



## **Väylävirasto ja Naantalin kaupunki**

Naantalin liikennepaikan kehittäminen, RaS, tärinä- ja runkomelutarkastelu

Tilaaaja: Väylävirasto ja Naantalin kaupunki

Tekijä  
Antti Pelho  
Osasto  
Road and Rail engineer  
Puhelin  
+358 (0)50 5120 913  
E-mail  
antti.pelho@afry.com

pvm  
30/09/2024  
Toimipaikka  
Tampere

## Väylävirasto ja Naantalin kaupunki Naantalin liikennepaikan kehittäminen, RaS, tärinä- ja runkomelutarkastelu

28.11.2024 RevA: Paalulaatta poistettu kv:n laskun myötä plv 231+605..231+880.  
Lisätty ehdotus ponttiseinästä tärinäeristystoimenpiteeksi

9.12.2024 RevB: Nopeuskerroin muutettu Väyläviraston ehdottamaksi. Tärinäeristystä  
ei tarvita.

## Sisällys

1	Johdanto.....	1
2	Tärinä ja runkomelu.....	1
2.1	Tärinän suositusarvot .....	1
2.2	Runkomelu ja runkomelun suositusarvot.....	2
3	Lähtötiedot.....	3
3.1	Maaperä.....	3
3.2	Raideliikenne .....	4
3.3	Geotekniset suunnitteluratkaisut .....	4
4	Tärinän laskennallinen arvio .....	4
4.1	Laskentamallin epävarmuudet.....	5
4.2	Nykytilanne .....	6
4.3	Tuleva tilanne .....	7
5	Runkomelun laskennallinen arvio.....	7
5.1	Nykytilanne .....	7
5.2	Tuleva tilanne .....	8
5.3	Asemakaava Ak-353 .....	9
6	Lopputulokset .....	10
6.1	Tärinä.....	10
6.2	Runkomelu .....	11
6.3	Yhteenveto .....	11
7	Lähteet.....	11
8	Liitteet.....	12

## 1 Johdanto

Hankkeen tilaajan mukaisesti hankkeen tavoitteena on laatia ratasuunnitelma Naantalin liikennepaikan muutoksista siten, että liikennepaikalle voidaan tulevaisuudessa liikennöidä myös henkilöjunilla. Tavoitteena on suunnitella alueelle uusi henkilöjunaliikenteen laiturin, tarvittavat raiteistomuutokset sekä radan sähköistys ja turvalaitejärjestelmät. Tavoitteena on myös suunnitella tarvittavat muutokset tavarajunien säilytysraiteiden uudelleen järjestelyille Naantalin liikennepaikan alueella sisältäen veturien ympäriajomahdollisuuden. Tavoitteena on teknisesti, liikenteellisesti, ympäristöllisesti ja taloudellisesti toteuttamiskelpoinen ja hyväksyttävä ratkaisu.

Tärinä- ja runkomeluselvitys sisältää laskennallisen tarkastelun raideliikenteestä aiheutuvan tärinän ja runkomelun tasosta AFRY:n suunnittelualueella. Tasojen perusteella voidaan havaita alueet, joilla tärinän tai runkomelun ohjearvot laskennallisesti ylittyvät. Selvityksen lähtötietoina käytetään alueen aikaisempia tärinä- ja runkomeluselvityksiä, GTK:n maaperäkarttaa, alueelta tehtyjä pohjatutkimuksia, nykyistä rakennuskantaa, asemakaavaluonnoksia, uusia raiteistolinjauksia sekä nykyisen rautatieliikenteen kalusto- ja kulkutietoja.

Työn on tilannut Väylävirasto. Selvityksen on tehnyt AFRY Finland Oy, vastuuhenkilö DI Antti Pelho ja tarkastajana DI Tapio Lukkari.

## 2 Tärinä ja runkomelu

### 2.1 Tärinän suositusarvot

Rautatieliikenne aiheuttaa ympäristöönsä matala- sekä korkeataajuista värähtelyä, joka välittyy maa- ja kallioperää pitkin rakennuksiin. Matalataajuinen värähtely aiheutuu yleensä akselien ja telien aiheuttamasta pystysuuntaisesta liikkeestä radassa ja sen alla pohjamaassa, josta liike välittyy maaperää pitkin rataympäristöön. Telien aiheuttama tärinä on matalataajuista ja riippuu junan nopeudesta, dimensioista ja jousittamattomasta massasta. Matalataajuinen tärinä välittyy parhaiten pehmeiköillä.

Rautatieliikenne aiheuttaa myös korkeampitaajuista värähtelyä kisko-pyöräkontaktin sekä kalustosta aiheutuvan värähtelyn kautta. Korkeataajuinen tärinä välittyy parhaiten kovassa maaperässä ja kalliiossa, kun taas pehmeiköllä se vaimenee nopeasti.

Muita tärinää aiheuttavia tekijöitä ovat kaluston ja radan huono kunto, kuten lovipyörät sekä epäjatkuvuudet, kuten kiskoajokset. Nämä aiheuttavat tilanteesta riippuen matala- ja korkeataajuista värähtelyä.

Tärinälle on laadittu asumisviihtyvyyden suositusarvot, jotka perustuvat ihmisten kokemaan tärinähaittaan. Nämä suositusarvot on esitetty vuoden 2008 VTT:n tiedotteessa "Rakennukseen siirtyvän liikennetärinän arviointi" [1]. Värähtelyluokitus on ohjeellinen ja perustuu laskennalliseen värähtelyn tunnuslukuun  $v_{w,95}$ . Tunnusluku lasketaan yksittäisten liikennetapahtumien suurimpien 15 värähtelyn tehollisarvojen keskiarvoon ja hajontaan perustuen. Tehollisarvo ottaa huomioon tärinän taajuuspainotuksen. Tunnusluku voidaan määrittää tarkasti vain pitkäaikaisilla mittauksilla, mutta se voidaan arvioida laskennallisesti. Värähtelyluokitus on esitetty taulukossa 1.



Taulukko 1. Suositus värähtelyluokituksesta rakennuksessa. [1]

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

Asumiskäyttöön tulevien rakennusten värähtelyluokan tulisi olla C tai parempi. Toimisto- tai teollisuusrakennusten kaavoituksessa yleensä käytetään värähtelyluokkaa D. Tarkemmat raja-arvot määritetään kaavamääräyksissä rakennusten käyttötarkoitusten mukaan. Ympäristöministeriön ohje rakennuksen ääniympäristöstä vuodelta 2018 ehdottaa C-luokan raja-arvoa asuinkäyttöön tuleville rakennuksille.

Taulukossa esitetyt suositukset perustuvat asumismukavuuteen. Rakennuksien vaurioitumisen ohjearvot ovat asumismukavuutta huomattavasti suuremmat ja rakennuksien vaurioitumisriskin tarkastelussa käytetään värähtelyn huippuarvoa ( $v_{max}$ ). Pehmeälle savelle perustetuissa rakennuksissa vaurioitumisen ohjearvo on 3 mm/s, siltille ja löyhälle hiekalle perustetuissa rakennuksissa 4,2 mm/s, tiiviille hiekalle tai moreenille perustetuissa 6,0 mm/s ja kiinteällä kalliolla perustetuissa 7,2 mm/s. [2] Lisäksi värähtelyn taajuusalueet ja resonanssi täytyy huomioida rakenteiden valinnassa, kun värähtelyn huippuarvo ylittää pehmeillä mailla 1,0 mm/s ja kovilla mailla 2,0 mm/s. [2] Kun asumismukavuuden suositukset täyttyvät, tärinä on merkittävästi pienempää kuin rakennusten vaurioitumiselle altistava tärinä.

Naantalın liikennepaikan ympäristön rakennuksille sekä uusille kaava-alueille radan vieressä ehdotetaan värähtelyluokaksi luokkaa C, koska rata uusitaan alueella kauttaaltaan.

