

Oulun vankila-alueen asemakaavaluonnos, värähtelytarkastelu



Liikenteen aiheuttamien tärinävaikutusten arviointi rakennuksiin

Sisällysluettelo

1. Johdanto	2
2. Arvioinnin menetelmät ja lähtöaineisto	2
3. Arvioidut tärinän vasteet	5
4. Johtopäätökset	5
5. Kirjallisuutta	6

1. Johdanto

Rataliikenteen aiheuttamia tärinätasoja on arvioitu yhteen poikkileikkaukseen numeerista 2D FEM laskentaa käyttäen. Poikkileikkausten laskennallinen tarkastelu on tehty suunnittelutilanteessa, jossa rakennusten massoittelu on pääosin selvillä.

Alueelle laadittava tärinäselvitys on laadittu seuraavasti:

- poikkileikkaustarkastelut on tehty kuvan 1 kohtaan
- tämän katsotaan edustavan tarkasteltavaa aluetta kokonaisuudessaan

Tässä arviointiraportissa esitetään laaditun poikkileikkaustarkastelun tulokset ja johtopäätökset sen osalta. Laskennallisessa tarkastelussa on otettu huomioon junaliikenteen raidekohtaiset tiedot sekä radan ja tarkastelukohteen välinen etäisyys sekä maaperäolosuhteet.

2. Arvioinnin menetelmät ja lähtöaineistot

2.1. Tärinän ohjearvot

VTT:n julkaisussa (Talja ja Törnqvist 2006) on esitetty suositus rakennusten värähtelyluokituksista, jota käytetään yleisesti ohjearvona maankäytön suunnittelussa. Suosituksissa uusille rakennuksille ja väylille on annettu matalampi suositusarvo kuin vanhoille asuinalueille (taulukko 1). Taulukossa esitetty luokitus perustuu ihmisen kokemuksen tärinän häiritsevyyteen. Kun kyseessä on muu kuin asumistarkoitus, tavoiteraja voi olla kaksinkertainen.

Julkaisussa esitetyt tärinän ohjearvot perustuvat tärinän heilahdusnopeuden maksimiarvojen perusteella tilastollisesti määritettyyn taajuuspainotettuun tunnuslukuun $V_{w,95}$ [mm/s] (taulukko 1).

Taulukko 1. Suositus rakennusten värähtelyluokituksista (Talja ja Törnqvist 2006).

Värähtelyluokka	Kuvaus olosuhteista	$V_{w,95}$ (mm/s)
A	Hyvät asuinolosuhteet. Ihmiset eivät yleensä havaitse tärinää.	$\leq 0,10$
B	Suhteellisen hyvät olosuhteet. Ihmiset voivat havaita tärinän, mutta se ei yleensä ole häiritsevää.	$\leq 0,15$

C	Suositus uusien rakennusten ja väylien suunnittelussa. Keskimäärin 15 % asukkaista pitää tärinää häiritseväenä ja voi valittaa häiriöstä.	$\leq 0,30$
D	Olosuhteet, joihin pyritään vanhoilla asuinalueilla. Keskimäärin 25 % asukkaista pitää tärinää häiritseväenä ja voi valittaa häiriöstä.	$\leq 0,60$

