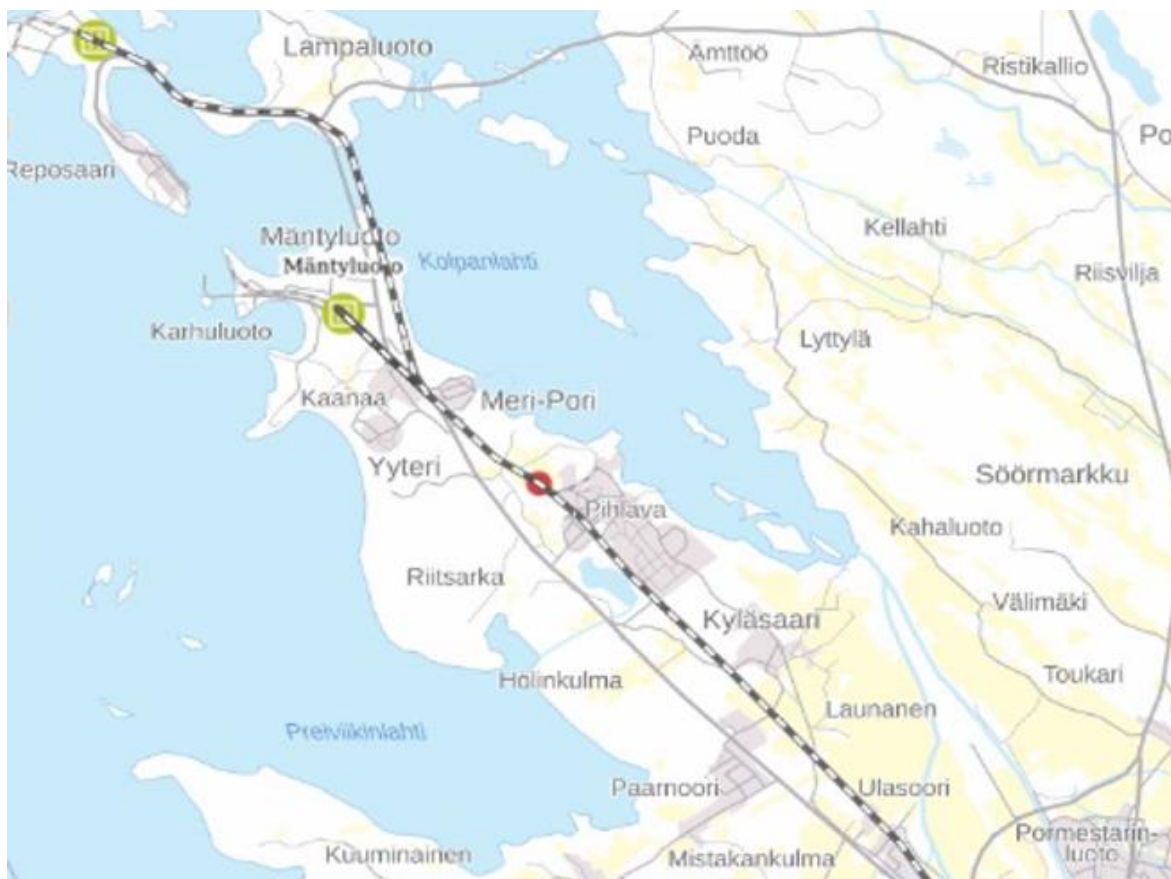


YYTERINNIEMI - TAHKOLUOTO, JUNALIIKENTTEEN TÄRINÄVAIKUTUSARVIOINTI

YS-VAIHE

28.6.2024



PROJEKTI 319890

Kuva: Suunnittelualue

Sisällysluettelo

1.	Yleistä	3
2.	Lähtötietoja.....	3
3.	Kiskoliikenteen tärinät.....	4
4.	Tarkasteltavan alueen kuvaus	5
4.2	Alueet 1...3 (kmv 328 ... 330)	8
4.3	Alueet 4...6 (kmv 330 ... 332)	9
4.4	Alueet 7 ja 8 (kmv 338 ... 340)	9
4.5	Alueet 9 ja 10 (kmv 340 ... 343)	10
5.	Numeerinen FEM-analyysi	10
6.	Yhteenveto ja johtopäätökset	10
	Kirjallisuutta.....	18

1. Yleistä

Työssä laaditaan osayleiskaavavaiheen tärinäselvitys Yterinniemi – Tahkoluoto kaavoitusalueen rataympäristöön. Tämän tarkastelun tavoitteena on arvioida junaliikenteen tärinävaikutuksia alueen rakennuskantaan. Hankkeen tilaajana on Porin kaupunki. Kaavaillun linjauksen lähiympäristön nykytila selvitetään rakennusten ja asukkaiden kannalta siten, että mahdolliset ongelmakohteet tärinän ja värähtelyn kannalta voidaan tunnistaa. Linjauksen pituus on noin 22 km (kmv 328 ... 350). Tarkastelussa painotetaan junaradan tärinävaikutuksia.

Hyvänä käytäntönä tärinäselvityksissä on perusteltua ottaa huomioon seuraavaa: *Värähtelymittausten perusteella rakentamisen kannalta huomioitava tärinäalue ulottuu radan varrella noin 70 ... 100 metrin etäisyydelle lähimmästä raiteesta. Näillä alueilla jatkosuunnittelussa tulee varmistaa, ettei rakennusten runko- ja välipohjarakenteiden resonanssitajuuksia mitoiteta maaperässä esiintyvien värähtelyhuippujen kohdalle.* Tässä selvityksessä tarkastellaan vain tärinävaikutuksia. Tärinän vaikutusarvioinnin tuottamiseksi kohteessa on tehty numeerista laskentaa.

Rautatieliikenteen tärinävaikutuksien arviointi perustuu tässä osaltaan muissa projekteissa tehtyjen vastaavien tärinämittausten tuloksiin. Arvioinnissa otetaan huomioon maaperän ominaisuudet ja raiteiden etäisyys rakennuksista. Arviointi perustuu olemassa olevaan maaperäaineistoon. Tilaaja on luovuttanut selvityksen tekijän käyttöön maaperätiedot linjauksen läheisyydestä valmiina kartta-aineistona sekä tarvittaessa perustamistapatiedot erikseen määritettyjen rakennusten osalta.

2. Lähtötietoja

Liikenneperäisen tärinän ohjearvot perustuvat mitatun tärinän heilahdusnopeuden $v_{w,95}$ taa-juuspainotetun tehollisarvon perusteella tilastollisesti määritettyyn tunnuslukuun $v_{w,95}$ [mm/s]. Suositus asuinrakennusten ja niitä vastaavien asuintilojen värähtelyluokituksista (VTT Tiedotteita 2278, 2004) on esitetty taulukossa 1. Luokitus perustuu ihmisen kokeman tärinän häiritsevyyteen. Kun kyseessä on muu kuin asumistarkoitus, tavoiteraja voi olla kaksinkertainen.