## 2.2 Runkomelu ja runkomelun suositusarvot

Maaperästä rakennuksen perustuksiin ja siitä runkorakenteisiin välittyvä tärinä voi aiheuttaa äänen säteilyä huonetilan pinnoista. Tätä ilmiötä kutsutaan runkomeluksi tai runkoääneksi. Runkoääni kuuluu ihmiselle matalataajuisena kumuna. Asuinrakennuksissa runkoääni voi riittävän voimakkaana ja toistuvana jyllinä häiritä asumista ja etenkin yöunta. Se voi olla normaalissakin tilanteessakin häiritsevää, jos esimerkiksi liikenteen tai sisätilojen taustamelu ei peitä sen vaikutusta. Runkomelu voi olla erityisen häiritsevää konsertti- ja juhlasaleissa tai muissa erityistä hiljaisuutta vaativissa kohteissa. Runkomelun häiritsevyys riippuu äänitasosta, häiriön toiston määrästä, melun taajuussisällöstä sekä tarkasteltavan tilan taustamelutasosta.

Suomessa ei ole annettu virallisia raja-arvoja maa- ja tunneliliikenteen aiheuttamalle runkomelulle. Ympäristöministeriön ohje rakennuksen ääniympäristöstä vuodelta 2018 toteaa, että runkomelun vaatimus rakennuksissa on < 30 dB, kun rata on tunnelissa ja < 35 dB, kun kyseessä on avorata. [3] Ohjetta noudattamalla toteutetaan ympäristöministeriön asetus rakennuksen ääniympäristöstä (796/2017). [4][5]

Suomessa tehdyissä runkomeluselvityksissä ohjearvona asuinrakennuksille avoradoilla on tyypillisesti käytetty arvoa  $L_{pASmax} \leq 35$  dB. Taulukossa 2 on esitetty vuoden 2008 VTT:n tiedotteessa "Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi" julkaistut suositukset Suomessa käytettävistä runkomelutasojen ohjearvoista. Ohjearvosuosittelujen tavoitteena on ollut häiriövaikutusten rajoittaminen. Arvot täyttävät valtioneuvoston sekä sosiaali- ja terveysministeriön ehdottamat suurimmat sallitut äänitasot asunnossa.

Taulukko 2. Suositus runkomelutasojen ohjearvoiksi. Yläindeksi 2 viittaa avoratoihin. [6]

Rakennustyyppi	Runkomelutaso $L_{p_{rm}}$ [dB]
Radio-, tv- ja äänitysstudiot, konserttitalit	25–30
Asuinhuoneistot	30/35 <sup>2</sup>
Hoito- ja sosiaalihuollon laitokset, majoitustilat <ul style="list-style-type: none"> <li>potilashuoneet, majoitustilat</li> <li>päiväkodit, lasten ja henkilökunnan oleskeluun tarkoitetut huoneet</li> </ul>	30/35 <sup>2</sup>
Kokoontumis- ja opetustilat <ul style="list-style-type: none"> <li>luokkahuoneet, luentosalit, kirkot ja muut huonetilat, joissa edellytetään yleisön saavan hyvin puheesta selvän ilman äänentoistolaitteiden käyttöä</li> <li>muut kokoontumistilat kuten teatterit ja kirjastot</li> </ul>	35
Toimistot, kaupat, näyttelytilat, museot	40/45 <sup>2</sup>

Naantalien liikennepaikan ympäristön asuin- ja loma-asumuksille suositellaan käytettäväksi ohjearvoa 35 dB. Toimistoille, kaupoille ja muille liikerakennuksille käytetään ohjearvoa 45 dB.

## 3 Lähtötiedot

Lähtötietoina tärinän- ja runkomelun riskialueiden selvityksessä käytetään alueen aikaisempia tärinä- ja runkomeluselvityksiä, GTK:n maaperäkarttaa, alueelta tehtyjä pohjatutkimuksia, nykyistä rakennuskantaa (maanmittauslaitoksen maastotietokanta), vireillä olevia asemakaavoja, uusia raiteistolinjauksia sekä nykyisen rautatieliikenteen kalusto- ja kulkutietoja.

### 3.1 Maaperä

Maaperän alueella voi jakaa karkeasti kahteen alueeseen. Toisella alueella maaperä alueella on suurimmaksi osaksi pehmeää savea. Viluluodon asuinalueen kohdalla maaperä on maaperäkartan [7] mukaan liejuista savea. Lähempänä Maijamäkeä asuinalueen maaperä muuttuu normaaliiksi saveksi. Rata-alueelta tehtyjen kairauksien perusteella savikerros on samanlainen koko Viluluodon alueella.

Maijamäen kohdalla rata tullaan perustamaan kalliolle. Maijamäen lounaspuolella Presidentinkadun päässä olevan niityn kohdalla maaperä on taas pehmeämpää ja kallionpinta sukeltaa syvemmälle. Tärinä välittyy tällä alueella maaperää pitkin. Presidentinkadun eteläpuolen viimeisten talojen vieressä on pieni kallionpypylä, jonka

kohdalla myös rata on perustettu kalliolle. Kallioalueet voi erottaa liitteenä olevista riskialuekartoista alueina, joissa runkomelu välittyy huomattavasti pidemmälle.

### 3.2 Raideliikenne

Rautatien verkkoselostuksen mukaan alueella nopeusrajoitus kaikilla junatyypeillä on 20 km/h. [8] Tämä arvo on päivitetty vastaamaan voimassa olevaa ja tulevaa nopeusrajoitusta ja eroaa "Raisio-Naantali tasoristeykset, perusparantaminen ja sähköistys, ratasuunnitelma; Raisio ja Naantali" selvityksen arvosta 35 km/h. Suurin sallittu akselipaino rataosalla on 225 kN.

Raisio-Naantali perusparannuksen myötä rataosan kunto paranee. Perusparannuksella tavoitellaan tavara- sekä henkilöliikenteen kasvua. Akselipainorajoitusta ei muuteta perusparannuksen yhteydessä. Junan kokonaisuutena laskennassa on käytetty junaliikenteen toteumatietojen massajakauman 95. persentiiliä, joka on 960 t. Tavarajunien massajakauman oletetaan olevan sama nyky- ja ennustetilanteessa. Henkilöjunaliikenteen junat ovat kokonaisuutensa tältä pienempiä.

### 3.3 Geotekniset suunnitteluratkaisut

Pehmeällä maaperällä geotekniset suunnitteluratkaisut kuten tukiseinät, paalulaatat ja stabiloinnit vaikuttavat tärinän välittymiseen radasta ympäristöön. Viluluodon alueelle on suunniteltu paalulaatta kmv 213+080...213+310

Paalulaatan alueella rataympäristöön välittyvä tärinä on pienempää kuin alueella ilman paalulaattaa. Väyläviraston julkaisun "Paalulaatta tärinän torjunnassa – Vaimennus- ja alusrakenteena" perusteella paalulaatta vaimentaa tärinää noin 60...90 % [10]

## 4 Tärinän laskennallinen arvio

Tärinän laskennallinen arvio on tehty VTT:n ohjeen "Liikennetärinä: Alueiden tärinäkartoitus ja rakenteiden vaurioitumisalttius" tarkastelutason 1 mukaisesti. Tarkastelutasossa 1 tärinä voidaan arvioida laskennallisella mallilla, joka ottaa huomioon junan kokonaisuutensa, junan nopeuden sekä radan ja kaluston laadun. Laskennalliseen tulokseen vaikuttaa myös paljon maaperän ominaisuudet.

Pystysuora heilahdusnopeuden maksimin odotusarvo lasketaan maanvaraisesti perustetulle radalle perusyhtälöstä:

$$v_{z,max} = v_{z,15} * k_D * k_S * k_G * k_R * F \quad [9]$$

missä,

- $v_{z,max}$  on laskennallinen tärinän pystyheilahdusnopeus maan pinnalla halutussa tarkastelupisteessä
- $v_{z,15}$  pystysuora vertailuheilahdusnopeus maassa etäisyydellä  $D=15$  m raiteen keskilinjasta
- $k_D$  etäisyyskerroin
- $k_S$  junan nopeudesta riippuva kerroin
- $k_G$  junan kokonaisuutensa riippuva kerroin
- $k_R$  radan kunnosta riippuva kerroin

Lasketusta huippuarvosta arvioidaan tärinän tehollisarvo kertoimella

$$k_p = 0,55 \sqrt{1 + \left(\frac{f_{ref}}{f_0}\right)^2}, \text{ missä } f_{ref}=3,5 \text{ Hz ja } f_0 \text{ on maaperän ominaistajuus. [1]}$$

Alueen normaalin koheesiomaan ominaistajuudeksi on oletettu 5 Hz. Mikä vastaa melko hyvin koko alueen savialueiden ominaistajuutta. Savikerroksen ominaistajuus riippuu savikerroksen ominaisuuksista ja paksuudesta.

