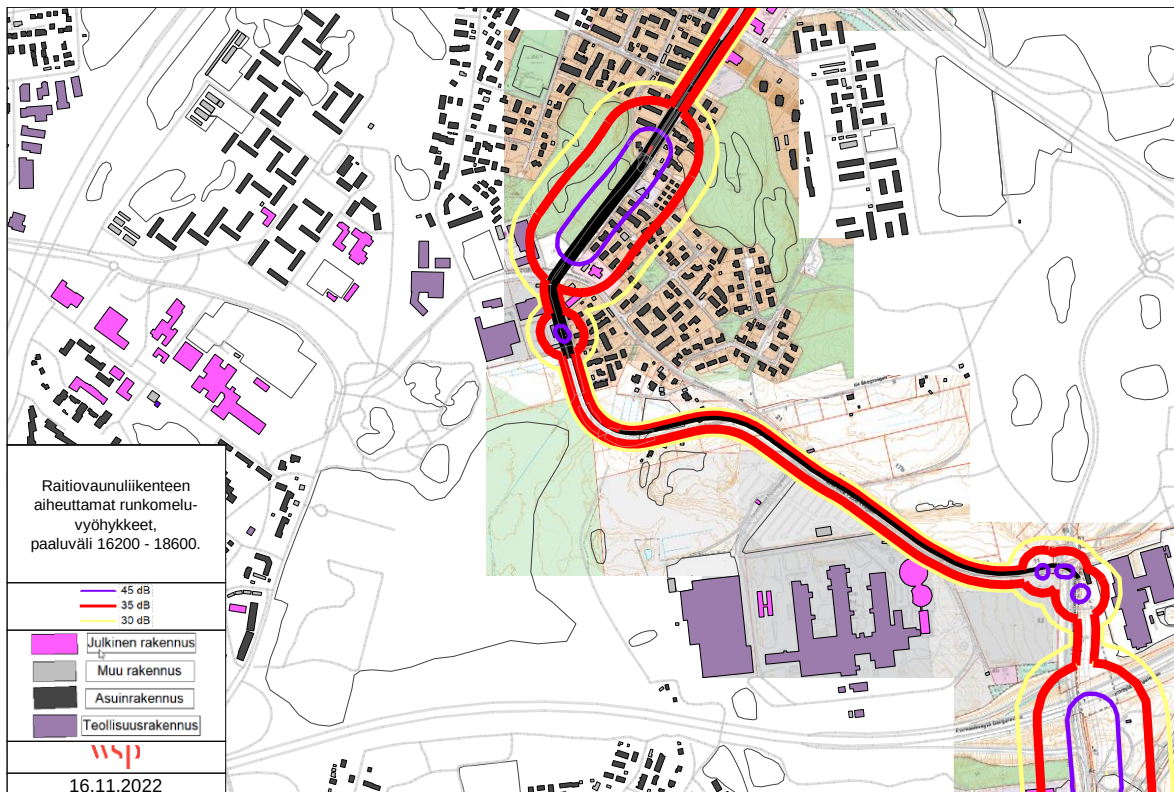


Kuva 7. Raitiovaunuliikenteen aiheuttamat runkomelualueet Kyytitien itäpäässä ja Hakunilantien pohjoispäässä, paaluväli 13000 – 15400.



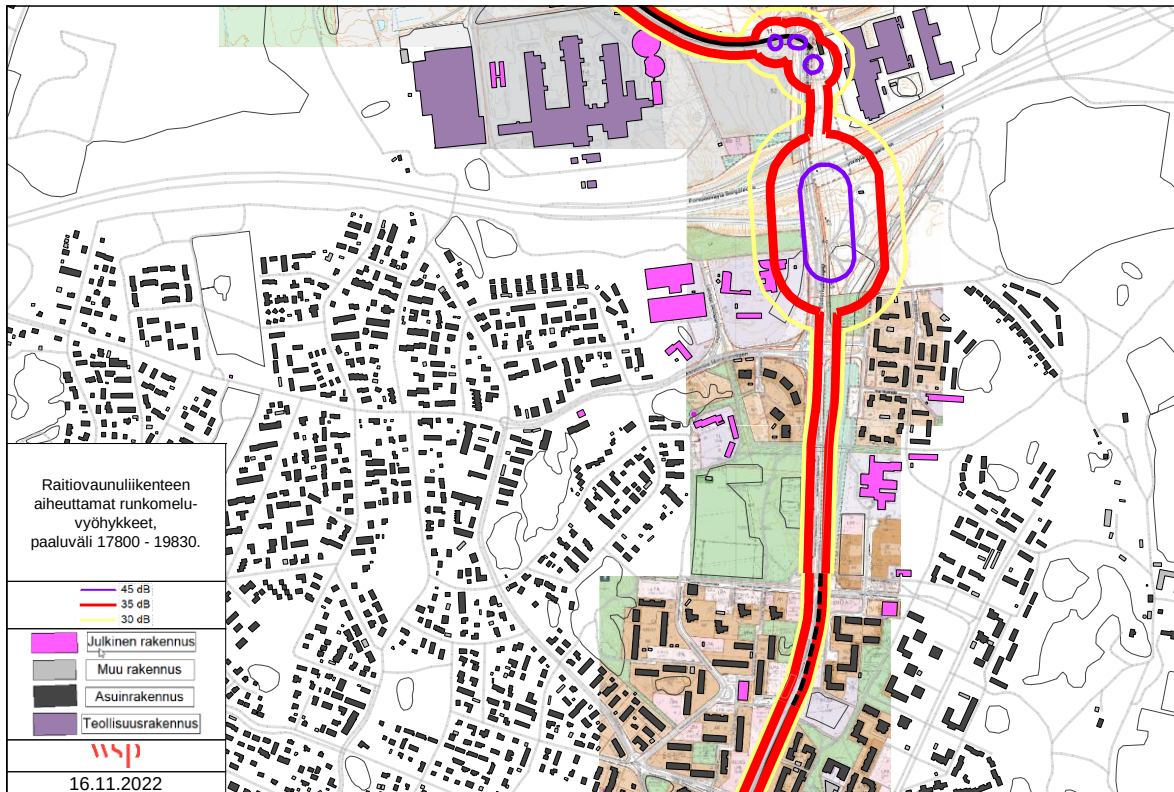
Kuva 8. Raitiovaunuliikenteen aiheuttamat runkomelualueet Hakunilan eteläosassa ja Vaaralan pohjoisosissa, paaluväli 15400 - 16600.