Taulukko 1. Suositus asuinrakennusten ja vastaavien asuintilojen värähtelyluokituksista (VTT 2006).

Värähtelyluokka	Kuvaus olosuhteista	$v_{w,95}$ [mm/s]
A	Hyvät asuinolosuhteet. <i>Ihmiset eivät yleensä havaitse tärinää.</i>	$\leq 0,10$
B	Suhteellisen hyvät olosuhteet. <i>Ihmiset voivat havaita tärinän, mutta se ei ole yleensä häiritsevää.</i>	$\leq 0,15$
C	Suositus uusien rakennusten ja väylien suunnittelussa. <i>Keskimäärin 15 % asukkaista pitää tärinää häiritsevänä ja voi valittaa häiriöstä.</i>	$\leq 0,30$
D	Olosuhteet, joihin pyritään vanhoilla asuinalueilla. <i>Keskimäärin 25 % asukkaista pitää tärinää häiritsevänä ja voi valittaa häiriöstä.</i>	$\leq 0,60$

Rakenteiden perustusten vaurioalttiutta kuvataan taulukon 2 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 värähtelyalttiuden alue <i>Rakenteiden vauriot mahdollisia</i>	$\geq 3,0$	$\geq 5,0$
H	Vähäisen värähtelyalttiuden alue <i>Rakenteiden haitat mahdollisia</i>	$\leq 3,0$	$\leq 5,0$
E	Rakenteiden vaurioriski epätodennäköinen	$\leq 1,0$	$\leq 1,6$

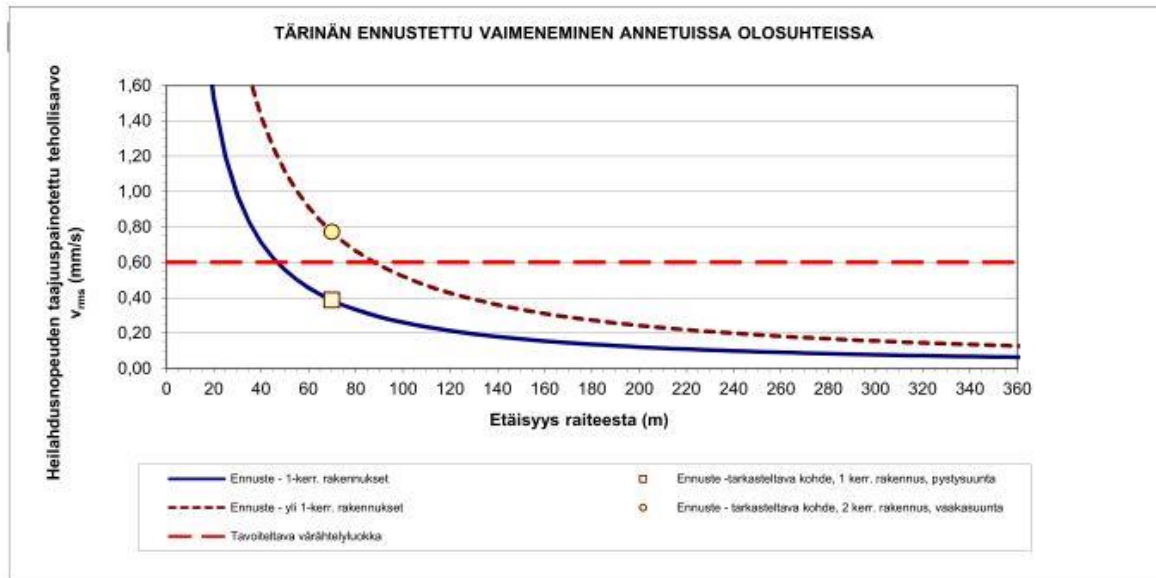
Tärinän tuottamaa haittaa asumismukavuudelle maankäytön suunnittelussa arvioidaan tunnusluvun $v_{rms,95}$ perusteella. Tämä perustuu yksittäisten liikennetapahtumien suurimpiin värähtelyn tehollisarvoihin ja näiden perusteella laskettuun keskiarvoon sekä hajontaan siten, että $v_{rms,95}$ on viidentoista suurimman yksittäisen tapahtuman keskiarvo lisättynä 1.8 kertaa viidentoista suurimman yksittäisen tapahtuman hajonta.

3. Kiskoliikenteen värinät

Tärinähaitat on otettava huomioon yhdyskuntasuunnittelussa. Liikennetärinä voi olla asuinrakennusten lisäksi häiritsevää esimerkiksi julkisissa tiloissa, joissa on tärinäherkkiä laitteistoja. Valitusten lisääntyminen voi olla seurausta esimerkiksi liikenteellisistä muutoksista ja radan rakenteissa tapahtuneista muutoksista sekä myös ilmastollisista sääolosuhteista, kuten roudasta ja pohjaveden pinnan muutoksista. Tärinäriskiä pidetään yleensä suurehkona, mikäli maaperä koostuu pehmeistä maalajeista tai löyhistä kerroksista, kun pohjavesi on läsnä. Kuitenkin paikallisesti kaltevat tiiviit karkearakeiset kerrokset ja erityisesti kallio saattaa nostaa heijastusten kautta tärinän vastetta.

Ominaistaajuudet ja –muodot määritetään dynaamisten analyysien erityistapauksissa rakenteellisen systeemin resonanssitilanteen selvittämiseksi. Resonanssitilanteessa systeemi menettää rakenteellisen toimintakykynsä. Useimmiten kuitenkin junaliikenteen tuottama resonanssitilanne vaatii pitkähköön raskaan kaluston muodostaman syklistarjan (10...15 toistuvaa harmonista herätettä). Voidaan havaita, että epäedullisimmat tilanteet muodostuvat korkealla rakennuksella vaakasuuntaisiin värähtelyihin. Useimmissa rakennusjärjestelmissä riittää 10 alimman ominaistaajuuden määrittäminen. Tavoitteena on, että radan liikenne ei muodosta riittävän pitkää ja energialtaan korkeata herätettä näiden ominaismuotojen heräämiseksi ja tämä saattaa vaatia suojaustoimenpiteitä.

Tärinän leviäminen ympäristössä herätelähteestä on mahdollista arvioida alustavasti esimerkiksi oheisen kuvan 1 mukaisella mallilla. Kuva 1 edustaa tällaista esimerkkitapausta. VTT:n ohje ”Suositus liikennetärinän arvioimiseksi maankäytön suunnittelussa” /1/ esittää tällaisten ennustekäyrien arviointiperiaatetta.



Kuva 1. Esimerkki tärinän leviämisestä tärinälähteestä ympäristöön.

4. Tarkasteltavan alueen kuvaus

4.1 Yleistä

Alue (linjaus) sijaitsee Porissa Yyterinniemi - Tahkoluoto alueella. Radan tasaus vaihtelee tasolla +1 ... +8 ollen etelämmässä keskimäärin pohjoista osuutta alempana. Maanpinnan korkeus vaihtelee kohdittain tästä. Alueen ympäristössä on melko runsaasti rakennuskantaa. Rakennuksia on sijoitettu lähimmillään noin 30 ... 50 m etäisyydelle radasta.