Maaperästä rakenteisiin siirtyminen on otettu huomioon voimistumiskertoimessa kaavalla [1]

$$k_{per} = -\frac{\log_{10}\left(\frac{f_a}{80}\right)}{\log_{10}(8)}, 0 \leq k_{per} \leq 1$$

Koska mitoittavan junan kokonaismassana on käytetty toteumatietojen massajakauman 95. persenttiä on tulos verrattavissa värähtelyn tunnuslukuun  $v_{w95}$ . Radalla kulkevista junista 95% on kevyempiä kuin mitoittava juna.

## 4.1 Laskentamallin epävarmuudet

Laskentamallia käytettäessä on syytä hahmottaa mallin epävarmuudet. Laskentamallin tulokset ovat parhaita mahdollisia arvioita rataliikenteen aiheuttamasta tärinästä tai runkomelusta kyseisellä alueella saatavissa olevilla lähtötiedoilla.

Laskentamalli perustuu vahvasti maaperän ominaisuuksiin. Maaperässä välittyvä tärinä vaimenee etäisyyden funktiona riippuen maaperän ominaisuuksista. Maaperä voi pahimmissa tapauksissa jopa vahvistaa siinä kulkeutuvaa tärinää tilanteessa, jossa tärinän taajuus ja maaperän ominaistajuus ovat hyvin lähellä toisiaan. Maaperä tiedetään Naantalin liikennepaikan rata-alueelta melko tarkasti, mutta alueen ympäristön asuinalueiden maaperätieto on epävarmempi.

Naantalin liikennepaikalla ei suunnittelun aikana kulje junia, joiden perusteella maaperän värähtelyä 15 m etäisyydellä radasta olisi voinut mitata, ja siten tarkentaa laskentamallin tuloksia. Laskentamallissa 15 metrin etäisyydellä radasta värähtelyn pystykomponentin arvoksi on oletettu konservatiivisesti taulukkoarvon suurin arvo alueella vallitsevalle normaalille koheesiomaalle.

Laskentamalli yksinkertaistaa radan kunnan yksittäisellä kertoimella, jossa vanhan radan kuntokerroin on tässä tapauksessa 1,0 ja uuden radan 0,7. Yksinkertaistuksen mukaan uuden radan tärinä on suoraan 30 % pienempi kuin vanhan.

Junaliikenteen nopeus vaikuttaa suuresti laskennalliseen arvoon. Naantalin liikennepaikalla suurin sallittu nopeus on 20 km/h. Laskennallinen kerroin ei kuitenkaan osaa huomioida referenssinopeutta 70 km/h pienempiä arvoja ja pitää kaikkia nopeuksia alle 70 km/h saman arvoisina ja yhtä paljon tärinää aiheuttavina.

Tässä laskennassa tulevan tilanteen nopeuskertoimena on käytetty Väyläviraston ehdotuksesta ja Väyläviraston projektipäällikön hyväksymänä arvoa 0,5, joka perustuu Nakkilassa ja Ulvilassa tehtyihin mittauksiin nopeuden vaikutuksesta raskaan junaliikenteen aiheuttamaan tärinään. Nopeuden lasku 30 km/h vaikutti tärinään noin -50 %, kun vertailunopeutena olivat 70 km/h ja 40 km/h. Laskentaohjeiden mukaan nopeudella 70 km/h ja sen alla kertoimen arvo on 1,0. Nykyisen tilanteen nopeuskertoimena on käytetty 0,75 kuten edellisen vaiheen tärinäselvityksessä.



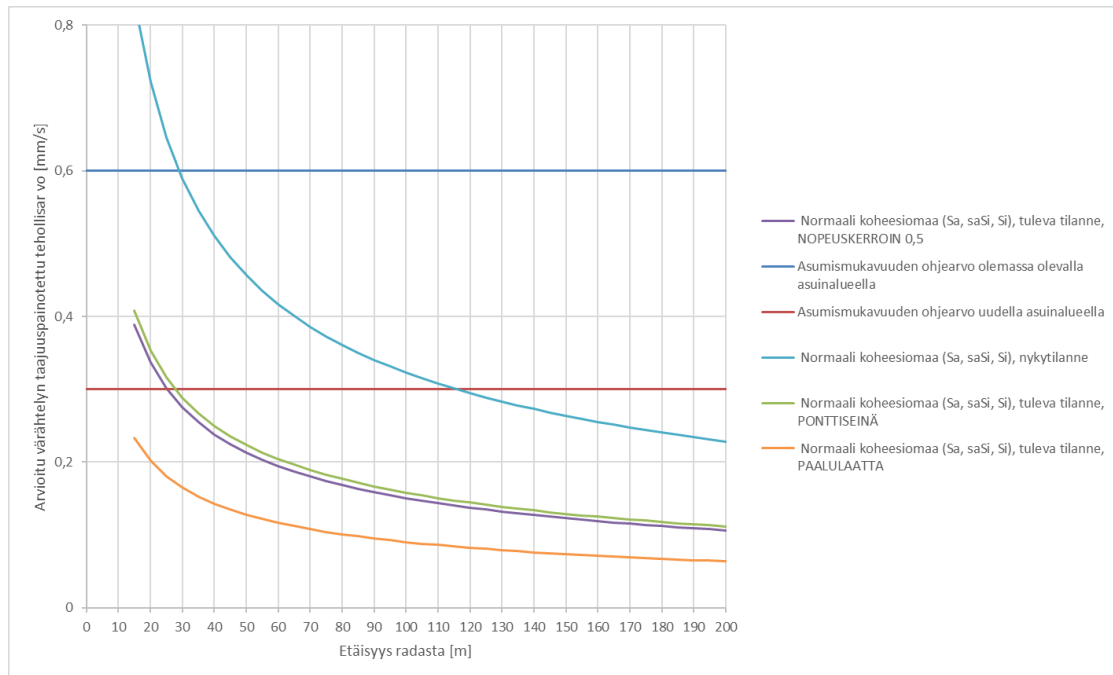
## 4.2 Nykytilanne

Tällä hetkellä Naantalin liikennepaikan raiteet ovat sähköistämättömiä. Raiteilla voi ajaa vain veturilla, jossa on oma energiantuotanto (kuten dieselmoottori).

Laskennallisessa arvioinnissa junaliikenteenä käytetään raskasta tavarajunaa, joka kulkee rajoitusten mukaan 20 km/h. Tämä on kohteen määrittävin juna tärinän voimakkuuden kannalta. Laskentaan tehtiin seuraavat oletukset:

- Maalajit
  - Savi,  $v_{z15}=1,2$  mm/s; etäisysexponentti 0,5
- Nopeus 20 km/h. Nopeuskerroin 0,5 tuleva tilanne, 0,75 nykyinen tilanne.
- Junan kokonaismassa 960 t
- Uusi moniraiteinen rata, kuntokerroin  $k_r=0,7$
- vanha moniraiteinen rata, kuntokerroin  $k_r=1,0$
- Voimistumiskerroin rakenteisiin  $k=1,33$
- Muunnos huippuarvosta tehollisarvoon  $k=0,67$
- Varmuuskerroin  $F=2$

Kuvassa 2 esitetään rataympäristöön välittyvän tärinän arvio. Rakennukset 30-110 m etäisyydellä radasta kuuluvat värähtelyluokkaan D. Yli 110 m metrin päässä radasta olevat rakennukset ovat värähtelyluokassa C tai paremmassa. Tärinä ei ole rakennuksille tai rakenteille vaarallista junan ajaessa nopeusrajoituksen mukaisesti.



Kuva 1. Normaali koheesiomaalla rakennukseen välittyvän tärinän arvioitu tehollisarvo.

Normaalia koheesiomaata kovemalla maaperällä tai kalliolla leviävän tärinän voimakkuus on pienempi. Riskiä häiritsevän tärinän kulkeutumiselle kitkamaissa tai kalliolla ei ole.

### 4.3 Tuleva tilanne

Tulevassa tilanteessa liikennepaikka on perusparannettu. Laskennallisesti tämä tarkoittaa kuntokertoimen pienemistä. Parempikuntoiselta radalta välittyvä tärinä on laskennallisesti pienempää.

