



Utajärven kunta

Mustikkakankaan teollisuusalueen laajennuksen tärinä- ja runkomelutarkastelu

Tilaaaja: Utajärven kunta

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

pvm
24/02/2023
Toimipaikka
Tampere

Utajärven kunta
Mustikkakankaan teollisuusalueen laajennuksen tärinä-
ja runkomelutarkastelu

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	Junaliikenne	4
3.3	Tieliikenne.....	4
4	Tärinän laskennallinen arvio.....	4
5	Runkomelun laskennallinen arvio.....	7
6	Lopputulokset	9
6.1	Tärinä.....	9
6.2	Runkomelu	9
6.3	Yhteenveto	9
7	Lähteet	10

1 Johdanto

Utajärven kunta on käynnistänyt asemakaavoitushankkeen Mustikkakankaan teollisuusalueen laajennukselle. Kaavoitettavalle alueelle on suunniteltu laajentaa aiemmin asemaakaavoitettua Mustikkakankaan teollisuusaluetta. Laajennus kytkeytyy myös vireillä olevaan Hietaselän osayleiskaavoitukseen. Alueella ei ole ennestään asemakaavaa, mutta se rajautuu Mustikkakankaan teollisuusalueen asemakaavoihin.

Tärinä- ja runkomeluserivitys sisältää laskennallisen tarkastelun raide- ja katuliikenteestä aiheutuvan tärinän ja runkomelun tasosta Mustikkakankaan teollisuusalueen laajennuksen alueella. Tasojen perusteella voidaan havaita alueet, joilla tärinän tai runkomelun ohjearvot laskennallisesti ylittyvät. Selvityksen lähtötietoina käytetään GTK:n maaperäkarttaa sekä nykyisen rautatieliikenteen kalustotietoja. Alueelta ei ole tehty rakennettavuusselvitystä, minkä vuoksi maaperää alueelta ei ole tarkennettu pohjatutkimuksin. Maaperäkartta jättää mahdolliset riskialueet epävarmimmiksi ja on suositeltavaa tehdä tähän selvitykseen tarkennuksia mahdollisten tulevien pohjatutkimuksien jälkeen.

Työn on tilannut Utajärven kunta. Selvityksen on tehnyt AFRY Finland Oy, vastuuhenkilö DI Antti Pelho ja tarkastajana Tkt Juho Mansikkamäki.

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 kalliossa, kun taas pehmeiköllä se vaimenee nopeasti.

Muita tärinää aiheuttavia tekijöitä ovat kaluston ja radan huono kunto, kuten lovipyörät sekä epäjatkuvuudet, kuten kiskoajokokset. 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]

Värähtelyluokka	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 mm/s ja kovilla mailla 2 mm/s. [2] Kun asumismukavuuden suositukset täyttyvät, tärinä on merkittävästi pienempää kuin rakennusten vaurioitumiselle altistava tärinä.

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 runkomeluserelvityksissä 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. Ohjearvosuositusten 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]