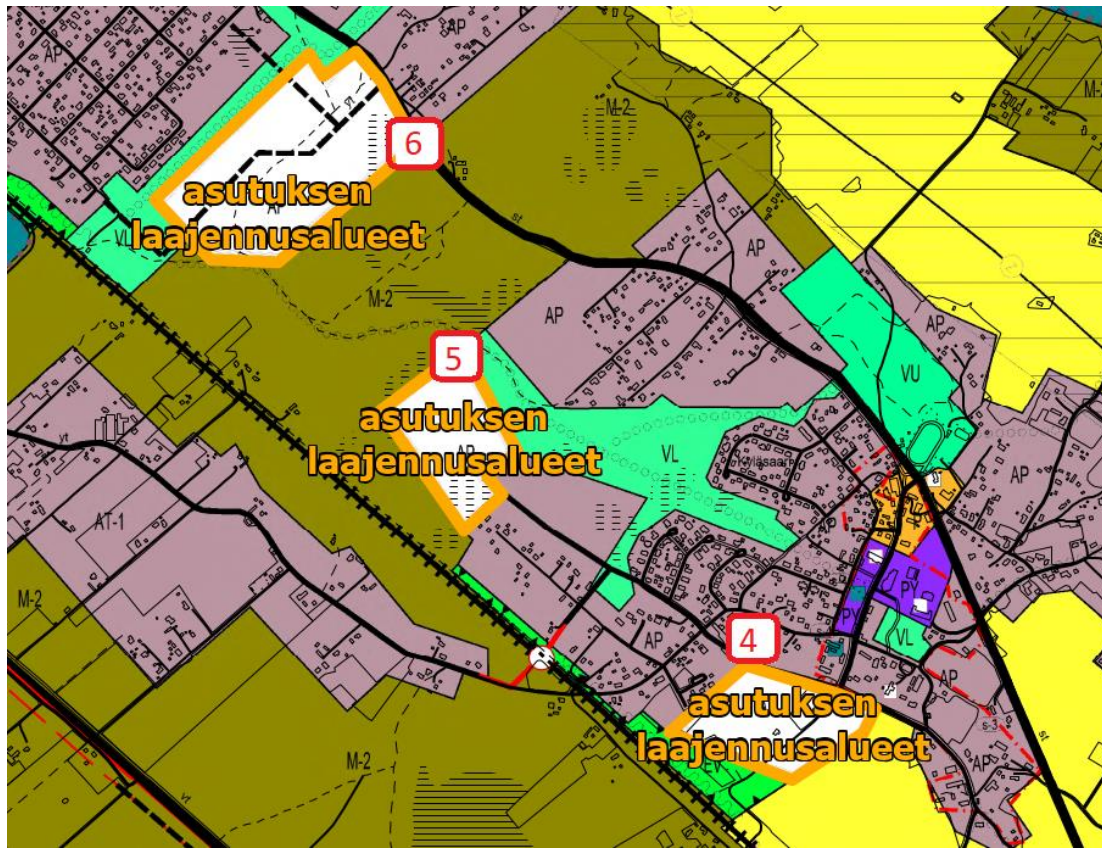
Alueen (linjauksen) läheisillä katuosuuksilla on kaksisuuntaista autoliikennettä. Nopeusrajoitus vaihtelee välillä 40 ... 60 km/h. Ajoin kunnossa on keskimäärin hyvä.

Alueiden selkeän esitystavan vuoksi on linjaus jaettu osa-alueisiin. Linjauksen tarkasteltavat osa-alueet on esitetty kuvassa 2. Nämä ovat maasto-olosuhteiltaan aluekohtaisesti pääosin samanlaiset. Aluejako tarkastelua varten perustuu paljolti maasto-olosuhteiden samankaltaisuuteen yksittäisen alueen sisällä.

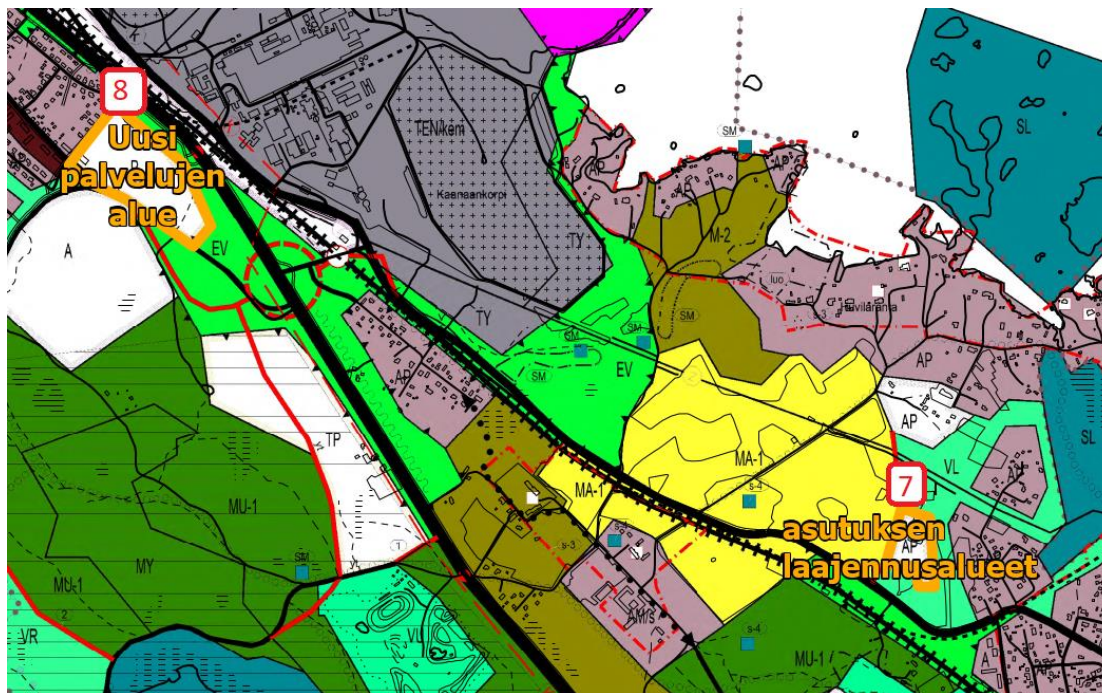
Junaliikenteen osalta yleensä uusille asuin- ja liikerakennuksille hyväksyttävä värähtelyluokka täyttyy silttialueilla yli 50 m etäisyydellä ja korkeampien rakennusten osalta 90 m etäisyydellä. Jos raiteita on useampi, tulee määritys tehdä korkeamman nopeuden omaavasta raiteesta. Merkittävin taajuusalue on tärinän kannalta kokemusperäisesti useimmiten 8 ... 13 Hz, mutta voi nousta huomattavasti korkeammaksi (< 50 Hz). Todennäköisesti pystyvärähtely on keskimäärin määräävä. Jos savikerroksen paksuus ei ole suuri, tulee

Seuraavassa on kuvattu eri osa-alueiden asutus ja teollisuuden laajennusalueet, joilla myös tärinää ja värähtelyä joudutaan tarkastelemaan. Nämä alueet on esitetty kuvassa 2.

