

Seinäjoen asemaseudun yleissuunnitelma, tärinäselvitys

Seinäjoen kaupunki



Jussi Kurikka-Oja

6.2.2017

S **SITO**

SISÄLTÖ

1	TAUSTATIEDOT	3
2	TÄRINÄN VOIMAKKUUDEN ARVIOINTI MAANKÄYTÖN SUUNNITTELUSSA	3
	2.1 Liikennetiedot.....	4
	2.2 Maaperä.....	4
	2.3 Aiemmat tärinäselvitykset	5
3	LASKENNALLINEN ARVIO	5
	3.1 Laskennallisen arvioinnin periaatteet	5
4	LASKENNALLISEN ARVION TULOKSET	6
5	JOHTOPÄÄTÖKSET JA SUOSITUKSET.....	9

1 Taustatiedot

Sito Oy on laatinut Seinäjoen kaupungin toimeksiannosta tärinäselvityksen Seinäjoen asemanseudun alueelle. Selvitys on laadittu laskennallisesti ja tärinälähteenä huomioidaan raideliikenne. Työstä on vastannut DI Jussi Kurikka-Oja.

2 Tärinän voimakkuuden arviointi maankäytön suunnittelussa

VTT:n tutkimusraportissa *Liikennetärinä: Alueiden tärinäkartoitus ja rakenteiden vaurioitumisalttius* maaperän värähtelyyn perustuva tärinäalueiden rajausta on kuvattu seuraavasti:

- V-alue, lähinnä rataa oleva alue, jolla maaperän tärinä on niin voimakasta, että se voi aiheuttaa vahinkoriskin rakennuksille tai rakenteille.
- H-alue, hyväkuntoisiin ja tavanomaisiin rakennuksiin ei yleensä aiheudu niiden käyttökelpoisuutta häiritseviä vaurioita, jos liikennetärinä on huomioitu resonanssille herkien rakenteiden suunnittelussa. Tärinä on kuitenkin yleensä selvästi havaittavaa ja häiritsee usein asumismukavuutta. Vaurioitumisriskin arvioinnissa tulee ottaa huomioon rakennuskanta ja käytetyt rakennusmateriaalit.
- E-alue, tärinä ei aiheuta normaalikuntoisten rakenteiden vaurioitumista, mutta voi häiritä asumismukavuutta.

Taulukko 1. Tärinäalueiden rajauksen värähtelyrajat maaperän ominaisuuksien perusteella

Maalaji	Pehmeä savi, leikkauslujuus < 25 kN/m ²	Sitkeä savi, siltti, löyhä hiekka	Tiivis hiekka, sora, moreeni, rikkonainen tai löyhä kallio	Kiinteä kallio
Värähtelyn taajuus	alle 10 Hz	10-20 Hz	20-50 Hz	yli 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	alle 1	alle 1,4	alle 2	alle 2,4

Tärinän häiritsevyyden arvioimiseen ja luokitteluun sovelletaan VTT:n julkaisussa *Suositus liikennetärinän arvioimiseksi maankäytön suunnittelussa, VTT Working Papers 50, Espoo 2006* esitettyä rakennusten värähtelyluokitusta (Taulukko 2):

Taulukko 2. Rakennusten värähtelyluokitus häiritsevyyden arvioinnissa, VTT 2006.

Värähtelyluokka	Kuvaus olosuhteista	$v_{w,95}$ (mm/s)
A	Hyvät asuinolosuhteet (Ihmiset eivät yleensä havaitse värähtelyitä)	£ 0,10
B	Suhteellisen hyvät asuinolosuhteet (Ihmiset voivat havaita värähtelyä, mutta ne eivät ole häiritseviä)	£ 0,15
C	Suositus uusien rakennusten ja väylien suunnittelussa (Keskimäärin 15 % asukkaista pitää värähtelyitä häiritsevinä ja voi valittaa häiriöistä)	£ 0,30
D	Olosuhteet, joihin pyritään vanhoilla asuinalueilla (Keskimäärin 25 % asukkaista pitää värähtelyitä häiritsevinä ja voi valittaa häiriöistä)	£ 0,60

Rakennusten värähtelyluokituksessa rakennukset on jaettu luokkiin A-D tärinän tunnusluvun $v_{w, 95}$ perusteella. Tunnusluku perustuu yksittäisten liikennetapahtumien suurimpiin värähtelyyn taajuuspainotettuihin tehollisarvoihin ja niiden perusteella laskettuun keskiarvoon ja hajontaan seuraavasti:

$v_{w, 95} = 15$ suurimman yksittäisen tapahtuman keskiarvo + $1,8 \times 15$ suurimman yksittäisen tapahtuman hajonta.