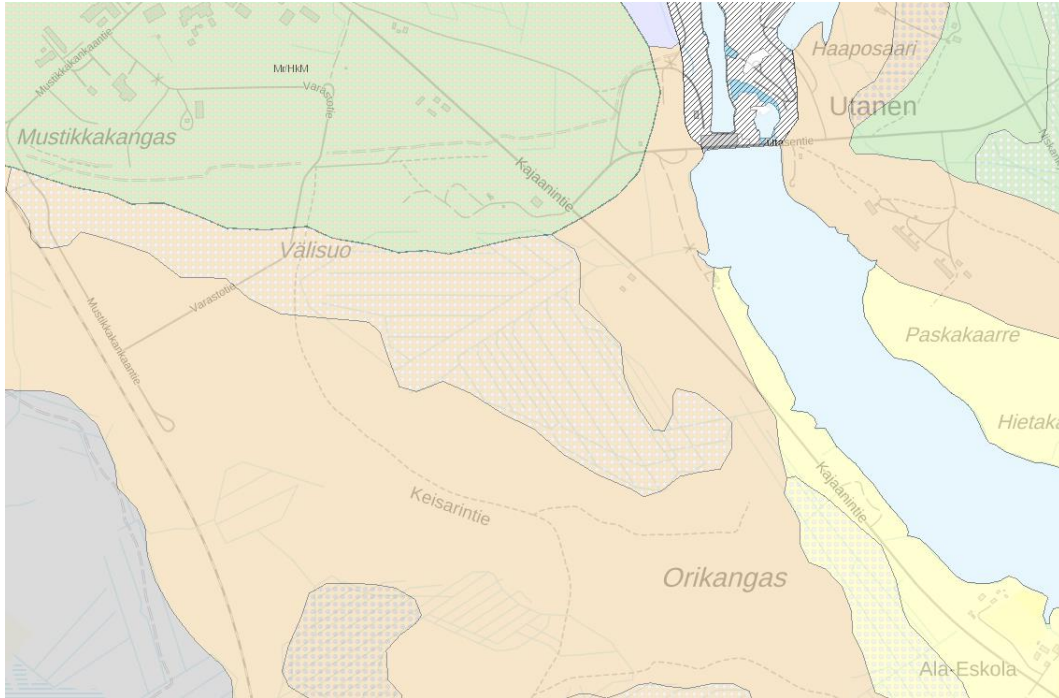
Rakennustyyppi	Runkomelutaso $L_{p_{rm}}$ [dB]
Radio-, tv- ja äänitysstudiot, konserttitalit	25–30
Asuinhuoneistot	30/35 ²
Hoito- ja sosiaalihuollon laitokset, majoitustilat <ul style="list-style-type: none"> potilashuoneet, majoitustilat päiväkodit, lasten ja henkilökunnan oleskeluun tarkoitetut huoneet 	30/35 ²
Kokoontumis- ja opetustilat <ul style="list-style-type: none"> 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

3 Lähtötiedot

Lähtötietoina tärinän- ja runkomelun riskialueiden selvityksessä käytettiin Väyläviraston rataverkon verkkoselostusta ja sen yhteydessä ylläpidettävää karttapalvelua, GTK:n pohjatutkimusrekisteristä saatavia kairauksia sekä GTK:n ylläpitämää maaperäkarttaa.

3.1 Maaperä

Maaperä alueella on suurimmaksi osaksi hiekkamoreenia. Osassa kaava-aluetta hiekkamoreenin pinnalla on turvekerros. Maaperäkartassa pintamaalajina näillä alueilla on esitetty saraturve ja pohjamaalajina hiekkamoreeni tai hiekka. Kajaanintien varressa maaperä muuttuu hiekkamoreenista hiekaksi. Kuvassa 1 esitetään alueen maaperäkartta. Aikaisemmalta Mustikkakankaan kaava-alueelta on tehty rakennettavuusselvityksen yhteydessä pohjatutkimuksia. Pohjatutkimuksien mukaan hiekkamoreeniksi maaperäkartassa kuvatulla alueella ensimmäiset 2 metriä maaperästä on löysemppää hiekkamoreenia, jonka jälkeen painokaira pysähtyy kallioon, kiveen tai tiiviiseen moreenikerrokseen. Saraturpeeksi merkityllä alueella ensimmäinen metri maaperästä on turvetta tai silttiä, jonka alla on noin metrin kerros löyhemppää moreenia ennen tiivistä kerrosta, johon kairaukset ovat pysähtyneet. Pohjatutkimukset ovat kuitenkin viereiseltä alueelta, joten niitä ei voida soveltaa tarkasteltavalla alueella sellaisenaan.



Kuva 1. Alueen maaperäkartta GTK:n tietokannasta.[7]

3.2 Junaliikenne

Rautatien verkkoselostuksen mukaan radan nopeusrajoitus 200-225 kN akselipainoisilla tavarajunilla on 100 km/h. [8] Toteuman mukaan tavaraliikenne kulkee alueen ohi kuitenkin 55-95 km/h nopeudella riippuen junasta. Henkilöliikenne kulkee radalla nopeampaa, noin 120-140 km/h, mutta henkilöjunat ovat painoltaan niin paljon kevyempiä, että niiden aiheuttama tärinä tai runkomelu on pienempää kuin hitaampaa kulkevan raskaan tavarajunaliikenteen.