Normaalilla koheesiomaalla rakennukset 15-55 m etäisyydellä radasta sijoittuvat värähtelyluokan D alueelle. Rakennukset, jotka ovat kauempana kuin 55 m sijoittuvat värähtelyluokan C tai paremman värähtelyluokan alueelle.

Rata perustetaan geoteknisistä syistä paalulaatalle kmv 213+080...213+310. Tällä alueella lähimmät asuinrakennukset ovat ilman paalulaatan vaimentavaa vaikutusta värähtelyluokassa D. Tässä raportissa paalulaatan vaimennuksen oletetaan olevan 60%. [10] Tällöin yli 0,3 mm/s tunnusluku ylitetään laskennallisesti alle 15 metrin etäisyydellä radasta. Rakennukset yli 15 metrin etäisyydellä radan keskilinjasta kuuluvat värähtelyluokkaan C tai parempaan.

Kmv 213+605...213+880 on rakennuksia, jotka kuuluvat ilman toimenpiteitä värähtelyluokkaan D, kun nopeuskertoimena käytetään aikaisemman vaiheen tärinäraportissa käytettyä nopeuskerrointa 0,75. Nopeuskertoimella 0,5 rakennukset kuuluvat värähtelyluokkaan C.

Ponttiseinän ja nopeuskertoimen 0,75 yhteisvaikutus ajaisi saman asian, kun nopeuskerroin 0,5. Ponttiseinä vaimentaa tärinää VTT:n tutkimuksen mukaan noin 30 % 30 metrin etäisyydellä radasta. [11]

Henkilöliikennejunat kuten IC ja Pendolino junat ovat laskennassa käytettyä junaa kevyempiä, jolloin laskennallinen tärinä on näillä junilla pienempi.

## 5 Runkomelun laskennallinen arvio

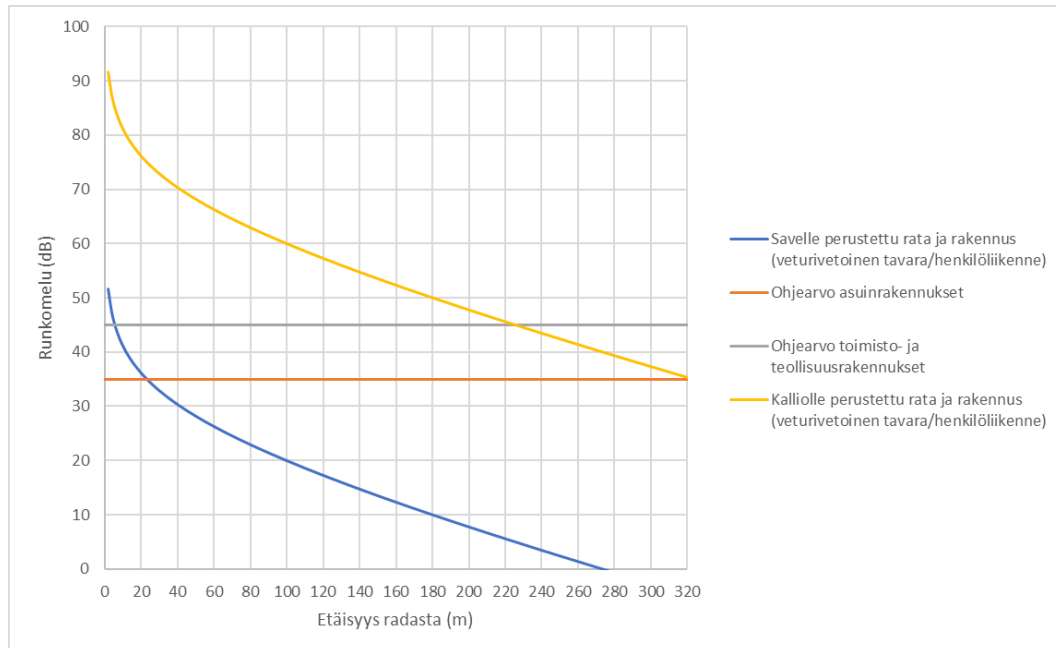
### 5.1 Nykytilanne

Runkomelun arviointi on tehty vuoden 2008 VTT:n tiedotteen 2468 "Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi" mukaisesti arviointitasolla 2. Runkomelun laskennallisina korjauskertoimina on käytetty seuraavia ominaisuuksia:

- nopeuskorjaus 20 km/h
- veturivetoinen juna +11 dB (tavaraliikenne)
- kuluneet pyörät tai lovipyörät +10 dB (tavaraliikenne)
- kulunut rata +10 dB (tavaraliikenne)
- ei tärinäeristystä 0 dB
- Rakennuksen tyyppi:
  - perustus kalliolle: 0 dB
  - Puutalo 1-2 krs: -5 dB
- rakenneosien resonanssi +6 dB
- muunto äänenpainetasoksi -28 dB
- varmuusmarginaali +6 dB
- A-painotus
  - pehmeät savi- ja silttimaat: -50 dB
  - kallio: -20 dB

Laskennassa on huomioitu tavarajunien ja radan mahdollinen huono kunto. Rakennuksena käytetty 1-2 kerroksista puutaloa. Kerrostalon vaikuttaa runkomeluun vähentävästi verrattuna puutaloon.

Laskennalliset runkomelutasot savimaalle ja kalliolle perustetulla radalla on esitetty kuvassa 2. Runkomelun arvioinnissa ohjearvona on käytetty asuinrakennuksien suositusarvoa 35 dB.



Kuva 2. Runkomelun nykytilanteen laskennallinen arviointi

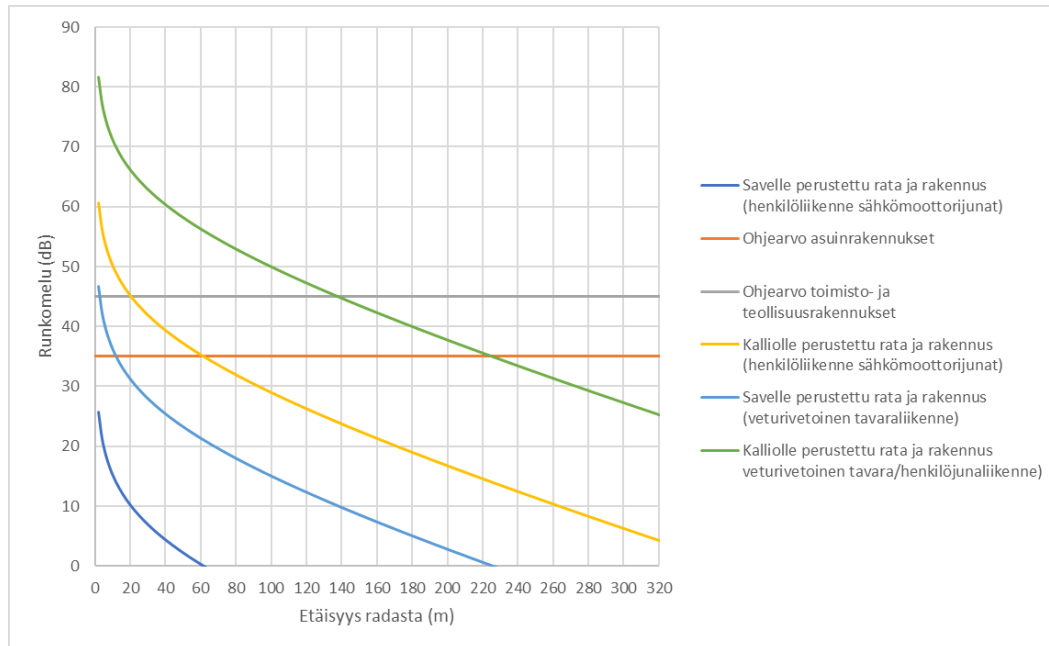
## 5.2 Tuleva tilanne

Runkomelun arviointi on tehty vuoden 2008 VTT:n tiedotteen 2468 "Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi" mukaisesti arviointitasolla 2. Runkomelun laskennallisina korjauskertoimina on käytetty seuraavia ominaisuuksia:

- nopeuskorjaus 20 km/h
- sähkömoottorijuna 0 dB (henkilöliikenne)
- veturivetoinen juna +11 dB (tavara- ja henkilöliikenne)
- normaali jousitus 0 dB (henkilöliikenne)
- kuluneet pyörät tai lovipyörät +10 dB (tavaraliikenne)
- hyväkuntoinen rata 0 dB (molemmat liikennetyypit)
- ei tärinäeristystä 0 dB
- Rakennuksen tyyppi:
  - perustus kalliolle: 0 dB
  - Puutalo 1-2 krs: -5 dB
- rakenneosien resonanssi +6 dB
- muunto äänenpainetasoksi -28 dB
- varmuusmarginaali +6 dB
- A-painotus
  - pehmeät savi- ja silttimaat: -50 dB
  - kallio: -20 dB

Laskennassa on huomioitu tavarajunien ja radan mahdollinen huono kunto. Rakennuksena käytetty 1-2 kerroksista puutaloa. Kerrostalon vaikuttaa runkomeluun vähentävästi verrattuna puutaloon.