Taulukoituja tunnuslukuja sovelletaan asuinrakennuksille. Tunnuslukuja voidaan soveltaa myös muille kuin asuinrakennuksille VTT:n julkaisun *Ohjeita liikennetärinän arviointiin, Espoo 2011* mukaan:

Suosittelava tavoiteraja värähtelyn enimmäisarvolle rakennuksen sisätiloissa on uusilla asuinalueilla 0,3 mm/s ja vanhoilla asuinalueilla 0,6 mm/s. Tämä VTT:n esittämä suositus enimmäisarvoksi (Talja 2002) on otettu käyttöön myös Liikenneviraston ohjeistuksessa (RATO 2008). Tavoitteen tulee toteutua pystyvärähtelyn osalta rakennuksen kaikissa lattioissa ja vaakavärähtelyn osalta rakennuksen jokaisessa kerroksessa. Mikäli kyse ei ole asuinrakennuksesta ja tilojen käyttötarkoitus on sellainen, että liikenteen ei katsota haittaavan lepoa, tavoiteraja voi olla kaksinkertainen esitettyihin arvoihin nähden.

2.1 Liikennetiedot

Liikennetiedot perustuvat Sito Oy:ssä laadittavaan selvitykseen *Seinäjoen ratapihan raiteiston käyttöselvitys, luonnos 30.12.2016*.

2.2 Maaperä

Alueen maaperää on kuvattu rakennettavuusselvityksessä (*Sito Oy, Seinäjoen asemaseudun yleissuunnitelma, rakennettavuusselvitys 26.1.2017*) seuraavasti:

Alueen nykyinen maanpinta vaihtelee pääsääntöisesti tasolla +43...+46. Alue on pohjaolosuhteiltaan tasainen. Suunnittelualue on kokonaisuudessaan pehmeiköllä.

Maanpinnassa on radan ja ratapihan sekä rata-alueita ympäröivän katu- ja liikennealueiden täyttökerroksia. Täyttökerrosten paksuus on pääsääntöisesti 1...2,5 m. Paikallisesti, mm. ratapihalla rummun ympäristössä täyttöjen paksuus on noin 3...5 m. Suurin osa alueesta on rakennettu. Pajuluoman varressa on Lappajärvenpuistossa pienehkö rakentamaton vyöhyke.

Täyttö on pääasiassa radan ja ratapihan rakennekerroksia ja katujen ja pihojen rakennekerroksia, jotka ovat rakeisuudeltaan, sepeliä, hiekkaa ja soraa. Alueilla, joilla ei ole täyttöjä, maanpinnassa on 1...2,5 metrin paksuinen kerros hiekkaa/silttistä hiekkaa.

Täyttömaiden ja rakennekerrosten alapuolella pohjamaa on laihaa savea ja savista silttiä sekä silttiä. Savikerroksen yläosassa on havaittavissa savinen kuivakuorikerros. Savi-/savisen siltti-/silttikerroksen paksuus on noin 3...9 m. Alueen itäkulmassa (matalan pehmeikön alue, rakennettavuuskartta 1) savikerroksen paksuus on paikallisesti alle 2 m.

Savikerroksen alla on 1...7 metrin paksuudelta silttiä, hiekkaista silttiä ja silttistä hiekkaa. Vanhan tavara-aseman kohdalla savikerrosta ei juurikaan ole havaittavissa, vaan tehtyjen painokairausten mukaan alueella on tiivis, paksu silttikerros (sitkeän siltin alue, rakennettavuuskartta 2).

Näytteenottosyvyys on tutkimuspisteissä enintään 5,80m. Näytteenotto ulottuu routatutkimuksissa pääsääntöisesti 2...3 metrin syvyyteen maanpinnasta. Laihan saven vesipitoisuus on

17...50 paino-% ja savisen siltin vesipitoisuus 13...35 paino-%. Siltin vesipitoisuus on 11...30 paino-%.

Alueen eteläosan siipikairauksissa saven redusoimaton leikkauslujuus on ollut 3,0...3,8 metrin syvyydessä maanpinnassa 22...43 kPa. Vanhojen pohjatutkimusten (1950-luvulta) pehmeän savikerroksen leikkauslujuus on ollut alle 2 tn/m² (noin 20 kPa).

Savi-/savisten silttikerrosten alapuolella on löyhä/keskitiivis pohjamoreeni.