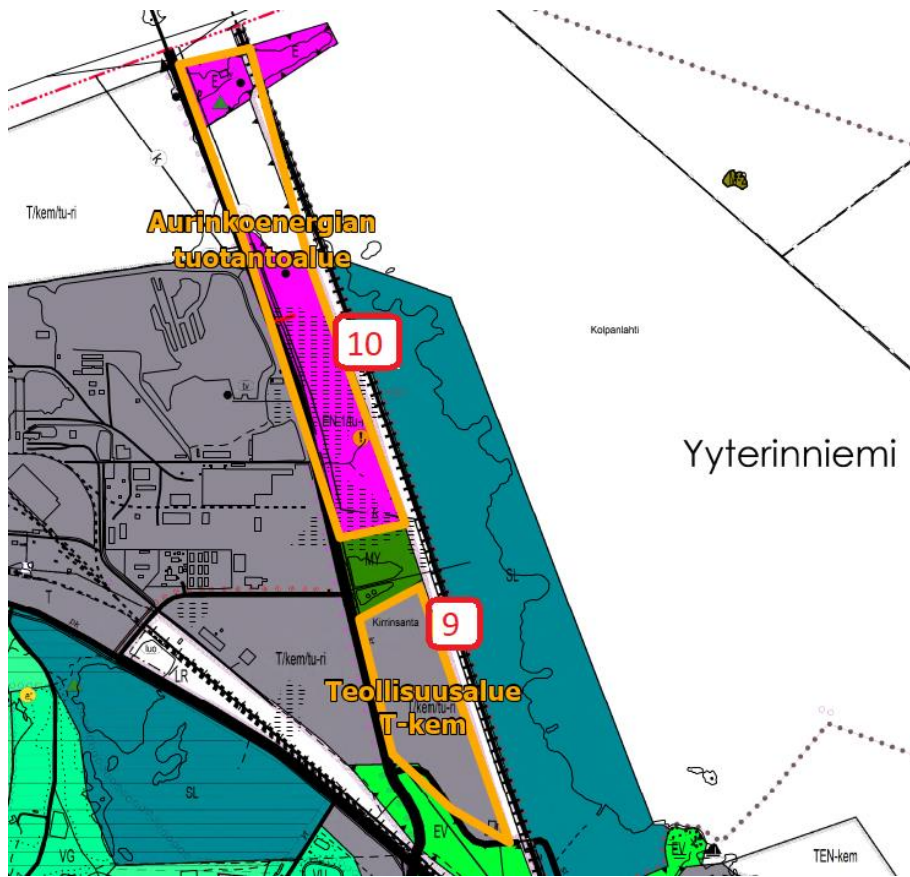




Kuva 2b. Tarkasteltavat osa-alueet 4...6.



Kuva 2 c. Tarkasteltavat osa-alueet 7...8.



Kuva 2 d. Tarkasteltavat osa-alueet 9...10.

4.2 Alueet 1...3 (kmv 328 ... 330)

Alue- ja maaperäkuvaus, rakennuskanta ja värinän ongelmakohtat

Alue on tarkastelualueen eteläpäässä ja on pituudeltaan noin 2 km. Linjaus alkaa ratakilometrin kohdalta km 328 ja loppuu kohdalle km 330. Tasaas (kv) vaihtelee välillä + 3 ... + 5. Asutuksen laajennusalueet ovat radan välittömässä läheisyydessä. Alueisiin 1 ja 2 vaikuttaa myös toisella reunalla kulkeva yleinen maantie.

Maaperäkartin ja pohjatutkimusten mukaan alue on pääosin kitkamaata. Alueella on vain lyhyt jakso savikkoaa. Rakennetut kohdat ovat yleisen rakentamista koskevien ohjeiden mukaisia kitkamaakerroksia. Kallio tai kovan pohjan taso on paikoitellen vain muutaman metrin syvyydessä. Kairaukset ovat päättyneet kovaan pohjaan tai kallioon. Pehmeikön kairaukset ovat ulottuneet riittävän syvälle pohjasuhteiden varmentamiseksi. Pohjaveden korkeus on yleisesti arviolta 1...2 m maanpinnan alapuolella. Alueella on havaittavissa kuivakuoriseava.

Alueella on autoliikennettä. Tieosuuksia on Mäntyluodontien lisäksi lähinnä pienehköjä paikallisteitä ja pihakatuja. Nopeusrajoitus on 40 ... 60 km/h. Ajoratojen kunto on hyvä. Alueen

rakennukset on sijoitettu lähimmillään noin 30 ... 50 m ratalinjauksesta. Alueen rakennuskanta on omakotitalo- ja toimitilarakennuksia.

Kaikki kohdat (pois lukien lyhyt savipehmeikkö) ovat suhteellisen hyvää aluetta tärinän vaiementumisen kannalta. Uudisrakennukset voidaan perustaa maanvaraisesti. Alueella on aiemmin toteutettu tärinämittauksia.

4.3 Alueet 4...6 (kmv 330 ... 332)

Alue- ja maaperäkuvaus, rakennuskanta ja tärinän ongelmakohdat

Alue on kokolinjauksen alkuosalla ja on pituudeltaan noin 2 km. Linjaus alkaa ratakilometrin kohdalta km 330 ja loppuu kohdalle km 332. Tasausta vaihtelee välillä + 3 ... + 6. Alueet ovat melko lähellä ratalinjaa.

Maaperäkartan ja pohjatutkimusten mukaan alue ei ole varsinaista pehmeikköä. Jonkin verran on kuivakuorta havaittavissa. Rakennetut kohdat ovat ohjeen mukaisia kitkamaakerroksia. Syvemmällä on kitkamaita ja kallio. Kairaukset ovat päättyneet kovaan pohjaan tai kallioon. Pohjaveden korkeus on yleisesti arviolta 1...2 m maanpinnan alapuolella.

Alueella on bussi- ja autoliikennettä. Nopeusrajoitus on 40 ... 80 km/h. Ajo-otien kunto on hyvä. Viereisten alueiden rakennukset on sijoitettu lähimmillään noin 25 ... 80 m linjauksesta. Tämä rakennuskanta on omakotitalorakennuksia. Asutuksen laajennusalueilla ei ole rakennuskantaa nykytilanteessa.

Uudisrakennukset voidaan perustaa maanvaraisesti. Näihin alueisiin vaikuttaa lievästi myös toisella reunalla kulkeva yleinen maantie.

4.4 Alueet 7 ja 8 (kmv 338 ... 340)

Alue- ja maaperäkuvaus, rakennuskanta ja tärinän ongelmakohdat

Alue on pituudeltaan noin 2 km. Linjaus alkaa ratakilometrin kohdalta km 338 ja loppuu kohdalle km 340. Tasausta (kv) vaihtelee välillä + 2 ... + 9. Alueet ovat radan ja maantien läheisyydessä.