Vaaralan alueella noin 19 asuinrakennusta sijoittuu 30 – 35 dB runkomelualueelle ja yli 20 asuinrakennusta sijoittuu laskennallisesti arvioidulle 35 – 45 dB alueelle ja seitsemän asuinrakennusta sijoittuu > 45 dB runkomeluvyöhykkeelle. Vaaralan kirkko sijoittuu myös 45 dB runkomelualueelle (kuva 9).



Kuva 9. Raitiovaunuliikenteen aiheuttamat runkomelualueet Vaaralan ja Kuussillan alueilla, paaluväli 16200 – 18600.

Fazerintien ja Länsimäentien varrella raitiovaunuliikenteen aiheuttamien runkomeluvyöhykkeiden arvioidaan sijoittuvan katualueille tai niiden välittömään läheisyyteen. Arvioinnin perusteella raitiotielinjauksen eteläpään osuudella (paaluväli 16900 – 19800) yksi asuinrakennus sijoittuu raitiovaunuliikenteen aiheuttamalle >35 dB runkomelualueelle (kuva 10).



Kuva 10. Raitiovaunuliikenteen aiheuttamat runkomelualueet Fazerintien ja Länsimäentien varrella, paaluväli 17800 – 19830.

5 Johtopäätökset ja suositukset jatkotoimenpiteiksi

- Raitiovaunun aiheuttama tärinä ei Vantaan ratikan raitiotielinjauksella ole arvioinnin mukaan merkittävä riski. Laskennallisesti tärinän voi tarkastella +15 metrin etäisyydelle raitiotiestä. Laskennan perusteella tärinä on alle asumismukavuuden ohje-arvon < 0,30 mm/s koko raitiotielinjauksella.
- Raitiovaunuliikenteen arvioidaan aiheuttavan katualueen ulkopuolella yli 30 dB runkomelutasoja Kuninkaalan, Hakunilan ja Vaaralan alueilla. Näillä alueilla noin 20 asuinrakennusta sijoittuu 45 dB runkomelualueelle ja noin 114 asuinrakennusta 35 – 40 dB runkomeluvyöhykkeelle.
- Vaaralassa sijaitsevan kirkon arvioidaan jäävän 45 dB runkomelualueelle. Muiden erityistä hiljaisuutta vaativien tilojen sijoittumista ei ole selvityksessä kartoitettu.
- Arvioinnin perusteella runkomelulta vaimennettavaa raitiotieosuutta (kaksi raidetta) on yhteensä noin 3950 metriä (taulukko 7). Ratarakenteeseen sijoitettavalla vaimennusmatolla runkomelutasot saadaan suositusten mukaiselle tasolle.

Taulukko 7. Runkomeluvaimennettavat raitioosuudet Vantaan raitiotien itäisellä puoliskolla.

	paalu		pituus
	alku	loppu	m
Kyytitie länsipää	12048	13750	1702
Kyytitien itäpää - Hakunilantie	14146	15615	1469
Hakunilantie eteläpää	16230	17010	780
Vaimennettavatosuudet yhteensä, m			3951

- Runkomeluarvioinnissa on otettu huomioon vaihteiden, jyrkkien kaarteiden ja pohjanvahvistustoimenpiteiden aiheuttamat vaikutukset runkomelun syntymiseen ja etenemiseen.
- Jatkosuunnittelussa runkomeluarviointia tulee tarkentaa määrittelemällä tarvittavien vaimennuksen suuruudet.