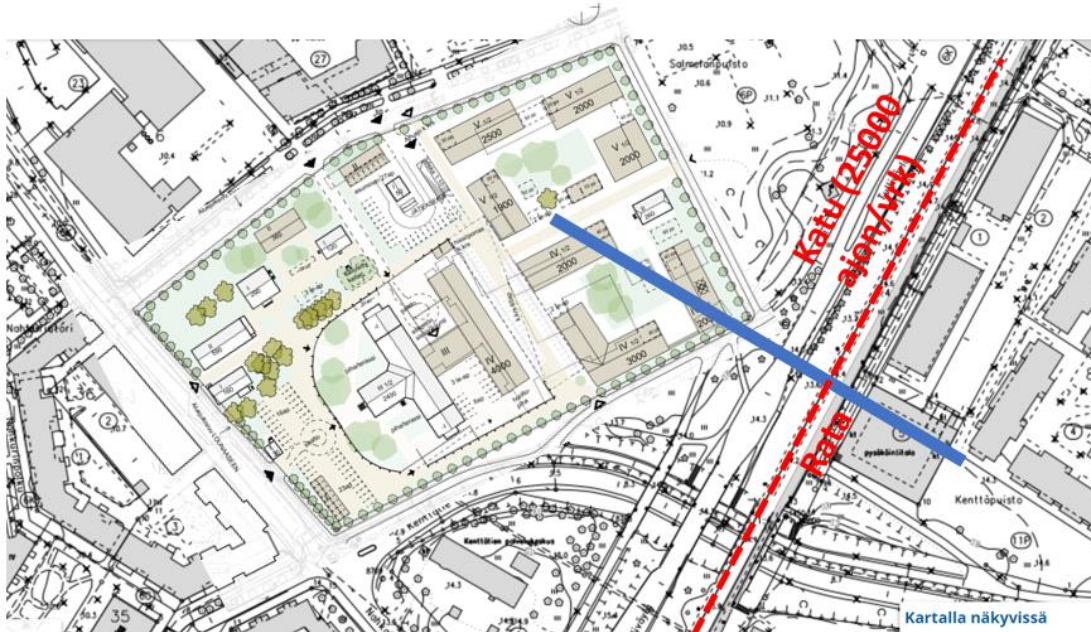
Tärinän mahdollisesti aiheuttamien rakenteellisten vaurioiden arviointiin sovelletaan eri vertailuarvoja kuin asumisviihtyisyyden kohdistuvien haittojen arviointiin. Rakennusten perustusten vaurioalttiutta kuvataan taulukon 2 mukaisella luokituksella. Esitettyjä raja-arvoja pienempien värähtelytasojen ei katsota aiheuttavan rakennuksen käyttöarvoa pienentäviä vaurioita.

Taulukko 2. Rakennusten perustusten vaurioalttiuden rajaamisessa käytettävät kriteerit (VTT 2001).

Värähtely-luokka	Kuvaus värähtelyolosuhteista	Heilahdus-nopeuden huippuarvo V_{max} [mm/s]	Tunnusluku $V_{rms,95}$ [mm/s]
V	Kohonneen tärinäalttiuden alue <i>Rakenteiden vauriot mahdollisia</i>	$\geq 3,0$	$\geq 5,0$
H	Vähäisen tärinäalttiuden alue <i>Rakenteiden haitat mahdollisia</i>	$\leq 3,0$	$\leq 5,0$
E	Rakenteiden vaurioriski epätodennäköinen	$\leq 1,0$	$\leq 1,6$

2.2. Tärinälaskennan tarkastelupoikkileikkaukset

Tärinälaskentaan on valittu kuvan 1 poikkileikkaus. Alueen maakerrokset ovat kuvan 2 mukaiset.



Kuva 1. Tärinälaskennan leikkauksen sijainti (punainen viiva).

2.3. Tärinän laskennallinen arviointi

Suunnittelualueeseen kohdistuvaa tärinää on tarkasteltu FEM-laskennan tulosten perusteella. Laskennallisessa tarkastelussa tärinän herätteen (lähtötaso) värähtelytaso on arvioitu raiteilla liikennöivän vaunun akselipainon ja nopeuden perusteella.

Värähtelyn etenemisen laskennassa on otettu huomioon alueen maaperäolosuhteet, rakennusten perustamistapa, mallinnetun rakennuksen ominaisuudet ja tarkasteltavan pisteen korkeusasema (kerros) suunnitellussa rakennuksessa. Laskennassa ei ole huomioitu kaluston ns. lovipyöräherätettä, joka voi aiheuttaa normaalia voimakkaampia tärinän lähtötasoja, jolloin niiden vaikutus voi olla 5...10-kertainen normaalin kaluston aiheuttamaan herätykseen verrattuna.

Pohjasuhteiden arvioinnissa on käytetty alueen maaperätietojen perusteella muodostettua geoteknistä poikkileikkausta. Maaperätiedot ilmenevät kuvista 3.