Maaperäkartan ja pohjatutkimusten mukaan alue on pääosin kitkamaata. Rakennetut kohdat ovat ohjeen mukaisia kitkamaakerroksia. Kallio tai kovan pohjan taso on vain muutaman metrin syvyydessä. Kairaukset ovat päättyneet kovaan pohjaan tai kallioon. Pehmeikön kairaukset ovat ulottuneet riittävän syväälle pohjasuhteiden varmentamiseksi. Pohjaveden korkeus on yleisesti arviolta 1...2 m maanpinnan alapuolella.

Alueella on autoliikennettä. Tieosuuksia on Mäntyluodontien lisäksi lähinnä pienehköjä paikallisteitä ja pihakatuja. Nopeusrajoitus on 40 ... 60 km/h. Ajo-otien kunto on hyvä. Asutuksen laajennusalueilla tai uudella palvelujen alueella ei ole rakennuksia. Viereisten alueiden rakennuskanta on omakotitalo- ja teollisuustyyppistä infraa.

Kaikki kohdat ovat suhteellisen hyvää aluetta värinän vaimentumisen kannalta. Alueisiin vaikuttaa myös läheinen yleinen maantie.

4.5 Alueet 9 ja 10 (kmv 340 ... 343)

Alue- ja maaperäkuvaus, rakennuskanta ja värinän ongelmakohdat

Alue on pituudeltaan noin 3 km. Linjaus alkaa ratakilometrin kohdalta km 340 ja loppuu kohdalle km 343. Tasaus (kv) vaihtelee välillä + 2 ... + 6. Alueet ovat radan välittömässä läheisyydessä. Alueella on kaavoitettua teollisuutta, mm. aurinkoenergiantuotantoalue.

Maaperäkartan ja pohjatutkimusten mukaan alue on pääosin silttipehmeikköä. Rakennetut kohdat ovat ohjeen mukaisia kitkamaakerroksia. Kallio tai kovan pohjan taso on vain muutamien metrien syvyydessä. Kairaukset ovat päättyneet kovaan pohjaan tai kallioon. Pehmeikön kairaukset ovat ulottuneet riittävän syvälle pohjasuhteiden varmentamiseksi. Pohjaveden korkeus on yleisesti arviolta 1...2 m maanpinnan alapuolella.

Alueella on autoliikennettä. Tieosuuksia on Mäntyluodontien lisäksi lähinnä pienehköjä paikallisteitä ja pihakatuja. Nopeusrajoitus on 40 ... 60 km/h. Ajoratojen kunto on hyvä. Alueen rakennukset on sijoitettu lähimmillään noin 50 ... 80 m ratalinjauksesta. Alueen rakennuskanta on lähinnä toimitilarakennuksia.

Kaikki kohdat ovat suhteellisen hyvää aluetta värinän vaimentumisen kannalta. Alueisiin vaikuttaa myös toisella reunalla kulkeva yleinen maantie.

5. Numeerinen FEM-analyysi

Yleistä

Suunnittelualueeseen kohdistuvaa värinää on tarkasteltu FEM-laskennan tulosten perusteella. Laskennallisessa tarkastelussa värinän 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 on huomioitu kaluston ns. lovipyöräheräte, joka voi aiheuttaa normaalia voimakkaampia värinän lähtötasoja, jolloin niiden vaikutus voi olla 5...10-kertainen normaalin kaluston aiheuttamaan herätteen verrattuna.

Tarkastelun laskennat olivat luonteeltaan dynaamisia "pakkovärähtelyanalyysijä". Mallissa materiaalikäyttäytyminen on lineaarista ilman myötöehtoa. Laskentaelementin koko valittu siten, että jokaisen elementin dimensiot vastaavat suurinta muodostuvaa värinän aallonpituutta. Värinän vasteita on havainnointi rakennuksen eri kerroksissa.

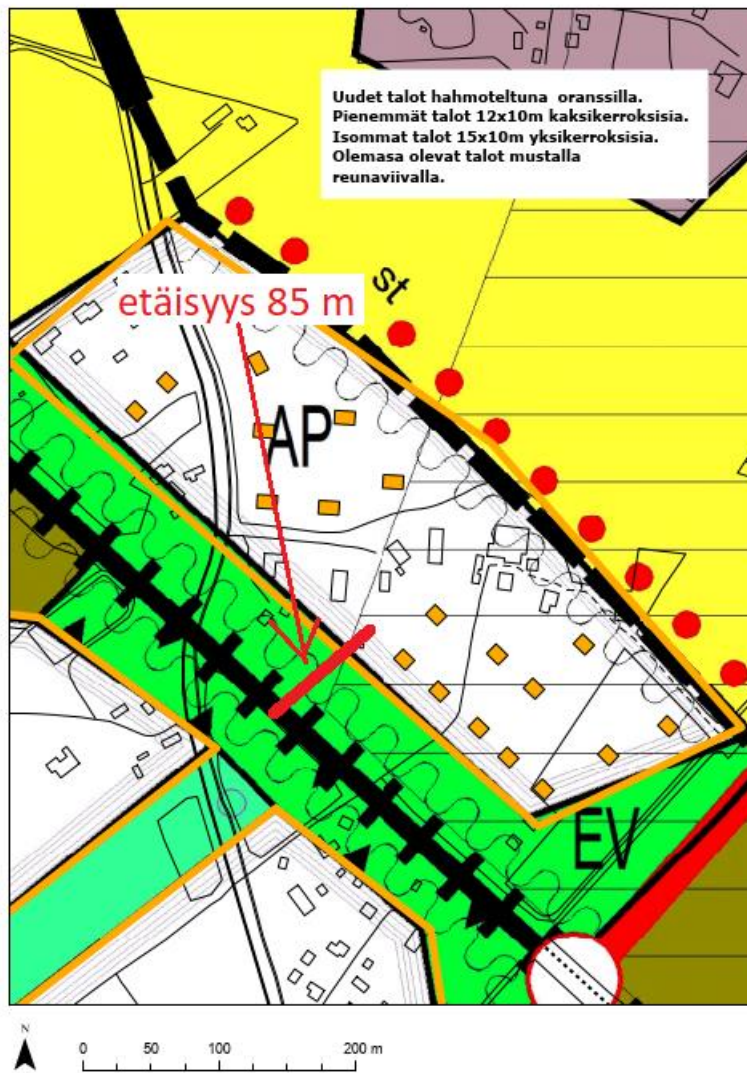
Dynaamisessa analyysissä rautatien kiskoja kuvaaviin solmuihin kytkettiin arvioidun värinäimpulssin mukainen kuorma-amplitudi. Laskennassa käytetyn kuorman amplitudi on

saatu empiirisen mittaustiedon perusteella, jossa on otettu huomioon akselipaino. Laskennan aikajaksoksi valittiin 1 s, koska vasteen suppeneminen on tällöin jo havaittavissa. Nopeutena käytettiin 80 km/h ja akselipainoa 20 tonnia.