6 Lähteet

GTK maankamara palvelu. Saatavilla: <https://gtkdata.gtk.fi/maankamara/>

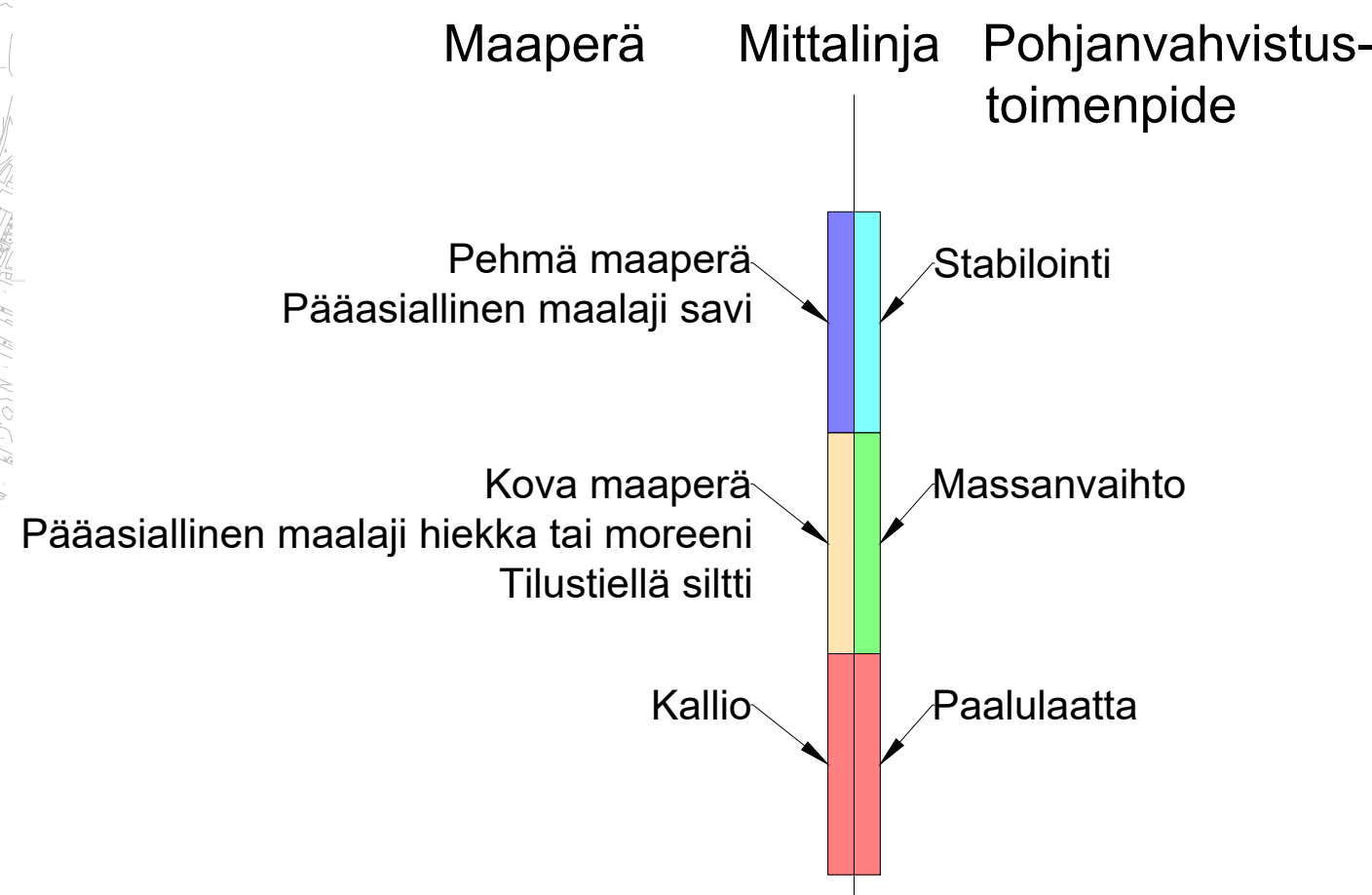
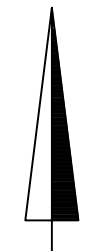
VTT, 2009, Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi, VTT Tiedotteita 2468, A. Talja, A. Saarinen. ISBN: 978-951-38-7270-0.