Laskennalliset runkomelutasot savimaalle ja kalliolle perustetulla radalla on esitetty kuvassa 3. Runkomelun arvioinnissa ohjearvona on käytetty asuinrakennuksien suositusarvoa 35 dB.



Kuva 3. Runkomelun tulevan tilanteen laskennallinen arviointi.

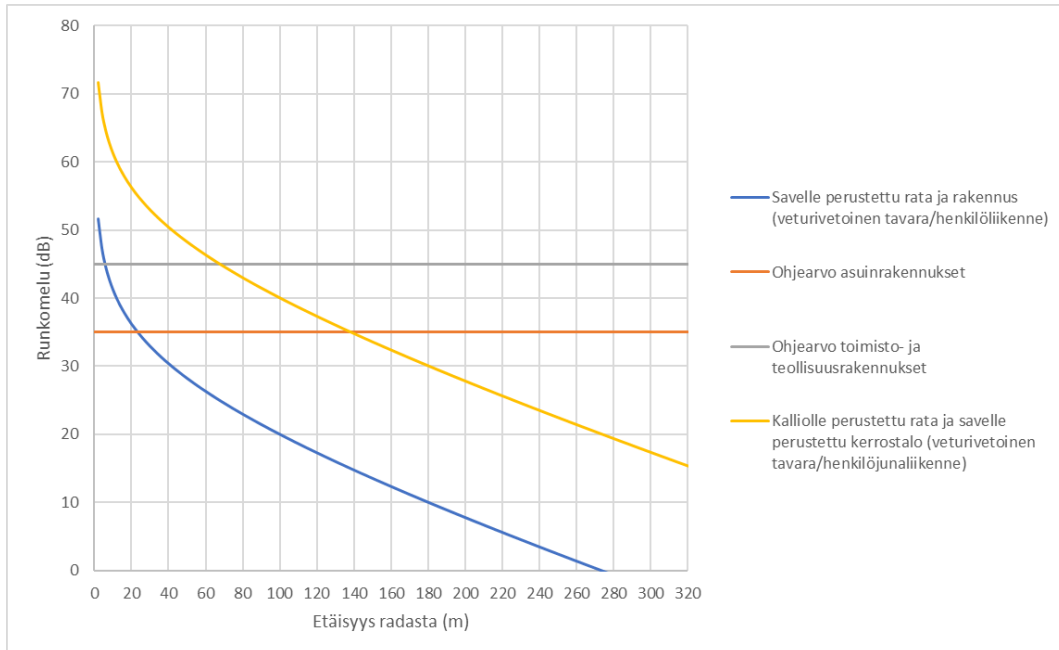
### 5.3 Asemakaava Ak-353

Tulevassa Naantalın asemaseudun asemakaavaluonnoksessa (Ak-353) radan varrelle esitetään uutta asuinalueita. Asuinalue tulee sijaitsemaan pääosin savimaalla. Kuitenkin lähes koko asuinalueen matkalta rata on perustettu kalliolle ja myös osa kaavassa esitetyistä asuinalueista tulee sijaitsemaan kalliolla. Tärinän arvioiminen alueelta on haastavaa, koska rata on perustettu kauttaaltaan kalliolle ja tulevat rakennukset oletettavasti perustetaan merkittävän paksulle savimaalle.

Kaava alueen rakennettavuusselvityksen yhteydessä suositellaan tehtävän uudet tärinälaskelmat, kun alueen pohja tunnetaan paremmin.

Ehdotetaan, että kuormausraiteelle ei tehdä tässä vaiheessa tärinänvaimennustoimenpiteitä. Tärinää voidaan mitata rakennussuunnitelmavaiheessa ja asemakaavan valmisteluvaiheessa, jos se nähdään tarkoituksen mukaiseksi, mikä tarkentaa arviota tärinän leviämisestä tulevalle asemakaava-alueelle.

Runkomelu kaavan alueella on myös haastava todeta laskelmin. Alueelle tarvittaisiin 20 dB runkomelueristys, jos oletetaan uuden hyväkuntoisen kuormausraiteen liikenteen olevan huonokuntoista veturivetoista tavaraliikennettä, jonka nopeus on 20 km/h ja savelle perustettujen kerrostalorakennusten olevan 20 metrin etäisyydellä kuormausraiteesta. Runkomelun oletetaan kulkeutuvan kalliota pitkin.



Kuva 4. Runkomelu asemakaavan Ak-353 alueella, jossa uusi kuormausraide perustettuna kalliolle tai savelle ja rakennukset perustettuna savelle.

Suosittelaaan, että uusiin kaavoihin asetetaan vaatimus: "Rakennusten vaadittava tärinäluokka on C, ( $v_{w,95} \leq 0,3$  mm/s) ja runkomelun ohjearvo on 35 dB. Tärinätaaso ja tärinän taajuusalueet tulee varmistaa tärinämittauksin maaperästä seuraavassa suunnitteluvaiheessa. Mittaustuloksia tulee käyttää lähtötietona rakennusten rakennesuunnittelussa".

Vaatimuksen tarkoituksena on loppukäyttäjien viihtyvyys sekä varmistus, ettei tärinä aiheuttaisi rakenteellisia vaurioita rakennuksille. Mittauksilla varmistetaan tärinätaasot alueilla, joilla on laskennallinen tärinärisi. Lisäksi mittaustuloksia tulee käyttää rakennusten rakennesuunnittelun lähtötietoina, jotta rakenteita ei suunnitella resonoiviksi. Rakenteiden ominaistaajuuden tulee olla erilainen kohteen maaperässä parhaiten kulkeutuvan tärinän taajuuteen verrattuna. Rakenteiden resonanssi voi moninkertaistaa maaperästä mitatun tärinän voimakkuuden.

## 6 Lopputulokset

### 6.1 Tärinä

Raportissa tarkasteltiin rautatieliikenteen aiheuttama mahdollinen tärinähaitta Naantalin liikennepaikan perusparannuksen muutoksien jälkeen. Radan perusparannus katsotaan niin suureksi, että rata käsitellään uutena väylänä, jolloin rakennusten värähtelyluokan tulee olla C radan ympäristössä. Värähtelyluokka C tarkoittaa, että tärinän tunnusluvun tulee olla alle 0,3 mm/s. Laskennallisesti värähtelyluokan C ohjearvo ylitetään alueen normaalilla koheesiomaalla noin 26 metrin etäisyydellä radasta, kun rataan ei ole tehty tärinän eristystoimenpiteitä tai pohjanvahvistustoimenpiteitä ja nopeuskertoimena käytetään Väyläviraston tähän hankkeeseen ehdottamaa arvoa 0,5. Paalulaatan alueella yli 0,3 mm/s tärinä välittyy alle 15 metrin päähän radasta laskennallisesti.



Kallioalueilla tärinä ei tule olemaan haitaksi yli 15 metrin etäisyydellä radasta. Laskenta ei kykene laskemaan tärinää alle 15 metrin etäisyydelle radasta.

Tärinä tulee vähenemään nykytilanteeseen verrattuna paremman radan kunnon vuoksi sekä suunnitellun paalulaatan ansiosta. Vaikka rata siirtyy paikoittain lähemmäs asutusta, on parempi kuntoisen radan sekä paalulaatan vaimentava vaikutus huomattavasti suurempi. Laskentaan perustuen tärinä tulee vähenemään Naantalin liikennepaikan ympäristössä, eikä tärinä ylitä nykyisessä rakennuskannassa värähtelyluokan C ohjearvoa.

Tieliikenne ei aiheuta merkittävää tärinää alueella.