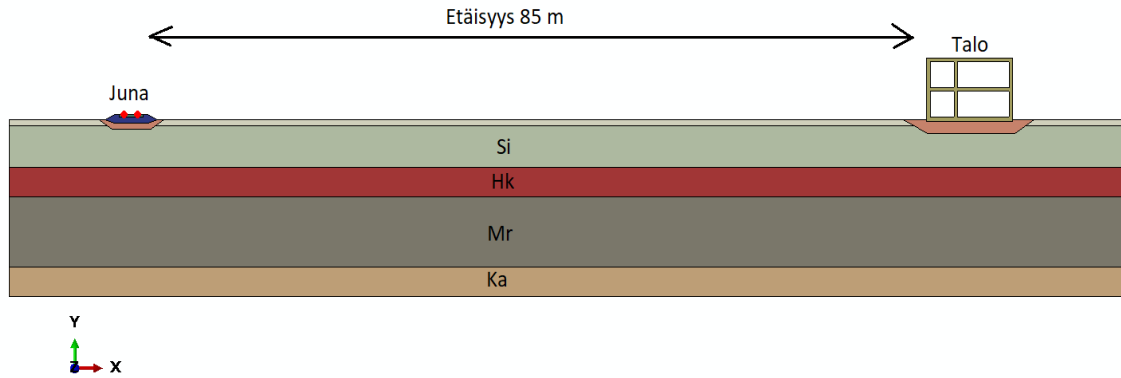
Laskennan mallipoikkileikkaukset (yksinkertaistettu runkojäykkyys) on kuvattu elementtimenetelmällä käyttäen 2D-solid –tyyppisiä lineaarisia tasomuodonmuutostilaelementtejä, joiden DOF –luku on 2 kpl solmua kohden (translaatiovapausasteet). Mallin koot ovat DOF = 36100 ... 38100. Mallin reunat ja pohja ovat reunaehdoiltaan energiaa absorboivat. Rakennusten jäykistyksen oletetaan tapahtuvan osittaisen runkojäykistämisen kautta. Rakennukset on perustettu maanvaraisesti. Rakennusrunko on mallinnettu ekvivalenttisena (tiiliverhous huomioiden) betonimateriaalina. Rakennusrunkoihin ei ole oletettu tehtäväksi kellari-kerrosta.

Analyysin tuloksia

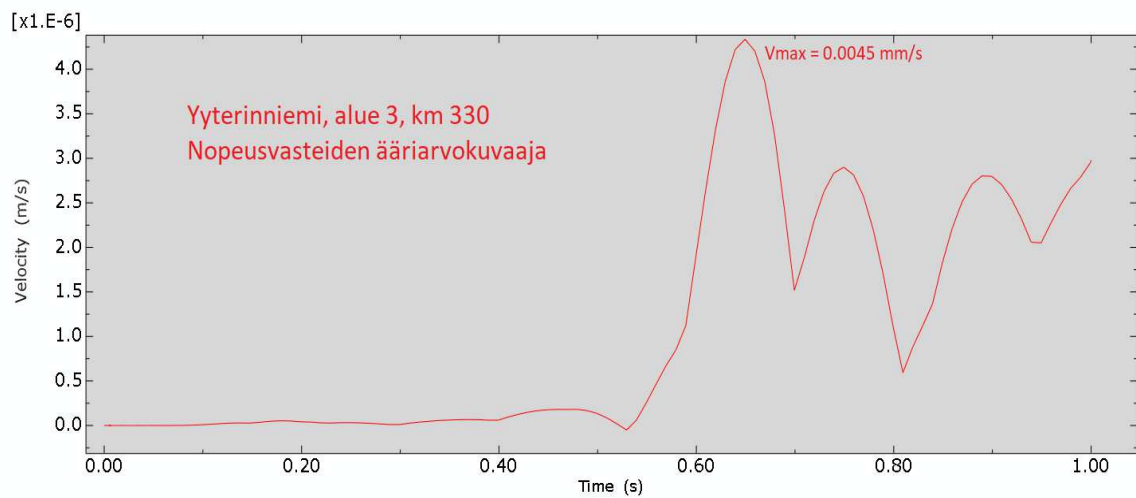
Pohjasuhteiden arvioinnissa on pääosin käytetty alueen maaperätietojen perusteella muodostettua geoteknistä poikkileikkausta (alue 3). Sijainti ilmenee kuvasta 3. Maaperätiedot ilmenevät kuvasta 4. Laskennan tulokset (nopeusvasteet) alueen 3 osalta etäisyydellä 85 m ilmenevät kuvasta 5. Tämä alue edustaa alueiden 1...8 osalta ns. mallipoikkileikkausta, koska kaavoitus on yleiskaavavaiheessa ja rakennusten massoittelu on vielä suunnitteluasteella. Tarkastelu edustaa myös muiden alueiden 1...8 värinätilannetta. Tässä laskennassa on arvioitu myös etäisyyden vaikutusta värinän tasoihin, kuva 6. Alueiden 9...10 osalta on arvioitu teollisuusrakentamisen vaikutuksia maankäyttöön. Tällöin on laskentamallissa, sijainti kuva 7, tarkasteltu teollisuushallin käyttäytymistä rataympäristön pehmeikköalueella. Laskentamalli ilmenee kuvasta 8. Laskennan tulos ilmenee kuvasta 9.



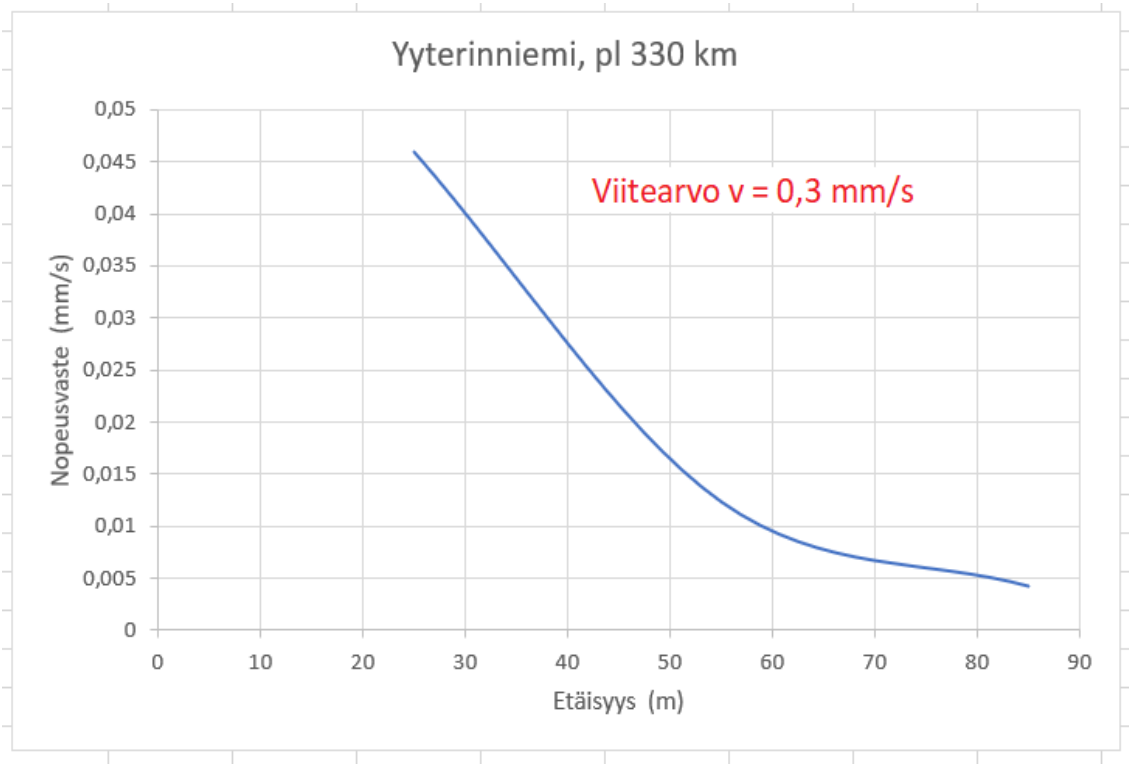
Kuva 3. Alueen 3 laskentaleikkauksen kohta, km 330.