Alueella tehdyt painokairaukset ovat syvimmillään ulottuneet tasolle noin +26. Kallionpinnan taso on määritetty Pajuluoman ratasillan ja Kalevalantien alikulkusillan kohdalta. Kallionpinta on tasolla +35,9...+39,5.

2.3 Aiemmat tärinäselvitykset

Selvitystä laadittaessa on ollut käytössä WSP Finland Oy:n laatima raportti *Seinäjoen Asema-alueen tärinäselvitys veturitallin ja varaston alueilla 16-18.6.2010*.

3 Laskennallinen arvio

3.1 Laskennallisen arvioinnin periaatteet

Tärinän leviämistä asemakaava-alueelle tutkittiin VTT:n tutkimusraportissa *Liikennetärinä: Alueiden tärinäkartoitus ja rakenteiden vaurioitumisalttius* esitetyn niin sanotun käsinlaskentamallin avulla. Laskentamallin avulla voidaan huomioida radalla liikkuvan kaluston ominaisuudet (massa, nopeus), maaperän ominaisuudet sekä raiteiston kunnan vaikutus tärinään. Laskennassa on lisäksi huomioitu VTT:n julkaisun mukaisesti varmuuskerroin 2, koska arviointi perustuu laskentakaavaan, jota ei ole kalibroitu paikallisiin olosuhteisiin mittausten avulla.

Laskentamalli perustuu kaavaan (1):

$$v_G = v_0 \cdot \left(\frac{D_0}{D}\right)^B \cdot \left(\frac{S_0}{S}\right)^A \cdot \frac{G}{G_0} \cdot k_r \cdot F \quad (1)$$

Jossa,

v_G = maanpinnan värähtelyn huippuarvo

v_0 = värähtelyn perusarvo maaperän mukaan. Taulukoitu.

D = tarkasteluetaisyys (m)

B = etäisyyskseenponentti maaperän mukaan. Taulukoitu.

S = nopeus, S_0 on 70 km/h

A = nopeusekseenponentti (0, 9...1,1)

G = Junan kokonaispaino, G_0 on 2000t

k_G = junan painosta riippuva kerroin

k_R = radan kunnosta riippuva kerroin

F = Varmuuskerroin, lukuarvo 2 jos kalibroitua ei voida tehdä mittausten perusteella

Rakennuksiin siirtyvästä tärinästä kerrotaan julkaisussa *Suositus liikennetärinän arvioimiseksi maankäytön suunnittelussa seuraavaa*:

Arvioinnin pääperiaatteena on, että laskentakaavoilla tai mittaamalla selvitetään maanpinnan pystyvärähtelyn tunnusluku $v_{w, 95}$. Asuintiloissa esiintyvä värähtely arvioidaan kertomalla maaperän pystyvärähtely rakennuksen tyypistä riippuvalla kertoimella. Kerroin on 2,0 lukuun ottamatta seuraavia tapauksia, joille kerroin on 1,0:

- Rakennuksen lattiat ovat maanvaraiset.
- Rakennus on yksikerroksinen ja perustettu paaluille.
- Rakennus on vähintään 5-kerroksinen.

Kertoimen 1,0 käyttö perustuu VTT:n tekemiin koemittauksiin:

Tulosten perusteella on annettu suositus, että suunnittelun perusteena käytetään maaperän pystysuuntaisen värähtelyn tunnuslukua. Yksikerroksisilla rakennuksilla vaakavärähtelyä ei tarvitse huomioida. Kaksikerroksisten rakennusten vaakavärähtelyssä on suositeltu varautumista kaksinkertaiseen värähtelyn tunnuslukuun. Myös ala- ja välipohjien pystysuuntaisessa värähtelyssä suositellaan varautumista kaksinkertaiseen värähtelyn tunnuslukuun. Poikkeuksena ovat paaluille perustettujen 1-2 kerroksisten talojen ala- ja välipohjat sekä maanvaraiset lattiat, joilla riittää varautuminen maaperän värähtelyn suuruiseen tunnuslukuun.

Tässä selvityksessä rakennusten värähtelyluokitukseen verrattava tärinän tunnusluku on muodostettu raskaimpien tavarajunien laskennallisen tärinän perusteella. Lisäksi on huomioitu erot tärinän siirtymisessä maaperän ja rakenteiden välillä edellä esitetyillä rakennetyypeillä.