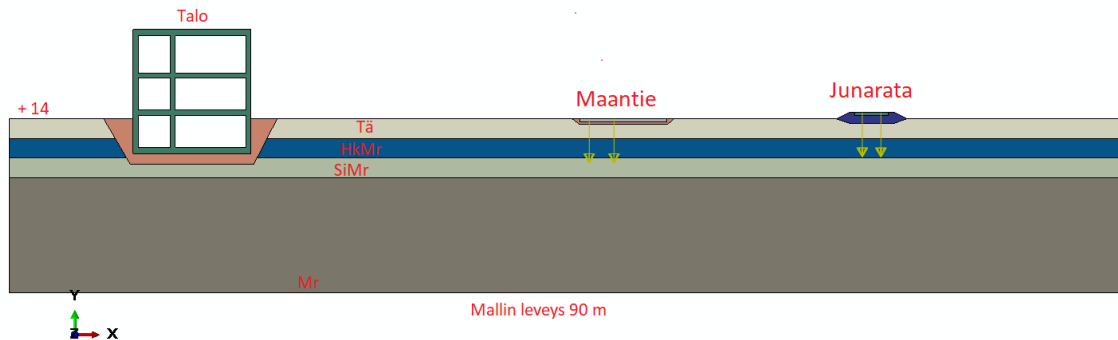
Tarkastelun laskennat olivat luonteeltaan dynaamisia "pakkovärähtelyanalyysinä". Mallissa materiaalikäyttäytyminen on lineaarista ilman myötöehtoa. Laskentaelementin koko valittu siten, että jokaisen elementin dimensiot vastaavat suurinta muodostuvaa tärinän aallonpituutta. Tärinän vasteita on havainnointu rakennuksen eri kerroksissa.

Dynaamisessa analyysissä junan kiskoja kuvaaviin solmuihin kytkettiin arvioidun tärinäimpulssin mukainen kuorma-amplitudi. Laskennassa käytetyn kuorman amplitudi on saatu empiirisen mittaustiedon perusteella, jossa on otettu huomioon akselipaino. Laskennan aikajaksoksi valittiin 1 s, koska vasteen suppeneminen on tällöin jo havaittavissa. Nopeutena käytettiin 45 km/h ja akselipainona 22 tonnia.

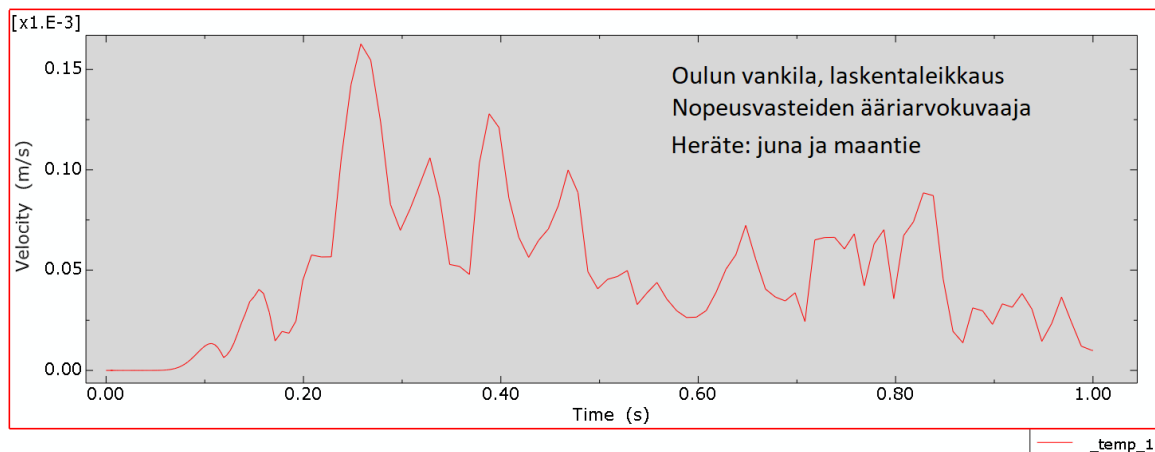
Laskennan mallipoikkileikkaus (yksinkertaistettu runkojäykkyys) on kuvattu elementtimenetelmällä käyttäen 2D-solid -tyyppisiä lineaarisia tasomuodonmuutostilaelementtejä, joiden DOF-luku on 2 kpl solmua kohden (translaati vapausasteet). Mallin koko oli DOF = 35700. Mallin reunat ja pohja ovat

reunaehdoiltaan energiaa absorboivat. Rakennusten jäykistyksen oletetaan tapahtuvan osittaisen runkojäykistämisen kautta. Rakennus on perustettu maanvaraisesti. Rakennusrunko on mallinnettu ekvivalenttisenä betonimateriaalina. Rakennusrunkoon on oletettu tehdyksi kellarikerros.