Junaliikenteen muutoksia on vaikea ennustaa. Väyläviraston selvitys (Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 57/2018) ennustaa tavaraliikenteen volyymin kasvua vuosiin 2020 ja 2050 mennessä. Ennustuksessa suuressa osassa on kuitenkin Venäjän transitoliikenne, joka on pakotteiden vuoksi keskeytetty määrittelemättömäksi ajaksi. Tavaraliikenne on siis mahdollisesti tulevaisuudessa hieman kevyempää ja aiheuttaa vähemmän tärinähaittoja. Henkilöliikenteelle ennustetaan lievää kasvua.

3.3 Tieliikenne

Mustikkakankaan asemakaavan laajennusalue rajautuu koillisessa Valtatie 22 (Kajaanintie), jonka nopeusrajoitus on 100 km/h. Tieliikenne voi aiheuttaa ympäristöönsä runkomelua, mutta tärinän välittyminen tieliikenteen vaikutuksesta on harvinaista.

4 Tärinän laskennallinen arvio

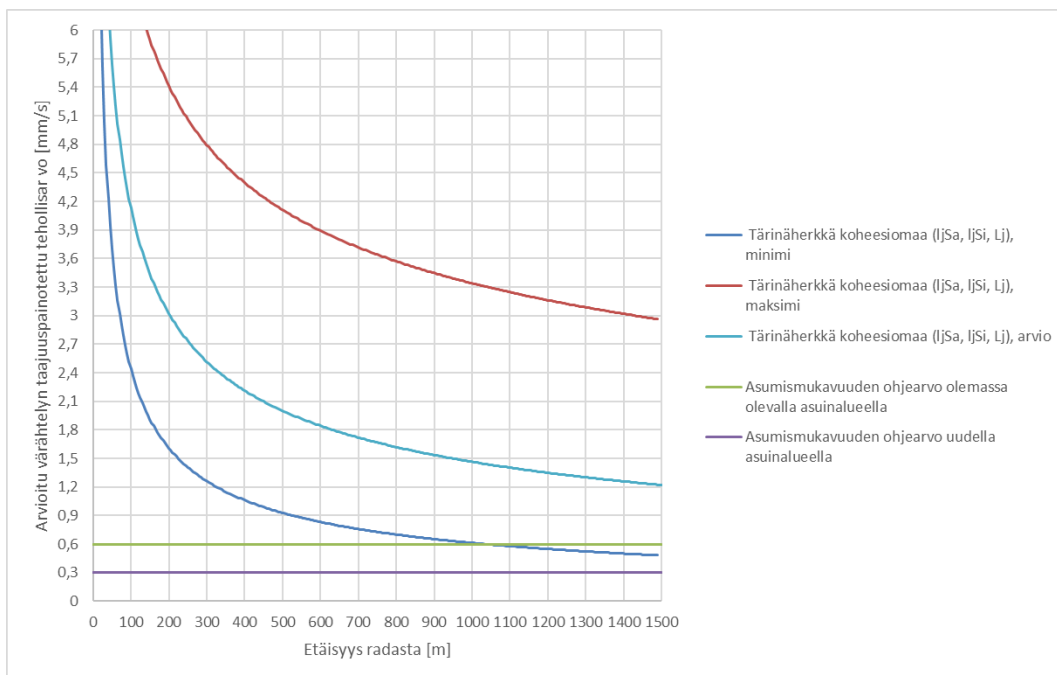
Tärinän laskennallinen arvio on tehty VTT:n ohjeen "Liikennetärinä: Alueiden tärinäkartoitus ja rakenteiden vaurioitumisalttius" tarkastelutason 1 mukaisesti. Tarkastelutasossa 1 tärinä voidaan arvioida laskennallisella mallilla, joka ottaa huomioon

junan kokonaismassan, junan nopeuden sekä radan ja kaluston laadun. Laskennalliseen tulokseen vaikuttaa myös paljon maaperän ominaisuudet.