## 6.2 Runkomelu

Nykytilanteessa runkomelu ylittää asumismukavuuden ohjearvon (35 dB) savelle perustetulla radalla ja rakennuksilla 0-22 metrin etäisyydellä radasta. Kalliolle perustetulla radalla runkomelu voi välittyä kalliolle perustettuihin rakennuksiin jopa 320 m etäisyydelle asumismukavuutta haittaavana.

Tulevassa tilanteessa radan kunto paranee ja junaliikenne muuttuu pääosin sähköiseksi. Savelle perustetuilla alueilla runkomelu voi ylittää asumismukavuuden ohjearvon noin 15 metrin etäisyydelle radasta rakennettuihin asuinrakennuksiin. Kalliolle perustetulla radalla runkomelu voi välittyä kalliolle perustettuihin rakennuksiin jopa 230 metrin etäisyydelle, kun kyseessä on veturivetoinen huonokuntoinen tavarajuna. Hyväkuntoinen sähkömoottorijuna (IC, Pendolino) voi aiheuttaa runkomelua asumismukavuutta häiritsevästi noin 60 metrin etäisyydelle radasta kalliolle perustetulla radalla ja rakennuksella.

## 6.3 Yhteenveto

Tärinä tulee vähenemään nykyisessä rakennuskannassa Naantalin liikennepaikan perusparannuksen myötä. Tärinä tulee olemaan paalulaatan ansiosta Viluluodon alueella rataa lähimmissä rakennuksissa tärinäluokassa C tai paremmassa. Presidentinkadun rataa lähimmissä rakennuksissa tärinä on ilman tärinänvaimennustoimenpiteitä tärinäluokassa C tai paremmassa nopeuskertoimella 0,5.

Tärinä tulee mahdollisuuksien mukaan mitata RS vaiheessa Presidentinkadun rakennuksista, jotta laskennan epävarmuuksia saa karsittua ja laskennan tuloksista voidaan varmistua.

Runkomelu tulee vähenemään nykyisessä rakennuskannassa Naantalin liikennepaikan perusparannuksen yhteydessä. Laskennan perusteella runkomelu ei tule ylittämään ohjearvoa 35 dB nykyisessä rakennuskannassa.

## 7 Lähteet

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

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

[3] Ympäristöministeriö, 2018. Ympäristöministeriön ohje rakennuksen ääniympäristöstä.

- [4] Ympäristöministeriö, 2017. Ympäristöministeriön asetus rakennuksen ääniympäristöstä (796/2017).
- [5] Ympäristöministeriö, 2019. Ympäristöministeriön asetus rakennuksen ääniympäristöstä annetun ympäristöministeriön asetuksen 5 ja 6 §:n muuttamisesta (360/2918).
- [6] VTT, 2009, Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi, VTT Tiedotteita 2468, A. Talja, A. Saarinen. ISBN: 978-951-38-7270-0.
- [7] GTK maankamara palvelu. Saatavilla: <https://gtkdata.gtk.fi/maankamara/>
- [8] Rautateiden verkkoselostuksen karttapalvelu. Väylävirasto. Saatavilla: <https://vayla.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=cb020470d29e48d0b0263dd0433335ac>
- [9] VTT, 2006, Suositus liikennetärinän arvioimiseksi maankäytön suunnittelussa, VTT Working Papers 50, A. Talja, J. Törnqvist.
- [10] Väylävirasto, 2023. Paalulaatta tärinän torjunnassa: Vaimennus- ja alusrakenteena, Väyläviraston julkaisuja 79/2024, P. Taina, V. Vähäkuopus, J. Punnonen.
- [11] Talja, A., Törnqvist, J. ja Niemeläinen, E. 2015. Pilaristabilointi- ja ponttiseinät: Tärinäestekokeilujen alustavat tulokset ja jatkotutkimustarpeet. Asiakasraportti VTT-CR-00691-15. Espoo: VTT.

## 8 Liitteet

Tärinä – nykyinen tilanne

Tärinä – tuleva tilanne

Runkomelu – nykyinen tilanne

Runkomelu – tuleva tilanne

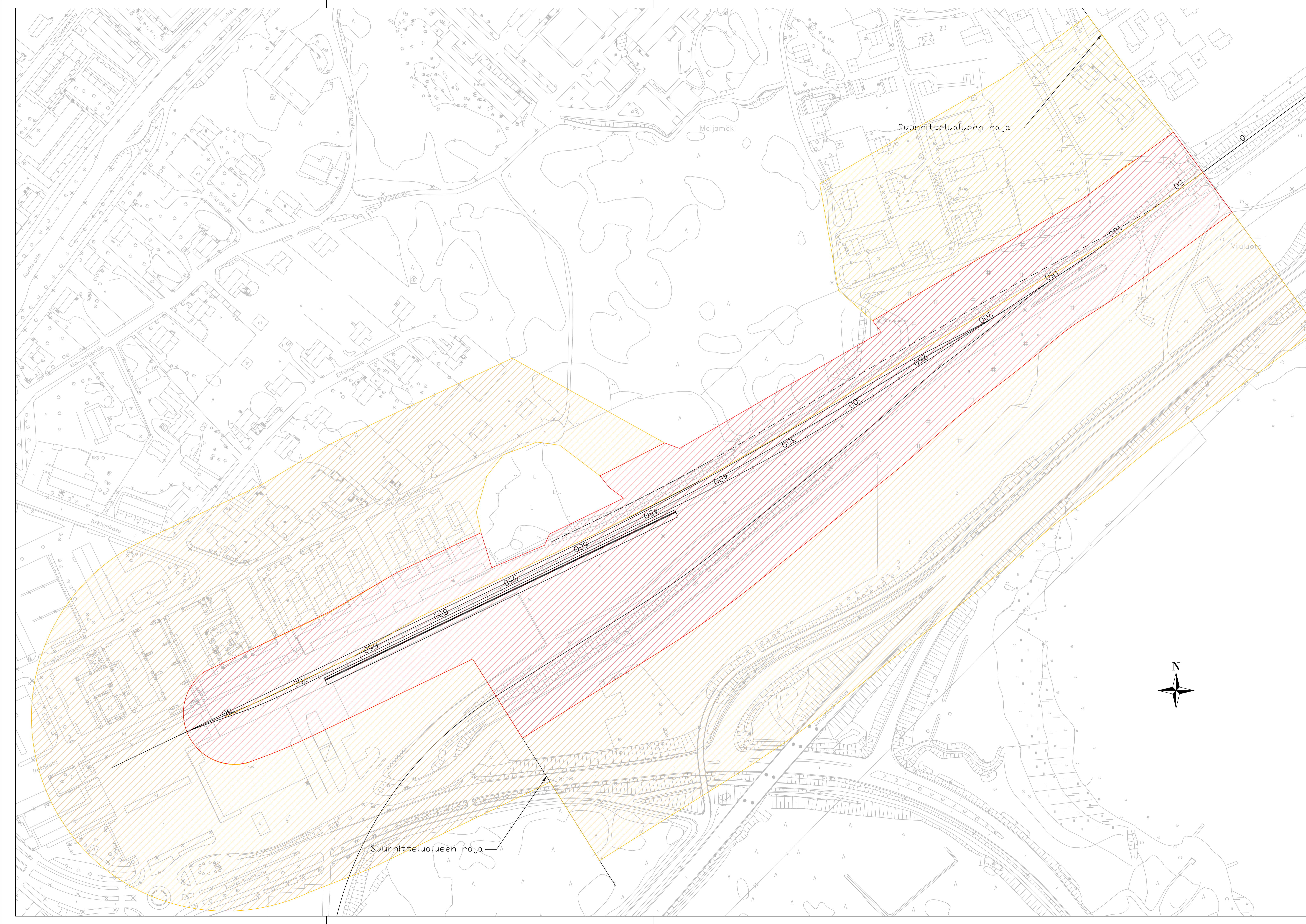




 Tärinäluokka D,  
vw,95 < 0,6 mm/s

 Alueen rakennuksiin  
välittyvä tärinä ylittää  
tärinäluokan D

Rakennukset tärinäluokan D ulkopuolella  
ovat tärinäluokassa C tai paremmissa.  
Tärinäluokan D ulkoraja esittää tasoa  
0,3 mm/s.