4 Laskennallisen arvion tulokset

Laskenta on tehty kahdelle tarkastelujunalle ja kulkureitille: Läpiajoraiteiden osalta 70 km/h nopeudella liikkuvan tavarajunan (3600t) aiheuttamaa tärinää sekä tavararatapihan kautta kulkevan, 50 km/h nopeudella liikkuvan tavarajunan (2400t) tärinää. Laskentamalli on kalibroitu paikallisiin olosuhteisiin aiempien mittaustulosten avulla.

Tuloksia on verrattu jatkosuunnittelun tueksi V-, E-, ja H-alueiden raja-arvoihin sekä rakennusten värähtelyluokituksen luokkiin D (olemassa olevat asuinrakennukset) ja C (uudet asuinrakennukset).

V-alueen raja-alue esitetään kuvassa 1. Rajauksen sisään jäävällä alueella maaperän tärinä on niin voimakasta, että se voi aiheuttaa haittaa rakennuksille ja rakenteille.



Kuva 1. V-alueen rajaus

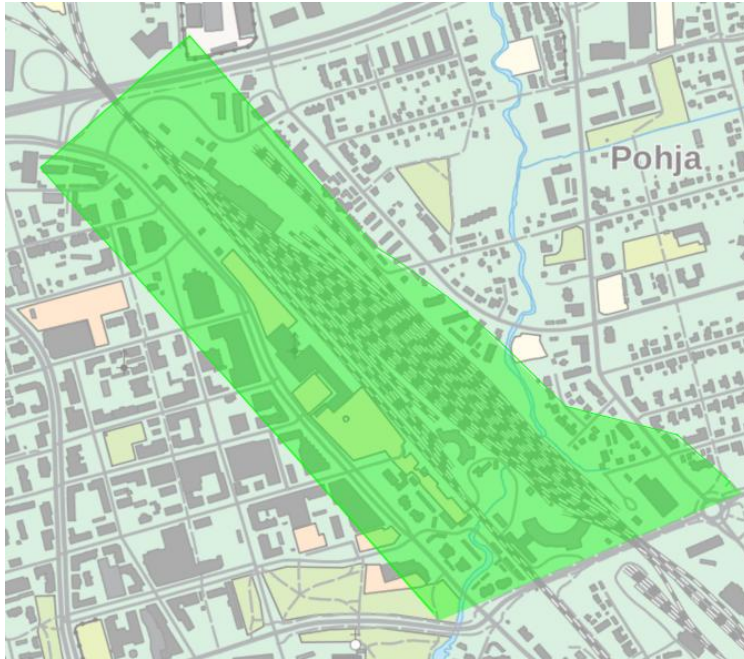
H- ja E-alueiden rajaukset esitetään kuvassa 2 sinisellä korostettuna. Rajauksen sisään jäävällä alueella maaperän tärinästä ei aiheudu tavanomaisiin rakennuksiin vaurioita, jos liikennetä-
rinä on huomioitu niiden suunnittelussa. Tärinä on kuitenkin selvästi havaittavaa. Rajauksen
ulkopuolinen alue kuuluu E-alueeseen, jossa maaperän värähtelyn voimakkuus on todennä-
köisesti alle 1 mm/s. Vaikutus asumismukavuuteen tulee kuitenkin radan läheisyydessä arvi-
oida tarkemmin.



Kuva 2. H- ja E-alueiden rajaus

Tärinän häiritsevyyttä on arvioitu vertaamalla laskentatuloksia rakennusten värähtelyluokitukseen. Rakennusten värähtelyluokitus C kuvaa suositustasoa uusien asuinrakennusten suunnittelussa (tärinän tunnusluku rakennuksessa 0,30).

Riskialue, jossa C-luokan raja voi ylittyä riippumatta rakennetyypistä, esitetään kuvassa 3 vihreällä korostettuna.