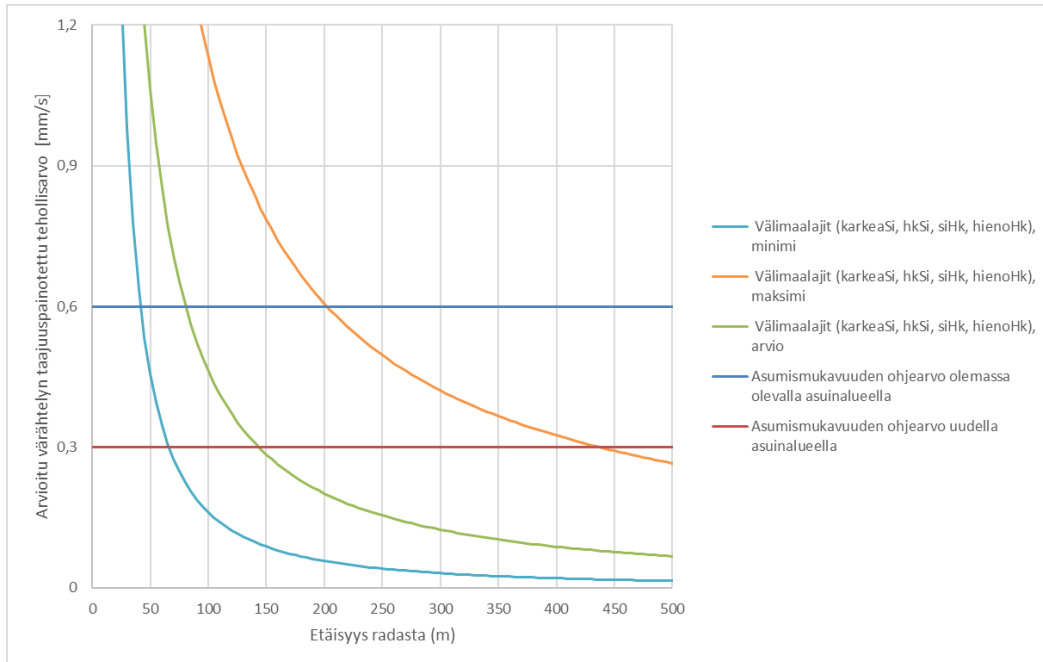
Laskennallisessa arvioinnissa junaliikenteenä käytetään raskasta tavarajunaa, joka kulkee rajoitusten mukaan 100 km/h. Tämä on kohteen määrittävin juna tärinän voimakkuuden kannalta. Laskentaan tehtiin seuraavat oletukset:

- Maalajit
 - Turve, $v_{z15} = 1,4$ mm/s; etäisysexponentti 0,45
 - Välimaalajit, $v_{z15} = 0,65$ mm/s; etäisysexponentti 1,2
 - Moreeni, $v_{z15} = 0,45$ mm/s; etäisysexponentti 1,7
- Nopeus 100 km/h, nopeusexponentti $A = 1,1$
- Junan kokonaismassa 4000 t
- Vanha yksiraiteinen rata, kuntokerroin $k_r = 1,3$
- Voimistumiskerroin rakenteisiin $k = 1,5$
- Muunnos huippuarvosta tehollisarvoon $k = 0,6$
- Varmuuskerroin $F = 2$