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

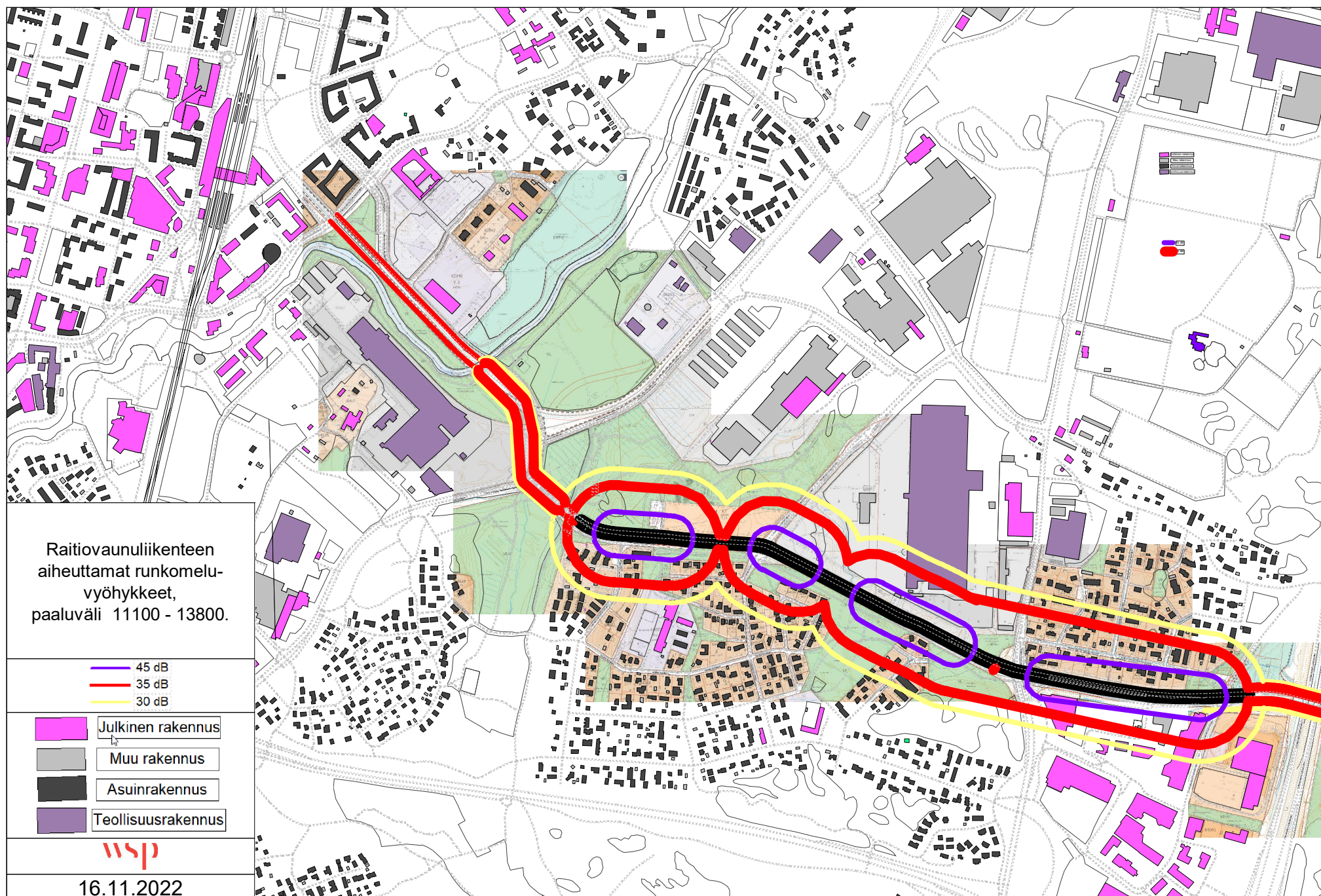
VTT, 2008, Rakennukseen siirtyvän liikennetärinän arviointi, VTT Tiedotteita 2425, A. Talja, A. Vepsä, J. Kurkela, M. Halonen. ISBN: 978-951-38-7097-0.