Kuva 4. Laskennan mallipoikkileikkaus, alue 3, km 330.

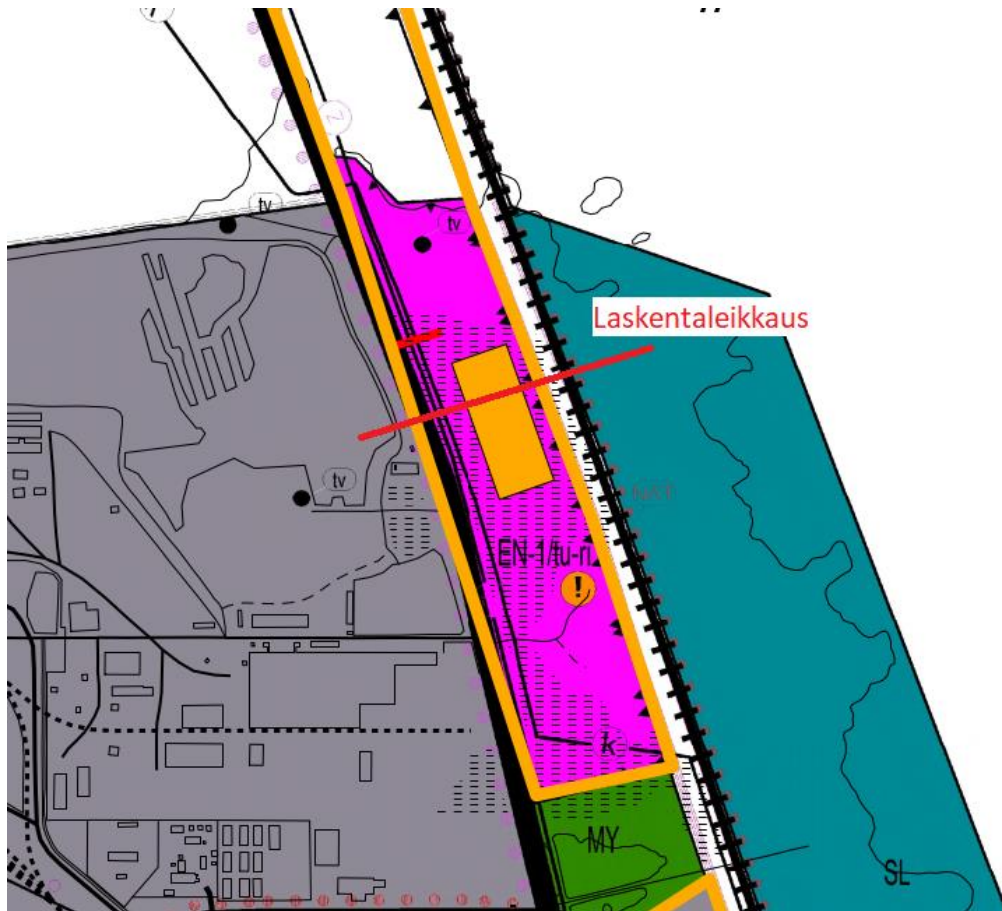


Kuva 5. Dynaaminen nopeusvaste, alue 3, tarkastelupisteiden ääriarvokuvaaja, etäisyys 85 m radasta.

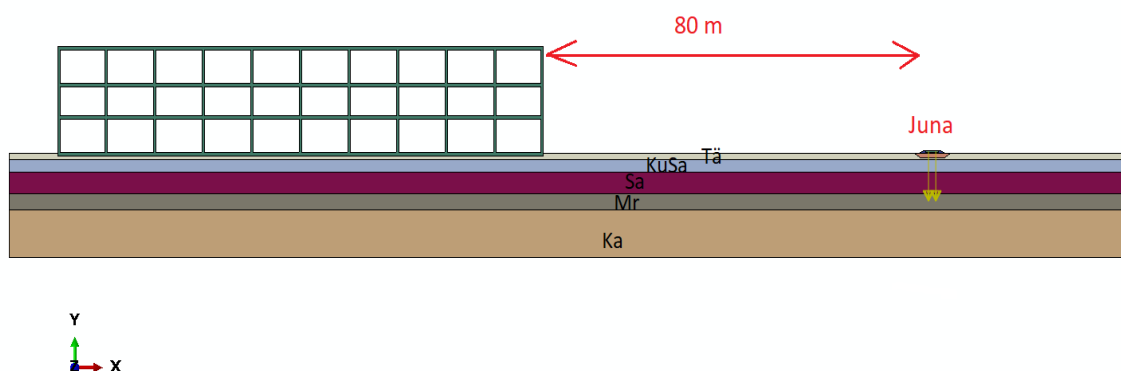


Kuva 6. Etäisyysvertailu kohdassa km 330, kuva 3.