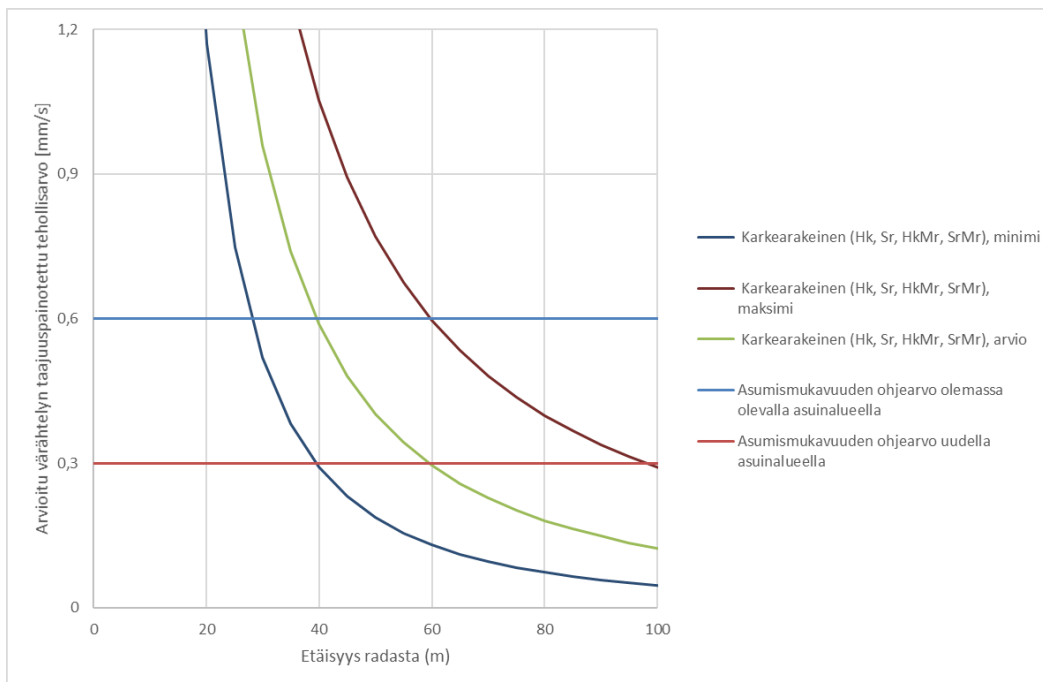
Kuvissa 2, 3 ja 4 esitetään eri maalajeilla välittyvän tärinän arvio sekä arvion luotettavuusväli maaperän perusteella. Koska kohteesta ei ole pohjatutkimuksia ei maaperän ominaisuuksia tiedetä tarkasti. Luotettavuusväli kuvaa aluetta, jolla tärinä voi laskennallisesti olla kyseisellä maaperällä.



Kuva 2. Turpeella välittyvän tärinän arvioitu tehollisarvo sekä sen luotettavuusväli määrittävän junan ohituksen vaikutuksesta.



Kuva 3. Välirmaalajeilla välittyvän tärinän arvioitu tehollisarvo sekä sen luotettavuusväli määrittävän junan ohituksen vaikutuksesta.



Kuva 4. Moreenilla välittyvän tärinän arvioitu tehollisarvo sekä sen luotettavuusväli määrittävän junan ohituksen vaikutuksesta.

Laskentojen perusteella turvemaalla tärinä voi kulkeutua ihmisiä häiritsevänä yli 1500 m etäisyydelle radasta. Alueen turpeikot ovat kuitenkin maaperäkartan mukaan pinnallisia, ja oletettavasti poistetaan rakentamisen aikana tehtävillä massavaihoilla, mikä vähentää tärinän riskiä. Tärinä voi olla myös rakenteille vaarallista jopa 600 metrin etäisyydelle radasta, kun tärinän huippuarvon raja-arvona käytetään edellä mainittua 3

mm/s. Resonoinnin vaikutuksesta tärinä voi olla vaarallista rakenteille myös tätä kauempaa turpeikolla.

Välimalalajeilla tärinä kulkeutua asumismukavuutta haittaavana 150 metrin etäisyydelle. Teollisuus- ja liiketilarakennuksissa ohjearvona käytetään 0,6 mm/s, joka voi ylittyä noin 60-120 metrin etäisyydellä radasta. Tärinä välimalalajeilla voi aiheuttaa rakenteellisia vaurioita rakennuksissa 25 metrin etäisyydellä radasta.

Moreenilla uusissa asuinrakennuksissa haittaava tärinä voidaan laskennallisesti havaita 60 metrin etäisyydellä radasta ja teollisuus- ja liiketilarakennuksien ohjearvo ylittyy 30-50 metrin päässä radasta. Tärinä moreenimailla ei laskennallisesti voi aiheuttaa rakenteellisia vaurioita rakennukseen.