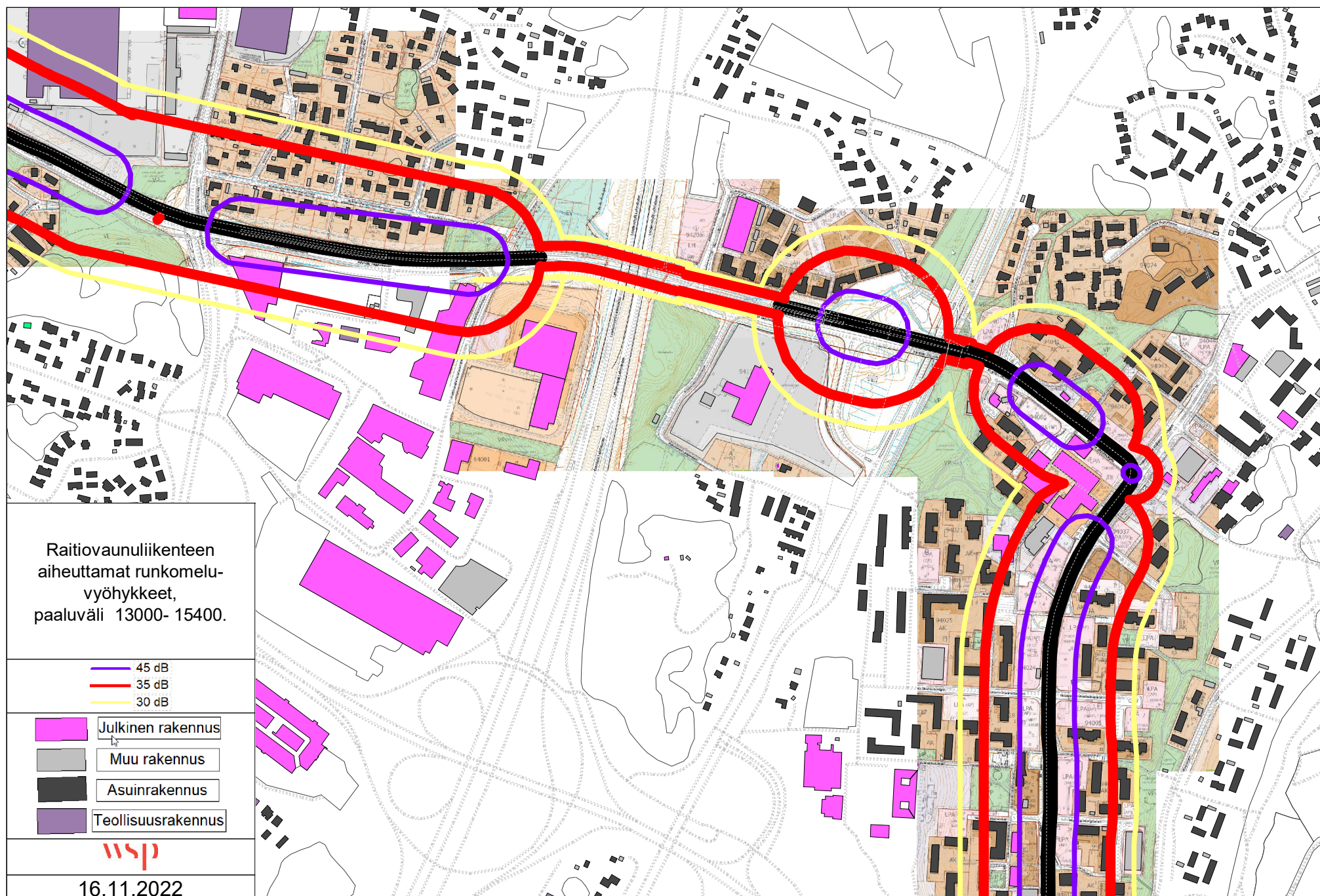
VTT, 2011, Ohjeita liikennetärinän arviointiin, VTT Tiedotteita 2569, A. Talja. ISBN:978-951-38-7685-2.

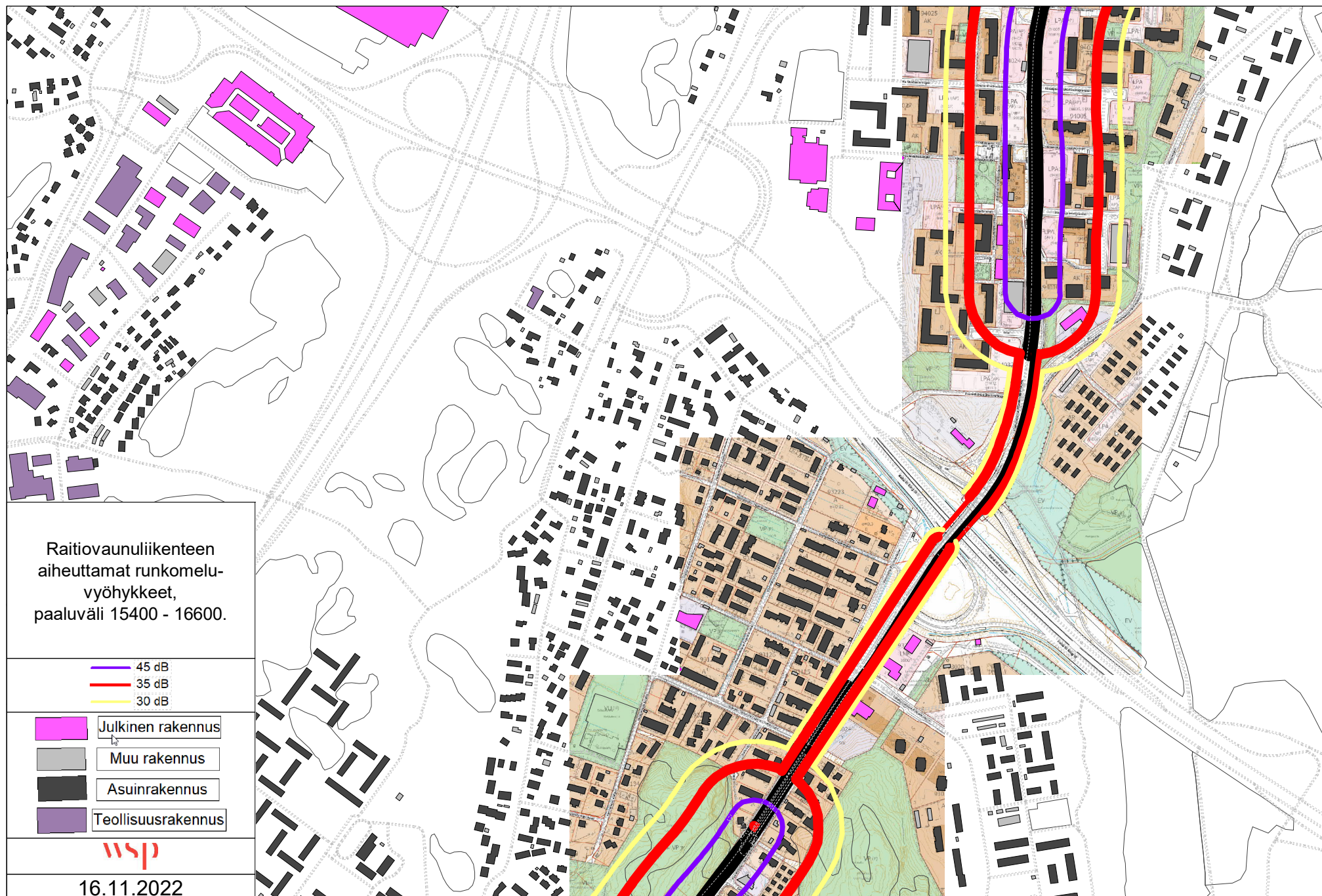
VTT, 2006, Suositus liikennetärinän arvioimiseksi maankäytön suunnittelussa. J. Törnqvist, A. Talja. VTT Working papers 50. ISBN 951-38-6602-5.