Tärinäluokkaa C (vw,95= 0,15..0,3 mm/s)  
tai parempia ei ole esitetty kartassa



Muut.	Selitys	Pvm	Tehnyt	Pvm	Hyv.
Tilaaja	 Väylävirasto Trafikledsverket	Hanke NAANTALIN LIIKENNEPAIKAN KEHITTÄMINEN Suunnittelualue RATASUUNNITELMA Piirustuksen sisältö			
Toimittaja	 AFRY	TÄRINÄ- JA RUNKOMELU SELVITYS			
Piirt.	30.09.2024 A. Peiho	Tärinä nykytilanne			
Suunn.	30.09.2024 A. Peiho				
Tark.	30.09.2024 T. Lukkari				
Hyv.	30.09.2024 H. Rehman				
Tarkastaja		Mittakaava 1:1000			
		Koordinaatti- ja korkeusjärj. ETRS-GK22/N2000			
Tark.		Paikka Laji Numero Muut. Lehti Lehtiä			
Hyv.					
Til.hyv.		01 01			

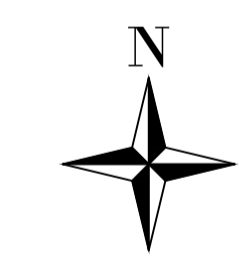
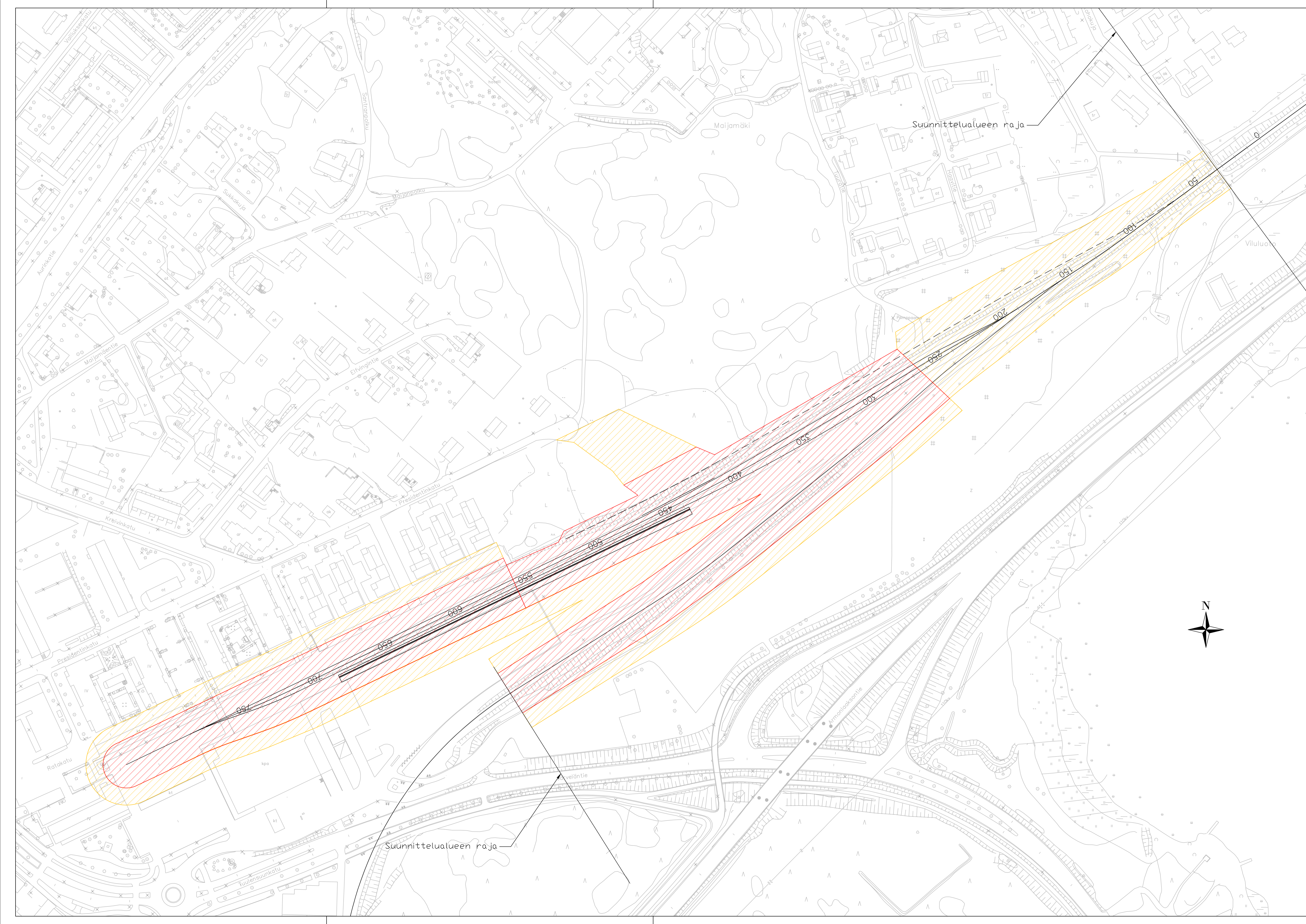


 Tärinäluokka D,  
vw<sub>95</sub> = 0,3...0,6 mm/s

 Alueen rakennuksiin  
välittyvä tärinä ylittää  
tärinäluokan D

Rakennukset tärinäluokan D ulkopuolella  
ovat tärinäluokassa C tai paremmissa.  
Tärinäluokan D ulkoraja esittää tasoa  
0,3 mm/s.

Tärinäluokkaa C (vw<sub>95</sub> = 0,15...0,3 mm/s)  
tai parempia ei ole esitetty kartassa