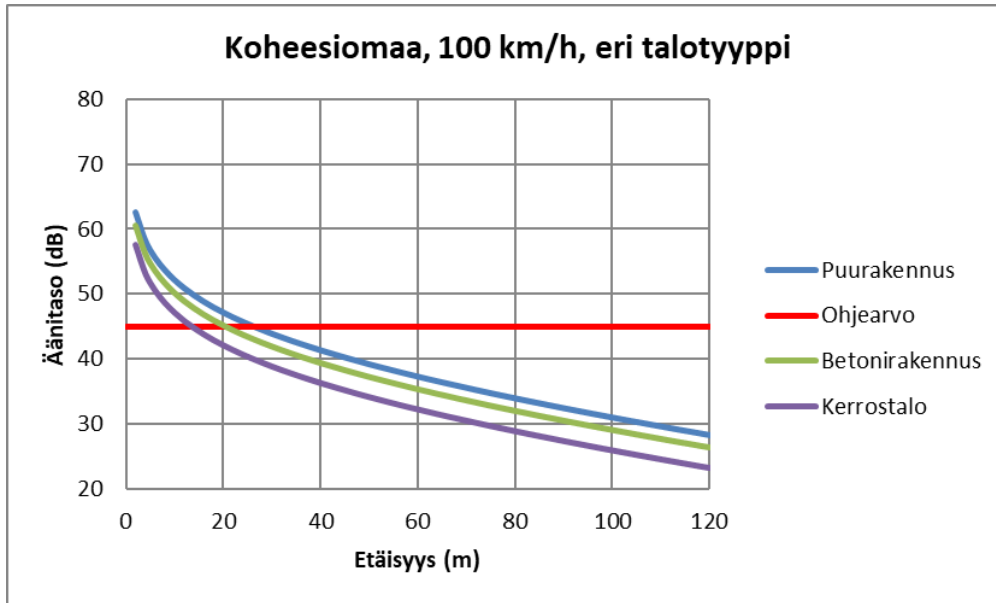
Tieliikenteen aiheuttama tärinä ylittää värähtelyluokan D ylärajan alle 18 metrin päässä tiestä, kun ajoneuvon nopeudeksi oletetaan 100 km/h ja tien pinnoituksen oletetaan olevan kulunut reikiintymätön päällyste. Tieliikenteen tärinä ei laskennallisesti voi aiheuttaa rakenteellisia vaurioita rakennuksiin.

5 Runkomelun laskennallinen arvio

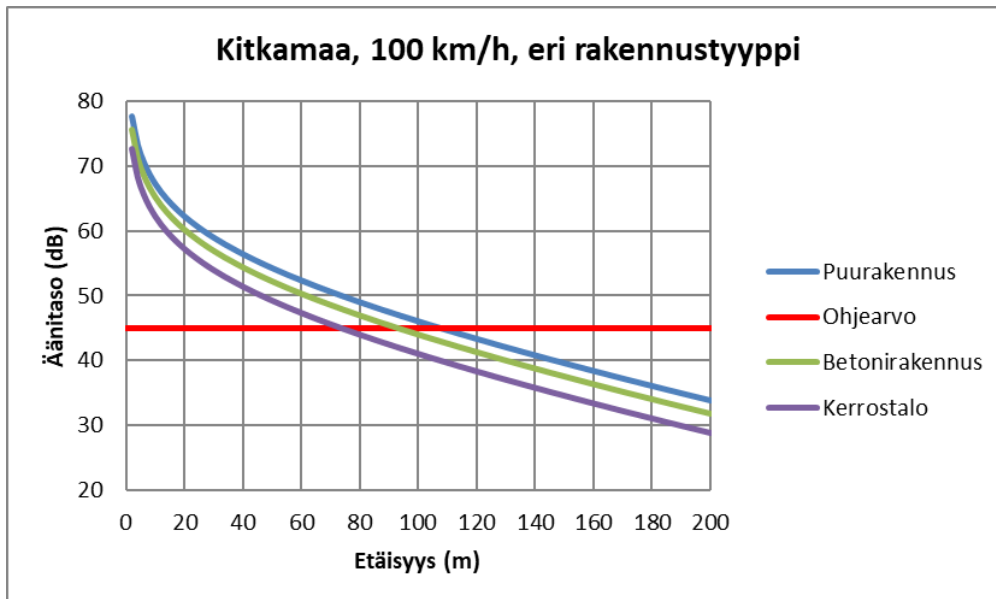
Runkomelun arviointi on tehty vuoden 2008 VTT:n tiedotteen 2468 "Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi" mukaisesti arviointitasolla 2. Runkomelun laskennallisina korjauskertoimina on käytetty seuraavia ominaisuuksia:

- nopeuskorjaus 100 km/h
- veturivetoinen juna +11 dB
- kuluneet pyörät +10 dB
- normaali jousitus 0 dB
- hyväkuntoinen rata 0 dB
- ei tärinäeristystä 0 dB
- rakenneosuen resonanssi +6 dB
- muunto äänenpainetasoksi -28 dB
- varmuusmarginaali +6 dB
- A-painotus
 - pehmeät savi- ja silttimaat: -50 dB
 - kovat savi- siltti- ja moreenimaat: -35 dB

Laskennalliset runkomelutasot pehmeillä ja kovilla mailla eri rakennustyypeissä on esitetty kuvissa 5 ja 6.



Kuva 5. Runkomelun laskennallinen arviointi tavarajunan aiheuttamana eri rakennustyyppisiin pehmeällä maalla.



Kuva 6. Runkomelun laskennallinen arviointi tavarajunan aiheuttamana eri rakennustyyppisiin kovalla maalla.

Runkomelun arvioinnissa ohjearvona on käytetty 45 dB, koska tarkastettavalle alueelle ei ole tulossa asuinrakennuksia. Runkomelun ohjearvo ylittyy pehmeällä maaperällä eli turvealueella noin 18-30 metrin etäisyydellä radasta riippuen rakennustyyppistä. Kovemalla maaperällä eli moreenilla runkomelu ylittää ohjearvon noin 70-110 metrin etäisyydellä radasta riippuen rakennustyyppistä.

6 Lopputulokset

6.1 Tärinä

Raportissa tarkasteltiin rautatieliikenteen aiheuttama tärinähaitta asemakaava-alueella. Sallittu tärinä alueella on värähtelyluokkaa D tai parempaa eli tärinän tunnusluvun tulee olla alle 0,6 mm/s. Laskennallisesti tämä ohjearvo ylitetään turvemaiden yli 1500 m etäisyydellä, siltti ja hiekkamailla noin 60-120 metrin etäisyydellä ja moreenimaiden noin 30-50 metrin etäisyydellä radasta.

Tärinä voi aiheuttaa rakenteellisia vaurioita turvemaiden perustettuihin rakennuksiin noin 600 metrin etäisyydelle saakka ja siltti ja hiekkamaitten perustettuihin rakennuksiin 25 metrin etäisyydellä radasta. Vaurioita voi tapahtua kauempanakin resonanssin vaikutuksesta. Vaurioriskiä voi pienentää rakennesuunnittelussa ottamalla huomioon rakenteiden ominaisuuksien. Suunnitteluvaiheessa on syytä tehdä tärinämittaukset rakennusten paikalta maaperästä, minkä perusteella rakennesuunnittelussa voidaan huomioida tärinän värähtelytaajuuksien.

Todellisuudessa tärinä tulee oletettavasti olla arvioitua pienempää, koska rakennuksia ei perusteta suoraan pehmeiden maahan ja pehmeä on maaperäkartan ja viereisen alueen pohjatutkimuksien mukaan hyvin matala. Kyseisellä asemakaava-alueella ei myöskään ole maaperäkartan mukaan pehmeää maata radan varressa vaan turpeikko ulottuu edellisen Mustikkakankaan asemakaava-alueen läpi laajennukselle. Mahdolliset massanvaihdot vaikuttavat tärinän leviämiseen ja voi pienentää tärinäriskiä laajennuksen alueella.

Suosittelun mukaan asetetaan vaatimus: "Rakennusten vaadittava tärinäluokka on D, $v_{w,95} \leq 0,6$ mm/s". Vaatimuksen tarkoituksena on loppukäyttäjien viihtyvyys sekä varmistus, ettei tärinä aiheuttaisi rakenteellisia vaurioita rakennuksille.

Tieliikenne ei aiheuta merkittävää tärinää alueella.