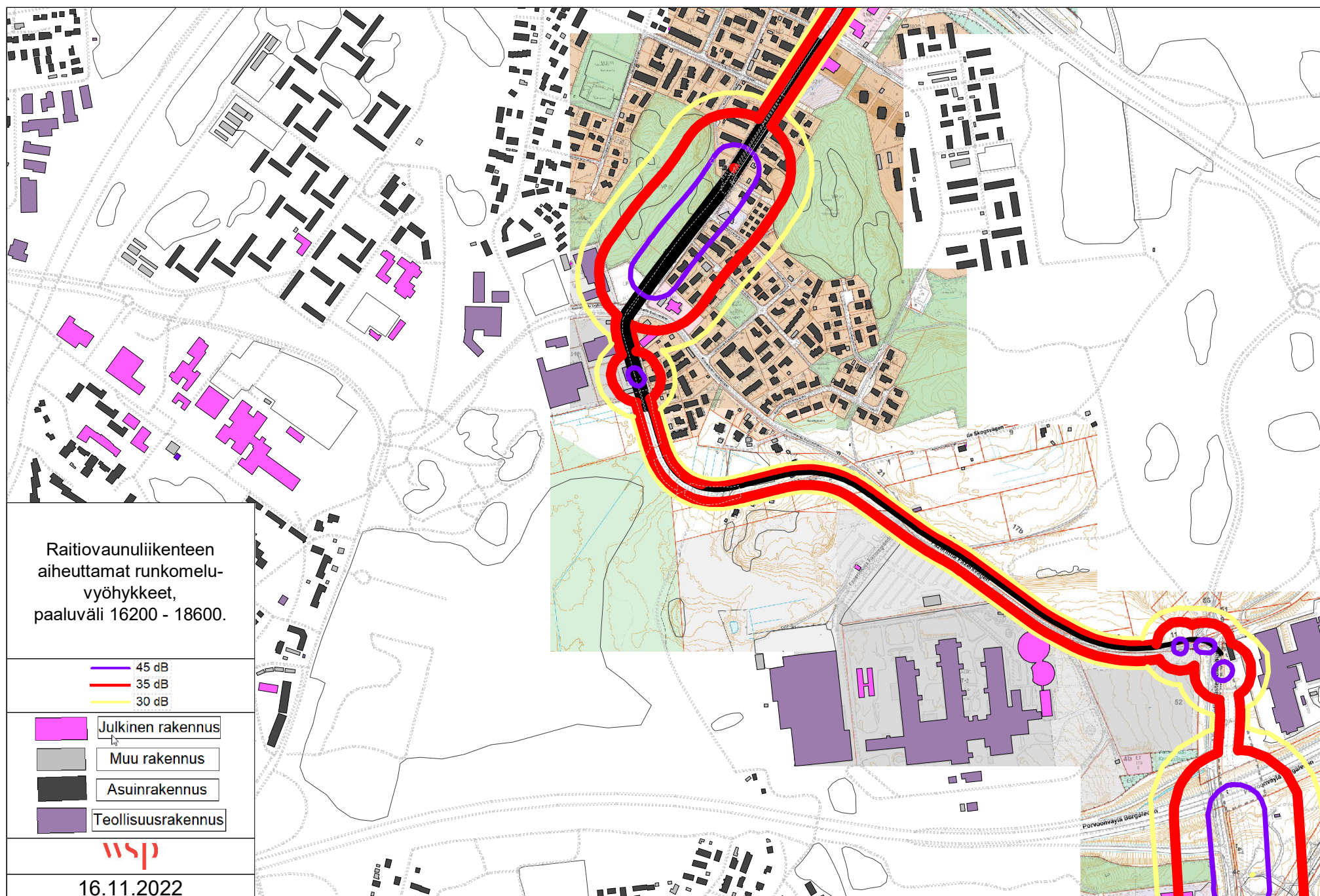


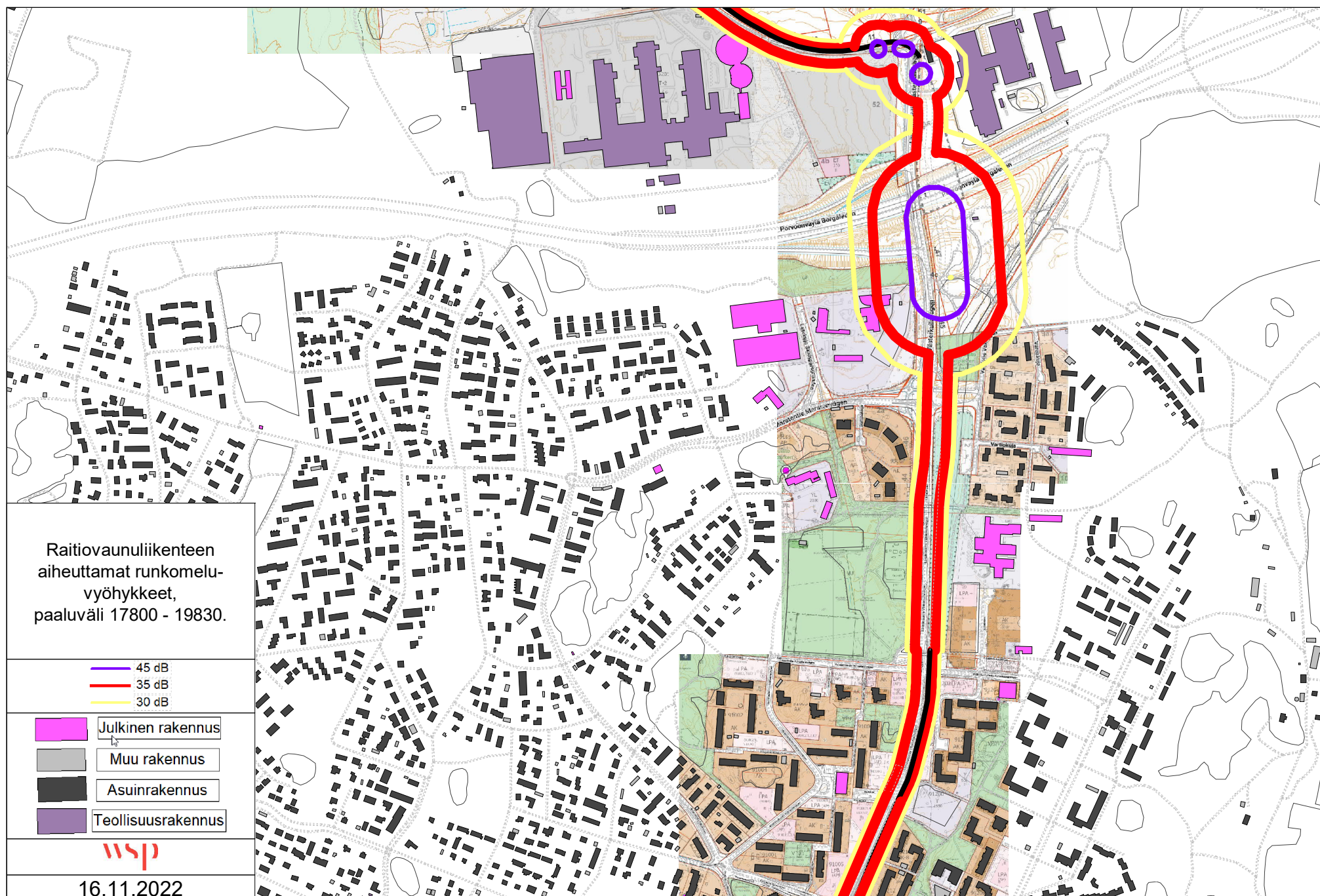
Kotite Vantaan raitiotie, ITÄ			Piirustuksen sisältö Maaperä ja pohjanvahvistukset tärinä- ja runkomuuteluvaikutusten tarpeisiin	Mittakaava 1:5000
Suorittanut A. Peltola	Tarkastaja	Päiväys 1.9.2021	Tasokoordinaatit / Korkeusjärjestelmä	
Työskäytä			Työnumero	Lehti
AFRY Finland Oy Puh: 010 2511 africa.salonen@afry.com		Siunaus	Piirustuksen nimi	Muutos