Kuva 3. Rakennukset, C-luokka, aluerajaus

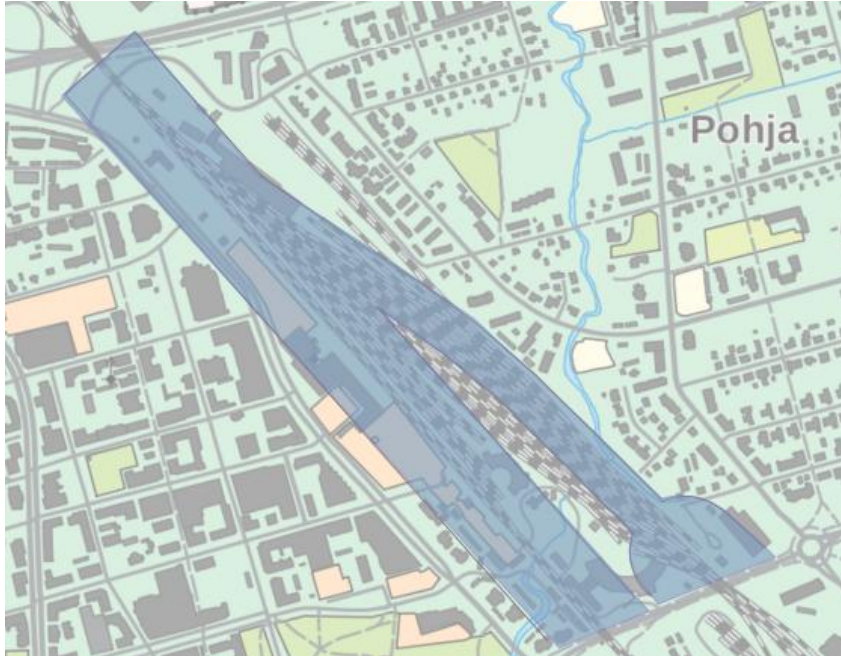
Maaperästä rakennuksiin siirtyvä tärinä on arvioitu vahvistuskertoimella 2.

Rakennuksille, joissa on maanvaraiset lattiat, yksi kerros paaluperustuksella tai yli 5 kerrosta, arviointi voidaan tehdä kertoimella 1. Vastaava aluerajaus esitetään kuvassa 4.

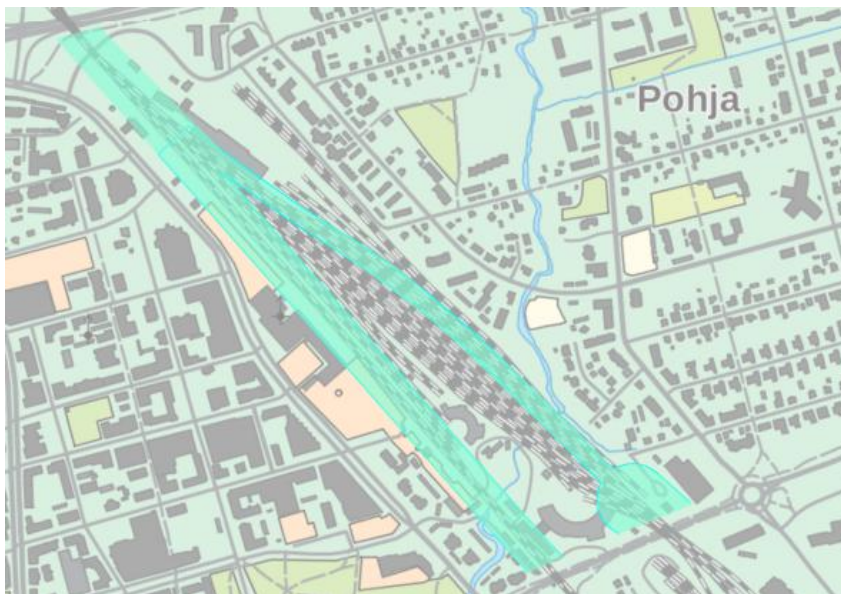


Kuva 4. Rakennukset, C-luokka, erikoistapaukset

Olemassa olevilla asuinrakennuksilla sekä niillä uudisrakennuksilla, jotka eivät ole asuin- tai majoituskäytössä sovelletaan värähtelyluokkaa D, jolloin tärinän tunnusluku rakennuksissa voi olla kaksinkertainen luokkaan C verrattuna (0,60). Aluerajaukset esitetään kuvissa 5 ja 6.



Kuva 5. Rakennukset, D-luokka, aluerajaus



Kuva 6. Rakennukset, D-luokka, erikoistapaukset

5 Johtopäätökset ja suositukset

Rakenteille mahdollisesti haitallisen tärinän vaikutusalue rajoittuu pääosin rata-alueeseen ja rata-alueella oleviin rakenteisiin. Raideliikenteestä aiheutuva tärinä, joka saattaa tuntua rakennuksissa häiritsevältä leviää läpi suunnittelualan.

Alueen jatkosuunnittelun yhteydessä suositellaan tärinää mitattavaksi VTT:n suosituksen mukaisen viikon jakson ajan rata-alueen ympäristössä erityisesti niillä alueilla, joihin suunnitellaan sijoitettavaksi tärinällä herkkiä toimintoja, kuten asutusta.