6.2 Runkomelu

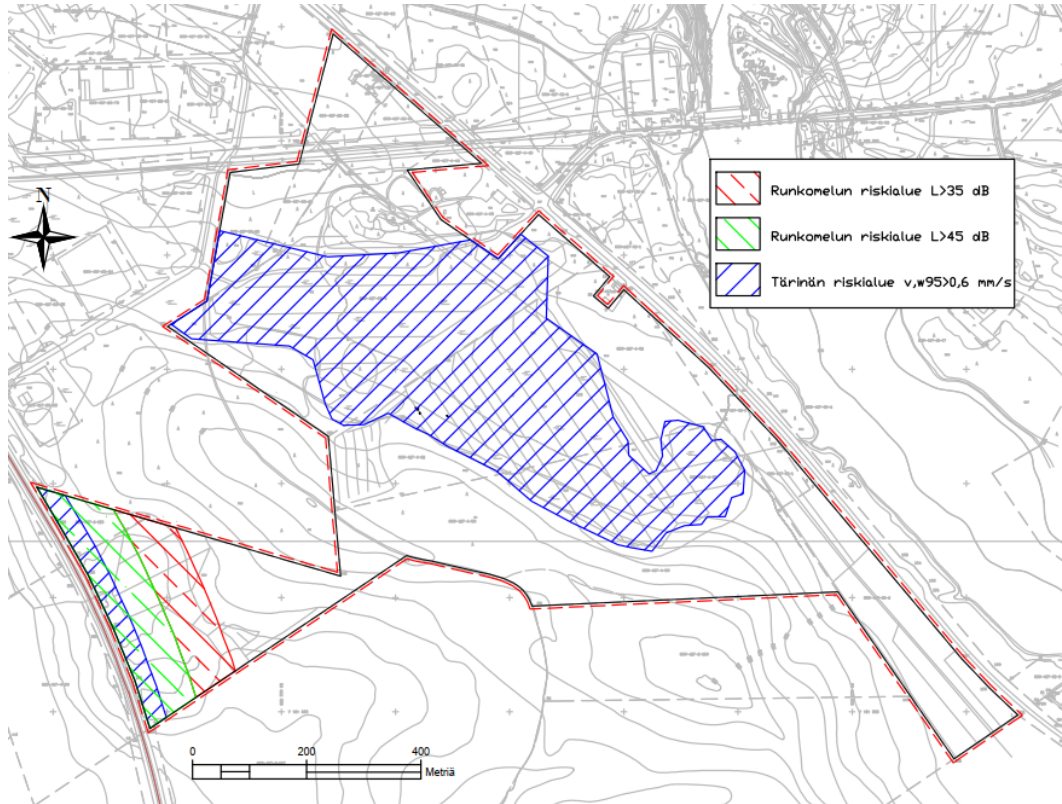
Runkomelua aiheutuu alueelle junaliikenteestä. Laskennallisen tarkastelun perusteella runkomelu ylittää asumismukavuuden raja-arvon 35 dB noin 140-190 metrin etäisyydellä radasta riippuen rakennuksesta moreenimaiden. Teollisuus- ja toimistorakennuksien ohjearvo ylittyy 70-110 metrin etäisyydellä radasta moreenimaiden.

Kaavoihin suositellaan vaatimusta: "Rakennusten vaadittava runkomelutaso $L_{pr,m} \leq 45$ dBA". Tästä voidaan kuitenkin poiketa tapauskohtaisesti, jos rakennusten käyttötarkoitus ei ole herkkä runkomelulle (esim. varastot, muutenkin äänellä teollisuustoiminta yms.).

6.3 Yhteenveto

Mustikkakankaan teollisuusalueen laajennuksen alueelta ei ole tehty rakennettavuusselvitystä tai pohjatutkimuksia. Tärinä- ja runkomeluarvio on tehty maaperäkartan perusteella ja pitää tästä syystä sisällään epävarmuuksia. Kuvassa 7 on esitetty tärinän ja runkomelun riskialueet Mustikkakankaan teollisuusalueen laajennuksen alueella. Näillä alueilla suositellaan tehtävän tärinä- ja/tai

runkomelumittaukset seuraavissa suunnitteluvaiheissa, jotta tärinä voidaan huomioida rakennesuunnittelussa.



Kuva 7. Tärinän ja runkomelun alueet, joilla ohjearvojen ylittyminen on laskennallisesti mahdollista.

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>