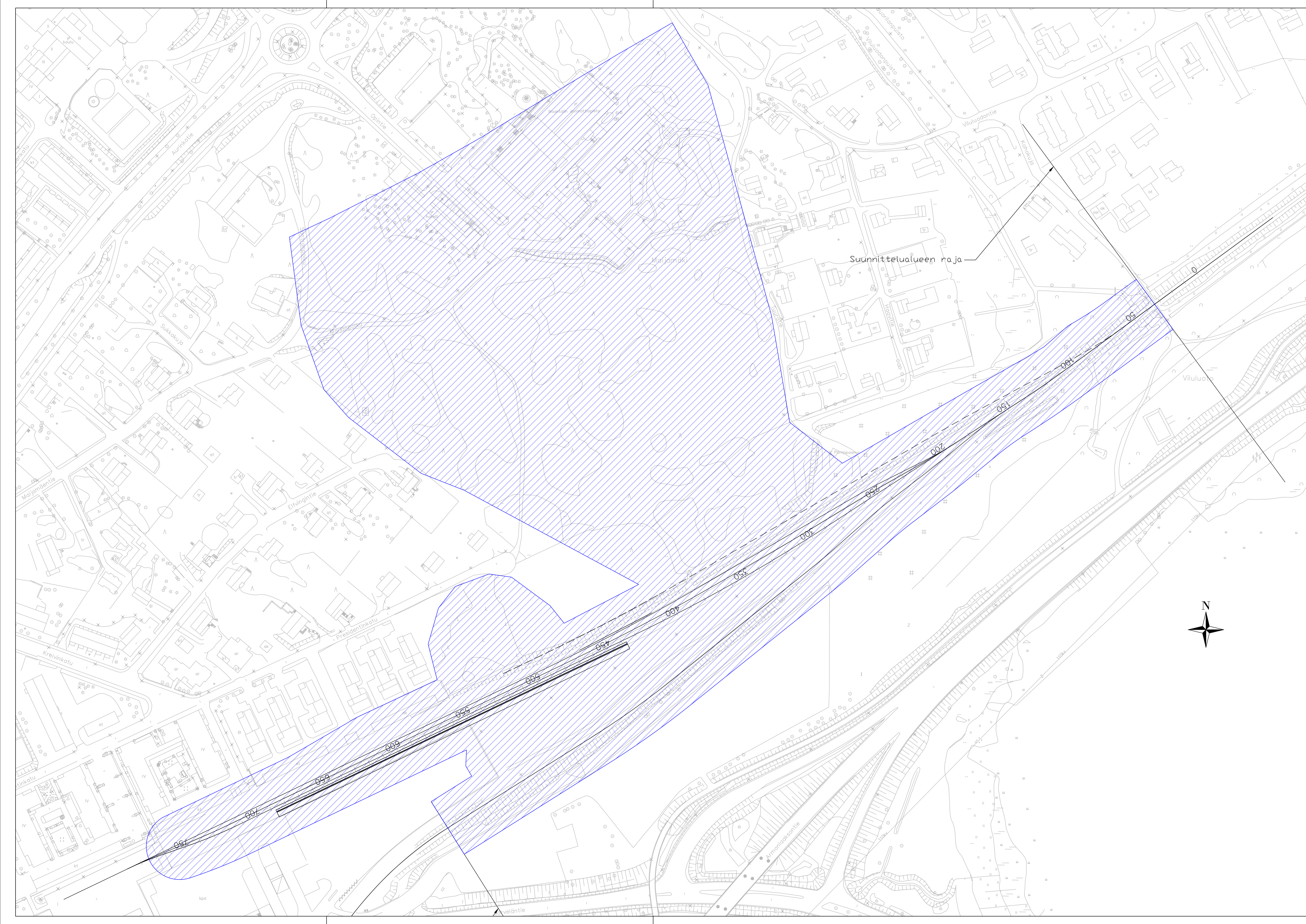



B	Nopeuskerron 0,5 Tärinäeristysseinä poistettu	9.12.2024	A. Pelto	9.12.2024	H. Rahman
A	Paaluaatta poistui, tärinäeristysseinä lisätty	28.11.2024	A. Pelto	28.11.2024	H. Rahman
Muut	Selitys	Pvm	Tehnyt	Pvm	Hyy.
Tilaaja	 Väylävirasto Trafikledsverket		Hanke NAANTALIN LIIKENNEPAIKAN KEHITTÄMINEN Suunnittelualue RATASUUNNITELMA Piirustuksen sisältö		
Toimittaja	 AFRY		TÄRINÄ- JA RUNKOMELU SELVITYS Tärinä tuleva tilanne		
Piirt.	30.09.2024	A. Pelto			
Suunn.	30.09.2024	A. Pelto			
Tark.	30.09.2024	T. Lukkari			
Hyy.	30.09.2024	H. Rahman			
Tarkastaja					
Mittakaava					1:1000
Koordinaati- ja korkeusjärj.					ETRS-GK22/N2000
Tark.			Palkka	Laji	Numero
Hyy.			Muut.	Lehti	Lehtiä
Til.hyy.					01 01



 Runkomelu voi ylittää 35 dB

Alue, jossa runkomelu ylittää 45 dB on esitettyä aluetta pienempi. Tarkemmat tiedot ovat raportissa.

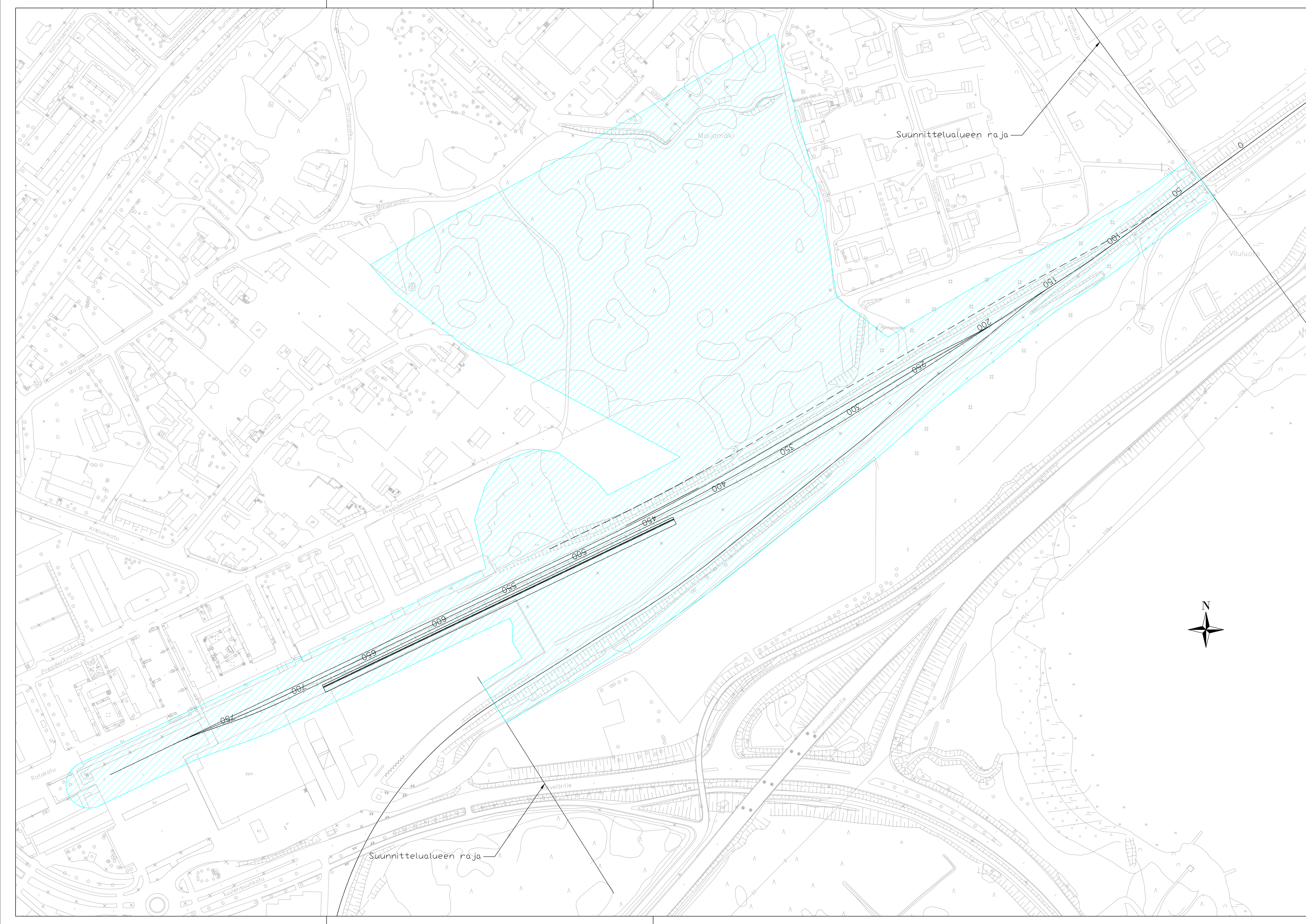




Muut. Tilaaaja	Selitys		Pvm	Tehnyt	Pvm	Hyv.
		Hanke NAANTALIN LIIKENNEPAIKAN KEHITTÄMINEN Suunnitteluvahe RATASUUNNITELMA				
		Piirustuksen sisältö TÄRINÄ- JA RUNKOMELU SELVITYS				
Piirt.	30.09.2024	A. Peiho	Runkomelu nykytilanne			
Suunn.	30.09.2024	A. Peiho				
Tark.	30.09.2024	T. Lukkari				
Hyv.	30.09.2024	H. Rehman				
Tarkastaja		Mittakaava 1:1000				
		Koordinaatti- ja korkeusjärj. ETRS-GK22/N2000				
Tark.			Palkka	Laji	Numero	Muut. Lehti Lehtiä
Hyv.						
Til. hyv.						01 01



 Runkomelu voi ylittää 35 dB

Alue, jossa runkomelu ylittää 45 dB on esitettyä aluetta pienempi. Tarkemmat tiedot ovat raportissa.



Muut.	Selitys	Pvm	Tehnyt	Pvm	Hyy.
Tilaaja	 Väylävirasto Trafikledsverket	Hanke NAANTALIN LIIKENNEPAIKAN KEHITTÄMINEN Suunnitteluvaihe RATASUUNNITELMA Piirustuksen sisältö			
Toimittaja	 AFRY	TÄRINÄ- JA RUNKOMELU SELVITYS			
Piirt.	30.09.2024 A. Peiho	Runkomelu tuleva tilanne			
Suunn.	30.09.2024 A. Peiho				
Tark.	30.09.2024 T. Lukkari				
Hyy.	30.09.2024 H. Rehman				
Tarkastaja		Mittakaava 1:1000			
Tark.		Koordinaatti- ja korkeusjärj. ETRS-GK22/N2000			
Hyy.		Ratavälin nro			
Til.hyy.		Palkka	Laji	Numero	Muut. Lehti Lehtiä
					01 01