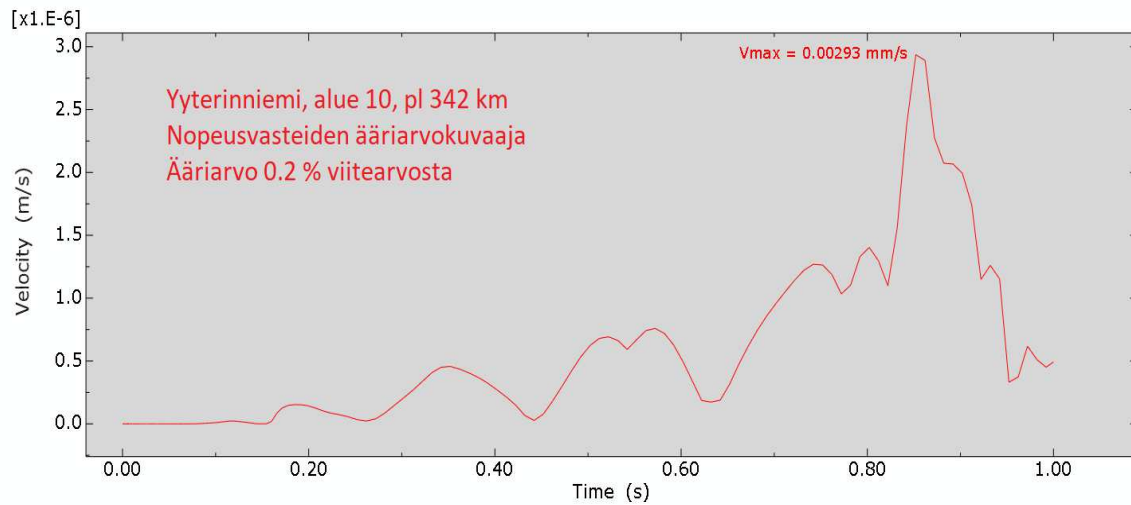
Kuvan 6 etäisyysvertailun perusteella voidaan todeta, että rakennusinfraa voidaan tehdä lähelle ratalinjaa tärinän laskennallisen nopeusvasteen ylittämättä asutukselle annettua viitearvoa $0,3 \text{ mm/s}$. On kuitenkin huomioitava, että teknisistä syistä tulee pitää turvaetäisyys ($> 10 \text{ m}$) myös rata-alueen rajaan nähden.



Kuva 7. Alueen 10 laskentaleikkaus (teollisuushalli).



Kuva 8. Alueen 10 laskentaleikkaus.



Kuva 9. Alueen 10 laskentaleikkauksen dynaamiset nopeusvasteet (tarkkailupisteiden ääriarvokuvaaja), teollisuushalli.

Lopputoteama, alue 3 ja alue 10.

Laskennallisen tarkastelun tuloksena on esitetty rakennukseen kohdistuvien värähtelyn vaak- 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.
- Rakennuksen etäisyys tärinää mitoittavaan raiteeseen on 85 m (alue 3) ja 80 m (alue 10). Nopeutena on käytetty 80 km/h ja akselipainona 20 tonnia.
- Sallitut vasteiden viitearvot $v_{w,95}$ ovat seuraavat /RIL 253-2010/:
 - siirtymävaste
 - nopeusvaste 0.3 mm/s (asuininfra) 0.6 mm/s (teollisuusinfra)
 - kiihtyvyydvaste
- Tarkastelun perusteella värähtelyn laskennalliset **maksimitasot** ovat seuraavat (suhteellinen osuus sallitusta viitearvosta $v_{w,95}$):
 - nopeusvaste 0.0045 mm/s, alue 3 (1.5 %)
 - nopeusvaste 0.00293 mm/s, alue 10 (0.2 %)

6. Yhteenveto ja johtopäätökset

Tässä tarkastelussa on arvioitu tehtävämäärittelyn mukaisesti ihmisen värinänä tuntemaan värähtelyn tasoa ja vaimentumista radan läheisyydessä. Mittauksia ei kohteessa ole tehty tässä yhteydessä.

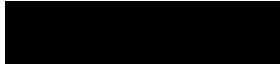
Nopeuskomponenttien vastearvion perusarvona voidaan pitää $v = 0.3$ mm/s (ns. rms-arvo). Tämä antaa käsityksen siitä, mille etäisyydelle voidaan toteuttaa asuinkäyttöön tarkoitettava rakennuskantaa. Teollisuusrakennuksia koskien raja-arvot ovat $v = 0.6$ mm/s. On kuitenkin huomioitava, että lovipyöräheräte (huomioitu laskennassa) on ongelma, joka tuottaa joissakin tapauksissa 5...10 kertaisen impulssin normikalustoon nähden.

Arviointiin liittyviä epävarmuustekijöitä ovat vajavaiset tiedot rakennusten yksityiskohdista, kuten painavat tai herkäät erityislaitteet jne. Näillä voi olla vaikutusta rakennuksessa koettavaan värinään. Jännemitoiltaan pitkät ja joustavat lattiarakenteet voivat pitkien junien vaikutuksesta resonoidessaan aiheuttaa merkittävää värinäefektiä (erityisesti pystyvärähtelyä) rakennuksissa.

- Arvioitujen radan tuottamien värähtelyvasteiden perusteella on esitettävissä, että linjauksen kohteissa – radan läheisyydessä - esiintyvät värinän vasteet alittavat asuinviihtyisyydelle asetetut suositukset. Kuvan 6 etäisyysvertailun perusteella voidaan todeta, että rakennusinfraa voidaan tehdä lähelle ratalinjaa. On kuitenkin huomioitava, että teknisistä syistä tulee pitää turvaetäisyys (> 10 m) myös rata-alueen rajaan nähden. Vaurioitumisalttiudelle asetettu viitearvo (taulukko 2) ei myöskään arvioida ylittävän.
- Pystysuuntainen värähtely voidaan yleensä vaimentaa perustusratkaisujen avulla ja vaakasuuntainen värähtely rakenteellisten ratkaisujen avulla. Yleisesti on nähtävissä, että vaakasuuntainen värähtely on kauempana radasta suurempaa, kuin pystysuuntainen.
- Havaittuja pehmeikköjä ei kuitenkaan juurikaan ole ja nämä ovat pääosin silttialueita. Tuleva rakennuskanta on lähinnä pientaloja, jotka voidaan perustaa maanvaraisesti tai pienehkön massanvaihdon varaan.
- [Tärinän kannalta yksittäisen junan aiheuttama värinäheräte on ratkaiseva. Junien määrällä ei ole vaikutusta. Sovellettua akselipainoa suurempikaan arvo \(25 tn\) ei aiheuttaisi sallitun värähtelytason ylittymistä.](#)

Tarkastelussa ei ole otettu huomioon rakennuksiin mahdollisesti sijoitettavia teknisiä laitteita ja niiden suojaamista värinältä. Suunnittelussa tulee ottaa värinän vaimeneminen tarkemmin huomioon, jotta värinä ei aiheuttaisi häiriöitä teknisille laitteille.

Helsinki 28.6.2024
WSP Finland Oy



Mauri Koskinen
Pohjarakennus

Kirjallisuutta

1. 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.
2. VTT 2005, Suositus liikennetärinän mittaamisesta ja luokituksesta. Espoo. 50 s. Liitteitä 15 s. (VTT tiedotteita 2278). ISBN 951 – 38 – 6523 – 1. ISSN 1235 – 0605.
3. VTT 2001, Rautatieliikenteen tärinän vaikutus rakenteisiin – vaurioalttiuden kartoittaminen ja mittaaminen. Luonnos 47 s.
4. VTT 2011, Ohjeita liikennetärinän arviointiin. Espoo 35 s. Liitteitä 9 s. (VTT tiedotteita 2569). ISBN 978 – 951 – 38 – 7685 – 2. ISSN 1455 – 0865.