Kuvassa 3 on esitetty laskennan mukaiset dynaamiset nopeusvasteet rakennuksessa.



Kuva 2. Laskennan mallipoikkileikkaus, tie on Tulliväylä, rata on yksiraiteinen.



Kuva 3. Dynaamiset vasteet, vastekäyrästä huippuarvokuvaajat. Tehollinen vertailuarvo ($v_{w,95}$) on puolet laskennallisesta huippuarvosta. $V_{max} = 0.16$ mm/s.

3. Arvioidut tärinän vasteet

Laskennallisen tarkastelun tuloksena on esitetty rakennukseen kohdistuvien värähtelyn vaaka- ja pystysuuntaisten nopeuskomponenttien kehittyminen tarkkailupisteissä, joita on kunkin kerroksen tasalla edustavissa pisteissä. Näiden perusteella voidaan kohteittain todeta seuraavaa:

- Lasketut tulokset (vasteet) edustavat heilahdusnopeuden maksimiarvoja (V_{max}). Ohjearvoon verrannollinen värähtelyn nopeuden vertailuarvo $v_{w,95}$ on noin 50 % värähtelyn maksimiarvosta.

31.5.2024

- Rakennuksen lyhin etäisyys tärinää mitoittavaan tiehen on noin 30 m ja raiteeseen on noin 50 metriä. Nopeutena on käytetty 45 km/h ja akselipainona 22 tonnia.
- Sallitut vasteiden viitearvot ovat seuraavat /RIL 253-2010/:
 - siirtymävaste 0.2 mm
 - nopeusvaste 0.3 mm/s
 - kiihtyvyydevaste 0.1 g (=1 m/s²)
- Laskennallisen tarkastelun perusteella värähtelyn maksimitaso laskentapisteissä on (suluissa suhteellinen osuus sallitusta viitearvosta $v_{w,95}$):
 - nopeusvaste 0.16 mm/s (27 %)

4. Johtopäätökset

- Poikkileikkauksiin tehtyjen tärinälaskentojen arvot vaakakomponenttien osalta alittavat kohteessa tärinälle suositellun asumista koskevan ohjearvon mukaisen tason. Pystykomponenttien arvot lattioiden kentissä kuitenkin alittavat suositusarvot. Vaakakomponentit ovat keskimäärin kolmannes pystykomponenteista. Vaurioitumisalttiutta ei myöskään ole (taulukko 2).
- Junaliikenteen aiheuttaman tärinän heilahdusnopeuden (primaarinen indikaattori) arvioidaan olevan kohteessa asuinrakentamiseen tarkoitetun suositusarvon (0.3 mm/s, luokka C, taulukko 1) alapuolella.
- Tuloksien suhteen tulee huomioida, että kuormitustilanteen oletuksena on vaunukuorma tiellä ja radalla yhtä aikaa.
- Laskennan tulosten suhteen tulee huomioida, että alueellisia pohjanvahvistuksia suunniteltaessa tehtyjen arvioiden mukaan ei tarvitse huomioida raideliikenteen tärinän vaikutukset. Eristysrakenteita tärinälle ei siten tarvitse suunnitella. Tehdyt laskennat ovat koko linjauksen suhteen edustavia poikkileikkauksia.

Mauri Koskinen

Mauri Koskinen, TkT
WSP Finland Oy

Kirjallisuutta

VTT 2001, Rautatieliikenteen tärinän vaikutus rakenteisiin – vaurioalttiuden kartoittaminen ja mittaaminen. Luonnos 47 s.

31.5.2024

VTT 2006, Suositus liikennetärinän arvioimiseksi maankäytön suunnittelussa. Espoo. 46 s.
Liitteitä 33 s. (VTT Working papers 50). ISBN 951 – 38 – 660 – 5. ISSN 1459 – 7683.

RIL 253-2010, Rakentamisen aiheuttamat tärinät. ISSN 0356-9403.

Oulun vankila, rakennettavuusselvitys. Ramboll 20.12.2023.