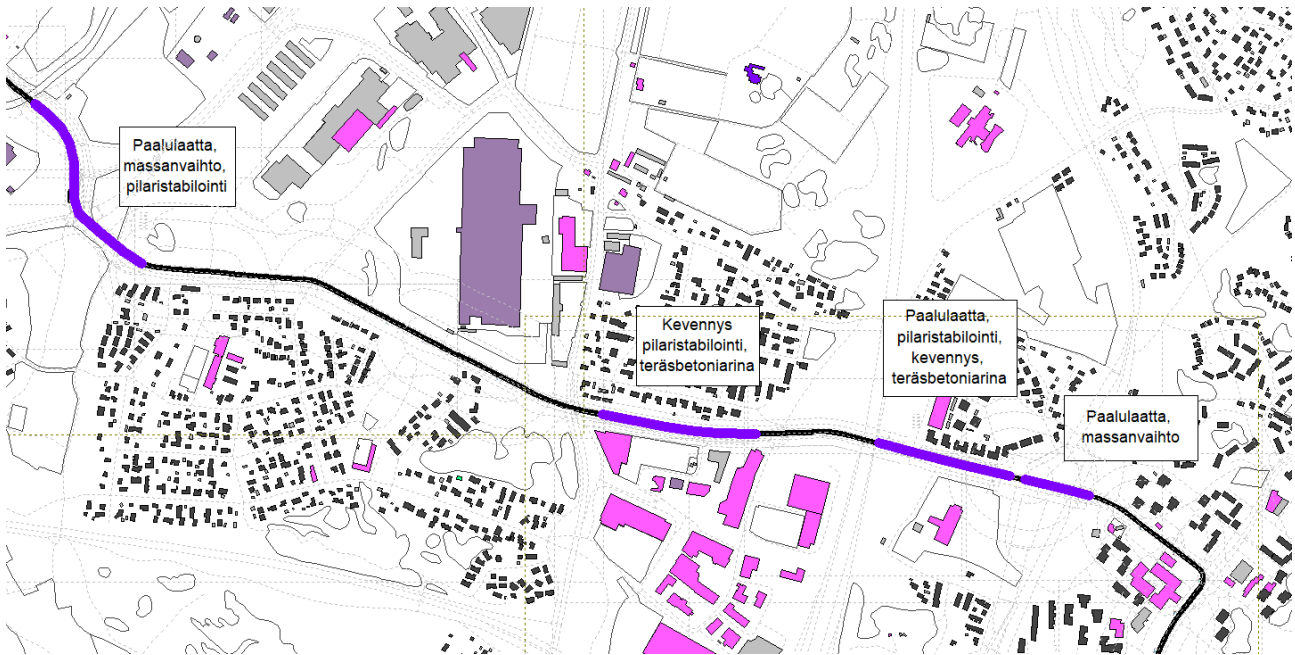




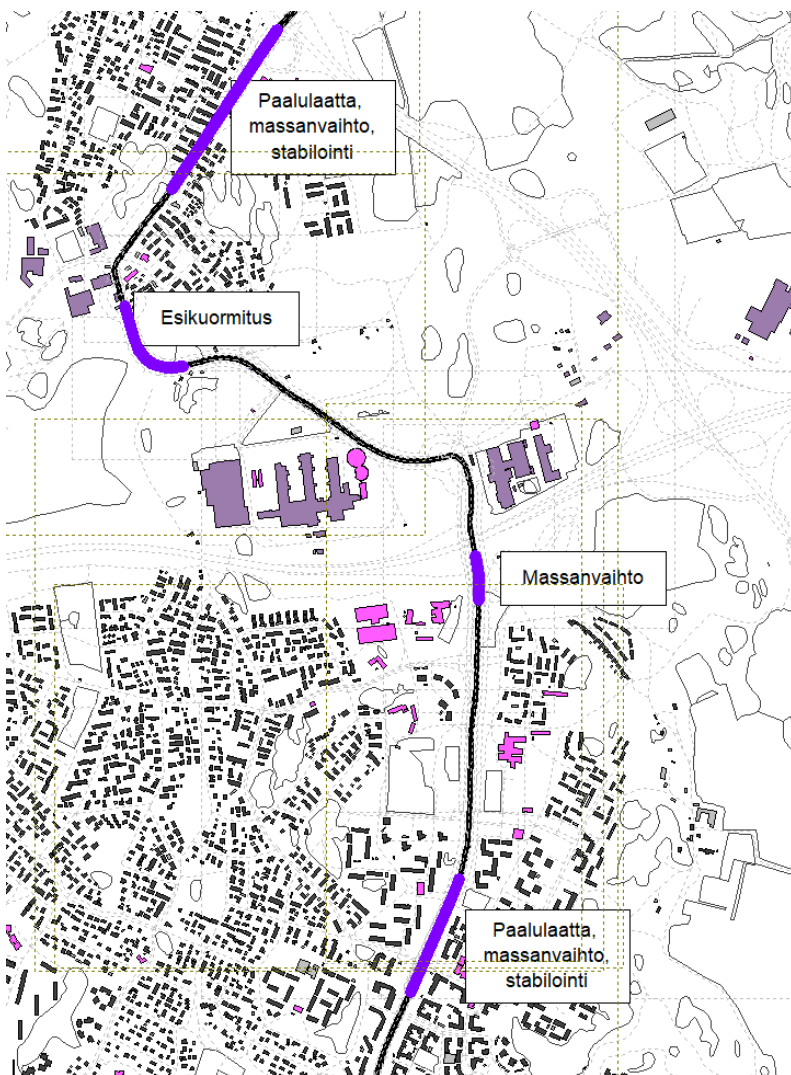




Liite 3. Pohjanvahvistukset raitiotielinjauksen itäisellä osuudella.



Kuva 1. Pohjanvahvistukset (sininen viiva) paaluvälillä 11100 – 14700.



Kuva 2. Pohjanvahvistukset (sininen viiva) paaluvälillä 14700 – 20300.